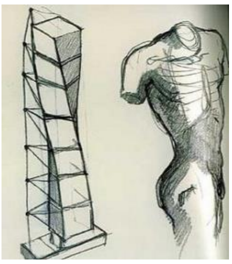
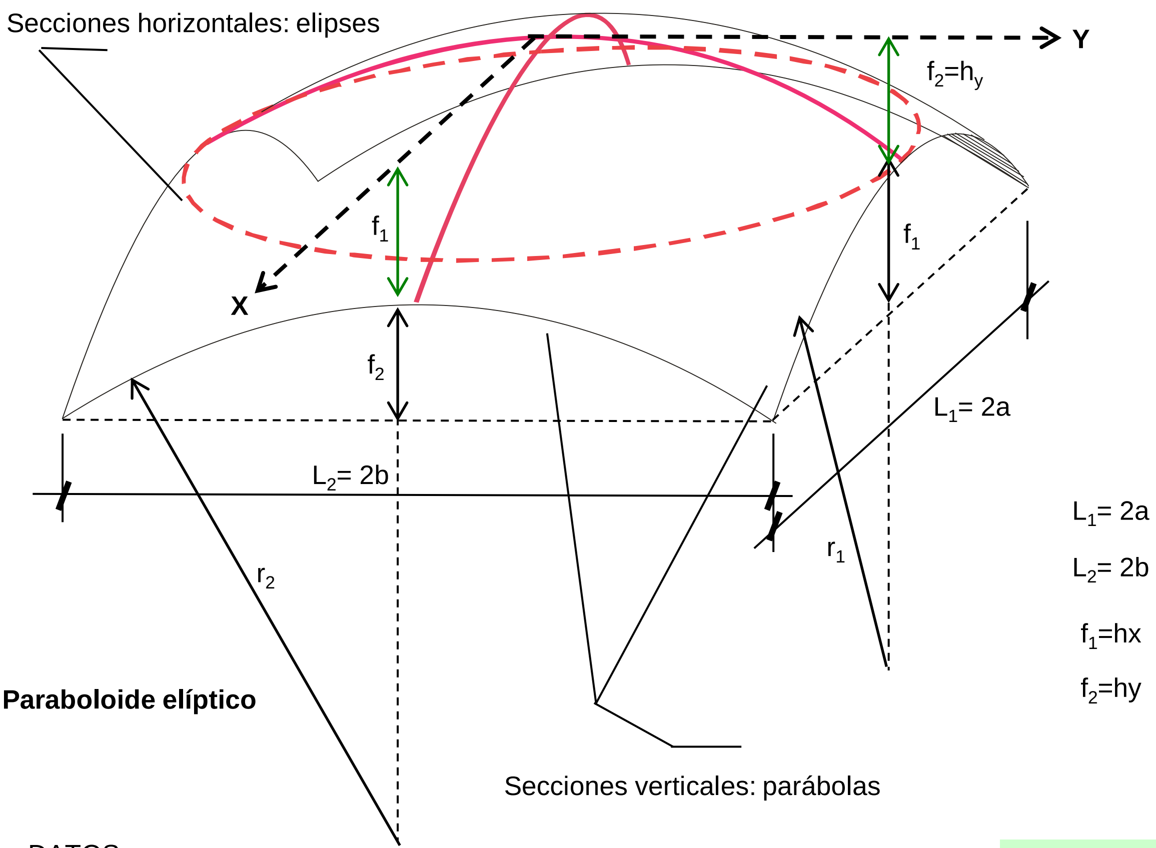


UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA PLATA - FACULTAD DE ARQUITECTURA Y URBANISMO			
DNC	Cátedra: **ESTRUCTURAS - NIVEL 3 - PLAN VI**		
TP9	Taller: VERTICAL III - DELALOYE - NICO - CLIVIO		
	Trabajo Práctico 9: Láminas Sinclásticas (Paraboloide elíptico)		
Curso 2016	Elaboró: JTP Ing. Angel Maydana	Revisión: Ing. Delaloye	Fecha:agosto 2016

LÁMINAS SINCLÁSTICAS Alumno: Juan Perez

BÓVEDAS DE TRASLACIÓN PARABÓLICAS: PARABOLIDE ELÍPTICO-(Planta Rectangular)



DATOS:

$L_1=L_x=$	40,00m	$f_1=h_x=$	5,00m	$f_1/f_2=h_x/h_y=$ 1
$L_2=L_y=$	40,00m	$f_2=h_y=$	5,00m	
e=	11,0cm	a=	20,00m	
		b=	20,00m	

IMPORTANTE
Ejercicio para $f_1/f_2=1$

DATOS
Ingresar L_1 = el mayor de los lados en (m)

Espesor e (estimado): $L_1/500$ en (cm).
Mínimo: 6 cm

Análisis de Cargas:

Peso propio: 2400 kg/m^3 x e/100 =	264,0kg/m2
Impermeabilización y terminaciones=	10,0kg/m2
Total=	274,0kg/m2
q adoptado=	270,0kg/m2 Carga uniforme

RADIOS: $r_1 = L_1^2 / 8 . f_1$ $r_2 = L_2^2 / 8 . f_2$

$r_1=r_x=$ 40,0m

$r_2=r_y=$ 40,0m

Cuando:

Punto 20	y=0	x=a=	20,00m	$Z=h_x= f_1=$	5,00m
Punto 4	x=0	y=b=	20,00m	$Z=h_y= f_2=$	5,00m

Ecuación de la superficie:

$$Z = 4\left(\frac{f_1 . X^2}{L_1^2} + \frac{f_2 . Y^2}{L_2^2}\right)$$

En la Tabla Nº 1 se indican las coordenadas de la superficie del parabolide elíptico.

PLANTA (un cuarto de paraboloide)

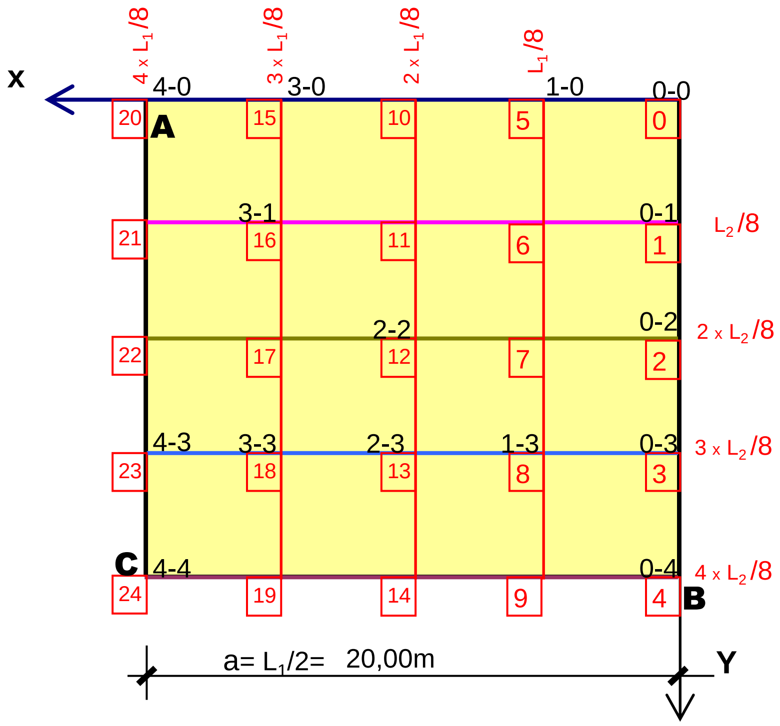
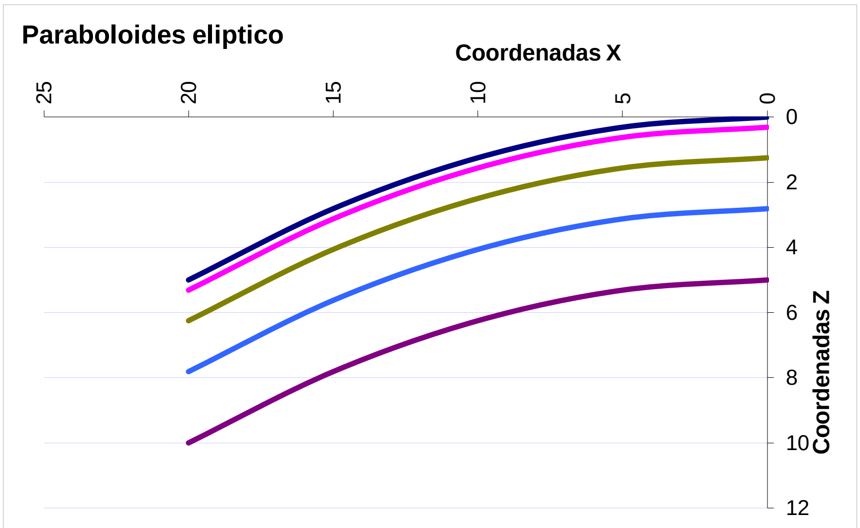


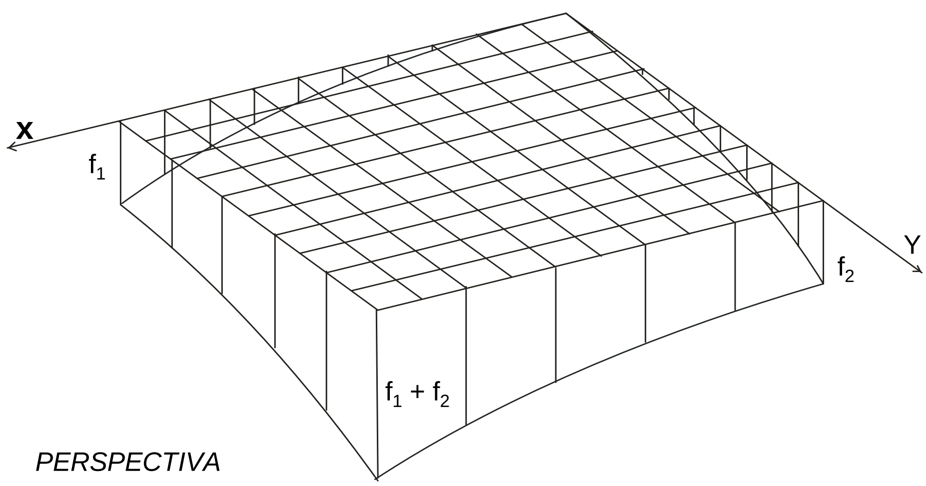
Tabla Nº 1

Nº	X	Y	Z	Punto
0	0,00	0,00	0,00	0-0
1	0,00	5,00	0,31	0-1
2	0,00	10,00	1,25	0-2
3	0,00	15,00	2,81	0-3
4	0,00	20,00	5,00	0-4
5	5,00	0,00	0,31	1-0
6	5,00	5,00	0,63	1-1
7	5,00	10,00	1,56	1-2
8	5,00	15,00	3,13	1-3
9	5,00	20,00	5,31	1-4
10	10,00	0,00	1,25	2-0
11	10,00	5,00	1,56	2-1
12	10,00	10,00	2,50	2-2
13	10,00	15,00	4,06	2-3
14	10,00	20,00	6,25	2-4
15	15,00	0,00	2,81	3-0
16	15,00	5,00	3,13	3-1
17	15,00	10,00	4,06	3-2
18	15,00	15,00	5,63	3-3
19	15,00	20,00	7,81	3-4
20	20,00	0,00	5,00	4-0
21	20,00	5,00	5,31	4-1
22	20,00	10,00	6,25	4-2
23	20,00	15,00	7,81	4-3
24	20,00	20,00	10,00	4-4

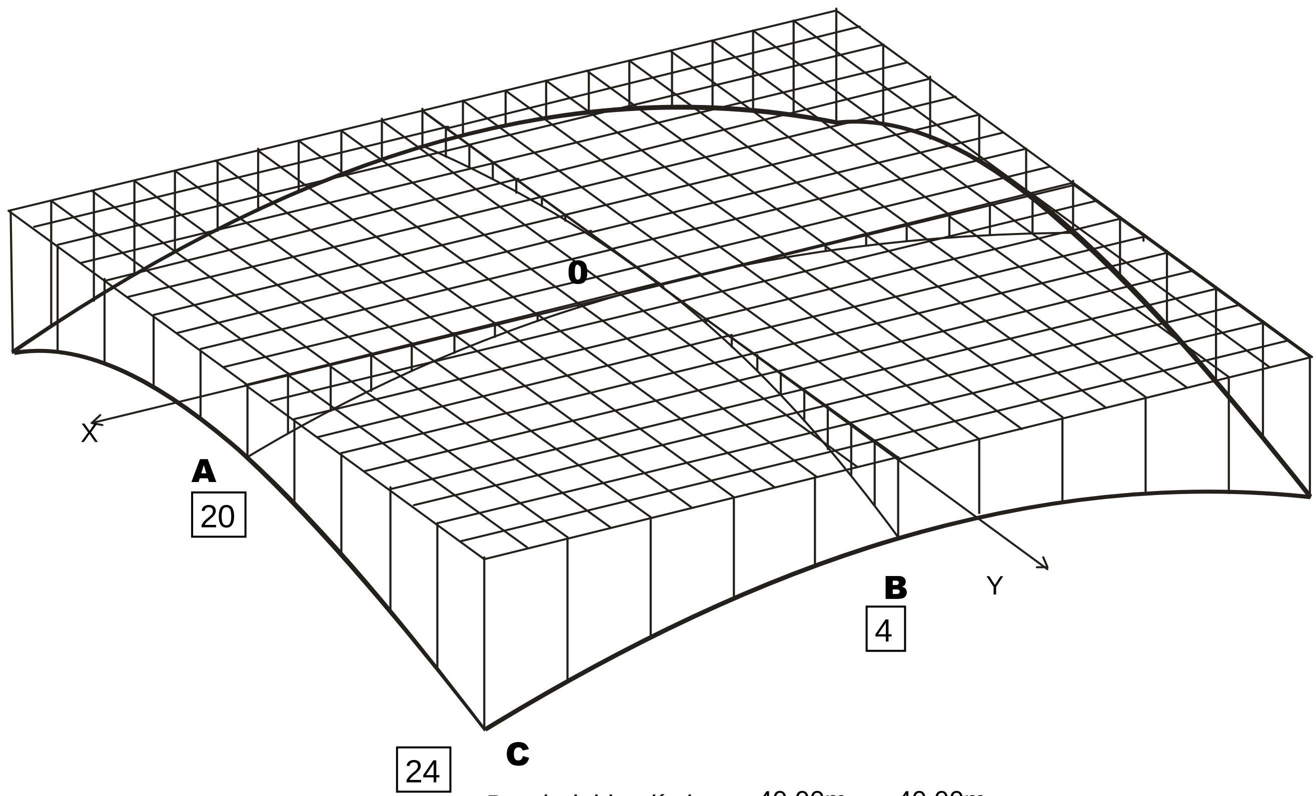


VISTA

La Tabla Nº 1 toma una grilla de 1/8 de separación.
Las parábolas están dibujadas para la Tabla Nº 1



PERSPECTIVA



Paraboloide elíptico: 40,00m x 40,00m

ESFUERZOS:

$$N_x = -\frac{q \times a^2}{h_x} \times K \times n_x$$

$$N_y = -\frac{q \times b^2}{h_y} \times \frac{1}{K} \times n_y$$

$$T_{xy} = -\frac{q \times a \times b}{\sqrt{h_x \times h_y}} \times t$$

$$K = \sqrt{\frac{1 + \left(\frac{2\,h_x}{a} \; \frac{x}{a}\right)^2}{1 + \left(\frac{2\,h_y}{b} \; \frac{y}{b}\right)^2}}$$

Nx : esfuerzo en la dirección de x (en kg/m)
Ny : esfuerzo en la dirección de y (en kg/m)
Txy = Tyx = esfuerzos tangenciales (en kg/m)
x e y coordenadas. Varían $0 \leq \mathbf{x} \leq a$; $0 \leq \mathbf{y} \leq b$
a; b semi-longitud de la planta del paraboloide
hx; hy flechas de las parábolas respectivas

En la Tabla Nº2 se dan los valores nx, ny y t, que son coeficientes (dador por A. Parmer en 1958) que permiten calcular los esfuerzos internos Nx, Ny y T, para plantas rectangulares de cualquier relación de lados, pero con una relación de flechas igual a 1.
Los coeficientes nx, ny y t, están dados para puntos de una malla de lado 1/8 de la respectiva luz, y tienen una variación parabólica.
Es necesario además, calcular el coeficiente K que tiene en cuenta la distorsión de los esfuerzos en medida que varian las relaciones de lado, las que se aconseja que no superen la relación 0,6.

$1{,}67 > L_1 / L_2 > 0{,}6$

En nuestro caso: $L_1/L_2 =$ 1,00

TABLA Nº 2 Coeficientes. Valores para (hx/hy=1)

	x/a	y/b 0	0,25	0,5	0,75	1
ny	0	0,250	0,233	0,182	0,101	0,000
nx	0	0,250	0,267	0,318	0,399	0,500
t	0	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
ny	0,25	0,267	0,250	0,199	0,111	0,000
nx	0,25	0,233	0,250	0,301	0,389	0,500
t	0,25	0,000	0,029	0,068	0,096	0,108
ny	0,5	0,318	0,301	0,250	0,150	0,000
nx	0,5	0,182	0,199	0,250	0,350	0,500
t	0,5	0,000	0,068	0,140	0,210	0,244
ny	0,75	0,399	0,389	0,350	0,250	0,000
nx	0,75	0,101	0,111	0,150	0,250	0,500
t	0,75	0,000	0,096	0,210	0,356	0,465
ny	1	0,500	0,500	0,500	0,500	0,000
nx	1	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
t	1	0,000	0,108	0,243	0,465	1,000 *

Ejemplo:
Punto 16:

x=	15,00	y=	5,00
a=	20	b=	20,00
x/a=	0,75	y/b=	0,25

de la Tabla Nº 2

ny=	0,389
nx=	0,111
t=	0,096

* La función que representa los valores de t, solución de los esfuerzos Txy, en el punto y/b=1 ; x/a=1, vale ∞, por lo que nos daría Txy=∞ como se ve en la gráfica. A los efectos didacticos, tomaremos el valor 1 para dicho punto, lo que coincide con la solución para bóvedas de traslación circular de bajo peralte f/L≤1/10

TABLA Nº 3 Valores de **K** (calculados para cada caso)

	x/a	y/b 0	0,25	0,5	0,75	1
ny	0	1	0,9923	0,9701	0,9363	0,8944
nx	0	1	0,9923	0,9701	0,9363	0,8944
t	0	1	0,9923	0,9701	0,9363	0,8944
ny	0,25	1,0078	1	0,9777	0,9436	0,9014
nx	0,25	1,0078	1	0,9777	0,9436	0,9014
t	0,25	1,0078	1	0,9777	0,9436	0,9014
ny	0,5	1,0308	1,0228	1	0,9651	0,922
nx	0,5	1,0308	1,0228	1	0,9651	0,922
t	0,5	1,0308	1,0228	1	0,9651	0,922
ny	0,75	1,068	1,0598	1,0361	1	0,9552
nx	0,75	1,068	1,0598	1,0361	1	0,9552
t	0,75	1,068	1,0598	1,0361	1	0,9552
ny	1	1,118	1,1094	1,0847	1,0468	1
nx	1	1,118	1,1094	1,0847	1,0468	1
t	1	1,118	1,1094	1,0847	1,0468	1

$$K=\sqrt{\frac{1+\left(\frac{2\,h_x}{a}\;\frac{x}{a}\right)^2}{1+\left(\frac{2\,h_y}{b}\;\frac{y}{b}\right)^2}}$$

Ejemplo: h_x= 5,00
Punto 16: h_y= 5,00

x=	15,00	y=	5,00
a=	20	b=	20,00
x/a=	0,75	y/b=	0,25

de la Tabla Nº 3

ny=	1,0598	=K
nx=	1,0598	=K
t=	1,0598	=K

TABLA Nº 4 Esfuerzos membranales para cada punto

	x/a	y/b 0	0,25	0,5	0,75	1
Ny	0	-5400	-5072	-4052,2	-2329,9	0
Nx	0	-5400	-5722,7	-6663,7	-8069,7	-9659,8
Txy	0	0	0	0	0	0
Ny	0,25	-5722,7	-5400	-4396,5	-2540,9	0
Nx	0,25	-5072	-5400	-6356,6	-7928,6	-9735
Txy	0,25	0	-626,4	-1468,8	-2073,6	-2332,8
Ny	0,5	-6663,7	-6356,6	-5400	-3357	0
Nx	0,5	-4052,2	-4396,5	-5400	-7296,5	-9957,1
Txy	0,5	0	-1468,8	-3024	-4536	-5270,4
Ny	0,75	-8069,7	-7928,6	-7296,5	-5400	0
Nx	0,75	-2329,9	-2540,9	-3357	-5400	-10317
Txy	0,75	0	-2073,6	-4536	-7689,6	-10044
Ny	1	-9659,8	-9735	-9957,1	-10317	0
Nx	1	0	0	0	0	0
Txy	1	0	-2332,8	-5248,8	-10044	-21600

Factor de Ny: qb^2/hy= 21600 kg/m

Factor de Nx: qa^2/hx= 21600 kg/m

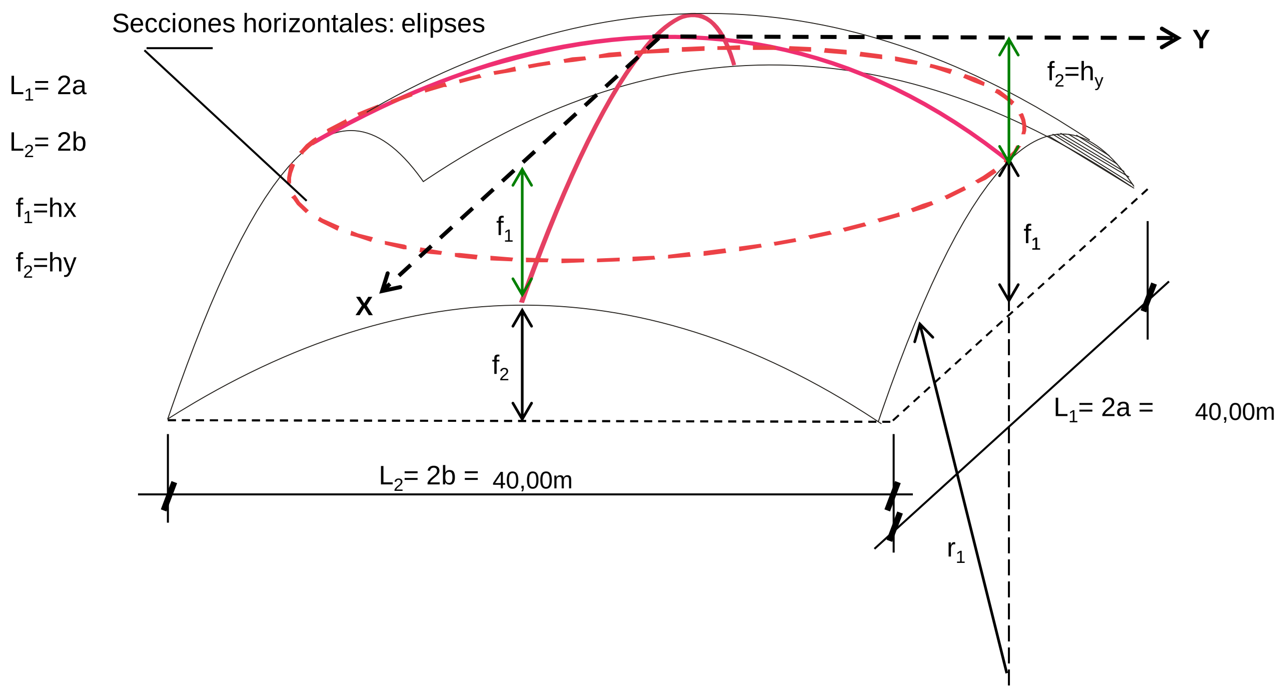
Factor de Txy:
: $qab/(hx\ hy)^{1/2}$= 21600 kg/m

Ejemplo:
Punto 16:

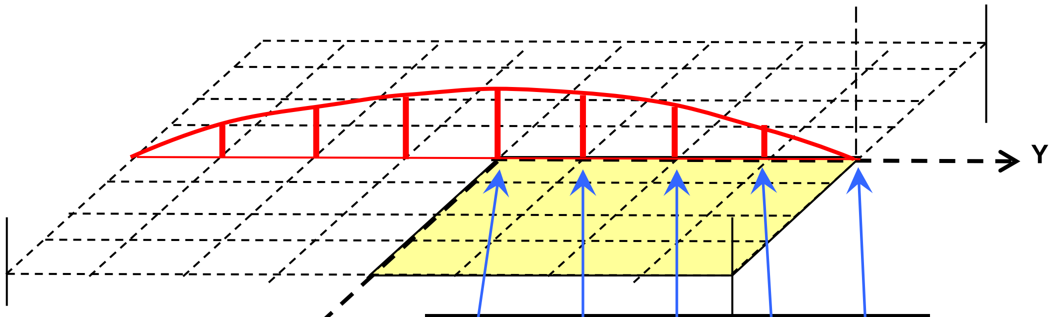
x=	15,00	y=	5,00
a=	20	b=	20,00
x/a=	0,75	y/b=	0,25

$$\boxed{Ny=-\frac{q \times b^2}{h_y} \times \frac{1}{K} \times n_y}$$

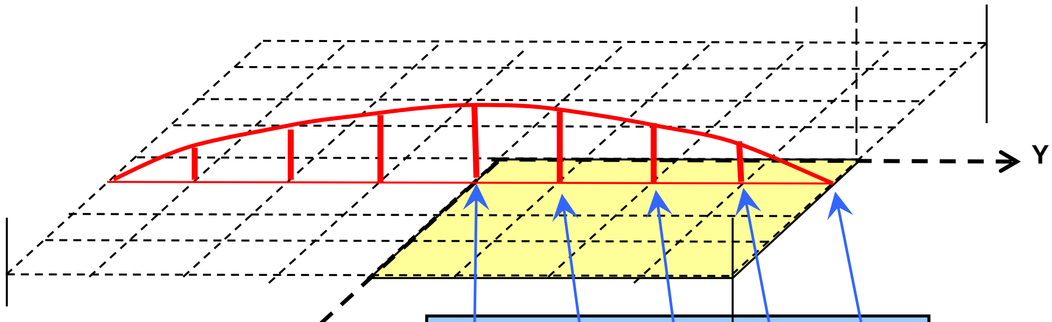
$$Ny=\ -21600 \times \frac{1}{1{,}060} \times 0{,}389 = -7928{,}6$$



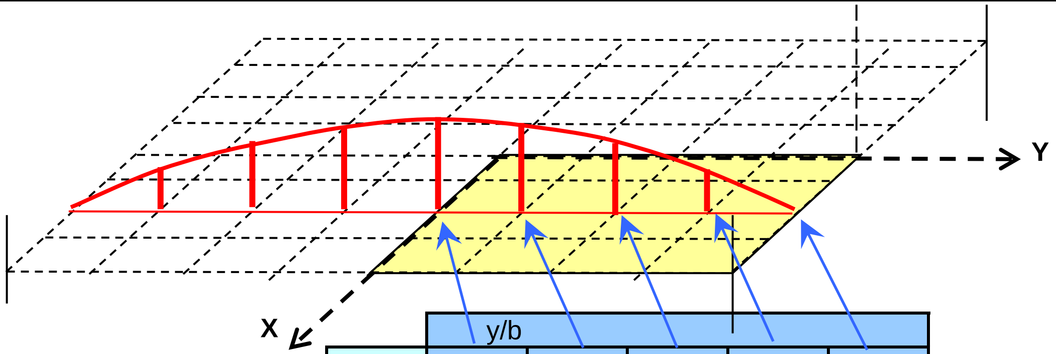
VALORES DEL ESFUERZO **Ny**



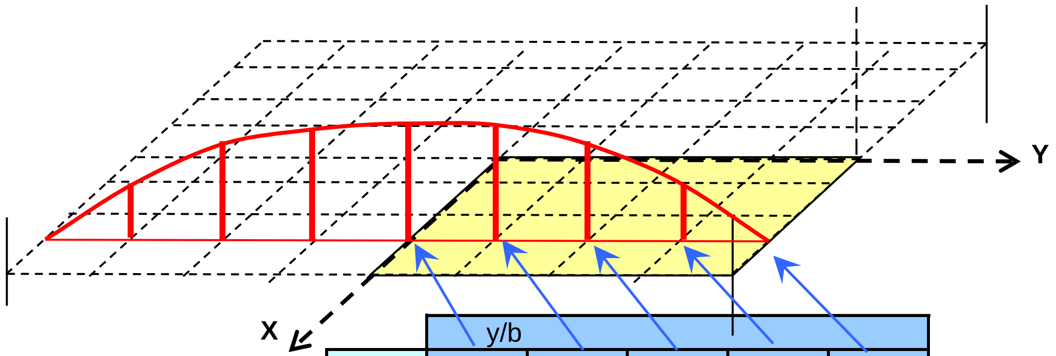
		y/b				
	x/a	0	0,25	0,5	0,75	1
Ny	0	-5400	-5072	-4052	-2330	0



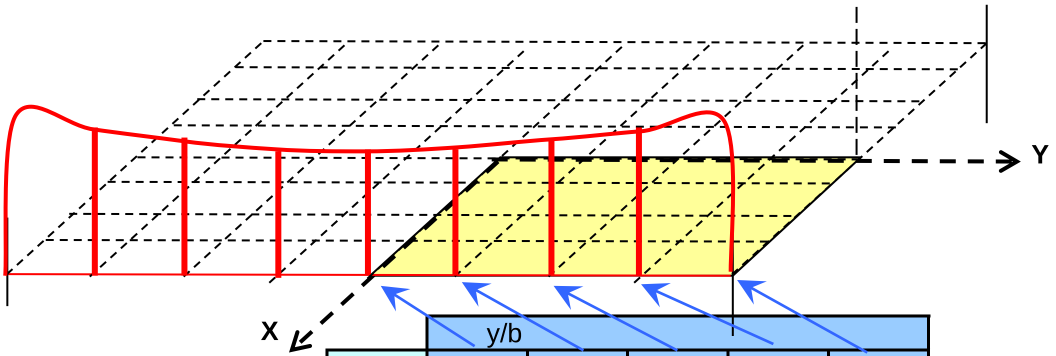
		y/b				
	x/a	0	0,25	0,5	0,75	1
Ny	0,25	-5723	-5400	-4396	-2541	0



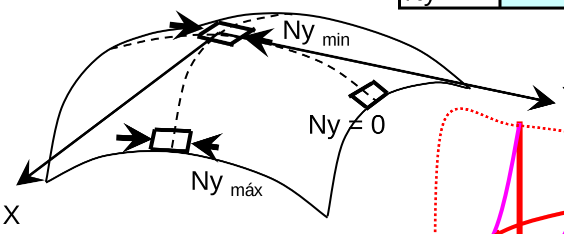
		y/b				
	x/a	0	0,25	0,5	0,75	1
Ny	0,5	-6664	-6357	-5400	-3357	0



		y/b				
	x/a	0	0,25	0,5	0,75	1
Ny	0,75	-8070	-7929	-7297	-5400	0



		y/b				
	x/a	0	0,25	0,5	0,75	1
Ny	1	-9660	-9735	-9957	-10317	0



Ny

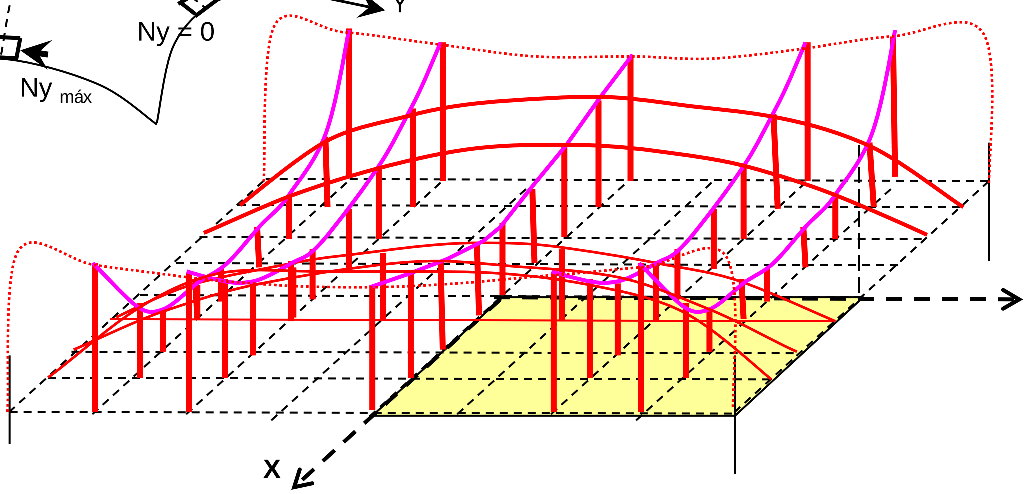
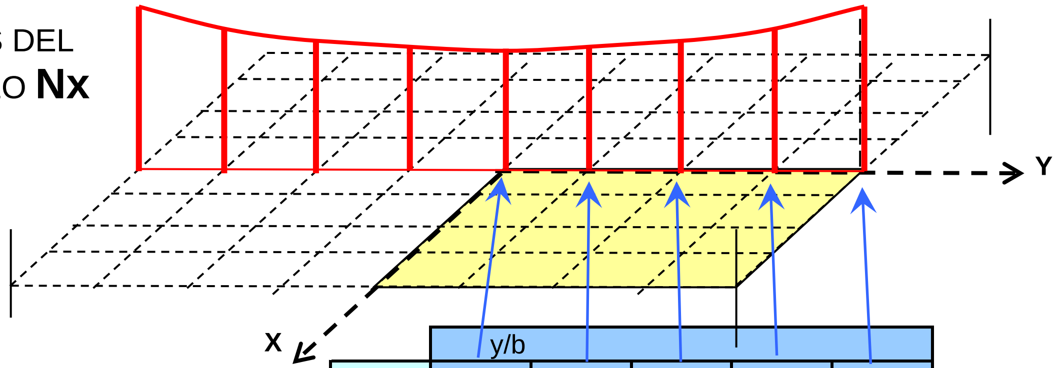
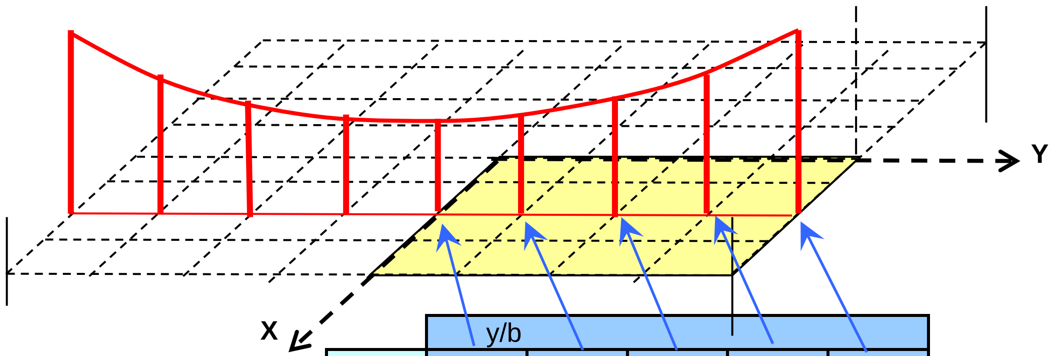


DIAGRAMA RESUMEN

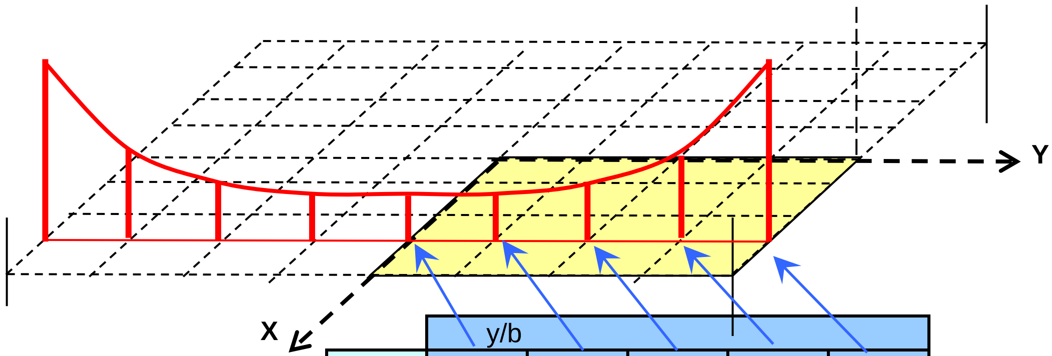
VALORES DEL ESFUERZO **Nx**



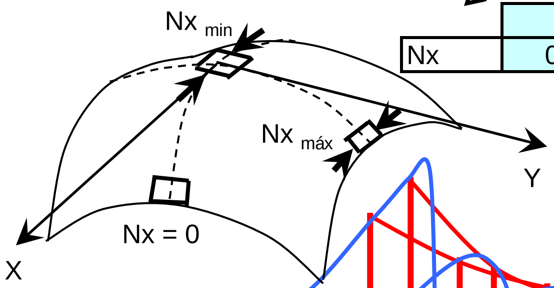
		y/b				
	x/a	0	0,25	0,5	0,75	1
Nx	0	-5400	-5723	-6664	-8070	-9660



		y/b				
	x/a	0	0,25	0,5	0,75	1
Nx	0,5	-4052	-4396	-5400	-7297	-9957



		y/b				
	x/a	0	0,25	0,5	0,75	1
Nx	0,75	-2330	-2541	-3357	-5400	-10317



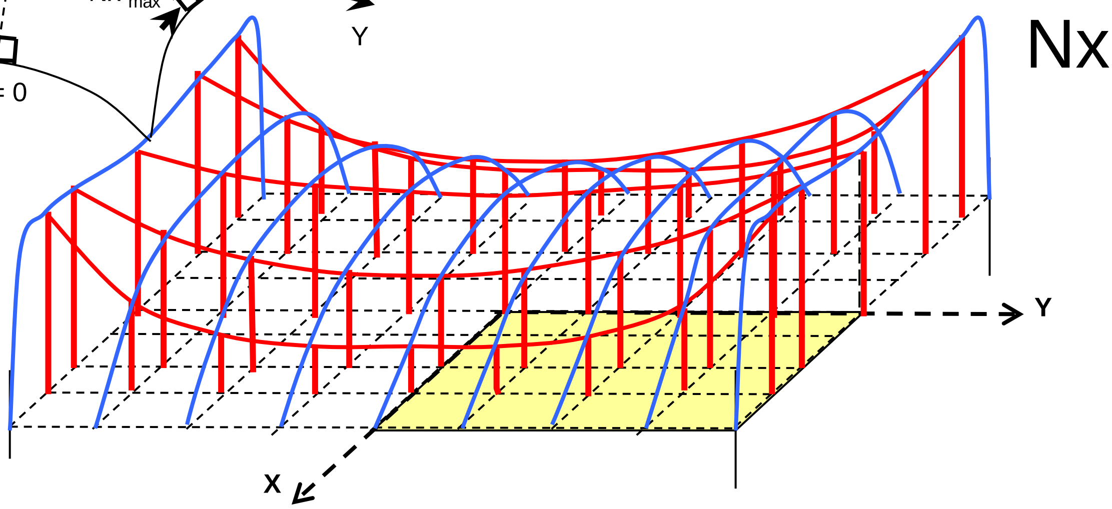
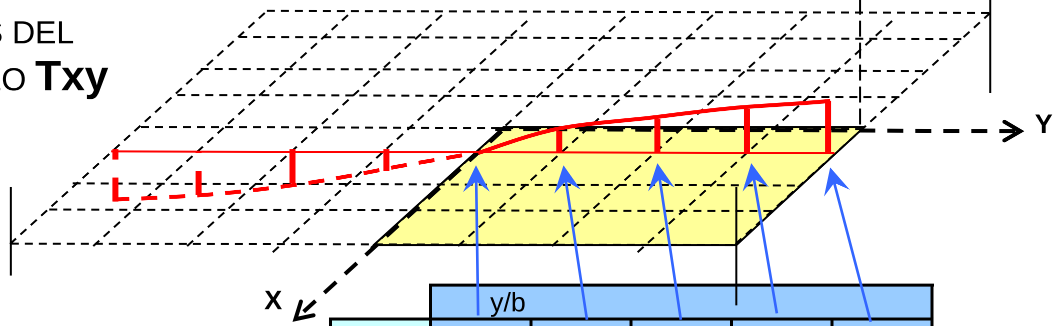
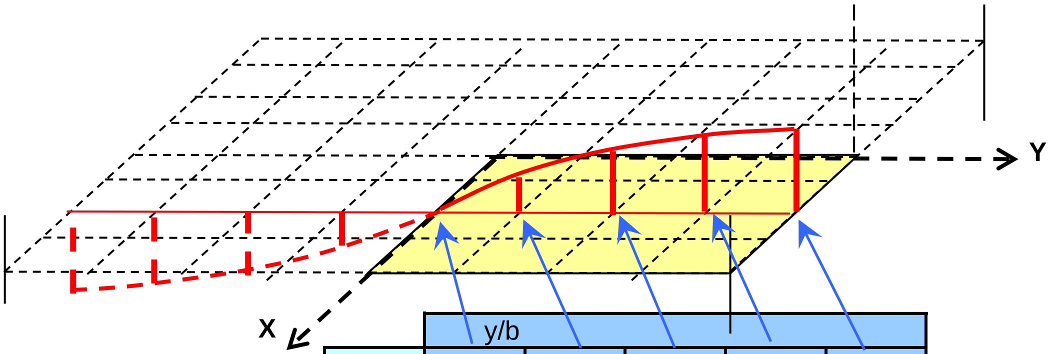


DIAGRAMA RESUMEN

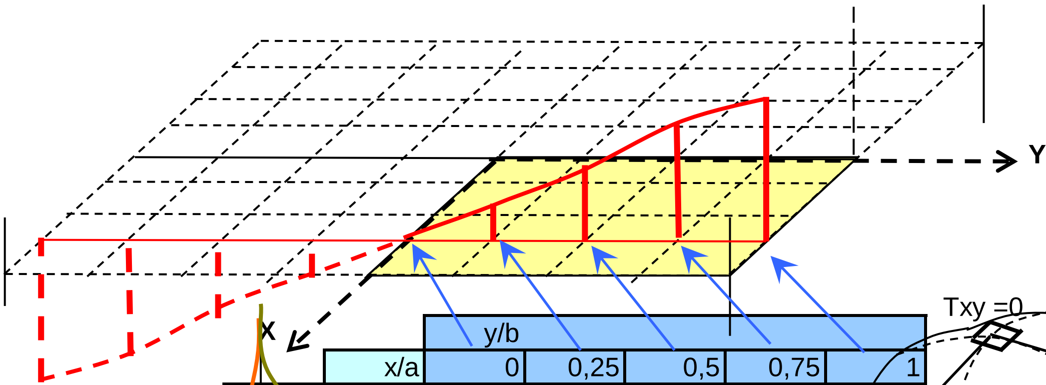
VALORES DEL ESFUERZO **Txy**



		y/b				
	x/a	0	0,25	0,5	0,75	1
Txy	0,25	0	-626,4	-1469	-2074	-2333



		y/b				
	x/a	0	0,25	0,5	0,75	1
Txy	0,5	0	-1469	-3024	-4536	-5270



		y/b				
	x/a	0	0,25	0,5	0,75	1
Txy	0,75	0	-2074	-4536	-7690	-10044

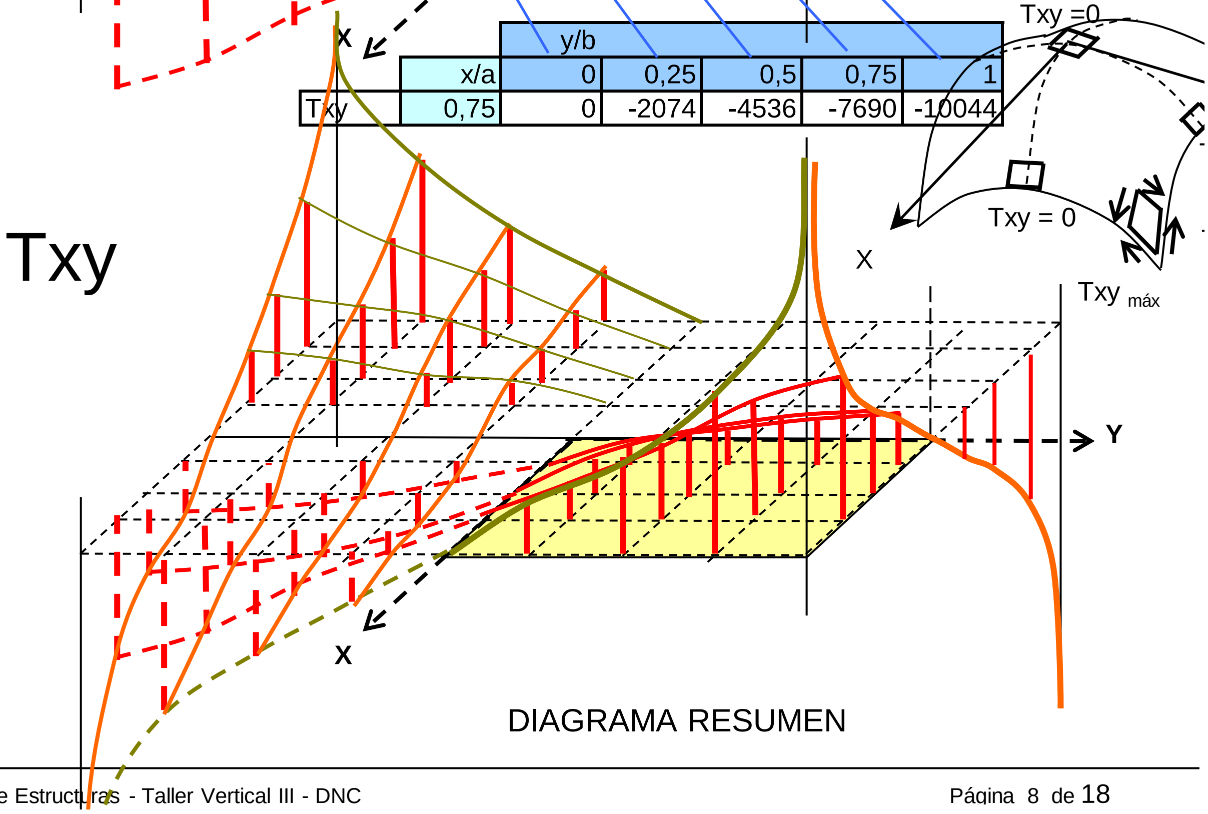


DIAGRAMA RESUMEN

Determinación de los valores en puntos particulares

Se ha visto en los gráficos, que los valores característicos de los esfuerzos se hallan en los puntos 0, 4, 20 y 24:

Valor de la carga q= 270 kg/m2

Punto 0

x= 0,00 y= 0,00 $L_1=L_x=$ 40,00 $h_x=$ 5,00

a= 20,00 b= 20,00 $L_2=L_y=$ 40,00 $h_y=$ 5,00

x/a= 0 y/b= 0 $f_1/f_2=h_x/h_y=$ 1,0

$$K=\sqrt{\frac{1+\left(\frac{2\,h_x}{a}\;\frac{x}{a}\right)^2}{1+\left(\frac{2\,h_y}{b}\;\frac{y}{b}\right)^2}}=\sqrt{\frac{1+\left(2\times\frac{5,00}{20,00}\times\frac{0,00}{20,00}\right)^2}{1+\left(2\times\frac{5,00}{20,00}\times\frac{0,00}{20,00}\right)^2}}=\sqrt{\frac{1+\;0,00}{1+\;0,00}}=1,000$$

De la Tabla Nº 2, para x/a= 0 y/b= 0 ny= 0,250

nx= 0,250

t= 0,000

Factor de Ny: $qb^2/hy=\dfrac{270\times(20,00)^2}{5,00}=21600$ kg/m

Factor Nx: $qa^2/hx=\dfrac{270\times(20,00)^2}{5,00}=21600$ kg/m

Factor de Txy: $\dfrac{qab}{(hx\;hy)^{½}}=\dfrac{270\times20,00\times20,00}{\sqrt{5,00\times5,00}}=\dfrac{108000}{5,00}=21600$ kg/m

$$\boxed{Ny=-\frac{q\times b^2}{h_y}\times\frac{1}{K}\times n_y}=\frac{-21600\times0,250}{1,000}=-5400\ \text{kg/m}$$

$$\boxed{Nx=-\frac{q\times a^2}{h_x}\times K\times n_x.}=-21600\times1,000\times0,250=-5400\ \text{kg/m}$$

$$\boxed{Txy=-\frac{q\times a\times b}{\sqrt{h_x\times h_y}}\times t}=-21600\times0,000=0\ \text{kg/m}$$

Determinación de los valores en puntos particulares

Se ha visto en los gráficos, que los valores característicos de los esfuerzos se hallan en los puntos 0, 4, 20 y 24:

Valor de la carga q= 270 kg/m2

Punto 4

x= 0,00 y= 20,00 $L_1=L_x=$ 40,00 $h_x=$ 5,00

a= 20,00 b= 20,00 $L_2=L_y=$ 40,00 $h_y=$ 5,00

x/a= 0 y/b= 1 $f_1/f_2=h_x/h_y=$ 1,0

$$K=\sqrt{\frac{1+\left(\frac{2\,h_x}{a}\,\frac{x}{a}\right)^2}{1+\left(\frac{2\,h_y}{b}\,\frac{y}{b}\right)^2}}=\sqrt{\frac{1+\left(2\times\frac{5{,}00}{20{,}00}\times\frac{0{,}00}{20{,}00}\right)^2}{1+\left(2\times\frac{5{,}00}{20{,}00}\times\frac{20{,}00}{20{,}00}\right)^2}}=\sqrt{\frac{1+\ 0{,}00}{1+\ 0{,}25}}=\quad 0{,}894$$

De la Tabla Nº 2, para x/a= 0 y/b= 1

ny= 0,000
nx= 0,500
t= 0,000

Factor de Ny: $qb^2/hy=$ $\frac{270\times(20{,}00)^2}{5{,}00}=$ 21600 kg/m

Factor Nx: $qa^2/hx=$ $\frac{270\times(20{,}00)^2}{5{,}00}=$ 21600 kg/m

Factor de Txy: $\frac{qab}{(hx\ hy)^{½}}=\frac{270\times 20{,}00\times 20{,}00}{\sqrt{5{,}00\times 5{,}00}}=\frac{108000}{5{,}00}=$ 21600 kg/m

$$\boxed{Ny=-\frac{q\times b^2}{h_y}\times\frac{1}{K}\times n_y}=\frac{-21600\times 0{,}000}{0{,}894}=\quad 0 \text{ kg/m}$$

$$\boxed{Nx=-\frac{q\times a^2}{h_x}\times K\times n_x.}=-21600\times 0{,}894\times 0{,}500=\quad -9660 \text{ kg/m}$$

$$\boxed{Txy=-\frac{q\times a\times b}{\sqrt{h_x\times h_y}}\times t}=-21600\times 0{,}000=\quad 0 \text{ kg/m}$$

Determinación de los valores en puntos particulares

Se ha visto en los gráficos, que los valores característicos de los esfuerzos se hallan en los puntos 0, 4, 20 y 24:

Valor de la carga q= 270 kg/m2

Punto 20

x= 20,00 y= 0,00 $L_1=L_x=$ 40,00 $h_x=$ 5,00

a= 20,00 b= 20,00 $L_2=L_y=$ 40,00 $h_y=$ 5,00

x/a= 1 y/b= 0 $f_1/f_2=h_x/h_y=$ 1,0

$$K=\sqrt{\frac{1+\left(\frac{2\,h_x}{a}\;\frac{x}{a}\right)^2}{1+\left(\frac{2\,h_y}{b}\;\frac{y}{b}\right)^2}}=\sqrt{\frac{1+\left(2\times\frac{5,00}{20,00}\times\frac{20,00}{20,00}\right)^2}{1+\left(2\times\frac{5,00}{20,00}\times\frac{0,00}{20,00}\right)^2}}=\sqrt{\frac{1+\;0,25}{1+\;0,00}}=1,118$$

De la Tabla Nº 2, para x/a= 1 y/b= 0

ny= 0,500

nx= 0,000

t= 0,000

Factor de Ny: $qb^2/hy=$ $\frac{270\times(20,00)^2}{5,00}=$ 21600 kg/m

Factor Nx: $qa^2/hx=$ $\frac{270\times(20,00)^2}{5,00}=$ 21600 kg/m

Factor de Txy: $\frac{qab}{(hx\,hy)^{½}}=\frac{270\times 20,00\times 20,00}{\sqrt{5,00\times 5,00}}=\frac{108000}{5,00}=$ 21600 kg/m

$$\boxed{Ny=-\frac{q\times b^2}{h_y}\times\frac{1}{K}\times n_y}=\frac{-21600\times 0,500}{1,118}=-9660\ \text{kg/m}$$

$$\boxed{Nx=-\frac{q\times a^2}{h_x}\times K\times n_x.}=-21600\times 1,118\times 0,000=0\ \text{kg/m}$$

$$\boxed{Txy=-\frac{q\times a\times b}{\sqrt{h_x\times h_y}}\times t}=-21600\times 0,000=0\ \text{kg/m}$$

Determinación de los valores en puntos particulares

Se ha visto en los gráficos, que los valores característicos de los esfuerzos se hallan en los puntos 0, 4, 20 y 24:

Valor de la carga q= 270 kg/m2

Punto 24

x= 20,00 y= 20,00 $L_1=L_x=$ 40,00 $h_x=$ 5,00

a= 20,00 b= 20,00 $L_2=L_y=$ 40,00 $h_y=$ 5,00

x/a= 1 y/b= 1 $f_1/f_2=h_x/h_y=$ 1,0

$$K=\sqrt{\frac{1+\left(\frac{2\,h_x}{a}\;\frac{x}{a}\right)^2}{1+\left(\frac{2\,h_y}{b}\;\frac{y}{b}\right)^2}}=\sqrt{\frac{1+\left(2\times\frac{5,00}{20,00}\times\frac{20,00}{20,00}\right)^2}{1+\left(2\times\frac{5,00}{20,00}\times\frac{20,00}{20,00}\right)^2}}=\sqrt{\frac{1+\;0,25}{1+\;0,25}}=1,000$$

De la Tabla Nº 2, para x/a= 1 y/b= 1 ny= 0,000

nx= 0,000

t= 1,000

Factor de Ny: $qb^2/hy=\frac{270\times(20,00)^2}{5,00}=21600$ kg/m

Factor Nx: $qa^2/hx=\frac{270\times(20,00)^2}{5,00}=21600$ kg/m

Factor de Txy: $\frac{qab}{(hx\,hy)^{1/2}}=\frac{270\times 20,00\times 20,00}{\sqrt{5,00\times 5,00}}=\frac{108000}{5,00}=21600$ kg/m

$$\boxed{Ny=-\frac{q\times b^2}{h_y}\times\frac{1}{K}\times n_y}=\frac{-21600\times 0,000}{1,000}=0 \text{ kg/m}$$

$$\boxed{Nx=-\frac{q\times a^2}{h_x}\times K\times n_x.}=-21600\times 1,000\times 0,000=0 \text{ kg/m}$$

$$\boxed{Txy=-\frac{q\times a\times b}{\sqrt{h_x\times h_y}}\times t}=-21600\times 1,000=-21600 \text{ kg/m}$$

Para un punto cualquiera, intermedio :

Valor de la carga q= 270 kg/m2

Punto 16

x= 15,00 y= 5,00 $L_1=L_x=$ 40,00 $h_x=$ 5,00

a= 20,00 b= 20,00 $L_2=L_y=$ 40,00 $h_y=$ 5,00

x/a= 0,75 y/b= 0,25 $f_1/f_2=h_x/h_y=$ 1,0

$$K=\sqrt{\frac{1+\left(\frac{2\,h_x}{a}\frac{x}{a}\right)^2}{1+\left(\frac{2\,h_y}{b}\frac{y}{b}\right)^2}}=\sqrt{\frac{1+\left(2\times\frac{5,00}{20,00}\times\frac{15,00}{20,00}\right)^2}{1+\left(2\times\frac{5,00}{20,00}\times\frac{5,00}{20,00}\right)^2}}=\sqrt{\frac{1+\ 0,14}{1+\ 0,02}}=1,060$$

De la Tabla Nº 2, para x/a= 0,75 y/b= 0,25 ny= 0,389

nx= 0,111

t= 0,096

Factor de Ny: $qb^2/hy = \frac{270 \times (20,00)^2}{5,00} = 21600$ kg/m

Factor Nx: $qa^2/hx = \frac{270 \times (20,00)^2}{5,00} = 21600$ kg/m

Factor de Txy: $\frac{qab}{(hx\ hy)^{½}} = \frac{270 \times 20,00 \times 20,00}{\sqrt{5,00 \times 5,00}} = \frac{108000}{5,00} = 21600$ kg/m

$$Ny=-\frac{q \times b^2}{h_y}\times\frac{1}{K}\times n_y = \frac{-21600 \times 0,389}{1,060} = \mathbf{-7929}\ \text{kg/m}$$

$$Nx=-\frac{q \times a^2}{h_x}\times K \times n_x = -21600 \times 1,060 \times 0,111 = \mathbf{-2541}\ \text{kg/m}$$

$$Txy=-\frac{q \times a \times b}{\sqrt{h_x \times h_y}}\times t = -21600 \times 0,096 = \mathbf{-2074}\ \text{kg/m}$$

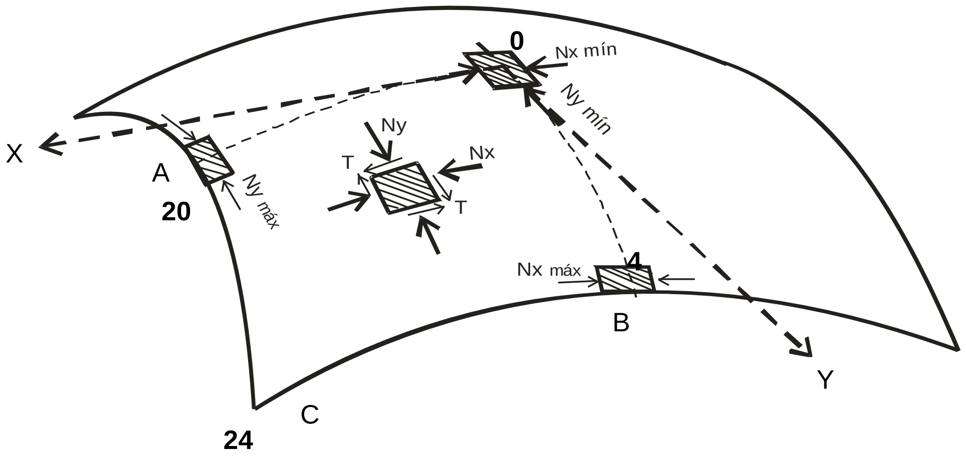
Valores particulares con las expresiones de una bóveda de traslación esférica de bajo peralte:

Punto 0: Nx = Ny = -q x R/2 ; Txy = 0 donde R es el radio de curvatura de generatriz y directriz en la clave.

Punto A= Punto 20: Nx = Txy = 0 ; Ny = -q x R = Ny máx

Punto B= Punto 4: Ny = Txy = = ; Nx = -q x R = Nx máx

Punto C= Punto 24: Nx = Ny = 0; Txy= -2 x q x R = T máx



q= 270 kg/m2 $R_x=r_1=$ 40,00m $R_y=r_2=$ 40,00m

Punto 0:

$Nx = \frac{-270 \times 40{,}00}{2} = -5400$ kg/m $Ny = \frac{-270 \times 40{,}00}{2} = -5400$ kg/m Txy = 0

Punto A:

Nx = 0 $Ny = -270 \times 40{,}00 = -10800$ kg/m Txy = 0

Punto B:

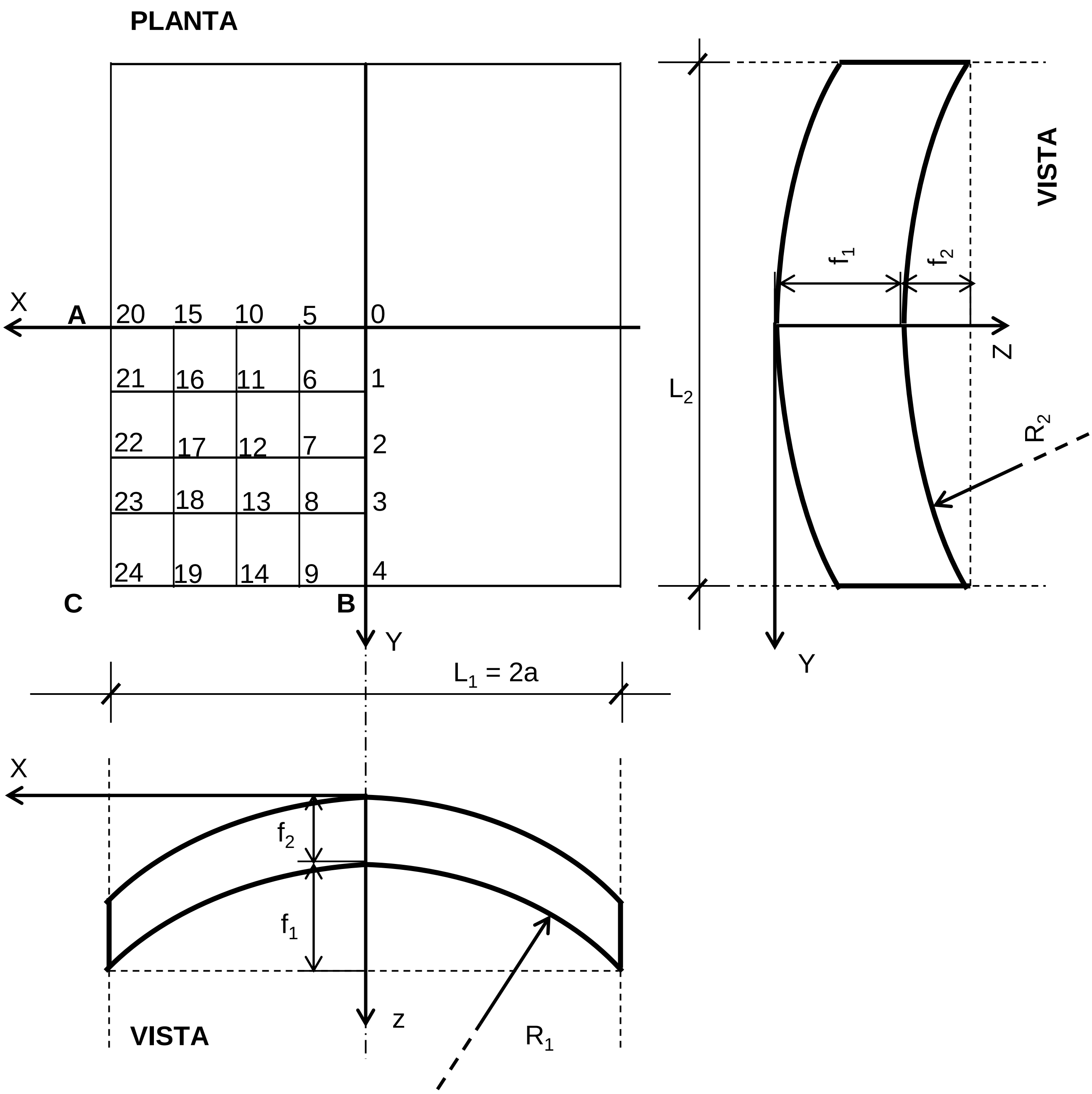
$Nx = -270 \times 40{,}00 = -10800$ kg/m Ny = 0 Txy = 0

Punto C:

Nx = 0 Ny = 0 $Txy = 2 \times 270 \times 40{,}00 =$ -21600 kg/m

Los valores hallados aplicando las expresiones de una bóveda de traslación esférica de bajo peralte, son de suficiente aproximación para resolver nuestro paraboloide elíptico.

Valores máximos con las expresiones de una bóveda de traslación esférica de bajo peralte:



ESFUERZOS MÁXIMOS

			Tabla 2	Tabla 3	Tabla 4
Punto	x/a	y/b	nx	K	Nx
19	0,75	1,00	0,5	0,9552	-10317
Punto	x/a	y/b	ny	K	Ny
23	1	0,75	0,5	1,0468	-10317
Punto	x/a	y/b	t		Txy
24	1	1	1		-21600

Tensión máxima en el hormigón

$$\sigma b = \frac{10.317}{11 \times 100} = 9{,}4 \text{ Kg/cm2} \leq \sigma'b_{adm} = 80 \text{ kg/cm}^2$$

Verifica

En la esquina C (punto 24) se engrosa el espesor de la lámina en 7 cm por las mayores tensiones y por razones constructivas (se superponen armaduras entonces conviene mayor espesor para mejor recubrimiento).
Allí deberá terminar con un espesor de 15 cm.

Esp.engrosado: 11,0 x2= 22cm

$$\tau_{máx} = \frac{21.600}{22 \times 100} = 9{,}8 \text{ Kg/cm2} \leq \tau_{adm}$$

Tensiones admisibles para H21

Hasta — No necesita armadura

τ_{011} = 5 kg/cm^2

Entre — Necesita armadura

τ_{02} = 18 kg/cm^2

Redimensionar

En nuestro caso: Necesita armadura

Verificación al pandeo

$$q_{crít} = C \cdot E \cdot \frac{t^2}{R_1 \cdot R_2}$$

E = 300.000 kg / cm^2

t = 11,0cm
r_1= 40,00m
r_2= 40,00m
C = 1,2

$$q_{crít} = \frac{1{,}2 \times 300.000 \text{ kg/cm}^2 \ (11{,}0\text{cm})^2}{40{,}00\text{m} \times 40{,}00\text{m}} = 27225 \text{ kg/m}^2$$

Tomando un coeficiente de seguridad de $\gamma = 5$

q_{adm} = 5445 kg/m^2

Verifica

En este caso trabajamos con la carga crítica de pandeo en vez de la tensión crítica de pandeo.
Hay que tener presente que además del peso propio debería considerarse alguna sobrecarga por trabajos circunstanciales (por ejemplo, cuando impermiabilizan) y también la acción del viento y de la nieve (si corresponde), pero en general la carga crítica de pandeo da valores altos, lo que indica que la bóveda no presenta problemas de pandeo.

Armadura en los tensores de los bordes $\sigma e_{adm} = 2.400$ (kg/cm²)

El esfuerzo en el tensor resulta $\boxed{Z = 1/3.\ q\ .\ R\ .\ L}$

Z = 1/3 x 270 x 40,00 x 40,00 = 144.000 kg

$$Fe_1\ (cm^2) = \frac{Z\ (kg)}{\sigma e_{adm}\ (kg/cm^2)} = \frac{144.000\ kg}{2.400\ (kg/cm^2)} = 60,0\ cm2$$

32 Ø 10 + 30 Ø 12
A= **59,06** **cm2**

Armaduras de tracción en las esquinas

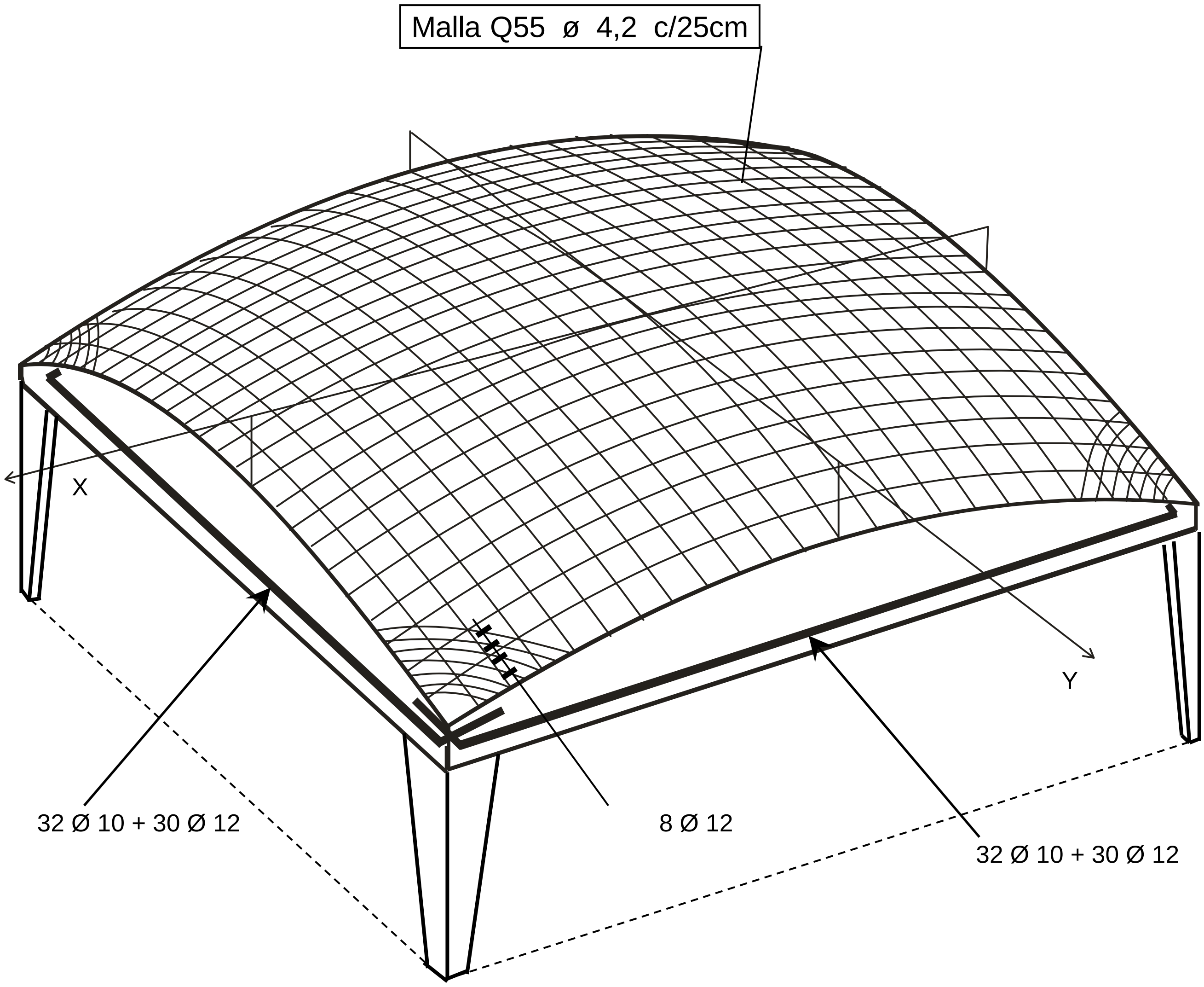
En las esquinas se produce un fenómeno de corte puro, dado que Nx = Ny = 0, y sólo tienen valores las fuerzas de corte Txy=Tyx (que además son valores máximos)

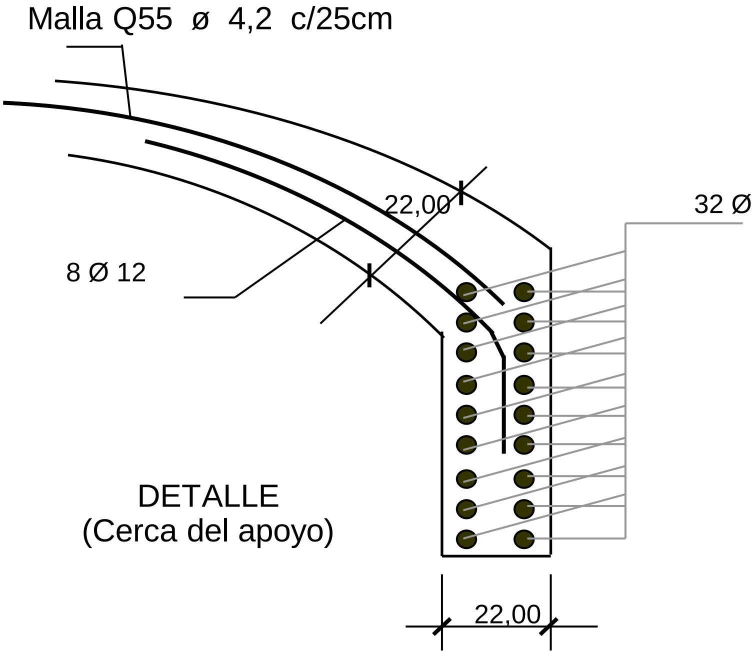
Las tensiones $\sigma 1$ (tracción) y $\sigma 2$ (compresión) son tensiones principales. La tensión $\sigma 1$ da lugar a fuerzas de tracción (tensión por unidad de superficie) que requiere armadura.

$$Fe_2\ (cm^2) = \frac{Txy\ (kg)}{\sigma e_{adm}\ (kg/cm^2)} = \frac{21.600}{2.400\ (kg/cm^2)} = 9,0\ cm2$$

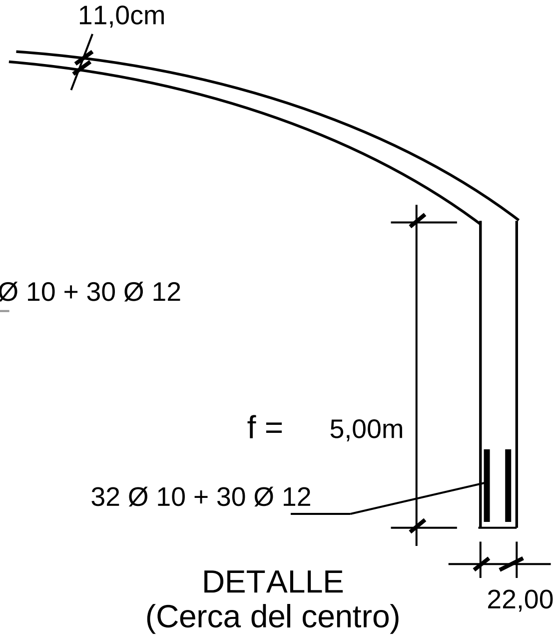
8 Ø 12 **en cada uno de los 2 m**
A= **9,05** **cm2**

La armadura de tracción en las esquinas es conveniente colocarla siempre, aún cuando las tensiones tangenciales resulten sean bajas, siempre corresponderán a los mayores esfuerzos a que se encuentre sometida la bóveda para cargas verticales.
Es conveniente colocarlas en los primeros metros contados desde el apoyo, como mínimo 2 metros, pero debería cubrir al menos una longitud de L/20.
A continuación se muestra un esquema de la armadura, donde se indica un tímpano de hormigón, el que puede resultar calado para permitir el paso de luz. En nuestro ejercicio, los esfuerzos en la bóveda fueron calculados sin considerar la rigidez del tímpano (ningún apoyo en el borde de la lámina), por lo que podría no materializarse.





DETALLE
(Cerca del apoyo)



DETALLE
(Cerca del centro)

Planilla con fines didácticos