

GRATALLOPS museu del Vi i centre de Dia

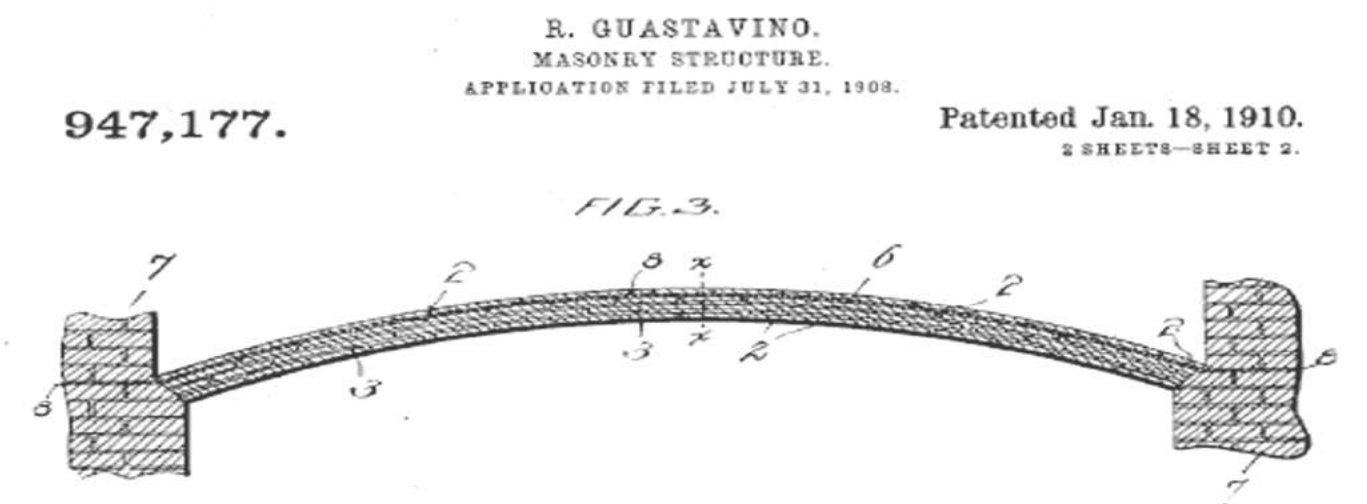
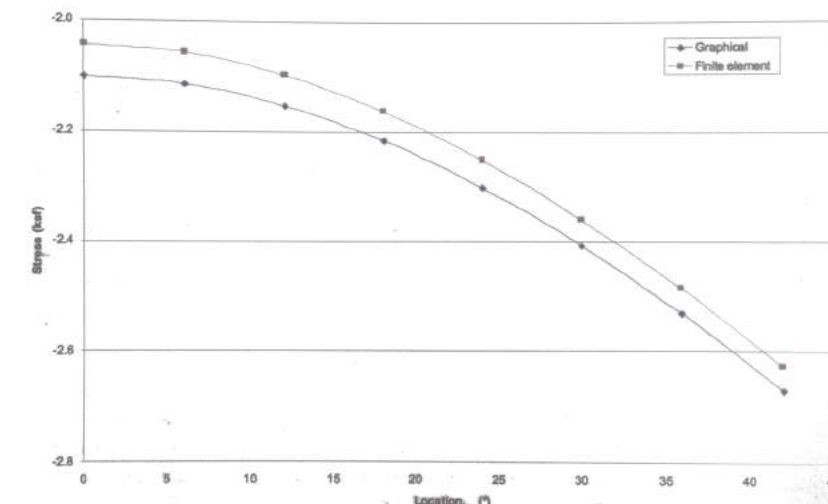
Introducció

Per l'anàlisi de l'estructura realitzada, principalment volta de maó pla, he utilitzat la tesis "Structural analysis and assessment of Guastavino Vaulting" publicada per Megan L. Reese, enginyera civil, doctora MIT i premiada amb el premi de la Biennial Guastavino 2010.

Per l'anàlisi de l'estructura es realitzarà una comparació de dos mètodes: per una banda l'anàlisi gràfic i pel mètode d'elements finits.

L'esquema estructural és una volta de canó de maó vist, que descansa sobre una biga correguda de formigó o cercol, recolzada en pilars de formigó i sabates aïllades. Per contrarestar les forces horitzontals de la volta, es procedirà a atrinxar el cercol a fi d'evitar el desplaçament i l'obertura de la volta.

Es col·locarà una capa de compressió a sobre per garantir l'estabilitat, tot i que està més que verificat que aquest sistema pot funcionar amb espessors molt petits en relació a la seva llum.



Estat de Càrregues

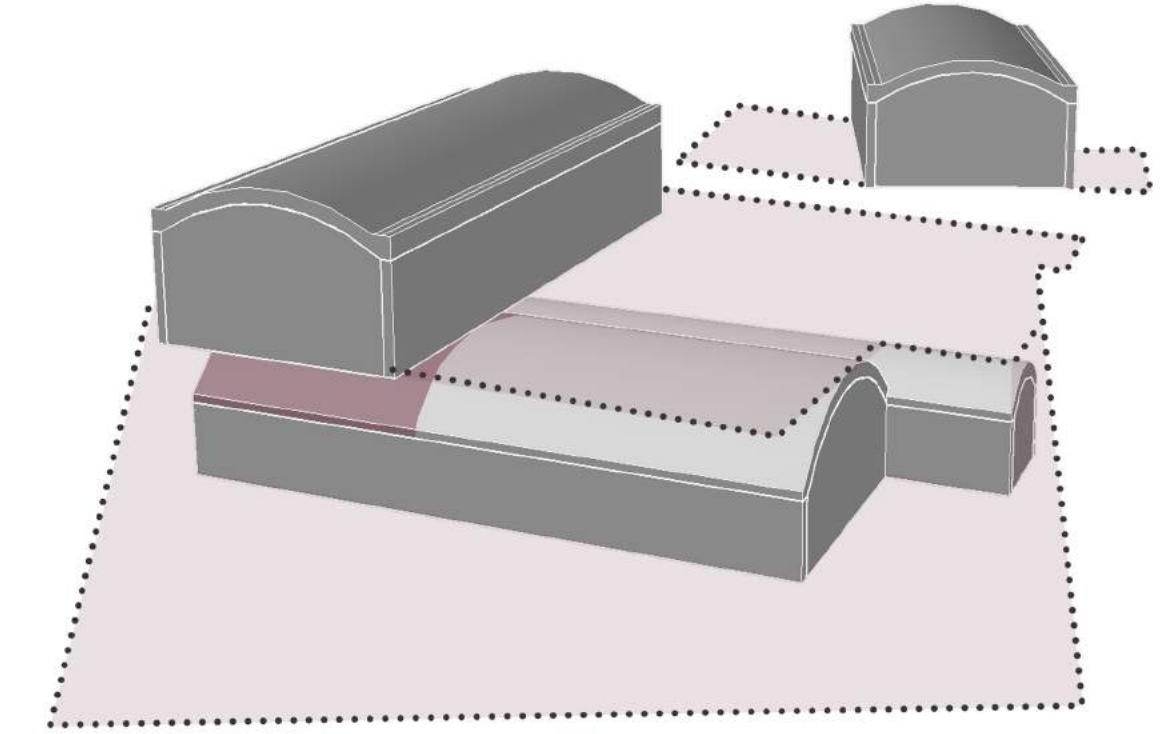
Pes volta coberta

- 3 capes de Totxo manual	1,8 KN/m ²
- Capa compressió formigó armat	1,2 KN/m ²
- Aïllament coberta poliestiré + impremeabilització	0,05 KN/m ²
- Capa morter	0,2 KN/m ²
TOTAL PES PROPI	3,25 KN/m²

Pes façana:	
- 2 capes de Totxo perforat 15cm i 10cm	3,75 KN/m ²
- Aïllament coberta llana de roca 15cm	0,03 KN/m ²
- 2 capes morter	0,4 KN/m ²
TOTAL PES PROPI 3,0m	12,54 KN/m

Sobrecàrregues

- Sobrecàrrega d'ús: Coberta amb inclinació només accessible manteniment (G1)	1 KN/m ²
- Sobrecàrrega d'ús: Zona sense obstacles amb lliure circulació de persones (C3)	5 KN/m ²
- Sobrecàrrega d'ús: Zona de aglomeracions (C5)	5 KN/m ²
- Sobrecàrrega de Neu: Gratallops (altitud 300m, ZONA 2)	0,6 KN/m ²
- Sobrecàrrega d'ús, barana	2 KN/m
- Sobrecàrrega vent: Coberta cilíndrica	
Zona A.....	0,35 KN/m ²
Zona B.....	0,7 KN/m ²
Zona C.....	1,57 KN/m ²
- Sobrecàrrega vent: Coberta plana amb arestes	
Zona F.....	2,5 KN/m ²
Zona G.....	1,4 KN/m ²
Zona H.....	1,2 KN/m ²
Zona I.....	±0,35 KN/m ²



Museu sota recepció i botiga

Càrregues permanents:

- Coberta	3,25 KN/m ²
- Paviment ceràmic	0,5 KN/m ²
- Tabiqueria	1,0 KN/m ²
TOTAL PES PROPI	4,75 KN/m²

- Material de reble, (arena i grava)

15 KN/m³

Sobrecàrregues

- Sobrecàrrega d'ús: Zona sense obstacles amb lliure circulació de persones (C3)

5 KN/m²

ELU Persistent o transitòria, definir coeficients

$$\sum_{j=1}^n Y_{G,j} G_{k,j} + \sum_{j=1}^n Y_{G,j} G_{k,j} + Y_{Q,1} Q_{k,1} + \sum_{i=2}^n Y_{Q,i} \psi_{0,i} Q_{k,i}$$

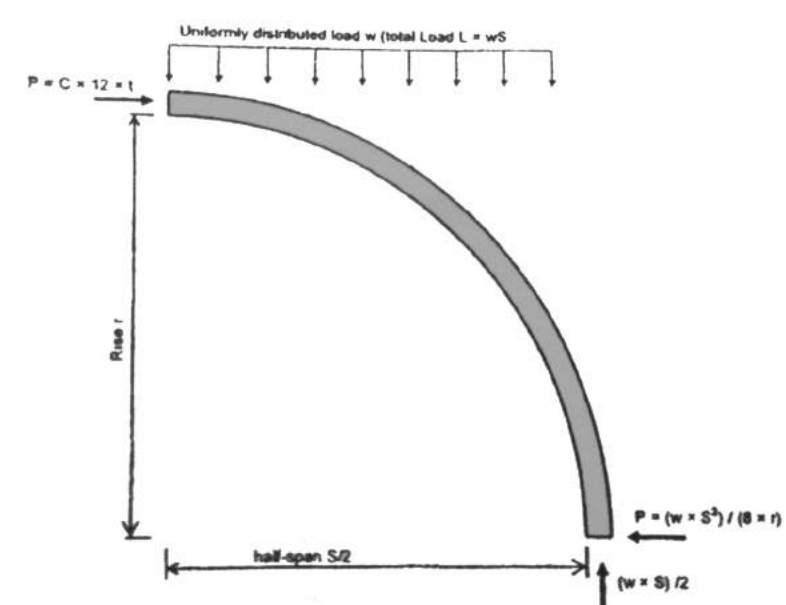
Y _G = 1,35	Permanent	efecte desfavorable
Y _Q = 1,50	Variable	efecte desfavorable
Y _Q = 0	Variable	efecte favorable
ψ ₀ = 0	Coberta accessible només manteniment	
ψ ₀ = 0,5	Neu < 1000 m	
ψ ₀ = 0,6	Vent	

Combinació Hipòtesis ELU Persistents				
Nº	EL	Situació	Pes Propi	Ús
1	ELU	Persistente	1,35	0
2	ELU	Persistente	1,35	1,5

S'ha escollit 2 combinacions d'hipòtesis més desfavorables a fi de verificar l'estructura.

Dimensionat gruix volta

S'ha utilitzat la fórmula que apareix al llibre que va escriure el pare de Guastavino, on utilitza una resistència a compressió admissible reduïda per un coeficient de seguretat igual a 10 (C). Es fonamenta amb l'ús d'un càlcul d'equilibri estàtic simple per a la meitat d'un arc per tal de trobar l'esforç horitzontal a la clau. La reacció és igual al gruix a la clau per unitat d'amplada per la resistència a compressió admissible de 14,19 N/mm².



(càrrega) - (llum)

$$\text{Gruix a la clau} = \frac{8 \cdot (\text{fleixa}) \cdot 12 \cdot C}{(42750 \text{ N}) \cdot (9000 \text{ mm})}$$

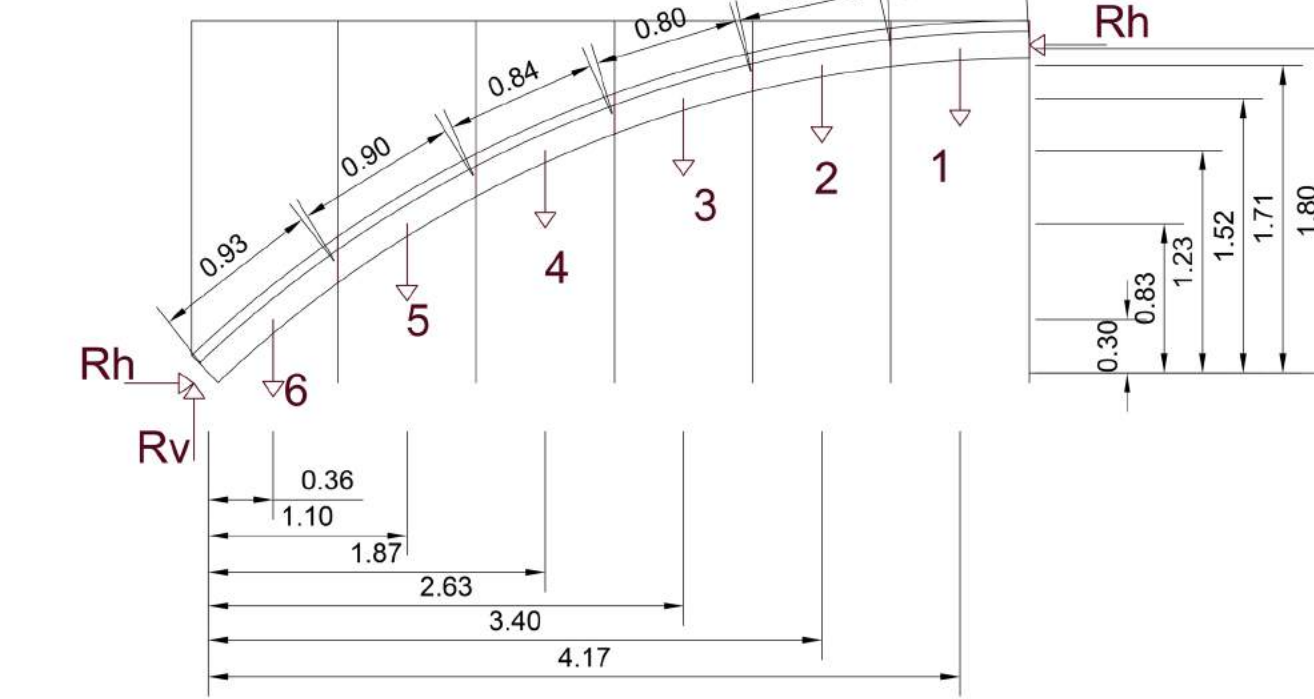
$$156 \text{ mm} = \frac{8 \cdot (1.800 \text{ mm}) \cdot 12 \cdot 14,19}{(42750 \text{ N}) \cdot (9000 \text{ mm})}$$

16 cm, aparentment és molt poc i amb un coeficient de seguretat de 10, he optat per agafar 3 capes de maó amb 14 cm i una capa de compressió armada de 7 cm, degut a que aquí he d'incorporar les càrregues de vent, neu i ús.

Càlcul estructural

El primer mètode d'anàlisi serà el gràfic, tot i la seva sencillesa, s'ha demostrat al llarg del temps per diversos autors la seva validesa i permet verificar si la forma estarà en equilibri. Tot i que ja sabem que no caurà per fatiga del material.

Determinar pes propi:



Forces trams

$$p1 = (0,77 \text{ m}^2 \cdot 4,75 \text{ KN/m}^2) + (0,01 \text{ m}^3 \cdot 15 \text{ KN/m}^3) = 3,81 \text{ kN}$$

$$p2 = (0,78 \text{ m}^2 \cdot 4,75 \text{ KN/m}^2) + (0,08 \text{ m}^3 \cdot 15 \text{ KN/m}^3) = 4,91 \text{ kN}$$

$$p3 = (0,80 \text{ m}^2 \cdot 4,75 \text{ KN/m}^2) + (0,22 \text{ m}^3 \cdot 15 \text{ KN/m}^3) = 7,10 \text{ kN}$$

$$p4 = (0,84 \text{ m}^2 \cdot 4,75 \text{ KN/m}^2) + (0,43 \text{ m}^3 \cdot 15 \text{ KN/m}^3) = 10,44 \text{ kN}$$

$$p5 = (0,90 \text{ m}^2 \cdot 4,75 \text{ KN/m}^2) + (0,74 \text{ m}^3 \cdot 15 \text{ KN/m}^3) = 15,38 \text{ kN}$$

$$p6 = (0,93 \text{ m}^2 \cdot 4,75 \text{ KN/m}^2) + (1,24 \text{ m}^3 \cdot 15 \text{ KN/m}^3) = 22,87 \text{ kN}$$

Equacions d'equilibri

$$p1 \cdot d1 + p2 \cdot d2 + p3 \cdot d3 + p4 \cdot d4 + p5 \cdot d5 + p6 \cdot d6 = H \cdot h$$

$$3,81 \text{ kN} \cdot 4,17 \text{ m} + 4,91 \text{ kN} \cdot 3,40 \text{ m} + 7,10 \text{ kN} \cdot 2,63 \text{ m} + 10,44 \text{ kN} \cdot 1,87 \text{ m} + 15,38 \text{ kN} \cdot 1,10 \text{ m} + 22,87 \text{ kN} \cdot 0,36 \text{ m} = H \cdot 1,8 \text{ m}$$

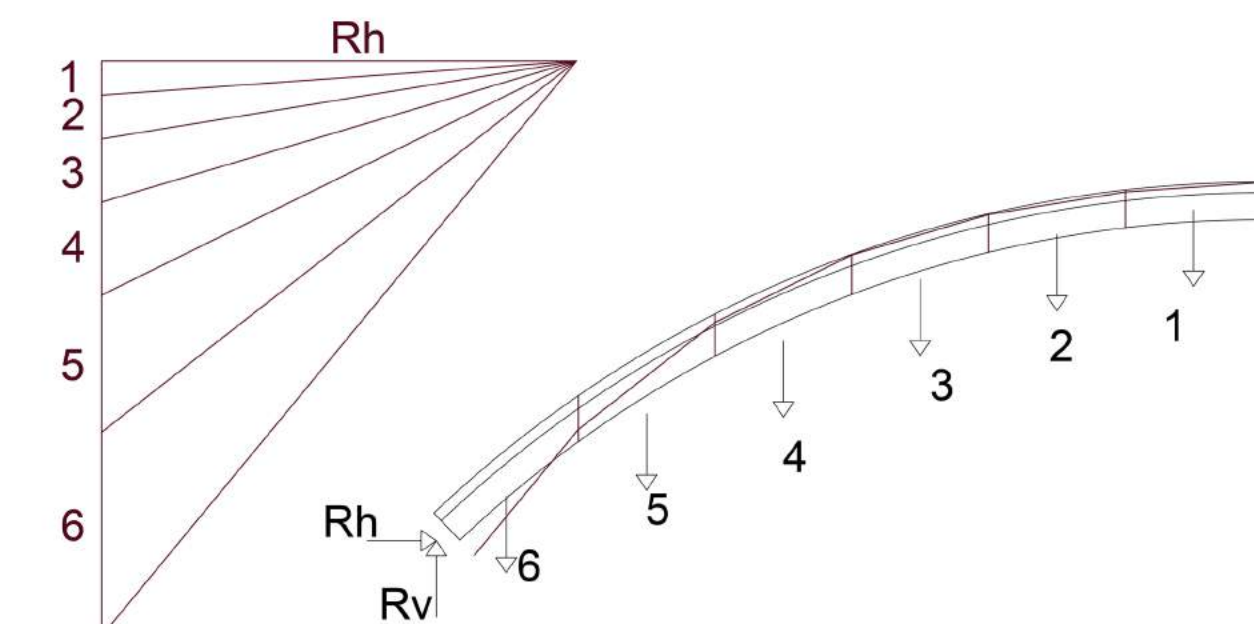
$$H = 53,27 \text{ kN}$$

$$p1 + p2 + p3 + p4 + p5 + p6 = Rv$$

$$3,81 \text{ kN} + 4,91 \text{ kN} + 7,10 \text{ kN} + 10,44 \text{ kN} + 15,38 \text{ kN} + 22,87 \text{ kN} = Rv$$

$$Rv = 64,50 \text{ kN}$$

Construcció del polígon de forces i línia d'empentes a dintre de l'arc

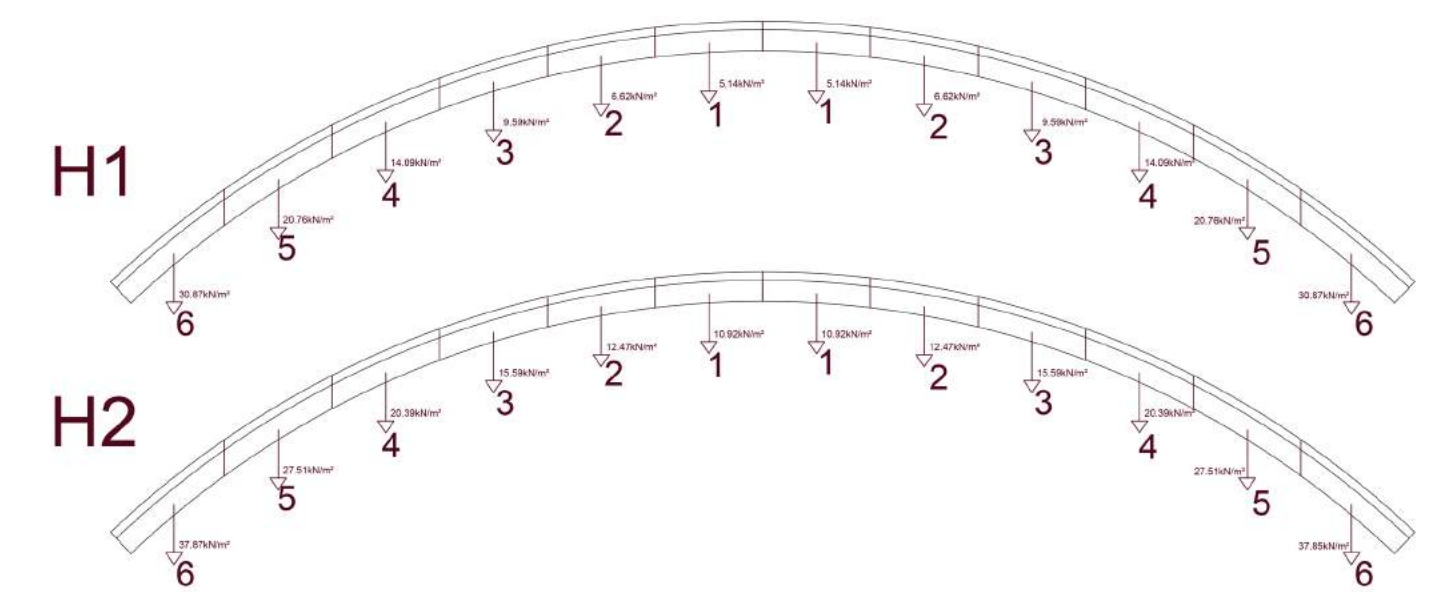


Observem que la línia s'escapa una mica de la secció, el que indica que es produiran petites traccions, que podran ser absorbides tranquil·lament per la fàbrica, i en major mesura per la capa de formigó armat superior.

Forces de Vent

Les forces del vent no actuen degut a que la coberta és el recinte d'un altre edifici, per tant despreciam aquesta variable.

Comprovar hipòtesis



Equacions d'equilibri

$$p1 \cdot d1 + p2 \cdot d2 + p3 \cdot d3 + p4 \cdot d4 + p5 \cdot d5 + p6 \cdot d6 = H \cdot h$$

$$p1 \cdot d1 + p2 \cdot d2 + p3 \cdot d3 + p4 \cdot d4 + p7 \cdot d7 + p8 \cdot d8 = H \cdot h$$

$$H1 = 71,92 \text{ kN}$$

$$H2 = 117,18 \text{ kN}$$

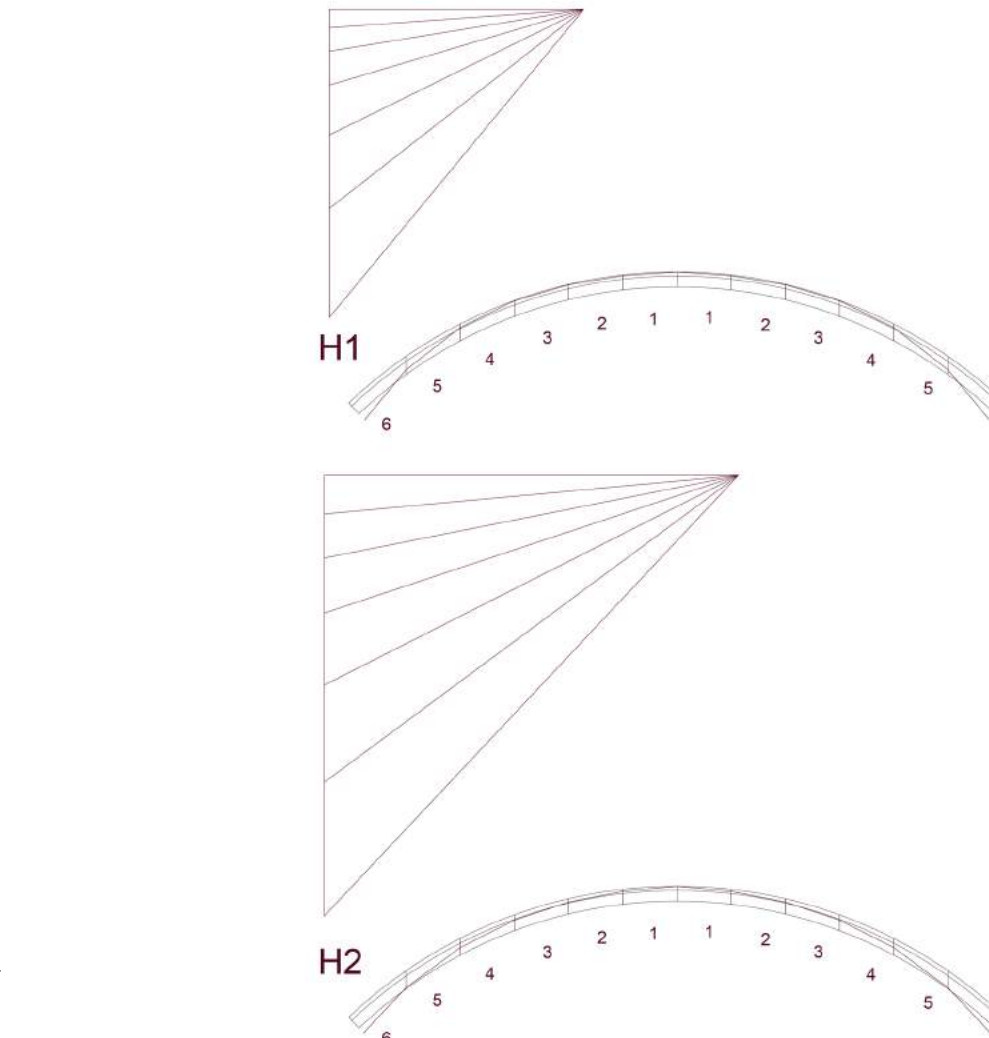
$$p1 + p2 + p3 + p4 + p5 + p6 = Rv1$$

$$p1 + p2 + p3 + p4 + p7 + p8 = Rv2$$

$$H1 = Rv1 = 87,07 \text{ kN}$$

$$H2 = Rv1 = 124,72 \text{ kN}$$

Construcció del polígon de forces i línia d'empentes a dintre de l'arc



Anàlisi per elements finits

Propietats del material per a l'anàlisi

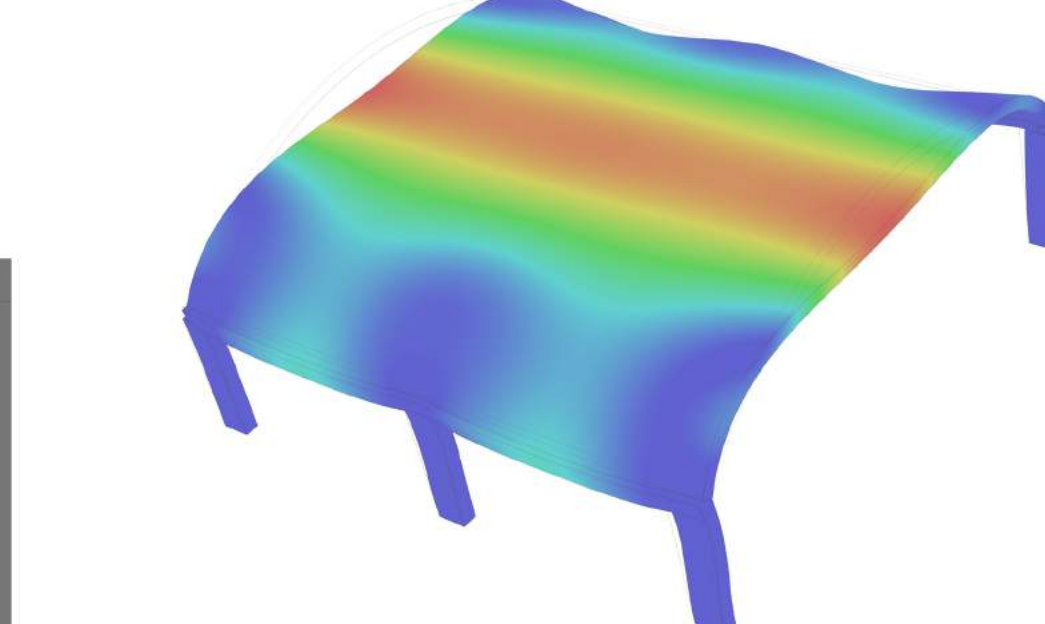
Ceràmica	7.400 MPa	Formigó	23.250 MPa
- Mòdul de Young	0,26	- Mòdul de Young	0,17
- Coeficient de Poisson	17,64 KN/m ³	- Coeficient de Poisson	24,11 KN/m ³
- Densitat		- Densitat	



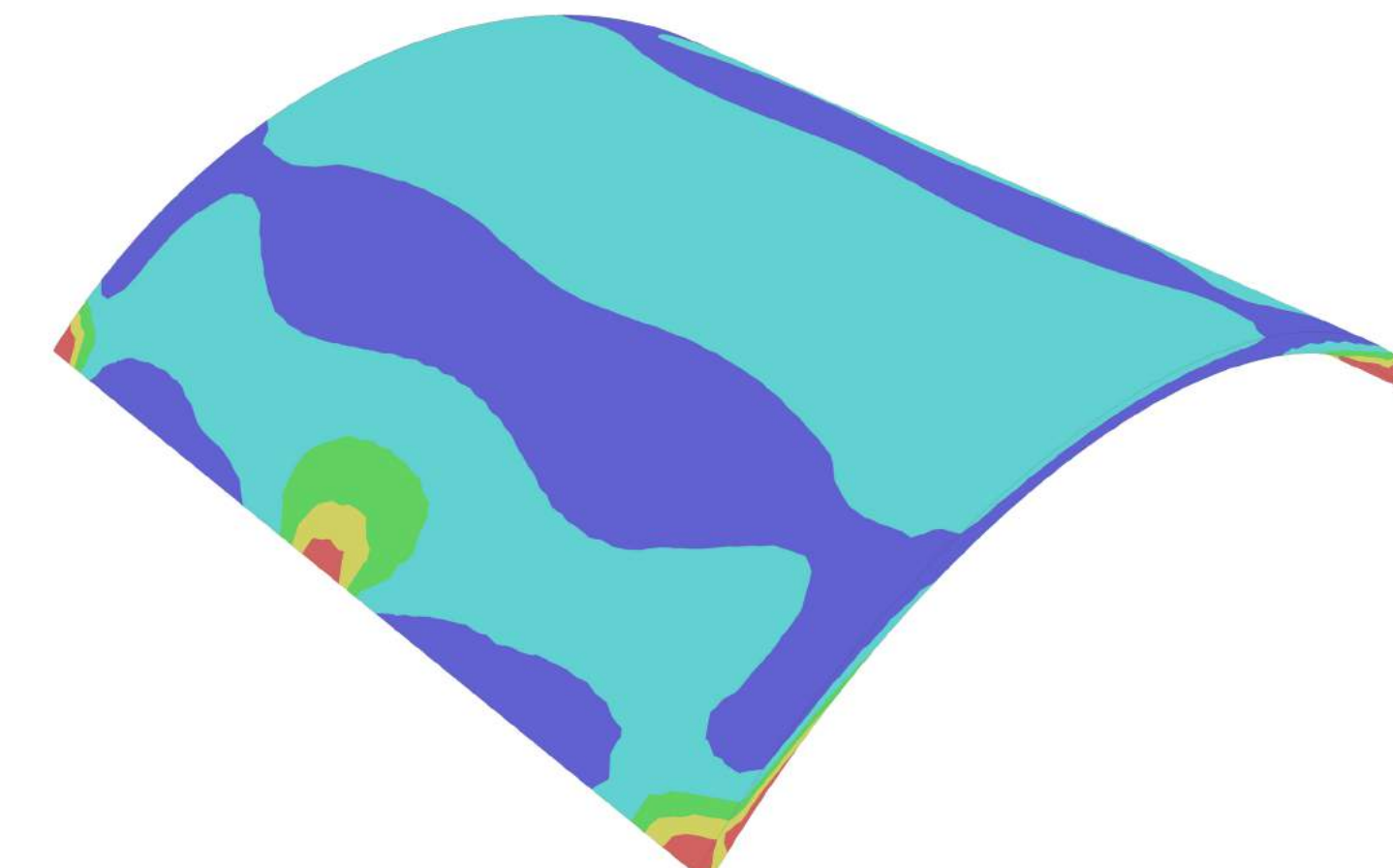
Esquema estructural



Desplaçament max 3.52mm



Tensions de Von Mises



Esquema recolzaments, carreta i malla



Coefficients de seguretat max 3

