

## — Obra nueva

+ Memoria de cálculo de forjado mixto madera-hormigón en estado límite con conectores Tecnaría  
Norma de cálculo: EN 1995-1-1/2005

### Datos

Forjado con armazón simple con tablero continuo  
Espesor capa de hormigón: 8 cm  
Espesor entarimado: 3 cm  
Espesor aislante: 3 cm  
Peso específico entarimado: 18.00 kN/m<sup>3</sup>  
Peso específico aislante: 1.30 kN/m<sup>3</sup>

Entre ejes de vigas: 60 cm  
Luz libre vigas: 550 cm

### Cargas

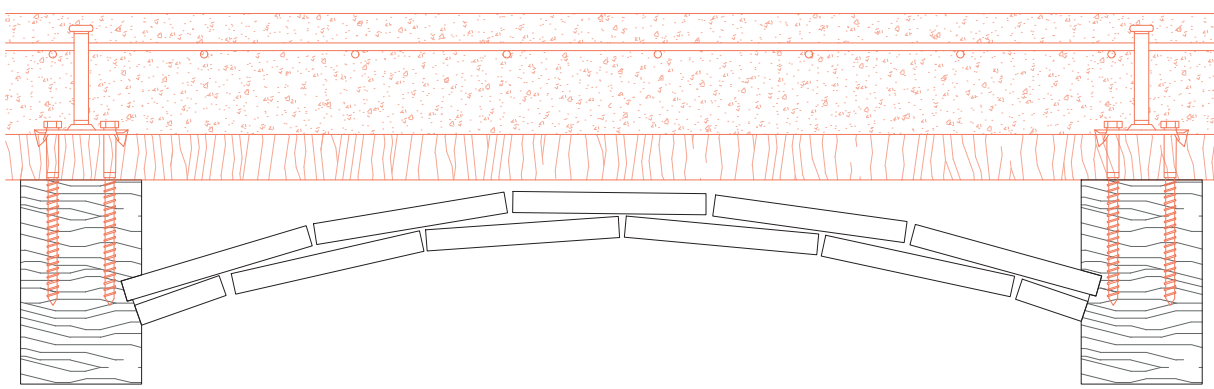
Total permanentes estructurales: 2.86 kN/m<sup>2</sup>  
Total permanentes no estructurales: 1.30 kN/m<sup>2</sup>  
Total variables: 2.00 kN/m<sup>2</sup>  
Total por metro lineal  
Total ELS: 3.70 kN/m  
Total ELU: 5.17 kN/m

### Resultados

Conectores de perno y crampones TECNARIA CTL MAXI 12/80 colocados sobre entablado continuo  
Conectores a desplazamiento variable  
- en los cuartos extremos: 11.3 cm  
- en la mitad central: 22.6 cm  
Número de conectores por viga: 37

### Comprobaciones

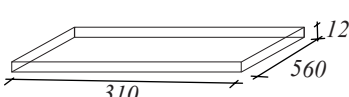
Momento máximo: 19.56 kNm  
Corte máximo: 14.23 kN  
EI: 2004350832384 Nmm<sup>2</sup>  
Flecha máxima: 21.99 mm <= 22.00 mm



+ Como los núcleos añadidos son contruídos de Madera Laminada Cruzada (CLT) hemos calculado el esfuerzo admisible, esfuerzo de corte y la deformación del caso más desfavorable. En este caso, calculamos el módulo de la recepción ya que su cubierta es accesible.

### Diseño

#### 1. Cargas



a) Peso propio (PP)

$$q_{pp} = p \cdot b \cdot h = 476 \cdot 5.6 \cdot 0.12 = 319.87 \text{ kg/m}$$

b) Sobrecarga de uso (SU)

$$q_{su} = su \cdot b = 200 \cdot 5.6 = 1120 \text{ kg/m}$$

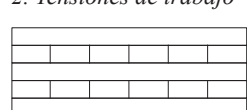
siendo  $p$ : la densidad normal del pino radiata la cual se obtiene de la norma NCh1198 anexo E.  $p = 476 \text{ kg/m}^3$   
 $b$ : la anchura del tablero.  $b = 5.6 \text{ m}$   
 $h$ : el grosor del tablero.  $h = 0.12 \text{ m}$

La sobrecarga se obtiene de la norma NCh1537 tabla 4. La carga de uso uniformemente distribuida para pisos, en viviendas, para áreas de uso general es de  $SC = 200 \text{ kg/m}^2$

Luego, la combinación de carga uniformemente distribuida que se utilizará será:

$$q = q_{pp} + q_{su} = 319.87 + 1120 = 1439.87 \text{ kg/m}$$

#### 2. Tensiones de trabajo



a) Momento máximo está dado por:  $M_{max} = q \cdot L^2 / 8 = 1439.87 \cdot 3.1^2 / 8 = 1729.65 \text{ kg-m}$

b) Corte máximo está dado por:  $V_{max} = q \cdot L / 2 = 1439.87 \cdot 3.1 / 2 = 2231.8 \text{ kg}$

#### 3. Resistencia a la flexión a lo largo de la fibra

$$f_{f,0,d} = (f_{c,0,k} \cdot k_{mod}) / y_{mod} = 126.7 \text{ kg/cm}^2$$

siendo  $f_{c,0,k}$ : Tensión básica de flexión a lo largo de la fibra. Obtenida de la norma NCh1198.  $f_{c,0,k} = 19 \text{ N/mm}^2$   
 $k_{mod}$ : Factor de modificación de la duración de la carga.  $k_{mod} = 0.7$   
 $y_{mod}$ : Factor de seguridad parcial del material.  $y_{mod} = 1.2 \text{ KN/m}^2$

#### 4. Esfuerzo de flexión

La tensión de trabajo de flexión en la fibra extrema se debe determinar de acuerdo con la expresión:

$$\sigma_{m,d} = M_{max} / W_{eff} = 172965 / 80640 = 2.145 \text{ kg/cm}^2$$

siendo  $W_{eff}$ : Momento resistente.  $W_{eff} = I_{off} / y_1 \cdot a_1 + (h_1 / 2) = 80640 / 0.01 \cdot 4.8 + (2.4/2) = 80640 \text{ cm}^3$

siendo  $h_1$ : la altura de las capas longitudinales.  $h_1 = 2.4 \text{ cm}$

$a_1$ : Distancia desde el centroide de la primera capa, al centroide de la placa completa.  $a_1 = 4.8 \text{ cm}$

$y_1$ : Factor de eficiencia de la conexión se usa para dar cuenta de la deformación por cizallamiento de la capa perpendicular que representa un miembro completamente encolado y no está conectado completamente.

$$y_1 = 1 / (1 + (\pi^2 \cdot E_i \cdot a / L^2) \cdot (h / G_p \cdot b)) = 0.01$$

siendo  $h$ : Altura de la capa intermedia (capa transversal).  $h = 2.4 \text{ cm}$

$L$ : largo de la placa.  $L = 310 \text{ cm}$

$b$ : ancho de la placa.  $b = 560 \text{ cm}$

$E_i$ : Módulo de elasticidad longitudinal de la madera. El módulo de elasticidad longitudinal de la madera utilizada, se mide en dirección paralela a las fibras de la madera. Los elementos solicitados en flexión, clasificados visual o mecánicamente que presentan un grado de calidad, están dados en la norma NCh1198 tabla 4. Por lo que para el módulo de elasticidad longitudinal será de

$E_i = 102000 \text{ kg/cm}^2$ . Es posible que los elementos estructurales queden ocasionalmente expuestos a temperaturas elevadas. Sin embargo, para tales condiciones, la humedad relativa es generalmente baja, lo que condiciona que el contenido de humedad de la madera sea igualmente bajo. Cuando las piezas estructurales de madera se enfrían a bajas temperaturas con contenido de humedad elevados durante periodos de tiempo prolongados, se hace necesario modificar el módulo de elasticidad, como lo establece la norma NCh1198.  $E_i = 102000 \cdot K_t = 102275.4 \text{ kg/cm}^2$

siendo  $K_t$ : Factor de modificación por temperatura.  $K_t = 1 + AH \cdot C_t = 1.0027$

siendo  $AH$ : Variación de humedad de la madera y la humedad de equilibrio.  $AH = H_{equilibrio} - H_{madera} = 13\% (\text{Barcelona}) - 12\% = 1\%$

$C_t$ : Incremento de temperatura. Independientemente de los cambios de temperatura, las propiedades resistentes de la madera generalmente se incrementan al disminuir el contenido de humedad. El valor del incremento se obtiene de la norma NCh1198 Anexo H.  $C_t = 0.0027$

$G_p$ : Módulo de corte transversal. Se asume como 1/10 del módulo de corte paralelo a las fibras de la madera, por lo general para un elemento de losa de madera maciza.

En la norma NCh1198 el módulo de corte longitudinal se expresa como:  $G_p = E_i / 15 = 6818.36 \text{ kg/cm}^2$ . La magnitud de la rigidez a la flexión efectiva del panel y por lo tanto la distribución de la tensión en las capas depende en gran medida del módulo de corte de las capas transversales (Fellmoser and Blass, 2004) luego:

$$G_p = G_i / 10 = 681.84 \text{ kg/cm}^2$$

$$I_{off} = \text{Momento de inercia. } I_{off} = b \cdot h^3 / 12 = 560 \cdot 12^3 / 12 = 80640 \text{ cm}^4$$

#### 5. Esfuerzo admisible

$$f_{m,d} = (f_{m,k} \cdot k_{mod} / y_{mod}) \cdot k_t = (244 \cdot 0.7 / 1.2) \cdot 1.075 = 153.01 \text{ kg/cm}^2$$

siendo  $f_{m,k}$ : Resistencia a la flexión característica según Gerhard Schickhofer's Phddel Institute for Timber Engineering and Wood Technology. La norma EN 338-2009 establece una resistencia mecánica de 244 kg/cm<sup>2</sup>

$k_{mod} = 0.7$

$y_{mod} = 1.2$

$k_t$ : Factor de resistencia del sistema depende del número de capas paralelas en la placa.  $k_t = 1 + 0.025 \cdot \text{número de capas paralelas} = 1 + 0.025 \cdot 3 = 1.075$

#### Comprobando:

$$\sigma_{trabajo} \leq \sigma_{diseño}$$

$$\sigma_{m,d} \leq f_{m,d}$$

$$2.68 \text{ kg/cm}^2 \leq 153.01 \text{ kg/cm}^2$$

#### 6. Esfuerzo de corte

La falla por cortante en vigas de madera se produce por el deslizamiento de las fibras en la zona central de la sección próxima a los apoyos dando lugar a un plano de rotura horizontal por rasante, que en secciones rectangulares toma un valor máximo:  $\tau_{vd} = V_{max} \cdot S_{off} / I_{off} \cdot b = 2231.8 \cdot 8064 / 80640 \cdot 560 = 0.40 \text{ kg/cm}^2$

siendo  $V_{max}$ : Corte máximo calculado.  $V_{max} = 2231.8 \text{ kg}$

$I_{off}$ : Momento de inercia calculada.  $I_{off} = 80640 \text{ cm}^4$

$b$ : ancho de placa.  $b = 560 \text{ cm}$

$S_{off}$ : Módulo resistente.  $S_{off} = h_1 \cdot b \cdot z = 2.4 \cdot 560 \cdot 6 = 8064 \text{ cm}^3$

siendo  $h_1$ : la altura de las capas longitudinales.  $h_1 = 2.4 \text{ cm}$

$z$ : Centro de gravedad de la placa completa.  $z = 6 \text{ cm}$

#### 7. Esfuerzo de corte admisible

$$f_{v,d} = f_{v,k} \cdot k_{mod} / y_{mod} = 40 \cdot 0.8 / 1.2 = 26.67 \text{ kg/cm}^2$$

siendo  $f_{v,k}$ : Resistencia al corte característico. Este valor se obtuvo de la norma EN 338-2009.  $f_{v,k} = 40 \text{ kg/cm}^2$

#### Comprobando:

$$\tau_{trabajo} \leq \tau_{diseño}$$

$$\tau_{v,d} \leq f_{v,d}$$

$$0.40 \text{ kg/cm}^2 \leq 26.67 \text{ kg/cm}^2$$

#### 8. Deformación

Deformación < 1 / 1000

Se define el cálculo de una articulación (5/384) = 0.013

$$\text{Flecha} = 0.013 \cdot (q \cdot l_{mod}^4 / E_i \cdot I_{off})$$

siendo  $q = 1439.87 \text{ kg/m}$

$l_{mod} = 3.1 \text{ m}$

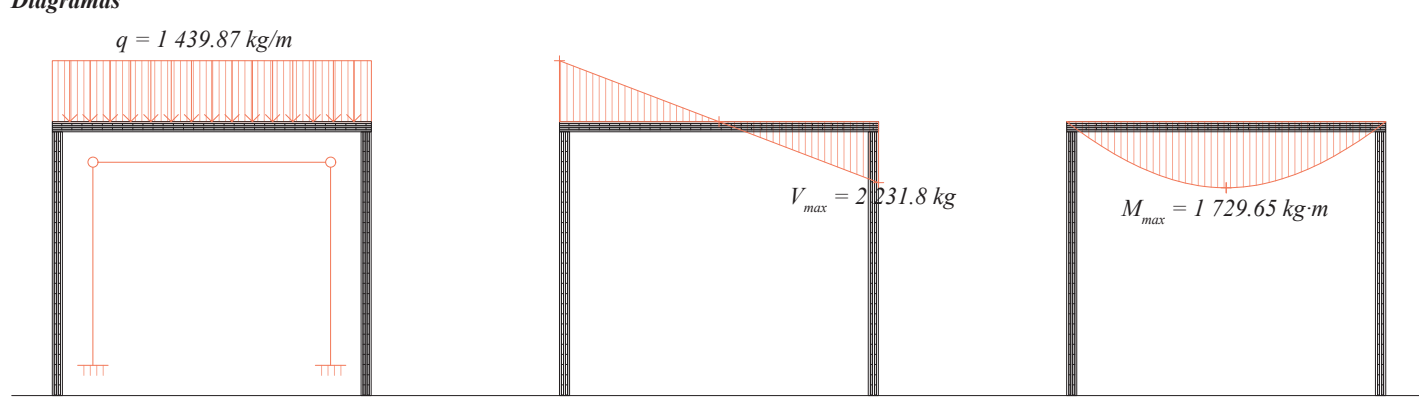
$E_i = 102275.4 \text{ kg/cm}^2$

$I_{off} = 80640 \text{ cm}^4$

$$0.013 \cdot (1439.87 \cdot 3.1^4 / 102275.4 \cdot 80640) = 2.1 \text{ mm}$$

Cumple:  $2.1 \text{ mm} \leq 3.1 \text{ mm}$

#### Diagramas



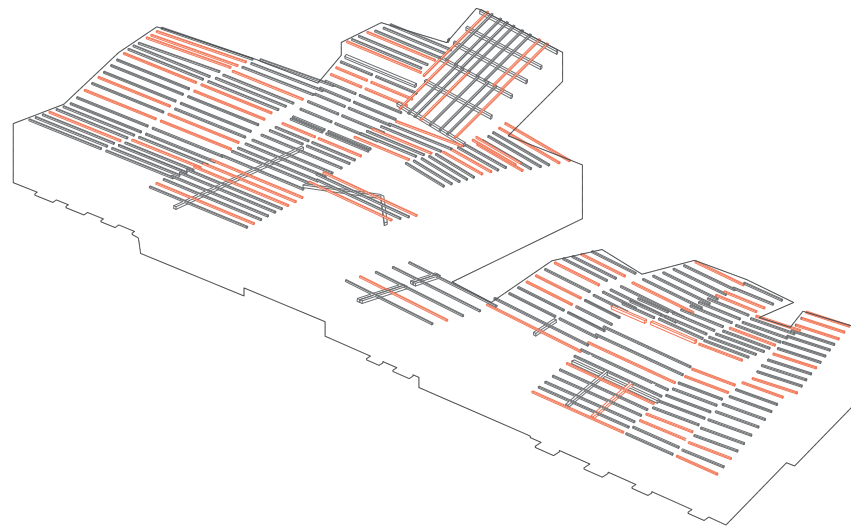
## — Rehabilitación

Nuestro proyecto trata de trabajar con sensibilidad lo existente, por ello queremos mantener lo máximo posible.

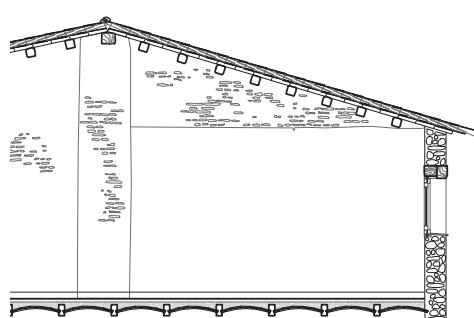
Una de las mayores joyas de estos desvanes es la cubierta, su estructura de madera hace que veamos la pátina del tiempo y la historia de estos altos.

Rehabilitamos la cubierta utilizando el 70% de la estructura actual saneandola y cambiando las partes que no cumplan las condiciones. Las demás serán nuevas.

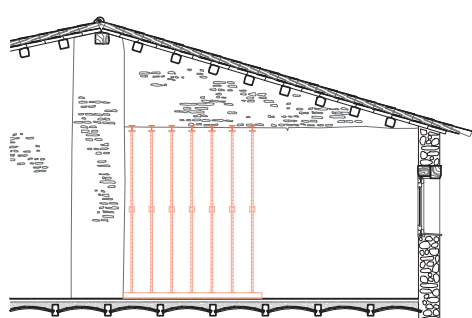
Intentamos recuperar las tejas existentes que estén en buenas condiciones.



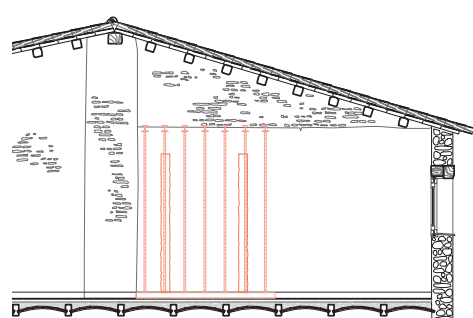
## — Derribos



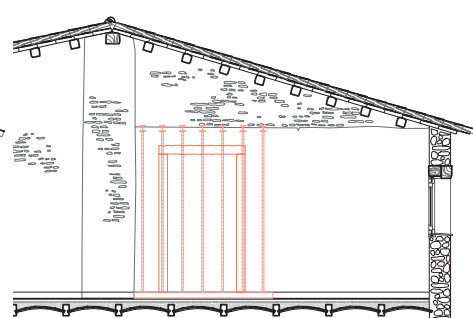
Muro de carga de mampostería de piedra existente



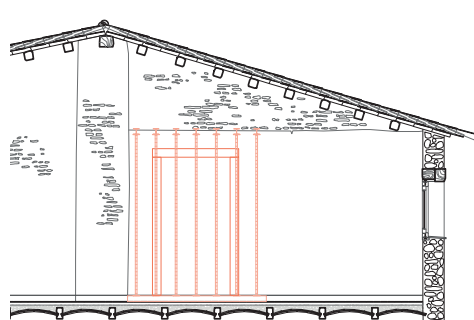
Al estar bajo cubierta, las cargas a sujetar son mínimas. Apuntalamiento con perfiles metálicos sobre tablas de madera para repartir las cargas.



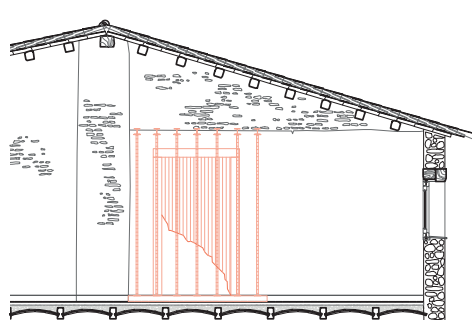
Regata de los laterales para luego poderlo armar



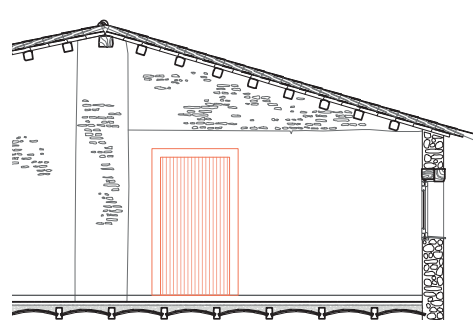
Colocamos el armado y el hormigón para construir los dos laterales mientras hacemos la regata de la parte superior.



Finalmente armamos y hormigonamos la parte superior.



Hacemos la apertura derribando parte del muro sin desapuntalar.



Desapuntalamos y realizamos los acabados finales.

## Propuesta

cálculos y contrucción de las actuaciones