

7-92

UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
ESCUELA NACIONAL DE ARQUITECTURA
DIVISION DE ESTUDIOS SUPERIORES

DESARROLLO
CONTEMPORANEO
DE TECHUMBRES
LAMINARES CON
ANTICATENARIAS

TESIS QUE PARA OBTENER EL GRADO DE:
MAESTRO EN ARQUITECTURA/TECNOLOGIA
PRESENTA EL ARQUITECTO
SALOMON ROJAS ACEVAL

1979.



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

I N D I C E :

CAPITULO	PAGINA
INTRODUCCION	1
1. - ANTECEDENTES	5
1.1. - Antecedentes Históricos	5
1.2. - Antecedentes Contemporáneos Extranjeros	12
1.3. - Antecedentes Contemporáneos Nacionales	24
1.4. - Desarrollos Anticatenados Nacionales Actuales	28
2. - CREACION DEL MODELO	
2.1. - Comprensión del Sistema	32
2.2. - Características de la Malla	34
2.3. - Modelo de Forma	36
2.4. - Determinación de la Forma	37
2.5. - Maqueta para Patronos	38
2.6. - Patrón Empírico de Retícula	39
2.7. - Determinación de la Cubierta	40
3. - DISEÑO GEOMETRICO DE LA RETICULA	42
3.1. - Programa para Calcular los Ejes X y Y	42
3.2. - Datos Topográficos	44
3.3. - Cálculo de Angulos Exteriores	45
3.4. - Cálculo de Angulos Interiores	46
3.5. - Cálculo de los Ejes Medianos	47
3.6. - Cálculo de Diagonales	49
3.7. - Algoritmos de la Catenaria	50

3.8.	-	Programa del Diseño Geométrico	53
3.8.1.	-	Nomenclatura de Datos	53
3.8.2.	-	Tarjetas de Datos	55
3.9.	-	Corrida del Programa	56
4.	-	DISEÑO Y CALCULO DE RETICULA	87
5.	-	INESTABILIDAD DE TECHUMBRES LAMINARES	100
6.	-	FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURA	108
6.1.	-	Obras Preliminares	108
6.1.1.	-	Diseño del Borde	108
6.1.2.	-	Anclado del Borde	109
6.1.3.	-	Elemento Soportante	110
6.2.	-	Fabricación de Retícula	111
6.2.1.	-	Uniones de Elementos	111
6.2.2.	-	Modulación de Taladros	112
6.2.3.	-	Diseño del Nodo	113
6.2.4.	-	Armado de Retícula	114
6.3.	-	Trazo de Montaje	115
6.3.1.	-	Trazo de Bordes	115
6.3.2.	-	Trazo del Espacio	117
6.4.	-	Montaje	118
6.4.1.	-	Equipo y Herramienta	118
6.4.2.	-	Maniobras de Montaje	121
6.4.3.	-	Rigidización del Sistema	125
7.	-	DESARROLLO DE LA CUBIERTA	126
7.1.	-	Antecedente de Materiales	126
7.2.	-	Datos Técnicos de la Cubierta	128

7.3.	-	Drenado de la Cubierta	130
7.4.	-	Laminación de la Cubierta	131
8.	-	COSTOS Y COMPARATIVOS	134
8.1.	-	Características	134
8.2.	-	Cuantificación de Materiales	135
8.2.1.	-	Perfiles de Retícula	135
8.2.2.	-	Herrajes	137
8.2.3.	-	Lámina Acrílica	137
8.3.	-	Costo de Obra	138
8.4.	-	Comparativo	139
8.5.	-	Comentarios	140
9.	-	BIBLIOGRAFIA	142
		PLANOS	144 - 174
		FIGURAS	175 - 216

I N T R O D U C C I O N

Hasta nuestros días, siempre ha sido una preocupación latente a través de la historia de la construcción, el tratar de cubrir grandes espacios arquitectónicos libres de apoyos y al menor costo posible, principalmente para usos industriales, para lo cual se ha usado como material básico el acero o el concreto post o pre - esforzado.

En Europa se han usado desde hace tiempo sistemas estructurales de madera con óptimos resultados dado que este material cuenta con excelentes características de calidad además de su insuperable tratamiento. Sin embargo nuestro país a pesar de contar con extraordinarios recursos madereros, están pésimamente explotados y el tratamiento de la misma para su uso industrial en estructuras es sumamente deficiente.

Aprovechando el curso de actualización: " Seminario sobre estructuras contemporáneas de madera ", dado en la División de Estudios Superiores de la Escuela Nacional de Arquitectura de la Universidad Nacional Autónoma de México, coordinado por el Arq. José Mirafuentes Galván e impartido por el Ing. Jürgen Hennicke, en el año de 1976, el cual trató sobre la aplicación empírica de anticatenarias en cubiertas reticulares de madera, investigado y desarrollado por el Arq. Frei Otto del Institut für Leichte Flächentragwerke, Universität Stuttgart, República Federal Alemana; fué que nos interesamos crecientemente por dicho

sistema e iniciamos investigaciones para poderlo aplicar en nuestro país para usos industriales usando materiales factibles de aplicar. En este curso, se elaboró empíricamente un modelo de cadenas colgantes para una cubierta anticatenada de madera con forma idealizada, con la cual se obtuvieron buenos resultados teóricos y la ejemplificación del sistema.

Posteriormente en el año de 1976, basados en los planos efectuados con el modelo anterior, se construyó la estructura con reticulado de madera con sección de 1.5 x 2 cmts., la cual tuvo un mal comportamiento a la torsión y ruptura debido a la falta de continuidad de la veta de la madera y unión de retículas deficiente.

Siendo imposible encontrar en el mercado buena calidad de madera y adecuado tratamiento de la misma a un costo razonable, encauzamos nuestras investigaciones personales para poder utilizar el aluminio como material básico en este tipo de estructuras. Aunque el aluminio por lo general se ha descartado en su empleo por su alto costo y por considerarlo material suntuario sobre todo en Europa, en nuestro país alcanza un costo por kilo de cinco veces mayor que el acero estructural y a la par de la madera con las condiciones requeridas; esta diferencia es posible salvarla aprovechando diferentes características que no tienen los demás materiales e introduciendo en los sistemas estructurales mayor tecnología que la existente, misma que está poco desarrollada en nuestro país.

En esta etapa de investigación contando con la asesoría técnica de Reynolds Aluminio, S. A., y con la colaboración del Arq. Francisco Montero López, catedrático en la Facultad de Arquitectura de la Universidad La Salle, desarrollamos un modelo de cadenas colgantes para un pequeño domo anticatenado reticulado con doble sección redonda de aluminio de 10 mm., misma que montamos en los patios de la misma Universidad, obteniendo progresos importantes en nuestras investigaciones.

Por el momento la aplicación de nuestras investigaciones sobre el sistema habían sido experimentales y sin trascendencia en el mercado, hasta que en Agosto de 1978, logramos interesar a los Directivos del Sindicato de Cinematografistas por conducto de su gerente de construcción, Sr. Rubén Gamez Jiménez, para techar el patio central de la escuela del mismo sindicato ubicado en las calles de Chopo de ésta ciudad, salvando un claro de 22.00 mts. con un domo anticatenado reticulado con perfiles tubulares de aluminio de sección cuadrada de 38 mm., logrando maravillosos resultados. Para el mismo y con la colaboración profesional del Arq. Francisco Reyna Gómez, catedrático de la División de Estudios Superiores de la Escuela Nacional de Arquitectura de la U. N. A. M., elaboramos un programa de computación para obtener la graficación del sistema, mismo que corrimos en las máquinas del centro de computo de la U. N. A. M. y lo aplicamos para el montaje del Domo de cinematografistas antes mencionado logrando una completa exactitud en el mismo.

Paralelamente a las investigaciones efectuadas para la estructura, se han investigado diversos tipos y materiales para la cubierta con resultados poco satisfactorios, ya que lo que se utiliza en el momento son materiales de PVC, Poliester, Fibra de vidrio y otros que no satisfacen las condiciones de durabilidad además de la adaptación a curvas.

Los estudios logrados hasta la fecha requieren todavía un sinnúmero de investigaciones para poder optimizar totalmente el sistema anticatenado tanto en estructura como en cubierta, de tal forma que nuestras pretensiones por el momento son plantear una nueva tecnología para cubiertas en nuestro país que solucionará problemas vigentes en cuanto a economía, rapidez y esteticidad que requiere el mercado actual de la construcción.

1. - ANTECEDENTES

1.1.- ANTECEDENTES HISTORICOS

Desde tiempos muy remotos ha existido la inquietud de cubrir grandes espacios arquitectónicos sin apoyos intermedios con estructuras prácticas, ligeras, adaptables y económicas; inquietudes que se han encausado hacia formas abovedadas por la transmisión de esfuerzos que permiten las formas curvas.

A continuación veremos algunos de los más importantes ejemplos de bóvedas sujetas a tensión compresiva, encontradas en el pasado que nos muestran varias estructuras curvas especiales hechas de madera, piedra natural, tabique recocado o bloques de mortero de tierra y paja, lo cual fué introducido por los Romanos.

Para lograr grandes espacios fué necesario reducir lo más posible el peso muerto que actúan sobre la bóveda usando lógicamente materiales ligeros. Esta reducción de peso se llevó a cabo usando materiales más ligeros en la parte superior de los domos llamados de capas y dividiendo el espacio en dos domos ligados en la parte superior como el de Florencia y el de San Pedro en Roma.

Hasta el Siglo XIX se empezaron a usar masivamente materiales nuevos como el acero y el concreto en las estructuras permitiendo salvar amplios espacios con nuevas formas espaciales.

Uno de los primeros ejemplos de bóvedas reticuladas es la que nos muestra un mosaico Romano de la primera centuria A. C. en Palestina, que representa una bóveda reticulada con varas salvando un paso del Río Nilo, con construcciones a los lados.

Los siguientes son ejemplos sacados del libro IL - 10 - - - GITTERSCHALEN publicado en 1974 por el Institut für - - - leiche Flächentragwerke, Stuttgart, R. F. A.

Figura 1. - Protectores contra la lluvia hechos en forma de canasta con tejido de mimbre aparecidos en Cherrapunji, India a mitades del Siglo XII.

Figura 2. - Casa para Hombres en proceso de construcción con la estructura hecha con retícula de bambú, a mediados del Siglo XX.

- Figura 3. - Choza Polinesa en Samoa en proceso de construcción en--
tramada con tiras de ramas y cubierta con palma a princi--
pios del Siglo XX.
- Figura 4. - Pabellón de Fuente en Rodas, construido bajo otra cubierta,
hecho con una retícula de madera elaborada a mitad del Si_
glo XX.
- Figura 5. - Vestíbulo del Palazzo della Regione, en Padua, es un arco-
apuntado hecho con vigas de madera con tensores de acero
(Arco de Flecha), salvando un claro de 19.00 mts. y cons_
truido alrededor del año 1300.
- Figura 6. - Domo de la Basílica en Neresheim empezada por Balthasar-
Neumann (1745 - 1792) que fué terminado después de su -
muerte. Este domo fué planeado para construirse original_
mente en piedra pero se llevó a cabo con nervaduras de ma_
dera.
- Figura 7. - Ruinas de la Basílica de Maxentius, Roma, 310 a 313 D. C.,
contiene grabaciones en cobre hechas por Piranesi, alba--
ñileria Romana con bóvedas de sillares de granito salvando
un claro de 24.50 mts. hasta 27.50 mts.

Figura 8. - Residencia de Ktesiphon Siglo III D. C., bóvedas en forma de barril estructuradas con ladrillo de 25.00 mts. de claro.

Su forma en corte es una parábola construída con una capa de ladrillo en la parte superior y aumentando sus capas hacia la base de sustentación para absorber las fuerzas de coseo de la parábola. Fué posible construir esta bóveda asentando el ladrillo con mortero de cemento Persa. Esta bóveda fué destruida parcialmente por un terremoto en el año de 1880.

Figura 9. - San Fermín en Toulouse, bóvedas en forma de barril sustentadas por nervaduras de piedra en arcos equidistantes.

Figura 10. - Catedral de Bourges, bóveda nervada en 6 partes estriadas efectuada después del año 1192.

Figura 11. - Iglesia del Peregrinaje de los 14 Santos de Balthasar - - - Neumann, con arcos en forma oval sobre la nave principal y domos bajos cruciformes sobre los pasillos. La bóveda fué hecha con sillares de tufa calcárea asentados con mortero y reforzado con acero.

Figura 12. - Galería de la Reina, que es parte de las Galerías de San Hubert en Bruselas por el Arq. J. P. Cluysenar; tienen una altura de 18.00 mts., un ancho aproximado de 10.00 mts. y una longitud de las Galerías de San Hubert de 213.00 mts. Son arcos continuos de costilla, con una pieza central cabecera y una viga longitudinal que corre a todo lo largo.

Figura 13. - El trullo en Alberobello, Apulien. Quedó en proceso de Construcción con el domo terminado y la cubierta incompleta.

Figura 14. - Domo Corbel, en la Iglesia de Alberobello. Es una transición gradual desde una base cuadrada por medio de capas de piedra que se van angostando en forma circular hasta la cúpula. Las bóvedas Corbelladas ó bóvedas falsas, tienen una temprana aparición, como por ejemplo la de la Tesorería de Atreus en Mycenae, alrededor de 1325 A. C.

Fig. 15 y 16. -El Pantheon, Roma, Siglo II D. C. Un domo amplio de la antigüedad con estructura masiva.

Fig. 17 y 18. -Hagia Sophia, Istanbul, 522 a 537 por Anthemius de Tralles. Domo de 32.00 mts. de diámetro descansando sobre una

base de 68.00 mts. de ancho por 75.00 mts. de largo, orientado en dirección Este - Oeste y es transferido a dos semi-domos laterales.

Esta es la primera vez que se usó un domo como techo sobre una base cuadrada a una gran escala y nunca fué superado por la arquitectura eclesiástica de la antigüedad - cristiana o edad media. Los arquitectos Turcos, en especial Sinan, fueron los primeros en crear variaciones de este tipo.

Fig. 19 y 20. - La Catedral de Florencia, 1420 - 1434, por Brunelleschi.

Es la primera vez que la magnitud de la construcción de bóvedas hechas por los Romanos fué sobrepasada, siendo esta de 42.00 mts. de diámetro por 50.00 mts. de altura, compuesta por dos capas concéntricas: una interior de 220 cmts. y otra exterior de 50 cmts. de espesor, unidas de la base octogonal con ocho nervaduras en los vértices desde la base y 16 costillas intermedias con dos anillos horizontales. Cuenta con un anillo anclado de madera de 5.00 mts. sobre el soporte alrededor del domo interior del domo principal. Los primeros 7.00 mts. de altura fueron hechos de bloques de arena volcánica y sobre esto ladrillo mampos teado.

Fué posible construir la parte interior de este domo hasta más de la mitad de la altura sin cimbra falsa, gracias al perfil del domo en forma apuntada y de la rigidez anular del sistema celular.

Fig. 21 y 25. - San Pedro en Roma, de 1505 hasta 1626, por Michelangelo (1546 - 1590). Su diámetro interior, arco punteado y principios de construcción son similares al domo de la Catedral en Florencia.

Se considera más progresado por su linterna que es considerablemente más pesado, el domo es 20 mts. más alto, descansa sobre cuatro arcos, tiene 16 nervaduras de piedra empotrados en la mampostería de ladrillo y cuenta con seis anclajes de hierro alrededor de la parte inferior del domo, dos de los cuales en el sentido largo. A mediados del Siglo XVIII fué necesario reforzarlo con otras seis anclas de fierro.

Figura 22. - San Lorenzo Turín, comenzado en 1666 por Guarino Guarini y consta de ocho nervaduras en la bóveda convergentes en forma de estrella.

Fig. 23 y 24. - Palacio de Kibble en Glasgow, es un domo pequeño cons-

truído probablemente por el propietario de la finca Besitzer -- John Kibble. Originalmente estuvo en Comport pero fué desmantelado en 1871 por la Royal Botanical Society y trasladado a la Glasgow Gardens. El diámetro del domo es de 17.00 mts. con una altura de 11.25 mts. y la estructura es de acero reticulado con paneles de vidrio curvado.

1.2. - ANTECEDENTES CONTEMPORANEOS EXTRANJEROS

El problema de encontrar un sistema de construcción de bóvedas libre de esfuerzos de compresión axial actuando en intersección fué resuelto teóricamente en el Siglo XVII. Jakob Bernoulli en 1690 propuso encontrar la fórmula para una CATENARIA, misma que fué resuelta por su hermano John y por Leibnitz y Huygens años más tarde.

Philippe de la Hire (1640 - 1718) y Parent (1666 - 1716) -- fueron los primeros físicos que investigaron las condiciones de equilibrio de las bóvedas como un problema de estática que requería un análisis matemático con esfuerzos nulos en los extremos, lo cual es ideónico. De la Hire en su tratado de Mecánica publicado en 1695 sostiene que la forma de una bóveda puede ser tal que sus elementos pétreos transmitan los esfuer

zos producidos por su carga muerta hasta su base libremente entre ellas sin causar fricción.

El matemático Escocés David Gregory en 1697 publicó las propiedades de la catenaria bajo el principio de que el eje teórico correcto de un arco debe asumir la forma de una catenaria invertida.

La fricción cero entre los elementos de una bóveda como hipótesis puede ejemplificarse remplazando las dovelas acuñadas por esferas, dando el perfil de una catenaria o arco y sostenidas entre sí con un mínimo equilibrio. El comportamiento mecánico de esto fué ilustrado por el matemático e ingeniero Italiano Poleni con el domo de San Pedro en Roma y publicado en 1748 (Figura 26), con esto extrajo de Newton el principio del diagrama de fuerzas formulado por él para dinámica y lo llevó a la práctica. Igualmente llegó a explicar la línea de empuje de los elementos sostenidos entre si bajo la forma de una catenaria invertida y estableció experimentalmente la forma asumida por una cadena colgante cargada no uniformemente con pesas proporcionales a los segmentos individuales de la bóveda.

Antonio Gaudí (1852 - 1926) Arquitecto Español, hizo mas

evidente el uso de la catenaria invertida; buscaba formas es - -
 tructurales libres de momentos y esfuerzos cortantes, siguien -
 do visualmente el flujo de los esfuerzos dentro de la estructu -
 ra y fué probablemente el primero en diseñar experimentalmen -
 te con modelos suspendidos hechos con hilos.

Encontró en la parábola la determinación de esfuerzos más fa -
 cilmente, por lo que en sus primeras estructuras emplea arcos
 parabólicos como es en los almacenes para el Konsumverein - -
 Obrera Mataronese en Mataró (1878 - 1882), en el Palacio -
 Güell en Barcelona (1885 - 1889) en el hall o pasillo de la -
 Iglesia de Santa Teresa, Figura 27. Para la capilla de Güell - -
 Colony (1898 - 1914), Gaudí hizo un modelo de hilos de los -
 que cuelgan unas pesas representativas de las cargas que actua -
 rían sobre su estructura mostrando en esta forma los esfuerzos
 y su relación (Figuras 28 y 29), invirtiendo estos modelos sus -
 pendidos, los polígonos formados por los hilos dan la dirección -
 de los soportes e idealizó con tela entre los soportes la super - -
 ficie de la bóveda. Gaudi diseñó también otros edificios de esta
 forma, como las naves de la Familia Sagrada con los muros so -
 porte y puentes en Güell Park (1900 - 1914).

El Arquitecto Alemán Frei Otto, 1946 - 1949, llevó a cabo experi -
 mentos técnicos con modelos suspendidos hechos con material
 de tela saturados con yeso líquido dándole una carga muer -

ta uniforme aproximándose a la forma de una catenaria. Esto con el intento de idear formas adecuadas para techos - en forma de bóveda que produjeran un sistema más sencillo y barato.

El Arq. Frei Otto llama Conchas en Forma de Gradilla a lo - que nosotros denominamos Domos Anticatenados y la defi-- ne como una estructura curva espacial de varillas y nodos-- rígidos, en donde los elementos con varillas forman una -- gradilla plana de espacios constantes y rectangulares entre los nodos; la forma es determinada invirtiendo una red fle-- xible colgante con catenarias que convierte la línea de es -- fuerzos en un arco libre de momentos, lo cual no deja de - ser una idealización. A continuación se dan diversos ejem-- plos de modelos realizados por diversos arquitectos, (Fig. 30 y 31), en forma comparativa.

Figura 32. - Proyecto de San Luis, Frei Otto, hecho con la escuela de -- graduados de Arquitectura de la Universidad de Washington en 1958; es un modelo suspendido logrado con una membra-- na de plástico flexible cargado uniformemente con clavos in-- crustados.

- Figura 33. - Estudio de Formas I, John Koch, El Berlín; hecho con una red uniforme con mallas cuadradas de material de tela cargada uniformemente.
- Figura 34. - Estudio de Formas II, John Koch, El Berlín; es un modelo suspendido endurecido con resinas poliéster e invertido -- posteriormente, que fué fabricado con material textil y uniformemente cargado.
- Figura 35. - Modelo experimental de concha de malla, Berkeley, U. S. A. 1962; hecha por estudiantes de arquitectura de la Universidad de California bajo la dirección del Arq. Frei Otto, con una área cubierta de 52 m², claro máximo de 7.80 mts. y una altura de 3.17 mts. ; la malla está fabricada con doble varilla de acero corrugado de ϕ 21.7 mm. apoyada en cuatro bordes curvados libres con 4 barras corrugadas de ϕ 21.7 mm. empotrados al piso; los nodos de unión son con dos bridas de fierro y perno al centro unidos con alambre espaciados con madera.
- Figura 36. - Pabellón de Exhibición, Deubau, Essen, B. R. D., 1962; es una estructura experimental para Deutsche Bauausstellung por el Arq. Frei Otto con Bernd-Friedrich Romberg; tiene-

una área cubierta de 198 m², un claro máximo de 16.82 mts. y una altura de 4.85 mts.; la malla está fabricada con tiras de madera laminada de 4 x 6 cmts. de sección compuesta por 3 láminas de 1.3 x 4 cmt. apoyada en un borde perimetral cuadrado de madera apoyado directamente al piso; los nodos están unidos con un perno de acero y rondana; el claro de acceso se logró interrumpiendo la retícula y reforzando el vano con tablones de madera atornillados; para la cubierta se usó tela plástica clavada a la retícula.

Figura 37. - Auditorium para 230 personas, para el Pabellón Alemán de la EXPO 1967 en Montreal, Canadá; el diseño estructural es de Leonhardt & Andrä en Stuttgart y ejecutado por los Arqs. Rolf Gutbrod y Frei Otto del IL en Stuttgart para la BRD.; tiene una área cubierta de 365 m², 17.50 mts. de claro máximo y una altura de 4.00 mts.; la malla está fabricada con tiras de madera de pino macizo de 4.2 x 3.5 cmts. de sección; está apoyada sobre el borde de muros de concreto mediante una sección perimetral de madera empotrada al muro; los nodos de la retícula están unidos con pernos de acero; la cubierta es de material laminado PVC.

Figura 38. - Modelo de cubierta para alberca en Wellenbad, Borkum, - BRD, efectuado en 1966 en Berlín, por Entwicklungsstätte für Leichtbau del Arq. Frei Otto; para cubrir una área de 2440 m², con un claro máximo de 72 mts. y una altura de 11.40 mts.; la retícula esta proyectada con canal de aluminio de 5 x 4 cmts., reforzada con madera; los bordes son libres soportados por arcos de concreto armado; los nodos están fijos con perno al centro y placas de unión de aluminio de 13 x 13 x 0.15 cmts.; la cubierta será de Plexiglas;- está formada por 6 bóvedas unidas entre sí. El modelo suspendido fué hecho con tela de algodón uniformemente cargada con clavos incrustados.

Figura 39. - Modelo de cubierta para las tribunas provisionales del - - Swimming Hall para las Olimpíadas de 1972 en Munich, - BRD.; fué diseñado en 1968 por los Arqs. Jürgen Henricke y Uwe Röder del IL en Stuttgart; para cubrir una área de 4000 m², con un claro máximo de 90 mts. y una altura de 25 mts.; son conchas de malla anticatenadas proyectadas con retícula y borde de madera con cubierta en membrana de Polyester y PVC.
Esta cubierta está adosada a otra resulta con red de cables.

Figura 40. - Modelo de cubierta para un Hall de usos múltiples, Mónaco 1969. Es un concurso lanzado por el Gobierno del Principado de Mónaco y proyectado por los Arquitectos Atelier - - Warmbronn, Frei Otto, Ewald Bubner y Robert Krier; está - proyectado para cubrir una área de 8000 m², con un claro - máximo de 88 mts. y una altura de 27.00 mts.; la retícula - está diseñada con elementos de concreto prefabricado de - - 142 x 31 x 6.5 cmts. de sección, con alma abierta de acero - de 80 x 60 x 3 mm. de sección; las conchas con forma de si - lla de caballo descansan en sus bordes a una serie de arcos - de concreto armado; la cubierta está solucionada por medio - de pequeños domos de Plexiglas adaptados a las formas de - los módulos de la retícula.

Figura 41. - Modelo para la cubierta de un patio interior del Forum - - Steglitz, Berlín, BRD en 1969, proyectado por el Arq. Frei Otto de la Entwicklungsstätte für Leichtbau para cubrir una - área de 447.15 m², con un claro máximo de 26.15 mts. y - una altura de 2.00 mts.; la retícula se piensa fabricar con - perfil tubular de lámina de hierro de 40 x 40 x 4 mm. de sec - ción, con pernos de acero para fijar los nodos, soportada en - sus bordes por una vigueta perimetral de acero de 300 x 150 x 10 mm. de sección y cubierta con domos de Plexiglas adap - tados a los módulos de la retícula.

Figura 42. - Modelo para la cubierta de un pabellón para música y - -
asambleas en el Volkspark Rehberge, Berlín BRD, 1969 y -
proyectado por el Arq. Frei Otto de la Entwicklungsstätte -
für Leichtbau para cubrir un área de 180 m², con un cla -
ro máximo de 16 mts. y una altura de 6.50 mts.; la fabri -
cación de la retícula esta planeada con elementos tubula -
res de lámina galvanizada de 40 x 40 x 3 mm. de sección, -
soportada por postes de acero y tensores perimetrales de -
cable de acero; la cubierta será con membrana de fibra de
vidrio de 3 mm. de espesor.

Figura 43. - Proyecto para el Auditorium del Centro de Conferencias,
Mecca, Arabia Saudita, 1972, por los Arquitectos Rolf - -
Gutbard, Atelier Warmbronn, Frei Otto y Ewald Bubner; -
se piensa cubrir un área de 885 m², con un claro máxi --
mo de 33.50 mts. y una altura de 7.00 mts.; la retícula de
la bóveda será con sección tubular de lámina de fierro gal -
vanizado de 100 x 50 x 6 mm., borde perimetral con cables
de acero y cubierta de madera impermeabilizada con lám_i -
na de aluminio.

Figura 44. - Concha de mallas experimental, efectuada en Rejkiavik, --

Island en 1973; fué diseñada por el Ing. Ottokar P. Halldorsson, ejecutada por la CL and Iceland Building Research Institute y proyectada por el Arq. Einar Thorsteinn para cubrir un área de 80 m², con un claro máximo de 10.15 mts. y una altura de 4.40 mts.; este modelo no fué determinado con malla suspendida y la retícula esta fabricada con tubería para agua de polietileno de ϕ 50 mm., fijada a un borde circular con dos elementos del mismo material de la retícula y soportado por columnas de concreto.

Figura 45. - Cubierta para la ampliación de una Casa Habitación, Londres, Inglaterra, 1973; diseñada por el Ing. Brian Pugh y proyectada por los Arqs. Florian Beigel y Konrad Frei de la Building Plan Resources; cubre un área de 50 m², con un claro máximo de 8.00 mts. y una altura de 2.00 mts.; el modelo suspendido fué elaborado con una red de hilo cargada uniformemente con bolas de plomo; la concha anticatenada se fabricó con retícula de madera de 2 x 2 cmt. de pino Hemlock, sobre un borde de madera de sección circular de ϕ 15 cmt. soportada por varias columnas de madera y está techada con una membrana de lana mineral, fieltro asfaltado y teja de asbesto.

Figura 46. - Cubierta para granero en El Retreat Shahibag, Amehabad, --

India, 1974. Cubre un área de 150 M², con un claro máximo de 15.00 mts. y una altura de 4.75 mts. (datos aproximos). Fungieron como consultores S. T. I. Team y el IL, Stuttgart y en proyecto, diseño y ejecución los Arqs. - - Gautam Sarabhai y Mark Hildebrand; en los elementos de la retícula emplearon tiras de bambú de ϕ 25.4 mm. con alambre galvanizado para unir los nodos; el borde perimetral loforma una barda rústica de tabique recocado sin estructura ción de concreto y la cubierta está formada por láminas de petate impregnadas con alquitrán. Este ejemplo de bóveda adquiere mucha importancia por su forma de fabricación y materiales rudimentarios empleados ya que empíricamente nos está demostrando la generosidad y simpleza del sistema de cubiertas antcatenadas.

Figura 47. - Estructura experimental efectuada en 1974 para le - - - - - Polytechnic of North London, Inglaterra; dirigida por el - - Arq. Florian Beigel del mismo instituto y asesorada por el - Ing. Ove Arup y el Ing. Jürgen Hennicke del IL; cubre un área de 82 m², con claro máximo de 6 mts. y una altura de 2.70 mts.; es una estructura antcatenada con bordes libres, con tiras de madera en su retícula de 14 x 19 mm. de sección

soportada en sus extremos por cuatro secciones iguales de madera y empotrados al piso en 6 puntos.

Figura 48. - Cubierta para Usos Múltiples y Restaurante, construída en 1975 en Bundesgartenschau, Mannheim, BRD; es la -- máxima estructura lograda hasta la fecha, diseñada estruc-- turalmente por Ove Arup + Partners, London e IAGB, Universität Stuttgart, ejecutada por Atelier Warmbronn + IL, Stuttgart y proyectada por Mutschler + Partner, - Mannheim con Atelier Warmbronn para - - - - - Bundesgartenschau Mannheim GmbH; cubre un área - de 7400 m² con un claro máximo de 60 mts. y una al-- tura de 20 mts.; es una concha de malla con varias - - áreas en forma de silla de caballo, efectuada con una doble malla de madera de 5 x 5 cmts. de sección, contraventeada diagonalmente con dos cables de acero de ϕ 6 mm.; los bor-- des para las diferentes cúpulas que forman la cubier-- ta son contínuos a base de tablonos de madera lami-- nados y atornillados con pernos; la cubierta es de ma-- terial Polyester y PVC 30% translúcido clavado a la es-- tructura en franjas de 150 cmts.

La investigación de mejores soluciones aunque no económicas - generó la construcción de cúpulas lamellares como la del Descubrimiento en Londres, recurriendo a módulos triangulares con armaduras de aluminio alojados en triángulos esféricos que permite módulos iguales y facilita su fabricación. Esto permitió - - construir la mayor cúpula existente en el mundo en el condado de Harris de Houston, Texas, E. U. A., con un área cubierta de 30,000 m² y un claro máximo de 195.68 mts. ; construida con acero de alta resistencia. (Figura 49).

1.3. - ANTECEDENTES CONTEMPORANEOS NACIONALES

" México, país de generosos recursos naturales pero escasa tecnología ". Efectivamente es cierto este concepto y muchas veces es doloroso el tener que importarla o presenciar fuga de cerebros capacitados de nuestro país por falta de recursos económicos para desarrollarse ampliamente. Principalmente faltan subsidios de instituciones privadas y públicas para llevar a la práctica las investigaciones logradas en nuestras instituciones universitarias, máxime en el campo de la construcción y por ende falla el incremento tan necesario que requiere la tecnología.

Sin embargo algunos de los innumerables profesionistas con que cuenta nuestro país, a logrado dar grandes pasos en la solución de estructuras para cúpulas.

A partir de los años cincuenta de este siglo, se generaron cúpulas geodésicas basadas en sistemas de subdivisión diferentes del triangular, formadas por miembros de pequeñas dimensiones, - que según algunos autores pueden servir para claros de cualquier dimensión.

Una de las primeras cúpulas construidas en México, fué la del Centro Vacacional para Trabajadores del Estado en Oaxtepec, - Morelos; es una estructura geodésica diseñada y proyectada por el Arq. Carlos Romo del Instituto Mexicano del Seguro Social y ejecutada por Alcomex, S. A., en 1965 aproximadamente; cubre un área de 1963 m², con un claro máximo de 50 mts. y una altura de 25 mts.; es una estructura esférica formada por módulos triangulares en tramos cortos tubulares de aluminio de 38 mm.; la cubierta es de láminas triangulares de acrílico sujetas a los perfiles de aluminio y sellada con compriband. (Figura 50).

Posteriormente el Ing. Francisco Castaño en el año de 1967 realizó su primera estructura Geodésica para el Colegio Mexicano en Monterrey, Nuevo León, salvando un claro máximo de 12 mts. con una altura de 3.00 mts. y cubriendo un área de 113 m²; la

forma es un casquete esférico con módulos triangulares de sección tubular de aluminio de ϕ 3.8 cmts. y cubierta con mortero y malla.

El Ing. Francisco Castaño hasta la fecha ha desarrollado aproximadamente 100 estructuras geodésicas con su sistema para diferentes cúpulas, siendo la más importante a nivel internacional la del Centro Cívico Guayaquil, para el Gobierno de la República del Ecuador (Figura 51), 1969; proyectó el Arq. Gonzalo -- Guayasamin; ejecutó la obra civil Vicesa y realizó la estructura Triodetic de México, S. A. En nuestro país la más importante ha sido un silo para Sorgo, construida en 1975 en Monterrey, -- Nuevo León; cubre un área de 6647 m², con una altura de 29.60 mts. y un claro máximo de 92 mts.; la sección de aluminio es de ϕ 63 mm. cubierta con lámina de fierro pintada. (Figura 52).

El Ing. Neftalí Rodríguez Cuevas, Catedrático de la Facultad de -- Ingeniería y Profesor investigador del Instituto de Ingeniería de la Universidad Autónoma de México, inició investigaciones matemáticas en 1954 para la estructura que posteriormente cubriría la plaza de toros denominada " El Toreo " localizada en 4 -- caminos, Estado de México. (Figura 53).; cubre un área de -- 9,468 m², con un claro máximo de 109.80 m. y una altura de -- 21.96 mts. Esta estructura tiene características especiales como cargas concentradas consideradas de 1000 Kg. y para llenar las --

necesidades de espacio para múltiples usos, esto obligó a diseñar con armaduras espaciales de acero estructural.

El Arq. Juan Sordo Madaleno, proyectó para el conjunto comercial " Plaza Satélite " un domo central, mismo que fué diseñado por Diseño Racional, A. C. y ejecutado en 1967 por Edificaciones y Construcciones, S. A. (Figura 54); cubre un área de 2,025 m², con un claro máximo de 45 mts. y una altura de 15.00 mts.; es una estructura fabricada con lamellas de canal de fierro estructural soldadas punta a punta formando módulos cuadrados constantes cubiertos cada uno con domos acrílicos transparentes.

Con motivo de los juegos Olímpicos efectuados en nuestro país en 1968 y dentro de las instalaciones necesarias, se construyó el Palacio de los Deportes sobre la Av. Río de Churubusco en el Distrito Federal. (Figura 55); fué proyectado para la Dirección General de Edificios de Obras Públicas por los Arquitectos Félix Candela, Enrique Castañeda y Antonio Peyri; la infraestructura está diseñada por el Ing. Guillermo Guerrero V. de Diseño Racional, A. C.; la estructura de acero fué diseñada por el Ing. Oscar de Buen de la Facultad de Ingeniería de la

U. N. A. M. ; cubre un área de 13.700 M², con un claro máximo de 132.00 mts., una altura de 47.00 mts. y tiene capacidad hasta para 23,000 espectadores; es una cúpula esférica con estructura metálica con 60 Kg/ m² de hierro aproximadamente a base de una retícula casi ortogonal de armaduras de 5.00 mts. de peralte constante; los espacios abiertos limitados por las armaduras se cubrieron con paraboloides hiperbólicos formados por triángulos de tubo de aluminio de ϕ 25 mm. ; sobre la estructura de aluminio se colocó el elemento resistente de la cubierta formada por dos capas de triplay marino, de 16 mm. de espesor e impermeabilizado con lámina de cobre de 0.34 mm. de espesor en tejas engargoladas de 30 x 100 cmts.

1.4. - DESARROLLOS ANTICATENADOS NACIONALES ACTUALES

En 1976 y como resultado del " Seminario sobre Estructuras Contemporáneas de Madera ", coordinado por el Arq. José Mirafuentes Galván, director del laboratorio de estructuras laminares de la Escuela Nacional de Arquitectura de la U. N. A. M, con los alumnos de dicho seminario se construyó empíricamente la primera estructura experimental anticatenada en México; es la combinación de dos conchas cubriendo un área de 62.00 m², con un claro máximo de 8.50 mts. y una altura de 3.82 mts. ; la retí-

cula está formada por tiras de madera de pino de 1.5 x 2 cmt. de sección apoyadas sobre un borde redondeado continuo de madera de 10 x 10 cmt. empotrado al piso. (Figura 56)

En 1977 y con el respaldo de Reynolds Aluminio, S. A., iniciamos nuestras investigaciones personales con la construcción de una estructura anticatenada experimental de aluminio en los patios de la Universidad de la Salle, con la colaboración del Arq. Francisco Montero, catedrático de la misma institución; cubren un área de 39.00 m², con un claro máximo de 8.00 mts. y una altura de 3.11 mts. (Figura 57 - Plano 1 - 2 y 3); la retícula está formada por dos redondos de aluminio macizo de ϕ 10 mm. con un borde libre y el resto con tubo de aluminio continuo de ϕ 10 cmts.

Durante Junio 1977 - Junio 1978, trabajamos a nivel de investigación solamente con modelos experimentales empíricos entre los que se cuentan una cubierta para invernadero con un claro de 24.07 mts. (Figura 58, Planos 4 - 5 - 6 - 7 y 8) con forma y niveles de borde anárquicos; un granero para ANDSA para salvar un espacio de almacenamiento de 20 x 40 mts. (Figura 59, Planos 9 - 10 y 11); 72 domos regulares para el complejo Banco de Comercio, S. A., con claros de 10 x 10 mts. (Plano 12).

Posteriormente durante el mismo año de 1978, el Sindicato de Cinematografistas nos encomendó el desarrollo completo de la cubierta para el patio central de su Escuela de Capacitación, la cual fué resuelta con el sistema antcatenado de aluminio; cubre un área de 345.20 m², con un claro máximo de 20.23 mts. y una altura sobre el nivel de azotea de 4.92 mts. (Figura 60 - 61 - 62 - 63 - 64 - 65 - 66 y 67; Planos 13 - 14 - 15 - 16 - 17 - 18 - 19 - 20 y 21); la retícula está formada por perfiles tubulares cuadrados de aluminio de ϕ 38 mm. de sección (Figura 68), atornillada a un borde continuo formado por un tubo de aluminio de ϕ 10 cmts. de sección. (Figura 69); la estructura está cubierta con lámina acrílica translúcida en rollo de 1.22 mts. de ancho.

Finalmente en el año de 1979, se aplicó el sistema antcatenado para la estructura de un penthouse que cubre la alberca, baño de vapor y descanso de una casa habitación localizada en Coyoacán, D. F., cubre un área de 98.29 m², con una altura de 4.12 mts. y un claro máximo de 11.56 mts. (Figura 70 a 100 - Planos 22 - 23 - 24 - 25 - 26 - 27 - 28 - 29 - 30 - 31); la retícula está formada por perfiles tubulares cuadrados de aluminio de ϕ 32 mm. de sección, atornillada a un borde continuo con niveles diferentes formado por un tubo mecánico de fierro de ϕ 10

cmts. ; en la cubierta se colocó lámina de acrílico translúcida - reforzada con fibra de vidrio en rollos de 1.22 mts. de ancho y pegada entre sí con cementos acrílicos fijada a la estructura con pijas cadminizadas con rondana de neopreno.

2. - CREACION DEL MODELO

2.1. - COMPRESION DEL SISTEMA

Se considera un elemento como soportante y no rígido, cuando puede transmitir un esfuerzo de tensión axial debido a su forma de fabricación siendo unidimensionalmente lineales; - este elemento está representado físicamente por cables, hilos ó cadenas. Este elemento no rígido asume la forma de una catenaria cuando está sostenido por sus extremos y cargado uniformemente por su peso propio, siendo así que las componentes del elemento trabajan a tensión.

Cuando ésta catenaria se invierte, ó lo que es lo mismo obtenemos la imagen espejo girada 180°, entonces los esfuerzos de las componentes de la catenaria se invierten igualmente, trabajando a compresión dentro de un elemento flexible rígido con carga uniformemente repartida.

Analógicamente podemos considerar una red bidimensional de elementos soportantes no rígidos que transmitan sus esfuerzos de tensión axial debido a su forma de fabricación siendo bidimensionalmente lineales; esta red formada con elementos no rígidos asume una forma espacial curva, muy aproximada-

a la catenaria al sostenerla perimetralmente por sus extremos y cargándola uniformemente con su peso propio; las componentes de los elementos que forman esta red igualmente trabajan a tensión.

Cuando esta red catenada se invierte o giramos su imagen espejo 180° , asume la forma de una concha o domo que llamaremos anticatenado, en el cual los esfuerzos de las componentes de la red también se invierten trabajando a compresión pero en un elemento flexible rígido con carga uniformemente repartida, formando una superficie curva de esfuerzos que se transmiten a los extremos perimetrales por cada uno de los elementos de la red.

Este domo anticatenado no estará libre de momentos flexionantes y esfuerzos cortantes en tanto los módulos romboidales no sean rigidizados en los nodos o cruces de los elementos que forman la concha anticatenada.

Es muy importante hacer notar que solamente las retículas ó elementos que pasan proyectados en planta sobre los ejes centrales X y Y de la red suspendida, asumen la forma aproxima-

da de una catenaria, y a partir de estos ejes hacia sus extre--
mos positivos y negativos las catenarias van teniendo una in--
clinación respecto a un plano vertical progresiva en cada una
de ellas, producida por la transmisión bidimensional de esfuer--
zos de las componentes de los elementos de la retícula.

Podemos concluir por todo lo anteriormente expuesto que los
elementos que forman la retícula de la red suspendida adque--
ren la forma aproximada de una catenaria en el espacio en pla--
nos no verticales. (Planos 1 - 9 - 12 - 14 y 26) y su forma -
es anticlástica.

2.2. - CARACTERISTICAS DE LA MALLA

Una malla suspendida es autoformadora, única y configurada
en equilibrio: Autoformadora porque una red colgante asu--
me su curvatura espacial independientemente de factores ex--
ternos.

Unica porque una malla sólo puede asumir una forma espacial
curva definida por su patrón, tipo y configuración del borde ó
punto de suspensión, por lo que cualquier cambio en estos ele--
mentos formativos influye y produce nuevas formas espaciales
curvas.

Configurada en equilibrio porque existe un estado de equilibrio entre las fuerzas de tensión de la malla colgante y en la carga muerta uniformemente repartida que actúa sobre la red, caracterizada por una distribución de fuerzas de conducción-mútua una sobre otra.

La cadena formada por eslabones puede ser el elemento lineal soportante, no rígido que nos trasmite fuerzas de tensión y - que al fabricarla bidimensionalmente nos generará una malla uniforme de cadenas de módulos cuadrados constantes en posición plana que se convertirán en módulos rómbicos con ángulos diferentes en la forma curva espacial de la malla suspendida.

El tipo de malla conveniente es la llamada cinemática, considerará así cuando la distancia entre los nodos unidos con las líneas de la malla permanecen constantes cuando los ángulos de esta cambian.

El tamaño de los eslabones de la cadena deben de ser considerablemente pequeños al límite que conserven un determinado peso propio que nos origine la catenaria al estar suspendida - por sus extremos y el colgamiento sea evidente, de tal forma - que el material más conveniente para la fabricación de la malla puede ser formado con eslabones de alambre de acero cro-

mado ó inoxidable, igualmente que los ojillos o nodos de unión en las intersecciones de las retículas de la malla.

Otros profesionistas recomiendan para la fabricación de la malla una cadena fina formada con eslabones de oro, pero dado el costo elevado del metal y su poco peso no cumple con las características requeridas.

2.3. - MODELO DE FORMA

El modelo de forma será la réplica en madera a una escala conveniente del espacio arquitectónico que deseemos cubrir.

Un requisito indispensable dentro de éste modelo de madera será el desarrollo espacial de los bordes sobre los cuales descansará perimetralmente nuestra estructura y deberá estar fabricado invertidamente de acuerdo a su imagen espejo girada 180° , (Figura 71). Dado que nuestra tesis versa sobre el desarrollo real y matemático del sistema estructural de domos anticatenados, debemos basar nuestros datos sobre un levantamiento topográfico de bordes del área a cubrir, efectuado con aparatos de precisión milimétrica que contengan acotaciones de paramentos, ángulos y niveles del espacio arquitectónico mencionado. (Plano 4 - 5 - 13 y 22). Los bordes del modelo de forma invertida deberán estar suspendidos a una al

tura tal que permita el libre colgamiento de la malla para la elección de la forma.

2.4. - DETERMINACION DE FORMA

El proceso para encontrar la forma difiere substancialmente dentro de un modelo de investigación o desarrollo empírico ó matemático. Nuestro caso es de desarrollo matemático, por lo cual la elección de forma es llevada a cabo por medio de un proceso sumamente libre y empírico para la determinación de la forma, que se convierte en un proceso iterativo de optimización al tender nuestra malla de cadenas sobre el modelo de forma invertido.

Para tender la malla de cadenas sobre el modelo de forma invertido, (Figura 73), se necesitan tomar las líneas individuales de la malla y curPEARLAS en forma uniforme para lograr una superficie espacial armónica a través de toda la malla bidimensionalmente suspendida y eliminando cualquier colgamiento individual de retícula (Figura 60 - 61 - 74 y 75). En la determinación de forma debemos de tomar en cuenta la magnitud de flecha en las catenarias matriciales del eje X y Y para cumplir con las determinantes de inestabilidad de los materiales del sistema de cúpulas o domos que más adelante tra

haremos y que es básico en nuestro sistema.

En nuestro proceso de desarrollo matemático, y una vez elegida la forma al tender la malla de cadenas, únicamente lograremos con esto obtener los datos de flecha y claro a salvar en las catenarias sobre el eje X y Y que llamamos matriciales, porque nos generarán el resto de las catenarias en el espacio a partir de estas mismas y formarán el completo de la cúpula de nuestra estructura.

2.5. - MAQUETA PARA PATRONES

Hasta el momento hemos obtenido por medio del tendido de la malla de cadenas sobre el modelo invertido, los datos necesarios para desarrollar nuestro patrón ortogonal de catenarias para nuestro domo por medios matemáticos que más adelante analizaremos, sin embargo igualmente requerimos los patrones desarrollados para la cubierta, que aunque igualmente se pueden obtener matemáticamente, no hemos podido hasta el momento investigarlos, de tal forma que el medio que nos queda para lograrlo es el proceso empírico, por lo cual necesitamos una maqueta a escala de los bordes sobre los cuales se asentará la estructura del domo del espacio arquitectónico a cubrir. (Figuras 62 y 70, Planos 24 y 25).

2.6. - PATRON EMPIRICO DE RETICULA

El patrón es el desarrollo ortogonal de la forma curvada es -
pacial de la red colgante y contiene las longitudes de todas --
las líneas de la red.

Estas longitudes se obtienen matemáticamente por medio de --
su flecha y claro correspondiente o manualmente con com --
pás midiendo de la malla colgante cada uno de los extremos -
de las retículas a partir del último módulo completo que llega
a los bordes, misma cota que se transportará a la retícula or -
togonal dibujada a escala en planos.

Para este proceso es necesario dar una nomenclatura a to --
das y cada una de las retículas de la malla colgante y en tal -
forma que el patrón por ningún motivo pierda su orientación
dado que al pasar los datos de la forma invertida al plano de -
patrón de la forma de imagen real pueda causar confusión y
resultados contrarios. Para garantizar una ejecución co --
rrecta, es conveniente dar una nomenclatura numérica a --
cada uno de los lados que formen el borde del domo, tantos -
como sean necesarios y con sub-índice numérico a cada una
de las retículas que lleguen al borde respectivo. (Plano 2-
8 - 11 - 18 y 23).

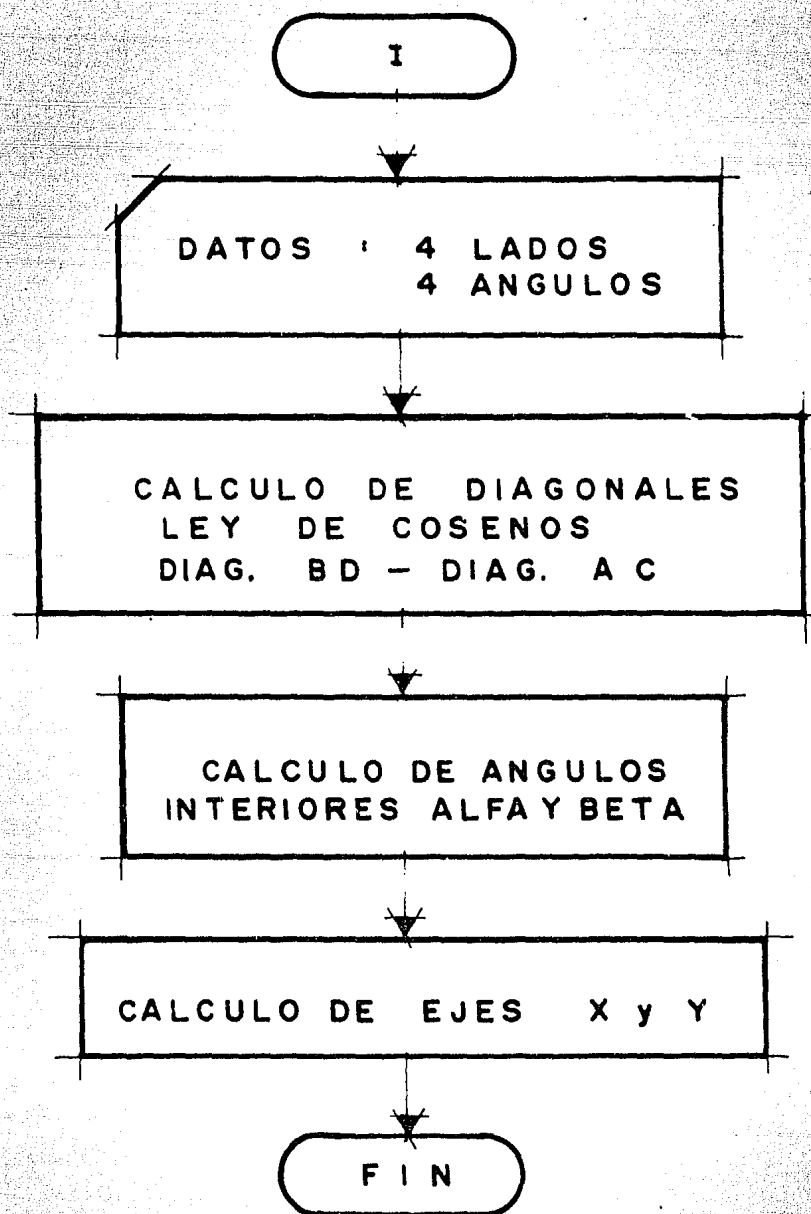
2.7. - DETERMINACION DE LA CUBIERTA

Con el patrón a escala de la imagen real del desarrollo ortogonal de la malla, se tendrá necesidad de construir el domo a escala montado sobre el modelo de madera igualmente a escala. Para esto conviene utilizar tiras de aluminio de 1 x 3 mm. de sección que nos puedan idealizar los materiales factibles de usar en la realidad. A manera de pernos para unir la retícula y que nos formen los nodos con posibilidad de giro, se puede utilizar hilo de nylon que al pasarlo por los taladros equidistantes de la retícula y fundiendo sus extremos nos trabajen como pernos. Una vez teniendo la retícula de aluminio a escala y marcada la nomenclatura en la misma, se procederá a colocarla sobre el modelo de madera reducido, que igualmente contendrá su respectiva nomenclatura. Este proceso de montaje es sumamente importante para el método ejecutivo de montaje real que más adelante efectuaremos en sitio, encontrando de una manera muy generalizada el proceso a seguir (Figura 62) y cantidad de equipo y herramienta necesaria.

Con la retícula montada sobre el modelo reducido, podemos fácilmente determinar los patrones de cubierta la cual será de lámina plana acrílica reforzada con fibra de vidrio de

1.6 mm. de espesor, en rollos de 1.22 mts. de ancho que nos cubre un doble módulo de nuestra estructura que es de 53.3933 cmts. (Figuras 65 y 91). Estos patrones se determinan colocando sobre la retícula reducida, láminas de P.V.C. a escala igualmente reducida, tratando de evitar en lo más posible las deformaciones producidas por la curvatura del domo, eligiendo la longitud de lámina, traslapes necesarios y optimización de desperdicio. (Figura 63, Plano - 30), aunque esto se pueda determinar matemáticamente.

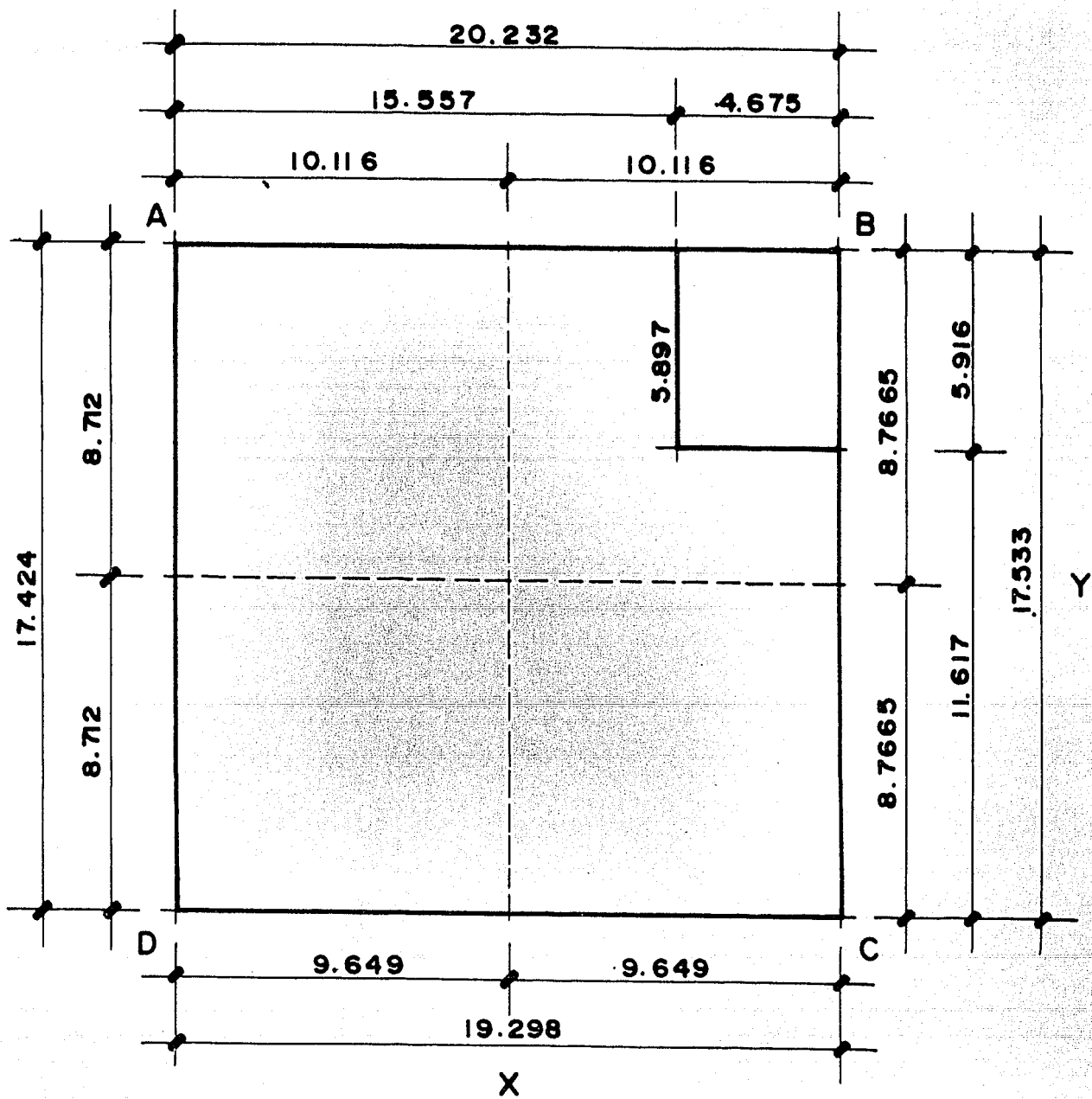
3. - DISEÑO GEOMETRICO DE LA RETICULA
- 3.1. - PROGRAMA PARA CALCULAR LOS EJES X y Y



Para ejemplificar el desarrollo matemático para diseñar la geometría de los elementos longitudinales de la retícula de un domo anticatenado, nos apoyaremos en un caso real ya ejecutado que es el construido para el Sindicato de Cinematografistas, que cubre el patio central de la escuela de técnicos y manuales del mismo sindicato.

Nuestros datos básicos están apoyados en un levantamiento topográfico de los bordes que soportarán la estructura reticulada del domo anticatenado de acuerdo con el plano 13 y del modelo de forma con el tendido de cadenas que nos proporcionará el peralte de las catenarias matriciales en los ejes X y Y, las cuales nos generarán el resto de las catenarias que forman la retícula del domo. (Figura 60 y 61).

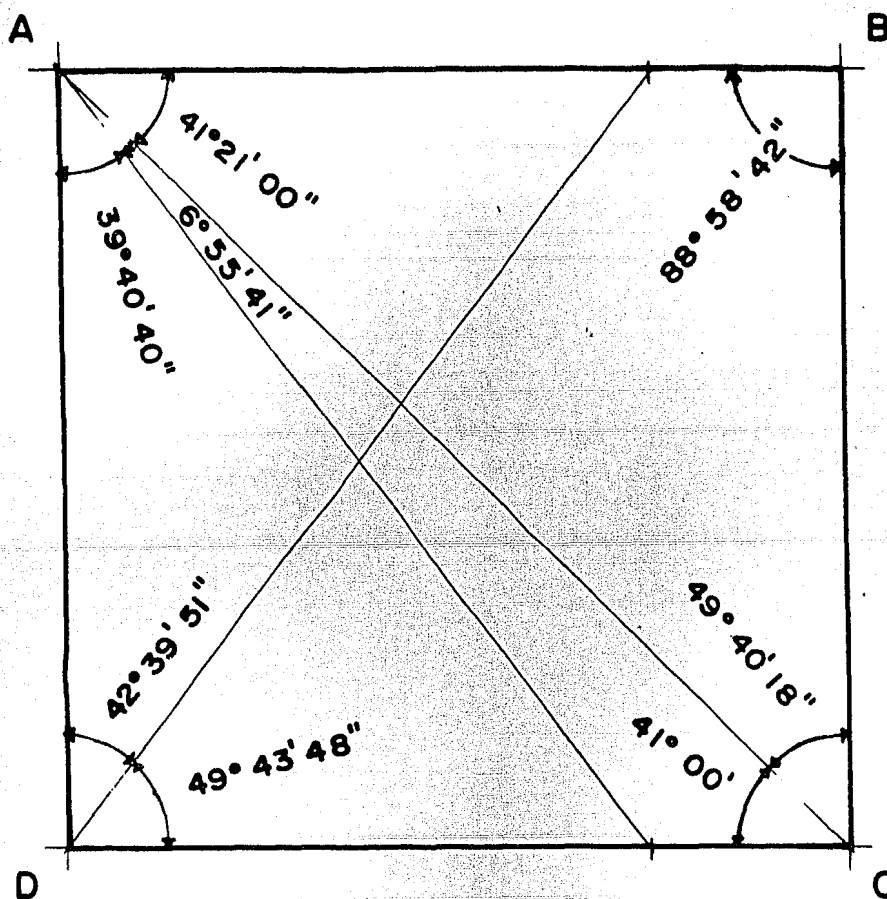
3.2. - DATOS TOPOGRAFICOS



ANGULOS	GRADOS	GRADOS	RADIANES
A	87° 57' 21"	87.955833°	1.53511888
B	88° 58' 42"	88.978333°	1.55296488
C	90° 40' 18"	90.671666°	1.58251912
D	92° 23' 39"	92.3941666°	1.61258241

Los ejes X y Y están trazados a partir de la mitad de los --
cuatro lados

3.3 - CALCULO DE ANGULOS EXTERIORES



$$\begin{array}{r} \text{ANG. A} = \\ + \quad 41^\circ \quad 21' \quad 00'' \\ \quad \quad 6^\circ \quad 55' \quad 41'' \\ \quad \quad 39^\circ \quad 40' \quad 40'' \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 86^\circ \quad 116' \quad 81'' \\ 86^\circ \quad 117' \quad 21'' \\ \hline \end{array}$$

A =	87°	57'	21''
-----	-----	-----	------

$$\begin{array}{r} 87^\circ \quad 57' \quad 21'' = A \\ + 90^\circ \quad 40' \quad 18'' = C \\ \hline 92^\circ \quad 23' \quad 39'' = D \end{array}$$

$$\hline 269^\circ \quad 120' \quad 78''$$

$$\begin{array}{r} \text{ANG. C} = \\ \quad \quad 49^\circ \quad 40' \quad 18'' \\ + \quad \quad 41^\circ \quad 00' \quad 00'' \\ \hline \end{array}$$

C =	90°	40'	18''
-----	-----	-----	------

$$\begin{array}{r} \text{ANG. D} = \\ \quad \quad 42^\circ \quad 39' \quad 51'' \\ + \quad \quad 49^\circ \quad 43' \quad 40'' \\ \hline \end{array}$$

$$\begin{array}{r} 91^\circ \quad 82' \quad 99'' \\ 91^\circ \quad 83' \quad 39'' \\ \hline \end{array}$$

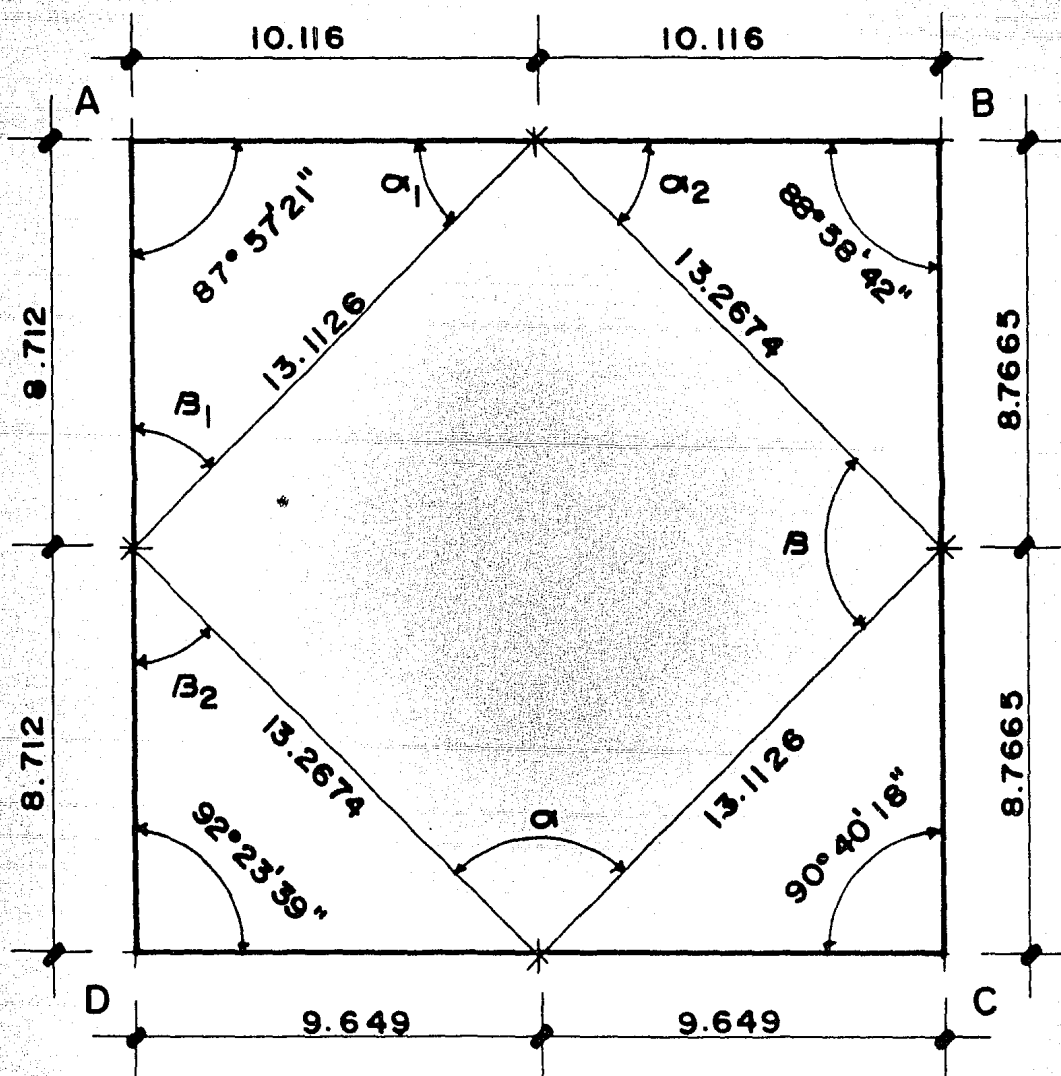
D =	92°	23'	39''
-----	-----	-----	------

$$A + B + C = 271^{\circ} 1' 18''$$

$$\begin{array}{r} \Sigma = 359^{\circ} 59' 60'' \\ - 271^{\circ} 1' 18'' \end{array}$$

$B = 88^{\circ} 58' 42''$

3.4. - CALCULO DE ANGULOS INTERIORES



$$\text{Sen } \alpha_1 = \frac{8.712 \times \text{Sen } A}{13.1126} = 0.6639763223$$

$$\alpha_1 = 41.6038$$

$$\alpha_1 = 41^{\circ} 36' 13.82''$$

$$\text{Sen } \alpha_2 = \frac{8.7665 \times \text{Sen } B}{13.2674} = 0.6606498889$$

$$\alpha_2 = 41.3494$$

$$\alpha_2 = 41^\circ 20' 58.04''$$

$$\alpha = 180 - (\alpha_1 + \alpha_2) = 97.04670465$$

$\alpha = 97^\circ 02' 48''$

$$\text{Sen } \beta_1 = \frac{10.116 \times \text{Sen } A}{13.1126} = 0.770980771$$

$$\beta_1 = 50.4420$$

$$\beta_1 = 50^\circ 26' 31.35''$$

$$\text{Sen } \beta_2 = \frac{9.649 \times \text{Sen } D}{13.2674} = 0.7266365123$$

$$\beta_2 = 46.6051$$

$$\beta_2 = 46^\circ 36' 18.56''$$

$$\beta = 180 - (\beta_1 + \beta_2) = 82.95279967$$

$\beta = 82^\circ 57' 10''$

3.5. - CALCULO DE LOS EJES MEDIANOS

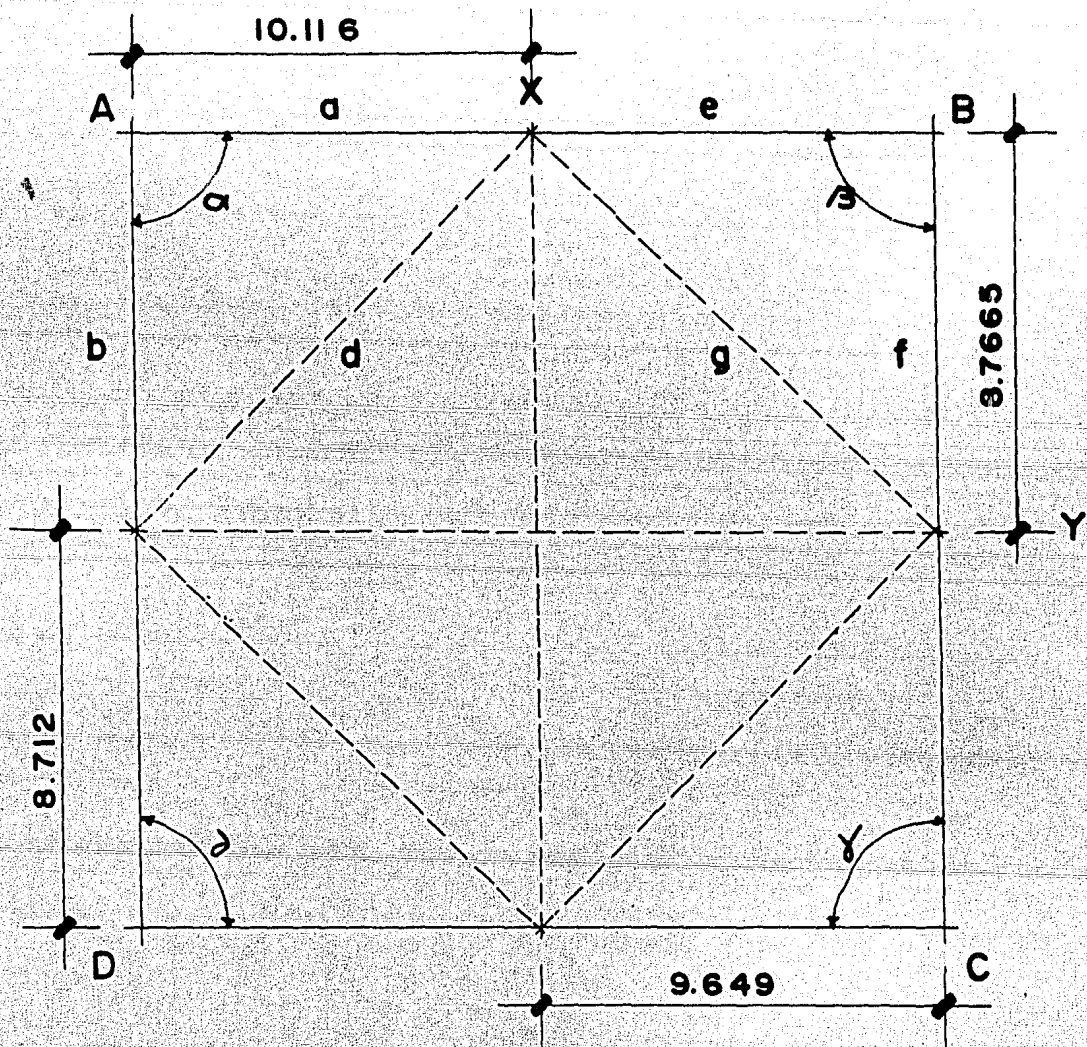
Igualmente se calculan con
base en los ángulos externos:

$$\alpha = 87^\circ 57' 21''$$

$$\beta = 88^\circ 58' 42''$$

$$\gamma = 90^\circ 40' 18''$$

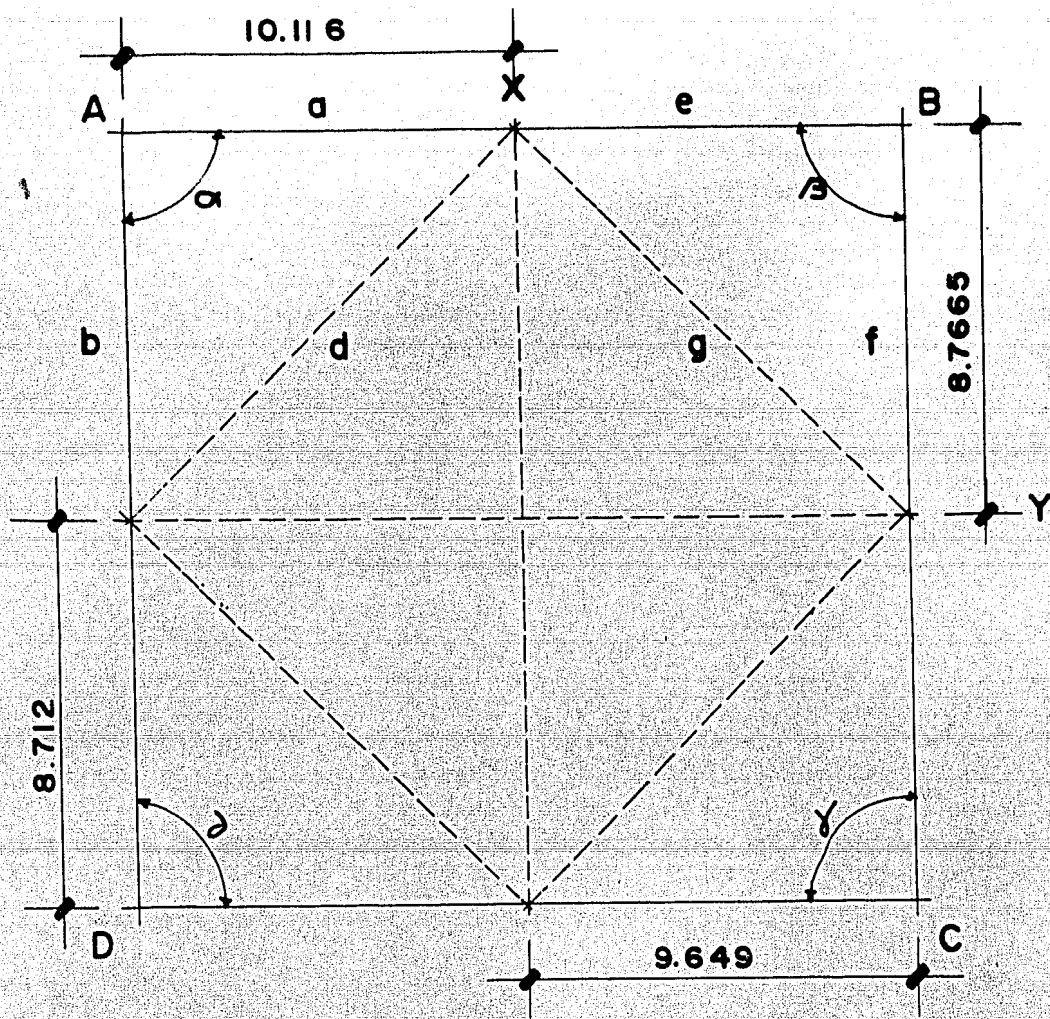
$$\delta = 92^\circ 23' 39''$$



Las diagonales se calculan por la ley de los cosenos:

$$d^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha$$

$$d = \sqrt{10.116^2 + 8.712^2 - (2 \times 10.116 \times 8.712 \times \cos 87^\circ 57' 21'')} \\ d = 13.1126$$



Las diagonales se calculan por la ley de los cosenos:

$$d^2 = a^2 + b^2 - 2ab \cos \alpha$$

$$d = \sqrt{10.116^2 + 8.712^2 - (2 \times 10.116 \times 8.712 \times \cos 87^\circ 57' 21'')}$$

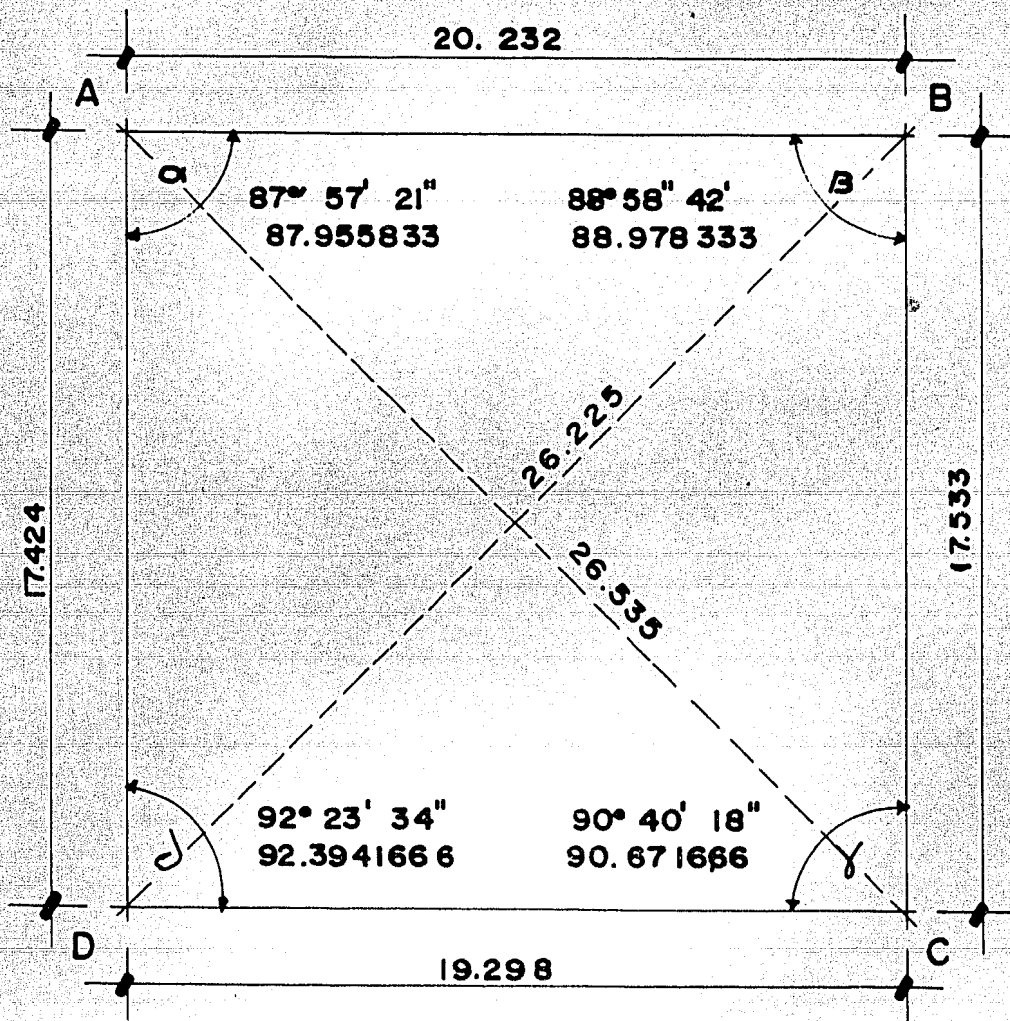
$$d = 13.1126$$

$$g^2 = e^2 + f^2 - 2ef \cos \beta$$

$$g = \sqrt{.10.116^2 + 8.7665^2 - (2 \times 10.116 \times 8.7665 \times \cos 88^\circ 58' 42'')}$$

$$g = 13.2674$$

3.6. - CALCULO DE DIAGONALES



Se calculan por la ley de los cosenos

$$\bar{DB}^2 = \bar{AB}^2 + \bar{DA}^2 - 2 \bar{AB} \bar{DA} \cos \alpha$$

$$\bar{DB} = \sqrt{20.232^2 + 17.424^2 - (20.232 \times 17.424 \times \cos 87^\circ 57' 21'')}$$

$$\text{DIAGONAL } \bar{DB} = 26.22529614$$

$$\text{COMPENSADA : } \frac{\bar{DB}}{2} = 13.11264807$$

$$\bar{AC}^2 = \bar{AB}^2 + \bar{BC}^2 - 2 \bar{AB} \bar{BC} \cos \beta$$

$$\bar{AC} = \sqrt{20.232^2 + 17.533^2 - (20.232 \times 17.533 \times \cos 88^\circ 58' 42'')}$$

$$\text{DIAGONAL } \bar{AC} = 26.53480149$$

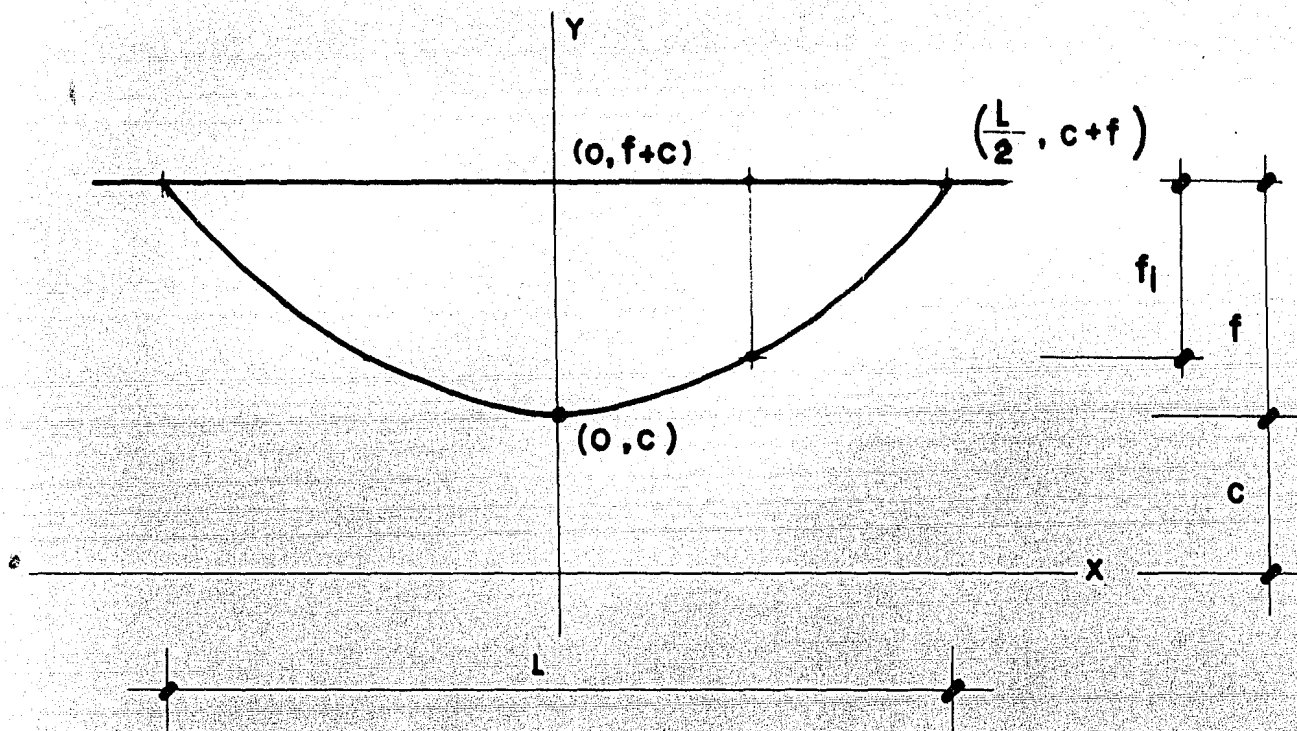
$$\text{COMPENSADA : } \frac{\bar{AC}}{2} = 13.26740075$$

3.7. - ALGORITMOS DE LA CATENARIA

La fórmula de la catenaria es:

$$y = c \cosh \frac{x}{c}$$

$$y = c \left(\frac{e^{\frac{x}{c}} + e^{-\frac{x}{c}}}{2} \right) \text{----- (1)}$$



Para encontrar C conocidos Flecha f y claro L se aproxima la función:

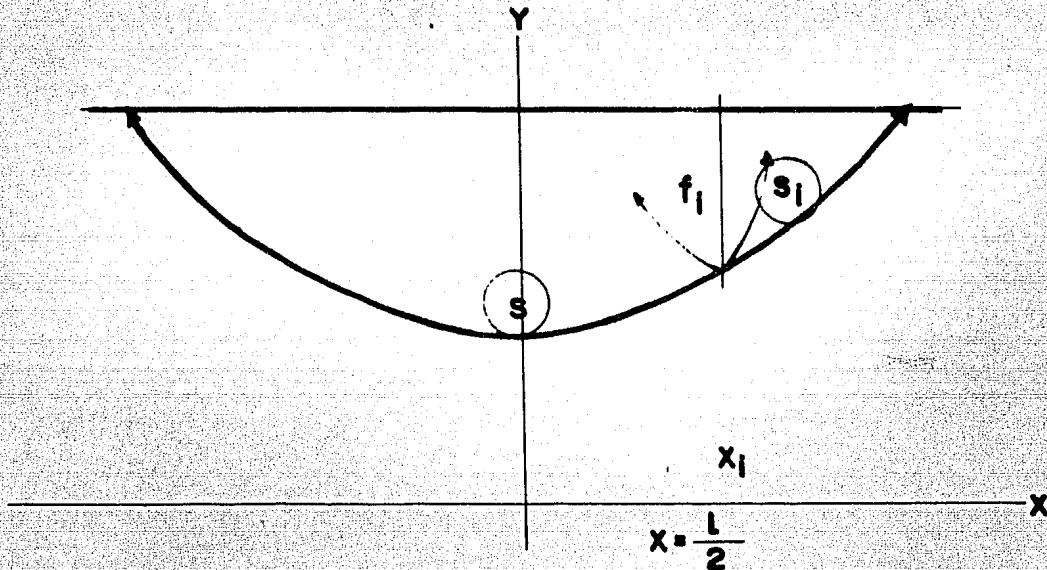
$$c+f = c \cosh \frac{L}{2c}$$

ES DECIR :

$$c+f = c \left(\frac{e^{\frac{L}{2c}} + e^{-\frac{L}{2c}}}{2} \right)$$

$$2(c+f) = c(e^{\frac{L}{2c}} + e^{-\frac{L}{2c}})$$

$$c \left(e^{\frac{L}{2c}} + e^{-\frac{L}{2c}} \right) - 2(c+f) = 0 \quad (2)$$



Una vez encontrado el valor de C de (2), el desarrollo s de la catenaria matriz es:

$$s = 2c \operatorname{Sen} h \frac{L}{2c} \qquad s = 2c \left(\frac{e^{\frac{L}{2c}} - e^{-\frac{L}{2c}}}{2} \right)$$

ESTO ES: $s = c \left(e^{\frac{L}{2c}} - e^{-\frac{L}{2c}} \right)$

EL DESARROLLO s_i DE LAS CATENARIAS SECUNDARIAS ES SIMILAR AL ANTERIOR.

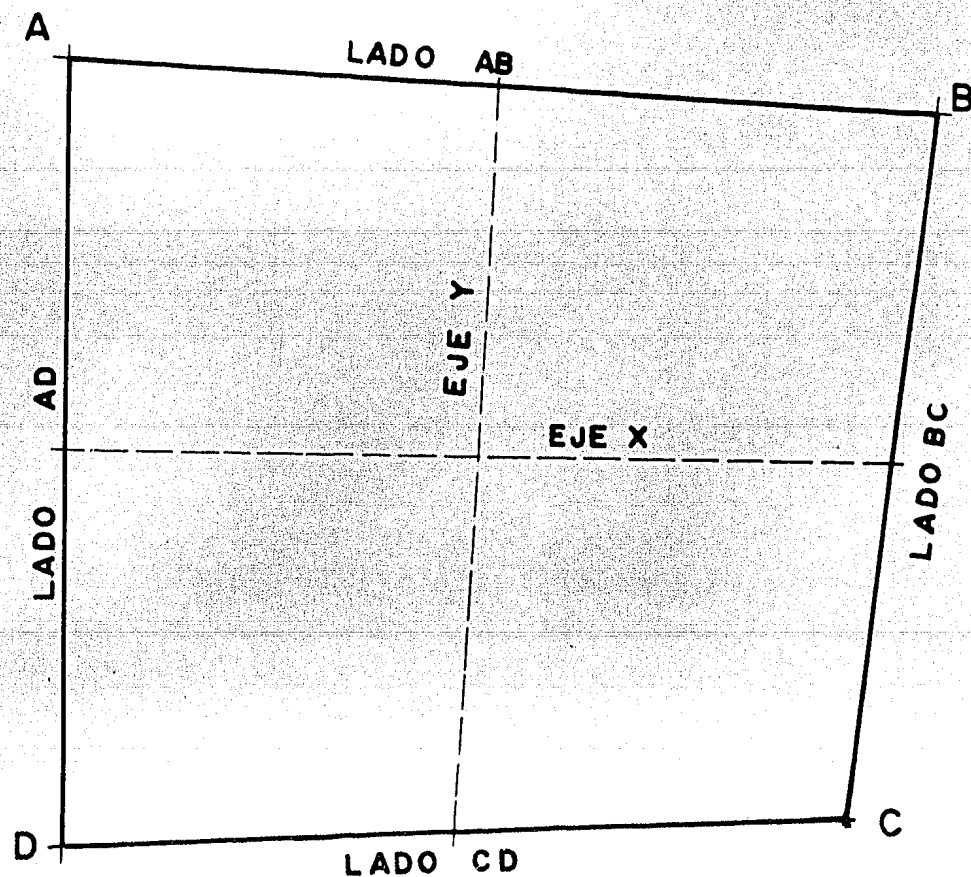
SABIENDO QUE: $f_i = f + c - c \cos h \frac{x_i}{c}$

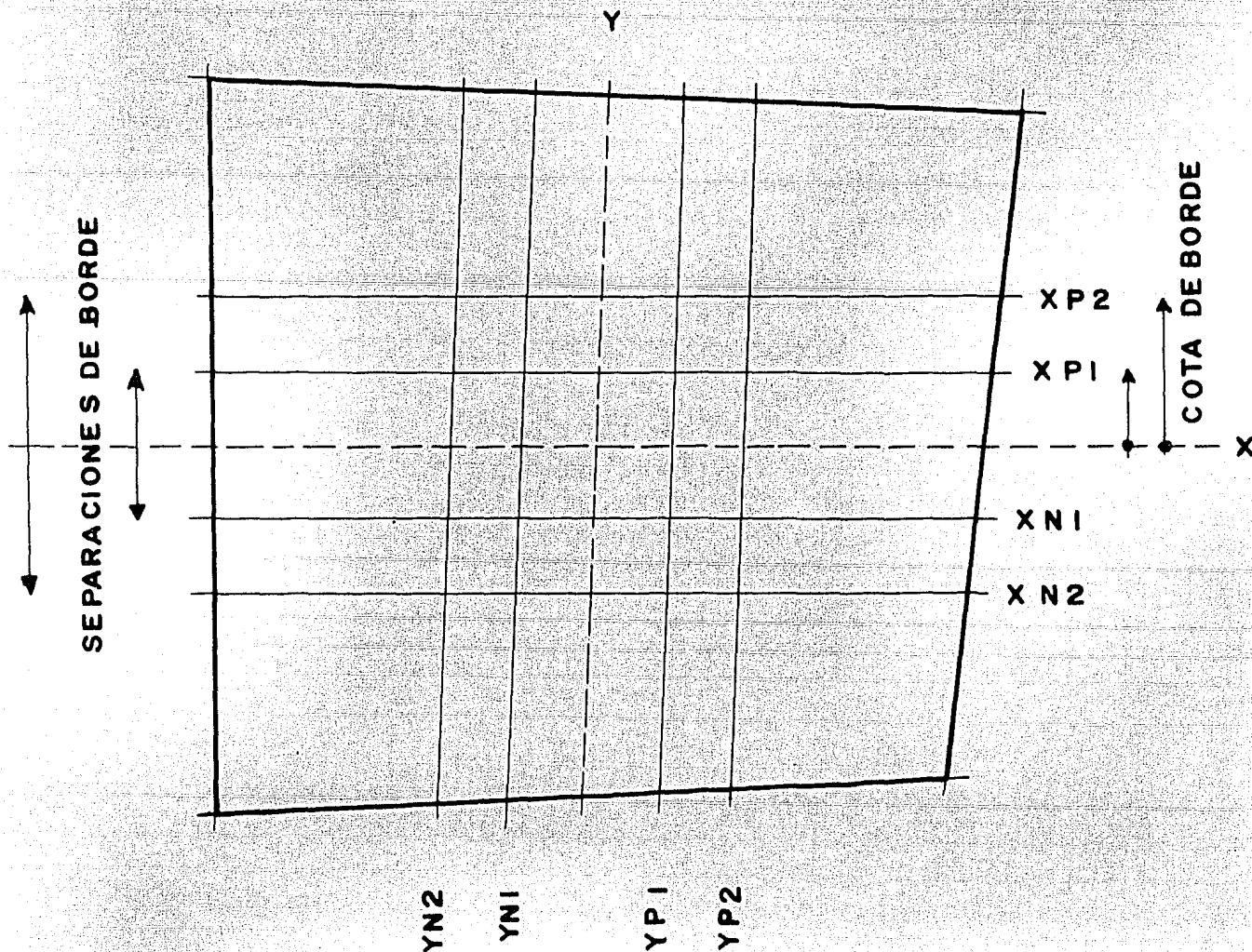
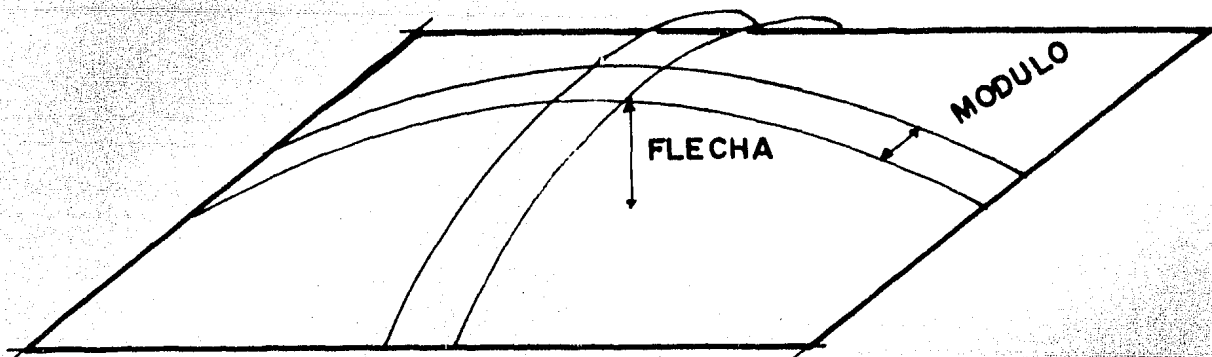
ENTONCES: $s_i = \operatorname{Sen} = h \frac{x}{c}$

3.3. - PROGRAMA DEL DISEÑO GEOMETRICO

Este programa se elaboró en lenguaje Fortran y calcula la longitud de las cuerdas de una retícula uniforme dispuesta en una superficie catenaria y de planta cuadrangular. Restando el número completo de módulos que entran en la longitud de cada elemento de la retícula, resultarán las cotas extremas de las mismas para su fijación en los bordes perimetrales del espacio arquitectónico que deseamos cubrir y el patrón correspondiente para el armado de la retícula del domo anticatenado.

3.3.1. - NOMENCLATURA DE DATOS





X_{P1} RETICULA NUMERO 1 POSITIVA EN EL SENTIDO DEL EJE X

Y_{N2} RETICULA NUMERO 2 NEGATIVA EN EL SENTIDO DEL EJE Y

3.3.2. - TARJETAS DE DATOS



Lleva los datos correspondientes a los cuatro lados del cuadrángulo:

AB, BC, CD, AD en metros con formato F 12.3



Lleva los ángulos A, B, C, D en radianes con formato F 12.3



Lleva la flecha y el módulo de la retícula en metros -- con formato F 12.3



Lleva el número de ejes XP

el número de ejes XN

el número de ejes YP

el número de ejes YN

en éste orden con formato libre y separados por coma.



Lleva las dos separaciones de borde del eje XP1 en -- metros con formato F 12.3 en cualquier orden.



Lleva las dos separaciones de borde del eje XP2 en -- metros con formato F 12.3 en cualquier orden.

T. SUCESIVAS

Todas las demás tarjetas corresponden sucesivamente a las separaciones de los ejes: XN

YP

YN

en ese orden y con el mismo formato de las tarjetas - 5 y 6.

3.9. - CORRIDA DE PROGRAMA

Este programa se corrió en la máquina Burroughs del Centro de Cómputo de la Universidad Nacional Autónoma de México en Ciudad Universitaria y sus resultados aparecen a continuación.

Es muy importante hacer notar que nuestra retícula fué armada de acuerdo con los datos computados proporcionados por el programa y vaciados en el plano 19. Estos datos los comparamos con los obtenidos en el modelo reducido, plano 13 y con los que resultaron en la realidad al montarla, plano 20. Con todos los datos obtenidos de modelo, de computación y de montaje elaboramos el plano 21 para poder apreciar sus diferencias, las cuales exitosamente fueron mínimas.

COMERCIO EN ABIC PARA EL GRATISTAS
SINDICATE DE CINE RATCGRAFISTAS

CONSTRUCCION PFS JALFYS
ARRRGO. FRANCISCO SCROREYNA

ARRRGO. FRANCISCO SCROREYNA

ARRRGO. FRANCISCO SCROREYNA

ARRRGO. FRANCISCO SCROREYNA

**APARTIR DE
ESTA PAG.**

**FACLA DE
ORIGEN.**

1
2
3
4
5
6
7
8
9
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20
21
22
23
24
25
26
27
28
29
30
31
32
33
34
35
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100

DATE: SEP 9, 1978 12:42:42, SYSTEM SERIAL: 126, B6700 MCP: SYSTEM/X/MCP. II.08.000

WORK FLOW STATEMENTS

1 JOB DCMC
 2 FCBA, CLASS # 5 IBCGIN
 3 FILE DCMC/CATENARIC FORTRAN, DATA
 4
 5
 6
 7
 8
 9
 10
 11
 12
 13
 14
 15
 16
 17
 18
 19
 20
 21
 22
 23
 24
 25
 26
 27
 28
 29
 30
 31
 32
 33
 34
 35
 36
 37
 38
 39
 40
 41
 42
 43
 44
 45
 46
 47
 48
 49
 50
 51
 52
 53
 54
 55
 56
 57
 58
 59
 60
 61
 62
 63
 64
 65
 66
 67
 68
 69
 70
 71
 72
 73
 74
 75
 76
 77
 78
 79
 80
 81
 82
 83
 84
 85
 86
 87
 88
 89
 90
 91
 92
 93
 94
 95
 96
 97
 98
 99
 100

JOB SUMMARY

SEP 09 1978
 12:36:34
 BCJ 2119
 DCMC
 PREFIX: 5
 PHYSICALS: 12
 USERCCCE: FCBA.

```

12:36:35 ECT 2120 SYSTEM/FORTRAN.
TASK TYPE: CCRCUTINE
PRIORITY: FCBA.
CCCODE: FCBA/CATENARIC.
USFRCODE: FCBA.

12:37:06 BCT 2125 (FCBA)DLC/CATENARIC ON PACK.
TASK TYPE: DEPERCENT TASK(PROCESS).
PRIORITY: FCBA.
CCCODE: FCBA.
USFRCODE: FCBA.
AVERAGE CCRC: USAGE CODE=9103 DATA=1273413
ELAPSED TIME: CC:OC:32

12:37:26 EGT 2125 (FCBA)DHC/CATENARIC ON PACK.
TASK TYPE: FCBA.
PRIORITY: FCBA.
CCCODE: FCBA.
USFRCODE: FCBA.
AVERAGE CCRC: USAGE CODE=2230 DATA=2416
ELAPSED TIME: CO:CO:19

12:37:27 ECJ 2119 FCBA.
TASK TYPE: FCBA.
PRIORITY: FCBA.
CCCODE: FCBA.
USFRCODE: FCBA.
AVERAGE CCRC: USAGE CODE=90 DATA=1394
ELAPSED TIME: CO:OC:53

```


5,F12.E//,130(')')

C CALCULO DE CONSTANTES DE LAS CATENARIAS

```

CALL (40) MCDX
WRITE (6,220)

```

C ESCRITURA DE RESULTADOS

```

30 CALL (60) MCDY
WRITE (6,230)

```

EJES DE REFERENCIA //,130(')' //

24

```

WRITE (6,240)

```

26

```

WRITE (6,260)

```

C CALCULO DE FRECUENCIAS Y FLECHAS

```

CALL (40) MCDX
WRITE (6,270)

```

40

```

WRITE (6,280)

```

50

```

WRITE (6,290)

```

60

```

WRITE (6,300)

```

Vertical column of control characters and numbers on the right margin.

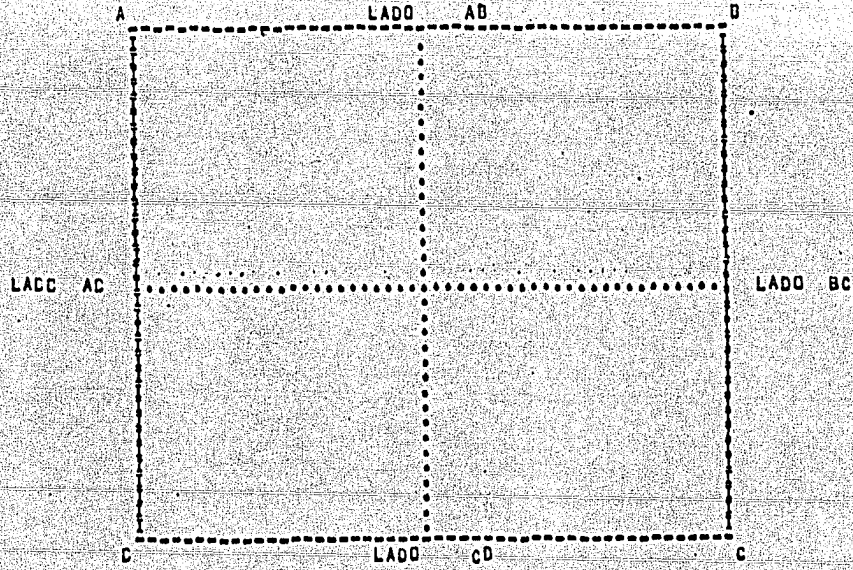

```
FUNCTION PROY (C,XMOD,PRE)
DELTX = 0.1
5 Y = X/PC - C*SINH(X/C)
IF (Y) 15,20,10
10 X = X + DELTX
GO TO (DELTX-PC) 20,20,10
15 IF (DELTX-PC) 20,20,10
18 DELTX = DELTX/10.
DELTC = C
20 RETURN X
END
```

```
START OF SEGMENT 00E
COE10000010
COE10000020
COE10000030
COE10000040
COE10000050
COE10000060
COE10000070
COE10000080
COE10000090
COE10000100
COE10000110
COE10000120
COE10000130
COE10000140
COE10000150
COE10000160
COE10000170
COE10000180
COE10000190
COE10000200
SEGMENT 00E IS 0018 LONG
```

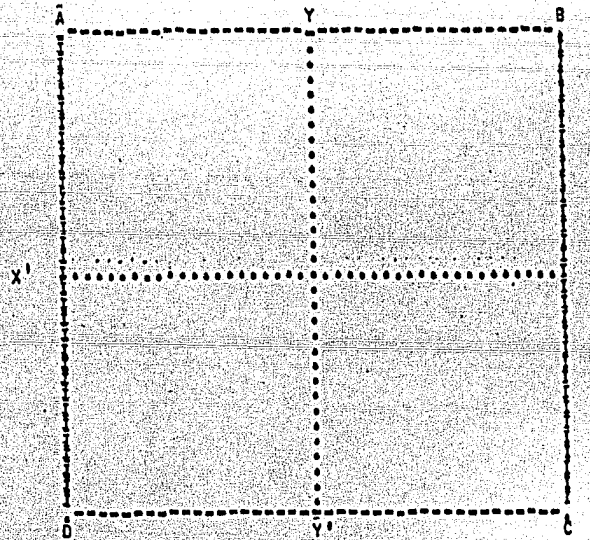
NO ERRORS DETECTED. NUMBER OF CARDS = 368.
COMPILATION TIME = 29 SECONDS ELAPSED. 5.60 SECONDS PROCESSING.
ESTIMATED CORE STORAGE REQUIREMENT = 1877 WORDS.
FILE SIZE = 140 WORDS. ESTIMATED CORE STORAGE REQUIREMENT = 1877 WORDS.
NUMBER OF PROGRAM SEGMENTS = 31. NUMBER OF DISK SEGMENTS = 117.
PROGRAM CODE FILE = (FG24)CCVD/CATENARIC CN PACK. COMPILER COMPILED ON 08/27/76

FORMAT SEGMENT IS 005A LONG
START OF SEGMENT 00F
SEGMENT 00F IS 0015 LONG

DOMO CATENARIO



DOMO CATENARIO



LADO AB	20.2320000	ANGULO A	1.53511888	DIAGONAL AC	26.53469368	AREA	345.31322329
LADO BC	17.5330000	ANGULO B	1.55296488	DIAGONAL BD	26.22557416	FLECHA	4.92000000
LADO CD	19.2980000	ANGULO C	1.58251912	DIAGONAL X	19.76501995	MODULO	0.53398800
LADO AC	17.4290000	ANGULO D	1.61258241	DIAGONAL Y	17.47224487		

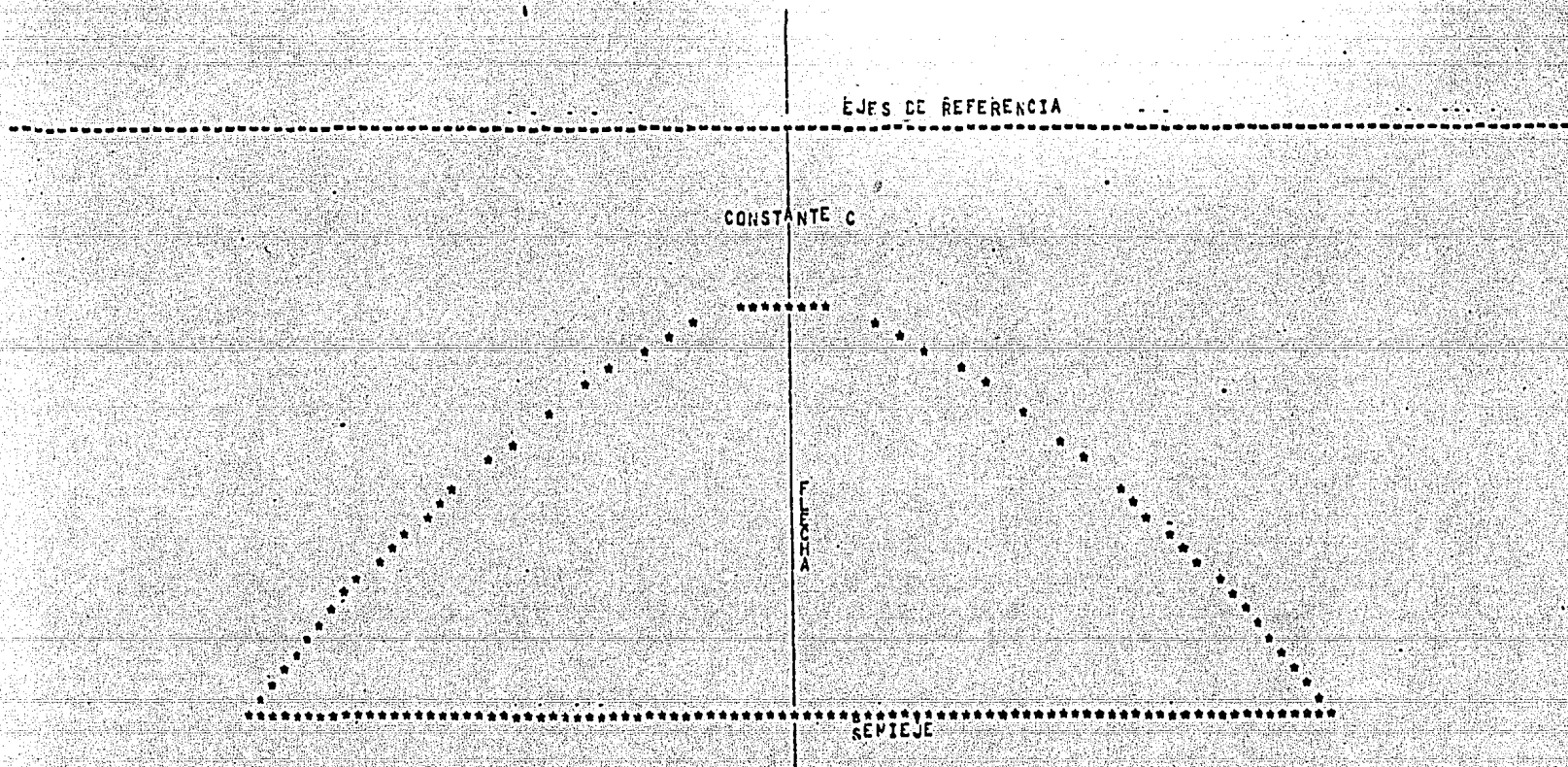
COMO CATERARIO

CONSTRUCCIONES Y DISEÑOS

	EJE X	EJE Y
CONSTANTE C	10.65713900	8.46874500
CLARCS	19.76501995	17.47224487
DESARROLLO	52.72202805	20.74018698
MOCLLOS	42.55157054	38.84017427

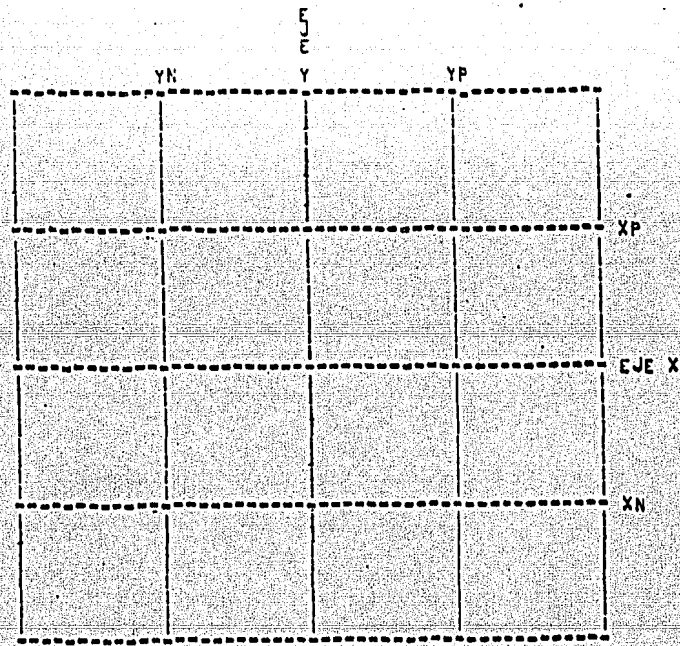
LECHO CATENARIC

CONSTRUCCIONES Y DISEÑOS



COMO CATENARIO

CONSTRUCCIONES Y DISEÑOS



COMO CATENARIC

ESPACIALES Y DISEÑOS

NUMERO DE MODULOS DEL SEMEJE X	PROYECCION	FLECHA
1	0.5337650	4.9066303
2	1.0661970	4.8666215
3	1.5959920	4.8002702
4	2.1219050	4.7080587
5	2.6427710	4.5906385
6	3.1575290	4.4488071
7	3.6652320	4.2834846
8	4.1650610	4.0956853
9	4.6563240	3.8864924
10	5.1384560	3.6570327
11	5.6110170	3.4084522
12	6.0730020	3.1418970
13	6.5262270	2.8584986
14	6.9685270	2.5593553
15	7.4005340	2.2455283
16	7.8222730	1.9180296
17	8.2336290	1.5778174
18	8.6353330	1.2257973
19	9.0269590	0.8628152
20	9.4089080	0.4896644
21	9.7814100	0.1070783

CCMO CATENARIO

CONSTRUCCIONES Y DISEÑOS

NUMERO DE MODULOS DEL SEMIJE Y	PRYECCION	FLECHA
1	0.5336350	4.9031817
2	1.0651660	4.0529254
3	1.5925610	4.7698164
4	2.1139320	4.6547919
5	2.6275790	4.5090928
6	3.1320400	4.3341990
7	3.6260990	4.1317659
8	4.1088000	3.9035561
9	4.5794320	3.6513816
10	5.0375110	3.3770533
11	5.4827540	3.0823406
12	5.9150530	2.7689397
13	6.3344420	2.4384554
14	6.7410720	2.0923868
15	7.1351850	1.7321211
16	7.5170890	1.3589356
17	7.8871450	0.9739940
18	8.2457460	0.5783568
19	8.5933080	0.1729831

COMO CATEGORIO

ESPACIACIONES Y DISEÑOS

PROYECCION
PERIFERICAL

SEPARACION

1

2

3

4

5

6

CCHO CATEMARI

CONSTRUCCIONES Y DISEÑOS
ESPACIALES

EJE	SEPARACION DE BORDE NEGATIVO	LCS BORDES BORDE POSITIVO	CLARO	FLECHA CENTRAL	CONSTANTE C	DESARRILLO
XP1	0.4600000	0.5000000	19.79038420	4.90318166	10.71493400	22.72511974
XP2	0.9900000	1.0500000	19.81914738	4.85292541	10.84184900	22.8927700
XP3	1.4900000	1.5000000	19.84654750	4.76981638	11.03874000	22.63071905
XP4	2.0300000	2.1200000	19.87543858	4.65479189	11.30872000	22.53411265
XP5	2.5600000	2.6000000	19.90273682	4.50909284	11.86162800	22.40624471

COMO CATERARIC

ESPECIFICACIONES Y DISEÑOS

EJE	SEPARACION DE BORDE NEGATIVO	DE LOS BORDES POSITIVO	CLARO	FLECHA CENTRAL	CONSTANTE C	DESARROLLO
XN 1	0.59000000	0.52000000	19.73482597	4.90318166	10.65854900	22.87772080
XN 2	1.69000000	1.05000000	19.70745729	4.85292541	10.72734500	22.59814320
XN 3	1.65000000	1.59000000	19.67790321	4.76981638	10.86091200	22.48234719
XN 4	2.18000000	2.13000000	19.64934162	4.65479189	11.06728900	22.33460456
XN 5	2.71000000	2.67000000	19.62078530	4.56909284	11.35302600	22.15754777
XN 6	3.24000000	3.15000000	19.59348305	4.33419964	11.73063100	21.95417680
XN 7	3.79000000	3.70000000	19.56405696	4.13176592	12.21209600	21.73311471
XN 8	4.29000000	4.21000000	19.53708522	3.90355607	12.82520900	21.49572342
XN 9	4.81000000	4.76000000	19.50863295	3.65138160	13.59728200	21.25969660
XN10	5.37000000	5.26000000	19.47998043	3.37705328	14.57634900	21.03294520
XN11	5.86000000	5.76000000	19.45353353	3.08234057	15.83572200	20.81639283
XN12	6.37000000	6.26000000	19.42647824	2.76893966	17.47960400	20.58195485
XN13	6.90000000	6.76000000	19.39884513	2.43845541	19.68415000	20.40623984
XN14	7.40000000	7.31000000	19.37091486	2.09238680	22.75695200	20.80252145
XN15	7.92000000	7.84000000	19.34287349	1.73212113	27.28451800	21.49903139
XN16	8.46000000	8.36000000	19.31382433	1.35893558	34.53627400	23.49169027

COMO CATENARIC

CONSTRUCCIONES Y DISENOS

EJE	SEPARACION EJE DE NEGATIVO	EJE DE POSITIVO	CLARO	FLECHA CENTRAL	CONSTANTE C	DESARROLLO
YP1	0.55000000	0.53000000	17.47225632	4.90663034	8.48840900	20.72450972
YP2	1.07000000	1.09000000	17.47225632	4.86662148	8.54790000	20.87690837
YP3	1.59000000	1.56000000	17.47224487	4.80027018	8.64884500	20.59865780
YP4	2.10000000	2.10000000	17.47224487	4.70805874	8.79411000	20.49118622
YP5	2.61000000	2.64000000	17.47227083	4.59063847	8.98797600	20.35833093
YP6	3.15000000	3.16000000	17.47224773	4.44880709	9.23840300	20.19441881
YP7	3.88000000	3.70000000	17.47225632	4.28348462	9.54776700	20.01449565
YP8	4.21000000	4.24000000	17.47227063	4.09568530	9.93337500	19.81550949
YP9	4.73000000	4.72000000	17.47224773	3.88649237	10.40869700	19.60814631

COMO CATENARIO

ESCALAS, DISTRIBUCIONES Y DISEÑOS

EJE	SEPARACION DE BORDE NEGATIVO	DE LOS BORDES POSITIVO	CLARO	FLECHA CENTRAL	CONSTANTE C	DESARROLLO
YN 1	0.52000000	0.50000000	17.47225632	4.90663034	8.48840900	20.72429299
YN 2	1.05000000	1.00000000	17.47231641	8.86662148	8.54795400	20.67687692
YN 3	1.57000000	1.54000000	17.47227063	4.80027018	8.64886900	20.59667962
YN 4	2.08000000	2.05000000	17.47227063	4.70805874	8.79413400	20.49120848
YN 5	2.55000000	2.55000000	17.47224487	4.59063847	8.98795100	20.35630882
YN 6	3.15000000	3.00000000	17.47247667	4.44880709	9.23663000	20.19667814
YN 7	3.68000000	3.58000000	17.47253104	4.28348462	9.54804900	20.01460260
YN 8	4.22000000	4.12000000	17.47253104	4.09568530	9.93365400	19.81361346
YN 9	4.72000000	4.60000000	17.47265695	3.88649237	10.40915900	19.59746253
YN10	5.24000000	5.15000000	17.47247667	3.65703266	10.99556400	19.37100794
YN11	5.73000000	5.67000000	17.47234789	3.40845225	11.72357100	19.14140982
YN12	6.26000000	6.21000000	17.47231641	3.14189703	12.63708400	18.92254837
YN13	6.74000000	6.74000000	17.47224487	2.85849860	13.80137300	18.71474320
YN14	7.27000000	7.28000000	17.47224773	2.55935530	15.31849600	18.56658467
YN15	7.74000000	7.83000000	17.47247667	2.24552834	17.35604400	18.48482012
YN16	8.23000000	8.37000000	17.47280575	1.91802956	20.20847300	18.57278622
YN17	8.75000000	8.90000000	17.47288874	1.57781742	24.44557400	19.05881182
YN18	9.25000000	9.45000000	17.47338951	1.22579733	31.33896500	20.48931448

COMO CATENARIO

CONSTRUCCIONES Y DISEÑOS
ESPACIALES

EJES	DESARROLLC
XP 5	22.40684471
XP 4	22.53411265
XP 3	22.63073905
XP 2	22.69627700
XP 1	22.72581974
X	22.72202805
XN 1	22.67732080
XN 2	22.59814320
XN 3	22.48230739
XN 4	22.33460456
XN 5	22.15753777
XN 6	21.95417680
XN 7	21.73331471
XN 8	21.49572342
XN 9	21.25909660
XN10	21.03296520
XN11	20.81638283
XN12	20.65395485
XN13	20.60623984
XN14	20.80252165
XN15	21.49903139
XU16	23.49169027

DOMO CATENARIO

CONSTRUCCIONES Y DISEÑOS

EJES

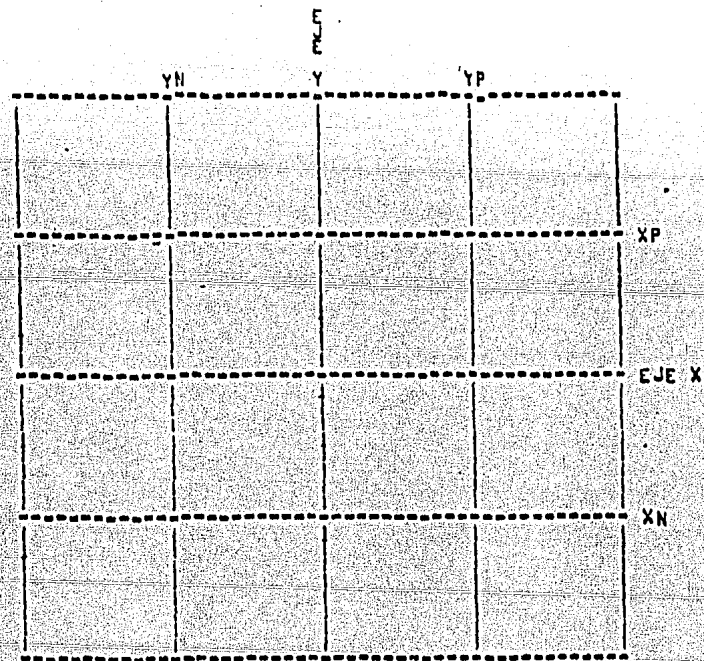
DESARROLLO

YH 18
YH 17
YH 16
YH 15
YH 14
YH 13
YH 12
YH 11
YH 10
YH 9
YH 8
YH 7
YH 6
YH 5
YH 4
YH 3
YH 2
YH 1

20
19
18
17
16
15
14
13
12
11
10
9
8
7
6
5
4
3
2
1

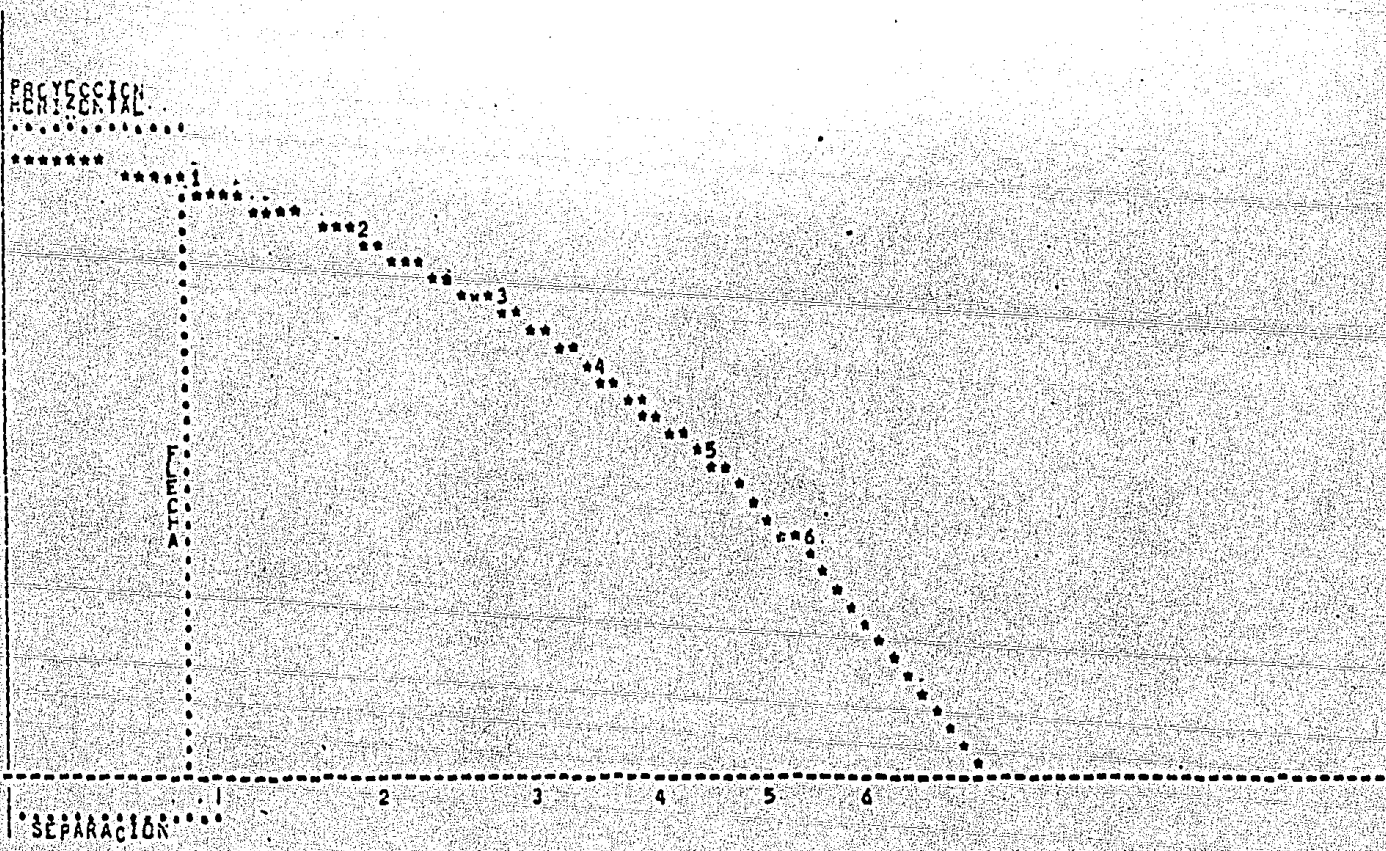
COMO CATEGORIC

CONSTRUCCIONES Y DISEÑOS



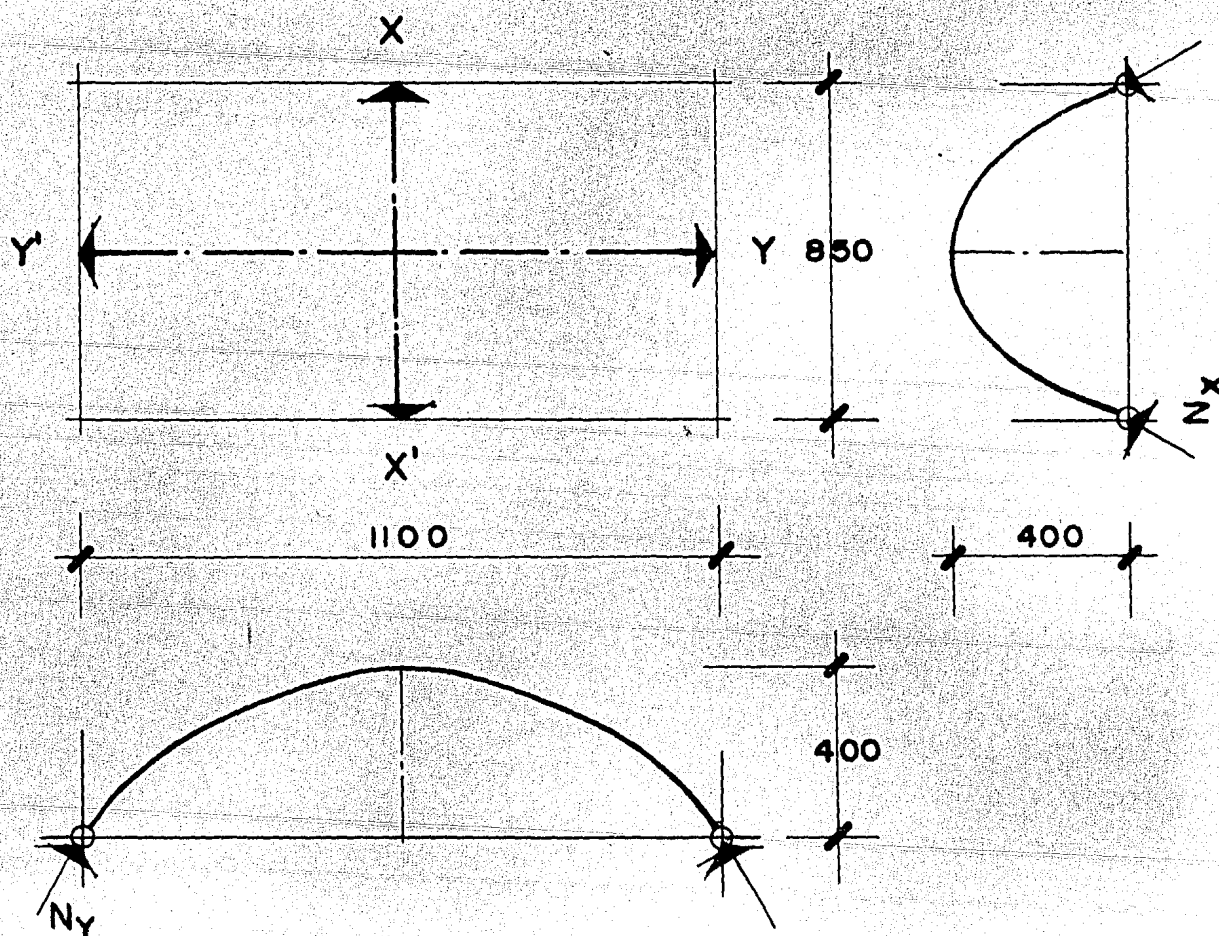
COMO CATENARIO

ESPACIACIONES Y DISEÑOS

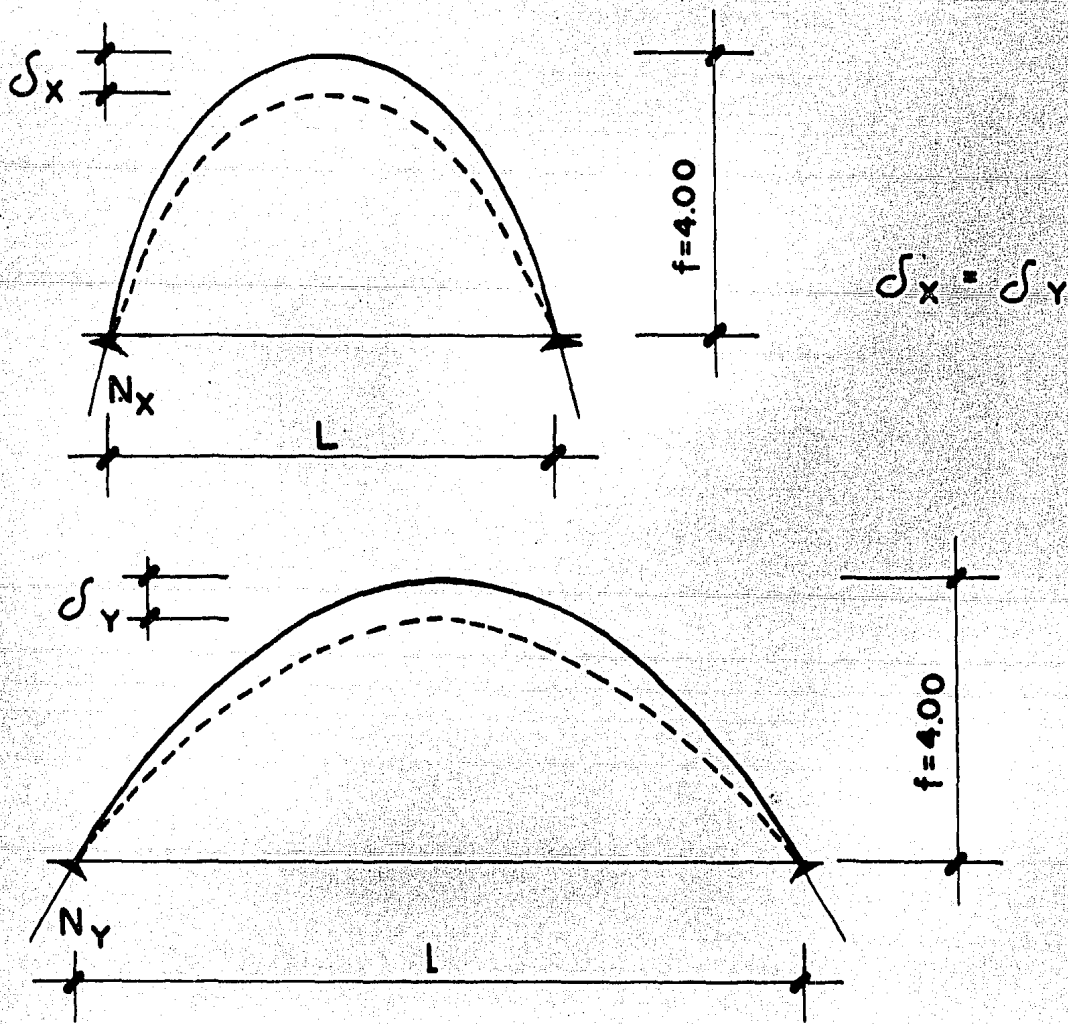


4. - DISEÑO Y CALCULO DE RETICULA

Para poder diseñar y calcular estructuralmente la retícula anticatenada, tomaremos en consideración solamente el análisis correspondiente a los elementos de retículas centrales ó matriciales que pasan por los ejes con mayor claro y flecha, siendo necesario primero establecer el porcentaje de carga total que tomara sentido. Nos basaremos en los datos de un modelo de un domo anticatenado ya realizado. (Figuras 70 a 100, Planos 22- a 31).



Para tal efecto, se considerará carga unitaria sobre cada elemento anticatenado máximo matricial; se obtendrán los valores de la fuerza N para cada caso y se encontrará el valor del acortamiento de la figura anticatenada. Igualando los acortamientos podremos saber que porcentaje de la carga total corresponde a cada sentido.



Evidentemente el acortamiento del elemento anticatenado depende de:

φ factor de acortamiento

N la carga

λ la longitud del elemento:

$$\lambda_y = 14.06 \text{ mts.}$$

$$\lambda_x = 11.94 \text{ mts.}$$

A la sección de la pieza

E el módulo de elasticidad del material

$$\delta = \varphi \frac{N \lambda}{A E}$$

pero A y E, son iguales para los dos sentidos y dependerán proporcionalmente del cuadrado del semiclaro $(l/2)^2$ e inversamente -- proporcional a la flecha $(1/f)$; como la flecha es igual para los dos casos:

$$\delta_x = L^2 N_x \lambda_x$$

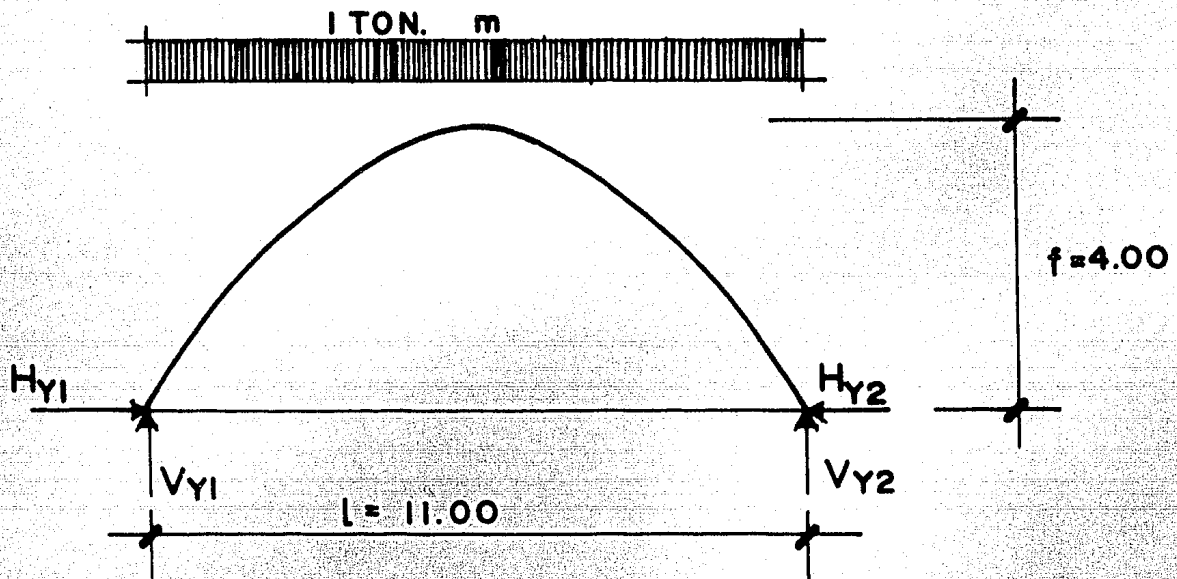
$$\delta_y = l^2 N_y \lambda_y$$

Iguando: $L^2 N_x \lambda_x = l^2 N_y \lambda_y$

substituyendo: $121.00 N_x 14.06 = 72.25 N_y 11.94$

$$N_y = 1.97 N_x$$

Para relacionar las cargas verticales con las cargas normales, cargaremos unitariamente los elementos antcatenados centrales.



$$W_y = 11 \text{ Ton}$$

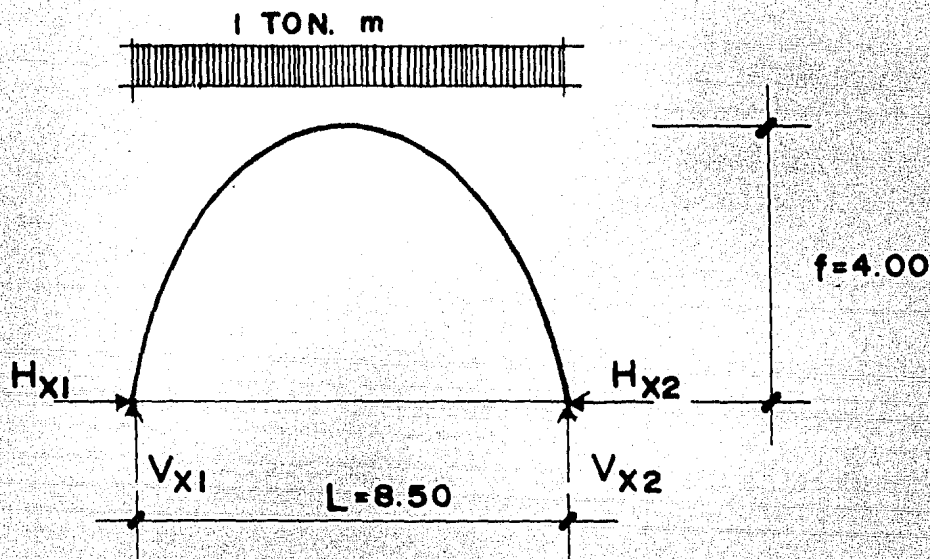
$$H_{y1} = H_{y2} = \frac{W_y L}{8f} = \frac{11 \times 11}{8 \times 4} = 3.78 \text{ Ton}$$

$$V_{y1} = V_{y2} = \frac{W_y}{2} = \frac{11}{2} = 5.50 \text{ Ton}$$

$$N_{y1} = \sqrt{5.50^2 + 3.78^2} = 6.67 \text{ Ton}$$

Momento en cualquier sección = 0

Cortante en cualquier sección = 0



$$W_x = 3.50 \text{ Ton}$$

$$H_{x1} = H_{x2} = \frac{W_x l}{3f} = \frac{8.5 \times 3.50}{3 \times 4} = 2.26 \text{ Ton}$$

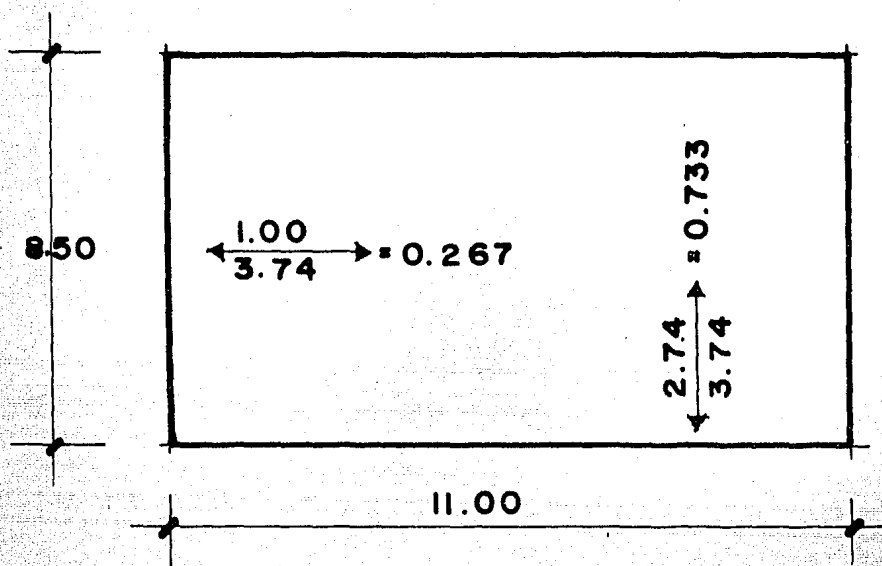
$$V_{x1} = V_{x2} = \frac{W_x}{2} = \frac{3.5}{2} = 4.25 \text{ Ton}$$

$$N_{x1} = \sqrt{2.26^2 + 4.25^2} = 4.81 \text{ Ton}$$

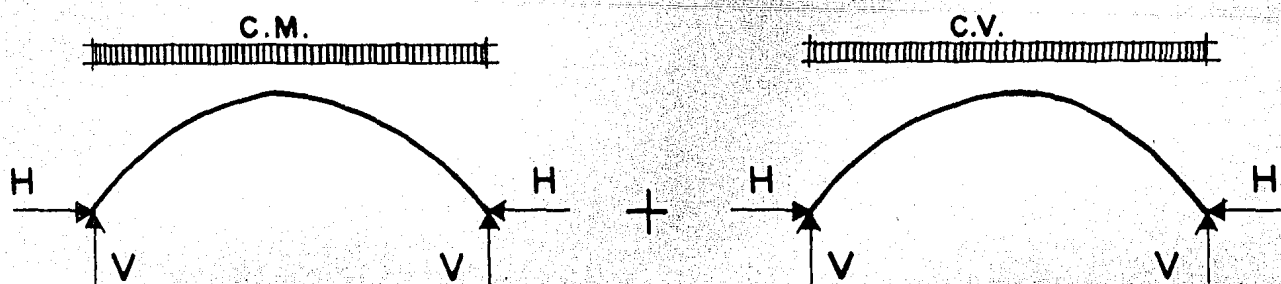
Como N_{x1} , tiene que ser 1.97 veces N_{y1} :

$$\frac{1.97}{4.81 / 6.67} = 2.74 \text{ Ton}$$

Por lo que las cargas repartidas quedan:



CONDICIONES DE CARGA 1 :



Carga muerta + Viento presionando verticalmente

laminación	0.018	Ton / m ²
Viento	0.040	Ton / m ²
p. p. armazón	0.007	Ton / m ²

$$q = 0.065 \text{ Ton / m}^2$$

$$W_y = \% \times q \times \text{espaciamientos de elementos}$$

$$W_y = 0.267 \times 0.065 \times 0.53 = 0.009198 \text{ Ton/m.}$$

$$W_y = W_y L = 0.10 \text{ Ton.}$$

$$H_{y_1} = H_{y_2} = \frac{W_y L}{8f} = \frac{0.10 \times 11}{8 \times 4} = 0.034375 \text{ Ton.}$$

$$V_{y_1} = V_{y_2} = \frac{W_y}{2} = \frac{0.10}{2} = 0.05 \text{ Ton}$$

$$M_y \text{ en cualquier sección} = 0$$

$$N = 0.06 \text{ Ton.}$$

$$W_x = \% \times q \times \text{espaciamiento de elementos}$$

$$W_x = 0.733 \times 0.065 \times 0.53 = 0.02525 \text{ Ton/m.}$$

$$W_x = W_x L = 0.21 \text{ Ton}$$

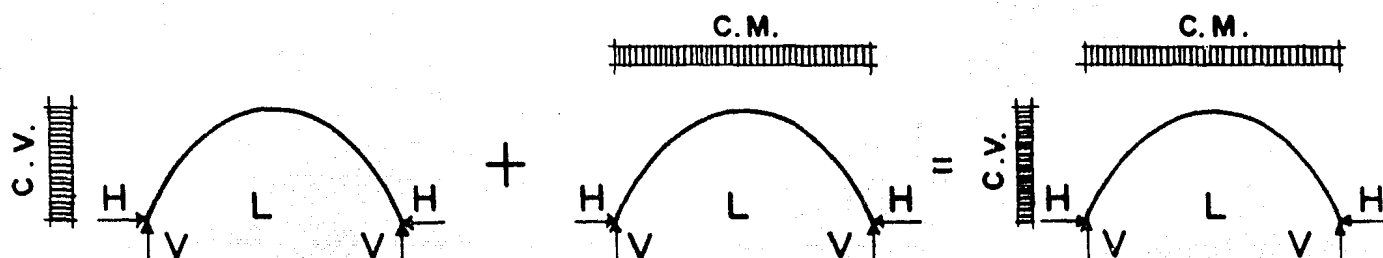
$$H_{x_1} = H_{x_2} = \frac{W_x L}{8f} = 0.055781 \text{ Ton.}$$

$$V_{x_1} = V_{x_2} = \frac{W_x}{2} = \frac{0.21}{2} = 0.105 \text{ Ton.}$$

$$M_x \text{ en cualquier sección} = 0$$

$$N = 0.12 \text{ Ton.}$$

CONDICION DE CARGA 2 (claro largo) :



Carga muerta + Viento presionando lateralmente

Laminación	0.013	Ton / m ²
p. p. armazón	0.007	Ton / m ²

$$q = 0.025 \text{ Ton / m}^2$$

$$\text{Viento lateral} = 0.4 \times 1.75 = 0.07 \text{ Ton / m}^2$$

$$W_y = 0.267 \times 0.025 \times 0.53 = 0.0035 \text{ Ton / m}$$

$$V_{y_1} = 0.019 \text{ Ton} = V_{y_2}$$

$$H_{y_1} = 0.013 \text{ Ton} = H_{y_2}$$

$$M_y \text{ en cualquier sección} = 0$$

$$N_{y_1} = 0.023 \text{ Ton}$$

$$W_y = 0.07 \times 0.53 = 0.0371 \text{ Ton / m}$$

$$W_y = 0.1484 \text{ Ton}$$

$$H_{y_1} = -\frac{5W}{7} = -0.106 \text{ Ton}$$

$$Hy_2 = \frac{2W}{7} = 0.042 \text{ Ton}$$

$$Vy_2 = -\frac{Wf}{2L} = -0.027 \text{ Ton}$$

$$Vy_1 = -0.027 \text{ Ton}$$

$$Mx = 2.75 = -\frac{0.1484 \times 4}{2} \left[\frac{2.75}{11.00} + \frac{3^2}{4^2} \right] + 0.106 \times 3$$

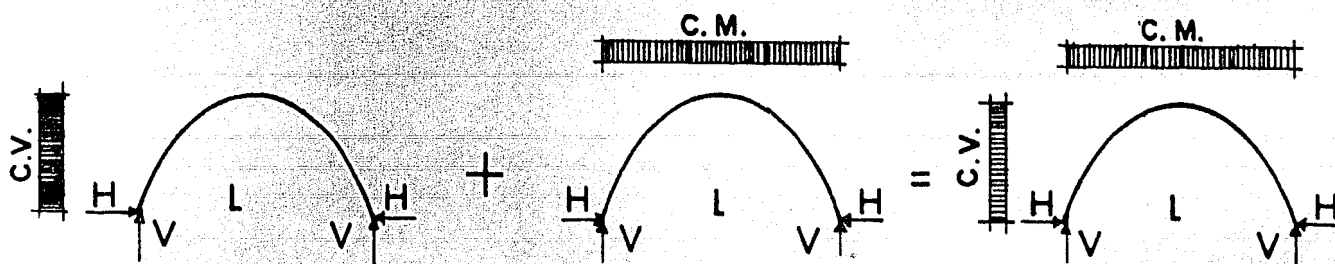
$$Mx = 2.75 = 0.07685 \text{ Ton. m.}$$

$$Mx = 5.50 = 0$$

$$Mx = 8.25 < Mx = 2.75 \therefore \text{no se encontrará}$$

$$Nx_1 = -0.11 \text{ Ton} \quad Nx_2 = 0.05 \text{ Ton}$$

CONDICION DE CARGA 2 (claro corto)



Carga muerta + Viento actuando lateralmente:

$$q = 0.025 \text{ Ton / m}^2$$

$$\text{Viento lateral} = 0.04 \times 1.75 = 0.07 \text{ Ton / m}^2$$

$$W = 0.733 \times 0.025 \times 0.53 = 0.0097 \text{ Ton / m.}$$

$$W = 0.08 \text{ Ton}$$

$$V x_1 = 0.04 \text{ Ton} = V x_2$$

$$H x_1 = H x_2 = \frac{0.08 \times 8.50}{8 \times 4} = 0.021 \text{ Ton}$$

$$M_x \text{ en cualquier sección} = 0$$

$$N x_1 = 0.045 \text{ Ton}$$

$$W = 0.07 \times 0.53 = 0.0371 \text{ Ton / m.}$$

$$W = 0.1434 \text{ Ton}$$

$$H x_1 = -0.106 \text{ Ton} \quad H x_2 = 0.42 \text{ Ton}$$

$$V x_2 = \frac{0.1434 \times 4}{2 \times 8.50} = 0.035 \text{ Ton} \quad V x_1 = -0.035 \text{ Ton}$$

$$M_x = 2.12 = - \frac{0.1434 \times 4}{2} \left[\frac{1}{4} + \frac{3^2}{16} \right] + \left[0.106 \times 3 \right]$$

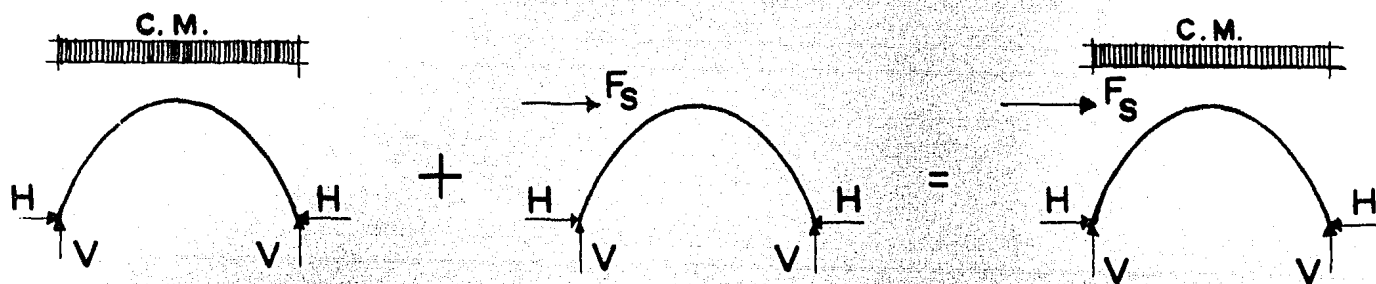
$$M_x = 2.12 = 0.077 \text{ Ton. m.}$$

$$M_x = 4.25 = 0$$

$$M_x = 6.37 < 0.077 \therefore \text{no se calculará}$$

$$N x_1 = -0.11 \text{ Ton} \quad N x_2 = 0.43 \text{ Ton}$$

CONDICION DE CARGA 3:



Carga muerta + Sismo

Carga muerta $q = 0.025 \text{ Ton / m}^2$

$W_m = 0.025 \times 11 \times 0.53 = 0.146 \text{ Ton}$

$F = \text{carga de sismo} = 0.146 \times 0.10 = 0.015 \text{ Ton}$

es menor que la carga de viento

∴ producirá esfuerzos menores
y no se analizará

RELACION DE SOLICITACIONES EN LAS PIEZAS

ANTIC.	PZA.	CONDICION 1			CONDICION 2		
		M	N	Q	M	N	Q
11.00	X = 0	0	0.60	0	0	0.012	0.110
	X = 2.75	0	< 0.60	0	0.077	< 0.012	0
	X = 5.50	0	0.034	0	0	0.093	0
8.50	X = 0	0	0.120	0	0	0.034	0.110
	X = 2.12	0	< 0.12	0	0.077	< 0.062	0
	X = 4.25	0	0.055	0	0	0.062	0

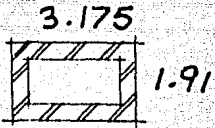


valores críticos

DISEÑO:

Escogiendo los valores críticos marcados en la tabla:

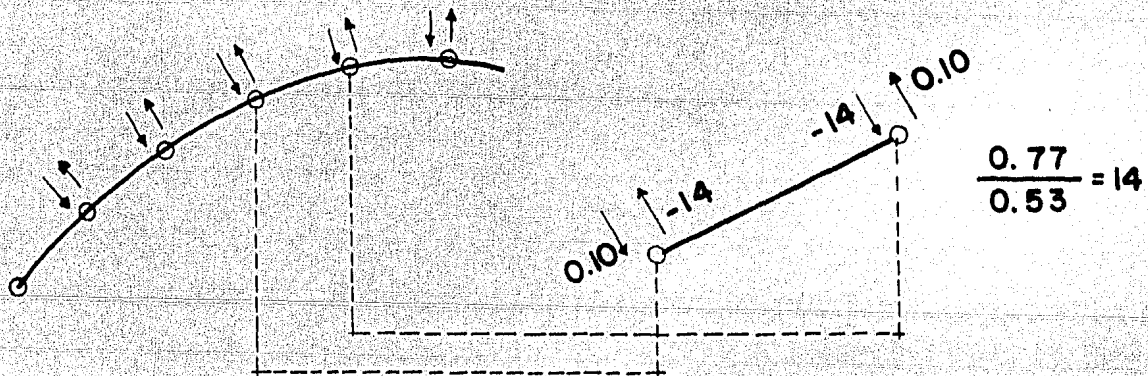
$$I. - N = 120 \text{ Kg.} \quad l = 53 \text{ cm.}$$

sección  $f = \frac{1.91}{\sqrt{12}} = 0.55$

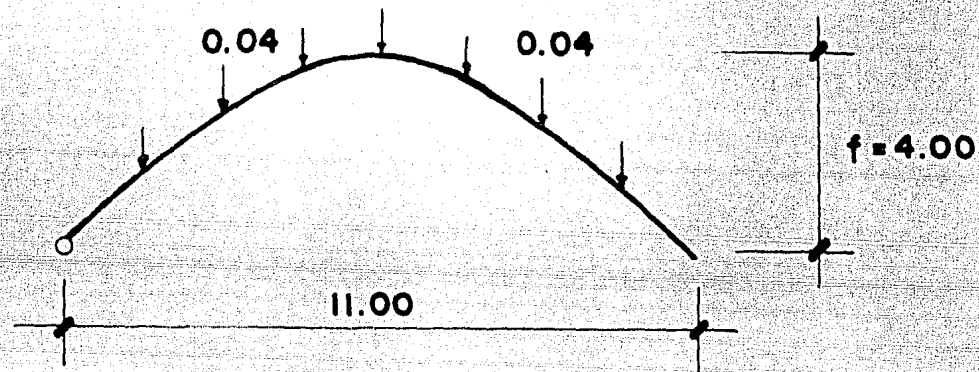
$$\text{esbeltez} = \frac{53}{0.55} = 96 \quad f. \text{ adm.} = 474 \text{ Kg/cm}^2$$

$$A = \frac{120}{474} = 0.25 \text{ cm}^2 \ll$$

II. - El momento de flexión produce pares de fuerzas en cada extremo de los tramos.



Transmitidos a los arcos del otro sentido:



Flecha del arco que corresponde a la zona de máximo momento en sentido corto.

Produce nuevamente valores N mucho menores que los obtenidos en el elemento antecatenado máximo analizado y cuyos valores aparecen tubulados.

Para facilitar la maniobrabilidad del perfil tubular se eligió una sección cuadrada que nos trabaja óptimamente a la doble curvatura inversa y la doble torsión inversa a que están sujetos los elementos de la retícula.

5. - INESTABILIDAD DE TECHUMBRES LAMINARES

La amplia disparidad entre los resultados teóricos y experimentales sobre el flexionamiento de las estructuras laminares sujetos a esfuerzos de compresión por la inestabilidad de los materiales, ha creado hasta el momento un problema bastante discutido profesionalmente. A pesar de lo concreto del problema, de la simplicidad de la geometría y de la facilidad de la observación experimental, los cálculos más elaborados en cuanto a la carga considerada para flexiones sobre las techumbres, dejan un error considerable entre la teoría y la experimentación. Entendremos satisfactoriamente si estudiamos lo que hasta el momento está investigado al respecto y se ha realizado en cilindros laminares bajo presiones externas y uniformes. En 1883, G. H. Bryan, fué uno de los primeros que empezó a experimentar en problemas de la estabilidad de las conchas quien resolviendo casos aislados, demostró la existencia de puntos de bifurcación en la solución de módulos de deflexión bajo cierto tipo de fuerzas externas que indican la veracidad de la solución de las ecuaciones de Kirchhoff de la elasticidad.

Bryan demostró que la solución teórica puede fallar si los grandes desplazamientos de los elementos de las conchas pueden ser logrados por muy pocos esfuerzos en las retículas de los domos, los cuales difieren muy poco de un cuerpo rígido, como cuando una esfera está comprimida dentro de un anillo circular de diámetro ligeramente menor. En los casos en donde es posible obtener un módulo de equilibrio por deformación, Bryan sugirió que el criterio para determinarlo se adopte mediante la condición de que la energía que lo genera sea un mínimo.

Aunque en la física elemental, las nociones de la estabilidad siempre han sido basadas en pequeños movimientos, la teoría de la estabilidad elástica ha estado basada exclusivamente en consideraciones estáticas de acuerdo con los físicos Euler, Lagrange y Bryan.

Las características no lineales en el problema del flexionamiento de las conchas laminares son importantes y fue señalado inicialmente por Von Karman y Tsien en experimentos aeronáuticos que realizaron en 1939, pero la dificultada matemática es tan grande que los progresos al respecto han sido lentos. Recientemente se han hecho es -

fuerzos significativos en cuanto a los sistemas analíticos - no lineales y fueron dirigidos hacia la simplicidad de los - problemas de estabilidad de las conchas laminares en el - flexionamiento simétrico de conchas esféricas.

En el problema de flexionamiento de conchas se consideran desplazamientos pequeños pero finitos que están asociados con pequeñas tensiones, es necesario computar las componentes de fuerzas en la concha en su configuración de - fuerzas más bien que en su configuración original sin cargas, para lo cual hay que emplear los metodos de geometría diferencial. Las ecuaciones generales para el estado de equilibrio, asumen la forma más compacta cuando son expresadas en variables intrínsecas de la concha tales como tensiones, curvaturas, etc.

El resultado de cualquier discusión sobre la carga crítica - con que se debe diseñar una estructura laminar al generalizar este problema a otros casos elaborados y experimentados, encontraremos que un problema elástico estable ha de ser propuesto en cualquiera de las siguientes formas.

I. - Cuales son los valores de la carga para los cuales -

- un sistema perfecto admita configuraciones de equilibrio no triviales. (Método de equilibrio).
- II. - Cual es el valor de la carga con la cual las deflexiones de un sistema imperfecto aumenten más allá de cualquier límite. (Método de imperfección).
- III. - Cual es el valor de carga para la cual la energía potencial del sistema perfecto deja de ser definitivamente positivo. (Método de energía).
- IV. - Cual es el valor de la carga para la cual la mayor parte del movimiento del sistema perfecto deja de tener fronteras. (Método cinético).

Para las conchas delgadas elásticas, los sistemas analíticos no lineales son a través de las grandes deflexiones, de deflexiones pequeñas en sí si las comparamos con las dimensiones generales del domo, pero del mismo orden de magnitud del grosor de la pared. Igualmente la problemática de las deformaciones surgen del hecho de que las deflexiones causan estiramiento de la superficie media e inducen ten

siones de la membrana, las cuales actuando a través de la curvatura de la concha son equivalentes con una carga lateral y causan más deformaciones, siendo los efectos más importantes los siguientes:

- a). - Llegan a ser posibles las soluciones de multivalores, así por ejemplo en el caso de un cilindro laminar de prueba bajo una compresión axial, pueden existir 3 diferentes configuraciones de equilibrio estático que corresponderán a 3 diferentes cargas de extremo pero con un solo valor de acortamiento de extremo.
- b). - Algunas de estas configuraciones de equilibrio de multivalores podrán ser inestables y algunas estables. Si existieran varias configuraciones estables, es muy probable que una pueda saltar de una configuración hasta la otra mediante ciertos disturbios de suficiente magnitud y existe la posibilidad de que la concha pueda fallar en forma elástica durante un repentino cambio de configuración.
- c). - Cuando llegan a considerarse disturbios transitorios,

el movimiento podrá ser una divergencia o un ciclo limitado en una oscilación periódica de una -- ampliación finita. El último caso podrá ser considerado ya sea como estable o como inestable dependiendo del punto de vista de ingeniería.

Ha de tenerse gran cuidado al comparar los resultados teóricos con los experimentales puesto que pueden ser muy sensibles a variables menores que no se notan en las experimentaciones, tales como la dirección de la carga ya sea que permanezca fija o varíe con la deformación de la concha, la elasticidad de la máquina de pruebas, la uniformidad de la distribución de la carga suponiendo que permanece constante durante el doblado o que aumente durante el mismo.

Hemos visto hasta el momento que las conchas delgadas o laminares fallan debido a una deformación plástica bajo -- ciertos tipos de carga, sin embargo el único interés de estos cuestionamientos es poner énfasis en las faltas o carencias de conocimientos que tenemos actualmente al respecto, -- sin la intención de compilar todos los datos existentes para que los pueda usar un diseñador pero sí para crear una inquietud de investigación.

Experimentalmente hemos visto que se debe optimizar el grado de curvatura de la concha ya que con demasiado o en caso de un peralte de ésta provocarían deformaciones sensibles y posibles colapsos; muy particularmente nosotros hemos determinado que un 25% del claro máximo a salvar es suficiente para evitar problemas. En cuanto a la carga de inestabilidad que se debe considerar sobre la cúpula para su diseño, nos podemos formar un criterio bastante amplio observando las características de algunas cúpulas construidas en diversas partes del mundo, sacando como conclusión que la carga adecuada para evitar colapsos es la que corresponda a tres veces el valor de la carga total entre carga viva y carga muerta. Las cúpulas 1 y 6 de la tabla siguiente sufrieron colapso y las 5 y 7 se encuentran en peligro su estabilidad.

CARACTERISTICAS DE CUPULAS CONSTRUIDAS EN DIVERSAS PARTES DE MUNDO

CUPULA	①	2	3	4	△5	⑥	△7	8	DIM.
CLARO	93.6	42.4	61.0	32.2	27.4	24.4	48.8	117.1	m
FLECHA	19.11	6.04	11.67	34.29	5.18	2.13	10.97	36.58	m
RADIO	65.84	40.23	43.22	22.86	21.03	35.97	34.44	65.23	m
DIMENSION DEL MODULO	0.88	2.25	1.01 x 2.19	4.88	1.48	1.52	1.98	4.88	m
DIMENSION DE LOS MIEMBROS.	TUBULAR 6 x .04	TUBULAR 14 x .04	TUBULAR 10 x 0.5 12.5 x 0.5	RECTANG. 12.5 x x 7.5 x 1.3	TUBULAR 8.8 x 0.3	PLACAS Y CANALES	PLACAS Y CANALES	PLACAS Y TUBOS	cm
MATERIAL	ACERO	ACERO	ACERO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ALUMINIO	ACERO	—
CARGA MUERTA	53.8	73.4	73.4	24.5	24.5	24.5	34.3	48.9	kg/m ²
CARGA VIVA	97.8	146.7	122.2	366.7	195.6	73.2	195.6	195.6	kg/m
CARGA TOTAL	151.6	220.1	195.6	391.2	220.1	97.7	229.9	244.6	kg/m ²
CARGA DE INESTABILIDAD	132.0	855.8	21727.2	929.1	474.3	97.8	479.2	811.7	kg/m ²

6. - FABRICACION Y MONTAJE DE ESTRUCTURA

6.1. - OBRAS PRELIMINARES:

6.1.1. - DISEÑO DEL BORDE:

Aunque el sistema estructural del domo anticatenado fué diseñado de tal forma en la rigidización de sus nodos que nos ausenta de esfuerzos flexionantes y cortantes en los extremos de las retículas, estos aparecen transitoriamente en el proceso de montaje al hacer coincidir los trazos de retícula con los trazos de borde en el momento final, por lo que es muy importante el Diseño del Borde.

Dado que cada una de los miembros de la retícula toma un ángulo diferente ortogonalmente al asentarse en el borde para adquirir su curvatura respectiva y que es diferente a todas las demás, (Plano 3 - 7 - 10 - 12 - 14 - 26 y 29) es necesario que el borde tenga sección circular en el lecho superior. (Plano 15 y 31).

La forma más rudimentaria de fabricación es por medio de un polín de madera de sección cuadrada rebordeada circularmente por una cara y empotrada con anclas metálicas al elemento soportante del espacio a cubrir (Figura 56), cuando la retícula del domo es también de madera.

Sin embargo cuando nuestra retícula es metálica de aluminio, es conveniente que este borde sea también del mismo material para evitar pares galvánicos por diferencia de metales y un posible colapso por desintegración de uniones.

Inicialmente para la construcción de los primeros domos de aluminio elegimos una sección tubular de aluminio con área suficiente de acuerdo a un cálculo previo (Figura 57 - 64 y 69, Plano 15), empotrado a un elemento perimetral soporte de concreto con anclas de acero cadminizado equidistantes a cada 100 cmts. aproximadamente. Pero el precio del aluminio lo hace incosteable.

Después de diversas investigaciones, optamos por usar una sección tubular de fierro llamada en el mercado " Tubo Mecánico ", el cual cumple perfectamente con los requerimientos de cálculo y para evitar el par galvánico entre el fierro y el aluminio se cadminizó el tubo junto con todos sus elementos de fijación para garantizar su estabilidad (Figura 78 - 79 y 82 Plano 31).

6.1.2. - ANCLADO DEL BORDE

Es muy conveniente que al proyectar nuestro domo anticantenido procurar que el borde de asiento sea continuo por

simplicidad en los cálculos necesarios, de tal forma que cuando el espacio arquitectónico a cubrir cuente con determinados claros como se aprecia en la figura 84, es necesario proporcionar un elemento estructural de concreto o acero que lo salve para dar esa continuidad al borde.

Sobre este soporte metálico se soldarán las suficientes anclas de acero cadminizado proyectadas hacia arriba para fijar el borde. (Figura 81 Plano 17 y 31). Este borde deberá estar separado lo suficiente del lecho alto de la trabe para permitir maniobras de atornillado de la retícula del domo. La forma más simple de anclado de borde, será aquella en que existan espacios libres alrededor del domo y simplifica su diseño. La forma más compleja se presenta cuando se tiene que maniobrar dentro del espacio a cubrir, por existir construcciones colindantes, entonces se deberá diseñar el anclado de los bordes utilizando ménsulas de acero que lo soporte y a la vez lo separe de colindancias para poder colocar drenes de desagüe pluvial tal como se aprecia en la figura 79 - 82 - 84 - y 35 Plano 17 y 31.

6.1.3. - ELEMENTO SOPORTANTE

El elemento soportante del borde cuando exista, deberá ser revisado en cuanto a su cálculo estructural, ya que aunque-

mencionamos que el sistema anticatenado está libre de esfuerzos en sus extremos, estos aparecen transitoriamente al montar la retícula, produciendo torsiones y flambeos horizontales cuando se trata de trabes y tensiones horizontales cuando se trata de muros.

La forma de evitar estos esfuerzos transitorios será colocando tirantes de extremo a extremo del domo de modo que se puedan desechar al terminar de montar y rigidizar la retícula.

6.2. - FABRICACION DE RETICULA

6.2.1. - UNIONES DE ELEMENTOS.

Con los datos longitudinales proporcionados por el cálculo por computadoras del patrón de la retícula y en su correspondiente plano, (Plano 13 y 30) se distribuirán uniones de todos los elementos lineales que forman la retícula. Esta unión es necesaria para completar el largo total de cada una de ellas, ya que la sección tubular extruída de aluminio elegida de acuerdo con su cálculo respectivo, se fabrica en el mercado con una longitud de 610 cmt. por facilidad de transporte. Todas estas uniones deberán estar localizadas-

a centros de módulo y de tal forma distribuidas y distancia - das entre sí que no sean continuas con las uniones de los - elementos lineales adyacentes del patrón.

La ventaja de nuestro sistema sobre otros reticulados como - el geodésico, es que los elementos lineales de la retícula son - continuos de extremo a extremo de apoyo dando una trasmisión - de esfuerzos óptima, por lo que es muy importante la - rigidización y localización de uniones.

Después de diversas investigaciones, pruebas empíricas y - de laboratorio se llegó a obtener una unión óptima por me - dio de una sección corta tubular de aluminio que llamamos - " chaqueta ", (Figura 68), introducida en los extremos de - las secciones lineales que componen cada retícula. Esta - " chaqueta " se fijará por medio de dobles remaches en las - cuatro caras de la retícula, siendo tal su longitud que per - mita un curvado libre y no produzca valles.

6.2.2. - MODULACION DE TALADROS

Cada elemento reticular llevará su nomenclatura que corres - ponderá al patrón en cuanto a número de extremo, cantidad - de módulos que contiene y principalmente cotas extremas -- de inicio y terminación de módulo.

Los taladros que alojarán los pernos de la retícula cinemática deberán efectuarse con una precisión milimétrica para que al girar la retícula espacialmente no produzcan esfuerzos extraños por falta de uniformidad en ellos, para tal efecto es necesario fabricar un escantillón de longitud igual a la retícula, que contenga mayor número de módulos y que corresponda al escalímetro continuo de medidas de la tabladora. (Plano 13 y 23).

6.2.3. - DISEÑO DEL NODO.

El elemento básico del sistema antcatenado es la solución del nodo, que tiene que ser capaz de soportar la doble curvatura y doble torsión inversas a que están sujetos los elementos de la retícula y que nos garanticen la rigidez y estabilidad del domo. Es básico el nodo porque logrando una total optimización en su rigidización, permitirá la ausencia de esfuerzos en el domo y por medio de rótulas en los bordes nos producirá una carga axial que simplifica aún más al sistema en general.

La forma adecuada para rigidizar el domo es por medio de dos rondanas amplias de acero cadminizado remachadas alrededor del taladro de la retícula y colocadas cada una en la

cara correspondiente de asiento y cruce de retículas, de tal forma que al girar estas para obtener su forma espacial, se puedan remachar ambas rondanas evitando que los diferentes ángulos adquiridos de los módulos de la retícula espacial se deformen.

Es muy importante que tanto las rondanas y remaches que formen el nodo, absorban los esfuerzos cortantes concentrados en ellos mediante una buena resistencia de acero y pruebas de laboratorio.

6.2.4. - ARMADO DE RETICULA

El armado de la retícula se puede efectuar fuera del sitio de montaje, y a que se puede plegar y transportar fácilmente por su reducido peso que es de 3 a 5 Kgm. por M², dependiendo del claro que se desee salvar. Aún cuando el espacio para armar la retícula sea igualmente reducido se puede lograr con esta semiplegada (Figura 80).

Los pernos que se utilizan en el armado de la retícula deben ser de acero cadminizado de alta resistencia, ya que estos son los que soportan todos los esfuerzos de la unión de nodos producidos por la doble torsión inversa y la doble curvatura inversa de los elementos de la retícula.

El plano del patrón de la retícula (Plano 2-3-11-19 y 23) - es importante para el armado, teniendo cuidado de orientar - y presentar todos los elementos en la posición correcta de - - montaje como primer paso.

A continuación se colocarán todos los pernos en los taladros de los nodos con la cabeza del perno en la parte superior con el objeto de que al colocar la cubierta presente una superfi - cie roma y no la deteriore posteriormente.

El último paso consistirá en atornillar las tuercas con una li - gera presión de tal forma que permita giro libre de los nodos para que los módulos adquieran su ángulo de montaje en la - forma espacial diseñada.

Este libre giro es necesario igualmente para poder plegar to - talmente la retícula y poder transportar la retícula armada - hasta el sitio de montaje en caso de estar distanciado del lu - gar de armado.

6.3. - TRAZO DE MONTAJE

6.3.1. - TRAZO DE BORDES

Como la base principal para el óptimo comportamiento de la - estructura del domo anticatenado es la precisión absoluta de

datos gráficos de la retícula logrados por computación, es indispensable una absoluta exactitud en el trazo del borde que deberá corresponder en sus puntos a la nomenclatura de la retícula y la proyección en planta de la misma. Estos datos se obtienen del plano de proyección de la retícula previamente calculado, (Plano 1 - 6 - 9 - 12 - 14 y 26), mismos -- que se proyectan verticalmente a los bordes (Plano 27) - y trasladados al sitio de obra. Deben darse a cinta corrida y no por segmentos a partir de las esquinas de los lados correspondientes para evitar errores milimétricos acumulados. Una vez trazado el borde se procederá a efectuar los taladros de los pernos de sujeción de la retícula, los cuales deberán ser normales a cada uno de sus elementos de acuerdo al ángulo con que llegan al borde. Los pernos de acero cadminizado con diámetro y resistencia calculada es conveniente -- que sean de cuerda corrida para facilitar su manipulación y ajuste por el lecho superior del borde.

Como es evidente es igualmente necesario etiquetar cada uno de los taladros para hacerlos corresponder en su nomenclatura con la de la retícula.

6.3.2. - TRAZO DEL ESPACIO

Al montar nuestra retícula del domo antcatenado sobre los bordes del espacio arquitectónico que deseamos cubrir, es necesario acotar nuestro espacio con las medidas en los tres ejes referidos a su perímetro, de los puntos clave en el espacio de la retícula ya curvada auxiliados con los planos - acotados de la proyección del domo. (Plano 1 - 6 - 9 - 12 14 y 26).

Para este proceso necesitamos tomar anticipadamente un criterio general del sistema de montaje, con los datos teóricos que obtuvimos al montar la retícula reducida a escala - sobre nuestro modelo de imagen real que vimos en el inciso 2.7. Este criterio consiste en determinar de acuerdo - con la dimensión de la retícula, en cuantos puntos como - mínimo es necesario levantar la estructura para fijarlos en el espacio ya sea por medio de torres o plumas de izado, que nos permita manipular la estructura y llegar los extremos - a los bordes sin que se nos deforme la retícula en las áreas intermedias que quedan entre estos puntos fijos. Básica - mente estos puntos fijos en el espacio serán los que moldea - rán la retícula del domo antcatenado.

6.4. - MONTAJE

6.4.1. - EQUIPO Y HERRAMIENTA

Si planteamos nuestras necesidades de equipo para realizar nuestro montaje de retícula en la misma forma y con los mismos elementos con que lo realizan en los países europeos, sería imposible efectuarlo por no contar con los recursos necesarios tanto económicos, humanos, técnicos y de maquinaria. Será posible contar con todos los recursos necesarios y aún mejores tecnológicamente, en tanto se profundicen más las investigaciones logradas hasta el momento del sistema estructural anticatenado y se abra el horizonte de su mercado, el cual puede considerarse inmediato ya que incipientemente se ha empezado.

CAMA DE CABLES. Para poder sentar la retícula del domo desplegada en posición inicial de levantado, se necesita tender una cama de cables de henequén atirantados de extremo a extremo de los bordes en el sentido corto del claro y distanciados entre sí 100 cmts. aproximadamente. Esta cama se usa cuando los bordes del domo están separados del -

piso terminado y son con el objeto de suspender la retícula - y no se nos flexione demasiado en el sentido inverso de la -- curvatura del domo (Figura 64).

ANDAMIOS TUBULARES. En los puntos clave acotados en el espacio y proyectados al piso de los cruces de retícula del domo se deberán colocar torres tubulares de andamiaje para poder suspender estos puntos transitoriamente a medida que la retícula se va levantando hasta hacerlos llegar a su altu - ra de proyecto. El número de torres será igual al número - de puntos espaciales elegidos y la distancia entre ellos será - la mínima para que de acuerdo con la sección del perfil de - aluminio que compone la retícula no nos produzca una cur - vatura inversa al procesar su montaje. Estas torres convie - ne que sean seccionables con alturas de 90 cmts., mismos - que serán los espacios parciales de levantamiento (Figura 101 y 102).

PLUMA PRINCIPAL. La pluma principal es una columna - seccionable, movable y transportable fabricada con fierro es - tructural de alma abierta con una altura igual al doble de la altura del cruce de las retículas matrices en el eje X y Y. -

Deberá contar en los extremos superiores de sus secciones con una estrella metálica que nos soporte los amarres de los cables de acero que nos servirán para contraventear la pluma en puntos intermedios y colgar la araña de levantamiento de su parte superior. (Figura 101 y 102).

PLUMA SECUNDARIA. Esta pluma secundaria es similar a la principal pero fabricada con un tramo de tubo negro de hierro de ϕ 100 mm. por 610 cmts. de longitud, el cual se colocará en el medio de los andamios tubulares y nos servirá para levantar transitoriamente los puntos alrededor del cruce matriz en el eje X y Y de la retícula y aumentar paulatina mente sus alturas y fijarlos con nuevos tramos de andamio-tubular hasta llegar a la altura de proyecto (Figura 101 y 102).

ARAÑA O ESQUELETO DE IZADO. Si levantamos la estructura de la retícula solamente en un punto de cruce de sus elementos, llevamos el peligro de que se nos fracturen por concentración de carga, de manera que para repartir esta concentración de carga en varios nodos, es necesario fabricar una forma de fierro estructural precurvada a manera de una pequeña área de domo y llevar los esfuerzos necesarios por medio de cables de acero al punto de izado de la pluma (Figura 101 y 102).

" TIRFOR " O GATO DE CABLES. El esfuerzo requerido para izar la estructura en los diferentes puntos de la retícula, ya sean principales o secundarios se logrará por medio de gato de cables o comunmente llamado " Tirfor ", el cual con engranes, poleas, palancas y cables de acero reduce la potencia de los esfuerzos de izado de la estructura. (Figura 102).

HERRAMIENTA. La herramienta de mano necesaria se reduce solamente a taladros eléctricos con extensiones eléctricas del tamaño suficiente que facilite su operación en toda el área a cubrir, un juego de llaves españolas o dados con maneral para apretar los pernos de sujeción, tanto de la retícula como de los bordes y una presionadora de remaches pop.

6.4.2. - MANIOBRAS DE MONTAJE

Para poder iniciar el montaje de la estructura de la retícula del domo anticatenado, debemos contar anticipadamente con la fabricación de la misma, el trazo espacial de sus puntos y el equipo y herramienta necesarios, además haber efectuado la obra constructiva necesaria que nos conforme la fijación de los bordes.

Contando con lo anterior nuestro primer proceso será ten-
der nuestra cama de cables que nos soportará inicialmente
nuestra retícula en forma plegada, una vez transportada--
del lugar de fabricación en el caso de que esté fuera del si-
tuo de montaje.

Colocada la retícula plegada sobre la cama de cables de he-
nequén se desplegará sobre esta misma tratando de hacer -
coincidir lo más aproximado posible el cruce de las retícu-
las matrices en el eje X y Y, sobre su correspondiente tra-
zo espacial proyectado en planta.

Este trazo central de las retículas matrices, será el único-
que no se desplazará horizontalmente al momento de levan-
tar las retículas, ya que los aledaños a estas retículas que
darán desplazados hacia afuera del trazo proyectado en planta
y llegarán a su posición, en tanto la retícula sea levantada
y adquiera su forma espacial proyectada.

Ya que la retícula está en posición de levantarla (Figura
64) se procedera a colocar y contraventear la pluma princi-
pal central haciéndola pasar por el módulo de la retícula--
más cercano al cruce de los elementos de esta en los ejes -
X y Y y se sentará la pluma en la proyección en planta de-
estos.

Cuando la pluma está perfectamente fija y contraventeada - se podrá colocar la " Araña " ó esqueleto de izado en - - combinación de su correspondiente tirfor ó gato de cables - en posición de levantamiento inicial (Figura 101).

Cuando la superficie de la retícula del domo sea demasiado grande, entonces se colocarán alrededor de la pluma principal central, torres o andamios tubulares con su correspondiente pluma secundaria y gato de cables con araña para levantar perimetralmente la estructura a la par de las operaciones que se deriven del levantamiento central con la pluma principal (Figura 102).

Es importante hacer notar que el criterio de montado que se adopta, corresponda al tomado muy al principio desde la planeación, al momento de fabricar el modelo de prueba y como se puede apreciar en la figura 62.

En el momento que los puntos matrices de la retícula están en su posición de proyecto mediante su izado correspondiente, se notará que la retícula en general quedará semicurvada libremente, quedando los extremos de la retícula separados del borde de fijación. En este proceso se dejarán todas las plumas perfectamente contraventeadas y los gatos

de cables troquelados para que no sufran ninguna variación en los puntos de trazo espacial de la retícula. Inmediatamente después se procederá a colocar tramos de polín de madera en todo el perímetro de la retícula y paralelos a los bordes de apoyo; estos tramos de polín se sujetarán al centro con un cable de henequén por un extremo junto a la retícula y por el otro extremo se abrazará al borde soporte en forma deslizante para que por medio de tensiones se hagan coincidir todos los taladros de los extremos de la retícula con los taladros que les corresponda en los bordes y poder colocar los pernos de fijación. (Figura 62 y 82).

Este proceso es el más delicado de todos los del sistema, ya que se debe realizar con pequeños atirantamientos con el cable de los extremos de la retícula hacia el borde y en forma uniforme en todo el perímetro para evitar concentración de esfuerzos en alguno de los puntos que se encuentran fijos en el espacio soportados transitoriamente por los andamios tubulares y las plumas de izado. Cualquier concentración de esfuerzos en algún punto de la retícula podría provocar una ruptura del elemento y esta a la vez desencadenaría rupturas consecuentes por la extraordinaria transmisión de esfuerzos con que trabaja en general el sistema.

6.4.3. - RIGIDIZACION DEL SISTEMA.

Hasta el momento solamente se logró montar el sistema, pero no se puede contar rígido dado que todos los pernos que unen los elementos de la retícula tanto en sus cruces como en los bordes se encuentran sin apretar, de tal forma que nuestro siguiente paso será apretar pernos en general, aunque con esto solamente estamos fijando nuestros puntos en el espacio que nos conforman el domo anticatenado, pero de ninguna forma están rígidos por lo que la retícula está transmitiendo esfuerzos a los extremos. Esto lo evitamos fijando todos los ángulos de los módulos de la retícula en el espacio en una posición permanente por medio de remaches en cada una de las rondanas dobles que se encuentran fijas a cada retícula en sus cruces, evitando que giren entre sí logrando su completa inmovilidad y rigidizando completamente el sistema. (Figura 37 y 38).

Es evidente que todos los esfuerzos producidos por la doble curvatura inversa y la doble torsión inversa de los elementos de la retícula se concentran en los nodos y las rondanas rigidizadoras, por lo que el diseño teórico y práctico de estos elementos debe pasar por tantas pruebas de laboratorio como sean necesarias hasta garantizar y optimizar la estabilidad de la estructura.

7. - DESARROLLO DE LA CUBIERTA

7.1. - ANTECEDENTE DE MATERIALES

El único antecedente que tenemos en cuanto a tipo y clase de materiales para cubiertas de domos anticatenados específicamente, el utilizado por el Arq. Frei Otto del "Instituts für leichte Flachentragwerke" de la Universidad de Stuttgart en la República Federal Alemana, que después de varias pruebas llegó a la utilización de una membrana de P.V.C. y alma tejida de Poliester, fabricada en rollos de 150 cms. de ancho con 1.50 mm. de espesor y longitud variable. Sin embargo su durabilidad por intemperización es relativamente corta, aunque su colocación demasiado sencilla ya que las estructuras sobre las cuales se ha colocado este tipo de cubierta está formada por una retícula de madera con elementos de 50 x 50 mm. de sección sobre la que va simplemente clavada en sus traslapes.

Como nuestro desarrollo del sistema anticatenado es a base de una retícula metálica de aluminio con elementos de 32 a 50 mm. de sección, no fué posible utilizar la membrana de P.V.C. y Poliester por su dificultad de sujección al tratar de clavarla o remacharla a la estructura metálica y esencial

mente no se fabrica en nuestro país. Uno de nuestros primeros intentos fué colocar sobre la estructura una primera capa de tela de polietileno transparente a manera de cimbramuerta para recibir fibra de vidrio esparcida con pistola, sin embargo sus componentes químicos tienen un proceso inicial de alta temperatura y luego congelación lo que producía abolsamientos inversos de la tela de polietileno en cada módulo de la retícula con el calentamiento y estas bolsas quedan permanentes al congelarse el material dando una superficie no tersa para el drenado de aguas pluviales de la cubierta. Esto se trató de remediar cambiando la primera capa receptora de tela de polietileno por tela de algodón de la llamada comunmente "manta de cielo", la cual colocada previamente humedecida, al secar se atiranta y nos da una superficie tersa, sin embargo deja pasar por su retícula los componentes químicos que le dan cuerpo a la fibra de vidrio esparcida sobre esta.

Después de algunas investigaciones en el mercado nacional, encontramos una industria en el norte del país que nos fabricó una membrana muy similar a la utilizada en Europa pero solamente se obtuvo con una garantía contra intempe-

rización de 5 años y con una calidad en cuanto a textura y apariencia sumamente deficiente, por lo que se desechó.

Finalmente por medio del Centro de Investigaciones de Materiales de la Universidad Nacional Autónoma de México, logramos detectar el material óptimo y resistente a la intemperización, siendo este una membrana acrílica reforzada con fibra de vidrio de 1.6 mm. de espesor, 122 cmts. de ancho y largo variable entre 1.22 mts. y 100 mts. Aunque este material es bastante flexible y se amolda perfectamente a la curvatura del domo en el sentido longitudinal, presenta algunas dificultades al darle curvatura normal a ésta pero se remedia ajustándolo con los cortes que requiera al colocarla. (Figura 91).

7.2. - DATOS TECNICOS DE LA CUBIERTA

Los valores de resistencia a la flexión, tensión y compresión, así como la conductividad térmica determinadas en laboratorio para las muestras de lámina de acrílico reforzada con fibra de vidrio son:

FLEXION

Resistencia máxima del material	S = 721.87 Kg/ cm ²
Módulo de ruptura	S = 721.87 Kg/ cm ²
Módulo de elasticidad	E = 3,430.00 Kg/ cm ²
Resistencia a la flexión	R = 54.25 Kg/ cm ²
Máxima deformación	2.14 mm.
Grado de confiabilidad	85 %
Sección transversal promedio	A = 0.4304 cm ²
Longitud entre soportes	2.5 cm.
Velocidad de la prueba	V = 1.35 mm. / min.
Condiciones de prueba por temperatura.	23° C
Condiciones de prueba por presión	584 mm. Hg.
Número de la norma	ASTM D 790 - 63

TENSION

Resistencia a la tensión	R = 535.2 Kg/ cm ²
Porcentaje de elongación	2.63 %
Rapidez media de la fatiga	1.2 min.
Rapidez media de la deformación	0.00105 min.
Módulo de elasticidad	E = 21,200 Kg/ cm ²
Grado de confiabilidad	99 %
Area promedio	0.220 cm ²
Velocidad de prueba	V = 5.1 mm. / min.
Número de la norma	ASTM D 633 - 63 T

COMPRESION

Resistencia a la compresión	2304.865 Kg/ cm ²
Resistencia en el límite elástico	2304.865 Kg/ cm ²

Módulo de elasticidad	28,375.903 Kg/ cm ²
Grado de confiabilidad de los valores	85%
Area promedio	0.3629 cm ²
Condiciones de prueba por temperatura	23° C
Condiciones de prueba por presión	586 mm. Hg.
Velocidad de la prueba	V = 5 mm. / min.
Número de la norma	ASTM D 695 - 63

DATOS COMPLEMENTARIOS

Conductividad térmica	0° 100° C
Transmisión de Luz (Blanco leche)	70%
Espesor del material	1.2 a 1.6 mm.
Textura	plana lisa
Peso aproximado	1.7 a 1.9 Kg/ m ²
Dureza de material	40° a 45° Barcol
Ancho	122 cmts.
Largo	Hasta 100 mts.

7.3. - DRENADO DE LA CUBIERTA

Antes de laminar la cubierta de la estructura se debe proyectar el drenado de aguas pluviales de la superficie del domo, - lo cual se proyectará teóricamente desde el modelo. (Figura 63 y 76). En el caso que se trate de domos anticatena - dos cuyas aguas pluviales drenan sobre la superficie de una azotea adyacente, (Figura 66), lo único que se requerirá

será prolongar el techado con los rollos de acrílico delante del borde del domo lo suficiente para que forme una aleta y transporte el agua sobre el domo a los drenes de azotea. Cuando el domo anticatenado colinda con propiedades ajenas o para elementos verticales, el drenado de la superficie del domo se resuelve de la manera tradicional con simples canalones de lámina galvanizada (Figura 67 y 90), o con canalones moldeados con acrílico y fibra de vidrio igual al material de la cubierta. Su colocación será por medio de pijas de acero cadmiado y rondanas de neopreno fijas a los elementos extremos de la retícula con el borde perimetral de la estructura, longitudinalmente sellado el canalón con un material elástico para juntas tipo " Dowcorning ".

7.4. - LAMINACION DE LA CUBIERTA

Con los patrones de la cubierta que determinamos sobre el modelo reducido de imagen real del domo anticatenado que cubre nuestro espacio arquitectónico proyectado, capítulo 2.7 - Página 40, determinamos la cantidad y longitud de las láminas de acrílico, Plano 30. La longitud de esta lámina nos la determinará lo peraltado de la curva espacial en el área a cu-

brir, siendo más corto el tramo cuando la curva sea muy pe-
raltada y más largo en el caso contrario como se aprecia en
la figura 65 que pasa el tramo de lámina de extremo a extre-
mo del domo y por su parte media. Es necesario empezar a
cubrir el domo por su parte media por que son las zonas que
sensiblemente se pueden considerar más llanas y que pro-
yectadas en planta son rectas. A medida que estas franjas
se van aproximando a los extremos en un sentido de la retí-
cula, van adquiriendo curvas espaciales más pronunciadas,
plano 29, siendo necesario acortar la longitud de la lámina-
para que quede margen de traslape. Este procedimiento es
invertido al usual que consiste en techar empezando en los
extremos bajos para que el traslape superior quede bajo el -
del nivel superior y el drenado de aguas sea lógico.

Una vez presentada la primera faja de lámina en el doble - -
módulo central superior del domo, se fijará por medio de pi-
jas al elemento longitudinal central de la retícula, dejando
los laterales sin fijar para que la siguiente franja se pueda-
traslapar bajo la anterior e igualmente se fija longitudina-
mente por medio de pijas a su correspondiente elemento lon-
gitudinal central de la retícula.

Antes de fijar las aletas de los traslapes, se recortarán siguiendo la curvatura que ordenan los elementos de la retícula con tijeras de hojalatero. A continuación se sellan ambas aletas con pegamento acrílico y se fijan a la retícula con pijas de tal forma que nuestra cubierta queda integrada en un cascarón completo de lámina acrílica. (Figura 94 y 95).

Es evidente que este tipo de cubierta es aplicable a espacios destinados para albercas, invernaderos o que requieran luminosidad. Para cubiertas no translúcidas, se puede utilizar la lámina de aluminio lisa en rollo siguiendo el mismo procedimiento de laminado utilizado con la lámina acrílica.

8. - COSTOS Y COMPARATIVOS

Para lograr un costo real del desarrollo y construcción de los domos antecatenados, tomaremos como base el realizado para la cubierta de un penthouse con alberca, baño de vapor y área de recreo, en una casa habitación localizada en Coyoacán, D. F. (Figura 70 a 100, Planos 22 a 31).

8.1. - CARACTERISTICAS

Claro largo	11.517 mts.
Claro corto	8.540 mts.
Area cubierta	98.356 m ²
Flecha máxima	4.120 mts.
Material de retícula	Tubular de aluminio
Aleación	6063
Temple	T 6
Sección retícula	32 32 mm.
Módulo de retícula	M = 53.3988 cmts.
Borde	Continuo irregular
Material de borde	Acero cadminizado
Sección borde	∅ 100 mm.
Pernos de fijación	Acero cadminizado

Rondanas rigidizadoras	∅ 100 mm.
Material de rondanas	Acero cadminizado
Remaches de fijación	Tipo " Pop "
Cubierta	Lámina acrílica

3.2. - CUANTIFICACION DE MATERIALES

3.2.1. - PERFILES DE RETICULA

Retícula	Mods.	Extr.	Marg.	Longitud
101 - 201	= 15 M	+ 00	+ 00	+ 30 = 830.982 cmts.
102 - 202	= 23 M	+ 35	+ 00	+ 30 = 1293.172 cmts.
103 - 203	= 24 M	+ 00	+ 14	+ 30 = 1325.571 cmts.
104 - 204	= 24 M	+ 20	+ 24	+ 30 = 1355.571 cmts.
105 - 205	= 25 M	+ 36	+ 00	+ 30 = 1400.970 cmts.
106 - 206	= 26 M	+ 00	+ 10	+ 30 = 1428.368 cmts.
107 - 207	= 26 M	+ 10	+ 18	+ 30 = 1446.368 cmts.
108 - 208	= 26 M	+ 13	+ 23	+ 30 = 1454.368 cmts.
X - X'	= 26 M	+ 15	+ 24	+ 30 = 1457.368 cmts.
109 - 209	= 26 M	+ 12	+ 21	+ 30 = 1451.368 cmts.
110 - 210	= 26 M	+ 10	+ 14	+ 30 = 1442.368 cmts.
111 - 211	= 26 M	+ 00	+ 03	+ 30 = 1421.368 cmts.
112 - 212	= 24 M	+ 38	+ 41	+ 30 = 1390.571 cmts.
113 - 213	= 24 M	+ 20	+ 24	+ 30 = 1355.571 cmts.
114 - 214	= 24 M	+ 00	+ 03	+ 30 = 1314.571 cmts.
115 - 215	= 22 M	+ 38	+ 41	+ 30 = 1283.773 cmts.
116 - 216	= 14 M	+ 00	+ 00	+ 30 = 777.583 cmts.

301 - 401	=	7 M + 00 + 10 + 30	=	413.791	cmts.
302 - 402	=	13 M + 00 + 10 + 30	=	734.184	cmts.
303 - 403	=	14 M + 32 + 29 + 30	=	838.583	cmts.
304 - 404	=	14 M + 37 + 32 + 30	=	846.583	cmts.
305 - 405	=	14 M + 44 + 34 + 30	=	855.583	cmts.
306 - 406	=	15 M + 00 + 40 + 30	=	870.982	cmts.
307 - 407	=	15 M + 06 + 44 + 30	=	882.982	cmts.
308 - 408	=	15 M + 10 + 49 + 30	=	889.982	cmts.
309 - 409	=	16 M + 15 + 00 + 30	=	899.380	cmts.
310 - 410	=	16 M + 18 + 03 + 30	=	905.380	cmts.
311 - 411	=	16 M + 18 + 06 + 30	=	908.380	cmts.
312 - 412	=	16 M + 18 + 10 + 30	=	912.380	cmts.
313 - 413	=	16 M + 18 + 12 + 30	=	914.380	cmts.
Y - Y'	=	16 M + 19 + 17 + 30	=	920.380	cmts.
314 - 414	=	16 M + 18 + 19 + 30	=	921.380	cmts.
315 - 415	=	16 M + 18 + 20 + 30	=	922.380	cmts.
316 - 416	=	16 M + 18 + 21 + 30	=	923.380	cmts.
317 - 417	=	16 M + 18 + 24 + 30	=	926.380	cmts.
318 - 418	=	16 M + 15 + 24 + 30	=	923.380	cmts.
319 - 419	=	16 M + 06 + 19 + 30	=	909.380	cmts.
320 - 420	=	16 M + 00 + 14 + 30	=	898.380	cmts.
321 - 421	=	15 M + 44 + 06 + 30	=	880.982	cmts.
322 - 422	=	15 M + 38 + 00 + 30	=	868.982	cmts.
323 - 423	=	14 M + 34 + 38 + 30	=	849.583	cmts.
324 - 424	=	14 M + 28 + 30 + 30	=	835.583	cmts.
325 - 425	=	12 M + 00 + 00 + 30	=	670.785	cmts.
326 - 426	=	6 M + 00 + 00 + 30	=	350.392	cmts.

45,103.828 cmts.
451.04 mts.

42 Retículas Total =

451.04 mts. / 6.10 mts. x 1.05% = 78 Tramos.

78 Tramos ∇ 32 mm. x 3.227 Kg. = 251.706 Kg.

8.2.2. - HERRAJES

Nodos centrales	408 pzs.
Pernos centrales ϕ 3/16" x 3"	408 pzs.
Nodos de borde	78 pzs.
Pernos de borde ϕ 1/4" x 7"	78 Pzs.
Uniones de tramos	68 pzs.
Chaquetas de unión 4"	68 pzs.
Perfil chaquetas ∇ 28 mm.	5.77 Kg.
Tramos chaqueta: 68 pzs. x 10 cmts. / 6.1	= 2 Tramos
Rondanas RIG = 486 nodos x 2	= 972 pzs.
Remaches ϕ 1/8" x 6.35 mm.	= 486 M x 12 = 5832 Pzs.

8.2.3. - LAMINA ACRILICA

101 - 201	= 15 M - 00 - 00 - (7 x 15)	= 905.982 cmts.
103 - 203	= 24 M - 00 - 14 - (10x 15)	= 1445.571 cmts.
105 - 205	= 25 M - 36 - 00 - (7 x 15)	= 1475.970 cmts.
107 - 207	= 26 M - 10 - 18 - (6 x 15)	= 1506.368 cmts.
X - X'	= 26 M - 15 - 24 - (7 x 15)	= 1532.368 cmts.
110 - 210	= 26 M - 10 - 14 - (6 x 15)	= 1502.368 cmts.
112 - 212	= 24 M - 38 - 41 - (7 x 15)	= 1465.571 cmts.
114 - 214	= 24 M - 00 - 03 - (10x 15)	= 1434.571 cmts.
116 - 216	= 14 M - 00 - 00 - (7 x 15)	= 852.583 cmts.
		12, 121.352 cmts.

9 Rollos	Total	=	121.21 mts.
Lámina	= 121.72 ml x 1.22 mts.	=	147.87 m2
Pijas	= 46 módulos x 2	=	972.00 pzs.
Pegamento acrílico	= 451.04	÷ 40	= 10.00 lts.

3.3. - COSTO DE OBRA

Para obtener un comparativo en igualdad de circunstancias - con costos de cubiertas similares, no consideramos las obras de ingeniería preliminar de soporte perimetral del sistema.

* Levantamiento topográfico	98.35 M2 x \$	20.44 = \$	2,010.28
* Amortización programa	98.35 M2 x \$	47.17 = \$	4,639.17
* Planos ejecutivos	10.00 Pzs x \$	750.00 = \$	7,500.00
* Modelos de bordes invertido y de imagen real	2.00 Pzs x \$	700.00 = \$	1,400.00
* Tendido de cadenas y modelo de forma	1.00 Lfe x \$	1,375.00 = \$	1,375.00
* Perfiles tubulares de aluminio ∇ 32 mm.	251.71 Kg x \$	65.03 = \$	16,368.71
* Perfiles tubulares de aluminio ∇ 28 mm.	5.77 Kg x \$	65.03 = \$	375.23
* Rondanas rigidizadoras	972.00 Pzs x \$	1.59 = \$	1,545.48
* Anodizado aluminio	257.43 Kg x \$	7.21 = \$	1,856.43
* Pernos ϕ 3/16" x 3"	403.00 Pzs x \$	2.36 = \$	962.33
* Pernos ϕ 1/4" x 7"	73.00 Pzs x \$	4.23 = \$	329.94
* Remaches tipo pop	5832.00 Pzs x \$	0.24 = \$	1,399.68
* Habilitado de retícula			
* Habilitado retícula			

$$2 \text{ OF} \times \$ 1,500 \times 1.19 = \$ 3,570.00$$

$$2 \text{ AY} \times \$ 960 \times 1.19 = \$ 2,284.80$$

$$\$ 5,854.80 / 98.356 = \$ 59.53$$

	98.36 M2	x \$ 59.53 = \$ 5,855.37
* Montaje de retícula	98.36 M2	x \$ 59.53 = \$ 5,855.37
* Lámina acrílica	147.87 M2	x \$184.96 = \$27,350.04
* Pegamento acrílico	10.00 Lts	x \$134.10 = \$ 1,341.00
* Pijas $\phi 1/8'' \times 3/4''$	972.00 Pzs	x \$ 0.94 = \$ 913.68
* Laminación	98.36 M2	x \$ 59.53 = \$ 5,855.37
* Canalón	42.74 MI	x \$183.00 = <u>\$ 7,821.42</u>

Total : \$95,255.05

$$\text{COSTO/M2} = \$ 95,255.05 / 98.36 \text{ M2} = \$ 968.44 / \text{M2}$$

3.4. - COMPARATIVO

Consideramos que cualquier innovación en sistemas estructurales por extraordinaria que sea debe analizarse comparativamente en el mercado actual de la construcción en cuanto a las ventajas técnicas que ofrece y costo de las mismas - pero en igualdad de circunstancias.

Para cubrir grandes áreas en techos transparentes para invernaderos, centros deportivos, etc., tenemos en el mercado actual primeramente el llamado de bovedas de cañón, el cual es un sistema a base de láminas arqueadas de acrílico - soportadas por traveses longitudinales de acero o concreto a todo lo largo del espacio arquitectónico. (Figura 104).

Este sistema es en el momento el más económico, alcanzando un costo por M2 de \$ 2,000.00 a \$ 2,100.00, (Figura -- 107 y 109), contra \$ 968.44 de nuestro sistema anticatenado. (Capítulo 3.3).

En segundo lugar se encuentra el sistema llamado reticular-de domos acrílicos, el cual está formado por una retícula plana de traves de acero o concreto con 80 cms. de modulación, sobre la que se asientan domos moldeados de acrílico de 60 x 60 cms. (Figura 105). Este sistema alcanza un costo -- actual de \$ 2,100.00 a \$ 3,500.00 por M2, (Figura 106 y - 108), contra los mismos \$ 968.44 por metro cuadrado cubierto de nuestro sistema anticatenado.

Los sistemas geodésicos, Figura 50 - 51 y 52, o de armaduras espaciales curvadas, Figura 53 y 55, alcanzan precios aproximados de \$ 4,500.00 y \$ 6,500.00 por M2 respectivamente, de tal forma que son evidentes las ventajas de nuestro sistema anticatenado sin necesidad de mayor discusión.

8.5. - COMENTARIOS

Hasta el momento las investigaciones efectuadas sobre los -- domos anticatenados han dejado infinidad de posibilidades para continuar con las mismas, tanto en su estructura como -

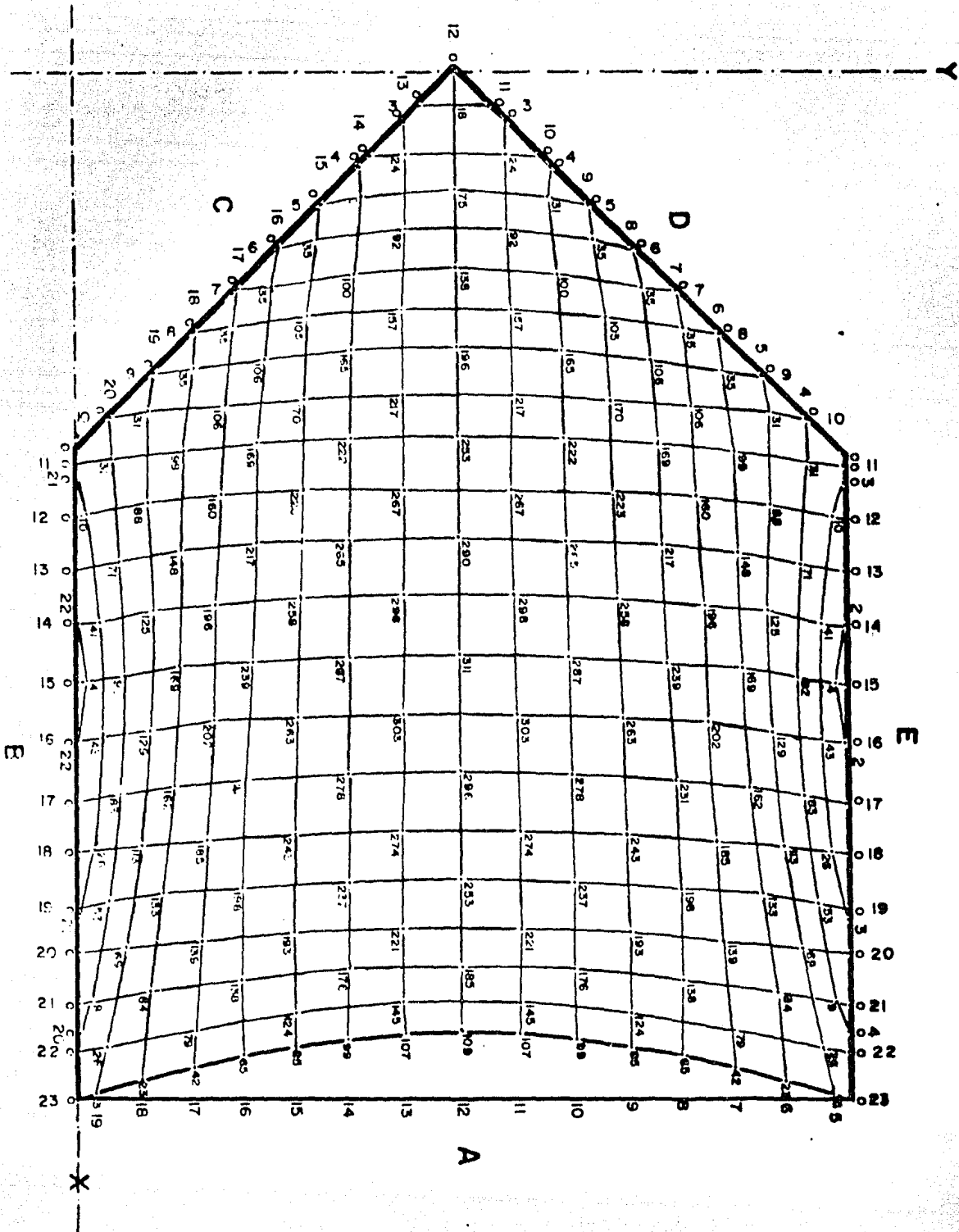
en su tecnología. Una de tantas contiene la posibilidad de experimentar usando perfiles tubulares de lámina de fierro en los elementos que forman la retícula de la estructura, - no tanto en cuanto a su resistencia sino en cuanto a su -- comportamiento a la doble torsión inversa y a la doble curvatura inversa al tomar su forma espacial proyectada. Igualmente los costos de los materiales usados en la cubierta se pueden minimizar utilizando lámina lisa de aluminio o fierro.

Con estos decrementos de costo y optimizando al máximo la tecnología usada hasta el momento podemos pensar que el sistema laminar de techos antcatenados se puede aplicar a niveles industriales por el bajo costo que alcanzaría y - ventajas en cuanto facilidad de prefabricación, sencillez de conexión entre los miembros que lo forman, simpleza de montaje, facilidad de transporte aún a lugares poco accesibles, posibilidad de fabricación en serie de las partes y - cumplimiento de los criterios establecidos en normas y reglamentos.

B I B L I O G R A F I A

- * FREI, OTTO ARQ, Gitlerschalen ILIO, Instituts für leichte - -
Flächentragwerke, Universität Stuttgart.
- * RODRIGUEZ, NEFTALI ING., Estructuras para Grandes Claros, -
Instituto de Ingeniería, Universidad Nacional Autónoma de México.
- * OBRAS PUBLICAS, DIRECCION GENERAL DE EDIFICIOS, Las -
Obras Olímpicas, Octubre de 1968.
- * FUNG, Y. C. and SECHLER, E. E., Instability of thin Elastic -
Shells, Goodier Hoff Editors.
- * DAVIS, R. M., Spice Structuras, Editorial Wiley
- * FLÜGE, Handbook of Engineering Mechanics, Editorial Mc Graw
Hill.
- * HOF, GOODIER, Structural Mechanics, Proceedings of the - -
First Symposium on Naval Estructural Mechanics, Editorial - -
Pergamon Press, Macmillan Company N. Y. 1960.
- * VARGAS, TEOFILO ING., Cascarones con Imperfecciones - - -
Estocásticas, Tesis Doctoral 1965, Facultad de Ingeniería, - - -
universidad Nacional Autónoma de México.

- * BUCKMINSTER, R. with APPLEWHITE, E. J., Synergetics, - - Explorations in the Geometry of Thinking, Editorial Macmillan Publishing, Co. Inc. N. Y., Collier Macmillan Publishers, - London, 1975.
- * CASTAÑO, FRANCISCO ING., Sistema Castaño Triodestic, Fo-
lleteo.
- * REYNOLDS INTERNATIONAL, S. A., Manual de Cálculo para-
Perfiles de Aluminio, Folleteo.
- * ASSOCIATION, THE ALUMINUM, Aluminum Standard and - -
Data, Folleteo.

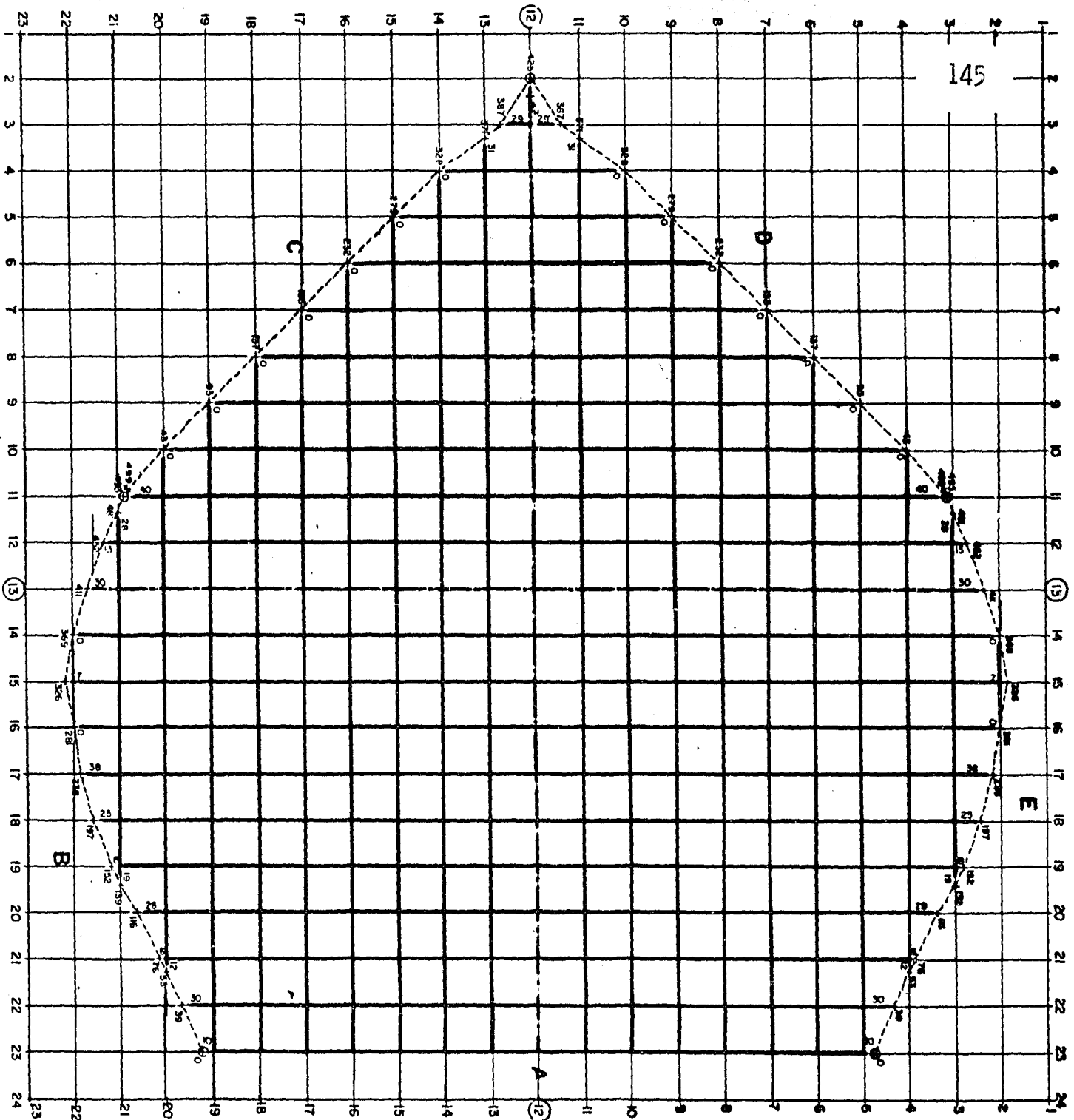


Techumbre Laminar

CONCOSA			
A	B	C	D
E	F	G	H
PLANOS No. 1 A			PLANOS No. 2 B
B-VII-76 ARQ. S. R. A. M. O. N. ARQ. S. R. A.			

1

PROYECCION



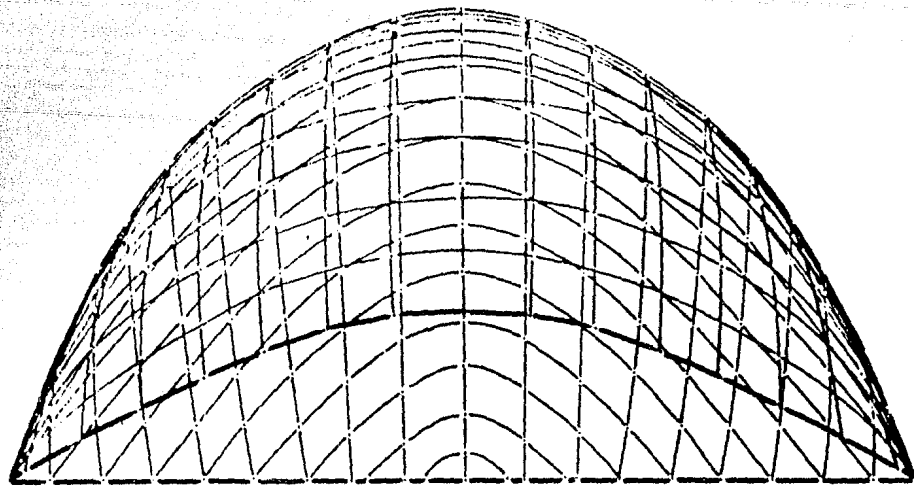
145

Techumbre Laminar.

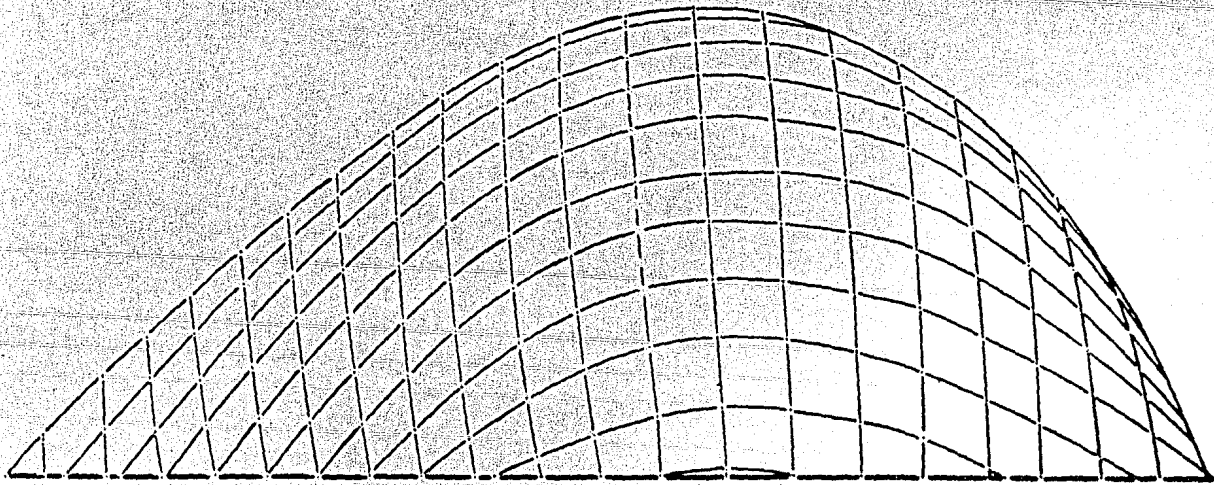
CONCOSA			
AL UNIVERSIDAD INTER-AMERICANA		1918 - 9 48 QM-12 - 9-48-94-05	
P	R	O	Y
E	C	I	O
FECHA DISEÑO			PLANO No
dic. 76			2
arq.s. r. o. s. e. o. arq.s. r. o.			A

2

PATRON



Frontal



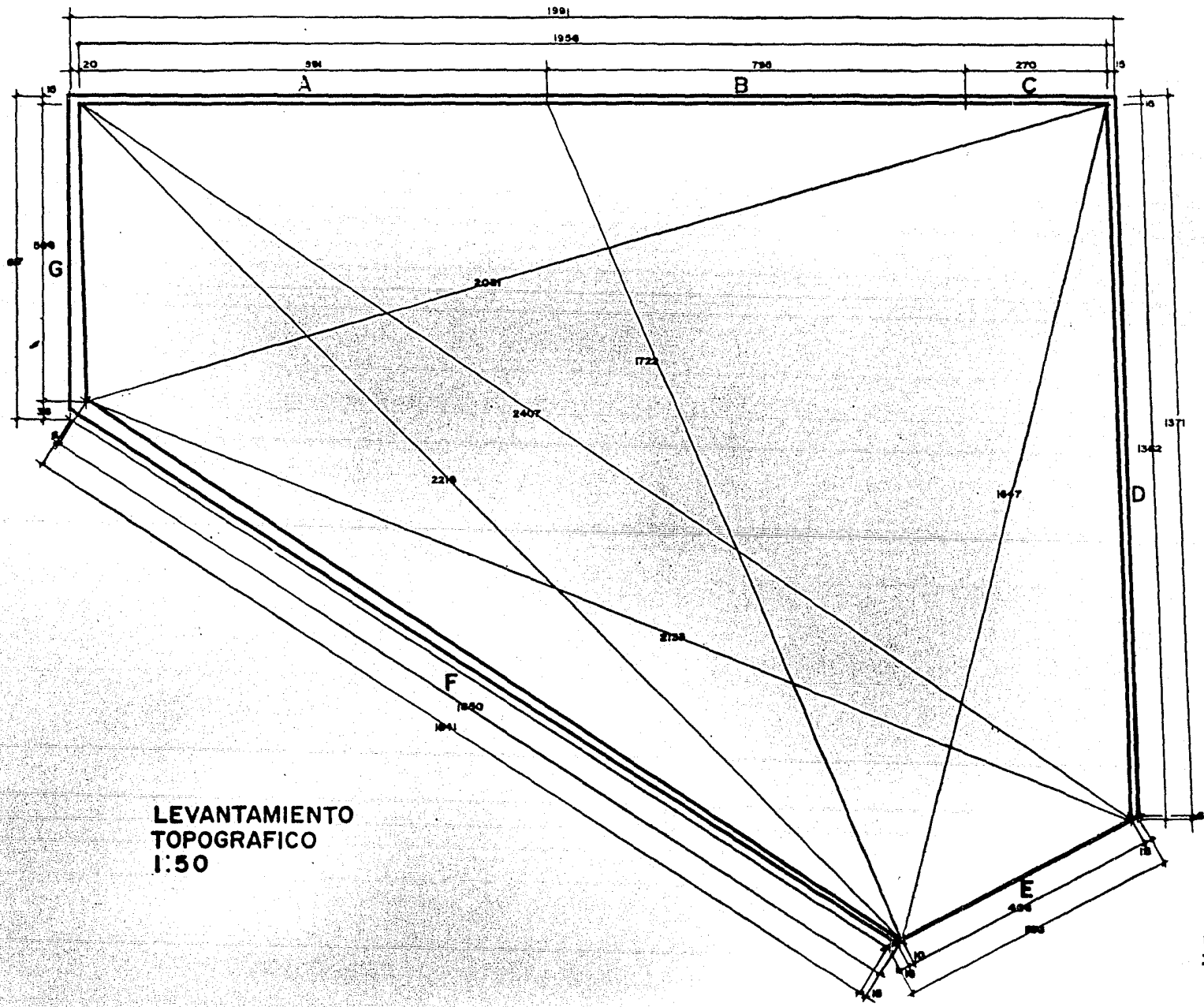
Lateral

Techumbre Laminar

CONCOSA			
R. VILLAS APOS RA. M. D. N. APOS RA.		PLANO NO	
TECHUMBRE LAMINAR		3	A

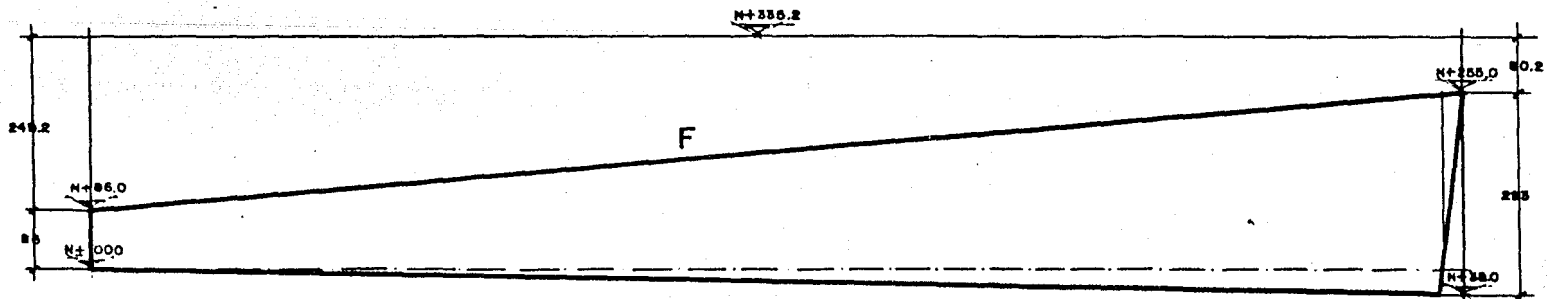
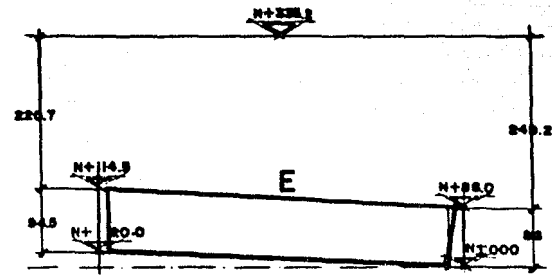
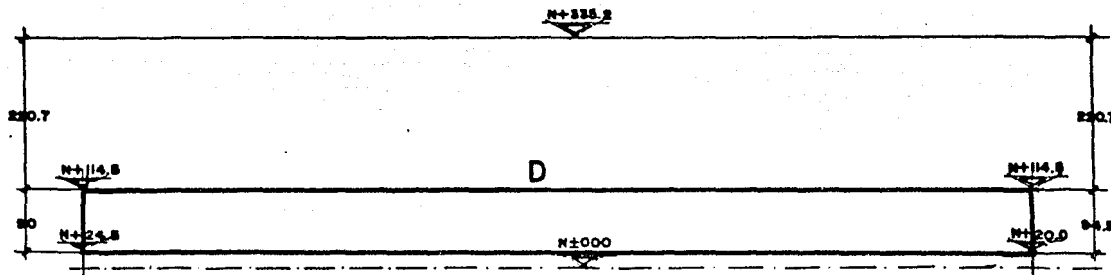
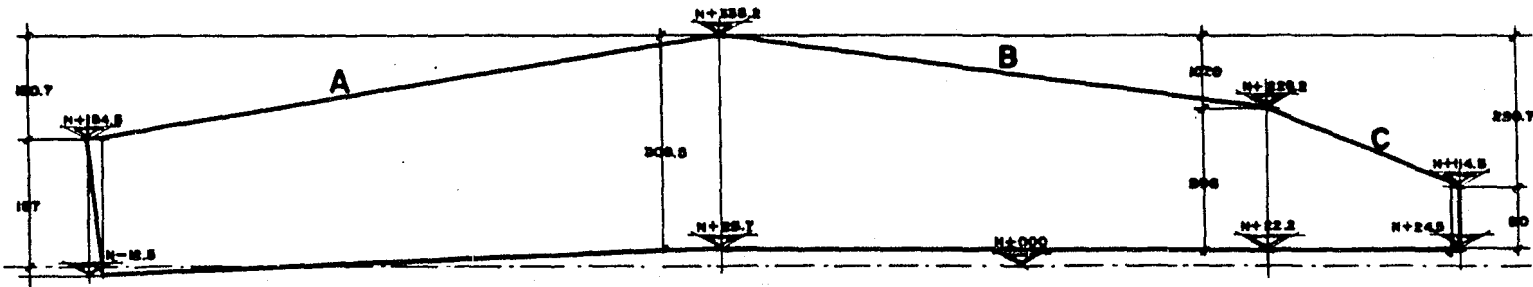
3

ALZADOS

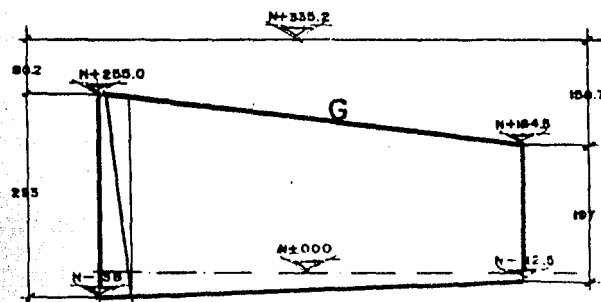


LEVANTAMIENTO
TOPOGRAFICO
1:50

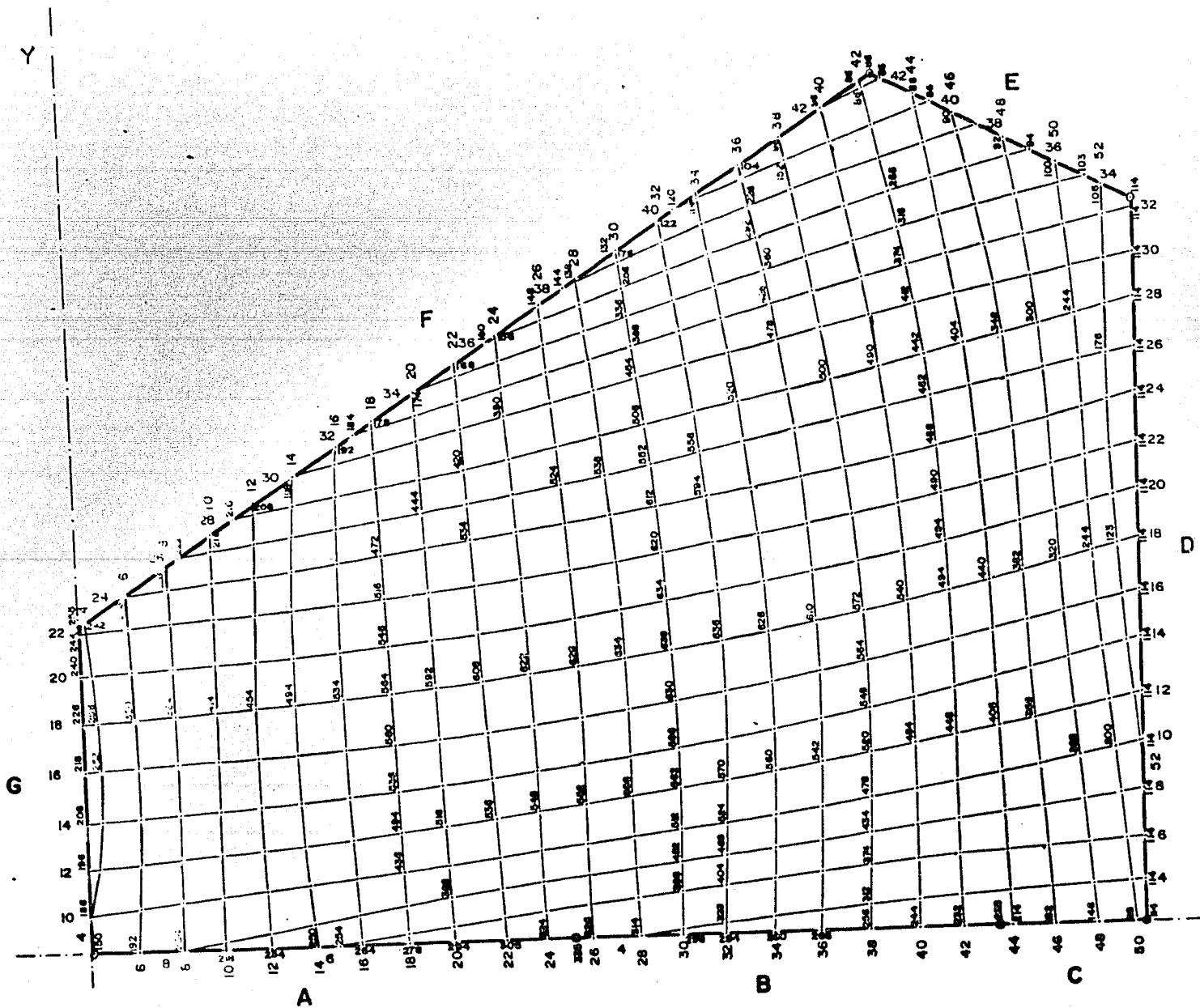
CIA. CONSTRUCTORA Y CONSULTORES, S. A.
 ARQ. SALOMON ROJAS ACEVAL
 cubierta laminar de Invernadero **4**



BORDES



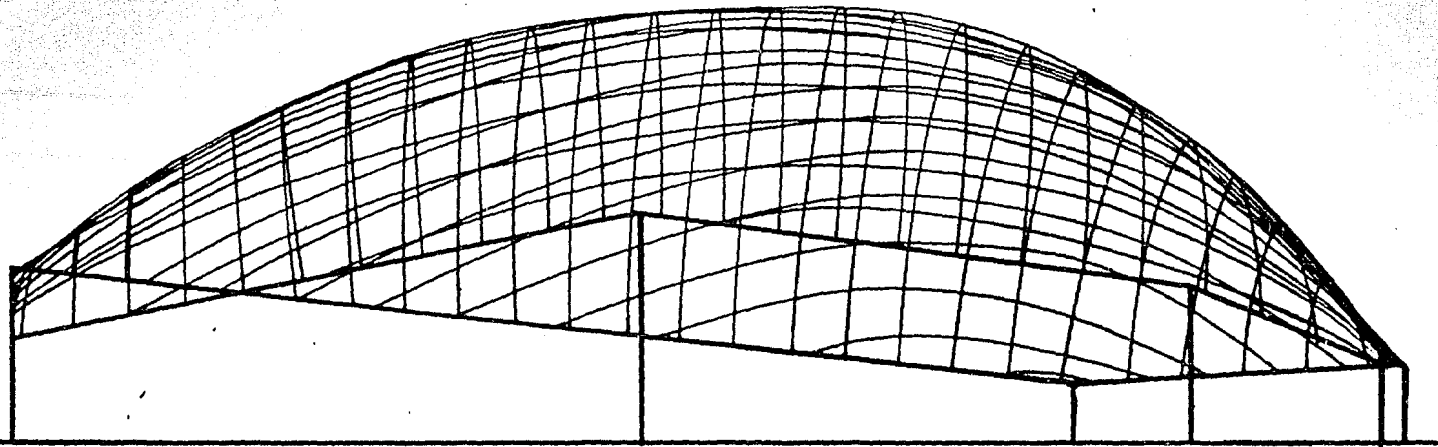
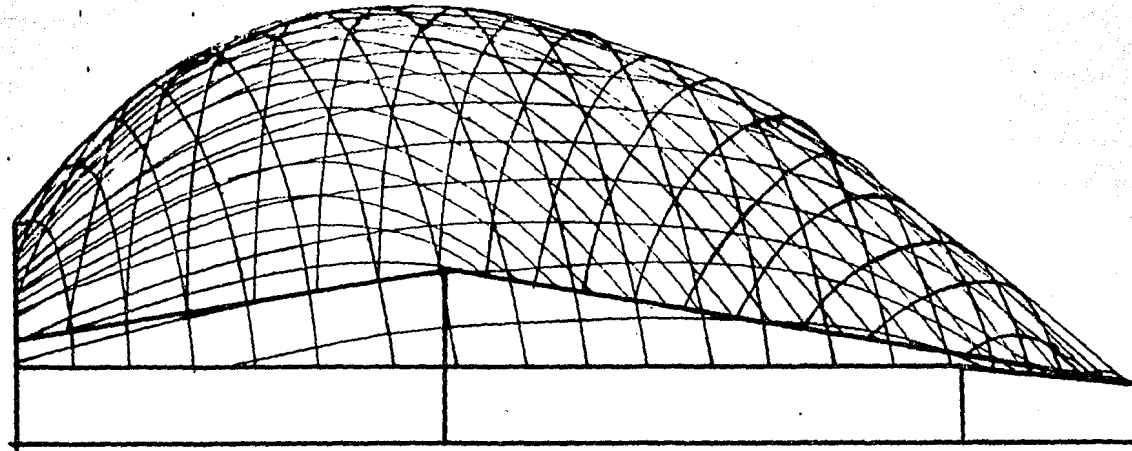
CIA. CONSTRUCTORA Y CONSULTORES, S.A.
 ARQ. SALOMON ROJAS ACEVAL
 cubierta laminar de invernadero **5**



SUPERFICIE EN PROYECCION
 ESCALA 1:50

CIA. CONSTRUCTORA Y CONSULTORES, S.A.
 ARQ. SALOMON ROJAS ACEVAL
 cubierta laminar de invernadero

6

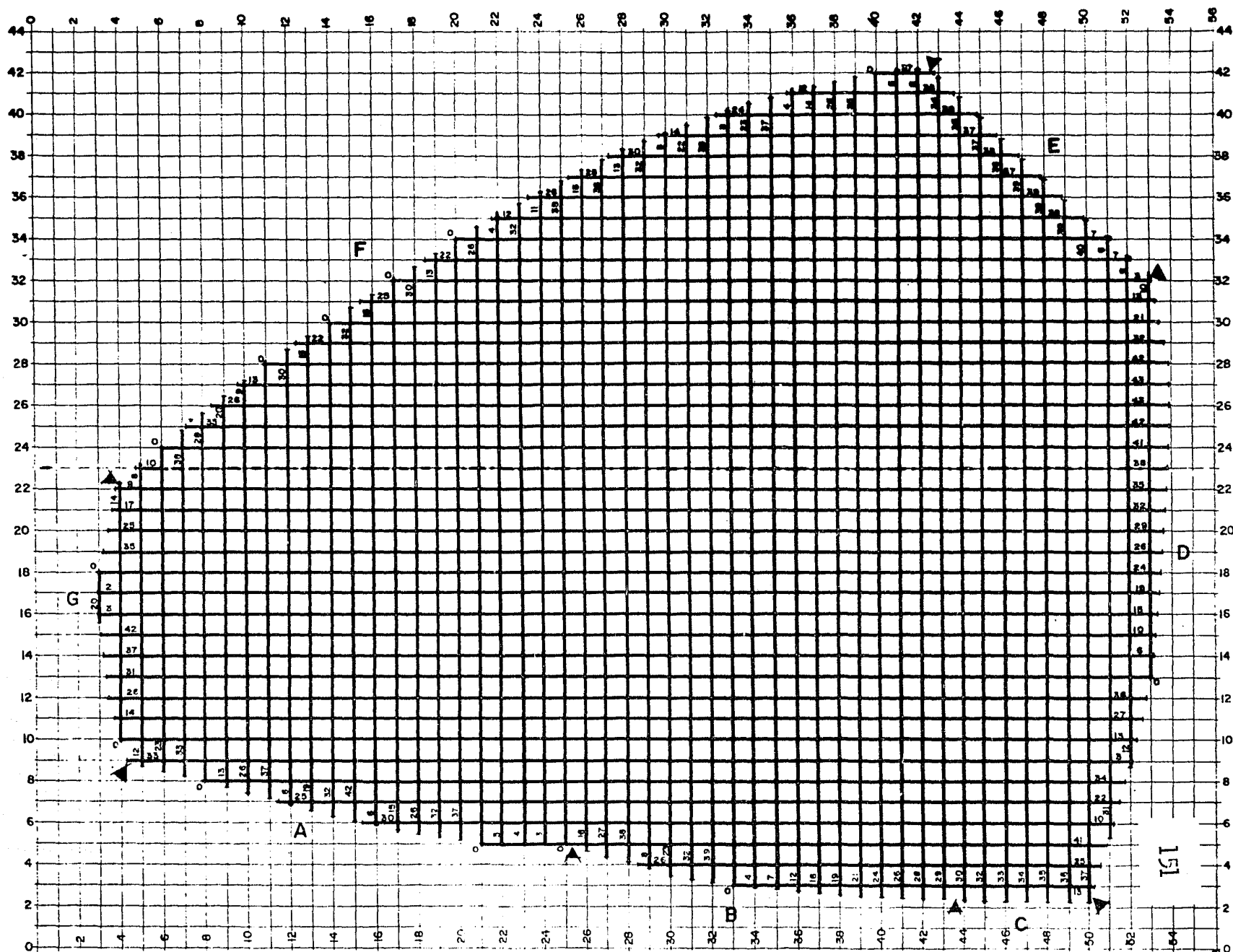


PROYECCIONES ORTOGONALES
ESCALA 1:50

CIA. CONSTRUCTORA Y CONSULTORES, S.A.
ARQ. SALOMON ROJAS ACEVAL
cubierta laminar de invernadero

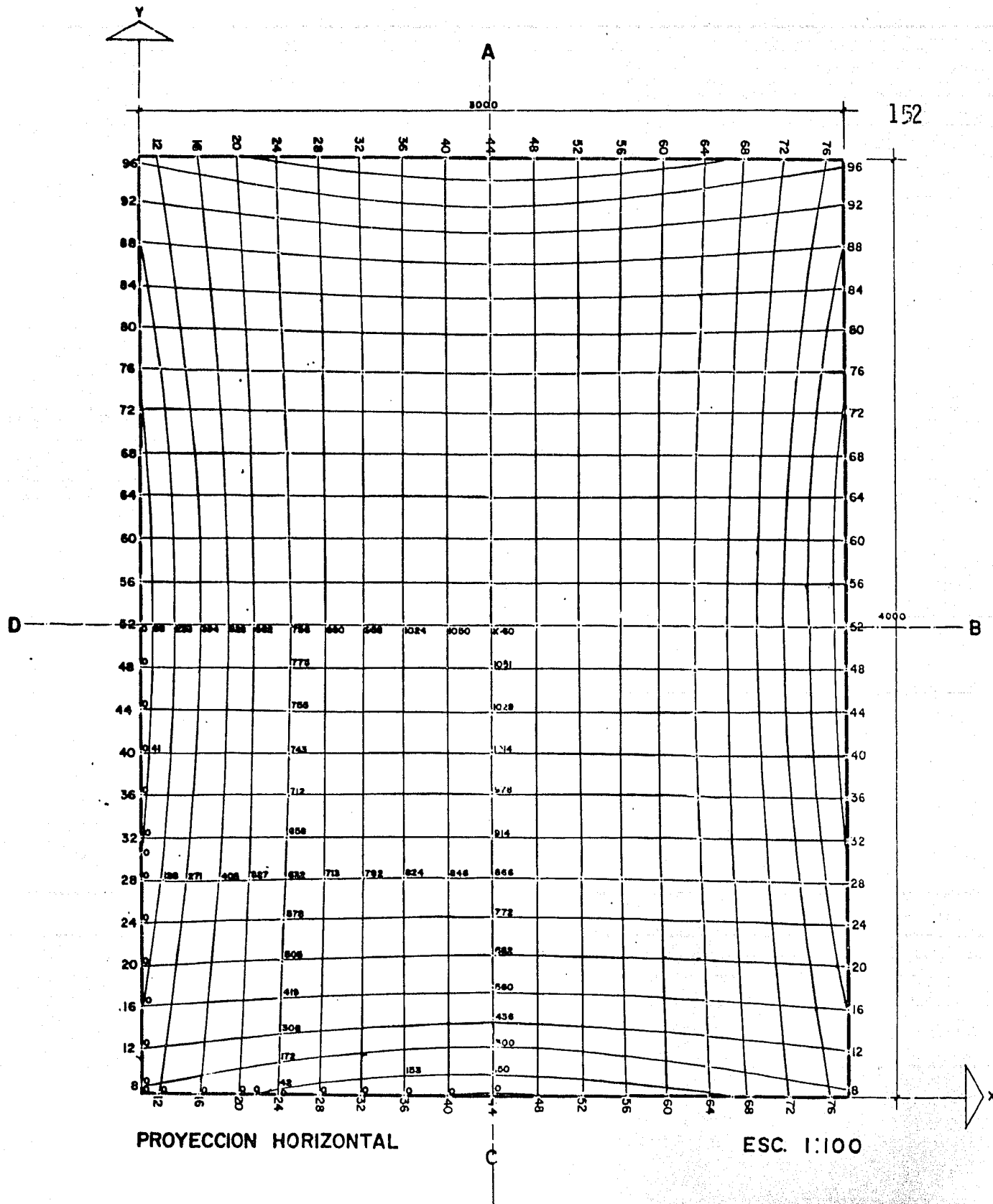
150

7



° SUPERFICIE EN DESARROLLO cubierta laminar invernadero
 ESCALA 1:50

CIA. CONSTRUCTORA Y CONSULTORES, S.A.
 ARQ. SALOMON ROJAS ACEVAL



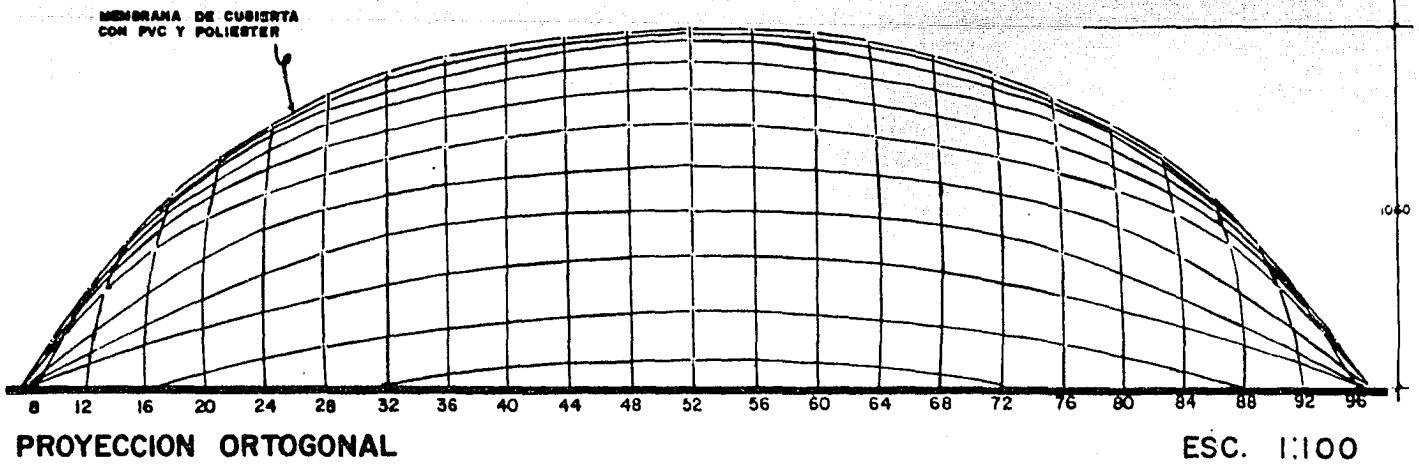
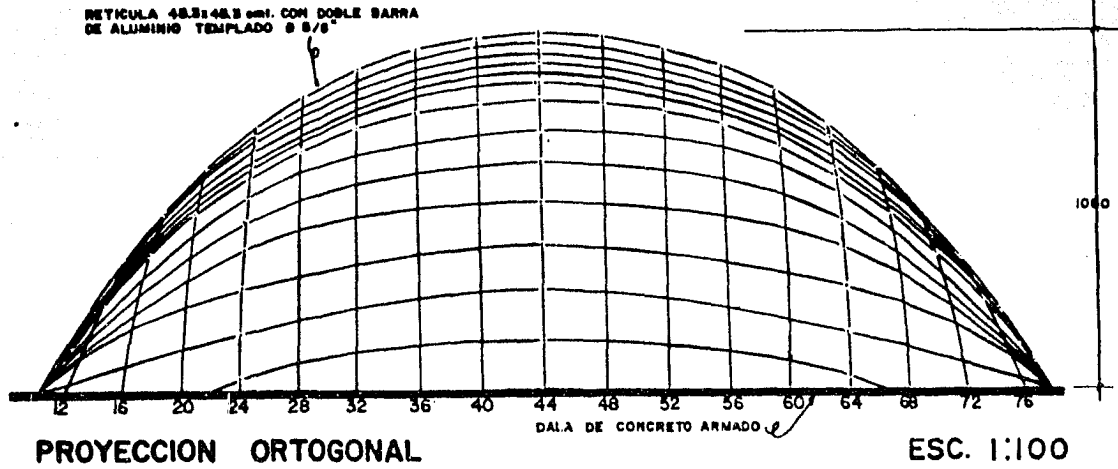
CUBIERTA LAMINAR PARA GRANERO TIPO

Cliente: A. N. D. S. A.

C O N C O S A 9

Av. Universidad 1579-3°

D.F.



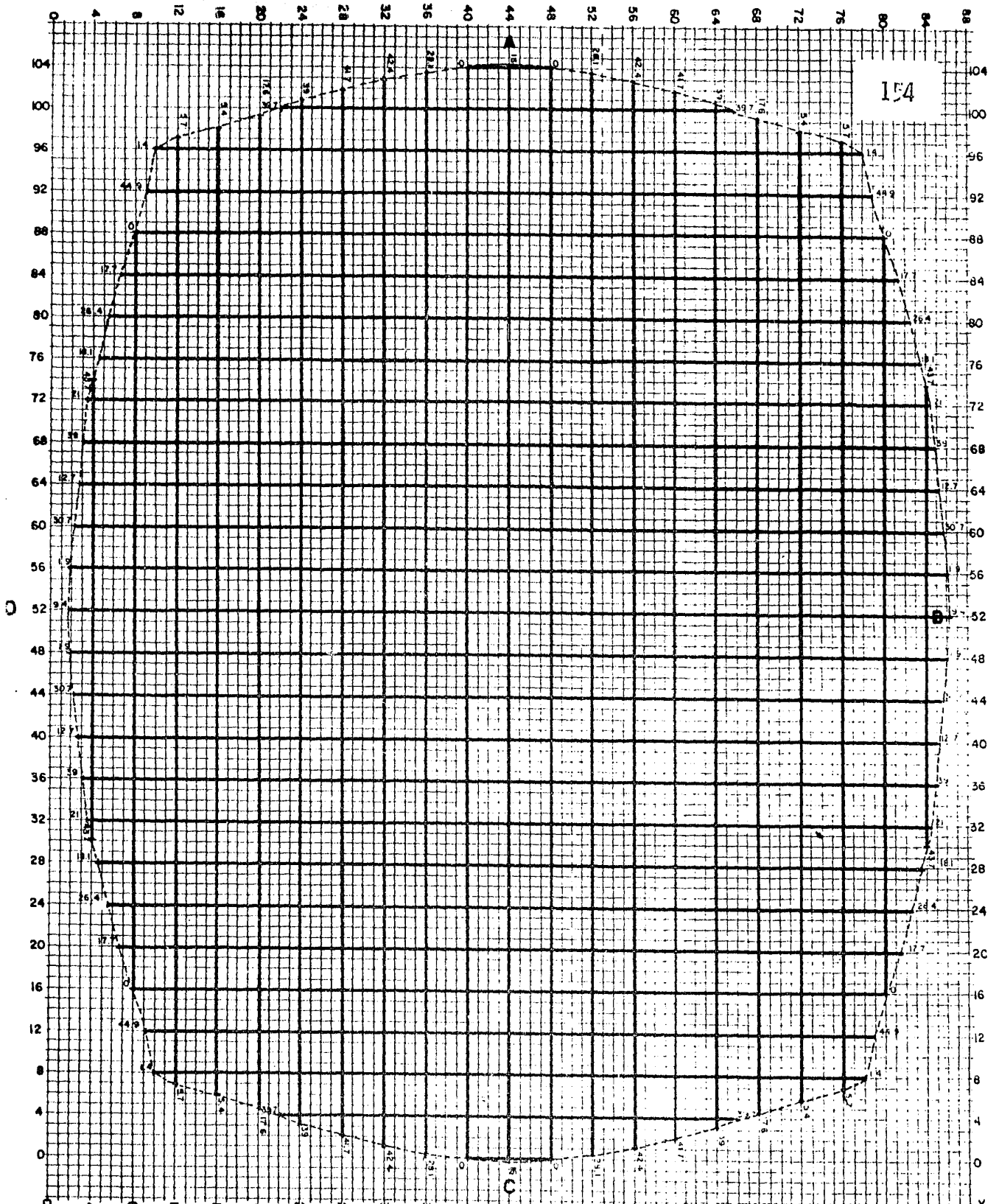
CUBIERTA LAMINAR PARA GRANERO TIPO

Cliente: A. N. D. S. A.

C O N C O S A 10

Av. Universidad 1579-3°

D.F.



CUBIERTA LAMINAR PARA GRANERO TIPO

Cliente: A. N. D. S. A.

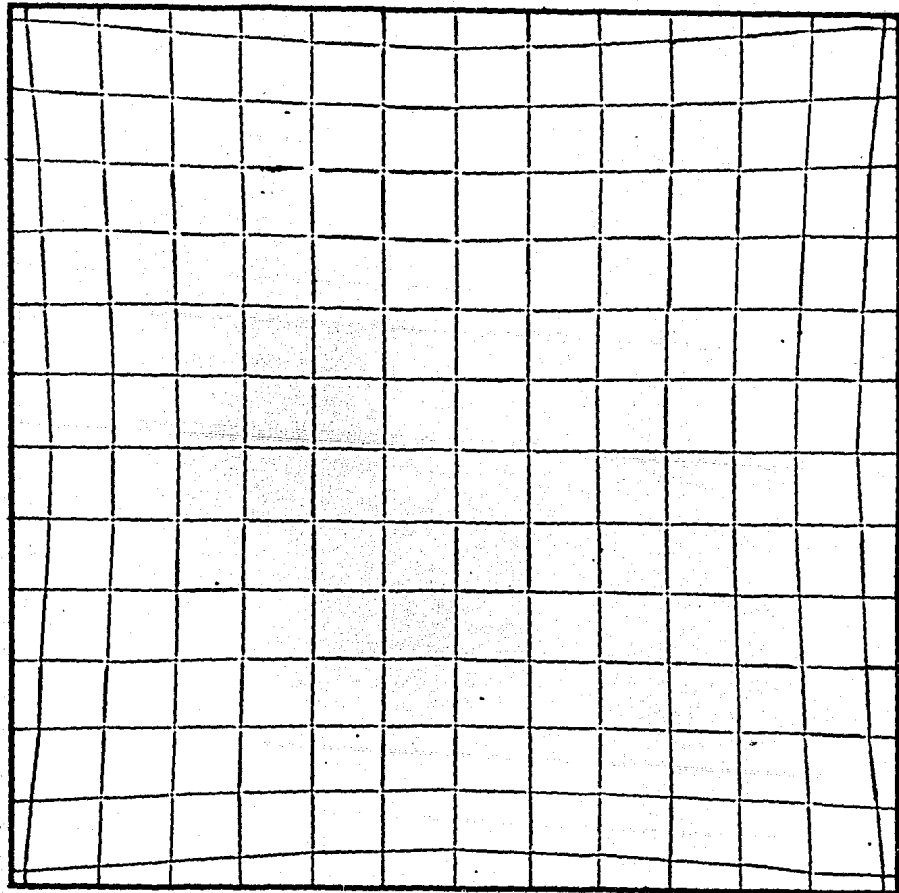
C O N C O S A

Av. Universidad 1579-3°

D.F.

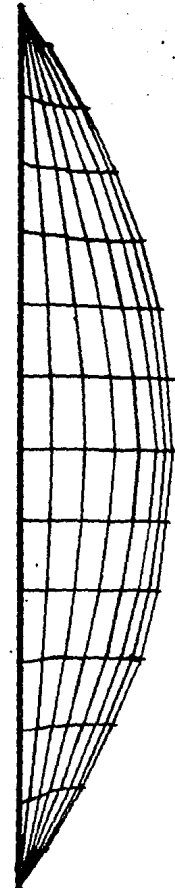
DESARROLLO CUBIERTA
ESC.

1:100 **11**



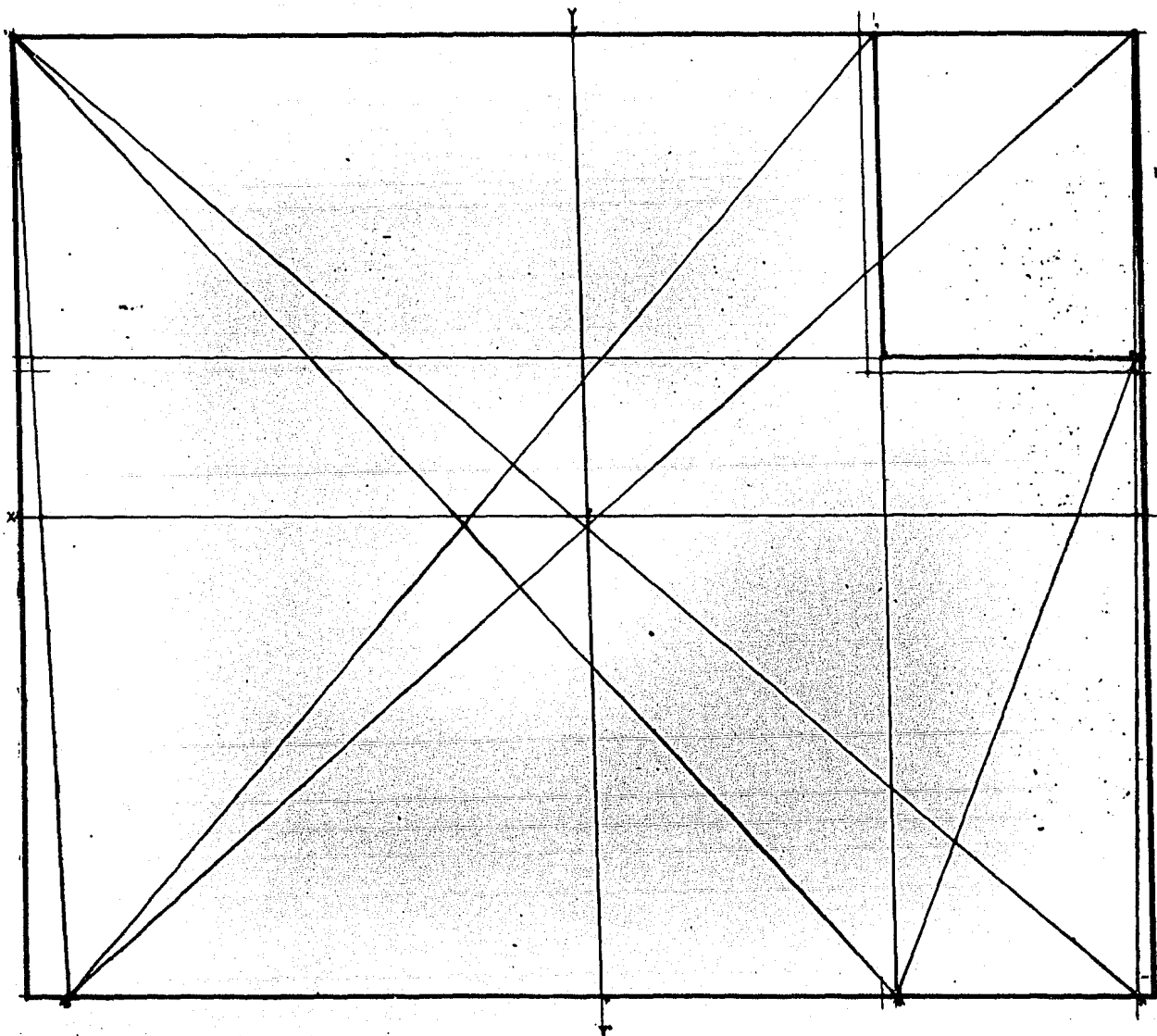
PROYECCION EN PLANTA Y FACHADA ESCALA 1:20

12



DOMO BANCO DE COMERCIO	0877
AV. UNIVERSIDAD	1-AP
ESTRUCTURAL	

155



MODULADORES

1-1 00000
2-1 00000
3-1 00000
4-1 00000
5-1 00000
6-1 00000
7-1 00000
8-1 00000
9-1 00000
10-1 00000
11-1 00000
12-1 00000
13-1 00000
14-1 00000
15-1 00000
16-1 00000
17-1 00000
18-1 00000
19-1 00000
20-1 00000
21-1 00000
22-1 00000
23-1 00000
24-1 00000
25-1 00000
26-1 00000
27-1 00000
28-1 00000
29-1 00000
30-1 00000
31-1 00000
32-1 00000
33-1 00000
34-1 00000
35-1 00000
36-1 00000
37-1 00000
38-1 00000
39-1 00000
40-1 00000
41-1 00000
42-1 00000
43-1 00000
44-1 00000
45-1 00000
46-1 00000
47-1 00000
48-1 00000
49-1 00000
50-1 00000

LONGITUDES

EST.	PV	DISTANCIA (m)
1	2	4.31
2	3	10.00
3	4	10.00
4	5	10.00
5	6	10.00
6	7	10.00
7	8	10.00
8	9	10.00
9	10	10.00
10	11	10.00
11	12	10.00
12	13	10.00
13	14	10.00
14	15	10.00
15	16	10.00
16	17	10.00
17	18	10.00
18	19	10.00
19	20	10.00
20	21	10.00
21	22	10.00
22	23	10.00
23	24	10.00
24	25	10.00
25	26	10.00
26	27	10.00
27	28	10.00
28	29	10.00
29	30	10.00
30	31	10.00
31	32	10.00
32	33	10.00
33	34	10.00
34	35	10.00
35	36	10.00
36	37	10.00
37	38	10.00
38	39	10.00
39	40	10.00
40	41	10.00
41	42	10.00
42	43	10.00
43	44	10.00
44	45	10.00
45	46	10.00
46	47	10.00
47	48	10.00
48	49	10.00
49	50	10.00

ANGULOS

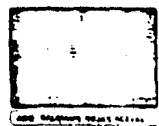
ANGULO	VALOR
1	90
2	90
3	90
4	90
5	90
6	90
7	90
8	90
9	90
10	90
11	90
12	90
13	90
14	90
15	90
16	90
17	90
18	90
19	90
20	90
21	90
22	90
23	90
24	90
25	90
26	90
27	90
28	90
29	90
30	90
31	90
32	90
33	90
34	90
35	90
36	90
37	90
38	90
39	90
40	90
41	90
42	90
43	90
44	90
45	90
46	90
47	90
48	90
49	90
50	90

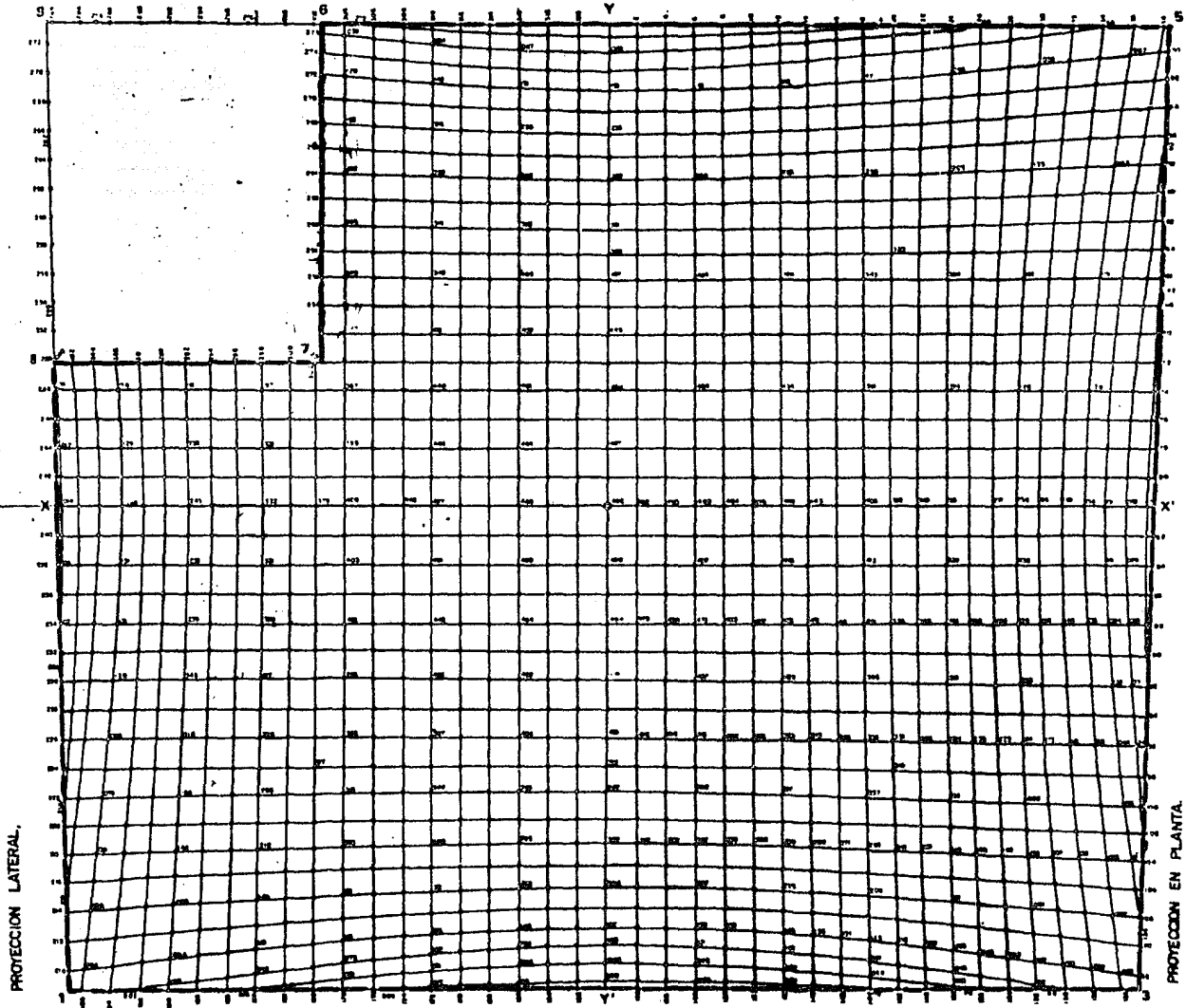
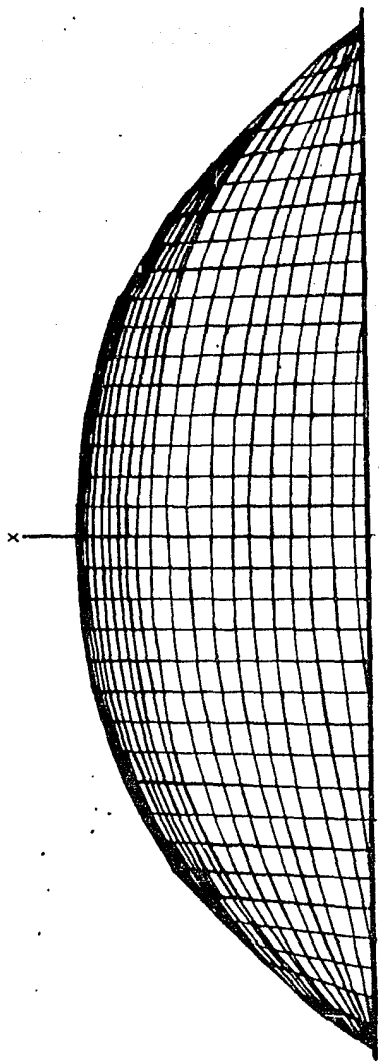
NIVELES

PUNTO	ELEVACION
1	0.000
2	0.000
3	0.000
4	0.000
5	0.000
6	0.000
7	0.000
8	0.000
9	0.000
10	0.000
11	0.000
12	0.000
13	0.000
14	0.000
15	0.000
16	0.000
17	0.000
18	0.000
19	0.000
20	0.000
21	0.000
22	0.000
23	0.000
24	0.000
25	0.000
26	0.000
27	0.000
28	0.000
29	0.000
30	0.000
31	0.000
32	0.000
33	0.000
34	0.000
35	0.000
36	0.000
37	0.000
38	0.000
39	0.000
40	0.000
41	0.000
42	0.000
43	0.000
44	0.000
45	0.000
46	0.000
47	0.000
48	0.000
49	0.000
50	0.000

156

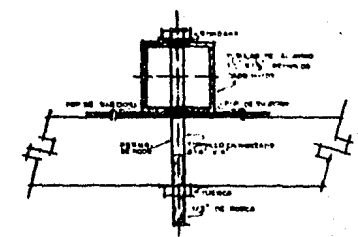
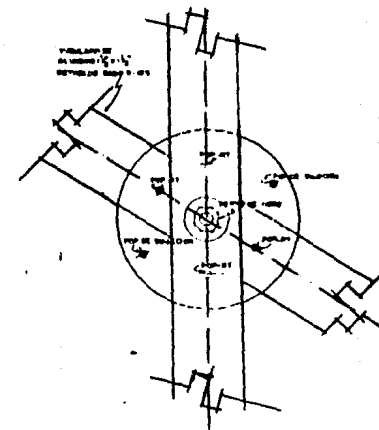
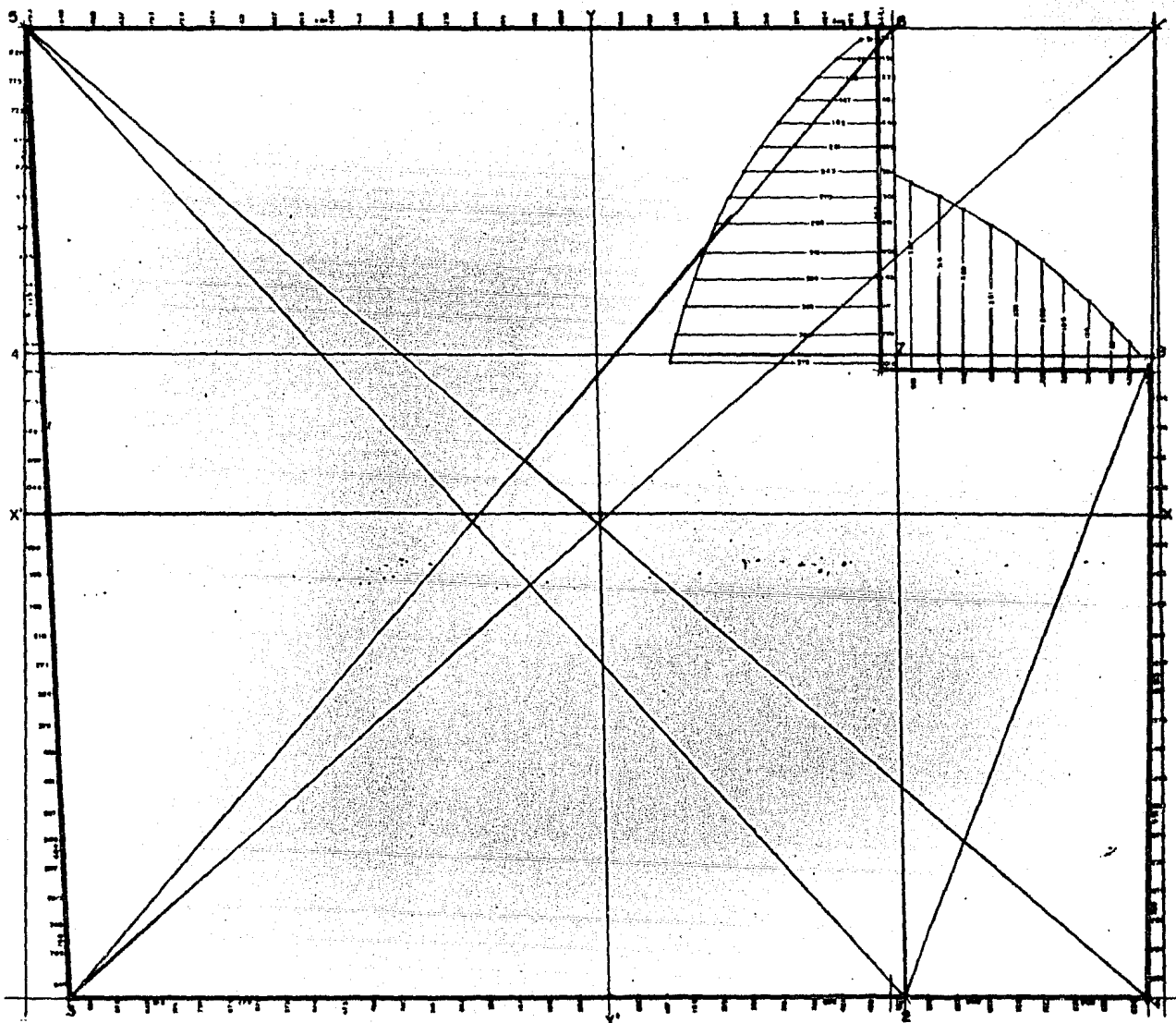
13



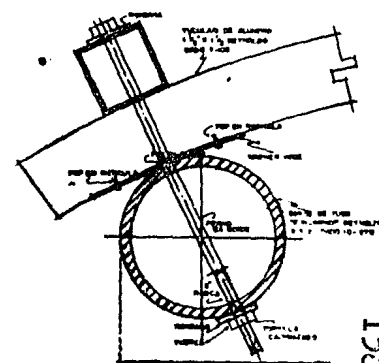


157





NODO CENTRAL

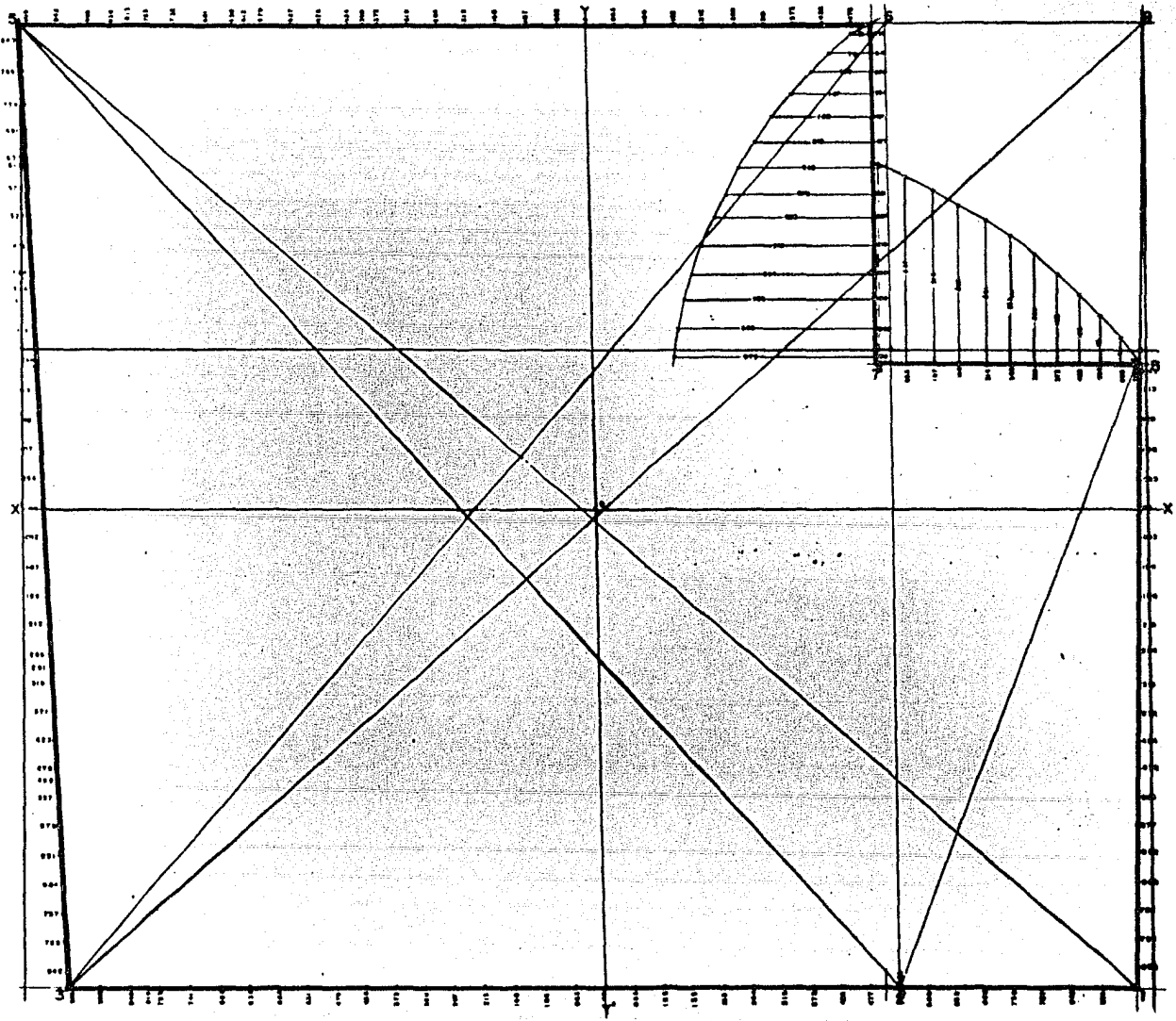


NODO DE BORDE.

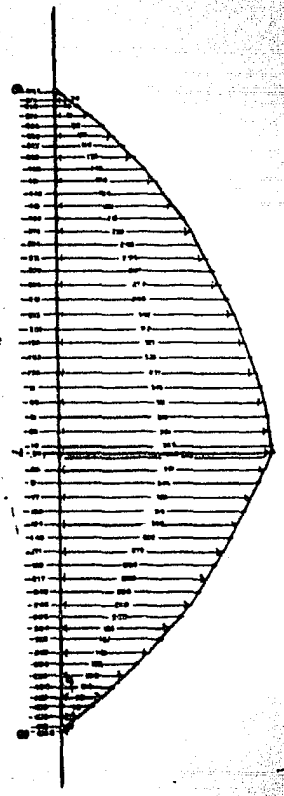
153

15

	DOMO ANTICATENARDO 120778
	380-M
	BORDES.



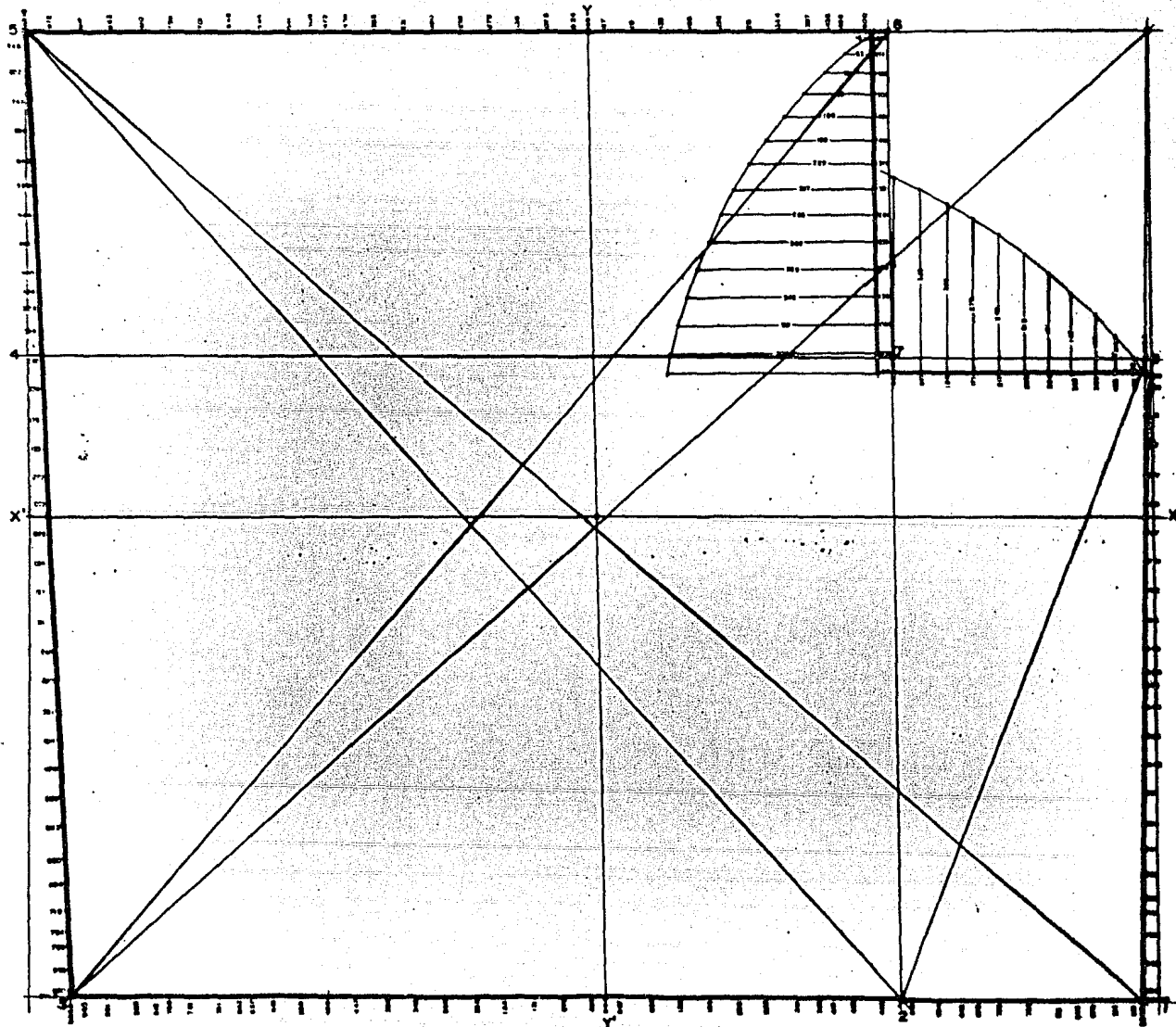
BORDE CINE



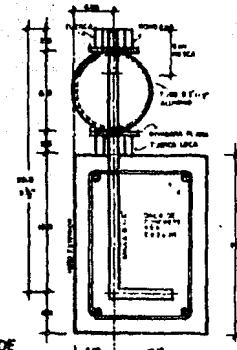
159

16

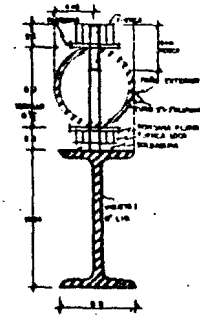
	DOMO ANTICATENARIO	120778
	UNIVERSIDAD DE CHILE	580-0
	INSTITUTO DE INVESTIGACIONES	
	BOQUES	
BORDES.		



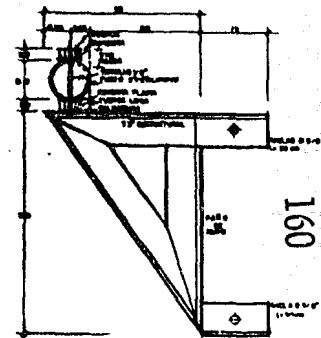
ANCLAJE BORDE
DE ALUMINIO
ESC. 1:20



VIGETA
DE BORDE
ESC. 1:20

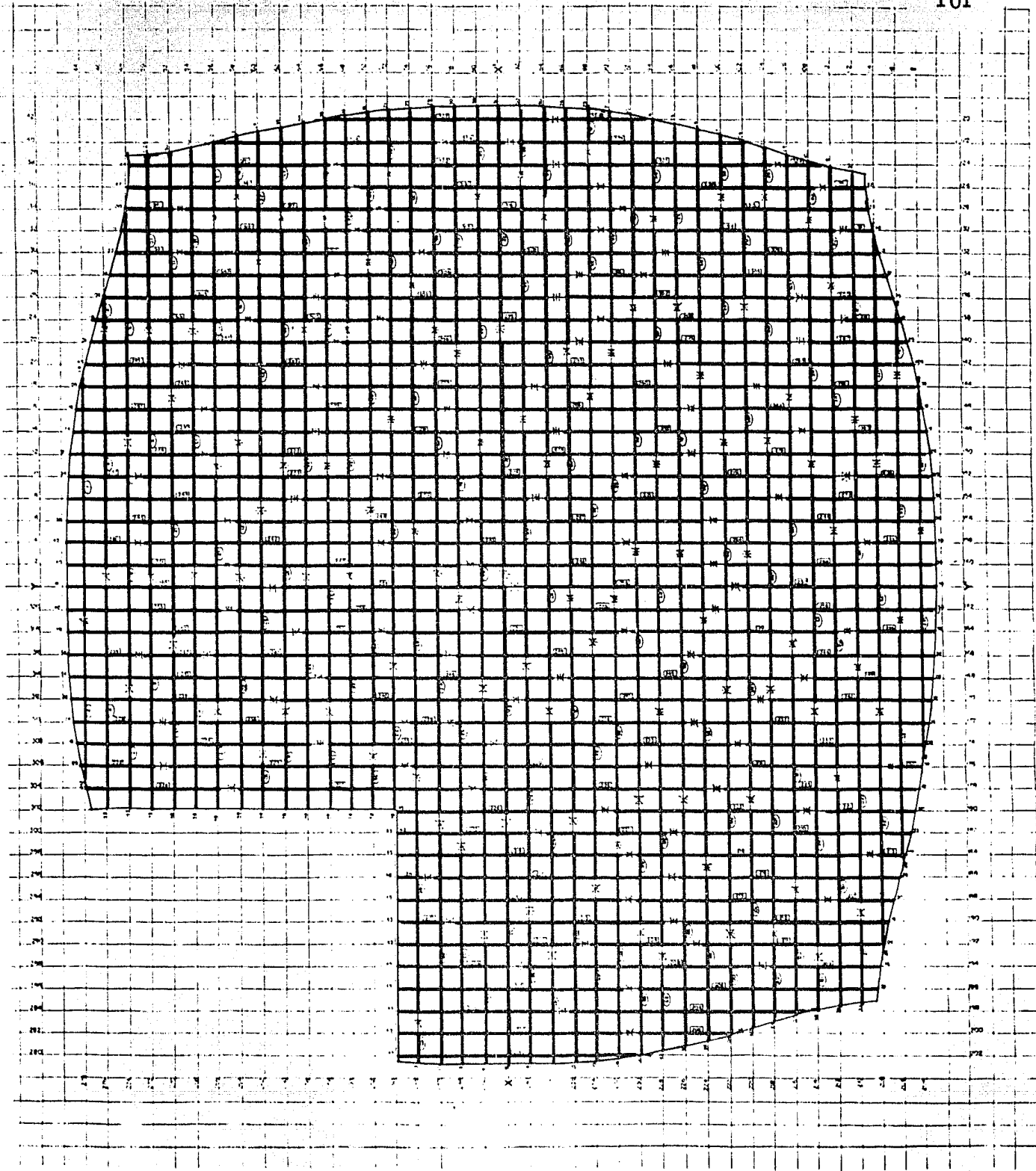


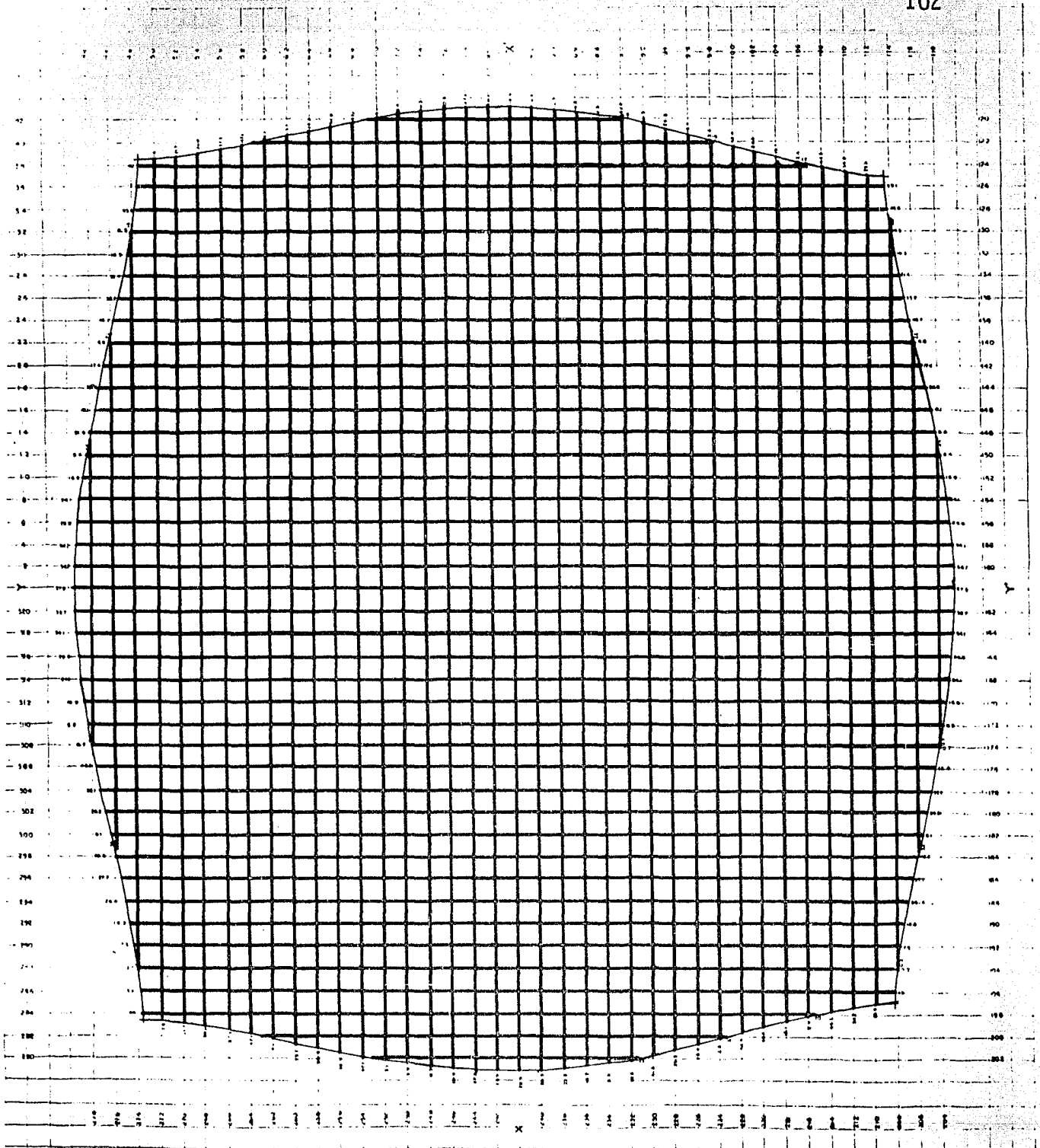
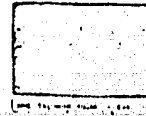
MENSULA
DE BORDE
ESC. 1:40

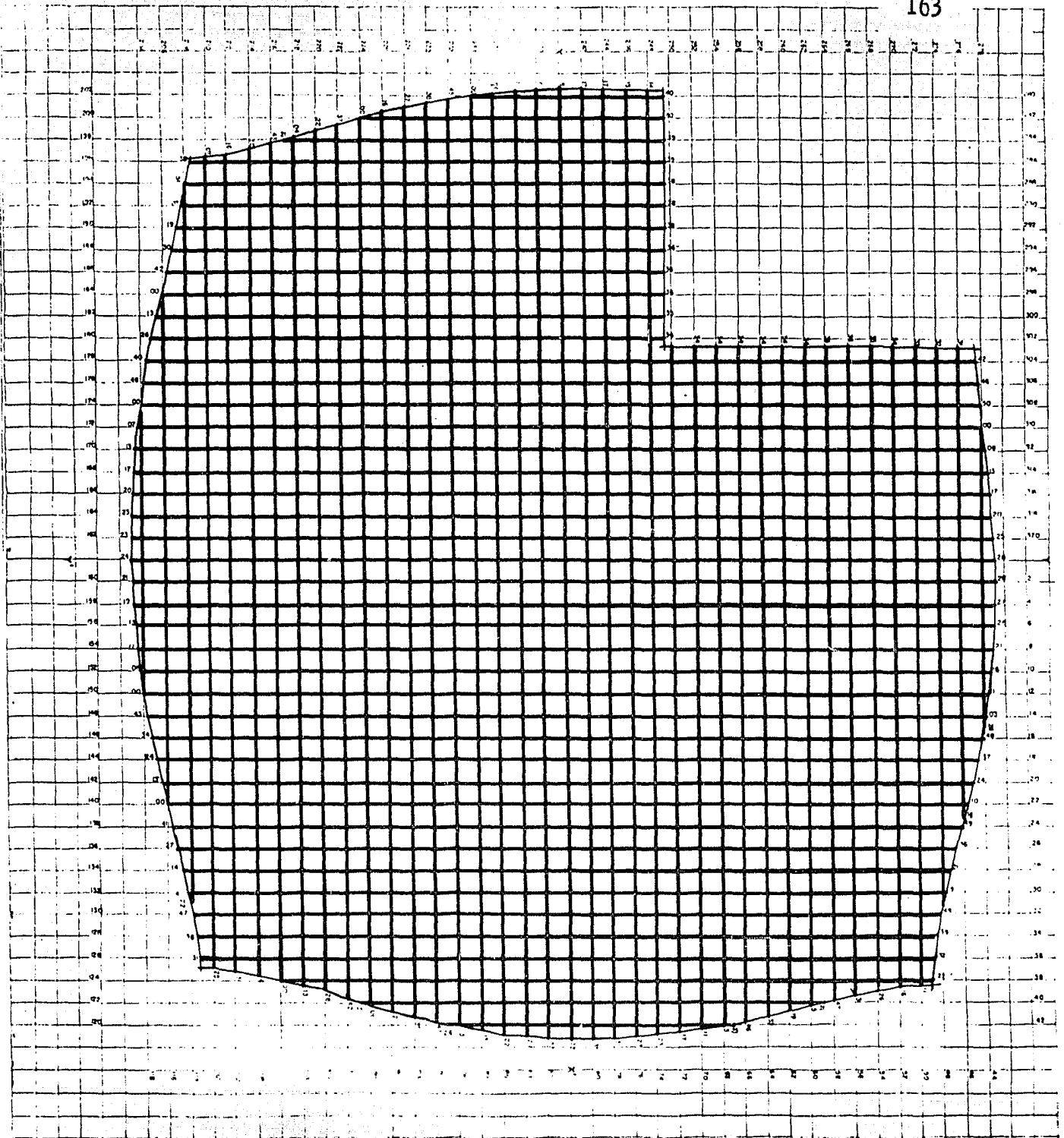


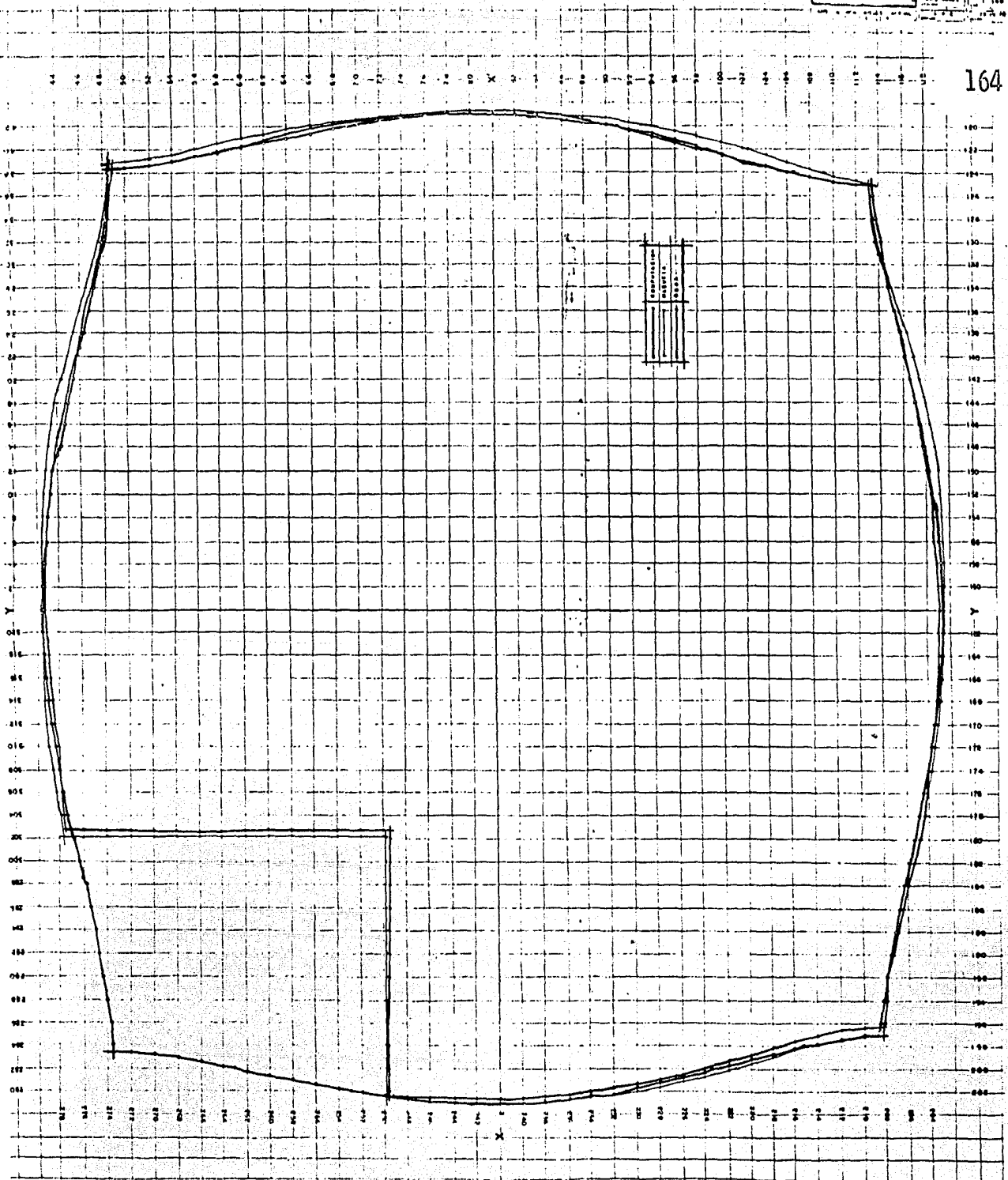
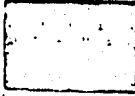
17

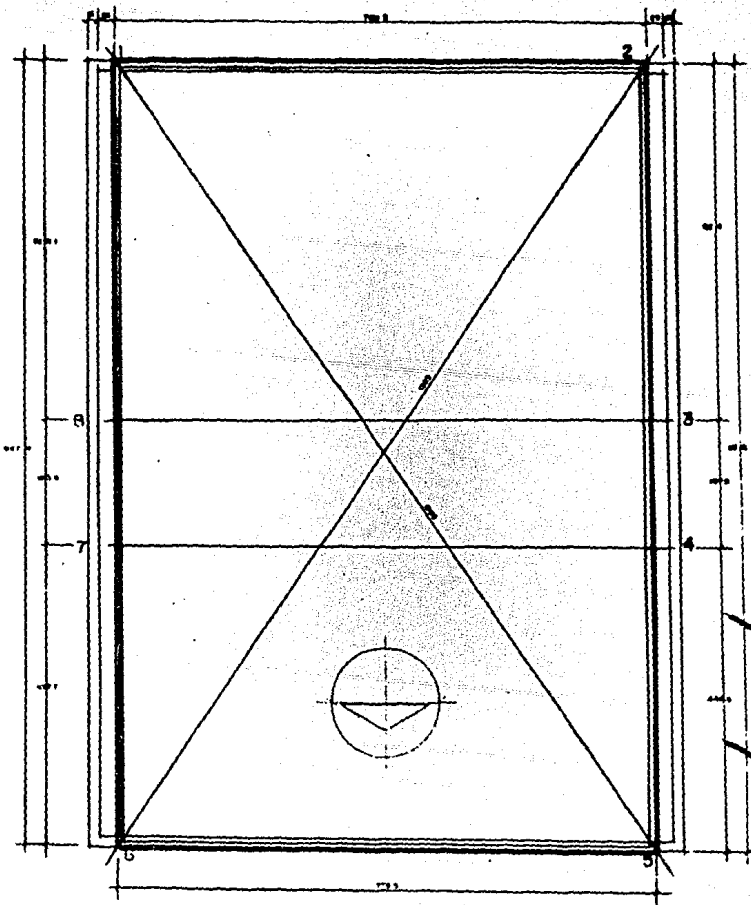
	DOMO ANTICATENARIO	20778
	<small> DISEÑO DE ESTRUCTURAS INGENIERIA DE ESTRUCTURAS </small>	2 RD 11
	ANCLA:	



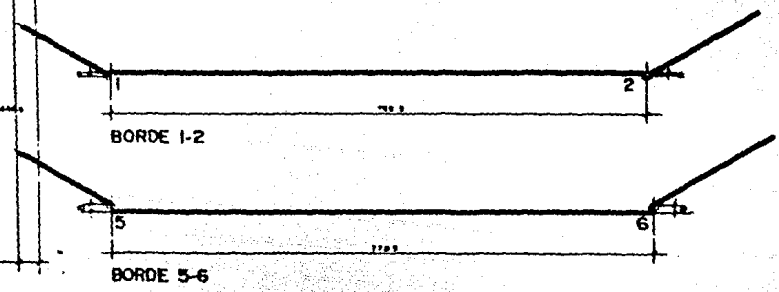
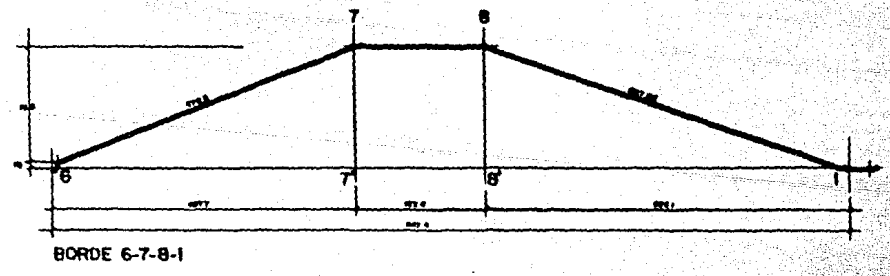
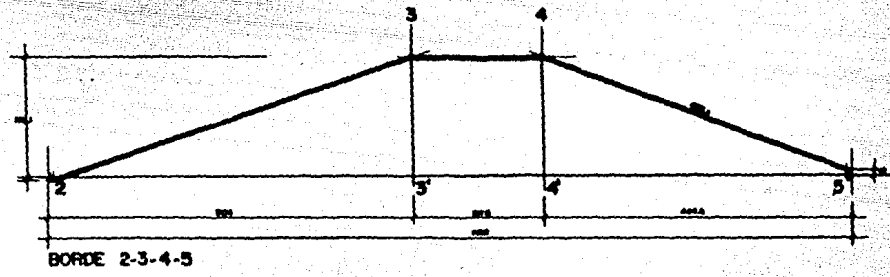








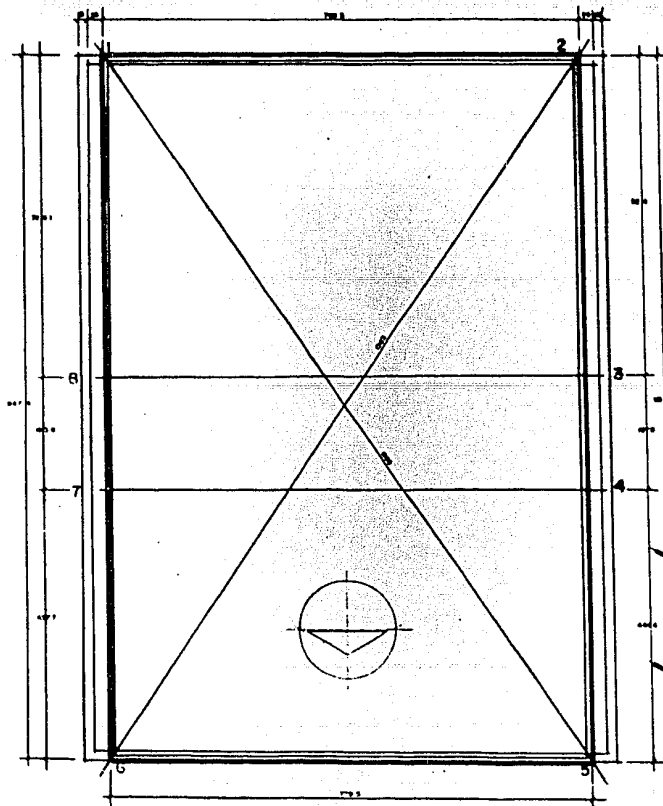
PLANTA MATRICIAL



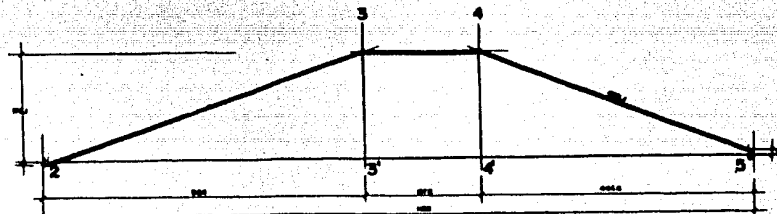
22

DOMO ALSAIDA	030379
1	
TOPOGRAFICO	

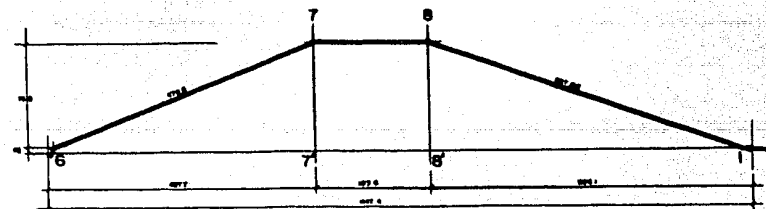
161



PLANTA MATRICIAL



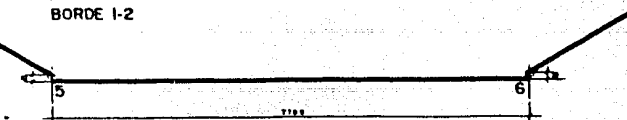
BORDE 2-3-4-5



BORDE 6-7-8-1



BORDE 1-2

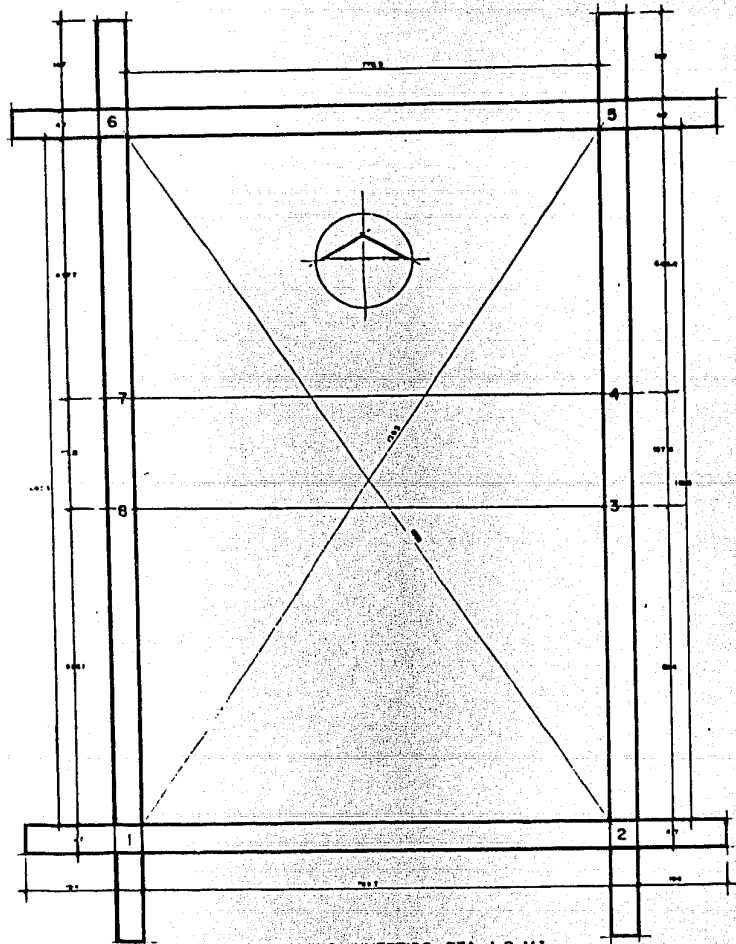


BORDE 5-6

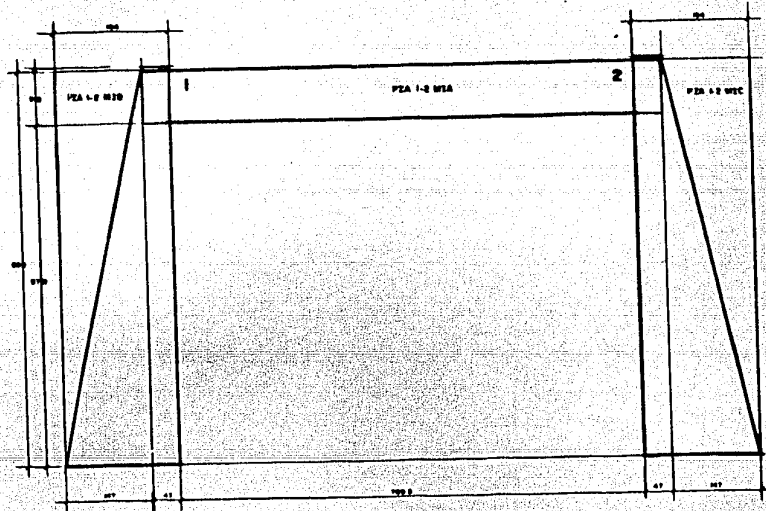
22

DOMO ALSAIDA		030379
<small>UNO DE LOS CONTENIDOS DE OBRAS DE INGENIERIA DE CIVIL HECHO EN EL INSTITUTO DE INGENIERIA DE CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</small>		1
<small>UNO DE LOS CONTENIDOS DE OBRAS DE INGENIERIA DE CIVIL HECHO EN EL INSTITUTO DE INGENIERIA DE CIVIL DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO</small>		TOPOGRAFICO

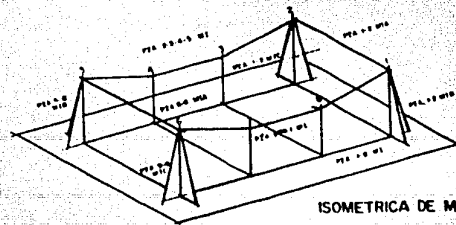
165



PLAQUETA DE MODELO INVERTIDO PZA 1-8 M1



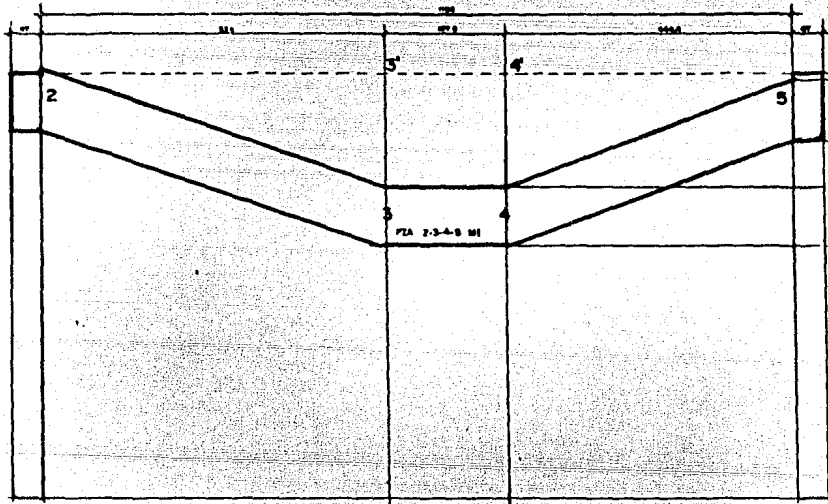
PATRON DE BORDE INVERTIDO 1-2



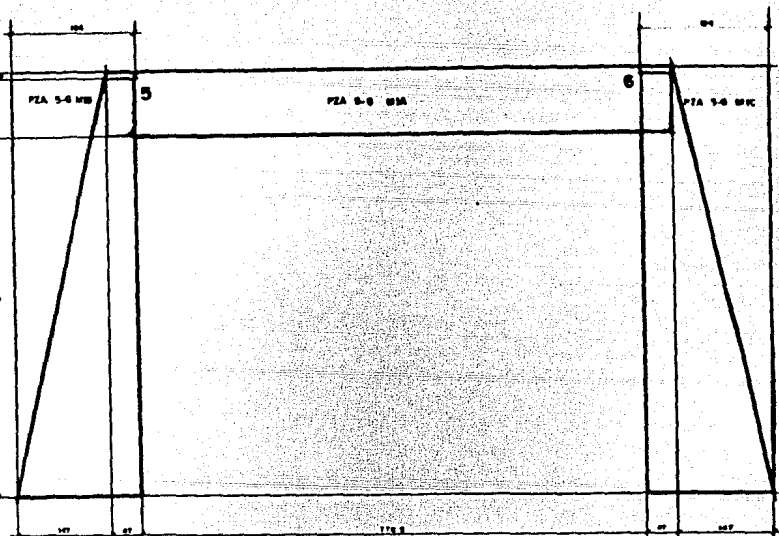
ISOMETRICA DE MODELO INVERTIDO

23

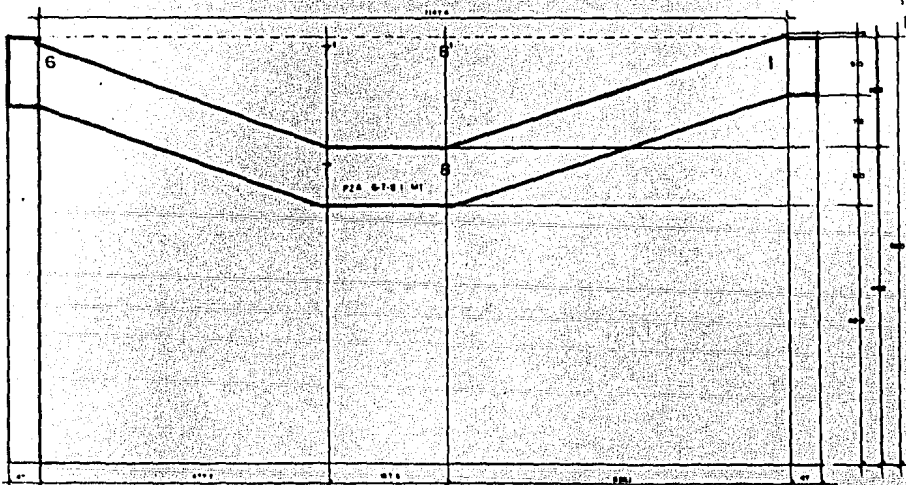
DOMO ALSAIDA	030379
PATRONES DE MOLELO	



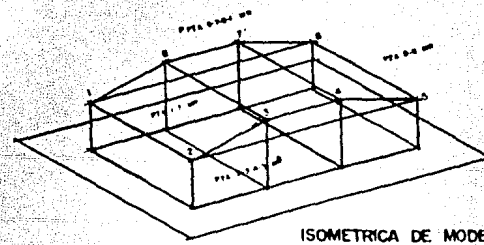
PATRON DE BORDE INVERTIDO 2-3-4-5



PATRON DE BORDE INVERTIDO 5-6

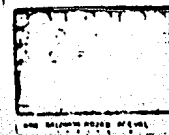


PATRON DE MODELO INVERTIDO 6-7-8-1



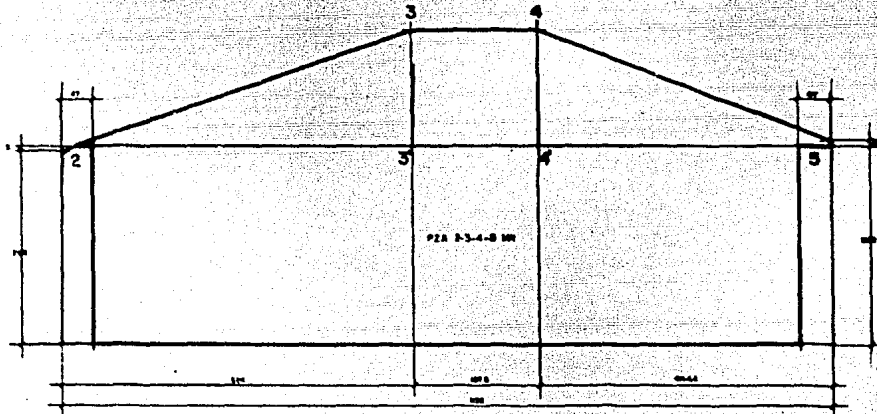
ISOMETRICA DE MODELO RECTO

24

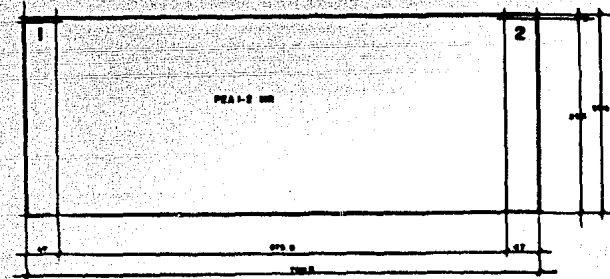


DOMO ALSAIDA 030379
 PATRONES DE MODELO 3

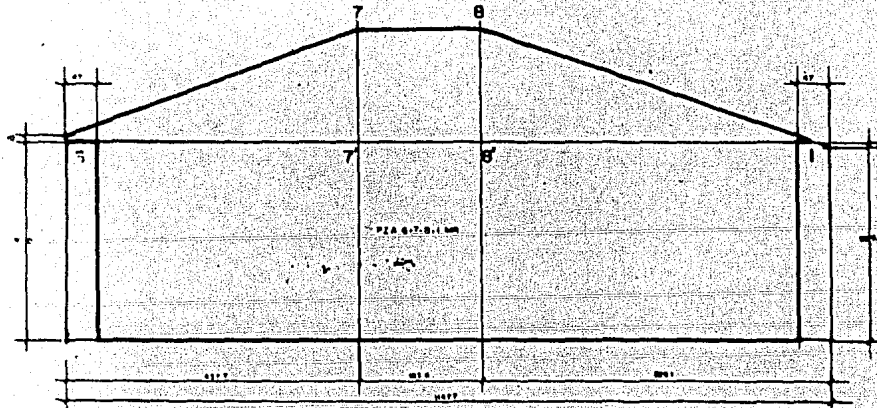
167



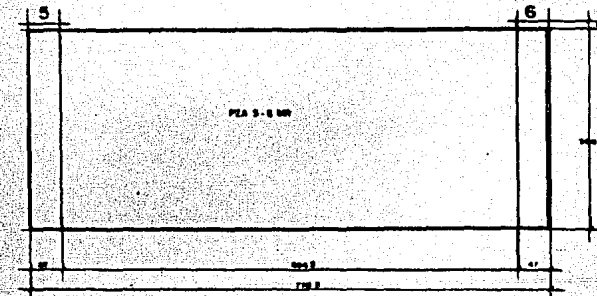
PATRON DE BORDE RECTO 2-3-4-5



PATRON DE BORDE RECTO 1-2



PATRON DE BORDE RECTO 6-7-8-1

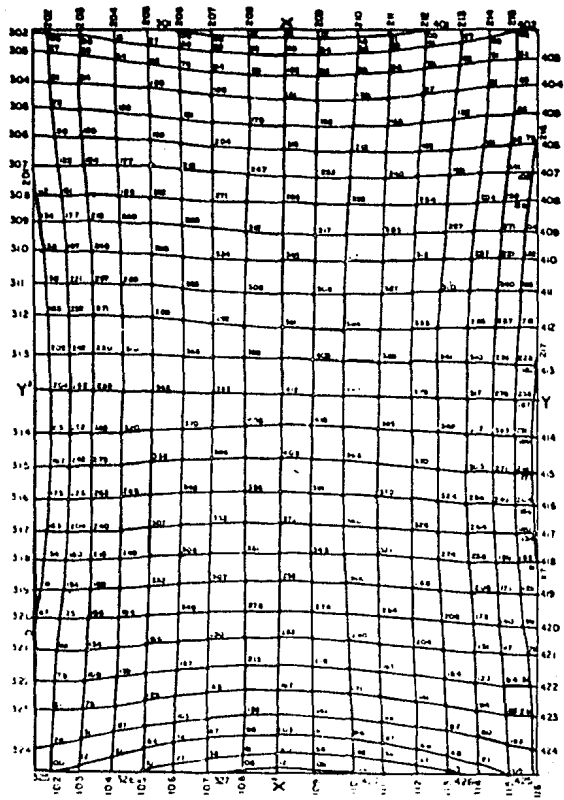


PATRON DE BORDE RECTO 5-6

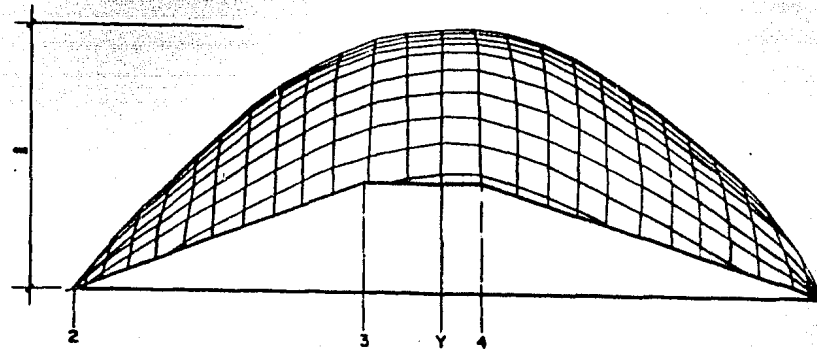
25

	DOMO ALSAIDA	030379
	NO SEA COPIADO NI FOTOGRAFADO	
	NO SEA VENDIDO NI SE COMPRE	4
	PATRON RECTO DE MODELO	

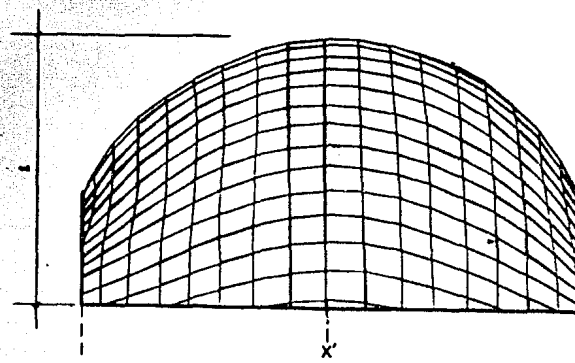
163



PROYECCION HORIZONTAL.

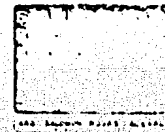


ORTOGONAL LATERAL



ORTOGONAL FRONTAL

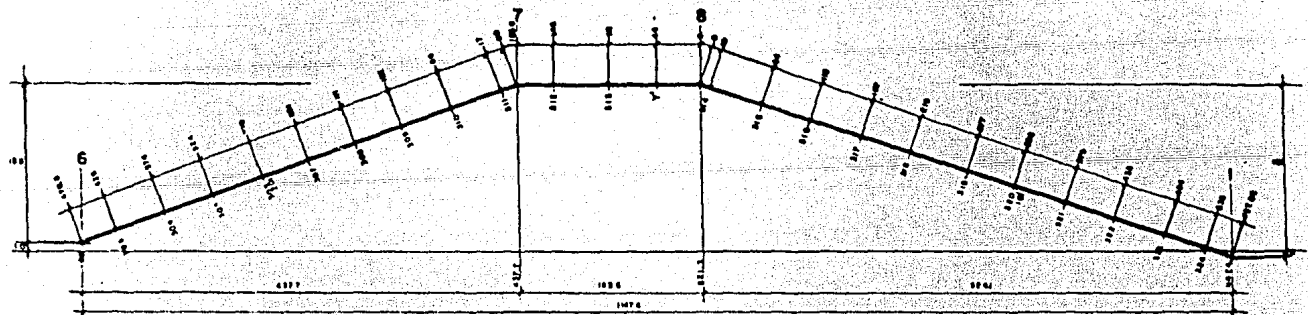
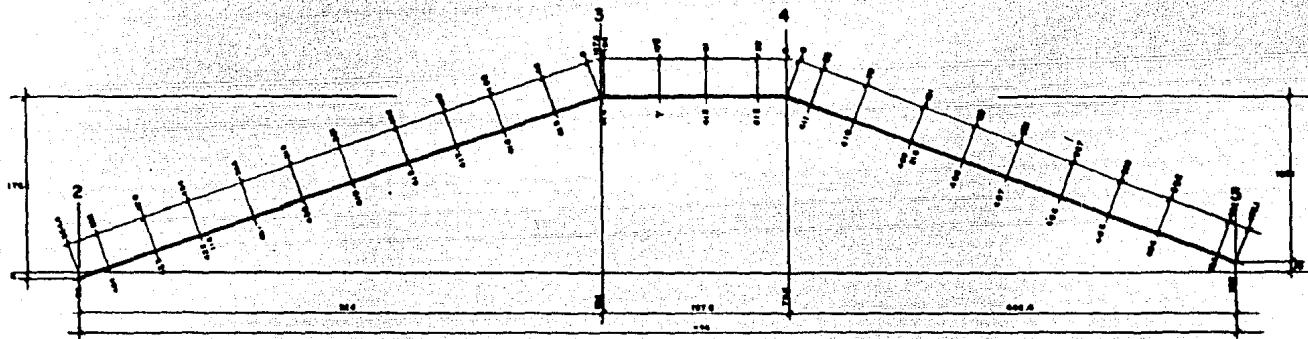
26



DÓMO ALSAIDA C30379

MODELO CON CADENAS

169



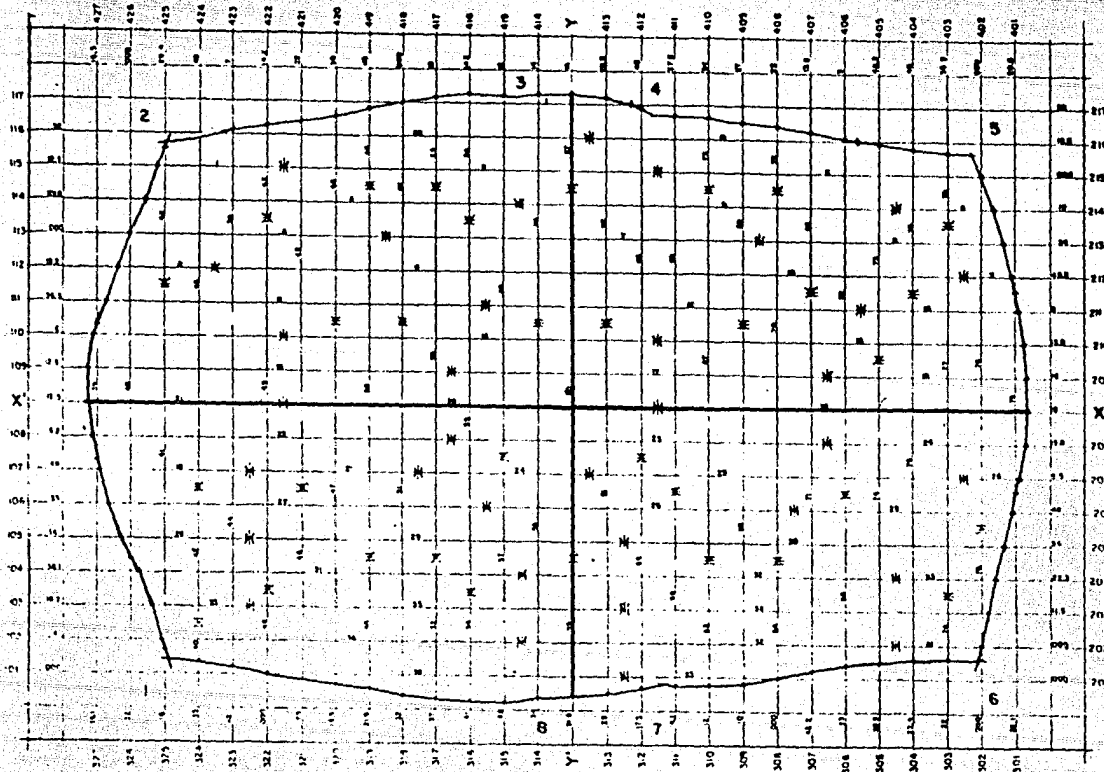
COTAS				
LADO	CM	LADO	CM	
1	2	780.5	3 1	1393.0
1	3	1393.0	3 2	1156.0
1	6	1167.4	3 3	632.0
1	7	709.7	3 4	478.1
1	8	557.02	3 4	444.4
1	8	526.1	3 6	778.5
2	1	769.5	6 1	1167.4
2	3	934.4	6 2	1393.0
2	3	524.0	6 3	778.5
2	4	711.6	6 7	470.6
2	5	1156.0	6 7	457.7
2	6	1393.0	6 8	621.5
3	2	934.4	7 6	470.6
3	3	176.1	7 7	178.0
3	4	187.6	7 8	161.4
4	3	187.6	8 1	557.02
4	4	176.1	8 7	165.6
4	5	476.1	8 8	168.0

27

DOMO ALSAIDA 030379

COTAS

170



PLANTA OF RETICULA EXTENDIDA

ESCANTILLON			
1	0.333988	16	8.543808
2	1.067976	17	9.077796
3	1.809964	18	9.611784
4	2.135952	19	10.145772
5	2.669940	20	10.679760
6	3.203928	21	11.213748
7	3.737916	22	11.747736
8	4.271904	23	12.281724
9	4.805892	24	12.815712
10	5.339880	25	13.349700
11	5.873868	26	13.883688
12	6.407856	27	14.417676
13	6.941844	28	14.951664
14	7.475832	29	15.485652
15	8.009820	30	16.019640



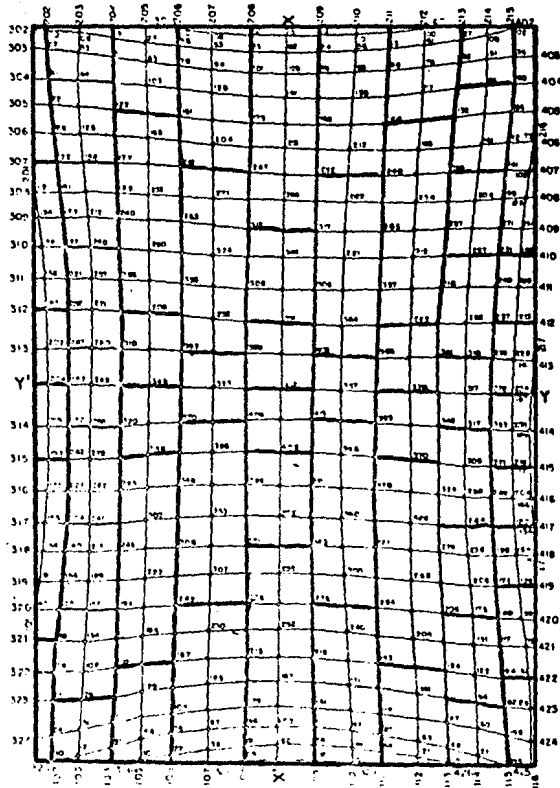
28

DOMO ALAIDA 030379

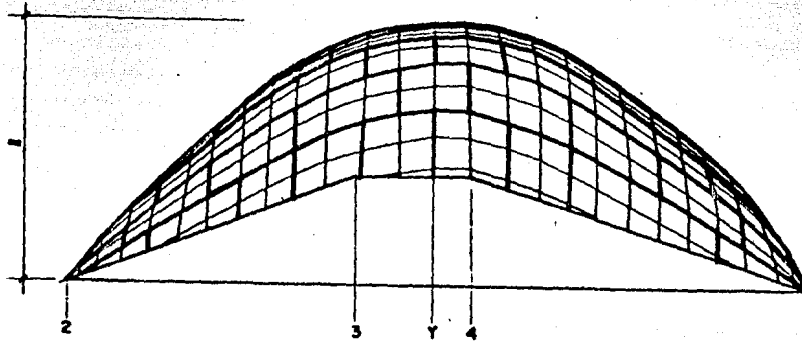
5

RETICULA

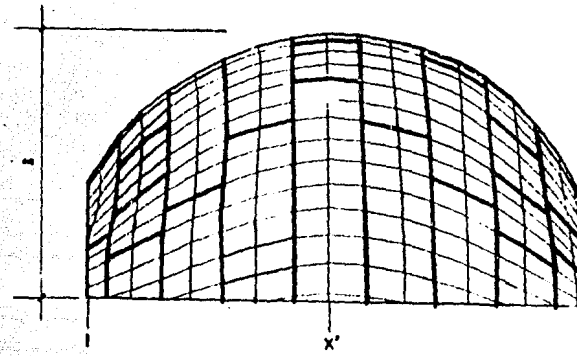
171



PROYECCION HORIZONTAL.

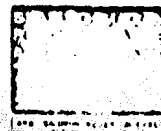


ORTOGONAL LATERAL



ORTOGONAL FRONTAL

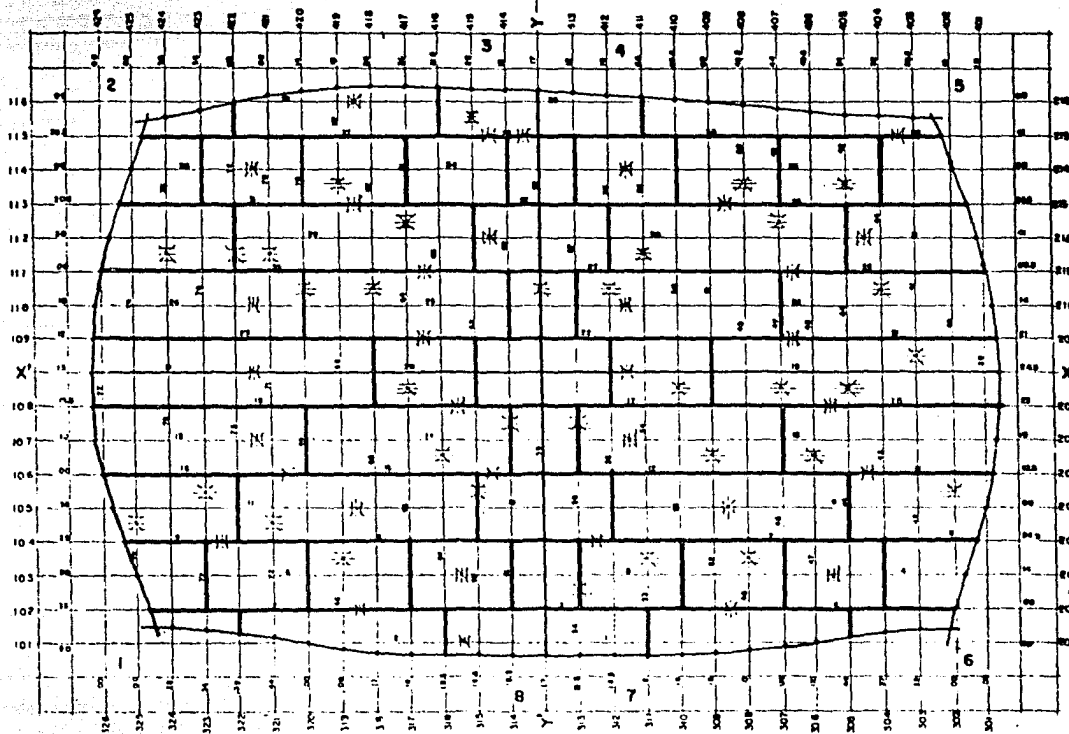
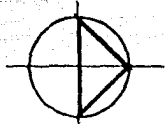
29



DOMO ALSAIDA 030379

UNA ASESORIA TECNICA DE INGENIERIA
 PARA LA CONSTRUCCION DE OBRAS
 DE CONCRETO ARMADO Y ACERO
 Y ALUMINIO
 LAMINACION

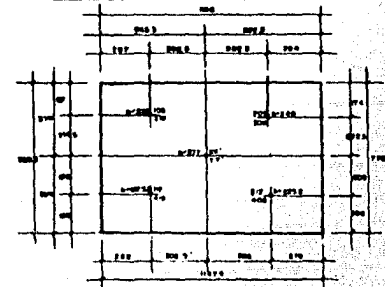
172



PLANTA DE RETICULA EXTENDIDA

LISTA DE MATERIAL																																																																																																														
Herrojes		Laminación																																																																																																												
<table border="1"> <tr><td>1</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>2</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>3</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>4</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>6</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>7</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>8</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>9</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>10</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>11</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>12</td><td>10</td><td>10</td></tr> </table>	1	10	10	2	10	10	3	10	10	4	10	10	5	10	10	6	10	10	7	10	10	8	10	10	9	10	10	10	10	10	11	10	10	12	10	10	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>2</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>3</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>4</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>6</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>7</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>8</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>9</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>10</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>11</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>12</td><td>10</td><td>10</td></tr> </table>	1	10	10	2	10	10	3	10	10	4	10	10	5	10	10	6	10	10	7	10	10	8	10	10	9	10	10	10	10	10	11	10	10	12	10	10	<table border="1"> <tr><td>1</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>2</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>3</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>4</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>5</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>6</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>7</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>8</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>9</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>10</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>11</td><td>10</td><td>10</td></tr> <tr><td>12</td><td>10</td><td>10</td></tr> </table>	1	10	10	2	10	10	3	10	10	4	10	10	5	10	10	6	10	10	7	10	10	8	10	10	9	10	10	10	10	10	11	10	10	12	10	10
1	10	10																																																																																																												
2	10	10																																																																																																												
3	10	10																																																																																																												
4	10	10																																																																																																												
5	10	10																																																																																																												
6	10	10																																																																																																												
7	10	10																																																																																																												
8	10	10																																																																																																												
9	10	10																																																																																																												
10	10	10																																																																																																												
11	10	10																																																																																																												
12	10	10																																																																																																												
1	10	10																																																																																																												
2	10	10																																																																																																												
3	10	10																																																																																																												
4	10	10																																																																																																												
5	10	10																																																																																																												
6	10	10																																																																																																												
7	10	10																																																																																																												
8	10	10																																																																																																												
9	10	10																																																																																																												
10	10	10																																																																																																												
11	10	10																																																																																																												
12	10	10																																																																																																												
1	10	10																																																																																																												
2	10	10																																																																																																												
3	10	10																																																																																																												
4	10	10																																																																																																												
5	10	10																																																																																																												
6	10	10																																																																																																												
7	10	10																																																																																																												
8	10	10																																																																																																												
9	10	10																																																																																																												
10	10	10																																																																																																												
11	10	10																																																																																																												
12	10	10																																																																																																												
Relacion Remaches Pops																																																																																																														
<p>TOTAL 1312 pops</p>																																																																																																														

ESCANTILLON			
1	0 53796	16	0 64300
2	1 06776	17	0 67776
3	1 60664	18	0 68784
4	2 13552	19	10 140772
5	2 66440	20	10 679760
6	3 20328	21	11 21748
7	3 73216	22	11 747736
8	4 27104	23	12 281724
9	4 80992	24	12 815712
10	5 34880	25	13 349700
11	5 88768	26	13 883688
12	6 42656	27	14 417676
13	6 96544	28	14 951664
14	7 50432	29	15 485652
15	8 04320	30	16 019640

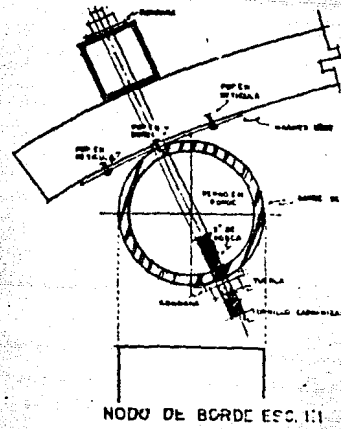
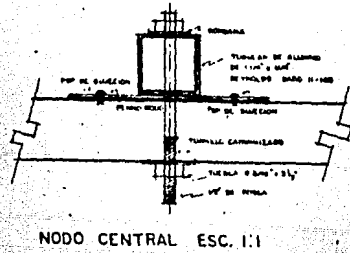
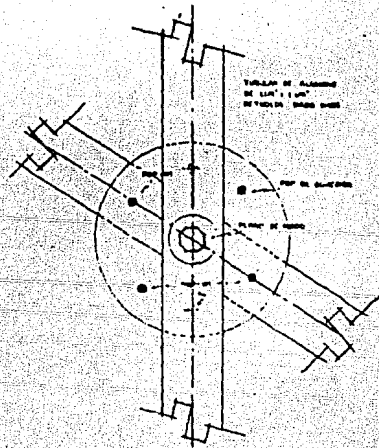
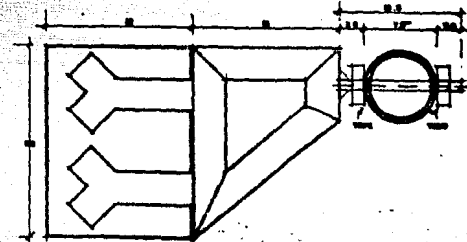
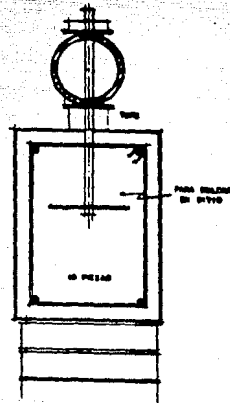
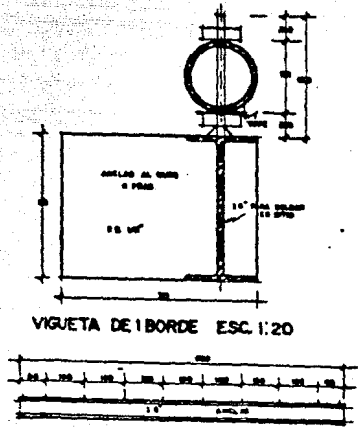


COTAS DE MONTAJE

30

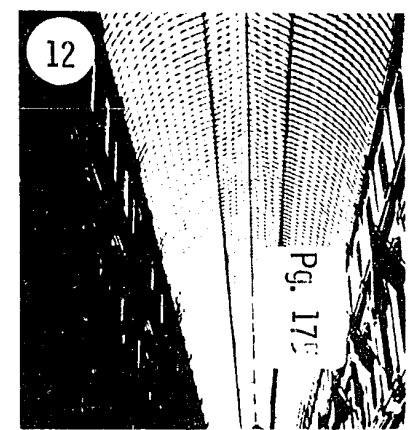
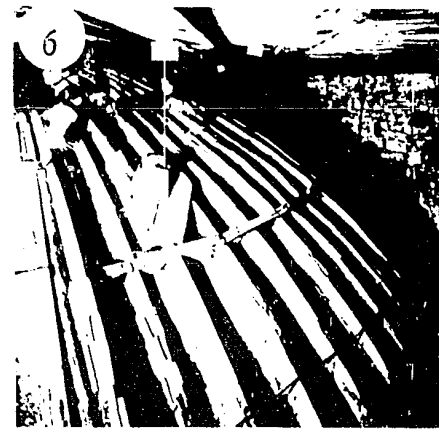
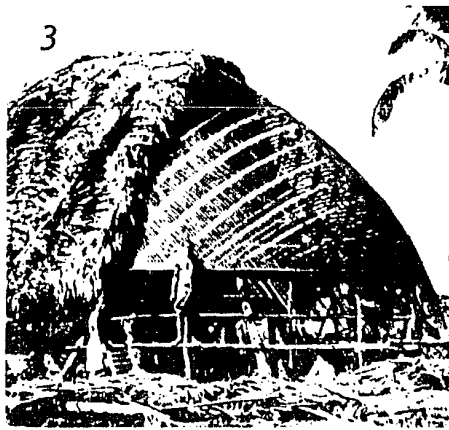
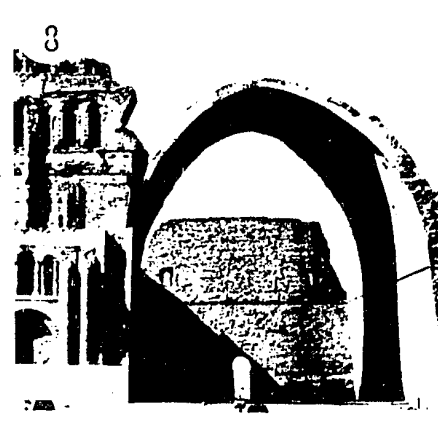
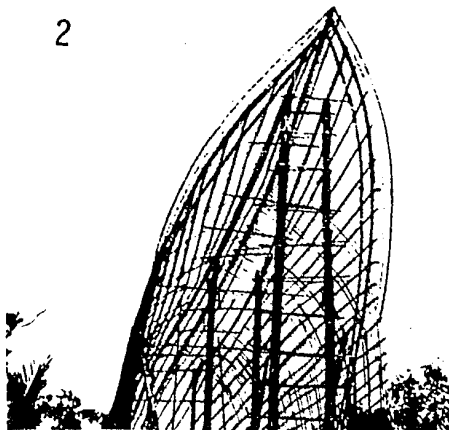
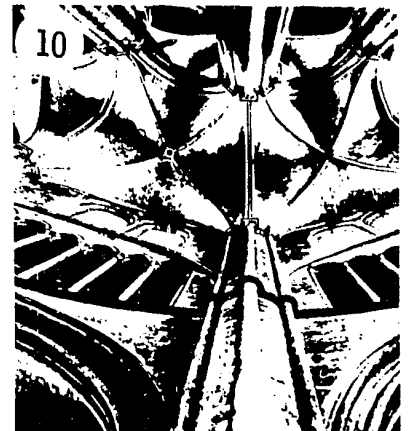
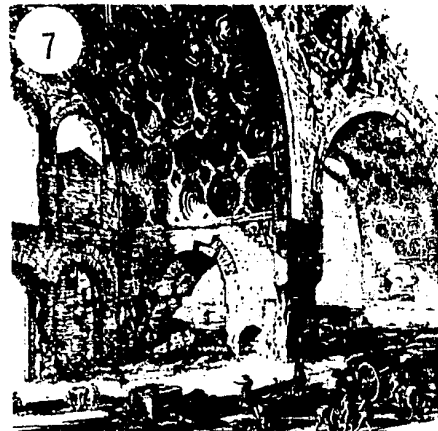
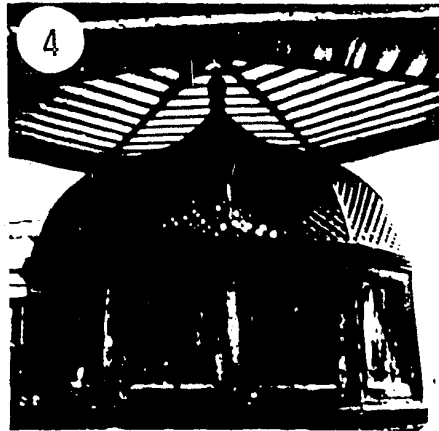
DOMO ALSAIDA 030379

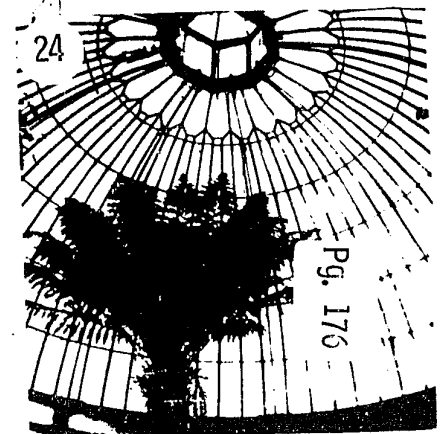
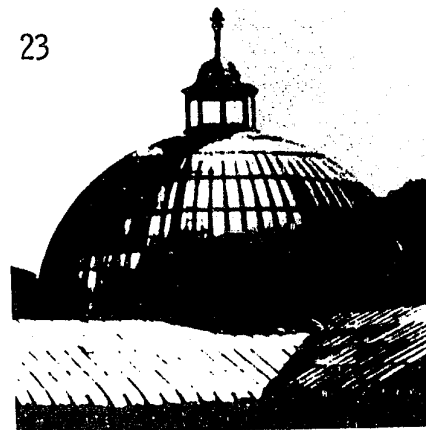
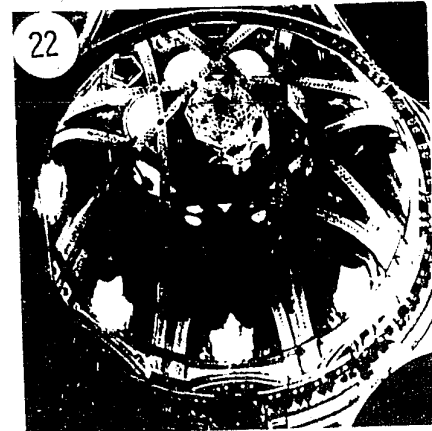
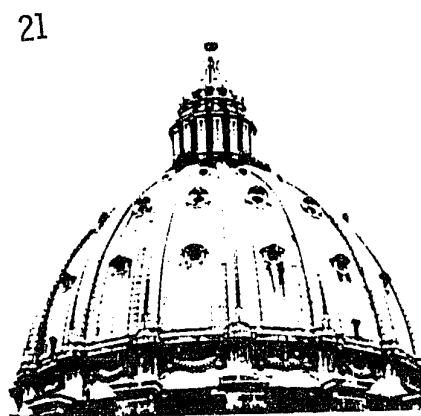
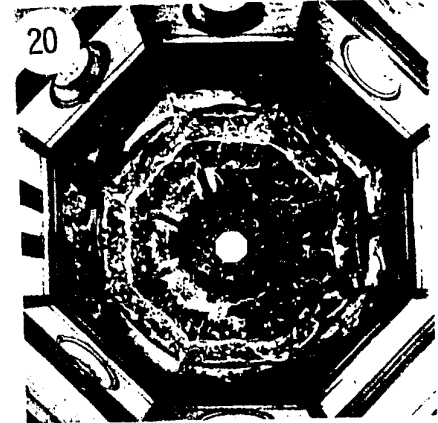
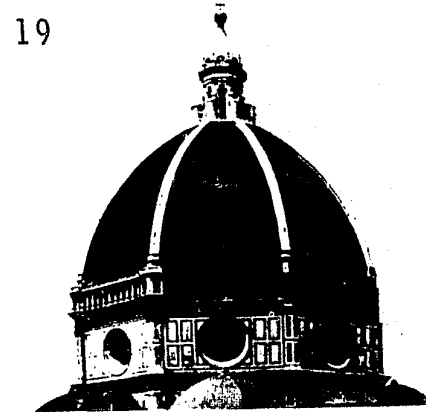
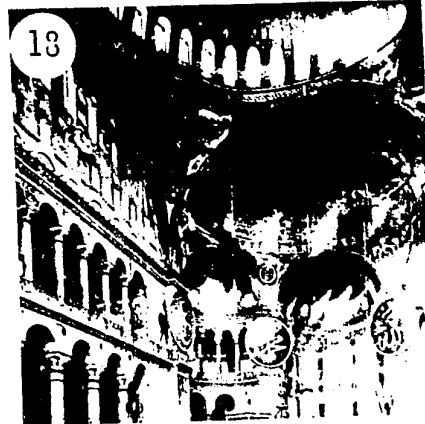
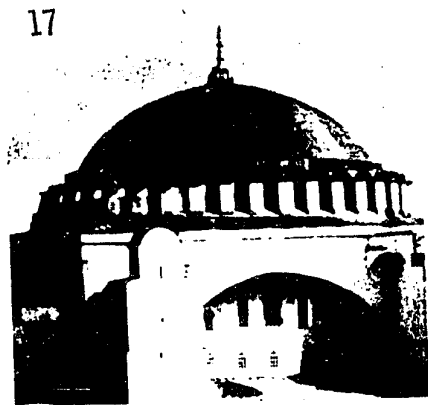
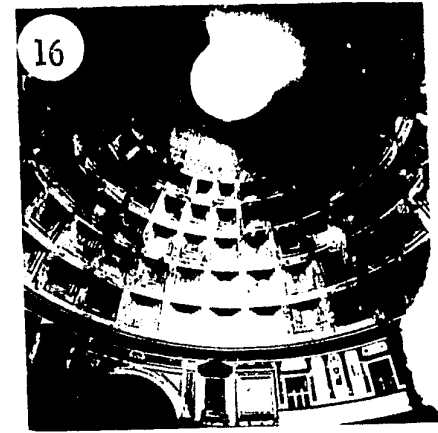
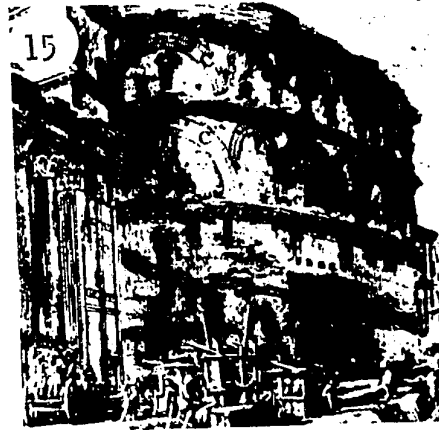
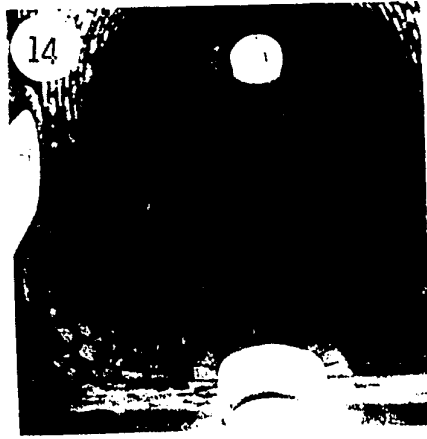
REMICULA



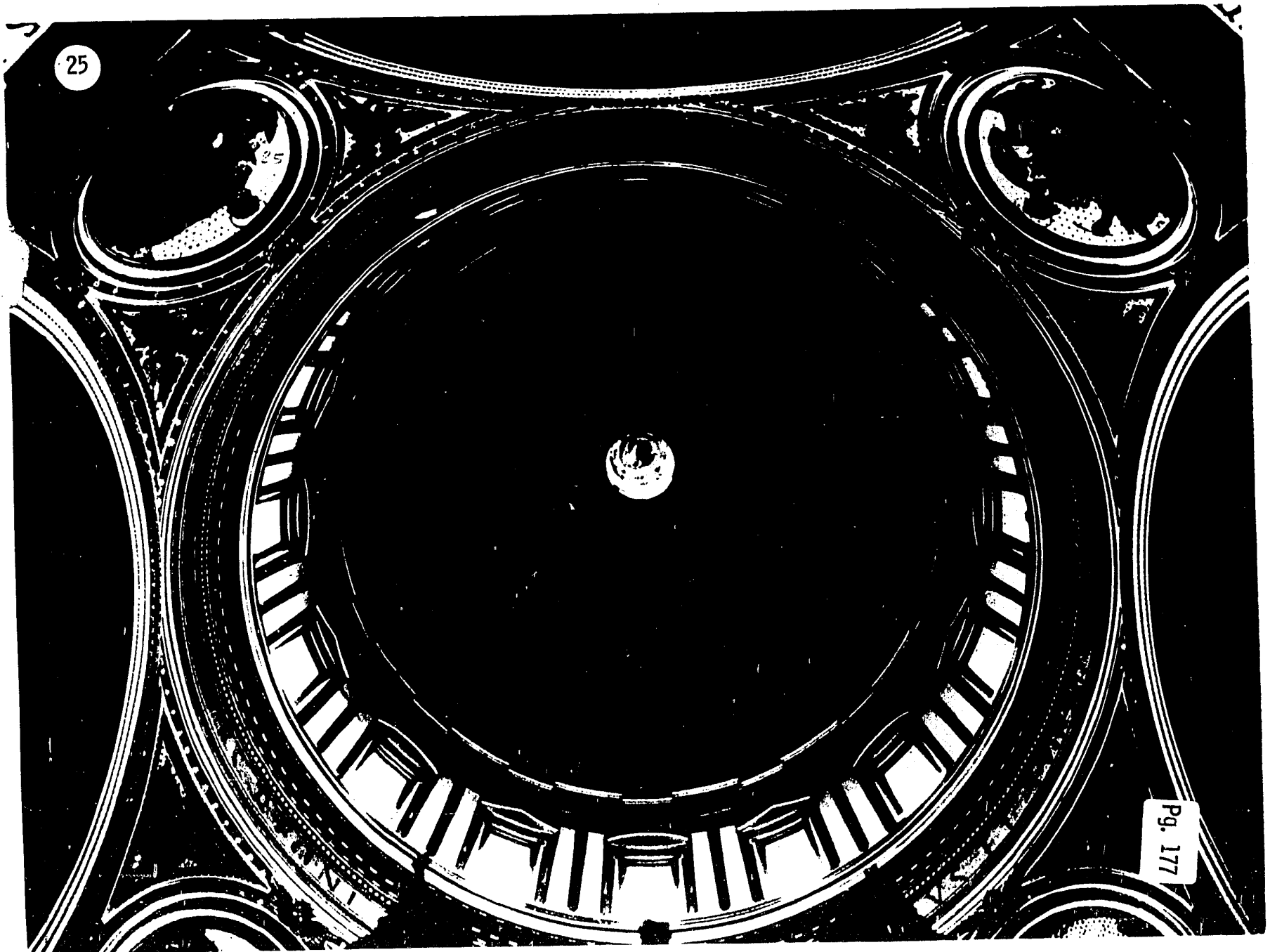
31

DOMO ALSAIDA 030379
 ALBAÑILERIA

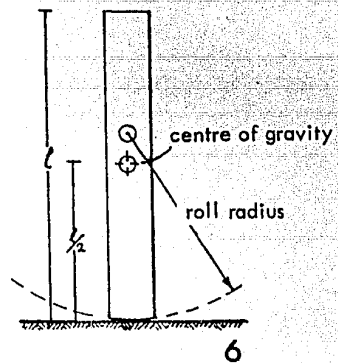
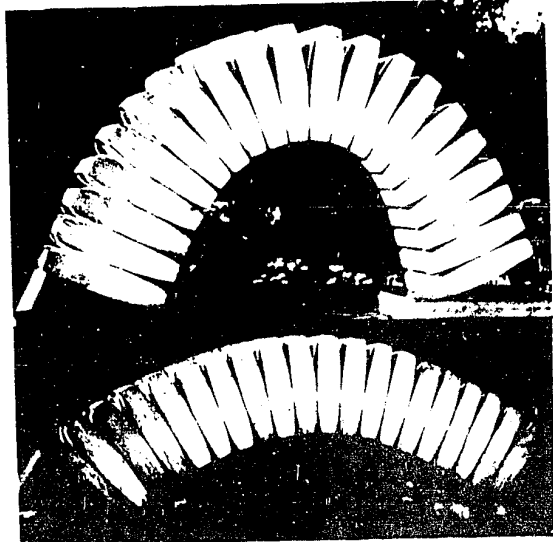
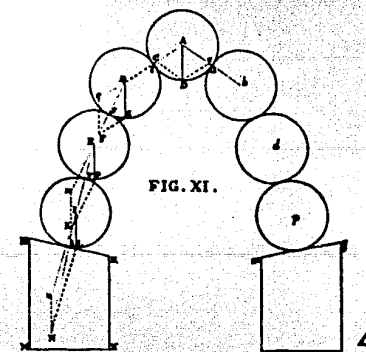
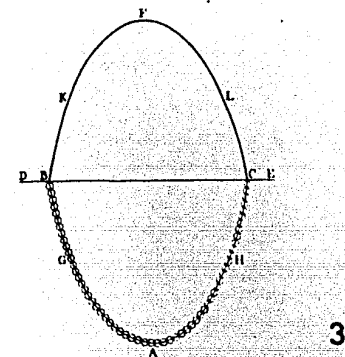
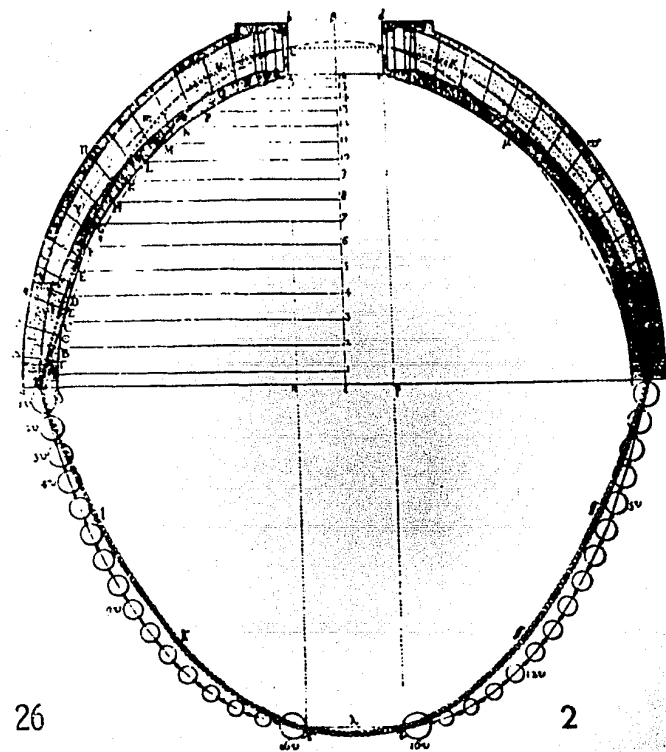
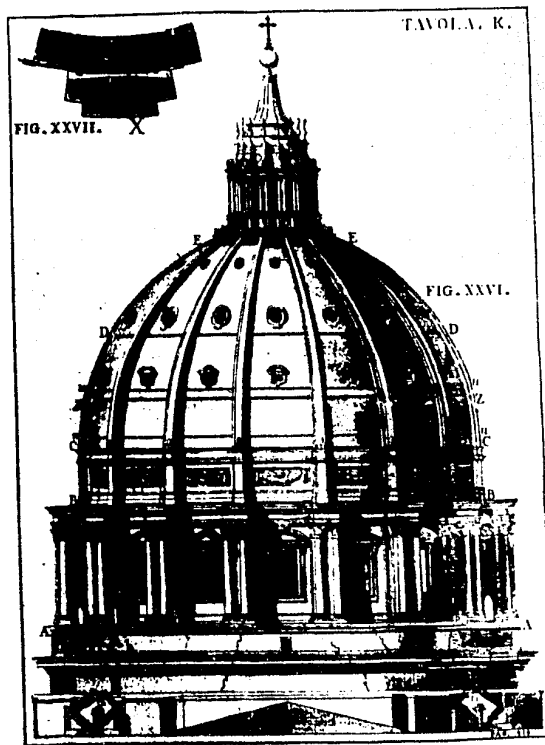




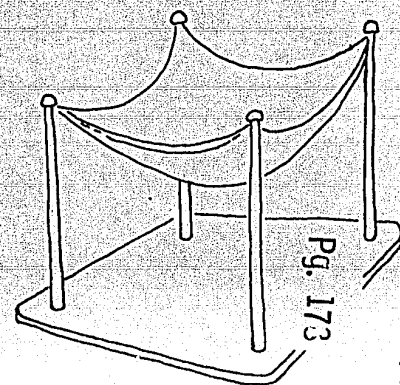
25



Pg. 177



suspended model using cloth soaked in plaster of Paris



27



28

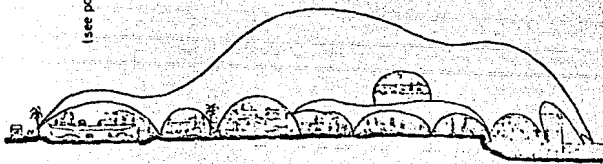


Pg. 179

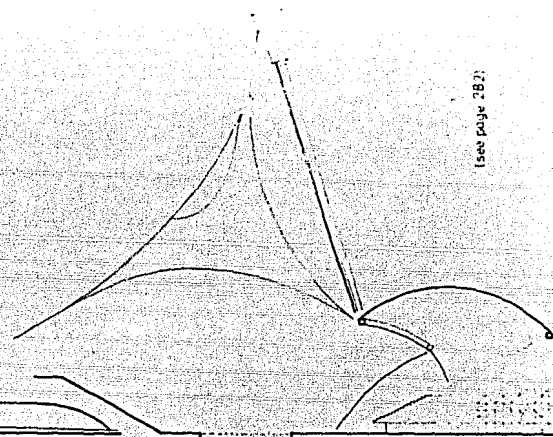
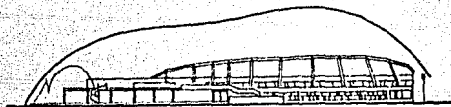




(see page 284)

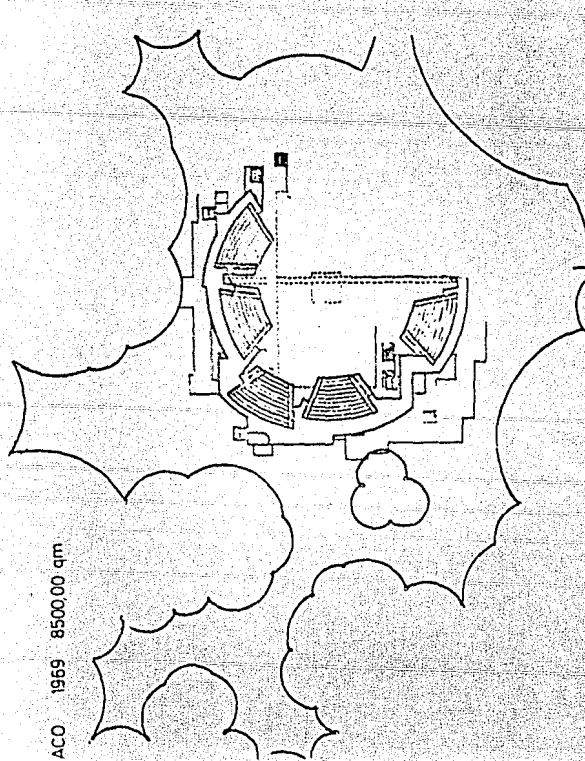


executed
(1975)
(see page 308)

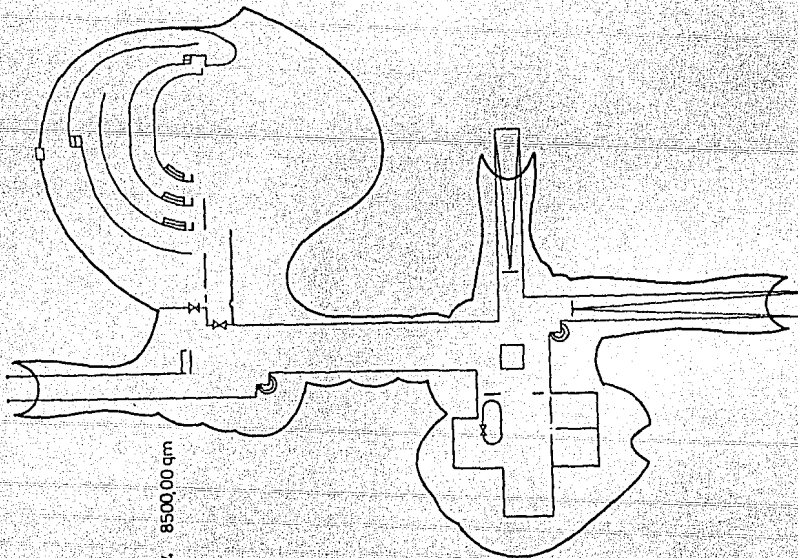


(see page 282)

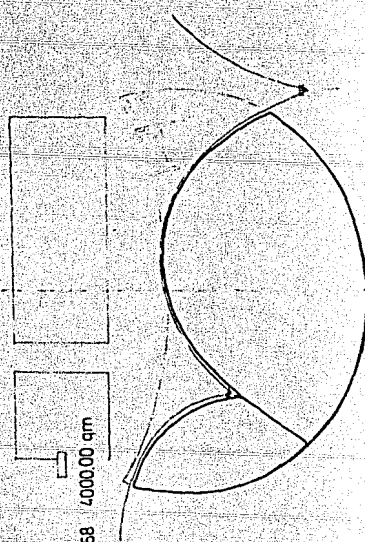
MONACO 1969 8500,00 qm

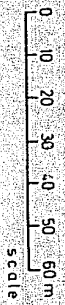


MANHEIM 1972-74 8500,00 qm



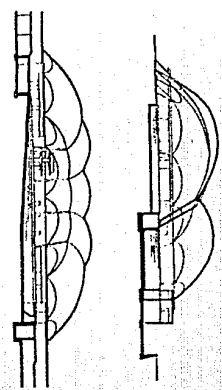
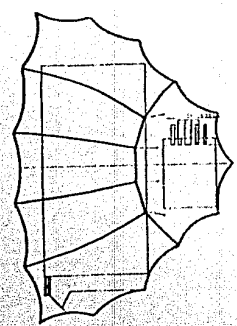
MÜNCHEN 1968 00,0007 8961





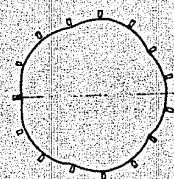
Pg. 132

BOCHUM 1966 2440.00 qm



(see page 278)

MECCA 1972 885.00 qm



(see page 294)

STEGLITZ 1969 447.15 qm



(see page 288)

MONTREAL 1966 365.00 qm



executed (see page 274)

INDIA 1974 216.75 qm



executed (see page 304)

ESSEN 1962 198.00 qm



executed (see page 272)

REHBERGE 1969 180.00 qm



(see page 290)

ICELAND 1972 -73 80.00 qm



executed (see page 296)

LONDON TEST STRUCTURE 1974 82.00 qm



executed (see page 306)

BERKELEY 1962 52.00 qm



executed (see page 270)

LONDON PRIVATE HOUSE 1973 50.00 qm

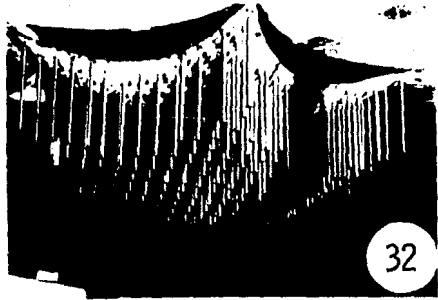


(see page 302)

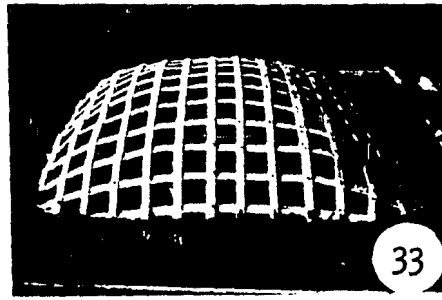
TEST STRUCTURE IL 1973 37.50 qm



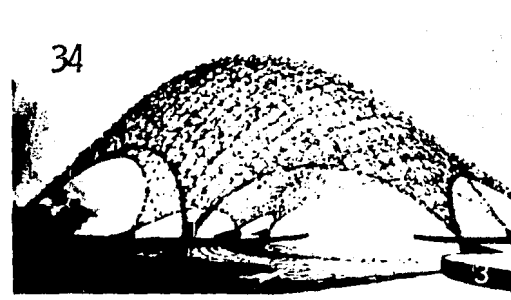
(see page 298)



32



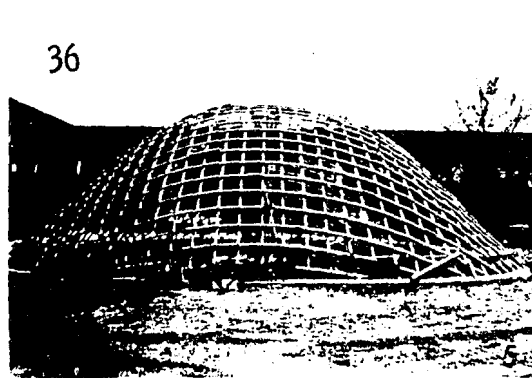
33



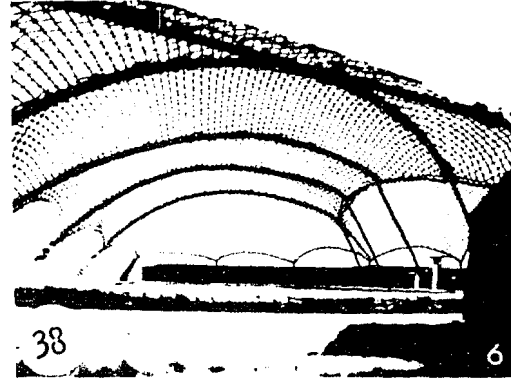
34



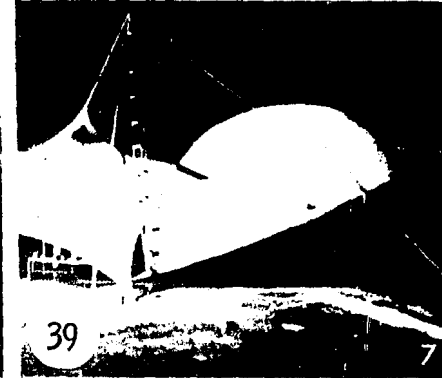
35



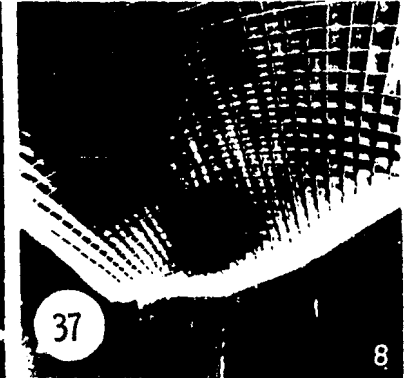
36



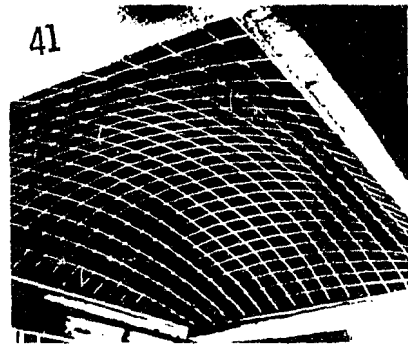
38



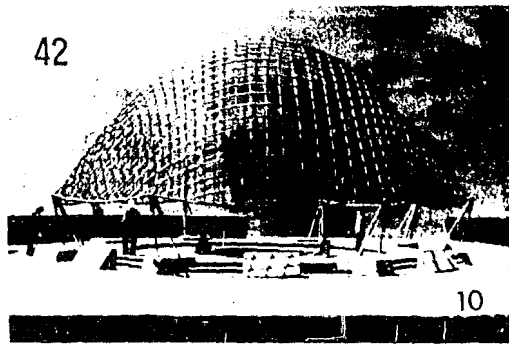
39



37



41



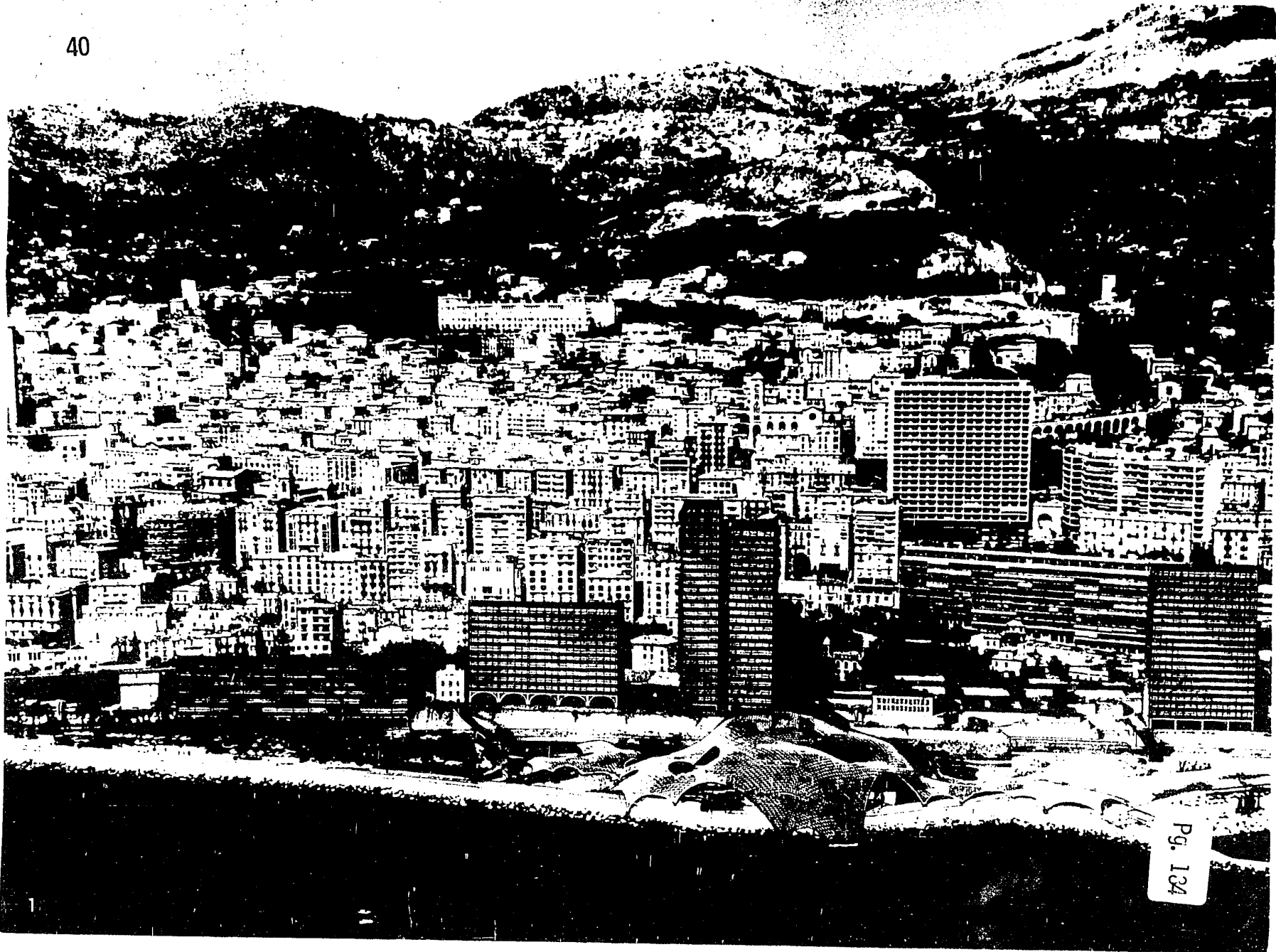
42

10

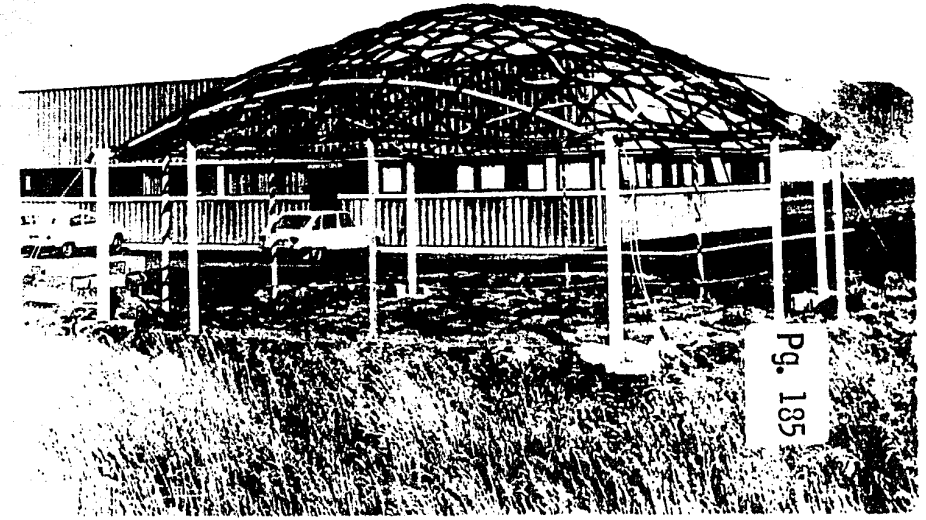
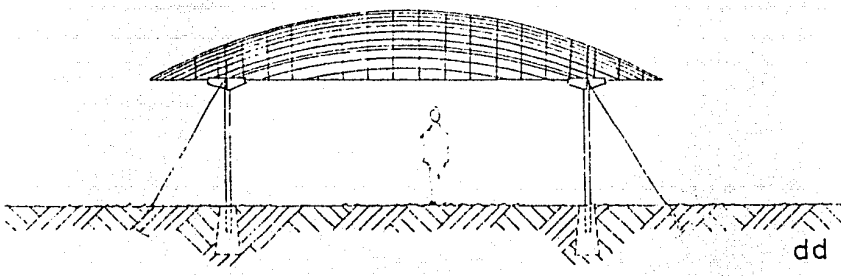
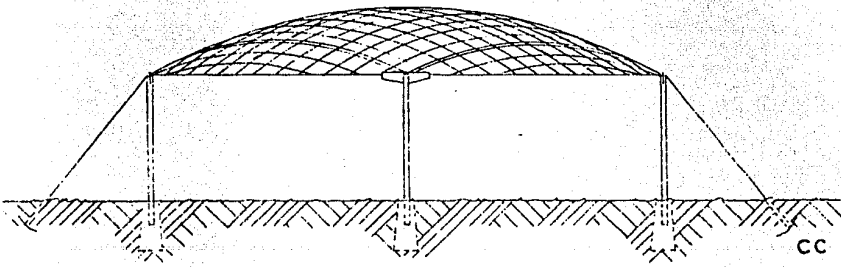
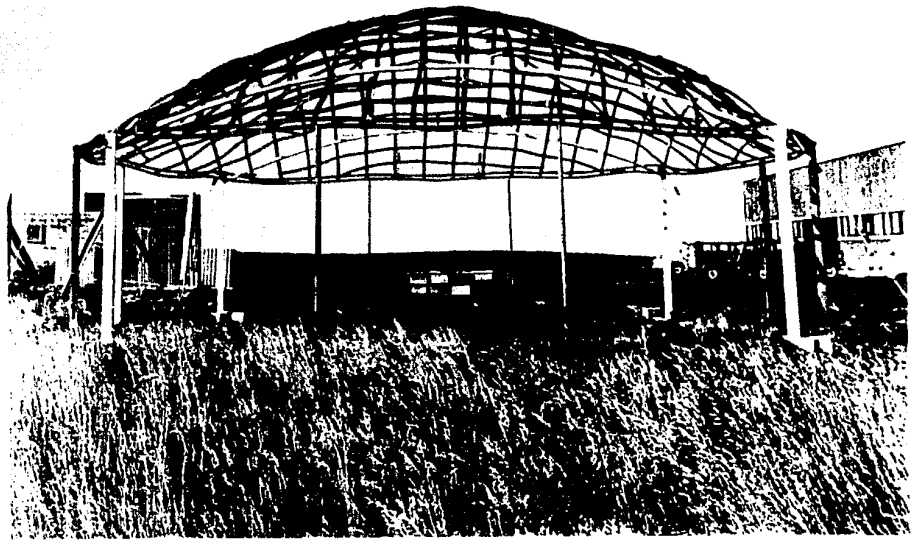
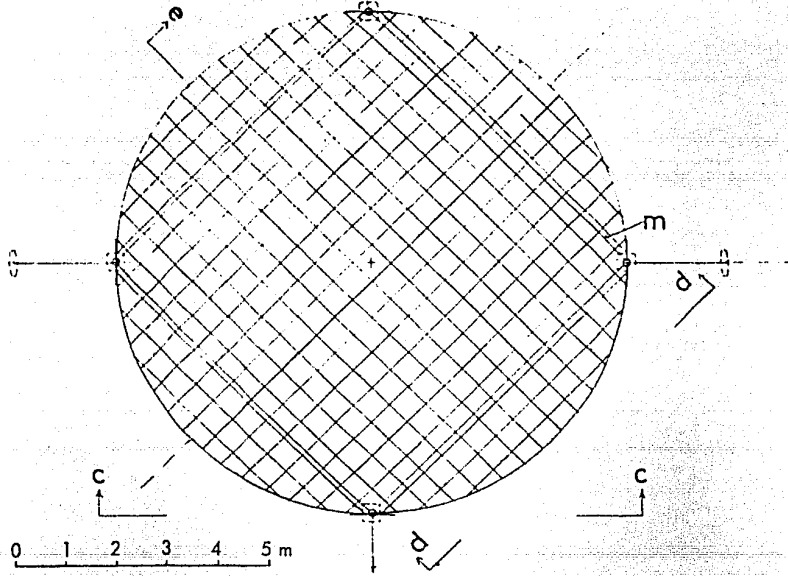


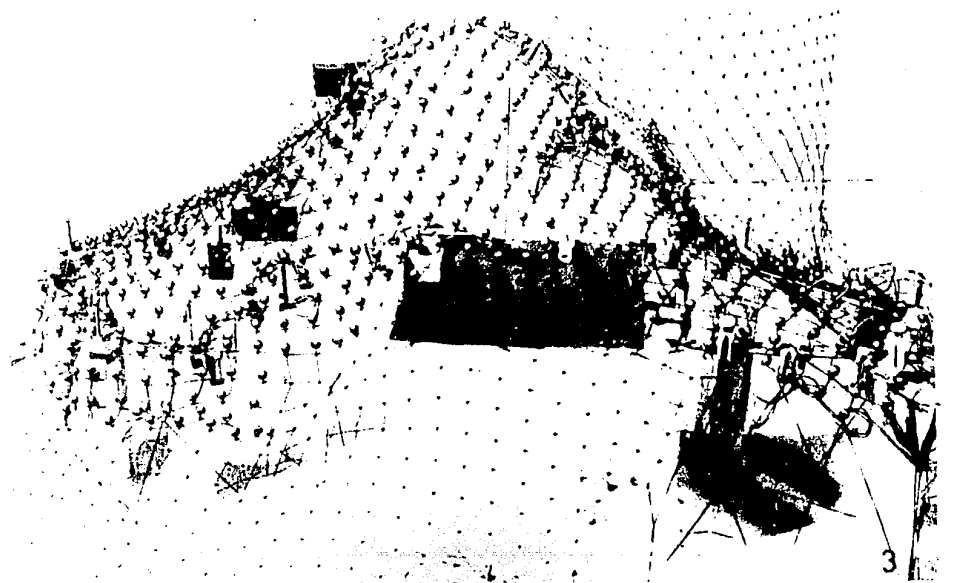
43

12

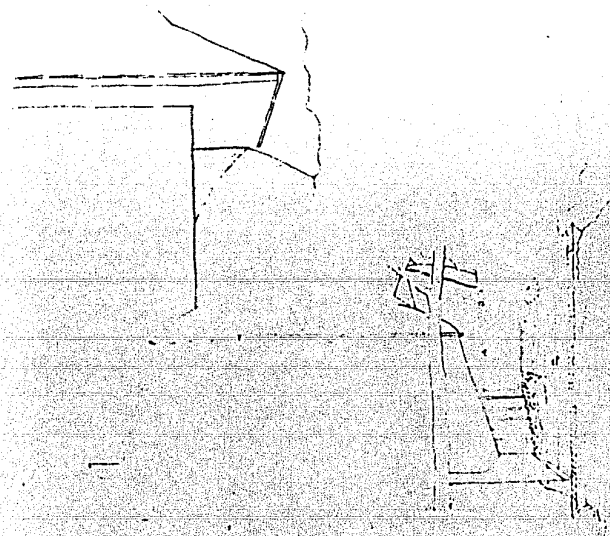


44





2

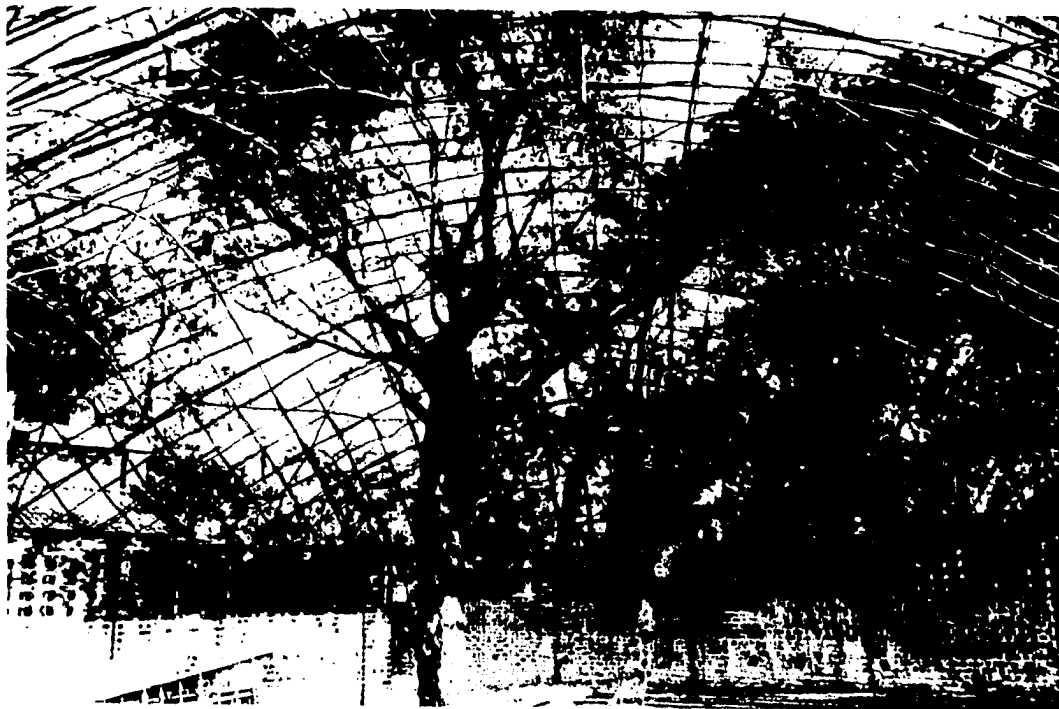


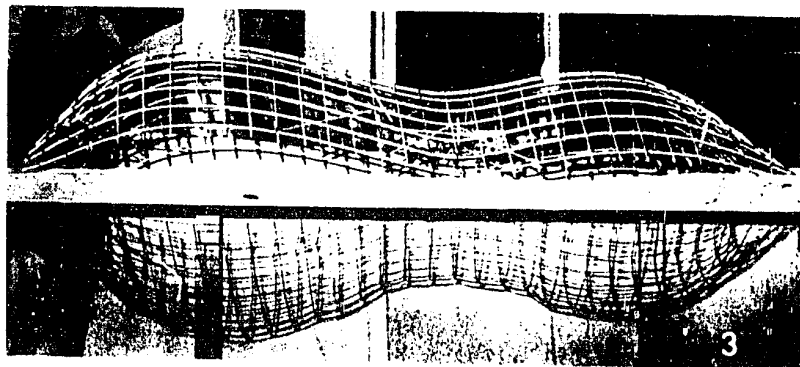
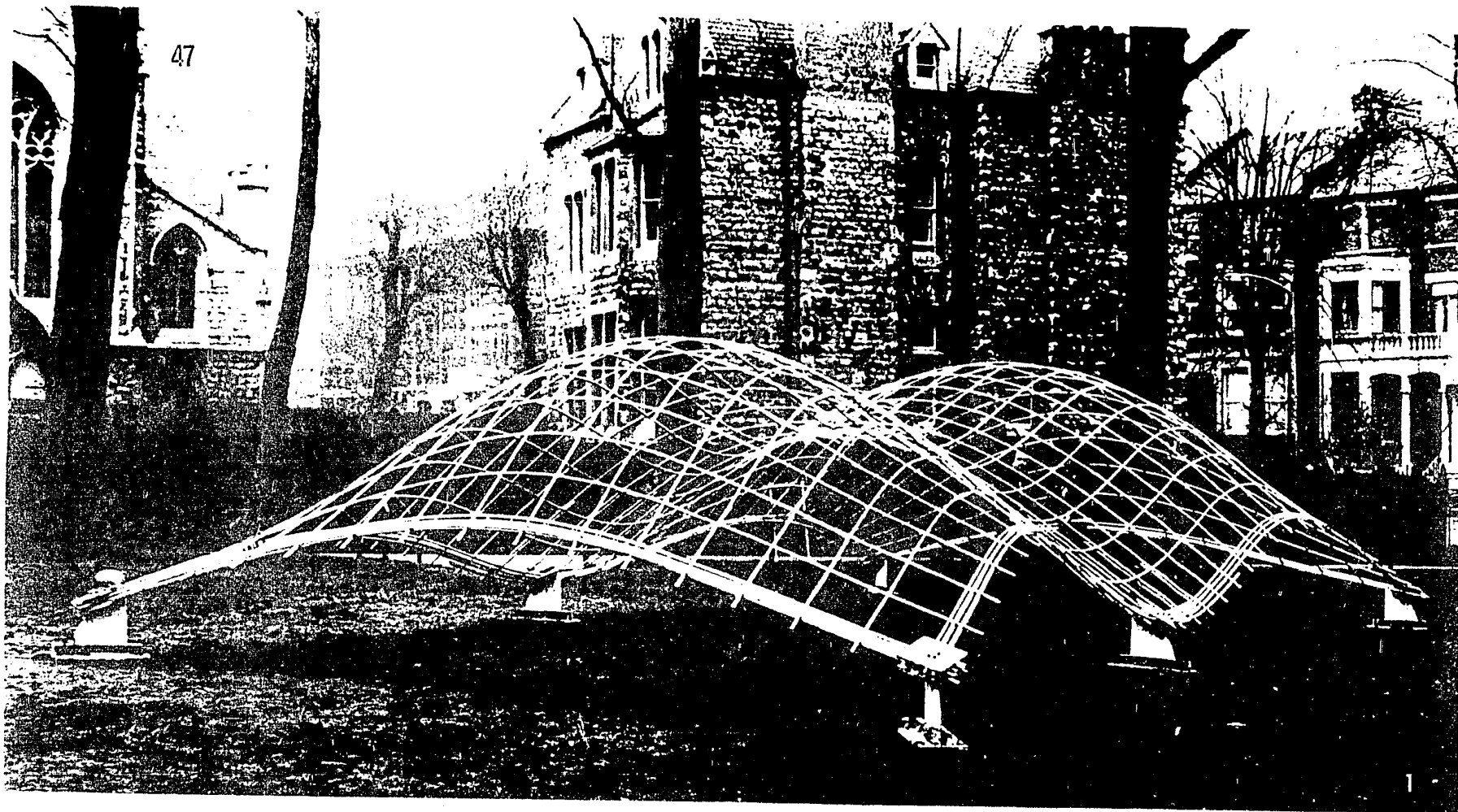
VIEW FROM GARDEN

3

4







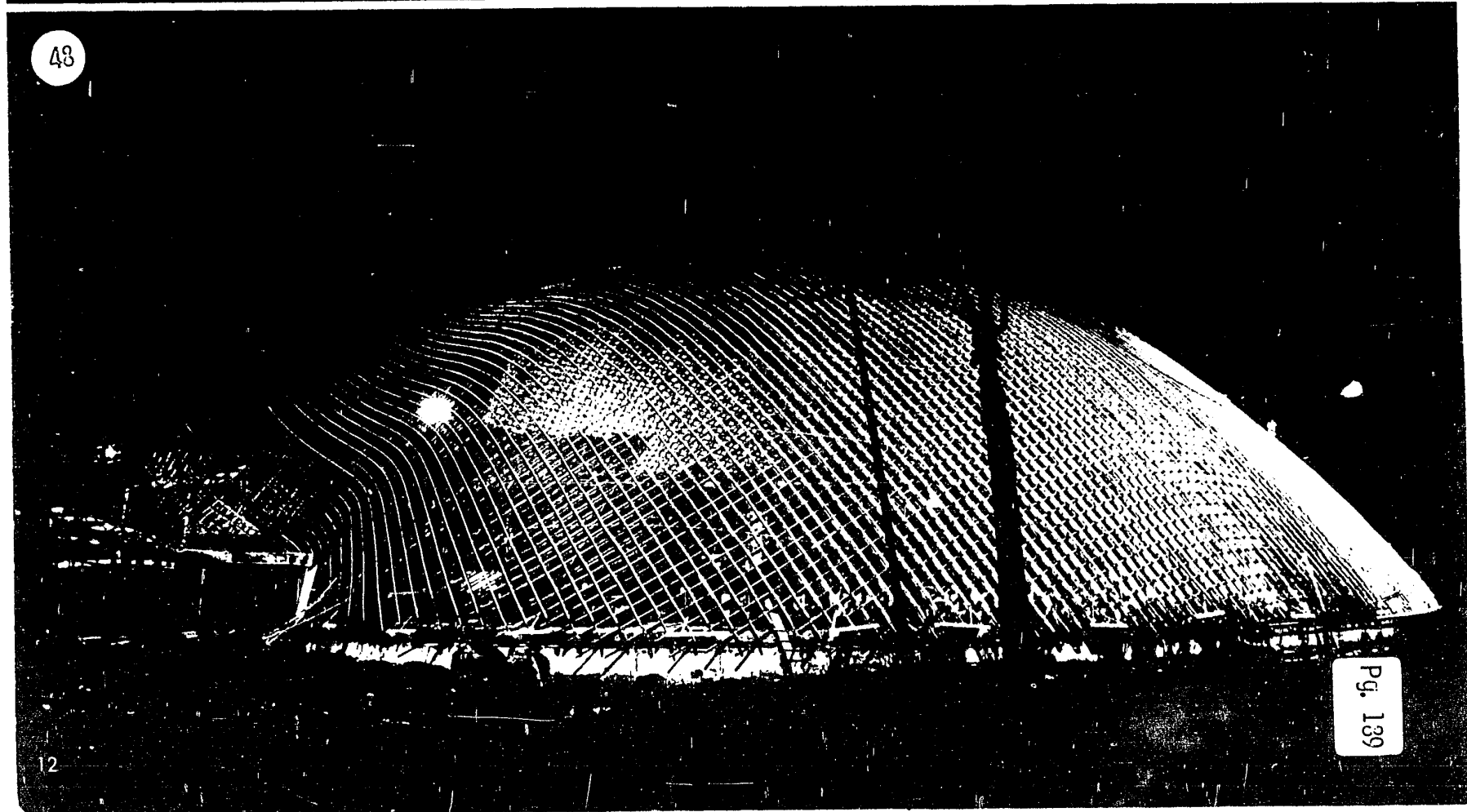


10



11

48



12

Pg. 139

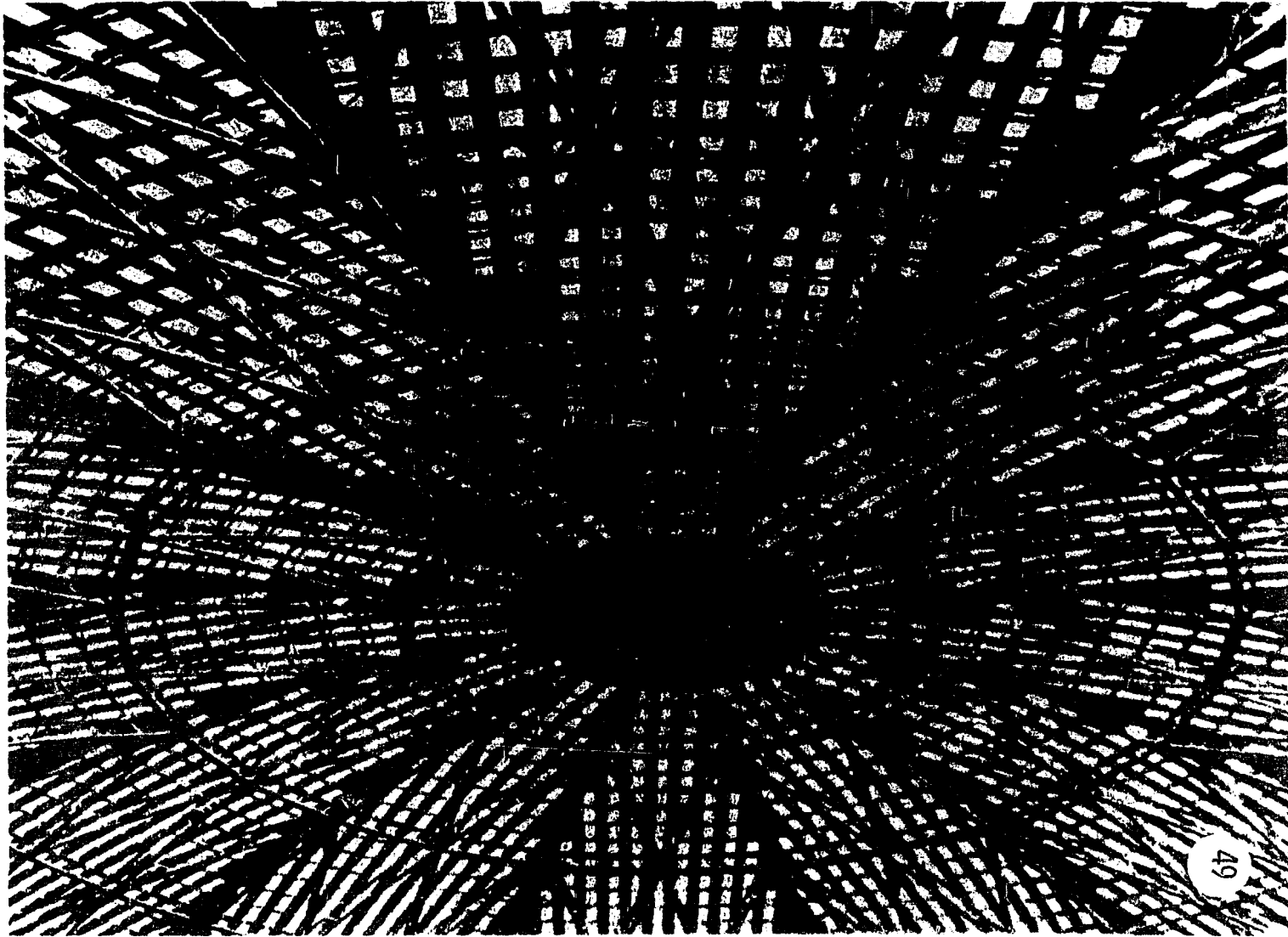
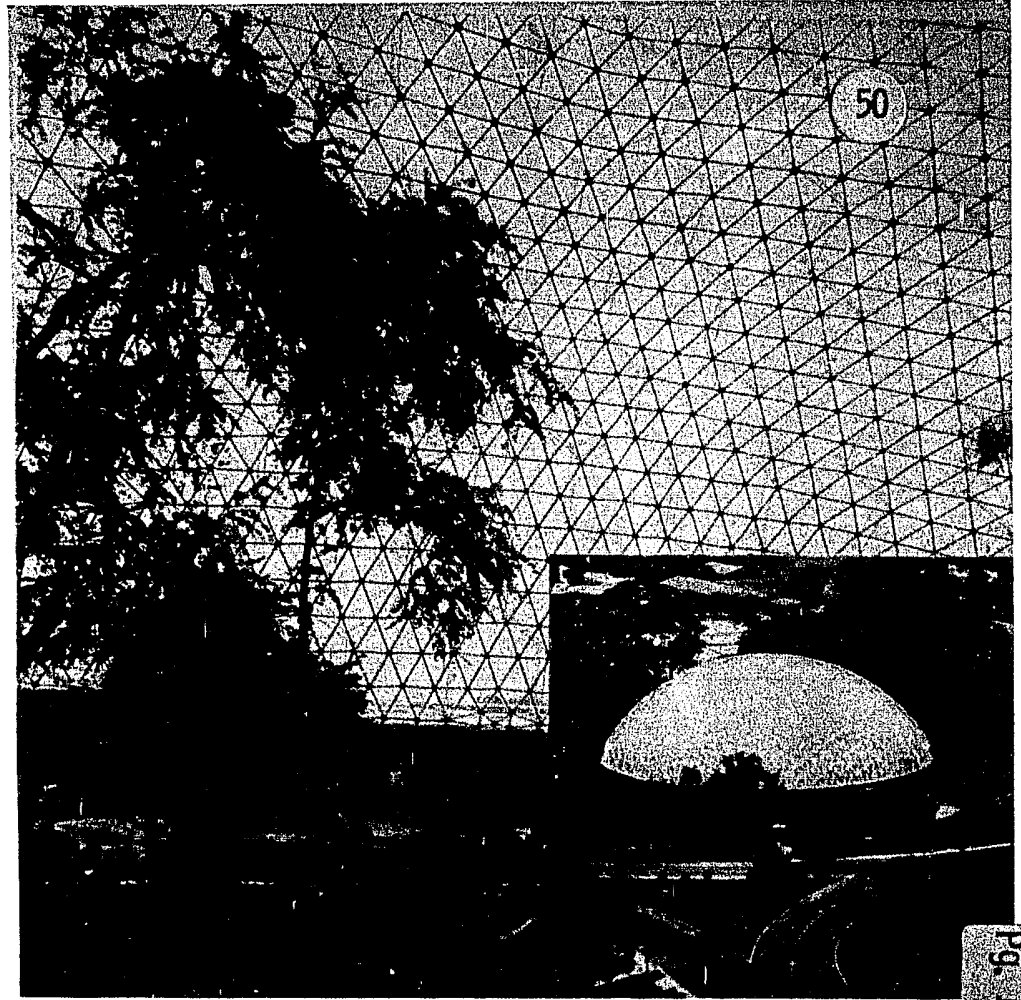
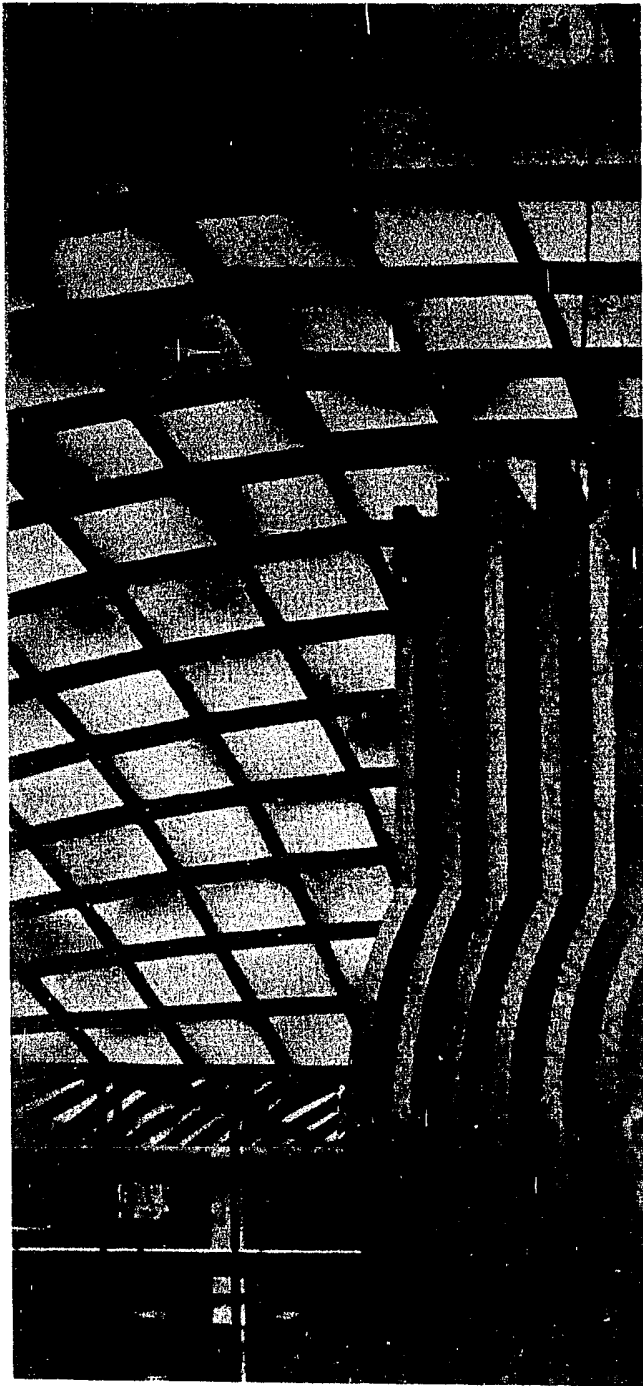
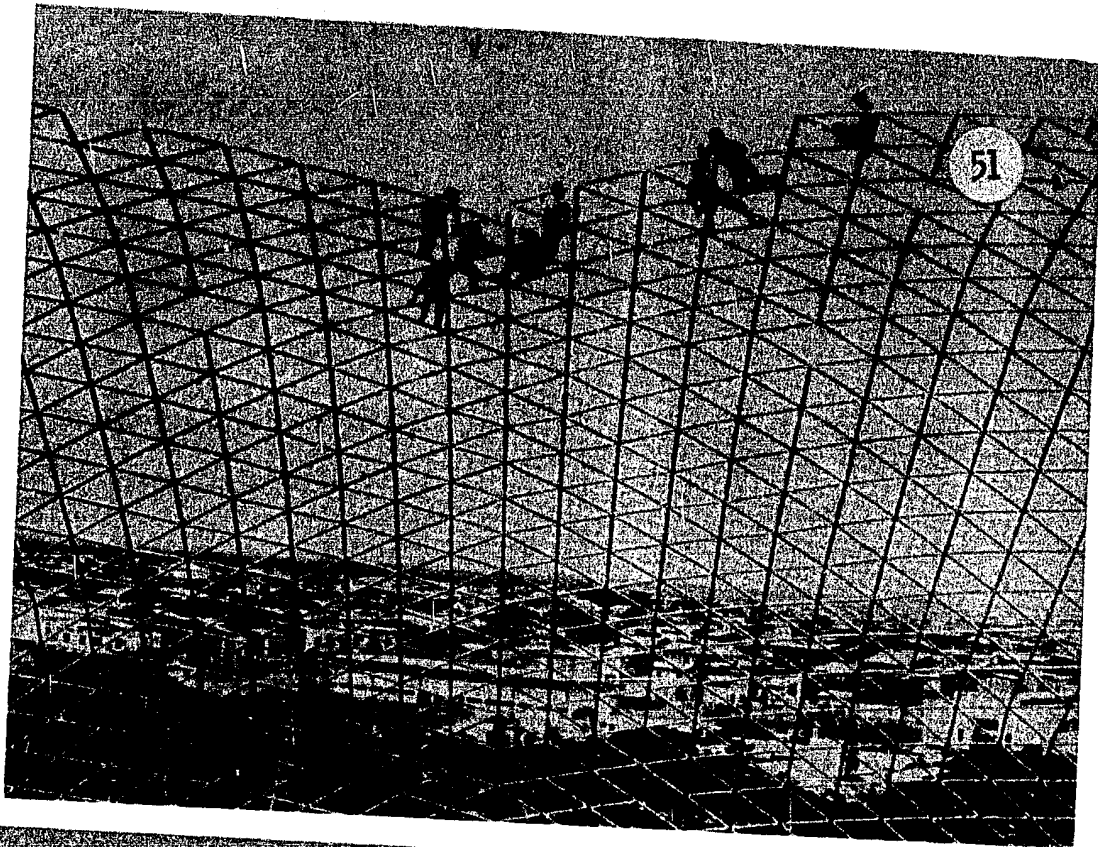


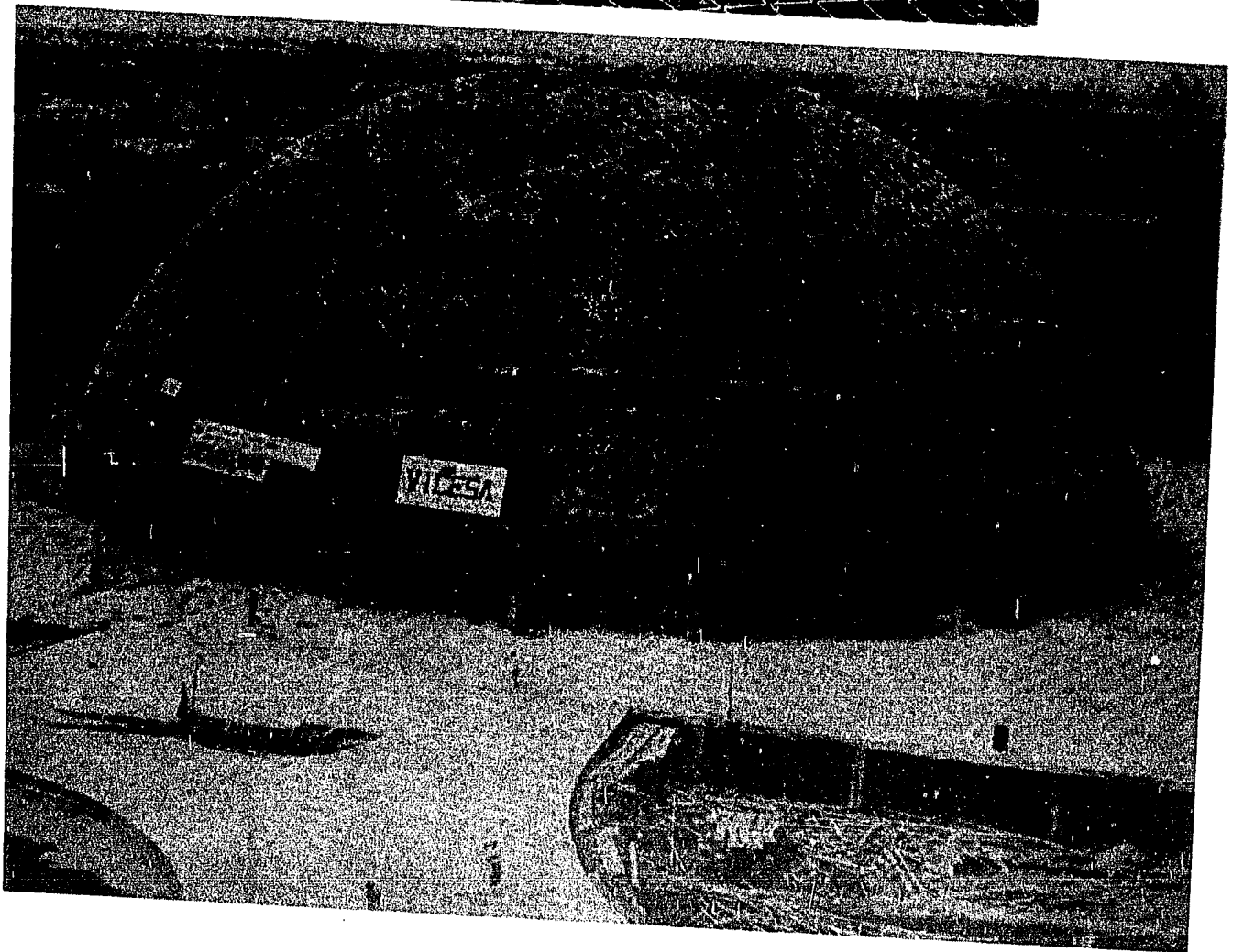
Fig 9. Estructuración de una cúpula de 195 m de claro, sobre un área circular, empleando acero de alta resistencia, con un peso de 30 kg/m^2

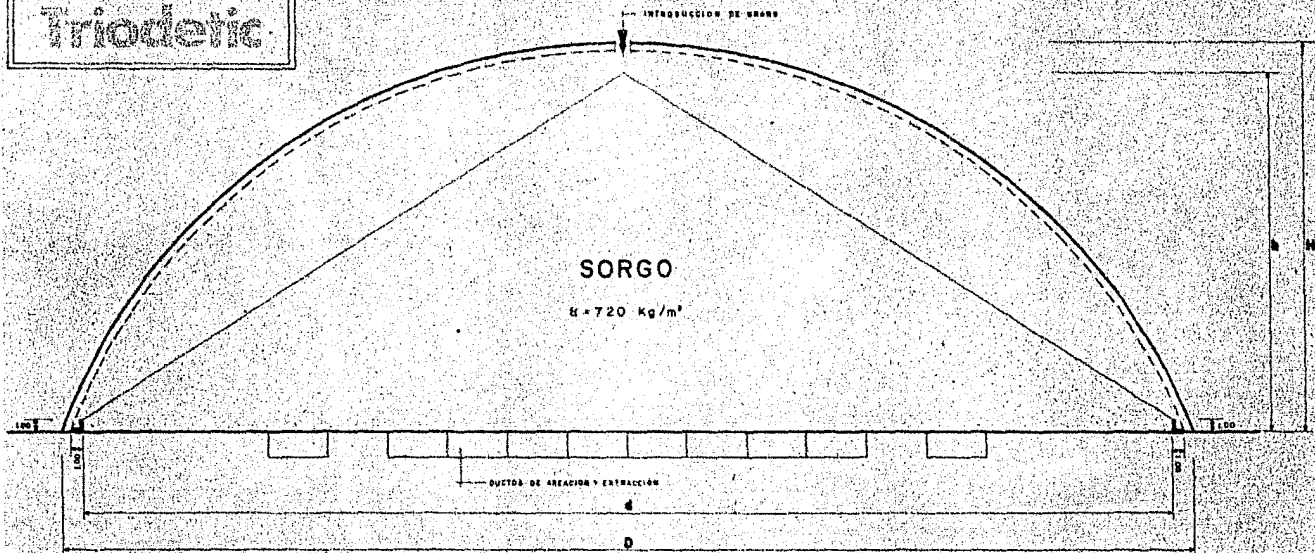


Pg. 191



Pg. 192

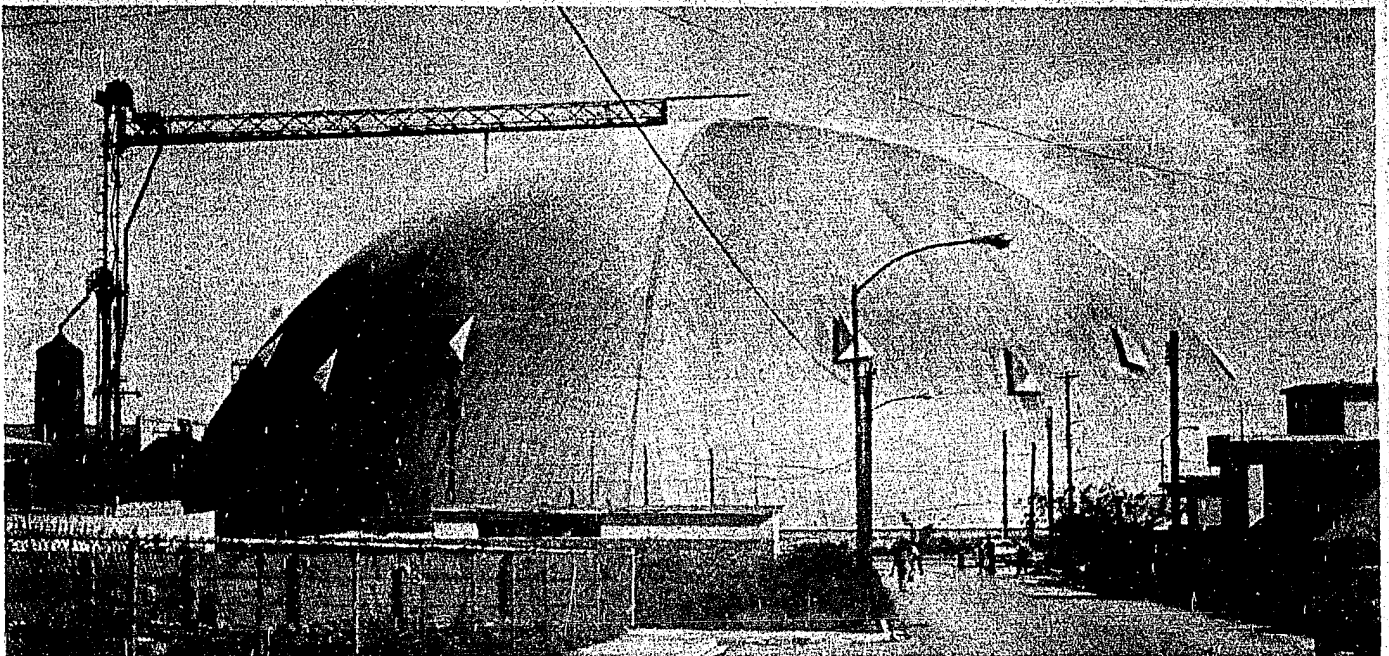




DIMENSIONES - SORGO

GEODESICA POLIEDRO PARA SILOS

SILO	D	H	d	h
Ton.	m	m	m	m
10.000	54,40	19,40	52,40	17,40
20.000	68,80	23,90	66,80	21,90
30.000	78,80	27,00	76,80	25,00
40.000	86,90	29,30	84,90	27,50
50.000	93,60	31,60	91,60	29,60
60.000	99,60	33,50	97,60	31,50
70.000	104,90	35,10	102,90	33,10
80.000	109,70	36,60	107,70	34,60
90.000	114,10	38,00	112,10	36,00
100.000	118,20	39,30	116,20	37,30



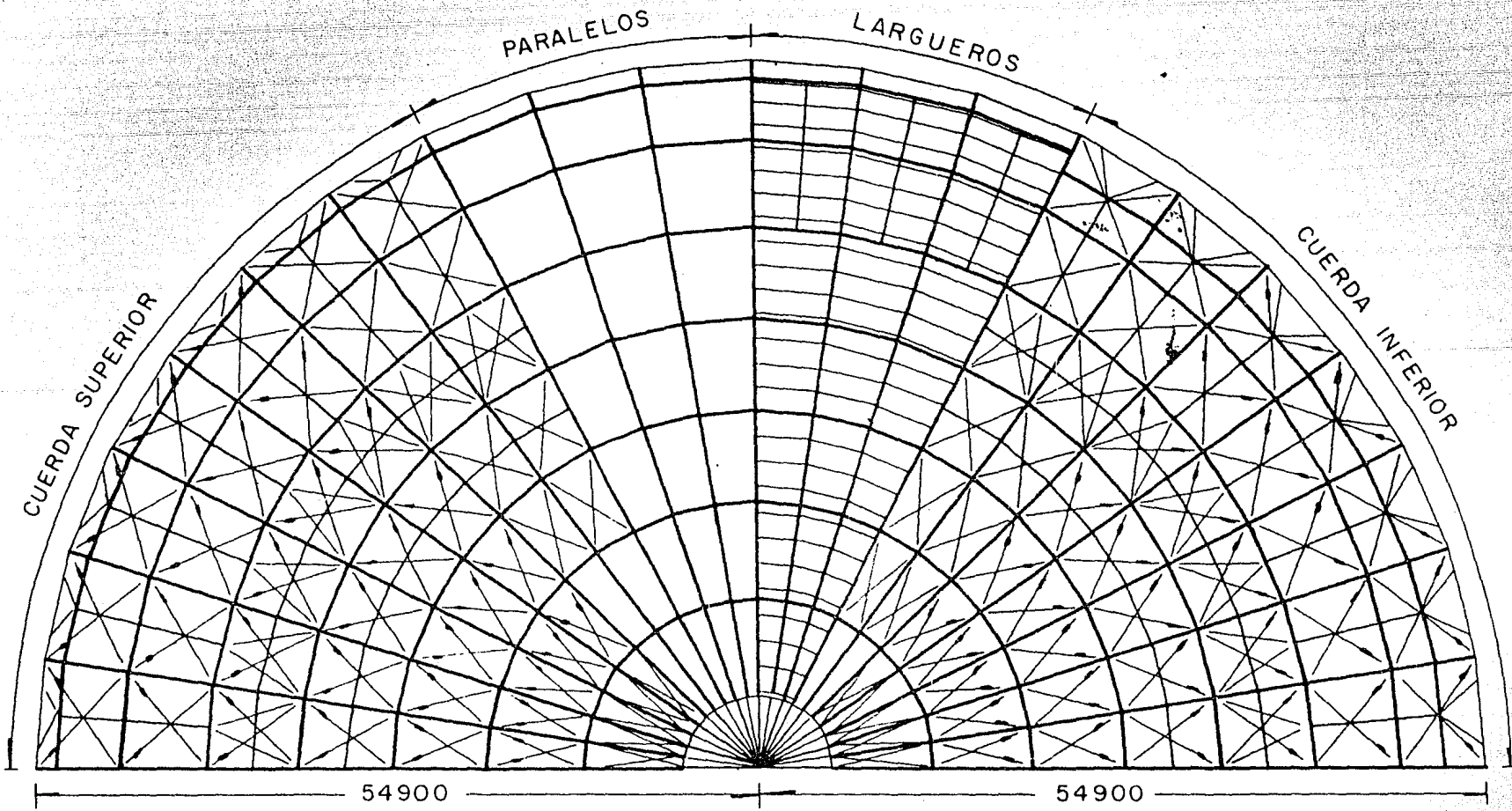


Fig 8. Estructuración tipo Schwelder, para una cúpula metálica con claro de 109,8 m

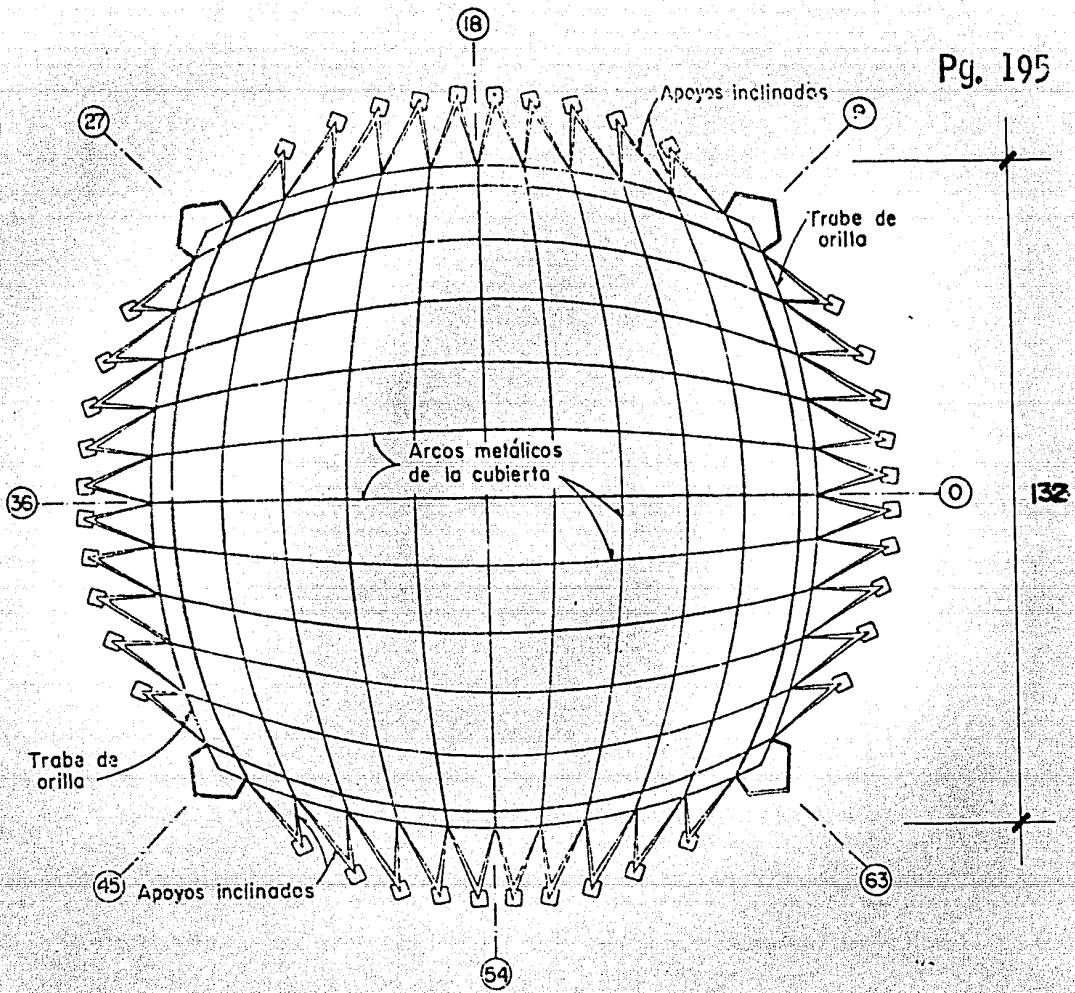


FIG. 10. Planta de la cubierta

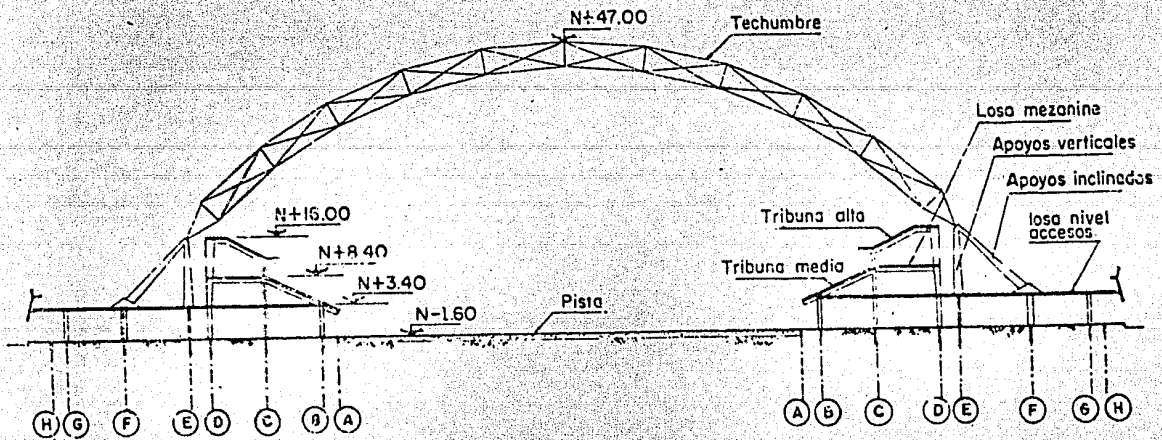
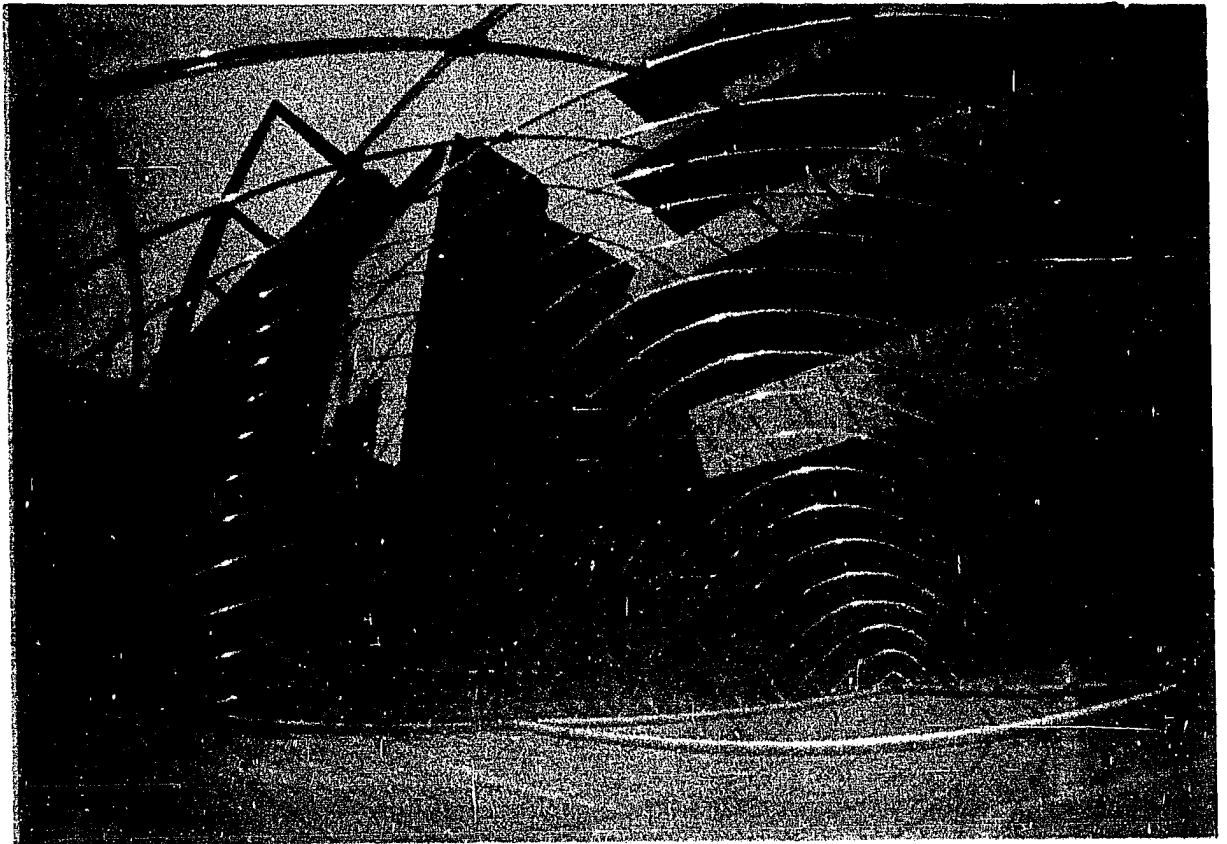
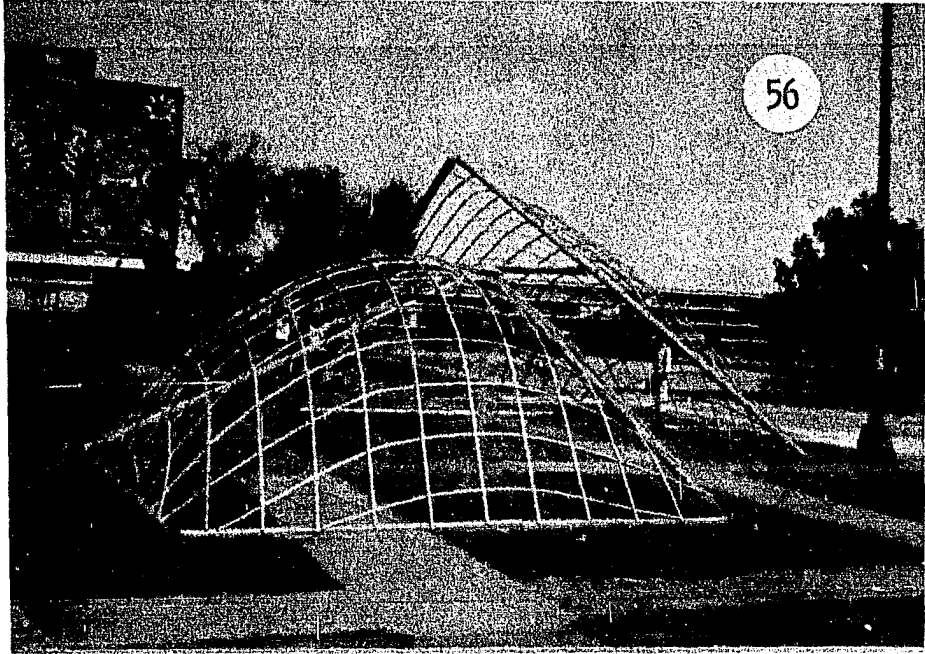
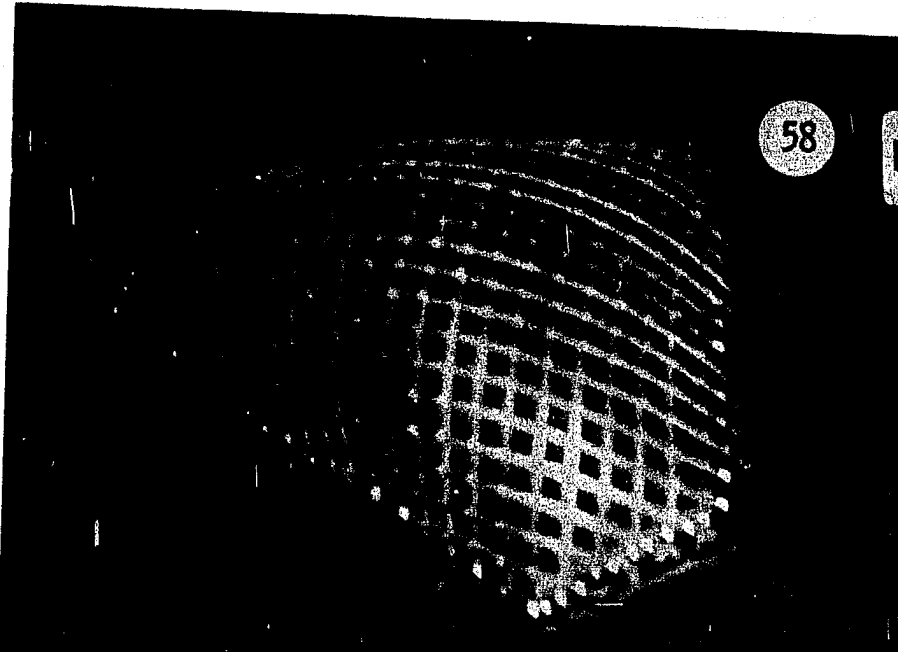


FIG. 11. Corte transversal

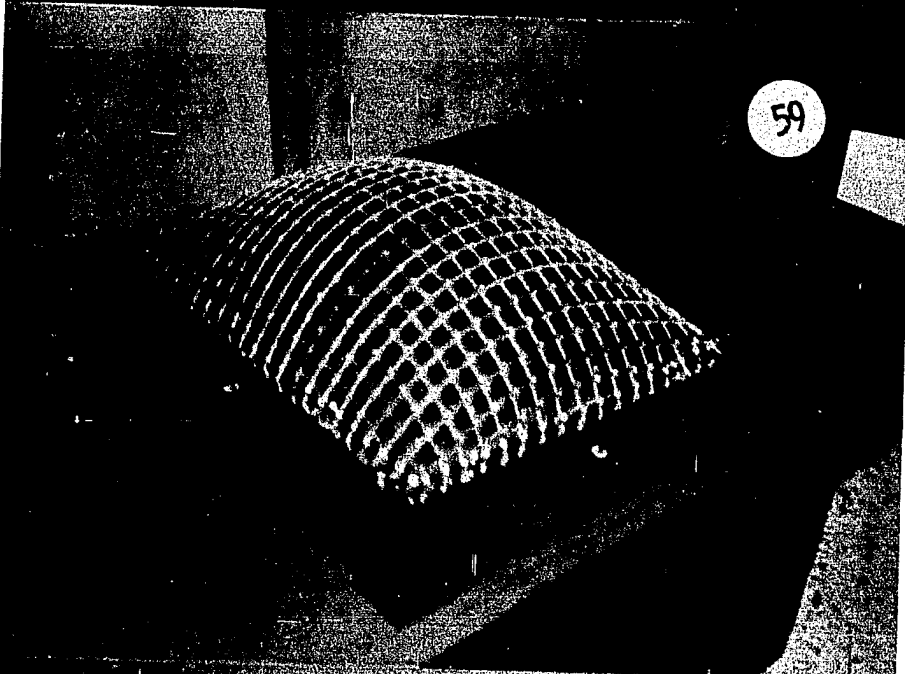


58

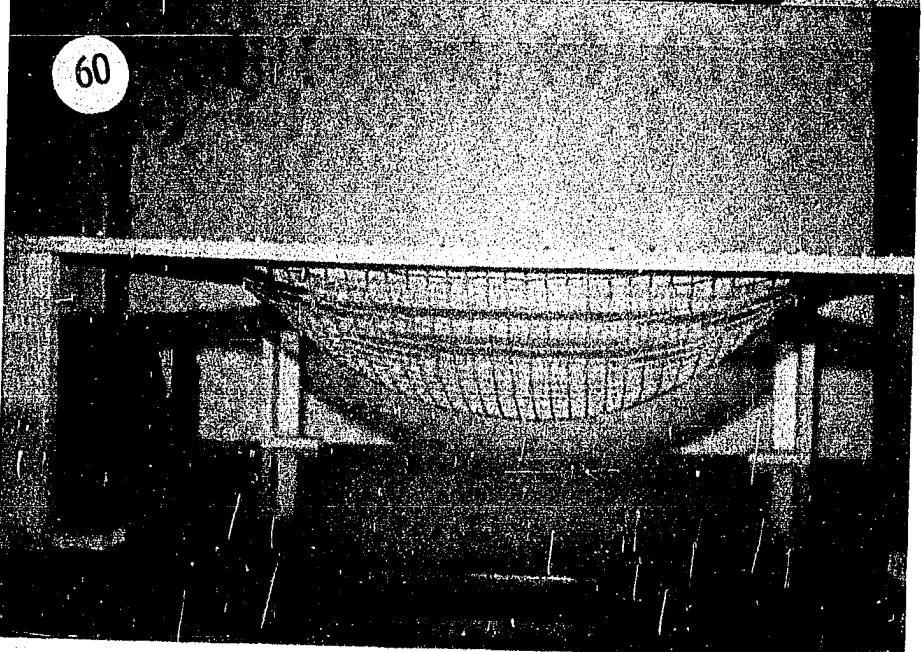
Pg. 197



59



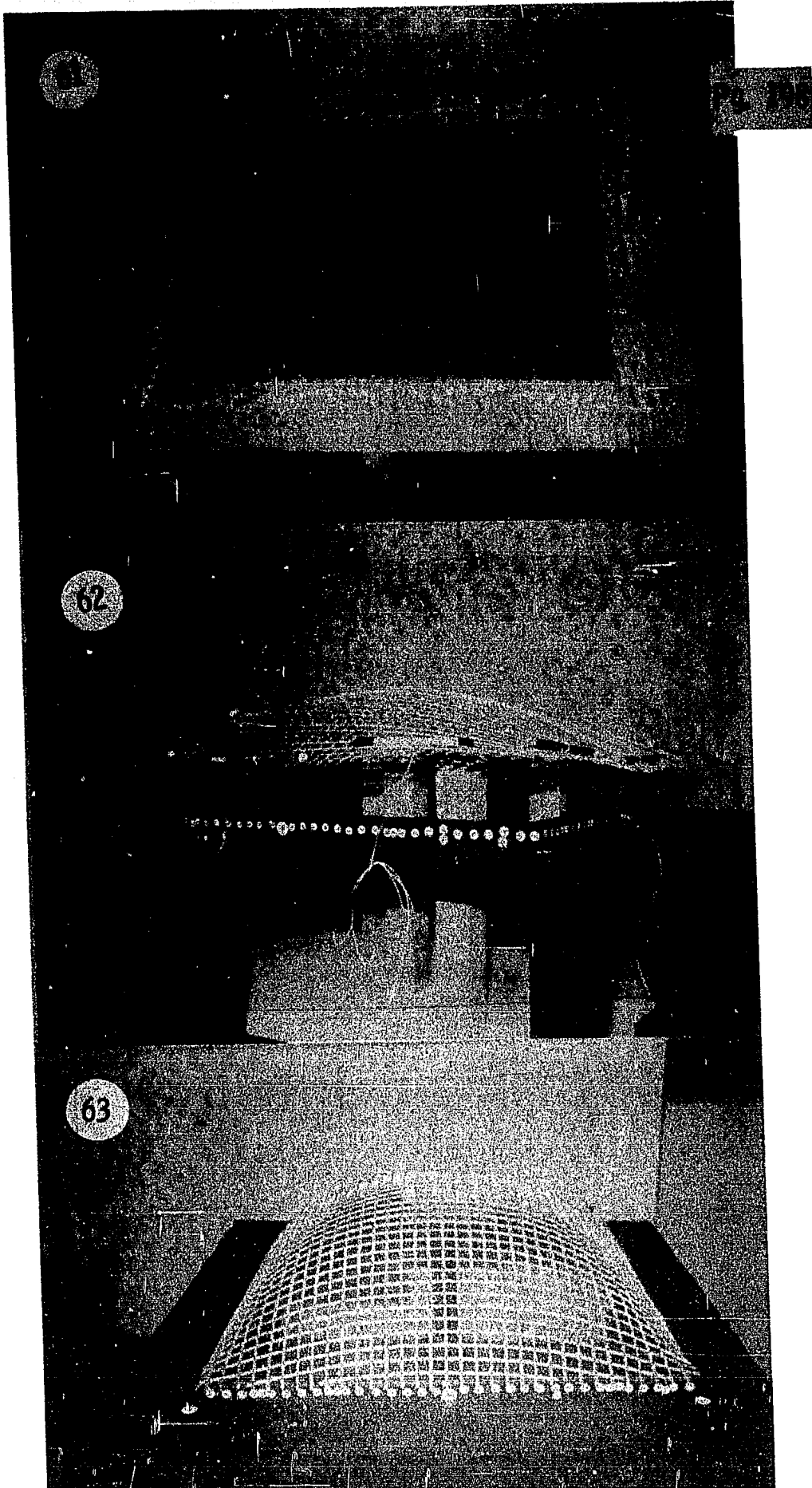
60

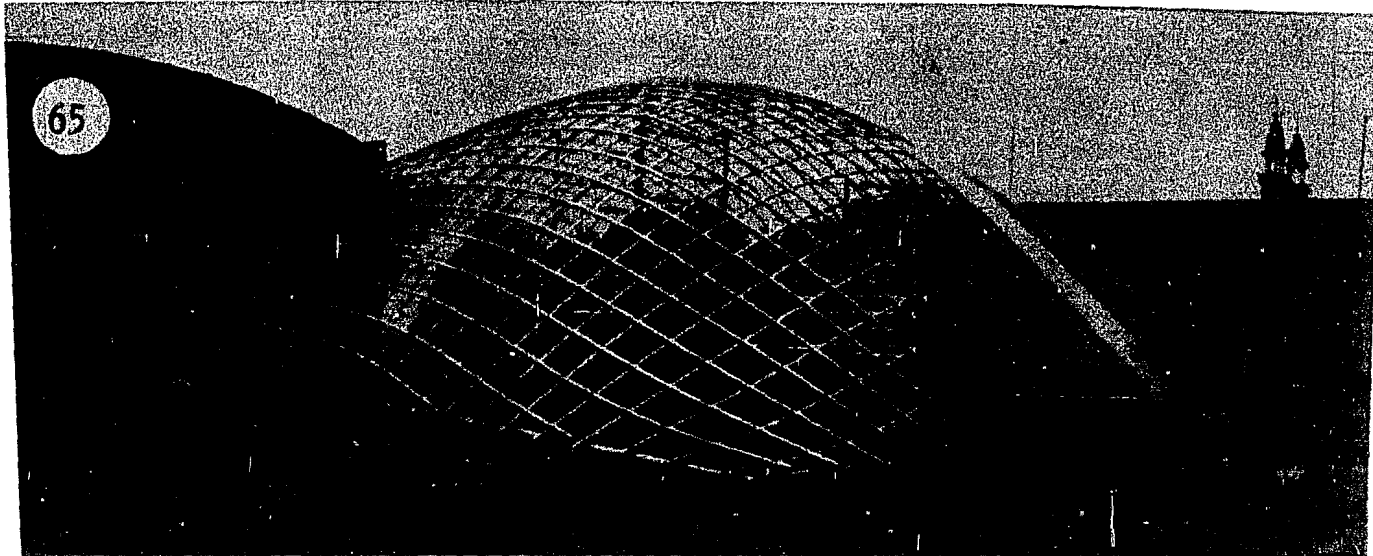
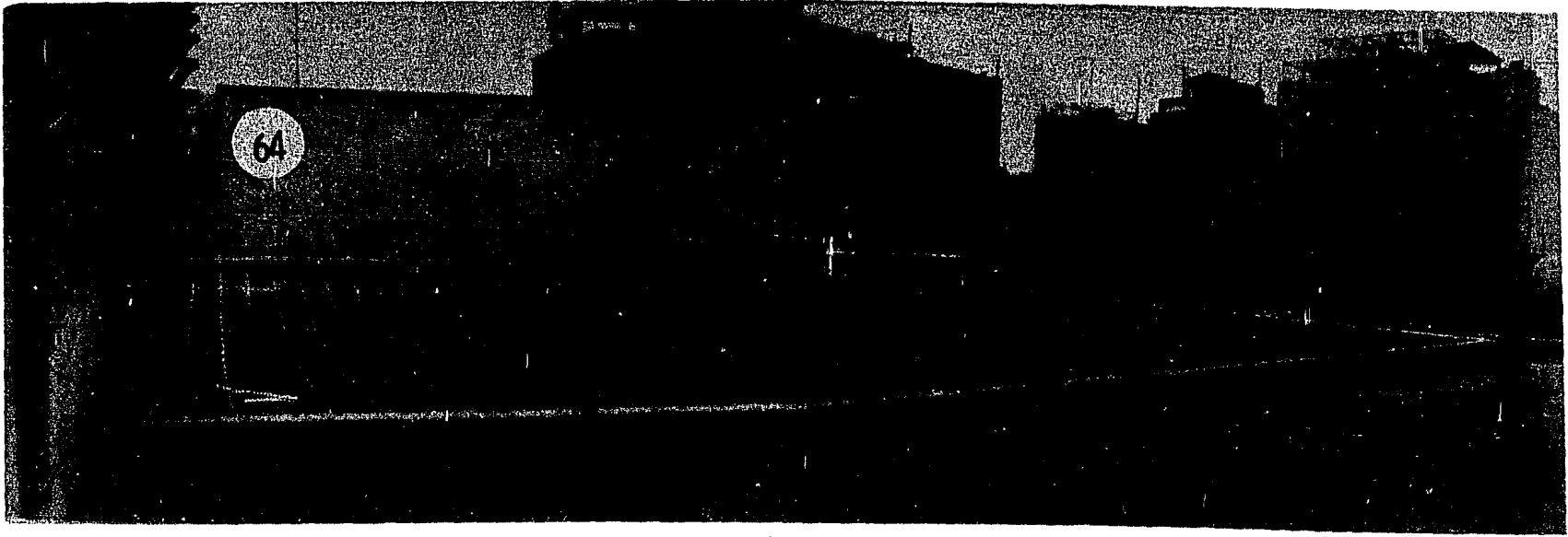


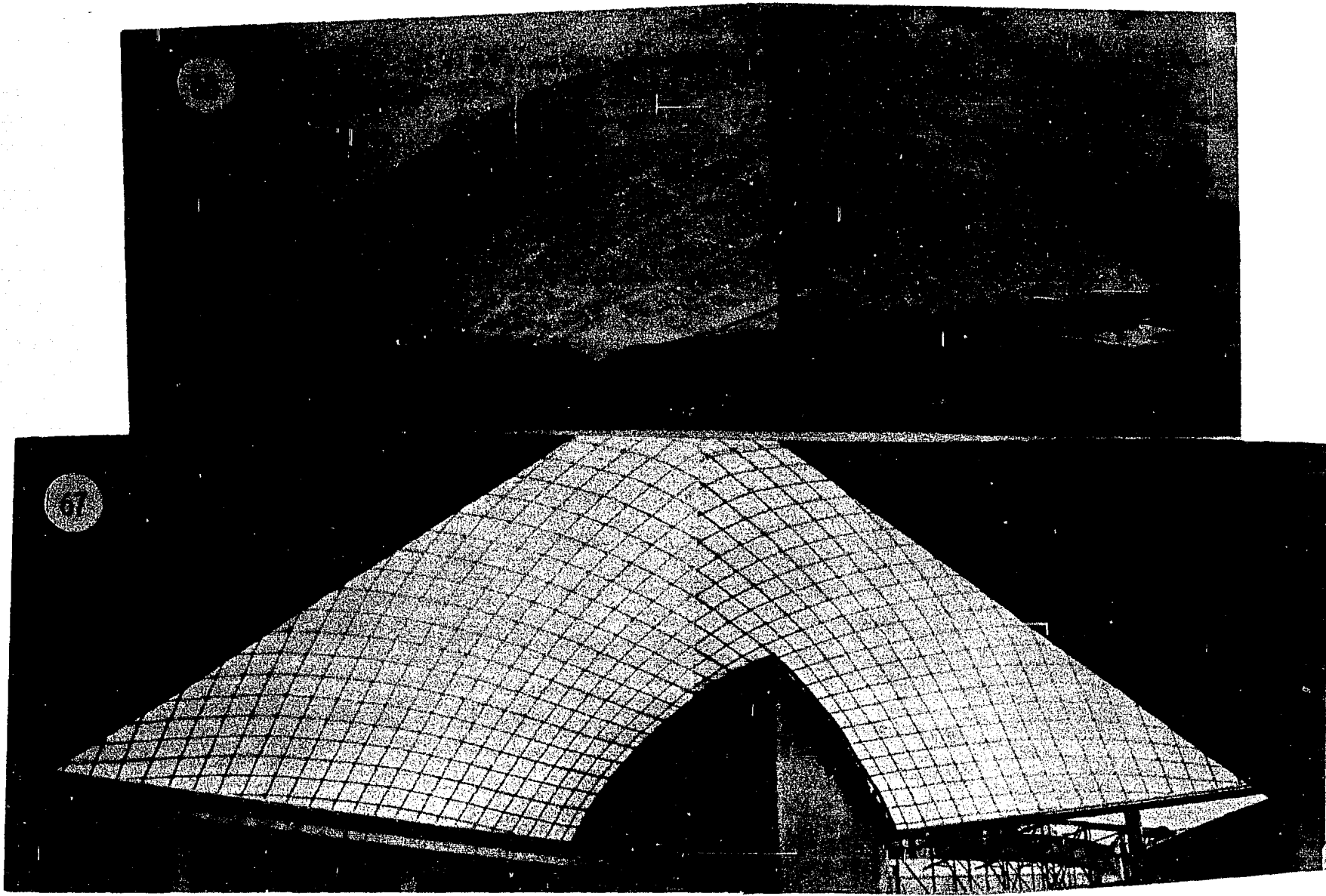
61

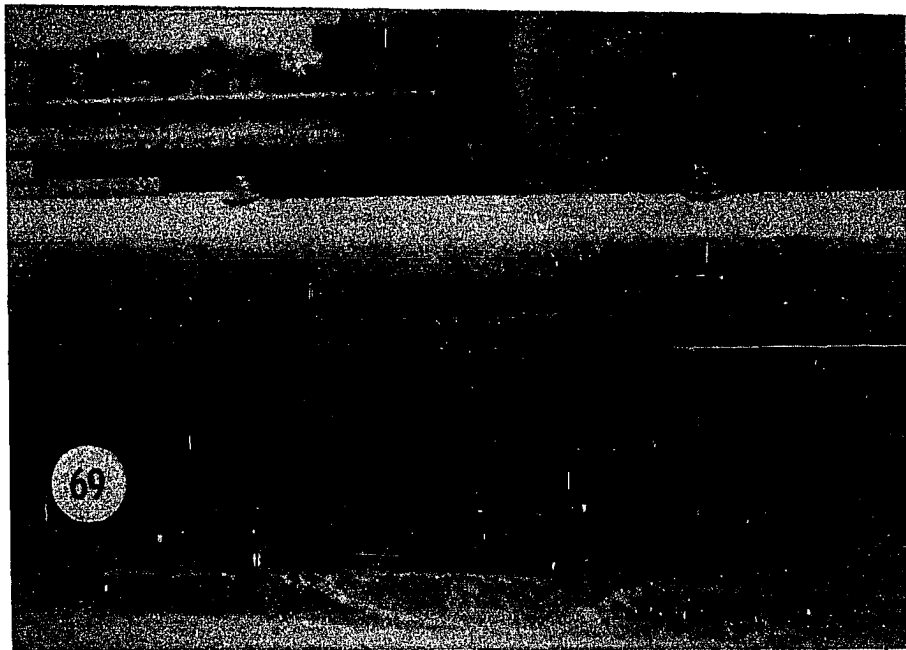
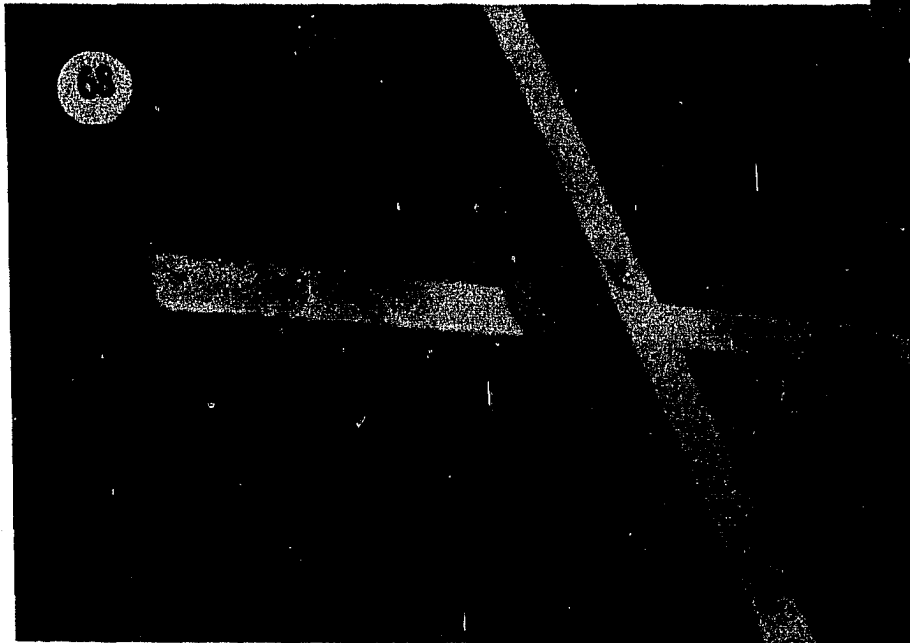
62

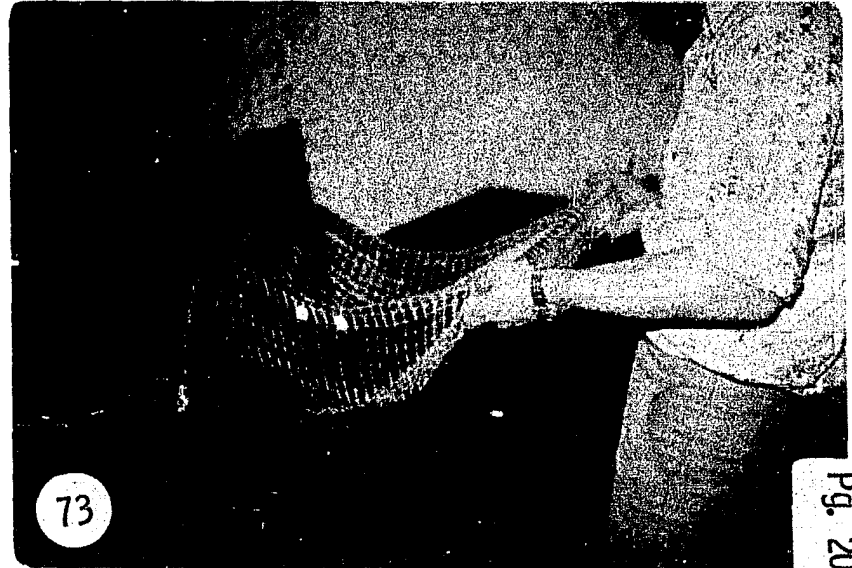
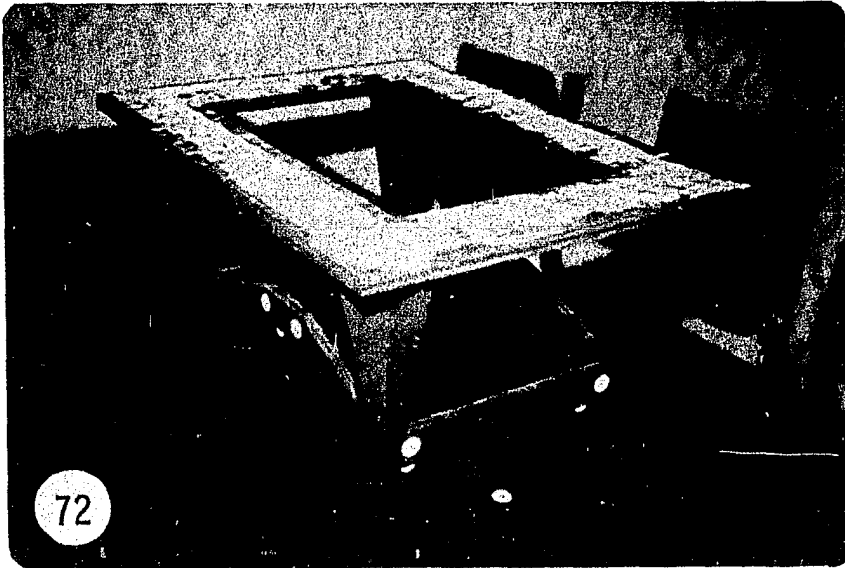
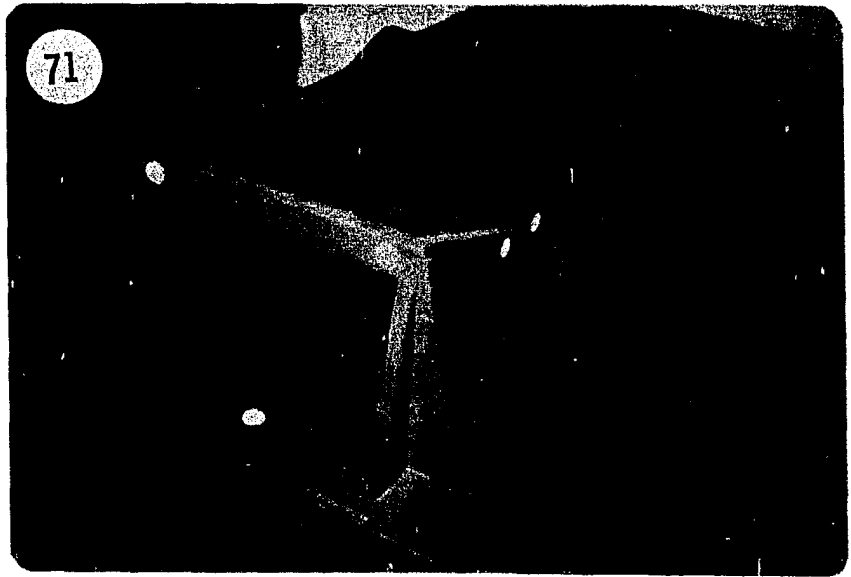
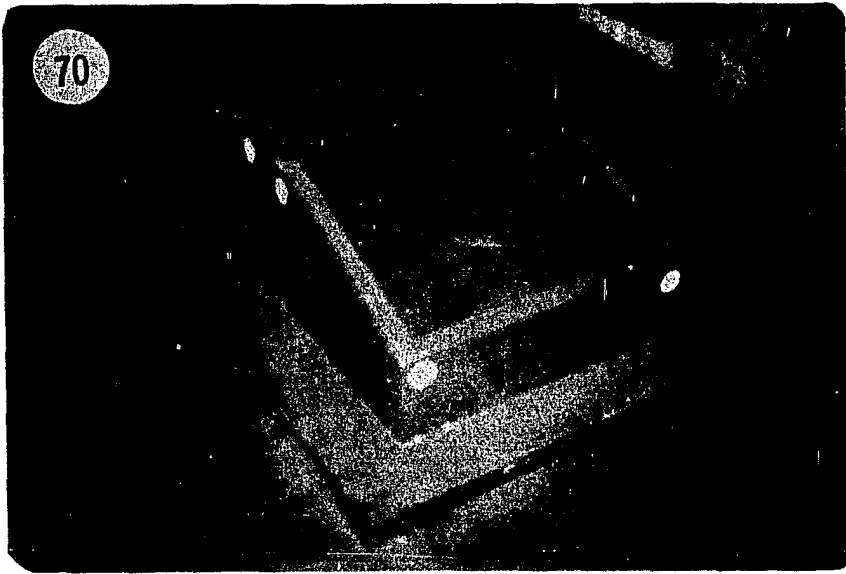
63

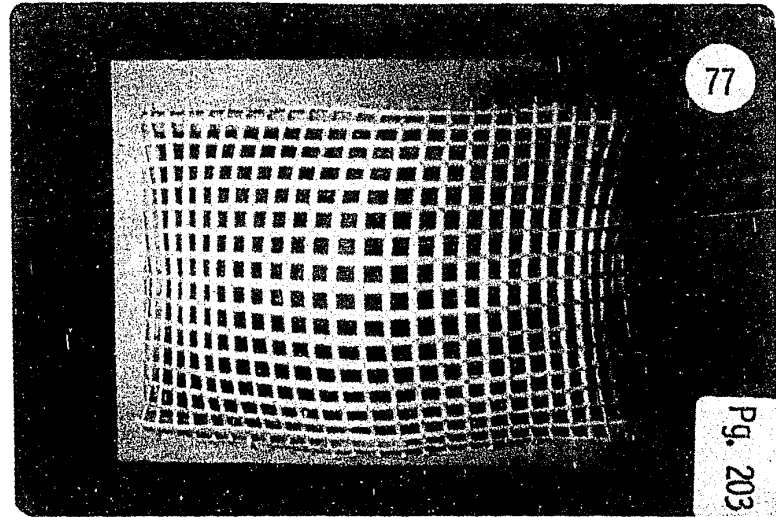
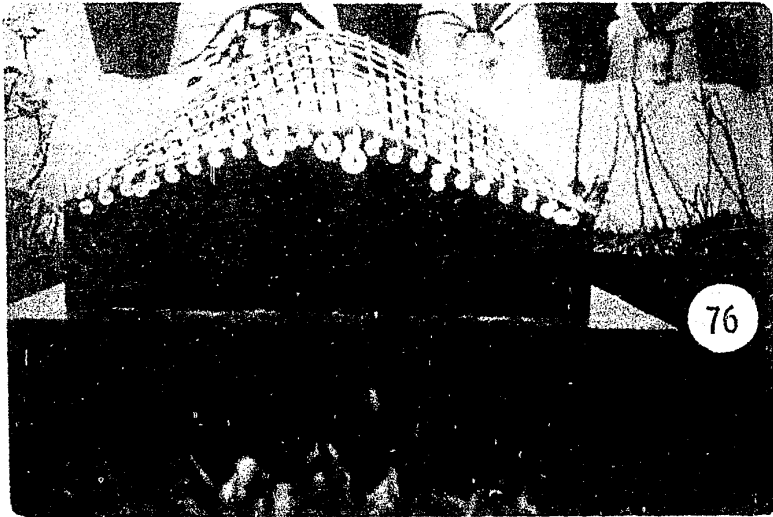
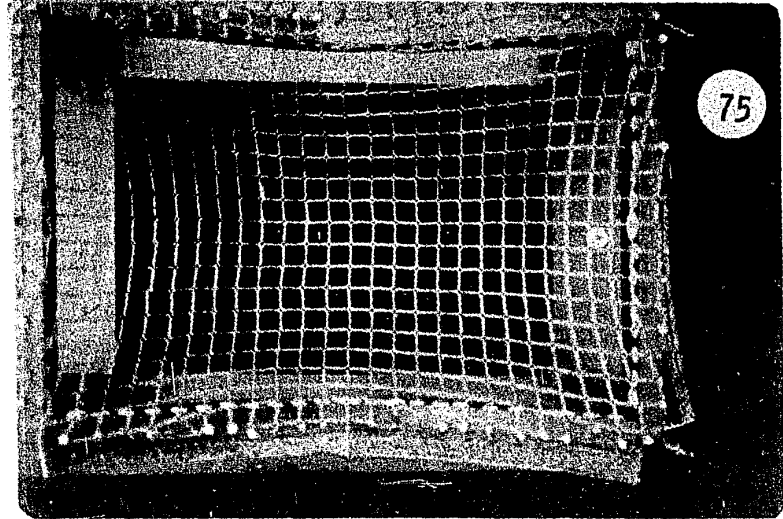
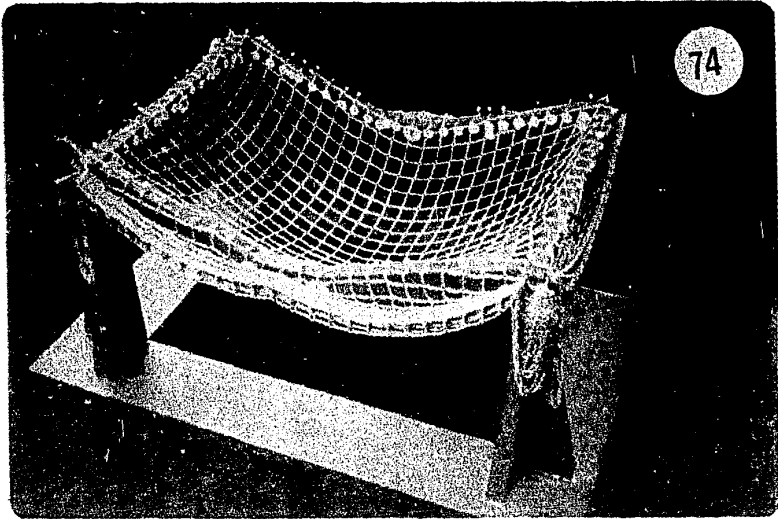


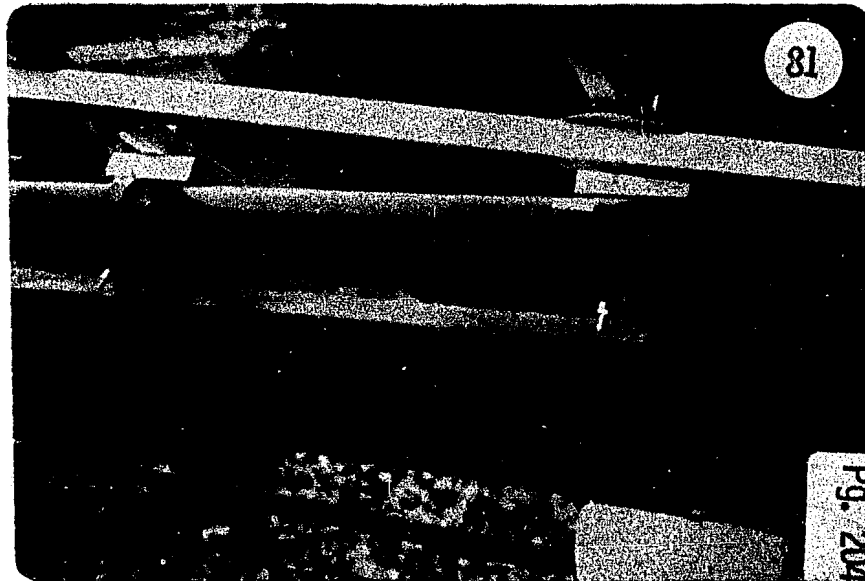
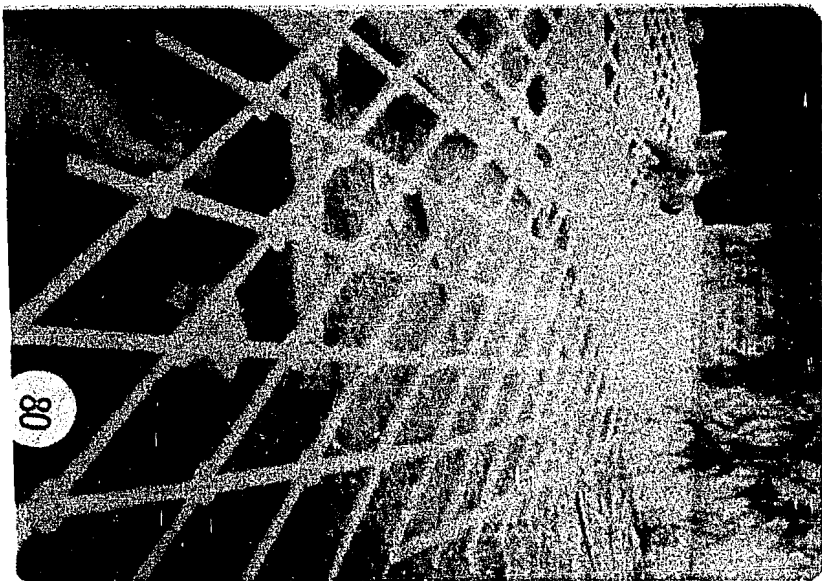
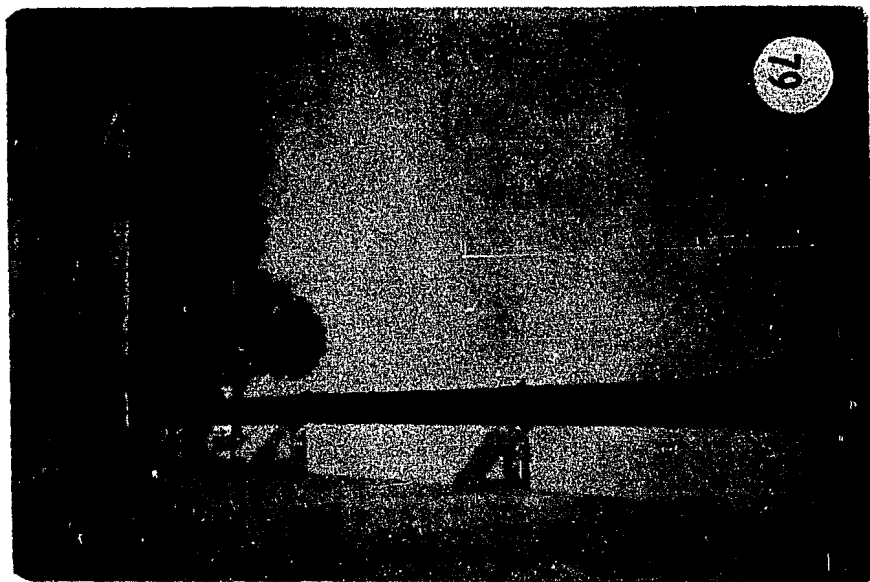
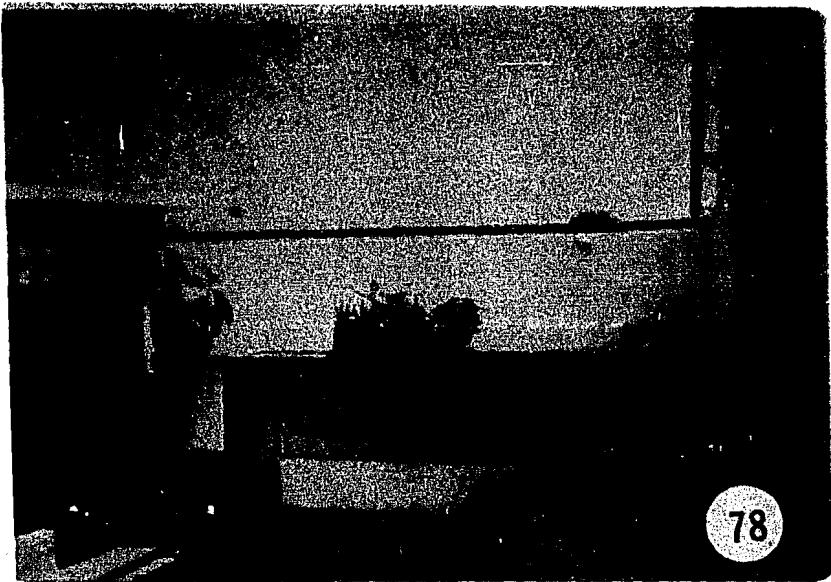


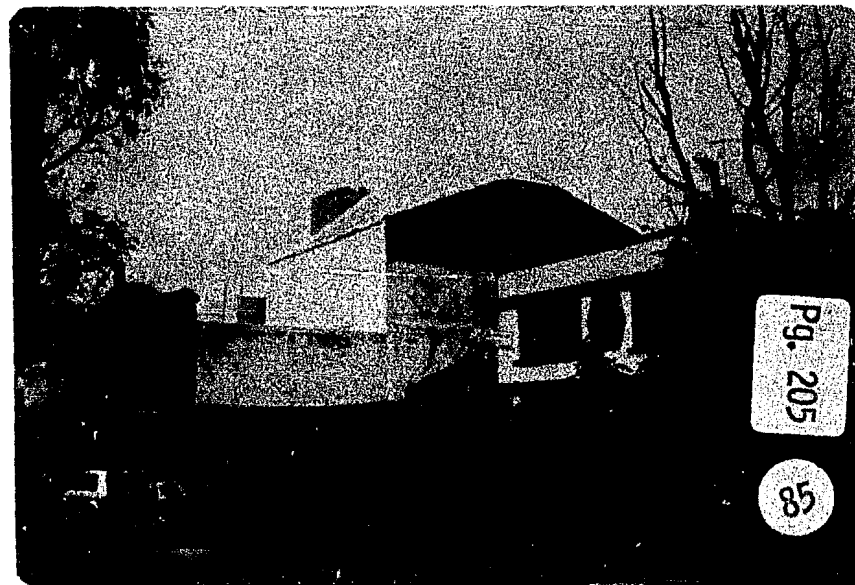
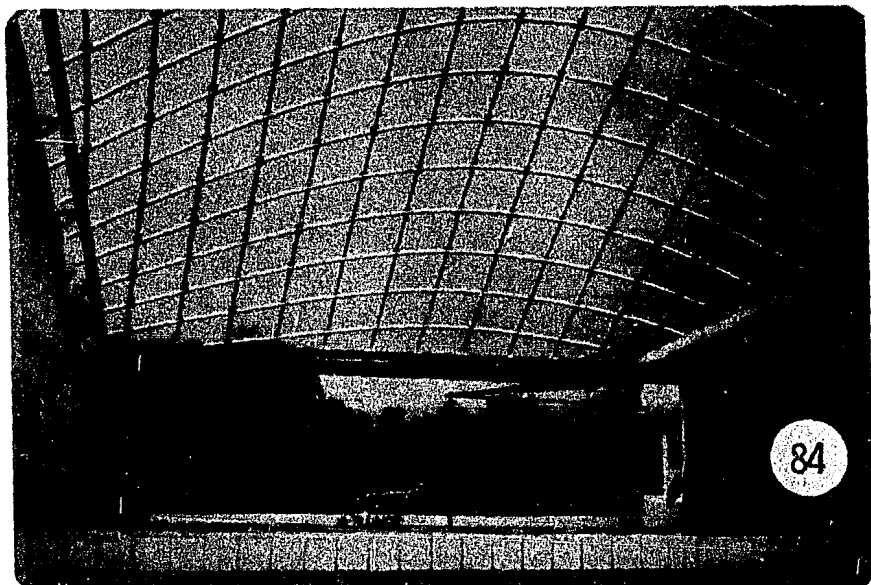
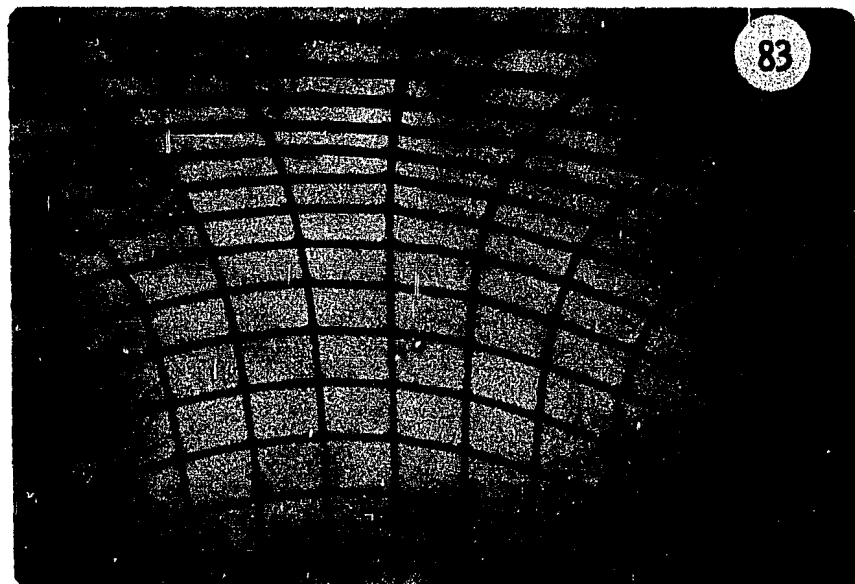
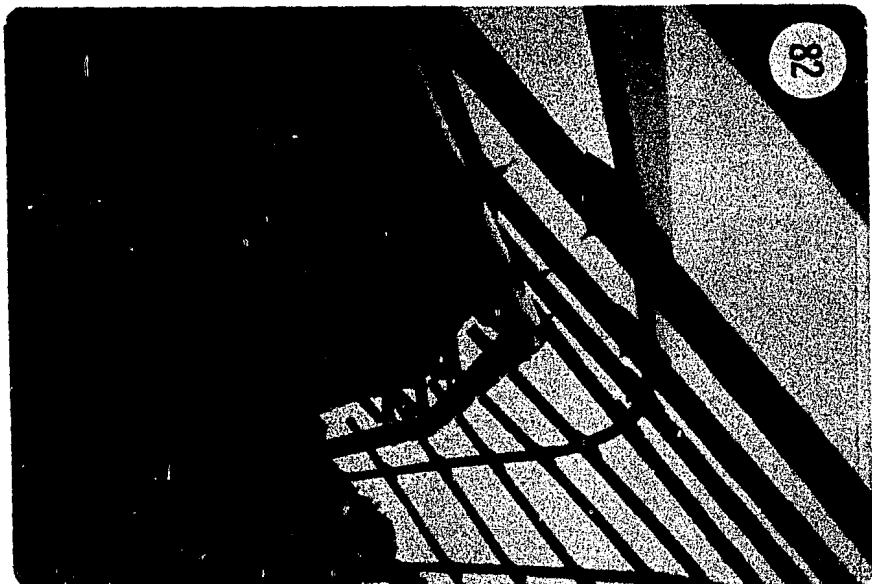


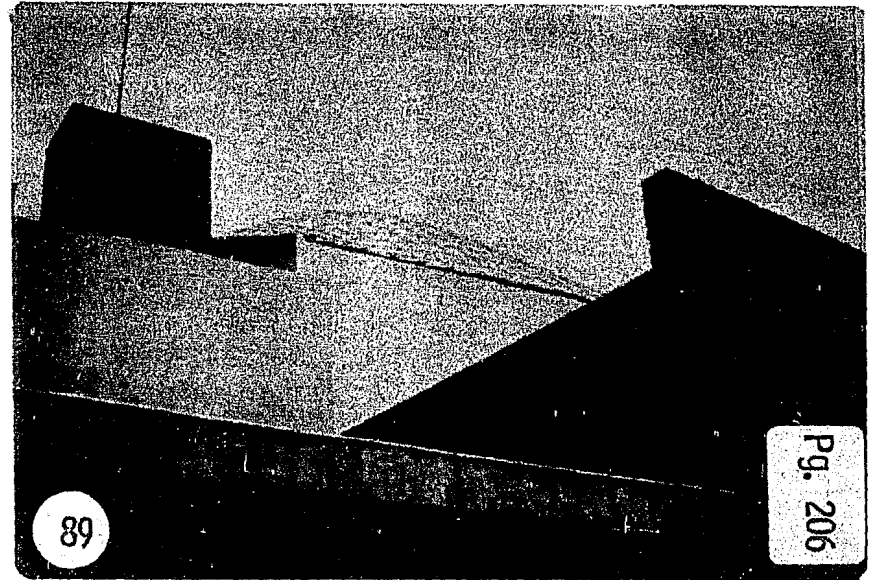
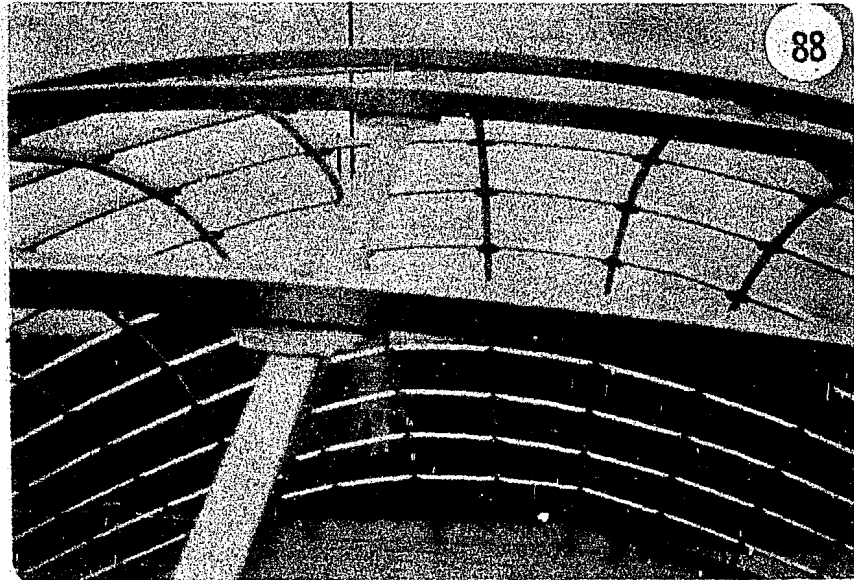
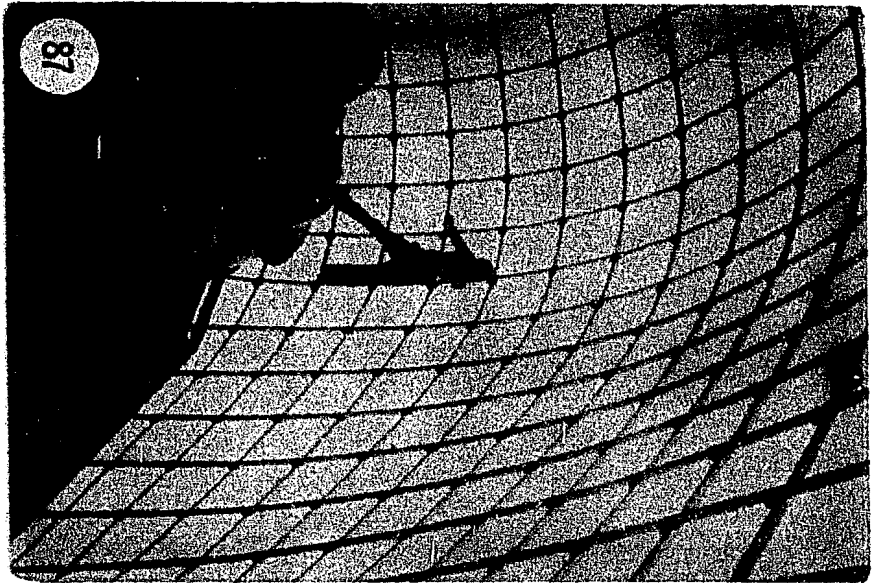
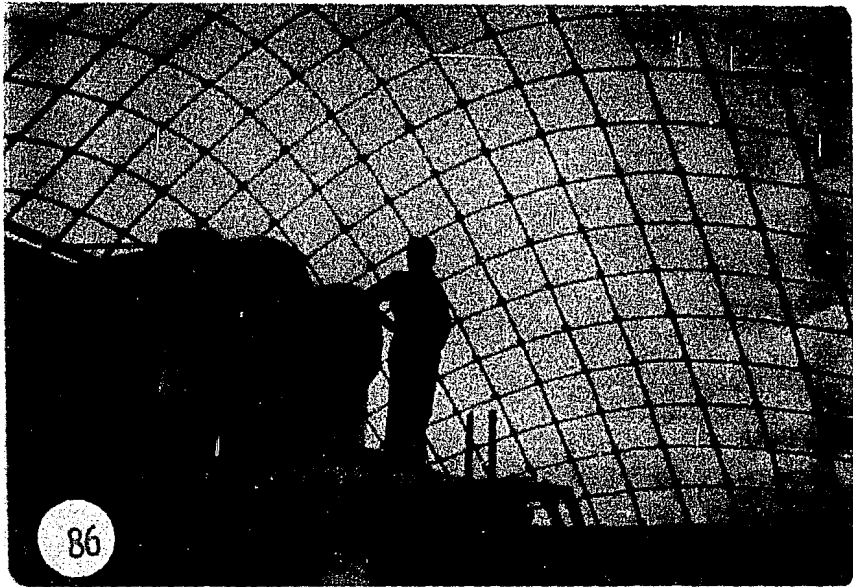


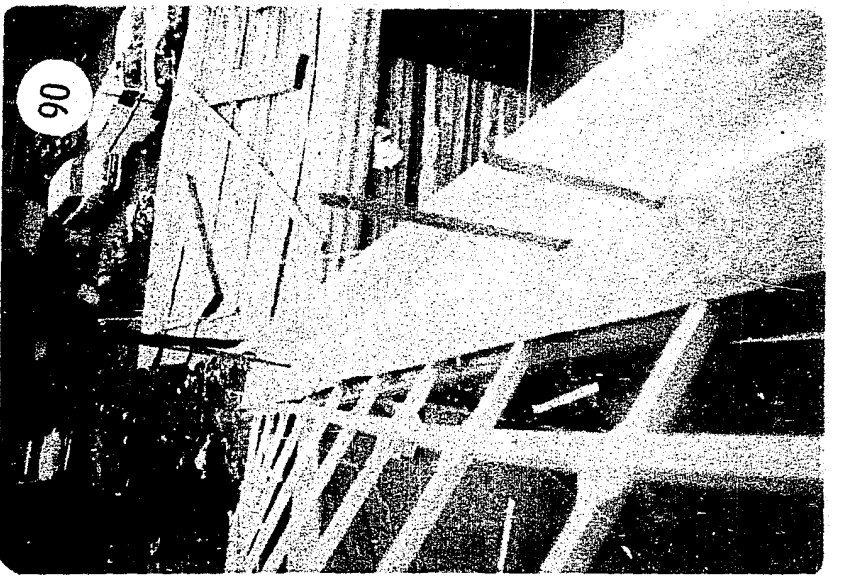
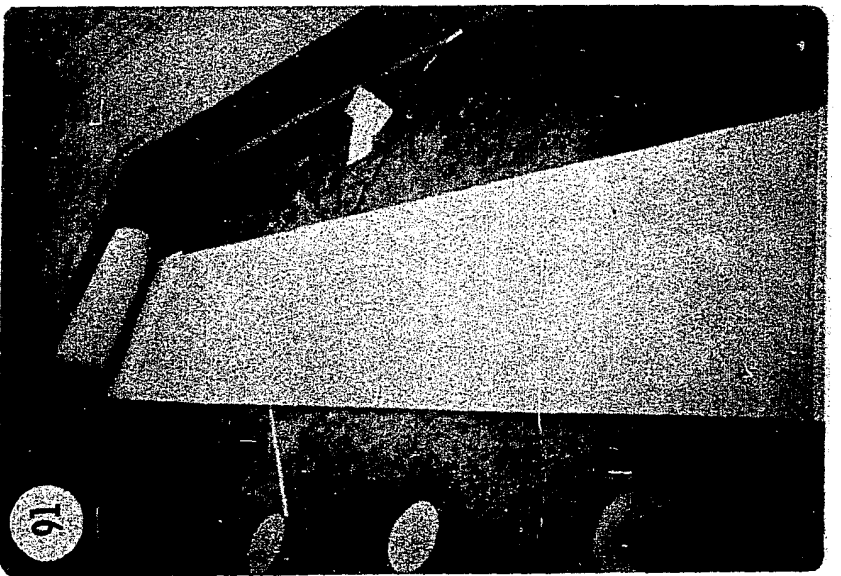
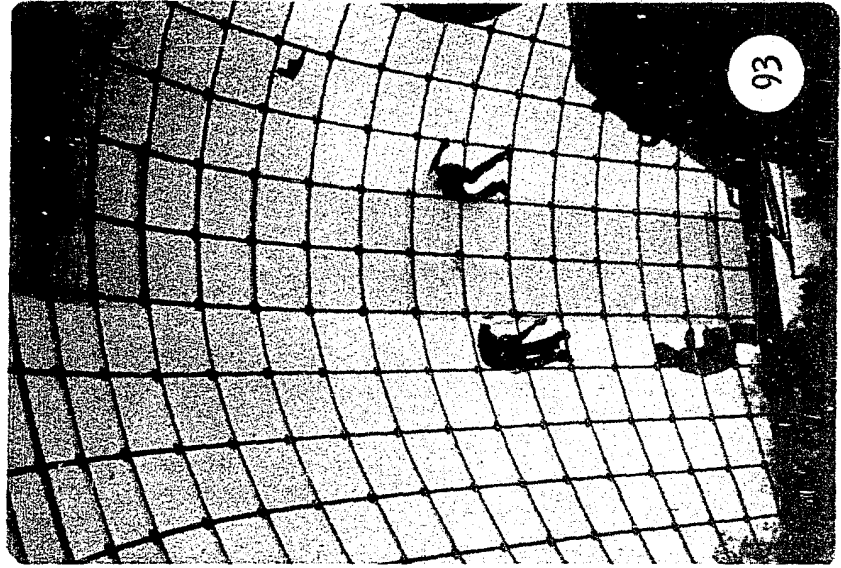
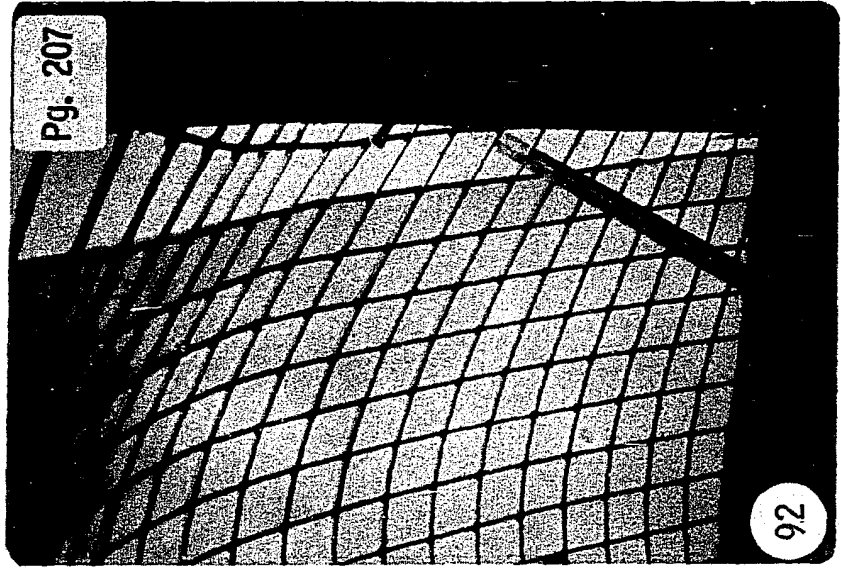


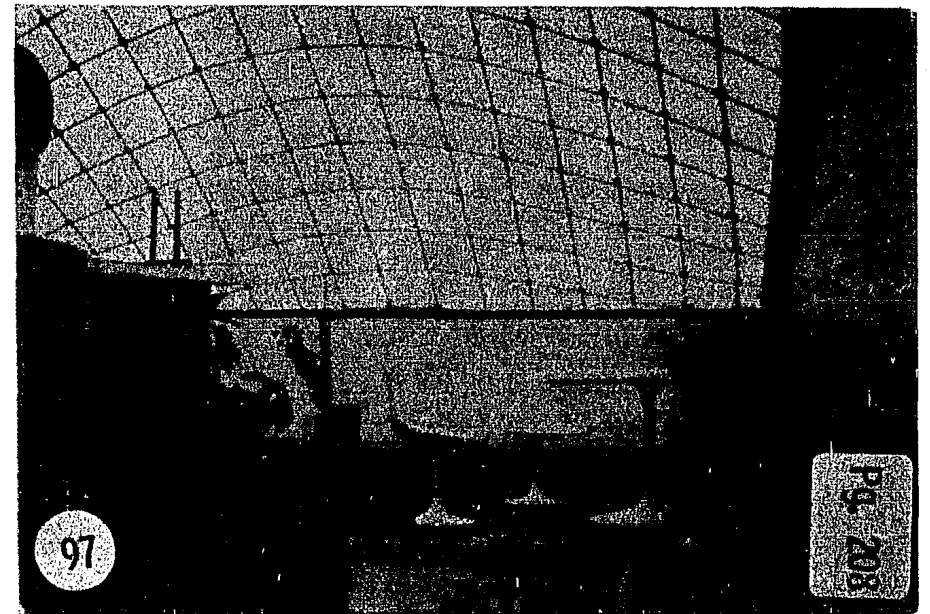
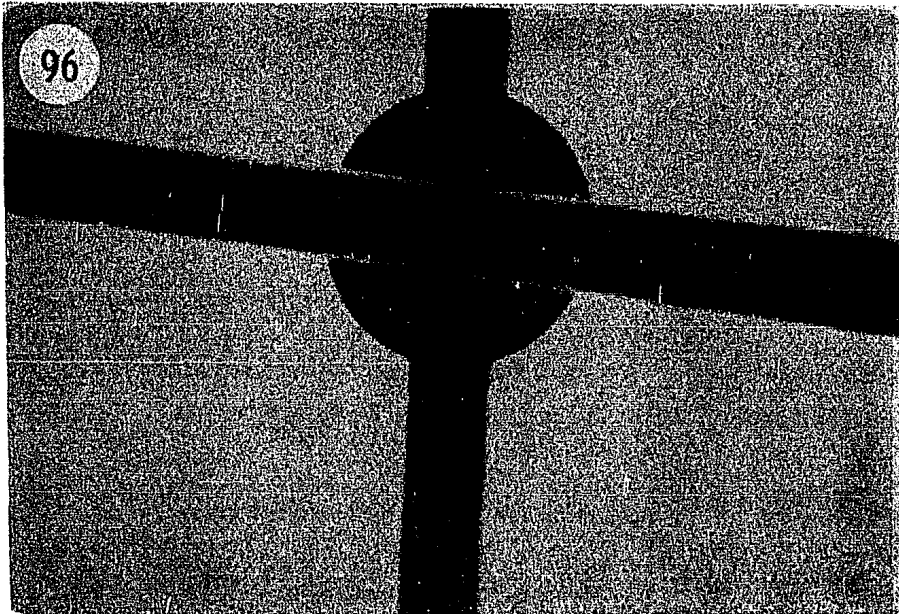
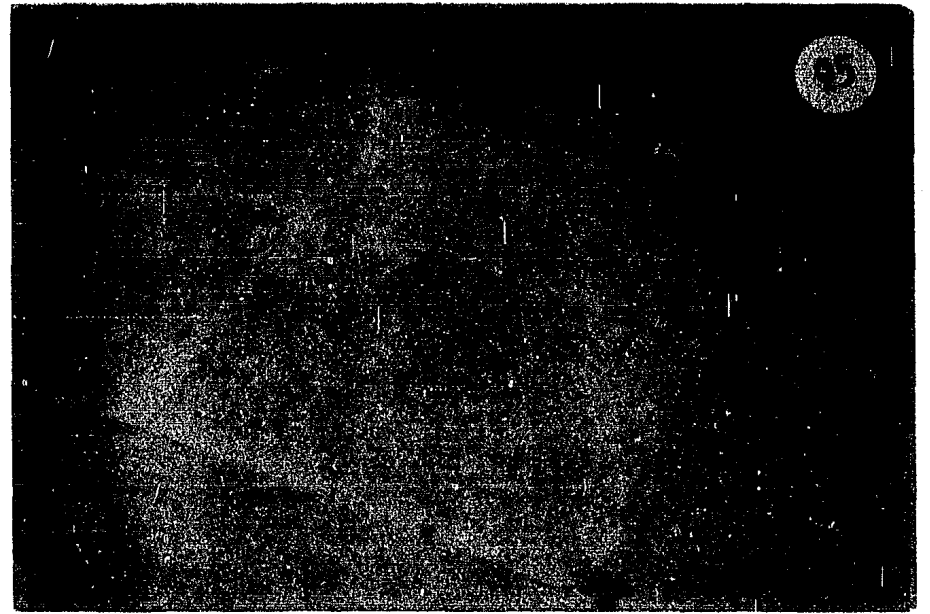
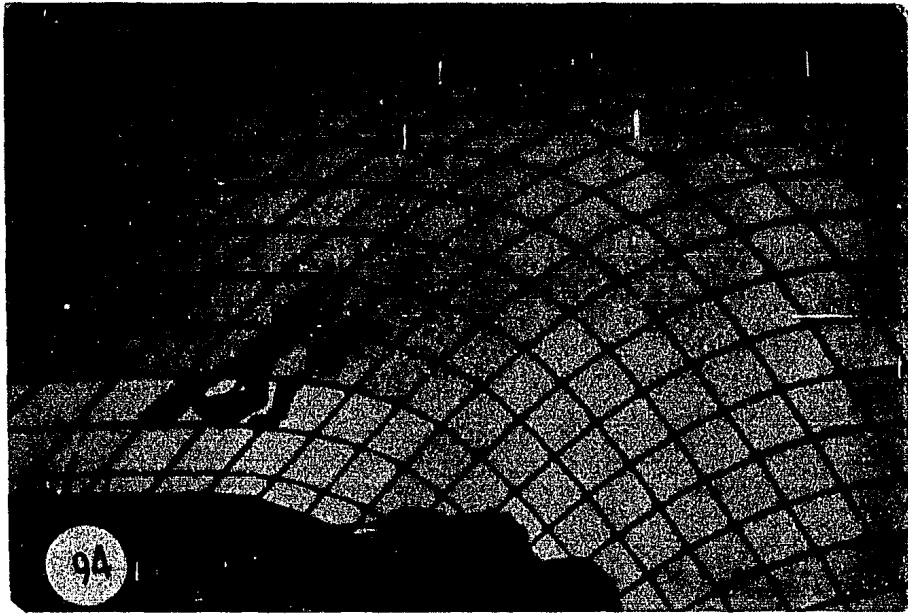


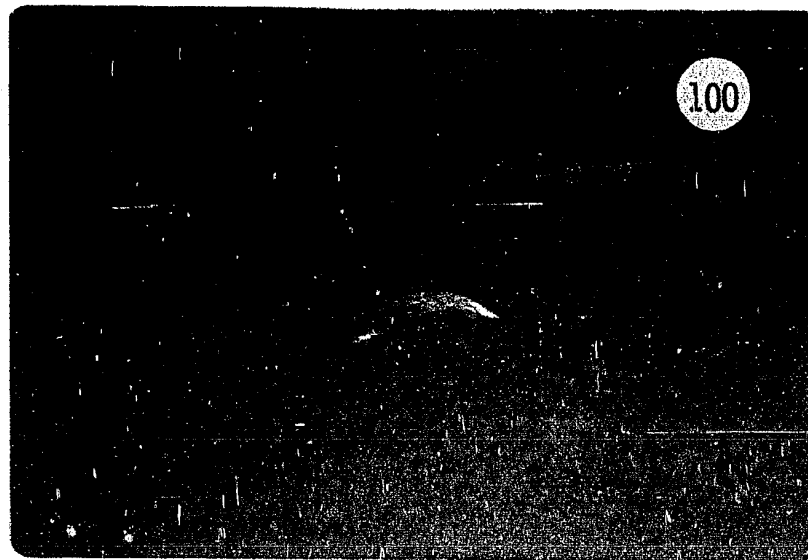
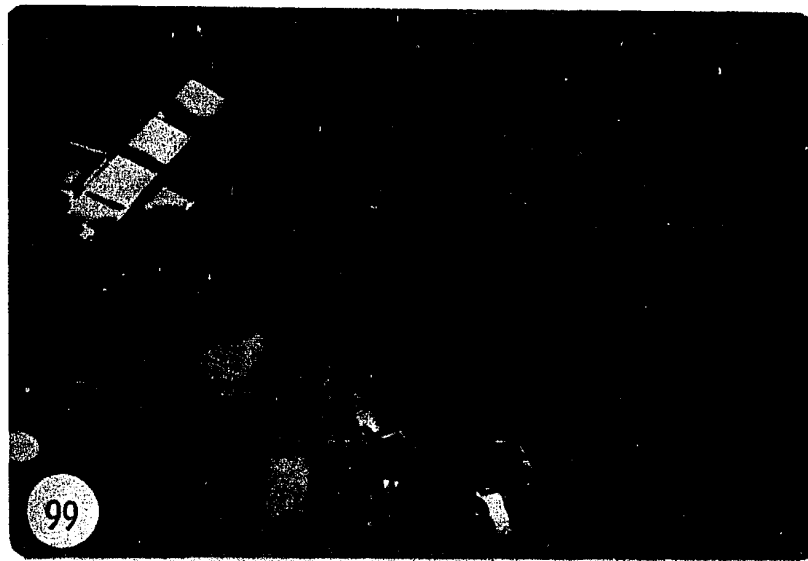
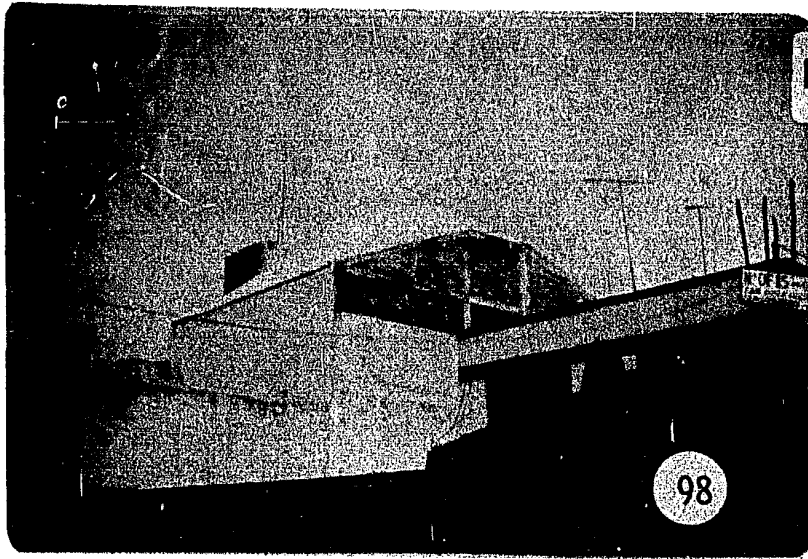


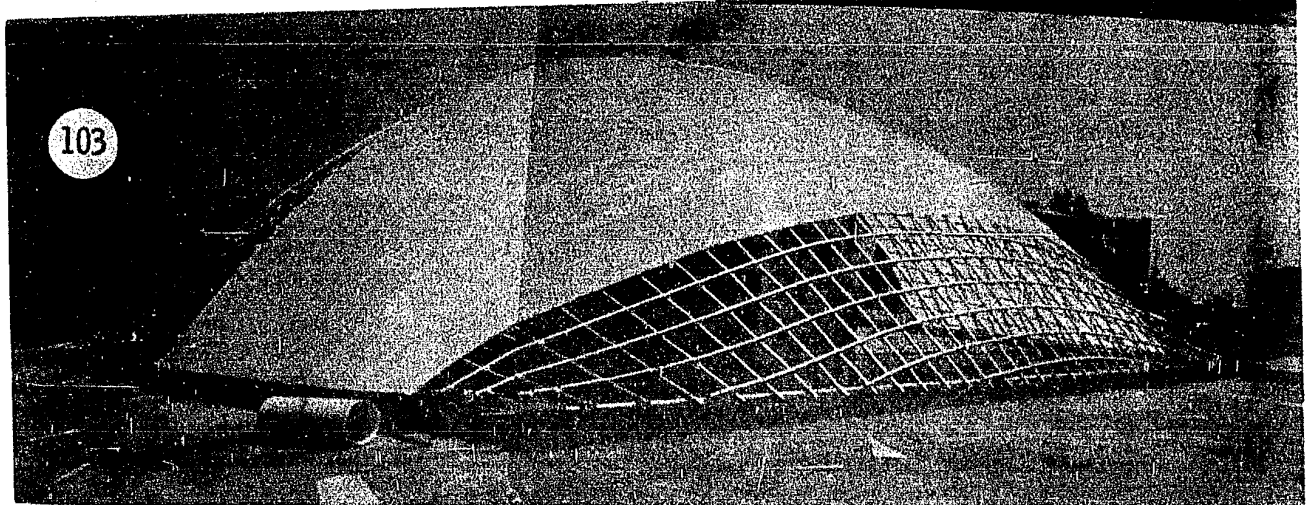
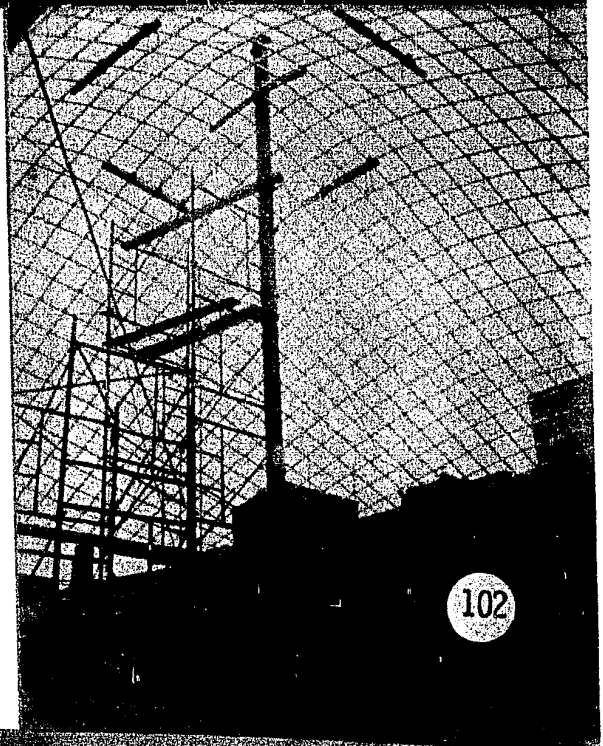
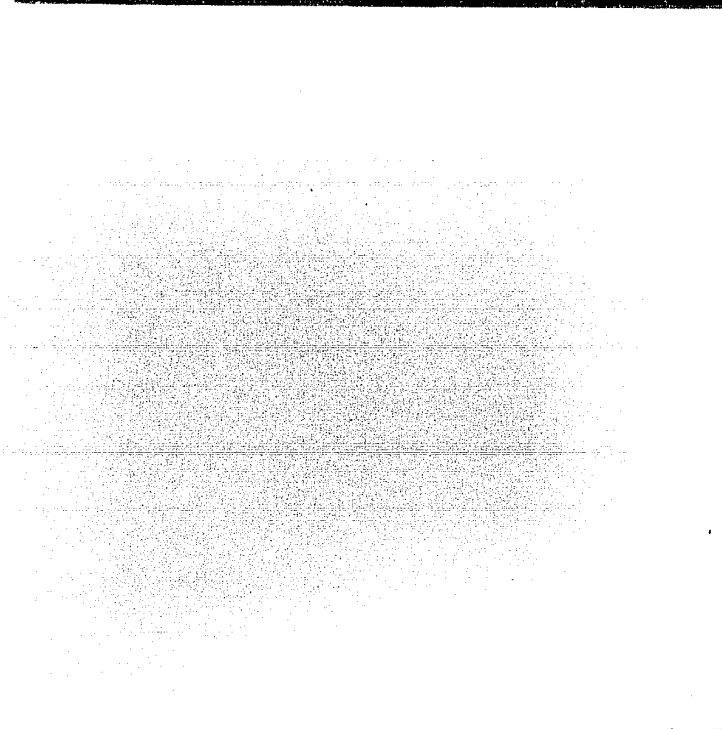
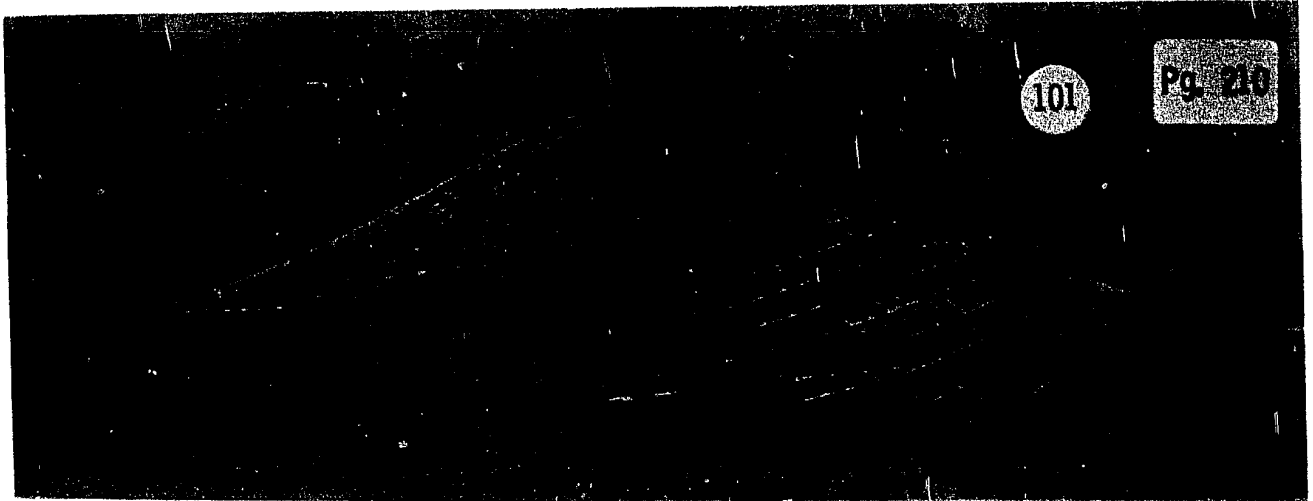


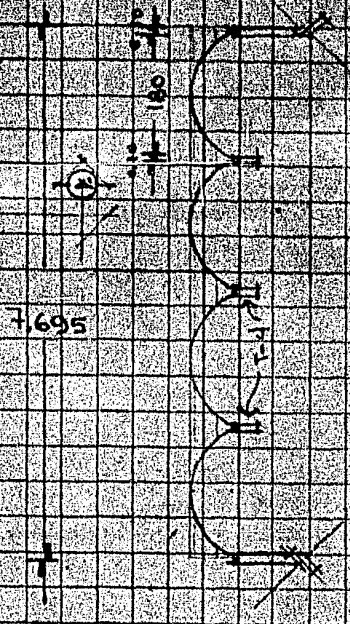
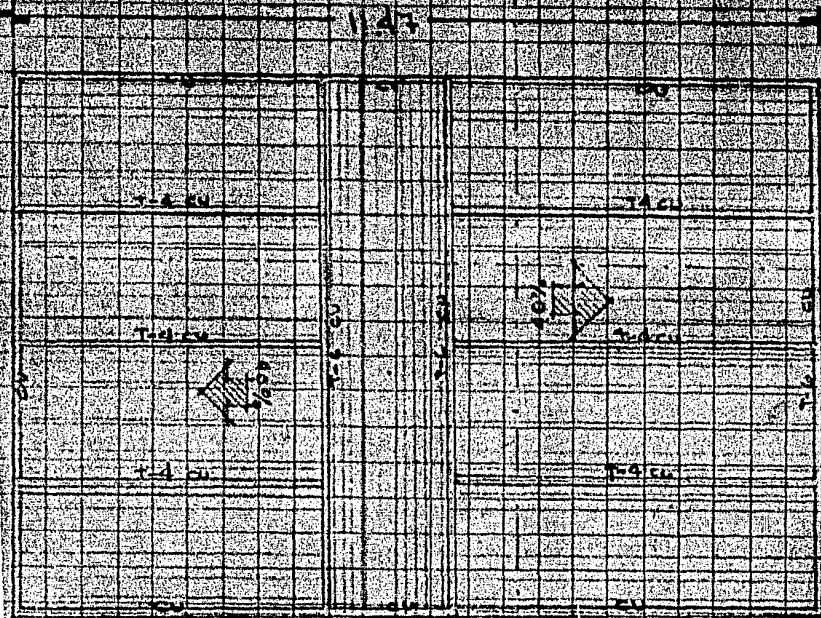




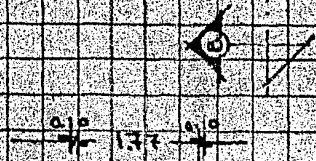






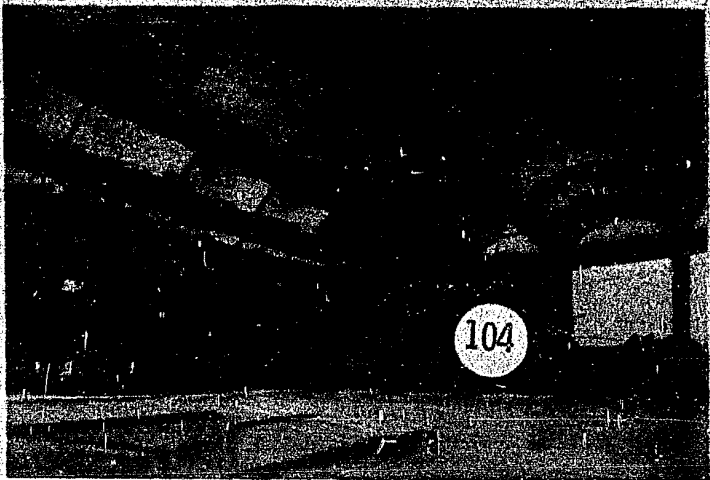


ANTA

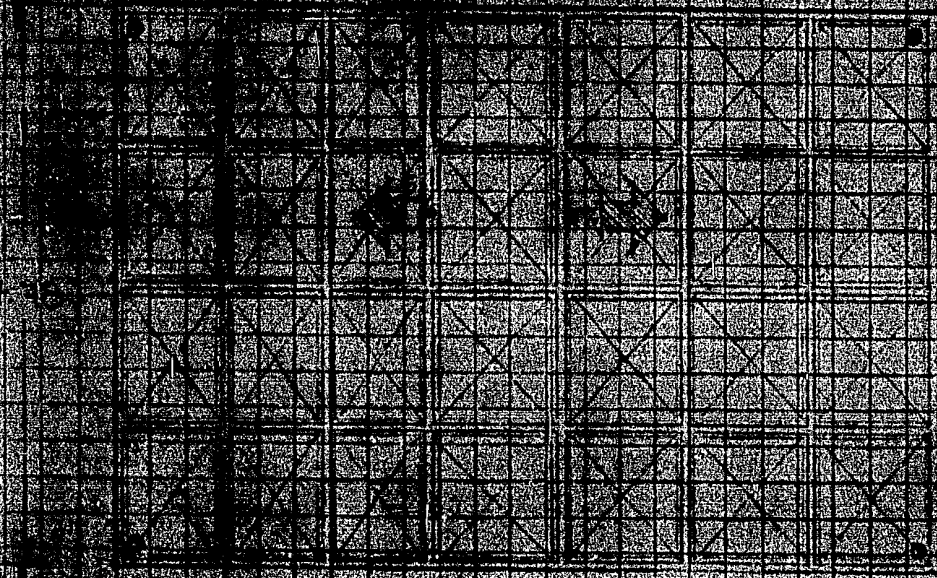


AA

Handwritten signature or initials



COOTE V.P.



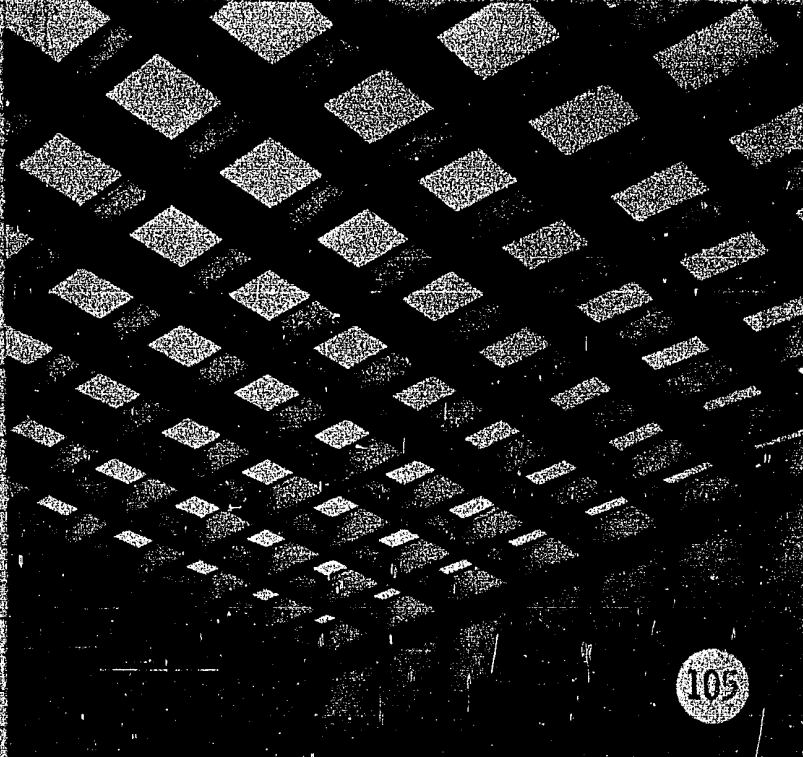
10
11
12
13
14
15
16
17
18
19
20

PLANO DE LA CUBIERTA DE LA TORRE DE LA VILLA DE LA ALFONSO

PLANO



CORTE



INSTALACIONES DE PLASTICO

Pg. 213 106

COTIZACION No.8592

P E D I D O No.

FECHA 15 JUNIO 1979
 CLIENTE ARQ. SALOMON ROJAS ACEVAL
 DIRECCION ... AV. UNIVERSIDAD. No. 1903-302.
 COLONIA ... COPILCO Z. P. ... 20...
 FACTURAR A: TEL. 550-40-19

INTERMEDIARIO MISMO TEL.
 LUGAR DE ENTREGA
 FECHA DE ENTREGA
 CONDUCTO !!A!!
 CONDICIONES DE PAGO 50%ANTC: 30%BRA 20%ENTREGA.

COBRAR EN:

DIA

HORA

CONCEPTO	IMPORTE
Cubierta de un claro Irregular según plano proporcionado de 11.47 x 7.695 compuesto por tres techados, uno de 5.57m. x 7.695, uno de 4.70m. x 7.79m. y uno de 1.87m. x 7.79m. con retículas de domos piramidales tipo DM en medidas especiales y color.....	\$ 345,395.46
Estructura con trabes tipo Monten T-6 y T-4, con acabado en pintura anticorrosiva y esmalte. Canales y bajadas de lámina de aluminio calibre 18. Tornillería de aluminio con selladores de silicón y tira.	98.35 M2
Materiales necesarios, accesorios de instalación, mano de obra y supervisión.	\$ 332,111.02
NO SE COTIZAN TRABAJOS DE ALBANILERIA, NI PINTURA EN MUROS.	4% ING. MERC. 13,284.44
	TOTAL S.E.U.O. \$ 345,395.46
(TRESCIENTOS CUARENTA Y CINCO MIL TRESCIENTOS NOVENTA Y CINCO PESOS 46/100 M.N.)	

CONDICIONES DE VENTA

- Mientras el representante no firme la copia de esta "Cotización-Pedido" y se reciba el anticipo, se reserva el derecho de modificar los precios estipulados en esta cotización.
- Aceptado el pedido no admitimos cancelación.
- Cualquier cambio de color, medidas o especificaciones serán por cuenta del cliente.
- Las fechas de entrega están sujetas a demores por causa de fuerza mayor como huelgas, paros, vacaciones y casos fortuitos en general.
- No nos hacemos responsables por el deterioro que sufra el material por mal trato, después de haber sido entregado, ni tampoco por errores de instalación que no haya sido debidamente contratada por nosotros.
- El cliente está de acuerdo en que el vendedor conserva el derecho de propiedad de sus productos, mientras no le sean totalmente liquidados, aún después de haber sido entregados y recibido contra-recibo, en cuyo caso éste hará las veces de comprobante de incumplimiento.

CAMBIO SIN PREVIO AVISO.

ATENTAMENTE

BENJAMIN CELAYA MARTINEZ.

Por el presente pagaré me(nos) comprometo(emos) a cubrir incondicionalmente a la orden de Construplas, S. A. en México, D. F., la cantidad de \$
 en los términos especificados en condiciones de pago, por las mercancías e instalaciones arriba descritas.

.....
 FIRMA CLIENTE



INSTALACIONES DE PLASTICO

Pg. 214 107

COTIZACION No. 8565

P E D I D O No.

FECHA 6 JUNIO 1979
CLIENTE ARQ. SALOMON ROJAS ACEVAL
DIRECCION AV. UNIVERSIDAD No. 1903-302
COLONIA COPILCO Z. P. 20
FACTURAR A: TEL. 550-40-19

INTERMEDIARIO MISMO TEL.
LUGAR DE ENTREGA
FECHA DE ENTREGA
CONDUCTO
CONDICIONES DE PAGO 50%ANTC, 30%BRA, 20%ENTREGA

COBRAR EN:

DIA

HORA

Table with 2 columns: CONCEPTO and IMPORTE. Includes details about roof covering, structure, and materials with associated costs.

(CIENTO NOVENTA Y SIETE MIL SETECIENTOS CINCUENTA Y OCHO PESOS 89/100 M.N.)

CONDICIONES DE VENTA

- 1.-Mientras el representante no firme la copia de esta "Cotización-Pedido" y se reciba el anticipo...
2.-Aceptado el pedido no admitimos cancelación.
3.-Cualquier cambio de color, medidas o especificaciones serán por cuenta del cliente.
4.-Las fechas de entrega están sujetas a demoras por causa de fuerza mayor...
5.-No nos hacemos responsables por el deterioro que sufra el material por mal trato...
6.-El cliente está de acuerdo en que el vendedor reserva el derecho de propiedad de sus productos...

RESERVA EL DERECHO DE PROPIEDAD A CAMBIO SIN PREVIO AVISO

ATENTAMENTE
Benjamín Celaya Martínez.

Por el presente pagaré me(nos) comprometo(emos) a cubrir incondicionalmente a la orden de Construplas, S. A. en México, D. F., la cantidad de \$
en los términos especificados en condiciones de pago, por las mercancías e instalaciones arriba descritas.
FIRMA CLIENTE

NOMBRE: INSTRUCCIONES Y DISEÑOS ESPACIALES	PROYECTO: C.F.
ATENCION: CRL. SALOMON RUIZ ADEVAL	DIRECCION: INGEN. DE OBRAS VIEJAS # 1
DIRECCION: 27. UNIVERSIDAD # 1903-3	ENTRE: SALAMANCA
COLONIA:	CIUDAD: MEXICO, D.F.
CIUDAD: MEXICO, D.F.	TELEFONOS: 550.42.22 Y 550.40.19
FACTURAR A: CRL. SALOMON RUIZ A.	ENTRE CAR. N. DELVADA DE CRUZ VERDE # 31

PROPONEMOS PROVEER LO QUE A CONTINUACION DETALLAMOS

DESCRIPCION	PRECIO POR UNIDAD	TOTAL
<p><u>CPCIGN 8"</u></p> <p>TECHUMBRE PARA CUBRIR UN CLARO REGULAR EN MEDIDAS DE: 7.80x11.60 M. RESUELTO POR: 25 TRAGALUCES L-1.56x2.32 DE SERIE DIAPLEX INSTALADOS SOBRE CANAL DE ALUMINIO PERIMETRAL E INTERMEDIO.</p> <p>LOS TRAGALUCES SE FABRICAN EN CARRO DE ALUMINIO EXTRUIDO CON UNION ESPECIAL GOGOTS Y BOMBS DE ACRILICO FLEXIBLES DE 4MM. DE ESPESOR COLOR A MEDIR.</p> <p>EL CANAL DE ALUMINIO SE FABRICA A DISEÑO DE LAMINA CAL.18 - 40000, ALIADA, CON ARCON Y ELEMENTOS DE SOPORTES DEBAJO.</p> <p>DEBEN PARA LA ESTRUCTURA DE LA TECHUMBRE LLEVARSE SEJONES DE CANT. EQUIVALENTES 2" EN CIERRO ATIEZADOS POR TODO EL CONJUNTO EN LOS EXTREMOS.</p> <p>TRABAJOS DE INSTALACION DE LA TECHUMBRE, ACRILICO ALUMINIO Y CIERRO, SE RELACIONAN LOS MATERIALES ADECUADOS Y EL MANEJO DE LOS MISMOS EN BUEN FUNCIONAMIENTO EN OBRA.</p> <p>NOTA: NO INCLUYE TRABAJOS DE ALBAÑILERIA.</p> <p>INFORME DE LOS TRABAJOS INSTALADA EN OBRA.</p>		<p>\$ 202,124.00</p> <p>98.35 M2</p> <hr/> <p>\$ 2,055.151</p> <p>M2</p> <hr/> <p>154,150.00</p>
Anticipo de \$		

Ampliar 40 100% DE SEGURO

Agente JOSE A. RODRIGUEZ ESTEBAN

Tel. 540-75-75

DEBO (BMS) Y PAGARE(MOS) INCONDICIONALMENTE EL DIA _____ DE _____ DE _____ EN ESTA PLAZA A LA ORDEN DE LA CANTIDAD _____ VALOR RECIBIDO A MI (NUESTRA) ENTERA SATISFACCION.

SUB TOTAL	
DESCUENTO	
SUMA	124,150.00
4% I. S. I. M.	7,557.00
TOTAL	131,707.00

NOMBRE: CONSTRUCCIONES Y DISEÑOS ESPANOLA	PROYECTO: C.H.
ATENCION: ARI. SALOMON ROJAS ACEVAL	DIRECCION: PRIVADA DE CRUZ VERDE # 31
DIRECCION: AV. UNIVERSIDAD # 1903-3	ENTRE: COYOACAN
COLONIA:	CIUDAD: MEXICO, D.F.
CIUDAD: MEXICO, D.F.	TELEFONOS: 550.42.23 Y 550-40-19
FACTURAR A: ADA. SALOMON ROJAS A.	ENTRE CAR N: PRIVADA DE CRUZ VERDE # 31

PROPONEMOS PROVEER LO QUE A CONTINUACION DETALLAMOS

DESCRIPCION	PRECIO POR UNIDAD	TOTAL
<p>OPCION "A"</p> <p>TECHUMBRE PARA CUBRIR UN CLARO REGULAR EN MEDIDAS DE: 7.80 x 11.60 m. RESUELTO POR: 5 L- 2.32x7.80m. TRAGALU-- CES ENCARGOLADOS INSTALADOS SOBRE CANAL DE ALUMINIO PERI METRAL E INTERMEDIA.</p> <p>LOS TRAGALUCOS SE FABRICAN EN MARCO DE ALUMINIO EXTRUCCION ALERACION ESPECIAL 6063 T5 Y CUBIERTOS EN ACRILICO FLEXI-- GUSO MATERIAL LAMINADO DE ALTA CALIDAD EN 4mm. DE ESPES-- SOR COLOR POR ELEGIR.</p> <p>EL CANAL DE ALUMINIO SE FABRICA A BASE, DE LAVINA CALIBRE 18, EN PLACA SOLDADA CON ARCON Y LLEVANDO SUS CONECTOS -- DELAGUES, ADEMAS PARA ESTRUCTURA DE LA TECHUMBRE LLEVARA SEIS MONTENES DOBLES 8 MT14 EN FIERRO ATIEZADAS AHOGADAS-- AL CONCRETO A LOS EXTREMOS.</p> <p>PARA LA INSTALACION DE LA TECHUMBRE, ACRILICO ALUMINICO Y -- FIERRO, SE APLICARAN LOS MATERIALES ASEGURADOS Y EL EQUIPO MECANICO PARA SU BUEN FUNCIONAMIENTO EN OBRA.</p> <p>NOTA: NO INCLUYE TRABAJOS DE ALPAJILLERIA</p> <p>IMPORTE DE SU TECHUMBRE INSTALADA EN OBRA.</p>		<p>\$ 177,274.24</p> <p>93.35 M2</p>
		<p>\$ 1,802.49</p> <p>M2</p>
<p>Anticipo de\$ _____</p> <p>AGENTE JOSÉ A. RODRÍGUEZ TEL. 540-45-75 AUTORIZADO UN 10% DE CREDITO</p>		<p>170,456.00</p>

DEBO (B/MOS) Y PAGARE (MOS) INCONDICIONALMENTE EL DIA _____ DE _____ DE _____ EN ESTA PLAZA A LA ORDEN DE LA CANTIDAD _____ VALOR RECIBIDO A MI (NUESTRA) ENTERA SATISFACCION.

SUB TOTAL	
DESCUENTO	
SUMA	170,456.00
4% I. S. I. M.	6,818.24
TOTAL	177,274.24