

Construcción y Medio Natural

primer premio

SISTEMA NORMALIZADO EN GUADUA Y MADERA.
DESARROLLO PROGRESIVO DE VIVIENDAS
POPULARES EN LADERAS

127-33

Autores:
Jaime Mogollón Sebá
y
Gustavo Díaz Cardona
COLOMBIA

SISTEMA NORMALIZADO EN GUADUA Y MADERA DESARROLLO PROGRESIVO DE VIVIENDAS POPULARES EN LADERAS

Jaime Mogollón Sebá y Gustavo Díaz Cardona, Arquitectos
COLOMBIA

LA REGIÓN

La Región centro occidental colombiana, también conocida como zona cafetera, abarca sectores de los Departamentos de Antioquía, Caldas, Risaralda, Quindío y Valle del Cauca.

Está localizada entre las Cordilleras Central y Occidental y es atravesada por el Río Cauca. Tiene temperaturas entre 15 y 24 °C, altitud de 1.000 a 2.000 metros sobre el nivel del mar y topografía ondulada, muy susceptible a la erosión. En su economía hay un predominio del cultivo del café, altamente tecnificado; además se cultiva plátano, caña de azúcar, cacao y áreas menores dedicadas a la ganadería. Su bosque nativo está constituido por diversas especies maderables y Bambusa Guadua principalmente.

La región está considerada como de CLASE A en los mapas de riesgo sísmico; fuertes temblores han azotado la zona, y todavía son evidentes los daños del terremoto de 1969. Construir con guadua y madera —dada su alta flexibilidad y bajo peso— asegura un adecuado trabajo sismo-resistente de las edificaciones. Esta propuesta consiste en un sistema normalizado de diseño y construcción progresiva de vivienda, inspirado en las tipologías espaciales y los métodos de construcción desarrollados en las regiones montañosas colombianas de Antioquía y el gran Caldas, que han sido evaluados y mejorados a la luz de los avances técnicos contemporáneos en el campo de la arquitectura, la ingeniería de estructuras y la construcción; y que se apoya en las experiencias obtenidas en la construcción con él en un barrio de vivienda popular en Manizales.

1. VIVIENDA EN LADERAS

Las características principales que debe cumplir una vivienda económica en laderas de fuerte pendiente son básicamente las siguientes:

Liviandad. Dada la sensibilidad de los suelos de ladera a las sobrecargas.

Adaptación a la pendiente. Evitando el realizar movimientos de tierra masivos.

Facilidad de crecimiento. Sin violar las restricciones anteriores.

Elusión de las humedades. Resultantes de las excavaciones de adaptación a la ladera.

Manejo adecuado. De las aguas de escorrentía y de las servidas para la urbanización en general.

Dado que los requisitos principales que debe cumplir el sistema son los de adaptabilidad a las laderas, bajo costo y resistencia, los destacamos en primer lugar.

1.1. Adaptabilidad

La fácil adaptación que presenta este sistema a las fuertes pendientes no sólo queda ilustrada por las figuras que siguen, sino en general por su uso tradicional en las ciudades montañosas de la región, en donde se ha utilizado durante décadas, aunque de manera menos técnica que la propuesta aquí. Dado que la guadua es un material caracterizado por una alta resistencia a la compresión, es ideal para transmitir las cargas

desde un piso elevado hasta cimientos ubicados muy por debajo de él. Esto evita la necesidad de hacer grandes excavaciones, tanto para la adaptación de espacios como para el logro de cimientos planos, como es el caso de las viviendas en mampostería. Como resultado también se evita la necesidad de construir muros resistentes al empuje de tierras, ya que se ajustan los espacios a la ladera, pero sin entrar en contacto con ella en toda su superficie. Por último, este aislamiento permite un mejor control de la humedad de la vivienda.

Por otra parte, el bajo peso de la madera hace más eficiente la relación carga viva/carga muerta, disminuyen las fuerzas de inercia resultantes de los sismos en comparación con las obtenidas en construcciones de mampostería, y transfiere al suelo unas cargas mucho menores. Es así como el peso de la construcción en este sistema oscila entre 300 y 400 kg/m², mientras que lo equivalente en mampostería de cualquier tipo es de 600 a 800 kg/m².

1.2. Costo

De acuerdo a recientes experiencias constructivas con este sistema el costo por metro cuadrado asciende a US \$ 51.62. El valor promedio de un módulo espacial de 10,89 m² es de US \$ 562.20.

1.3. Resistencia

La guadua, material fundamental del sistema, presenta unas notables características de resistencia a todas las sollicitaciones estructurales que se presentan habitualmente en una vivienda. Para el diseño hemos empleado los resultados obtenidos en la Universidad Nacional reportados por Hidalgo, que indican que la guadua nacional (bambusa guadua) presenta resistencias a la rotura entre 900 y 1.400 kg/cm² a tracción, entre 600 y 700 a compresión y módulo de elasticidad de 100.000 a 170.000 kg/cm², aunque se reportan resultados de resistencias mayores en otras publicaciones.

En cuanto a la resistencia de la vivienda realizada, de los análisis se destacan los siguientes resultados:

- a) Bajo carga vertical, los esfuerzos en paneles y en la estructura de cimentación se hallan muy por debajo de los valores máximos admisibles. Sólo se acerca al máximo usualmente admitido el valor de las deflexiones de las viguetas de guadua que conforman los pisos, problema que es común en todas las construcciones de madera. Por esta razón se recomienda utilizar acabados de piso liviano, lo cual redundará en mejor comportamiento frente a todas las cargas.

- b) Ante los empujes sísmicos el modelo exhibe una alta seguridad, reflejada en el hecho de que la resistencia de la estructura de paneles es mucho mayor que el cortante sísmico en todos los pisos, el cual a su vez tiene valores pequeños debido al poco peso de la construcción.

Debemos anotar que para este análisis se ha utilizado como dato de rigidez y resistencia de los paneles los suministrados por la JUNAC para un tipo de panel con separaciones de los elementos verticales de madera de 40 cm, cubierta de esterilla de guadua y revoques de mortero, similar al que tenemos en nuestro caso.

- c) Por otra parte, el cálculo de desplazamientos ante empujes sísmicos muestra que las derivas de piso se encuentran muy por debajo del máximo admisible por el Código de Construcciones, lo cual contradice la idea extendida de una supuesta flexibilidad excesiva de las estructuras de madera.

1.4. Durabilidad

La durabilidad es, como se sabe, el punto débil de las construcciones en madera. En el caso de la guadua, no se han hecho estudios serios en el país que ilustren con precisión su comportamiento en este aspecto. Sin embargo, la experiencia obtenida en la región caldense, es el mejor testigo del comportamiento excepcional de este material con el tiempo, pues se encuentran aún en uso construcciones de comienzos de siglo con estructuras de soporte constituidas básicamente por madera y guadua.

En el sistema propuesto, la existencia de un revoque de mortero de buenas especificaciones en las caras exteriores es la primera garantía de durabilidad de la construcción. De todas maneras, se deben aplicar las técnicas desarrolladas para inmunización de la madera a bajo costo, y seguir en general el método tradicional de corte y secado que ha mostrado fielmente sus bondades para la obtención de mejores resistencias y minimización del riesgo de deterioro por ataque de insectos. Además, es conveniente realizar inspecciones frecuentes en las áreas más expuestas a la humedad, como es el caso de la estructura de cimentación, que queda a la vista.

1.5. Vulnerabilidad

Las mayores amenazas que enfrentan las viviendas en ladera son los deslizamientos del suelo y los movimientos sísmicos. Sobre la primera, podemos decir que el problema trasciende en gran medida a la vivienda en sí, ya que es en general un problema de manejo de aguas "lluvias" en la ladera, y sólo le concierne en cuanto a la deposición de sus aguas servidas, las cua-

les deben ser conducidas, como aquéllas, correctamente. En la región caldense este problema, que era crítico en el pasado, se ha logrado reducir a un mínimo en los últimos quince años, gracias a los trabajos realizados por la Corporación Autónoma CRAMSA.

En cuanto a la segunda, internacionalmente se recomienda la madera como material ideal para construcciones de baja altura, debido a su poco peso y a su adecuada resistencia a la tracción, características que no poseen los materiales frágiles como la mampostería. Según los resultados obtenidos por Sauter sobre el porcentaje de daños contra la Intensidad de Mercalli, para diferentes tipos de materiales, basados en observaciones en todo el orbe, aparece claro cómo las estructuras de madera aventajan a las de adobe, "concreto", etc., y sólo son superadas por estructuras costosas usadas en edificios de gran altura, como las de acero con diseño sísmico, paredes de cortante de concreto reforzado o mampostería reforzada de alta calidad.

2. CARACTERÍSTICAS DE LA SOLUCIÓN PROPUESTA

El diseño y el sistema constructivo propuesto se articulan en una malla de situación ortogonal, cuya dimensión modular es de 30 cm, que equivale al multimódulo 3M múltiplo del módulo básico 10 cm tanto para los planos horizontales como para los verticales. Los elementos constructivos pueden colocarse en las líneas modulares o en los espacios modulares.

Se escogió una dimensión modular que perteneciera al sistema métrico decimal y que fuera compatible con los dimensionamientos espaciales típicos.

2.1. Descripción de la estructura

El sistema estructural está conformado por entrepisos con viguetas de guadua, esterilla y losa de mortero; paneles de soporte resistentes a cargas verticales y horizontales; armaduras de guadua para soporte de la cubierta; y cimentación consistente en zarpas de concreto reforzado o ciclópeo en sentido perpendicular a la pendiente, a las que se transfiere la carga por medio de una subestructura espacial de guadua, que sirve a su vez de amarre entre los cimientos.

2.2. Recomendaciones generales para lotear

En terrenos de fuerte pendiente (mayores de 15 %) se deben disponer los frentes de los lotes paralelos a las curvas de nivel y hasta donde sea posible el lado mayor del lote debe localizarse sobre el frente de las vías, reduciendo sustancialmente los movimientos de tierra.

Las vías vehiculares deben disponerse paralelas a las curvas de nivel.

En zonas de alta pendiente deben minimizarse los movimientos de tierra.

Para prevenir problemas de erosión, las áreas de escorrentía natural deben conservarse al máximo, teniendo especial cuidado en arborizar los cauces y mantener libres las áreas de retiro necesarias para garantizar los niveles de drenaje adecuados.

Cuando por necesidades inherentes al diseño urbano, sea obligatoria la utilización de las zonas de escorrentías naturales, se recomienda que sean utilizadas como vías vehiculares o peatonales, que por su concepción funcionen como canales abiertos de conducción de aguas lluvias.

Debe evitarse la saturación de aguas en las laderas, ejerciendo controles a las escorrentías.

Los taludes deben mantenerse con recubrimientos vegetales.

De modo general se considera que áreas con declive natural superior a 50 % no deben ser destinadas para la implantación de edificaciones, independientemente del tamaño del lote.

Los sectores sometidos a inundaciones u otros tipos de impedimentos para la ubicación de viviendas, deben ser delimitadas en el proceso de lotear, destinándolas como zonas de reserva natural.

Se recomienda, siempre que el declive natural lo permita, evitar el trazado de vías a media ladera debido a los problemas de acceso a los lotes y el drenaje de aguas lluvias y negras.

Las áreas más favorables para la edificación deben densificarse, para lo cual se justifica proponer diferentes dimensiones en los lotes.

3. RECOMENDACIONES CONSTRUCTIVAS

3.1. Cimentación

Para todos los muros que estén en contacto con el terreno, se construirá como cimentación una viga en concreto reforzado vaciada en sitio o compuesta por bloques prefabricados. Las dimensiones y el refuerzo estarán de acuerdo a la capacidad portante del suelo y las cargas a soportar.

Para cimentaciones separadas del piso, se construirá la viga de concreto reforzado fundiendo (o conforma-

da por bloques estructurales) a ella "dados" de concreto que recibirán el entramado estructural de la edificación.

El entramado del soporte de piso debe armarse en dos direcciones, anexando un tirante en la parte inferior del entramado, formando triángulos con el fin de que la cimentación trabaje unitariamente, mejorando así la resistencia a las cargas por sismos. Para evitar posibles fallas por esbeltez, no deben separarse dos vigas horizontales consecutivas del entramado estructural de piso, más de 2,40 metros. En caso de ser necesaria una altura mayor a 2,40 metros, es necesaria la inclusión de otro elemento horizontal (solera o viga) y su respectiva triangulación.

3.2. Muros

Los elementos diagonales de refuerzo de la estructura de los muros, deben conformar en el plano del muro la forma de una "uve" invertida, para lograr un mejor trabajo a cargas horizontales (viento y sismo).

Por su gran peso y alta fragilidad, debe evitarse la construcción de muros de "embutido" (nombre con que se denomina al muro con relleno de barro entre la estructura de guadua).

Es conveniente arriostrar las paredes con elementos horizontales diagonales en las soleras inferior y superior, controlando de esta forma las deformaciones en el plano horizontal.

Las puertas y ventanas deben ubicarse, en cuanto sea posible, en el centro de los muros exteriores. Los marcos de puertas y ventanas deben reforzar los espacios vacíos.

3.3. Altura de las edificaciones

Al construir casas aisladas en guadua y madera, se debe evitar hacerlas de más de dos pisos; puesto que al aumentar la altura de ellas: se eleva el centro de gravedad, se aumenta el peso y también la flexibilidad.

Cuando las edificaciones están apareadas se puede llegar hasta tres pisos de altura.

3.4. Apareamientos

Cuando se construyan series de viviendas, deben amarrarse unas a otras, para que trabajen como una de mayor tamaño.

3.5. Simetría

Es conveniente diseñar formas simétricas para evitar la torsión horizontal de la construcción.

3.6. Cubiertas

Se debe reducir al máximo el peso de la cubierta, utilizando únicamente los elementos necesarios para la armadura.

3.7. Instalaciones

Las tuberías de instalaciones hidráulicas y sanitarias no se deben empotrar en los muros. En lo posible se concentrarán en ductos amplios, o colocarlas contra los muros amortiguándolas con empaques blandos.

3.8. Fachadas

Se debe evitar el uso de enchapes pegados en las partes altas de los muros exteriores; es más conveniente, en caso de usar ornamentaciones, que éstas estén integradas a la obra (atornilladas a los elementos de madera).

4. ESPECIFICACIONES DE CONSTRUCCIÓN

4.1. Materiales usados

El sistema constructivo normalizado en guadua y madera usa primordialmente los siguientes materiales:

Bambusa Guadua (*Guadua Angustifolia*), en forma de:

- "Cepa" (10 a 12 cm de diámetro), para entramados y entrepisos.
- "Sobrebase" (8 a 10 cm de diámetro, para muros y cerchas.
- "Esterilla" (25 a 35 cm de ancho), para muros y base de pisos.

Nota: Las piezas utilizadas deben tener más de tres años de edad y ser inmunizadas previamente.

Maderas aserradas, en las siguientes secciones:

- "Viguetas" (12,5×5 cm),
- "Cuartones" (8×4 cm),
- "Listones" (4×4 cm),
- "Varillones" (4×2 cm),
- "Columnas" (8×8 cm),
- "Tablones" (15×2,5 cm),
- "Pisavidrios" (1×1 cm) y
- "Guardaluz" (4×1 cm).

Concreto: Diferentes diseños de mezclas, según su aplicación.

Morteros: De cemento, de cal o mixtos.

Clavos, alambre y lámina galvanizados.

Tejas de asbesto cemento.

4.2. Preparación del terreno

Desmonte, deshierbe y limpieza: Comprende todas las operaciones necesarias para retirar del sitio de la obra toda la vegetación existente: malezas, matorrales, hierbas y arbustos. Los sobrantes deben retirarse del sitio de la obra o apilarlos para quemarlos.

Descapote: Se retirará la capa vegetal en una profundidad aproximada de 15 cm. El sobrante sólo podrá ser utilizado en las zonas verdes.

Localización y replanteo: Consiste en situar en el terreno por medio de estacas e hilos, y con ayuda de herramientas y equipo disponible, los alineamientos y medidas del proyecto.

Excavación para cimientos: Debe hacerse con un ancho igual al especificado para el cimiento; las caras verticales estarán aplomadas y el fondo se nivelará. Antes del vaciado de la viga de cimentación se recubrirá la base de la excavación con un concreto de limpieza (solado) de 4 cm de espesor.

Excavación para tuberías: Dependiendo del diámetro de las tuberías se hará el ancho de las excavaciones así:

Diámetro de la tubería	Ancho de la excavación
2" = 5,0 cm	50 cm
3" = 7,5 cm	60 cm
4" = 10,0 cm	60 cm
6" = 15,0 cm	70 cm
8" = 20,0 cm	75 cm
10" = 25,0 cm	80 cm
12" = 30,0 cm	85 cm

4.3. Cimentaciones

Cimentación superficial: Se construirá una viga de concreto reforzado de 30×30 cm continua, según diseño estructural; sobre ésta se hará el "sobrecimiento" necesario hasta lograr el nivel de la placa sub-base.

Cimentación separada del entrepiso: Se construirá una viga de concreto reforzado de 30×30 cm según diseño estructural; de los estribos de la viga se dejarán

hierros sobresalientes ("pelos") que permitan posteriormente fundir las bases ("dados") que recibirán el entramado de la estructura de bambú. Sobre los dados se apoyan los elementos verticales de la estructura, que deben estar unidos entre sí por elementos de amarre —en guadua o madera— reforzándoseles en sus uniones con tortones de alambre galvanizado. El entramado de elementos horizontales y verticales debe rigidizarse con otros inclinados formando triangulaciones en la estructura.

Es factible reemplazar la viga de cimentación y los dados vaciados en sitio por elementos prefabricados de concreto.

Sobrecimientos: En caso de usarse la cimentación superficial se construirá, entre la viga de cimentación y las paredes, un sobrecimiento en ladrillo de barro cocido o bloque de cemento macizo, recubriendo sus tres caras expuestas con mortero impermeabilizante, hasta llegar al nivel requerido según el diseño.

Base para piso: Se utilizará material seleccionado que no contenga materias orgánicas con un espesor no menor de 12 cm, el cual se apisonará con herramientas manuales. Este afirmado llenará los espacios vacíos que ha dejado el sobrecimiento.

Base sub-piso: Sobre la base compactada se construirá una placa de concreto 1:2:4 y de 4 cm de espesor, la cual se reforzará con alambre galvanizado formando una malla ortogonal de 30×30 cm, que se tensionará entre los cuarterones que sirven de base a las paredes. El acabado de piso se hará de acuerdo al gusto y presupuesto del usuario.

4.4. Muros

Aprovechando la malla de situación modular, se pueden construir los muros de dos formas diferentes: en forma continua o por repetición de paneles prefabricados.

En el modelo que especificamos, se construyen los muros con paneles prefabricados al pie de la obra, con guadua, madera, esterilla de guadua, clavos y alambre galvanizado y malla de gallinero.

La altura básica de todos los paneles, de acuerdo a la malla, es de 8 módulos (2,40 m), el ancho de los paneles varía según el diseño y su localización en el plano constructivo.

Con el fin de evitar piezas de ajuste, en el cerramiento del sistema espacial, algunos paneles tendrán una dimensión mayor o menor de la especificada por la malla de situación, en 12 cm, medida ésta que equivale al espesor del panel en obra negra.

Construcción de paneles: A partir de un bastidor elaborado con madera aserrada de 8×4 cm (cuartones) y de 8 módulos de altura por el ancho deseado, se refuerza el interior con “sobrebases” de guadua a una distancia de 1 módulo (30 cm) entre ejes. Teniendo en cuenta usar sobrebases diagonales en el interior de los paneles que van situados en las esquinas. La diagonal estará entre 45 y 60 grados.

En los paneles, en los cuales se deban colocar ventanas o puertas posteriormente, se reforzará el bastidor con elementos horizontales —cuartones— a las alturas requeridas según la malla modular.

Teniendo lista la estructura del panel, se forra una de las caras con esterilla de guadua, tomando la precaución de dejar la parte lisa de ésta hacia el interior del panel, para permitir la aplicación posterior del revoque. La esterilla se fija a la estructura del panel con alambre y clavos galvanizados, éstos a una distancia aproximada de 10 centímetros.

Construcción de paredes: Encima del sobrecimiento o del entrepiso, según el caso, se trazan los ejes de la malla de situación y se inicia la colocación de los paneles, observando estrictamente su localización y revisando su verticalidad, teniendo en cuenta que la iniciación en la colocación de paneles debe darse siempre por una esquina, los refuerzos diagonales de la estructura de los paneles deben formar, con sus ejes, una “V” invertida, en el plano del muro. Habiendo comprobado la ortogonalidad, verticalidad y situación según la malla y los planos constructivos, se procede a fijar los dos primeros paneles con clavos galvanizados. Cuando se tienen armadas las paredes, se ligan los paneles entre sí con “pernos” de hierro de 1/4” de diámetro. Sobre los paneles, y haciendo de solera o viga de amarre, se coloca un cuartón que se fijará igualmente a los paneles con clavos y “pernos” de hierro. A la altura de dicha solera, en las esquinas, se reforzará la estructura con amarres de cuartón, formando diagonales a 45 grados.

Finalizada la colocación de paredes, se procede a forrar los paneles por la cara abierta, luego se recubren éstas con malla de gallinero (hueco de 5×5 cm) que

va fijada a la esterilla con clavos galvanizados de 1/2”. La malla se coloca cuando la totalidad de los paneles estén fijados.

La malla de gallinero puede también colocarse al prefabricar los paneles teniendo en cuenta que las dimensiones de la malla sean mayores que las del panel para que traslape con la malla de los paneles vecinos.

4.5. ENTREPISOS

Sobre la solera se colocan cuartones de madera aserrada o sobrebases de guadua de una longitud igual al espacio a cubrir, y con un módulo de separación entre ejes. Este entramado será cubierto con un tendido de tablilla machihembrada o esterilla de guadua en caso que el piso sea una placa de mortero, que será de 4 cm. Cuando el piso sea de mortero de cemento, éste se reforzará con alambre galvanizado formando una malla que coincida con la red modular.

El piso de madera puede ser el acabado definitivo, o puede ser recubierto con otros materiales; igualmente a la placa de concreto se le podrá aplicar otro producto de acabado.

Los bordes exteriores del entrepiso se cubrirán con un friso de madera o esterilla de guadua y puede llevar el mismo acabado de las paredes exteriores.

El entrepiso se fijará a los muros por medio de pernos, similares a los utilizados en el amarre de paneles. Estos pernos tendrán una longitud que les permita ligar la estructura de los paneles inferior y superior con el entrepiso.

4.6. Cubierta

Sobre la solera superior, se colocan las cerchas de madera aserrada o guadua, que conforman la estructura de cubierta. La forma y sección de los elementos de las cerchas estarán de acuerdo con la luz y carga de la cubierta. Sobre las cerchas se colocan las correas,

cuya separación estará determinada por la teja que se use. Las correas deben arriostrarse entre sí con el mismo material utilizado. Al igual que el entrepiso, las cerchas se fijan a la solera superior y la estructura de paneles con pernos metálicos de 1/4" de diámetro.

La cubierta más recomendable por su bajo peso, economía, rendimiento en su colocación, durabilidad e impermeabilidad, es la de asbesto cemento, colocada de acuerdo a las especificaciones del fabricante. No obstante, el sistema propuesto permite el uso de otros materiales de cubierta.

4.7. Instalaciones

Las redes de instalaciones, que van por dentro de las paredes, utilizan el espacio vacío de los paneles. Como prevención en casos de incendios y averías, se recomienda dejar dichas instalaciones por fuera de los muros, fijándolas a la estructura por medio de abrazaderas y utilizando empaques para su amortiguación. Las instalaciones sanitarias se colgarán de los entrepisos con abrazaderas galvanizadas.

4.8. Puertas, ventanas y balcones

Las puertas y ventanas se prefabrican en madera y posteriormente se atornillan a la estructura de los paneles en los vanos dejados de antemano para tal fin.

La construcción de balcones se hace simplemente colocando viguetas o guaduas del entrepiso en voladizo de 1, 2 ó 3 módulos de longitud. Para voladizos de mayor longitud, se utilizarán elementos diagonales —“pie de amigos” — entre la pared y el entrepiso del balcón.

4.9. Acabados de muros

Revoques: Después de colocar la malla de gallinero sobre las paredes se aplica el revoque, que debe hacerse en dos tiempos para evitar las fisuras por dilataciones de los dos materiales. En principio se “primerea” (salpicar la superficie con mortero) con mortero

de cemento, cal y arena en proporción 1:1:5, de forma que cubra los intersticios de la esterilla de guadua; posteriormente, a las 24 horas, se aplica el revoque final de 1,5 cm de espesor con el mismo mortero. En las superficies húmedas de la edificación —cocinas, baños, roperías, garaje, etc.— se recomienda adicionar al revoque un producto impermeabilizante.

Enchapes: Cuando se enchape con baldosín de porcelana, éstos se pegarán con mortero de cemento y arena de proporción 1:3; sumergiendo previamente los baldosines en agua durante 2 horas como mínimo, estampillándoles luego con una lechada de cemento y arena, y por último rematando las juntas con cemento blanco y blanco de zinc en proporción 4:1. Finalmente se limpia la superficie enchapada con un trapo húmedo, evitando así las manchas en los baldosines. También pueden utilizarse pegantes en la colocación de los baldosines.

Sobre las paredes revocadas es posible aplicar estucos, pinturas, enchapes, al igual que los acabados que permiten los muros de fábrica.

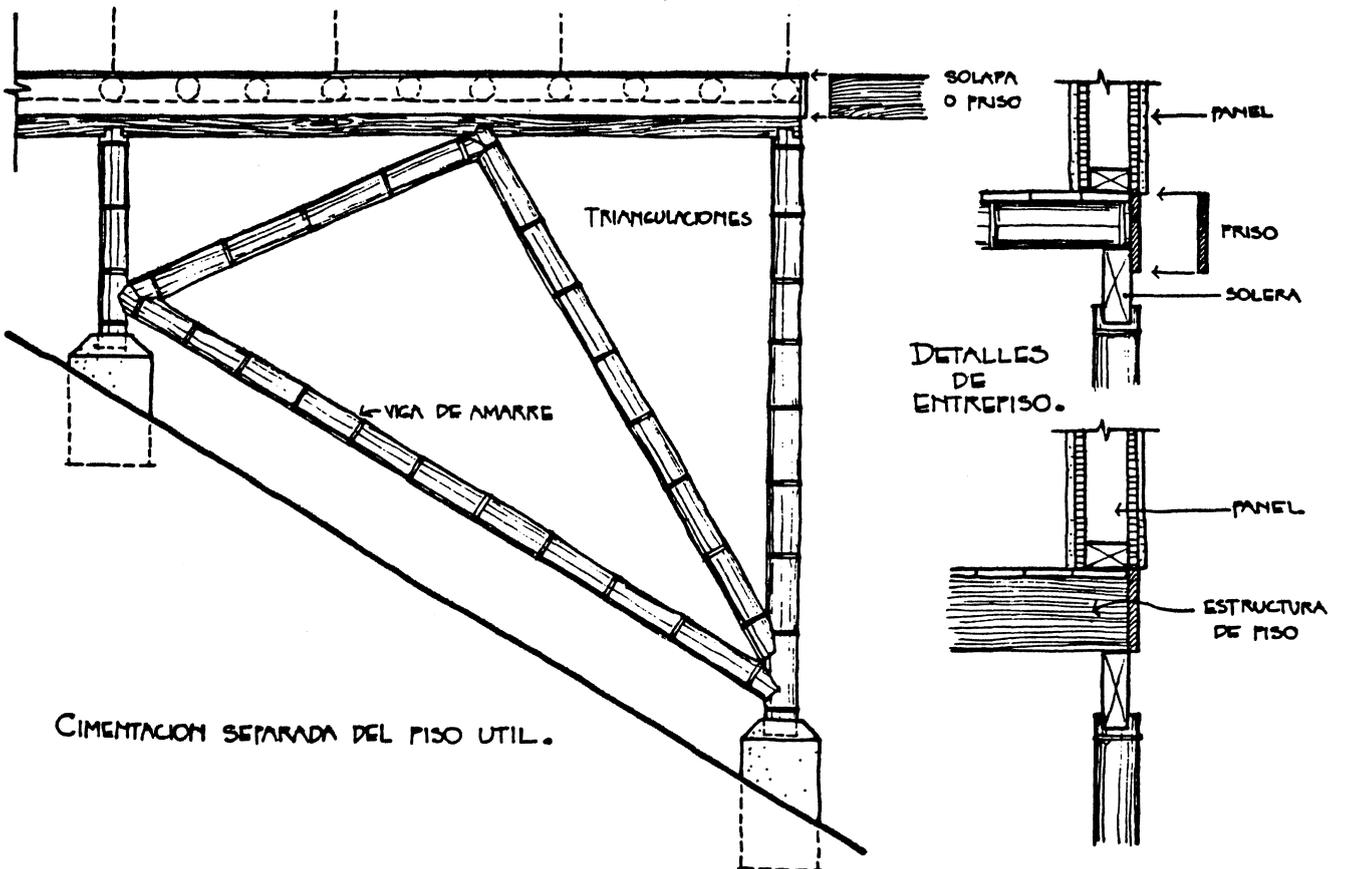
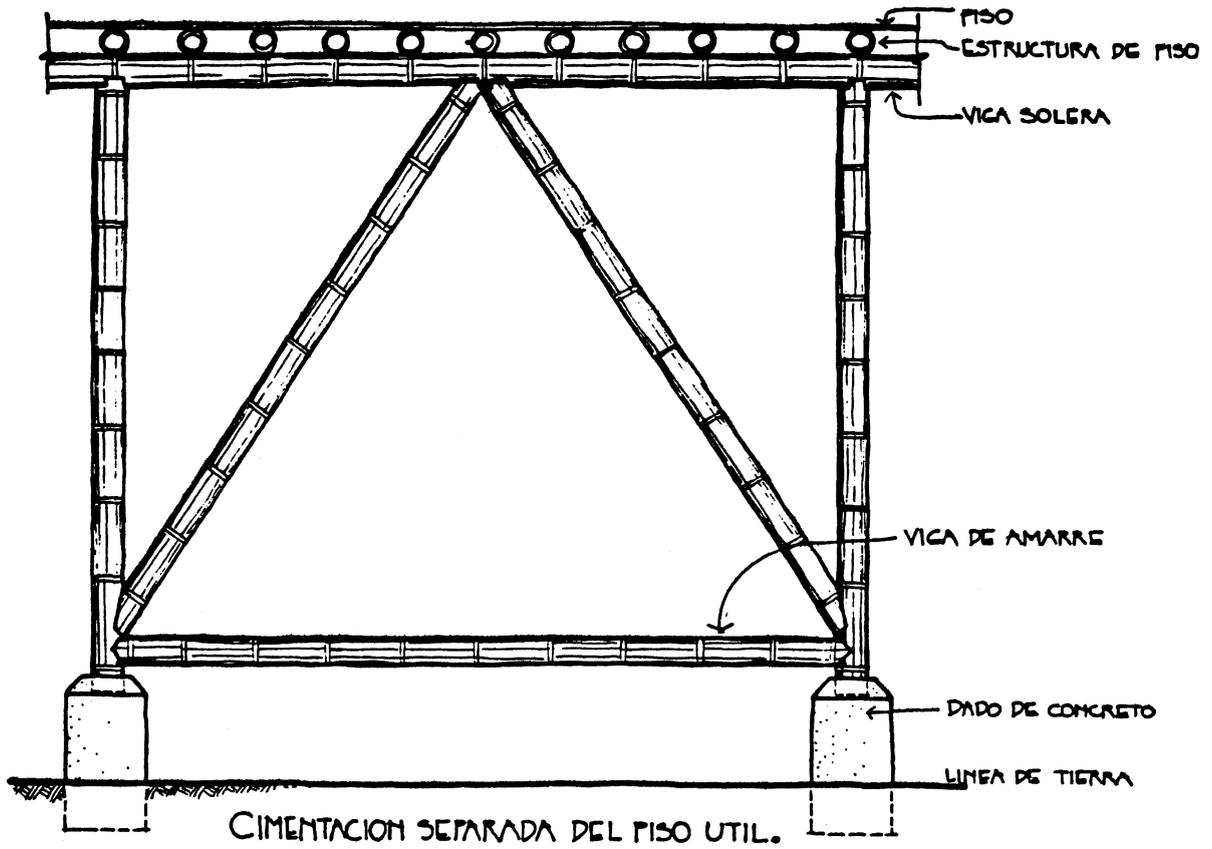
4.10. Herramientas y mano de obra

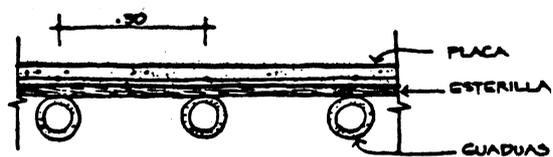
El sistema constructivo puede realizarse con herramientas menores y la mano de obra con maestros carpinteros, canteros, herreros y ayudantes de obra.

Los elementos prefabricados pueden ser manipulados manualmente en fábrica y/o la obra, dado su poco peso. La elaboración y montaje de gran parte de los elementos constructivos pueden ser realizados totalmente, bajo una adecuada supervisión, por los usuarios del programa, permitiendo una reducción considerable de los costos de mano de obra.

4.11. Adquisición de materiales

Todos los materiales son de fácil consecución en la región y existe suficiente experiencia para trabajarlos.

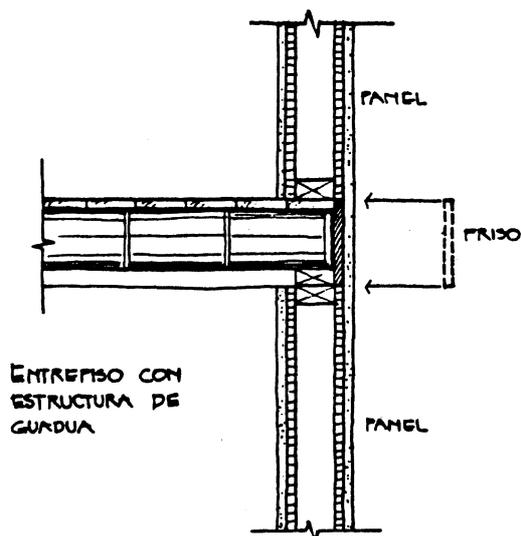




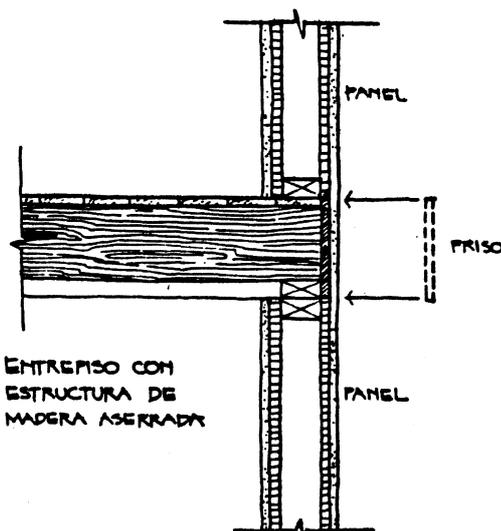
SECCION GUAJIA - MONTERO



SECCION CUARTON-TABLON

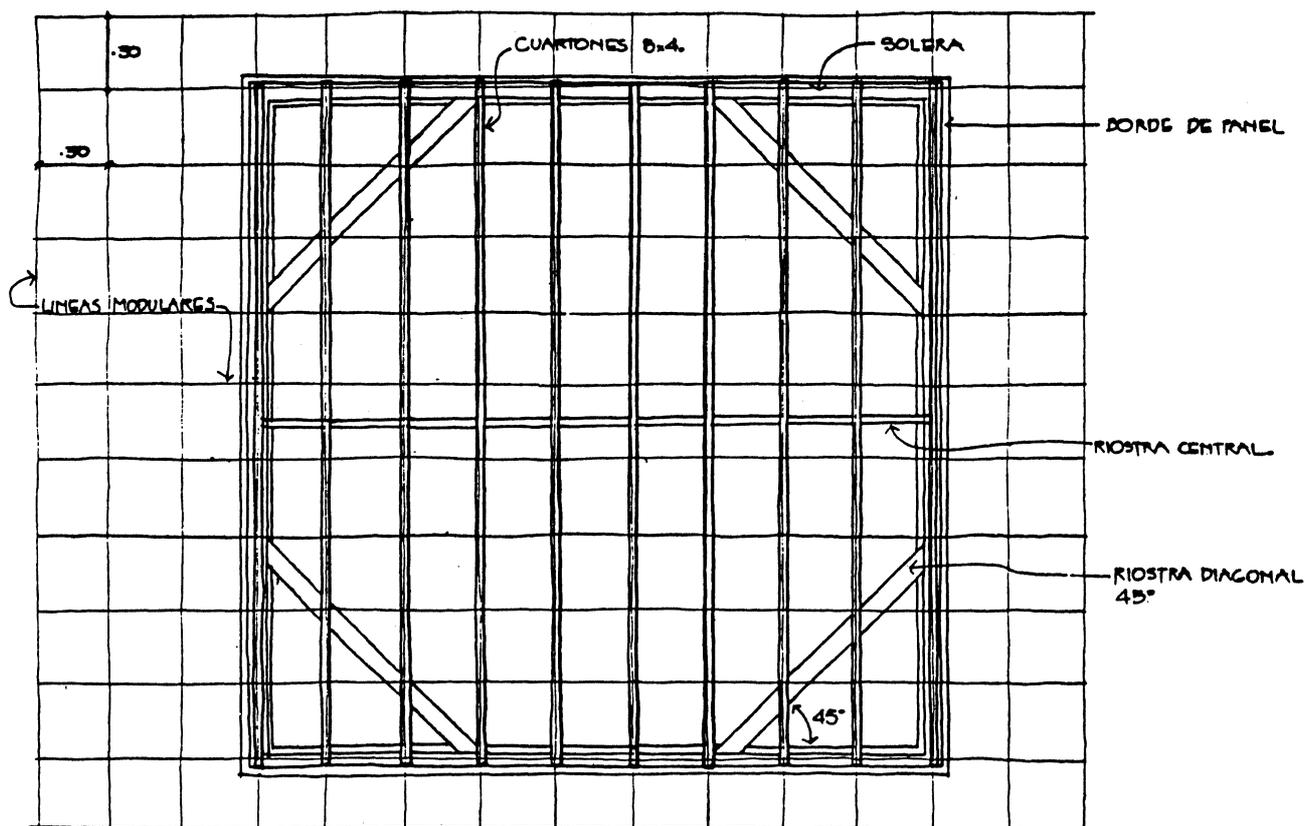


ENTREPISO CON ESTRUCTURA DE GUAJIA



ENTREPISO CON ESTRUCTURA DE MADERA ASERRADA

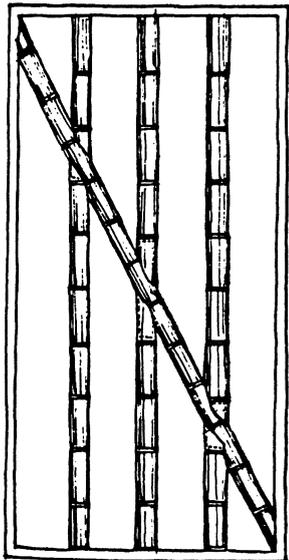
SECCION DE ENTREPISOS.



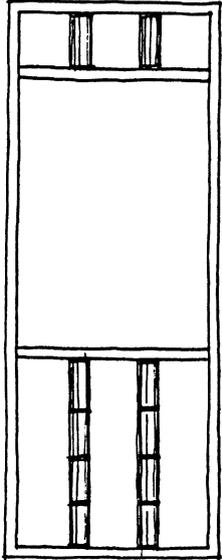
PLANTA ENTREPISO.



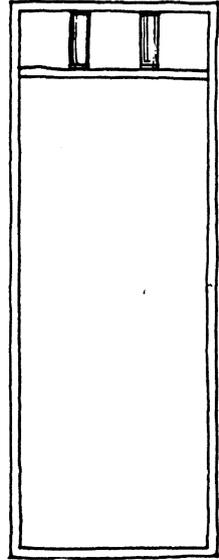
PANEL 1.20 mt. ESQUINERO



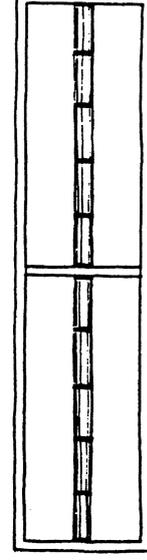
PANEL VENTANA 70x120



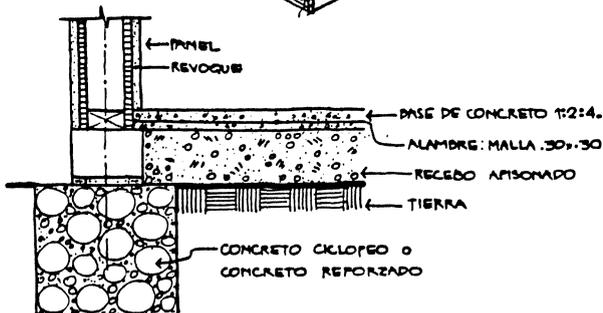
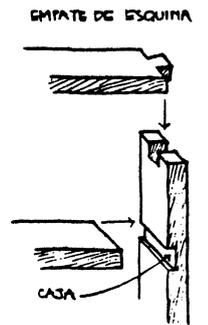
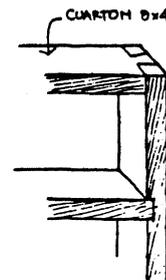
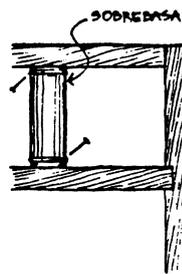
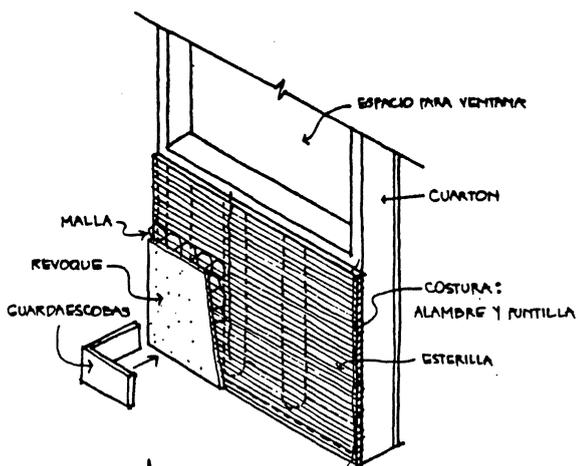
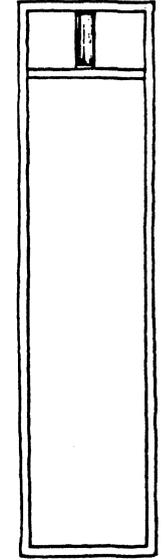
PANEL 0.90 mt. PUERTA.



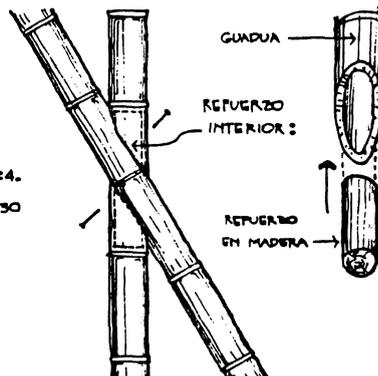
PANEL 0.60



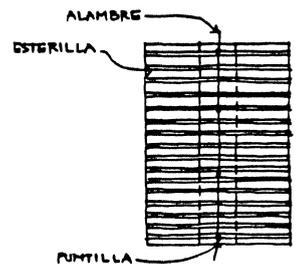
PANEL 0.60 mt. PUERTA



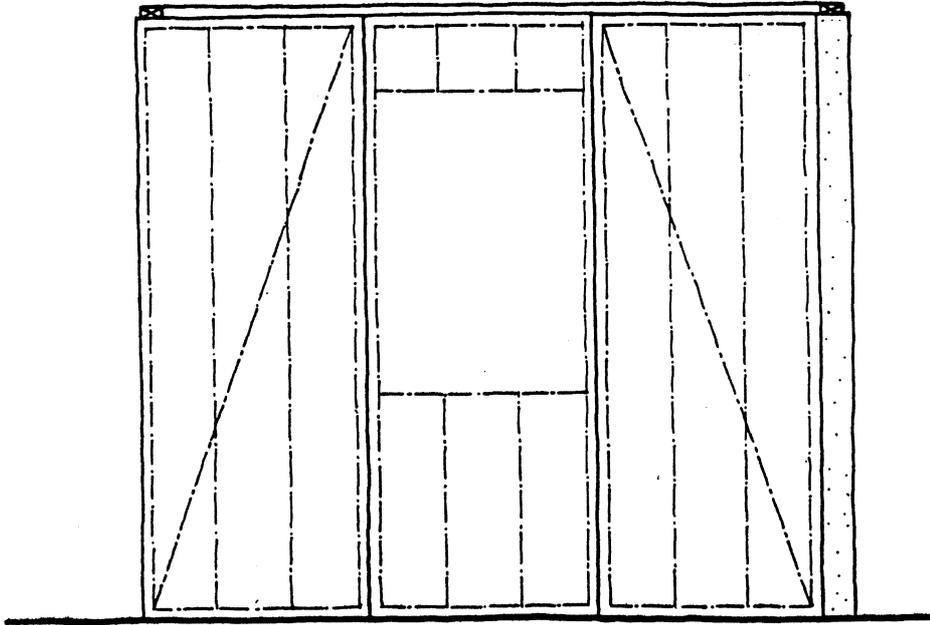
CIMIENTO RASANTE



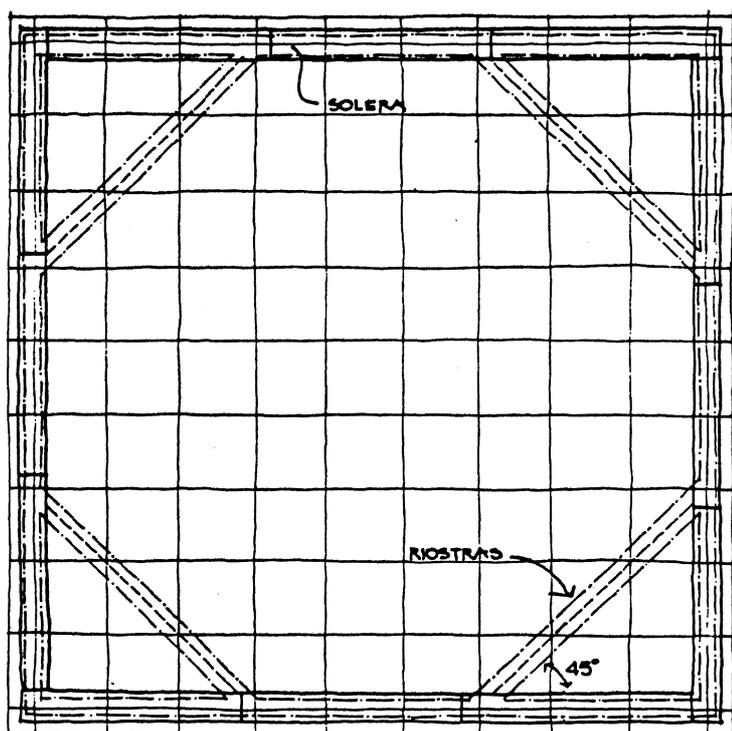
ESTRUCTURA INTERIOR DE PANEL ESQUINERO.



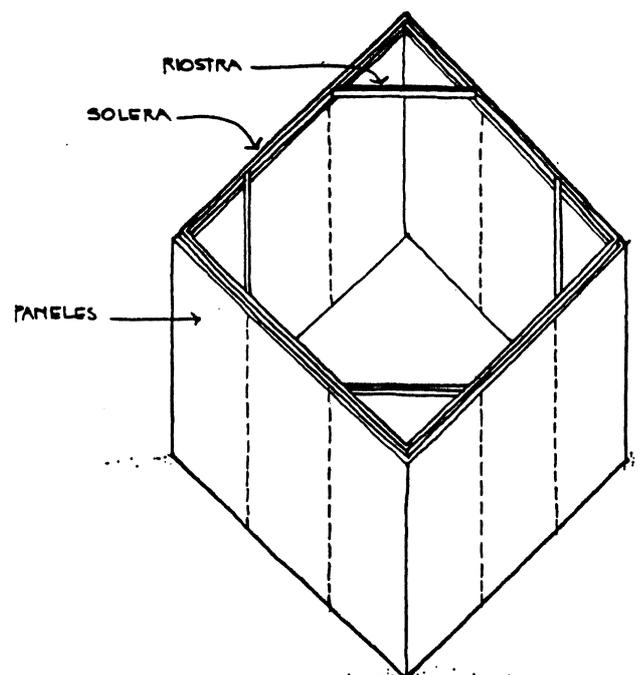
AMARRE ESTERILLA-ESTRUCTURA.

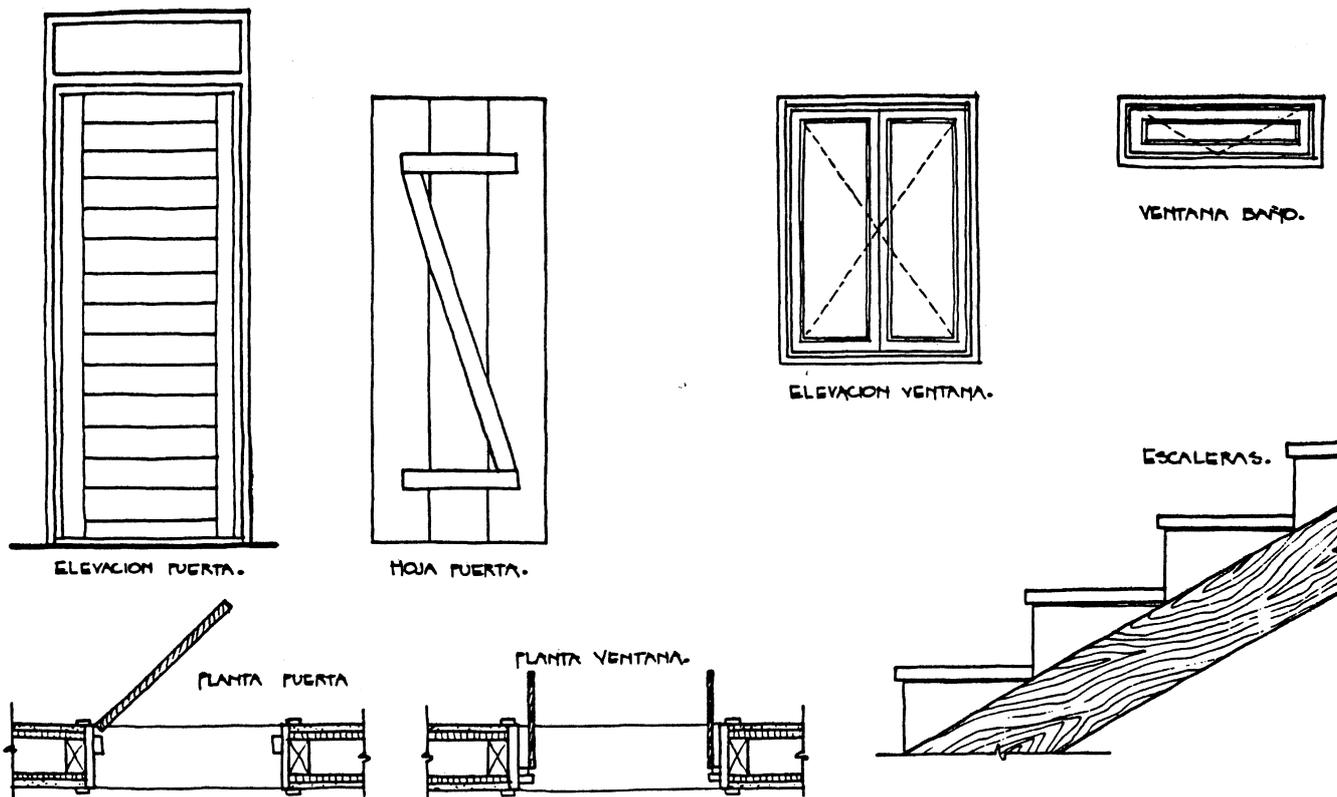


COLOCACION IDEAL DE REFUERZOS VERTICALES - MODELO DE PARED.

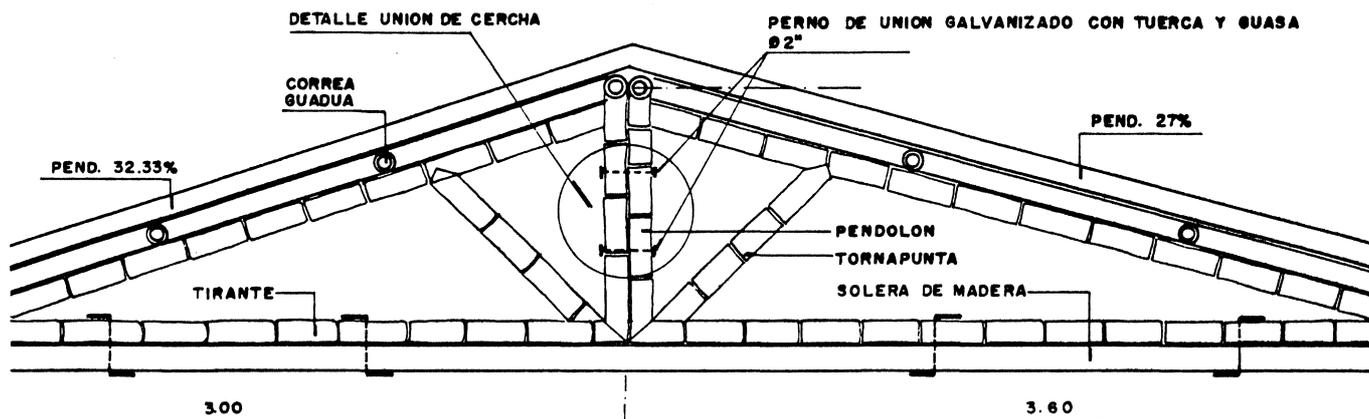


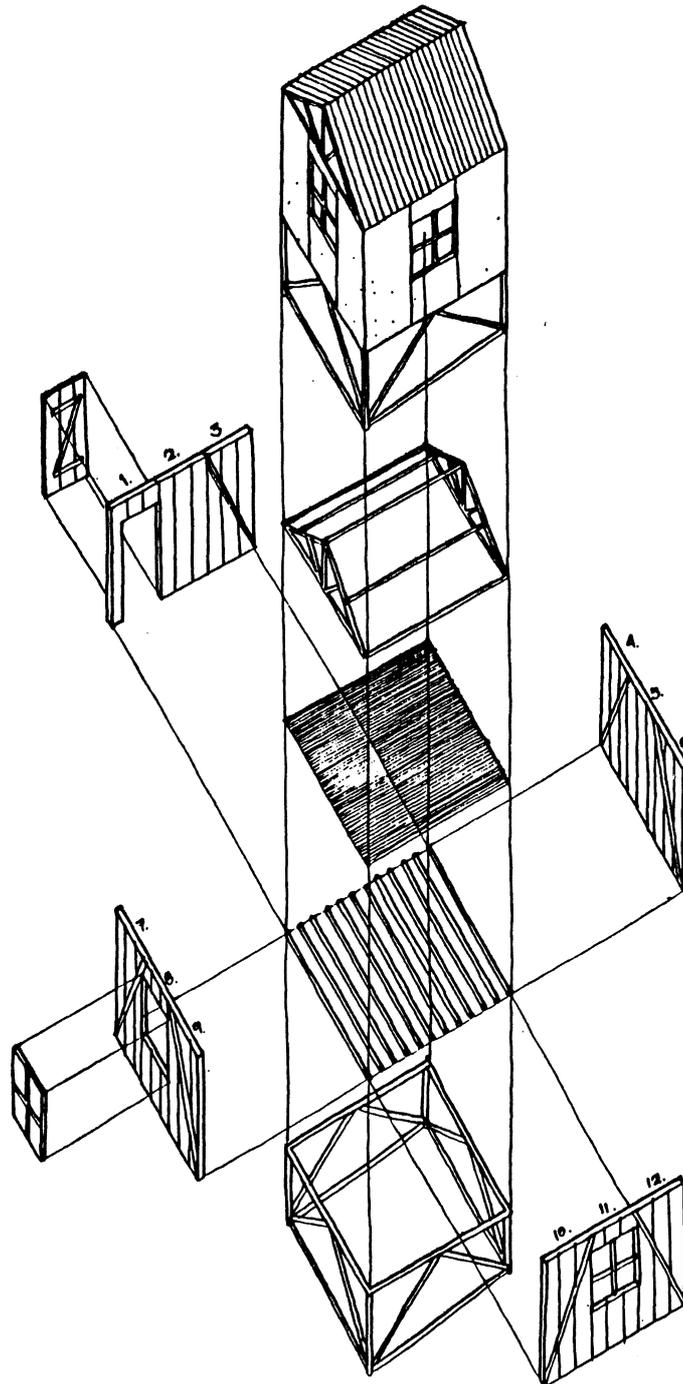
LOCALIZACION DE RIOSTRAS.



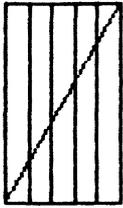
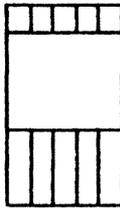
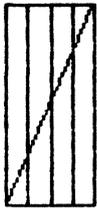
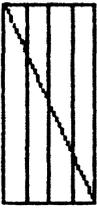
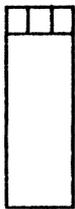
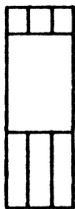


NOTA: LA CARA EXTERIOR DE LA PIEZA QUE FORMA EL PENDOLON DEBERA EN LO POSIBLE, CUMPLIR CON EL MAXIMO DE REGULARIDAD VERTICAL PARA PERMITIR UNA UNION ADECUADA CON LA OTRA PARTE DE LA CERCHA.



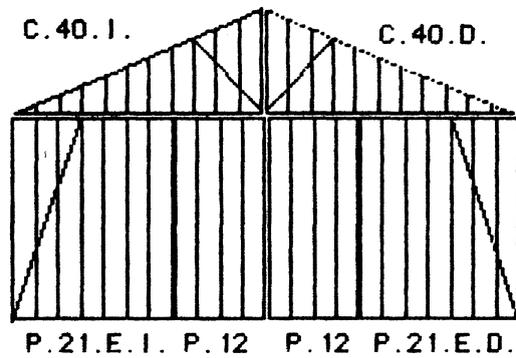


SISTEMA CONSTRUCTIVO COMPLETO.

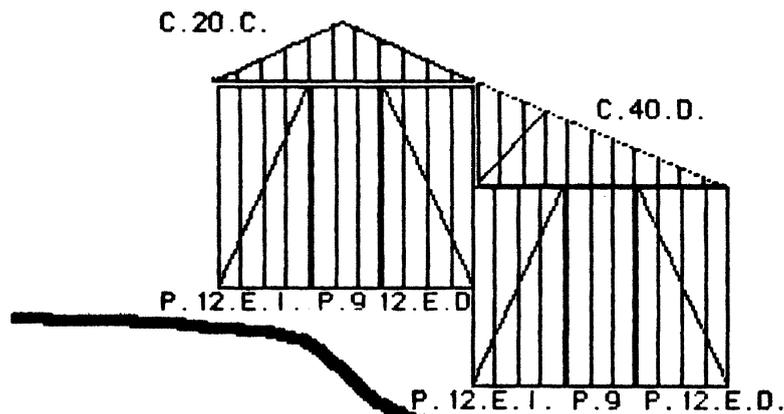
"MENU" DE COMPONENTES			
			
P. 21.E. I.	P. 21.E. D.	P. 21	P. 15.E. I.
			
P. 15.E. D.	P. 15	P. 15.U.	P. 12.E. I.
			
P. 12.E. D.	P. 12	P. 12.P.	P. 12.W.
			
P. 12.U.	P. 9	P. 9.P.	P. 9.U.
<p>P= PANEL, P/2= MEDIO PANEL, C= CERCHA, T= TERMINAL, P = PUERTA.</p>			

"MENU" DE COMPONENTES			
P.6	P.6.P.	P.6.U.	P/2.21.E.I.
P/2.21.E.D.	P.21.	P/2.15.E.I.	P/2.15.E.D.
P/2.15.	P/2.9.	C.40.I.	C.40.C.
C.20	C.20.T	C.20.C.	C.40.D.
V= VENTANA, E= ESQUINERO, I=IZQUIERDO D= DERECHO, 60,90, ETC. CMS, % P.			

UTILIZACION DE COMPONENTES FORMANDO PAREDES.



CONFORMACION DE PARED. LOTE CON PENDIENTE MENOR A 15 %



CONFORMACION DE PARED. LOTE CON PENDIENTE 15 A 25 %

5. DISEÑO ARQUITECTÓNICO Y DESARROLLO PROGRESIVO

El diseño arquitectónico de las viviendas y su sistema progresivo está basado en un "menú" de espacios modulares de 11M por 11M (3,30 por 3,30 m) con los cuales se pueden componer infinidad de tipos de viviendas. Los lotes propuestos de 6,60×9,90 m, 9,90×6,60 m y 9,90×9,90 m soportan la construcción con espacios modulares diversos y en el orden que el usuario los necesite. Otros lotes podrían usarse simplemente tomando como base las dimensiones de los espacios modulares que, a su vez, podrían cambiar su diseño simplemente teniendo en cuenta las dimensiones del módulo de diseño y de la malla de situación (30 cm × 30 cm), de tal manera que si los espacios modulares se diseñan de 3,00×3,00 m los lotes serán de 3,00, 6,00, 9,00 m de lado; y si los espacios modulares son de 3,60×3,60 m los lotes serán de 3,60, 7,20, 10,80 m y así sucesivamente.

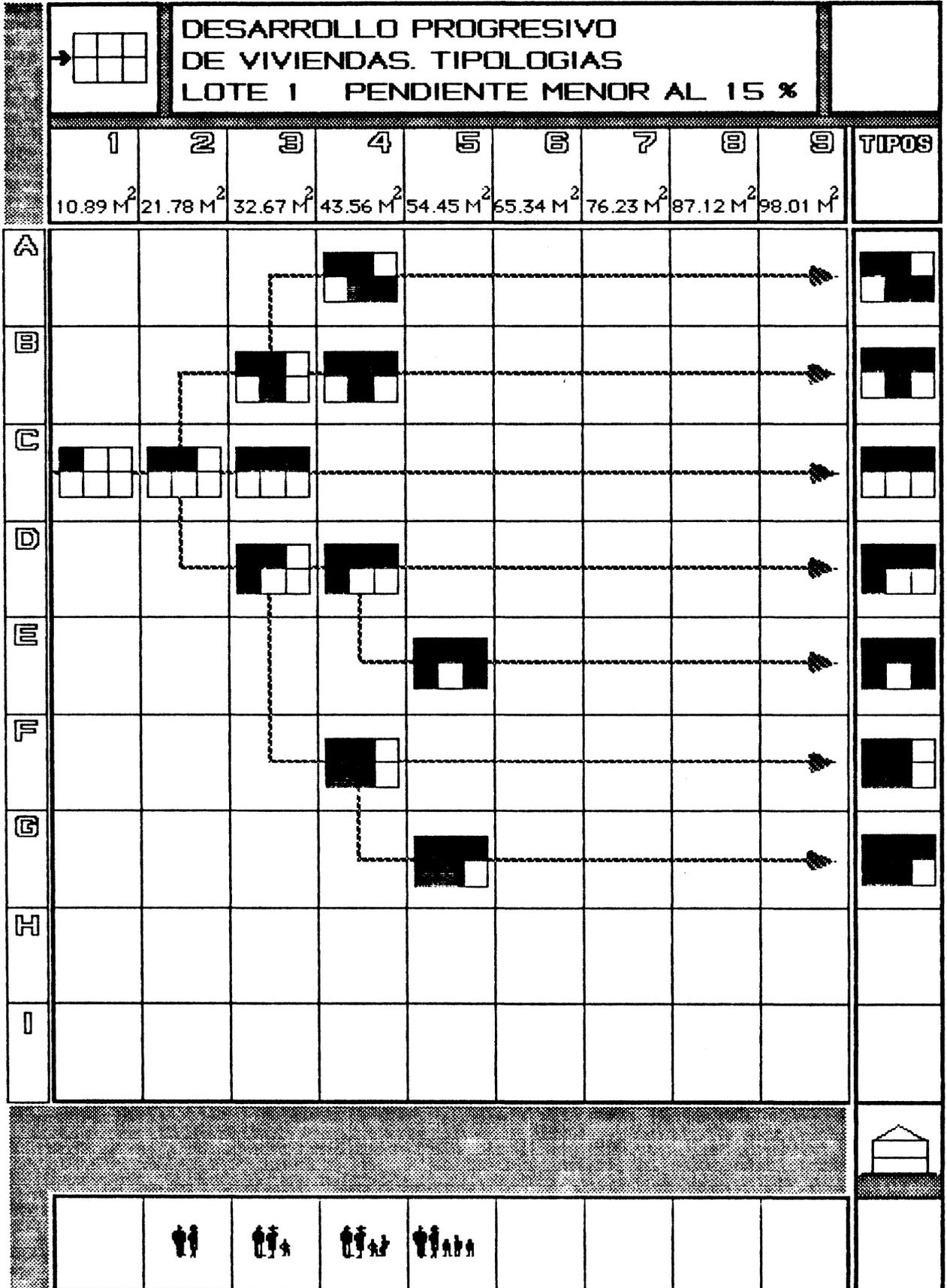
Existe Disco para equipo de computación "Macintosh 512/800", donde hemos dejado archivados los "Menú"

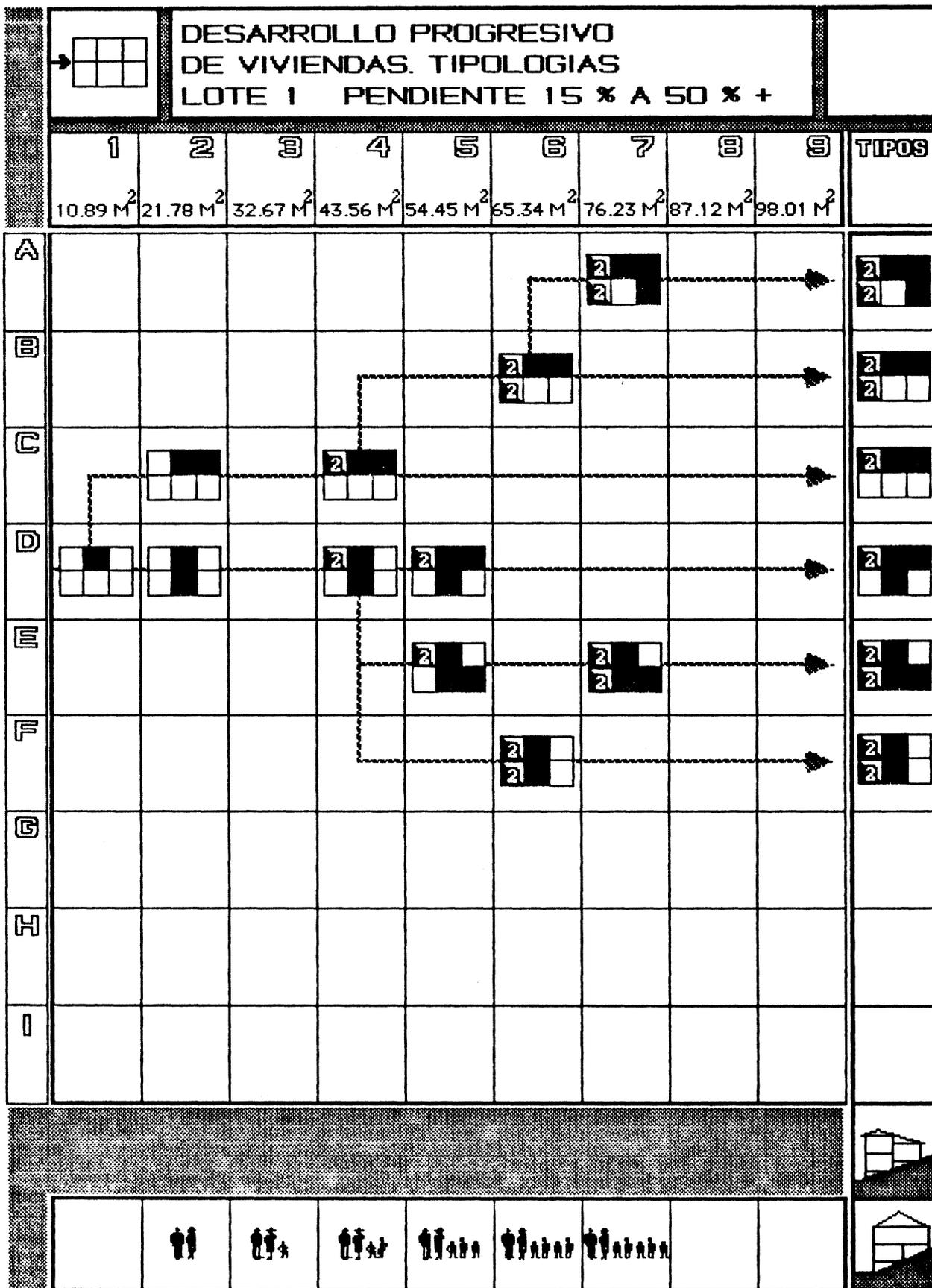
de Módulos espaciales y componentes constructivos para los usuarios del sistema.

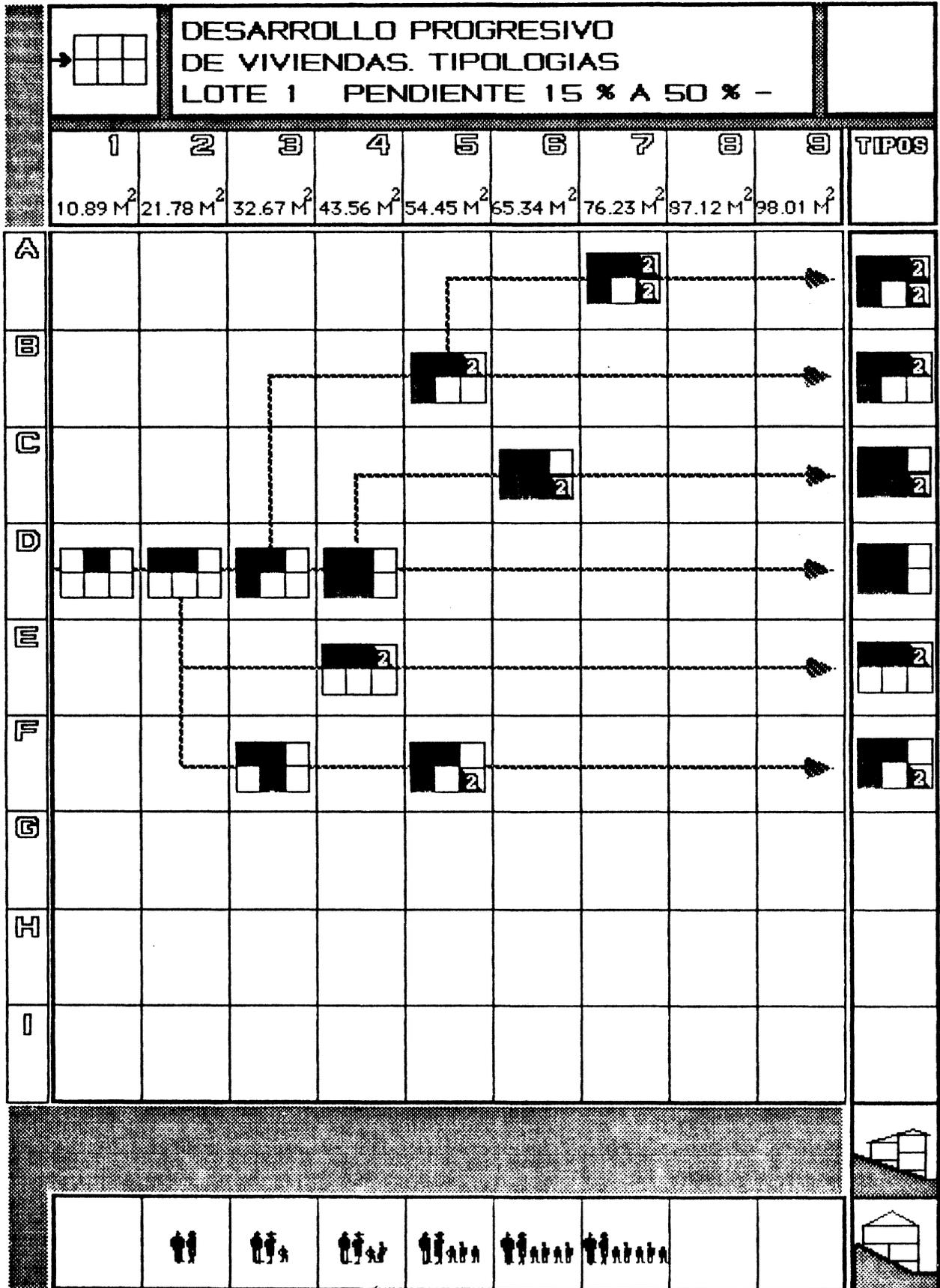
Cada lote se ha trabajado para pendientes menores a 15 % y para pendientes de 15 % a 50 %, positivas y negativas.

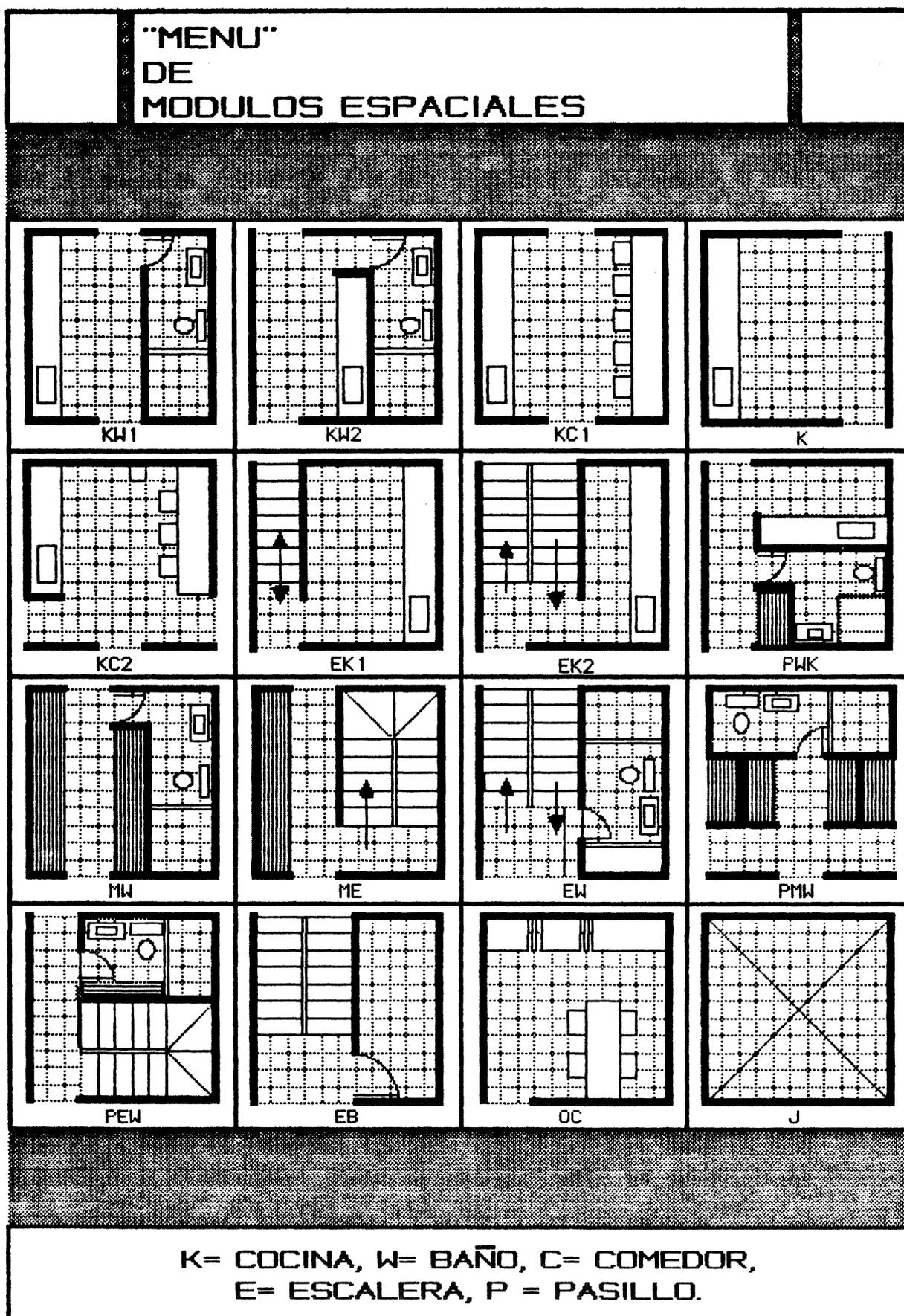
Se parte de un "embrión" espacio modular de 10,89 m² (que coincide en este caso con el promedio de área a ocupar por persona en la vivienda) y se construyen espacios modulares sucesivos, siguiendo la ruta escogida, de tal forma que en nueve pasos la casa puede crecer de 10,89 m² a 21,78 m², 32,67 m², 43,56 m², 54,45 m², 65,34 m², 76,23 m², 87,12 m² y 98,01 m² finalmente.

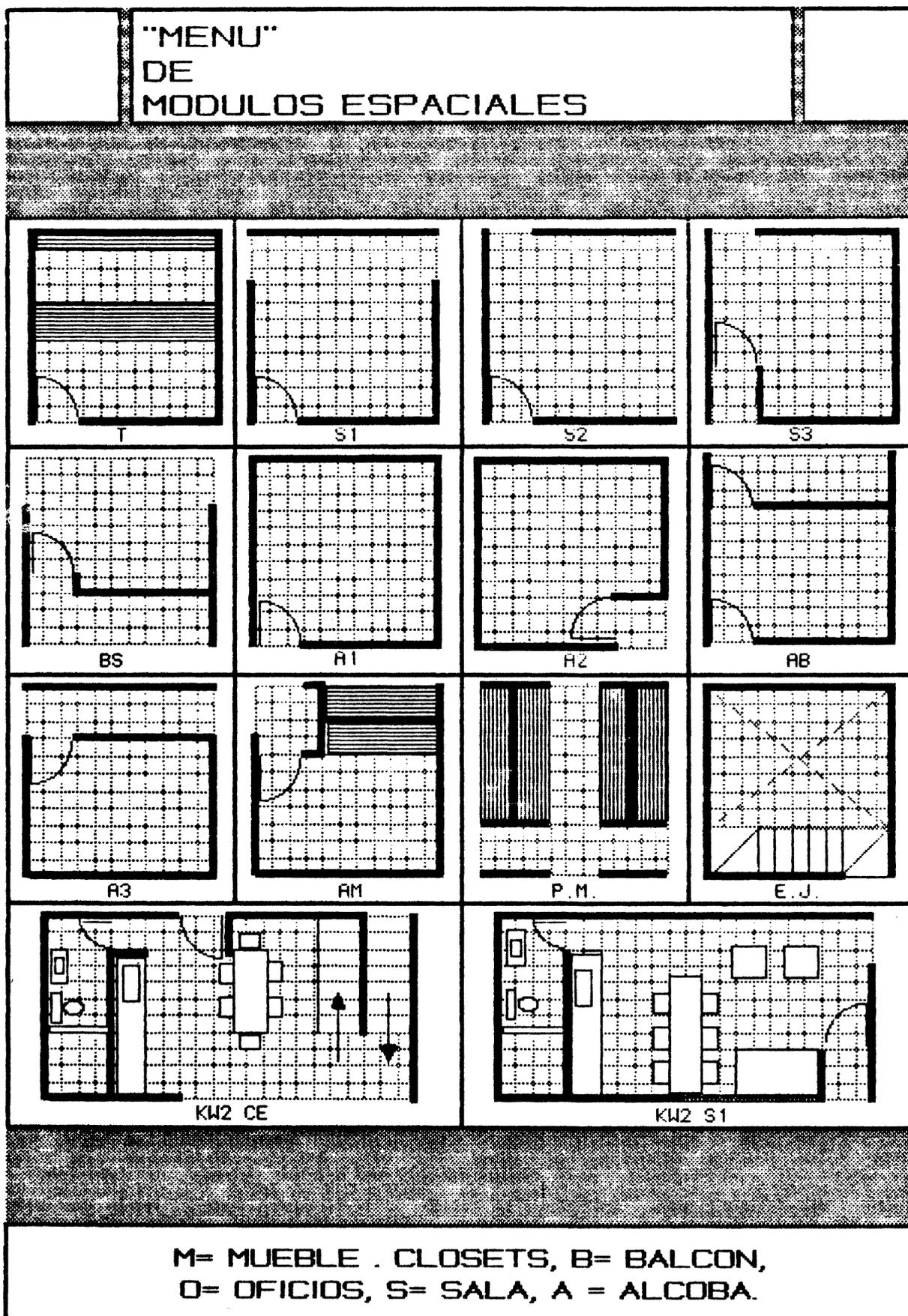
Cuando se construyen espacios modulares en dos pisos recomendamos hacerlos simultáneamente. En los dibujos se expresan estos casos con el número 2 en su interior.



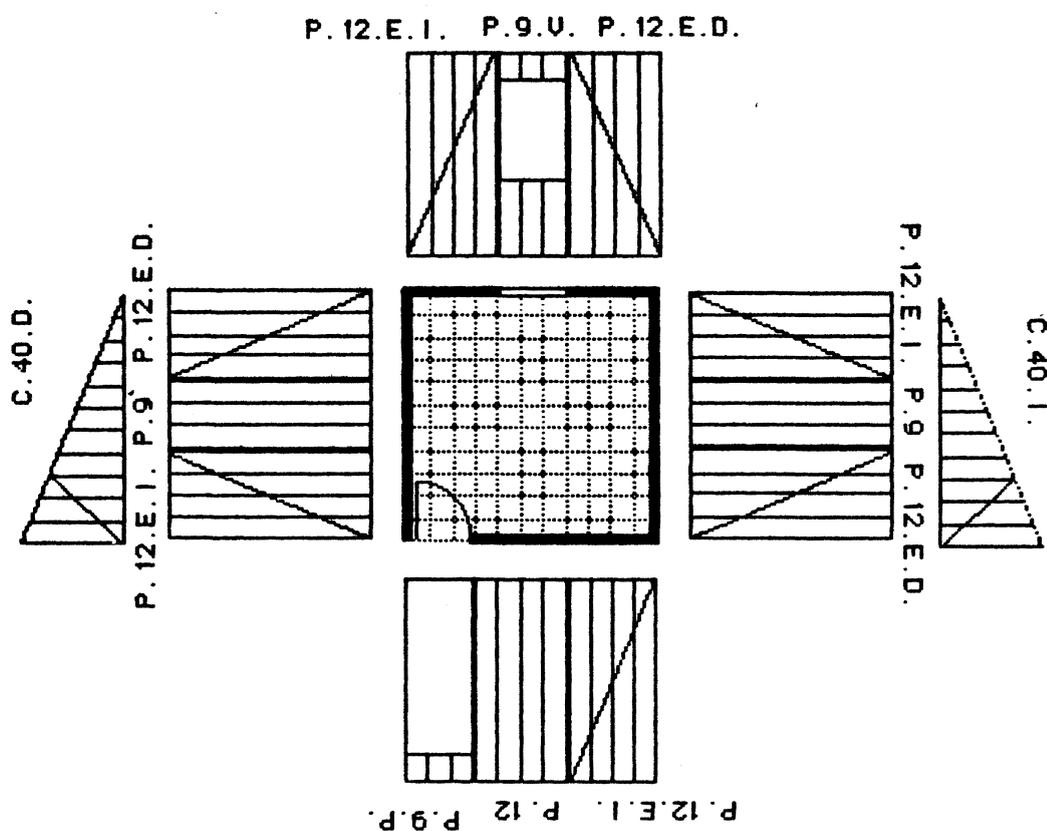




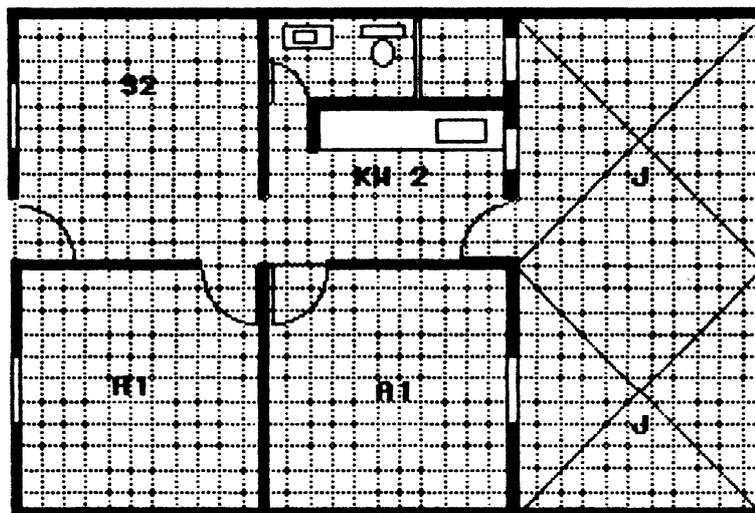




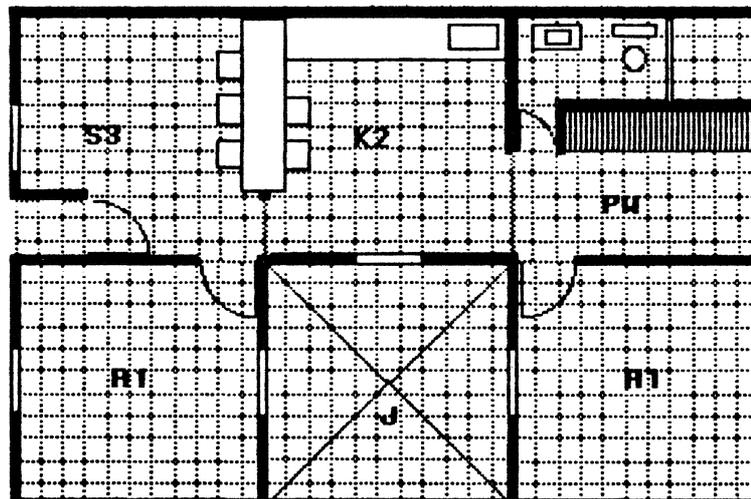
UTILIZACION DE MODULOS ESPACIALES Y COMPONENTES



EJEMPLOS DE DISEÑO DE VIVIENDAS UTILIZANDO MODULOS ESPACIALES



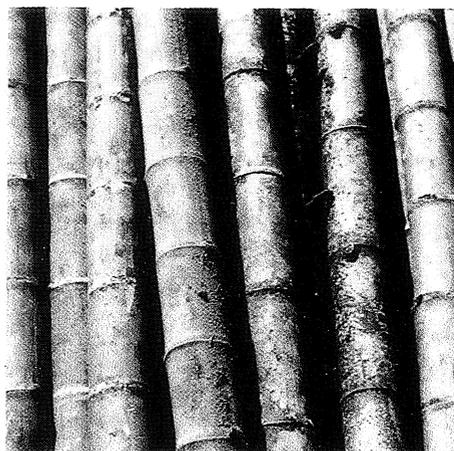
**43.56 m² LOTE 1 PENDIENTE MENOR A 25 %
TIPO F**



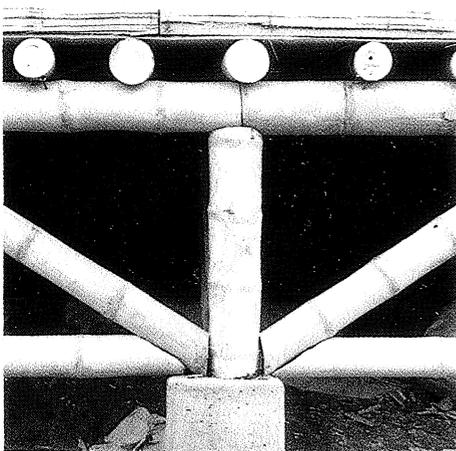
**54.45 m² LOTE 1 PENDIENTE MENOR A 25 %
TIPO E**



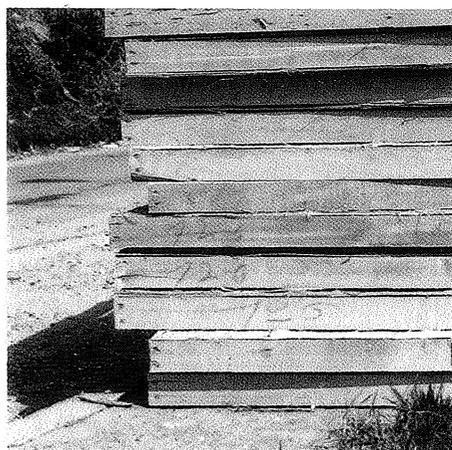
Guadual (Bosque de Guaduas).



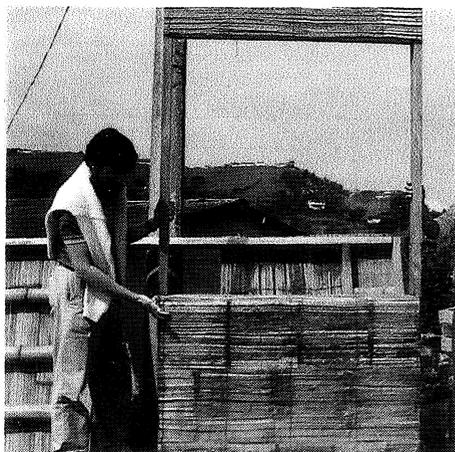
Guaduas cortadas.



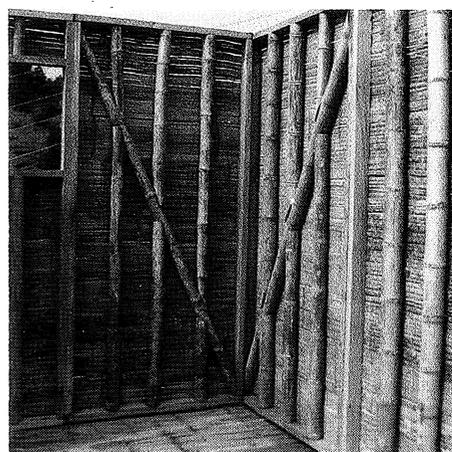
Cimentación separada del piso útil.



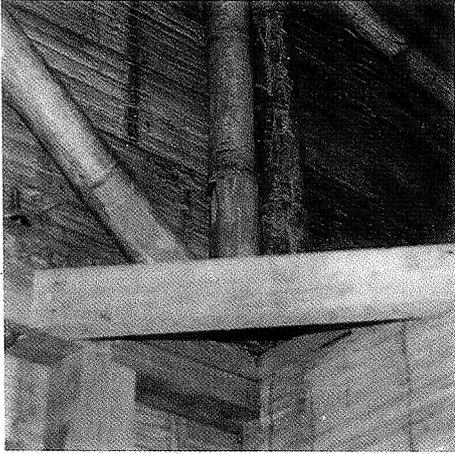
Paneles prefabricados.



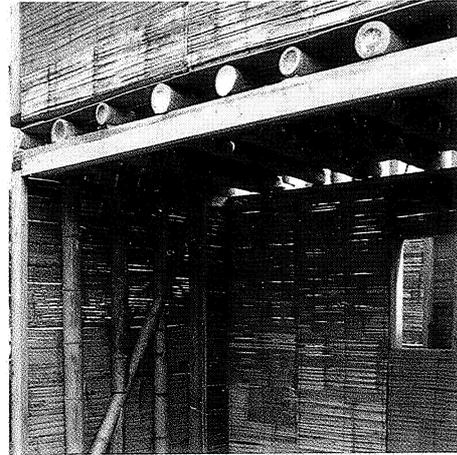
Panel ventana.



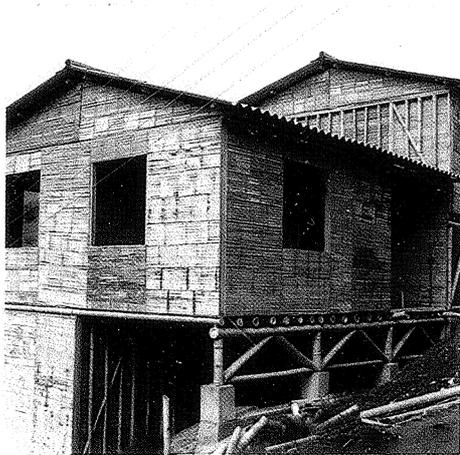
Empate de muros en esquina.



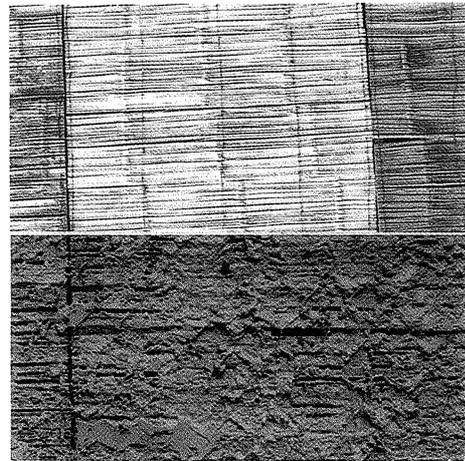
Arriostramiento de muros.



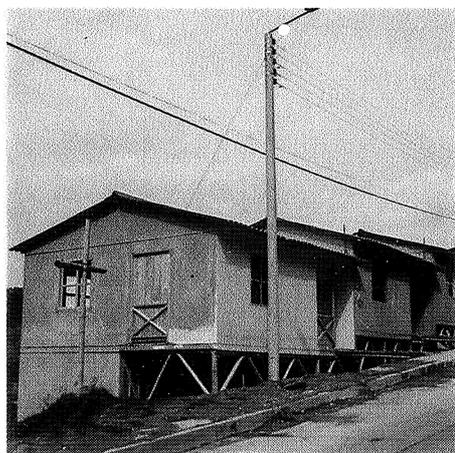
Entrepiso.



Casas en obra negra.



Proceso de acabados de muros.



Conjunto de casas.



Casa terminada.

BIBLIOGRAFÍA

- ACERO Duarte, Luis Enrique
Árboles de la zona cafetera colombiana.
Ediciones Fondo Cultural Cafetero. Bogotá 1985.
- ANDERSON, L.O.
Wood-Frame house construction.
Craftsman Book. Solana Beach, California 1976.
- ARCILA, Jorge Humberto y otros.
Guadua y maderas aplicadas a nuevas tecnologías de vivienda popular en Caldas.
U. Nacional-PEVAL 1985.
- Asociación Colombiana de Ingeniería Sísmica:
Código colombiano de construcciones sismorresistentes.
Bogotá, 1984.
- BCH, JUNAC, CEE
Proyecto de promoción de la madera para la construcción.
Entorno Ltda. Bogotá.
- BOHORQUEZ Rodríguez, Adriana
Madera estructural colombiana.
U. de los Andes. Bogotá 1984 (Tesis).
- BREYER, Donald
Design of wood structures.
New York, 1980.
- CERESIS Centro regional de sismología para América del Sur.
Evaluación de los efectos económicos de los terremotos.
Lima, 1985.
- HIDALGO López, Oscar
Bambú: Su cultivo y aplicaciones en fabricación de papel, arquitectura, ingeniería y artesanía.
Estudios técnicos colombianos. Medellín 1974.
- HIDALGO López, Oscar
Manual de construcción con bambú.
U. Nacional. Bogotá 1981.
- JUNAC
Manual de diseño para maderas del Grupo Andino.
Carvajal, S. A. 1984 Cuarta Edición.
- MORAN Ubidia, Jorge
Uso del bambú en el Ecuador.
U. Laica Vicente Rocafuerte. Guayaquil 1986.
- WILLIAMS, T. Jeff
Basic Carpentry Techniques.
Ortho Book. San Ramón, California 1981.

* * *

publicación del ICCTET/CSIC**ACUEDUCTOS ROMANOS EN ESPAÑA****Carlos Fernández Casado****Prof. Dr. Ing. de Caminos, Canales y Puertos**

Esta publicación se compone de una serie de artículos, publicados en la Revista «Informes de la Construcción», en los cuales se hace un análisis de los acueductos romanos que existen en España y el balance de las condiciones de conservación en que se encuentra cada uno de ellos, incluyendo referencias históricas y literarias. Se ha ilustrado con la reproducción de la valiosa documentación gráfica que posee el prestigioso autor.

Un volumen encuadernado en couché, a dos colores, de 21 x 27 centímetros, compuesto de 238 páginas, numerosos grabados, dibujos, fotos en blanco y negro y figuras de línea.

