

DISEÑO ESTRUCTURAL I

Carrera de **Arquitectura**

Facultad de Ingeniería – Universidad Nacional de Cuyo



UNCUYO
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE CUYO



FACULTAD DE
INGENIERIA

DIMENSIONAMIENTO FLEXION MADERA - 2026

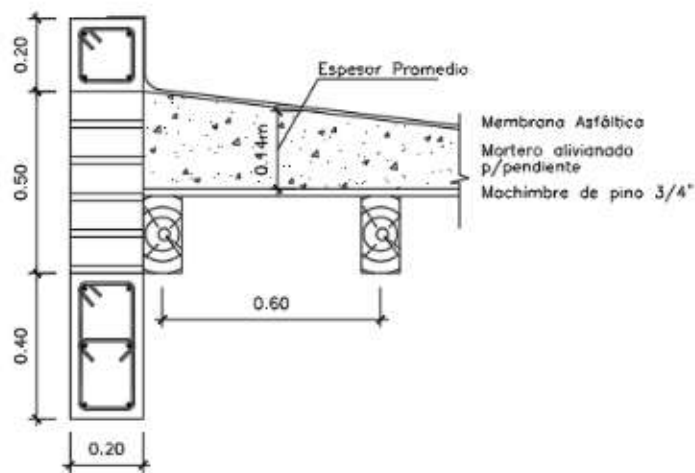
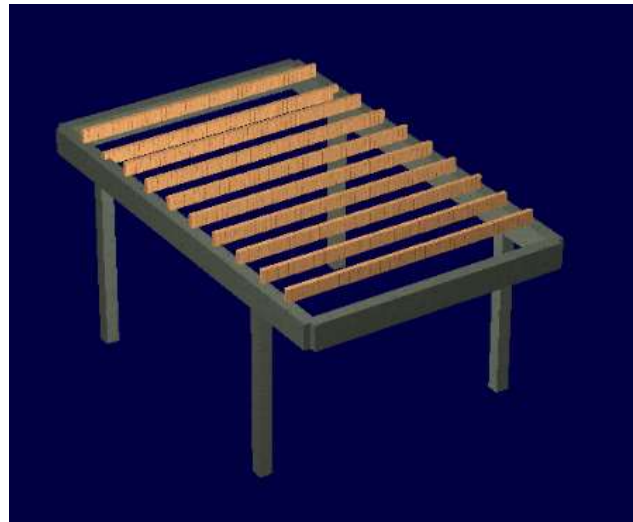
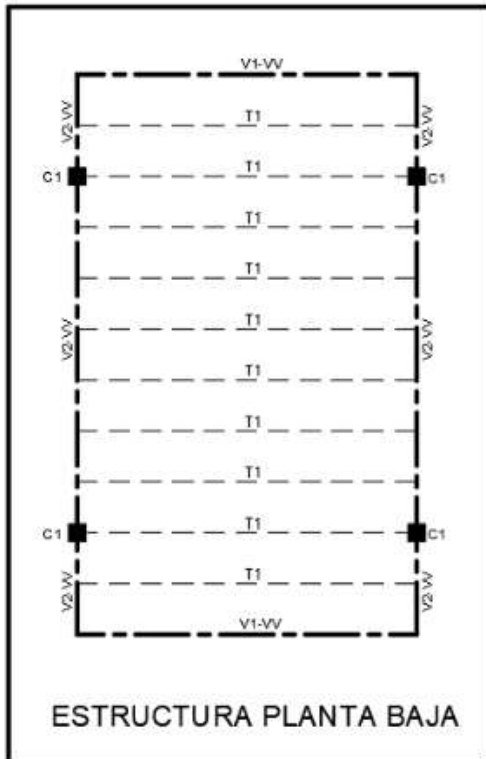
- DISEÑO CUBIERTA DE TECHO COCHERA
- ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA 1: CORREAS DE MADERA
- ALTERNATIVA CONSTRUCTIVA 2: Madera Contralaminada CLT HILAM
 - ANALISIS DE CARGAS
 - DETERMINACION DE REACCIONES
 - SOLICITACIONES
 - CONDICION DE RIGIDEZ
 - CONDICION DE RESISTENCIA

1. ALTERNATIVA 1

1.1. Geometría y Materiales:

Se indica a continuación la planta de Estructuras, correspondiente a una Cochera de Cubierta de Madera y Estructura de Vigas y Columnas de Hormigón Armado.

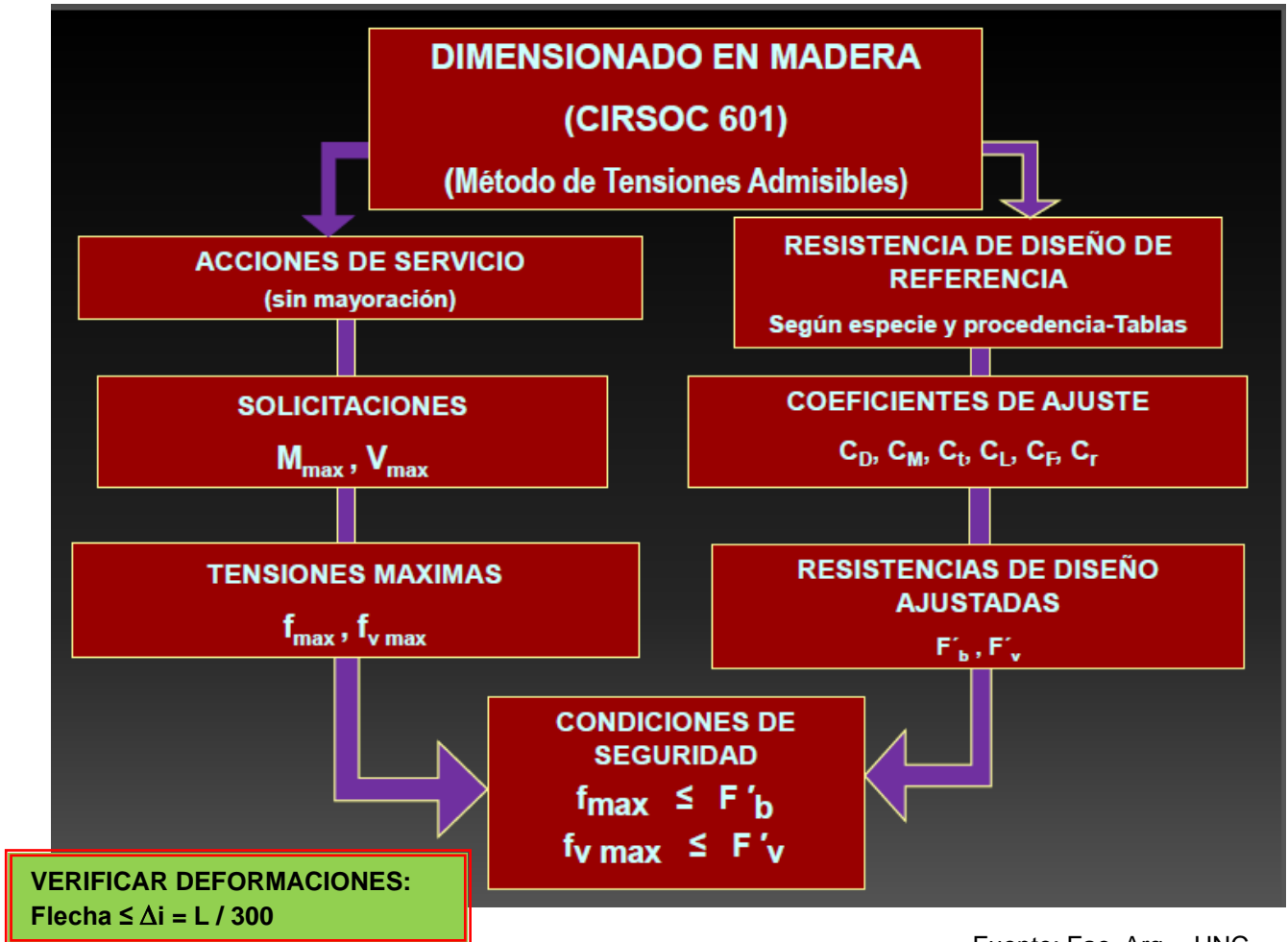
Sus dimensiones en planta son (4.0 x 6.6) m, separación de correas 0.60 m.



ESQUEMA PAQUETE ESTRUCTURAL

1.2. Resumen Proceso de Diseño:

Se indica a continuación esquema del proceso de diseño de elementos de madera sometidos a flexión.



Fuente: Fac. Arq. - UNC

1.3. Análisis de Cargas:

1.3.1. Acciones Permanentes [D]:

Descripción	Peso	Unidades
Aislación Hidrófuga: Membrana Asfáltica con aluminio	0.05	KN/m ²
Mortero alivianado p/pendiente: (h _{prom} : 0.14 m x 1000 kg/m ³)	1.40	KN/m ²
Machimbre de pino 3/4": (3/4 x 0.0254m x 600 kg/m ³)	≈ 0.12	KN /m ²
Correas de madera laminada tipo Pino Paraná	≈ 0.15	KN /m ²
Total	D = 1.72	KN /m²

1.3.2. Acciones Accidentales [L]:

Descripción	Peso	Unidades
Azotea Inaccesible (tabla 4.1 – CIRSOC 101 – 2005)	1.0	KN/m ²
Total	L = 1.0	KN/m²

Combinación de Cargas (E.L.S.):

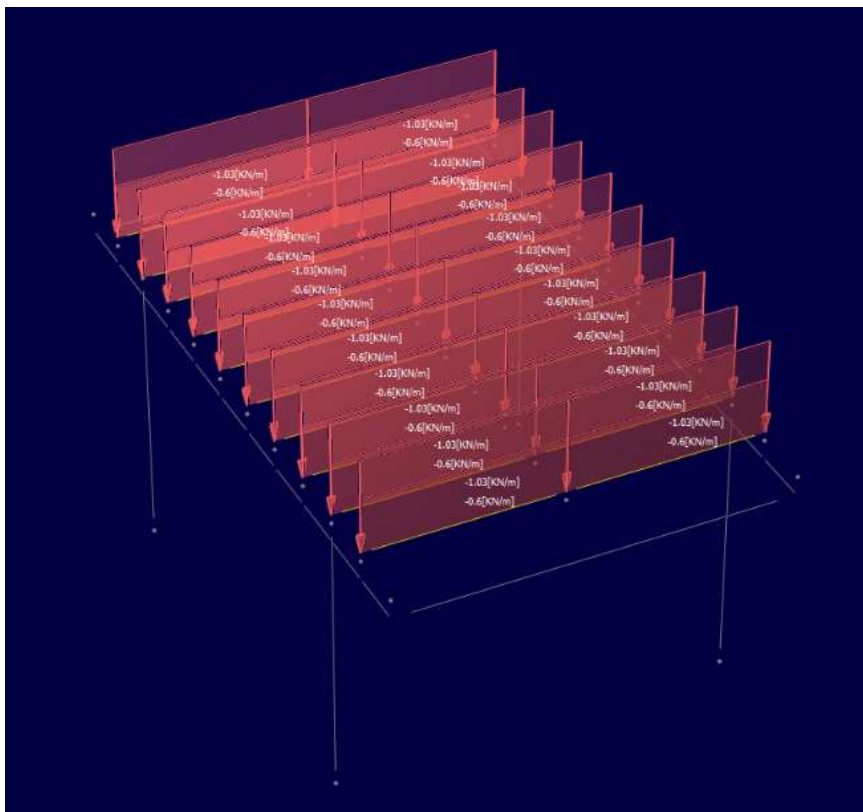
$$q = D + L = 1.72 \text{ KN/m}^2 + 1.0 \text{ KN/m}^2 = 2.72 \text{ KN/m}^2$$

Se considera una separación entre correas de 60 cm (distancia entre ejes).

$$q_1 = q \cdot \text{sep} = 2.72 \text{ KN/m}^2 \cdot 0.6 \text{ m} = 1.632 \text{ KN/m}$$

1.4. Determinación de Reacciones:

En la siguiente figura se muestra el esquema estructural en 3D, se consideran a las correas como vigas simplemente apoyadas en las vigas de hormigón armado. (realizar el Esquema Estructural y DCL).



$$V_A = V_B = q_1 \cdot L / 2 = 1.632 \text{ KN/m} \cdot 4\text{m} / 2 = 3.264 \text{ KN}$$

1.5. Determinación de Solicitaciones:

$$M_{\text{max}} = q_1 \cdot L^2 / 8 = 1.632 \text{ KN/m} \cdot (4\text{m})^2 / 8 = 3.264 \text{ KN m}$$

$$V_{\text{max}} = q_1 \cdot L / 2 = 1.632 \text{ KN/m} \cdot 4\text{m} / 2 = 3.264 \text{ KN}$$

(se deja para el alumno: graficar los correspondientes diagramas de solicitaciones correspondiente a una viga simplemente apoyada con carga distribuida).

1.6. Predimensionamiento de Rigidez:

Se aconseja empezar el predimensionado mediante la **condición de rigidez** en madera, cuando las luces de los elementos estructurales, superan los 3.5 m a 4 m.

Materiales: se considera madera de especie Pino Paraná, donde la tensión de referencia es $F_b = 7.5 \text{ N/mm}^2$ y el módulo de elasticidad es $E = 13400 \text{ KN/mm}^2$

Tabla S.2.1.1-1. Valores de diseño de referencia para madera laminada encolada estructural de las especies incluidas en la norma IRAM 9660-1 (2015) (N/mm²)

Especie	Grado de resistencia	F_b	F_t	F_v	$F_{c\perp}$	F_c	F_{rt}	E	$E_{0,05}$	E_{min}
Pino taeda y elliotti ⁽¹⁾	1	6,3	3,5	0,7	0,9	6,3	0,1	11200	7500	4700
	2	4,1	2,3	0,4	0,8	4,1	0,1	6700	4500	2800
Pino Paraná ⁽²⁾	1	7,5	4,1	0,8	1,0	7,5	0,1	13400	9000	5700
	2	6,3	3,5	0,7	0,9	6,3	0,1	11600	7800	4900
Eucalipto grandis ⁽³⁾	1	7,5	4,1	0,8	1,8	7,5	0,1	13400	9000	5700
	2	6,6	3,7	0,8	1,7	6,6	0,1	11600	7800	4900
Álamo ⁽⁴⁾	1	6,3	3,5	0,7	0,9	6,3	0,1	9400	6300	4000
	2	5,6	3,2	0,6	0,9	5,6	0,1	8500	5700	3600

(1) *Pinus taeda y elliottii* cultivado en las provincias de Misiones y Corrientes, (2) *Araucaria angustifolia* cultivado en la provincia de Misiones, (3) *Eucalyptus grandis* cultivado en las provincias de Entre Ríos, Corrientes y Misiones, (4) *Populus deltoides* ('Australiano 129/60' y 'Stoneville 67') cultivado en el delta del río Paraná.

[1 N/mm² = 10 kg/cm²]

Se considera una deformación admisible: $f_{adm} = L / 300 = 400 \text{ cm} / 300 = 1.33 \text{ cm} = 13.33 \text{ mm}$

La ecuación para la determinación de la flecha máxima, de una viga simplemente apoyada con carga distribuida es:

$$f_{adm} = 5 \cdot q_1 \cdot L^4 / (384 \cdot E \cdot I_x)$$

considerando la flecha admisible, determinamos el momento de inercia máximo necesario (compatibilizar unidades):

$$I_{xnec} = 5 \cdot q_1 \cdot L^4 / (384 \cdot E \cdot f_{adm}) = 5 \cdot 1.632 \text{ Kg/cm} \cdot (400 \text{ cm})^4 / (384 \cdot 134000 \text{ Kg/cm}^2 \cdot 1.33 \text{ cm})$$

$$I_{xnec} = 3052.41 \text{ cm}^4$$

Para una sección rectangular, el momento de inercia máximo es $I_x = b \cdot h^3 / 12$

Según tabla comercial, se puede adoptar un ancho de $b = 6.5 \text{ cm}$, entonces la altura necesaria será:

$$h = \sqrt[3]{12 \cdot 3052.41 \text{ cm}^4 / 6.5 \text{ cm}} = 17.79 \text{ cm}$$

Verificamos en tabla comercial de secciones de madera dichas dimensiones y adoptamos una sección transversal de **$b = 6.5 \text{ cm}$ y $h = 20.3 \text{ cm}$**

APLICACIÓN: DIMENSIONAMIENTO A FLEXIÓN EN MADERA

Consideraciones constructivas:

- Relación de Aspecto $b = h / 2$ ó $b = h / 3$ (dependiendo la esbeltez de la sección).
- Verificación de las dimensiones finales en la compra de la sección, ya que se debe tener en cuenta, que **las secciones de maderas son cepilladas y disminuyen las dimensiones de la sección transversal unos cm (de 1 a 1.5 cm).**

El Peso real lineal de dicha correa es $(0.065 \text{ m} \times 0.203 \text{ m} \times 600 \text{ kg/m}^3) = 7.92 \text{ Kg/m}$

El peso por metro cuadrado es: $8.66 \text{ Kg/m} / 0.60 \text{ m} = 13.2 \text{ Kg/m}^2$ (se estimó un valor superior de 15 Kg/m^2).

1.7. Verificación por Condición de Resistencia:

En casos normales de uso, viviendas o estructuras sencillas, en ambientes de condiciones de humedad normales, cubiertos o semi cubiertos y respetando relaciones de altura/ancho entre 1 y 5, con temperaturas menores a 40° los coeficientes de ajustes son:

$$\begin{aligned} \text{Resistencia ajustada:} \quad F'b &= F_b \times C_D \times C_M \times C_t \times C_L \times C_V \times C_r \\ F'b &= 75 \text{ kg/cm}^2 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \cdot 1 \\ \mathbf{F'b} &= \mathbf{75 \text{ kg/cm}^2} \end{aligned}$$

La tensión máxima real es: $f_{\max} = M_{\max} / S_x$

donde S_x (módulo resistente) para una sección rectangular es: $S_x = b \cdot h^2 / 6$

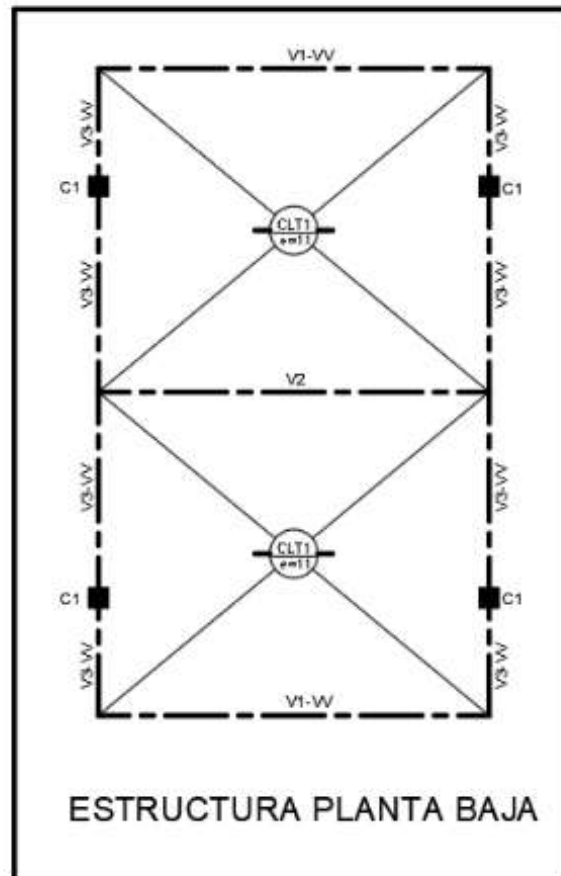
$$S_x = 6.5 \text{ cm} \cdot (20.3 \text{ cm})^2 / 6 = 446.43 \text{ cm}^3$$

Entonces la tensión máxima será:

$$f_{\max} = 32240 \text{ Kg cm} / 446.43 \text{ cm}^3 = 72.22 \text{ Kg/cm}^2 < F'b = 75 \text{ kg/cm}^2 \quad \mathbf{[VERIFICA]}$$

2. ALTERNATIVA 2: Uso Madera Contralaminada CLT

Según catálogo HILAM, este producto se puede usar hasta los 3.4 m de ancho, como nuestro Proyecto es de 4.0 m x 6.6 m, se decide colocar una viga central transversal de madera u hormigón armado, quedando paños de 4 m x 3.3 m (ver esquema estructural).



2.1. Análisis de Cargas:

2.1.1. Acciones Permanentes [D]:

Descripción	Peso	Unidades
Aislación Hidrófuga: Membrana Asfáltica con aluminio	0.05	KN/m ²
Mortero alivianado p/pendiente: (h _{prom} : 0.14 m x 1000 kg/m ³)	1.40	KN/m ²
Total	D = 1.45	KN /m²

2.1.2. Acciones Accidentales [L]:

Descripción	Peso	Unidades
Azotea Inaccesible (tabla 4.1 – CIRSOC 101 – 2005)	1.0	KN/m ²
Total	L = 1.0	KN/m²

2.2. Determinación espesor CLT:

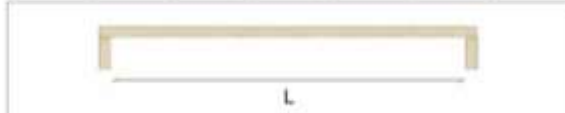
Considerando un tramo simplemente apoyado, según Tabla de Luces de CLT HILAM:

- peso propio adicional: $D = 150 \text{ Kg/m}^2$ (calculada = 145 Kg/m^2)
- sobrecarga de uso: $L = 200 \text{ Kg/m}^2$ (considerada $L = 100 \text{ Kg/m}^2$)
- Luz de 3.75 m (Luz real 3.30 m).

TABLA DE LUCES

Espesor CLT (mm)
60
80
90
100
110
120
130
150
160
170
180
200
210

Simply supported (1 span)							
Additional self-weight 50kg/m ²				Additional self-weight 150kg/m ²			
Use Load (kg/m ²)				Use Load (kg/m ²)			
100	200	300	500	200	300	500	
2.75	2.90	2.25	1.75	2.25	2.00	1.75	
3.75	3.00	3.00	2.50	3.00	2.75	2.50	
4.25	3.25	3.25	2.75	3.25	3.00	2.75	
4.50	3.50	3.50	3.00	3.25	3.25	3.00	
5.00	4.00	4.00	3.50	3.75	3.75	3.50	
5.50	4.00	4.00	3.50	4.00	4.00	3.50	
5.75	4.25	4.25	4.00	4.25	4.25	3.75	
6.25	4.75	4.75	4.25	4.75	4.75	4.25	
6.50	4.75	4.75	4.25	4.75	4.75	4.25	
7.00	5.25	5.25	4.50	5.25	5.25	4.50	
7.00	5.50	5.50	5.00	5.50	5.50	4.75	
7.50	5.75	5.75	5.50	5.50	5.75	5.00	
7.50	5.75	5.75	5.50	5.75	5.75	5.00	



Obtenemos un espesor de **CLT = 110 mm (66 Kg/m²)**.

3. CONCLUSIÓN

La elección de una de las opciones constructivas, estará definida por el estudio económico correspondiente, que definirá la adopción de la alternativa 1 ó 2, con correas laminadas o el uso de CLT respectivamente.