

## 29 Forjats unidireccionals

### 29.1 Forjat unidireccional. Ceràmica armada. Positiu. Forjat TAM

### 29.2 Forjat unidireccional. Ceràmica armada. Negatiu. Forjat TAM

#### 29.1 Forjat unidireccional. Ceràmica armada. Positiu. Forjat TAM

A les aplicacions incloses en el punt 11.9 'Forjat unidireccional' es calculen els forjats unidireccionals amb els següents trets significatius:

.Les seccions de les bigues, alleugerats i sinus es formen a base de petits rectangles que, mitjançant la seva translació, omplen l'element corresponent de la secció.

.El càlcul es realitza en règim elàstic. Es donen els coeficients d'equivalència entre acer i formigó  $n = E_s/E_c$ , entre alleugerit i formigó  $n = E_b/E_c$  i entre material de sinus i formigó  $s = E_i/E_c$ . Sent els valors d'E els mòduls de deformació dels diferents materials.

.L'anàlisi estàtica es realitza per mitjà del polígon funicular. D'aquesta manera es troba la profunditat de la fibra neutra  $x$  i el moment d'inèrcia  $I$ . ('Polígon funicular. Una aproximació a Karl Culmann'. Josep M. Genescà R. IEE. Institut d'Estudis Estructurals, ACE. Associació de Consultors d'Estructures. Barcelona 2018).

.Amb els valors de  $x$  i d' $I$  es calculen les tensions de forma lineal segons Navier.

.El moment flector  $M$  que es dona és el de servei. Les tensions generades són en funció d' $M$ . Per tant, no es consideren factors o coeficients de seguretat.

A la present aplicació, encara que essencialment se segueix el mateix plantejament que a l'aplicació 11.9, s'introdueixen les següents variacions:

.Els petits rectangles translacionals són els mateixos, però estan acumulats en un rebost, de tal manera que no és fins que se'ls treu del rebost que no s'activen. Així s'evita la fatigosa i inexacta feina de anul·lar-los que es realitza a l'aplicació 11.9.

.Les llesques horitzontals han passat de 12 a 18. Els elements de formigó, de 48 a 36 i els d'alleugerit de 72 a 54. Els elements metàl·lics, de 8 a 4 en els moments positius (29.1) i de 8 a 2 en els moments negatius (29.2). Aquestes variacions es donen per ajustar les seccions de la forma més lògica i eficient possible.

.Quant als coeficients d'equivalència, es parteix, en primer lloc, del mòdul de deformació de l'acer  $E_s$  que, encara que es tracta d'un valor fix ( $E_s = 200.000 \text{ N/mm}^2$ ), es dona com punt lliscant. El fet que el valor del coeficient  $n = E_s/E_c = 15$  era habitual en l'època en què va ser construït el forjat, implica que el valor del mòdul de deformació del formigó  $E_c$  és calculable. Per tant, un punt lliscant permet donar un cert valor de  $E_c$ , de forma que el valor d' $n$  sigui 15 o el desitjat. En el nostre cas ha estat  $E_c = 13063 \text{ N/mm}^2$ . Com a qüestió informativa es permet entrar el valor de la resistència característica del formigó a compressió  $f_{ck}$  per calcular  $E_c$ , tal com indica la instrucció EHE-08. Per un formigó d' $f_{ck} = 12 \text{ N/mm}^2$  resulta, segons la instrucció EHE-08,  $E_c = 23072 \text{ N/mm}^2$ , valor sensiblement més alt que l'utilitzat en el càlcul. Per a l'alleugerit, si és ceràmica i sempre que es vulgui que aquest col·labori en la funció resistent, s'ha adoptat el valor d' $E_b = 3000 \text{ N/mm}^2$ , atès que en estudis realitzats a l'UIC Universitat Internacional de Catalunya, es donen els valors  $1000 \leq E_b \leq 5000 \text{ N/mm}^2$ , cosa que implica un valor del coeficient d'equivalència  $m = E_b/E_c = 0.23$ . Si no es vol fer participar l'alleugerit de la funció resistent, ha de ser  $E_b = 0$ .

.No es considera el material de sinus. D'aquesta manera, únicament apareixen tres materials: el formigó (de color blau), l'alleugerit (de color taronja) i l'acer (de color negre).

.Es permet el càlcul de les tensions tangencials.

En aquesta aplicació s'estudia particularment el forjat format per la peça ceràmica TAM '*Techo autorresistente monolítico*' (fig. 29.1) i el forjat o sostre format amb aquesta peça (fig. 29.2). Les

figures estan extretes del llibre 'Recomanacions per al reconeixement, la diagnosi i la teràpia de sostres ceràmics' firmat per Victor Seguí i Santana amb la direcció de Rafael Bellmunt i Ribas de l'ITEC Institut de Tecnologia de la Construcció de Catalunya. Barcelona 1995.

Fent les consideracions que calgui a l'entrada de dades, l'aplicació serveix, no solament per a qualsevol tipus de forjat ceràmic, sinó també per a forjats amb bigueta de formigó. Atès que aquesta aplicació no disposa de plantilla, les variacions del forjats s'han de realitzar a partir de l'actual forjat TAM.

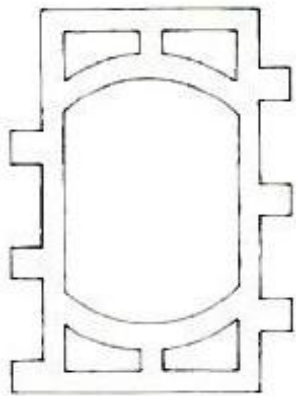


Fig. 29.1

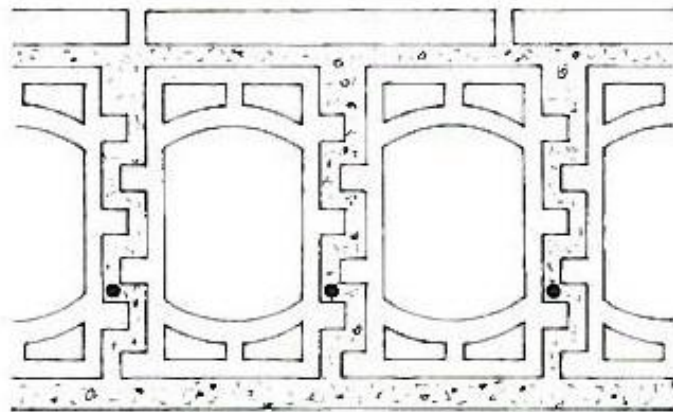


Fig. 29.2

FICHA DE CARACTERISTICAS TECNICAS DEL FORJADO DE CERAMICA ARMADA TAM. TECHO AUTORESISTENTE MONOLITICO		MINISTERIO DE LA VIVIENDA Y SEGURIDAD GENERAL DE ARCHITECTURA ESPANOLA Y TECNICA DE LA CONSTRUCCION																																																														
FABRICANTE ADOLFO MONTAGUT		AUTORIZACION DE USO																																																														
DIRECCION S.I. CADIZO S.N. (final)		N.º 12457																																																														
LOCALIDAD BARCELONA		EL DIRECTOR GENERAL																																																														
Hoja nº 1 consta de 2 hojas		MADRID 24 ENE 1967																																																														
<p>1. REPRESENTACION GRAFICA</p>																																																																
<p>2. DIMENSIONES</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de pieza</th> <th colspan="10">Dimensiones en m m</th> <th>Peso kg</th> </tr> <tr> <th>PIEZA I UNICA</th> <th>a</th><th>b</th><th>c</th><th>d</th><th>e</th><th>f</th><th>g</th><th>h</th><th>i</th><th>j</th><th>k</th> <th>25</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Tipo de forjado</td> <td colspan="10"></td> <td>Peso m²</td> </tr> <tr> <td>TAM 170</td> <td colspan="10"></td> <td>150-</td> </tr> <tr> <td>TAM 195</td> <td colspan="10"></td> <td>200-</td> </tr> </tbody> </table>				Tipo de pieza	Dimensiones en m m										Peso kg	PIEZA I UNICA	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	25	Tipo de forjado											Peso m²	TAM 170											150-	TAM 195											200-
Tipo de pieza	Dimensiones en m m										Peso kg																																																					
PIEZA I UNICA	a	b	c	d	e	f	g	h	i	j	k	25																																																				
Tipo de forjado											Peso m²																																																					
TAM 170											150-																																																					
TAM 195											200-																																																					
<p>3. HORMIGON</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th colspan="3">Resistencia a compresion especificada medida en probeta de e=16cm</th> </tr> <tr> <th>Tipo de forjado</th> <th>TAM 170</th> <th>TAM 195</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>Resistencia a compresion kg/cm²</td> <td>250.-</td> <td>250.-</td> </tr> </tbody> </table>				Resistencia a compresion especificada medida en probeta de e=16cm			Tipo de forjado	TAM 170	TAM 195	Resistencia a compresion kg/cm²	250.-	250.-																																																				
Resistencia a compresion especificada medida en probeta de e=16cm																																																																
Tipo de forjado	TAM 170	TAM 195																																																														
Resistencia a compresion kg/cm²	250.-	250.-																																																														

Fig. 29.3

FICHA DE CARACTERISTICAS TECNICAS DEL FORJADO DE CERAMICA ARMADA TAM. TECHO AUTORESISTENTE MONOLITICO		MINISTERIO DE LA VIVIENDA Y SEGURIDAD GENERAL DE ARCHITECTURA ESPANOLA Y TECNICA DE LA CONSTRUCCION																																																	
FABRICANTE ADOLFO MONTAGUT		AUTORIZACION DE USO																																																	
DIRECCION S.I. CADIZO S.N. (final)		N.º 12457																																																	
LOCALIDAD BARCELONA		EL DIRECTOR GENERAL																																																	
Hoja nº 2 consta de 2 hojas		MADRID 24 ENE 1967																																																	
<p>4. CARACTERISTICAS MECANICAS</p> <table border="1"> <thead> <tr> <th>Tipo de forjado TAM. 170</th> <th colspan="2">Peso com m² 150 kg</th> </tr> <tr> <th>Clase de Armadura inferior Z</th> <th>Armadura en apoyo</th> <th>Armadura en vano</th> </tr> <tr> <th>acero 7 φ cm</th> <th>acero 7 φ cm</th> <th>acero 7 φ cm</th> </tr> <tr> <th>Acero ordinario</th> <th>util</th> <th>util</th> </tr> <tr> <th>Acero</th> <th>1-45 0.17 55.6</th> <th>1-45 0.17 46.1</th> </tr> <tr> <th>REA-40</th> <th>1-65 0.33 104.5</th> <th>1-65 0.33 52.1</th> </tr> <tr> <th>Acero</th> <th></th> <th></th> </tr> <tr> <th>Tipo de forjado TAM. 195</th> <th colspan="2">Peso com m² 200 kg</th> </tr> <tr> <th>Clase de Armadura inferior Z</th> <th>Armadura en el apoyo</th> <th>Armadura en vano</th> </tr> <tr> <th>acero 7 φ cm</th> <th>acero 7 φ cm</th> <th>acero 7 φ cm</th> </tr> <tr> <th>Acero ordinario</th> <th>util</th> <th>util</th> </tr> <tr> <th>Acero</th> <th>1-45 0.17 64.7</th> <th>1-45 0.17 6.11</th> </tr> <tr> <th>REA-40</th> <th>1-65 0.33 123.8</th> <th>1-65 0.33 7.71</th> </tr> <tr> <th>Acero</th> <th>1-85 0.57 255.-</th> <th>1-85 0.57 10.11</th> </tr> <tr> <th>REA-46</th> <th>1-7 0.38 175.-</th> <th>1-7 0.38 8.21</th> </tr> <tr> <th></th> <th>1-85 0.57 210.-</th> <th>1-85 0.57 10.11</th> </tr> </thead> </table>				Tipo de forjado TAM. 170	Peso com m² 150 kg		Clase de Armadura inferior Z	Armadura en apoyo	Armadura en vano	acero 7 φ cm	acero 7 φ cm	acero 7 φ cm	Acero ordinario	util	util	Acero	1-45 0.17 55.6	1-45 0.17 46.1	REA-40	1-65 0.33 104.5	1-65 0.33 52.1	Acero			Tipo de forjado TAM. 195	Peso com m² 200 kg		Clase de Armadura inferior Z	Armadura en el apoyo	Armadura en vano	acero 7 φ cm	acero 7 φ cm	acero 7 φ cm	Acero ordinario	util	util	Acero	1-45 0.17 64.7	1-45 0.17 6.11	REA-40	1-65 0.33 123.8	1-65 0.33 7.71	Acero	1-85 0.57 255.-	1-85 0.57 10.11	REA-46	1-7 0.38 175.-	1-7 0.38 8.21		1-85 0.57 210.-	1-85 0.57 10.11
Tipo de forjado TAM. 170	Peso com m² 150 kg																																																		
Clase de Armadura inferior Z	Armadura en apoyo	Armadura en vano																																																	
acero 7 φ cm	acero 7 φ cm	acero 7 φ cm																																																	
Acero ordinario	util	util																																																	
Acero	1-45 0.17 55.6	1-45 0.17 46.1																																																	
REA-40	1-65 0.33 104.5	1-65 0.33 52.1																																																	
Acero																																																			
Tipo de forjado TAM. 195	Peso com m² 200 kg																																																		
Clase de Armadura inferior Z	Armadura en el apoyo	Armadura en vano																																																	
acero 7 φ cm	acero 7 φ cm	acero 7 φ cm																																																	
Acero ordinario	util	util																																																	
Acero	1-45 0.17 64.7	1-45 0.17 6.11																																																	
REA-40	1-65 0.33 123.8	1-65 0.33 7.71																																																	
Acero	1-85 0.57 255.-	1-85 0.57 10.11																																																	
REA-46	1-7 0.38 175.-	1-7 0.38 8.21																																																	
	1-85 0.57 210.-	1-85 0.57 10.11																																																	
<p>5. OBSERVACIONES</p>																																																			

Fig. 29.4

Del forjat TAM disposem de les fitxes de característiques tècniques, que son les que es veuen a les figures 29.3 i 29.4.

Aquestes fitxes de característiques tècniques permeten certes variacions o tipologies diferents. Amb la nomenclatura de les fitxes, s'indica a continuació el tipus triat per l'aplicació.

- Amplada de la peça.  $b = 100 \text{ mm}$ .
- Gruix de la paret de ceràmica.  $e = 9.5 \text{ mm}$
- Intereix.  $r = 110 \text{ mm}$
- Capa de compressió formigó.  $t = 25 \text{ mm}$
- Altura de la peça.  $k = 170 \text{ mm}$
- Cantell total del forjat.  $k+t = 195 \text{ mm}$
- Armat  $1 \phi 6.5$ . REA-40

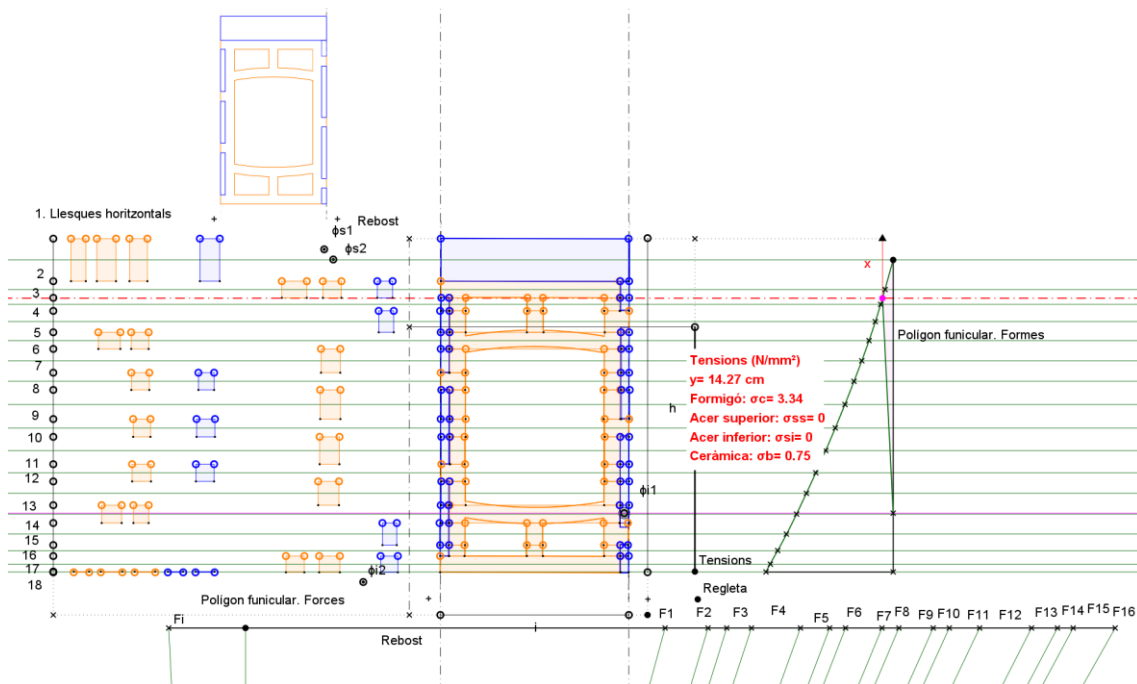


Fig. 29.5

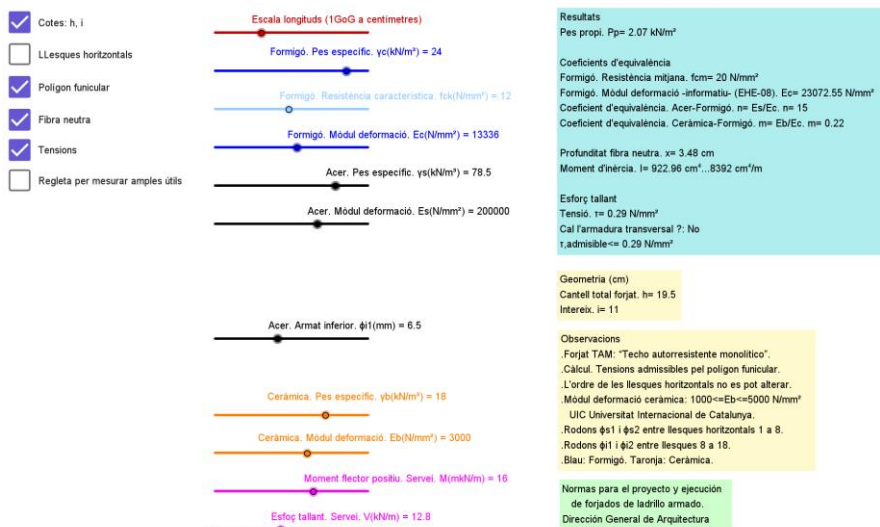


Fig. 29.6

De la secció del forjat de la figura 29.5 observem el següent:

.Una llesca horitzontal, la del número 18, no s'ha utilitzat.

.Alguns rectangles destinats al formigó i a la ceràmica no s'han utilitzat. De les quatre varetes d'acer, únicament se n'ha utilitzat una, la  $\phi 1$ , inferior de positiu. La resta han quedat inactives en el rebost.

.S'observa el polígon funicular de formes i part del polígon funicular de forces.

.La profunditat de la fibra neutra ha estat de  $x = 3.48$  cm i el moment d'inèrcia de  $I = 922.96$  cm<sup>4</sup>.

.A una ordenada  $y = 14.27$  cm de l'extrem inferior del forjat, les tensions en el formigó i ceràmica han estat de 3.34 i 0.75 N/mm<sup>2</sup> respectivament. En la resta de materials, en aquest cas l'acer superior i l'inferior, les tensions han de ser nul·les atès que per a aquesta ordenada  $y$  no existeixen.

A la figura 29.6 apareixen els punts lliscants utilitzats i els resultats. D'aquests últims cal indicar:

.Els coeficients d'equivalència han estat per a l'acer  $n = E_s/E_c = 15$  i per a la ceràmica  $m = E_b/E_c = 0.22$ . Això implica uns mòduls d'elasticitat  $E_c = 13063$  N/mm<sup>2</sup> per al formigó i  $E_b = 3000$  N/mm<sup>2</sup> introduïts amb punts lliscants del formigó i ceràmica respectivament.

.Per a un moment flector de servei de  $M = 16$  mKn/m, que correspon aproximadament a una llum de biga de 5 m sense negatius, i per una càrrega total de 5.3 kN/m, que és una càrrega com les que es donaven a l'època en que es va construir el forjat, la tensió a l'armadura a per una ordenada  $d'y = 3.52$  cm és de  $\sigma_s = 366.25$  N/mm<sup>2</sup> (tracció) i la del formigó per  $y = 19.43$  cm és de  $\sigma_c = -6.4$  N/mm<sup>2</sup> (compressió). Recordi's que són valors en els quals no s'inclouen els coeficients de seguretat.

.Quant a l'esforç tallant, per a un valor màxim  $V = 12.8$  kN, no és necessària una armadura transversal.

## 29.2 Forjat unidireccional. Ceràmica armada. Negatiu. Forjat TAM

Una vegada estructurat el comportament mecànic dels moments positius en el forjat TAM, els moments negatius no aporten una diferència essencial. En aquest cas, les característiques més significatives són (fig. 29.7 i 29.8):

.No es consideren armadures en la part inferior de la secció.

.La profunditat de la fibra neutra és  $d'x = 11.25$  cm i el moment d'inèrcia  $I = 1211.99$  cm<sup>4</sup>.

.S'adopten les mateixes sol·licitacions de servei que per als moments positius.  $M = 16$  mKn/m i  $V = 12.8$  kN.

.Per a una ordenada  $d'y = 17.7$  cm, la tensió de tracció a l'armadura és de  $\sigma_s = 205.84$  N/mm<sup>2</sup> i per a un valor  $d'y = 0$ , la tensió del formigó és de  $\sigma_c = -10.78$  N/mm<sup>2</sup> i la de la ceràmica, de  $\sigma_b = -2.43$  N/mm<sup>2</sup>, en els dos casos de compressió.

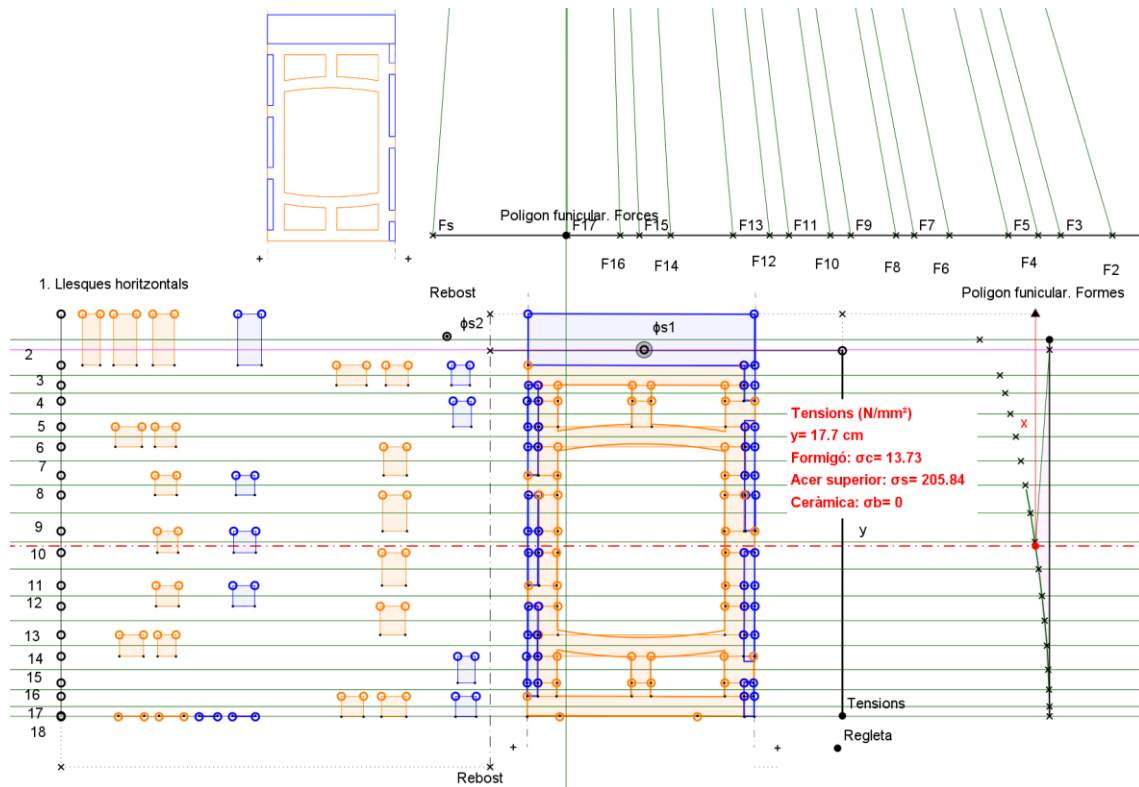


Fig. 29.7

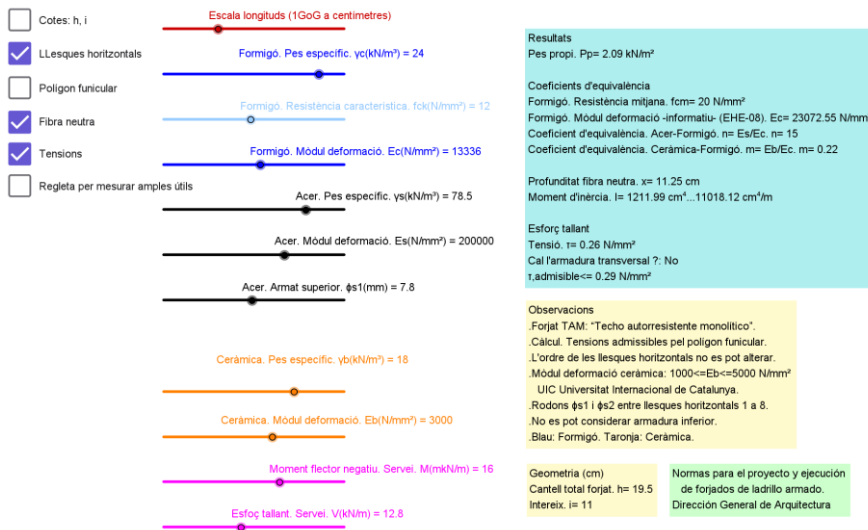


Fig. 29.8

Part de la informació utilitzada s'extreu del document 'Normas para el proyecto y ejecución de forjados de ladrillo armado' de la Dirección General de Arquitectura.