

DL
02
T'(62)

TRABAJO DE TESIS:

"EXPERIENCIAS DE LA FACULTAD DE ARQUITECTURA EN LA
PRODUCCION DE LA VIVIENDA POPULAR POST-TERREMOTO".

Presentada por el alumno Juan A. Fernández Amado,
previo a optar el título de Licenciado en Arquitec
tura. Agosto de 1977.

UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

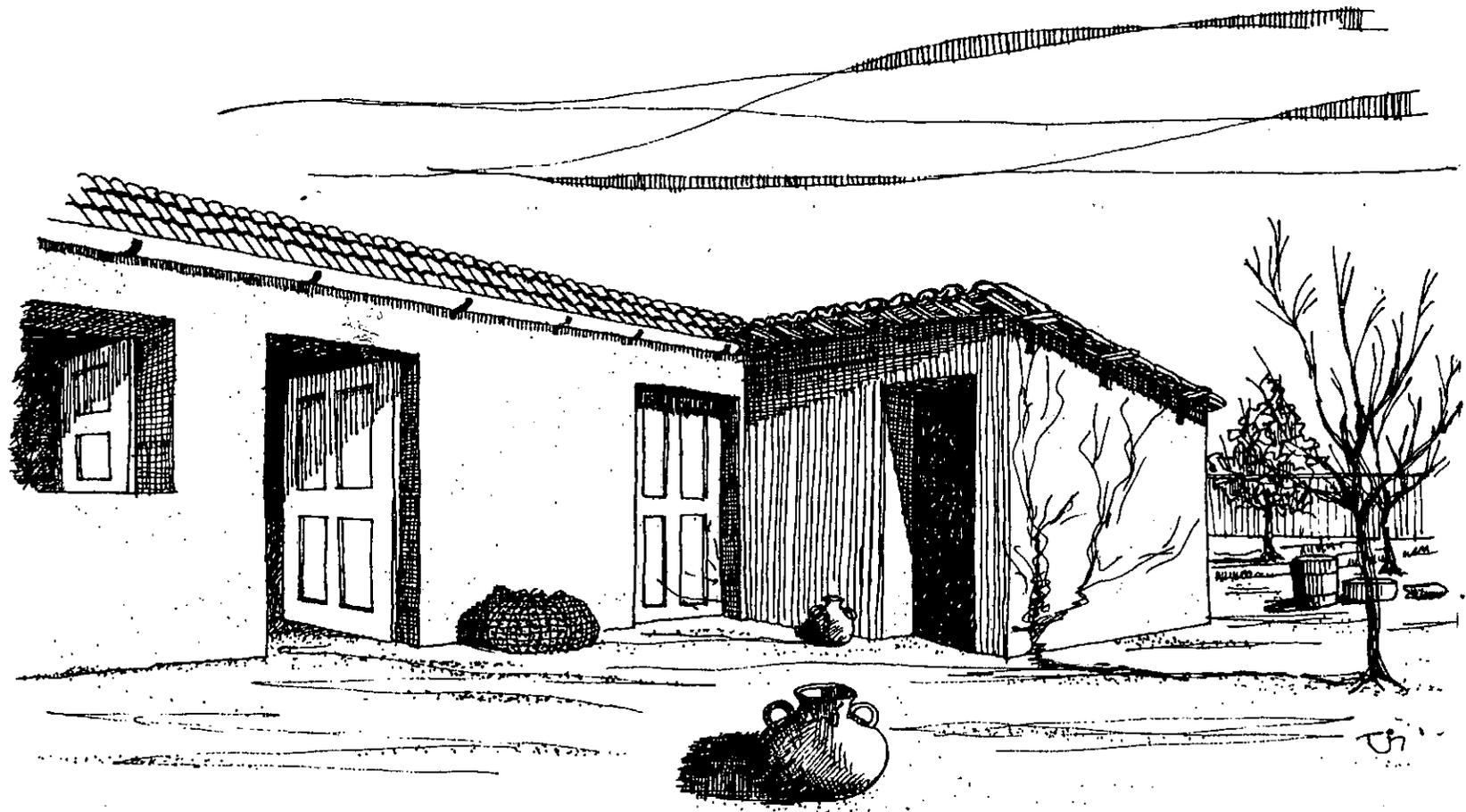
A MI MADRE

CONTENIDO

1. Introducción
2. Antecedentes
 - 2.1. Históricos
 - 2.2. Condicionantes económicos
 - 2.3. Exigencias
3. Hipótesis del Proyecto
 - 3.1. Una grilla modular
 - 3.2. Elementos portantes y de cerramiento
 - 3.3. Articulaciones internas de la vivienda
 - 3.4. Elementos de cerramiento horizontal
 - 3.4.1. La cubierta
 - 3.4.2. Formas de producción de las cubiertas parabólicas
 - 3.4.3. Formas de producir las cubiertas sin cimbra
 - 3.5. La cimentación y el refuerzo de columna
 - 3.6. Aproximación de costos de maquinaria y productos semi-elaborados
 - 3.6.1. Costos y presupuestos estimativos para la vivienda.
 - 3.7. GPM para la producción de la vivienda.
 - 3.8. Alternativa de vivienda número 2
4. Evaluación de las hipótesis del proyecto
5. Conclusiones
6. Recomendaciones
7. Anexo 1. El Parabolóide Hiperbólico descripción y cálculos
8. Anexo 2. Planteamiento sobre la investigación de la caña de maíz
9. Bibliografía

1. INTRODUCCION

vivienda pre-terremoto



TH

1. INTRODUCCION

El objetivo del presente ensayo es sintetizar una serie de experiencias en el planteamiento y producción de "vivienda popular" post-terremoto, con técnicas no tradicionales, producto de una serie de investigaciones efectuadas por un grupo de estudiantes de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, en la población de Sumpango, Departamento de Sacatepéquez en el año 1976.

El contenido del presente trabajo cubre: los antecedentes que indujeron la preparación del mismo; el planteamiento de las hipótesis extraídas a través de las investigaciones estudiantiles; la comprobación y evaluación de esas hipótesis, como resultado de la producción física de la vivienda; - las conclusiones y recomendaciones emandas en el proceso productivo, así como, de las dificultades de orden docente que confronta la Facultad para guiar este tipo de trabajos; por último dos -- anexos complementarios, uno relacionado con la--- justificación de la hipótesis de cubierta planteada y otro sobre la investigación incipiente de la caña de maíz como material sustitutivo en la construcción.

Las técnicas empleadas no son tradicionales, aún cuando son conocidas desde hace tiempo, esto debido a la carga ideológica que el sistema imperante utiliza, haciéndolas aparecer como una sofisticación demasiado costosa para ser consumidas popularmente y aún más utilizarlas en formas auto-constructivas.

Dado que el campo de aplicación de esta experiencia fue el área rural, caracterizada a nivel socio-económico por pequeños productores agrícolas que en razón a la naturaleza de su trabajo y las condiciones en que lo realizan, tienen períodos - de desocupación obligada a lo largo de todo el año, se estimó que la utilización de sistemas de auto-construcción, para que pudieran reponer su vivienda perdida con el terremoto, no constituía una sobre explotación en el trabajo, como lo sería la aplicación de tales sistemas para la clase obrera. En consecuencia, la programación de los trabajos estuvo determinada por estas condicionantes cuidando que la incidencia de los mismos en - la población fuera favorable.

Sin embargo, los niveles en que la Universidad - puede incidir en la transformación de la realidad del país son limitados. En el caso de una escuela técnica, como la Facultad de Arquitectura, se atisban algunos elementos que, parece ser, podrían contribuir a modificar algunas relaciones en el proceso de producción, especialmente en la producción de arquitectura. Como es el caso que ahora - exponemos.

Repetidas veces hemos dicho que el análisis de un estudio como el que nos ocupa sólo puede hacerse en el marco en el que se ubica la - práctica académica universitaria entendiendo a la Universidad como una institución de educación superior destinada a la reproducción del sistema a través de la producción de cuadros intelectuales que se integran a dicho sistema.

Sin embargo, la relación entre la Universidad y el sistema debe entenderse, no lineal, sino dialécticamente: la Universidad como entidad científica, tiene por objeto la verdad, el descubrimiento de la realidad; pero en la práctica el papel que se le asigna es el de ocultamiento de esta realidad, la producción de objetos ideológicos, que como el caso de la arquitectura, se evidencia ocultando la estructura social del país.

De aquí, que el objetivo fundamental de los programas docentes, debieran ser develar que del conocimiento científico existente es posible extraer soluciones tecnológicas que no necesariamente correspondan a los intereses de las clases propietarias de los medios de producción o de las políticas financieras y económicas de los centros hegemónicos del capitalismo.

En este sentido, sabemos que la amplitud con la que puedan aplicarse nuestros aportes en este campo, dependerá del grado en que favorezca la reproducción del capital o, quizá, en la medida en que la Universidad y otras instituciones progresistas se comprometan en acciones de extensión involucrándose en la producción de condiciones para superar al sistema.

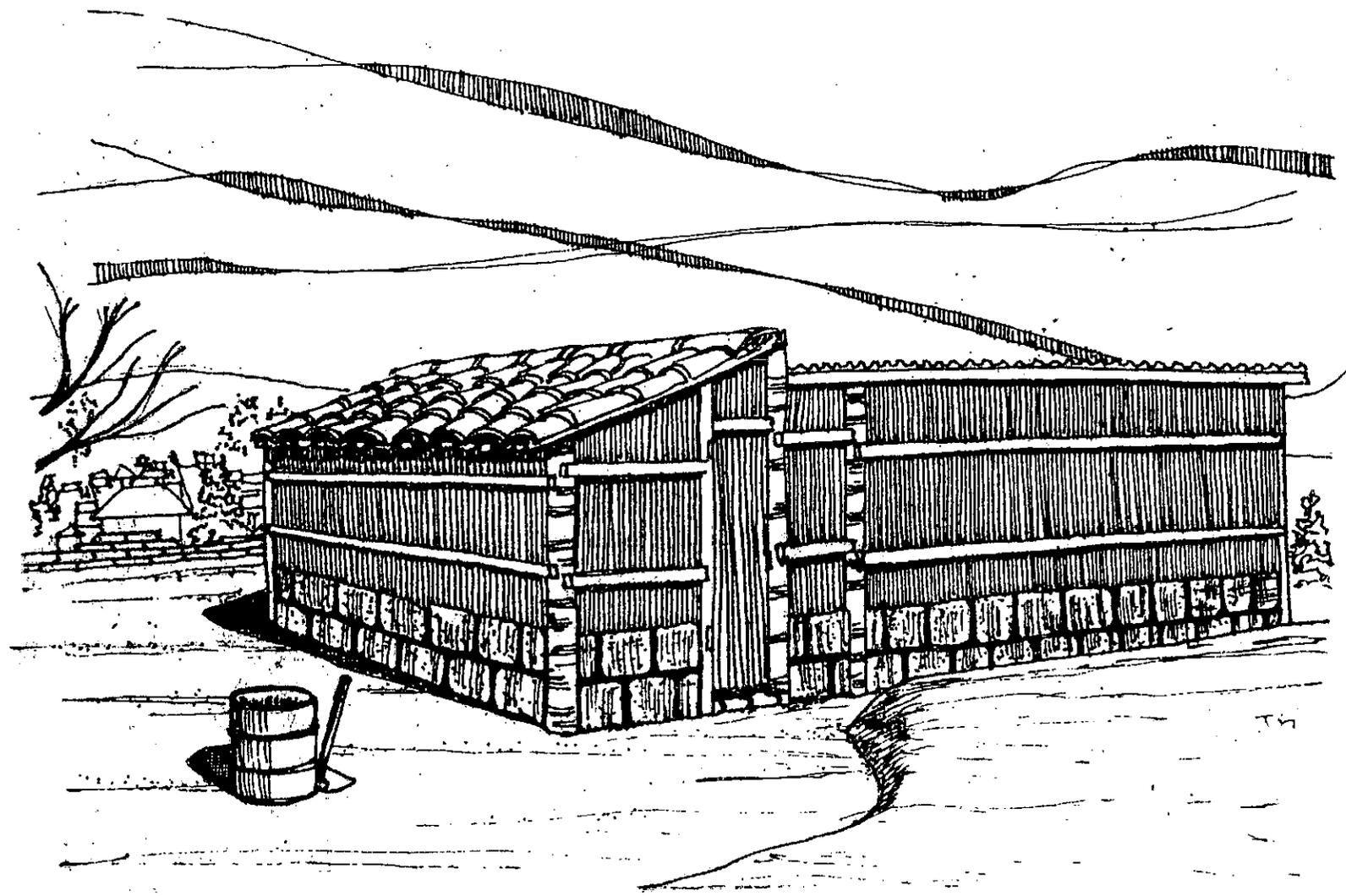
No nos engañamos tampoco, creyendo resolver el "problema de la vivienda", pues, la segregación en el consumo y en última instancia la estructura económica del país constituyen el verdadero problema.

De manera que si en algún momento nos preocupa la producción de arquitectura y de elementos de

bajo contenido de trabajo, no es para ampliar el mercado de la mercancía arquitectónica o para ofrecer mayores ganancias en cambio de tales objetos, sino para desarrollar alternativas racionales a partir de nuestros recursos. El rol técnico del arquitecto en un país sub-desarrollado y dependiente como el nuestro, es desarrollar la técnica que podrá constituir el nexo que vincule nuestro que hacer de hoy con la tarea que nos tocará afrontar en una realidad transformada:

Hemos visto en los laboratorios de la Universidad, dedicados al estudio de la tecnología de la construcción, como los técnicos, vaciados de todo contenido social, se entregan afanosamente a sublimizar el acero y el concreto, en una palabra, a aumentar la rentabilidad de las industrias de la construcción. Tal actitud no es más que el resultado del desquiciamiento de la visión burguesa de la realidad: pretender que la técnica es universal. Nos enfrentamos diariamente a la tecnología utilizada como instrumento de dominación y sabemos que la técnica no es universal sino que se manifiesta aquí y ahora, por lo que en el campo de la técnica también deberá enfrentarse la irracionalidad del capitalismo.

2. ANTECEDENTES



2. ANTECEDENTES

2.1 El presente trabajo es el resultado, en gran parte, del Plan de Integración Académica de la Facultad de Arquitectura de la Universidad de San Carlos de Guatemala, desarrollado en el año de 1976 y que se practicó con estudiantes de la misma, en diversas localidades afectadas en el terremoto del cuatro de febrero de ese año.

Por los efectos producidos por la catástrofe, se impuso por mandato del Consejo Superior -- Universitario, que la actividad docente debería distribuirse en un 50% de prácticas de campo en las áreas afectadas en un 50% de -- aprendizaje teórico en las aulas en todas las unidades académicas de la Universidad.

Una vez establecidos en el asentamiento, dió inicio la práctica del mencionado Plan, que -- desde luego, adolecía de algunas cuestiones -- medulares como lo referente a las facilidades de financiamiento. Pero venciendo este tipo de problemas, logramos parte de los objetivos del programa y consecuentemente parte del presente trabajo que es mérito de los estudiantes que permanecieron estóicamente en la localidad.

El objetivo del programa de integración docente 76, era lograr una formación integral del estudiante por medio del conocimiento directo de la realidad del país, paralelamente a las aplicaciones de orden técnico-constructivo de sus propuestas habitacionales de la población.

Dentro de las formas y métodos para implementarlo se encontraba el análisis del grado de explotación a que estaban sometidos los asentamientos en cuestión, sus consecuencias sobre el uso y consumo del espacio en la vivienda y las tecnologías para su producción.

Los resultados de las investigaciones y prácticas estudiantiles-docentes, han servido de plataforma de trabajo para este ensayo, desde luego que no aparecen descritas en su totalidad, -- sino que únicamente haré referencias a las más importantes, en el transcurso del discurso.

Pero, luego de un semestre de esfuerzos, cuando se atisbaban algunas oportunidades para hacer de la Facultad una unidad científica de enseñanza-aprendizaje al par que se beneficiarían algunos de los poblados con las investigaciones y experimentaciones técnico-sociales -- que se realizaban, se nos negó, por parte de las autoridades de la facultad y del mismo Consejo Superior Universitario, el financiamiento requerido. Con el consecuente retorno al -- aprendizaje libresco intramuros que nos ofrece la Universidad.

Fue preciso entonces tratar de contactar otras instituciones para proseguir el trabajo y cumplir con los compromisos adquiridos con la población, encontrando financiamiento por parte del Gobierno del Bélgica, si bien, estaba dedicado única y exclusivamente a la producción de vivienda para el Municipio de Sumpango.

Se firmó un convenio entre el Gobierno de Bél-

gica y la Facultad de Arquitectura, en la ---
cual se comprometía la Escuela a aportar tres
miembros para la dirección técnica del ---
proyecto.

2.2 Condicionantes:

La zona del Altiplano Central de Guatemala en
la que se ubica Sumpango, está caracterizada
por una estructura agraria que ubica la gene-
ralidad de los pobladores como propietarios -
privados del terreno agrícola.

Sin embargo, son propietarios del medio
de producción tierra sin poseer capital de in-
versión, ni capital variable para la produc-
ción. Esta situación ubica en las peores con-
diciones de trabajo y en procesos productivos
limitados, tanto en la capacidad de producción
como en los mecanismos de la comercialización;
de modo que, al fijarse los precios de los --
productos agrícolas, por el precio de produc-
ción en las peores condiciones de trabajo, es-
tos productores facilitan la renta de apropi-
ción por aquellos productores en mejores con-
diciones de producción al darse por esta razón
una diferencia entre los precios de unos y los
de otros, a la par que esto condena a la mera
subsistencia a los pequeños productores.

Por ello, el pequeño productor sufre un desdo-
blamiento con los diferentes sentidos en que
penetra al proceso productivo. Penetra como
propietario privado del medio de producción
tierra, pero en condición nominal pues, la -

propiedad de un bien es la capacidad del po-
seedor entendida como el albedrío del mismo
sobre la cosa y para estos productores, su -
incapacidad productiva, viéndose obligado a
disminuir sus medios de producción y a tener
que desdoblarse en un trabajador asalariado
de sí mismo, con lo que pierde el supuesto -
albedrío de poseedor.

Este sector es proclive, por esa misma razón
a ser organizado dentro de la política ofi-
cial del Estado en sistemas cooperativos de
producción, en tanto pueden ofrecer en su ca-
lidad de propietarios privados el título de
propiedad como garantía sobre un endeudamien-
to cooperado. Esto puede llegar a constituir
se en el caso del Altiplano, en una fuente de
apoyo social a la política del Gobierno, en -
la medida que esta relación crediticia viene
a acentuar, todavía más, su dependencia hacia
el Estado y a demostrar el final, el carácter
nominal de su propiedad sobre el medio de pro-
ducción tierra.

2.3 Exigencias:

Al plantear a las personas involucradas en el
problema nuestro plan de trabajo y cuáles --
creíamos serían nuestras limitaciones en el -
campo de acción, se confirmaron nuestros plan
teamientos y las conclusiones a que habían --
llegado los compañeros estudiantes en el aná-
lisis preliminar de la zona (2.2 Condicio-
nantes).

Y con respecto a la vivienda, se sintetizaron las exigencias que debería satisfacer la misma, como sigue:

- a) Espacios de ocupación adecuados aunque mínimos (resultado de la incapacidad de consumo de los pobladores).
- b) Un costo de materiales no mayor de Q. 500.00 (exigencia del Gobierno de Guatemala al de Bélgica, esta debería ser vendida a los pobladores únicamente en materiales, para no pecar de "paternalistas").
- c) Con posibilidades de crecimiento físico.
- d) De fácil producción.
- e) Con materiales de buena calidad de preferencia de la localidad.
- f) Con una participación activa de la población.
- g) Por último, las exigencias planteadas por la matriz de evaluación de un edificio que está planteada en la tabla 1. Que considero no es necesario describirla ya que habla por sí misma.

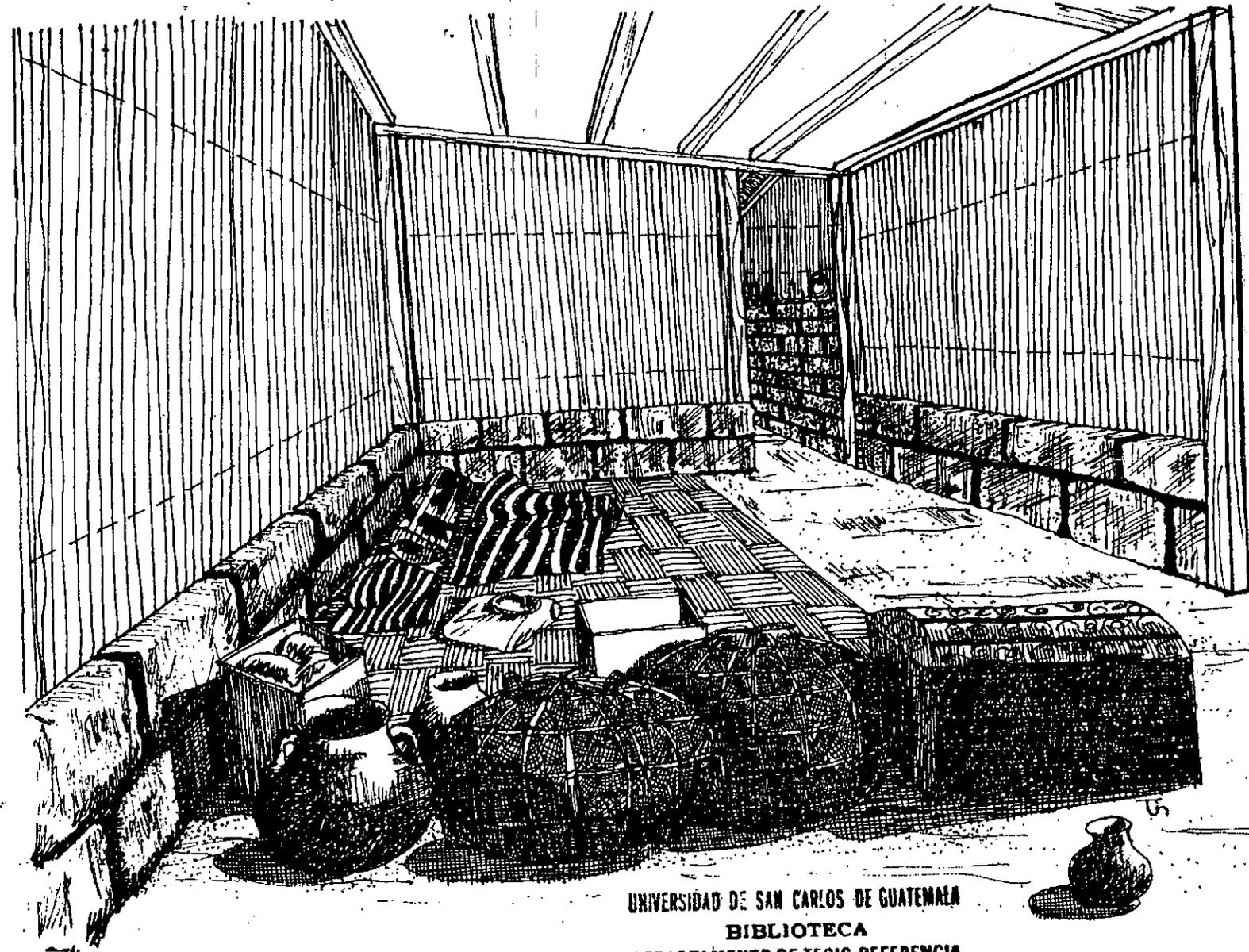
Descripción de elementos Funcionales	Rendimiento del Edificio																			
	estructural	fuego esta. estructural	seguridad personal	agua de lluvia/suelo	fuga de aire	polvo	aislamiento térmico	capacidad térmica	temperatura superficial	variaciones dimensionales	iluminación natural	iluminación artificial	ruido int/exterior	calidad acústica	ataque de insectos	suciedad	producción de polvo	emisión de olores	exigencias antropométricas	intimidad.
cimentaciones	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
muros y tabiques	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
forjados	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
techos	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
formas de acceso y salida		*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
otras instalaciones	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	*
provisión de energía			*							*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
servicio de agua												*	*	*	*	*	*	*	*	
evacuación			*									*	*	*	*	*	*	*	*	
dispositivo para basuras												*	*	*	*	*	*	*	*	
ventilacion				*	*	*					*	*	*	*	*	*	*	*	*	
iluminacion											*	*	*	*	*	*	*	*	*	
comunicaciones																		*	*	
medidas para movimientos			*				*			*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	
medidas de seguridad contra fuego	*	*								*	*	*	*	*	*	*	*	*	*	

MATRIZ DE EVALUACION DE UNA CONSTRUCCION

TABLA N° 1

CARACTERISTICAS QUE DEBE TENER EL ELEMENTO FUNCIONAL.

3. HIPOTESIS DEL PROYECTO



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

3. HIPOTESIS DEL PROYECTO

La complejidad del problema principiaba a vislumbrarse cuando se concatenaron todas y cada una de las dificultades que planteaban las exigencias que nos formulamos.

Con respecto a la exigencia de los espacios mínimos de ocupación, teníamos los resultados de toda una investigación, elaborada por los estudiantes, siendo la síntesis de la misma, la siguiente:

El área mínima de vivienda para una familia promedio en el poblado es de 32 metros cuadrados, de acuerdo con la capacidad adquisitiva promedio familiar. De ninguna manera podría hablarse de vivienda de un obrero agrícola; ya que los resultados de la investigación daba que, toda la población tiene un carácter estrictamente de pequeño parcelario, por lo que la vivienda se transforma en estas circunstancias, en centro de trabajo y almacenamiento, que tiene un concepto diferente a la vivienda del proletario agrícola. Dentro de la vivienda en mención se desarrollan las actividades de cocinar-comer, trabajar-guardar, dormir; las áreas destinadas para la limpieza y evacuación no se contemplan en los 32 metros cuadrados ya que no estaban bien definidos, especialmente en las viviendas antiguas.

La facilidad de producción de la vivienda, conformada por una gran variedad de elementos. Para lograr rapidez constructiva exigía contar elemen-

tos semi o pre-elaborados que poseyeran un bajo contenido de trabajo, es decir, que sus elementos configurativos debían ser de fácil elaboración. Además, la infraestructura para su preparación debía ser económica, el manejo de la misma, sencilla y el tiempo a emplear, reducido.

En las tabulaciones de las encuestas estudiantiles, están claramente expuestos los tiempos promedio que una persona cabeza de familia, podía liberar a sus jornales agrícolas para transformarlos en jornales como obrero de la construcción a producir así su vivienda. Este tiempo oscilaba entre 19 y 21 días/año. La calidad de la mano de obra se reducía a la producción no técnica del adobe.

Sabiendo de antemano las dificultades expuestas anteriormente, se principiaba a hablar de pre-elaboración de elementos, pero entonces, ¿De qué tipo de prefabricación debería hablarse?

Por otra parte, en el inventario, elaborado por los estudiantes, sobre la existencia de materiales que potencialmente podrían ser utilizados en la construcción, se detectaron los siguientes:

Bancos considerables de arenas blancas como amarillas, una mina de piedra que podría triturarse a bajo costo para producir pedrías (agregado grueso). El riachuelo El Tunino, ubicado a 6 Kms. del poblado, tenía la capacidad de proporcionar al Proyecto una buena cantidad de arena lavada (agregado fino); por último existían grandes cantidades de caña de maíz recientemente cosechadas.

La exigencia de las posibilidades de crecimiento de la vivienda deberían ser planteadas, dentro de las hipótesis del proyecto, ya que siendo la vivienda un objeto de servicio para la familia, ésta no escapa de ser considerada como algo aislado, sino que, conforma con la familia una unidad. El mismo desarrollo orgánico de la familia produce un crecimiento obligado para la vivienda si esto no está planificado, el mismo será desordenado; por lo que el sistema que se proponga debe contemplar el crecimiento ordenado de la vivienda.

Vale mencionar que el crecimiento orgánico de la familia en el poblado, con respecto a la baja producción agraria, está llegando a generar una migración mayor que la que actualmente se está produciendo.

La determinación del costo de la vivienda por parte del Gobierno de Bélgica y en función de las tabulaciones de ingresos económicos por familia, era muy dificultoso de mantener, esto nos obligó a evaluar los costos de los materiales haciendo caso omiso que en la población existiera alguno y que todos se transportarían desde la ciudad capital.

Por último, lo más complejo era satisfacer la matriz de evaluación de una construcción (tabla 1), pero estábamos seguros que nos serviríamos de ella para una mejor aproximación.

La organización de la población dependería entonces, del tipo de elaboración, del tipo de montaje y del tipo de aceptación que tuviera la vivienda para que la misma participara.

El tipo de materiales existentes en la localidad, nos condujo a la determinación de utilizarlos en la forma siguiente:

Las arenas blancas como amarillas para fabricar bloques vibrados de arena-cemento. Si se deseaba un elemento pre-elaborado, de bajo contenido de trabajo, con una infraestructura para producirlo de bajo costo, tanto la maquinaria, como los moldes, que pueden ser a nivel artesanal y de fácil manejo, este sería un bloque vibrado de arena-cemento. Quiero aclarar que no estoy tratando de justificarlo como el material con mejores bondades mecánicas.

Las arenas lavadas y la posible producción de pedrín, a utilizar el concreto pero de la manera más racionalmente posible.

Por último a iniciar la investigación sobre la caña de maíz como un elemento que podría servir de material sustitutivo de cerramiento vertical, que actualmente no se usa racionalmente, es de bajo costo y probablemente posee grandes bondades mecánicas, como estética. (anexo 2). (En el estudio práctica efectuado por los estudiantes, en el consumo de la vivienda post-terremoto, por respuesta de los pobladores como necesidad imperativa, se pudo observar la utilización de las mismas. Pueden apreciarse en detalle en los separadores de los artículos de este ensayo).

3.1 Una Grilla Modular:

Si se planteaba la necesidad de pre-elaborar algunos elementos para la construcción, era conveniente entonces, modular el área y normalizar la producción de elementos para facilidad constructiva y economía de materiales.

La coordinación modular del espacio, y los elementos, que en principio deberían apoyarse en el espacio mínimo de ocupación previamente establecido. Una buena sub-división de ese espacio es de 16 metros cuadrados formado por cuatro metros por lado, tomando a priori este como nuestro módulo base, por lo que nuestra vivienda deberá estar conformada por dos módulos base. Una inmediata sub-división de un metro como una adecuada distancia para reforzar las fábricas de mampostería, una subdivisión de 0.20 metros que será adecuada, si en el transcurso del planteamiento del diseño, se decidiera utilizar bloques vibrados de arena cemento con las dimensiones comerciales y por último 0.05 metros que es un adecuado espaciamiento para poder normalizar puertas y ventanas, en sus espesores, así como, de algún tabique de cerramiento. Figura 1.

3.2 Elementos Portantes y de Cerramiento:

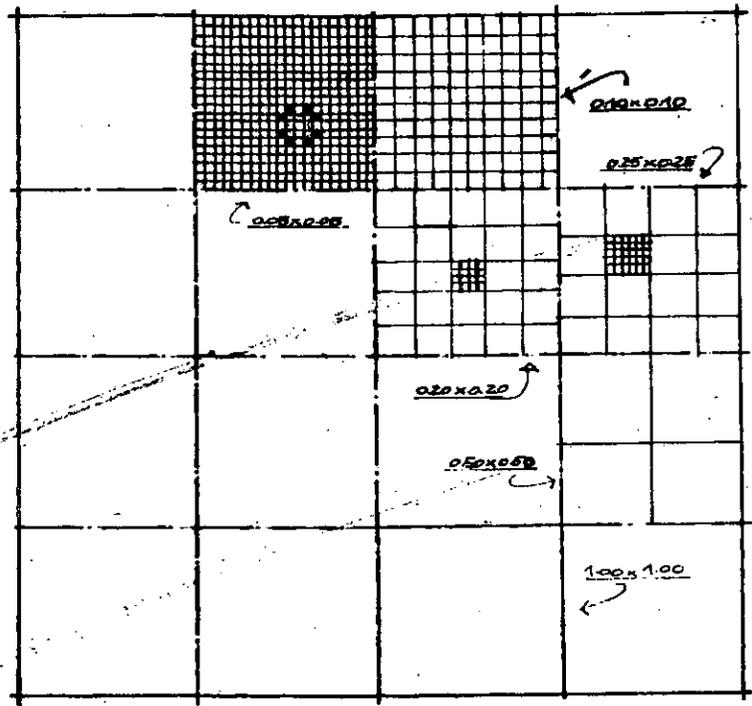
La existencia de la caña de maíz nos dió la pauta para servirnos de ella como elemento de cerramiento, sin ser portante, ya que sus dimensiones oscilaban entre 3 y 5 centímetros. Debido a tiempo reducido con el que contábamos sólo hemos

dejado esquematizada una probable forma para investigarla con mayor profundidad. -- Ver anexo 2.

Al evaluar los costos y las bondades de los materiales de fibro-cemento se encontró lo siguiente: Bajo costo por metro cuadrado, no inflamable, térmico, acústico, livianos, de fácil montaje, de dimensiones que se acercaban a nuestra coordinación modular -- coincidentemente -- y de espesores adecuados (0.85 x 2.80 y 0.85 x 2.00 Mts. con espesores variando desde 1 1/2 hasta 7 centímetros). Aceptamos utilizarlo, desde luego, que este material no es estrictamente impermeable, por lo que necesariamente había que recubrirlo con algún estucado de cal o cemento o recubrimiento sintético.

Teniendo fijado el material para cerramiento vertical, el problema se redujo a diseñar el elemento portante que además debería de cumplir la función de conector de paneles para solucionar los accidentes de los mismos, como lo sería un cruce a 90 grados, una intersección perpendicular, una prolongación y una intersección universal hacia cuatro lados.

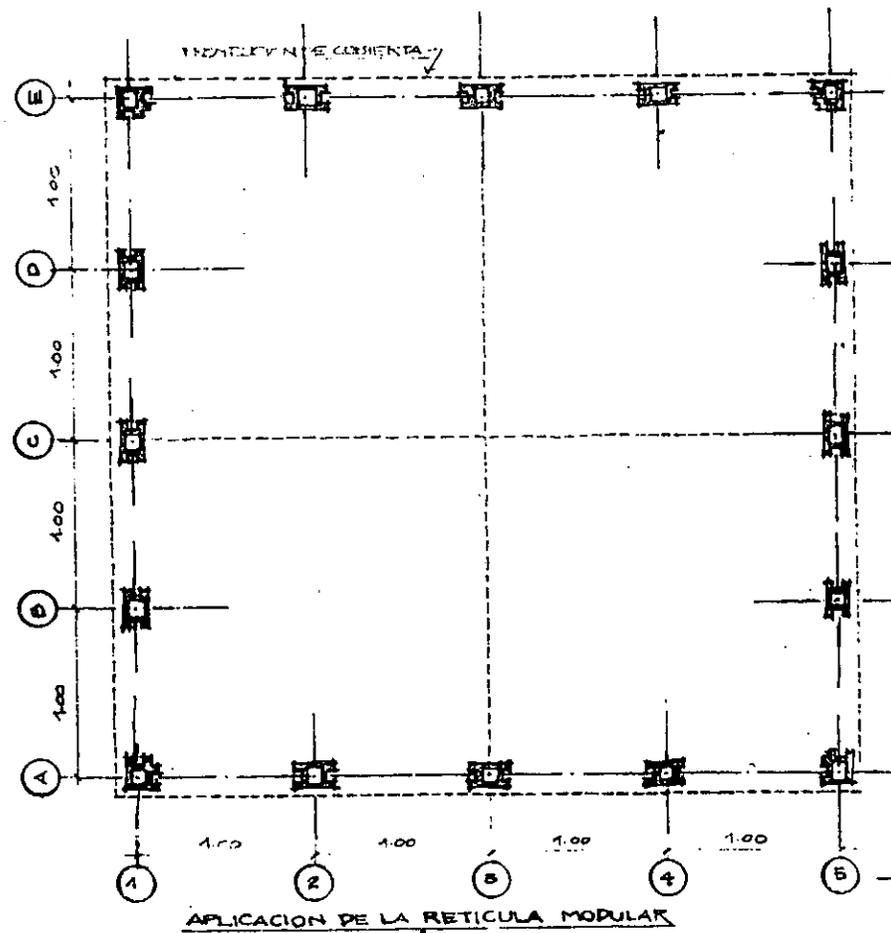
Habiendo determinado que la infraestructura para la elaboración de elementos pre-elaborados o prefabricados como es un bloque vibrado de arena-cemento, es de bajo costo, la fabricación no necesita un conocimiento



RETICULA MODULAR

1. a.

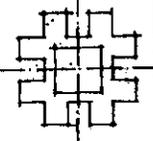
figura 1



1. b

APLICACION DE LA RETICULA MODULAR

BORMAN 318



exhaustivo, ni un tiempo prolongado, ni se requiere un gasto de energía como en la producción de elementos cerámicos, además, porque existe en el poblado grandes recursos-arena. Proponemos por las razones expuestas, que el elemento portante sea de arena-cemento.

Las limitaciones de este tipo de elemento, es que no se pueden producir con dimensiones considerables; lo que indica que deberá levantarse en obra, unidad por unidad en forma de mampostería conformando así la "columna".

Sabido es, que, un apoyo aislado elaborado de mampostería y de dimensiones reducidas no es capaz de ser un elemento sustentante eficiente por lo que es necesario reforzarlo. ¿cómo? desde luego, con concreto con una resistencia de acuerdo con las solicitudes mecánicas.

Si el bloque cumple la función de ser portante, conector de paneles, debe cumplir la función de forma para verter el concreto que -- servirá para cumplir fielmente la tarea de ser elemento estructural. Según especificaciones del código ACI-314 de mampostería reforzada, los bloques vibrados de arena-cemento deben tener como mínimo 0.025 Mts. de espesor en sus paredes componentes.

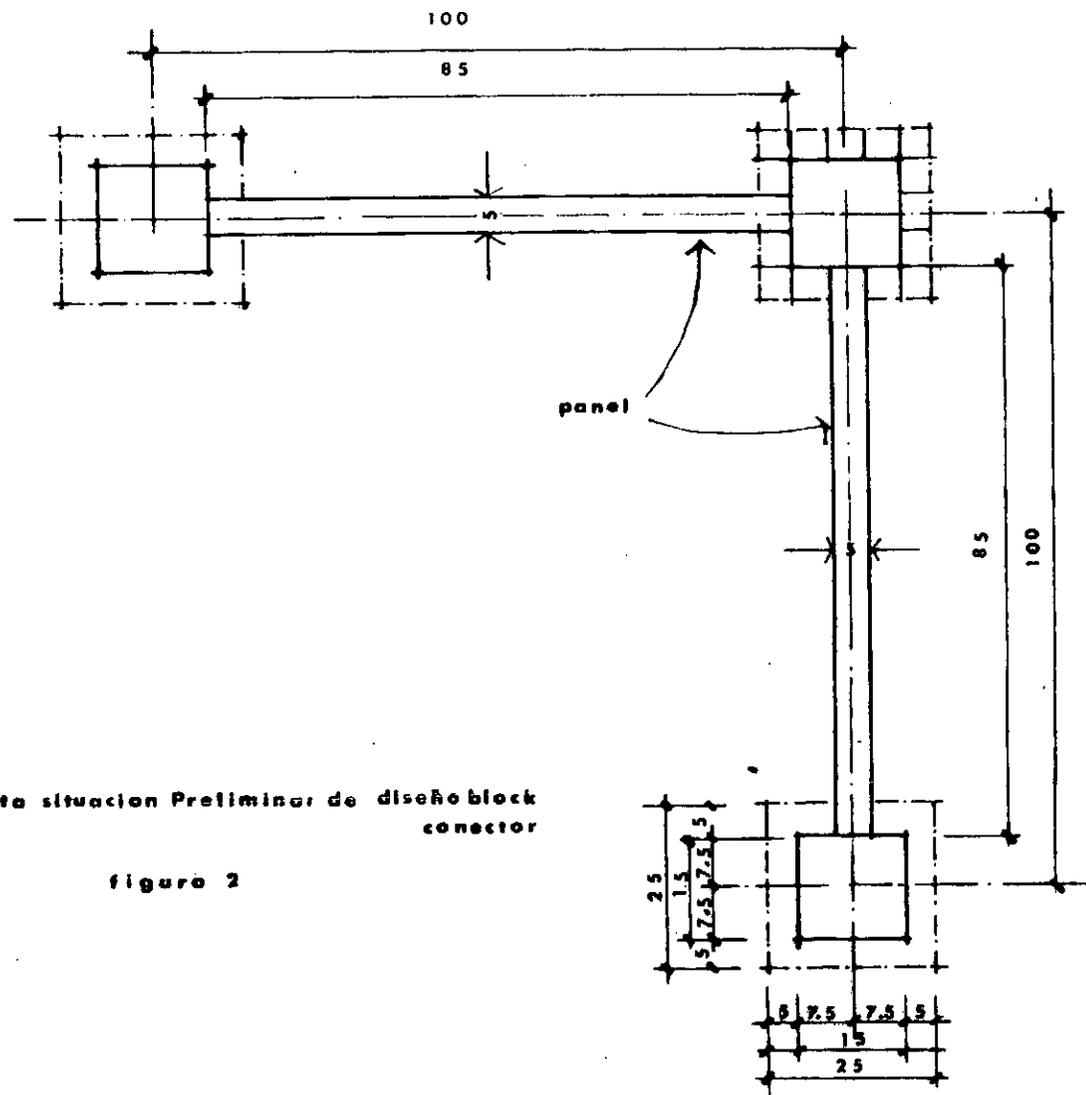
Otra de las dificultades a solucionar por medio del bloque es el de poder contener otros

elementos como puertas y ventanas. Sin desestimar lo propuesto para coordinación modular, el problema quedó reducido a lo esquematizado en la figura 2.

Considerando las especificaciones de los refuerzos para mampostería: estos deben tener como mínimo 100 centímetros cuadrados y trasladándola para la aplicación en nuestro bloque portante, él tendrá una abertura de 10 centímetros por lado; en dicha abertura se podrá verter el concreto, esta servirá de forma, así mismo, contendrá el o los refuerzos de acero necesario.

Los problemas de accidentes de tabicación se resolvieron con el criterio siguiente: teniendo la posibilidad de utilizar paneles de fibrocemento de dimensiones adecuadas para nuestro proyecto, lo preferible, para su óptima utilización es hacer que el ensamble sea tipo guillotina deslizándose por un canal que contendría los bloques conectores y de esa manera evitar utilizar otro tipo de elementos para su fijación, el ensamble del mismo lo podrá ejecutar un hombre ya que el peso del mismo es considerablemente bajo.

Las dimensiones, con respecto a la altura, la mantendremos como los bloques comerciales, 0.20 Mts. por las razones expuestas anteriormente. Con respecto a las dimensiones en planta de los conectores, estos, variarán en función de la tarea de conexión que se les asigne. (fig. 3, 4).



Planta situacion Preliminar de diseño block conector

figura 2

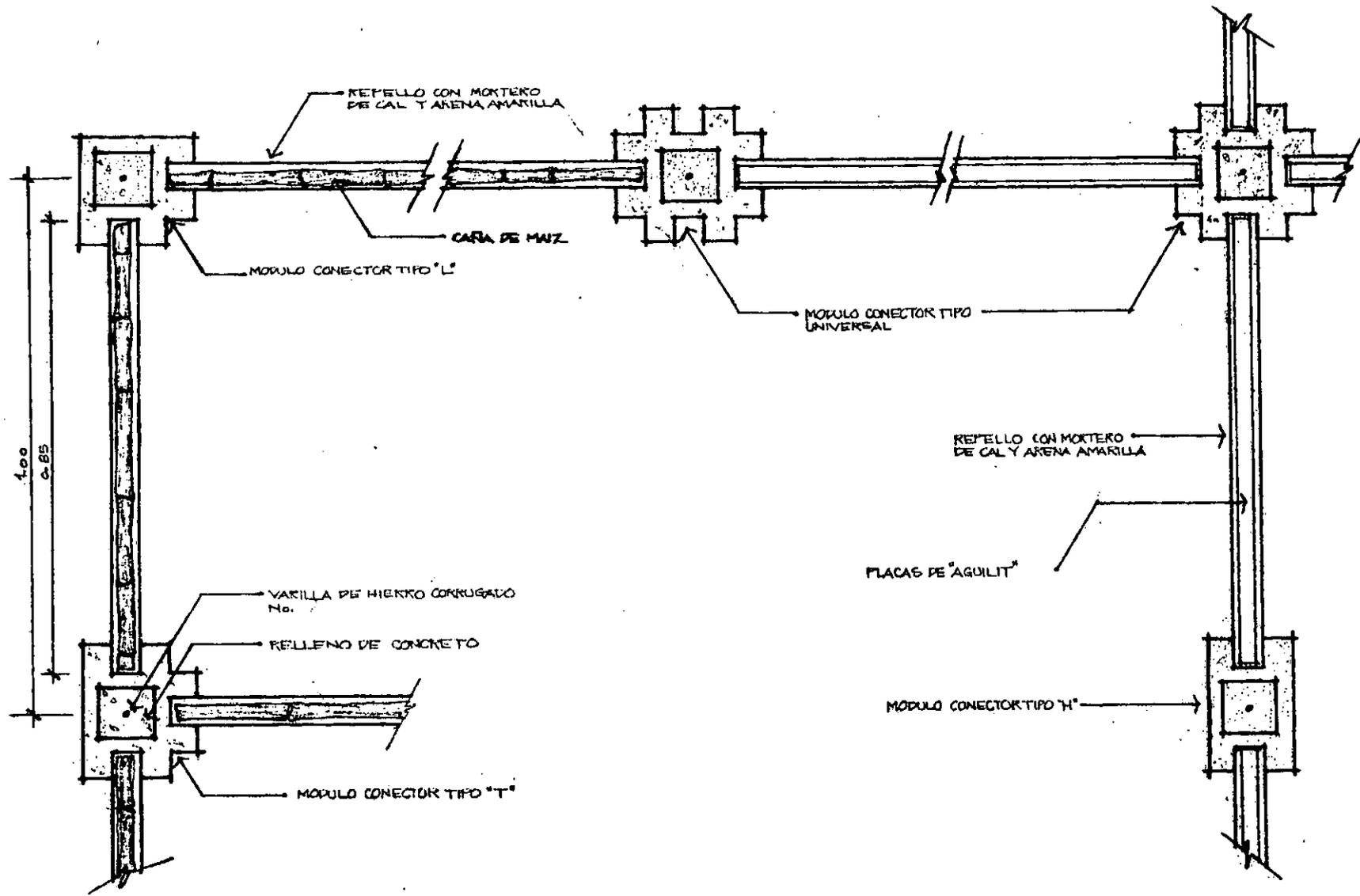
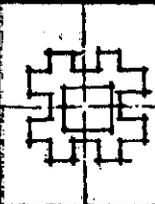


figura 4



Las mezclas para la fabricación de los módulos conectores deberán contener una porción considerable de cemento ya que necesitan una resistencia adecuada. La cual será para soportar las dificultades de transporte, del levantado en obra, la vertida del concreto y además, la última de las tareas que será el de aceptar las puertas y ventanas, que serán de 0.75 Mts. de luz libre, los marcos estarán empotrados a presión sobre la cavidad del panel con piezas de madera de pino de 2 x 2 pulgadas y es aproximadamente cinco centímetros. (fig. 5).

En lo referente a las formas resultantes de diseño están consideradas tanto las determinantes funcionales, económicas y estéticas

Respecto al acabado que tendrían los tabiques de fibro cemento para su resistencia como para su impermeabilidad en un grado mayor, se recurrió a las tablas de las especificaciones técnicas de construcción editado por Obras Públicas-76 y se escogió el siguiente:

En proporciones equivalentes al peso:

Cemento 1.00, Cal 0.10, Arena amarilla seca 2.25, que nos proporciona una resistencia -

permissible² en 20 días de 125 Kg/Cm² en compresion y 10 Kg/Cm² en tensión.

3.3 Las articulaciones internas de la vivienda:

Cuando se trata de "diseñar" algún objeto, teniendo que satisfacer una serie de solicitudes e imposiciones, para nuestro caso la vivienda, que debe estar "Medida" dentro de un área predeterminada, con elementos para su diferenciación espacial claramente fijados; los resultados de los procesos de diseño resultarán obvios, si se basa el mismo en los criterios funcionalistas de la arquitectura.

Se trata pues, de articular espacialmente las áreas que provocan las actividades de la familia de un pequeño productor. Lo lógico será, el utilizar el espacio lo más racionalmente posible.

A manera de justificación:

Las áreas destinadas para dormir, están tratadas como espacios "grandes" es decir, sin definiciones espaciales. En el estudio sobre el consumo del espacio nos reveló que los pobladores desconocen el concepto sobre promiscuidad que en realidad es una resultante de la segregación sobre el consumo. Las áreas-dormitorio están tratadas de esa manera ya que las personas

que trabajan todo el tiempo en el campo necesitan un mayor grado de oxigenación.

El área de trabajar que se plantea en todas las alternativas, es consecuencia de la actividad agrícola que ellos efectúan; es decir que ese espacio está destinado para la preparación de los productos agrícolas que introducirán al mercado, o bien para su almacenamiento para ser consumidos por la familia o tratados como semillas. Además, este espacio está destinado para contener las labores de tejido que las mujeres ejecutan para su auto-consumo o venta.

El área de guardar o de almacenamiento "troje", estará ubicada en todas las alternativas, contiguo a las destinadas a trabajo.

Las resultantes áreas no vale la pena describirlas ni justificarlas; ya que los esquemas gráficos hablan por sí mismos. Desde luego es importante observar la forma de las articulaciones de los diferentes módulos base para su crecimiento. Figura 6, 7, 8, 9.

3.4 Elementos de cerramiento horizontal:

3.4.1 La Cubierta:

Una vez establecidos los criterios sobre la formación de la vivienda, con respecto a los espacios que debería

contener, sus posibilidades de crecimiento en conjunción al crecimiento orgánico de la familia, a los costos de los materiales para producirla, al carácter formal que debería presentar; que desde luego es una exigencia implícita dentro de la carga ideológica sobre el consumo de la vivienda.

Propongo como alternativa para este cerramiento: un sistema, relativamente antiguo, nuevo en nuestro medio, de bajo costo, de producción no muy laboriosa, con aspectos formales aceptables y con posibilidades de crecimiento.

El sistema en cuestión es el paraboloide hiperbólico, como cubierta ligera de concreto reforzado, que en esta oportunidad está destinado a la vivienda de "interés social". No dudo que el capital pueda tomarlo y especular sobre él, manteniéndolo como una técnica sofisticada y costosa. Pero en realidad sus costos son sumamente bajos y desde luego, no tendría competencia alguna con los objetos que nos ofrece el mercado, como lo es, los sistemas tradicionales para losas de concreto en todas sus expresiones, las láminas tanto de zinc como de asbesto cementicio; además, el sistema es formalmente estético y no utiliza cimbras de madera para su producción, ya que esta es escasa y la política de forestación del Gobierno es nula.

En consecuencia, se podría decir que la cubierta está cimbrada sin cimbra.

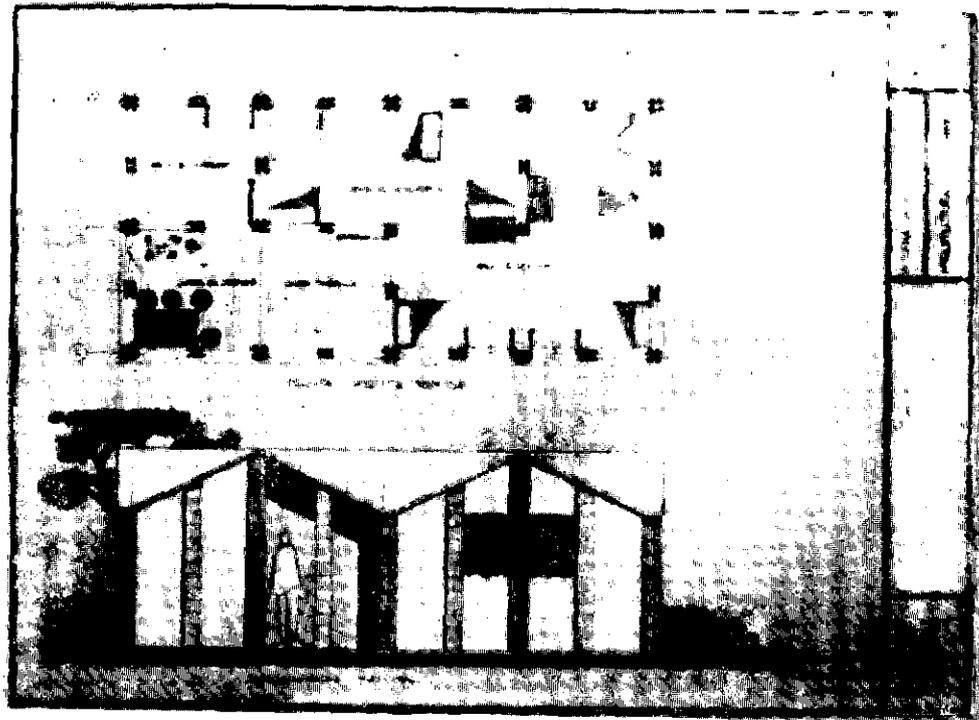


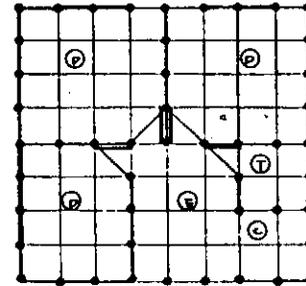
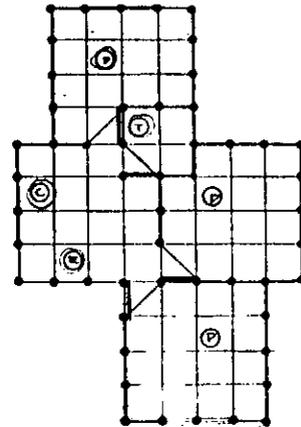
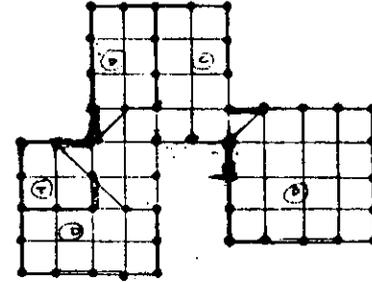
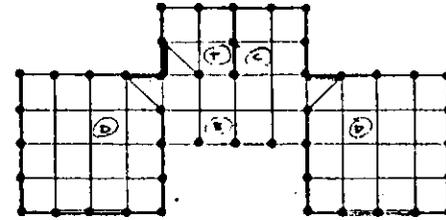
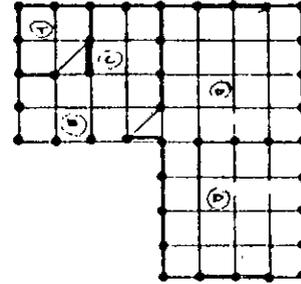
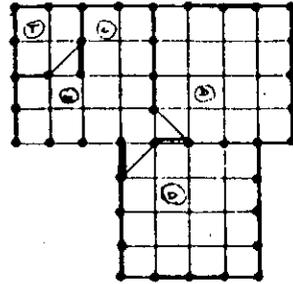
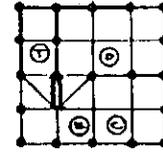
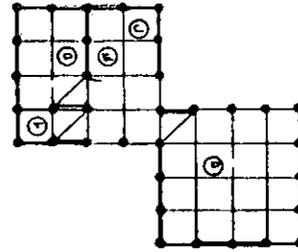
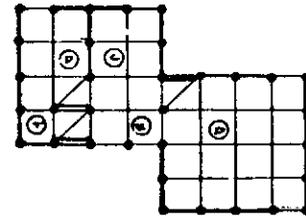
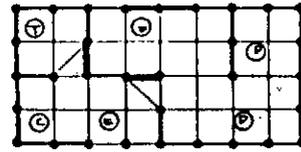
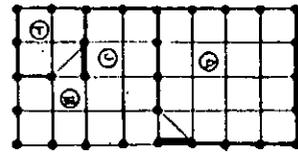
Figure 6



Figure 7



Figure 8



CODIGO:
 (1) DORMIR
 (2) ESTAR/TRABAJAR
 (3) COCINAR-COMER
 (4) GUARDAR (TROJE)

figura 9

La investigación elaborada para proponerlo, fue el conocimiento previo que tuve del mismo en el programa de investigaciones de la facultad de Arquitectura IFA-76. Este no fue diseñado, ni experimentado, ni mucho menos, en el mencionado programa, sino que, fue uno de los puntos más interesantes -- planteados a experimentar, no pudiéndolo llevar a la praxis.

Este sistema, fue diseñado en Checoslovaquia por unos ingenieros en los años 29-30 y ha sido aplicado múltiples veces por muchos técnicos en varios países. Pero este tipo de obra sólo ha sido propuesto a las entidades públicas, civiles, contando entre ellas la comercial, industrial y religiosa. Entre los más notables exponentes de este tipo de arquitectura está el mexicano Félix Candela.

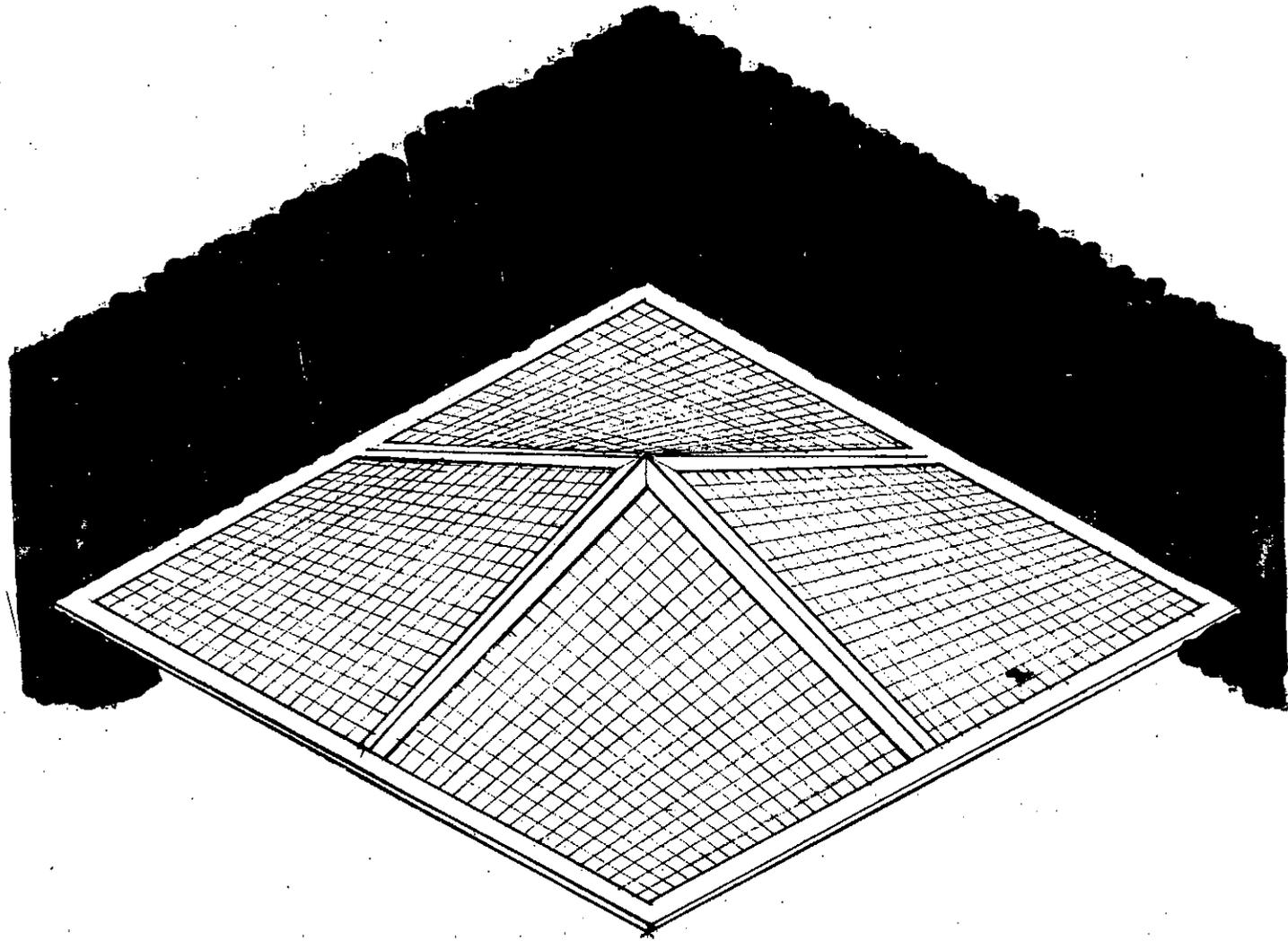
El sistema de cubiertas ligeras de concreto reforzado dirigido a la vivienda ha sido experimentado y utilizado por vez primera en Kirya, Tel Aviv, del joven estado de Israel, en los años 53-54, por el no menos notable Señor Baroni.

Este estado careciendo de recursos na

turales renovables y teniendo en esas fechas déficit de vivienda, se vio en la imperiosa necesidad de extraer soluciones tecnológicas sustitutivas de bajo costo, encontradas en la tecnología existente. Desde luego que mi propuesta la hago en este mismo sentido.

Creo que me es obligatorio presentar toda la descripción de los sistemas -- propuestos, así como, las formas de calcularlos basados en la teoría de la membrana, para su mejor comprensión y divulgación. Ya que toda investigación debe dar todo su contenido para tener un carácter científico, ver anexo 1.

Los resultados en aplicación de este sistema, así como su forma estructural como reforzarlos aparecen en las gráficas en su orden de la 10 a la 15.



ALTERNATIVA DE CUBIERTA

figura 10

J. FERNANDEZ

10

CUBIERTA TIPO 'A'

ARQUITECTURA USAC.

ROMANOS

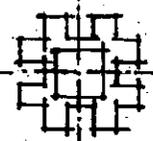


Figura 11



UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE TESIS-REFERENCIA

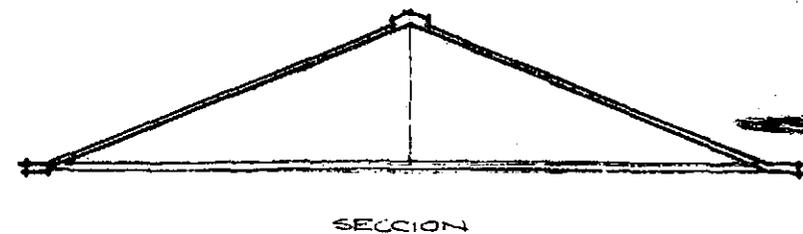
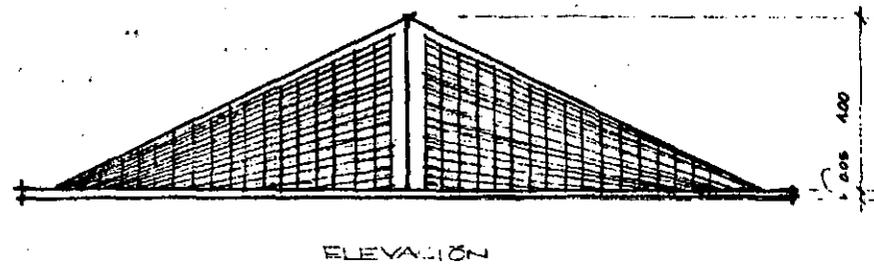
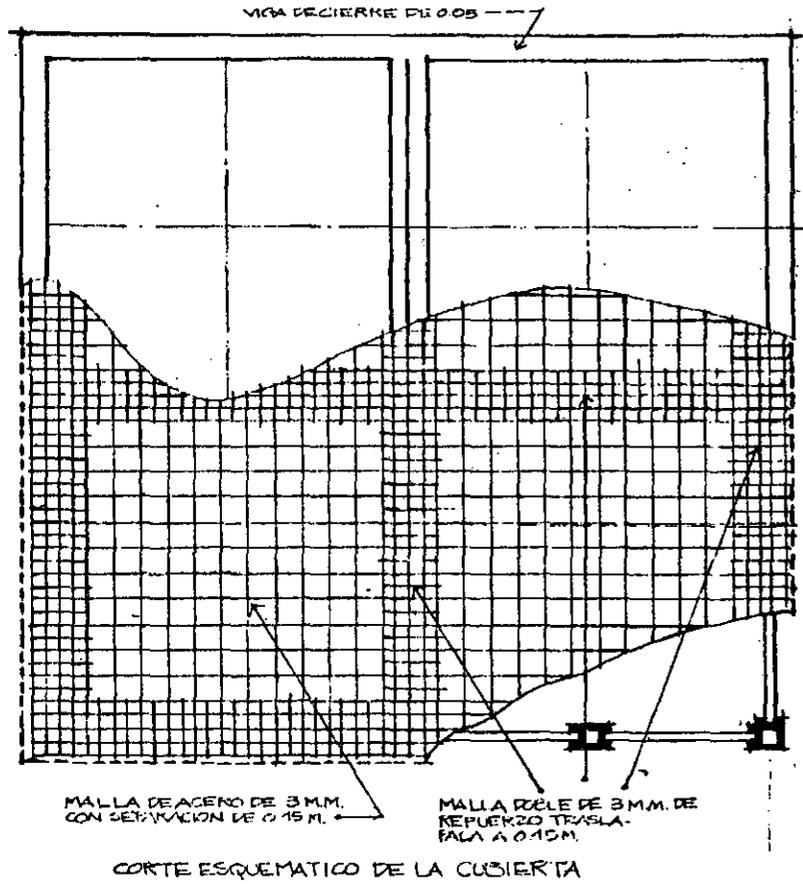
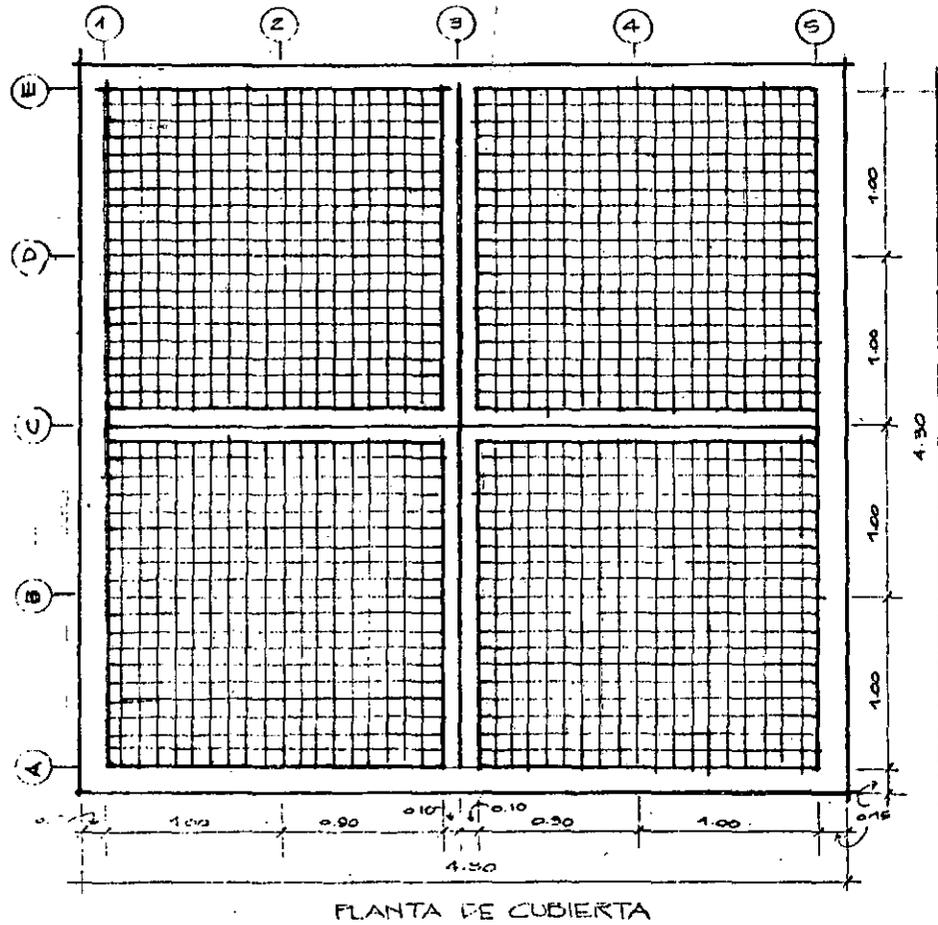
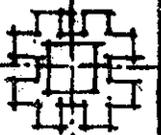
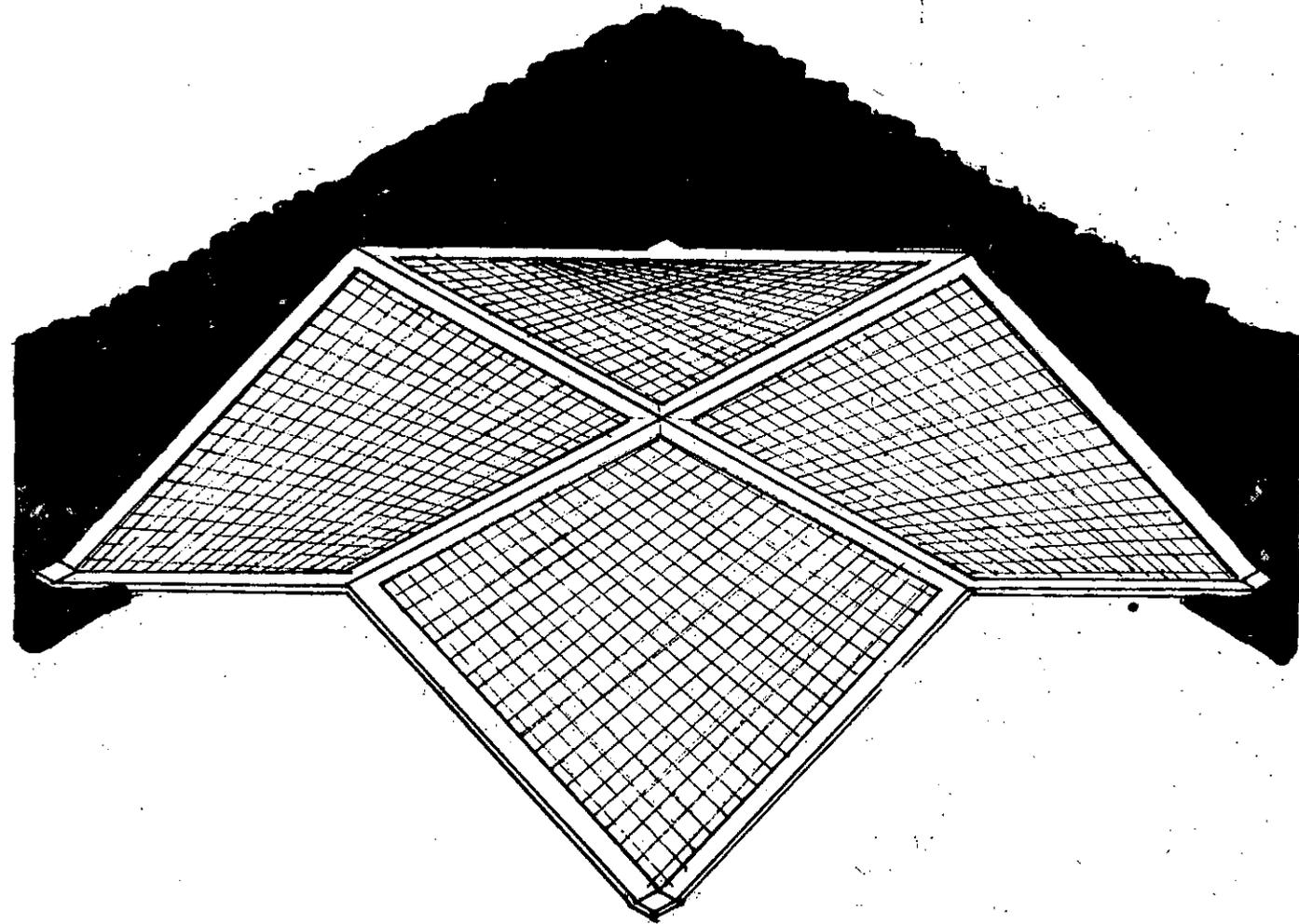


figura 12





ALTERNATIVA DE CUCIERTA

figura 13

J. FERNANDEZ

13

CUCIERTA TIPO "B"

ARQUITECTURA USAC.

BOMPAÑOS

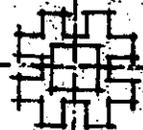
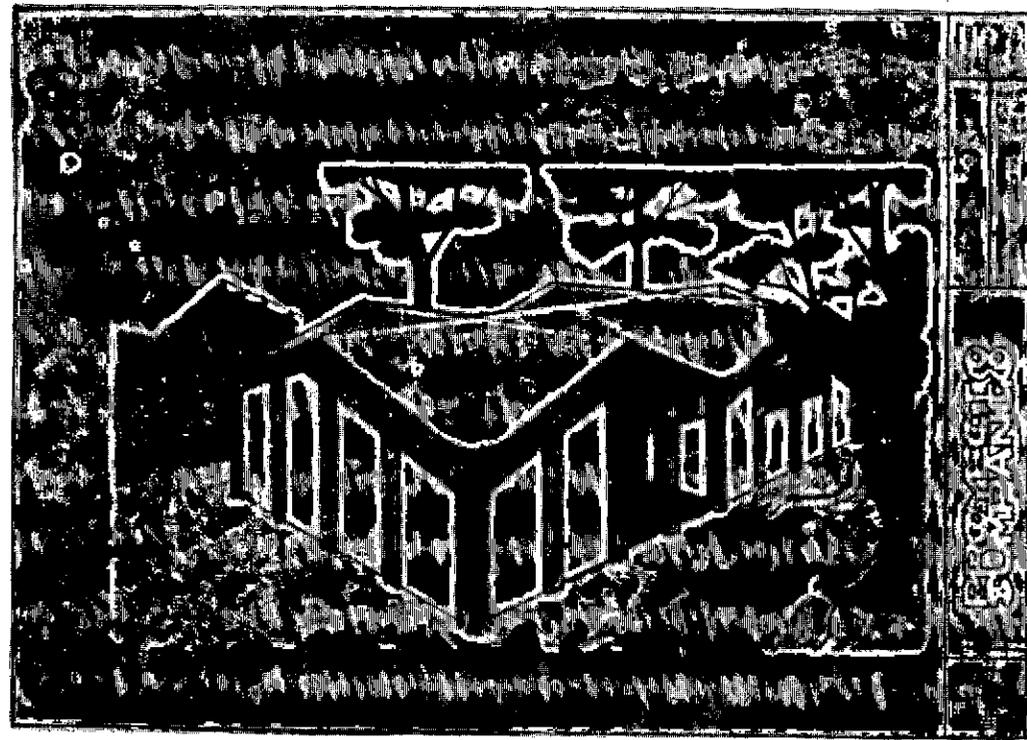
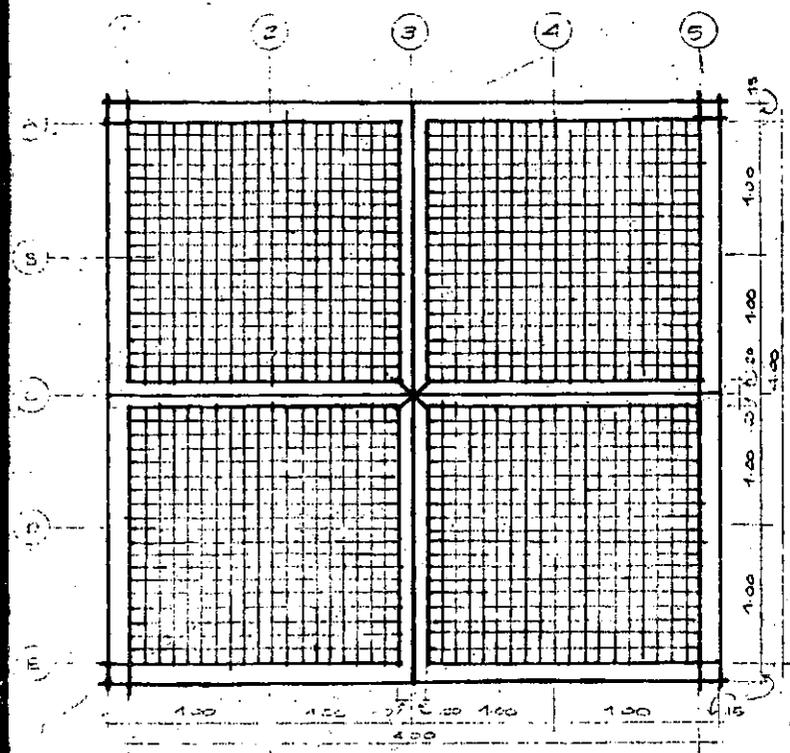


Fig 14,

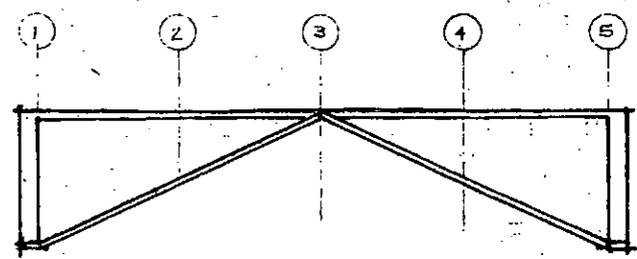




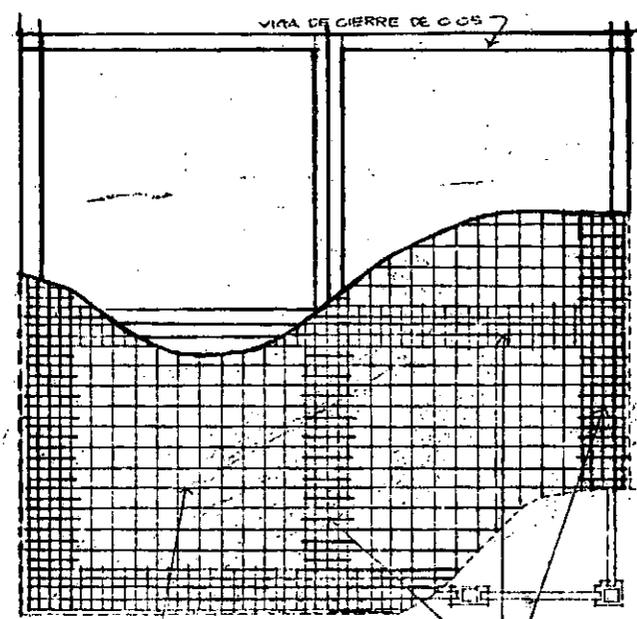
PLANTA



figura 15

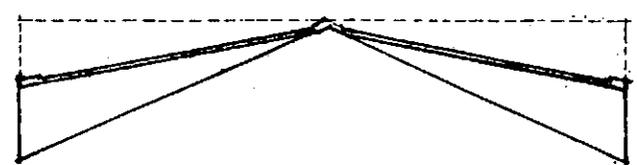


ELEVACION



MALLA DE ACERO DE 3 M.M. CON LIGAMACION DE 3 15 M.
 MALLA DOBLE DE 3 M.M. DE 4ER PERZO, TRASLAPA A 0.15 M.

CORTE ESQUEMATICO DE LA CUBIERTA



SECCION POR B-B

3.4.2 Formas de producción de las cubiertas Parabólicas:

Este tipo de formas se puede producir con molde o sin él, es decir, con cimbra o formaleta o sin ella. Si se elabora con cimbra, esta podrá ser de madera, de metal o de plástico de alguna variedad destinada a la construcción. Pero el costo de producción se elevará considerablemente. El sistema de producción tendría una baja, si se produjeran en serie unas cuantas viviendas, para cubrir el valor de las cimbras. Pero estos sistemas son aún costosos comparados con los sistemas de cimbrar sin cimbra es decir que no necesitan formaleta para su producción.

3.4.3. Forma para producir la cubierta planteada sin cimbra:

Una vez establecidos los apoyos que recibirán los esfuerzos provocados por las cargas de cubierta, se procederá por algún mecanismo de fijación, dependiendo si los muros son macizos o tabiques como en nuestro caso, con madera o perfiles de acero-recuperables- se principiará a entesar la malla soldada, a las formas de la cruz y orillas o vigas de borde, por medio de tensores.

Después de terminado el entesamiento por las inclinaciones de los tabiques; se deberá cubrir con otra malla, semejante a la del gallinero, tipo romboidal con aberturas de 1 Cm. por 1 1/2 - Cm. y fijarse a la malla de acero soldada en los bordes como en la cruz.

Una vez ejecutadas las operaciones anteriores, el paraboloide estará listo para recibir el concreto, que desde luego debe tener un slong adecuado, para verterlo por encima del paraboloide, al proceder a fundir o verter el concreto, la malla trapezoidal dejará pasar através de sus aberturas únicamente la pasta y retendrá el agragado grueso de este. Una persona que estará previamente ubicada por abajo del lugar de fundición principiará a revoque la pasta a manera de cernido, hasta recubrir la malla estructura ya que ella contendrá un bajo porcentaje de agua. Una vez terminada la fundición y la revoque de la pasta, la cubierta quedará concluída, quedando únicamente por retirar los tensores y los perfiles de acero o madera. En comparación con los costos del desencofrado de los planteados anteriormente estos son risibles.

3.5 La cimentación y el refuerzo de columna:

Quando la cubierta se apoya en los bordes - perimentrales, esta descarga, su peso pro-- pio hacia las columnas, que están separadas cada metro. No así, los bordes comunes de l los paraboloides conformantes de la misma, - que eventualmente se apoyan sobre las colum nas de las diferenciaciones conformantes de la vivienda. Cuando no se apoyan los bordes comunes se generan esfuerzos horizontales - que serán absorbidos por tensores de acero con un diámetro de (1/4") N° 2. Por lo que la columna funcionará únicamente como un pi lar sometido a carga axial.

Según cálculos de el peso de la cubierta, - las columnas críticas estarán sometidas a - una carga de 225 kilogramos, considerando - que los cálculos efectuados para el parabo loide hiperbólico, anexo 1, se estimó una carga de 200 Kg/m² en los cuales está con templado los esfuerzos de viento como de -- sismo.

Resultado de ello es que la columna únicamen te debe tener un refuerzo de acero N° 3, que será suficiente con un porcentaje del 35% de sobre diseño.

Estableciendo así mismo las cargas para la cimentación, proponemos para la misma, que sea del sistema aislada o zapatas. En prin

cipio propusimos un área de 40 por 40 centí metros y verificamos que necesita únicamen te un refuerzo de 2 varillas N° 3 y en am-- bos sentidos con un peralte de 10 centíme-- tros.

El concreto utilizado tanto para columnas, zapatas y soleras está calculado como uno de 210 kg/cm² que lo lograremos con una - proporción 1:2:4 que traducido es: cemen to, arena de río o agregado fino y piedrín o agregado grueso.

En cuanto a las soleras de humedad, estarán conformadas con bloque tipo solera (u) la - cual contendrá un acero de refuerzo de un - diámetro de 3/8" o menor, dentro la misma - solera "U" entrará el tabique de fibro-cemen to y se fundirá a la manera que se esquema tiza en la figura 16.

Como cada columna está apoyada independien temente, el proceso de zanjeado o excavación para la fundición resulta dificultoso, por lo que diseñamos un mecanismo para el trazo y excavación de la vivienda a manera de plan tilla. Fig. 17. Además en la figura 18, - se aprecia el emplantillado de la vivienda.

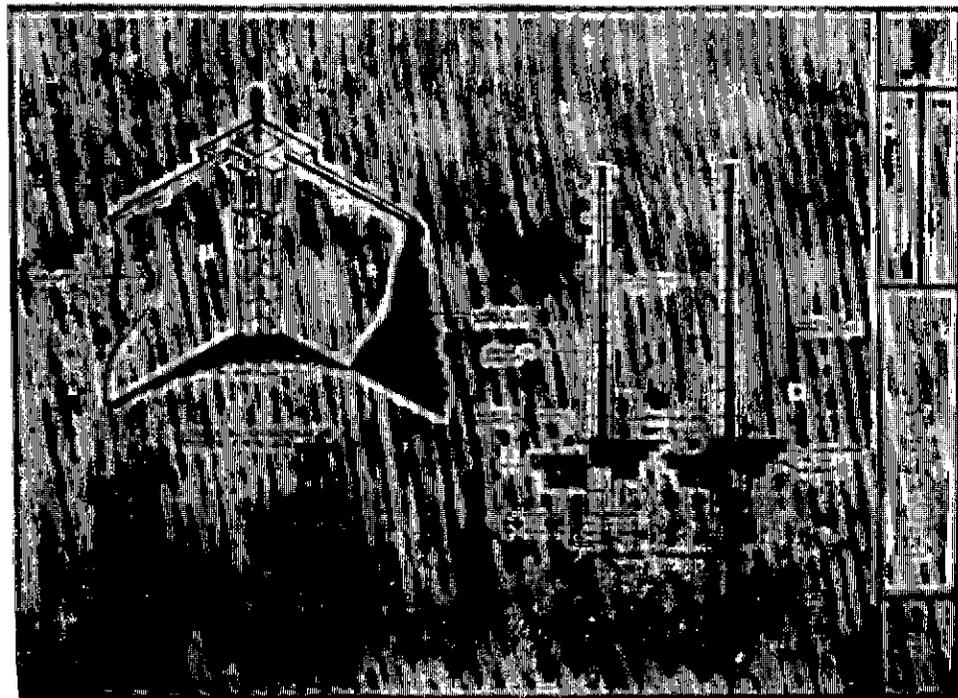
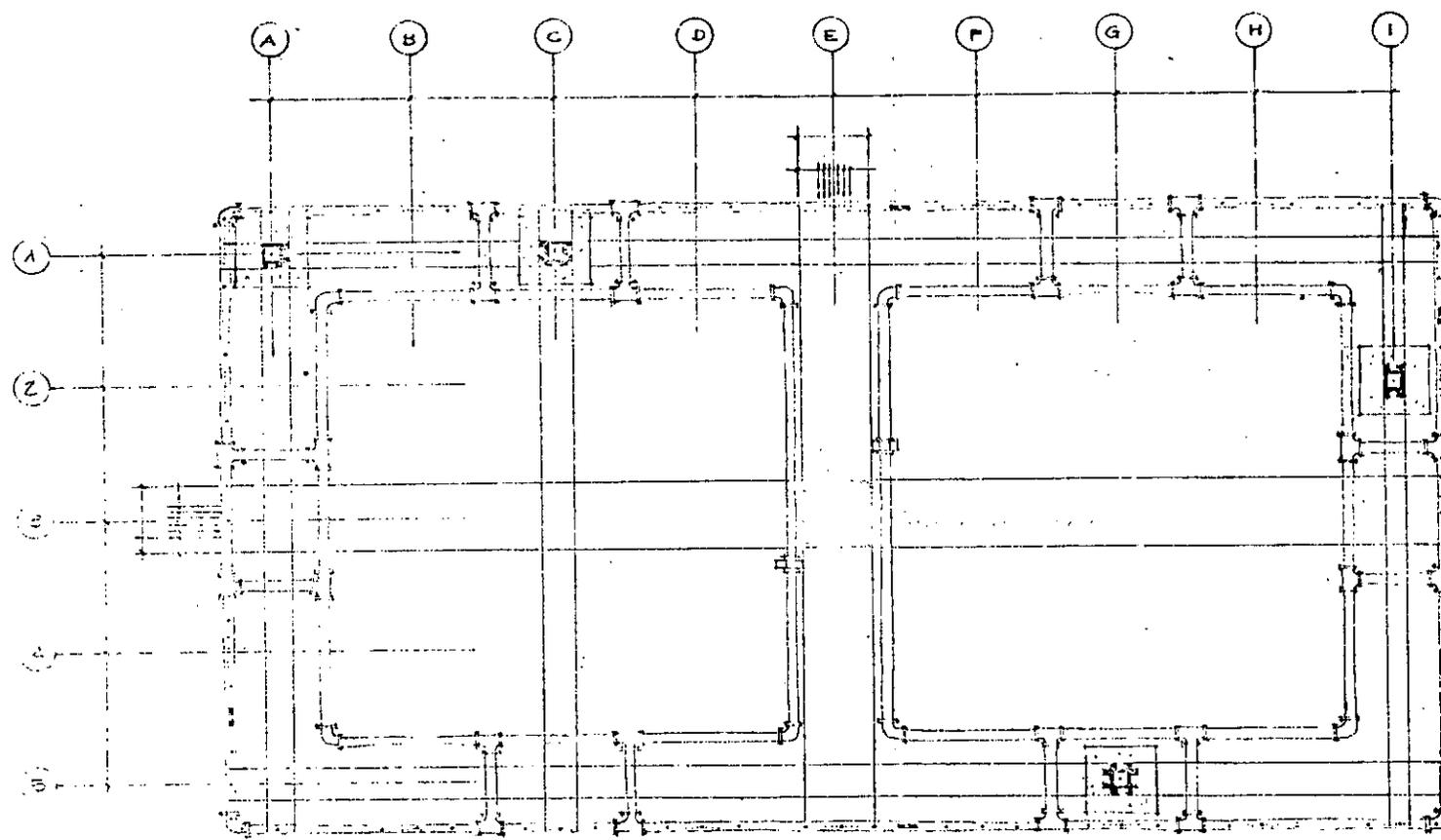
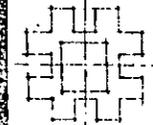


Figure 16



GUIA PARA CIMENTACION Y NIVELACION

figura 17



ROMANOS

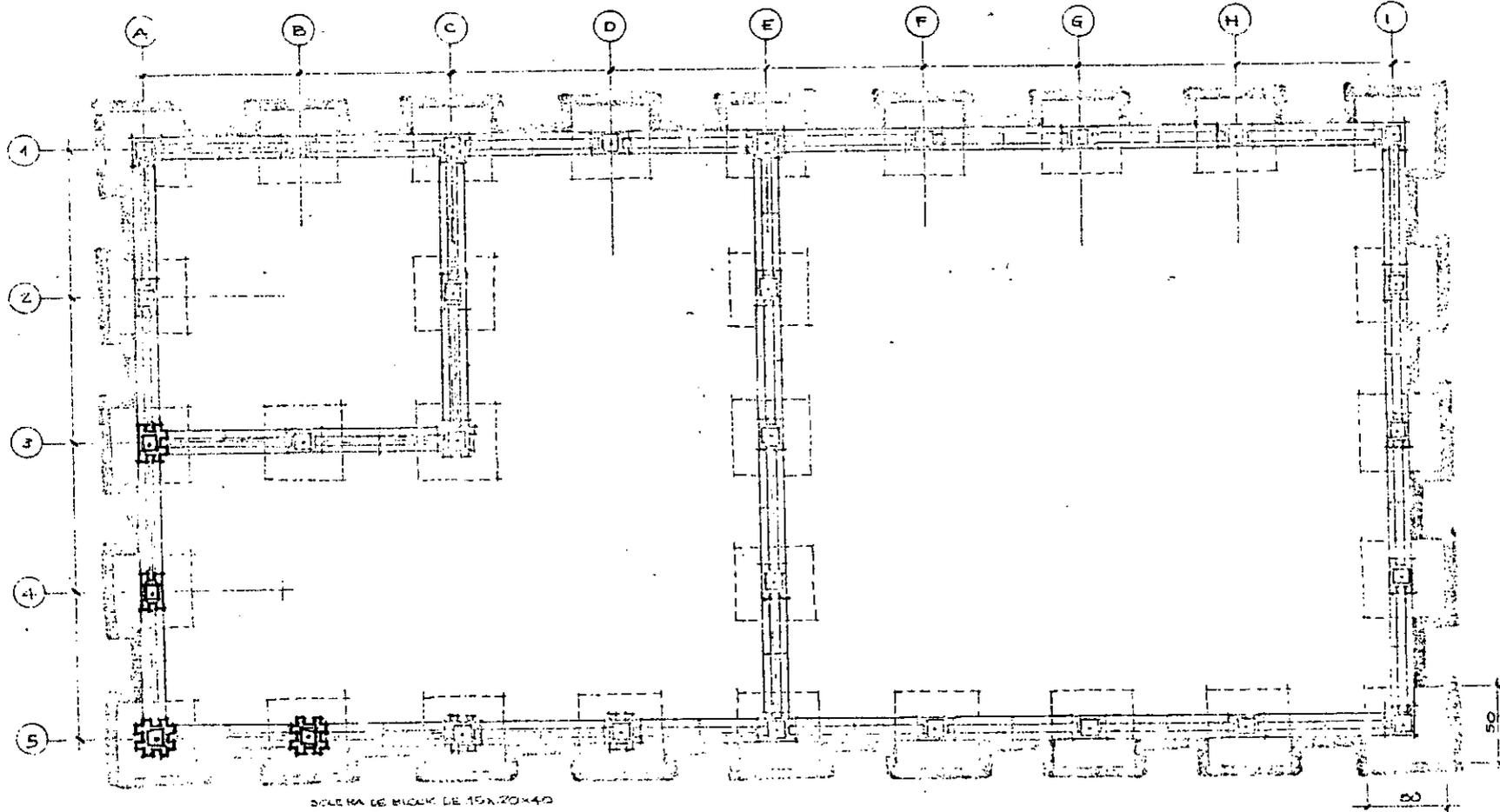
GUIA PARA TRAZO Y NIVELACION

ARQUITECTURA

USAC

J. FERNANDEZ

17



PLANTA DE CIMENTACIÓN

figura 18

CIMENTACIÓN

ARQUITECTURA

USAC

U. FERREANDEZ

18

BOMPAÑE 8

3.6 Aproximación de costos de maquinaria y productos semi-elaborados:

En principio se estableció el costo de una máquina, para la fabricación de bloques vibrados de arena-cemento, con capacidad de producción de 1000 unidades diarias, con un juego de 6 moldes para la producción de los mismos con dimensiones comerciales.

Costo de máquina con 6 moldes:	Q. 700.00
Costo juego 4 moldes de bloques conectores:	<u>Q. 280.00</u>
Total	<u>Q. 980.00</u>

Costos de productos semi elaborados:

Mezcla para fabricar bloques:	Unidad	medida	Costo	Unidad	Total
Arena blanca tamizada en N° 4:	7	pie	Q. 0.368		Q.2.576
Material selecto:	1	"	0.170		0.170
Cemento:	1	"	2.100		<u>2.100</u>
9 pies cúbicos de mezcla cuestan:					<u>Q.4.846</u>

El rendimiento efectivo por volumen inicial de materiales sueltos con este tipo de mezcla es del 90%.

Costos de bloques conectores por unidad:

Bloque conector universal:	Q.0.15
Bloque conector tipo "T":	Q.0.13
Bloque conector tipo "L":	Q.0.13
Bloque conector tipo "H":	Q.0.10

Estos costos tienen incluido los gastos de energía y depreciación de la maquinaria -- calculada en 30% anual.

Costos de tabiques de fibro-cemento:

Tabique con dimensiones de 085x2.70x0.04 mts. Q. 4.10

o sea Q.1.79 el metro cuadrado.

Costos de mezcla para recubrir tabiques y pegar bloques conectores:

	Unidad	Medida	Cost.	Unidad	Total
Cal	0.10	pie ³	Q.3.00		Q.0.30
Arena Amarilla	2.25	"	Q.0.368		0.828
Cemento	1.00	"	Q.2.10		<u>2.10</u>
3.35 pies cúbicos de mezcla cuestan:					<u>Q.3.228</u>

o sea que un metro cúbico de mezcla vale - Q.42.20 con el porcentaje del rendimiento volumétrico del 85%; por lo que, para recubrir un panel con las dimensiones estipuladas anteriormente, con un espesor de la capa de recubrimiento de 0.005 mts. por cara; se necesitará 0.0229 metros cúbicos de material y el costo por metro cuadrado será de Q.0.42, considerando ambas caras del panel. La forma de esparcer el material sobre el panel será de medio de una llana.

Costos de Cubierta:

a través del cálculo estructural, anexo 1, se determinaron las dimensiones del espesor del concreto, los diámetros de la malla de acero soldada y como exigencia de la técni-

ca de cimbrar sin cimbra, la malla romboidal, por lo que se puede aproximar el costo de la misma.

Costo materia prima:

Cemento	saco	Q. 2.10
Arena de río seca	m ³	Q. 14.00
Piedrín de 1/4"	m ³	Q. 16.00
Malla de acero soldada calibre 10 con separación 15x15 cm	m ³	Q. 0.59 +
Malla romboidal tipo gallenero con aberturas de 1 1/2 x 1 cm	m ³	Q. 0.62 +

Costos de materiales semi-elaborados:

Cemento	7.00 sacos	Q.2.10	saco	Q.14.70
Arena de río	0.555 m ³	Q14.00	m ³	Q. 7.77
Piedrín de 1/4"	0.835 m ³	Q16.00	m ³	Q.13.36
Costo metro cúbico concreto:				<u>Q. 35.38</u>

Determinación de costo metro cuadrado:

Malla de acero	36 m ²	Q. 21.24
Malla romboidal	36 m ²	Q. 22.32
Concreto Propo. 1:2:4	0.85 m ³	<u>Q. 30.07</u>
		<u>Q. 73.63</u>

Nuestra vivienda tiene dimensiones de 32 -- metros cuadrados, por lo que, el costo por metro cuadrado será de Q.2.30.

+ Aceros de Monterrey: costo puesto Guatemala la con impuesto-junio 76.

3.6.1 Costos y presupuesto estimativo de materiales para la vivienda:

Hemos tomado como base la distribución de vivienda que aparece en la figura 7.

Cimentación:

Concreto para zapatas aisladas:.....	0.48 m ³
(30 zapatas de 0.40x0.40x0.10 mts.)	
Acero corrugado de 3/8".....	6Ø 3/8"x20'
(4Ø de 3/8" x 0.30 mts. por zapata = 1.20 mts. por zapata).	
Alambre de amarre.....	18 mts
(4 amarres por zapata de 0.15 mts. por amarre).	
Soleras de humedad	
Bloques solera de 0.15 x 0.20x0.40 mts.....	64 unidades
Concreto para soleras.....	48 m ³
(0.10x0.15x32.00 mts)	
Acero corrugado Ø 3/8".....	6Ø 3/8"x20'
(36 mts. lineales de acero para refuerzo de solera)	
Alambre de amarre para soleras.....	4.80 mts.
(32 amarres de 0.15 mts c/amarre)	

Columnas:

Concreto para columnas.....	0.84 mts ³
(Vacíos de columnas 0.10x0.10x2.80 mts por columna x 30 Unds.)	

Acero corrugado \emptyset 3/8"..... 15 \emptyset 3/8"x20'
 (3 mts. por columna z 30 unidades =
 90.00 mts).
 Bloques para columnas..... 420 unidades
 (14 unidades por columna x 30 unida
 des, no se especifica el tipo de --
 bloque conector porque dependerá de
 los criterios de crecimiento que --
 plantecn y los costos variarán rela
 tivamente poco).

Tabiques

les
 Páne./ de fibro-cemento..... 22 unidades
 (22 páneles de 0.85x2.70x0.0381
 mts).
 Mezcla para recubrimiento de
 tabiques..... 0.88 m³
 (22 páneles = 88 m²x 0.02 mts de
 espesor)
 Mortero para unir bloques..... 0.217 m³
 (192 uniones de 0.15x0.20x0.01 +
 420 uniones de 0.20x0.20x0.01)

Cubierta

Malla de acero soldado de 3 mm. ϕ
 cal.10 con separaciones de 0.15x0.15
 mts. por lado..... 36 mts²
 Malla romboidal tipo gallinero con
 aberturas de 0.015 x 0.01 mts..... 36 mts²
 Concreto en proporciones 1:2:4 con
 agregado grueso de 1/4".0.85 mts³

Puertas y ventanas

2 unidades de cada una..... 4 unidades

Total de materiales:

Concreto en proporciones 1:2:3 con agrega
 do grueso 1/2" 1.8 mts³
 Concreto en proporciones 1:2:4 con agrega
 do grueso 1/4" 0.85 mts³
 Malla soldada de acero cal.10 sep.0.015x
 0.15 mts. 36.00 mts²
 Malla tipo gallinero romboidal sep.0.015
 x0.01 mts. 36.00 mts²
 Acero corrugado \emptyset 3/8 x 20' 37 varillas
 Alambre de amarre calibre 16 75 mts.
 Tabiques fibro-cemento 0.85x2.70x0.0381 22 unidades
 Bloques para columnas y soleras 420 unidades
 Puertas 2 unidades
 Ventanas 2 unidades
 Mortero para columnas y soleras 0.217 mts³
 Mezcla para recubrimiento de tabiques 0.88 mts³

Costos de materiales

Concreto	2.65 m ³	Q. 35.38 m ³	Q. 93.76
Acero 3/8"x 20'	37 varill.	Q. 1.31 Uni.	Q. 48.47
Malla soldada de acero	36 m ²	Q. 0.59 m ²	Q. 21.24
Malla tipo gallinero	36 m ²	Q. 0.62	Q. 22.32
Mortero	0.217 m ³	Q. 42.20	Q. 9.16
Bloques	420 unid.	Q. 0.15	Q. 63.00
Recubrimiento	0.88 m ³	Q. 42.20	Q. 37.16
Alambre de amarre			Q. 5.00
Ventanas y puertas			Q. 40.00
Tabiques de fibro cemento	22 Unid.	Q. 4.10	<u>Q. 90.20</u>
T o t a l:			<u>Q. 430.31</u>

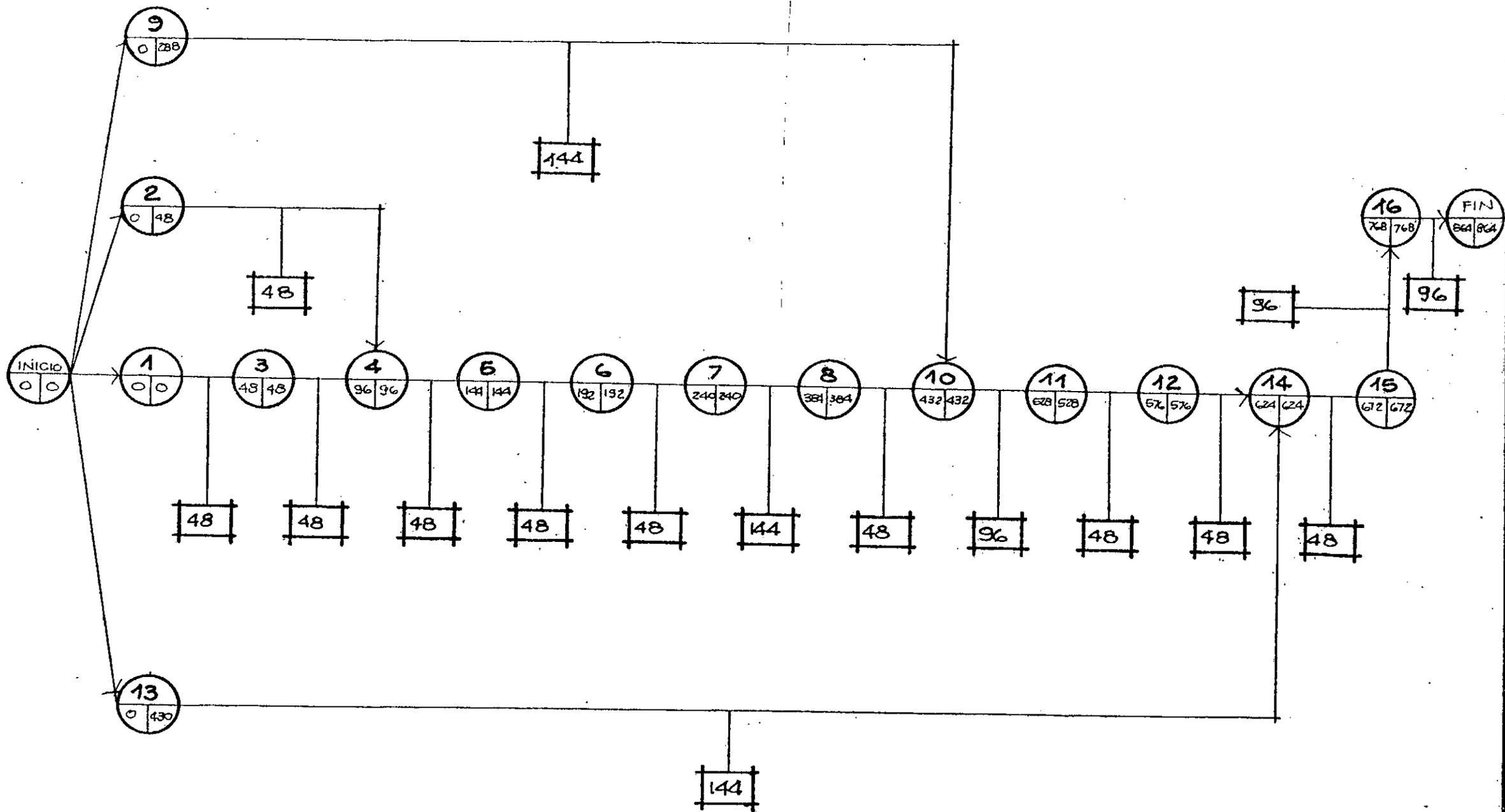
Por lo que el costo por metro cuadrado de vivienda será de Q.13.45 a estos costos hay que agregar los costos por imprevistos.

3.7 Descripción de las actividades a desarrollar para producir la vivienda planteada, en función de horas/hombre:

Actividad	Nombre de la actividad	tiempo horas/homb.	Acumulación
0-1	Inicio	Sin tiempo	0.00
1-3	Trazo y nivelación	48	48.00
3-4	Excavación	48	96.00
2-4	Preparación de armadura cimentación y refuerzos de columnas	48	Sin acum.

Actividad	Nombre de la actividad	tiempo horas/homb.	Acumulación
4-5	Colocación de parrillas de ref, zapatas, refuerzos columnas y fundición zapatas	48	144.00
5-6	Colocación de la solera hidrofuga	48	192.00
6-7	Levantado de 3 hiladas de bloques conectores y fundidos	48	240.00
7-8	Levantado y fundido de bloque conectores de columnas, en la forma siguiente: levantar 4 hiladas y fundirlas y así sucesivamente.	144	384.00
8-10	Colocación de paneles fibrocemento.	48	432.00
9-10	Preparación de armadura de cubierta.	144	Sin acum.
10-11	Colocación de refuerzo de cubierta y malla romboidal.	96	528.00
11-12	Fundición de cubierta	48	576.00
12-14	Fundición de solera hidrofuga y recubrimiento de tabiques	48	624.00
13-14	Preparación de puertas y ventanas.	144	Sin acum.
14-15	Colocación de puertas y ventanas	48	672.00
15-16	Retiro de tensores de cubierta y preparación de pisos.	96	768.00
17-fin	Fundición de pisos y detalles	96	864.00

1A. ALTERNATIVA



Si se establece el trabajo de 8 horas/hombre para 6 que necesita la vivienda para producirse, se necesitarán 18 días de trabajo --- efectivos.

3.8 Alternativa de vivienda número 2:

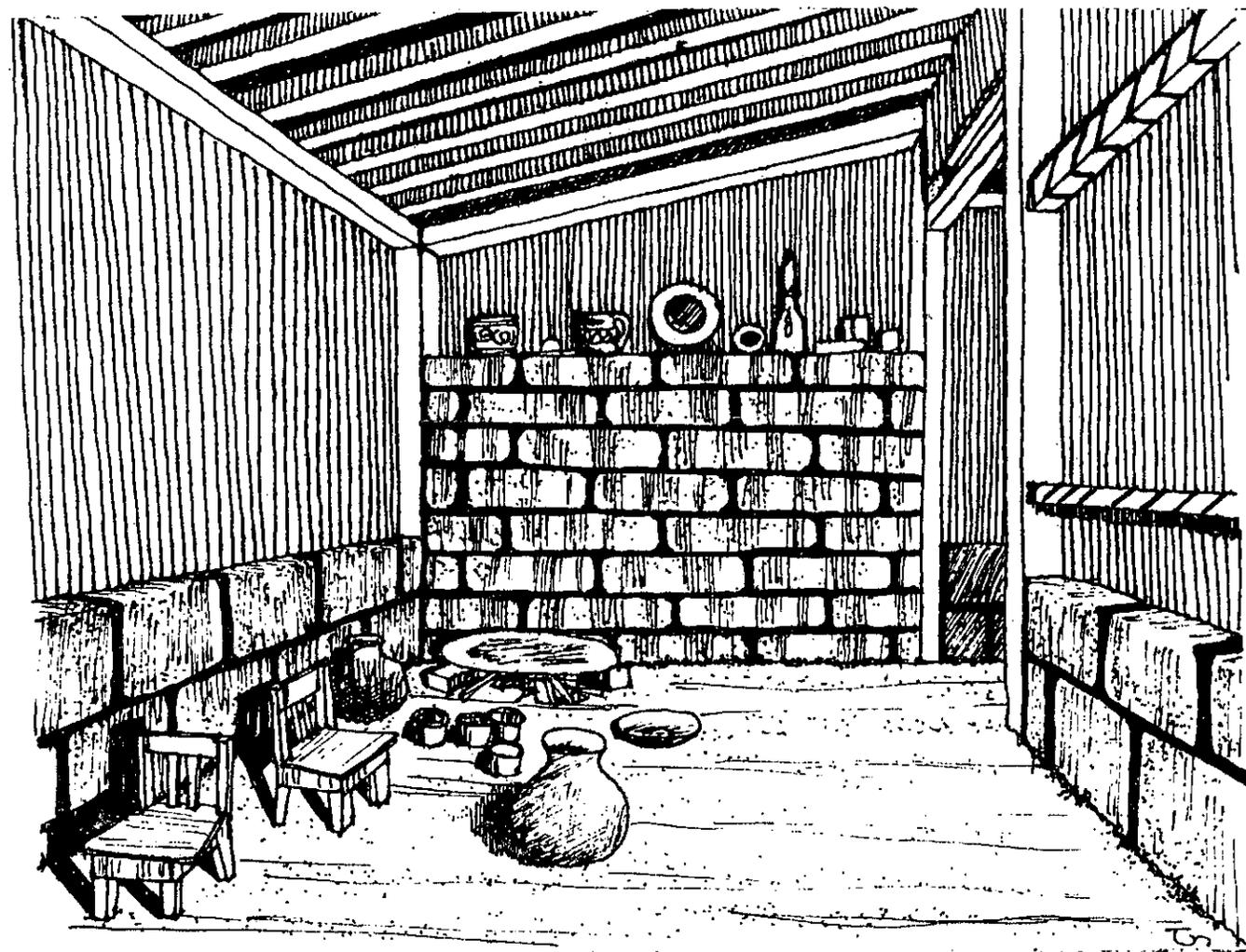
Como una alternativa de vivienda, con los -- sistemas de cerramiento vertical, la presentamos con los esquemas gráficos que a continuación aparecerán; esto lo hacemos en función de determinar los costos de cubierta; - la vivienda está conformada de otra manera y con un dimensionamiento menor que la anterior, tiene aproximadamente 31.25 metros².

Los sistemas a utilizar son exactamente igual que en el caso anterior por lo que no vale la pena repetir la descripción de la misma, únicamente en lo referente al techo o cubierta. Este estará conformado por láminas de asbesto-cemento y apoyada sobre estructura de madera. El costo de los materiales a -- utilizar son los que a continuación se describen (fig. 19 a 24).

Producto	Unidades	Costo Unidad	Total
Lámina de 10'	18	Q. 7.73	Q. 139.14
Caballetes	9	Q. 1.83	Q. 16.47
Arandelas de zinc	82	Q. 00.02	Q. 1.64
Arandela de plomo	82	Q. 0.03	Q. 2.46
Arandelas Asfálti- cas	82	Q. 0.01	Q. 0.82
Tornillos 4 1/2"	42	Q. 0.13	Q. 5.46
Tornillos 5 1/2"	40	Q. 0.29	Q. 11.60
Sub-total:			Q. 177.59
Madera			
Soleras de amarre de 2" x 4" x14'	4	Q. 2.33	Q. 9.32
Tendales 2"x4"x10'	12	Q. 1.33	Q. 15.96
Costaneras 2"x3"x14'	10	Q. 1.75	Q. 17.50
Caballote 3"x5"x14"	2	Q. 4.38	Q. 8.76
Clavos 3" Lbs.	2	Q. 0.30	Q. 0.60
Clavos 2" Lbs.	2	Q. 0.30	Q. 0.60
Total:			Q. 230.33

Por lo que el metro cuadrado de cubierta - tendrá un valor de Q.7.37 que no tiene comparación con los costos de cubierta de concreto en el sistema de "Cubiertas ligeras de concreto reforzado bajo las formas de - paraboloides hiperbólicos". Creo que no - hay comentario que efectuar ya que los costos de estos hablan por sí mismos.

4. EVALUACION DE LAS HIPOTESIS DEL PROYECTO



4.4 Evaluaciones de las Hipótesis del Proyecto

Al ser presentadas las hipótesis del proyecto, estas fueron aceptadas en principio; se trataba de unos sistemas adecuados y aparentemente cambiantes de los esquemas tradicionales para la construcción. La inquietud por la investigación y experimentación de nuevas técnicas fue el tema de discusión en la reunión de entrega de las hipótesis. Solicitamos el financiamiento para principiar las investigaciones pertinentes con referencia a la caña de maíz y la cubierta planteada, se nos negó. Justificando la negativa, aduciendo que el Gobierno, patrocinador de la reconstrucción del municipio le interesa únicamente producir las viviendas y no experimentar, con lo cual se frustró nuestra inquietud.

Se aceptaron los sistemas de cerramiento y portantes, procediéndose a negociar las máquinas para la producción de bloques vibrados de arena-cemento, además se fabricaron los moldes, para los mismos, en un pequeño taller de la ciudad.

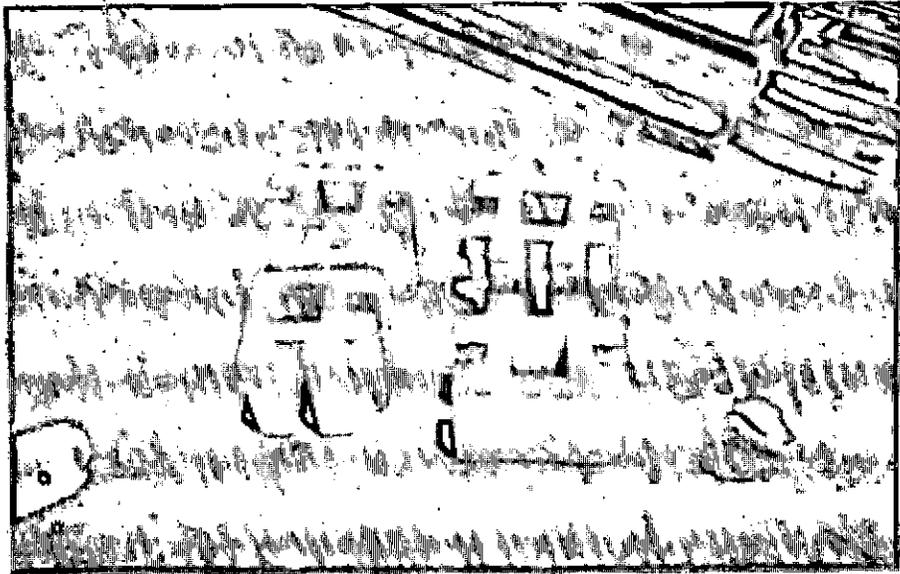
Se efectuaron las pruebas pertinentes para la fabricación, se utilizó las dosificaciones propuestas en las hipótesis, resultando los elementos de lata calidad así como de una adecuada resistencia. (Véase menciónar que los resultados de las pruebas de

laboratorio se extraviaron en el mismo, de la Facultad de Ingeniería, USAC) Ver - fotografía uno.

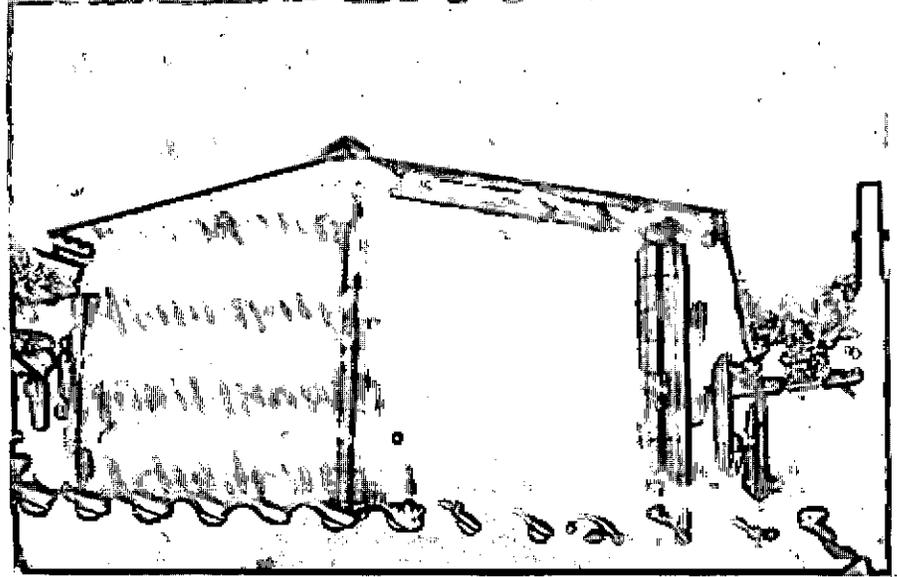
Con el material producido en formas de bloques-conectores se elaboró la primera casa modelo, con los planos elaborados para la segunda alternativa propuesta, (con cubierta de lámina de asbesto-cemento) -- mientras se hacían los ajustes pertinentes para la vivienda planteada en principio, estos consistían en modificar la cubierta ligera de concreto reforzado por la de lámina de asbesto-cemento y estructura de madera. (la primera casa Modelo - aparece en la fotografía 2).

La irresponsabilidad de compromiso de trabajo por parte de la fábrica de paneles de fibro-cemento, única en Guatemala, se negó a seguir produciendo los paneles que emplearíamos; esto nos condujo a modificar los mismos. Sabiendo que no encontramos otro material sustitutivo y que la fábrica estaba produciendo únicamente con dimensiones 0.70x2.85 y 0.50x2.00 metros, los aceptamos. Apareció entonces como consecuencia, el problema de solucionar las juntas que los paneles producirían, ya que estos deberían estar necesariamente a tope.

La junta con el recubrimiento propuesto, no es capaz de resistir los esfuerzos pro

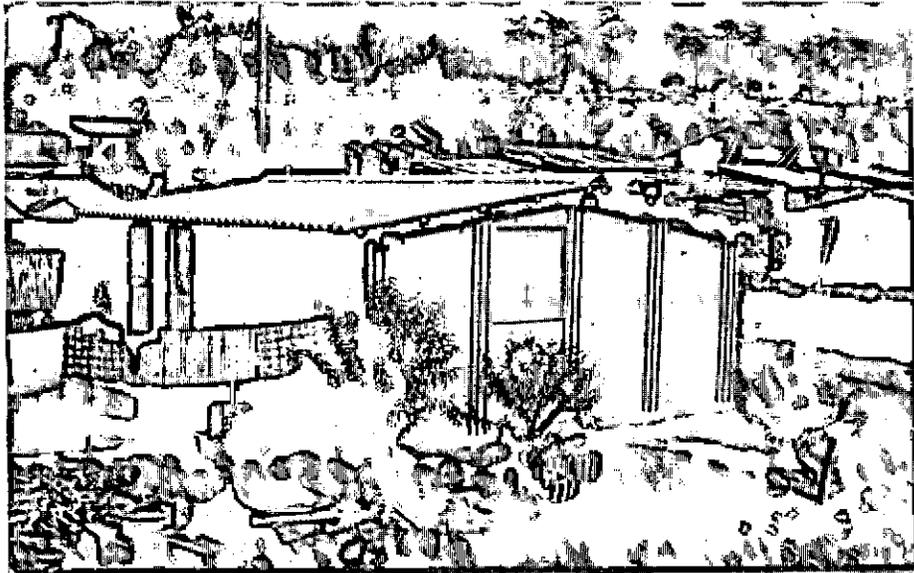


1

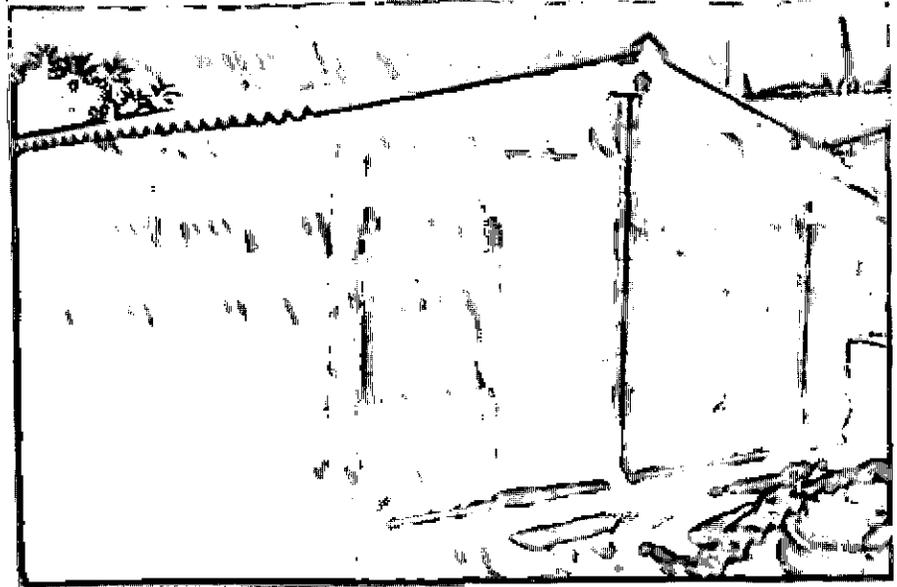


2

f o t o g r a f i a s



3



4

vocados por temperatura, es decir, que no soporta el cortante, aunque este estaba diseñado para soportar esfuerzos de compresión y tensión. Se encontró un material, que, estaba tratando de impulsar una fábrica joven en el país, las características del mismo es el de ser un mortero estructural y las dosificaciones del mismo contienen: Fibra de vidrio, cemento portland, arenas tamizadas en cernidores N° 60 y además algún agregado plástico que no logramos establecer. El procedimiento para emplear el material, consiste únicamente en mojar las partes donde se aplicará, agregándose agua a la mezcla, estará lista para usarse, en forma de cernido con llana. El espesor de el recubrimiento estructural es de 3 mm. el costo por metro cuadrado es de Q.0.90, siendo el rendimiento del mismo 10 lbs/m².

Este tipo de recubrimiento estructural nos dio la posibilidad de eliminar nuestra modulación, de un metro a ejes de columnas a 2 metros, ya que este era capaz de resistir los esfuerzos de flexión que se le podrían aplicar al panel con este nuevo dimensionamiento.

Se construyeron 10 viviendas con este sistema y con el de bloques portantes como columnas, las distribuciones de estas fueron como las planteadas en las figuras 6 y 7 de la primera parte (fotografías 3,4). Es conve-

niente mencionar que en el nivel de producción en que nos encontrábamos, la población aún no participaba y la demanda de las mismas era escasa o nula.

Al investigar la no participación o demanda de vivienda por parte de los pobladores descubrimos que no se debía a la desconfianza que sentían al bloque portante o columna, que intuían que era frágil.

Fue entonces conveniente evaluar el sistema y nos vimos obligados a proponer un nuevo sistema, con las solicitudes de conexión planteadas anteriormente, además porque el sistema establecido conllevaba una serie de dificultades como: El control de calidad en planta, el transporte, el control de materiales en obra (cemento, arena, pedrín, acero, etc.) El nuevo sistema en cuestión es el siguiente: la columna deberá ser elaborada en su totalidad en concreto reforzado, de fácil manejo, liviana y resistente y además producida en planta para el mayor control de calidad, como de materiales; fue conveniente entonces diseñar una formaleta que fuere de uso múltiple, de costo bajo y sencilla de trabajar. El detalle de planos de la formaleta se presenta en el plano N° 1 de esta sección.

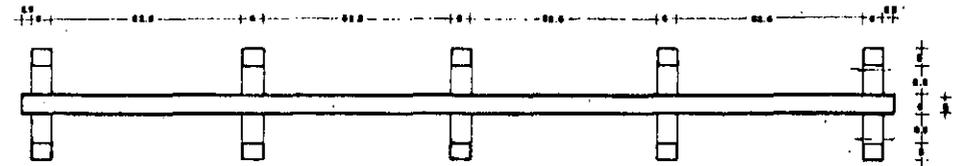
Los detalles de la aplicación de los mismos aparecen en las fotografías 5, 6, 7, 8, 9.

plano 1

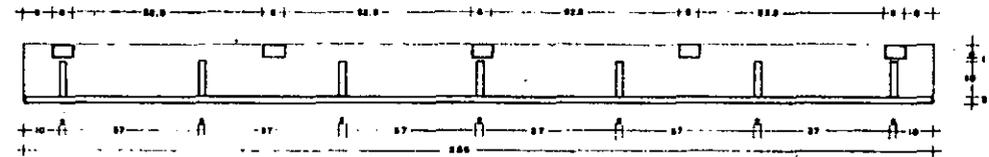


ARAÑA O TAPA.

Sección Longitudinal.

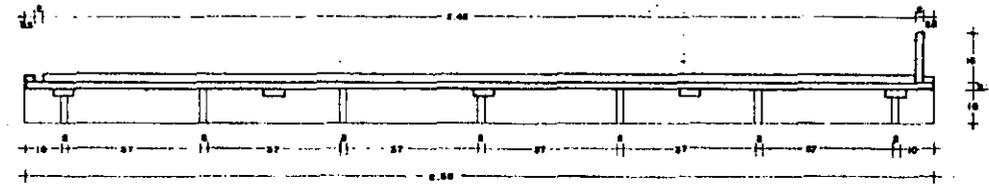


Planta.

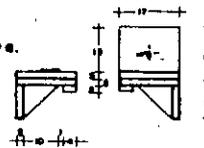


LATERALES.

Sección Longitudinal.



Planta.

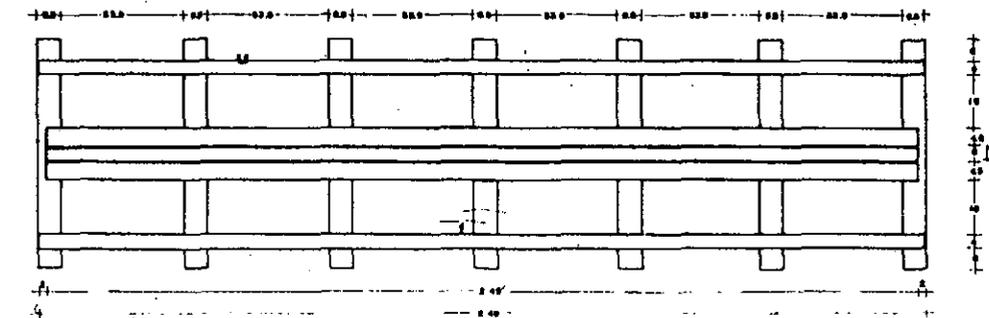


Sección Transversal.



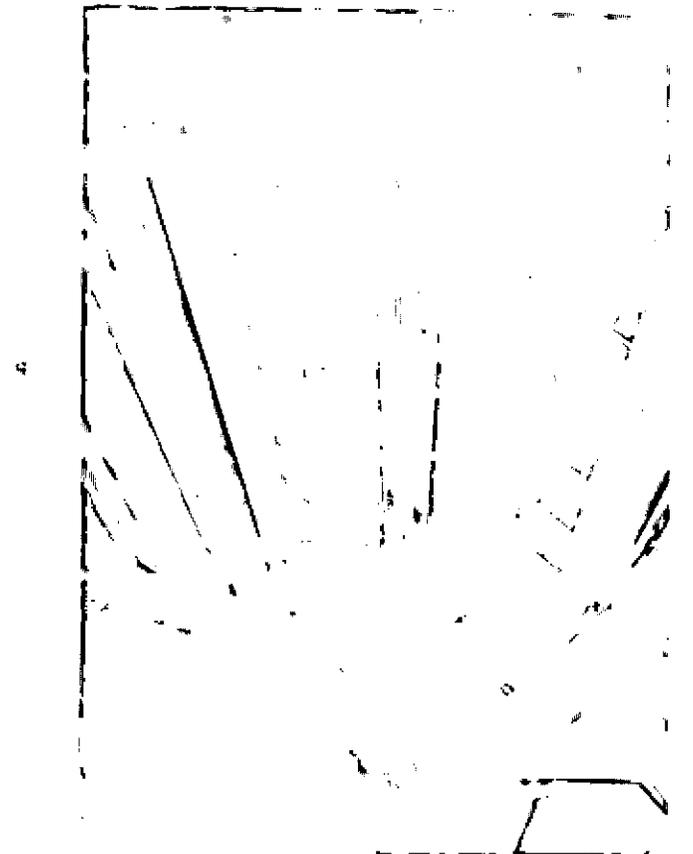
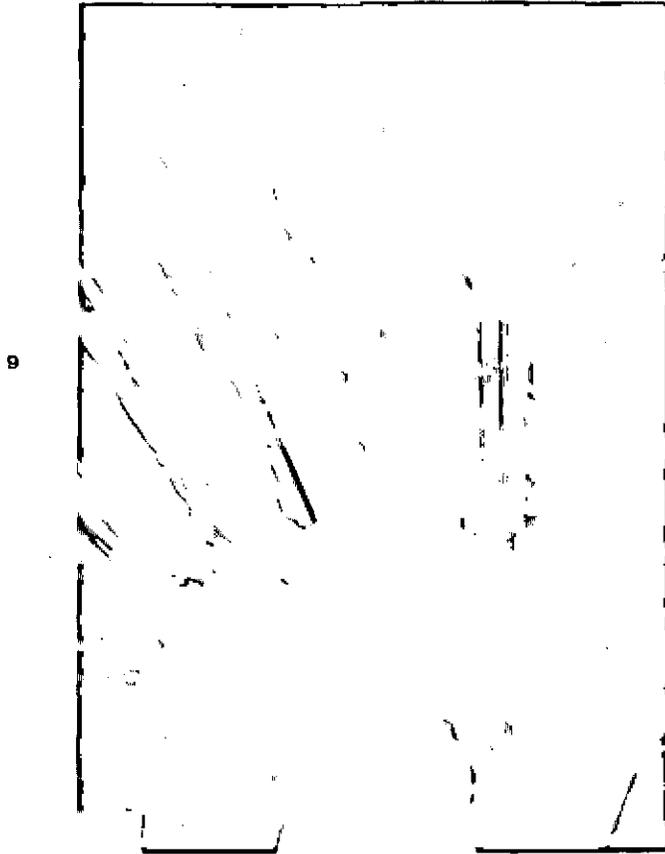
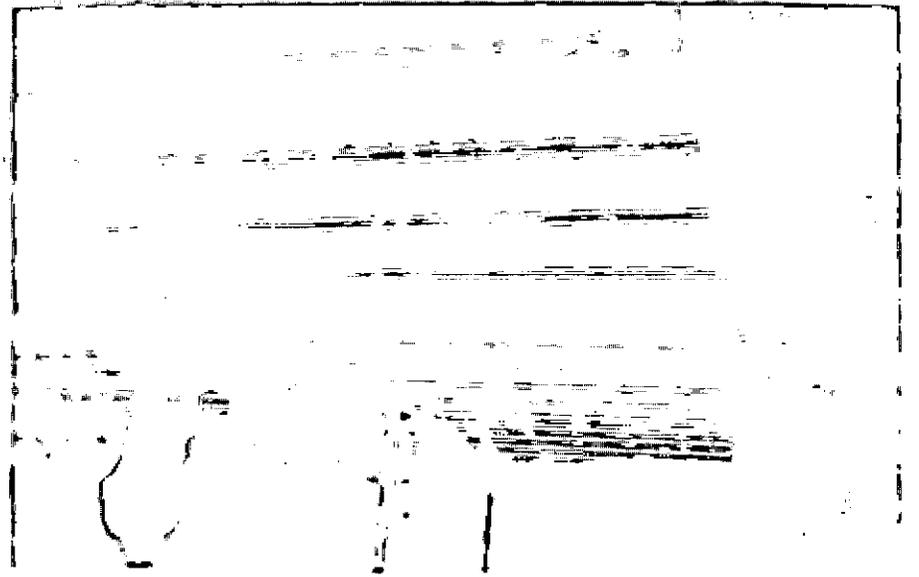
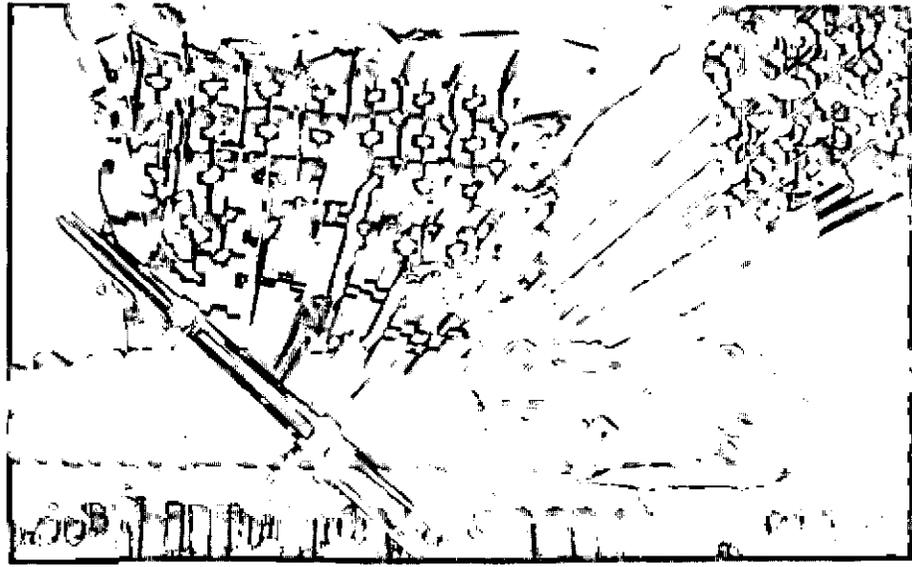
CAMA O BASE.

Sección Longitudinal.



Planta.

NOTA: Todos los dimensionados son en centímetros.



Las formaletas están hechas con madera plywood de 1", ya que esta mantiene sus dimensiones constantes no así la madera que podría mandarse cepillar. Se utilizó este tipo de madera porque como una sollicitación de diseño, debería ser de uso múltiple, es decir que se pueden utilizar indistintamente las piezas conformantes de unas con otras. La formaleta tiene un mecanismo que se basa en una doble cama o base, tapaderas laterales y una tapa superior o araña. Los canales para la instalación de paneles se logra a través de unas protuberancias o cuñas que contiene la misma formaleta.

El proceso para producir una columna consiste en los pasos siguientes:

1. Colocar la cama o base (fotografía 5).
2. Colocar las laterales de longitud y tapas superiores e inferiores de la misma (fotografías 6 y 7).
3. Se fijarán firmemente las laterales de longitud por medio de tacos en los espaciamientos que quedarán para desensamblarla (fotografía 8).
4. Es necesario que la formaleta se aceite con una solución de diesel y aceite en proporción 4 a 1 para que logre desprender la columna una vez fraguado el concreto.

5. Se procederá a fundir la columna, el concreto utilizado es de una resistencia de 280 kg/cm^2 con proporciones de 1:2:3 y agregado grueso de $1/2"$. Se llenará hasta la mitad, luego se procederá a introducir el refuerzo de acero corrugado que será de $1/2"$, se utilizó este tipo de refuerzo por el nuevo espaciamiento de columnas, así como su transporte, como el manejo de obra. Hecha esta operación se terminará de llenar la forma y se instalará la tapa o araña.
6. Al poner la tapa o araña se vibrará el concreto con un martillo de hule para sacar - bolsas de aire que el concreto contenía al vaciarse.
7. Se dejará fraguar unos minutos y se tallarán los bordes superiores con llana.
8. Transcurridas cuatro horas se procederá a retirar la tapa y nuevamente se tallarán los bordes.
9. 24 horas después se podrán quitar las tapas laterales y utilizarlas nuevamente en otra cama ya que cada juego de formaletas tendrá una doble cama. (fotografía 8).
10. 48 horas después podrá trasladarse la columna, al lugar de almacen y secado o curado, estando lista para su utilización 7 días después. (fotografía 9).

Este sistema de columnas nos dió la pauta para principiar la vivienda fundiendo el piso, ya que si este estaba totalmente a nivel, -- las columnas tendrían muy poca dificultad para instalarse.

Se diseñó un sistema de marcos para la fundición de pisos, según plano N° 2; este sistema debería de colocar totalmente a nivel y vaciar el concreto dentro de él, enseguida se pasaría el arrastre para el nivelado, así como el cernido. El marco contenía unos marcos ubicados a cada cierta distancia, que representaba los ejes de columnas. Una vez fundido el piso se procedía a retirar el marco y se tallaban las aristas del piso. El marco estaba constituido por tubo rectangular de hierro con dimensiones de 2" x 1".

Los marcos ubicados dentro del mismo marco servirían de guías para la excavación donde irían las columnas; además el marco contenía una serie de marcas que se podían trasladar al piso ya que estas servirían de guías ejes para columnas. La aplicación del sistema resultó eficiente pudiéndose fundir un piso y medio diario con un equipo de 5 personas. (fotografías 10 y 11).

1. Teniendo el piso fundido y los agujeros para instalación de columnas que era de 0.30x0.30 mts. por 0.60 mts. se procedía a instalar la columna que en principio resultaba sumamente difícil, pero debido al ingenio de -- los trabajadores y solicitantes de la viviendas, resolvieron instalarla con el detalle

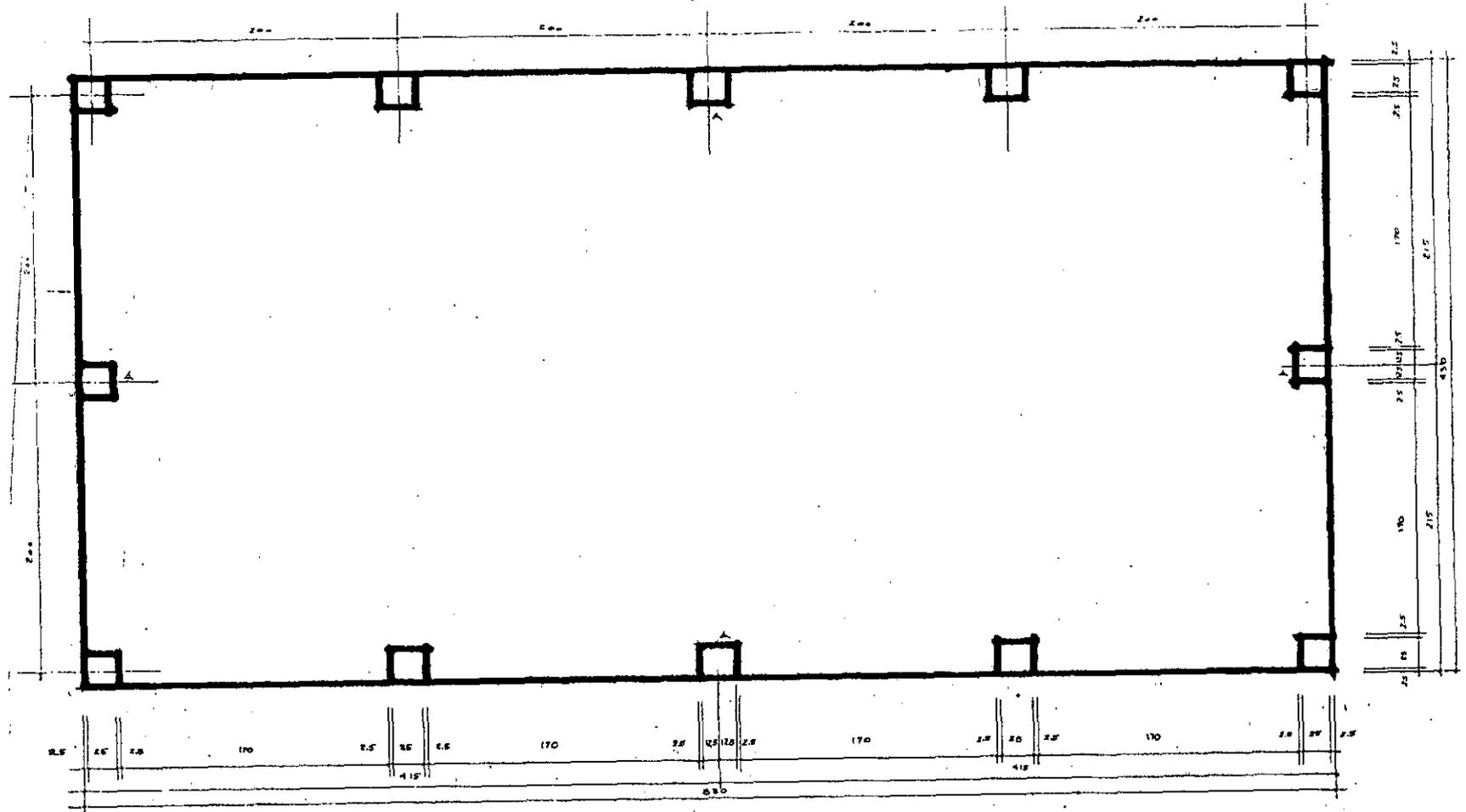
que se pueda observar en las fotografías 12, 13 y 14, que consistía adosar dos -- trozos de madera a la columna y amarrarla con alambre de construcción.

Al tener este detalle se procedía a levantar las columnas con 3 hombres como -- lo muestran las fotografías 15, 16, 17, dando como resultado lo que muestran las fotografías 18 y 19. El siguiente paso era instalar el cerramiento vertical con tabiques de fibro-cemento e instalar el techo que no tiene mayor descripción. -- Fotografías 20 y 21. Por último quedaba hechar el recubrimiento y la instalación de puertas y ventanas. Es necesario hacer mención que para la instalación de puertas se necesitaban columnas especiales que no tuviesen un canal y se lograba esto con no poner la tapa superior de la formaleta, además que era factible instalar en el concreto antes de fraguar los tarugos para la fijación de las mismas. La vivienda en detalle se puede observar en la fotografía 21.

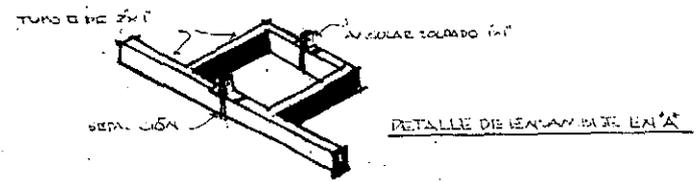
De la participación de la población:

Como consecuencia del cambio del elemento portante o columna, la población aceptó -- el sistema estructural propuesto, pero -- condicionado a hacer las modificaciones -- que ellos deseaban en su vivienda, esto -- no varió en gran escala el costo de la -- misma.

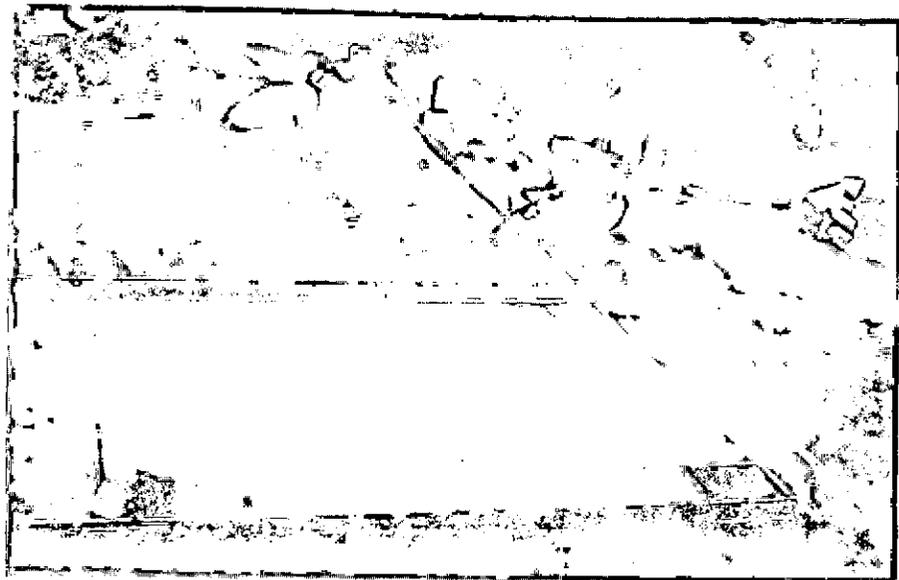
plano 2



PLANTA FORMALETA PARA FUNDICION DE PISOS

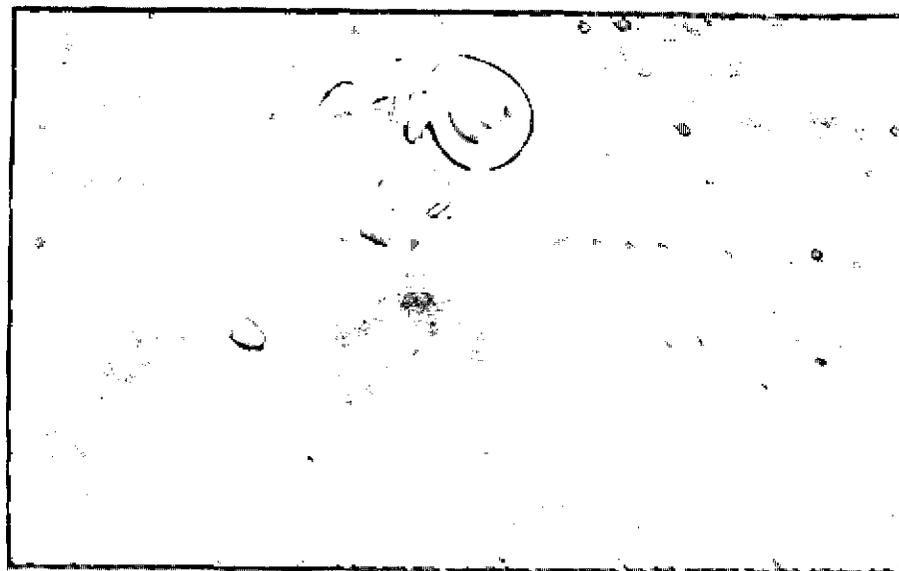


UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE I. SIS-REFERENCIA



10

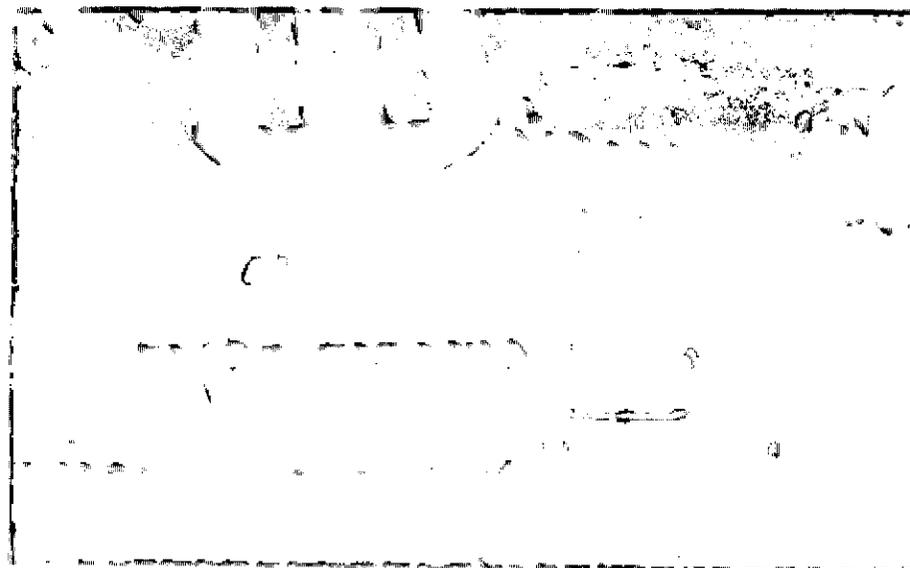
f o t o g r a f í a s



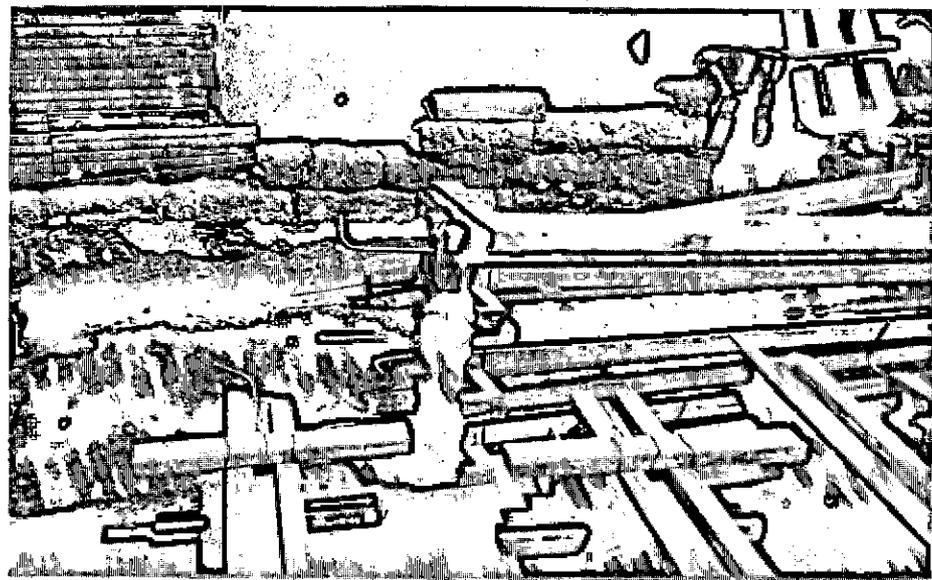
11



12



13



14

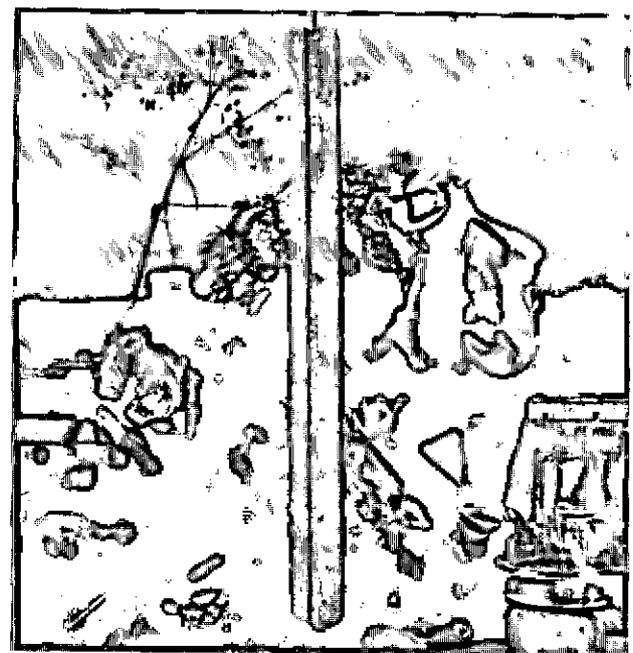
photographies



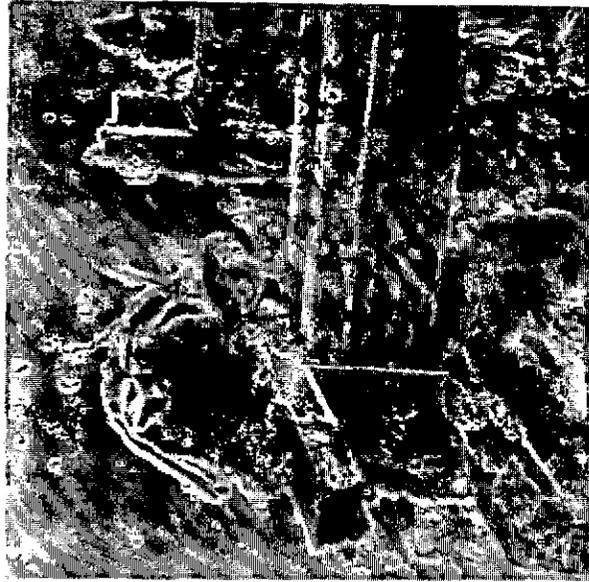
15



16

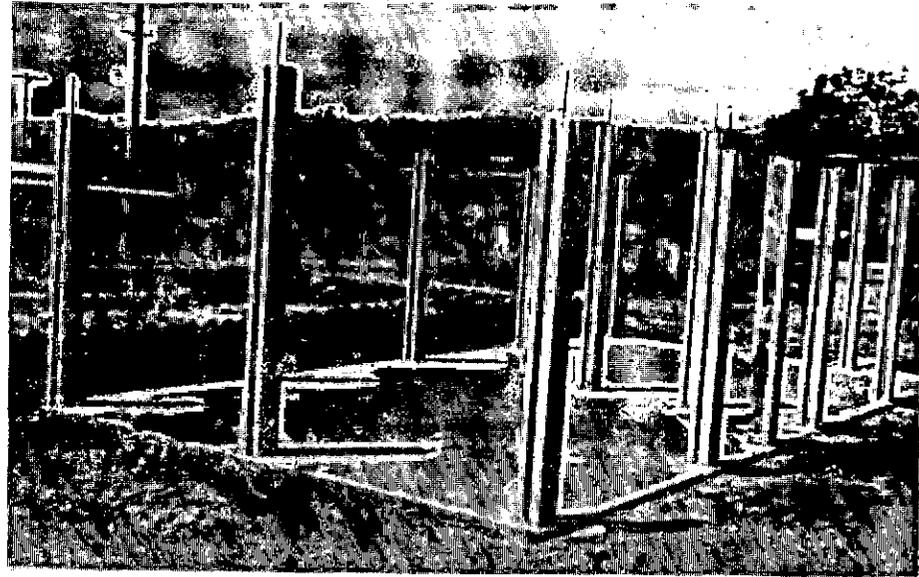


17

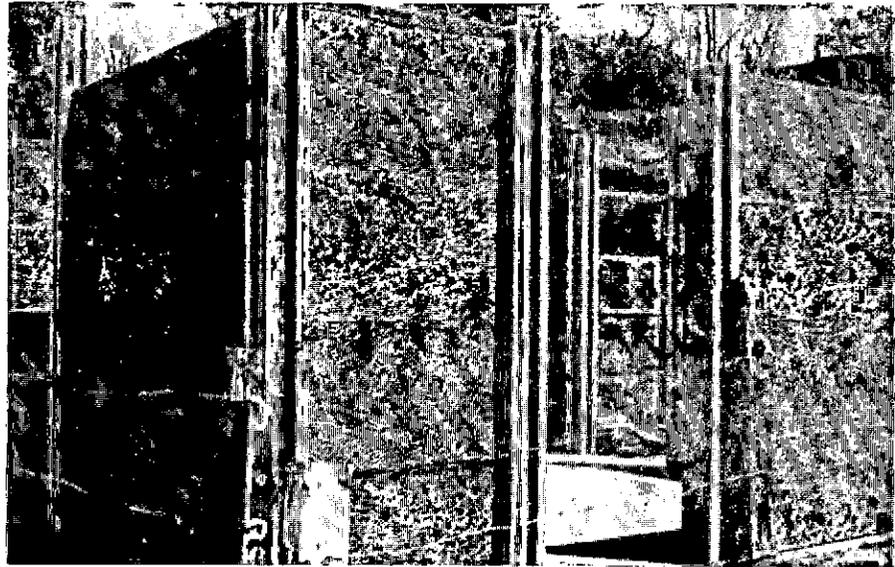


18

f o t o g r a f í a s



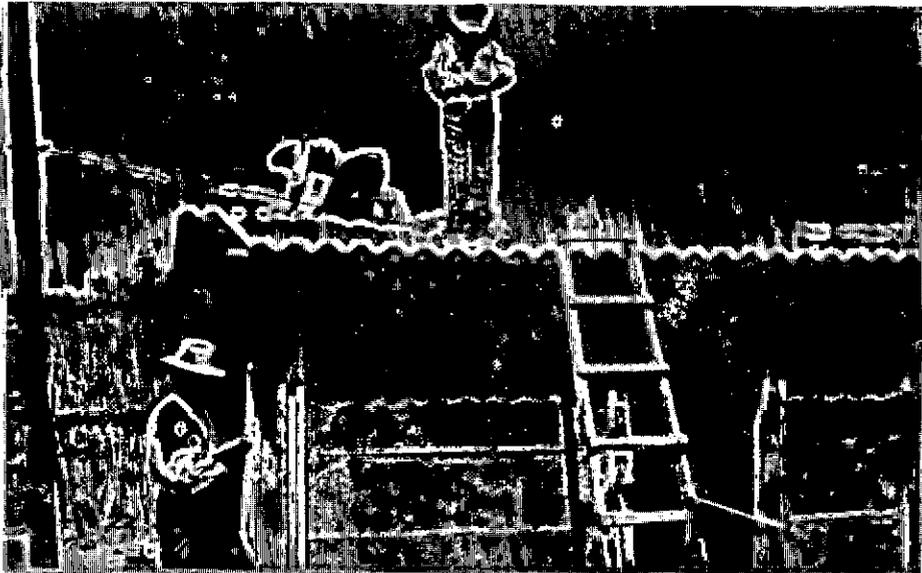
19



20

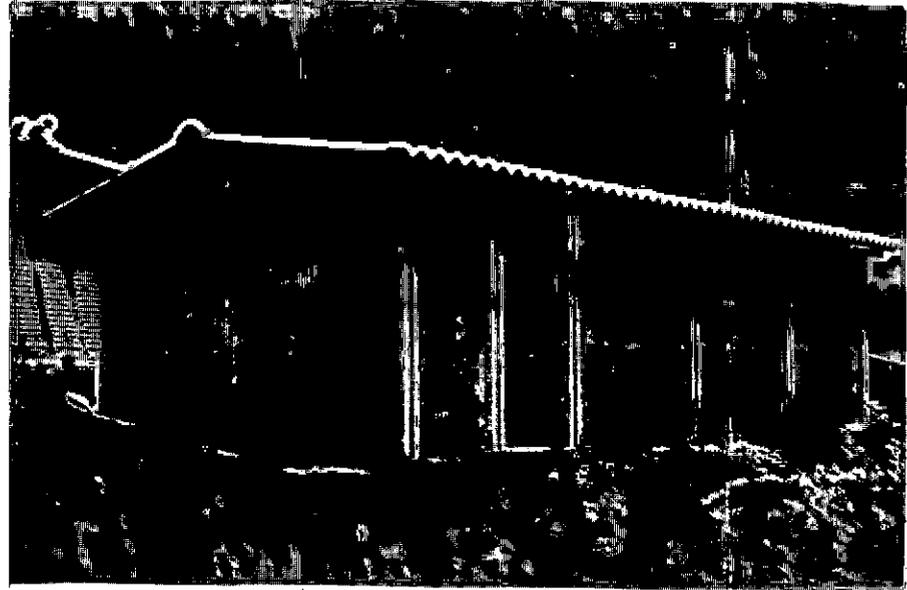


21



22

fotografier



23

Como la demanda se acrecentó, la participación de la población, fue considerable. La organización de la misma fue de la manera siguiente:

1. Se formaron grupos de 3 personas que serían asesorados por un miembro "especializado" que el proyecto pagaría por cada etapa de la producción.
2. La ayuda entre ellos sería mutua haciendo las siguientes tareas:
 - a) Fundición de columnas, 3 días para las 3 viviendas.
 - b) Transporte de materiales para las 3 viviendas, 3 días.
 - c) Fundición de pisos para las 3 viviendas, 2 días y medio.
 - d) Excavación para columnas, un día para las 3 viviendas.
 - e) Instalación de columnas, 3 días para las 3 viviendas.
 - f) Instalación de paneles de fibro-cemento, 2 días para las 3 viviendas.
 - g) Instalación de cubierta 6 días para las 3 viviendas.
 - h) Cernido para las 3 viviendas 6 días.
 - i) Instalación de puertas y ventanas, 3 días.

Por lo que nos da un total de 31.5 días para la producción de 3 viviendas que es exactamente 10.5 días por vivienda. En comparación con las alternativas hipotéticas planteadas que eran 18 días.

Pero se tuvo que hacer otra evaluación con respecto a los paneles ya que nuevamente la fábrica de fibro-cemento nos cortó el suministro de los mismos. Se buscó otro material sustitutivo y este fue, los tabiques de poliestireno, recubierto con una malla romboidal por cada lado y cernido con el mortero propuesto al principio.

Los resultados de la aceptación de este nuevo elemento los ignoro por haberme retirado del proyecto.

5. CONCLUSIONES

- 5.1 La evaluación del sistema portante y de cerramiento ha sido satisfactoria, en cuanto que se trata de formas estructurales eficientes. Además no poseen un gran contenido de trabajo, es decir, son de fácil producción, no necesitando mano de obra calificada.
- 5.2 A pesar que el sistema de paneles es eficiente, como tal, el material empleado (fibrocemento) no es el más adecuado para su utilización ya que se han encontrado inconveniencias con respecto al control de la calidad que definitivamente no existe en la fábrica que nos abastecía, al deterioro del medio ambiente que puede generar al incrementarse la desforestación del mismo y por último que no es muy resistente a los cambios de temperatura, apareciendo ligeras deformaciones.
- 5.3 Este trabajo ha quedado un tanto limitado, debido que no pude, por carecer de recursos económicos en su oportunidad, llevar a la praxis los esquemas de investigación sobre "las cubiertas ligeras de concreto reforzado" y "La caña de Maíz como material sustitutivo para la construcción".
- 5.4 El presente trabajo pudo ser un aporte a la "Reestructura de la Facultad de Arquitectura", por medio del sistema implantado en el Ejercicio Profesional Supervisado -EPS-; pero,

por contradicciones de la política facultativa en ese entonces (junio 76) no fue posible. Las contradicciones en mención, se establecieron entre los orientadores del programa EPS y el autor de este ensayo. Vale decir que los he considerado intransigentes e incapaces para la orientación del mismo, lamentablemente.

- 5.5 Con el giro que actualmente ha dado la Facultad de Arquitectura en su política educativa es prácticamente imposible desarrollar un trabajo como el presente, que es producto del Plan de Integración Académica 76.
- 5.6 La Universidad, que debe ser rectora del conocimiento científico y la verdad, es la que debe promover la investigación a todo nivel, pero desgraciadamente no es así; un reflejo de ello es el haber retardado la aprobación del programa de investigaciones de la Facultad de Arquitectura IFA-76, que era imperativo que se mantuviese en la coyuntura generada por el terremoto.

6. RECOMENDACIONES

6. RECOMENDACIONES

- 6.1 El sistema portante de columnas de concreto resultó ser eficiente, pero, se ha utilizado únicamente con alturas máximas de 2.45 mts. por lo que recomiendo se hagan las --- pruebas pertinentes para utilizarlas, con - alturas cargas mayores como su utilización con losas planas para entrepisos.
- 6.2 Que se investigue el material más adecuado para la producción de tabiques en ese sistema, que no deteriore el medio ambiente, cuyo costo sea bajo y las formas de producir las tenga bajo contenido de trabajo.
- 6.3 Que se trate de complementar esta experiencia en lo referente a la aplicación sobre: la producción de las cubiertas ligeras de concreto reforzado y la continuación del -- estudio sobre la Caña de Maíz como material de construcción.
- 6.4 Se renove la política que orienta actualmente al Ejercicio Profesional Supervisado --- -EPS- para lograr trabajos que aporten conocimiento y experiencias a la Facultad.
- 6.5 Que se reoriente la formación académica de la Facultad, hacia problemas concretos nacionales y no a supuestos "ensayos de diseño", que sólo pueden ocurrir en la mente de

un profesor-arquitecto, sin conciencia de su realidad.

- 6.6 Que se implante inmediatamente el programa de Investigaciones de la Facultad de Arquitectura IFA, ya que este es conveniente para la producción e investigación de nuevas técnicas constructivas.

Guatemala, Agosto de 1977.

"EL PARABOLOIDE HIPERBOLICO"

Geometría:

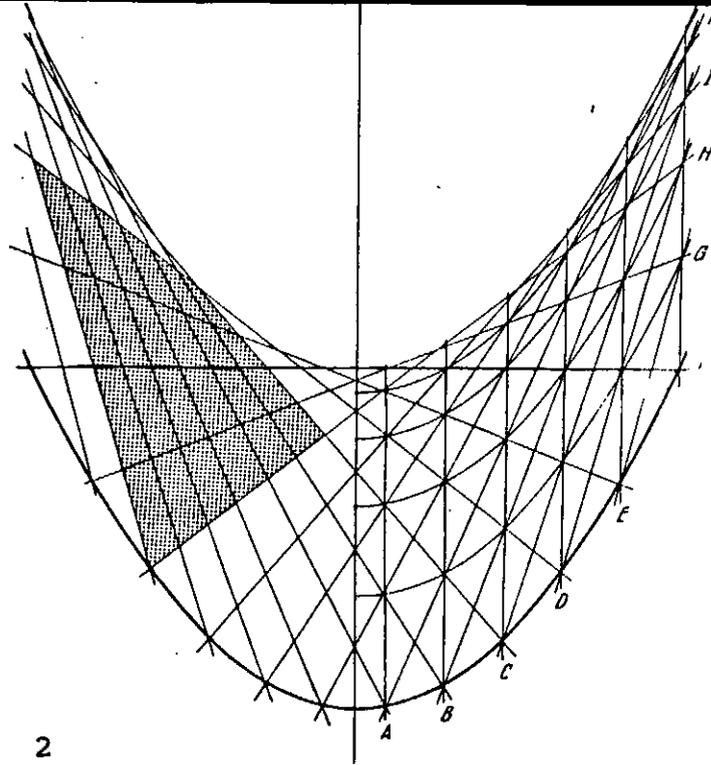
Interpretación en superficie reglada y de traslación.

Entre las superficies de doble curvatura, el paraboloides hiperbólico presenta una importancia particular para la construcción. Nos ofrece todas las ventajas constructivas de las superficies de doble curvatura sin tener los inconvenientes derivados de los elevados costes del encofrado. El paraboloides hiperbólico significa un encofrado sencillo, ya que sus generatrices son líneas rectas. Otra ventaja del paraboloides hiperbólico reside en el cálculo relativamente sencillo de las fuerzas en presencia. Y, desde luego, es sumamente fácil representar su forma por medio de una superficie reglada, lo cual lo permite verlo cómo realmente en el espacio.

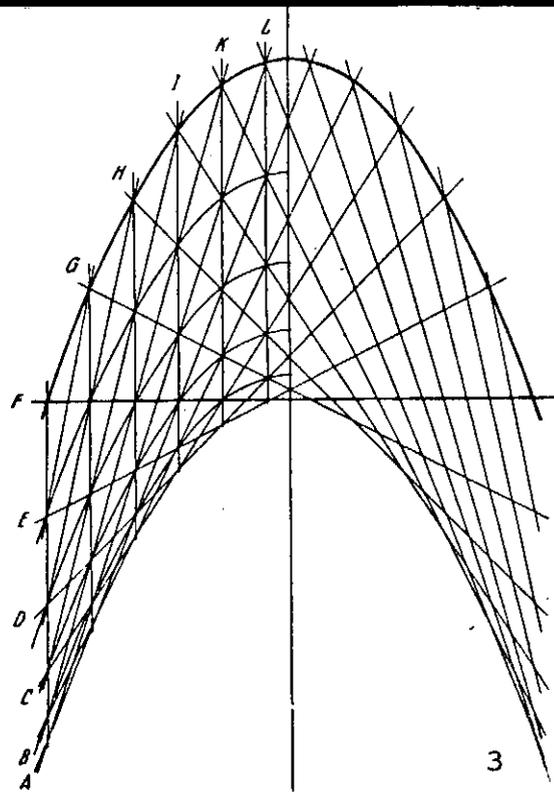
Las figuras 1, 2, 3, 4 y 5 son la planta, el alzado y un alzado lateral de un segmento de paraboloides hiperbólico. Los dibujos muestran claramente que el paraboloides hiperbólico es una superficie doblemente reglada. La superficie está engendrada por dos familias de generatrices rectas. Cada familia de rectas es paralela a un plano vertical. Estos dos planos rectores (figura 1) forman un ángulo W cualquiera. El sentido de las generatrices (la recta A-L, por ejemplo) puede seguirse sobre las tres proyecciones. Al cortar a

lo largo de las generatrices rectas una superficie en el paraboloides hiperbólico, se obtiene una superficie de doble curvatura limitada por línea recta en sus bordes (figuras 2 y 3).

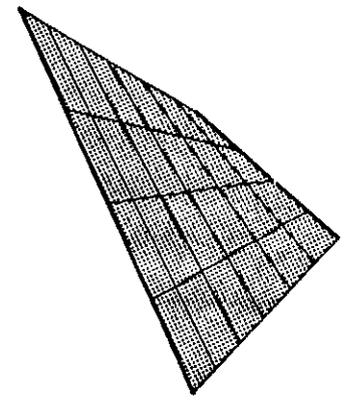
Geométricamente, el paraboloides hiperbólico puede considerarse, en cualquier caso, no sólo como una superficie reglada, sino también como una superficie de traslación. La interpretación como superficie de traslación, es importante para la comprensión de las relaciones constructivas. Una superficie de traslación se obtiene al desplazar paralelamente a sí misma una generatriz a lo largo de una directriz. En el caso de un paraboloides hiperbólico, la directriz y generatriz son parábolas. Normalmente, la directriz es una parábola abierta por la parte inferior. Los planos de la directriz y de las generatrices son verticales y ortogonales. Todas las secciones paralelas al plano de la directriz originan parábolas congruentes, todas las secciones paralelas generatrices originan paralelas congruentes en relación a dichas generatrices. Un paraboloides hiperbólico se constituye por un número de parábolas suspendidas y congruentes, y un cierto número de parábolas aplicadas y congruentes (figura 5). El paraboloides hiperbólico es una superficie de doble curvatura que se puede interpretar indistintamente como una superficie reglada y como una



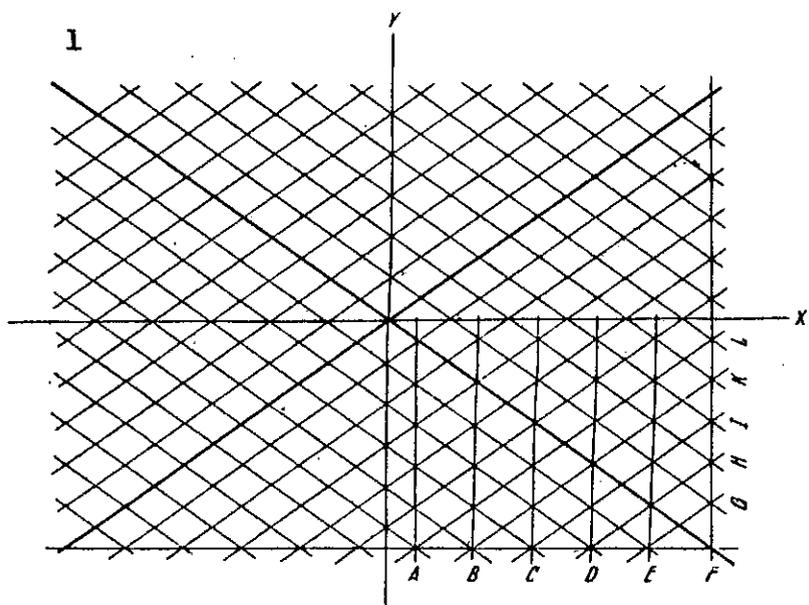
2



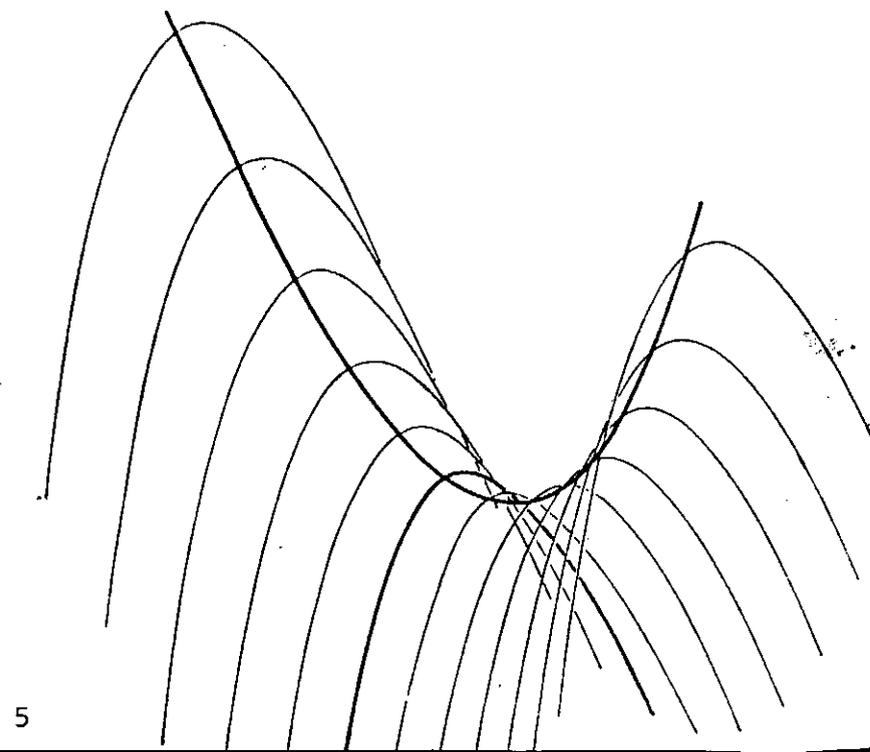
3



4



1



5

superficie reglada y como una superficie de traslación. La fórmula de esta superficie se escribe así:

$$\frac{y^2}{b^2} - \frac{x^2}{a^2} = \frac{z}{c}$$

Se trata de una superficie de segundo grado. Existe un método muy simple de representar gráficamente la forma de un paraboloides hiperbólico de bordes rectos, consideremos los segmentos 1-6 y 1-6 que son rectas cualesquiera, inclinadas una sobre la otra, y que no se cortan. Deben representar los bordes de un paraboloides hiperbólico. Para obtener la superficie izquierda de un paraboloides hiperbólico con ayuda de líneas rectas: debemos dividir las rectas 1-6 y 1-6 en un número igual de partes idénticas con una determinada proporción. Tendremos, por ejemplo, sobre el segmento 1-6: 1-2 = 2-3 = 3-4 = 4-5 = 5-6 y sobre el segmento 1-6 : 1-2 = 2-3 = 3-4 = 4-5 = 5-6. La superficie buscada se obtiene uniendo 1 y 1, 2 y 2, 3 y 3, 4 y 4, 5 y 5, 6 y 6. Para determinar la segunda familia de generatrices rectas, hemos de proceder de la misma manera con los segmentos 1-1 y 6-6 (figura 6).

Segmentos de bordes curvilíneos:

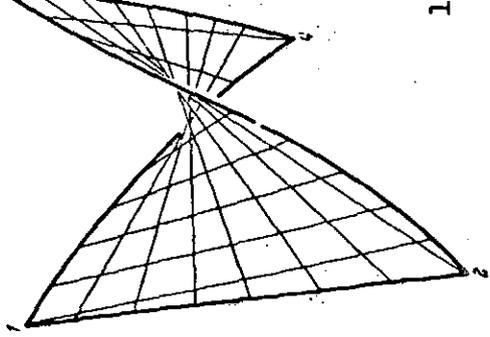
Segmentos paralelos a los planos principales.

Sea cual fuere la posición de los planos cortantes,

su intersección con el paraboloides hiperbólico no puede dar más que parábolas, hipérbolas y rectas. Cuando el paraboloides hiperbólico es cortado por planos que contienen el eje z ó que son paralelos a éste, se logran parábolas (figuras 7, 8 y 9). Planos cortantes paralelos a las generatrices rectas y al eje z originan, evidentemente, rectas. Todos los demás planos secantes, paralelos, por ejemplo, al plano xy, originan hipérbolas. Las figuras 7, 8 y 9 representan un segmento en el cual los bordes son paralelos a los planos principales xy e yz. Según las anteriores consideraciones, el segmento está limitado por hipérbolas y parábolas. El plano cortante paralelo al plano xy da las hipérbolas 1-2 y 4-5, el plano secante paralelo al plano yz, las parábolas 1-5 y 2-4.

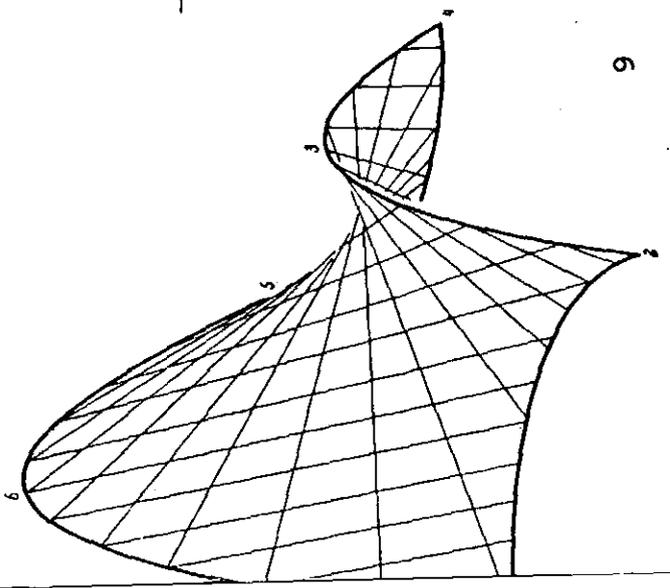
Segmentos cualesquiera

Las figuras 10, 11 y 12 representan un segmento limitado en el plano por las rectas inclinadas en relación a las generatrices. Los planos secantes 1-2, 2-3, 3-4 y 4-1 son paralelos a los planos que contienen al eje z. Las intersecciones con el paraboloides hiperbólico deben ser, por consiguiente, parábolas. La superficie cortada no está limitada, en este caso, por rectas, sino por parábolas cóncavas y convexas. Bajo determinadas condiciones, el sentido parabólico del elemento de borde puede ser muy ventajoso para la construcción de la cubierta.

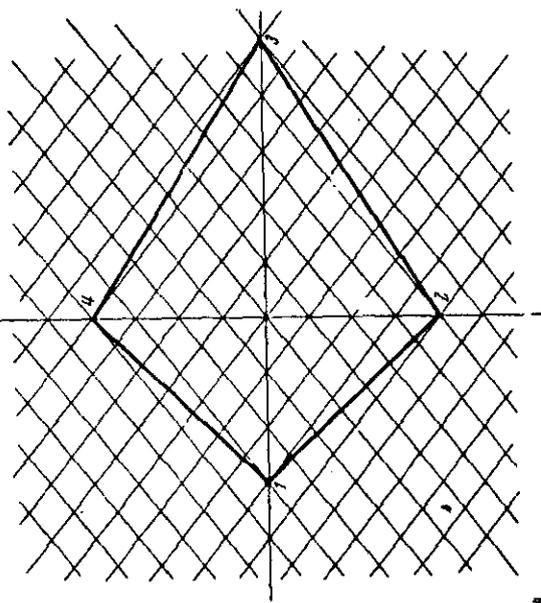


1

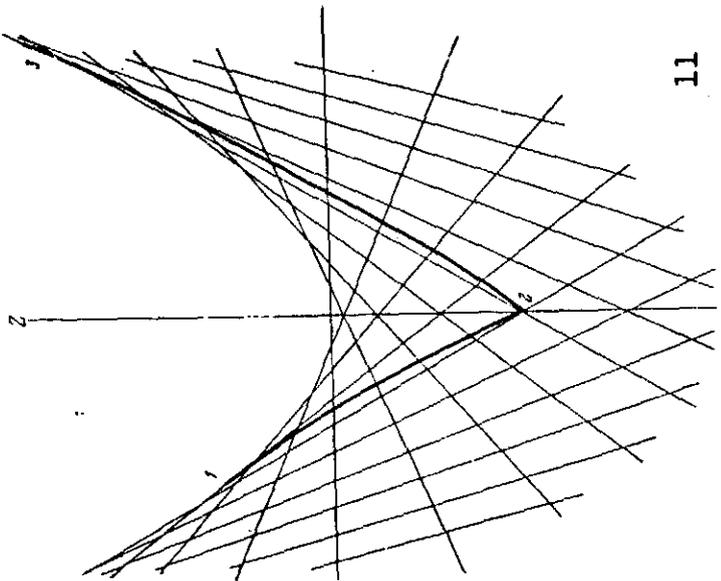
UNIVERSIDAD DE SAN CARLOS DE GUATEMALA
BIBLIOTECA
DEPARTAMENTO DE T. SIS-REFERENCIA



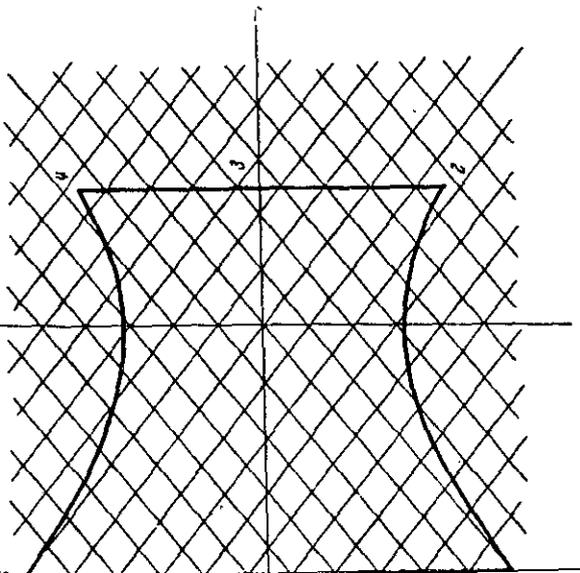
2



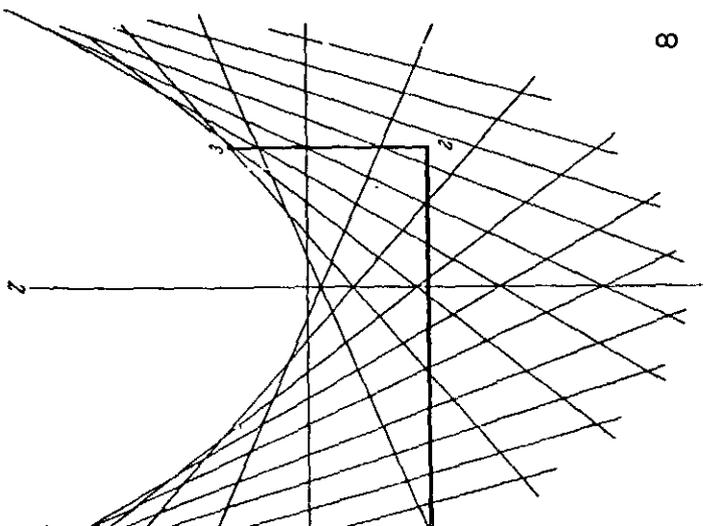
3



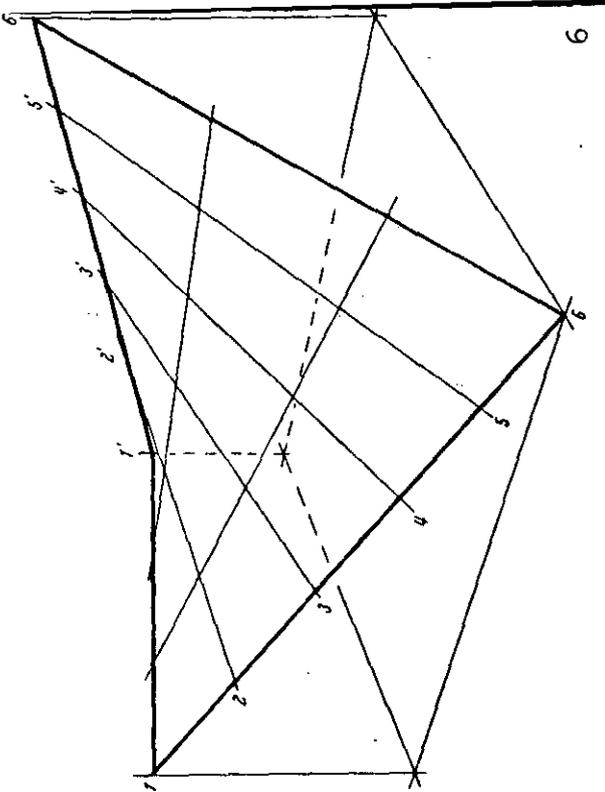
4



5



6



7

Intersección de diversos segmentos

El segmento de bordes paralelos a los planos principales xy e yz es una forma característica del paraboloides hiperbólico, en "silla de montar." Las intersecciones de tales elementos permiten obtener formas de construcción económicas. La figura 13 representa una superficie resultante de la intersección de dos segmentos de paraboloides hiperbólicos, tomados en el centro de la silla de montar. La forma parece idéntica a la de la bóveda de aristas formada por la intersección de dos cubiertas cilíndricas, pero hay diferencia esencial. Mientras que la bóveda de aristas originada por la intersección de cilindros no está curvada más que en una dirección, "la bóveda de aristas", formada por la superficie del paraboloides hiperbólico presenta doble curvatura. Esta doble curvatura confiere tal rigidez al paraboloides hiperbólico, que es posible prescindir de las nervaduras tensoras, necesarias en el caso de la bóveda de aristas resultante de cilindros.

La forma ilustrada en la figura 13 reposa sobre cuatro puntos escogidos de manera que los planos de las curvas AB , BC , CD y DA sean paralelos al plano yz y que los planos de las curvas AC y BD contengan el eje z . Todas las curvas de delimitación son, en este caso, parábolas. Todas las fuerzas se acumulan en diagonales bajo la acción de la cubierta y pueden transmitirse a los apoyos sin enjendrar momentos de flexión en las diagonales. Por ejemplo, nos demuestra también que el

paraboloides hiperbólico es una forma constructiva sumamente favorable.

Segmentos de bordes rectilíneos:

Forma limitada por un cuadrilátero alabeado.

Cuando los planos cortantes están dispuestos a lo largo de las generatrices rectas, se obtiene un segmento limitado por bordes lineales. (Las curvas 1-2, 2-3, 3-4 y 4-5 aparecen como rectas, lo mismo en proyección horizontal que en proyección real.) Hay un gran número de segmentos posibles, según se haya elegido los planos secantes. Las figuras 14, 15 y 16 representan un segmento en el centro de la silla, las figuras 16 a 22 son segmentos cualesquiera.

Combinaciones de cuadriláteros alabeados

Los cuadriláteros alabeados de bordes lineales pueden acoplarse de varias maneras. Entre las numerosas posibilidades, algunos tipos se han impuesto, y entre ellos los que se muestran en las figuras.

La figura 22 representa un "techo en forma de paraguas." Se han superpuesto cuatro superficies de manera que el borde superior esté situado en un plano y que el punto bajo central repose sobre un pilar. Esta forma ofrece grandes ventajas constructivas y permite además la evacuación del agua de lluvia en un punto. La figura 21 representa

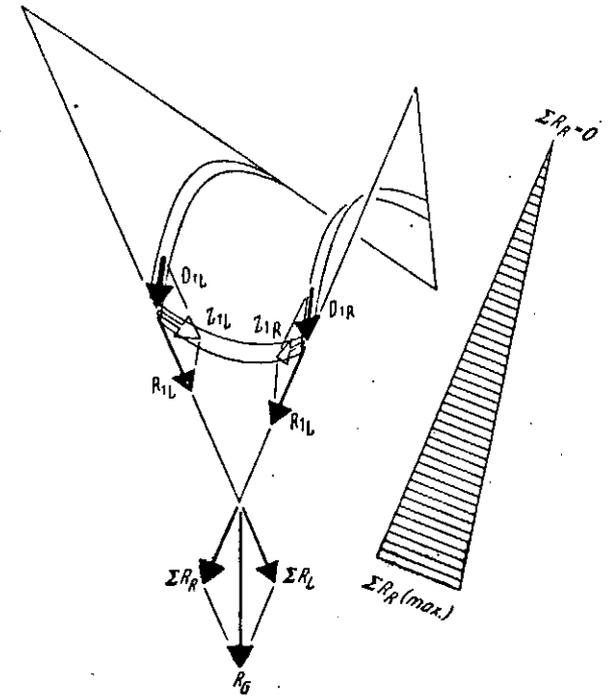
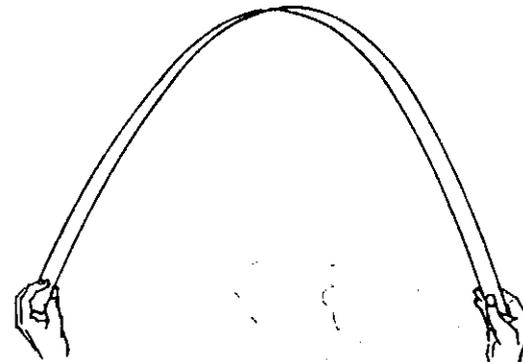
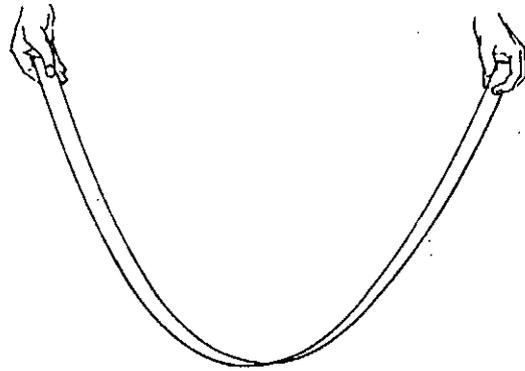
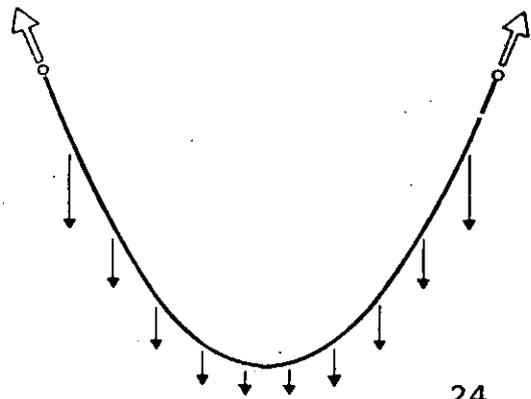
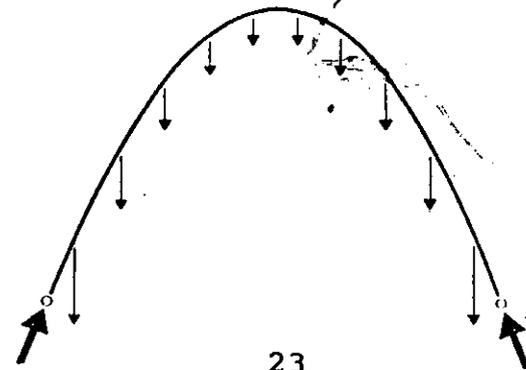


figura 25



24



23

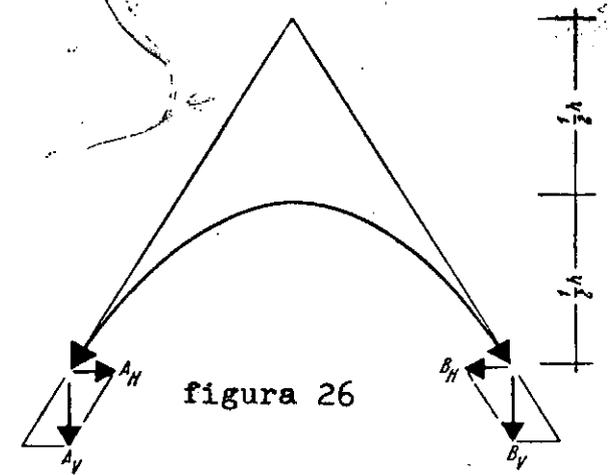


figura 26

Para estar en condiciones de absorber las fuerzas, el elemento de borde debe tener calculadas sus di mensiones en consecuencia. El peso del elemento de borde representa una carga suplementaria para la cubierta. Para suprimir esta carga, la única posibilidad radica en sostener el elemento de bor de por medio de pilares que transmitan su propio peso a las fundaciones, sin cargar la cubierta.

Tal como lo hemos ya indicado, el paraboloid hiperbólico es solicitado en tracción en el caso de una parábola suspendida y por compresión si la parábola está erguida. Sin embargo, es posible utilizar la compresión de la cubierta de modo de liberado para el propio peso del elemento de borde, con el fin de influir en la distribución de fuerzas sobre la cubierta.

El propio peso del elemento de borde (y, eventual mente una carga vertical suplementaria del borde) aumenta los esfuerzos de tracción en las parábo las suspendidas. El incremento de las fuerzas de tracción acarrea una reducción de las fuerzas de compresión originadas por las parábolas erguidas. En el caso de una fuerte carga de los elementos de borde, la superficie no es solicitada más que por las fuerzas de tracción en este caso nos ha llamos ante una membrana pura sólo bajo tracción, pudiéndose construir con mallas finas de cable.

Para las superficies de material resistente a la compresión y a la tracción (concreto armado o madera), es posible fijar la carga de los elemen tos de borde de manera que las fuerzas de

compresión persistan en la cubierta, pero que la preponderancia de las fuerzas de tracción supri man en gran parte el riesgo de pandeo.

Fuera de las cargas permanentes distribuidas si métricamente, una cubierta es también solicitada por otra variedad de cargas asimétricas: vien tos o sobrecargas asimétricas como el sismo. Es tas sollicitaciones tienden a invertir la cubier ta. Las siguientes posibilidades permiten evi tar la torsión:

1. Soporte continuo del borde por pilares del gados individuales, actuando como elemento de tracción o de compresión.
2. Anclaje de los puntos elevados por elementos de tracción o de compresión.
3. Unión de diversos paraboloides hiperbólicos que sosténganse mutuamente por sus elementos de borde.
4. Para construcciones de poca luz puede ser conveniente encajar la cubierta a los pies.

Elementos de construcción y de estática del pa raboloid hiperbólico de bordes lineares

Análisis para nuestro caso I

Una de las propuestas de cubierta para nuestra vi vienda proyectada, consiste en cuatro paraboloi des hiperbólicos dispuestos simétricamente. El

caballete es una recta en ambas direcciones; los puntos bajos de la cubierta reposan sobre los cuatro vertices del plano. Cada una de las cuatro superficies está limitada por líneas rectas. Un corte vertical por los puntos a-c nos da una parábola colgante (cóncava), un corte por los puntos b-d, una parábola erguida (convexa). Cortes paralelos a estos planos de corte nos darán parábolas congruentes. Las fuerzas de tracción se ejercen según las parábolas colgantes y las fuerzas de compresión actúan siguiendo las parábolas erguidas.

Recortemos sobre el paraboloides hiperbólico cuatro fajas que se corten en los puntos 1-4 sobre el borde; la carga debida al propio peso nos dará la disposición siguiente de las fuerzas. En el punto de intersección de las dos fajas sobre el borde es decir en los puntos 1, 2, 3 ó 4, aparece una de compresión dirigida según la parábola en pie y actuando hacia el borde, mientras que según la parábola colgante aparece una fuerza de tracción que actúa partiendo del borde. Las dos fuerzas dan una resultante que actúa siguiendo el borde. $\sum R_1$ es la resultante de D_1 y Z_1 , R_2 es la de D_2 y Z_2 , etc. Estas resultantes paralelas se adicionan a lo largo del borde a-d y del borde c-d para dar las $\sum R_1$ y $\sum R_4$ en el pié d. $\sum R_2$ se formará a lo largo del caballete a-b, y $\sum R_3$ a lo largo del caballete c-b. Tal como lo muestran las figuras 27 y 28, todas las fuerzas que actúan a lo largo de los caballetes o de los bordes son fuerzas de compresión.

A los pies de la cubierta se forma una fuerza dirigida oblicuamente hacia abajo, y que debe ser absorbida mediante una adecuada realización de las fundaciones. Hay dos posibilidades en tal sentido:

1. La fuerza oblicua sobre el apoyo queda absorbida directamente por una cimentación capaz de resistir a la fuerza oblicua.
2. Se descompone la fuerza oblicua en una componente horizontal y una componente vertical.

La componente horizontal es absorbida por un tirante que solidariza los cuatro ángulos; la componente vertical es transmitida a los cimientos por medio de un pilar delgado. A lo largo del caballete la resultante de todos los lados se dirigen hacia el punto b. Al ser todas iguales por una carga simétrica se compensan mutuamente.

El caballete es el punto crítico de toda la construcción. Las fuerzas que actúan sobre él son superiores a las de borde puesto que el caballete es el punto de reunión de dos superficies.

El caballete está solicitado como un pilar normal en compresión y pandeo. Sería preferible que el borde cargado al máximo no fuera solicitado en compresión sino en tracción, ya que contrariamente a las barras comprimidas, las barras tensadas no flexionan y por consiguiente, no pueden ya volver a reaccionar.

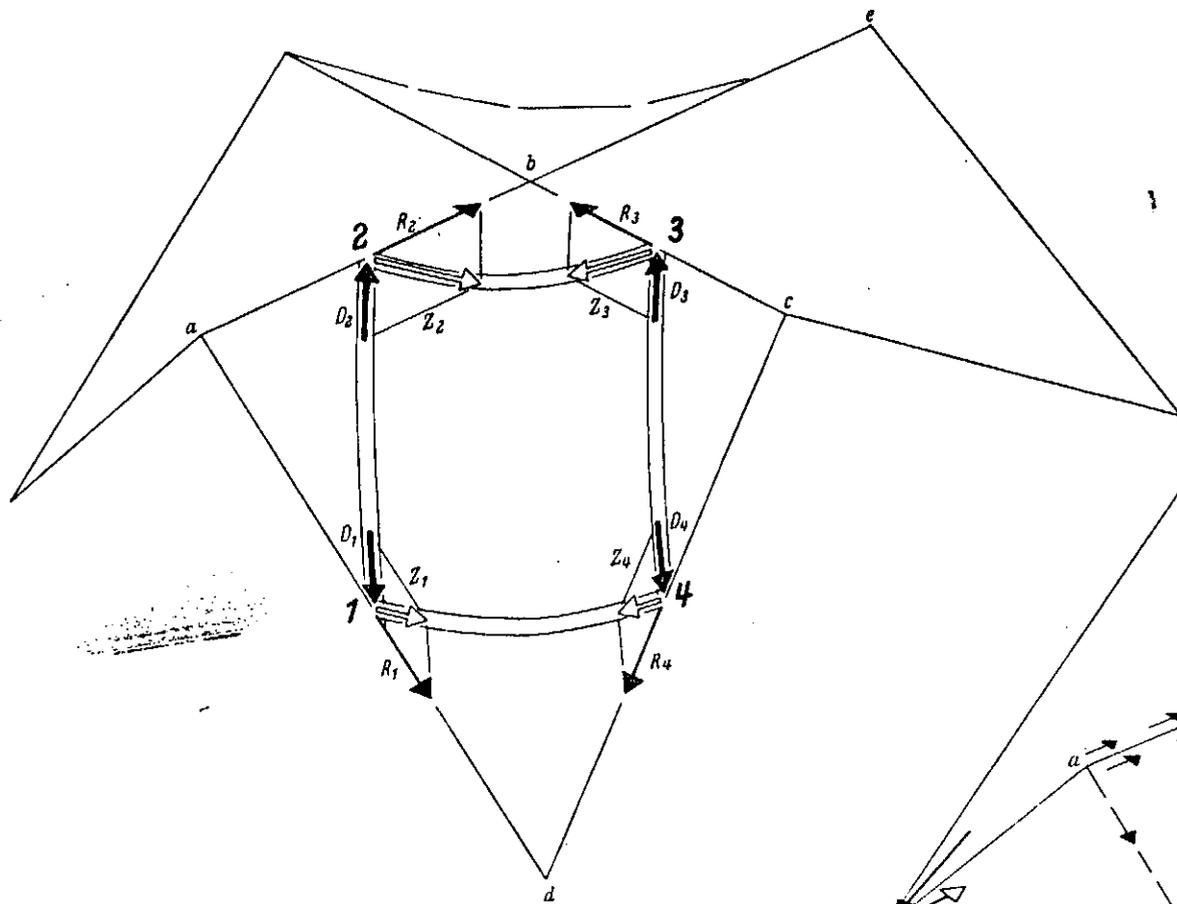


figura 27

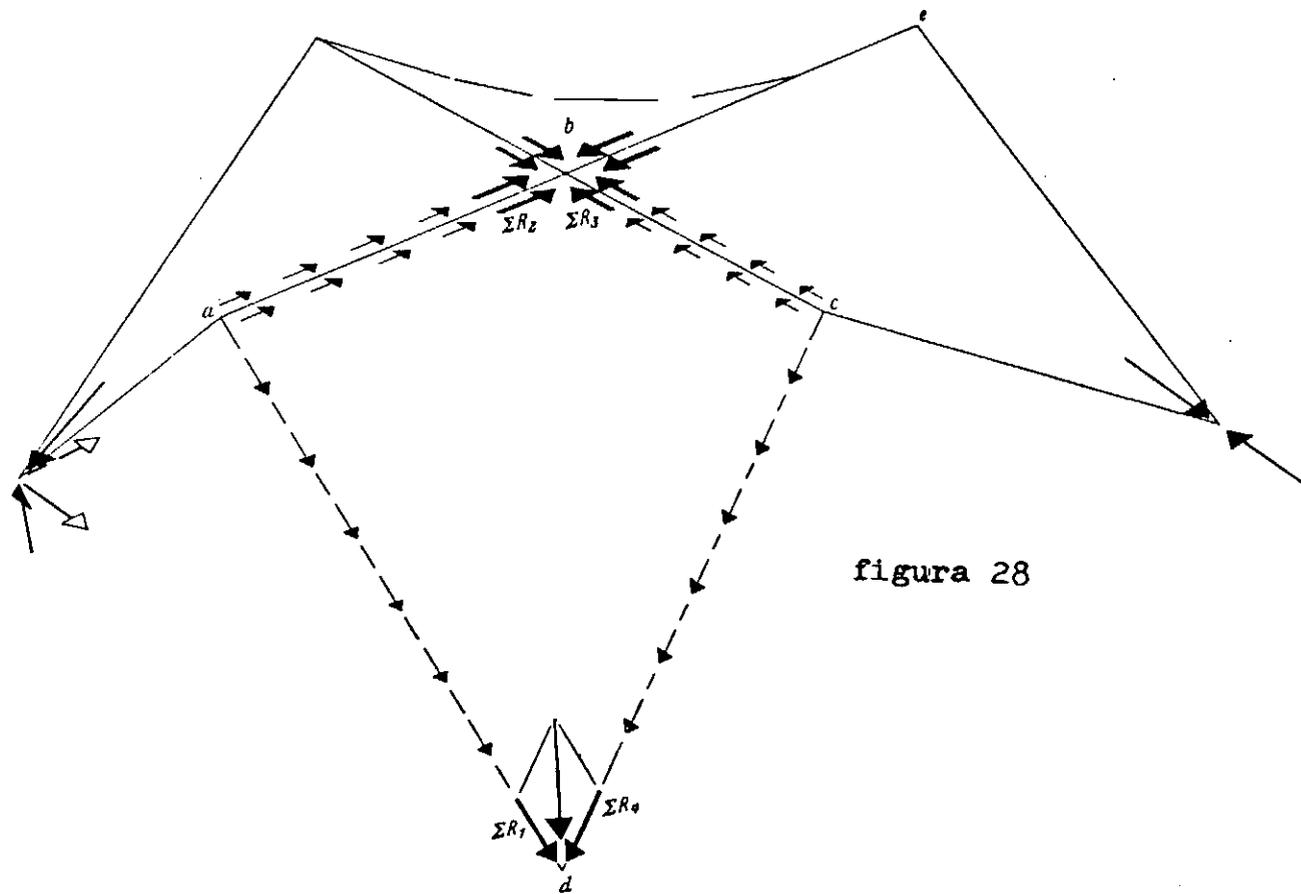


figura 28

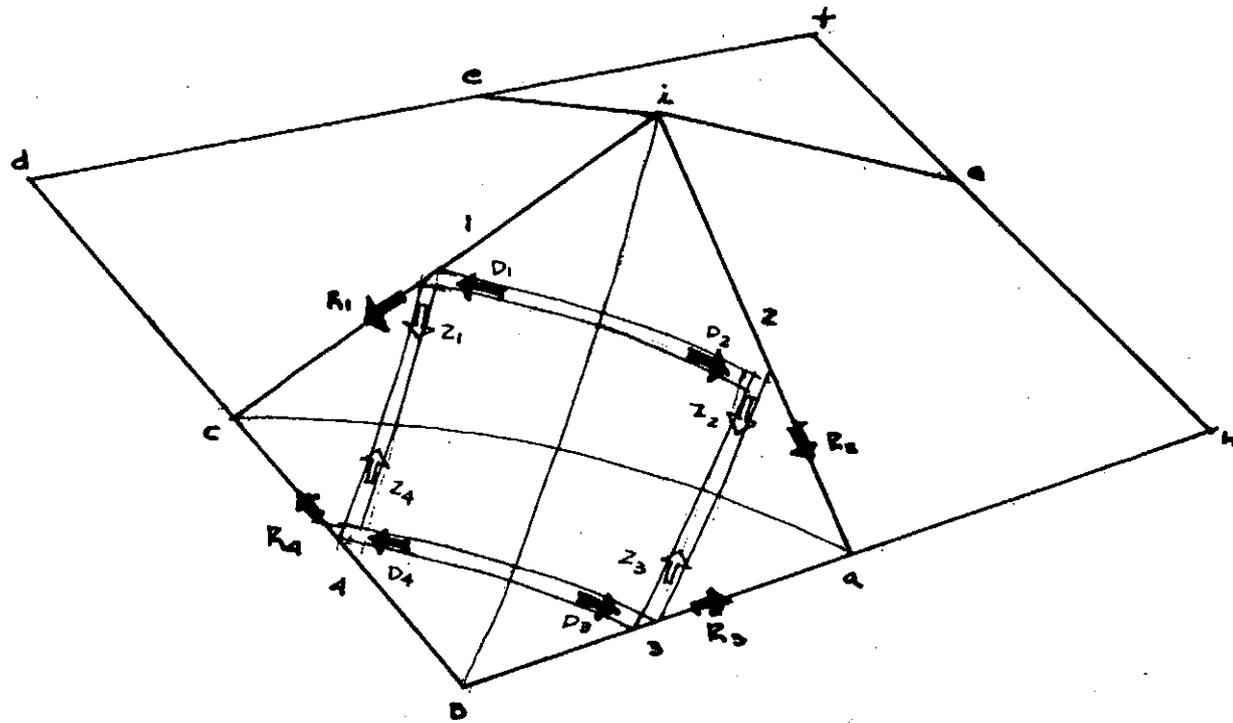
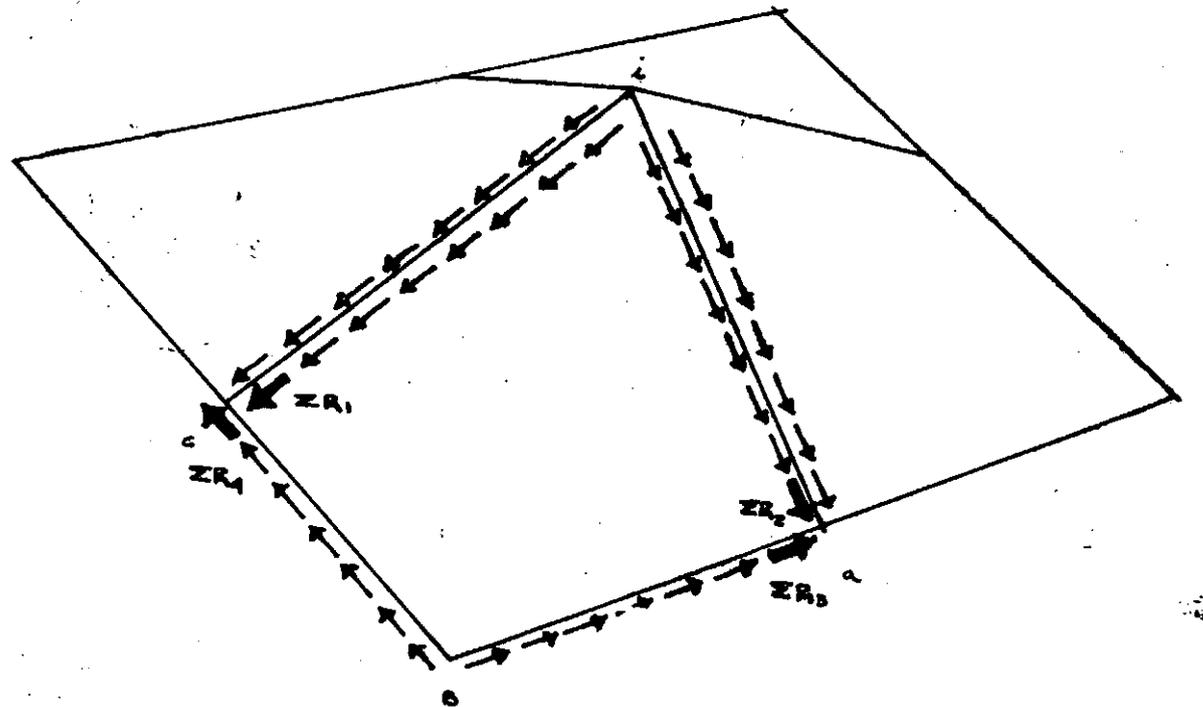


figura 29

figura 30



Análisis para nuestro caso II

La otra propuesta representa una forma constructiva constituida por cuatro superficies dispuestas de manera que el punto más alto se halla en el centro y los bordes inferiores en el mismo plano. Como hemos hecho anteriormente, buscaremos primeramente las direcciones de las parábolas colgantes y erguidas, con el objeto de estudiar la disposición de las fuerzas en el interior de la cubierta. Todos los cortes paralelos al plano vertical b-i mostrarán parábolas colgantes (cóncavas). Y todas las paralelas al plano vertical a-c parábolas erguidas (convexas). De igual modo que anteriormente, señalamos en el paraboloides hiperbólico cuatro fajas que se cortan sobre los bordes en los puntos 1-4. Las resultantes de las fuerzas de tracción y compresión en el interior de las fajas solicitan los bordes a-b y b-c hacia los puntos a y c respectivamente, así es que, se pueden descomponer las resultantes R_1 y R_2 en sus componentes horizontales y verticales, así la horizontal se equilibrará con un tensor y la vertical con un pilar delgado. O bien, con pies de cimentación que se soliciten en la dirección diagonal de la carga resultante (figuras 29 y 30).

"TEORIA DE LA MEMBRANA"

Esta teoría supone inexistentes los esfuerzos de flexión, quedando tan sólo esfuerzos directos en la superficie que se analiza, o sea esfuerzos de compresión pura, de tracción pura y esfuerzos cortantes contenidos en el plano tangente a la superficie y en las direcciones previamente fijadas de acuerdo con unos ejes determinados (figura 1).

Las estructuras analizadas conforme a esta teoría también se denominan estructuras laminares, bóvedas, cascarones, cúpulas, etc. En todas ellas se aprovecha y ahorra al máximo el material, en cuanto a su resistencia se refiere; pues podemos considerar el trabajo a flexión, desde el punto de vista estructural, como el que desperdicia más material; basta analizar una sección de concreto armado de una viga y observar que todo el material que está en la parte central trabaja a esfuerzos muy bajos y, sin embargo, tiene la misma resistencia que el material de los bordes.

El trabajo material en las membranas se remonta a la forma que toman las superficies cuando actúan cargas sobre ellas.

"OBTENCION DE LAS ECUACIONES GENERALES DE MEMBRANA PARA SUPERFICIES DE DOBLE CURVATURA"

Aplicación al paraboloides hiperbólico

1. Las hipótesis geométricas

Al despreciar los infinitésimos de segundo orden, significa en definitiva despreciar la variación del ángulo θ que habría al pasar de ds_1 a $ds_1 + \Delta ds_1$. O sea, que en definitiva el elemento real $ds_1 ds_2$ es un trozo de plano tangente a la superficie con forma de paralelogramo y cuyos lados forman un ángulo α . Este trozo de plano tangente, cuyas pendientes respecto a los ejes de referencia serán $\tan \theta$ y $\tan \alpha$, sustituye al elemento de superficie alabeado que se ve en la figura 2, quedando en definitiva un plano inclinado (figura 3).

Con esta visión del elemento infinitesimal de la superficie real de doble curvatura, procederemos posteriormente a encontrar las ecuaciones generales de equilibrio.

2. Relación entre esfuerzos reales y proyectados

La figura 4 nos servirá de referencia, principalmente para encontrar una serie de relaciones entre esfuerzos reales y proyectados, tanto en cargas externas como en esfuerzos internos.

Figura 1. Esfuerzos de membrana. Nomenclatura.

σ_x y σ_y en Kg/m real.
 ν_x y ν_y en Kg/m proyectado.
 τ en Kg/m real ó proyectado.

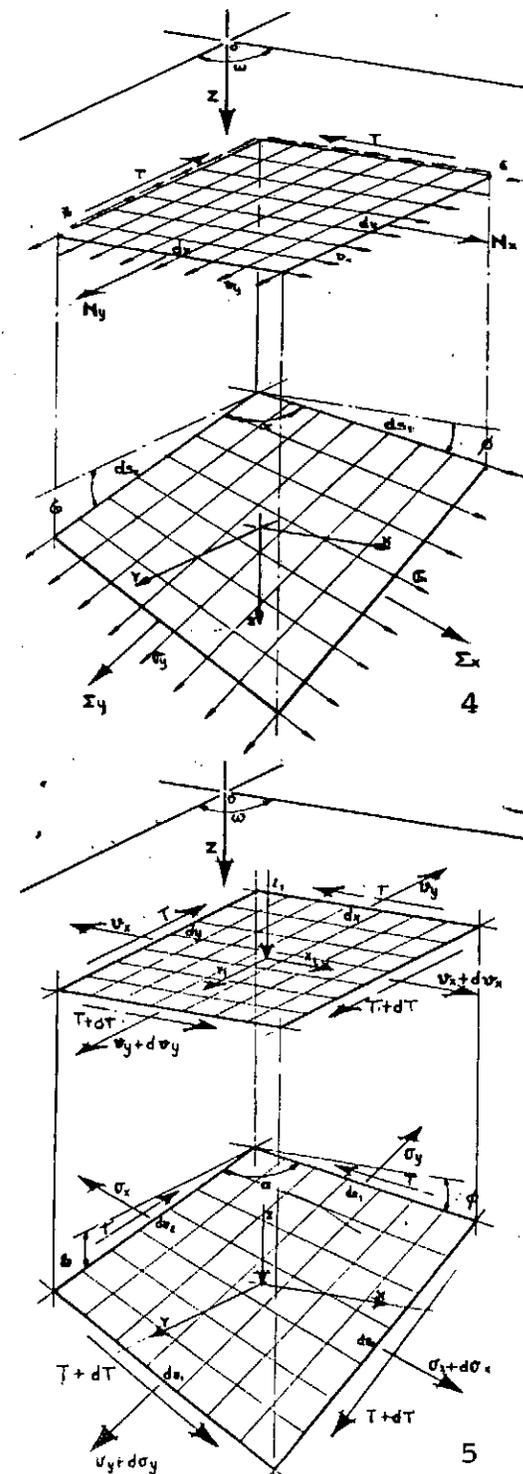
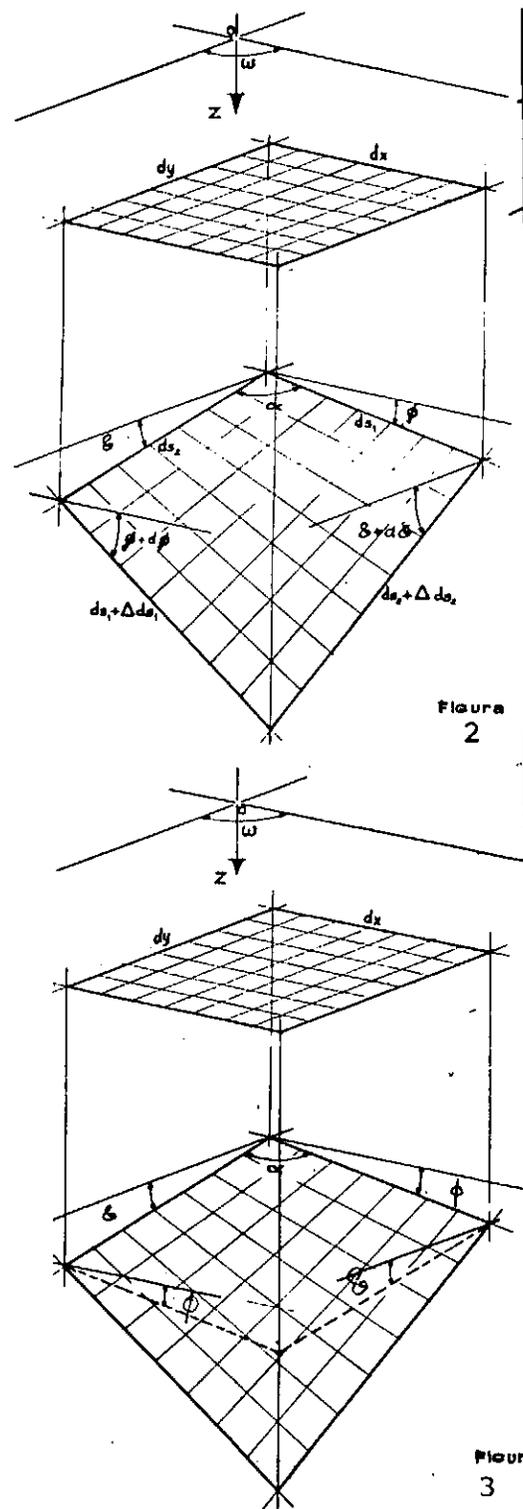
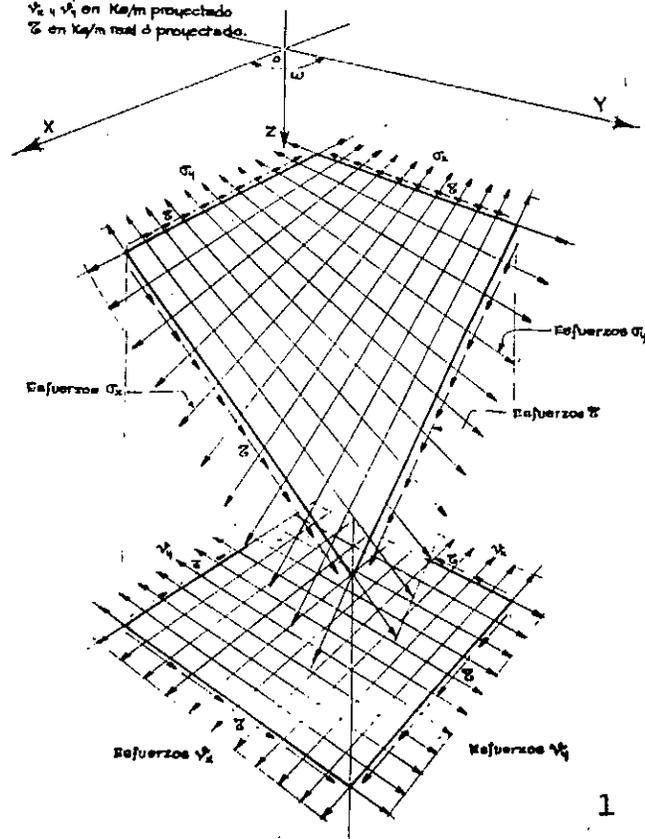
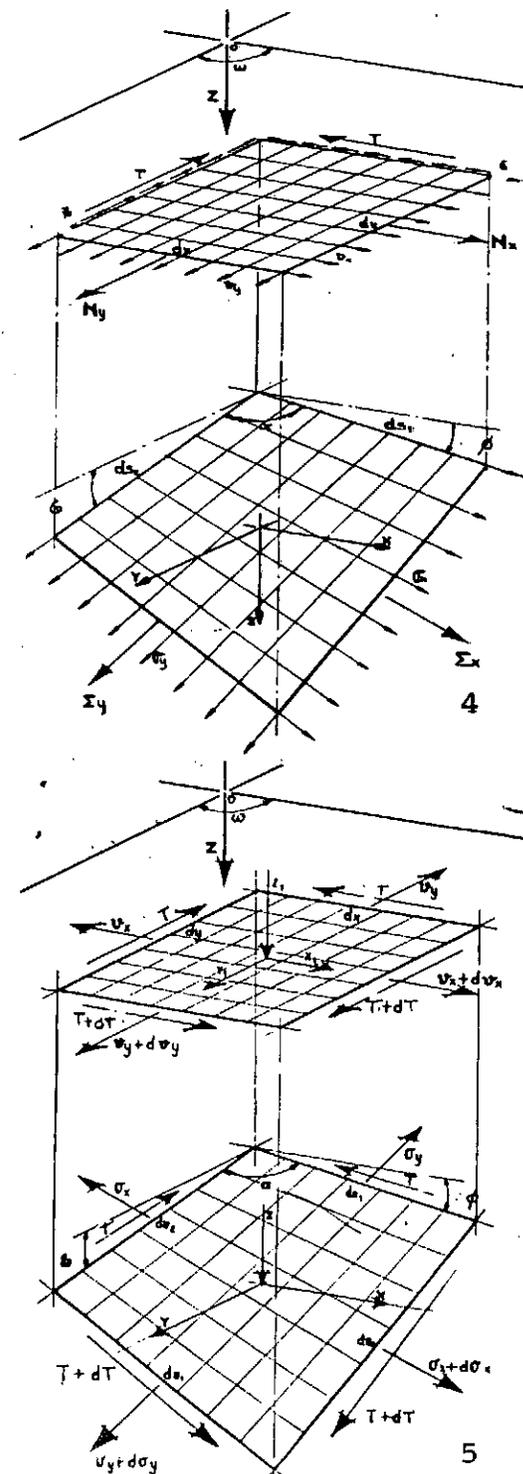


Figura 3



5

Llamaremos ϕ y ψ (fi y psi) a los ángulos que forman el plano tangente a la superficie, con las direcciones x e y respectivamente.

Vamos a trabajar con la proyección xy del elemento real con el fin de simplificar el problema, figura 5.

Los esfuerzos en esta proyección (v_x , v_y y T) se obtendrían de la siguiente forma. Si recordamos que se trata de esfuerzos por metro de borde, la fuerza total que actúa en el borde real (ds_1) proyectada al plano horizontal, debe ser igual a la fuerza total que actúe en el borde proyectado dx. Si denominamos las fuerzas con la mayúscula griega de la minúscula correspondiente tendremos:

$$(1) \Sigma_x = \sigma_x ds_2 \quad (2) \Sigma_y = \sigma_y ds_1$$

$$(3) N_x = \Sigma_x \cos \phi \quad (4) N_y = \Sigma_y \cos \psi$$

pero:

$$(5) ds_1 = \frac{dx}{\cos \phi} \quad y \quad (6) ds_2 = \frac{dy}{\cos \psi}$$

por lo tanto:

$$N_x = \sigma_x ds_2 \cos \phi = \sigma_x \frac{dy}{\cos \psi} \cos \phi$$

$$N_y = \sigma_y ds_1 \cos \psi = \sigma_y \frac{dx}{\cos \phi} \cos \psi$$

El esfuerzo unitario en proyección xy vale:

$$v_x = \frac{N_x}{dx} \quad v_y = \frac{N_y}{dy}$$

o sea que finalmente:

$$(7) \quad v_x = \sigma_x \frac{\cos \phi}{\cos \psi} \quad (8) \quad v_y = \sigma_y \frac{\cos \psi}{\cos \phi}$$

Al esfuerzo T en proyección real lo denominaremos T_r y en proyección xy lo llamaremos T_h e indicaremos la dirección x ó y, con el subíndice correspondiente; entonces tendremos:

$$T_{rx} = t_{rx} ds_1 \quad T_{ry} = t_{ry} ds_2$$

$$T_{hx} = T_{rx} \cos \phi \quad T_{hy} = T_{ry} \cos \psi$$

Tenemos además que los esfuerzos unitarios t_h valen:

$$t_{hx} = \frac{T_{hx}}{dx} \quad t_{hy} = \frac{T_{hy}}{dy}$$

por lo tanto, teniendo en cuenta la ecuación (5)

$$t_{hx} = \frac{T_{rx} \cos \phi}{dx} = \frac{t_{rx} ds_1 \cos \phi}{dx} = \frac{t_{rx} dx \cos \phi}{dx \cos \phi} = t_{rx}$$

e igualmente utilizando la ecuación (6)

$$t_{hy} = \frac{T_{ry} \cos \alpha}{dy} = \frac{t_{ry} ds_2 \cos \alpha}{dy} = \frac{t_{ry} dy \cos \alpha}{dy \cos \alpha} = t_{ry}$$

de las anteriores ecuaciones vemos que:

$$t_{hx} = t_{rx} \quad t_{hy} = t_{ry}$$

lo cual quiere decir, que los esfuerzos tangenciales son iguales en proyección xy que en su magnitud real. Como

$$t_{hx} = t_{hy}$$

$$t_{hx} = t_{hy} = t_{rx} = t_{ry} = t$$

3. Las cargas externas

En cuanto a las cargas externas, el problema que hay que resolver es el de considerar el equilibrio que existe entre las fuerzas externas X, Y, Z y los esfuerzos reales o proyectados σ_x , σ_y , t .

Las fuerzas externas representan el peso propio o la gravedad, y las cargas debidas al sismo o al viento. Estas cargas reales debemos transformarlas en cargas por unidad de proyección xy, en virtud de que estamos trabajando con los esfuerzos en proyección xy, o sea v_x y v_y . Por lo tanto, podemos decir que la fuerza total que actúe en realidad, debe ser igual a la que actúe en proyección xy.

Los valores de las áreas en verdadera magnitud y en proyección xy serán:

$$A_r = ds_1 ds_2 \sin \alpha \quad (9)$$

$$A_{xy} = dx dy \sin w \quad (10)$$

La fuerza total resultará de multiplicar la componente externa de la carga unitaria, según cada eje, por el área

$$X A_r = X_1 A_{xy}$$

$$Y A_r = Y_1 A_{xy}$$

$$Z A_r = Z_1 A_{xy}$$

Al emplear las ecuaciones (9) y (10) tendremos:

$$X ds_1 ds_2 \operatorname{sen} \alpha = X_1 dx dy \operatorname{sen} w$$

$$Y ds_1 ds_2 \operatorname{sen} \alpha = Y_1 dx dy \operatorname{sen} w$$

$$Z ds_1 ds_2 \operatorname{sen} \alpha = Z_1 dx dy \operatorname{sen} w$$

Al sustituir los valores de ds_1 y ds_2 encontrados en la ecuación (5) y (6) tendremos:

$$X \frac{dx}{\cos \vartheta} \frac{dy}{\cos \delta} \operatorname{sen} \alpha = X_1 dx dy \operatorname{sen} w$$

$$Y \frac{dx}{\cos \vartheta} \frac{dy}{\cos \delta} \operatorname{sen} \alpha = Y_1 dx dy \operatorname{sen} w$$

$$Z \frac{dx}{\cos \vartheta} \frac{dy}{\cos \delta} \operatorname{sen} \alpha = Z_1 dx dy \operatorname{sen} w$$

de donde obtendremos las relaciones de la carga proyectada y la real

$$X \frac{\operatorname{sen} \alpha}{\cos \vartheta \cos \delta} = X_1 \operatorname{sen} w$$

$$Y \frac{\operatorname{sen} \alpha}{\cos \vartheta \cos \delta} = Y_1 \operatorname{sen} w$$

$$Z \frac{\operatorname{sen} \alpha}{\cos \vartheta \cos \delta} = Z_1 \operatorname{sen} w$$

4. Obtención del ángulo

El ángulo real que forman entre sí los dos cortes que se han hecho al plano tangente, por cortes paralelos al plano xz y al yz , deberá de expresarse también en función de los datos en proyección xy , puesto que esta es la que representa a los elementos dx dy .

En la figura 6 podremos establecer las siguientes relaciones entre un ángulo α y su proyección w .

Sea el triángulo de lados d , e y f , por la ley del coseno tendremos:

$$f^2 = d^2 + e^2 - 2 d e \cos \alpha$$

$$(a) \quad \cos \alpha = \frac{d^2 + e^2 - f^2}{2 d e}$$

asimismo, los tres lados de este triángulo están relacionados con a , b , c y w por las siguientes igualdades:

$$(1a) \quad f^2 = b^2 + e^2 - 2bc \cos w$$

$$(2a) \quad d^2 = a^2 + b^2$$

$$(3a) \quad e^2 = a^2 + c^2$$

Sustituyendo en (a) las ecuaciones (1a), (2a), (3a)

$$\cos \alpha = \frac{a^2 + b^2 + a^2 + c^2 - (b^2 + c^2 - 2bc \cos w)}{2de}$$

$$\cos \alpha = \frac{2a^2 + 2bc \cos w}{2de} = \frac{a^2}{de} = \frac{bc \cos w}{de}$$

Existen, además, las siguientes relaciones:

$$\frac{a}{d} = \sin \& \quad \frac{a}{e} = \sin \emptyset$$

$$\frac{b}{d} = \cos \& \quad \frac{c}{e} = \cos \emptyset$$

y finalmente tendremos:

$$\cos \alpha = \sin \& \sin \emptyset + \cos \& \cos \emptyset \cos w$$

o escribiendo en función de las tangentes: $\tan \emptyset \tan \&$

$$\cos \alpha = \frac{\tan \emptyset \tan \& + \cos w}{1 + \tan^2 \emptyset \quad 1 + \tan^2 \&}$$

hallando $\sin \alpha = 1 - \cos^2 \alpha$ y elevando al cuadrado

$$\sin^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha$$

$$\cos^2 \alpha = \frac{\tan^2 \emptyset \tan^2 \& + \cos^2 w + 2 \tan \emptyset \tan \& \cos w}{(1 + \tan^2 \emptyset) (1 + \tan^2 \&)}$$

$$\sin^2 \alpha = 1 - \cos^2 \alpha =$$

$$\frac{(1 + \tan^2 \emptyset) (1 + \tan^2 \&) - (\tan^2 \emptyset \tan^2 \&) + \cos^2 w + 2 \tan \emptyset \tan \& \cos w}{(1 + \tan^2 \emptyset) (1 + \tan^2 \&)}$$

$$\frac{1 + \tan^2 \emptyset + \tan^2 \& + \tan^2 \emptyset \tan^2 \& - \tan^2 \emptyset \tan^2 \& - \cos^2 w - 2 \tan \emptyset \tan \& \cos w}{(1 + \tan^2 \emptyset) (1 + \tan^2 \&)}$$

$$\sin^2 \alpha = \frac{1 - \cos^2 w + \tan^2 \emptyset + \tan^2 \& - 2 \tan \emptyset \tan \& \cos w}{(1 + \tan^2 \emptyset) (1 + \tan^2 \&)}$$

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{\sin^2 w + \tan^2 \emptyset + \tan^2 \& - 2 \tan \emptyset \tan \& \cos w}}{\sqrt{(1 + \tan^2 \emptyset)} \sqrt{(1 + \tan^2 \&)}}$$

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{\sin^2 w + \tan^2 \emptyset + \tan^2 \& - 2 \tan \emptyset \tan \& \cos w}}{\sqrt{1 + \tan^2 \emptyset} \sqrt{1 + \tan^2 \&}}$$

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{E}}{\sqrt{1 + \tan^2 \emptyset} \sqrt{1 + \tan^2 \&}}$$

por lo tanto podemos determinar la tangente de de la siguiente forma:

$$\tan \alpha = \frac{\sin \alpha}{\cos \alpha} = \frac{\sqrt{E}}{\tan \emptyset \tan \& + \cos w}$$

5. Notación de Monge

Podremos emplear la notación de Monge e introducir la en las fórmulas hasta ahora encontradas

$$p = \frac{\delta z}{\delta x} ; \quad q = \frac{\delta z}{\delta y} ; \quad r = \frac{\delta^2 z}{\delta x^2} ; \quad t = \frac{\delta^2 z}{\delta y^2}$$

$$\tan \varnothing = \frac{\delta z}{\delta x} = p \qquad \tan \& = \frac{\delta z}{\delta y} = q$$

luego

$$\sin \alpha = \frac{\sqrt{\mathcal{E}}}{(1+p^2)(1+q^2)}$$

siendo $\sqrt{\mathcal{E}} = \sqrt{\sin^2 w + p^2 + q^2 - 2pq \cos w}$

6. Expresiones finales de las cargas externas

Al sustituir \sin por el valor encontrado y poner los valores de $\cos \varnothing$ y $\cos \&$ en función de $\tan \varnothing$ y $\tan \&$

$$\cos \varnothing = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2 \varnothing}} = \frac{1}{\sqrt{1+p^2}}$$

$$\cos \& = \frac{1}{\sqrt{1+\tan^2 \&}} = \frac{1}{\sqrt{1+q^2}}$$

$$X \frac{\sqrt{\mathcal{E}}}{\cos \varnothing \cos \& \sqrt{1+p^2} \sqrt{1+q^2}} = X \sqrt{\mathcal{E}} \, dx \, dy = X_1 \sin w \, dx \, dy$$

de igual manera

$$Y \sqrt{\mathcal{E}} \, dx \, dy = Y_1 \sin w \, dx \, dy$$

$$Z \sqrt{\mathcal{E}} \, dx \, dy = Z_1 \sin w \, dx \, dy$$

7. Equilibrio de los esfuerzos según las tres direcciones de los ejes

Podemos establecer ahora el equilibrio entre las fuerzas externas y esfuerzos internos.

Equilibrio según la dirección x.

En la figura 7, al restar las fuerzas colineales

$$dv_x \, dy + dt \, dx = -X \sqrt{\mathcal{E}} \, dx \, dy$$

$$\frac{dv_x}{dx} \frac{dy}{dy} + \frac{dt}{dx} \frac{dx}{dy} = -X \sqrt{\mathcal{E}}$$

$$\frac{dv_x}{x} + \frac{dt}{y} = -X \sqrt{\mathcal{E}}$$

Equilibrio según la dirección y.

$$dv_y \, dx + dt \, dy = -Y \sqrt{\mathcal{E}} \, dx \, dy$$

$$\frac{dv_y}{y} + \frac{dt}{x} = -Y \sqrt{\mathcal{E}}$$

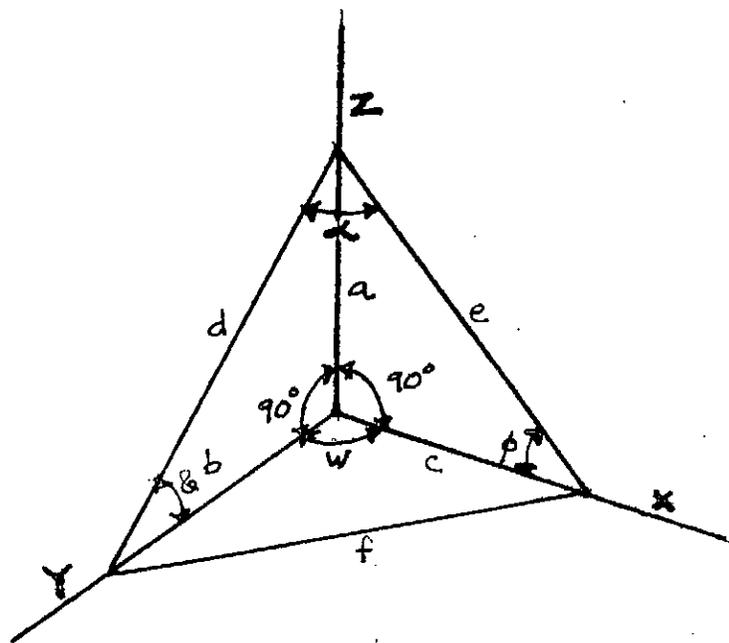


figura 6

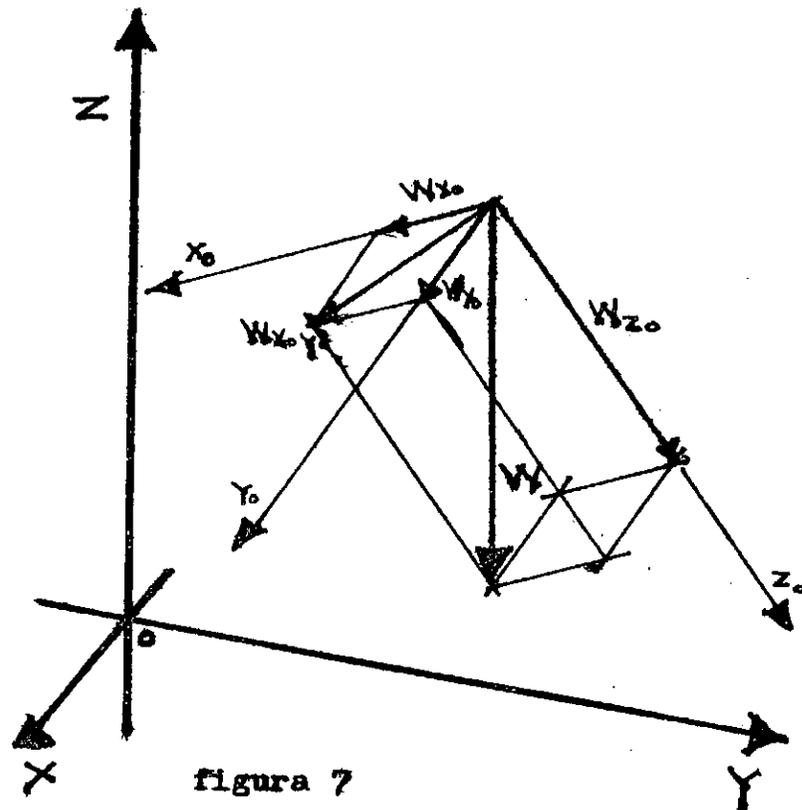


figura 7

Equilibrio según la dirección Z.

$$d\sigma_x \text{sen}\theta ds_2 + \sigma_y \text{sen}\alpha ds_1 + dt ds_1 \text{sen}\theta + dt ds_2 \text{sen}\alpha + Z dx dy = 0$$

consideremos por separado cada uno de los términos.

$$d\sigma_x \text{sen}\theta ds_2 = dv_x \frac{\cos\theta}{\cos\theta} \text{sen}\theta \frac{dy}{\cos\theta} = dv_x \frac{\text{sen}\theta}{\cos\theta} dy = dv_x \tan\theta dy$$

$$d\sigma_y \text{sen}\alpha ds_1 = dv_y \frac{\cos\alpha}{\cos\alpha} \text{sen}\alpha \frac{dx}{\cos\alpha} = dv_y \frac{\text{sen}\alpha}{\cos\alpha} dx = dv_y \tan\alpha dx$$

$$dt \frac{dx}{\cos\theta} \text{sen}\theta = dt \tan\theta dx$$

$$dt \frac{dy}{\cos\alpha} \text{sen}\alpha = dt \tan\alpha dy$$

dividiendo por dx dy y derivando cada expresión

$$(1a) \quad \frac{d}{dx} (v_x \tan\theta) = \frac{dv_x}{dx} \tan\theta + r v_x$$

$$(2a) \quad \frac{d}{dy} (v_y \tan\alpha) = \frac{dv_y}{dy} \tan\alpha + t v_y$$

$$(3a) \quad \frac{d}{dy} (t \tan\theta) = \frac{dt}{dy} \tan\theta + ts$$

$$(4a) \quad \frac{d}{dx} (t \tan\alpha) = \frac{dt}{dx} \tan\alpha + ts$$

sustituyendo por la ecuación (11) y (12)

$$(11) \quad \tan\theta \frac{\delta v_x}{\delta x} + \frac{\delta t}{\delta y} = \tan\theta (-X\sqrt{\mathcal{L}}) = -pX\sqrt{\mathcal{L}}$$

$$\tan\alpha \frac{\delta v_y}{\delta y} + \frac{\delta t}{\delta x} = \tan\alpha (-Y\sqrt{\mathcal{L}}) = -qY\sqrt{\mathcal{L}}$$

tendremos finalmente:

$$(12) \quad -pX\sqrt{\mathcal{L}} - qY\sqrt{\mathcal{L}} + r v_x + t v_y + 2ts = -Z\sqrt{\mathcal{L}}$$

simplificando

$$(13) \quad r v_x + t v_y + 2rs = \sqrt{\mathcal{L}} (pX + qY - Z)$$

con lo cual se obtienen las tres ecuaciones fundamentales de los esfuerzos de membrana en las superficies de doble curvatura que agrupadas son:

$$(14) \quad \frac{\delta v_x}{\delta x} + \frac{\delta t}{\delta y} = -X\sqrt{\mathcal{L}}$$

$$(15) \quad \frac{\delta v_y}{\delta y} + \frac{\delta t}{\delta x} = -Y\sqrt{\mathcal{L}}$$

$$(16) \quad r v_x + t v_y + 2rs = \sqrt{\mathcal{L}} (pX + qY - Z)$$

siendo los valores de p, q, r, s y t los expuestos en el punto 5, notación de Monge y el valor de el indicado en el punto 4, obtención del ángulo α . De la integración de las ecuaciones diferenciales (14), (15) y (16) para el caso del paraboloides hiperbólico de ecuación.

$$z = k x y$$

se obtienen las ecuaciones generales que nos proporcionan los esfuerzos de membrana de este tipo de superficies. Dichas ecuaciones las transcribimos a continuación:

$$t = \left(-\frac{Y}{2} X + \frac{X}{2} Y - \frac{Z}{2k}\right) \sqrt{\mathcal{L}} \quad (17)$$

$$v_x = (A_1 x + A_2 y + A_3) \sqrt{\mathcal{L}} + (A_4 y^2 + A_5 y + A_6) \log_n(X_7) + f_1(y) \quad (18)$$

$$v_y = (B_1 y + B_2 x + B_3) \sqrt{\mathcal{L}} + (B_4 x^2 + B_5 x + B_6) \log_n(Y_7) + f_2(x) \quad (19)$$

en donde,

$$A_1 = \frac{1}{4} (\cos w Y - 3X)$$

$$A_2 = \frac{5}{4} \cos w X - \frac{1}{2} Y + \frac{3}{4} \cos^2 w Y$$

$$A_3 = -\frac{1}{2k} \cos 2 Z$$

$$A_4 = -\frac{5}{4} k \sin^2 w X - \frac{3}{4} k \cos w \sin^2 w Y$$

$$A_5 = \frac{1}{2} \sin^2 w Z$$

$$A_6 = -\frac{1}{4k} \sin^2 w (3X + \cos w Y)$$

$$X_7 = \frac{kx - ky \cos w + \sqrt{\mathcal{L}}}{\sin w \sqrt{1 + k^2 y^2}}$$

Análogamente:

$$B_1 = \frac{1}{4} (\cos w X - 3Y)$$

$$B_2 = \frac{5}{4} \cos w Y - \frac{1}{2} X + \frac{3}{4} \cos^2 w X$$

$$B_3 = -\frac{1}{2k} \cos w Z = A_3$$

$$B_4 = -\frac{5}{4} K \sin^2 w Y - \frac{3}{4} \cos w \sin^2 w X$$

$$B_5 = \frac{1}{2} \sin^2 w Z + A_5$$

$$Y_7 = \frac{kx - ky \cos w + \sqrt{\mathcal{L}}}{\sin w \sqrt{1 + k^2 x^2}}$$

y

$$\mathcal{L} = \sin^2 w + k^2 y^2 + k^2 x^2 - 2k^2 xy \cos w$$

$$(20) \quad \mathcal{L} = \text{sen}^2 w + p^2 + q^2 - 2pq \cos w$$

En el caso de $w = 90$ grados y $X = Y = 0$, que es el caso que nos ocupa, tendremos:

$$(21) \quad t = -\frac{1}{2k} Z \sqrt{\mathcal{L}}$$

$$(22) \quad v_Y = \frac{1}{2} Z x \log_n \frac{ky + \sqrt{\mathcal{L}}}{\sqrt{1+k^2x^2}} + f_2(x)$$

$$(23) \quad v_X = \frac{1}{2} Z y \log_n \frac{kx + \sqrt{\mathcal{L}}}{\sqrt{1+k^2y^2}} + f_1(y)$$

siendo que

$$(24) \quad \sqrt{\frac{\mathcal{L}}{q^2}} = \sqrt{1 + k^2x^2 + k^2y^2}$$

$$\sqrt{\frac{\mathcal{L}}{p^2}} = \sqrt{1 + q^2 + p^2}$$

Los valores de v_X , v_Y y t nos lo proporcionarán los monogramas que más adelante conoceremos.

Nota:

La integración de las ecuaciones diferenciales (14), (15) y (16) nos la proporcionarán detalladamente los textos de Félix Candela en "Cascarones Parabólicos Hiperbólicos."

8. Procedimiento analítico vectorial para encontrar las tres componentes de la carga externa

Para la descomposición de la carga W en las tres direcciones de los ejes X, Y, Z del paraboloides hiperbólico encontrados por medio de los vectores X_0, Y_0, Z_0 , podemos proceder como sigue (figura 7)

La suma de las proyecciones de todas las fuerzas sobre los ejes coordenados será igual a su respectiva componente de W .

$$\sum F_x = W_x$$

$$\sum F_y = W_y$$

$$\sum F_z = W_z$$

Las tres direcciones vienen dadas como vectores unitaria en función de sus cosenos directores

$$X_0 = \cos \alpha_{x_0} + \cos \beta_{x_0} + \cos \gamma_{x_0}$$

$$Y_0 = \cos \alpha_{y_0} + \cos \beta_{y_0} + \cos \gamma_{y_0}$$

$$Z_0 = \cos \alpha_{z_0} + \cos \beta_{z_0} + \cos \gamma_{z_0}$$

$$\sum F_x = W_{x_0} \cos \alpha_{x_0} + W_{y_0} \cos \alpha_{y_0} + W_{z_0} \cos \alpha_{z_0} = +W_x$$

$$\sum F_y = W_{x_0} \cos \beta_{x_0} + W_{y_0} \cos \beta_{y_0} + W_{z_0} \cos \beta_{z_0} = +W_y$$

$$\sum F_z = W_{x_0} \cos \gamma_{x_0} + W_{y_0} \cos \gamma_{y_0} + W_{z_0} \cos \gamma_{z_0} = +W_z$$

Al considerar la descomposición de la fuerza en tres direcciones de los ejes X, Y, Z tenemos:

$$W_{x0} = \frac{\Delta X}{\Delta} \quad W_{y0} = \frac{\Delta Y}{\Delta} \quad W_{z0} = \frac{\Delta Z}{\Delta}$$

siendo

$$\begin{aligned} & \cos \alpha_{x0} & \cos \alpha_{y0} & \cos \alpha_{z0} \\ = & \cos \beta_{x0} & \cos \beta_{y0} & \cos \beta_{z0} \\ & \cos \gamma_{x0} & \cos \gamma_{y0} & \cos \gamma_{z0} \\ \\ x = & +W_{x0} & \cos \alpha_{y0} & \cos \alpha_{z0} \\ & +W_{y0} & \cos \beta_{y0} & \cos \beta_{z0} \\ & +W_{z0} & \cos \gamma_{y0} & \cos \gamma_{z0} \\ \\ y = & \cos \alpha_{x0} & +W_{x0} & \cos \alpha_{z0} \\ & \cos \beta_{x0} & +W_{y0} & \cos \beta_{z0} \\ & \cos \gamma_{x0} & +W_{z0} & \cos \gamma_{z0} \\ \\ z = & \cos \alpha_{x0} & \cos \alpha_{y0} & +W_{x0} \\ & \cos \beta_{x0} & \cos \beta_{y0} & +W_{y0} \\ & \cos \gamma_{x0} & \cos \gamma_{y0} & +W_{z0} \end{aligned}$$

9. Determinación analítica de los ejes para eje Z vertical

(1) Suponemos un sistema de ejes coordenados convenientes, como se indica en la figura 8, y encontramos las coordenadas de los puntos 1, 2, 3 y 4 con respecto a ellos.

(2) Encontramos los valores de las pendientes de tres de los bordes, m_1, m_2, m_3 , por medio de las ecuaciones generales que se indican a continuación:

$$m_1 = \frac{z_2 - z_1}{x_2 - x_1}, \quad m_2 = \frac{z_4 - z_3}{x_4 - x_3}, \quad y \quad m_3 = \frac{z_3 - z_2}{x_3 - x_2}$$

(3) Si aplicamos las ecuaciones que se indican a continuación, obtenemos las coordenadas del vertice del paraboloides hiperbólico.

$$\bar{x} = \frac{m_1 x_1 - m_2 x_4 + z_4 - z_1}{m_1 - m_2}, \quad \bar{z} = m_1 (\bar{x} - x_1) + z_1$$

$$y \quad \bar{y} = \frac{\bar{z} - z_3}{m_3} + y_3$$

Por este punto pasan los ejes particulares del paraboloides.

(4) Una vez determinados los ejes obtenemos las coordenadas de los cuatro puntos con respecto a ellos.

Coordenadas de los puntos.

	x	y	z
1	0	0	2.92
2	4.50	0	2.20
3	4.50	6.12	6.40
4	0	6.12	4.15

$$m_1 = \frac{2.20 - 2.92}{4.50 - 0} = -0.16$$

$$m_2 = \frac{4.15 - 6.40}{0 - 4.50} = +0.50$$

$$m_3 = \frac{6.40 - 2.20}{6.12 - 0} = +0.686274$$

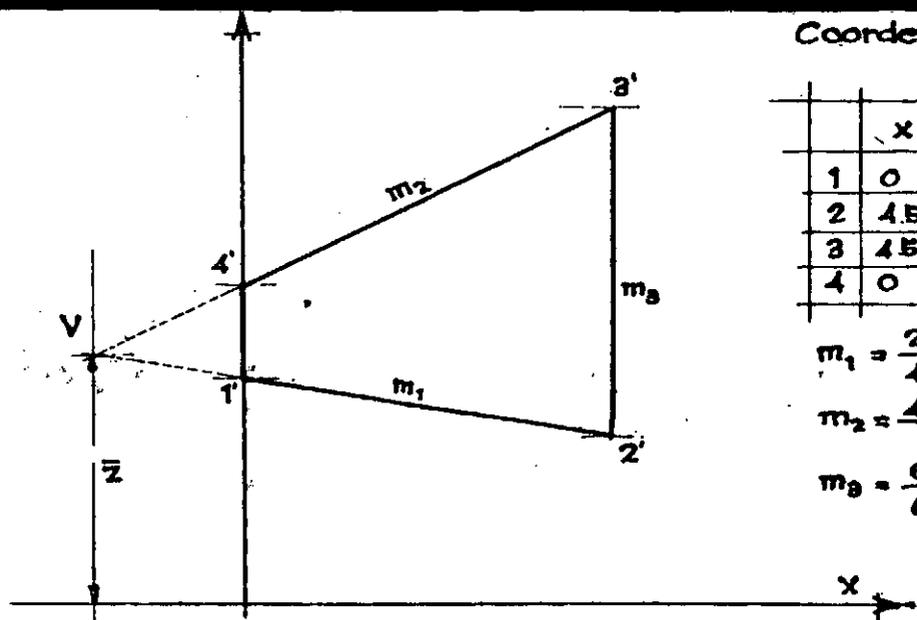
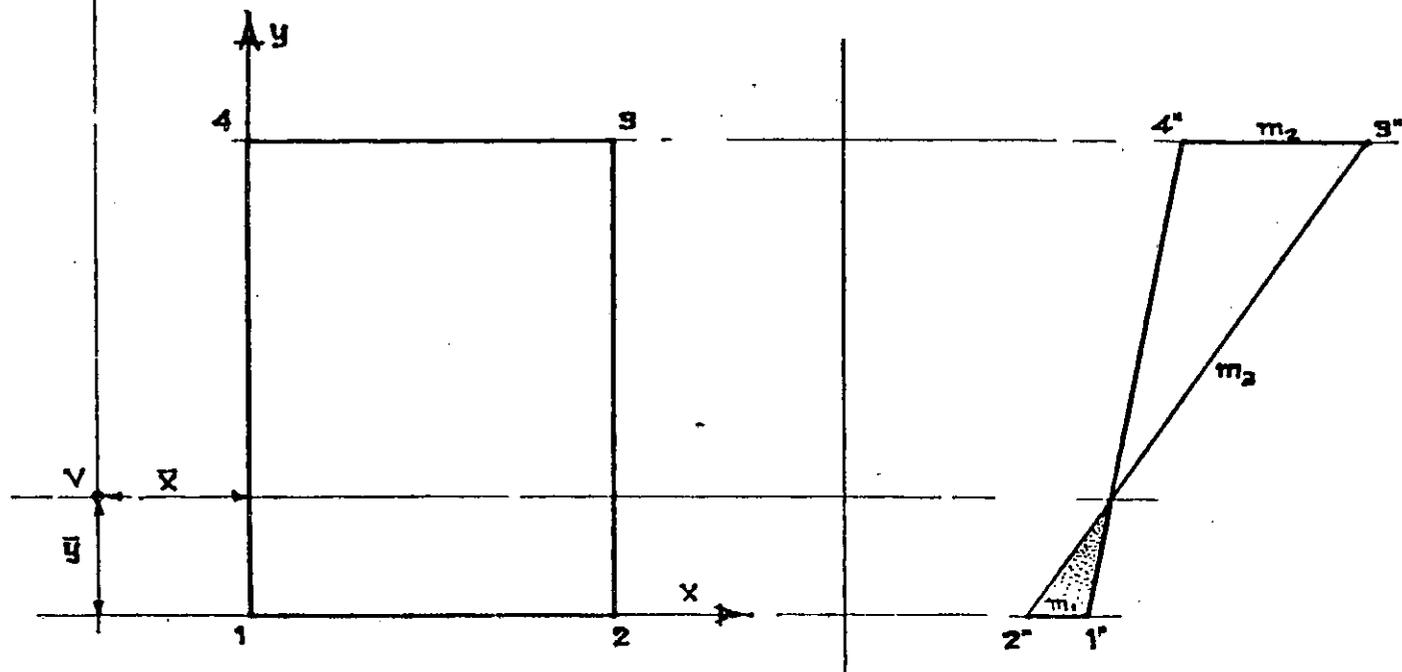


Figura 8



coordenadas del vértice V :

$$\bar{X} = \frac{0 - 0 + 4.15 - 2.92}{-0.16 - 0.5} = -1.863636 \quad \bar{Z} = 3.218181 \quad \bar{Y} = 1.485622.$$

(5) Por último, sólo nos queda determinar el valor de k por medio de cualquiera de los puntos, empleando la ecuación mencionada antes.

$$z = k \cdot x \cdot y \quad \text{de donde} \quad k = \frac{z}{x \cdot y}$$

10. Diferentes posiciones de los ejes

En la práctica nos encontramos con que los ejes \bar{x} y \bar{y} particulares de los paraboloides pueden o no encontrarse dentro de los límites que hemos fijado como bordes. Podemos distinguir los cinco casos siguientes:

(1) Cuando los dos ejes se encuentran en el interior de nuestros bordes (figura 9).

(2) Cuando uno de los ejes se encuentra en el interior y el otro coincide con un borde (figura 10)

(3) Cuando los dos ejes coinciden con dos de los bordes (figura 11).

(4) Cuando uno de los ejes coincide con un borde y el otro se encuentra fuera de nuestros límites (figura 12).

(5) Cuando ambos se encuentran en el exterior de nuestros límites (figura 13).

DETERMINACION DE LOS ESFUERZOS EN LA MEMBRANA PARA LOS CASOS PARTICULARES DE CUBIERTA PLANTEADOS

Para esto consideramos la cubierta planteada en la figura 10 y 13* formada por cuatro mantos, los cuales aparecen en la figura 14.

Para determinar la posición de los ejes del paraboloide, procedemos a fijar ejes auxiliares X , Y y Z , respecto a los cuales referimos los cuatro vértices del paraboloide (desarrollaremos primero nuestro caso 1, en seguida sin la descripción nuestro caso 2).

1. Las coordenadas de los vértices son:

$$1(0,0,0.8) \quad 2(2.,0,0) \quad 3(2.,2.,0.8) \quad 4(0,2.,0.8)$$

2. Las pendientes de tres de los bordes están dadas por:

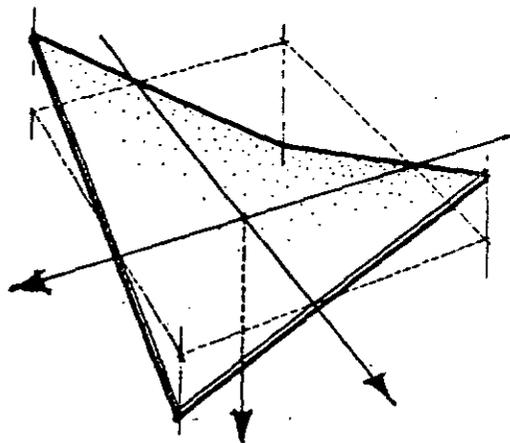
$$m_{1-2} = \frac{z_2 - z_1}{x_2 - x_1} = \frac{0 - 0.8}{2. - 0} = -0.4$$

$$m_{3-4} = \frac{z_4 - z_3}{x_4 - x_3} = \frac{0.8 - 0.8}{0 - 2.} = 0$$

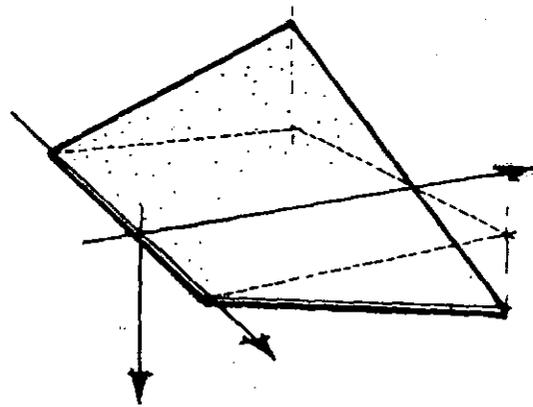
$$m_{4-1} = \frac{z_1 - z_4}{x_1 - x_4} = \frac{0.8 - 0.8}{0 - 2.} = 0$$

* Esquemas No. 10 y 13 de las Hipótesis del Proyecto.

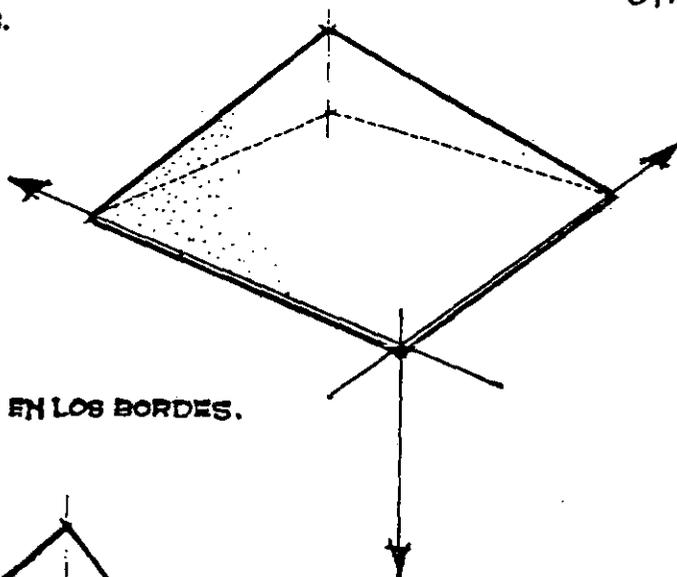
Figuras .Diferentes posiciones de los ejes.



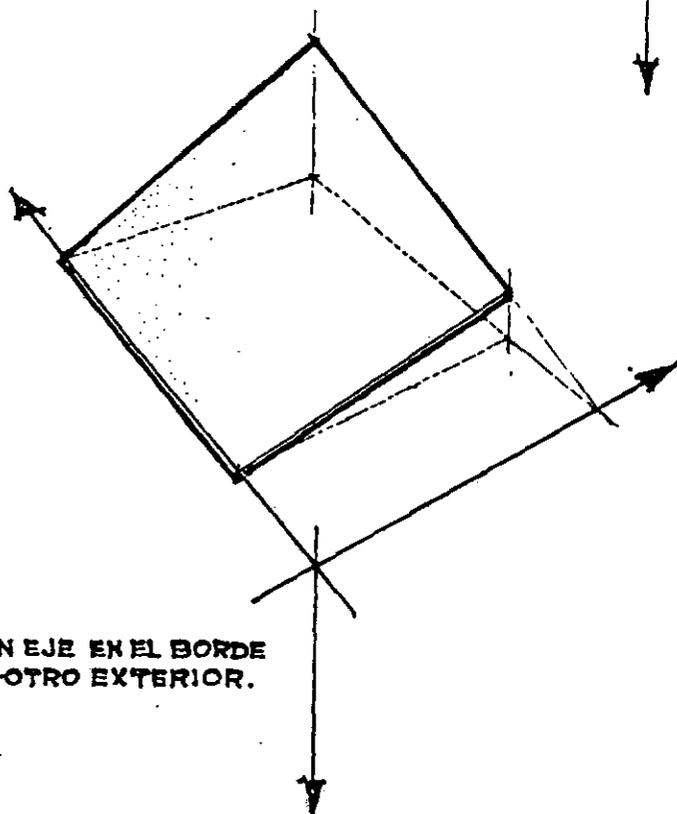
9 EJES INTERNOS.



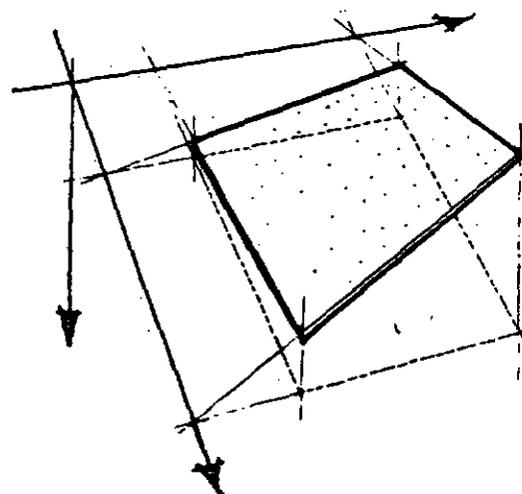
10 UN EJE INTERNO y OTRO EN EL BORDE.



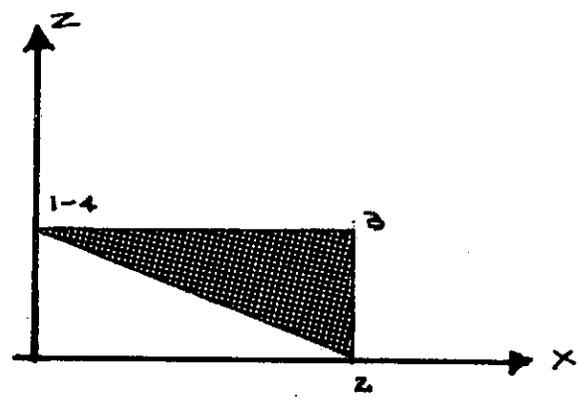
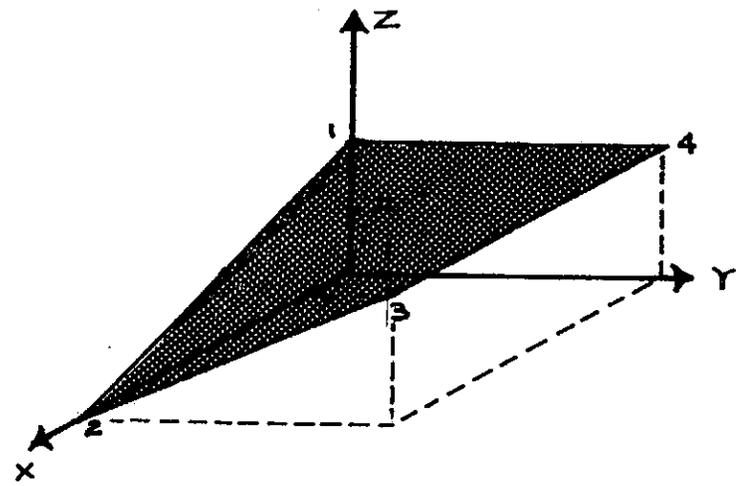
11 EJES EN LOS BORDES.



12 UN EJE EN EL BORDE y OTRO EXTERIOR.



13 EJES EXTERNOS.



	X	Y	Z
1	0	0	0.8
2	2.0	0	0
3	2.0	2.0	0.8
4	0	2.0	0.8

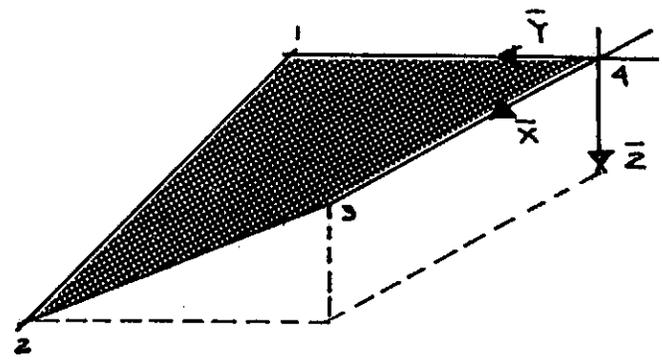
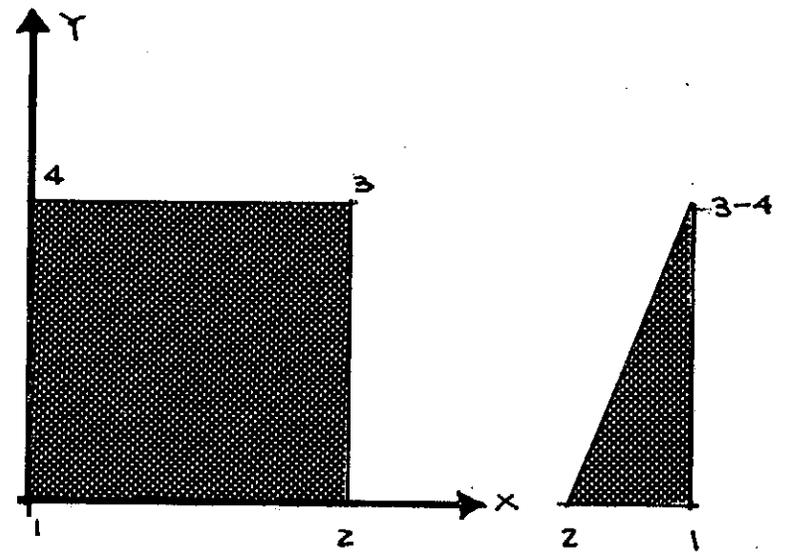


figura 14

3. Los valores de las coordenadas del paraboloides hiperbólico son:

$$\bar{x} = \frac{m_{1-2}x_1 - m_{3-4}x + z_4 - z_1}{m_{1-2} - m_{3-4}} = \frac{-0.4 \cdot 0 - 0.0 + 0.8 - 0.8}{-0.4 - 0} =$$

$$\bar{x} = 0$$

+ figuras numeradas en la primera parte.

$$\bar{z} = m_{1-2} (\bar{x} - x_1) + z_1 = -0.4 (0 - 0) = 0.8$$

$$\bar{z} = 0.8$$

$$\bar{y} = \frac{\bar{z} - z_3}{m_3} + y_3 = \frac{0.8 - 0.8}{0} + 2$$

$$\bar{y} = 2.$$

de donde el vértice es el punto v(0.0, 2.00, 0.8)

4. Las coordenadas de los puntos con respecto a los ejes particulares \bar{X} , \bar{Y} , \bar{Z} , cuyo origen está en V, son 1(0, -2.0, 0) 2(2.0, -2.0, 0.8)
3(2.0, 0, 0) 4(0, 0, 0)

5. El valor de la constante k será, utilizando el punto 2, el siguiente:

$$k = \frac{z}{x \cdot y} = \frac{0.8}{-2 \cdot 2} = -0.2$$

Teniendo ya esos valores podemos principiar a calcular los valores de v_x , v_y , z_x , z_y , t,

dando como resultado los que aparecen en la tabla No. 1.

Contenido de las columnas de la tabla

1 y 2. Las coordenadas de los puntos que hemos señalado en el manto considerado, referidas a los ejes particulares \bar{X} y \bar{Y} .

3 y 4. Los productos de las coordenadas de los bordes por la constante k ya obtenida, $kx = q, ky = p$.

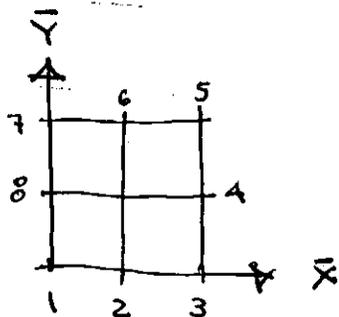
5. Los esfuerzos cortantes o tangenciales en los bordes correspondiente de esfuerzos cortantes.

6 y 7. Los valores de v_x y v_y calculados según procedimiento explicado anteriormente.

8 y 9. Los esfuerzos finales que resultan de la anulación hecha en los bordes libres. Para anular los esfuerzos en los bordes que pretendemos dejar libres, introducimos una ley de esfuerzos iguales, pero de signo contrario, a la obtenida; por lo tanto, cada generatriz se ve afectada de un esfuerzo adicional que repercute en el borde opuesto (en nuestro caso no existe ningún borde libre).

puntos	x	y	$kx = q$	$ky = p$	t	v_x	v_y	v_x	v_y	X	Y	z_x	z_y
	m	m	abstracto		kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	kg/m	abstracto		kg/m	kg/m
1	0.0	0.0	0.0	0.0	+500.		0.0		0.0		0.0		0.0
2	1.0	0.0	0.2	0.0	+521.4		0.0		0.0		0.0		0.0
3	2.0	0.0	0.4	0.0	+542.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0
4	2.0	1.0	0.4	0.2	+545.9	45.		45.		.143		6.44	
5	2.0	2.0	0.4	0.4	+575.	75.	75.	75.	75.	.286	.286	21.45	21.45
6	1.0	2.0	0.2	0.4	+545.9		45.		45.		.145		6.44
7	0.0	2.0	0.0	0.4	+542.9	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	0.0	
8	0.0	1.0	0.0	0.2	+521.4	0.0		0.0		0.0		0.0	0.0

$k = -0.20$



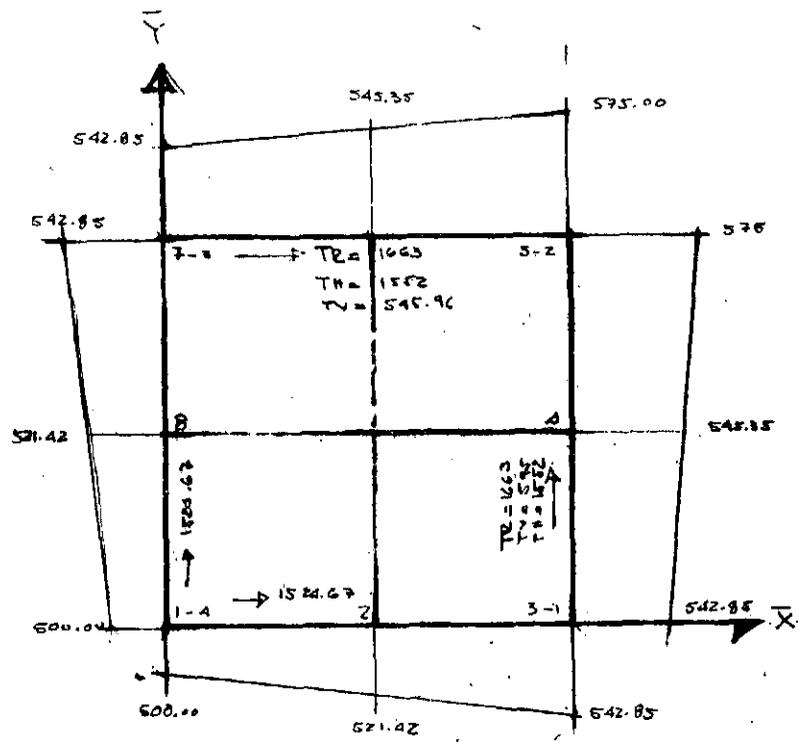


Diagrama de esfuerzos t y valores de T_r , T_v y T_h en kg/m.

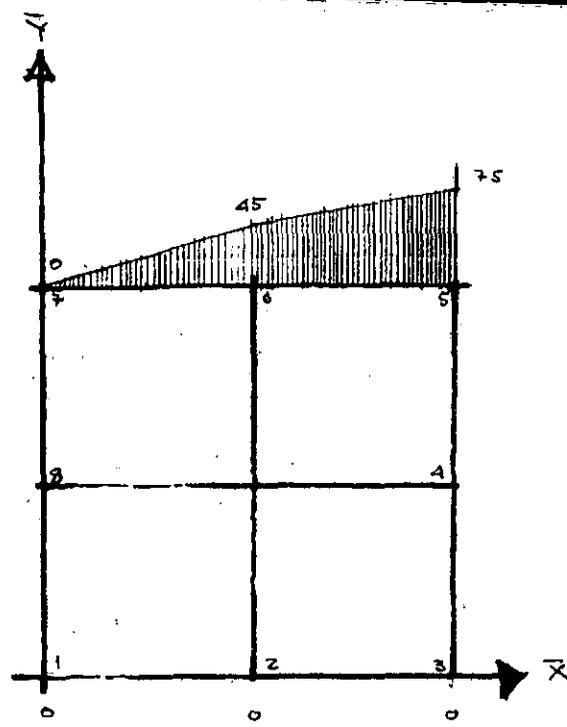


Diagrama de esfuerzos normales en v_y en 1-3 y 5-7 en kg/m.

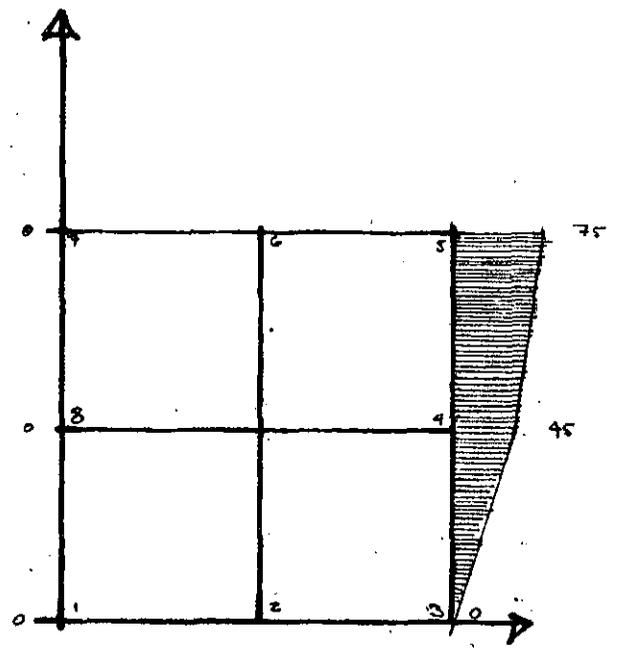


Diagrama de los esfuerzos normales en v_x 1-7 y 3-5 en kg/m.

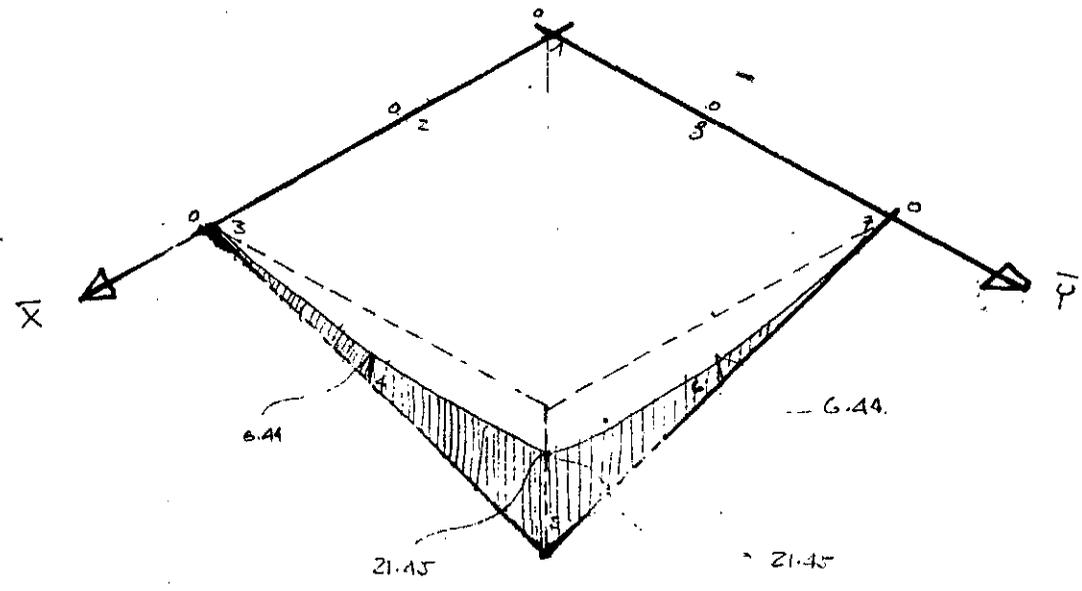


Diagrama de los esfuerzos verticales z_x y z_y en kg/m.

Todos estos valores son extraídos de las tablas de cálculo.

Figura 15

10 y 11. Los valores de X y Y

$$X = \tan \phi \cos \alpha = \frac{p}{1 + q} \quad Y = \tan \alpha \cos \phi = \frac{q}{1 + p}$$

12 y 13. Los esfuerzos z_x y z_y verticales

$$z_x = \bar{v}_x \cdot X \quad z_y = \bar{v}_y \cdot Y$$

que se obtienen multiplicando los valores \bar{v}_x y \bar{v}_y de las columnas 8 y 9 por los valores de X y Y de las columnas 10 y 11.

Para el signo de z_x y z_y deberá tenerse en cuenta que resulta correcto sólo en el caso de que el borde que se trate tenga sus valores de q ó p, respectivamente negativos.

Para valores de q ó p positivos habrá que cambiar signo a los valores de z_x o de z_y .

Dimensionamiento del paraboloide hiperbólico:

Basado en la teoría de la resistencia última del concreto, se calcularon o diseñaron las secciones del mismo.

La referencia para el dimensionamiento en cuestión fue el de tomar apriori un concreto de determinada resistencia como un refuerzo de acero en forma de mallas soldadas, que son las más adecuadas

para éste tipo de estructura.

Asumimos que usaríamos un concreto de 210 kg/cm² que podríamos lograr utilizando una mezcla con las proporciones siguientes 1:2:4; que en su orden es cemento, arena de río o agregado fino y grava o pedrín triturado, agregado grueso, con una granulometría extraída de un tamiz No. 4.

Asimismo, tomamos una malla soldada de acero estructural grado 60, calibre 10 o sea aproximadamente 3 mm de diámetro, cuya área es de 0.093 cm². Con separaciones de 0.15 mts. en ambos sentidos; ésta tiene un área de acero por metro de longitud de 0.613 cm².

Cálculo de las secciones según diagramas de esfuerzos:

Para los bordes continuos y vigas perimetrales: calculamos con los esfuerzos ploteados en el diagrama para Tr, Tv, Th en km/m.

Estos esfuerzos son los representativos del cortante que actúan sobre las vigas de borde o continuidades.

$$v_c = 0.5 \sqrt{f_c}$$

$$V_c = \frac{V_c}{\phi \cdot b \cdot d}$$

donde

v_c son los esfuerzos de corte que puede tomar el concreto.

- f c resistencia del concreto a la compresión en kg/cm²
- ∅ factor de reducción para el esfuerzo cortante
- Vc carga que provoca esfuerzos cortantes (Tr, Tv, Th)
- b ancho de la sección en centímetros
- d peralte de la sección en centímetros

$$v_c = 0.5 \sqrt{210} = 7.24 \text{ Kg/cm}^2$$

$$d = \frac{1663}{0.7 \times 7.24 \times 100} = 3.28 \text{ cm}$$

para Vc = Tr.

$$d = \frac{596}{0.7 \times 7.24 \times 100} = 1.17 \text{ cm}$$

para Vc = Tv. los valores de Th no es necesario calcularlos.

Cálculo para el refuerzo en tensión:

Usualmente los alambrones estructurales traen como mínimo un esfuerzo máximo de resistencia en 5600 kg/cm² con un límite elástico de un 80%, la resistencia máxima 4480 kg/cm². Nosotros tomaremos como

esfuerzo para diseño, la malla, la que nos ofreció Aceros de Monterrey, México, y que el laboratorio de la Facultad de Ingeniería, USAC, probó; éste será de 4218.6 kg/cm². Ver hoja de reporte.

Cálculo del refuerzo en tensión

$$A_s = V_x / f_y$$

A_s acero de refuerzo necesario (área)
 V_x o V_y esfuerzos de tracción según diagramas
 f_y límite de fluencia del acero

$$A_s = 75 / 4218.6 = 0.018 \text{ cm}^2$$

por lo que estamos sobrediseñados en un 34%.

Los esfuerzos verticales z_x y z_y no es necesario calcularlos, bastará poner doble refuerzo de la malla de acero soldada sobre las vigas de borde y las continuidades con un ancho igual a los apoyos ya sean estos pilares como en nuestro caso, ya sean como muros portantes.

Las aplicaciones o gráficas aparecen en las figuras 10 a la 15 de la primera parte de este ensayo.

LA CAÑA DE MAÍZ COMO MATERIAL DE PROBABLE UTILIZACIÓN EN LA CONSTRUCCIÓN:

Antes de plantear algunas hipótesis sobre la aplicación de la caña de maíz como material sustitutivo en la construcción, quiero dejar patente que esta inquietud ha sido derivada del contacto que tuvieron los estudiantes de la Facultad de Arquitectura USAC, cuando se realizaron las tareas de producción de la "vivienda emergente" post-terremoto, conjuntamente con los pobladores, en Sumpango, Sacatepéquez.

De la práctica en mención, inferimos que sería posible utilizarla como material sustitutivo de bajo costo, intuitivamente con algunas bondades mecánicas como químicas y desde luego estéticas.

Consecuentemente se preparó un esquema para la investigación sobre los aspectos siguientes:

1. Procesos productivos
2. Investigación sobre los aspectos mecánicos
3. Investigación sobre los aspectos físicos
4. Hipótesis sobre la preservación química
5. Hipótesis sobre su utilización en la construcción

Procesos Productivos:

Es conveniente manifestar que este planteamiento adolece de algunos conceptos y de terminologías, ya que no es nuestro campo de conocimiento.

La producción de la caña de maíz principia lógicamente con la siembra de la semilla que ha sido seleccionada y almacenada de las cosechas anteriores; en la etapa del almacenamiento del grano, puede ser atacado por microorganismos del tipo "cocos," con lo cual se presenta la necesidad de protegerlo con un desinfectante o preservativo y utilizarlo en la época de siembra.

Una vez efectuada la siembra y principia el crecimiento, el maíz en estado de milpa, es atacado por plagas que destruyen sus raíces, tales como "la gallina ciega," "el gusano de alambre," a la vez que provocan el no desarrollo de la caña en totalidad. Al vencer estas dificultades con el cuidado del productor, podrá tener un crecimiento adecuado, en esta etapa de desarrollo, también puede ser atacada por plaga de roedores, además por plagas de insectos "xilófagos" como: "la mosca blanca," "la chinche salivosa" y "la chinche de arena" que también ataca la raíz. Es atacada por "diatreas" que perforan la caña entre los "nudos" dejando margen a que otras plagas penetren por esas cavidades tales como "gorgojos," "las hormigas blancas" y ataquen la "médula" convirtiéndola en polvo.

La tierra también puede ser tratada con fertilizantes dependiendo del tipo que se trate, para garantizar una buena licnificación de los tejidos al par de tener una buena cosecha de maíz.

En el departamento de Sacatepéquez como en casi toda la región del altiplano central de Guatemala, solamente se produce una cosecha por año y el proceso dura de 8 a 9 meses. Las especies de maíz que más frecuentemente utilizan son: "Guatemalan Quiché" y Xela o San Masheño.

Aspectos mecánicos:

Para establecer alguna de las propiedades mecánicas de la Caña de Maíz fue necesario recurrir al laboratorio de la Facultad de Ingeniería, para efectuar los ensayos necesarios.

Para cada tipo de pruebas fue necesario contar con 50 muestras, para que el resultado tuviese alguna validez.

Resistencia a la tensión:

En la zona del entre nudo:

Resistencia máxima: 522.73 kg/cm²
Resistencia mínima: 329.33 kg/cm²

En la zona del nudo:

Resistencia máxima: 120.62 kg/cm²
Resistencia mínima: 75.99 kg/cm²

Resistencia a la compresión: (*)

Resistencia máxima: 170.00 kg/cm²
Resistencia mínima: 99.32 kg/cm²

Resistencia a la Flexión:

Resistencia máxima: 206.65 kg/cm² (**)
Resistencia mínima: 106.00 kg/cm² (***)

- (*) para longitudes de 0.05 mts.
- (**) para longitudes de 0.35 mts.
- (***) para longitudes de 0.73 mts.

Los módulos de elasticidad aún no están claramente determinados debido a la dificultad de medir las deformaciones unitarias.

Aspectos Físicos:

Al igual que en las pruebas anteriores, se utilizaron 50 muestras para establecer sus aspectos físicos, tales como las mediciones que a continuación se presentan:

Perímetro exterior entre nudos 9.43 cm promedio
Perímetro interior entre nudos 8.15 cm promedio
Perímetro del nudo 10.44 cm promedio
Diámetro interior de la caña entre nudos 2.50 cm promedio
Distancia entre nudos 23.27 cm promedio

Entre las pruebas efectuadas sobre la humedad se estableció que cuando la caña no tiene ninguna perforación, ésta es impermeable en un 93%.

El peso seco con relación al peso húmedo es del 12%.

Hipótesis sobre la presevación química:

La presevación química de la caña de maíz está en caminada a la durabilidad mayor que la que pueda lograr en condiciones normales, que es de 2 años a la intemperie y hasta cuatro años protegida.

Los preservativos que se podrían emplear deberían tener las siguientes cualidades:

1. Que sean suficientemente activos para impedir la vida y desarrollo de microorganismos interiores y exteriores.
2. Que la composición no afecte a los tejidos de la caña, en tal forma que puedan sufrir modificaciones y disminuyan sus cualidades físicas.
3. Que sean solubles al agua, de tal manera que puedan utilizarse a diversos grados de concentración; pero su solubilidad no debe ser tal, que una vez inyectados sean lavados por la lluvia o la humedad.
4. Que en el momento de empleo se encuentre en estado líquido a fin de que impregnen fácilmente todas las partes de la caña.

5. Que no tenga olor fuerte y desagradable, lo cual impedirá el empleo de la caña en el interior de las viviendas.

6. Que no modifique el color de la caña, en particular si va ser utilizada como elemento decorativa.

7. Que las sustancias a utilizar sean de bajo costo.

Se recomienda que se utilice un método Bucherie, que consiste en hacer penetrar por un extremo de la caña por presión hidrostática, el preservativo que se usará. Este método se emplea cuando la caña ha sido secada al aire o en estufa y que tenga perdido del 10 al 15% de su humedad.

Se presenta la hipótesis sobre el tratamiento preservativo de la caña con las siguientes mezclas o componentes:

- | | | |
|----|-------------------------------|--------------|
| a) | Pentóxido de arsénico | 1:3:4 |
| | Sulfato de cobre cristalizado | |
| | Dicromato de sodio | |
| b) | Sales de Bolinden | |
| c) | Sulfato de Cobre | 5,6:5,6:0.25 |
| | Dicromato de sodio | |
| | Acido acético | |
| d) | Acido bórico | 1.5:4:3 |
| | Dicromato de sodio | |
| | Sulfato de sodio cristalizado | |

- e) Cloruro de Zinc 1:1
Dicromato de sodio
- f) Cloruro de Zinc 5:1.5
Dicromato de sodio
- g) Acido Bórico 2:2:0.5
Bórax
Dicromato de sodio
- h) Acido Bórico 1:1
Bórax
- i) Pentaclorofenato de sodio
- j) Composición antiséptica a prueba 3:1:5:6
de fuego
Acido Bórico
Sulfato de cobre cristalizado
Cloruro de zinc
Dicromato de sodio

4. Protección del fuego

Hipótesis sobre la utilización en la construcción:

En primer lugar es necesario hacer las verificaciones químicas de la caña para proponer cualquier hipótesis sobre la utilización de la misma en construcción.

Aplicaciones:

1. Para usos en la intemperie y contacto con el suelo utilizar las mezclas A a C
2. Para construcción de vivienda
f, h, g, i
3. Como refuerzos
d, e

TRIBUNAL QUE PRACTICO EL EXAMEN

ARQ. LIONEL MENDEZ DAVILA	DECANO
ARQ. JORGE ESCOBAR	SECRETARIO
ARQ. EDUARDO AGUILAR	EXAMINADOR
ARQ. FRANCISCO MENDEZ D.	EXAMINADOR
ING. VICENTE MAZARIEGOS	EXAMINADOR

JUNTA DIRECTIVA DE LA
FACULTAD DE ARQUITECTURA

ARQ. LIONEL MENDEZ DAVILA	DECANO
ARQ. FRANCISCO PIÑOLA	VOCAL 1°
ARQ. FRANCISCO CHAVARRIA	VOCAL 2°
ARQ. RICARDO MENDOZA	VOCAL 3°
BR. RAUL MOLINA	VOCAL 4°
BR. JORGE FLORES	VOCAL 5°
ARQ. JORGE ESCOBAR	SECRETARIO