

**TESIS CON
FALLAS DE ORIGEN** 2ej, 157



UNIVERSIDAD NACIONAL AUTONOMA DE MEXICO
FACULTAD DE INGENIERIA

**"DISEÑO DE ELEMENTOS
DE CONCRETO PRESFORZADO
DE PERALTE VARIABLE"**

T E S I S

**QUE PARA OBTENER EL TITULO DE:
INGENIERO CIVIL
P R E S E N T A :
DAGOBERTO PIEDRA TOLEDO**

MEXICO, D. F.

1986.





Universidad Nacional
Autónoma de México



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 está 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.

TESIS CON FALLA DE ORIGEN

INTRODUCCION

a) Objetivo de la Tesis

El objetivo fundamental de esta Tesis, es el de mostrar la metodología del dimensionamiento y revisión de elementos de concreto presforzado de peralte variable y el uso y la aplicación de microcomputadoras como ayuda en la resolución de este tipo de problemas.

b) Metodología del diseño

Para llevar un orden en la resolución de los problemas sobre el dimensionamiento y revisión de vigas presforzadas de peralte variable, se ha seguido la siguiente secuencia de solución :

1) Diseño por flexión

- . Dimensionamiento y Revisión por Esfuerzos Permisibles.
- . Revisión por Resistencia y Definición del tipo de Falla Potencial.
- . Revisión por Acero Mínimo
- . Revisión por Izado

2.- Diseño por Cortante

- . Dimensionamiento y Revisión por el Método de Resistencia .

COMENTARIOS EN RELACION CON EL EMPLEO DE ELEMENTOS PRESFORZADOS DE PERALTE VARIABLE

Los elementos presforzados de peralte variable se emplean principalmente para cubiertas en grandes claros, como pueden ser: naves industriales, centros comerciales, etc. Su empleo tiene ventajas con respecto a vigas presforzadas de peralte constante, aunque también se pueden presentar algunos problemas.

A continuación se hace mención de algunas ventajas y desventajas de este tipo de elementos al compararlos con vigas de peralte constante:

Ventajas :

- a) Permiten cubrir grandes claros con mayor economía
- b) Se obtiene economía en materiales
- c) En su diseño se permite reducir las cargas vivas que especifica el reglamento (por tener pendiente mayor que 5%) .

Desventajas :

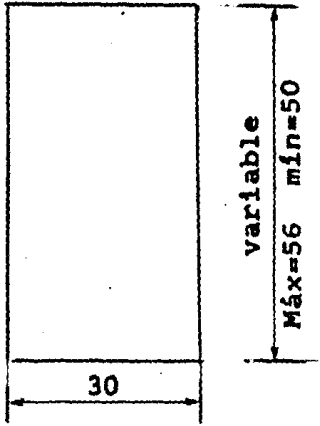
- a) Se pueden presentar problemas de resistencia a fuerza cortante en la zona de los apoyos, por ser la zona de menor peralte de las vigas, por lo que en algunos casos se hace rectangular la Sección en los extremos.
- b) Su cálculo estructural (Dimensionamiento y Revisión) es más complejo que el de vigas de concreto presforzadas de peralte constante, ya que se requiere revisar Secciones a cada metro de distancia.

PROBLEMA No. I

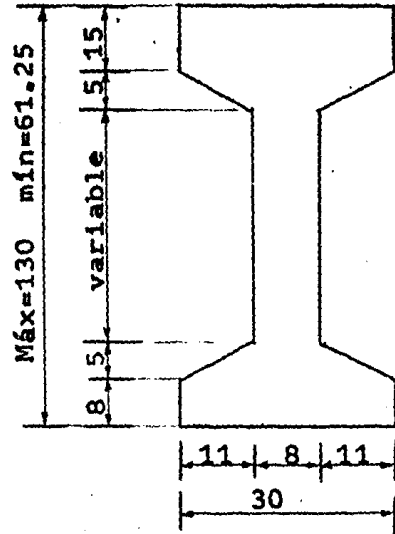
ENUNCIADO :

**DISEÑO DE UNA VIGA I
PRESFORZADA DE PERALTE
VARIABLE .**

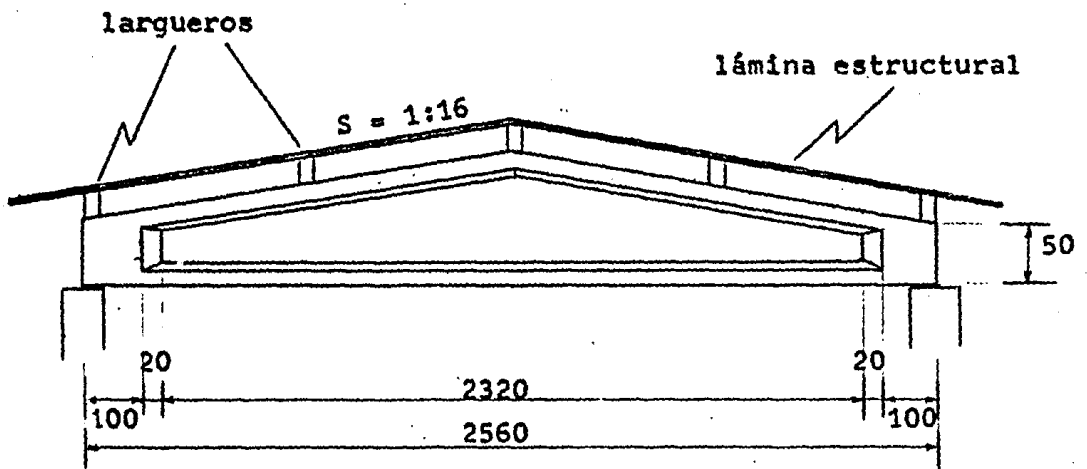
CARACTERISTICAS GEOMETRICAS



Sección Rectangular
en apoyos



Sección " I " en el
centro del claro



acotaciones en cm.

D A T O S

$$W_{cv} = 60 \text{ Kg/m}^2 \quad (\text{por reglamento})$$

$$W_{cm} = 28 \text{ Kg/m}^2 \quad (\text{largueros más lámina estructural})$$

$$W_{pp} = 402 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Concreto : } f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Acero de refuerzo : } f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Acero de presfuerzo : } f_{sr} = 270 \text{ K} = 18983 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Torones de } \phi \frac{3}{8} \quad (\text{as} = 0.55 \text{ cm}^2)$$

Separación entre traveses : 4 m

Nota:

La W_{pp} se obtuvo de la siguiente manera:

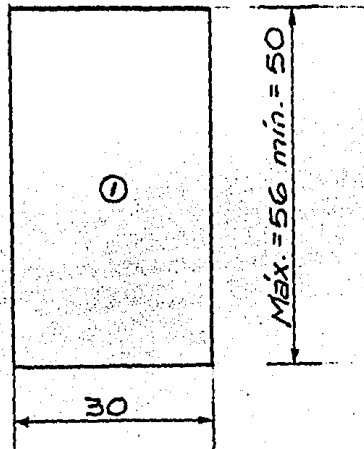
$$W_{pp} = \frac{(\text{peso total de la trabe}) (1.2)}{\text{longitud del claro}}$$

peso total := 8.576 Ton.

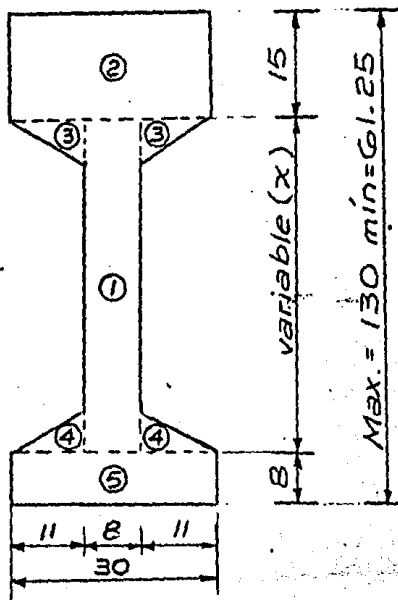
Claro = 25.60 m

SECCIONES TRANSVERSALES

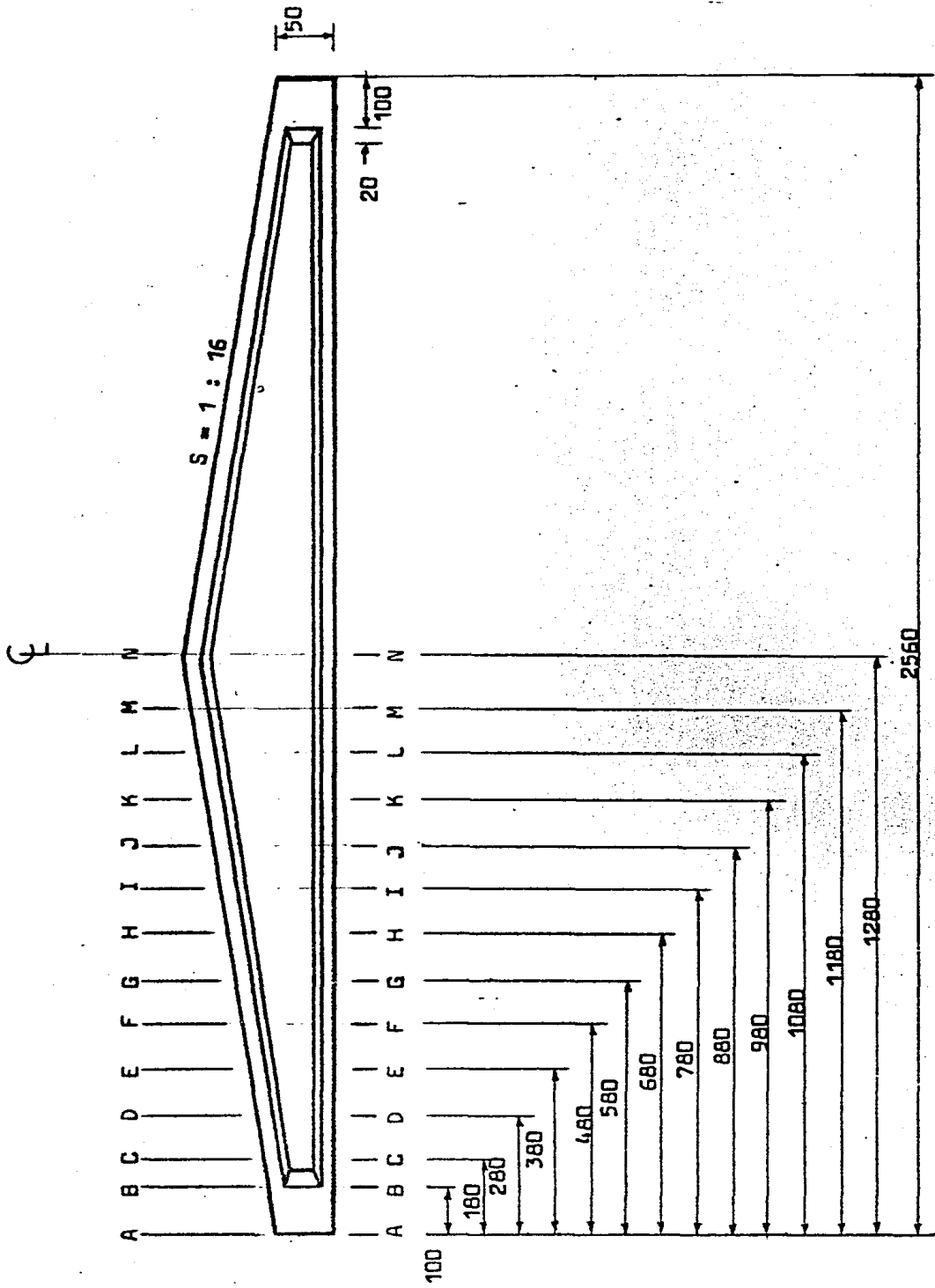
1).- Secciones A-A y B-B (Secciones Rectangulares).



2).- Secciones C-C a la N-N (Secciones "I").



acotaciones en cm.



acotaciones en cm

DISEÑO POR FLEXION

I.1) DIMENSIONAMIENTO Y REVISION POR ESFUERZOS PERMISIBLES

a) Características Geométricas.

a.1) Sección A-A (Rectangular)

$$b = 30 \text{ cm} \quad h = 50 \text{ cm}$$

$$A_{ss} = b(h)$$

$$I_{ss} = \frac{b(h^3)}{12}$$

$$y_{iss} = y_{sss} = \frac{h}{2}$$

$$A_{ss} = 30(50) = 1500 \text{ cm}^2$$

$$I_{ss} = \frac{30(50^3)}{12} = 312500 \text{ cm}^4$$

$$y_{iss} = y_{sss} = \frac{50}{2} = 25 \text{ cm}$$

a.2) Sección B-B (Rectangular)

$$b = 30 \text{ cm} \quad h = 56 \text{ cm}$$

$$A_{ss} = 30(56) = 1680 \text{ cm}^2$$

$$I_{ss} = \frac{30(56^2)}{12} = 439040 \text{ cm}^4$$

$$y_{iss} = \frac{56}{2} = 28 \text{ cm}$$

$$y_{sss} = 28 \text{ cm}$$

a.3) Sección C-C (sección I).

$$b = 30 \text{ cm}$$

$$h = 61.25 \text{ cm}$$

Elem.	Area (cm ²)	y (cm)	Ay (cm ³)	d (cm)	d ² (cm ²)	Ad ² (cm ⁴)	I _O ⁴ (cm ⁴)
1	306	27.13	8300	5.81	33.76	10329.4	37308.0
2	450	53.75	24188	20.81	433.0	194875.3	8437.5
3	55	44.60	2452	11.64	135.5	7452.0	76.4
4	55	9.70	532	23.30	541.5	29782.0	76.4
5	240	4.00	960	28.94	837.5	201005.7	1280

$$\sum A = 1106 \text{ cm}^2$$

$$\bar{y} = \frac{\sum A(y)}{\sum A} = \frac{36432}{1106} = 32.94$$

$$\sum A(y) = 36\,432 \text{ cm}^3$$

$$y_{iss} = 32.94 \text{ cm}$$

$$I_{ss} = \sum I_o + \sum A(d^2)$$

$$y_{sss} = h - y_{iss}$$

$$\sum I_o = 47178 \text{ cm}^4$$

$$y_{sss} = 28.31 \text{ cm}$$

$$\sum A(d^2) = 443\,444 \text{ cm}^4$$

$$I_{ss} = 47\,178 + 443\,444 = 490\,622 \text{ cm}^4$$

$$A_{ss} = 1106 \text{ cm}^2$$

$$I_{ss} = 490\,622 \text{ cm}^4$$

$$y_{iss} = 32.94 \text{ cm}$$

$$y_{sss} = 28.31 \text{ cm}$$

Para encontrar las características geométricas de las demás secciones (I), se hace mediante un programa de computadora que llamaré "SECC", el cual se explica en el Apéndice.

A continuación se da un resumen de resultados :

a.4) Características geométricas de las secciones

Sección	Peralte (cm)	A_{ss} (cm^2)	I_{ss} (cm^4)	Y_{iss} (cm)	Y_{sss} (cm)
A-A	50	1500	312500	25	25
B-B	56	1680	439040	28	28
C-C	61.25	1106	490600	32.94	28.31
D-D	67.50	1156	635400	36.38	31.12
E-E	73.75	1206	802600	39.80	33.95
F-F	80.00	1256	993100	43.19	36.81
G-G	86.25	1306	1208000	46.56	39.69
H-H	92.50	1356	1448000	49.91	42.59
I-I	98.75	1406	1715000	53.25	45.50
J-J	105.00	1456	2009000	56.57	48.43
K-K	111.25	1506	2331000	59.88	51.37
L-L	117.50	1556	2682000	63.18	54.32
M-M	123.75	1606	3064000	66.47	57.28
N-N	130.00	1656	3478000	69.74	60.26

b) Determinación de cargas

Obtención de la carga total por metro lineal (3a. etapa)

$$W_{cv} = 60 \text{ Kg/m}^2 \quad (4.0 \text{ m}) = 240 \text{ Kg/m}$$

$$W_{cm} = 28 \text{ Kg/m}^2 \quad (4.0 \text{ m}) = 112 \text{ Kg/m}$$

$$W_{pp} = \frac{402 \text{ Kg/m}}{754 \text{ Kg/m}}$$

Nota: Existe una separación de 4 m entre cada viga

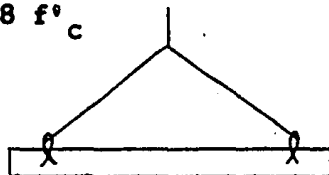
b.1) Etapas críticas de carga en elementos pretensados

1a) Etapa (Izado)

Acciones :

$$f'_{ci} = 0.8 f'_c$$

- Peso propio
- Presfuerzo (P_0)

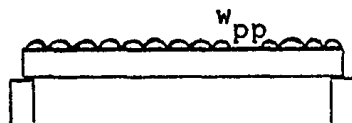


2a) Etapa

Acciones :

$$f'_{ci} = 0.8 f'_c$$

- Peso propio
- Presfuerzo (P_0)

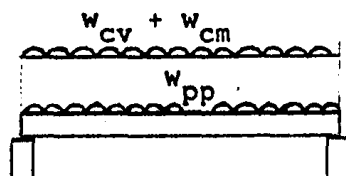


3a) Etapa

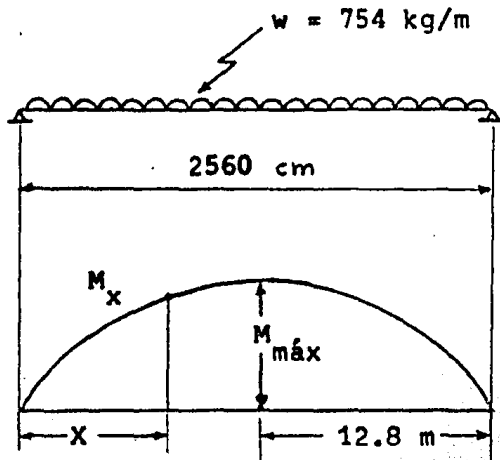
Acciones :

$$f'_c$$

- Peso propio
- Presfuerzo (P)
- Carga muerta total
- Carga viva total



c) Determinación de momentos actuantes (3a. Etapa).



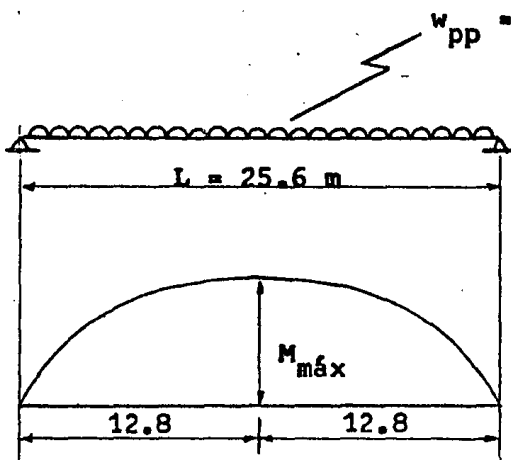
$$M_x = \frac{w(x)}{2} (L - x)$$

$$\text{para } x \leq \frac{L}{2}$$

Para encontrar los momentos flexionantes en cada una de las secciones, se hace un programa de computadora al cual nombraré "MOM", el cual se describe en el Apéndice de ésta tesis, a continuación se dan los resultados :

Sección	X (m)	M_a (ton.m)
A-A	0.0	0.0
B-B	1.0	9.27
C-C	1.8	16.15
B-D	2.8	24.07
E-E	3.8	31.23
F-F	4.8	37.64
G-G	5.8	43.29
H-H	6.8	48.20
I-I	7.8	52.34
J-J	8.8	55.74
k-K	9.8	58.37
L-L	10.8	60.26
M-M	11.8	61.39
N-N	12.8	61.77

c.1) Determinación de momentos actuantes debidos al peso propio (M_{pp}) en la segunda etapa de carga.



$$M_{pp} = \frac{w_{pp}}{2} (x)(L - x)$$

$$\text{para : } x \leq \frac{L}{2}$$

Para calcular los momentos flexionantes se utiliza el programa "MOM", a continuación se dan los resultados :

Sección	"x" (m)	M_{pp} (ton.m)
A-A	0.0	0.0
B-B	1.0	4.94
C-C	1.8	8.61
D-D	2.8	12.83
E-E	3.8	16.65
F-F	4.8	20.07
G-G	5.8	23.08
H-H	6.8	25.70
I-I	7.8	27.91
J-J	8.8	29.72
K-K	9.8	31.12
L-L	10.8	32.13
M-M	11.8	32.73
N-N	12.8	32.93

d) Determinación de esfuerzos permisibles

La resistencia a compresión del concreto a la edad en que ocurre la transferencia de esfuerzos del acero de presfuerzo al concreto es :

$$f'_{ci} = 0.8 f'_c$$

$$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'_{ci} = 0.8 (350) = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

d.1) En el concreto (inmediatamente después de la transferencia de esfuerzos)

$$\text{compresión : } 0.6 f'_{ci} = 0.6 (280) = 168 \text{ Kg/cm}^2 (+)$$

$$\text{tensión : } \sqrt{f'_{ci}} = \sqrt{280} = 16.7 \text{ Kg/cm}^2 (-)$$

d.2) En el concreto (en condiciones de servicio)

$$\text{compresión : } 0.45 f'_c = 0.45(350) = 157.5 \text{ Kg/cm}^2 (+)$$

$$\text{tensión : } 1.6 \sqrt{f'_c} = 1.6 \sqrt{350} = 29.9 \text{ Kg/cm}^2 (-)$$

d.3) En el acero de refuerzo

$$f_{perm} = 0.5 f_y$$

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{perm} = 0.5 \cdot (4200) = 2100 \text{ Kg/cm}^2$$

d.4) En el acero de presfuerzo

$$f_o = 0.7 f_{sr}$$

$$f_o = 0.7 (18983) = 13288 \text{ Kg/cm}^2$$

$$F_0 = a_{sp} (f_0)$$

$$F_0 = 0.55(13288) = 7308.4 \text{ kg}$$

$$F = K (F_0)$$

$$K = 0.8 \quad \text{se consideran 20\% de pérdidas.}$$

$$F = 0.8(7308.4) = 5846.7 \text{ kg}$$

e) Determinación de esfuerzos actuantes (3a. Etapa de carga)

$$\text{tensión :} \quad f_{iss} = \frac{M_a}{I_{ss}} (y_{iss}) \quad (-)$$

$$\text{compresión :} \quad f_{sss} = \frac{M_a}{I_{ss}} (y_{sss}) \quad (+)$$

Para el cálculo de los esfuerzos se utiliza el programa "MOM", a continuación se dan los resultados :

Sección	f_{iss} (kg/cm ²)	f_{sss} (kg/cm ²)
A-A	0.0	0.0
B-B	59.15	59.15
C-C	108.44	93.20
D-D	137.80	117.88
E-E	154.87	132.11
F-F	163.70	139.52
G-G	166.87	142.25
H-H	166.12	141.76
I-I	162.52	138.87
J-J	156.94	134.36
K-K	149.96	128.64
L-L	141.95	122.05
M-M	133.18	114.77
N-N	123.86	107.02

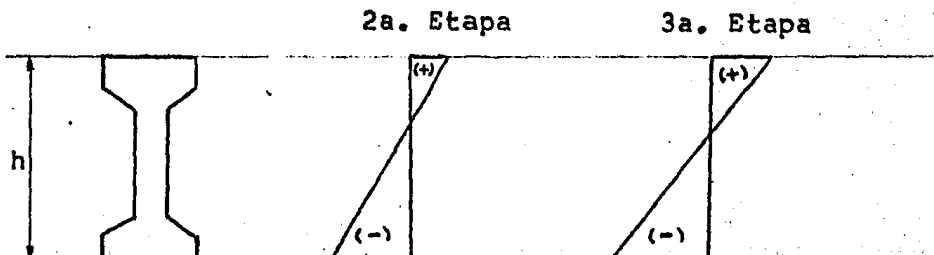
e.1) Determinación de esfuerzos actuantes (2a. Etapa)

$$\text{tensión : } f_{iss} = \frac{M_{pp}}{I_{ss}} (y_{iss}) \quad (-)$$

$$\text{compresión : } f_{sss} = \frac{M_{pp}}{I_{ss}} (y_{sss}) \quad (+)$$

Sección	f_{iss} (Kg/cm ²)	f_{sss} (Kg/cm ²)
A-A	0.0	0.0
B-B	31.53	31.53
C-C	57.82	49.69
D-D	73.47	62.85
E-E	82.57	70.43
F-F	87.28	74.38
G-G	88.97	75.84
H-H	88.57	75.58
I-I	86.65	74.04
J-J	83.67	71.64
K-K	79.95	68.59
L-L	75.68	65.07
M-M	71.00	61.19
N-N	66.03	57.06

e.2) Diagramas de esfuerzos actuantes



f) Determinación de la capacidad de presfuerzo

La capacidad de presfuerzo está dada por las siguientes expresiones .

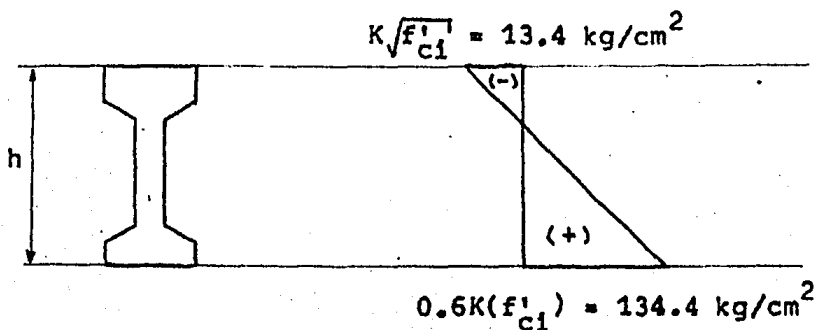
compresión :

$$0.6 K (f'_{ci}) = 0.6 (0.8)(280) = 134.4 \text{ Kg./cm}^2 \quad (+)$$

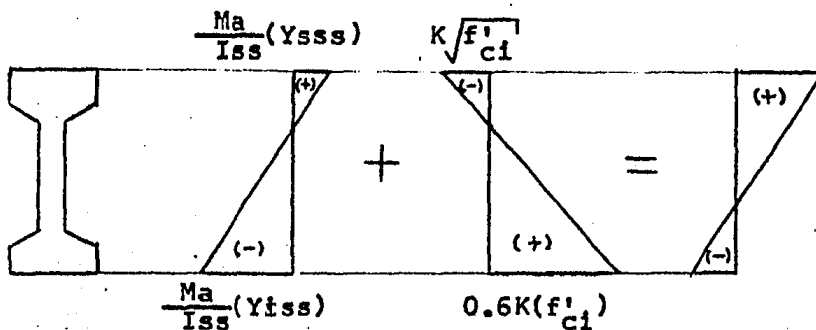
tensión :

$$K \sqrt{f'_{ci}} = 0.8 \sqrt{280} = 13.4 \text{ Kg./cm}^2 \quad (-)$$

f.1) Diagrama representativo de la capacidad de presfuerzo.



f.2) Diagrama representativo de los esfuerzos finales.



g) Comparación de esfuerzos finales con los esfuerzos permisibles en condiciones de servicio .

Los esfuerzos finales están dados por :

$$\text{fibra superior : } \frac{M_a}{I_{ss}} (Y_{sss}) - K \sqrt{f'_{ci}}$$

$$\text{fibra inferior : } -\frac{M_a}{I_{ss}} (Y_{iss}) + 0.6 K (f'_{ci})$$

g.1) Sección	f_{sss} (Kg/cm ²)	f_{iss} (Kg/cm ²)
A-A	(-) 13.4	(+) 134.4
B-B	(+) 45.75	(+) 74.25
C-C	(+) 79.80	(+) 25.96
D-D	(+) 104.48	(-) 3.40
E-E	(+) 118.71	(-) 20.47
F-F	(+) 126.12	(-) 29.30
G-G	(+) 128.85	(-) 32.47 > f_{perm}
H-H	(+) 128.36	(-) 31.72 > f_{perm}
I-I	(+) 125.47	(-) 28.12
J-J	(+) 120.96	(-) 22.54
K-K	(+) 115.24	(-) 15.56
L-L	(+) 108.65	(-) 7.55
M-M	(+) 101.37	(+) 1.22
N-N	(+) 93.62	(+) 10.54

Existen esfuerzos mayores que los permisibles en la Secciones G-G y H-H, por lo que se incrementará ligeramente la capacidad de presfuerzo.

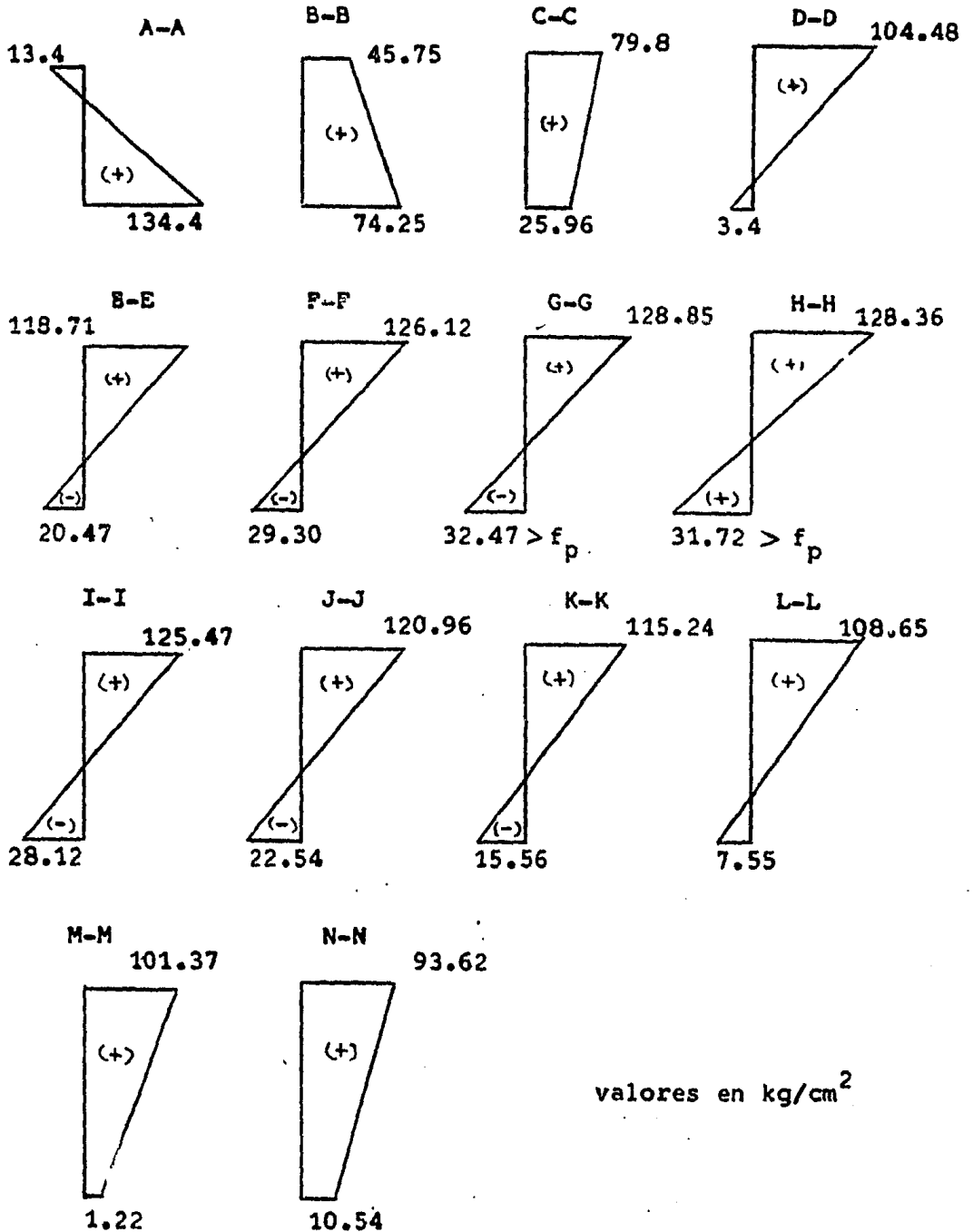
Sección

$$G-G \quad f_{iss} = 32.47 \text{ Kg/cm}^2 > f_p = 29.9 \text{ Kg/cm}^2$$

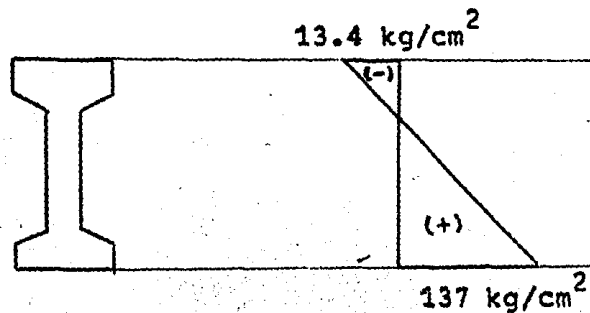
$$H-H \quad f_{iss} = 31.72 \text{ Kg/cm}^2 > f_p = 29.9 \text{ Kg/cm}^2$$

g.2) Diagramas representativos de los esfuerzos finales.

SECCION :



g.3) Considerando un diagrama de capacidad de presfuerzo como el que se indica en la fig. se procede a calcular la fuerza de presfuerzo (P).



La fuerza de presfuerzo (P) se determinará en la sección G-G, que es la sección crítica (esfuerzos finales max.).

g.4) Obtención de la relación (P/A):

$$\frac{P}{A} = \left[\frac{f_{pi} + f_{ps}}{h} \right] y_{sss} - f_{ps}$$

Datos :

$$f_{pi} = 137 \text{ kg/cm}^2$$

$$f_{ps} = 13.4 \text{ kg/cm}^2$$

$$y_{sss} = 39.69 \text{ cm}$$

$$h = 86.25 \text{ cm}$$

$$\frac{P}{A} = \left[\frac{137 + 13.4}{86.25} \right] 39.69 - 13.4 = 55.81 \text{ kg/cm}^2$$

$$\frac{P}{A} = 55.81 \text{ kg/cm}^2$$

g.5) Obtención de la fuerza de presfuerzo (P)

$$P = (P/A) A$$

$$(P/A) = 55.81 \text{ kg/cm}^2$$

$$A = 1306 \text{ cm}^2$$

$$P = (55.81)1306 = 72\ 887.9 \text{ kg}$$

g.6) Obtención del número de torones (n)

$$n = \frac{P}{F}$$

$$P = 72\ 887.9 \text{ kg}$$

$$F = 5\ 846.7 \text{ kg}$$

$$n = \frac{72\ 887.9}{5\ 846.7} = 12.47 \implies 12 \text{ torones de } \phi \frac{3}{8}''$$

g.7) Posición de los torones

Por tratarse de una viga de peralte variable, todo el presfuerzo se colocará en el patín inferior.
(tendones rectos).

g.8) Cálculo de la excentricidad teórica (e_t)

$$e_t = \frac{(f_{pi} - (P/A))}{y_{sss}(P)} (I_{ss})$$

$$f_{pi} = 137 \text{ kg/cm}^2$$

$$(P/A) = 55.81 \text{ kg/cm}^2$$

$$Y_{iss} = 46.56 \quad \text{cm}$$

$$I_{ss} = 1\,208\,000 \quad \text{cm}^4$$

$$P = 72\,887.9 \quad \text{Kg}$$

$$e_t = \frac{(137 - 55.81) (1\,208\,000)}{46.56(72\,887.9)} = 28.90 \quad \text{cm}$$

g.9) Separación libre (S_1) y total (S_t)

$$S_1 = 3 \varnothing \quad \varnothing = 0.95 \quad \text{cm}$$

$$S_1 = 3(0.95) = 2.85 \quad \text{cm} \Rightarrow 3 \quad \text{cm}$$

$$S_t = S_1 + \varnothing$$

$$S_t = 3 + 0.95 = 3.95 \quad \text{cm} \Rightarrow 4 \quad \text{cm}$$

g.10) Recubrimiento libre (r_1) y total (r_t)

$$r_1 = 2.5 \quad \text{cm} \quad (\text{por reglamento})$$

$$r_t = r_1 + \frac{\varnothing}{2}$$

$$r_t = 2.5 + \frac{0.95}{2} = 3 \quad \text{cm}$$

g.11) Cálculo de la excentricidad (e'_r)

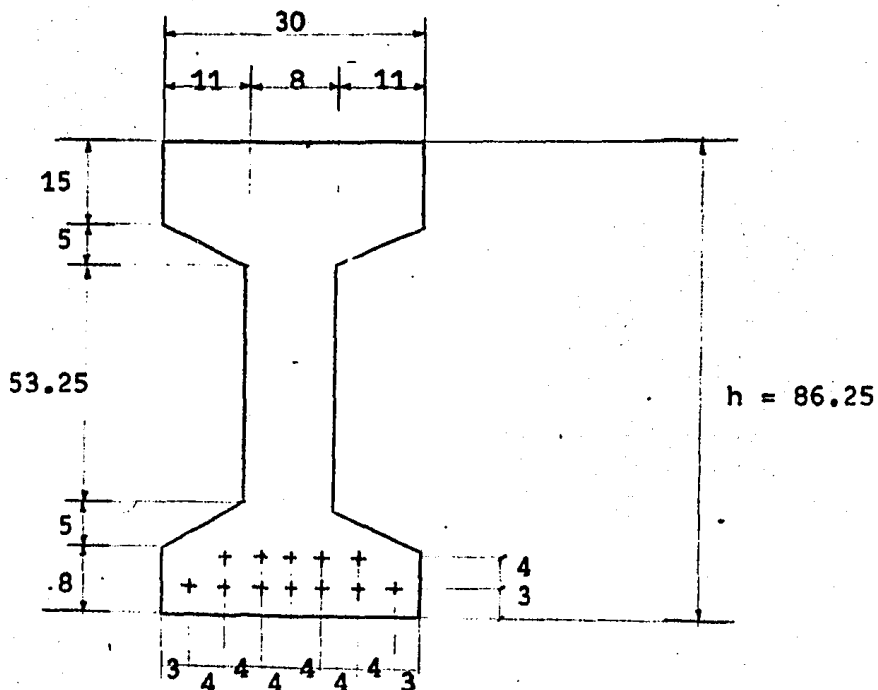
$$e'_r = Y_{iss} - e_t$$

$$Y_{iss} = 46.56 \quad \text{cm}$$

$$e_t = 28.9 \quad \text{cm}$$

$$e'_r = 46.56 - 28.9 = 17.66 \quad \text{cm}$$

g.12) Posición del acero de presfuerzo (Sección G-G).



acotaciones en cm.

g.13) Nuevo cálculo de la excentricidad (e'_r).

Aplicando el teorema de momentos (Varignon) :

$$e'_r = \frac{\sum F(y)}{\sum F}$$

$$\sum F(y) = 7(3) + 5(7) = 56 \text{ cm}$$

$$\sum F = 12 \text{ Torones}$$

$$e'_r = \frac{56}{12} = 4.67 \text{ cm}$$

g.14) Cálculo de la excentricidad real (e_r)

$$e_r = Y_{iss} - e'_r$$

Sección	Y_{iss} (cm)	e_r (cm)
A-A	25	20.33
B-B	28	23.33
C-C	32.94	28.27
D-D	36.38	31.71
E-E	39.80	35.13
F-F	43.19	38.52
G-G	46.56	41.89
H-H	49.91	45.24
I-I	53.25	48.58
J-J	56.57	51.90
K-K	59.88	55.21
L-L	63.18	58.51
M-M	66.47	61.80
N-N	69.74	65.07

La excentricidad $e'_r = 4.67$ cm es constante en todas las secciones, porque no varía la colocación del acero de presfuerzo en el patín inferior de la trabe.

g.15) Obtención de la fuerza de presfuerzo inicial (P_o)

$$P_o = n (F_o)$$

$$n = 12 \text{ torones} \quad F_o = 7\,308.4 \text{ Kg}$$

$$P_o = 12(7\,308.4) = 87\,700.8 \text{ Kg}$$

g.16) Obtención de la fuerza de presfuerzo real (P_r)

$$P = n (F)$$

$$F = 5\,846.7 \text{ Kg}$$

$$P = 12 (5\,846.7) = 70\,160.4 \text{ Kg}$$

h) Revisión por esfuerzos permisibles

h.1) Esfuerzos totales en las Secciones, inmediatamente después de la transferencia (2a. Etapa) .

$$f_{iss} = \frac{P_o}{A_{ss}} + \frac{P_o (e_r)}{I_{ss}} (Y_{iss}) - \frac{M_{pp}}{I_{ss}} (Y_{iss})$$

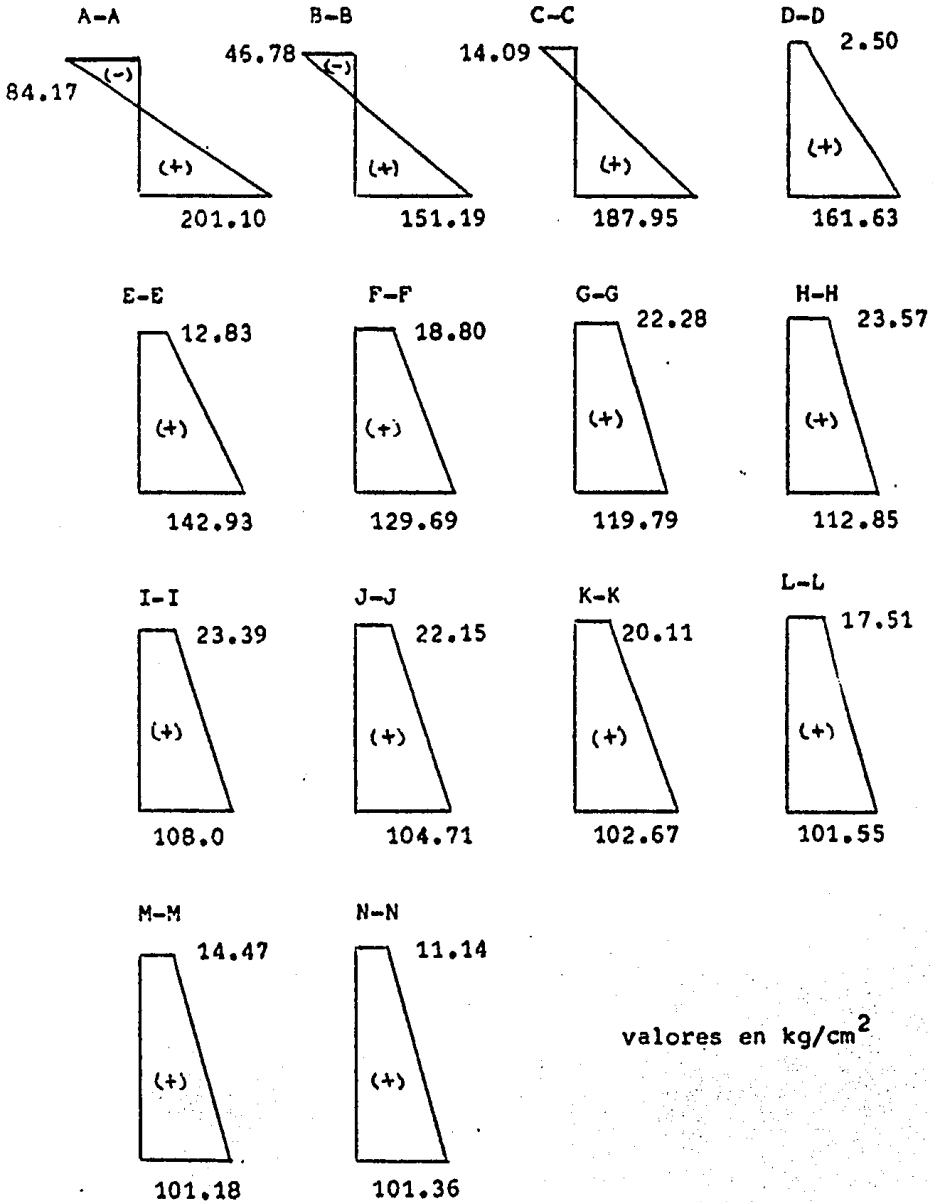
$$f_{sss} = \frac{P_o}{A_{ss}} - \frac{P_o (e_r)}{I_{ss}} (Y_{sss}) + \frac{M_{pp}}{I_{ss}} (Y_{sss})$$

El cálculo de los esfuerzos se hace mediante un programa de computadora TRS-80 que llamaré "ESF", el cual se describe en el apéndice .

Sección	f_{iss} (Kg/cm ²)	f_{sss} (Kg/cm ²)
A-A	(+) 201.10 > $f_p = 168$	(-) 84.17 > $f_p = 16.7$
B-B	(+) 151.19	(-) 46.78 > $f_p = 16.7$
C-C	(+) 187.95 > $f_p = 168$	(-) 14.09
D-D	(+) 161.63	(+) 2.50
E-E	(+) 142.93	(+) 12.83
F-F	(+) 129.69	(+) 18.80
G-G	(+) 119.79	(+) 22.28
H-H	(+) 112.85	(+) 23.57
I-I	(+) 108.00	(+) 23.39
J-J	(+) 104.71	(+) 22.15
K-K	(+) 102.67	(+) 20.11
L-L	(+) 101.55	(+) 17.51
M-M	(+) 101.18	(+) 14.47
N-N	(+) 101.36	(+) 11.14

Como se puede observar existen esfuerzos mayores que los permisibles en las Secciones A-A, B-B y C-C, por lo que se engrasarán Torones en esas Secciones para corregir esos esfuerzos.

h.2) Diagramas representativos de los esfuerzos en las secciones inmediatamente después de la transferencia (2a. etapa)



h.3) Revisión de esfuerzos (2a. Etapa de carga).

$$f_{iss} = \frac{P_o}{A_{ss}} + \frac{P_o(e_r)}{I_{ss}} (y_{iss}) - \frac{M_{DD}}{I_{ss}} (y_{iss})$$

$$f_{sss} = \frac{P_o}{A_{ss}} - \frac{P_o(e_r)}{I_{ss}} (y_{sss}) + \frac{M_{DD}}{I_{ss}} (y_{sss})$$

Se revisarán los esfuerzos de las secciones A-A, B-B y C-C que es donde se tienen esfuerzos mayores que los permisibles.

h.3.1) Propiedades Geométricas.

Sección	A_{ss} (cm ²)	I_{ss} (cm ⁴)	y_{iss} (cm)	y_{sss} (cm)
A-A	1500	312 500	25	25
B-B	1680	439 040	28	28
C-C	1106	490 600	32.94	28.31

h.3.2) Revisión de los esfuerzos en la sección A-A .

probaremos engrasando 9 torones

$$P_o = n(F_o) = 3(7308.4) = 21952 \text{ kg}$$

$$M_{pp} = 0$$

$$e_r = 22 \text{ cm}$$

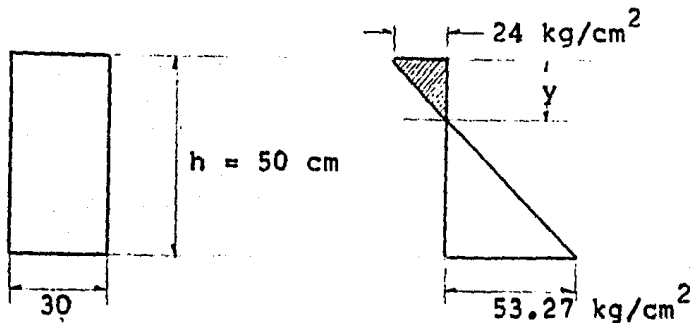
$$f_{iss} = \frac{21952}{1500} + \frac{21952(22)(25)}{312500} - 0 = 53.27 \text{ kg/cm}^2 < f_p$$

$$f_{sss} = \frac{21952}{1500} - \frac{21952(22)(25)}{312500} + 0 = -24 \text{ kg/cm}^2 > f_p$$

En la fibra superior existe un esfuerzo superior al permisible, por lo que se colocará acero de refuerzo para absorber ese esfuerzo de tensión existente.

a) Cálculo del área de acero de refuerzo (Sección A-A)

Esfuerzos que se presentan :



Por triángulos semejantes se tiene :

$$\frac{53.27 + 24.0}{50} = \frac{24}{y}$$

despejando " y " se obtiene :

$$y = 15.53 \text{ cm.}$$

la fuerza de refuerzo será :

$$F_{\text{ref}} = \frac{f_{\text{ss}} (y) (b)}{2}$$

$$F_{\text{ref}} = \frac{24.0 (15.53) (30)}{2} = 5590.8 \text{ Kg.}$$

El área de acero de refuerzo está dada por :

$$a_s = \frac{F_{ref}}{0.5 f_y}$$

$$a_s = \frac{5590.8}{0.5 (4200)} = 2.66 \text{ cm}^2$$

usando vars. del # 4 ($a_s = 1.27 \text{ cm}^2$)

$$\text{No. vars.} = \frac{2.66}{1.27} = 2.10 \implies 3 \text{ vars. \# 4}$$

el área de acero definitiva será :

$$a_s = 3 (1.27) = 3.81 \text{ cm}^2 > 2.66 \text{ cm}^2$$

Se colocarán 4 vars. # 4 en la parte superior de la viga , en ambos extremos , que se correrán a todo lo largo de la viga .

h.33) Revisión de esfuerzos en la sección B-B

probaremos engrasando 7 torones

$$P_o = 5(7308.4) = 36542 \text{ Kg.}$$

$$f_{iss} = \frac{36542}{1680} + \frac{36542 (25)(28)}{439040} - 31.53 = 48.5 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sss} = \frac{36542}{1680} + \frac{36542 (25)(28)}{439040} + 31.53 = -5.0 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{iss} = 48.50 \text{ Kg/cm}^2 < f_p = 168 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sss} = -5.0 \text{ Kg/cm}^2 < f_p = 16.7 \text{ Kg/cm}^2$$

h.3.4) Revisión de los esfuerzos en la sección C-C

probaremos engrasando 5 torones :

$$P_o = 51158.8 \text{ Kg.} \quad e_r = 29.94 \text{ cm.}$$

$$M_{pp} = 8.61 (10^5) \text{ kg.cm}$$

$$f_{iss} = \frac{51158.8}{1106} + \frac{51158.8(29.94)(32.94) - 8.61(10^5)(32.94)}{490600}$$

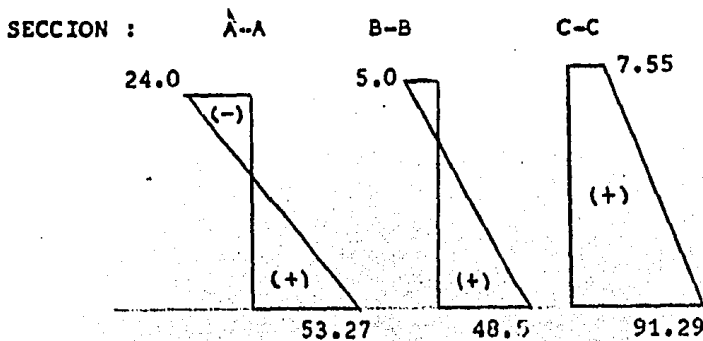
$$f_{sss} = \frac{51158.8}{1106} - \frac{51158.8(29.94)(28.31)}{490600} + \frac{8.61(10^5)(28.31)}{490600}$$

$$f_{iss} = 91.29 \text{ Kg/cm}^2 < f_p = 168 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sss} = 7.55 \text{ Kg/cm}^2 < f_p = 168 \text{ Kg/cm}^2$$

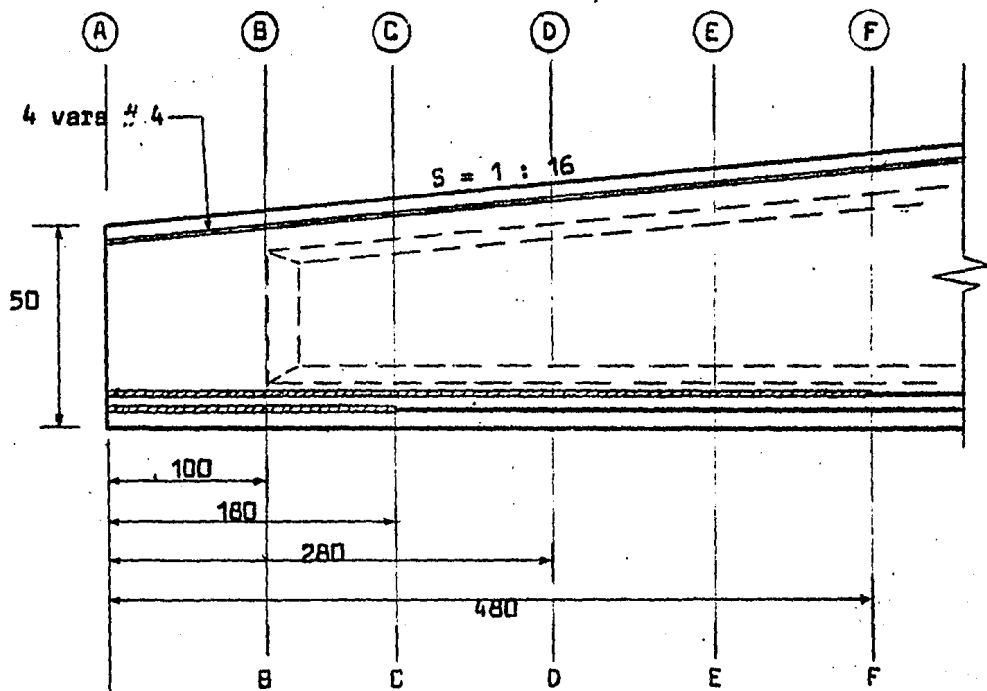
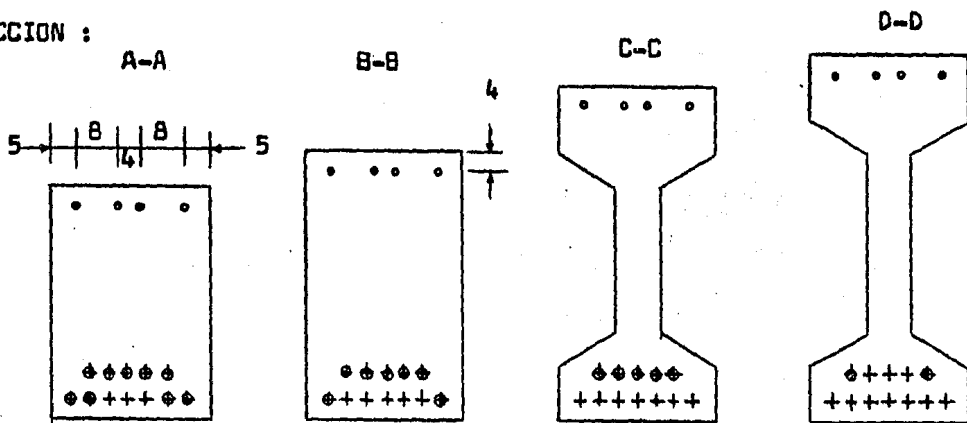
En las secciones D-D y E-E se engrasarán 2 torones para evitar secciones sobrerreforzadas , como posteriormente se verá en la _revisión del tipo de falla potencial .

h.3.5) Diagramas representativos de esfuerzos en las secciones críticas (2a. Etapa) . (kg/cm²)



h.3.5) Cortes para la visualización de las longitudes de engrase de torones (2a. Etapa)

SECCION :



Nota : Se engrasará en ambos extremos de la viga.

h.4) Esfuerzos totales actuantes en las secciones, en condiciones de servicio (3a. Etapa)

$$f_{iss} = \frac{P}{A_{ss}} + \frac{P(e_r)(y_{iss})}{I_{ss}} - \frac{M_a}{I_{ss}} (y_{iss})$$

$$f_{sss} = \frac{P}{A_{ss}} - \frac{P(e_r)(y_{sss})}{I_{ss}} + \frac{M_a}{I_{ss}} (y_{sss})$$

El cálculo de los esfuerzos se hace mediante el programa "ESF", para las expresiones arriba indicadas:

La fuerza de presfuerzo real (P) es la siguiente:

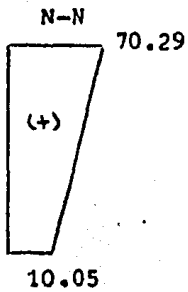
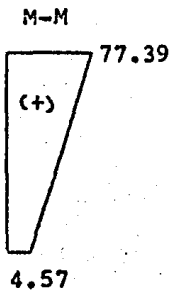
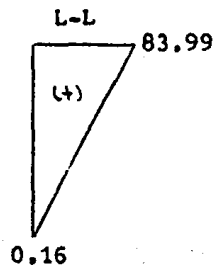
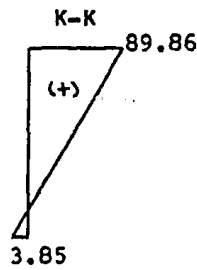
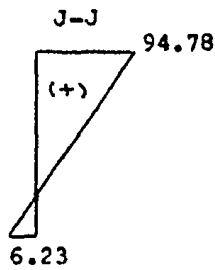
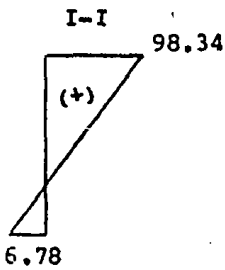
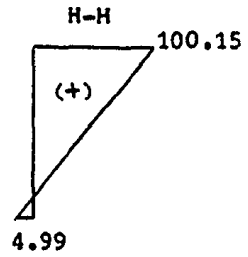
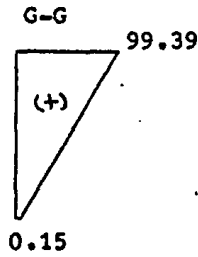
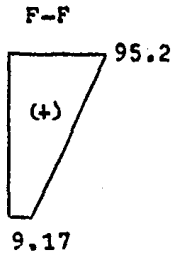
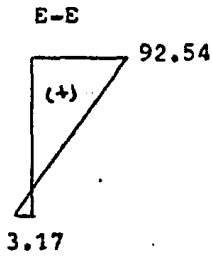
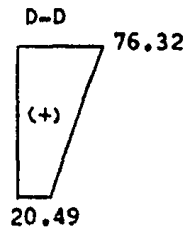
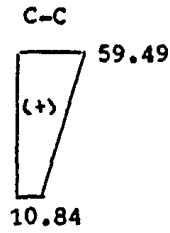
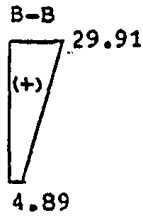
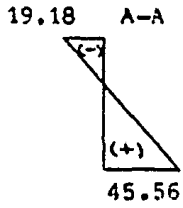
Sección	P(Kg)	e_r (cm)
A-A	17540	22
B-B	29233.6	25
C-C	40927	29.94
D-D y E-E	58467.2	32.18 y 35.60
F-F a N-N	70160.6	En la tabla

Sección	f_{iss} (Kg/cm ²)	f_{sss} (Kg/cm ²)
A-A	(+) 42.56	(-) 19.18
B-B	(+) 4.89	(+) 29.91
C-C	(+) 10.84	(+) 59.49
D-D	(+) 20.49	(+) 76.32
E-E	(-) 3.17	(+) 92.54
F-F	(+) 9.70	(+) 95.20
G-G	(+) 0.15	(+) 99.39
H-H	(-) 4.99	(+) 100.15
I-I	(-) 6.78	(+) 98.34
J-J	(-) 6.23	(+) 94.78
K-K	(-) 3.85	(+) 89.86
L-L	(-) 0.16	(+) 83.99
M-M	(+) 4.57	(+) 77.39
N-N	(+) 10.05	(+) 70.29

Todos los esfuerzos que se presentan son menores que los permisibles, por lo que todas las secciones son correctas.

Diagramas representativos de los esfuerzos en las secciones en condiciones de servicio .

SECCION :



valores en kg/cm^2

I.2) REVISION POR RESISTENCIA Y TIPO DE FALLA POTENCIAL

a) Revisión por resistencia

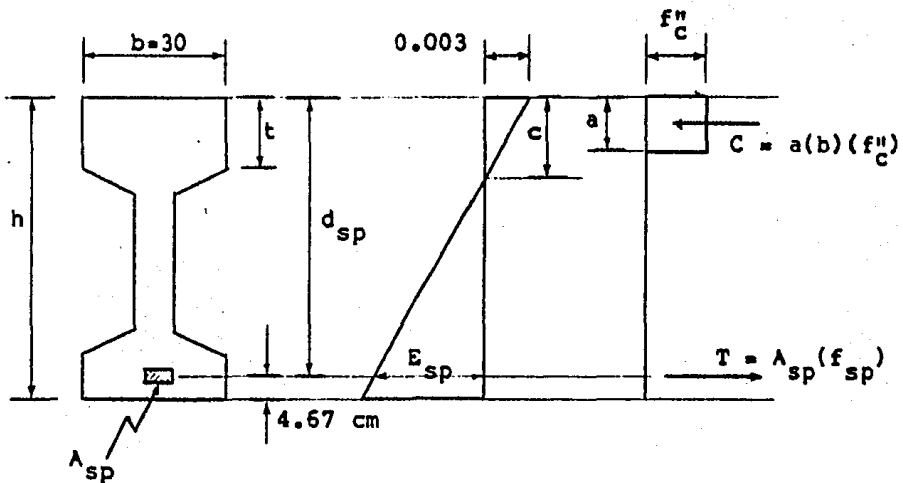
$$M_{ur} > M_{ua}$$

a.1) Momento último actuante (M_{ua})

$$M_{ua} = 1.4 (M_a)$$

b) Momento último resistente (M_{ur})

Equilibrio interno :



b.1) Area de acero de presfuerzo en tensión (A_{sp})

$$A_{sp} = a_{sp} (\text{No. torones})$$

torones de $\phi \frac{3}{8}$

$$a_{sp} = 0.55 \text{ cm}^2$$

$A_{sp} = 0.55(3) = 1.65 \text{ cm}^2$	Sección A-A
$A_{sp} = 0.55(5) = 2.75 \text{ cm}^2$	Sección B-B
$A_{sp} = 0.55(7) = 3.85 \text{ cm}^2$	Sección C-C
$A_{sp} = 0.55(10) = 5.50 \text{ cm}^2$	Sección D-D y E-E
$A_{sp} = 0.55(12) = 6.60 \text{ cm}^2$	Secciones F-F a la N-N

b.2) Cálculo del esfuerzo del acero de presfuerzo en tensión que se presenta en el momento de la resistencia (f_{sp}).

El A.C.I. establece un método aproximado :

$$f_{sp} = f_{sr} \left[1 - 0.5(P_p) \frac{(f_{sr})}{(f_c^n)} \right] \quad \text{si } f_{sp} > 0.5 f_{sr}$$

en donde

P_p = porcentaje de acero de presfuerzo en tensión

$$P_p = \frac{A_{sp}}{b(d_{sp})}$$

A_{sp} = área de acero de presfuerzo en tensión

b = ancho del patín en compresión

d_{sp} = distancia del centroide del acero de presfuerzo en tensión a la fibra extrema en compresión .

$$f_c^n = \left[\left(1.05 \frac{-f_c^*}{1250} \right) f_c^* \right] \quad \text{si } f_c^* > 250 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_c' = 0.8 (f_c')$$

$$f_c^* = 0.8 (350) = 280 \text{ Kg/cm}^2 > 250 \text{ Kg/cm}^2$$

luego entonces

$$f_c'' = \frac{(1.05 - 280) 280}{1250} = 231.28 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_c'' = 231.28 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sr} = 18983 \text{ Kg/cm}^2$$

b.3) Suponiendo que la sección trabaja como "rectangular" y haciendo equilibrio de fuerzas internas, tenemos:

$$\text{Compresión : } c = a(b) (f_c'')$$

$$\text{tensión : } T_{sp} = A_{sp} (f_{sp})$$

Igualando ambos términos:

$$a(b)(f_c'') = A_{sp} (f_{sp})$$

$$a = \frac{A_{sp} (f_{sp})}{b(f_c'')}$$

a = profundidad del bloque de esfuerzos

$$c = \frac{a}{0.8} = \text{profundidad del eje neutro}$$

t = peralte del patín en compresión

$$t = \frac{20 + 15}{2} = 17.5 \text{ cm.}$$

b.4) Conociendo lo anterior, se procede a calcular el momento último resistente (M_{ur}).

Si : $a \leq t$ la sección geoméricamente trabaja como SECCION RECTANGULAR.

$$M_{ur} = F.R. \left[A_{spf} (f_{sp}) \left(d_{sp} - \frac{a}{2} \right) \right]$$

Si : $a > t$ la sección geoméricamente trabaja como SECCION "T" .

$$M_{ur} = F.R. \left[T_{spf} \left(d_{sp} - \frac{t}{2} \right) + T_{spw} \left(d_{sp} - \frac{a}{2} \right) \right]$$

En donde ;

$$T_{spf} = A_{spf} (f_{sp})$$

$$T_{spw} = A_{spw} (f_{sp})$$

$$A_{spw} = A_{sp} - A_{spf}$$

$$A_{spf} = \frac{(b_e - b') (t) (f_c^n)}{f_{sp}}$$

$$a = \frac{A_{spw} (f_{sp})}{(b') (f_c^n)}$$

b' = ancho del alma de la viga

b_e = ancho efectivo

Conociendo las expresiones anteriores, se hace un programa para computadora (programa MUR), para calcular el Momento Ultimo Resistente (M_{ur}).

SECCION	M_a (ton.m)	Peralte (cm)	d_{sp} (cm)	a_{sp} (cm ²)
A-A	0.0	50.00	47.00	1.65
B-B	9.27	56.00	53.00	2.75
C-C	16.15	61.25	58.25	3.85
D-D	24.07	67.50	63.30	5.50
E-E	31.23	73.75	69.55	5.50
F-F	37.64	80.00	75.33	6.60
G-G	43.29	86.25	81.58	6.60
H-H	48.20	92.50	87.83	6.60
I-I	52.34	98.75	94.08	6.60
J-J	55.74	105.00	100.33	6.60
K-K	58.37	111.25	106.58	6.60
L-L	60.26	117.50	112.83	6.60
M-M	61.39	123.75	119.08	6.60
N-N	61.77	130.00	125.33	6.60

A continuación se enlistan los resultados del programa "MUR"

SECCION	" a " (cm)	M_{ur} (ton.m)	M_{ua} (ton.m)
A-A	4.30 < t	12.04	> 0.0
B-B	6.99 "	21.61	" 12.98
C-C	9.58 "	31.98	" 22.61
D-D	13.26 "	46.92	" 33.70
E-E	13.42 "	52.66	" 43.72
F-F	15.89 "	66.87	" 52.70
G-G	16.06 "	73.76	" 60.61
H-H	16.20 "	80.66	" 67.48
I-I	16.32 "	87.58	" 73.28
J-J	16.43 "	94.52	" 78.04
K-K	16.53 "	101.47	" 81.72
L-L	16.61 "	108.43	" 84.36
M-M	16.69 "	115.40	" 85.95
N-N	16.76 "	122.37	" 86.48

Como en todas las secciones resultó que $M_{ur} \geq M_{ua}$, se concluye que todas las secciones están correctamente diseñadas.

c) Obtención del tipo de falla potencial.

El reglamento propone que para que la falla que se presenta sea potencialmente "DUCTIL", se deberá cumplir la siguiente condición :

$$E_i + E_{sp} \geq E_{yp} / 0.75$$

E_i = Deformación en el centroide del acero de presfuerzo debido al tensado de los cables, tomando en cuenta las pérdidas.

E_{sp} = Deformación en el centroide del acero de presfuerzo debido a la flexión, al momento de llegar a la resistencia.

E_{yp} = 0.01 (valor que propone el A.S.T.M.)

c.1) Obtención de la deformación (E_i)

$$E_i = \frac{0.7(K)(f_{sr})}{E_{sp}}$$

$$K = 0.8$$

$$f_{sr} = 18893 \text{ kg/cm}^2$$

$$E_{sp} = 1.9 \times 10^6 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{por ser torones})$$

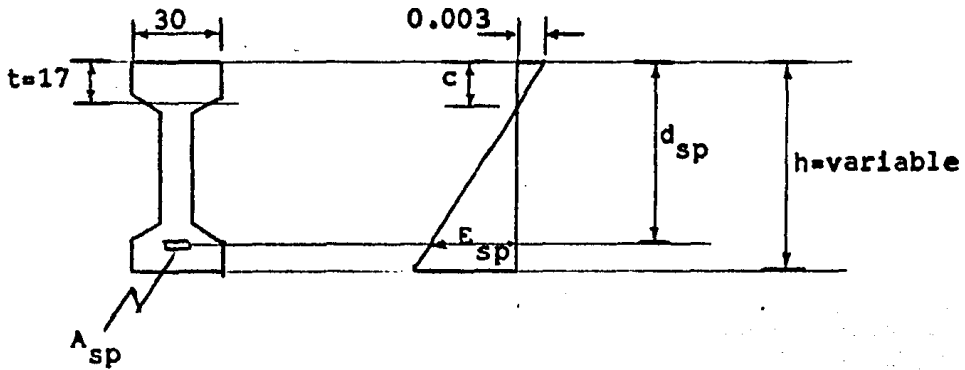
$$E_i = \frac{0.7(0.8)(18983)}{1.9 \times 10^6} = 0.005595$$

$$E_i = 0.0056$$

Esta deformación es constante en todas las secciones de la viga.

C.2) Obtención de la deformación (E_{sp})

Para obtener ésta deformación se hará uso de el equilibrio interno de las secciones .



Por triángulos semejantes

$$\frac{0.003}{c} = \frac{E_{sp}}{d_{sp} - c}$$

despejando la deformación (E_{sp}) de la igualdad , resulta :

$$E_{sp} = \frac{d_{sp} - c}{c} (0.003)$$

c.3) Obtención de la deformación ($E_{yp}/0.75$)

$$E_{yp} = 0.01 \text{ (Valor que propone el A.S.T.M.)}$$

$$\frac{E_{yp}}{0.75} = \frac{0.01}{0.75} = 0.0133$$

Esta deformación es constante en todas las secciones .

Conociendo lo anterior se puede calcular la deformación (E_{sp}) con los siguientes datos :

Sección	Peralte (cm)	d_{sp} (cm)	c (cm)
A-A	50.00	47	5.375
B-B	56.00	53	8.737
C-C	61.25	58.25	11.976
D-D	67.50	63.60	16.584
E-E	73.75	69.55	16.775
F-F	80.00	75.33	19.866
G-G	86.25	81.58	20.073
H-H	92.50	87.83	20.251
I-I	98.75	94.08	20.405
J-J	105.00	100.33	20.540
K-K	111.25	106.58	20.659
L-L	117.50	112.83	20.765
M-M	123.75	119.08	20.860
N-N	130.00	125.33	20.945

Haciendo la comparación de $E_i + E_{sp} \geq E_{yp} / 0.75$

Sección	E_{sp}	$E_i + E_{sp}$	$E_{yp} / 0.75$
A-A	0.02323	0.0288	> 0.0133
B-B	0.015198	0.0208	" 0.0133
C-C	0.01159	0.0172	" 0.0133
D-D	0.008505	0.0141	" 0.0133
E-E	0.009438	0.01504	" 0.0133
F-F	0.00838	0.0140	" 0.0133
G-G	0.00919	0.0148	" 0.0133
H-H	0.01001	0.0156	" 0.0133
I-I	0.01083	0.0164	" 0.0133
J-J	0.0116	0.0173	" 0.0133
K-K	0.0125	0.0181	" 0.0133
L-L	0.0133	0.0189	" 0.0133
M-M	0.0141	0.0197	" 0.0133
N-N	0.0150	0.02055	" 0.0133

c.4) Comparación de deformaciones

Como resultó que $(E_1 + E_{sp} > E_{yp}/0.75)$ en todas Secciones, se concluye lo siguiente :

LA FALLA ES POTENCIALMENTE DUCTIL EN TODAS LAS SECCIONES

I.3) REVISION POR ACERO MINIMO

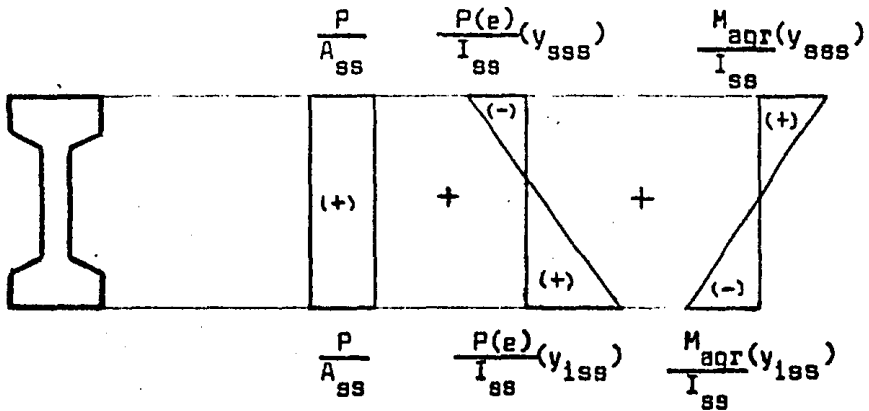
El reglamento del ACI propone que para hacer la revisión por acero mínimo, se realice considerando la siguiente expresión :

$$M_{ur} \geq 1.2 (M_{agrietamiento})$$

La cual implica que si ésta condición se cumple, se considera que el diseño esta correcto .

a) Cálculo del momento de agrietamiento ($M_{agriet.}$)

módulo de ruptura del concreto = $2 \sqrt{f'_c}$



$$f_{iss} = \frac{P}{A_{ss}} + \frac{P(e)}{I_{ss}} (y_{iss}) - \frac{M_{agr}}{I_{ss}} (y_{iss}) = - 2\sqrt{f'_c}$$

$$M_{agriet.} = \left[\frac{P}{A_{ss}} + \frac{P(e)}{I_{ss}} (y_{iss}) + 2\sqrt{f'_c} \right] \frac{I_{ss}}{y_{iss}}$$

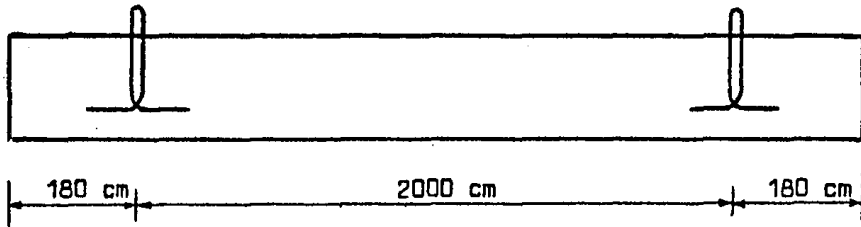
Conociendo la expresión anterior para calcular el momento de agrietamiento (M_{agr}) en cada Sección y siendo (M_{UR}) de cada Sección conocido, se hace la comparación de momentos :

Sección	M_{UR} (Ton.m)	$1.2M_{agr}$ (Ton.m)
A-A	12.04	12.00
B-B	21.61	19.08
C-C	31.21	28.01
D-D	46.49	41.02
E-E	60.02	45.76
F-F	66.87	58.17
G-G	73.76	63.64
H-H	80.66	69.13
I-I	87.58	74.75
J-J	94.52	80.18
K-K	101.47	85.72
L-L	108.43	91.29
M-M	115.40	96.89
N-N	122.37	102.53

Como resultó que $M_{UR} \geq 1.2 M_{agr}$ en todas las Secciones, luego entonces se concluye que es correcta la cantidad de acero de presfuerzo en cada Sección.

I.4) REVISION POR IZADO

Se considera la siguiente separación entre ganchos de izado :



a) Cálculo del diámetro del torón para los ganchos de izado

$$a_{sp} = \frac{4(W_{viga})}{2(2)(0.7)f_{sp}}$$

$$W_{viga} = w_{pp}(L) = 0.402(25.6) = 10.29 \text{ ton}$$

$$f_{sp} = 17266.7 \text{ kg/cm}^2 \quad (\text{sección C-C})$$

$$a_{sp} = \frac{4(10290)}{2(2)(0.7)(17266.7)} = 0.85 \text{ cm}^2$$

Como se requiere de una área de acero de presfuerzo de 0.85 cm^2 se usarán torones de $\phi \frac{1''}{2}$

$$\text{torones de } \phi \frac{1''}{2} \quad a_{sp} = 1.03 \text{ cm}^2$$

$$a_{sp} = 1.03 \text{ cm}^2 > 0.85 \text{ cm}^2$$

b) Cálculo de la longitud de anclaje para el torón

Por especificación se requiere lo siguiente :

L anclaje \geq 40 diámetros

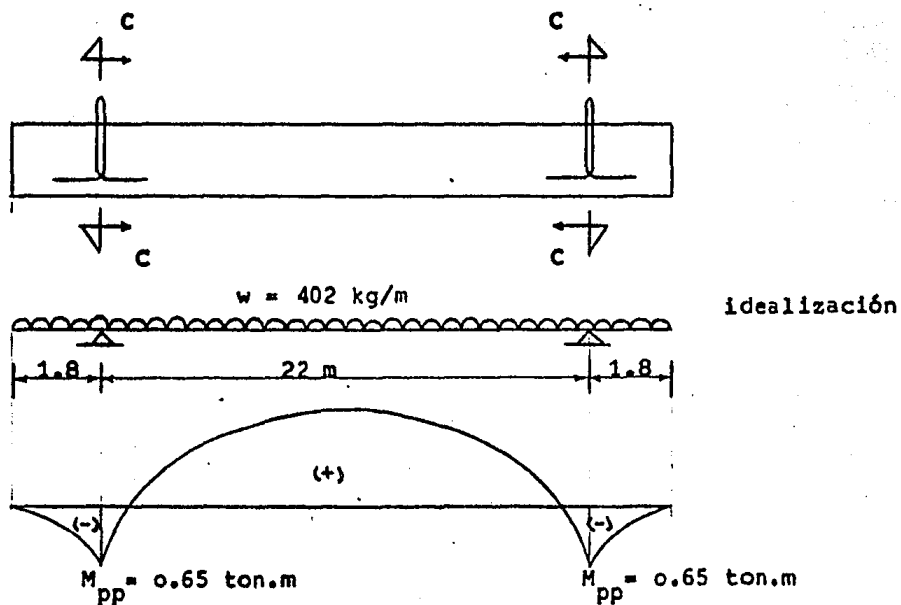
torón $\frac{1}{2}''$ $\phi = 1.27$ cm

L anclaje = 40 (1.27) = 50.8 cm

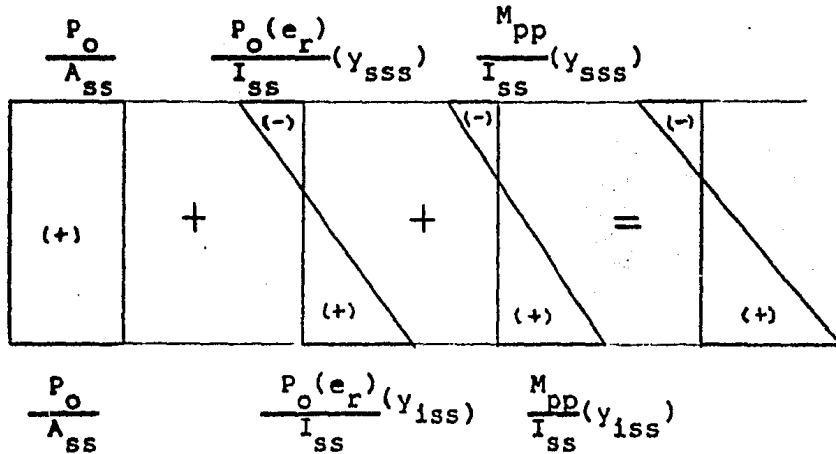
Para mayor seguridad se tomará :

L anclaje = 100 cm

c) Revisión de esfuerzos



c.1) Diagrama representativo de los esfuerzos que se presentan en la sección C-C (Sección de los ganchos de izado).



c.2) Determinación de los esfuerzos que se presentan en la sección C-C.

$$\text{Compresión} \quad f_{iss} = \frac{P_o}{A_{ss}} + \frac{P_o(e_r)}{I_{ss}}(y_{iss}) + \frac{M_{pp}(-)(y_{iss})}{I_{ss}}$$

$$\text{Tensión} \quad f_{sss} = \frac{P_o}{A_{ss}} - \frac{P_o(e_r)}{I_{ss}}(y_{sss}) - \frac{M_{pp}(-)(y_{sss})}{I_{ss}}$$

Datos :

$P_o = 51158.8 \text{ Kg}$ (puesto que únicamente trabajan 7 torones.)

$$A_{ss} = 1106 \text{ cm}^2$$

$$I_{ss} = 490600 \text{ cm}^4$$

$$Y_{iss} = 32.94 \text{ cm}$$

$$Y_{sss} = 28.31 \text{ cm}$$

$$e_r = 29.94 \text{ cm}$$

$$M_{pp} = 65124 \text{ Kg.cm}$$

$$f_{iss} = \frac{51158.8}{1106} + \frac{51158.8(29.94)(32.94)}{490600} + \frac{65124(32.94)}{490600}$$

$$f_{iss} = 153.47 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sss} = \frac{51158.8}{1106} - \frac{51158.8(29.94)(28.31)}{490600} - \frac{65124(28.31)}{490600}$$

$$f_{sss} = -45.89 \text{ Kg/cm}^2$$

c.3) Determinación de esfuerzos permisibles

Compresión :

$$0.6(f'_{c1}) = 0.6(280) = 168 \text{ Kg/cm}^2 \quad (+)$$

Tensión :

$$\sqrt{f'_{c1}} = \sqrt{280} = 16.73 \text{ Kg/cm}^2 \quad (-)$$

c.4) Comparación de esfuerzos en la sección C-C (Sección de los ganchos de izado) .

Compresión :

$$f_{iss} = 153.47 \text{ Kg/cm}^2 < f_p = 168 \text{ Kg/cm}^2$$

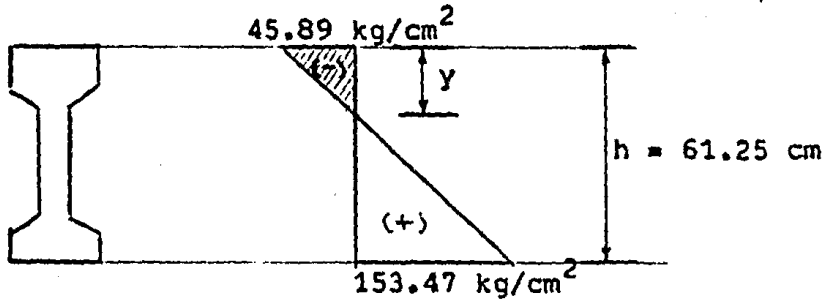
Tensión :

$$f_{sss} = 45.89 \text{ Kg/cm}^2 > f_p = 16.73 \text{ Kg/cm}^2$$

Como se puede observar , en la fibra superior existe un esfuerzo superior al permisible , lo cual se solucionará colocando acero de refuerzo en la parte superior de la trabe que tome el esfuerzo de tensión existente .

c.5) Cálculo del área de acero de refuerzo

Esfuerzos que se presentan :



Por triángulos semejantes se tiene :

$$\frac{153.47 + 45.89}{61.25} = \frac{45.89}{y}$$

despejando " y " se obtiene

$$y = 14.10 \text{ cm}$$

Luego entonces , la fuerza de refuerzo está dada por :

$$F_{\text{ref}} = \frac{45.89 (14.10) (30)}{2} = 9705.7 \text{ Kg.}$$

El área de acero de refuerzo será :

$$a_s = \frac{F_{\text{ref}}}{0.5 F_y}$$

$$a_s = \frac{9705.7}{0.5 (4200)} = 4.62 \text{ cm}^2 \quad \text{usando vars. \# 4 (} a_v = 1.27 \text{ cm}^2)$$

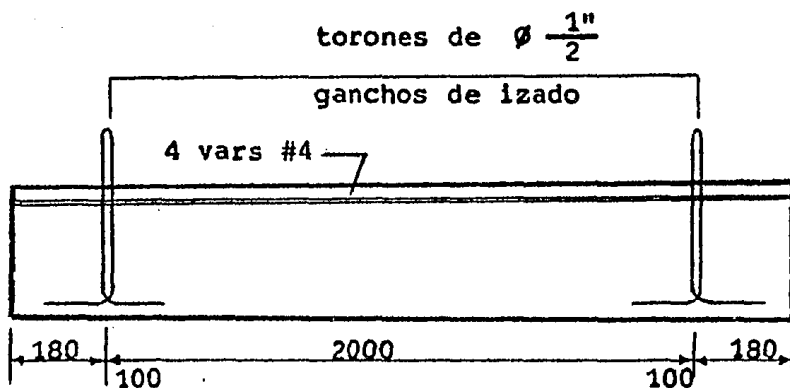
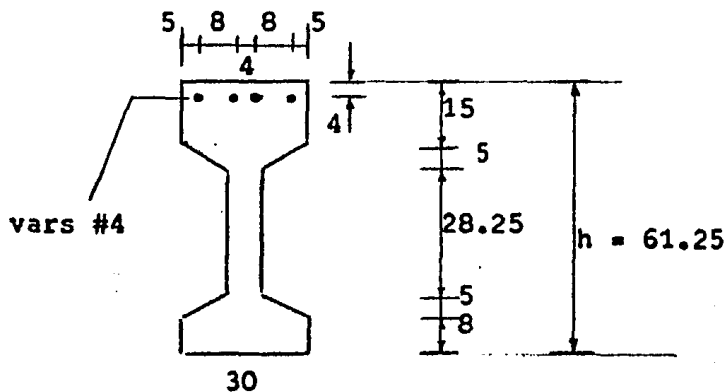
$$\text{No. vars.} = \frac{4.62}{1.27} = 3.64 \Rightarrow 4 \text{ vars. \# 4}$$

$$a_s = 4 (1.27) = 5.08 \text{ cm} > 4.61 \text{ cm}^2$$

Se usarán 4 vars. del # 4 , las cuales son las mismas 4 vars. de la revisión de esfuerzos permisibles (2a. Etapa) que van corridas a todo lo largo de la viga .

c.7) Conclusiones de la revision de izado (Sección C-C)

- 1) Se usarán ganchos de izado (torones de $\varnothing \frac{1}{2}$ ")
- 2) Se colocarán 4 vars. # 4 en la parte superior de la ___ sección de los ganchos de izado , corridos a todo lo largo de la viga .



acotaciones en cm.

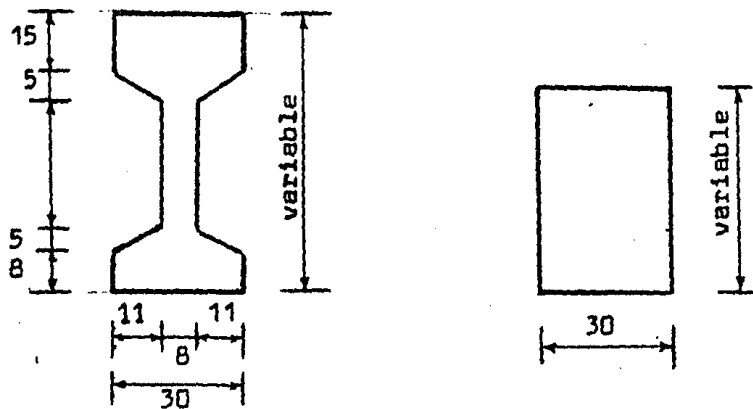
DISEÑO POR FUERZA CORTANTE

I.1) DIMENSIONAMIENTO Y REVISION POR EL METODO DE RESISTENCIA.

a) Características geométricas de las secciones.

Secciones C-C a la N-N

Secciones A-A y B-B



b) Obtención de la fuerza cortante que toma el concreto (V_c)

La fuerza cortante que toma el concreto está determinada, por el tipo de sección, para este caso se tiene :

Sección Rectangular

$$V_c = F.R.(b)(d) \left[0.15\sqrt{f_c'} + 50(d_t) \frac{V_a}{M_a} \right]$$

Sección "I"

$$V_c = F.R.(b'd + a^2) \left[0.15\sqrt{f_c'} + 50(d_t) \frac{V_a}{M_a} \right]$$

Para : $h \leq 1 \text{ m}$ $\frac{h}{b} \leq 6$ $\frac{h}{b'} \leq 6$

b.2) Expresiones de Cortante

F.R. = factor de reducción.

b = ancho del patín.

d = distancia del centroide del acero de presfuerzo en tensión, a la fibra extrema en compresión.

d_t = distancia del centroide del acero de presfuerzo total, a la fibra extrema en compresión.

$$f_c^* = 0.8 f_c'$$

b' = ancho del alma.

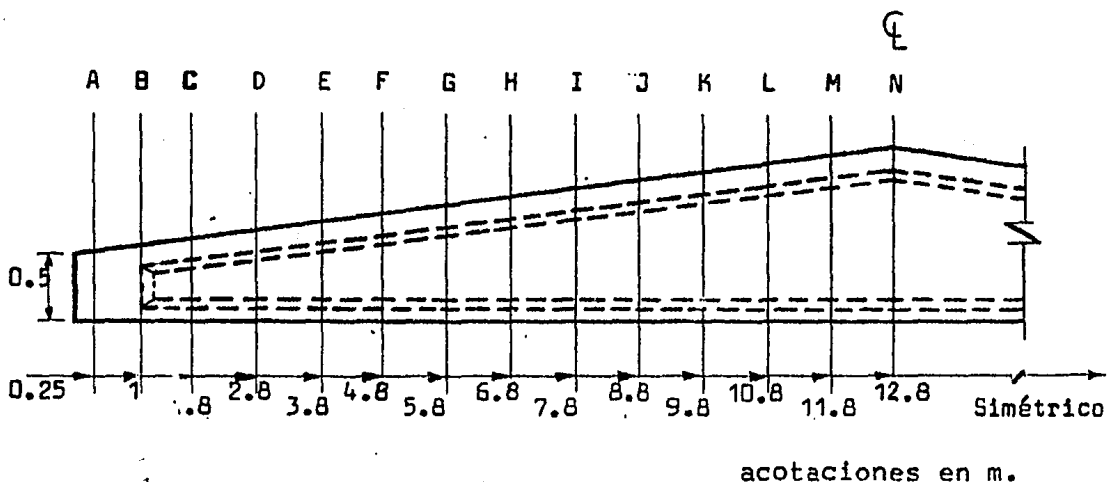
a = profundidad del bloque de esfuerzos.

V_a = Fuerza cortante en la sección.

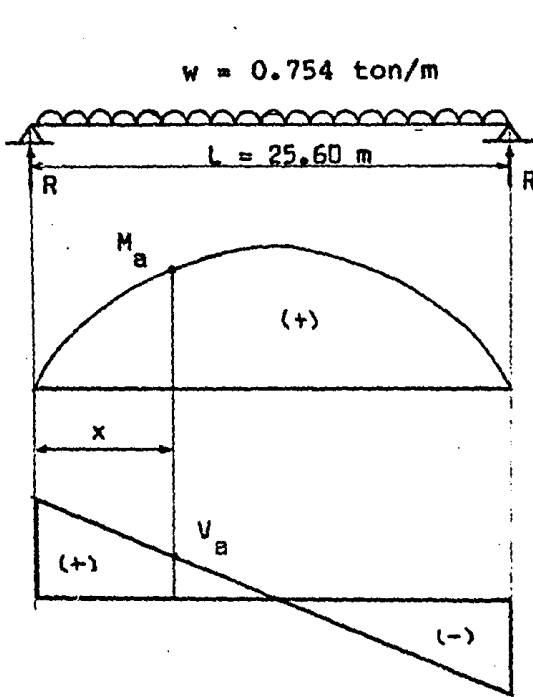
M_a = Momento flexionante actuante en la sección.

Nota : En este problema, d y d_t son iguales por existir solamente acero de presfuerzo en tensión.

c.2) Secciones que hay que revisar por fuerza cortante.



c.1) Elementos mecánicos actuantes.



$$R = \frac{w(L)}{2}$$

$$M_a = \frac{w(x)(L-x)}{2}$$

$$M_a = 0.377x(25.6 - x)$$

$$V_a = R - w(x)$$

$$V_a = 9.651 - 0.754x$$

SECCION	distancia "x" (m)	M_a (ton.m)	V_a (ton.m)
A-A	0.25	2.39	9.463
B-B	1.00	9.27	8.897
C-C	1.80	16.15	8.294
D-D	2.80	24.07	7.540
E-E	3.80	31.23	6.786
F-F	4.80	37.64	6.032
G-G	5.80	43.29	5.278
H-H	6.80	48.20	4.524
I-I	7.80	52.34	3.770
J-J	8.80	55.74	3.016
K-K	9.80	58.37	2.262
L-L	10.80	60.26	1.508
M-M	11.80	61.39	0.754
N-N	12.80	61.77	0.000

d) Dimensionamiento y Revisión por fuerza cortante

d.1) Datos

Utilizaremos estribos de 5/16 in. (2 ramas)

$$a_s = 0.49 \text{ cm}^2$$

$$A_v = 2(0.49) = 0.98 \text{ cm}^2$$

d.2) Separación de estribos

Separación de estribo requerida para cálculo

$$S_1 = \frac{F.R.(A_v) f_y (d)}{V_{ua} - V_c}$$

Separación de estribos por especificaciones

d.2.1) Area mínima

Sección rectangular

$$S_2 = \frac{F.R.(A_v)(f_y)}{3.5(b)}$$

Sección "I"

$$S_2 = \frac{F.R.(A_v)(f_y)}{3.5(b')}$$

d.2.2) Separación de estribos (S_3)

Sección rectangular

$$S_3 = 0.75 (h) \quad \text{Si } V_{ua} \leq 1.5 F.R.(b)(d) \sqrt{f'_c}$$

Sección "I"

$$S_3 = 0.75 (h) \quad \text{Si } V_{ua} \leq 1.5 F.R. (b'd + a^2) \sqrt{f'_c}$$

d.2.3) Separación de estribos (S_4)

Sección Rectangular

$$S_4 = 0.375 h \quad \text{si } V_{ua} > 1.5F.R.(b)(d)\sqrt{f'_c}$$

Sección "I"

$$S_4 = 0.375 h \quad \text{si } V_{ua} > 1.5F.R.(b'd+a^2)\sqrt{f'_c}$$

d.3) Especificaciones generales sobre fuerza cortante.

Sección Rectangular

Si	$V_{ua} \leq 2.5F.R.b(d)\sqrt{f'_c}$	sección correcta
Si	$V_{ua} > 2.5F.R.b(d)\sqrt{f'_c}$	sección insuficiente

Sección "I"

Si	$V_{ua} \leq 2.5 F.R.(b'd+a^2)\sqrt{f'_c}$	sección correcta
Si	$V_{ua} > 2.5 F.R.(b'd+a^2)\sqrt{f'_c}$	sección insuficiente

d.4) Cortantes máximos y mínimos que resiste el concreto.

Sección Rectangular

$$V_c \text{ máx} = 1.3 F.R.b(d)\sqrt{f'_c}$$

$$V_c \text{ mín} = 0.3 F.R.b(d)\sqrt{f'_c}$$

Sección "I"

$$V_c \text{ máx} = 1.3 F.R.(b'd + a^2)\sqrt{f'_c}$$

$$V_c \text{ mín} = 0.3 F.R.(b'd + a^2)\sqrt{f'_c}$$

d.5) Constantes de cálculo.

Para calcular todas las expresiones para el dimensionamiento y revisión, se usa un programa para computadora que -- llamaré "CORTANTE" el cual se enlista en el Apéndice.

Datos :

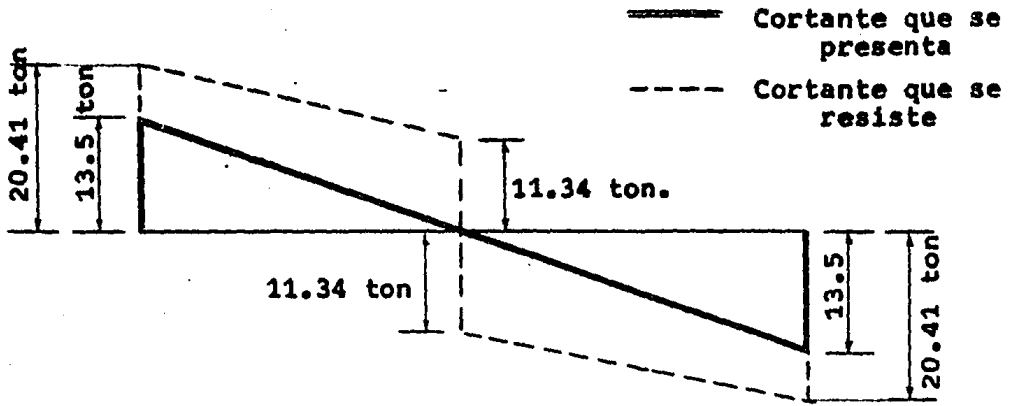
$$\begin{aligned} b' &= 8 \text{ cm} \\ f_c^* &= 280 \text{ kg/cm}^2 \\ F.R. &= 0.8 \\ A_v &= 0.98 \text{ cm}^2 \\ f_y &= 4200 \text{ kg/cm}^2 \\ b &= 30 \text{ cm} \end{aligned}$$

SECCION	"d" (m)	PERALTE (h) (m)	" a " (cm)
A-A	0.4900	0.52	4.30
B-B	0.5300	0.56	6.99
C-C	0.5825	0.6125	9.56
D-D	0.6330	0.6750	13.27
E-E	0.6955	0.7375	13.42
F-F	0.7533	0.8000	15.89
G-G	0.8158	0.8625	16.06
H-H	0.8783	0.9250	16.20
I-I	0.9408	0.9875	16.32
J-J	1.0033	1.0500	16.43
K-K	1.0658	1.1125	16.53
L-L	1.1283	1.1750	16.61
M-M	1.1908	1.2375	16.69
N-N	1.2533	1.3000	16.76

a continuación se da la tabla de resultados :

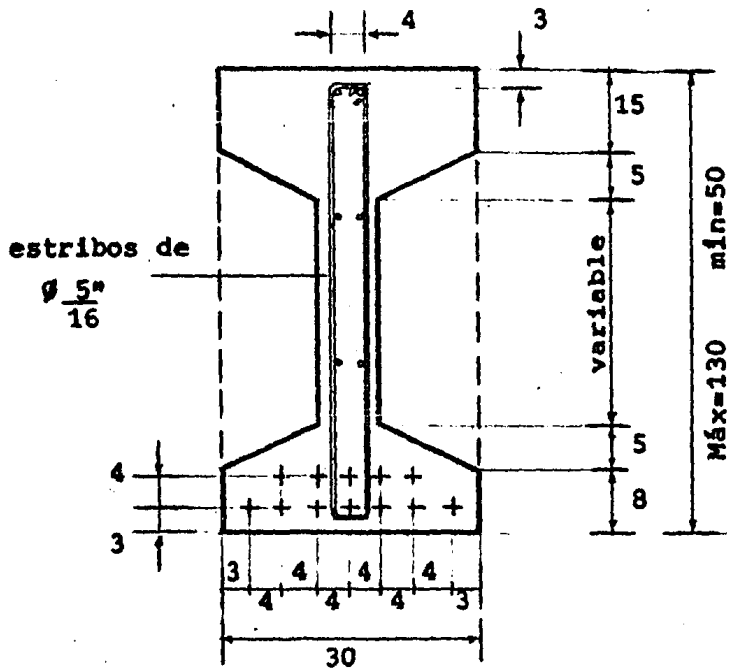
Sección Concepto	A ($\frac{h}{g}$)	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	Especificación
V _r	9.463	8.897	8.294	7.54	6.786	6.032	5.278	4.524	3.77	3.016	2.268	1.508	0.754	0	Ver inciso (C.1)
V _u = 1.4 V _c	13.25	12.46	11.61	10.56	9.50	8.44	7.39	6.33	5.28	4.22	3.17	2.11	1.06	0	
Comentario	S.C.	S.C.	S.C.	S.C.	S.C.	S.C.	S.C.	S.C.	S.C.	S.C.	S.C.	S.C.	S.C.	S.C.	inciso d.3
M _u (T.m)	2.39	9.27	16.15	24.07	31.23	37.64	43.29	48.20	52.34	55.74	58.37	60.26	61.39	61.77	inciso c.1
V _c (Ton)	12.34	4.24	1.02	0.97	0.91	0.96	0.94	0.93	0.92	0.91	0.90	0.88	0.85	0.82	inciso (b)
V _c mín (Ton)	5.90	6.39	2.24	2.74	2.96	3.43	3.66	3.88	4.09	4.31	4.52	4.73	4.94	5.15	inciso (d.4)
V _c max (Ton)	25.56	27.67	9.70	11.88	12.82	14.88	15.85	16.79	17.73	18.67	19.59	20.51	21.43	22.34	inciso (d.4)
V _c comp (Ton)	12.54	6.39	2.24	2.74	2.96	3.43	3.66	3.88	4.09	4.31	4.52	4.73	4.94	5.15	
V _c definitivo	12.34	6.39	2.24	2.74	2.96	3.43	3.66	3.88	4.09	4.31	4.52	4.73	4.94	5.15	*h/m h/b > 6
V = V _u - V _c	0.91	6.07	9.37	7.82	6.54	5.01	3.77	2.45	1.19	--	0.46	--	--	--	
Separación req. (S1)	177.3	28.75	20.47	26.65	35.02	49.51	72.02	115	210.3	--	76.3	--	--	--	inciso (d.2)
(S2) (cm)	31.4	31.4	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	116	inciso (d.2.1)
V compaf. (Ton)	29.52	31.93	11.19	13.7	14.79	17.17	18.28	19.38	20.46	21.54	22.61	23.66	24.72	25.77	inciso (d.3)
Separación S ₂ O.S.4	39	42	23	51	55	60	65	69	74	79	83	88	93	98	incisos (d.2.2, d.2.3)
Sep teorica S ₂ S ₂ S ₂ S ₂	31	28	20	26	35	49	64	69	74	76	85	88	93	98	
Separación definitiva	20	20	20	20	25	30	50	50	50	50	50	50	50	50	
V _r = V _u - V _c	8.07	8.73	9.59	10.42	9.16	8.27	5.37	5.78	6.20	6.61	7.02	7.43	7.84	8.25	
V _u = V _r + V _c	20.41	15.12	11.83	13.17	12.12	11.7	9.03	9.66	10.29	10.92	9.73	10.27	10.8	11.34	Corriente último Res.
Comparación V _u > V _u	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	Secciones correctas

d.6) DIAGRAMA DE CAPACIDAD DE CORTANTE

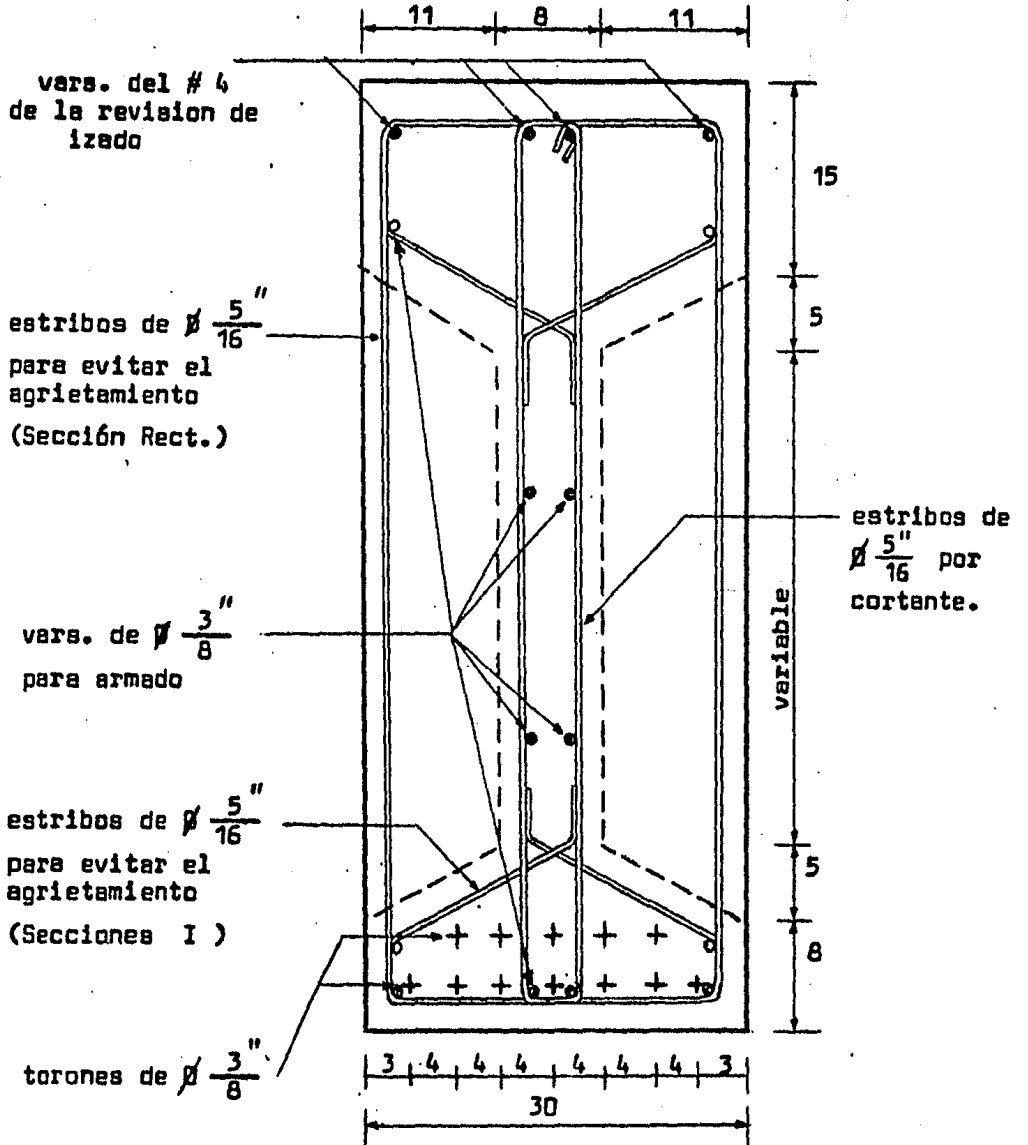


d.7) Armado por cortante

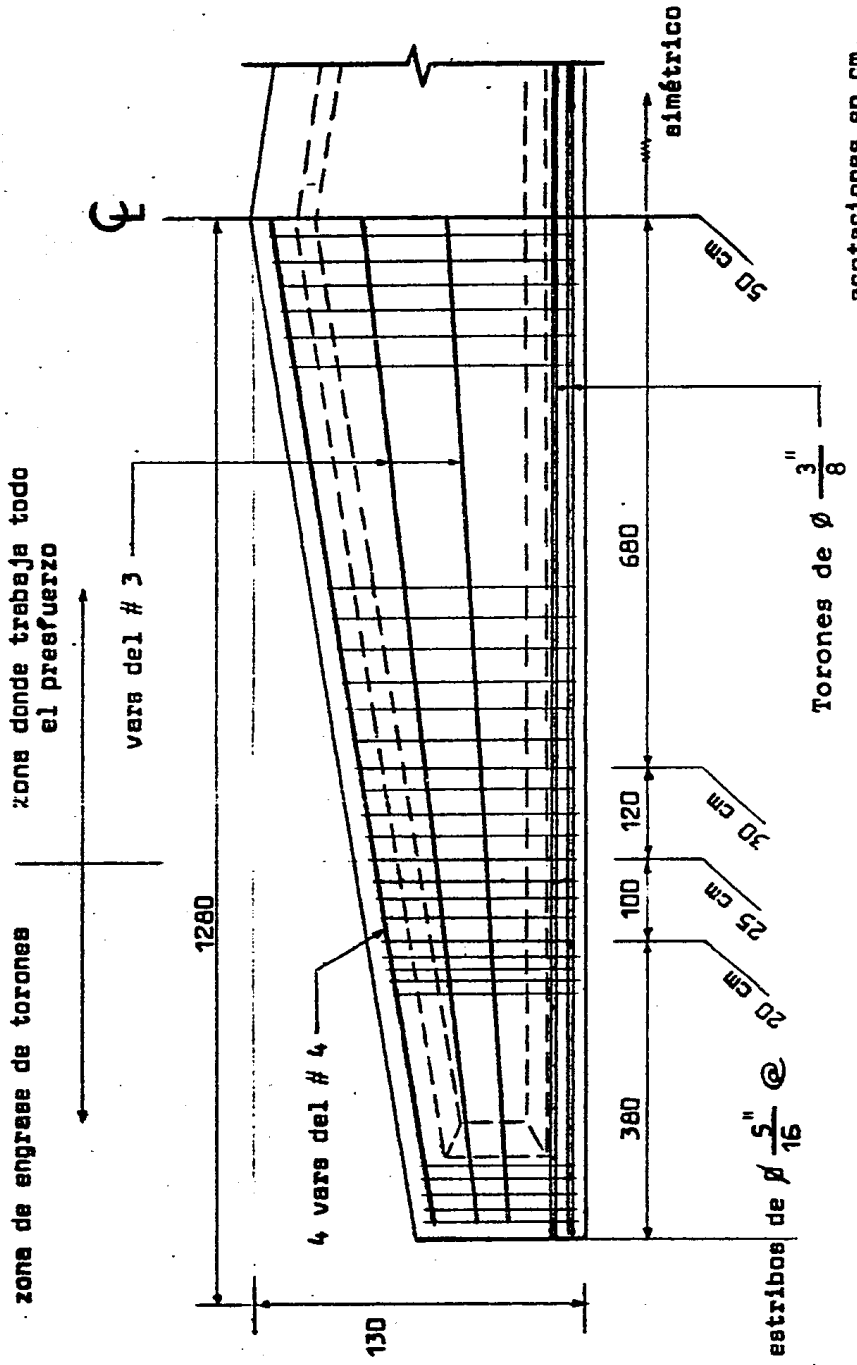
Sección transversal



ARMADO FINAL, SECCION TRANSVERSAL



armado : SECCION LONGITUDINAL (para ambos extremos)

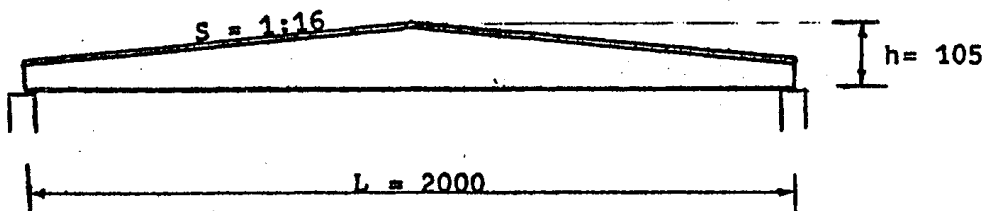
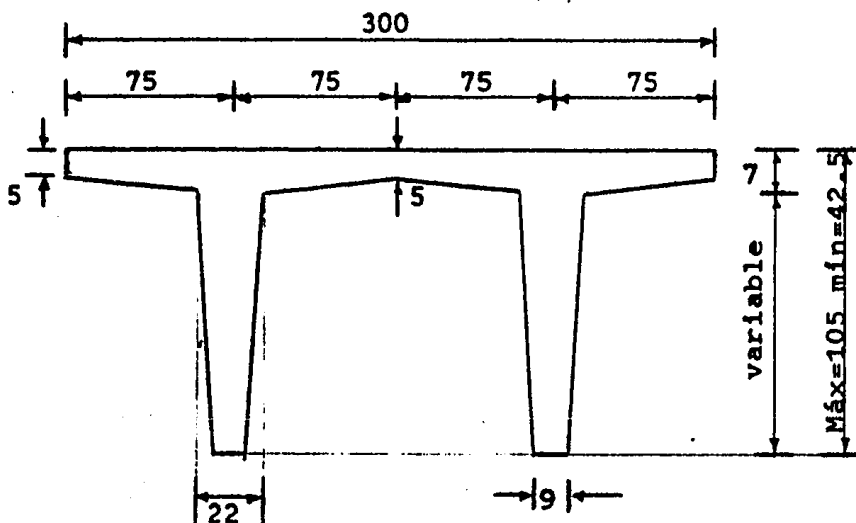


PROBLEMA No. II

ENUNCIADO :

**" DISEÑO DE UNA VIGA DOBLE T
PRESFORZADA DE PERALTE
VARIABLE "**

CARACTERISTICAS GEOMETRICAS



acotaciones en cm.

DATOS

$$W_{cv} = 60 \text{ Kg/m}^2 \quad (\text{por reglamento})$$

$$W_{scm} = 40 \text{ Kg/m}^2 \quad (\text{por reglamento})$$

$$W_{imp} = 15 \text{ Kg/m}^2$$

$$W_{enladrillado} = 30 \text{ Kg/m}^2$$

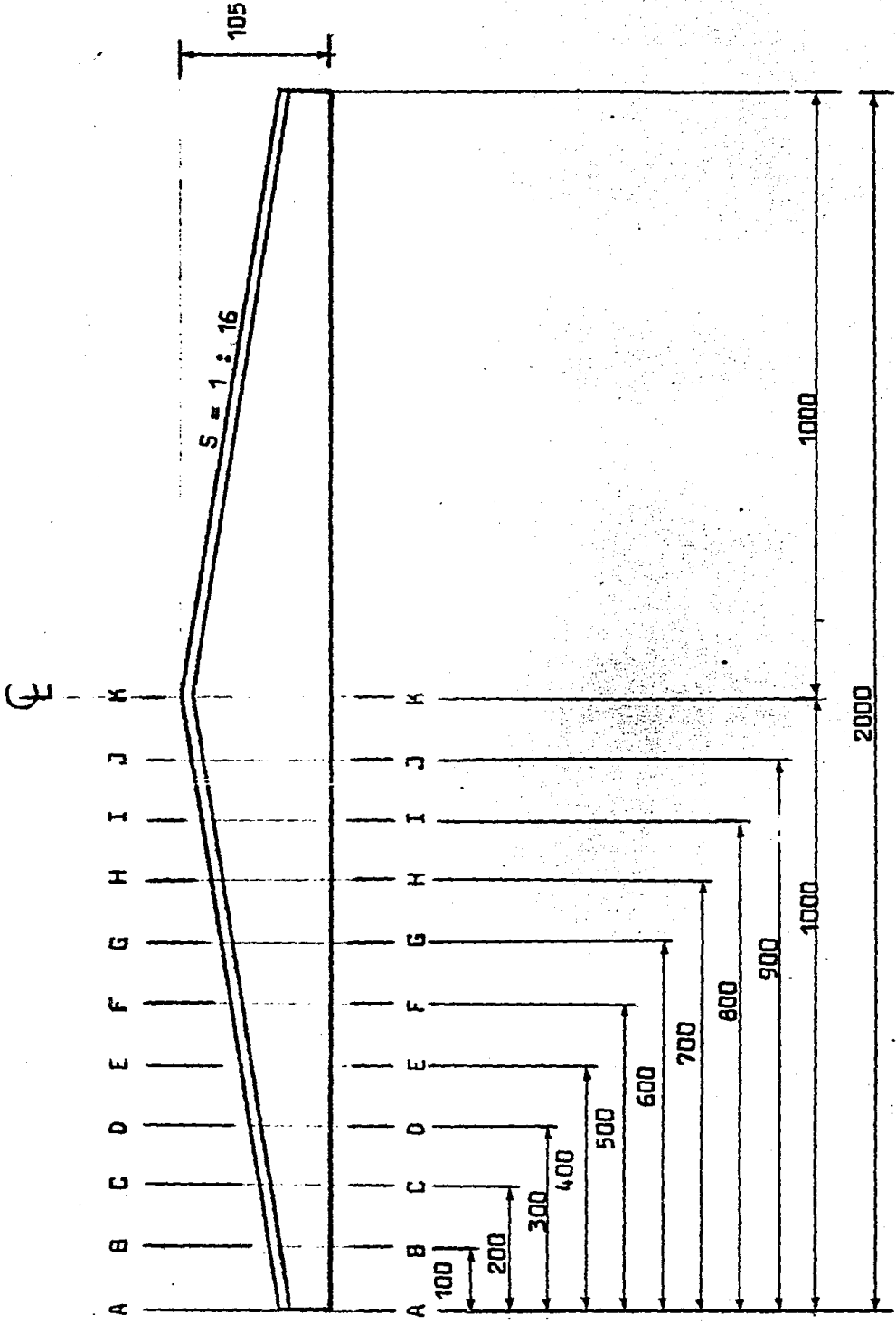
$$W_{pp} = 1127 \text{ Kg/m}$$

$$\text{Concreto : } f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Acero de refuerzo : } f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

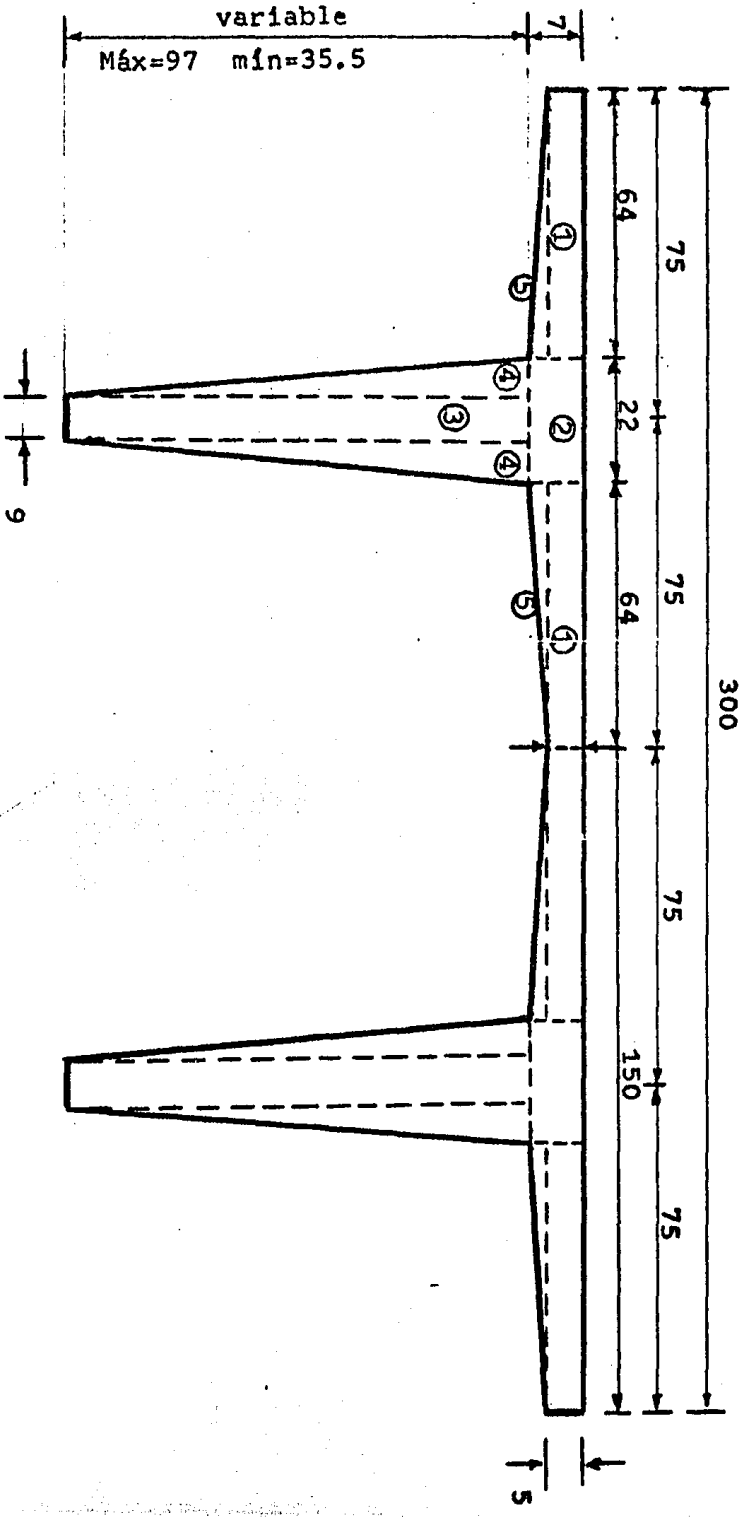
$$\text{Acero de presfuerzo : } f_r = 270 \text{ K} = 18\,983 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Torones : } \phi \frac{1}{2} \text{ in } (a_{sp} = 1.03 \text{ cm}^2)$$



acotaciones en cm.

SECCION TRANSVERSAL



acotaciones en cm.

DISEÑO POR FLEXION

II.1) DIMENSIONAMIENTO Y REVISION POR ESFUERZOS PERMISIBLES

a) Características Geométricas

Las características geométricas se calculan para la mitad de la sección doble "T" y luego se multiplican por dos. Se utiliza el programa "SECC", a continuación se da la tabla de resultados :

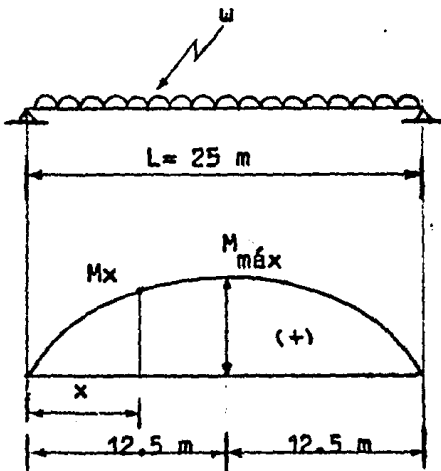
Sección	Peralte (cm)	A_{ss} (cm ²)	I_{ss} (cm ⁴)	Y_{iss} (cm)	Y_{sss} (cm)
A-A	42.50	2944.5	368000	32.23	10.27
B-B	48.75	3138.3	546300	36.63	12.12
C-C	55.00	3332.0	771000	40.93	14.07
D-D	61.25	3525.8	1046400	45.16	16.09
E-E	67.50	3719.5	1376800	49.31	18.19
F-F	73.75	3913.3	1765900	53.40	20.35
G-G	80.00	4107.0	2217600	57.45	22.55
H-H	86.25	4300.8	2736050	61.45	24.80
I-I	92.50	4494.5	3324600	65.41	27.09
J-J	98.75	4688.3	3987300	69.34	29.41
K-K	105.00	4882.0	4727800	73.24	31.76

b) Determinación de cargas

Obtención de la carga total por metro lineal (3a. Etapa)

$$\begin{aligned}
 W_{cv} &= 60 \text{ Kg/m}^2 (3 \text{ m}) = 180 \text{ Kg/m} \\
 W_{scm} &= 40 \text{ Kg/m}^2 (3 \text{ m}) = 120 \text{ Kg/m} \\
 W_{imp} &= 15 \text{ Kg/m}^2 (3 \text{ m}) = 45 \text{ Kg/m} \\
 W_{enladrillado} &= 30 \text{ Kg/m}^2 (3 \text{ m}) = 90 \text{ Kg/m} \\
 W_{pp} &= 1127 \text{ Kg/m} \quad = \underline{1127 \text{ Kg/m}} \\
 W_{total} &= 1562 \text{ Kg/m}
 \end{aligned}$$

c) Determinación de momentos actuantes (por medio del programa " M O M ") .



$$M_x = \frac{w(x)}{2} (L - x)$$

para $x = \frac{L}{2}$

2a. Etapa :

$$w = 1.127 \text{ ton/m}$$

3a. Etapa :

$$w = 1.562 \text{ ton/m}$$

c.1) Momentos actuantes debidos al peso propio (M_{pp})

Sección	Distancia "x" (m)	M_{pp} (Ton-m)
A-A	0.0	0.00
B-B	1.0	10.71
C-C	2.0	20.29
D-D	3.0	28.74
E-E	4.0	36.06
F-F	5.0	42.26
G-G	6.0	47.34
H-H	7.0	51.28
I-I	8.0	54.10
J-J	9.0	55.79
K-K	10.0	56.35

c.2) Momentos actuantes (3a. Etapa)

Sección	Distancia "x" (m)	M_a (Ton.m)
A-A	0.0	0
B-B	1.0	14.84
C-C	2.0	28.12
D-D	3.0	39.83
E-E	4.0	50.00
F-F	5.0	58.58
G-G	6.0	65.60
H-H	7.0	71.07
I-I	8.0	74.98
J-J	9.0	77.32
K-K	10.0	78.10

d) Determinación de esfuerzos permisibles

La resistencia a compresión del concreto a la edad en que ocurre la transferencia de esfuerzos del acero de prefuerzo al concreto es:

$$f'_{ci} = 0.8 f'_c$$

$$f'_c = 350 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f'_{ci} = 0.8(350) = 280 \text{ Kg/cm}^2$$

d.1) En el concreto (inmediatamente después de la transferencia de esfuerzos)

$$\text{Compresión : } 0.6 f'_{ci} = 0.6(280) = 168 \text{ Kg/cm}^2 (+)$$

$$\text{Tensión : } \sqrt{f'_{ci}} = \sqrt{280} = 16.73 \text{ Kg/cm}^2 (-)$$

d.2) En el concreto (en condiciones de servicio)

$$\text{Compresión : } 0.45 f'_c = 0.45(350) = 157.5 \text{ Kg/cm}^2 (+)$$

$$\text{Tensión : } 1.6\sqrt{f'_c} = 1.6\sqrt{350} = 29.9 \text{ Kg/cm}^2 (-)$$

d.3) En el acero de refuerzo

$$f_p = 0.5 f_y$$

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_p = 0.5(4200) = 2100 \text{ Kg/cm}^2$$

d.4) En el acero de prefuerzo

$$f_o = 0.7 f_{sr}$$

$$f_{sr} = 18893 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_o = 0.7(18893) = 13288 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_o = a_{sp} (f_o)$$

$$f_o = 1.03 (13288) = 13683.7 \text{ Kg}$$

$$f = k(f_o)$$

$$k = 0.8 \text{ se considera 20\% de pérdidas}$$

$$f = 0.8(13683.7) = 10947 \text{ Kg.}$$

e) Determinación de esfuerzos actuantes (2a. Etapa)

$$\text{Tensión : } f_{iss} = \frac{M_{pp} (Y_{iss})}{I_{ss}} \quad (-)$$

$$\text{Compresión : } f_{sss} = \frac{M_{pp} (Y_{sss})}{I_{ss}} \quad (+)$$

Para el cálculo de los esfuerzos : I_{ss} , Y_{iss} y M_{pp} se toman de las tablas de características geométricas y - de M_{pp} respectivamente, (se hace por medio del programa "MON").

Sección	F_{iss} (Kg/cm ²)	f_{sss} (Kg/cm ²)
A-A	0.0	0.0
B-B	71.79	23.75
C-C	107.69	37.02
D-D	124.03	44.19
E-E	129.16	47.65
F-F	127.80	48.70
G-G	122.63	48.13
H-H	115.17	46.48
I-I	106.43	44.08
J-J	97.01	41.15
K-K	87.29	37.85

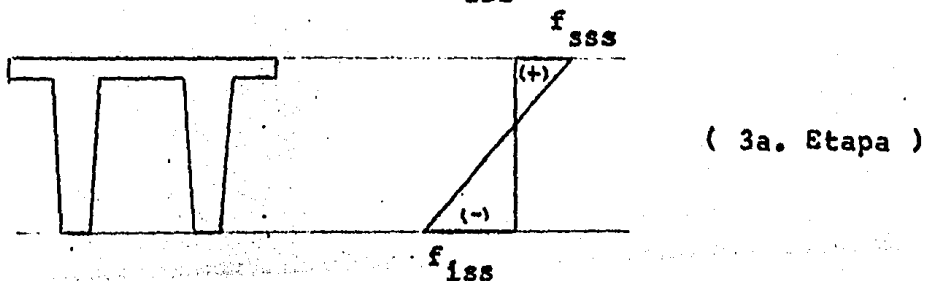
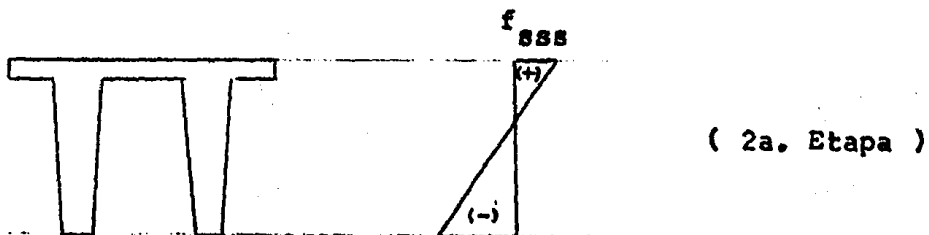
e.1) Determinación de esfuerzos actuantes (3a. Etapa)

Tensión : $f_{iss} = \frac{M_a}{I_{ss}} (Y_{iss})$ (-)

Compresión : $f_{sss} = \frac{M_a}{I_{ss}} (Y_{sss})$ (+)

Sección	f_{iss} (Kg/cm ²)	f_{sss} (Kg/cm ²)
A-A	0.0	0.0
B-B	99.50	32.92
C-C	149.26	51.91
D-D	171.90	61.25
E-E	179.02	66.04
F-F	177.13	67.50
G-G	169.96	66.71
H-H	159.62	64.42
I-I	147.51	61.09
J-J	134.46	57.03
K-K	120.99	52.47

e.2) Diagramas de esfuerzos actuantes



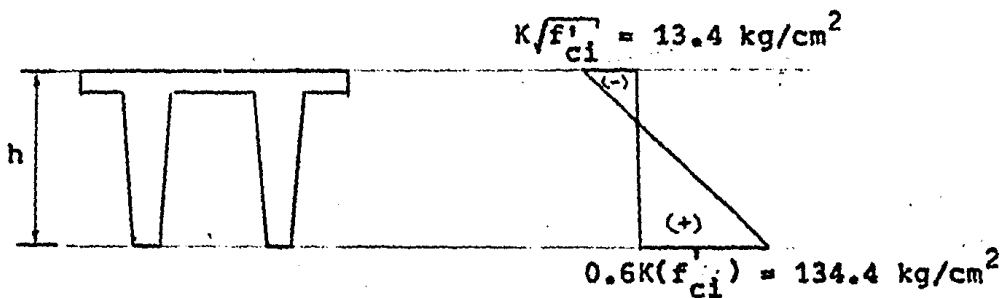
f) Determinación de la capacidad de presfuerzo

La capacidad de presfuerzo está dada por las siguientes expresiones:

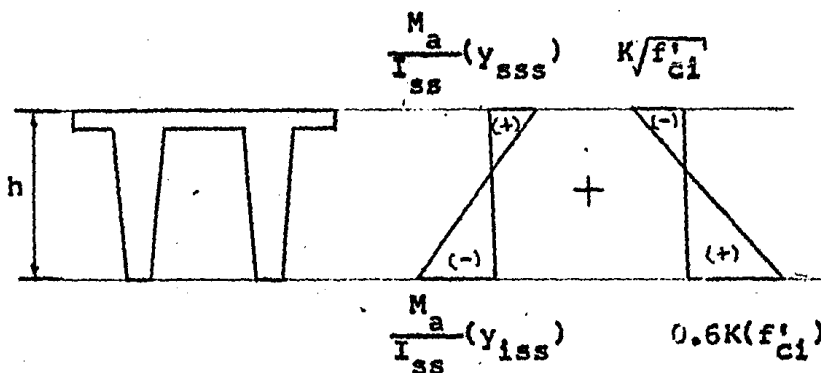
Compresión: $0.6 k(f'_{ci}) = 0.6(0.8)(280) = 134.4 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (+)}$

Tensión : $k\sqrt{f'_{ci}} = 0.8\sqrt{280} = 13.4 \text{ Kg/cm}^2 \text{ (-)}$

f.1) Diagrama representativo de la capacidad de presfuerzo



f.2) Diagrama representativo de los esfuerzos finales



g) Comparación de esfuerzos finales con los esfuerzos permisibles en condiciones de servicio.

Los esfuerzos finales están dados por :

$$\text{Fibra superior} : \frac{M_a}{I_{ss}} (Y_{sss}) - k(f'_{ci})$$

$$\text{Fibra inferior} : -\frac{M_a}{I_{ss}} (Y_{iss}) + 0.6 k(f'_{ci})$$

Sección		f_{sss} (Kg/cm ²)		f_{iss} (Kg/cm ²)
A-A	(-)	13.40	(+)	134.40
B-B	(+)	19.52	(+)	34.90
C-C	(+)	38.51	(-)	14.86
D-D	(+)	47.85	(-)	37.50 > f_p
E-E	(+)	52.64	(-)	44.62 > f_p
F-F	(+)	54.10	(-)	42.73 > f_p
G-G	(+)	53.31	(-)	35.56 > f_p
H-H	(+)	51.02	(-)	25.22
I-I	(+)	47.69	(-)	13.11
J-J	(+)	43.63	(-)	0.06
K-K	(+)	39.07	(+)	13.41

Existen esfuerzos mayores que los permisibles en la fibra inferior, en las Secciones D-D, E-E, F-F y G-G, por lo que se incrementará la capacidad de presfuerzo.

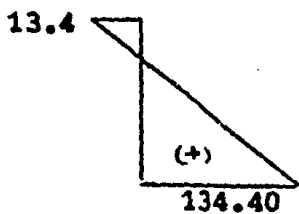
La Sección crítica es la E-E

Sección E-E

$$f_{iss} = (-) 44.62 \text{ Kg/cm}^2 > f_p = 29.9 \text{ Kg/cm}^2$$

g.1) Diagramas representativos de los esfuerzos finales.

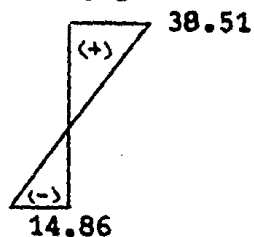
SECCION : A-A



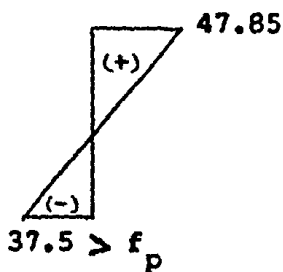
B-B



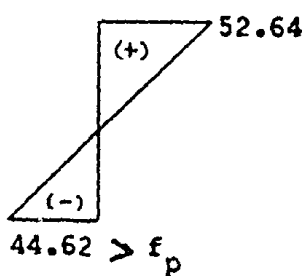
C-C



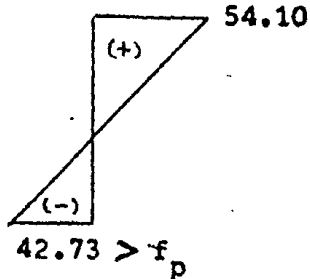
D-D



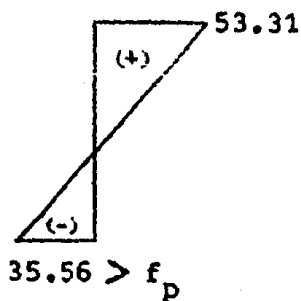
E-E



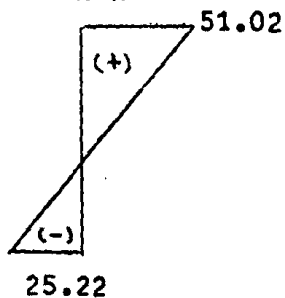
F-F



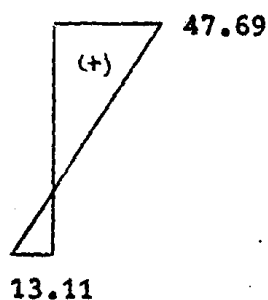
G-G



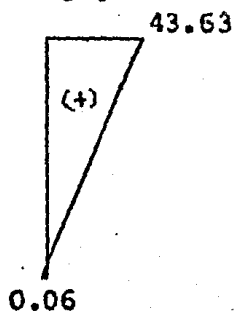
H-H



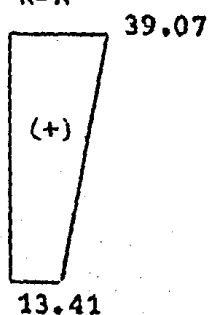
I-I



J-J

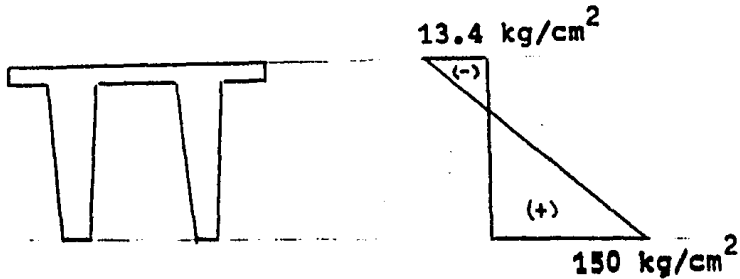


K-K



valores en kg/cm^2

g.2) Considerando un diagrama de capacidad de presfuerzo como se indica en la figura se procede a calcular la fuerza de presfuerzo (P).



La fuerza de presfuerzo (P) se determinará en la Sección E-E, que es la Sección crítica (Esfuerzos finales máximos).

g.3) Obtención de la relación (P/A)

$$\frac{P}{A} = \frac{(f_{pi} + f_{ps})}{h} Y_{sss} - f_{ps}$$

$$f_{pi} = 150 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{ps} = 13.4 \text{ Kg/cm}^2$$

$$h = 67.50 \text{ cm} \quad (\text{Sección E-E})$$

$$Y_{sss} = 18.19 \text{ cm}$$

$$A_{ss} = 3719.5 \text{ cm}^2$$

$$\frac{P}{A} = \frac{150+13.4}{67.50} 18.19 - 13.4 = 30.633 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\frac{P}{A} = 30.633 \text{ Kg/cm}^2$$

g.4) Obtención de la fuerza de presfuerzo (P)

$$P = (P/A) (A)$$

$$P = (30.633) (3719.5) = 113\ 939.4 \text{ KG}$$

g.5) Obtención del número de Torones

$$n = \frac{P}{F}$$

$$P = 113\ 939.4 \text{ Kg}$$

$$F = 10\ 947 \text{ Kg}$$

$$n = \frac{113\ 939.4}{10\ 947} = 10.4 \Rightarrow 10 \text{ Torones } \varnothing \frac{1''}{2}$$

g.6) Posición de los Torones

Por tratarse de una viga de peralte variable, todo el acero de presfuerzo se colocará en la parte inferior de la viga (tendones rectos) .

g.7) Cálculo de la excentricidad teórica (e_t)

$$e_t = \frac{(f_{pi} - (P/A)) I_{ss}}{Y_{iss} (P)}$$

$$f_{pi} = 150 \text{ Kg/cm}^2$$

$$I_{ss} = 1\ 376\ 800 \text{ cm}^4 \quad (\text{Sección E-E})$$

$$Y_{iss} = 49.31 \text{ cm}$$

$$P = 113\,939.4 \text{ Kg}$$

$$(P/A) = 30.633 \text{ Kg/cm}^2$$

$$e_t = \frac{(150 - 30.633)(1\,376\,800)}{49.31(113\,939.4)} = 29.25 \text{ cm.}$$

g.8) Separación libre (s_1) y total (s_t)

$$s_1 = 3\phi \quad \phi = 1.27 \text{ cm}$$

$$s_1 = 3(1.27) = 3.8 \text{ cm}$$

$$s_t = s_1 + \phi$$

$$s_t = 3.8 + 1.27 = 5 \text{ cm}$$

g.9) Recubrimiento libre (r_1) y total (r_t)

$$r_1 = 2.5 \text{ cm (por reglamento)}$$

$$r_t = r_1 + \frac{\phi}{2}$$

$$r_t = 2.5 + \frac{1.27}{2} = 3 \text{ cm}$$

g.10) Cálculo de la excentricidad (e'_r)

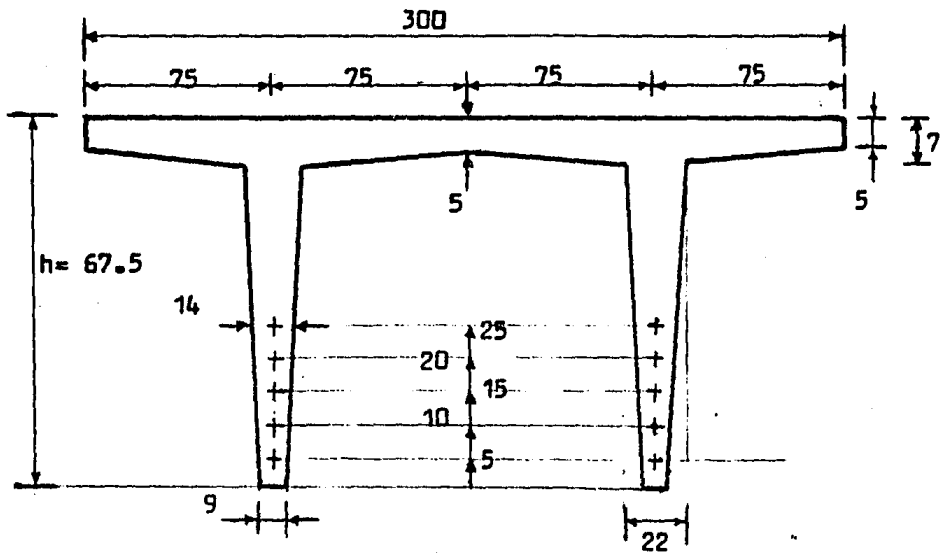
$$e'_r = Y_{iss} - e'_t$$

$$Y_{iss} = 49.31 \text{ cm}$$

$$e'_t = 29.25 \text{ cm}$$

$$e'_r = 49.31 - 29.25 = 20.06 \text{ cm}$$

g.11) Posición del acero de presfuerzo (Sección E-E)



acotaciones en cm.

g.12) Nuevo cálculo de la excentricidad (e'_r)

Aplicando el teorema de momentos

$$e'_r = \frac{\sum F(y)}{\sum F}$$

$$\sum F(y) = 2(5) + 2(10) + 2(15) + 2(20) + 2(25) = 150$$

$$\sum F = 10 \text{ torones}$$

$$e'_r = \frac{150}{10} = 15 \text{ cm}$$

g.13) Cálculo de la excentricidad real (e_r)

$$e_r = Y_{iss} - e'_r$$

Sección	Y_{iss} (cm)	e_r (cm)
A-A	32.23	17.23
B-B	36.63	21.63
C-C	40.93	25.93
D-D	45.16	30.16
E-E	49.31	34.31
F-F	53.40	38.40
G-G	57.45	42.45
H-H	61.45	46.45
I-I	65.41	50.41
J-J	69.34	48.94
K-K	73.24	58.24

g.14) Obtención de la fuerza de presfuerzo inicial (P_o)

$$P_o = n(F_o)$$

$$n = 10 \text{ Torones}$$

$$F_o = 13683.7 \text{ Kg}$$

$$P_o = 10(13683.7) = 136837 \text{ Kg}$$

g.15) Obtención de la fuerza de presfuerzo real (P)

$$P = n(F)$$

$$F = 10947 \text{ Kg}$$

$$P = 10(10947) = 109470 \text{ Kg}$$

h) Revisión por esfuerzos permisibles

h.1) Esfuerzos totales en las Secciones, inmediatamente después de la transferencia (2a. Etapa)

$$f_{iss} = \frac{P_o}{A_{ss}} + \frac{P_o (e_r)}{I_{ss}} (Y_{iss}) - \frac{M_{pp}}{I_{ss}} (Y_{iss})$$

$$f_{sss} = \frac{P_o}{A_{ss}} - \frac{P_o (e_r)}{I_{ss}} (Y_{sss}) + \frac{M_{pp}}{I_{ss}} (Y_{sss})$$

El cálculo de los esfuerzos se hace mediante el Programa de computadora "ESF" .

Sección	f_{iss} (Kg/cm ²)		f_{sss} (Kg/cm ²)
A-A	(+) 252.96	> f_p	(-) 19.33
B-B	(+) 170.25	> f_p	(+) 1.70
C-C	(+) 121.72		(+) 13.34
D-D	(+) 92.87		(+) 19.54
E-E	(+) 75.79		(+) 22.40
F-F	(+) 66.07		(+) 23.11
G-G	(+) 61.16		(+) 22.39
H-H	(+) 59.40		(+) 20.69
I-I	(+) 59.72		(+) 18.32
J-J	(+) 48.63		(+) 20.94
K-K	(+) 64.19		(+) 12.35

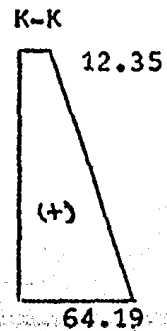
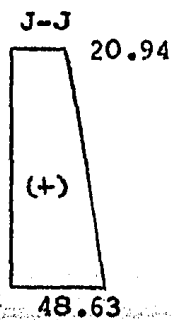
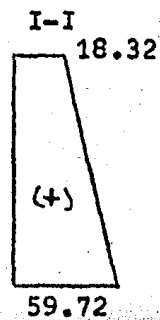
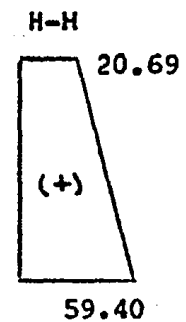
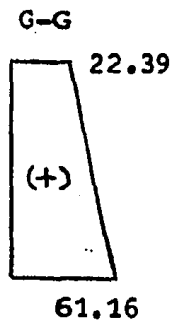
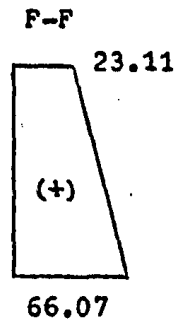
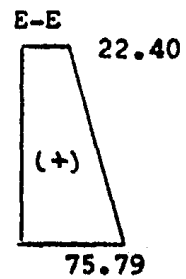
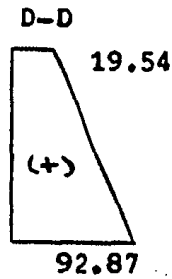
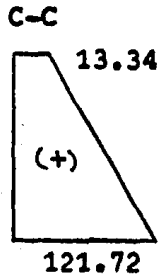
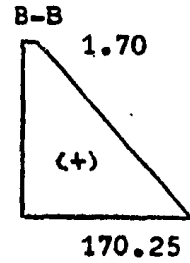
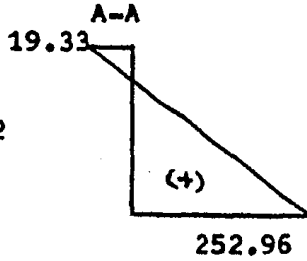
Existen esfuerzos mayores que los permisibles en las Secciones A-A y B-B en la fibra inferior, por lo que se engrasarán Torones en esas Secciones para corregir los esfuerzos.

$$f_p = 168 \text{ Kg/cm}^2$$

h.2) Diagramas representativos de los esfuerzos en la 2a. Etapa

SECCION :

valores en kg/cm^2



h.3) Revisión de esfuerzos (2a. Etapa)

$$f_{iss} = \frac{P_o}{A_{ss}} + \frac{P_o (e_r)(Y_{iss})}{I_{ss}} - \frac{M_{pp}}{I_{ss}} (Y_{iss})$$

$$f_{sss} = \frac{P_o}{A_{ss}} - \frac{P_o (e_r)(Y_{sss})}{I_{ss}} + \frac{M_{pp}}{I_{ss}} (Y_{sss})$$

Se revisarán los esfuerzos de las Secciones A-A y B-B que es donde se presentan esfuerzos mayores - que los permisibles.

h.3.1) Propiedades Geométricas

Sección	A_{ss} (cm ²)	I_{ss} (cm ⁴)	Y_1 (cm)	Y_s (cm)
A-A	2944.5	368000	32.23	10.27
B-B	3138.3	546300	36.63	12.12

h.3.2) Revisión de esfuerzos en la Sección A-A

Probaremos engrasando 4 Torones

$$P_o = 6(13683.7) = 82102.2 \text{ Kg}$$

$$e'_r = \frac{\sum F(y)}{\sum F} = \frac{2(5) + 2(10) + 2(15)}{6} = 10 \text{ cm}$$

$$e_r = Y_{iss} - e'_r$$

$$e_r = 32.23 - 10 = 22.23 \text{ cm}$$

$$M_{pp} = 0$$

$$f_{iss} = \frac{82102.2}{2944.5} + \frac{82102.2(22.23)(32.23)}{368000} - 0 = 187.73 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sss} = \frac{82102.2}{2944.5} - \frac{82102.2(22.23)(10.27)}{368000} + 0 = -23.05 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{iss} = 187.73 \text{ Kg/cm}^2 > f_p = 168 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sss} = 23.05 \text{ Kg/cm}^2 > f_p = 16.7 \text{ Kg/cm}^2$$

Probaremos engrasando 6 Torones

$$P_o = 4(13683.7) = 54734.8 \text{ Kg} \quad e_f = 24.73 \text{ cm}$$

$$f_{iss} = \frac{54734.8}{2944.5} + \frac{54734.8(24.73)(32.23)}{368000} = 137.14 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sss} = \frac{54734.8}{2944.5} - \frac{54734.8(24.73)(10.27)}{368000} = -19.19 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{iss} = 137.14 \text{ Kg/cm}^2 < f_p = 168 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sss} = 19.19 \text{ Kg/cm}^2 > f_p = 16.7 \text{ Kg/cm}^2$$

En la fibra superior existe un esfuerzo superior al permisible, por lo que se colocará acero de refuerzo para absorber este esfuerzo de tensión existente.

h.3.2) Revisión de esfuerzos en la Sección B-B

Probaremos engrasando 4 Torones

$$P_o = n(F_o)$$

$$n = 10-4 = 6 \text{ Torones}$$

$$P_o = 6(13683.7) = 82102.2$$

$$e'_r = \frac{\sum Fy}{\sum F} = \frac{2(5) + 2(10) + 2(15)}{6} = \frac{60}{6} = 10 \text{ cm}$$

$$e_r = Y_{iss} - e'_r$$

$$e_r = 36.63 - 10 = 26.63$$

$$M_{pp} = 10.71 \text{ Ton.m}$$

$$f_{iss} = \frac{82102.2}{3138.3} + \frac{82102.2(26.63)(36.63)}{546300} - \frac{10.71(10)^5(36.63)}{546300}$$

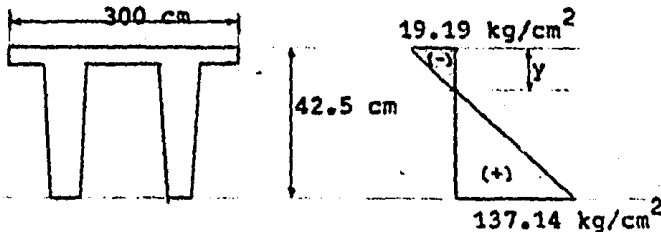
$$f_{sss} = \frac{82102.2}{3138.3} - \frac{82102.2(26.63)(12.12)}{546300} + \frac{10.71(10)^5(12.12)}{546300}$$

$$f_{iss} = 100.95 \text{ Kg/cm}^2 < f_p = 168 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sss} = 1.42 \text{ Kg/cm}^2 < f_p = 168 \text{ Kg/cm}^2$$

h.3.3) Cálculo del área de acero de refuerzo (Sección A-A)

Esfuerzos que se presentan



Por triángulos semejantes se tiene

$$\frac{137.14 + 19.19}{42.50} = \frac{19.19}{y}$$

despejando "y" se obtiene

$$y = 5.22 \text{ cm}$$

La fuerza de refuerzo será:

$$F_{\text{ref}} = \frac{f_{\text{sss}}(y)(b)}{2}$$

$$F_{\text{ref}} = \frac{19.19(5.22)(300)}{2} = 15025.8 \text{ Kg}$$

El área de acero de refuerzo está dada por :

$$a_s = \frac{F_{\text{ref}}}{0.5 F_y}$$

$$F_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

$$a_s = \frac{15025.8}{0.5(4200)} = 7.16 \text{ cm}^2$$

Usando varillas del Nº 4 ($a_v = 1.27 \text{ cm}^2$)

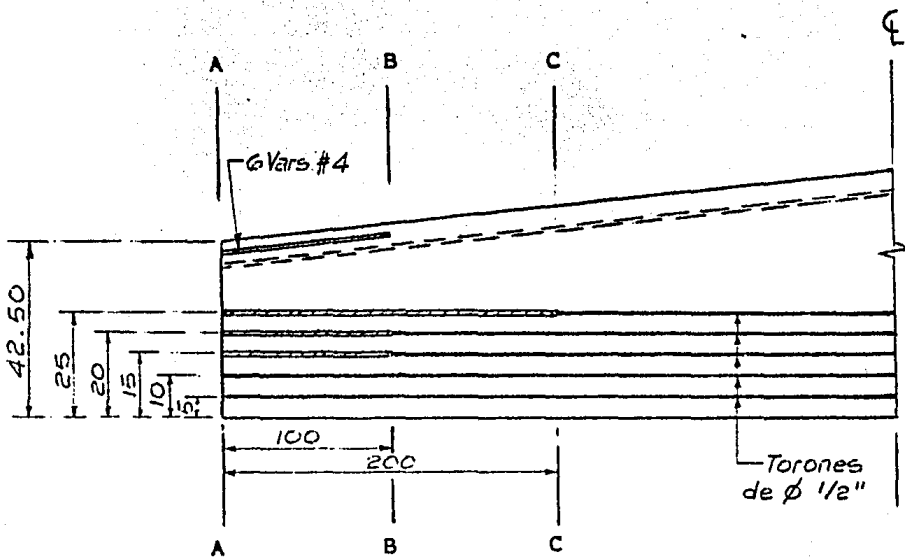
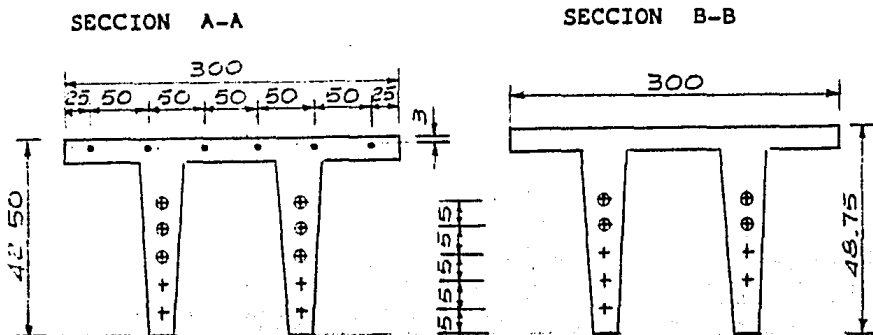
$$\text{No. vars} = \frac{a_s}{a_v} = \frac{7.16}{1.27} = 5.64 \Rightarrow 6 \text{ vars \# 4}$$

El área de acero definitiva será :

$$a_s = 6(1.27) = 7.62 \text{ cm}^2 > 7.16 \text{ cm}^2$$

Se colocarán 6 vars # 4 en el patin superior de ambos extremos de la viga , con una longitud de 100 cm .

h.3.4) Cortes para la visualización de las longitudes de en _
 grasa de torones y la colocación del acero de refuerzo
 (2a. Etapa) .



Nota : Se engrasarán los torones , en ambos extremos de la viga .

h.4) Esfuerzos totales actuantes en las Secciones, en condiciones de Servicio (3a. Etapa)

$$f_{iss} = \frac{P}{A_{ss}} + \frac{P(e_r)(Y_{iss})}{I_{ss}} - \frac{M_a(Y_{iss})}{I_{ss}}$$

$$f_{sss} = \frac{P}{A_{ss}} - \frac{P(e_r)(Y_{sss})}{I_{ss}} + \frac{M_a(Y_{sss})}{I_{ss}}$$

El cálculo de los esfuerzos se hace mediante el programa "ESF" para las expresiones arriba indicadas .

La fuerza de presfuerzo real (P) es la siguiente :

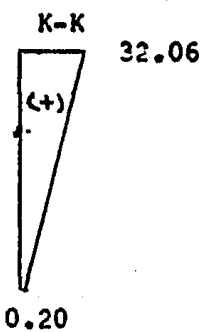
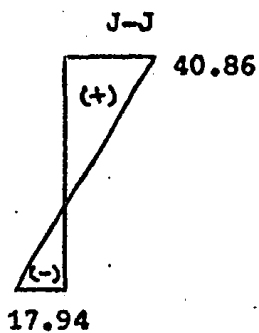
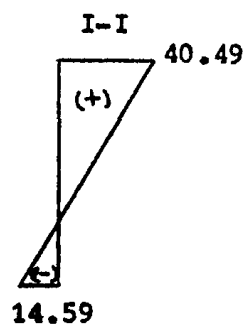
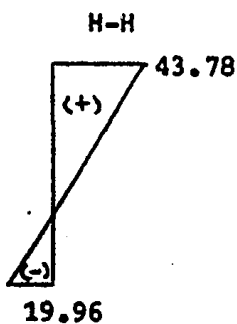
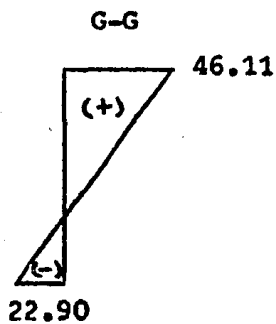
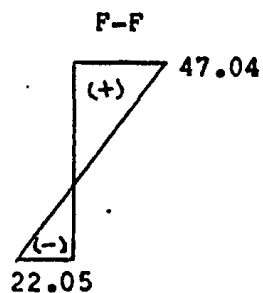
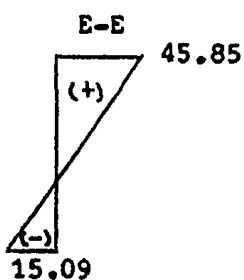
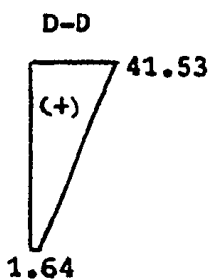
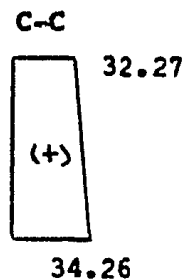
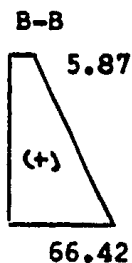
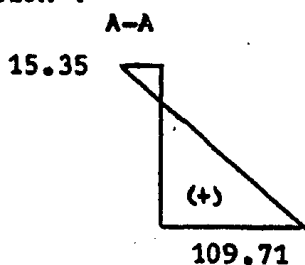
Sección	P (Kg)	e_r (cm)
A-A	43788	24.73
B-B	65682	26.63
C-C a K-K	109470	ver tabla de e_r

Sección	f_{iss} (Kg/cm ²)	f_{sss} (Kg/cm ²)
A-A	(+) 109.71	(-) 15.35
B-B	(+) 66.42	(+) 5.87
C-C	(+) 34.26	(+) 32.27
D-D	(+) 1.64	(+) 41.53
E-E	(-) 15.09	(+) 45.85
F-F	(-) 22.05	(+) 47.04
G-G	(-) 22.90	(+) 46.11
H-H	(-) 19.96	(+) 43.78
I-I	(-) 14.59	(+) 40.49
J-J	(-) 17.94	(+) 40.86
K-K	(+) 0.20	(+) 32.06

Todos los esfuerzos que se presentan son menores que los permisibles, por lo que todas las Secciones son correctas.

Diagramas representativos de los esfuerzos en las secciones en condiciones de servicio.

SECCION :



valores en kg/cm^2

II.2) REVISION POR RESISTENCIA Y TIPO DE FALLA POTENCIAL

a) Revisión por Resistencia

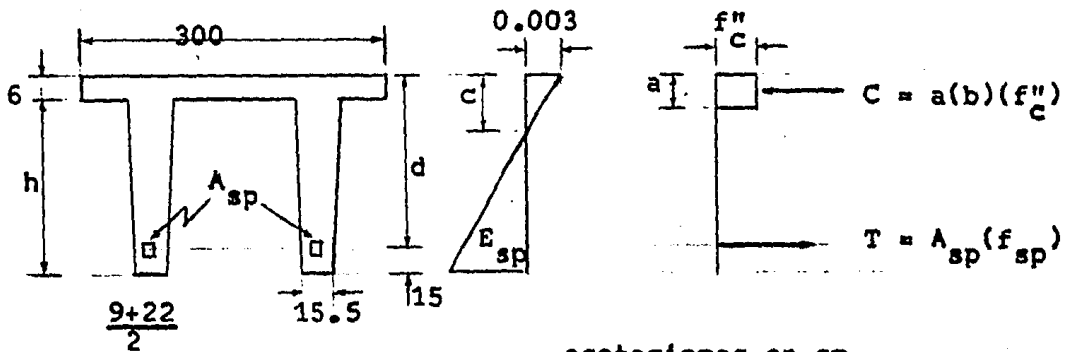
$$M_{UR} > M_{ua}$$

a.1) Momento último actuante (M_{ua})

$$M_{ua} = 1.4 (M_a)$$

b) Momento último resistente (M_{UR})

Equilibrio interno :



acotaciones en cm.

b.1) Area de acero de presfuerzo en tensión (A_{sp})

$$A_{sp} = a_{sp} (\text{No. de Torones})$$

Torones $\emptyset \frac{1}{2}$ "

$$a_s = 1.03 \text{ cm}^2$$

Sección	A_{sp} (cm ²)
A-A	4.12
B-B	6.18
C-C a K-K	10.30

b.2) Cálculo del esfuerzo del acero de presfuerzo en tensión que se presenta en el momento de la resistencia (f_{sp}).

EL A.C.I. establece un método aproximado

$$f_{sp} = f_{sr} \left[1 - 0.5(P_p) \frac{f_{sr}}{f_c^n} \right] \quad \text{si } f_{sp} > 0.5 f_{sr}$$

En donde

P_p = Porcentaje de acero de presfuerzo en tensión

$$P_p = \frac{A_{sp}}{b(d_{sp})}$$

A_{sp} = área de acero de presfuerzo en tensión

b = ancho del patín en compresión

d_{sp} = distancia del centroide del acero de presfuerzo en tensión a la fibra extrema en compresión.

$$f_c^n = \left(1.05 - \frac{f_c^*}{1250} \right) f_c^* \quad \text{si } f_c^* > 250 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_c^* = 0.8 f'_c$$

$$f_c^* = 0.8(350) = 280 \text{ Kg/cm}^2 > 250 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_c^n = \left[1.05 - \frac{280}{1250} \right] \times 280 = 231.28 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_c^n = 231.28 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sr} = 18983 \text{ Kg/cm}^2$$

b.3) Equilibrio de fuerzas internas

Compresión : $c = a(b) f_c^n$

tensión : $T = A_{sp} (f_{sp})$

Igualando ambos términos

$$a(b) f_c^n = A_{sp} (f_{sp})$$

$$a = \frac{A_{sp} (f_{sp})}{b (f_c^n)}$$

Profundidad del bloque
de esfuerzos .

$$c = \frac{0.8}{a}$$

Profundidad del eje neutro

b.4) Conociendo lo anterior se procede a calcular el momento último resistente (Mur) .

Si $a < t$ la sección trabaja geoméricamente como SECCION RECTANGULAR .

$$M_{ur} = F.R. \left[A_{sp} (f_{sp}) \left(d_{sp} - \frac{a}{2} \right) \right]$$

t = peralte del patín en compresión

$$t = \frac{5 + 7}{2} = 6 \text{ cm.}$$

Si $a > t$ La sección geoméricamente trabaja como " SECCION T "

$$M_{ur} = F.R. \left[T_{spf} \left(d_{sp} - \frac{t}{2} \right) + T_{spw} \left(d_{sp} - \frac{a}{2} \right) \right]$$

F.R. = Factor de reducción

$$T_{spf} = A_{spf} (f_{sp})$$

$$T_{spw} = A_{spw} (f_{sp})$$

$$A_{spw} = A_{sp} - A_{spf}$$

$$A_{spf} = \frac{(b_e - b') (t) (f_c^n)}{f_{sp}}$$

$$a = \frac{A_{spw} (f_{sp})}{b' (f_c^n)}$$

$$a = \frac{(A_{sp} - A_{spf}) (t) (f_c^n)}{b' (f_c^n)}$$

b' = ancho del alma de la viga

b_e = ancho efectivo

Conociendo las expresiones anteriores y usando los datos siguientes, se procede a calcular el Momento último resistente (M_{ur}) por medio del programa " M U R " .

Sección	M_a (ton.M)	d_{sp} (cm)	A_{sp} (cm ²)
A-A	0	35.00	4.12
B-B	14.84	36.25	6.18
C-C	28.12	40.00	10.3
D-D	39.83	46.25	10.3
E-E	50	52.50	10.3
F-F	58.58	58.75	10.3
G-G	65.60	65.00	10.3
H-H	71.07	71.25	10.3
I-I	74.98	77.50	10.3
J-J	77.32	83.75	10.3
K-K	78.10	90.00	10.3

Resultados del Programa " M U R "

Sección	a(cm)	M_{ur} (ton.m)	M_{ua} (ton.m)
A-A	1.11 < t	23.86	> 0
B-B	1.65 < t	36.53	> 20.78
C-C	2.72 < t	65.60	> 39.37
D-D	2.73 "	76.58	> 55.76
E-E	2.74 "	87.56	> 70.00
F-F	2.75 "	98.54	> 82.01
G-G	2.76 "	109.53	> 91.84
H-H	2.76 "	120.52	> 99.50
I-I	2.77 "	131.51	> 104.97
J-J	2.77 "	142.50	> 108.25
K-K	2.78 "	153.49	> 109.34

Como resultado que $M_{ur} > M_{ua}$ en todas las secciones se concluye que todas las secciones están bien diseñadas .

C) Obtención del tipo de falla potencial

El reglamento propone que para que la falla que se presenta sea potencialmente DUCTIL, se deberá cumplir la siguiente condición :

$$E_i + E_{sp} \geq E_{yp} / 0.75$$

E_i = Deformación del centroide del acero de presfuerzo debido al tensado de los cables, tomando en cuenta las pérdidas .

E_{sp} = Deformación en el centroide del acero de presfuerzo debido a la flexión, al momento de llegar a la resistencia .

E_{yp} = 0.01 (Valor que propone el A.S.T.M.)

c.1) Obtención de la deformación (E_i)

$$E_i = \frac{0.7 K (f_{sr})}{E_{sp}}$$

$K = 0.8$ (20% de pérdidas)

$f_{sr} = 18983 \text{ Kg/cm}^2$

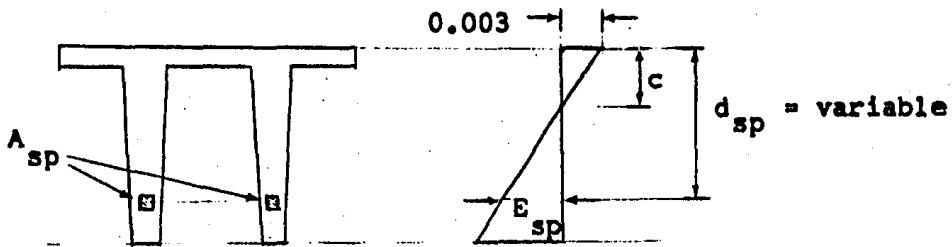
$E_{sp} = 1.9(10)^6 \text{ Kg/cm}^2$ (Por ser torones)

$$E_i = \frac{0.7(0.8)(18983)}{1.9(10)^6} = 0.005595$$

$E_i = 0.0056$ (constante en todas las secciones)

c.2) Obtención de la deformación (E_{sp})

Para obtener ésta deformación se hará uso del equilibrio interno de las secciones .



Por triángulos semejantes

$$\frac{0.003}{c} = \frac{E_{sp}}{d_{sp} - c}$$

$$E_{sp} = \frac{(d_{sp} - c) (0.003)}{c} \quad (\text{variable: en cada sección})$$

c.3) Obtención de la deformación ($E_{yp}/0.75$)

$E_{yp} = 0.01$ (valor que propone el A.S.T.M.)

$$\frac{E_{yp}}{0.75} = \frac{0.01}{0.75} = 0.0133$$

Esta deformación es constante en todas las secciones .

conociendo las expresiones anteriores, se procede a calcular $E_i + E_{sp}$ con los siguientes datos :

Sección	d_{sp} (cm)	"c" (cm)
A-A	35.0	1.388
B-B	36.25	2.063
C-C	40.0	3.40
D-D	46.25	3.413
E-E	52.50	3.425
F-F	58.75	3.438
G-G	65.0	3.45
H-H	71.25	3.45
I-I	77.50	3.463
J-J	83.75	3.463
K-K	90.0	3.463

Haciendo la comparación de $E_i + E_{sp} \geq E_{yp}/0.75$

Sección	E_{sp}	$E_i + E_{sp}$	$E_{yp}/0.75$
A-A	0.07267	0.07828	0.0133
B-B	0.04973	0.05533	0.0133
C-C	0.03229	0.03789	0.0133
D-D	0.03766	0.04326	0.0133
E-E	0.04299	0.04858	0.0133
F-F	0.04827	0.05387	0.0133
G-G	0.05352	0.05912	0.0133
H-H	0.05896	0.06456	0.0133
I-I	0.06415	0.06975	0.0133
J-J	0.06956	0.07516	0.0133
K-K	0.07497	0.08058	0.0133

Como resultó que $E_i + E_{sp} \geq E_{yp}/0.75$ en todas las secciones se concluye que :

La falla es potencialmente DUCTIL en todas las secciones.

II.3) REVISION POR ACERO MINIMO

El Reglamento del A.C.I. propone que para hacer la Revisión por Acero Mínimo, se realice considerando la siguiente condición :

$$M_{UR} \geq 1.2 M_{agr}$$

Lo cual implica que si esta condición se cumple se considera que el diseño está correcto .

a) Cálculo del momento de agrietamiento (M_{agr})

Se tiene que :

Módulo de ruptura del concreto es igual a :

$$2\sqrt{f'_c}$$

En una Sección cualquiera se tendrá :

$$f_{iss} = \frac{P}{A_{ss}} + \frac{P(e_r)}{I_{ss}} Y_{iss} - \frac{M_{agr}}{I_{ss}} (Y_{iss}) = -2\sqrt{f'_c}$$

Despejando el momento de agrietamiento

$$M_{agr} = \left[\frac{P}{A_{ss}} + \frac{P(e_r)}{I_{ss}} (Y_{iss}) + 2\sqrt{f'_c} \right] \frac{I_{ss}}{Y_{iss}}$$

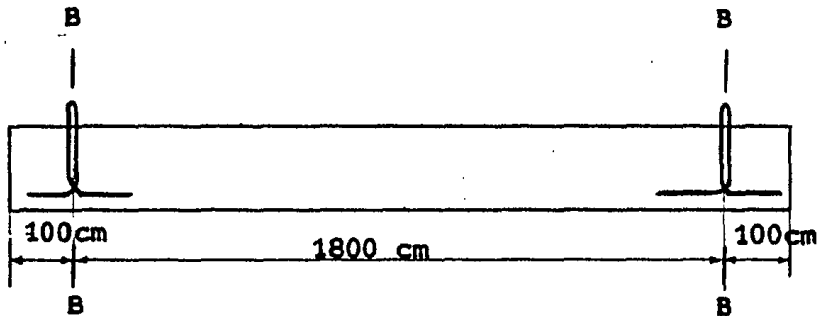
Conociendo la expresión anterior se procede a calcular el momento de agrietamiento en cada sección , siendo M_{ur} conocido se hace la comparación .

Sección	M_{ur} (Ton.m)	$1.2 M_{agr.}$ (Ton.m)
A-A	23.86	20.16
B-B	36.53	27.69
C-C	65.60	49.95
D-D	76.58	58.66
E-E	87.56	67.47
F-F	98.54	76.39
G-G	109.53	85.44
H-H	120.52	94.61
I-I	131.51	103.90
J-J	142.50	106.22
K-K	153.49	122.86

Como resultó que $M_{ur} \geq 1.2 M_{agr.}$ en todas las secciones, luego entonces se concluye que es correcta la cantidad de acero de presfuerzo en cada sección .

II.4) REVISION POR IZADO

Se calculará considerando la siguiente separación entre ganchos de izado :



- a) Cálculo del diámetro del Torón para los ganchos de izado.

$$a_{sp} = \frac{4(W_{viga})}{2(2)(0.7)f_{sp}}$$

$$W_{viga} = W_{pp}(L) = 1.127(20) = 22.54 \text{ Ton.}$$

$$f_{sp} = 18540 \text{ Kg/cm}^2 \quad (\text{Sección B-B})$$

$$a_{sp} = \frac{4(22.54)(10)^3}{2(2)(0.7)(18540)} = 1.74 \text{ cm}^2$$

Como se requiere un área de acero de presfuerzo de (1.74 cm^2) , se usarán Torones de $\phi \frac{1''}{2}$

Se usarán ganchos de izado dobles

$$a_{sp} = 2(1.03) = 2.06 \text{ cm}^2 > 1.74 \text{ cm}^2$$

b) Cálculo de la longitud de anclaje para los Torones :

Por especificación se requiere lo siguiente :

$$L_{\text{anclaje}} \geq 40 \text{ diámetros}$$

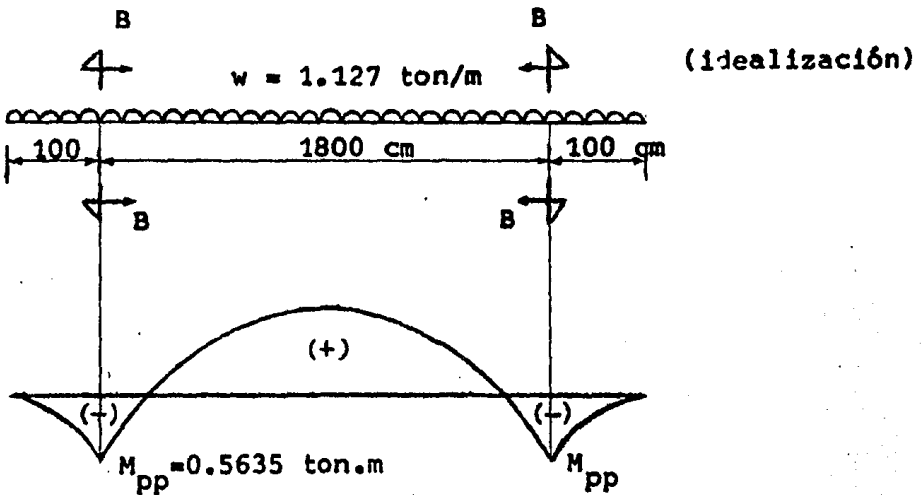
$$\text{Torón } \phi \frac{1''}{2} \quad \phi = 1.27 \text{ cm}^2$$

$$L_{\text{anclaje}} = 40 (1.27) = 50.8 \text{ cm}$$

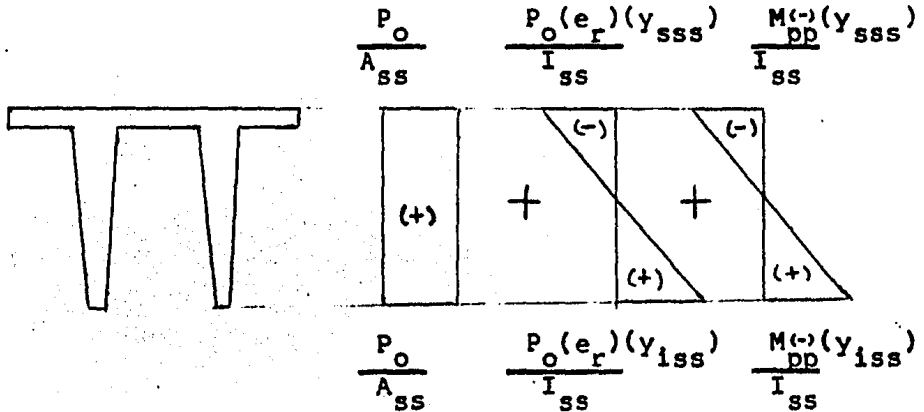
Para mayor seguridad se tomará :

$$L_{\text{anclaje}} = 90 \text{ cm}$$

c) Revisión de esfuerzos (Sección B-B)



c.1) Diagrama representativo de los esfuerzos que se presentan en la sección B-B (secc. de ganchos de izado).



c.2) Determinación de los esfuerzos que se presentan en la sección B-B.

Compresión :

$$f_{iss} = \frac{P_o}{A_{ss}} + \frac{P_o(e_r)}{I_{ss}}(y_{iss}) + \frac{M_{pp}^{(-)}}{I_{ss}}(y_{iss})$$

Tensión :

$$f_{sss} = \frac{P_o}{A_{ss}} - \frac{P_o(e_r)}{I_{ss}}(y_{sss}) - \frac{M_{pp}^{(-)}}{I_{ss}}(y_{sss})$$

Datos :

$$P_o = 82102.2 \text{ kg (unicamente trabajan 6 torones)}$$

$$A_{ss} = 3138.3 \text{ cm}^2$$

$$I_{ss} = 546300 \text{ cm}^4$$

$$y_{iss} = 36.63 \text{ cm}$$

$$y_{sss} = 12.12 \text{ cm}$$

$$e_r = 26.63 \text{ cm}$$

$$M_{pp}^{(-)} = 56350 \text{ kg.cm}$$

$$f_{iss} = \frac{82102.2}{3138.3} + \frac{82102.2(26.63)(36.63)}{546300} + \frac{56350(36.63)}{546300}$$

$$f_{iss} = 176.54 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sss} = \frac{82102.2}{3138.3} - \frac{82102.2(26.63)(12.12)}{546300} - \frac{56350(12.12)}{546300}$$

$$f_{sss} = -23.59 \text{ Kg/cm}^2$$

c.3) Determinación de esfuerzos permisibles

$$\text{Compresión : } 0.6 f'_{c1} = 0.6(280) = 168 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Tensión : } \sqrt{f'_{c1}} = \sqrt{280} = 16.73 \text{ Kg/cm}^2$$

c.4) Comparación de esfuerzos en la sección B-B (Sección de los ganchos de izado) .

$$\text{Compresión : } f_{iss} = 176.54 \text{ Kg/cm}^2 > f_p = 168 \text{ Kg/cm}^2$$

$$\text{Tensión : } f_{sss} = 23.59 \text{ Kg/cm}^2 > f_p = 16.73 \text{ Kg/cm}^2$$

Como se puede observar existen esfuerzos mayores que los permisibles , lo cual se solucionará engrasando torones para disminuir la fuerza de presfuerzo y si es necesario se colocará acero de refuerzo en la fibra superior a tensión .

En la sección B-B se habían engrasado 4 torones por lo que se engrasarán 2 torones más .

$$n = 10 - 6 = 4 \text{ torones}$$

$$P_o = 4(10947) = 43788 \text{ Kg}$$

$$e_r^i = \frac{2(5) + 2(10)}{4} = \frac{30}{4} = 7.5 \text{ cm}$$

$$e_r = y_{iss} - e_r^i$$

$$e_r = 36.63 - 7.5 = 29.13 \text{ cm}$$

$$f_{iss} = \frac{43788}{3138.3} + \frac{43788(29.13)(36.63)}{546300} + \frac{56350(36.63)}{546300}$$

$$f_{iss} = 103.26 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sss} = \frac{43788}{3138.3} - \frac{43788(29.13)(12.12)}{546300} - \frac{56350(12.12)}{546300}$$

$$f_{sss} = -15.60 \text{ Kg/cm}^2$$

Comparación :

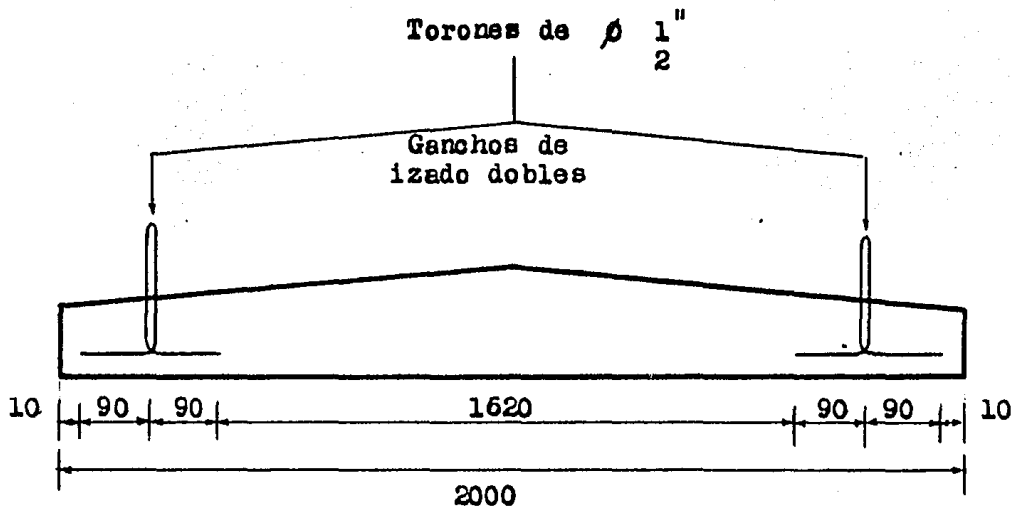
$$f_{iss} = 103.26 \text{ Kg/cm}^2 < f_p = 168 \text{ Kg/cm}^2$$

$$f_{sss} = -15.60 \text{ Kg/cm}^2 < f_p = -16.73 \text{ Kg/cm}^2$$

Los esfuerzos que se presentan son menores que los permisibles , por lo que la sección de ganchos de izado está correcta , no es necesario colocar acero de refuerzo .

c.5) Conclusiones de la revisión de izado (Sección B-B)

Se usarán ganchos de izado dobles (torones $\phi \frac{1''}{2}$) en cada extremo .

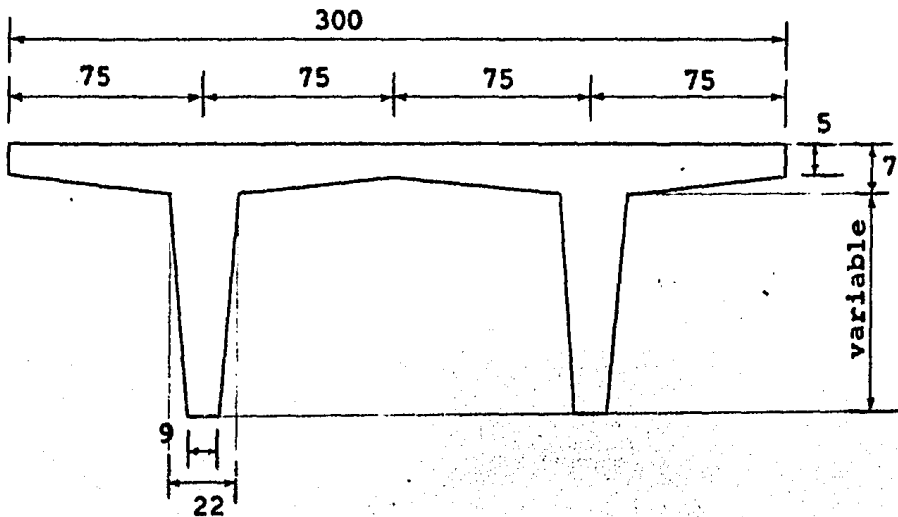


acotaciones en cm.

DISEÑO POR CORTANTE

II.1) Dimensionamiento y revisión por el método de resistencia .

a) Características geométricas de las secciones (cm)



b) Cortante que toma el concreto (V_c)

La fuerza cortante que toma el concreto está determinada por el tipo de sección , para una sección doble " T " el cortante que toma el concreto es :

$$V_c = F.R.(b'd + a^2) \left[0.15 \sqrt{f_c^*} + 50(d) \frac{(V_a)}{M_a} \right] \quad (\text{Ton.})$$

Para :

$$h \leq 1m$$

$$y \quad \frac{h}{b} \leq 6$$

o

$$\frac{h}{b'} \leq 6$$

F.R. = factor de reducción

b = ancho del patín

d = distancia del centroide del acero de presfuerzo total a la fibra extrema en compresión.

$f_c^o = 0.8 f'_c$

b' = ancho del alma

a = profundidad del bloque de esfuerzos

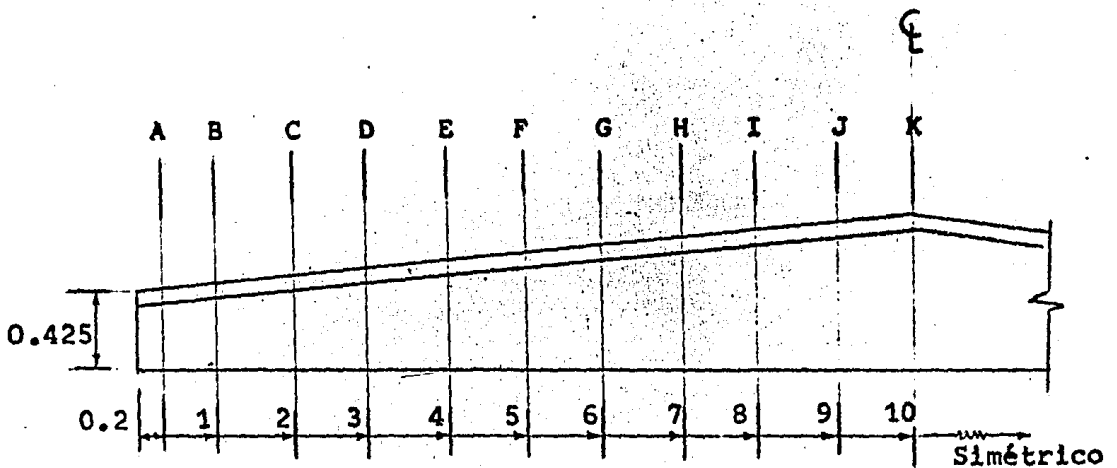
Va = fuerza cortante en la sección

Ma = momento flexionante en la sección

c) Secciones que hay que revisar por cortante

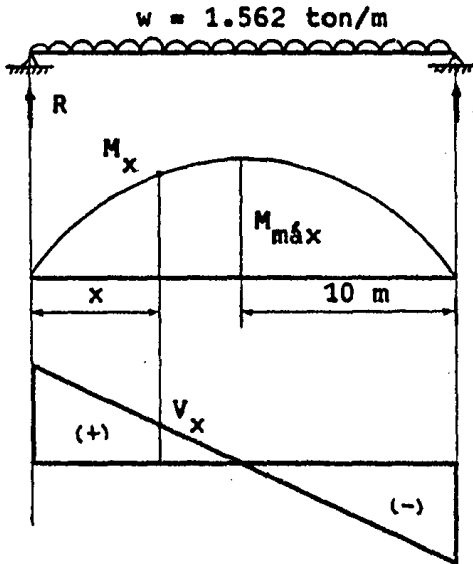
- Secciones a cada metro

- Sección a $\frac{h}{2}$



acotaciones en m.

c.1) Elementos mecánicos actuantes



$$R = \frac{w(L)}{2}$$

$$M_x = \frac{w(x)}{2}(L-x)$$

$$M_x = 0.781x(20-x)$$

$$V_x = R-w(x)$$

$$V_x = 15.62-1.562x$$

Sección	distancia "x" (m)	M _a (ton.m)	V _a Ton.
A-A	0.20	3.09	15.308
B-B	1.0	14.84	14.058
C-C	2.0	28.12	12.496
D-D	3.0	39.83	10.934
E-E	4.0	50.00	9.372
F-F	5.0	58.58	7.810
G-G	6.0	65.60	6.248
H-H	7.0	71.07	4.686
I-I	8.0	74.98	3.124
J-J	9.0	77.32	1.562
K-K	10.0	78.10	0.0

d) Dimensionamiento y Revisión por Fuerza Cortante :

Utilizando estribos de 1/2 in. (2 ramas)

$$a_s = 1.03 \text{ cm}^2$$

$$a_v = 2(1.03) = 2.06 \text{ cm}^2$$

d.1) Separación de estribos requerida para cálculo :

$$S_1 = \frac{F.R. (A_v) (f_y) (d)}{V_{ua} - V_c}$$

d.2) Separación de estribos por especificaciones

d.2.1) Area mínima

$$S_2 = \frac{F.R. (A_v) (f_y)}{3.5 b'$$

d.2.2) Separación de estribos (S_3)

$$S_3 = 0.75 (h) \quad \text{Si } V_{ua} \leq 1.5 F.R. (b'd+a^2) \sqrt{f'_c}$$

d.2.3) Separación de estribos (S_4)

$$S_4 = 0.375 (h) \quad \text{Si } V_{ua} > 1.5 F.R. (b'd+a^2) \sqrt{f'_c}$$

d.3) Especificaciones generales sobre fuerza cortante :

$$\text{Si } V_{ua} \leq 2.5 \text{ F.R. } (b' d + a^2) \sqrt{f_c^*} \quad \text{Sección correcta}$$

$$\text{Si } V_{ua} > 2.5 \text{ F.R. } (b' d + a^2) \sqrt{f_c^*} \quad \text{Sección insuficiente}$$

d.4) Cortantes máxima y mínima que resiste el concreto :

$$V_{cm\acute{a}x} = 1.3 \text{ FR } (b' d + a^2) \sqrt{f_c^*}$$

$$V_{cm\grave{i}n} = 0.3 \text{ FR } (b' d + a^2) \sqrt{f_c^*}$$

d.5) Constantes de Cálculo :

$$b' = 2(15) = 30 \text{ cm}$$

$$f_c^* = 280 \text{ Kg/cm}^2 = 2800 \text{ Ton/m}^2$$

$$\text{FR} = 0.8$$

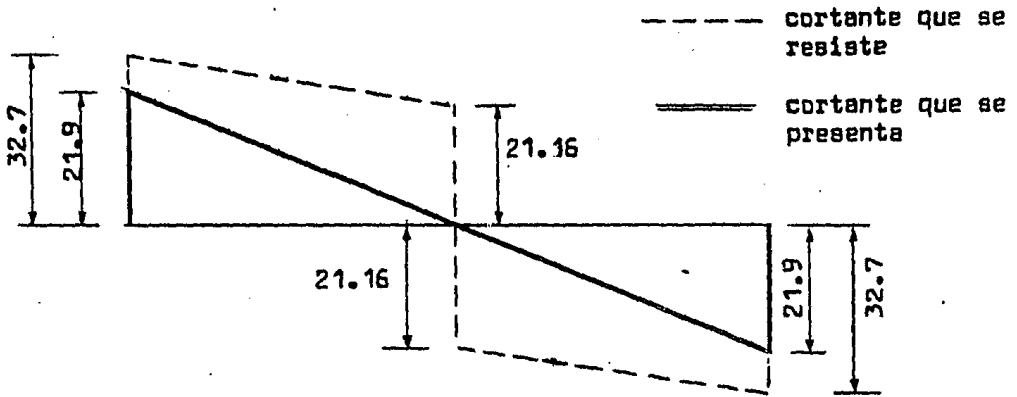
$$A_v = 2.06 \text{ cm}^2$$

$$f_y = 4200 \text{ Kg/cm}^2$$

Para el dimensionamiento y revisión por fuerza cortante se usa el programa "CORTANTE", a continuación se da la tabla de resultados :

SECCION (h/2)	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	Especificación
Comentario												
Va (Ton)	15.31	14.058	12.496	10.934	9.372	7.81	6.248	4.686	3.124	1.562	0	inciso (C.1)
Vua = 1.4 Va	21.43	20.41	17.49	15.31	13.12	10.93	8.75	6.56	4.37	2.19	0	
Comparación	Sección Correcta	S.C.	S.C.	S.C.	S.C.	S.C.	S.C.	S.C.	S.C.	S.C.	S.C.	inciso (d.3)
Ma (Ton.m)	3.09	11.81	28.12	39.83	50	58.58	65.60	71.07	74.98	77.32	78.10	inciso (C.1)
Vc (Ton)	8.63	2.19	1.63	1.59	1.62	1.66	1.73	1.77	1.78	1.77	1.72	inciso (b)
Vc mín	4.40	4.39	4.85	5.60	6.33	7.11	7.86	8.61	9.37	10.12	10.87	inciso (d.4)
Vc máx	19.08	19.01	21.01	24.28	27.41	30.80	34.07	37.33	40.59	43.86	47.12	inciso (d.4)
Vc comparac.	8.63	4.39	4.85	5.60	6.33	7.11	7.86	8.61	9.37	10.12	10.87	
Vc definitiva	8.63	4.39	4.85	5.60	6.33	7.11	7.86	8.61	9.37	10.12	* 8.70	# No cumple h.c.l.m
V' = Vu _c - Vu _d	12.8	16.02	12.64	9.71	6.79	3.82	0.89	—	—	—	—	
Separación S1 (cm)	19	16	22	33	54	106	506	—	—	—	—	inciso (d.1)
S2 (cm)	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	66	inciso (d.2.1)
S3 ó Sa (cm)	32	37	41	46	51	55	60	65	69	74	79	ver incisos (d.2.2) (d.2.3)
V comparación 150000 + 20000	22.01	21.93	24.24	28.01	31.63	35.54	39.91	43.07	46.84	50.6	54.37	
Separ. Técnica ≤ S1, S2, S3, Sa	19	16	22	33	51	55	60	63	65	66	66	
Separación definitiva	15	15	20	30	40	50	50	50	50	50	50	
V _h = PR Av / v _d S _{defin.}	16.15	16.73	13.84	12.11	9.08	8.13	9.0	9.86	10.73	11.59	12.46	
V _{us} = V _h + V _{ca}	24.78	21.12	18.69	17.71	15.41	15.24	16.86	18.47	20.13	21.71	21.16	Comentario último Resaltante
Comparación Vu _r > Vu _s	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	>	Secciones Correctas

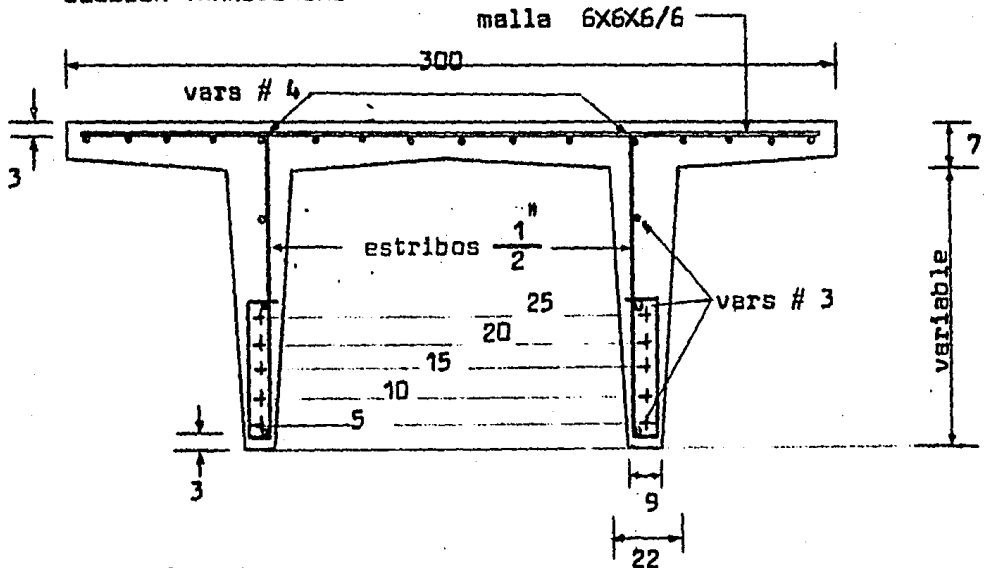
d.6) Diagrama de capacidad de Cortante.



valores en ton.

d.7) Armado final de la viga doble "T"

SECCION TRANSVERSAL



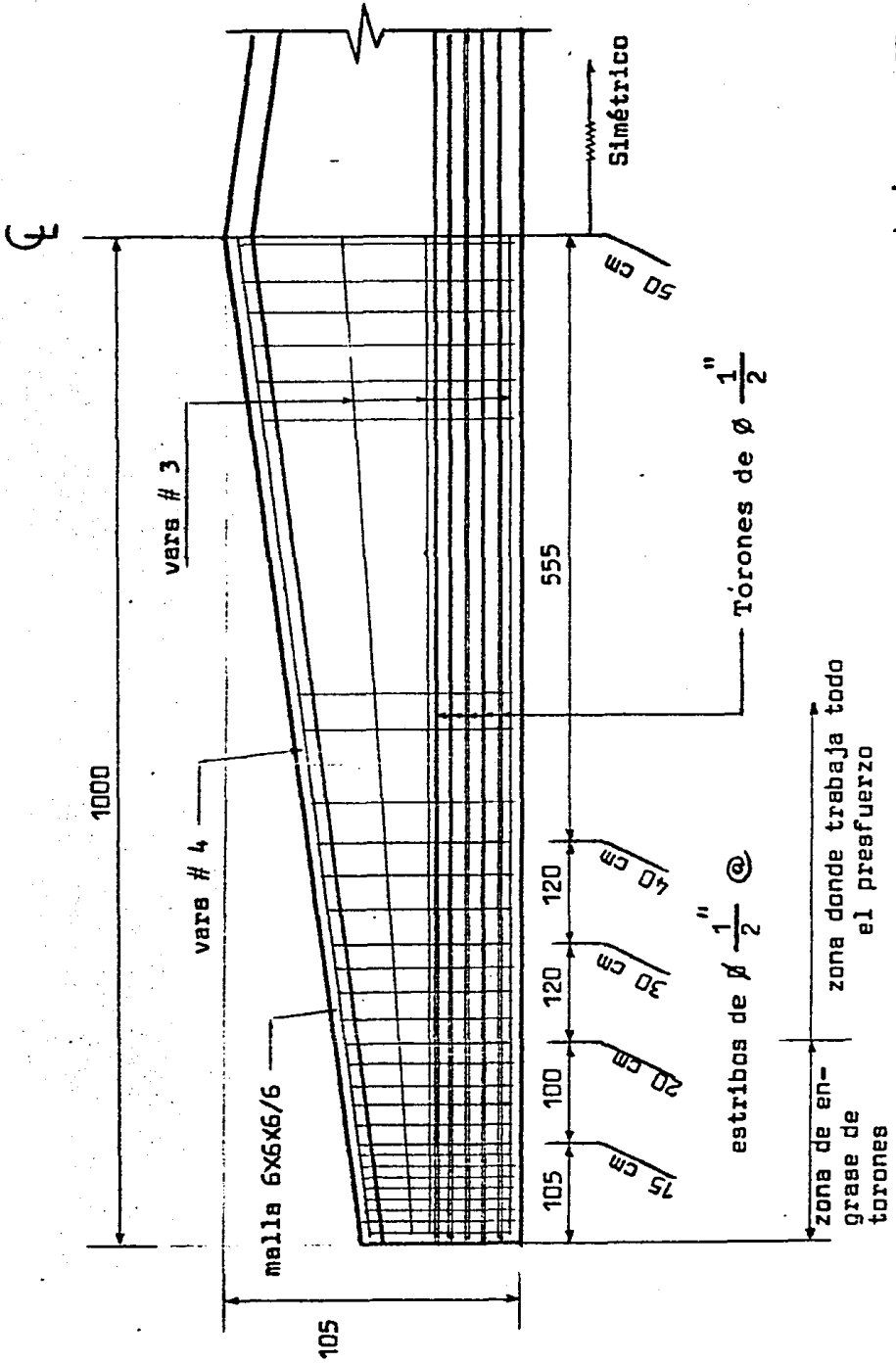
Por Especificaciones :

malla de 6X6X6/6 para evitar el agrietamiento de los patines.

2 vars del # 4 , para armado.

6 vars del #.3 , para armado.

ARMADO : SECCION LONGITUDINAL (para ambos extremos)



CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

De la solución de los problemas de diseño y revisión de vigas presforzadas de peralte variable, se obtuvieron las siguientes conclusiones y recomendaciones :

- 1) En los elementos presforzados de peralte variable con carga uniformemente repartida, la sección crítica por flexión no se encuentra al centro del claro, como sucede en los elementos de peralte constante, sino que varía, encontrándose aproximadamente en la zona de los tercios extremos del claro .
- 2) Se pueden presentar problemas en los extremos de las vigas ó cerca de ellos, zona donde generalmente se presentan esfuerzos mayores que los permisibles, motivo por el cual es necesario engrasar torones ó colocar acero de refuerzo .
- 3) En determinadas secciones se presentaron problemas muy particulares, como por ejemplo en la sección D-D (Problema I) en donde la revisión del tipo de falla potencial, se tiene una sección casi sobrerreforzada (sin llegar a serlo), y en la revisión de acero mínimo se tiene el caso contrario, es una sección escasa de acero de presfuerzo .
- 4) En el diseño y revisión de vigas presforzadas de peralte variable, es necesario revisar las secciones cada metro, - el proceso es repetitivo y largo, por lo que la elaboración de programas de computadora ó calculadoras programables es una gran ayuda en ahorro de tiempo y seguridad en los resultados .
- 5) Durante el desarrollo de la solución de los problemas se realizaron las observaciones particulares correspondientes .

- 6) Para la elaboración de los programas usados en la solución de los problemas, se usó una microcomputadora RADIO SHACK, TRS - 80 ; se usó el lenguaje BASIC, por ser éste común a la mayoría de las computadoras y ser un lenguaje de rápida aplicación para la elaboración de programas para la resolución de problemas de ingeniería .
- 7) En México falta información reglamentada sobre el diseño y revisión de elementos de concreto presforzado, para el caso de edificios, por lo cual se tienen que utilizar las siguientes normas Americanas :
- A.C.I. (American Concrete Institute)
- P.C.I. (Prestressed Concrete Institute)
- A.S.T.M. (American Society For Testing Materials)
- 8) En la solución de los problemas, no se realizó, la revisión de los extremos de las vigas (Método de Kachaturian) .
- 9) Espero que este trabajo sea de utilidad para todas aquellas personas interesadas en el diseño de elementos de concreto presforzado, y ayude de alguna manera a cubrir una falta de información sobre este tema .

A P E N D I C E

LISTADO DE PROGRAMAS :

" SECC "

" MOM "

" ESF "

" MUR "

" CORTANTE "

PROGRAMA " SECC ".

Este programa se utiliza para el cálculo de las características geométricas de las secciones.

DATOS :

NO. DE SECCIONES = ?

PERALTE DE CADA SECCION = ? (CM)

NO. DE ELEMENTOS DE CADA SECCION = ?

AREA, y , I_o DE CADA ELEMENTO = ? (CM^2 , CM, CM^4)

RESULTADOS :

I_{ss} (CM^4)

AREA (CM^2)

y_i (CM)

y_s (CM)

LISTADO DEL PROGRAMA

```
5 CLS
10 PRINT #-2," P R O G R A M A   S E C C   "
15 DIM H(20),N(20),P(20),F(20),R(20),X(20)
20 DIM A(20),L(20),Y(20),D(20)
25 PRINT #-2
30 PRINT #-2,"   CALCULO DE CARACTERISTICAS GEOMETRICAS   "
35 PRINT #-2
40 PRINT #-2
45 INPUT "NO. DE SECCIONES ";T
50 PRINT #-2,"NO. DE SECCIONES = ";T
55 PRINT #-2:PRINT
60 PRINT "SECCION","PERALTE (CM)"
65 PRINT #-2,"SECCION","PERALTE (CM)"
70 PRINT #-2:PRINT
```

```

80 FOR I=1 TO T
85 PRINT I,;PRINT #-2,I;
90 INPUT H(I)
95 PRINT #-2,;H(I)
100 NEXT I
105 PRINT #-2
110 N=0
115 FOR I=1 TO T
120 PRINT #-2:PRINT
125 INPUT" NO. DE ELEMENTOS ";E
130 PRINT #-2,"NO. DE ELEMENTOS DE LA SECCION = ";E
135 PRINT #-2:PRINT
140 M(I)=0
145 K(I)=0
150 S(I)=0
155 PRINT " DAR VALORES DE AREA, Y, I "
160 PRINT
165 PRINT" ELEMENTO "
170 PRINT #-2,"ELEMENTO","AREA (CM2)","Y (CM)","I (CM4)"
180 PRINT #-2:PRINT
190 FOR J=1 TO E
195 PRINT #-2,J;
196 INPUT A(J),Y(J),L(J)
198 N(I)=N(I)+A(J)
200 PRINT #-2,,A(J),Y(J),L(J)
205 PRINT #-2:PRINT
210 M(I)=M(I)+A(J)*Y(J)
215 K(I)=K(I)+L(J)
220 NEXT J
225 P(I)=M(I)/N(I)
230 FOR J=1 TO E
235 D(J)=P(I)-Y(J)
240 F(J)=A(J)*D(J)*D(J)
245 S(I)=S(I)+F(J)
250 NEXT J
255 R(I)=S(I)+K(I)
260 PRINT #-2
265 X(I)=H(I)-P(I)
270 PRINT #-2
275 NEXT I
280 PRINT #-2:PRINT
285 PRINT #-2
290 PRINT #-2,"SECCION","ISS (CM4)","AREA (CM2)","YI (CM),
"YS (CM)"
295 PRINT #-2:PRINT
300 FOR I=1 TO T
305 PRINT I,R(I),N(I),P(I),X(I)
310 PRINT #-2,I,R(I),N(I),P(I),X(I)
315 NEXT I
320 END

```


PROGRAMA " MOM "

Con este programa se calculan los momentos actuantes en cada sección y los esfuerzos actuantes debidos a esos momentos flexionantes, para la 2a. y 3a. Etapas de carga.

DATOS :

NO. DE SECCIONES = ?

VALORES DE X, Y_i, Y_s, I_{sss} = ? (CM, CM, CM, CM⁴)

CLARO = ? (M)

W (2a. ETAPA) = ? (TON.M)

W (3a. ETAPA) = ? (TON.M)

RESULTADOS : Para cada sección se imprimen ;

2a. Etapa de Carga

Mpp (TON.M)

Fiss (KG/CM²)

Fsss (KG/CM²)

3a. Etapa de Carga

MA (TON.M)

Fiss (KG/CM²)

Fsss. (KG/CM²)

LISTADO DEL PROGRAMA " MOM "

```
5 CLS
10 PRINT " PROGRAMA MOM "
15 PRINT #-2," P R O G R A M A M O M "
20 DIM X(20),J(20),Z(20),Y(20),F1(20),F2(20),M(20)
25 PRINT #-2:PRINT
30 INPUT " NO. DE SECCIONES = "; T
35 PRINT #-2," NO. DE SECCIONES = ";T
40 PRINT #-2:PRINT
45 PRINT "DAR VALORES DE X, YI, YS, ISS"
50 PRINT
55 PRINT " SECCION"
60 PRINT #-2,"SECCION","X (CM)","YI (CM)","YS (CM)",
"ISS (CM4)"
65 FOR I=1 TO T
70 PRINT I:PRINT #-2,I;
75 INPUT X(I),Y(I),Z(I),J(I)
80 PRINT #-2,,X(I),Y(I),Z(I),J(I)
85 NEXT I
90 PRINT #-2:PRINT
95 INPUT " CLARO (M) ";L
100 PRINT #-2,"CLARO = ";L;"METROS"
105 PRINT:PRINT #-2
110 E=2
115 FOR N=1 TO E
120 INPUT " CARGA (TON/M) ";W
125 PRINT #-2," W (TON/M) = ";W
130 PRINT:PRINT #-2
135 FOR I=1 TO T
140  $M(I) = (W * 0.01 * X(I) / 2) * (L - (.01 * X(I)))$ 
145  $F1(I) = M(I) * Y(I) * 100000 / J(I)$ 
150  $F2(I) = M(I) * Z(I) * 100000 / J(I)$ 
155 NEXT I
160 PRINT #-2,"SECC","MA (TON.M)","F1 (KG/CM2)","FS (KG/CM)"
165 PRINT: PRINT #-2
170 FOR I=1 TO T
175 PRINT #-2,I,M(I),F1(I),F2(I)
180 NEXT I
185 PRINT: PRINT #-2
190 NEXT N
195 END
```

PROGRAMA " ESF "

Se utiliza este programa para calcular los esfuerzos totales actuantes en las secciones, inmediatamente después de la transferencia (2a. Etapa de carga) y después de las pérdidas (3a. Etapa de carga).

DATOS :

NO. DE SECCIONES = ?

VALORES DE AREA, YI, YS, ISS = ?

P, MA, e = ? (KG,KG.CM,CM)

RESULTADOS : Para cada sección imprime ;

2a. Etapa de Carga

Fiss (kg/cm²)

Fsss (kg/cm²)

3a. Etapa de Carga

Fiss (kg/cm²)

Fsss (kg/cm²)

PROGRAMA "ESF"

```
5 CLS
10 PRINT "PROGRAMA ESF"
15 PRINT #-2," P R O G R A M A   E S F   "
20 DIM P(20),A(20),L(20),M(20),Y(20)
25 DIM X(20),E(20),F1(20),F2(20)
30 PRINT:PRINT #-2
35 INPUT "NO. DE SECCIONES ";T
40 PRINT #-2,"NO. DE SECCIONES = ";T
45 PRINT:PRINT #-2
50 PRINT "DAR VALORES DE ISS,AREA,YI,YS"
55 PRINT:PRINT #-2
60 PRINT "SECCION"
65 PRINT #-2,"SECCION","ISS (CM4)","AREA (CM2)","YI (CM)",
70     "YS (CM)"
75 PRINT:PRINT #-2
80 FOR I=1 TO T
85 PRINT I:PRINT #-2,I;
90 INPUT L(I),A(I),Y(I),X(I)
95 PRINT #-2,,L(I),A(I),Y(I),X(I)
100 NEXT I
105 PRINT:PRINT #-2
110 FOR J=1 TO 2
115 PRINT "DAR VALORES DE P,MOM,EXC"
120 PRINT #-2,"SECCION","P (KG)","MA KG.CM)","E (CM)
125 PRINT:PRINT #-2
130 FOR I=1 TO T
135 PRINT I: PRINT #-2,I;
140 INPUT P(I),M(I),E(I)
145 PRINT #-2,,P(I),M(I),E(I)
150 NEXT I
155 PRINT:PRINT #-2
160 FOR I=1 TO T
165  $F1(I)=P(I)/A(I)+(P(I)*E(I)*Y(I)/L(I))-(M(I)*Y(I)/L(I))$ 
170  $F2(I)=P(I)/A(I)-(P(I)*E(I)*X(I)/L(I))+M(I)*X(I)/L(I)$ 
175 NEXT I
180 PRINT #-2,"SECCION","FISS (KG/CM2)","FSSS (KG/CM2)"
185 PRINT:PRINT #-2
190 FOR I=1 TO T
195 PRINT #-2,I,F1(I),F2(I)
200 NEXT I
205 PRINT: PRINT #-2
210 NEXT J
215 END
```

PROGRAMA "MUR"

Este programa se usa para encontrar el Momento Ultimo Resistente de cada sección de la viga, ésta puede trabajar ó como Sección Rectangular ó como Sección "T", dependiendo de que "a" sea mayor ó menor que "t", el programa analiza ésto y calcula el Mur de cada sección y el Mua.

DATOS :

NO. DE SECCIONES = ?

F_c, F_{sr}, b, t , DE LA VIGA = ?

A_{sp}, d_{sp}, M_a DE CADA SECCION = ?

En caso de que la viga trabaje como Sección "T", se necesita dar;

"Be - b" DE LA SECCION = ?

RESULTADOS : Para cada sección se imprime ;

M_{ur} (TON.M)

M_{ua} (TON.M)

"a" (CM)

LISTADO DEL PROGRAMA " MUR "

```
5 CLS
10 PRINT #-2," P R O G R A M A M U R "
15 PRINT #-2
20 PRINT #-2,"REVISION POR RESISTENCIA"
25 PRINT #-2
30 DIM A(20),M(20),D(20),N(20),P(20),S(20),E(20),M1(20)
35 PRINT " PROGRAMA PARA REVISION POR RESISTENCIA"
40 PRINT
45 INPUT "NO. DE SECCIONES ";X
50 PRINT #-2,"NO. DE SECCIONES = ";X
55 PRINT #-2
60 PRINT "DAR VALORES DE FC,FSR,B,T"
65 INPUT F,R,B,T
70 PRINT #-2,"FC = ";F,"FSR = ";R
75 PRINT #-2,"BASE = ";B,"T = ";T
80 PRINT #-2:PRINT
85 PRINT "DAR VALORES DE ASP,DSP,MA"
90 PRINT #-2,"SECCION","ASP (CM2)","DSP (CM)","MA (TON.M)"
95 PRINT #-2
100 FOR I=1 TO X
105 PRINT I:PRINT #-2,I;
110 INPUT A(I),D(I),M(I)
115 PRINT #-2,A(I),D(I),M(I)
120 NEXT I
125 PRINT:PRINT #-2
130 FOR I=1 TO X
135 N(I)=1.4*M(I)
140 P(I)=A(I)/(B*D(I))
145 S(I)=R*(1-(0.5*P(I)*R/F))
150 E(I)=A(I)*S(I)/(B*E)
155 IF E(I) T GOTO 170
160 M1(I)=0.9*(A(I)*S(I)*(D(I)-(E(I)/2)))
165 NEXT I
170 PRINT:PRINT #-2
175 PRINT "DAR VALOR DE BE-B "
180 INPUT L
185 A1=(L*T*F)/S(I)
190 A2=A(I)-A1
195 M1(I)=.9*(A1*S(I)*(D(I)-(.5*T))+A2*S(I)*(D(I)-(.5*E(I))))
200 GOTO 165
205 PRINT "SECCION","MUR","MUA","A"
210 PRINT #-2,"SECCION","MUA (TON.M)","MUA (TON.M)","A (CM)"
215 PRINT:PRINT #-2
220 FOR I=1 TO X
225 PRINT I,M1(I)/10E5,N(I),E(I)
230 PRINT #-2,I,M1(I)/10E5,N(I),E(I)
235 NEXT I
240 END
```

PROGRAMA " CORTANTE "

Este programa se hizo para la revisión por fuerza cortante de las secciones de las vigas, el programa calcula la fuerza cortante que toma el concreto en cada sección, y la separación de estribos.

DATOS :

- NO. DE SECCIONES = ?
- PERALTE DE CADA SECCION ? (CM)
- VALORES DE d, M_a, V_a EN CADA SECCION ?
(en CM, TON.M, TON)
- VALORES DE "a", b, b', F*, a_t ?
- NO. DE SECCIONES RECTANGULARES ?

RESULTADOS : Para cada sección se imprime;

- V_{ua} (TON)
- 2.5 * F.R*..... (TON)
- V_c (TON)
- V_{c_{mín}} (TON)
- V_{c_{máx}} (TON)
- 1.5 * F.R.*..... (TON)
- S1, S2, S3, S4 (CM)

LISTADO DEL PROGRAMA "CORTANTE"

```
5 CLS
10 DIM H(20),D(20),M(20),N(20),E(20),V(20),C(20),K(20),L(20)
15 DIM P(20),P1(20),V1(20),V2(20),V4(20),S1(20),S2(20)
20 DIM S3(20),S4(20)
25 PRINT #-2
30 INPUT " NO. DE SECCIONES ";T
35 PRINT #-2,"NO. DE SECCIONES = ";T
40 PRINT #-2:PRINT
45 PRINT "DAR VALORES DE LOS PERALTES "
50 PRINT #-2,"SECCION","PERALTE (CM)"
55 PRINT:PRINT #-2
60 FOR I=1 TO T
65 PRINT I:PRINT #-2,I;
70 INPUT H(I)
75 PRINT #-2,,H(I)
80 NEXT I
85 PRINT "DAR VALORES DE D,MA,VA"
90 PRINT:PRINT #-2
95 PRINT #-2,"SECCION","D (CM)","MA (TON.M)","VA (TON)"
100 FOR I=1 TO T
105 PRINT #-2,J;
110 INPUT D(I),M(I),N(I)
115 PRINT #-2,,D(I),M(I),N(I)
120 NEXT I
125 PRINT "DAR VALOR DE A (CM)"
130 PRINT:PRINT #-2
135 FOR I=1 TO T
140 INPUT E(I)
145 PRINT #-2,,E(I)
150 NEXT I
155 PRINT:PRINT #-2
160 PRINT "DAR VALORES DE B,B',F*,AS "
165 INPUT B,B1,F,A
170 R=4200
175 PRINT #-2,"B=";B,"B'=";B1,"F*=";F,"AT=";A
180 PRINT:PRINT #-2
185 INPUT "NO. DE SECCIONES RECTANGULARES ";X
190 FOR J=1 TO T
195 V(J)=1.4*N(J):C(J)=E(J)*E(J)
200 P(J)=.8*B*D(J)*SQR(F)
205 P1(J)=.8*(B1*D(J)+C(J))*SQR(F)
210 IF J X GOTO 240
215 V1(J)=(.00008*B*D(J))*((.15*SQR(F))+(.5*D(J)*N(J))/M(J))
220 V2(J)=1.3*P(J):V4(J)=.3*P(J)
225 S2(J)=(.8*A*R)/(3.5*B)
230 l(J)=1.5*P(J):K(J)=2.5*P(J)
235 GOTO 265
240 V1(J)=(.00008*(B1*D(J)+C(J))*((.15*SQR(F*10))+(.5*D(J)*
245 N(J))/M(J))
250 V2(J)=1.3*P1(J):V2(J)=.3*P1(J)
255 S2(J)=.8*A*R/(3.5*B1)
260 L(J)=1.5*P1(J):K(J)=2.5*P1(J)
```



```
265 S3(J)=0.75H(J):S4(J)=0.375*H(J)
270 A NEXT J
275 PRINT:PRINT#-2
280 PRINT #-2,"SECCION","VUA (TON)","2.5*FR (TON)","VC (TON)"
285 FOR I=1 TO T
290 PRINT #-2,I,V(I),K(I)/1000,V1(I)
295 NEXT I
300 PRINT :PRINT #-2
305 PRINT #-2,"SECCION","VMIN","VMAX","1.5FR "
310 FOR I=1 TO T
315 PRINT #-2,IV2(I)/1000,V4(I)/1000,L(I)/1000
320 NEXT I
325 PRINT #-2
330 PRINT #-2,"SECCION","S1 (CM)","S2 (CM)","S3 (CM)","S4"
335 PRINT #-2
340 FOR I=1 TO T
345 PRINT #-2,I,S1(I),S2(I),S3(I),S4(I)
350 NEXT I
355 END
```

BIBLIOGRAFIA

- _ PRESTRESSED CONCRETE ANALYSIS AND DESIGN.
ANTOINE NAAMAN Mc.- GRAW-HILL
- _ DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRESFORZADO.
ARTHUR. H. NILSON LIMUSA
- _ PRESTRESSED CONCRETE.
NARBAY KHACHATURIAN Mc.GRAW-HILL
- _ DISEÑO DE ESTRUCTURAS DE CONCRETO PRESFORZADO.
T.Y.LIN LIMUSA
- _ P.C.I. DESIGN HANDBOOK (1971).
PRECAST AND PRESTRESSED CONCRETE USA .
- _ REGLAMENTO DE CONSTRUCCIONES DE CONCRETO REFORZADO.
A C I 318-83
- _ REGLAMENTO D.D.F. NORMAS TECNICAS 400,401.

- _ APUNTES DE CLASE, PRESFUERZO Y PREFABRICACION.
ING. C. RODRIGUEZ CABELLO. FAC. INGENIERIA UNAM.