

SITECH: UNA PROPUESTA DE TECHO EN LÁMINA METÁLICA PARA LA VIVIENDA DE BAJO COSTO

Beatriz Hernández Santana

RESUMEN

El SITECH es una alternativa de techo en lámina metálica para viviendas económicas en Venezuela. El desarrollo del producto responde a los requerimientos de nuestro clima tropical ofreciendo, adicionalmente, mayor resistencia estructural y durabilidad.

En el diseño del techo se hizo énfasis en los factores de confort térmico, de producción y ensamblaje.

El componente básico del sistema consiste en una correa de techo, paralelo a la pendiente del mismo, que permite en su sección superior el anclaje de láminas metálicas planas, no requiriendo de tornillería para su fijación. En su sección inferior, este componente permite la colocación de un plafón deslizante para configurar una cámara de aire. La conformación de esta cámara de aire aislante, así como los componentes que permiten el mejoramiento de la calidad del techo, pueden ser colocados en etapas sucesivas. Todo esto, mediante una tecnología que simplifica las técnicas de producción y de montaje.

ABSTRACT

SITECH is an alternative roof made of metal sheets for low-cost housing in Venezuela. The product's development responds to the requirements of our tropical climate and also offers greater structural resistance and durability. The roof's design emphasizes the factors of thermal comfort, production and assembly.

The system's basic component consists of roof purlin parallel to the slope which makes it possible to fix flat metal sheets on its upper part without using screws. On its lower part, this component makes it possible to place a sliding platform to form an air chamber. This air insulation chamber, and the components that allow the improvement of the roof's quality, can be placed in successive stages. All this can be done using a technology that simplifies the production and assembly techniques.

1. INTRODUCCIÓN

El presente trabajo es una síntesis de la tesis desarrollada en la II Maestría en Desarrollo Tecnológico de la Construcción, que se lleva a cabo en el Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción de la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela.

Con el objeto de definir el ámbito del planteamiento, fue necesario analizar los factores generales relacionados con los techos en láminas metálicas. Éstos son aquellos relacionados con el confort ambiental y aquellos que tienen que ver con la producción de componentes de lámina metálica. De igual forma, fue necesario analizar el parque de maquinarias existente en el país y las posibilidades de adaptación de la tecnología a las formas de producción establecidas.

Con ello, también hay una búsqueda centrada en el abaratamiento de los costos de producción y comercialización, con miras a la realización de un componente de uso masivo.

Se establecen los problemas que usualmente presentan estos techos, así como también aquellas características esenciales en su utilización. Dentro de este factor se toma en cuenta la realización de una alternativa de ensamblaje sencillo, con la utilización de equipo y herramientas de uso común y con posibilidades que su montaje no requiera de mano de obra especializada.

El aporte principal del Sistema de Techo en Lámina Metálica está en la conformación de un componente adecuado para viviendas económicas con características de crecimiento progresivo y que ofrezca un buen aporte térmico a la vivienda, acorde con nuestras condiciones climáticas. Sus objetivos específicos son:

DESCRIPTORES:

Acero; Techos; Componentes; Vivienda; Bajo costo; Habitabilidad; Trópico.

- Desarrollar un componente factible de ser producido con el parque de maquinarias existente en el país.
- Orientar la propuesta para lograr la realización de techos partiendo de la lámina metálica que permita su conformación a través de etapas que irán dando respuestas adecuadas a los aspectos térmicos de la vivienda, aspectos económicos y aspectos técnicos.
- Implementar una solución de montaje sencillo y que no requiera el uso de equipo sofisticado para su ensamblaje.
- Desarrollar un componente liviano, apilable y de fácil almacenamiento.
- Mejorar la calidad de estos componentes para obtener mayor duración en el tiempo sin que conlleve a una solución más costosa económicamente.
- Implementar una solución compatible con componentes y accesorios del mercado.
- Estudiar el comportamiento estructural e implementar un uso más racional para su conformación en los techos de las viviendas.

2. ¿ES EL USO DE TECHOS EN LÁMINA METÁLICA PARA LA VIVIENDA DE BAJO COSTO, UNA SOLUCIÓN O UN DESACIERTO?

El uso de techos en láminas metálicas (TLM) para viviendas económicas en Venezuela, tanto en el sector formal como en el informal, ha prevalecido en casi todo el territorio nacional durante al menos tres décadas.

La incorporación del TLM como componente de la vivienda en nuestro país, se dio inicialmente con la importación del producto acabado (durante los años 60), y más tarde con la importación de la tecnología que los produce, a partir del uso de materia prima nacional.

Una prueba de ello lo ofrece el censo de 1990 (OCEI, 1990), en el cual se determinó que de un total de 3.519.384 viviendas censadas, el 48,52% utilizan en la conformación del techo láminas metálicas. El resto corresponde a la siguiente variedad: 33,43% techo de platabanda, 10,41% techo de asbesto o similar, 5,38% techo con teja y 1,74% otros materiales. Cabe destacar, que de estas viviendas con techos en láminas metálicas, 37,68% corresponde a viviendas tipo quinta, casa, casa de vecindad, y el 10,84% a viviendas tipo

rancho y rancho campesino (estas cifras son la suma del área urbana y el área rural).

Alguna de las razones para este extendido uso, consiste en la fácil adaptación del TLM a las dimensiones de las viviendas; el factor económico, ya que se presentan como componentes de bajo precio, entre los existentes en el mercado; el factor correspondiente a la estructura de mercado: ya que ofrece mecanismos de distribución y comercialización para que se puedan adquirir en la mayoría de las ciudades de todo el país.

El factor de transporte y montaje. Estos componentes son muy livianos para ser transportados incluso por el usuario. Son apilables, lo que ayuda a requerir de menos espacio para su resguardo y almacenamiento. Su montaje requiere de poca mano de obra (1 ó 2 montadores), y no requiere maquinarias; además, no se necesita personal especializado para llevar a cabo el ensamblaje en obra.

El factor físico de estos componentes. Ellos permiten incorporarlos a la vivienda, en cualquier etapa de la misma, ya sea en la construcción inicial o en una ampliación. Su reemplazo puede darse en partes (cambiar una lámina de techo por otra), o en su totalidad (cambiar todas las láminas de un techo y conservar la estructura o realizar un reemplazo total). Se adaptan bastante bien a los módulos dimensionales de las viviendas y ofrecen continuidad en los crecimientos horizontales del techo de la vivienda. Esta característica, aunque no aparenta gran importancia, es básico en la "vivienda de construcción progresiva".* Por otra parte, estos componentes son estancos y ofrecen buena durabilidad si se utilizan de forma adecuada en su conformación y montaje.

Sin embargo, a pesar de estos factores, no se han ofrecido resultados adecuados en el uso de estos techos. A través de este estudio, se logró evidenciar algunos de los problemas más frecuentes que presentan estos techos, dados por el desmejoramiento de su calidad y por su mala implementación en las viviendas:

- No ofrecen respuestas adecuadas a la vivienda, en lo que respecta a las condiciones que ofrece nuestro clima tropical cálido-húmedo. Se viene observando que su conformación (o mala conformación) en las viviendas no permite que sean componentes adecuados para las mismas. Para nuestro clima se requiere aumentar las pendientes de los techos (que muchas veces se encuentra por debajo de la norma: 12%), esto permite que sean menos vulnerables a la corrosión ya que evita que la lluvia filtre por ca-

* **Vivienda progresiva:** Aquella que crece y se consolida a partir de unas condiciones básicas y su mejoramiento y consolidación va de acuerdo con los recursos y necesidades de cada familia.

pilaridad en las uniones entre láminas y correas. En la foto N° 1 se observa la pendiente que se está realizando actualmente en las viviendas del INAVI. Ésta corresponde a 12% aprox. de pendiente que resulta medianamente adecuada para buenos resultados de estanqueidad en la lámina metálica, pero, no contribuye a disminuir los aportes calóricos que se transmiten a través del metal. Por otra parte, no se realizan entradas y salidas de aire en el techo que son necesarias, de igual manera, para amortiguar el paso del calor.

- Su uso masivo en viviendas económicas ha incidido en forma negativa en la producción de estos componentes por parte de las empresas competentes, pues se evidencia en forma clara la disminución de sus espesores para abaratar costos, lo cual va en detrimento de la calidad y durabilidad de los mismos (ver foto N° 2). Una lámina que se considera debe tener una duración de 15 años aprox. En condiciones adecuadas, no llega a este rendimiento ya que son en extremo débiles, ante los agentes atmosféricos.

- Esta reducción de los espesores, tampoco permite alcanzar volados mayores de 40 cm para la realización de aleros en las fachadas sin el uso de una estructura de soporte y, por ende, no permite dar protección a las fachadas, aspecto tan importante en nuestro clima (ver foto N° 3).

- Ofrecen poca resistencia estructural por el mismo bajo espesor de las láminas, lo que hace que se requiera mayor uso de correas para evitar que se flecten entre la distancia de sus apoyos.

- Otro uso incorrecto que se le está dando a estos techos en las viviendas económicas, es que se contratan sin accesorios. Estos accesorios en la mayoría de los casos se han delegado a una colocación posterior que realizará el usuario y en otros casos ni se prevé. En viviendas realizadas por el Inavi, se ha encontrado como pieza de cumbre, el uso de una lámina doblada (foto N° 4). Estas piezas improvisadas, difícilmente pueden cumplir con su función (como en este caso la cumbre), ya que estas láminas además de la mala calidad y su poca resistencia están propensas a tener puntos vulnerables a la rotura y filtraciones, al cabo de muy poco tiempo. Para

FOTO 1

«El Cartanal», Sta. Lucía. Edo. Guárico.



Fotos: Beatriz Hernández

FOTO 2

«La Dolorita» Petare. Edo. Miranda.



FOTO 3

«El Cartanal»



FOTO 4

«El Cartanal»



FOTO 5
«El Cartanal». Sta. Lucía. Edo. Guárico.



FOTO 6
«La Dolorita» Petare. Edo. Miranda.



FOTO 7
Rancho de barrio. Petare. Edo. Miranda.



este caso, la cumbrera debe contener en su diseño el enlace correcto entre las dos pendientes del techo y contener un detalle separador de la misma con la cobertura para evitar la entrada del agua por capilaridad.

- Frecuentemente, el usuario se ve en la necesidad de improvisar una pieza que funcione como canal, pues además que esta provisión no se da desde el principio, la falta de aleros acarrea mayores problemas en las fachadas (ver foto N° 5).
- En otros casos se reduce el número de elementos de fijación que se requiere, por tanto, se recurre a la colocación de objetos diversos, colocados sobre la cobertura (por ejemplo, cauchos, listones de madera, perfiles y/o bloques, etc). (Ver foto N° 6).

Todos estos aspectos han proporcionado una visión errónea de la conformación de techos con láminas metálicas en las viviendas económicas, tanto por parte del sector formal como del informal. Por parte del sector construcción, tampoco se plantean las soluciones adecuadas en el empleo de los materiales y componentes, todo lo cual en este estudio se observó claramente (ver foto N° 7).

Se puede reiterar que hay una necesidad de implementar alternativas dentro del uso de este tipo de techos, mediante soluciones que permitan articularse, creando sistemas de construcción, formas de producción y comercialización que abaraten costos, sin menoscabo de la calidad, especialmente en las viviendas de interés social, para satisfacer las necesidades de un elevado porcentaje de la población.*

Una de las formas que permite resolver este problema, es por la vía de lo que se ha llamado construcción de crecimiento progresivo. Su práctica nos la ha dado la autoconstrucción cada vez mayor por parte de los mismos pobladores. Este aspecto inclina a pensar que en cuanto al mercado de insumos para la construcción, la subsistencia y el futuro de éstos tienen que ofrecer:

- Permitir al usuario, un desembolso por etapas, ofreciendo un componente básico que irá mejorando a través de los años.

* Nota: Si nos atenemos a las cifras del Censo 1990, más del 60% de la población venezolana vive en barrios.

- Mejorar su comportamiento frente a los requerimientos de habitabilidad.
- Reducir al mínimo el desperdicio de materiales.

Esto conduce al mejoramiento de la tecnología con miras a su difusión, tomando en cuenta los factores del mercado, el parque de maquinarias disponible en el país y las condiciones de nuestro clima. Para ello, se ha tomado en cuenta las siguientes características que justifican este estudio:

1. Estos componentes son derivados de las principales empresas básicas, como la Corporación Venezolana de Guayana (CVG), que son productos elaborados con materia prima del país. Además, no se puede olvidar que tanto las actividades de la siderúrgica como las del aluminio, han desarrollado una larga experiencia en nuestro país, por ello son consideradas como empresas básicas tanto para el sector construcción como para el sector metalmeccánico.
2. En los actuales momentos y en mediano plazo es impensable la importación de componentes para la construcción, básicamente de este sector. "El hecho de que el acero sigue siendo el material útil, para avanzar en los procesos de industrialización es una ventaja que estas industrias deben defender con: Calidad, Tecnología y Beneficios para el consumidor en relación a otros materiales".⁷
3. Las plantas existentes están en capacidad de ofrecer una gama de productos para la construcción tanto del tipo estructural (cabillas, alambres, perfiles, tubos, etc.), como productos planos o laminares (en planchones o bobinas). "Sin embargo, el uso del acero y aluminio en techos y cerramientos, demanda la ampliación de estudios y experiencias, para mejorar el comportamiento térmico, ya que este aspecto es crucial, puesto que una adecuada solución redundará como posibilidad extraordinaria en la producción de viviendas".⁸
4. La conformación adecuada de estos techos

para obtener condiciones favorables dentro de los límites de confort en nuestro clima se justifica sin que conlleve a un aumento monetario de sus costos. Esto se logra a través de la implementación de cámaras de aire ventiladas, combinación de materiales muy resistentes, protecciones solares a la vivienda y el buen uso de la ventilación cruzada.

3. ANTECEDENTES

En el año 1986 se dio una iniciativa que fue el "Programa de Incentivos a la Innovación en la Producción y Comercialización de Materiales y Componentes para la Habitación Popular", a raíz de los estudios realizados por la Oficina para el Desarrollo Habitacional para conocer y analizar las áreas fundamentales de la problemática habitacional. Este programa abarca tres áreas: el área de dotación de tierra, el área de dotación de crédito y el área de logística habitacional.

Dentro del área de logística habitacional se abre un amplio panorama de factores dentro de la producción de viviendas que tiene como finalidad "Actuar en los procesos técnicos de la vivienda popular con el objetivo de mejorar su calidad y elevar la eficiencia de los recursos económicos y mano de obra empleados. De tal manera surgen dos sentidos en la actuación del plan; uno orientado a los procesos de conformación de los distintos componentes de la vivienda y otro orientado a la actuación de los procesos de producción de materiales y su naturaleza técnica, dirigida a ramas de producción. En este sentido, los proyectos pueden orientarse al estudio de uno de los componentes de la construcción de la vivienda; o los proyectos pueden derivarse del estudio de una determinada rama de la producción y sus posibles contribuciones a la solución del componente de la vivienda".⁸

Es en este programa que se inserta la presente propuesta, buscando dar una nueva alternativa a través de un componente, para techos en láminas metálicas en la vivienda de bajo costo con características progresivas.

"El auge de la construcción progresiva está motivado por la imposibilidad de las familias de acceder desde el inicio, a una vivienda completa que responda a sus

⁷ EKOPRACTICA C.A. Análisis del entorno. Período 1990-1994. Caracas, enero 1989.

⁸ CILENTO, ALFREDO. «Después de 1983: Tendencias de la construcción de edificaciones». Ponencia presentada en las VI Jornadas de Investigación. IDEC.FAU.UCV, 1987.

⁸ HERNÁNDEZ O., HENRIQUE. Programa de incentivos a la innovación en la producción y comercialización de materiales y componentes para la habitación popular (Pro-mat). Revista *Tecnología y Construcción* N° 2. IDEC 1986, p. 35.

necesidades y expectativas, debido al deterioro continuo del salario real y al crecimiento de los precios. La participación del consumidor, individualmente u organizado en asociaciones y cooperativas en la gestión de la producción de su vivienda, tiene ahora una implicación adicional de carácter económico que determinará las características del mercado de productos y componentes para viviendas de bajo costo e influirá sobre el resto del mercado de la construcción".⁹

Dentro de este ámbito, estudiar alternativas para la conformación de techos de láminas metálicas que resuelvan los problemas básicos que actualmente éstos presentan y además dar la opción de su implementación en la vivienda de manera progresiva, plantea una nueva área que contempla el PRO-MAT, donde la intervención de la tecnología es por medio de componentes industrializados, que permitan al usuario la configuración de esta parte de la vivienda, por etapas, que podría ir terminando (mejorando), conforme éste lo decida. Todo ello, a través de una técnica sencilla de ensamblaje donde no se requiera de un gran manejo técnico ni de personal calificado, pues una de las características más generales que rodea a la vivienda económica formal e informal de tipo progresivo es la autogestión o autoconstrucción.

4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TECHO

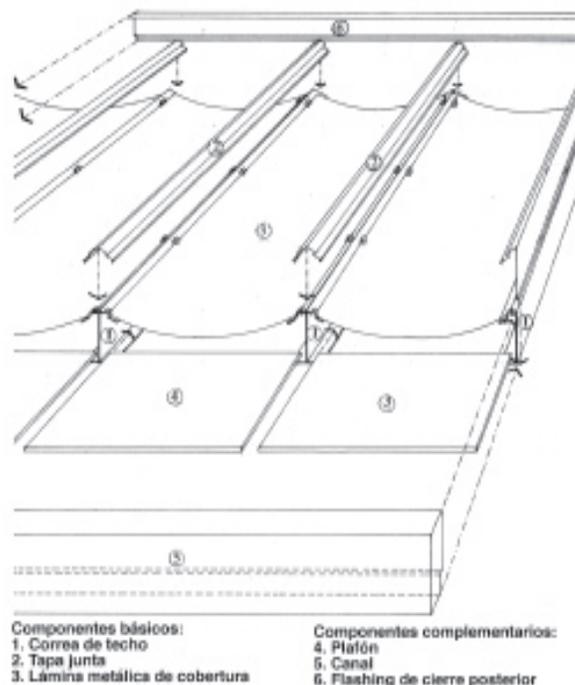
Partiremos por aclarar el concepto de SISTEMA, como «Combinación de partes cuyo comportamiento es producto de las interacciones de esas partes entre sí y del entorno que las rodea» (IDEC, 1978).

Se ha seleccionado la definición de sistema, ya que si bien sólo se trata del desarrollo de un componente de techo para vivienda, éste se encuentra estructurado en partes, y que de cuyo ensamblaje se obtendrán los fines perseguidos. Por tanto, se desarrolla la propuesta como "sistema de techo de lámina metálica, que ofrece respuestas adecuadas, para determinados aspectos del confort ambiental, con racionalización de la producción y facilitando las labores de ensamblaje en la vivienda con características de construcción progresiva". Este sistema de techo se ha agrupado según sus partes, de la siguiente manera (ver figura 1):

- Componentes básicos son aquellos componentes esenciales que se colocan en primera etapa de techo que, en el caso de la vivienda

progresiva, puede ser la etapa de refugio. Estos componentes son las correas o perfiles de techo y las láminas de cobertura.

FIGURA 1
Sistema de techo



- Componentes para la progresividad, que también se han denominado complementarios, se utilizan en el mediano plazo cuando se desee mejorar la calidad del techo y mejorar el confort térmico de la vivienda. Estos componentes son: canales de agua, **flashing** de cerramientos, cumbres, piezas de remate que se requiere en cada caso de techo y por último se ha incluido los plafones que constituyen las cámaras de aire.
- Componentes para la consolidación, los cuales cumplen una función similar a los componentes para la progresividad. Éstos mejoran la calidad, durabilidad y estética del techo. Se ha considerado dentro de este grupo, a todos aquellos revestimientos externos que puedan se apli-

⁹ CILENTO S., ALFREDO. Innovación tecnológica, sector construcción y viviendas de bajo costo. 1er Simposium Iberoamericano sobre Técnicas Constructivas Industrializadas para Viviendas de Bajo Costo. Documento de trabajo con el auspicio del Programa de Ciencia y Tecnología para el desarrollo del V Centenario (CYTED-D)-proyecto XIV.2 . Maracaibo, 1990. Tomo 1.

cados a la superficie de la lámina de cobertura. Para ello existen diversos tipos de pinturas de especificación, lisa brillante o rugosa que igualmente fueron estudiados.

4.1. Descripción de los componentes del techo

El sistema de techo está constituido por correas, láminas metálicas planas (componentes básicos) y accesorios como complementos de cierre del techo. Cabe mencionar que cada correa es la unión de dos medios perfiles (o medias correas), unido en su eje central de la sección vertical, formando un componente simétrico. Esto se puede traducir a grandes rasgos como una doble T. La "correa de techo", colocada en el sentido paralelo a la pendiente de techo, permite en su sección superior el anclaje de las láminas metálicas planas, por medio de unos ganchos sobresalientes que contiene cada correa, con lo cual se puede realizar parte de la sujeción de la cobertura (foto 8 y 9).

La curvatura que toma la lámina de cubierta (al colocarla entre las correas), crea una tensión en la lámina, que le da una rigidez por forma, que a su vez, permitirá una conformación a manera de canal, por lo cual estará totalmente relacionada con la pendiente del techo. La correa en su sección inferior, posee una base de apoyo (alas laterales con ángulo de 90°) que permite el soporte de un material plano, configurándose un espacio que tendrá la función de cámara de aire (ver figuras 2 y 3).

La unión de dos correas y entre ellas una lámina de cobertura colgada, irá conformando el techo (I etapa). Posteriormente, en función de las posibilidades del usuario, se le irá agregando componentes y acabados para mejorar la calidad y dar las respuestas más acordes para su uso.

En el caso de las láminas de cubierta, se trabaja con láminas de acero galvanizado (G 60), de espesores 0,35 mm (C 28) ó 0,45 mm (C 26), y en las comprobaciones ambas resultaron factibles.

El desarrollo de cada medio perfil se logra realizar en 25 cm cumpliendo con requerimientos estructurales evitando a su vez el desperdicio de material. Cada perfil requiere de 50 cm de desarrollo, por lo que es conveniente prever para su producción, bobinas de 1.000 mm de ancho, de la cual se obtendrán dos perfiles o cuatro medios perfiles.

FOTO 8
Vista de la correa de techo



FOTO 9
Colocación de las láminas de cobertura



FIGURA 2
Piezas básicas del sistema

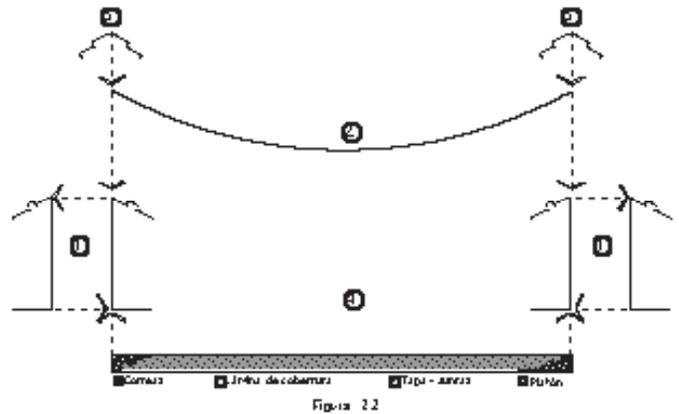


FIGURA 3
Conformación básica del sistema de techo

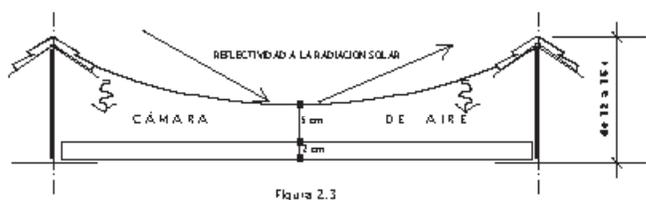


FIGURA 4

Vista en sección de la correa y colocación de la tapa-junta en la correa

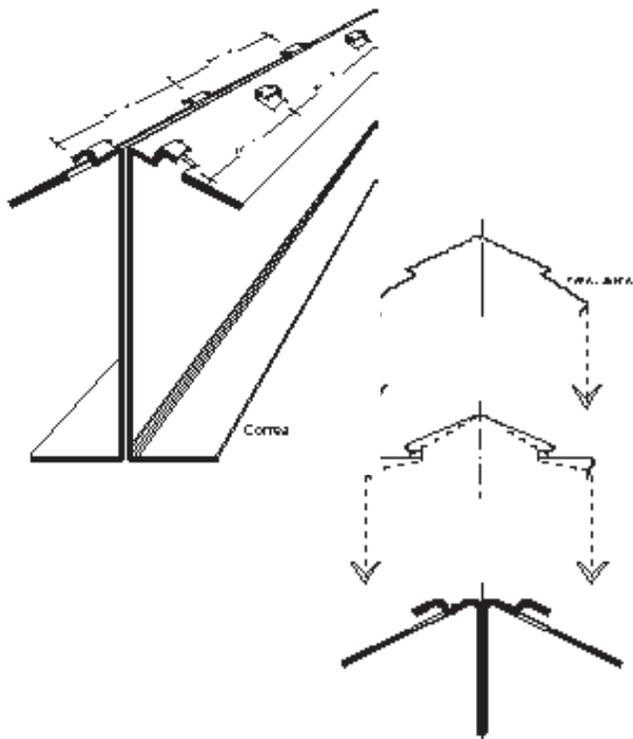
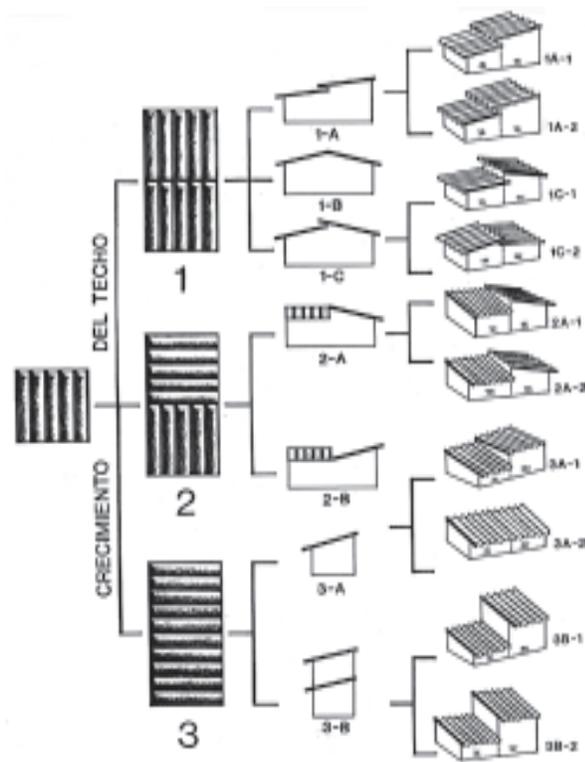


FIGURA 5

Posibilidades de crecimiento del techo por etapas



El perfil también se puede producir en acero pulido, al cual se le aplica una capa de pintura anticorrosiva en su montaje. Los espesores utilizados son muy bajos y están comprendidos entre 1 mm y 2 mm.

La altura *a* que responde la sección de cada perfil, se relaciona con la requerida para la configuración de la cámara de aire, tomando en cuenta a su vez el comportamiento estructural.

Las pestañas que presenta el perfil, tienen una altura en su sección de 5 mm. Éstas son pestañas de fijación y se presentan perpendiculares al ángulo que forma las bases de apoyo (para soporte de la lámina de cobertura), permitiendo la llegada de la lámina a un tope. Por otra parte, bajo estas pestañas existe una abertura que corresponde a la dimensión de la pestaña (todo esto es realizado con un troquel), con la función de que la lámina de cobertura sea repujada hasta cortarse, presentándose así, parte de la lámina que se rasga hacia el interior de las alas del perfil. Se estableció que este proceso se realiza a cada 40 cm de distancia, en cada extremo de llegada de las láminas y a toda su longitud (ver figura 4).

Para la tapa-junta se utiliza lámina galvanizada de 0,45 mm de espesor (C 26). Su escogencia se basó en su resistencia y elasticidad, características requeridas para su colocación a presión. La tapa-junta, por su forma, ofrece una doble función: evita la entrada de agua directa o por capilaridad entre las uniones, y ofrece un mayor ajuste y refuerzo en las uniones del perfil con la lámina de cobertura (ver figura 4).

4.2. El ensamblaje del sistema de techo (I etapa)

Entre los aspectos tomados en cuenta en el montaje se evaluaron los pasos y técnicas de mayor conveniencia. Esto se realizó por medio de gráficas de alternativas, y con ello el número de operaciones y ensamblajes que se requerían para cada una.

Se asumió que tanto para el izado como para la colocación de todas las piezas no se requiriera más de dos personas, de allí que en las piezas de mayor peso que presenta el sistema se encuentra la correa, con un peso promedio entre 2,099 a 7,41 kg/M lineal (dependiendo de su espesor).

Las soluciones que se presentan, son un ejemplo ilustrativo de las diversas situaciones que se pueden plantear en un crecimiento progresivo, pudiendo optar el usuario

por una de ellas. Cada una de ellas fue resuelta en función de las diversas modalidades de crecimiento que presentan las viviendas (ver figura 5).

5. FACTORES QUE INCIDIERON EN EL DISEÑO Y DESARROLLO DEL PRODUCTO

Una aproximación al ámbito general en el que se inscribe la producción y el uso del componente TLM, ha llevado al análisis de cuatro factores que se consideraron relevantes en el tema: los factores referidos a los requerimientos de habitabilidad, los factores de producción, factores estructurales y de ensamblaje, y los factores económicos.

Todos estos factores se estudian con el propósito de lograr los siguientes objetivos:

1. Que el usuario pueda realizar el montaje del TLM, a partir de componentes básicos, muy livianos y de fácil ensamblaje.
2. Dotar al techo de un carácter aislante mediante mecanismos pasivos tales como: cámaras de aire, materiales aislantes, etc.
3. Permitir la conformación del techo en forma progresiva, de tal manera que el usuario pueda complementarlo con accesorios (componentes para la progresividad del techo) y con mejores acabados (componentes para la consolidación del techo), en etapas sucesivas.

5.1. Factores Relacionados con los requerimientos de habitabilidad: Confort Térmico

El presente trabajo se limitó a estudiar el comportamiento de las temperaturas de aire interna al recinto que se experimentó (ver descripción en aparte 5.1.1.), teniendo como objetivo la disminución de los valores de esta variable, mediante diseño y manipulación del techo y en función de las características de las solicitaciones exteriores en el sitio de estudio.

Dependiendo de las características del entorno, la cubierta estará expuesta en mayor o menor grado a la acción de la radiación solar. Por estar Venezuela próxima al ecuador, estos rayos inciden verticalmente y con gran intensidad en las horas de mayor insolación durante casi todo el año, lo

que convierte al techo en el componente de la vivienda con mayor carga térmica.

Entre los puntos críticos citados por los usuarios de láminas metálicas en viviendas de bajo costo, el calor irradiado es uno de los grandes problemas, ya que en general no se toma ninguna previsión al respecto.

La utilización de componentes livianos tales como láminas metálicas para techo, requiere de un control eficaz que permita evitar, o al menos reducir, el paso de calor al interior de la vivienda, sin que con ello se produzca un retardo prolongado entre las horas en que se manifiesta la temperatura máxima interior con respecto a la exterior.

Para el caso de láminas en acero, este retardo es muy reducido, ya que su conductibilidad térmica es alta. El tiempo que transcurre entre los valores máximos de las temperaturas exterior e interior se conoce con el nombre de defasaje. En climas cálidos como el nuestro, se recomienda que el defasaje sea lo más reducido posible, evitándose así aumentos indeseados de la temperatura durante la noche.

El desarrollo de la propuesta se acogió a estos criterios de acondicionamiento térmico pasivo, pues se considera que asegurando un buen funcionamiento en este sentido, se logra en muchos casos evitar el uso de controles activos, o al menos, reducirlos significativamente.

Se adopta igualmente como principio "la búsqueda de un equilibrio térmico por la disminución de los aportes calóricos debidos al sol y el aumento de la ventilación, lo cual se traduce en una aproximación entre las temperaturas interna y externa considerada a la sombra" (Hobaica, 1991).

Bajo estas condiciones, lograr sombras y paso libre al movimiento del aire es imprescindible para la solución del sistema de techo.

La ventilación en nuestro clima es muy importante para evitar el incremento de la temperatura en los ambientes interiores sobre las del exterior (Curiel, 1982). De allí la relativa importancia que tiene la orientación de la vivienda con respecto a esta variable. Se dice relativo, porque aquí también es relevante la orientación de la vivienda respecto a la trayectoria del sol; orientación que a veces resulta contradictoria con aquella otra requerida para la captación de los vientos dominantes, lo que implica considerar cada situación en particular.

Para el caso específico del sistema de techo, una ventilación adicional es lograda por medio de la creación

de una cámara de aire ventilada. Es importante durante su ensamblaje, cuando se disponen las piezas de cierre, permitir que el aire tenga una entrada y una salida.

5.1.1. Resultados de las pruebas térmicas

Se construyó un recinto sobre el que se colocó el techo de prototipo. Este recinto con un área interna de 5.18 m² aprox., se le colocó una ventana (.80 m x .80 m) con elevación de .80 m de altura enfrentado por una puerta con postigo (de 1.00 m x .90 m). Éste, a su vez, está construido con bloque de concreto al cual se frisó externa e interiormente y finalmente se pinta sus cuatro fachadas en color amarillo y en el interior de blanco. Todo ello, con la intención de ilustrar las condiciones generales que se da en una vivienda con condiciones mínimas de ventilación y donde se pueda demostrar el ensamblaje de las piezas de techo y su comportamiento.

Debido a la importancia que tiene para el aislamiento térmico el disponer en el techo de una cámara ventilada, se diseñaron piezas de cierre que garantizaran la entrada y salida de las corrientes de aire. En cuanto a la sombras de las fachadas, el diseño del sistema permite obtener aleros pronunciados para la protección de las paredes externas.

Las conclusiones de las propiedades térmicas son el resultado de mediciones obtenidas únicamente en el recinto techado con el sistema de techo propuesto. Para ello se contó con el siguiente equipo:

- Las temperaturas externas fueron tomadas con un termohigrógrafo de cuerda, colocado dentro de una caseta con rejillas de ventilación de madera, elevada unos 1,60 m del suelo.
- Para las temperaturas del recinto se utilizó un termógrafo eléctrico con sensores de barra que permiten tomar el registro del aire interior y la temperatura superficial de la lámina metálica.

En ambos casos, el registro de la temperatura se dio en bandas con duración de una semana, de donde se extrajeron los valores correspondientes a cada hora y se calcularon los valores medios de cada semana.

En los ensayos realizados con el prototipo, se consideraron tres situaciones distintas con las siguientes características: caso 1 (semana I) Recinto cerrado sin plafón (figura 6), caso 2 (promedio semanas II, III, IV, V y VI) Recinto cerrado con plafón de yeso cartón (figura 7), caso 3 (semana

VII) Recinto abierto con plafón de yeso cartón (figura 8).

En el caso 1 y caso 3 (semanas I y VII) ocurren situaciones parecidas pues se ha propiciado la ventilación cruzada al interior del recinto. En este caso, las curvas de temperatura interna se asemejan a las curvas exteriores a la sombra. Cuando se coloca el plafón del techo y se abre la puerta y la ventana (caso 3), se puede interpretar que hay una mayor inercia con respecto al caso I, pues la curva interna se mantiene elevada por sobre la externa. En este caso también se observa que a las horas de mayor temperatura externa, la temperatura interna se mantiene casi a la par de la externa. Se puede entender que ocurre un aislamiento eficaz a las horas de mayor asoleamiento, al oponerse el plafón a que la temperatura interna aumente y en las horas de menos temperatura el aislamiento se da, al no permitir bajar la temperatura del recinto a los niveles de la temperatura exterior. Este tipo de interpretación no siempre resultará favorecedora para cualquier ubicación de la vivienda. En este caso, tratándose de la ubicación del experimento en un lugar bastante montañoso y alto (con temperaturas bajas en la noche), esto resulta bueno. Sin embargo, para resultados adecuados en zonas más bajas y calurosas se debe buscar que la curva al interior no aumente hasta niveles inconvenientes para el confort de los usuarios.

En el caso 2, correspondiente a las semanas donde el recinto se mantuvo totalmente cerrado y se colocó plafón en el techo (semanas II, III, IV, V y VI), se produce aumento de la inercia y, con ello, el aumento de la temperatura interna con respecto a la exterior con un defasaje de 5 horas en las máximas del día y de 6 horas en las mínimas. Quiere decir que para este caso la máxima temperatura se registra a las 2:00 de la tarde en el exterior, mientras que en interior del recinto ocurre a las 7:00 de la noche. Esto se puede explicar por el hecho que no existe comunicación directa de aire entre el interior del recinto y el exterior.

Observamos a manera de conclusión los resultados de tres situaciones esquematizadas de la siguiente forma: en el caso 1 y caso 3 (semanas I y VII) ocurren situaciones parecidas pues se ha propiciado la ventilación cruzada al interior del recinto. Se puede inferir que ocurre un aislamiento a las horas de mayor asoleamiento, debido a la resistencia que ofrece la cámara de aire al incremento de la temperatura interna y, en las horas de menor temperatura, el aislamiento igualmente se da al no permitir el descenso de la temperatura del recinto, a los niveles de la temperatura ex-

terior. En el caso 2, correspondiente a las semanas en las que el recinto se mantuvo totalmente cerrado y se colocó plafón en el techo (semanas II, III, IV, V y VI), se produce un aumento de la inercia y, con ello, el aumento de la temperatura interna con respecto a la exterior, con un defasaje de tres (3) horas en las máximas del día y de seis (6) horas en las mínimas (ver figuras 6, 7 y 8).

5.2. Factores relacionados con la producción de las láminas metálicas para su utilización en techos

Entre otros aspectos, se analizaron las características de producción de las láminas metálicas, tanto para los componentes de soporte como para los de cobertura.

En la solución que se ofrece, fue determinante estudiar formas de producción para el abaratamiento de los costos, incluyendo los procesos de ensamblaje, sin que esto repercutiera en la calidad del componente.

Las planchas laminadas en frío es la técnica más utilizada para producir perfiles por la tecnología del plegado en pequeños espesores (hasta 2 mm), determinado en algunos casos por los radios de curvatura. Esto puede ser a través de prensas plegadoras o con rodillos. Con los rodillos que es la forma más industrializada "El principio es el de hacer pasar la plancha entre grupo de rodillos (pasos compuestos de machos y hembras), que forman el perfil por pasadas sucesivas. Hay de 4 a 28 pasos en un tren, según sea el caso".¹³

De acuerdo con esto, los aspectos de producción que se estudiaron, corresponden a la tecnología del tren de laminación con rodillos para el componente estructural (la correa) del techo. Los otros componentes como la cobertura, es en acero galvanizado proveniente directamente de la bobina en 0,35 ó 0,45 mm de espesor.

Por otra parte, en la bibliografía de referencia se menciona que la construcción con perfiles delgados ofrece problemas específicos que se han de estudiar: "Problemas de la estabilidad esencialmente a la compresión y a la flexión compuesta que provoca pandeos, torsión e hinchamientos".¹⁴ También se considera como otro de los problemas la corrosión, por ser planchas tan delgadas. De cualquier forma, éstos son aspectos que son tomados en cuenta para la resolución de este estudio.

FIGURA 6
Recinto cerrado y sin plafón en techo

Valores meteorológicos registrados caso de estudio: sistema de techo.

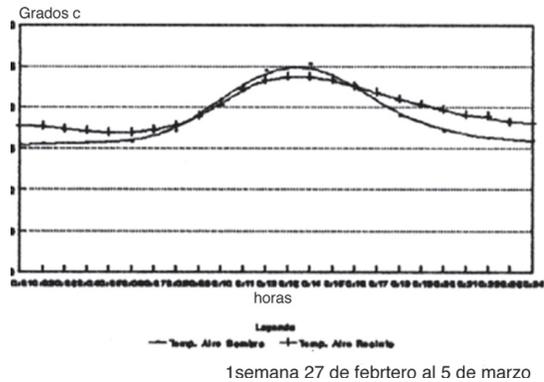
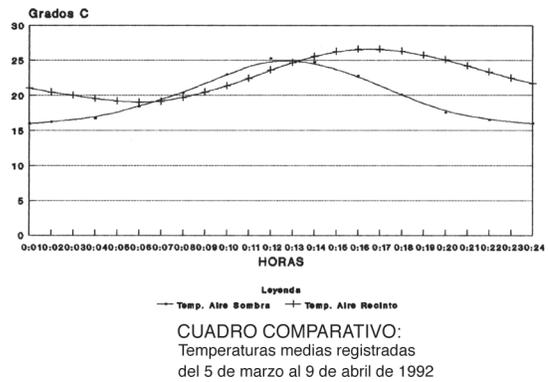


FIGURA 7
Recinto cerrado y con plafón en techo

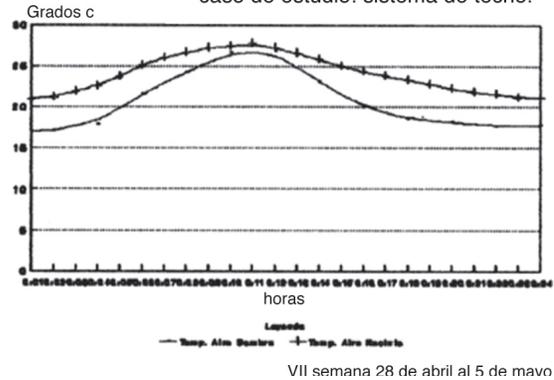
Valores meteorológicos registrados caso de estudio: sistema de techo



CUADRO COMPARATIVO:
Temperaturas medias registradas del 5 de marzo al 9 de abril de 1992

FIGURA 8
Recinto abierto y con plafón en techo

valores meteorológicos registrados caso de estudio: sistema de techo.



¹³ BLACHERE, GERARD. BARCELONA 1977. *Tecnología de la construcción industrializada*. Ediciones Gustavo Gili.

5.2.1. Resultados de las pruebas de producción

La elaboración de la correa, por la unión de dos medios perfiles (correa abierta), consta de los siguientes pasos: Para un medio perfil se calculó aproximadamente seis pasos, lo que nos indica el uso de 24 rodillos. En este caso, para la realización de las pestañas, la troqueladora se simplifica ya que no se requiere que abra dos pestañas a la vez, lo que reduce costos de inversión. Primero se troquela la pestaña y luego se procede a perfilar la media correa. Para conformar la correa completa, se realiza la soldadura en su eje central (vertical), por medio de electropunto. La soldadura por electropunto, presenta como característica, mayor automatización y no se requiere de personal especializado para su realización, también es menos costosa económicamente que la soldadura con electrodos.

De acuerdo con esto, la elaboración de dos medios perfiles simplifica la producción, aun cuando después de su elaboración se requiere la unión para conformar una pieza completa. Pero esto también tiene otra ventaja, se ha pensado que en el ensamblaje del techo, las correas de los extremos no tienen que ser una pieza completa en el caso de láminas de acero, por tanto éstas serán utilizadas en medios perfiles.

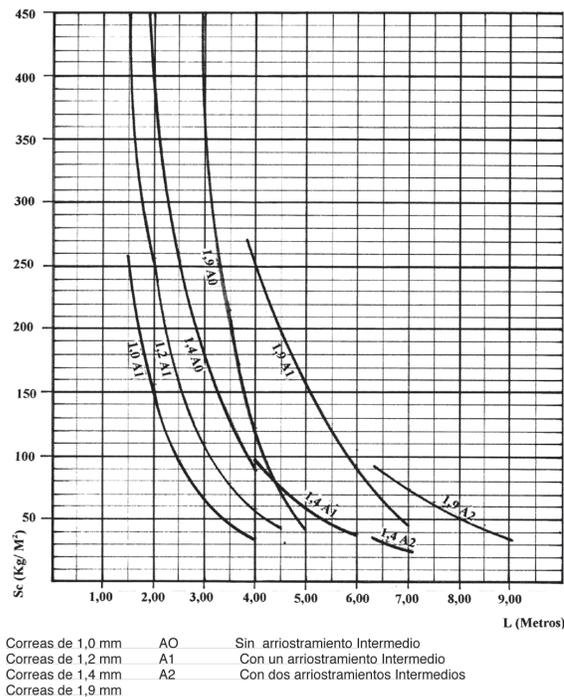
5.3. Factores estructurales

Dentro de las características estructurales del sistema de techo, la correa es parte esencial del mismo. Los espesores de este componente pueden variar de acuerdo con la distancia entre sus apoyos, para lo cual se cuenta con la siguiente gama de valores que ofrecen los cálculos realizados: 0,90 mm (C20), 1,20 (C18), 1,50 (C 16), 1,90 (C14).

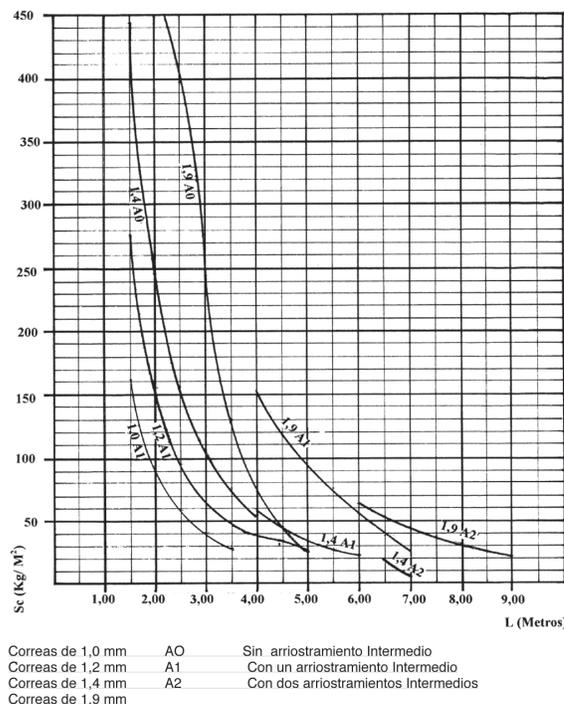
Tal y como fue concebida la configuración del sistema de techo, y su componente básico (la correa), se logran alcanzar luces entre apoyos adecuadas para las viviendas (hasta 9,00 metros) pero, es importante destacar, que estas dimensiones están directamente relacionadas a las dimensiones y configuración del techo en acero.

En la figura 9 se representa una síntesis de los resultados obtenidos a partir de los cálculos estructurales del sistema, en los cuales se ilustra mediante curvas, los diversos espesores de la correa y sus requerimientos en cuanto a arriostramiento. El recorrido de la curva muestra la relación entre la luz que se desea cubrir y la sobrecarga admisible. Esto nos permite seleccionar el espesor más conveniente de correa que cumpla con los requerimientos de cada caso. Las gráficas se realizan para correas con separación de 0,60 M (A) y con separación de 1,00 M entre sí (B).

FIGURA 9
Sobrecargas admisibles para correas en acero



a) Separación 0,60 metros entre correas



b) Separación 1,00 metros entre correas

5.3.1. Resultados de las pruebas estructurales

Uno de los principales objetivos en los resultados de estas pruebas es la comprobación de ciertos índices de seguridad en el comportamiento estructural de las correas y de los tipos de unión que se proponen; esto a través de una forma avalada por la empresa INVESTI.

La experimentación contó con tres tipos de pruebas de cargas: de acuerdo con la especificación de las tablas de cálculos para correas en acero se toman tres longitudes con las características que a continuación describimos:

PRUEBA N° 1:

Para correas de 7.00 m de longitud, 1.9 mm de espesor y un rigidizador a 1/2 de la distancia entre apoyos

Para este caso se colocaron un par de correas conectadas con un rigidizador a la mitad de la luz de 7.00 M y apoyadas en sus extremos por dos muros de bloques de concretos y con la conformación de una viga de corona en la cual se le coloca la unión que se ancla por medio de una bigotera en la viga de corona. Posteriormente, la correa se fija a la plancha superficial con soldadura.

De esta manera se comenzó a colocar planchas de hierro de 17 Kg cada una, logrando para la primera carga repartida 54 Kg/ M lineal que corresponde a la carga para correas con separación de 0,60 M y que implica dos veces la suma de la carga que indica (por metro lineal), la tabla donde se especifica este tipo de correa. Para cada carga admisible se midió la deflexión de las correas a la mitad y a 3/4 de la luz y a partir del límite considerado para la flecha se procede a retirar los flexímetros y se continúa incrementando la carga hasta lograr la falla de la correa. De esta forma se le incrementó cargas a las correas hasta los 170 Kg/ M lineal, que fue el punto en que falló las correas.

Al momento de la falla de las correas no se observó falla visible en los elementos de anclaje, pero sí un pequeño volcamiento de los muros de bloques que servían de apoyo.

PRUEBA N° 2:

Para correas a 5.00 m de longitud, con espesor de 1.9 mm y sin rigidizador entre correas

Para el montaje de las correas se construyen dos muros con separación de 5.00 M de longitud correspondientes

a la longitud de las correas para esta prueba. Después de solidificada la viga de corona se procedió a colocar cuatro planchas de acero en forma de . Este tipo de accesorio plantea una unión seca entre los muros de apoyos y el propio elemento conector de las correas. Aquí se introdujo **raw-plug** en las vigas rellenas para posteriormente atornillar a estos puntos las planchas. Seguidamente se realizó la soldadura en la base de las correas conjuntamente con los conectores que estaban dispuestos bajo éstas.

Para esta experimentación correspondió colocar planchones de 52 Kg/ M lineal distribuidos en forma repartida. Con este peso se comenzó a medir con los flexímetros la deflexión de las correas a la mitad de la distancia y a 3/4 de la luz. Esta deflexión en las correas se midió hasta los 198 Kg/ M lineal, marcando el flexímetro del centro 1.192 cm considerado dentro de los límites de flecha admisible. Luego de esta marca se retiraron los flexímetros y se continuó el montaje de las cargas hasta 287 Kg / M lineal. Las correas en esta prueba no fallaron y con este peso se suspende la prueba, pues estas cargas iban más allá de lo planteado

PRUEBA N° 3:

Correas a 3.50 m de longitud, en espesor de 1 mm y sin rigidizador entre correas

Al igual que en las pruebas anteriores, se dispone de dos muros en bloque de concreto con vigas de corona para la fijación de las correas. Para este caso, por tratarse de correas de 1 mm de espesor, en el tipo de unión con el muro no era conveniente el uso de soldadura. Por tanto, en este caso se plantea una unión apernada tanto al muro como a la base de la correa. Este tipo de unión es una chapa de acero de 1.9 mm de espesor en forma de L que se atornilla al muro con la ayuda de **raw-plug** y a la base de la correa se utilizan remaches de 1/8 " de diámetro. Para esta alternativa también se propone cambiar los remaches por tornillos con tuercas, pero para las pruebas interesó medir el índice de seguridad con el uso del remache.

Se comenzaron a colocar cargas a partir de los 51 Kg / M lineal alcanzando una flecha en el centro de 1.77 cm. Luego se duplicó la carga a 102 Kg / M lineal tomando una flecha al centro de la correa de 2.84 cm. Hasta aquí se consideró la medición de la flecha y se continuaron incrementando las cargas hasta los 136 Kg / M lineal donde ocurrió la falla en las correas. En este caso las correas sufrieron un aplastamiento del alma vertical hasta considerarse horizontal (producida por el pandeo lateral), pero no se desploman y las uniones sufrie-

ron una ligera torcedura debido al movimiento de las correas al momento del volcamiento. Así mismo ocurrió un pequeño volcamiento de los muros que servían de apoyo.

Las pruebas N° 1 y N° 2 demostraron un comportamiento muy aceptable, de acuerdo con lo planteado. En cuanto a la prueba N° 3, es conveniente hacer mención que para el caso de la correa en 1 mm de espesor es muy aconsejable el uso de uniones conectoras con tornillos y no con soldadura (como se planteó en la experimentación), ya que el material no ofrece toda la resistencia necesaria para esta técnica. El uso de remaches resulta ser bastante adecuado y seguro, siempre que se utilice en los márgenes de luces a cubrir que se especifican en las tablas de cálculos.

CONCLUSIONES

Para el desarrollo de la alternativa de techo presentada en este estudio, se tomaron en cuenta aquellos problemas detectados en los componentes de techo en lámina metálica, comúnmente utilizados por las viviendas de bajo costo de nuestro país. El propósito de la propuesta es contribuir y ampliar la oferta de componentes de techo, con un concepto más acorde con la realidad económica de Venezuela. Por otra parte, las luces entre apoyos que se logra con la correa, permite anticipar su uso no sólo en viviendas, sino también en cubiertas para galpones industriales.

Correspondería para un estudio posterior en esta misma línea de investigación, la comprobación de todos aquellos detalles de uniones de techo que requieren las diferentes tipologías de viviendas y que en este trabajo sólo se han presentado planteándose alternativas de solución.

Para afianzar los resultados obtenidos se hace imprescindible en una segunda etapa, lograr una producción industrializada de las piezas básicas del sistema de techo. Ello permitiría lograr resultados óptimos en el ensamblaje del techo, garantizándose con ello la calidad de la cubierta.

En cuanto a las propiedades térmicas de la cubierta, debe profundizarse el estudio tanto de transferencia de calor a través del techo como la incidencia del componente en el ambiente interior, tomando en cuenta variables fundamentales como de ventilación y radiación. Esto permitiría obtener resultados más completos ya que aportaría elementos de fundamento, al ámbito de la vivienda en nuestro país.

Según las estimaciones de costos realizadas en la primera etapa del sistema en cuestión, éstos resultaron un 9% menos costosos si se les compara con otras alternativas como, por ejemplo, la lámina metálica ondulada. Estas estimaciones toman en cuenta diferentes ventajas que se plantean con el Sitech:

- Aumento del espesor de la lámina de cobertura (0,45 mm), con respecto a lo que usualmente se coloca en las viviendas de bajo costo (0,20 - 0,30

mm), para ofrecer una mayor durabilidad.

- Disminución de accesorios de fijación para soporte de las láminas de cobertura.
- Construcción y mejoramiento del techo por etapas.
- Disminución en los pasos de montaje y ensamblaje del techo.
- Incorporación de una cámara aislante, para contribuir al mejoramiento térmico de la vivienda.
- Mayor durabilidad en las uniones evitando la corrosión de las diferentes piezas que conforman el sistema.

Estos primeros resultados permiten anticipar una reducción significativa de dichos costos, de lograrse la etapa de industrialización.

El uso de la lámina metálica plana, proveniente de las bobinas, nos ofrece así una alternativa eficaz que, siempre y cuando se emplee con normas y procesos adecuados en la producción de techos, puede ofrecer resultados óptimos, aun tratándose de climas tropicales como el de Venezuela (foto 10).

Figura 10
Vista parcial del sistema de techo



BIBLIOGRAFÍA

Acosta, Domingo (1986). «Application Planning Methods to Improve Productivity: Issues from the Venezuelan Construction Industry». Tesis de Doctorado. Universidad de Berkeley. USA.

Blachere, Gerard (1977). *Tecnologías de la construcción industrializadas*. Ediciones Gustavo Gili. España.

Buffa, Elwood (1977). *Administración y dirección técnica de la producción*. Editorial LIMUSA. Cuarta Edición, México.

Cilento, Alfredo (1992). "Un nuevo paradigma: germinación de la vivienda con financiamiento de corto plazo". IDEC. FAU. UCV. Caracas, Venezuela.

Curiel, Ernesto (1982). "La arquitectura en regiones de Venezuela". Trabajo de ascenso para optar a profesor Asistente en la Facultad de Arquitectura y Urbanismo de la Universidad Central de Venezuela.

Hernández, Henrique (1986). "Programa de Incentivos a la Innovación en la Producción y Comercialización de Materiales y Componentes

para el Hábitat Popular, Promat". Revista del IDEC, *Tecnología y Construcción* N.2. IDEC, FAU, UCV, Caracas, Venezuela.

Hobaica, María Elena (1991). "Validación Experimental de un Modelo de Térmica de Edificaciones en Clima Tropical Húmedo". Tesis Doctoral presentada en el Instituto de Desarrollo Experimental (IDEC), FAU, UCV. Venezuela.

IDEC (1978). "El enfoque del sistema de edificaciones. Guía de estudio". Instituto de Desarrollo Experimental de la Construcción. Facultad de Arquitectura y Urbanismo. UCV. Venezuela.

Koenigsberger, Otto *et al.* "Roofs In The Warm Humid Tropics". Architectural Association London. Paper Number 1. UK.

Koenigsberger, Otto (1977). *Viviendas y edificios en zonas cálidas y tropicales*. Editorial PARANINFO.UK.

OCEI (1990). *El Censo 90 en Venezuela*. Oficina Central de Estadística e Informática, 1993, p. 428.