

LÁMINAS
SINCLÁSTICAS

REPASO

CÚPULAS DE
ROTACIÓN

ejercicio

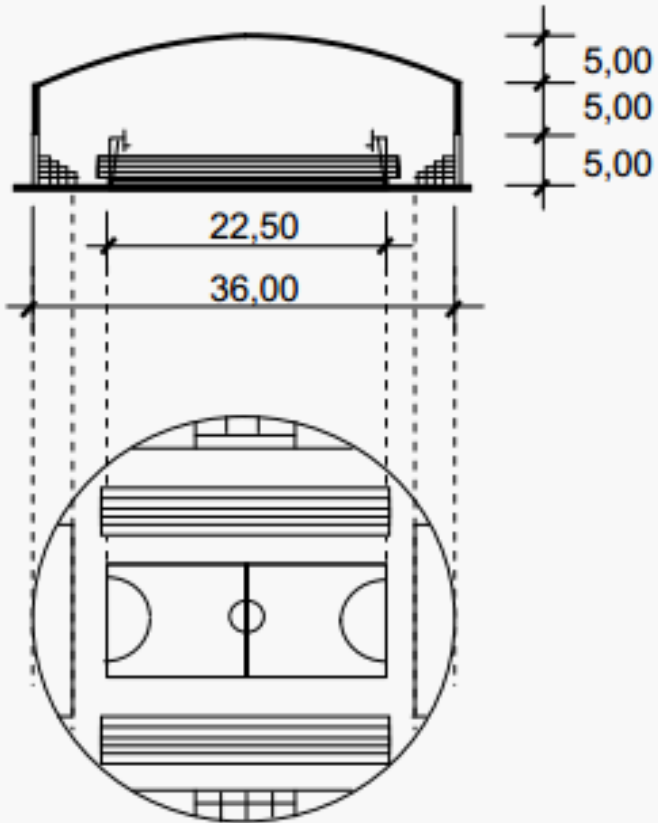
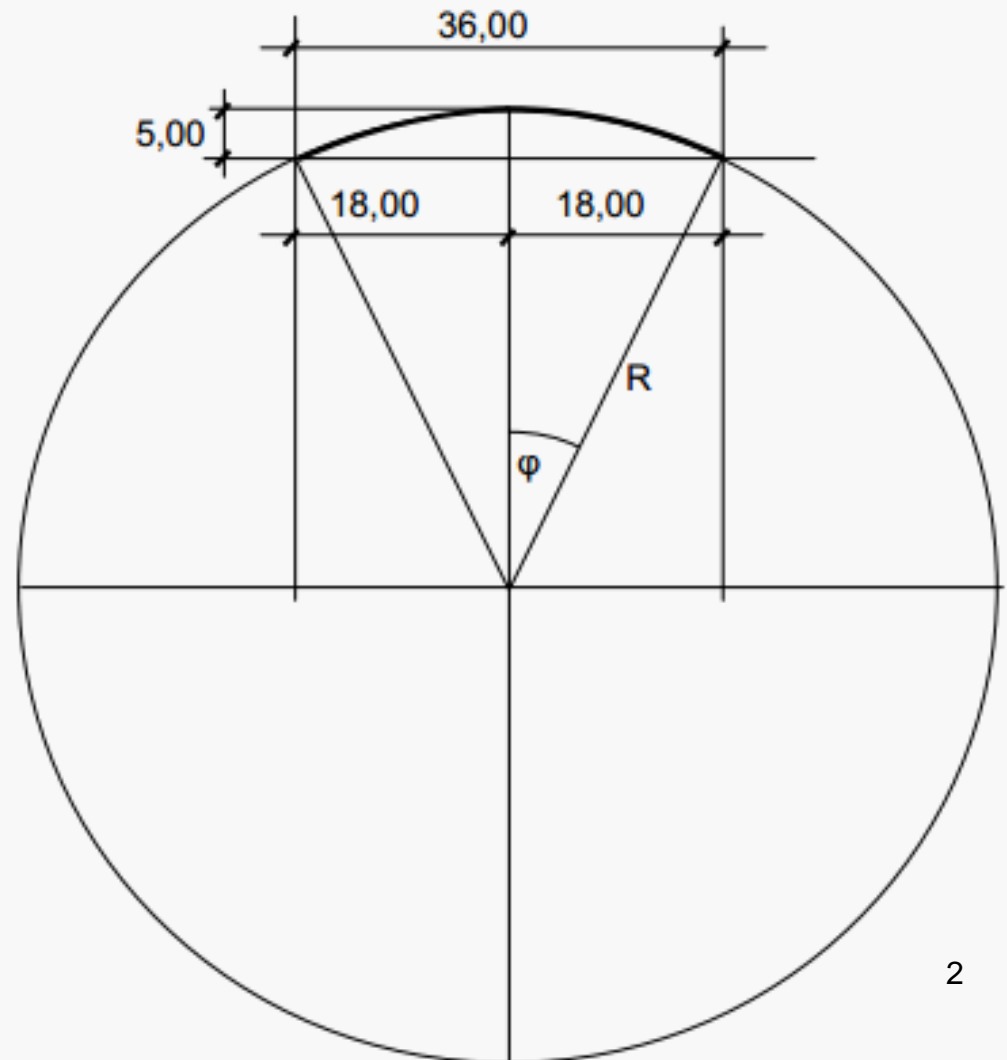
*Cúpula de la
Basílica de San
Pedro
Fig. 1*

**Cúpulas de
rotación**



CÚPULA DE ROTACIÓN

EJERCICIO N° 1 : Predimensionar el casquete esférico, de diámetro 36,00 m, sometido a peso propio, con destino a centro de deportes con capacidad para albergar una cancha de básquet de dimensiones mínimas reglamentarias : 12,80 x 22,50 m

VISTA**PLANTA**

PREDIMENSIONADO: de la Tabla N° 1 sacamos que $f/D = 1/8$ para cúpulas de $D = 30$ m, que aproximadamente es nuestro caso.

$$D = 36,00 \text{ m}$$

$$f = \frac{36,00}{8} = 4,50 \text{ m} \quad \text{Adopto: } f = 5,00 \text{ m}$$

Verifico la relación flecha adoptada con el diámetro D

$$\frac{D = 36,00 \text{ m}}{f = 5,00 \text{ m}} = \frac{1}{7,2}$$

Aceptable, se encuentra entre: $1/8 \leq f/D \leq 1/7$

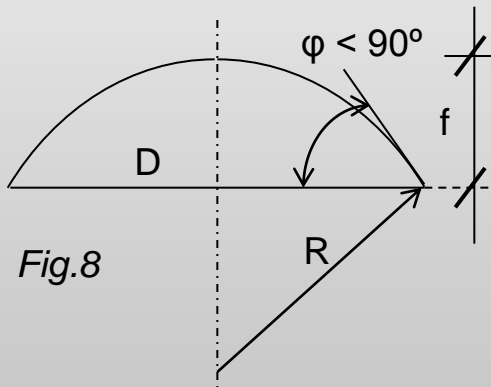


Fig.8

Semiesférica: $R = \text{cte.}$

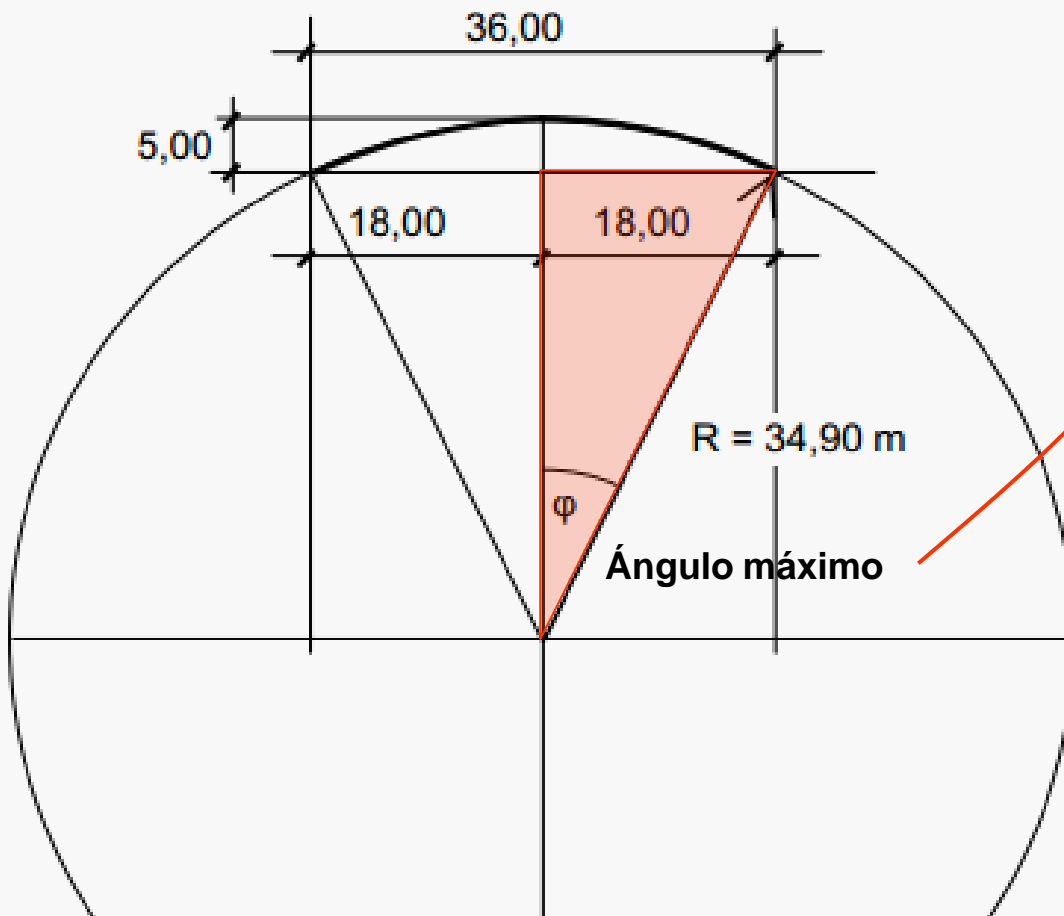
Tabla N° 1

Diámetro	φ	f/D	Tipos de Láminas
30 m	de 20° a 30°	1/8	LLENAS
60 m	de 30° a 35°	1/7	LLENAS O NERVURADAS
90 m	de 35° a 40°	1/6	NERVURADAS
120 m	40°	1/5	HUECA DE DOBLE CAPA

Calculamos el radio R:

$$R = \frac{D^2}{8 \cdot f} + \frac{f}{2}$$

$$R = \frac{36^2}{8 \times 5,00} + \frac{5,00}{2} = \underline{\underline{34,90 \text{ m}}}$$



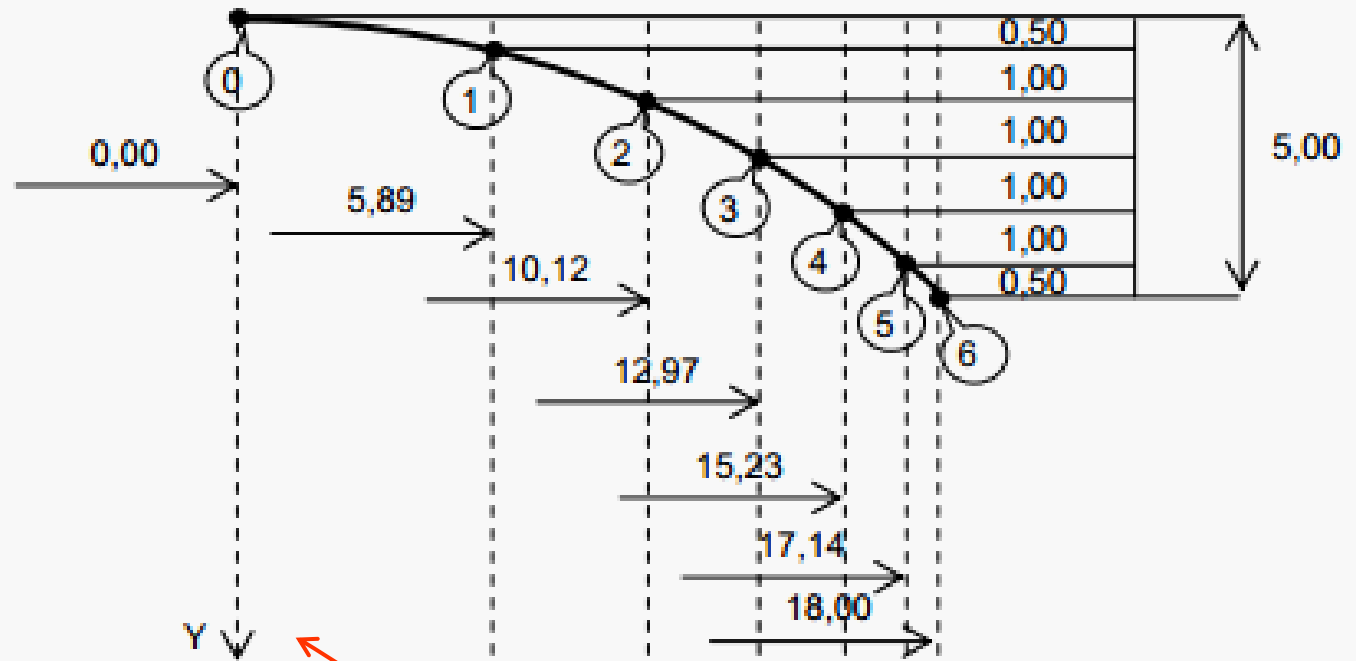
$$\text{sen } \phi = \frac{18,00}{34,90} = 0,51576$$

$$\phi = 31,05^\circ$$

ϕ : concuerda con el valor de tabla

El espesor t (cm) entre 6 y 10 cm, puede tomarse como $R/500$

$$t \text{ (cm)} = 34,90/500 = 7 \text{ cm}$$

GEOMETRÍA

De la fórmula de cálculo de R, despejamos D

$$R = \frac{D^2}{8 \cdot f} + \frac{f}{2}$$

A **f** la convertimos en la variable **y**

Punto 0 = y=0

Punto 1 = y=0,50

Punto 2 = y=1,50

Punto 3 = y=2,50

Punto 4 = y=3,50

Punto 5 = y=4,50

Punto 6 = y=5,00

Despejamos Di para R= 34,90 m

$$R = \frac{D^2}{8 \cdot f} + \frac{f}{2}$$



$$R - \frac{f}{2} = \frac{D^2}{8 \cdot f}$$



$$\left(R - \frac{f}{2} \right) \times 8 f = D^2$$



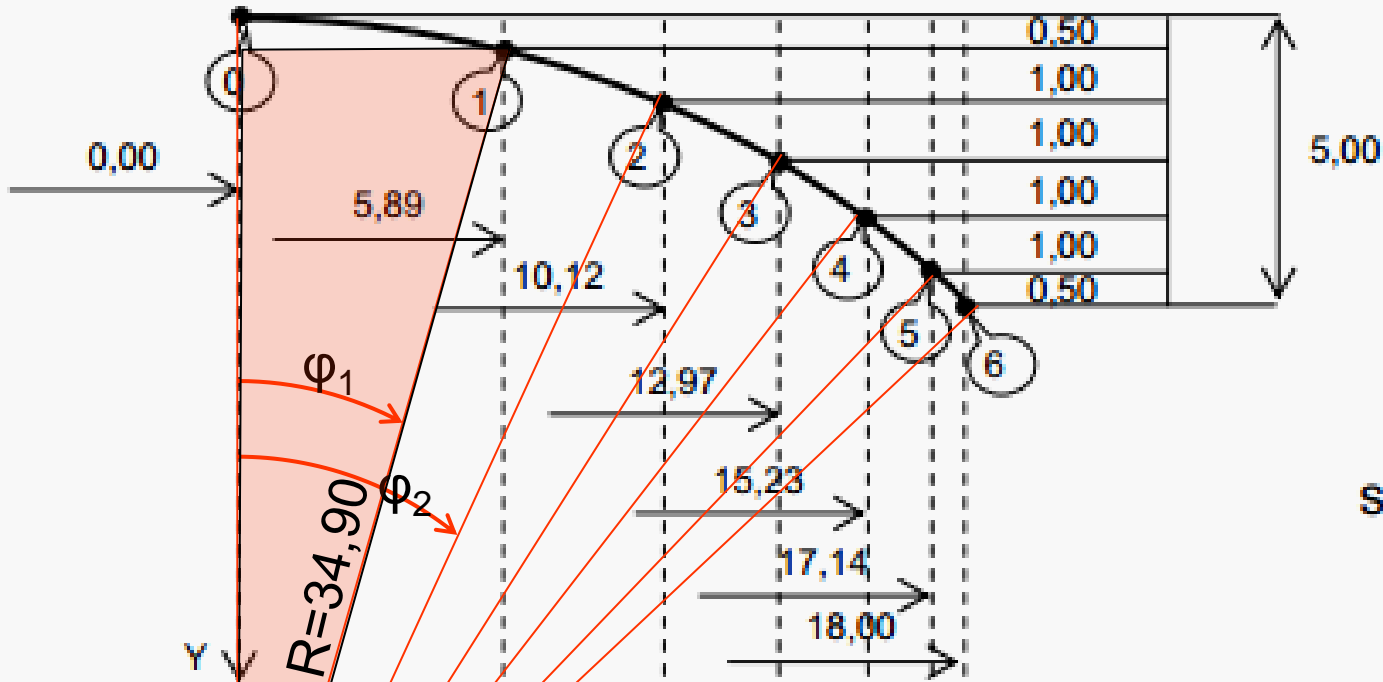
$$D = \sqrt{8 \cdot Y \left(R - \frac{Y}{2} \right)}$$

Punto 1

$$Y_1 = 0,50$$

$$R = 34,90 \text{ m}$$

$$D_1 = \sqrt{8 \cdot Y \left(R - \frac{Y}{2} \right)} = \sqrt{8 \times 0,50 \left(34,90 - 0,50 / 2 \right)} = 11,77 \text{ m}$$

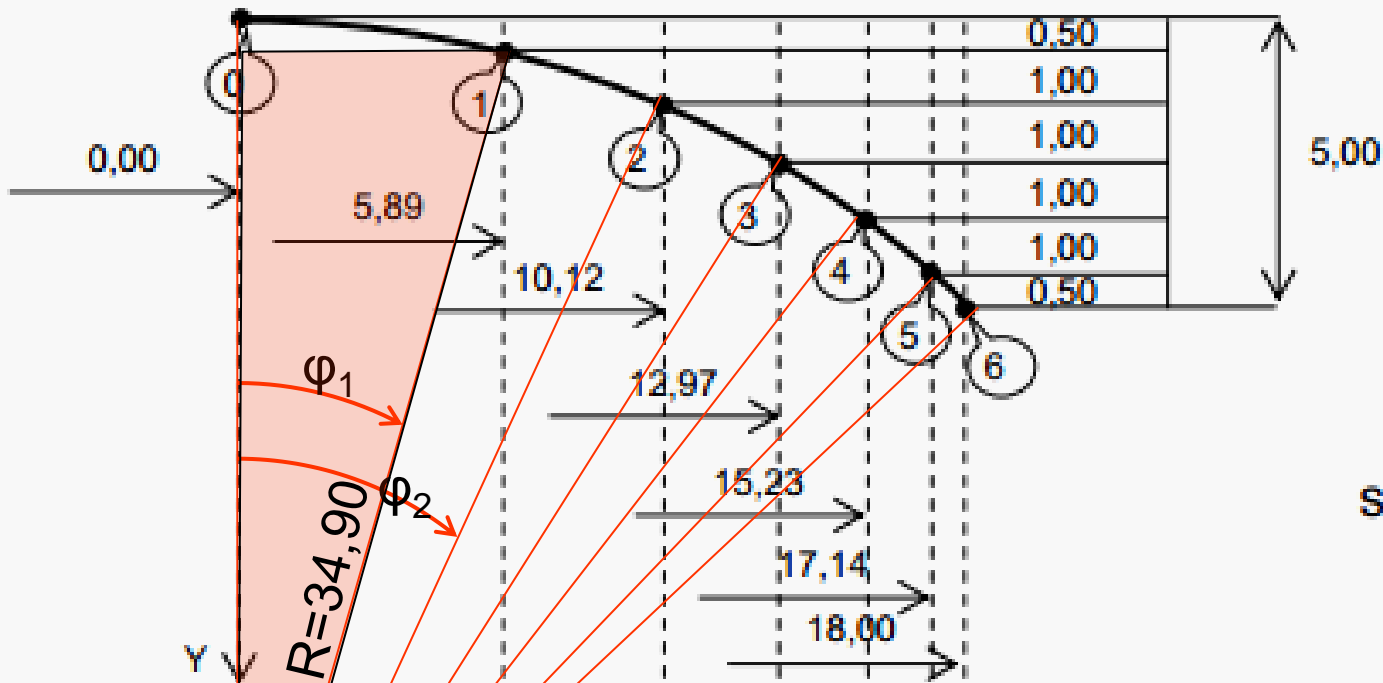


$$\text{sen } \varphi = \frac{Di / 2}{34,90}$$

Punto	Y	Di	Di/2	φ
0	0,00	0,00	0,00	0,00
1	0,50	11,77	5,89	9,71
2				
3				
4				
5				
6				

$$\text{Sen } \varphi_1 = \frac{5,89}{34,90} = 0,1687$$

$$\text{Arc Sen } \varphi_1 = 9,71^\circ$$



$$\text{sen } \varphi = \frac{D_i / 2}{34,90}$$

Punto	Y	Di	Di/2	φ
0	0.00	0.00	0.00	0.00
1	0.50	11.77	5.89	9.71
2	1.50	20.24	10.12	16.86
3	2.50	25.94	12.97	21.82
4	3.50	30.47	15.23	25.88
5	4.50	34.28	17.14	29.42
6	5.00	36.00	18.00	31.05

ANÁLISIS DE CARGAS

Peso Propio:

$$P.e. \text{ (hormigón)} = 2.400 \text{ kg/m}^3$$

$$g = t \text{ (m)} \times P.e. \text{ (kg/m}^3\text{)} = 0,07 \text{ (m)} \times 2.400 \text{ kg/m}^3 = 168 \text{ kg/m}^2$$

$$\text{impermeabilizaciones, aislaciones, etc.} = 32 \text{ kg/m}^2$$

$$g = 200 \text{ kg/m}^2$$

$$g = 200 \text{ kg/m}^2$$

ESFUERZOS

ESFUERZO N1 (según meridiano)

$$N_1 = - \frac{R \cdot g}{1 + \cos \varphi}$$

ESFUERZO N2 (según paralelo)

$$N_2 = -R \cdot g \left[\cos \varphi - \frac{1}{1 + \cos \varphi} \right]$$

Punto	Y	φ	$\cos \varphi$	N1	N2
0	0.00	0.00	1.0000	-3490	-3490
1	0.50	9.71	0.9857	-3515	-3365
2	1.50	16.86	0.9570	-3567	-3113
3	2.50	21.82	0.9284	-3620	-2860
4	3.50	25.88	0.8997	-3674	-2606
5	4.50	29.42	0.8711	-3731	-2349
6	5.00	31.05	0.8567	-3759	-2221

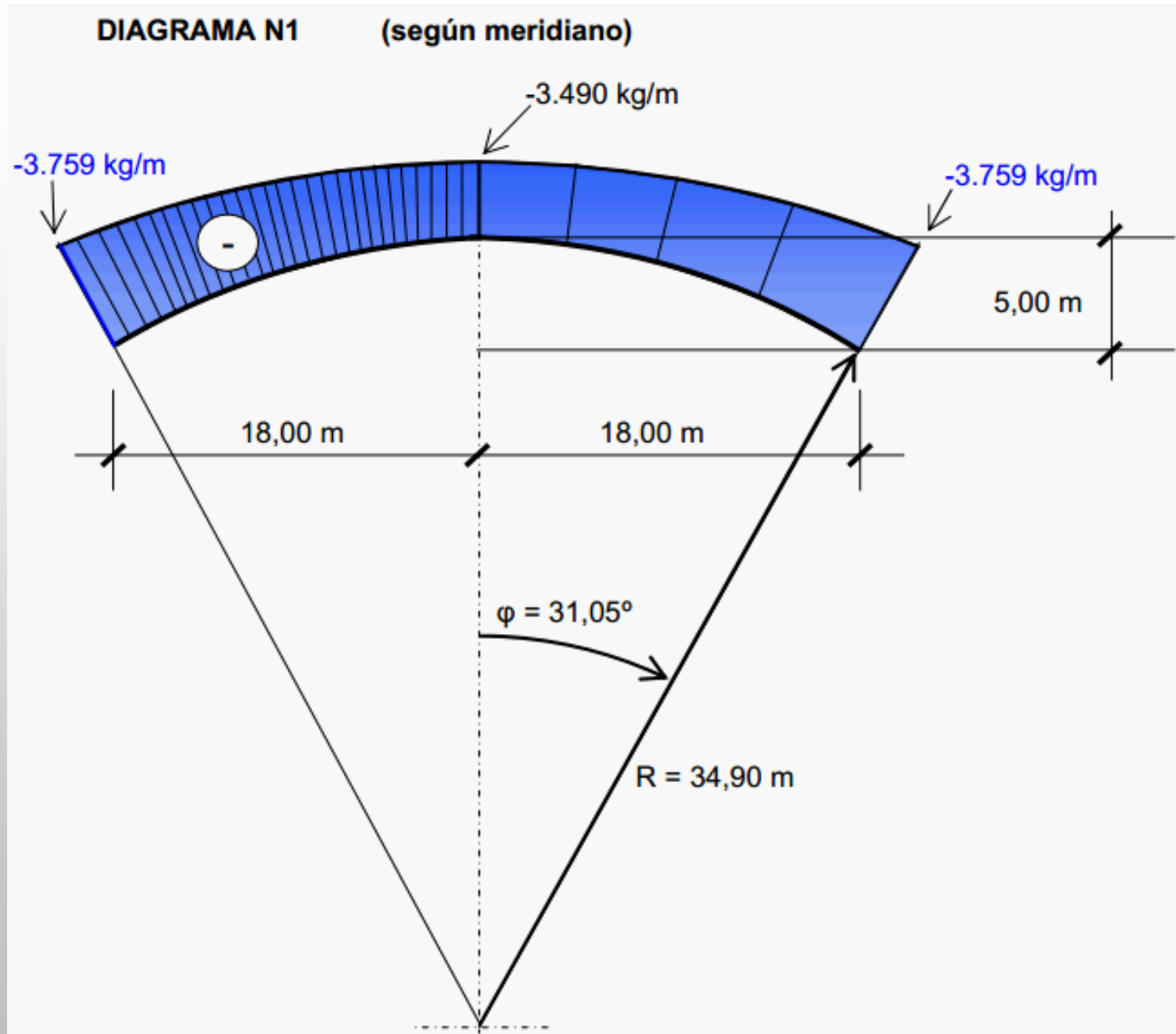
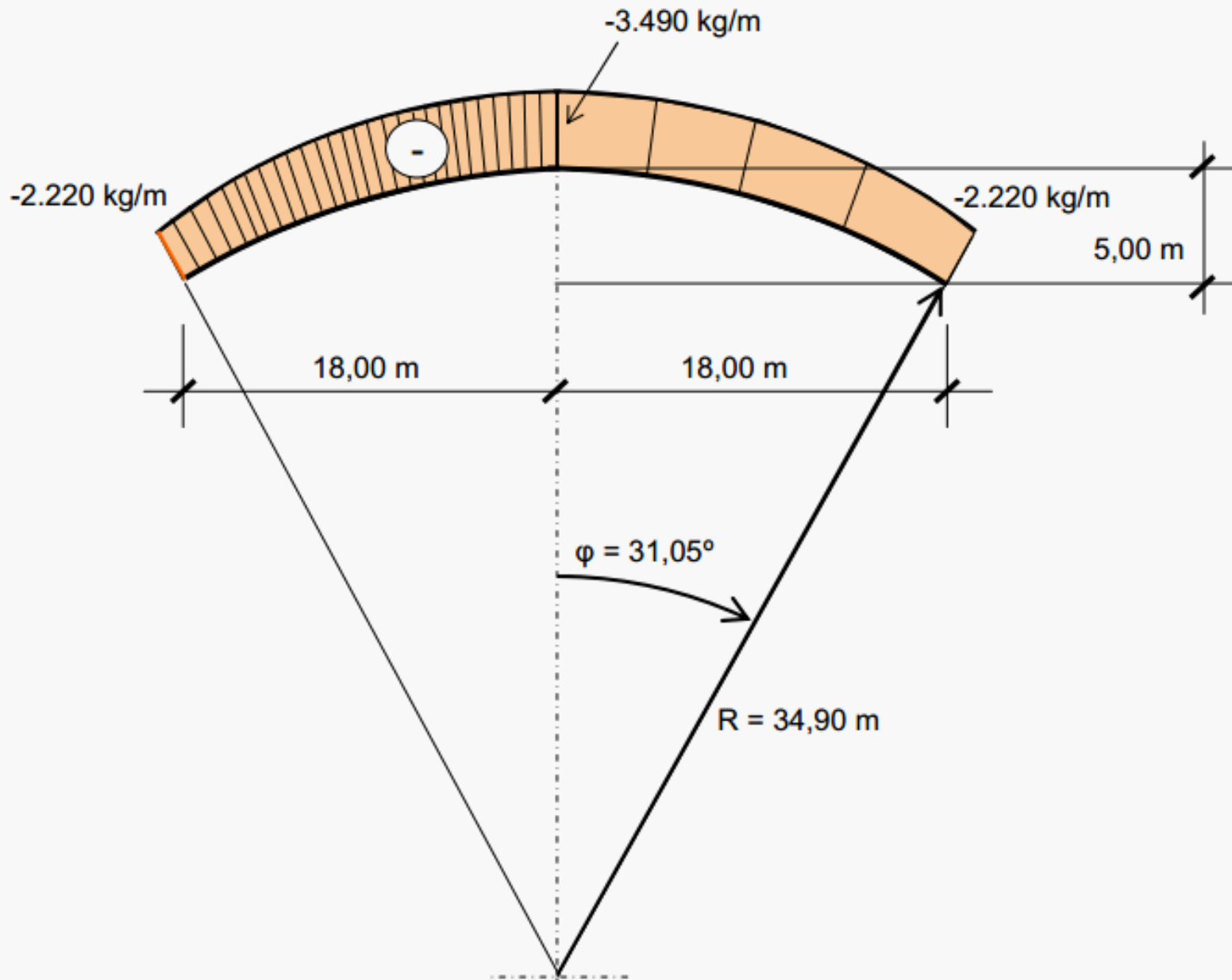


DIAGRAMA N2 (según paralelo)

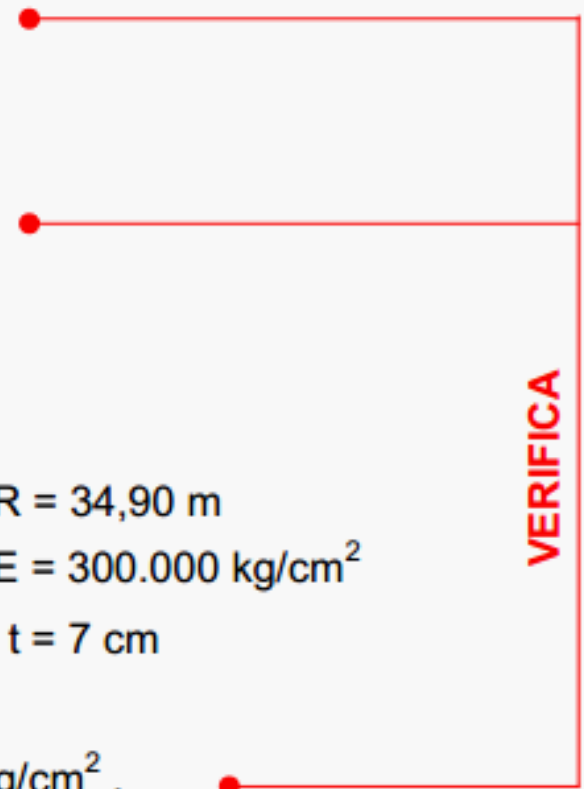
VERIFICACIONES

$$\sigma'_{b_1} = \frac{N_1}{t \text{ (cm)} \times 100 \text{ cm}} < \sigma'_{b \text{ adm}}$$

$$\sigma'_{b_2} = \frac{N_2}{t \text{ (cm)} \times 100 \text{ cm}} < \sigma'_{b \text{ adm}}$$

$$\sigma'_{b_1} = \frac{3.759 \text{ kg}}{7 \text{ (cm)} \times 100 \text{ cm}} = 5,37 \text{ kg / cm}^2 < \sigma'_{b \text{ adm}}$$

$$\sigma'_{b_2} = \frac{3.490 \text{ kg}}{7 \text{ (cm)} \times 100 \text{ cm}} = 4,99 \text{ kg / cm}^2 < \sigma'_{b \text{ adm}}$$

**VERIFICACIÓN AL PANDEO**

$$\sigma_{b \text{ adm}} = \frac{\sigma_{\text{crit}}}{\gamma} = 0,025 \cdot E \cdot \frac{t}{R} < \sigma'_{b \text{ adm}}$$

$$R = 34,90 \text{ m}$$

$$E = 300.000 \text{ kg/cm}^2$$

$$t = 7 \text{ cm}$$

$$\sigma_{b \text{ adm}} = 0,025 \cdot 300.000 \text{ kg/cm}^2 \cdot \frac{0,07 \text{ m}}{34,90 \text{ m}} = 15 \text{ kg/cm}^2$$

ARMADURAS

Según meridianos:

$$Fe \text{ (cm}^2\text{)} = 0,005 \times 7 \text{ (cm)} \times 100 \text{ cm} = 3,50 \text{ cm}^2$$

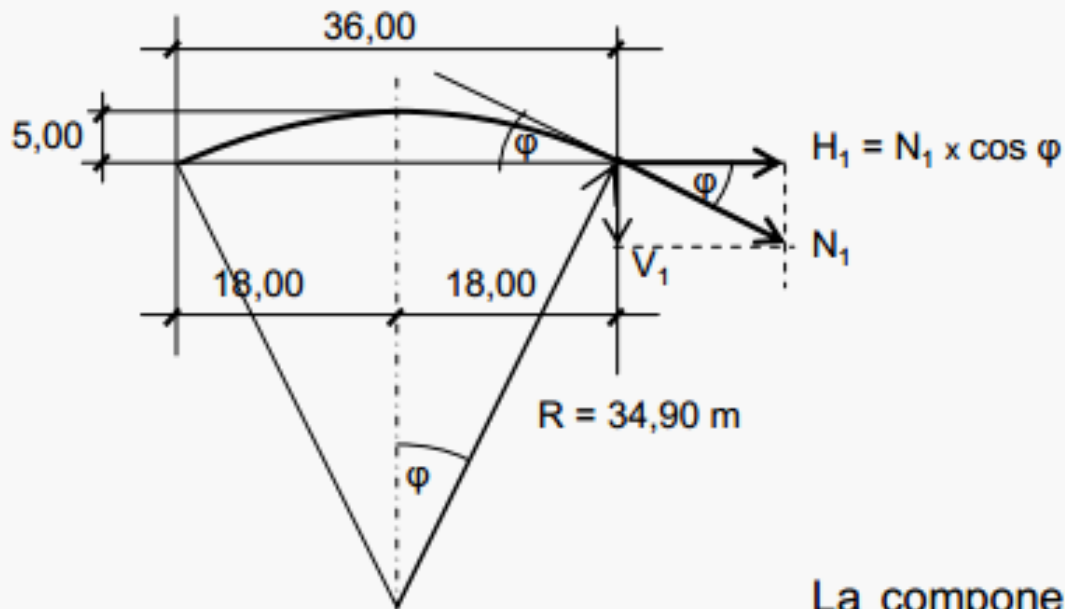
Ø 10 c/ 22 cm

Según paralelos:

$$Fe \text{ (cm}^2\text{)}_{\text{anular}} = 0,006 \times 7 \text{ (cm)} \times 100 \text{ cm} = 4,20 \text{ cm}^2$$

Ø 10 c/ 18 cm

Esfuerzo en el borde del casquete:



$$N_1 = 3.759 \text{ kg/m}$$

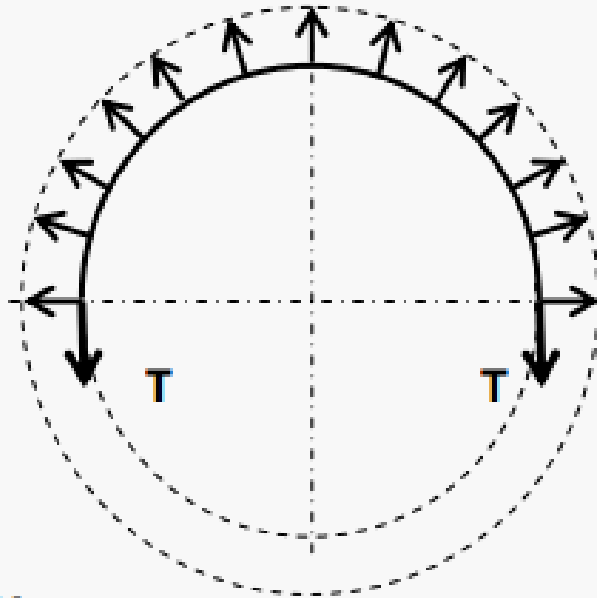
$$\cos 31,05^\circ = 0,8567$$

$$H_1 = 3.220 \text{ kg/m}$$

$$\sin 31,05^\circ = 0,5158$$

$$V_1 = 1.939 \text{ kg/m}$$

La componente H_1 , es un esfuerzo radial que deberá ser resistido por el anillo a tracción.



La sollicitación de tracción vale:

$$T \text{ (kg)} = H_1 \text{ (kg/m)} \times D / 2 \text{ (m)}$$

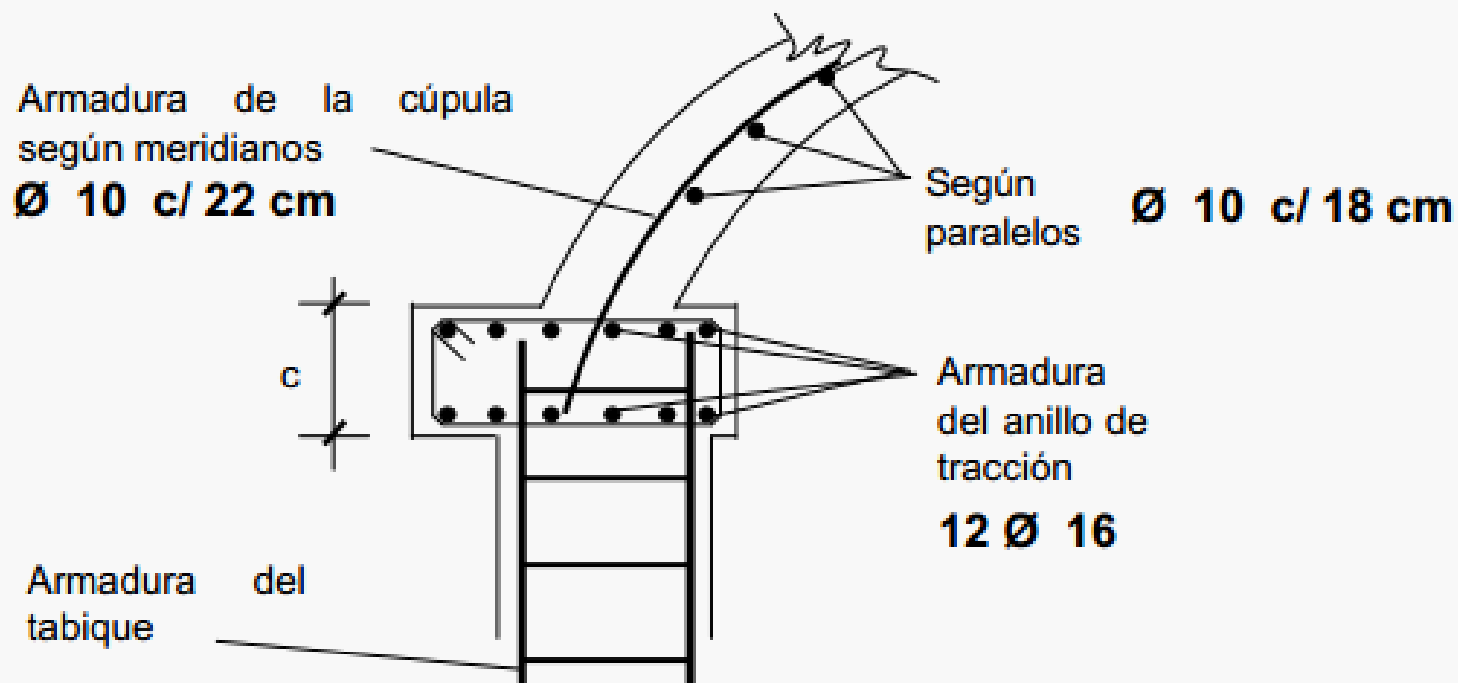
$$T \text{ (kg)} = 3.220 \text{ (kg/m)} \times 36,00 / 2 \text{ (m)}$$

$$T \text{ (kg)} = 57.960 \text{ (kg)}$$

Como el hormigón tiene poca resistencia a la tracción, se colocará armadura para tomar esa fuerza.

PLANTA

$$Fe_3 \text{ (cm}^2\text{)} = \frac{T \text{ (kg)}}{\sigma_{eadm} \text{ (kg/cm}^2\text{)}} = \frac{57.960 \text{ (kg)}}{2.400 \text{ (kg/cm}^2\text{)}} = 24,15 \text{ cm}^2$$

12 Ø 16

FIN

ejercicio

**Cúpulas de
rotación**