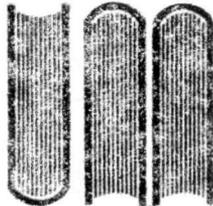


DICNE
\$4,000=-

8 JUN. 198

UNIVERSIDAD DE MONTERREY

DIVISION DE CIENCIAS NATURALES Y EXACTAS



UNIVERSIDAD
DE MONTERREY

Clasif.
040.0016
R6165
1987
C.1

Título:

SISTEMA DE CALCULO DE TECHOS PARA
CLAROS GRANDES USANDO ARMADURAS

REPORTE DEL PROGRAMA DE EVALUACION FINAL

falsa
900773

QUE EN OPCION AL TITULO DE
INGENIERO EN COMPUTACION ADMINISTRATIVA
Y DE PRODUCCION

autor.

PRESENTA
EDUARDO JOSE RIVAS GOMEZ

MONTERREY, N. L.

MAYO DE 1987

BIBLIOTECA
UNIVERSIDAD DE MONTERREY

UNIVERSIDAD DE MONTERREY

División de Ciencias Naturales y Exactas

OPCION A TITULO

INGENIERIA EN COMPUTACION ADMINISTRATIVA

Y DE PRODUCCION

S I S T E M A D E C A L C U L O D E

T E C H O S C O N C L A R O S

G R A N D E S U S A N D O

A R M A D U R A S

ASESORES:

Ing. Luis Bernardo Gordillo

Ing. Fernando Montemayor

ALUMNO:

Eduardo José Rivas Gómez

Mat. 21,093

Monterrey N.L., a 8 de mayo de 1987

Dedico este trabajo a aquella
persona que a lo largo de mi carrera
fue apoyo e inspiración que me
impulsó día con día a lograr con
éxito este objetivo.

. . . A tí, Mónica . . .

DOY GRACIAS

A Dios Todo Poderoso, por regalarme la vida y darme la oportunidad de servirle.

A mis padres, José Juan y Elfide, que en la distancia fueron baluarte fortísimo, dando de sí todo, y aún en la dificultad, siempre estuvieron a mi lado, apoyándome y animándome.

A mis hermanas, Marianella y Mariela, siempre hermanas ...siempre amigas, por el apoyo que me brindaron siempre.

A mis tías, Maruja, ANita, Rafaela, Ana Rita, Victoria y Conchita, por la fe que tuvieron en mí y el cariño que siempre me han brindado.

A mis amigos, Reinaldo, William, Rubén, Mario, Diana, Betty, Claudia, Rodolfo, Federico, Ana Lourdes; a mis cuñadas, y en fín, a todos mis compañeros, por ser como son y por la confianza que siempre me han tenido.

A mis asesores, Ing. Luis Bernardo Gordillo y el Ing. Fernando Montemayor, que con desinteresado tesón dieron lo mejor de ellos en tiempo y conocimientos para poder llevar a cabo este proyecto.

A mis maestros, por haber desbordado un caudal de conocimientos que me ayudaron en mi vida profesional, pero - sobre todo por enseñarme a ser primero que todo HOMBRE.

PROLOGO

Desde muy niño, yo tenía ya la inquietud y a la vez la curiosidad por todo lo que se refería a la construcción. Por ello, a la hora de proponer un tema apropiado para mi PEF, no me fue difícil elegir o precisar en uno relacionado con la construcción civil.

Es un tema muy concreto y definido debido a la orientación que le doy en el objetivo principal, pero a la vez es apasionante e interesante, ya que conjugar la solución computacional con la pericia e ingenio del Arquitecto o Ingeniero Civil es un reto personal.

La solución computacional puede definitivamente ayudar grandemente a quien la utiliza con inteligencia y conocimiento del tema tratado, pero una solución computacional no podrá jamás substituir esa pericia o ingenio de que hablé anteriormente.

Son estos hombres quienes en circunstancias difíciles, como déficit presupuestario, terrenos cuyos suelos son difíciles de tratar, y muchos problemas más, los que en primera y

última instancia dan las soluciones apropiadas, en tanto que la computadora no podría ser jamás una substituta del Ingeniero Civil o Arquitecto.

Hubo quien alguna vez se atrevió a calificar esta labor como un arte, y en cierta forma tenía razón; hay que tener inspiración para edificar, una iglesia, un edificio o simplemente una casa.

INDICE

Introducción	1
Enfoque Conceptual	3
Calendario	7
Objetivo Principal	10
Objetivos Particulares	11
Diseño de la Cubierta	12
Elección y Configuración de los Polines	31
Diseño	34
Definición y Elección del Tipo de	
Armadura	44
Análisis estructural	48
Diseño de los Elementos	53
Alcances y Limitaciones	55
Posibilidades de Ampliacion	57
Conclusiones	58
Bibliografía	59

INTRODUCCION

El diseño y cálculo estructural es dentro de la Ingeniería Civil y la Arquitectura respectivamente, la esencia misma de su fundamento y concepción, de allí la importancia y trascendencia de estos dos campos específicos. El diseño por sí solo no puede considerarse como herramienta suficiente para emprender cualquier aventura de construcción, a su vez, el cálculo estructural necesita un porqué para fundamentarlo.

Al hacer estas consideraciones podemos a las claras deducir la íntima interrelación de estas dos áreas, lo cual hace lógico un estudio conjunto a nivel computacional.

El diseño y cálculo de techos para cubrir grandes claros es enfocado básicamente a la construcción de cines, teatros, naves industriales o cualquier construcción similar; en el presente trabajo se tratará de hacer un estudio tomando como base la idea de cubrir exclusivamente las naves industriales.

Par alograr ésto, nos basaremos en el concepto de Armaduras, lo cual hace más versátil y fácil nuestra tarea. Esto

nos conduce a dividir nuestro estudio en tres aspectos fundamentales:

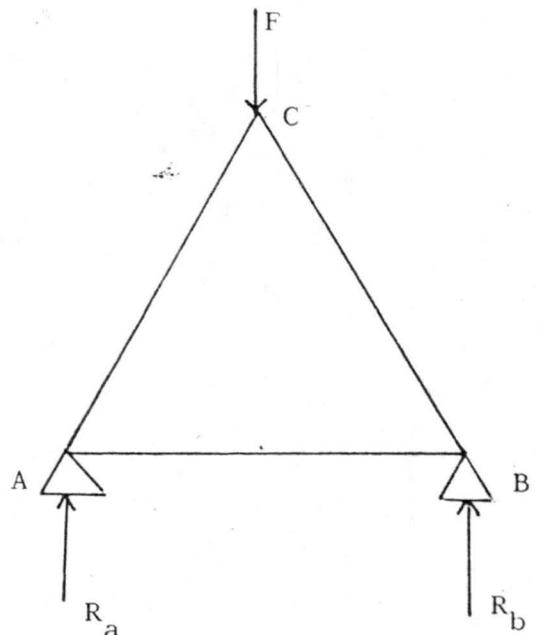
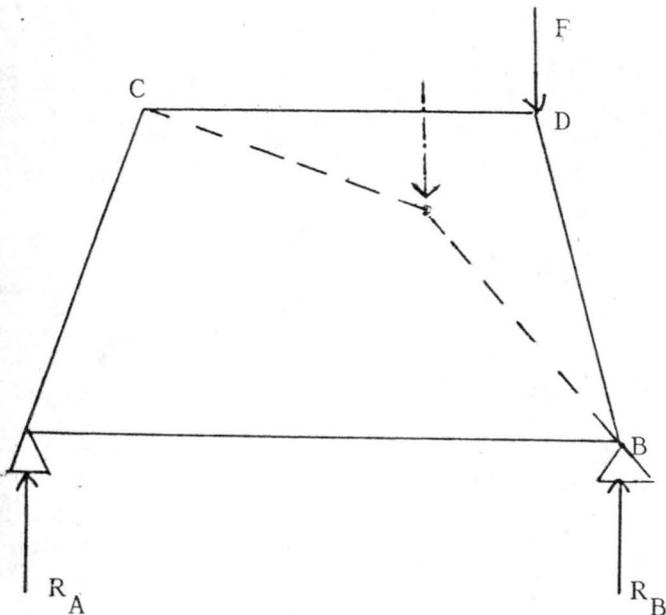
- + Cubiertas
- + Polines
- + Armaduras

Es sobre el diseño y cálculo de techos con estos elementos que versará este proyecto.

ENFOQUE CONCEPTUAL

Existen lugares donde se requiere de grandes espacios o áreas libres. Se hace un poco difícil y costoso el diseñar y calcular estructuras convencionales de concreto, por el peso y las fuerzas que ejercería este tipo de estructura sobre el resto de la obra, así sea únicamente sus columnas o soportes.

Es así como se piensa de inmediato en una estructura que sea a la vez liviana y resistente. El concepto genérico no es nuevo, ya que en tiempos de la Grecia Antigua se conoció de las propiedades del triángulo como forma geométrica estable e indeformable; cualquier otra forma geométrica es lógicamente deformable al aplicar una fuerza constante sobre cualquiera de sus vértices.



Partiendo entonces de este principio podemos llegar al concepto de Armadura, que es un conjunto de barras rectas unidas mediante juntas o nodos teniendo como forma geométrica base el triángulo.

Cada armadura se diseña para que soporte las cargas que actúan en su plano, y en consecuencia pueden considerarse como una estructura bidimensional. Esto quiere decir que su estudio se puede hacer correctamente en los planos X y Y.

En general, los elementos de una armadura son delgados y pueden soportar sólomente cargas pequeñas, por lo tanto, todas las cargas deben aplicarse en las uniones y no en los mismos elementos o barras.

En el presente proyecto se atacarán los problemas de las armaduras mediante un análisis por el método de los nodos. Es importante hacer notar que para estudiar una armadura es necesario considerarla en un diagrama de cuerpo libre, pues de esa forma se puede estudiar independientemente cada posador y cada barra.

Existen tres tipos de configuraciones de miembros estructurales:

+ completa.-

Aquella que se compone de un número mínimo de miembros - necesarios para formar una estructura hecha completamente de triángulos.

+ Incompleta.-

Entramado no compuesto únicamente de triángulos.

+ Redundantes.-

Entramado compuesto con más triángulos de los necesarios para formar el mínimo de triángulos

Partes de una Armadura.-

+ Cuerda Superior.-

Consta de la línea de miembros más alta que se extiende de apoyo a apoyo.

+ Cuerda Inferior.-

Línea de miembros más baja que va de un apoyo al otro.

+ Miembros del alma.-

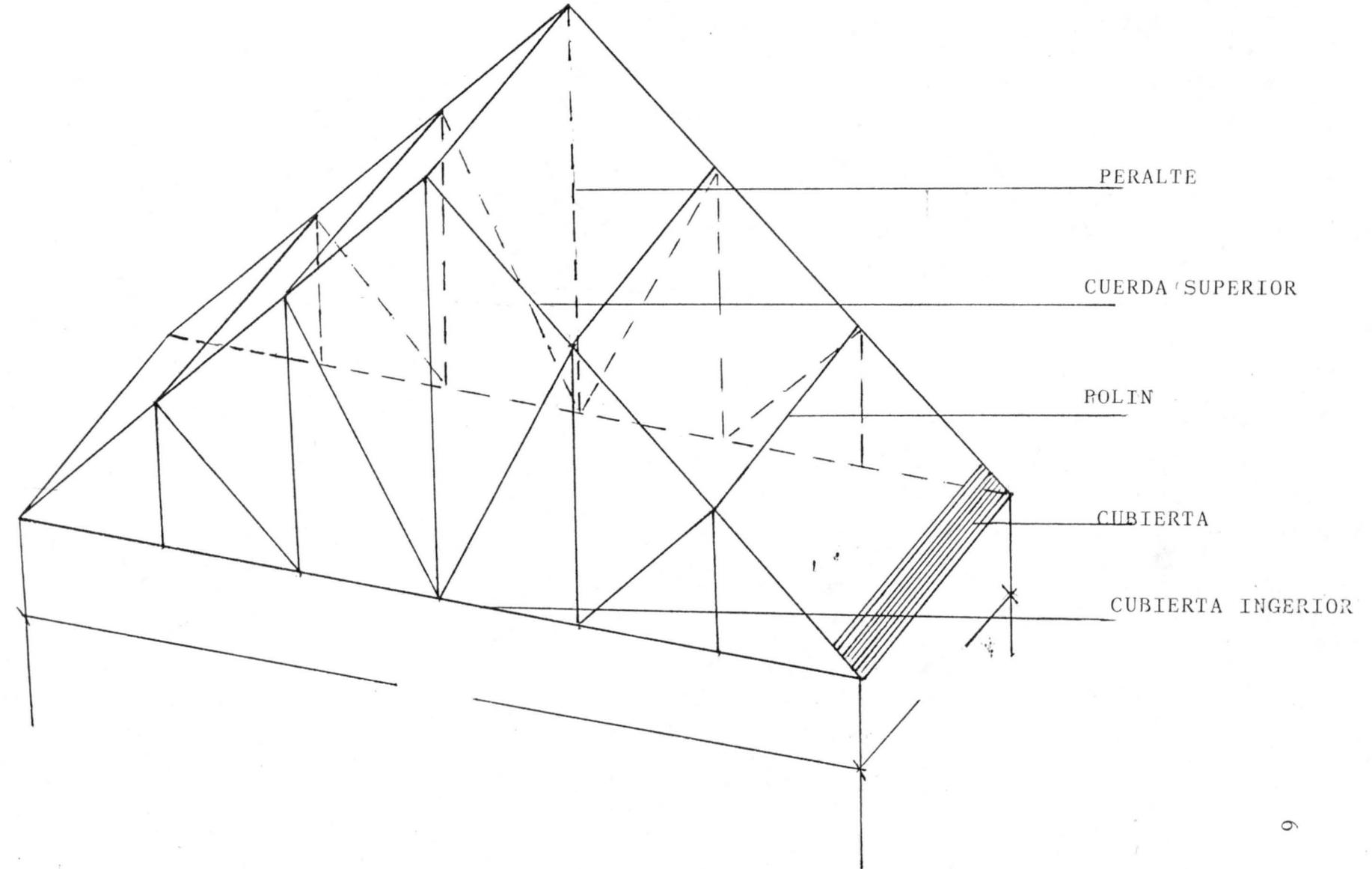
Dependiendo de su inclinación, se llamarán verticales o diagonales.

+ Puntales.-

Aquellos miembros que están sometidos a presión.

+ Tirantes

Aquellos miembros que están sometidos a tensión.

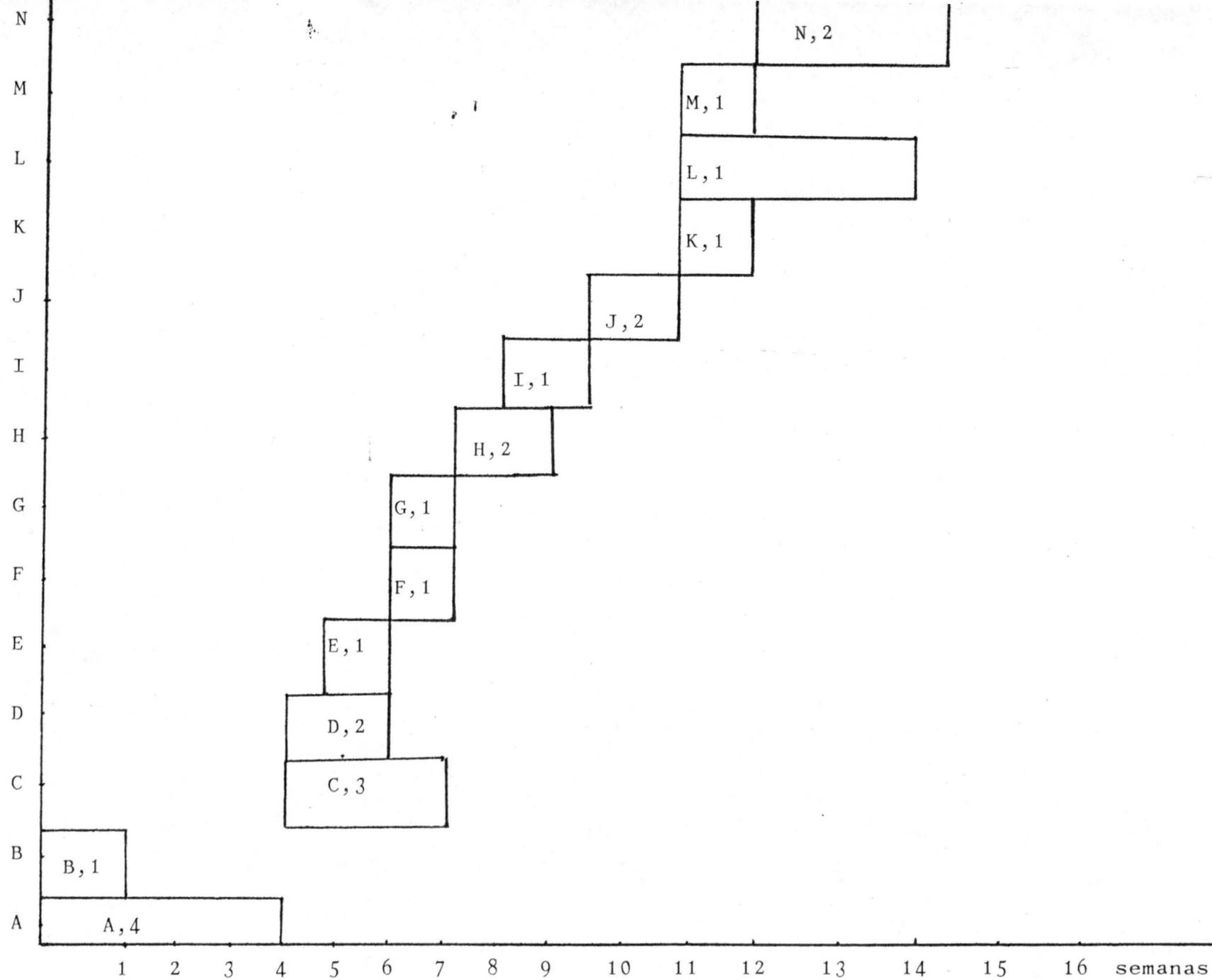


CALENDARIO

Conjunto de Actividades

- (A) Entrevistas con el usuario
- (B) Análisis del SGU.
- (C) Diseño de la cubierta
- (D) Elección y configuración de los polines
- (E) Elección y definición del tipo de armadura
- (F) Trabajar con las cargas alternativas
- (G) Estudio de envolventes de capacidad máxima
- (H) Captura y manejo de datos
- (I) Elaboración de la documentación
- (J) Diseño de los elementos que componen la armadura
- (K) Documentación
- (L) Programación
- (M) Manual del Usuario
- (N) Documentación global de la tesis

ACTIVIDAD	DURACION	REQUISITOS
A	4 sem.	-
B	1 sem.	-
C	3 sem.	A
D	2 sem.	A
E	1 sem.	A
F	1 sem.	E
G	1 sem.	E
H	2 sem.	G
I	1 sem.	H
J	2 sem.	I
K	1 sem.	J
L	3 sem.	J
M	1 sem.	J
N	2 sem.	M



OBJETIVO PRINCIPAL

En el presente proyecto se pretende resolver estructuralmente diseños arquitectónicos en los cuales se requieran grandes espacios sin tener columnas u otro tipo de estructura de soporte que estorbe.

Se tratará de enfocarlo principalmente al concepto de NAVES INDUSTRIALES. Para ello se usarán ARMADURAS.

Para lograr esto se tendrá que buscar métodos matemáticos apropiados que puedan ser fácilmente visualizados computacionalmente. En dicha búsqueda se tendrán a disposición diversas alternativas a la vez que especialistas en la materia podrán mediante asesorías dar la orientación adecuada hacia el alcance de este objetivo principal.

OBJETIVOS PARTICULARES

- 1.- Diseño de cubierta, enfocado a los requerimientos de las estructuras de acero.
- 2.- Elección y configuración de los polines; para ello se tendrán varias alternativas.
- 3.- Elección y definición del tipo de armadura a analizar.
- 4.- Análisis estructural:
 - + Tomar en cuenta las cargas alternativas
 - + Hacer el estudio para obtener los envolventes de capacidad máxima
 - + Captura y manejo de datos inherentes a dicha estructura.
- 5.- Diseño de diversos elementos que componen las armaduras en base a:
 - + El tipo de cargas
 - + Los tipos de perfiles

DISEÑO DE LA CUBIERTA

Como ya se ha dicho anteriormente, el primer paso para el diseño de cualquier techo utilizando armaduras consiste en la elección del tipo de cubierta que conformará dicho techo. Es así como después de analizar las alternativas, y en base a la orientación específica de este proyecto, se tomaron en consideración dos tipos de láminas básicas: la Acanalada y la Multy-panel.

En aproximadamente el 90% de las naves industriales construidas en México utilizan alguna de estas láminas como cubierta, esto debido a su bajo costo, versatilidad y características específicas que la hacen 100% elegible.

De este estudio, una vez finalizado, se desprenderán cuatro datos que son requisitos para continuar con el diseño del polín y el análisis de la armadura. Estos datos son:

- a) Distancia entre polines
- b) Número total de polines a usarse
- c) Claro total a cubrir
- d) Pendiente de la cuerda superior

Para obtener el claro, podemos llegar de dos maneras:

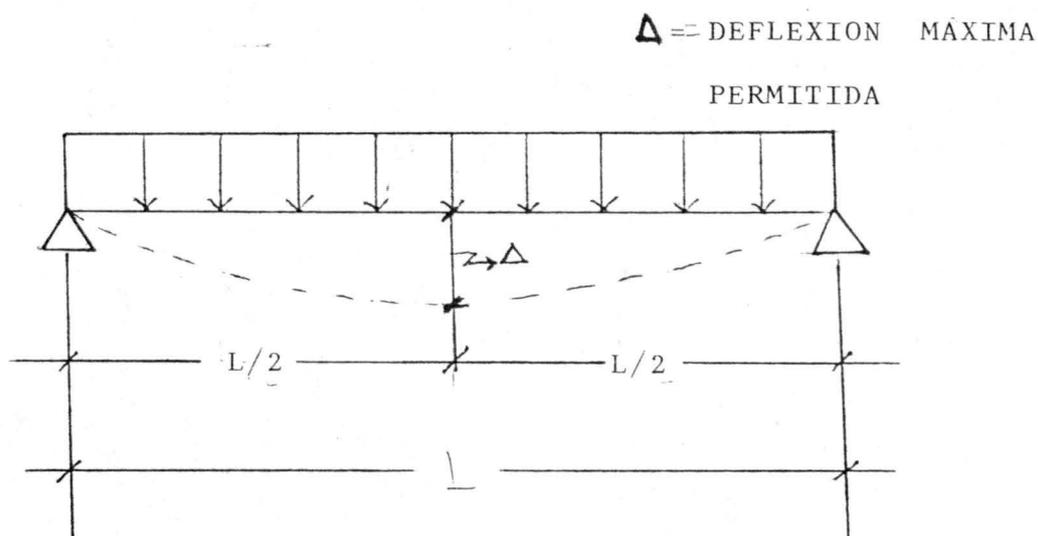
- a) Directamente proponiéndolo
- b) Obteniendo de las tablas de acuerdo al calibre y peso de la lámina.

Para obtener el número de polines, tiene que haberse obtenido ya el claro, y entonces:

- + Directamente al proponer el claro
- $$\# \text{ de polines} = ((\text{claro}/2) / \text{distancia } \cdot / . \text{ polines}) \times 2$$

El claro y la pendiente son datos de entrada.

Por otra parte, es conveniente señalar que, debido a las características particulares de este proyecto sólo se hará un estudio de techo sobre apoyos simples. Ver figura 2.



A continuación se presentará al lector una visión general de las características de estas láminas.

Multypanel.-

Este tipo de lámina consta de una gama amplia de modelos tanto para cubiertas como para muros de paredes.

Multypanel presenta para cubiertas dos modelos importantes, y por ende los más usados; Multypanel RL-100, Multypanel RL-80. Es importante hacer notar que la principal característica que presentan los modelos anteriormente mencionados es su gran capacidad de aislamiento térmico; de allí que sea muy usado para llenar requerimientos de temperatura en casos industriales que así lo requieran.

a) Multypanel RL-80.-

Este modelo maneja básicamente dos calibres. El calibre 26 y el calibre 24. Estos a su vez vienen en diferentes espesores a considerar de 1 pulgada hasta 2 1/2 pulgadas. Pero desde 1983, al haberse realizado un cambio en el espesor de la lámina utilizada como estándar en la fabricación de Multypanel RL-80, cuando se cambiaron las especificaciones técnicas, sobre todo en lo referente a la capacidad de carga que se venía manejando.

A continuación se presentan las tablas con especificaciones técnicas que se considerarán en el presente proyecto para alcanzar la solución óptima.

TABLA DE PESO PROPIO DEL PANEL		
ESPESOR	CALIBRE	PESO Kg/m ²
1"	26/26	9.84
	24/24	11.28
1 1/2"	26/26	10.35
	24/24	11.78
2"	26/26	10.85
	24/24	12.29
2 1/2"	26/26	11.36
	24/24	12.80

VALORES DE DEFORMACION MAXIMA (CMS)

NIVEL DE DEFORMACION MAXIMA	SEPARACION ENTRE APOYOS (MTS)					
	2.00	2.50	3.00	3.50	4.00	4.50
$\frac{L}{250} + 0.5 \text{ CM}$	1.30	1.50	1.70	1.90	2.10	2.30
$\frac{L}{240}$	0.83	1.04	1.25	1.46	1.67	1.88
$\frac{L}{180}$	1.11	1.39	1.67	1.94	2.22	2.50

TABLAS DE CAPACIDAD DE CARGA VIVA UNIFORME EN CUBIERTAS (Kg./M²)

PANEL RL-80 CALIBRE 26/26		APOYO SIMPLE (UNO O DOS CLAROS)					
ESPESOR DEL PANEL	MAXIMA DEFORMACION PERMITIDA	DISTANCIA ENTRE APOYOS (MT.)					
		2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
1"	L/180	101	65	37			
	L/240	73	49	30			
1 1/2"	L/180	149	94	66	46		
	L/240	111	70	50	35		
2"	L/180		124	98	64	46	
	L/240		89	75	49	34	
2 1/2"	L/180			131	92	68	54
	L/240			103	71	44	41

PANEL RL-80 CALIBRE 24/24		APOYO SIMPLE (UNO O DOS CLAROS)					
ESPESOR DEL PANEL	MAXIMA DEFORMACION PERMITIDA	DISTANCIA ENTRE APOYOS (MT)					
		2.0	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
1"	L/180	112	73	42			
	L/240	77	54	33			
1 1/2"	L/180	165	106	71	46		
	L/240	116	76	59	37		
2"	L/180		137	102	72	51	
	L/240		100	79	52	39	
2 1/2"	L/180			146	98	76	65
	L/240			122	77	51	47

b) Multypanel RL-100 .-

Este Modelo de Multypanel se presenta en dos calibres: 26 y 18, con una longitud máxima de 10.5 mts. y una mínima de 1.5 mts, y un ancho de 1 mt.

Hecha de espuma rígida de poliuretano ofreciendo así - una película de protección compacta que dificulta cualquier alteración ocasionada por agentes atmosféricos como la lluvia, el calor solar, (difusión del vapor de agua), etc.

Presenta como característica particular que puede estar pintada para dos usos diferentes: uno de acabado que es aplicada sobre una base o primer époxi (horneado) y otra para ambientes corrosivos formados por dos elementos: Poliuretano (acril-duretano) y Catalizador (isocromato).

A continuación se presentan las tablas con sus respectivas especificaciones técnicas de rigor para obtener la solución óptima.

TABLA DE CAPACIDAD DE CARGA UNIFORME DEL PANEL RL-100 W (KG./M²)

ESPESOR DEL PANEL (pulgada)	DEFLEXION MAXIMA PERMITIDA	DISTANCIA ENTRE APOYOS (MTS.)									
		APOYOS SIMPLES									
		CALIBRE No. 26					CALIBRE No. 28				
		2.5	3.0	3.5	4.0	4.5	2.5	3.0	3.5	4.0	4.5
1"	L/240	84	54	37	27	20	72	47	33	23	17
	L/120	118	88	68	53	39	103	77	60	47	35
1 1/2"	L/240	111	75	53	39	30	95	65	46	34	26
	L/120	155	118	93	75	59	134	103	82	66	52
2"	L/240	139	97	71	53	41	117	83	61	46	35
	L/120	192	151	120	98	81	165	130	105	85	70
2 1/2"	L/240	168	120	89	68	53	140	101	76	58	45
	L-120	231	184	149	122	101	197	158	128	106	88
4"	L/240	255	191	147	117	94	210	158	123	97	79
	L/120	355	286	236	197	165	296	143	202	169	143

PESO PROPIO DEL PANEL		
ESPESOR DEL PANEL (pulgada)	PESO PROPIO DEL PANEL KG./M ² .	
	C-26	C-28
1"	10.69	9.30
1 1/2"	11.12	9.73
2"	11.65	10.26
2 1/2"	12.20	10.81
4"	13.76	12.37

El hacer el proyecto sólo sobre un estudio de techo sobre apoyos simples reduce considerablemente lo concerniente a las cubiertas; y en lo referente al estudio de esfuerzos internos de la armadura elegida.

También es importante hacer notar que se puede llegar al modelo de lámina apropiado de dos formas, a saber:

+ Para obtener el calibre:

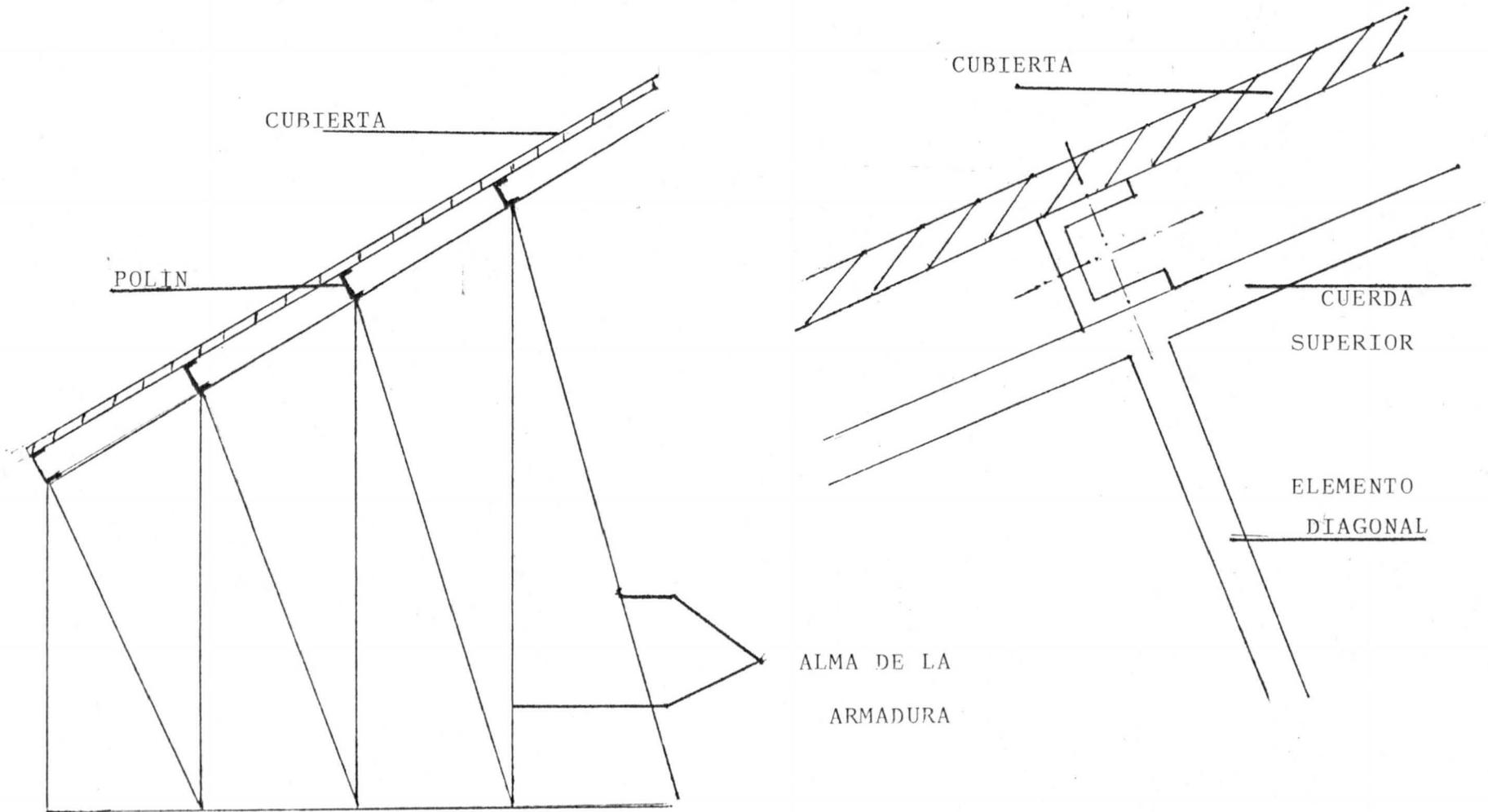
- Datos: - Carga total
- Claro
- Tipo de armadura
- Espesor del panel (si es multypanel)

+ Para obtener el claro

- Datos: - Tipo de lámina
- Calibre
- Espesor (si es multypanel)
- Carga total

Ver figura 3.

Fig. 3



VISTA GENERAL

VISTA PARTICULAR

c) Acanalada.-

Este tipo de lámina presenta seis modelos básicos para configurar cubiertas, estos son: R-105, R-72, R-101, 0-725 y 0-100, de los cuales se dará una breve explicación acompañada de las tablas que ilustran sus características técnicas.

1.- Acanalado R-105

El acanalado R-105 posee ventajas muy sobresalientes respecto a los demás acanalados. Su capacidad cubriente de 105 cms efectivos lo convierte en el más ancho del mercado; se surte en el largo requerido por lo que ahorra traslapes transversales y longitudinales.

Además de la belleza de su diseño y el buen acabado del componente, presenta el nuevo y efectivo comal antisolar con sellado seguro.

A continuación se presentan las tablas contentivas de las especificaciones técnicas pertinentes.

PROPIEDADES POR METRO DE ANCHO

CALIBRE	ESPESOR		PESO	COEF. DE DEFORMACION	
	MM	Pulg.		1/120	1/180
26	0.508	0.0200	4.93	3.66	2.56
24	0.660	0.0260	5.67	5.15	3.72
22	0.812	0.0320	7.91	5.49	3.66
20	0.965	0.0380	9.39	10.30	6.89

CAPACIDAD DE CARGA (Kg/m²)

TIPO DE CLARO	CALIBRE	DISTANCIA ENTRE APOYOS											
		1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00			
		D O B L E	26	173	110	75	54	40					
	24	237	150	103	75	56	43	34					
	22	320	203	140	102	77	60	47	39	32			
	20	460	293	202	147	112	87	70	57	47	40	34	

2.- Acanalado R-72, R-101

Este tipo de acanalado facilita la labor del constructor por su alta resistencia y por su gran capacidad de desagüe, además de dar una grata apariencia en techos y muros. Entre sus ventajas destaca su canal antisifón, que evita que el agua condensada penetre al interior de la construcción.

Cada hoja cubre respectivamente 72 y 101 cms. efectivos a lo ancho, y se surte en largos infinitos. Para mayor rigidez estructural conviene emplear en su instalación la pija autorroscante en la parte plana inferior del acanalado.

En apoyos intermedios se coloca una Pija en el segundo y quinto canal.

A continuación se exponen las tablas contentivas de todas sus especificaciones técnicas, del acanalado R-72 y R-101.

PROPIEDADES POR METRO DE ANCHO

CALIBRE	ESPESOR		PESO/M. LINEAL		COEF. DE DEFORMAC.	
	MM	PBLG	R-72	R-101	1/120	1/180
30	0.350	0.0141	258	4.19	4.63	3.07
28	0.432	0.0170	3.14	4.19	5.79	4.03
26	0.508	0.0200	3.70	4.93	7.44	4.95
24	0.584	0.0230	4.35	5.67	8.75	5.82
22	0.812	0.0320	5.93	7.91	12.00	8.45
20	0.965	0.0380	7.05	9.39	4.00	9.32

CAPACIDAD DE CARGA DISTRIBUIDA EN KG/m²

TIPO DE CLARO	CALIBRE	DISTANCIA ENTRE APOYOS										
		1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50	2.75	3.00	3.25	3.50
DOBLE	30	225	142	97	70	52	40	32				
	28	290	184	126	91	68	52	41	34			
	26	371	236	162	118	90	70	56	45	37	32	
	24	441	281	193	141	107	84	67	55	45	38	32
	22	610	238	269	196	149	117	94	77	64	54	46
	20	724	462	319	234	178	140	112	92	77	65	55

3.- Acanalado 0-725 y 0-100

Estos tipos de acanalados son los más generalizados para techos, aunque igualmente se adaptan a muros y paredes.

Se surten largos infinitos, cubriendo 100 cms. efectiva en 0-100 y 72 cms. en el 0.725

En su instalación es más recomendable usar gancho, sin embargo puede usarse pija autorroscante en la parte inferior del acanalado. Para apoyos intermedios se usan tres pijas en el traslape del acanalado 0-100, y dos pijas en el 0-725, y una sola para ambos acanalados en los traslapes laterales.

A continuación se presentan las tablas contentivas de los datos técnicos inherentes a estos modelos.

PROPIEDADES POR METRO DE ANCHO

CALIBRE						
28	0.432	0.0170	3.14	4.19	2.21	1.48
26	0.508	0.0200	3.70	4.93	2.60	1.72
24	0.584	0.0230	4.25	5.67	3.10	2.07
22	0.812	0.0320	5.93	7.91	4.28	2.84

CAPACIDAD DE CARGA DISTRIBUIDA EN KG/M²

TIPO DE CLARO	CALIBRE	DISTANCIA ENTRE APOYOS						
		1.00	1.25	1.50	1.75	2.00	2.25	2.50
DOBLE	28	159	105	63	53	41		
	26	193	124	89	64	49	39	32
	24	229	146	102	74	58	45	37
	22	305	201	138	102	78	62	50

ELECCION Y CONFIGURACION DE LOS POLINES

Para el diseño y configuración de los polines se eligió como prototipo a tratar el acero designación MON-TEN, siendo éste por mucho tiempo el más usado y el que mejor se ajusta al tipo de problemas que aquí se tratarán.

Para introducirnos un poco en el tema comenzaremos por dar una historia panorámica de lo que es MON-TEN desde su fabricación hasta su implementación.

Mediante un sistema continuo de producción altamente automatizado los rollos de lámina de acer MON-TEN de alta resistencia, previamente sometidos a un riguroso control de calidad, son cortados en tiras del ancho requerido, para pasar así a la máquina en donde una serie de rodillos importen al acero, forman en frío y en etapas sucesivas hasta obtener la sección dimensionada.

Un dispositivo neumático de corte da sobre la marcha la longitud deseada. Finalmente, en el último caso, se pueden

incorporar procedimientos adicionales tales como punzonado, soldadura y pintado.

Los canales y Zetas MON-TEN de 4" a 12" de peralte, en longitudes limitadas sólo por el manejo y transporte, son un factor indispensable para acelerar la realización de las - construcciones y dan a las mismas una prestancia indiscuti- ble.

Durante los juegos de la XIX Olimpiada, cubiertas - de grandes claros como la del gimnasio de esgrima, se usa-- ron sistemas revolucionarios de estructuras metálicas pres- tigiando internacionalmente a México.

En las cubiertas de Naves Industriales, los polines de MON-TEN son definitivamente las más usadas, con resultados_ de positiva economía y máximas posibilidades estructurales.

Algunos de los datos técnicos notables son los siguien- tes:

Esfuerzo básico permisible a la tensión

$$F_b = 2100 \text{ Kg/cm}^2$$

Esfuerzo cortante medio permisible en alma de perfiles
de calibre ligero

$$V = \frac{4,500,000}{(D/E)^2} \ll \frac{2}{3} F_b$$

Módulo de Elasticidad

$$E = 2100 \text{ Kg/cm}^2$$

DISEÑO

Debe comenzarse por proponer un peso propio del polín para hallar el peso del polín tomando en cuenta el peso de la lámina y la distancia entre polines.

$$W (\text{polín}) = (W (\text{lámina})) (DP) + P. P. \text{ polín}$$

$W (\text{polín}) =$ Peso del polín

$W (\text{lámina}) =$ Peso de la lámina

$Dp =$ Distancia entre polines

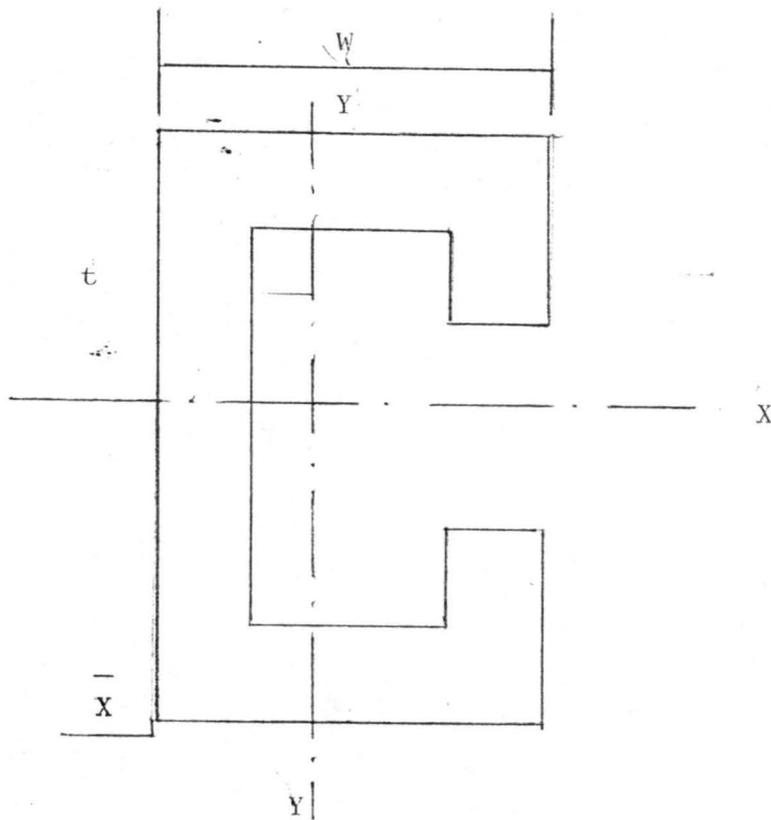
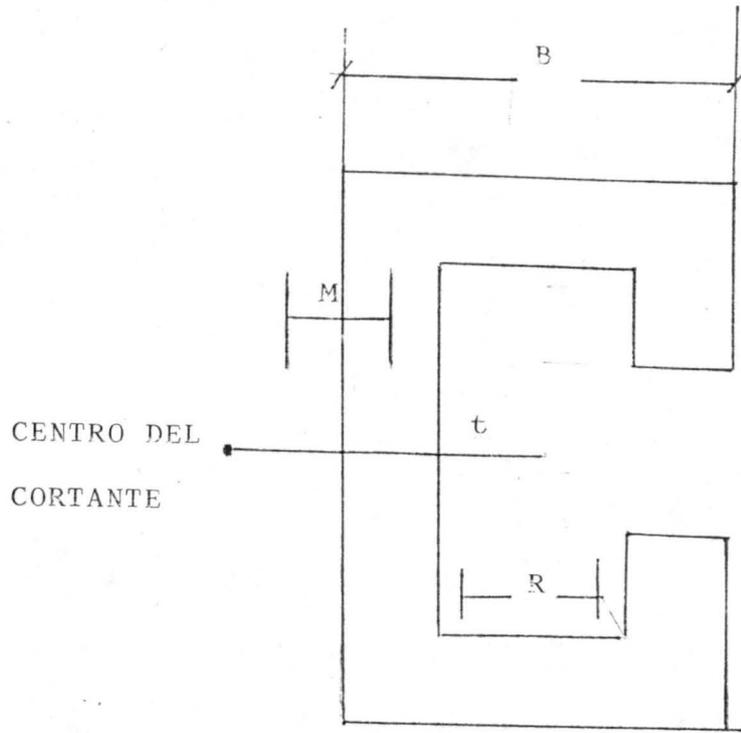
$P.P. \text{ polín} =$ Peso propio del polín

La viga o polín trabajará a tensión y compresión, pero el estudio que se hará no sólo abarcará estos aspectos, sino que comprenderá tres factores relacionados entre sí y sucesivos:

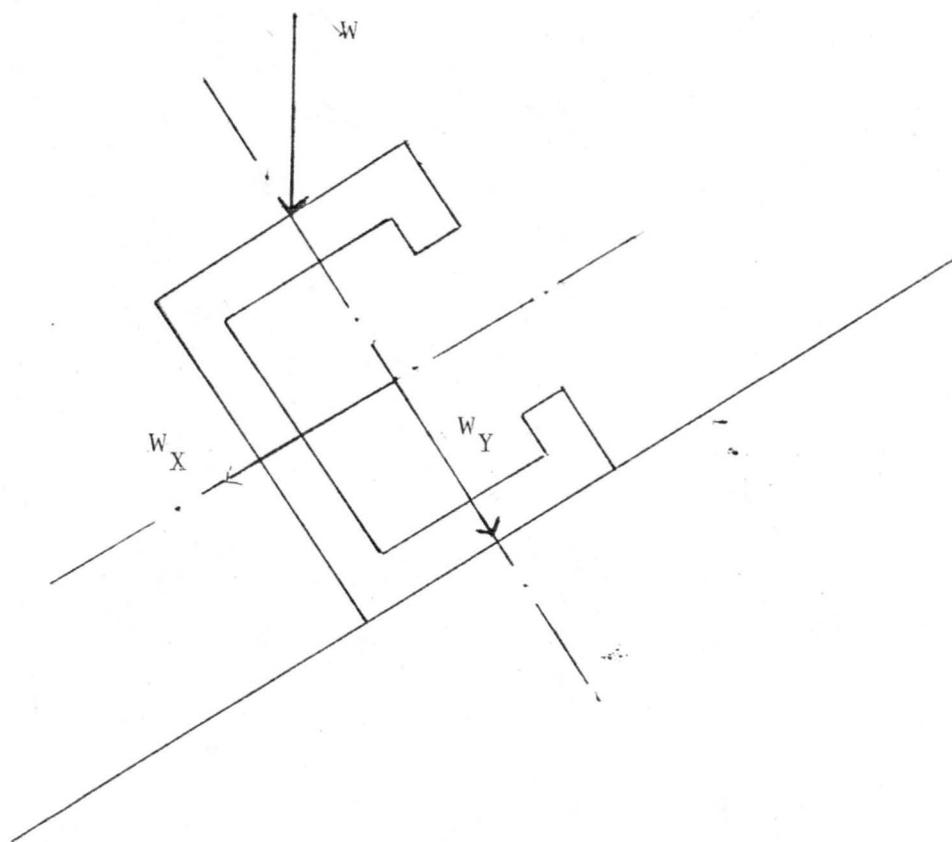
- 1.- Estudio de flexión
- 2.- Estudio de Cortante
- 3.- Estudio de Deflexión.

Viendo un polín de manera que actúe como una carga vertical sólo tomaríamos la carga sobre el eje Y. (Ver figura 4).

Fig. 4



Pero en el caso en el que la cuerda superior presenta -
cierta inclinación para que corra el agua es de rigor consider
rar la pendiente por consiguiente es necesario descomponer -
el peso del polín en X y Y. Ver figura 5.



Después de hacer esta consideración podemos empezar de -
lleno nuestro estudio.

FLEXION O MOMENTOS.-

Las fórmulas a usar son:

Momentos:

$$M_{x-x} = \frac{W \times L^2}{8} \quad \text{para el eje } x - x$$

$$M_{y-y} = \frac{W \times L^2}{10} \quad \text{para el eje } y - y$$

Secciones:

$$S_{x-x} = \frac{M \times}{Fb (1.33)^*} \quad \text{para } x - x$$

$$S_{y-y} = \frac{M \times y}{Fb (1.33)} \quad \text{para } y - y$$

* Todos los permisibles serán aumentados en 33% para dar mar-
gen económico.

CORTANTE. -

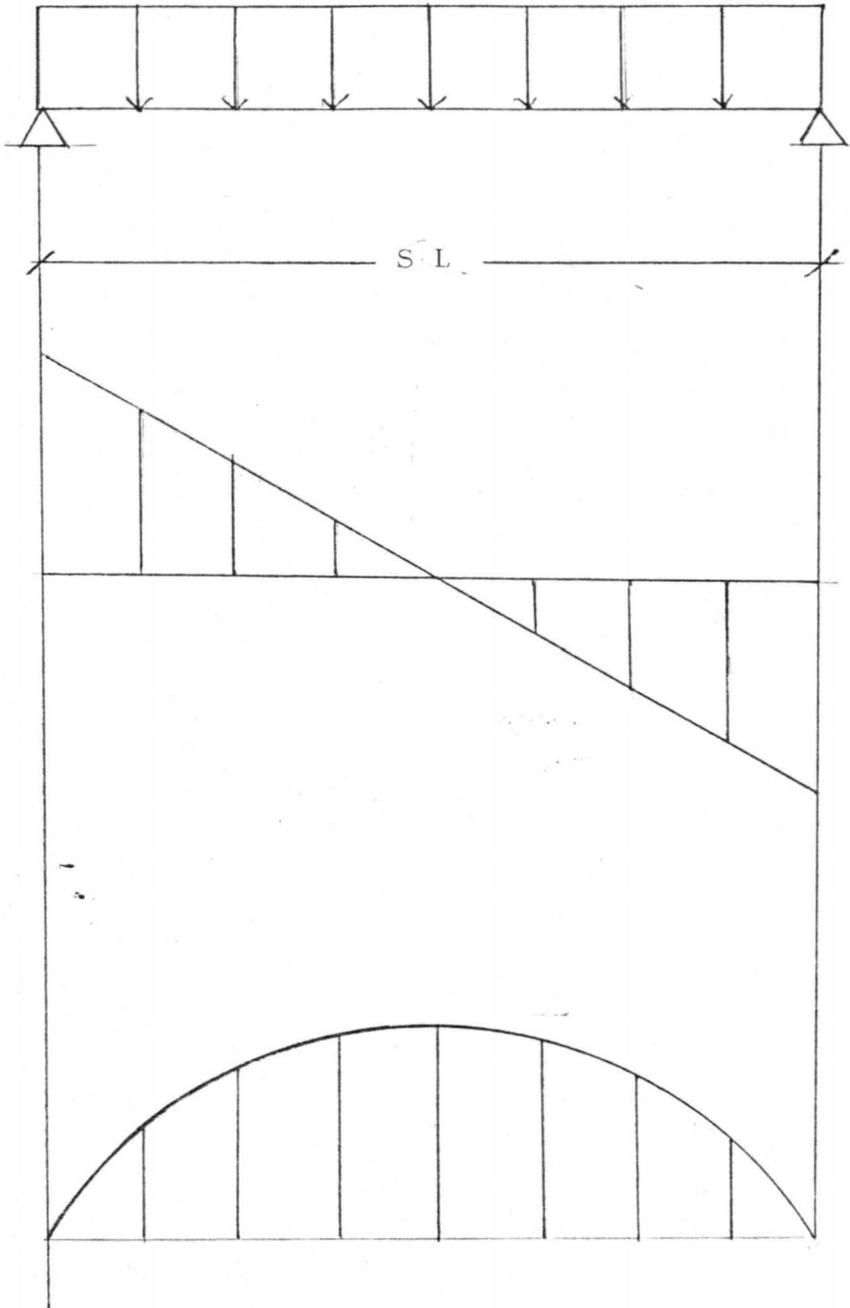
Para el estudio del cortante se tendrá en cuenta un esfuerzo efectuante (F_v) y un esfuerzo permisible ($f.$); para hacer más flexible en cuanto a rango este último, se le incrementará un 33%.

Así, tenemos que si el $f_v \leq F_v$, entonces el perfil elegido será bueno y podrá continuarse con el estudio, pero ahora en cuanto a deflexiones.

Antes de entrar con el estudio de las fórmulas, se hallará la carga del polín, que como se comporta como una viga con peso uniformemente distribuido se tendrá que la carga (V) viene dada por la siguiente fórmula:

$$V = W_{(\text{pol})} \times L/2 = \text{Kgs.}$$

Para entender este comportamiento es necesario ver la figura 6.



POLIN...

S L

FUERZA (Y)

CORTANTE

MOMENTO (M)

FLECTOR

Ahora que ya tenemos la carga, ya podemos definir las -
fórmulas restantes.

$$f_v = \frac{V}{Dt} \quad \text{Kgs. / cm}^2$$

$$F_v = \frac{(4,500,000)}{(D/t)^2} \quad 1.33 \leq \frac{2}{3} F_b$$

$$F_b = 2100 \text{ Kg/m}^2 \quad (\text{esfuerzo básico permisible})$$

$$f_v = \text{Esfuerzo actuante}$$

$$F_v = \text{Esfuerzo permisible}$$

$$D = \text{Valor de D en tabla (mm)}$$

$$t = \text{Valor de T en tabla (mm)}$$

DEFLEXION.- (Δ)

Al iniciar esta fase del estudio, primero deben convertirse todas las unidades en función de cms., así tendremos un formato de trabajo común y podremos trabajar con más libertad como en las fases anteriores, tendremos un factor actuante y otro permisible. A este último lo incrementaremos en un 33% para lograr un rango más aceptable. Los criterios que tomaremos en cuenta en esta sección son los siguientes.

- Si la $\Delta_{Act} \leq \Delta_{per}$ per \therefore

el perfil elegido es el adecuado

- Si la $\Delta_{Act} > \Delta_{per}$ per \therefore

se aumentará la sección

Para ello se tiene que

$$I_{MIN} = \frac{5 W L^4}{384 E \Delta_{perm}}$$

W = Peso del polín

L = Distancia entre armaduras (dato para el sistema)

L = Para minimizar los efectos de momento y deflexión se colocarán varillas a los tercios entre los polines para que actúen como rigidizantes, o sea, $L/3$

Explicación del Proceso:

Obtenemos el M_{x-x} y M_{y-y} , luego basándonos en el M_{x-x} buscamos en la tabla de perfiles MON-TEN el valor en M_{y-y} que corresponde y lo comparamos con el que encontramos, si es mayor que éste, se acepta, si no, se propone otro peso para el polín y se comienza el proceso.

Ahora, si se obtiene la sección en x ya que ésta es la crítica y si es menor al valor de tabla se continúa, si no, se propone otro valor para el peso propio del polín y se inicia el proceso.

Fórmulas de Deflexión:

$$\Delta_{\text{Act}} = \frac{5 W L^4}{384 E I}$$

$$\Delta_{\text{per}} = \frac{L}{360} \quad (1.33)$$

W = Peso del polín

L = Claro a cubrir

E = Módulo de elasticidad

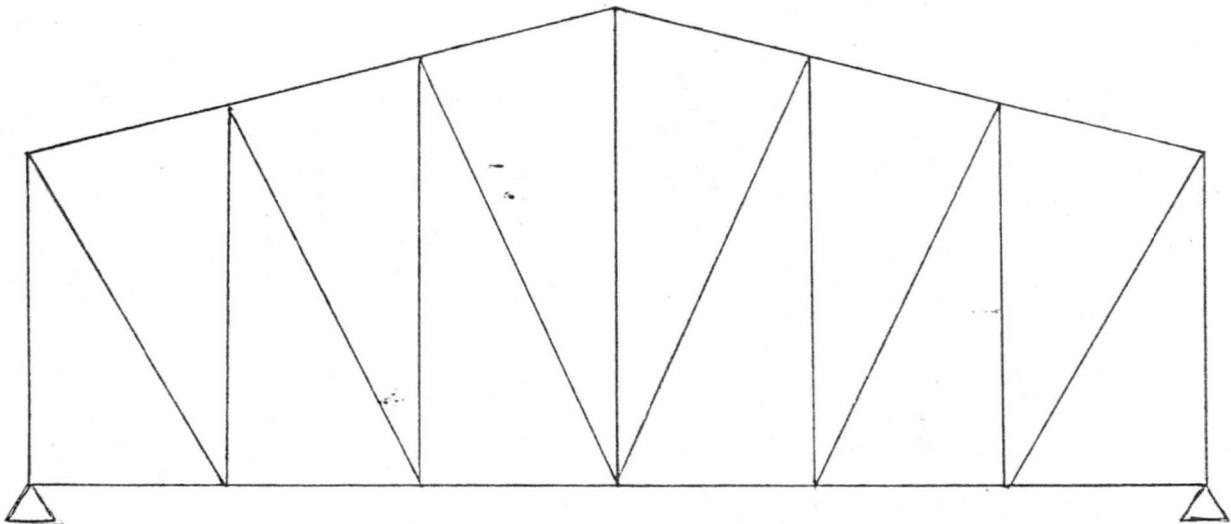
I = Inercia del elemento

I_{min} = Inercia mínima para que cumpla con la permisible

DEFINICION Y ELECCION DEL TIPO DE ARMADURA

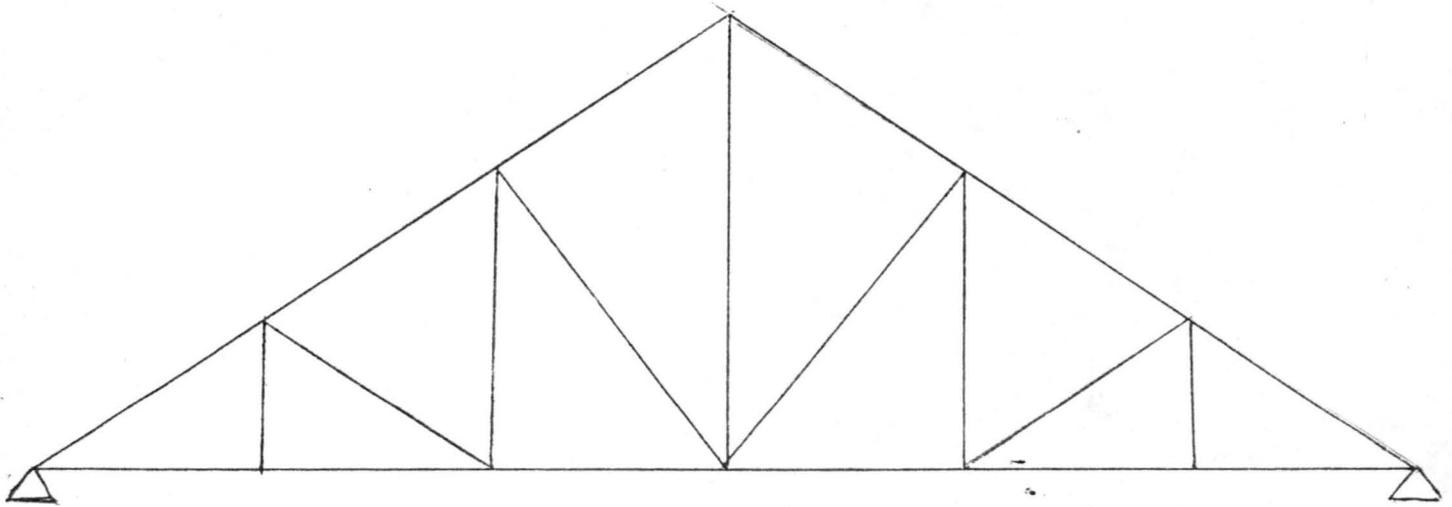
Este es el más sencillo de los pasos dentro del conjunto de los cinco pasos. Se tomaron como base para este proyecto_ dos tipos de armadura: una cuya cuerda superior parte de cero y otra cuya cuerda superior no parte de cero. Ver figuras 7 y 8.

Fig. 7



LA CUERDA SUPERIOR NO PARTE DE 0

Fig. 8



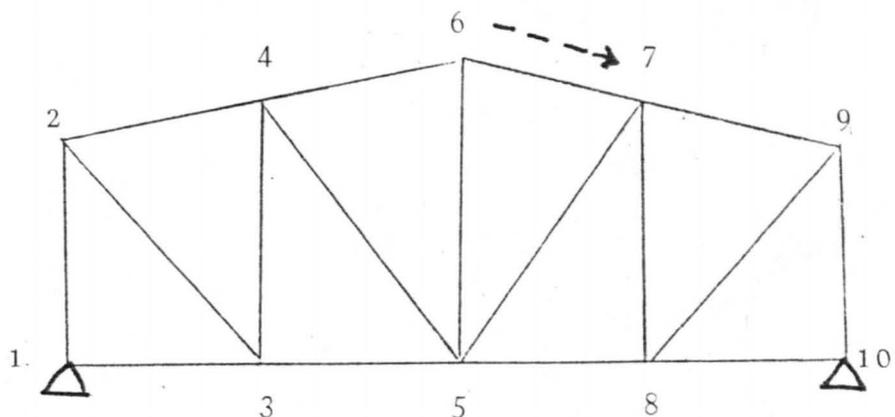
LA CUERDA SUPERIOR PARTE DE 0

La razón por la que se escogió estas dos armaduras es que son a ciencia cierta las más usadas y las más sencillas para analizar, y aunque parezca una salida fácil, de hecho no lo es tanto, ya que se requieren de ciertos artificios matemáticos para lograr su solución.

Si observamos las figuras 7 y 8 nos daremos cuenta que la numeración de las juntas no es continua en toda la armadura, sino que hace un salto en su continuidad después de la mitad de dicha armadura.

La razón de esta discontinuidad es porque la única forma de tener una relación continua entre las diversas juntas para la formación de sus elementos es generando una matriz de transmisión, la cual pueda ser accesada las veces que lo necesite sin importar el momento.

Por ejemplo, si tenemos la siguiente armadura:



de esta forma el nodo inicial es el primero y el terminal es el último sin importar el tamaño, hasta 100 nodos posibles, generando así la siguiente matriz de transición.

		Junta									
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Junta	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0
	2	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0
	3	1	1	0	1	1	0	0	0	0	0
	4	0	1	1	0	1	1	0	0	0	0
	5	0	0	1	1	0	1	1	1	0	0
	6	0	0	0	1	1	0	1	1	0	0
	7	0	0	0	0	1	1	0	1	1	0
	8	0	0	0	0	0	1	1	0	1	1
	9	0	0	0	0	0	0	1	1	0	1
	10	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0

Así tenemos las relaciones entre las juntas y los elementos que rigen a la armadura. Es de hacer notar que el sistema genera esta matriz sea cual fuere el número de juntas y así es posible trabajar más fácilmente.

ANALISIS ESTRUCTURAL

Para solucionar este problema se escogió el método de los nodos por ser éste el único que brindaba una secuencia lógica fácil de llevar a un algoritmo computacional.

EN la sección anterior ya dijimos que los nodos estarían enumerados del 1 al 100, si así lo requiere el caso, este número de nodos surge de una fórmula, la cual es la siguiente:

$$NN = ((IPOL \times 2) - 2) + (IPOL \times 2)$$

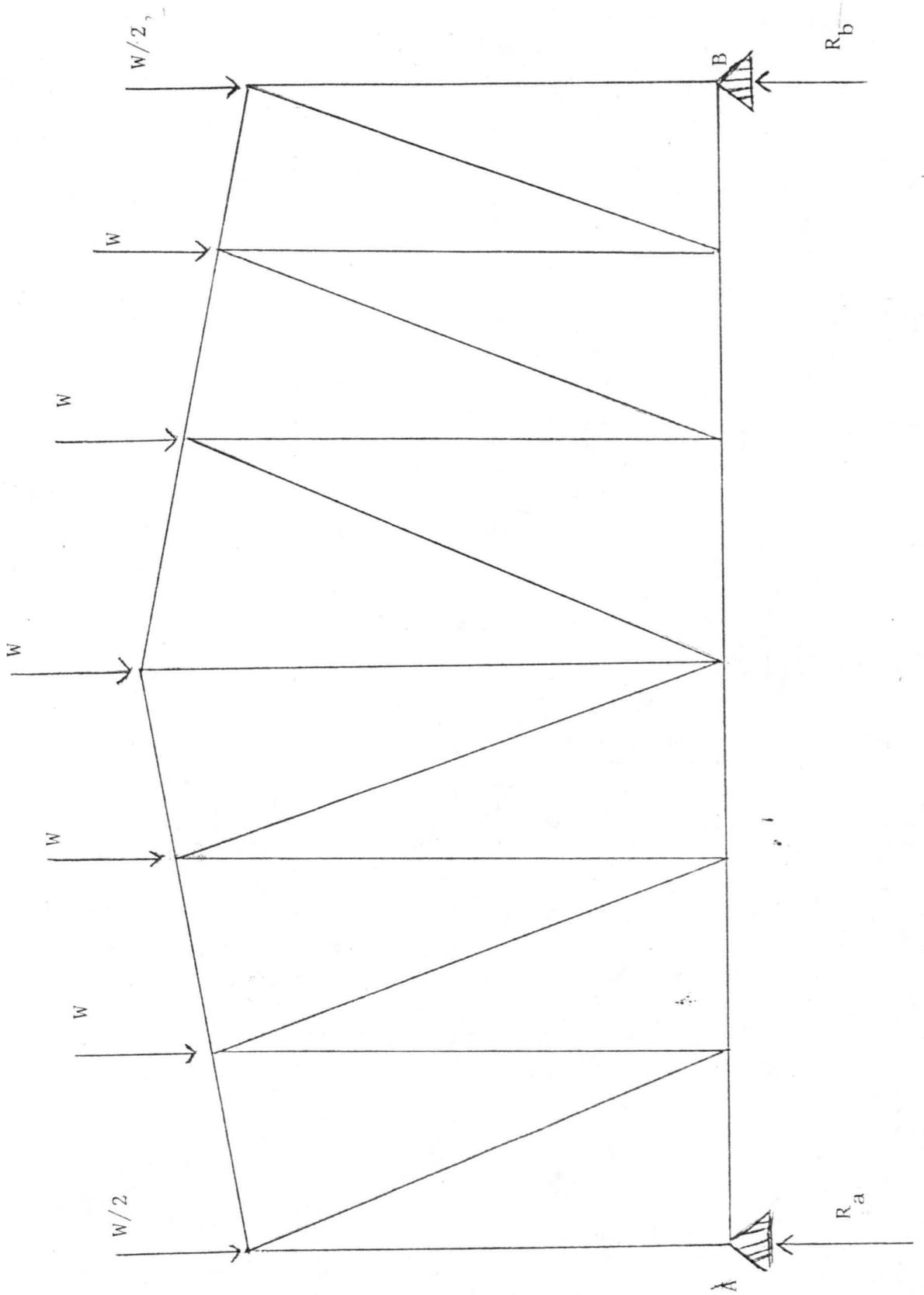
NN = Número de nodos

IPOL = Número de polines de la mitad de la armadura

Ya teniendo el número de nodos pasamos a obtener el peso que irá concentrado puntualmente en cada nodo de la cuerda superior.

Es necesario aclarar que sólo trabajaremos con cargas verticales, ya que no consideramos las cargas horizontales como muy influyentes en la estructura. Ver fig. 9.

Fig. 9



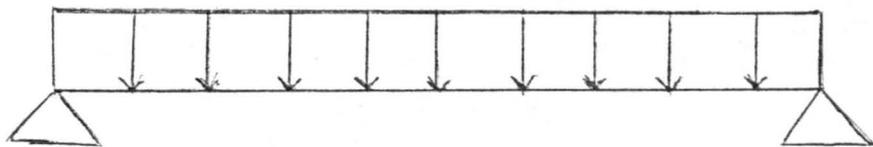
Ahora bien, la forma de obtener la carga puntual es:

$$P = (W_{\text{pol}}) (SL)$$

W_{pol} = peso que traiga del polín

SL = Distancia entre armaduras.

ver figura 10.



ARMADURA 1

ARMADURA 2

Se procede entonces al análisis externo para hallar las reacciones en los apoyos, para ello se dice que:

$$R_A = R_B = \sum P/2$$

Siendo: R_A = reacción en el nodo inicial

R_B = Reacción en el nodo terminal

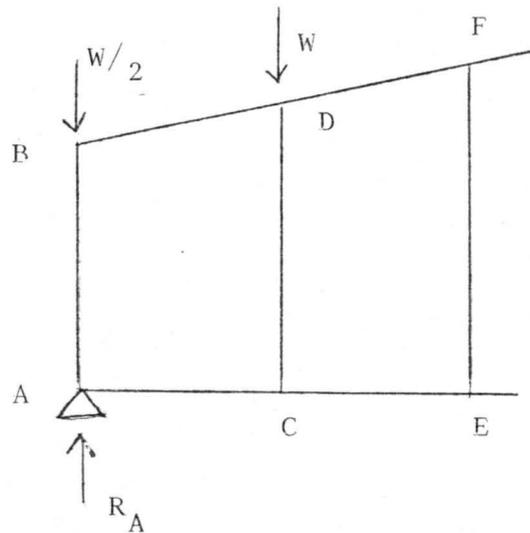
Una vez obtenidas las reacciones se procede al análisis interno, el cual dijimos ya que íbamos a solucionar por el método de los nodos; esto se logra mediante el uso de dos ecuaciones básicas:

$$\sum F_x = 0$$

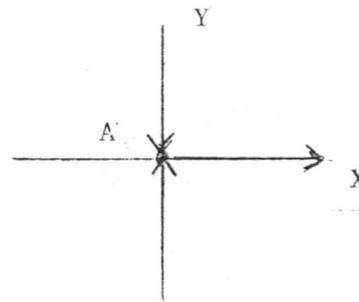
$$\sum F_y = 0$$

Es importante el checar que cada nodo a estudiar sólo - tenga dos incógnitas, ya que sólo tenemos dos ecuaciones.

En este estudio es importante igualmente checar el tipo de esfuerzo, es decir, si el elemento trabaja a tensión o a compresión, porque dependiendo del sentido que se le de a las fuerzas, así será el resultado de las incógnitas que se tienen.



Analizaremos el nodo A



$$\sum F_x = 0 \Rightarrow F_{AE} = 0$$

$$\sum F_y = 0 \Rightarrow F_{AC} = R_A$$

DISEÑO DE LOS ELEMENTOS

En esta sección nos basaremos en las especificaciones - técnicas y propiedades de los elementos de acero P.T.R. que hoy día llamo P.E.R.

Dividiremos nuestro estudio en dos secciones:

- 1.- Diseño de tensión
- 2.- Diseño de compresión

El hecho de que sólo se haga un estudio tomando en cuenta sólo estas dos alternativas es porque el tipo de armadura que estamos estudiando así lo requiere.

Ahora bien, el diseño a tensión puede hacerse a:

- a) cuerda inferior
- b) Diañoales

Y el diseño a ocmpresión, a:

- a) Cuerda Superior
- b) Elementos verticales

Lo que se va a hacer es obtener el modelo y calibre de P.T.R. para cada elemento de acuerdo a sus requerimientos. Para ello se usarán los siguientes criterios:

- 1.- Para la cuerda inferior, se tomará la misma sección - variando los calibres.
- 2.- Se hace seguidamente el estudio de las diagonales proponiendo tentativamente los modelos de P.T.R.
- 3.- Se estudian los elementos verticales y se escoge el de mayor espesor, en base a este modelo se calcularán los de las diagonales
- 4.- Se diseña la cuerda superior y si resulta de doble elemento tomamos como separación el calibre de las diagonales y verticales, y si no lo requiere, mejor.

ALCANCES Y LIMITACIONES

Como he mencionado anteriormente, al iniciar este proyecto mis conocimientos sobre la materia eran incipientes, por ello es posible que se me escape algún aspecto, pero se guro estoy de que los principales aquí están considerados.

Alcances-

- + Sistema operando en línea directa con el usuario.

- + Presenta un seguimiento continuo de las distintas facetas del diseño y cálculo.
 - Diseño de cubierta
 - Diseño de polines
 - Diseño de las armaduras

- + Maneja los rangos técnicos y avisa al usuario cualquier error lógico

- + Presenta pantallas de ayuda para el manejo de pantallas

- + Da facilidad para abortar el sistema en momentos claves del proceso para volver a empezar.

Limitaciones.-

- + El sistema sólo diseña cubiertas basándose en los modelos Multypanel y acanalados
- + El sistema hace uso de las especificaciones técnicas de MON-TEN para el diseño de los polines.
- + Sólo se diseñaron armaduras del tipo FINK y HOWE.
- + La armadura no puede tener más de 100 nodos.
- + No se consideran cargas horizontales por considerarlas_ despreciables.

POSIBILIDADES DE AMPLIACION

El sistema está concebido de tal manera que puedan agregarse otras opciones de diseño estructural, con otras cubiertas, otros modelos de armaduras y otros modelos de polines.

La forma estructurada del sistema da la facilidad de agregar otras opciones posibles, las que el usuario considere pertinentes.

Es así como el sistema puede enfocarse tanto a naves industriales como a cines o teatros, lo cual lo haría bastante completo, inclusive podría incluirse otro tipo de armaduras.

CONCLUSIONES

Al llegar al término de este proyecto, después de haber alcanzado el objetivo que me propuse, pude observar que el - construir techos para claros grandes es hoy en día una ta- rea casi cotidiana, que si bien es cierto que las ciudades _ crecen verticalmente, en forma de edificios, también es cier- to que día a día se requiere de lugares dónde concentrar -- grandes masas o simplemente de fábricas o depósitos de pro-- ductos necesarios para la subsistencia del hombre.

El método elegido para la solución de los esfuerzos in- ternos, es el más didáctico y fácil de llevar a la computa-- dora, pero no es el único posible: existen otros métodos co- mo el gráfico, el de sección etc., que también llevan a una solución, pero se dificulta su algoritmo en una computadora.

Lo que sí es definitivo es que el constructor o profe-- sional de la construcción siempre tendrá en la computadora - un excelente aliado para acelerar y dar más precisión a los_ cálculos estructurales dentro de cualquier área de la cons-- trucción.

BIBLIOGRAFIA

Parker, Harry. Diseño Simplificado de Armaduras de Techo para Arquitectos y constructores. Editorial Limusa, México, 1982

Beer y Johnston, Mecánica Vectorial para ingenieros.
Tercera Edición. Editorial McGraw Hill. México,
1979

900773