



28
setiembre

Salón Actos

Edificio Polifuncional J. Luis Massera

17:30 a 20:00 hs.

**PANELES ESTRUCTURALES DE MADERA CONTRALAMINADA (CLT)
PARA EDIFICACIÓN E INGENIERÍA CIVIL Y EXPERIENCIA EN URUGUAY**



Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL EN CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)

- **RESUMEN DE LAS BASES DE CÁLCULO EN MADERA**
- **CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA EL CÁLCULO CON CLT: COMPROBACIÓN DE RESISTENCIAS (ELU)**
- **CONSIDERACIONES ESPECIALES PARA EL CÁLCULO CON CLT: COMPROBACIÓN DE DEFORMACIONES (ELS)**

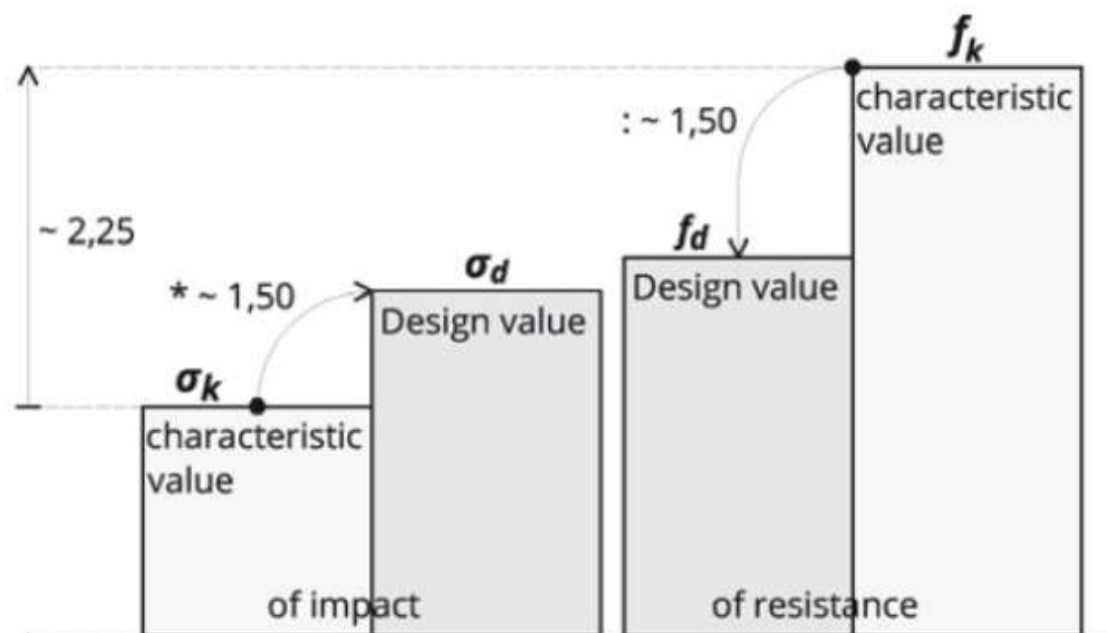


Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL EN MADERA SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)

ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS (ELU)



Verification:

$$\sigma_d \leq f_d$$

Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL EN MADERA SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)

ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS (ELU)

$$R_d = k_{\text{mod}} \frac{R_k}{\gamma_M}$$

donde

R_k es el valor característico de la capacidad de carga;

γ_M es el coeficiente parcial para la propiedad del material;

k_{mod} es un factor de modificación que tiene en cuenta el efecto de la duración de la carga y el contenido de humedad.



Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL EN MADERA SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)**ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS (ELU)** K_{mod}

Material	Norma	Clase de servicio	Clase de duración de la carga				
			Acción permanente	Acción de larga duración	Acción de media duración	Acción de corta duración	Acción instantánea
Madera maciza	EN 14081-1	1	0,80	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera laminada encolada	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera microlaminada, LVL	EN 14374, EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tablero contrachapado	EN 636 Parte 1, Parte 2, Parte 3 Parte 2, Parte 3 Parte 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tablero de virutas orientadas, OSB	EN 300 OSB/2 OSB/3, OSB/4 OSB/3, OSB/4	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Tablero de partículas	EN 312 Parte 4, Parte 5 Parte 5 Parte 6, Parte 7 Parte 7	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Tablero de fibras, duro	EN 622-2 HB.LA, HB.HLA 1 ó 2 HB.HLA1 ó 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Tablero de fibras, medio	EN 622-3 MBH.LA1 ó 2 MBH.HLS1 ó 2 MBH.HLS1 ó 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	—	—	—	0,45	0,80
Tablero de fibras, de densidad media, MDF	EN 622-5 MDF.LA, MDF.HLS MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	—	—	—	0,45	0,80

Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL EN MADERA SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)**ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS (ELU)**

**Coefficientes parciales recomendados γ_M para las propiedades
del material y las resistencias**

Combinaciones fundamentales:	
Madera maciza	1,3
Madera laminada encolada	1,25
LVL, tablero contrachapado, OSB,	1,2
Tablero de partículas	1,3
Tablero de fibras, duro	1,3
Tablero de fibras, medio	1,3
Tablero de fibras, MDF	1,3
Tablero de fibras, blando	1,3
Uniones	1,3
Herrajes de placas dentadas	1,25
Combinaciones accidentales	1,0

 γ_M 

Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL EN MADERA SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)**ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS (ELU)****Propiedades madera laminada (EN 14080)**

Propiedad	Símbolo	Clase resistente de madera laminada encolada						
		GL 20h	GL 22h	GL 24h	GL 26h	GL 28h	GL 30h	GL 32h
Resistencia a flexión	$f_{m,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
Resistencia a tracción	$f_{t,0,g,k}$	16	17,6	19,2	20,8	22,3	24	25,6
	$f_{t,90,g,k}$	0,5						
Resistencia a compresión	$f_{c,0,g,k}$	20	22	24	26	28	30	32
	$f_{c,90,g,k}$	2,5						
Resistencia a esfuerzo cortante (cortadura y torsión)	$f_{v,g,k}$	3,5						
Resistencia al cortante de rodadura	$f_{r,g,k}$	1,2						
Modulo de elasticidad	$E_{0,g,mean}$	8 400	10 500	11 500	12 100	12 600	13 600	14 200
	$E_{0,g,05}$	7 000	8 800	9 600	10 100	10 500	11 300	11 800
	$E_{90,g,mean}$	300						
	$E_{90,g,05}$	250						
Módulo de elasticidad transversal	$G_{g,mean}$	650						
	$G_{g,05}$	540						
Módulo de cortante de rodadura	$G_{r,g,mean}$	65						
	$G_{r,g,05}$	54						
Densidad	$\rho_{g,k}$	340	370	385	405	425	430	440
	$\rho_{g,mean}$	370	410	420	445	460	480	490



Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL EN MADERA SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)

ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS (ELU)

$$R_d = k_{\text{mod}} \frac{R_k}{\gamma_M}$$

donde

R_k

es el valor característico de la capacidad de carga;

γ_M

es el coeficiente parcial para la propiedad del material;

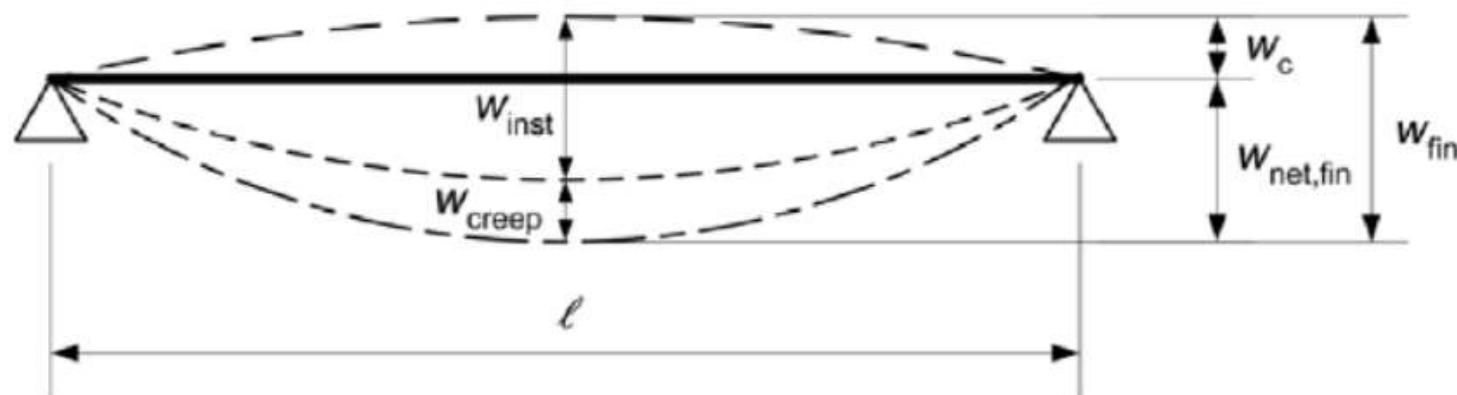
k_{mod}

es un factor de modificación que tiene en cuenta el efecto de la duración de la carga y el contenido de humedad.



Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL EN MADERA SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)**ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO (ELS)**

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} - w_c = w_{fin} - w_c$$

	w_{inst}	$w_{net,fin}$	w_{fin}
Vigas sobre dos apoyos	$l/300$ a $l/500$	$l/250$ a $l/350$	$l/150$ a $l/300$
Voladizos	$l/150$ a $l/250$	$l/125$ a $l/175$	$l/75$ a $l/150$

Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL EN MADERA SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)**ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO (ELS)** K_{def}

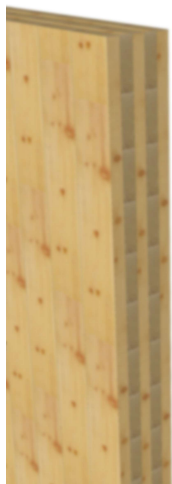
Material	Norma	Clase de servicio		
		1	2	3
Madera maciza	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Madera laminada encolada	EN 14080	0,60	0,80	2,00
Madera microlaminada, LVL	EN 14374, EN 14279	0,60	0,80	2,00
Tablero contrachapado	EN 636			
	Parte 1	0,80	—	—
	Parte 2	0,80	1,00	—
	Parte 3	0,80	1,00	2,50
Tablero de virutas orientadas, OSB	EN 300			
	OSB/2	2,25	—	—
	OSB/3, OSB/4	1,50	2,25	—
Tablero de partículas	EN 312			
	Parte 4	2,25	—	—
	Parte 5	2,25	3,00	—
	Parte 6	1,50	—	—
	Parte 7	1,50	2,25	—
Tablero de fibras, duro	EN 622-2			
	HB.LA	2,25	—	—
	HB.HLA1, HB.HLA2	2,25	3,00	—
Tablero de fibras, medio	EN 622-3			
	MBH.LA1, MBH.LA2	3,00	—	—
	MBH.HLS1, MBH.HLS2	3,00	4,00	—
Tablero de fibras de densidad media, MDF	EN 622-5			
	MDF.LA	2,25	—	—
	MDF.HLS	2,25	3,00	—



Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)



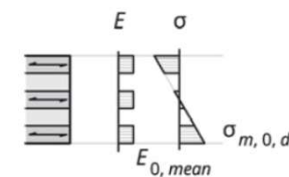
Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

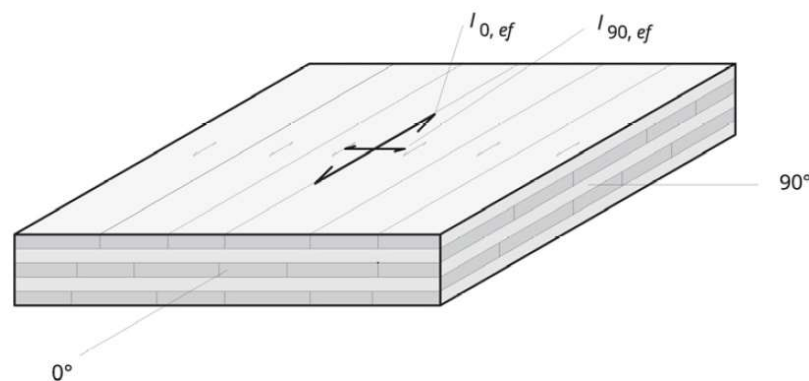
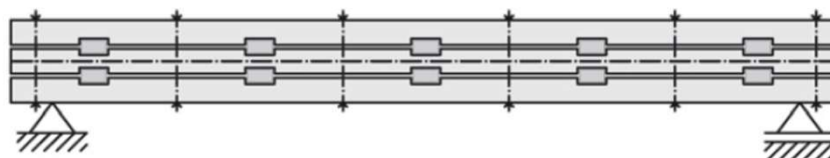
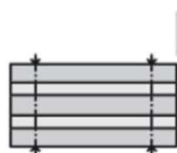
CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)

ANALOGÍA VIGA CON CONECTORES MECÁNICOS

Cross-laminated timber as beam



Analogy: doweled beam



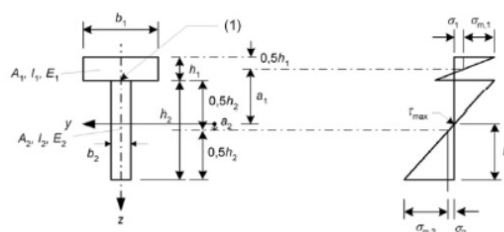
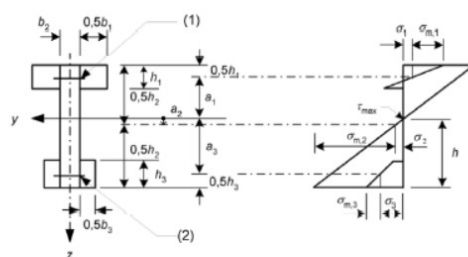
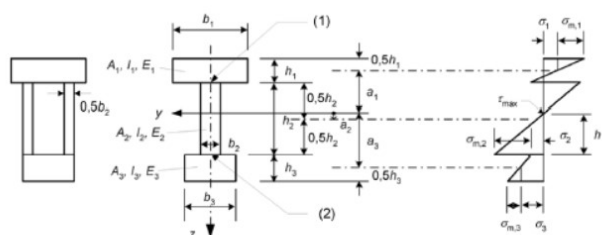
Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)**ANALOGÍA VIGA CON CONECTORES MECÁNICOS (Eurocódigo 5)**

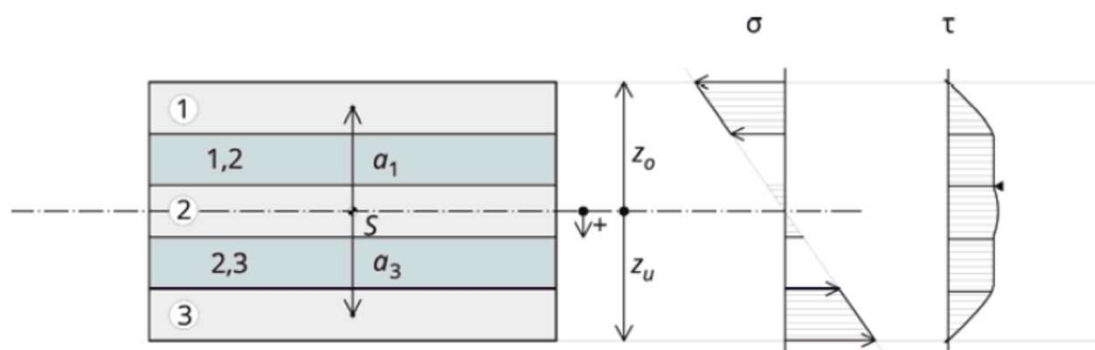
ANEXO B (Informativo)

VIGAS CON UNIONES MECÁNICAS

**Cálculo de:*****Centro de gravedad (Z_s)******Momento de inercia neto (I_{net})******Módulo resistente neto (W_{net})***

Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)**ANALOGÍA VIGA CON CONECTORES MECÁNICOS (Eurocódigo 5): APLICACIÓN AL CLT****Centro de gravedad (Z_s)**

$$Z_s = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} \cdot b_i \cdot d_i \cdot o_i}{\sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} \cdot b \cdot d_i}$$

Momento de inercia neto, módulo resistente neto y momento estático ($I_{0,net}$; $W_{0,net}$; $S_{R,0,net}$)

$$I_{0,net} = \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} \cdot \frac{b \cdot d_i^3}{12} + \sum_{i=1}^n \frac{E_i}{E_c} \cdot b \cdot d_i \cdot a_i^2 \quad W_{0,net} = \frac{I_{0,net}}{\max\{|z_o|; |z_u|\}} \quad S_{R,0,net} = \sum_{i=1}^{m_L} \frac{E_i}{E_c} \cdot b \cdot d_i \cdot a_i$$



Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)

ANALOGÍA VIGA CON CONECTORES MECÁNICOS (Eurocódigo 5)

TENSIONES DE CÁLCULO:

Tensión de cálculo (flexión):

$$\sigma_{m,d} = \frac{M_{y,d}}{W_{0,net}}$$

Tensión de cálculo (cortante):

$$\tau_{R,d} = \frac{V_d S_{0,net}}{I_{0,net} b}$$



Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)

ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS (ELU)

$$R_d = k_{\text{mod}} \frac{R_k}{\gamma_M}$$

donde

R_k

es el valor característico de la capacidad de carga;

γ_M

es el coeficiente parcial para la propiedad del material;

k_{mod}

es un factor de modificación que tiene en cuenta el efecto de la duración de la carga y el contenido de humedad.



Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)

RESISTENCIAS DE CÁLCULO

 K_{mod}

Material	Norma	Clase de servicio	Clase de duración de la carga				
			Acción permanente	Acción de larga duración	Acción de media duración	Acción de corta duración	Acción instantánea
Madera maciza	EN 14081-1	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera laminada encolada	EN 14080	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Madera microlaminada, LVL	EN 14374, EN 14279	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tablero contrachapado	EN 636 Parte 1, Parte 2, Parte 3 Parte 2, Parte 3 Parte 3	1	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		2	0,60	0,70	0,80	0,90	1,10
		3	0,50	0,55	0,65	0,70	0,90
Tablero de virutas orientadas, OSB	EN 300 OSB/2 OSB/3, OSB/4 OSB/3, OSB/4	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Tablero de partículas	EN 312 Parte 4, Parte 5 Parte 5 Parte 6, Parte 7 Parte 7	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
		1	0,40	0,50	0,70	0,90	1,10
		2	0,30	0,40	0,55	0,70	0,90
Tablero de fibras, duro	EN 622-2 HB.LA, HB.HLA 1 ó 2 HB.HLA1 ó 2	1	0,30	0,45	0,65	0,85	1,10
		2	0,20	0,30	0,45	0,60	0,80
Tablero de fibras, medio	EN 622-3 MBH.LA1 ó 2 MBH.HLS1 ó 2 MBH.HLS1 ó 2	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	—	—	—	0,45	0,80
Tablero de fibras, de densidad media, MDF	EN 622-5 MDF.LA, MDF.HLS MDF.HLS	1	0,20	0,40	0,60	0,80	1,10
		2	—	—	—	0,45	0,80

Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)**RESISTENCIAS DE CÁLCULO**

**Coefficientes parciales recomendados γ_M para las propiedades
del material y las resistencias**

Combinaciones fundamentales:	
Madera maciza	1,3
Madera laminada encolada	1,25
LVL, tablero contrachapado, OSB,	1,2
Tablero de partículas	1,3
Tablero de fibras, duro	1,3
Tablero de fibras, medio	1,3
Tablero de fibras, MDF	1,3
Tablero de fibras, blando	1,3
Uniones	1,3
Herrajes de placas dentadas	1,25
Combinaciones accidentales	1,0

 γ_M 

Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)**RESISTENCIAS DE CÁLCULO****Propiedades del material****Resistencia**

Suggested
design values f_d
for $k_{mod} = 0,80$ and $\gamma_m = 1,25$

Flexural strength ¹	$f_{m,d}$	15,30 N/mm ²
Tensile strength	$f_{t,0,d}$	9,00 N/mm ²
Compressive strength in direction of fibre	$f_{c,0,d}$	13,40 N/mm ²
Lateral compressive strength ²	$f_{c,90,d}$	1,60 N/mm ²
Shear strength	$f_{V,d}$	1,60 N/mm ²
Rolling shear strength ³	$f_{V,R,d}$	0,70 N/mm ²
Torsional strength	$f_{0,T,d}$	1,60 N/mm ²

Suggested
design values

Rigidez

Modulus of elasticity (normal stresses)	$E_{0,mean}$	11.000 N/mm ²
	$E_{0,05}$	9.160 N/mm ²
Modulus of elasticity (transverse to fibre)	$E_{90,mean}$	370 N/mm ²
Shear modulus	$G_{0,mean}$	690 N/mm ²
	$G_{0,05}$	570 N/mm ²
Rolling shear modulus	$G_{R,mean}$	50 N/mm ²



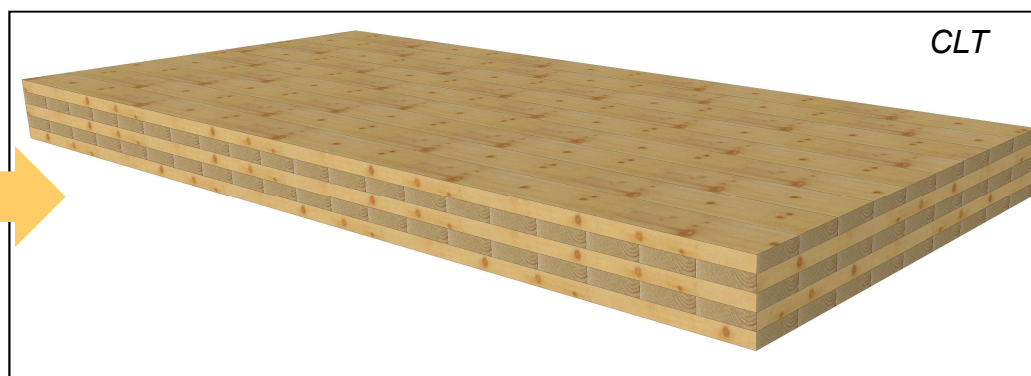
Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)

RESISTENCIAS DE CÁLCULO

Propiedades del material

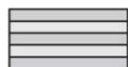


Tablas C24

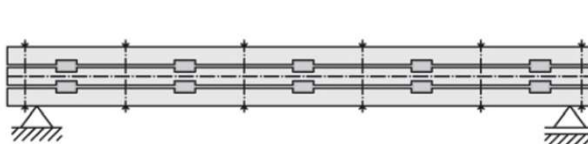
De forma general, propiedades de resistencia y rigidez de clase C24



Cross-laminated timber as beam



Analogy: doweled beam



Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)**RESISTENCIAS DE CÁLCULO****Propiedades del material*****Resistencia***

Suggested design values f_d for $k_{mod} = 0,80$ and $\gamma_m = 1,25$		
Flexural strength ¹	$f_{m,d}$	15,30 N/mm ²
Tensile strength	$f_{t,0,d}$	9,00 N/mm ²
Compressive strength in direction of fibre	$f_{c,0,d}$	13,40 N/mm ²
Lateral compressive strength ²	$f_{c,90,d}$	1,60 N/mm ²
Shear strength	$f_{v,d}$	1,60 N/mm ²
Rolling shear strength ³	$f_{v,R,d}$	0,70 N/mm ²
Torsional strength	$f_{0,T,d}$	1,60 N/mm ²

Rigidez

Suggested design values		
Modulus of elasticity (normal stresses)	$E_{0,mean}$	11.000 N/mm ²
	$E_{0,05}$	9.160 N/mm ²
Modulus of elasticity (transverse to fibre)	$E_{90,mean}$	370 N/mm ²
Shear modulus	$G_{0,mean}$	690 N/mm ²
	$G_{0,05}$	570 N/mm ²
Rolling shear modulus	$G_{R,mean}$	50 N/mm ²



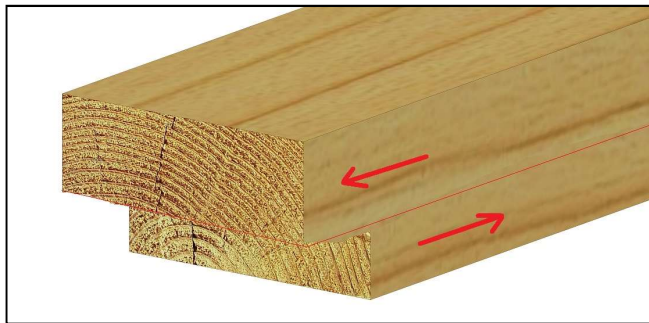
Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

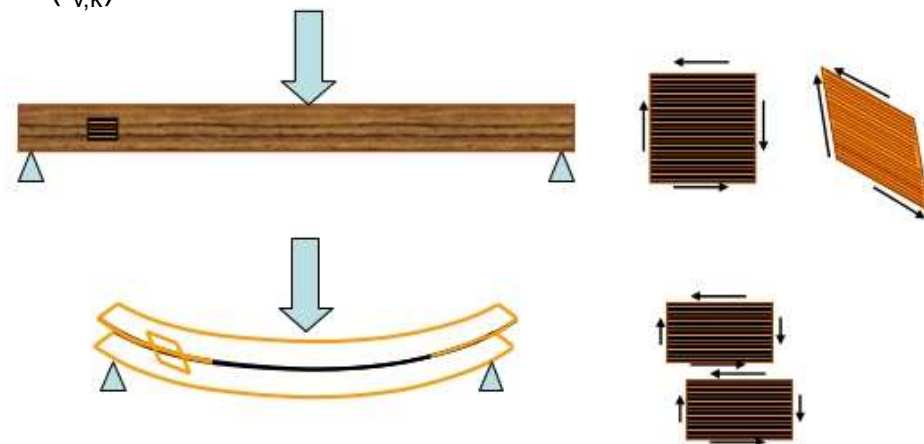
CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)

RESISTENCIAS DE CÁLCULO

Propiedades del material: resistencia a cortante

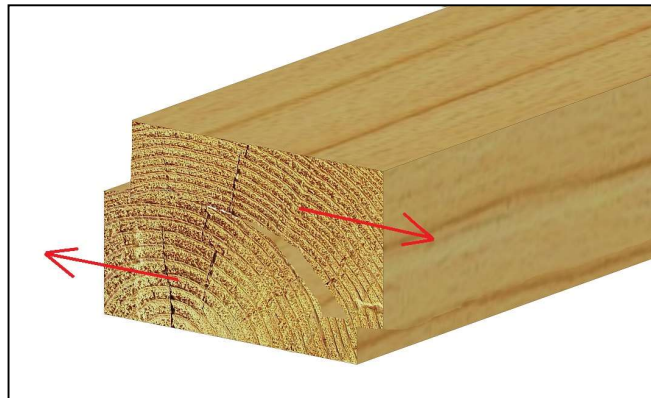
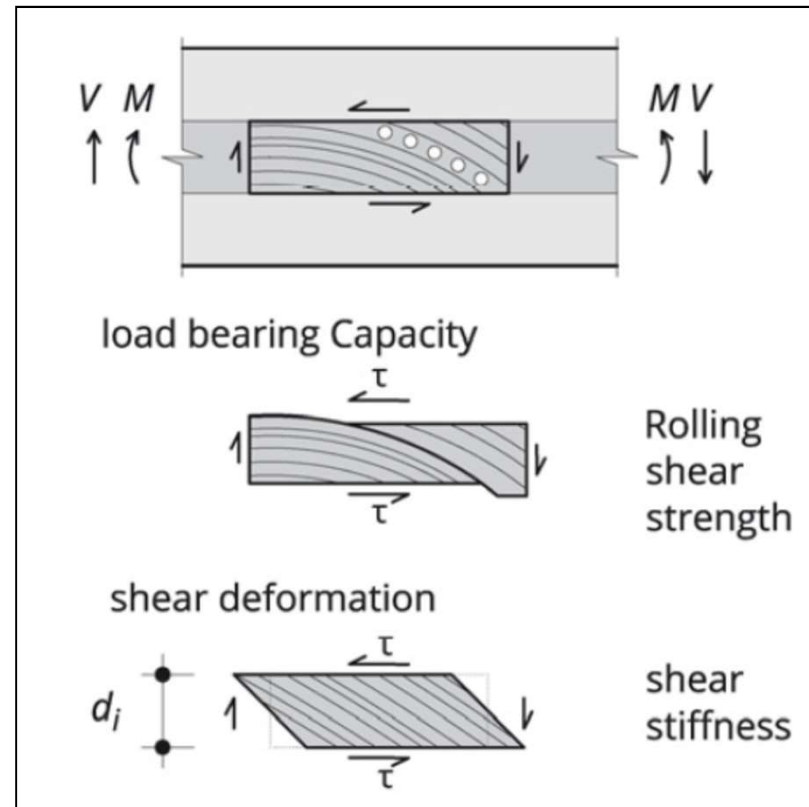
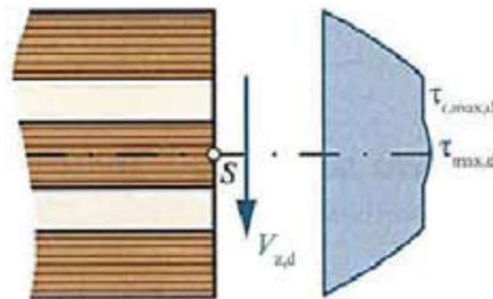


Cortante por deslizamiento ($f_{v,k}$)



Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

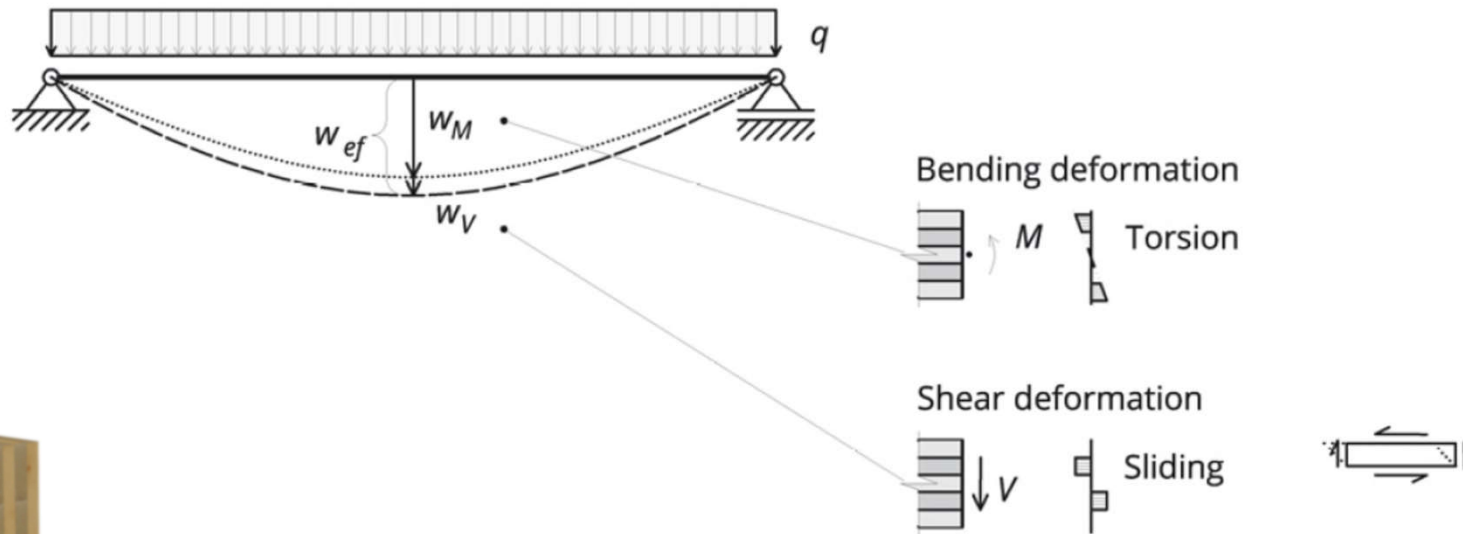
CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)**RESISTENCIAS DE CÁLCULO****Propiedades del material: resistencia a cortante de rodadura (rolling shear)**Cortante por rodadura ($f_{R,k}$)

Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)

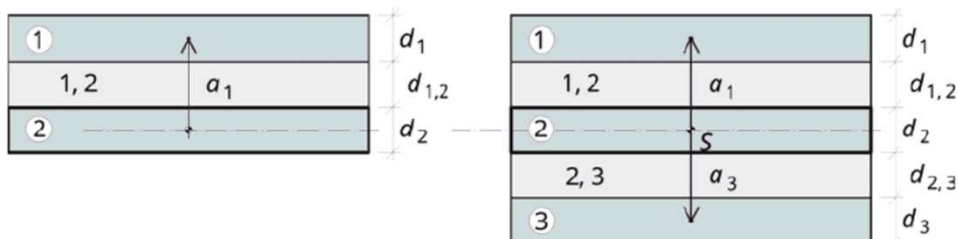
ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO (ELS)



Las deformaciones debidas al cortante de las tablas transversales se considera mediante la reducción de la rigidez a flexión pura mediante la aplicación de los factores Gamma (γ)

Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)**ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO (ELS): MÉTODO GAMMA**

$$\gamma_1 = \frac{1}{\left(1 + \frac{\pi^2 \cdot E_1 \cdot A_1}{\ell_{ref}^2} \cdot \frac{d_{1,2}}{b \cdot G_{R,12}}\right)} \left[\frac{1}{m}\right]$$

$$\gamma_2 = 1,0 \left[\frac{1}{m}\right]$$

$$\gamma_3 = \frac{1}{\left(1 + \frac{\pi^2 \cdot E_3 \cdot A_3}{\ell_{ref}^2} \cdot \frac{d_{2,3}}{b \cdot G_{R,23}}\right)} \left[\frac{1}{m}\right]$$

$$a_2 = \frac{\gamma_1 \cdot \frac{E_1}{E_c} \cdot b \cdot d_1 \cdot \left(\frac{d_1}{2} + d_{1,2} + \frac{d_2}{2}\right) - \gamma_3 \cdot \frac{E_3}{E_c} \cdot b \cdot d_3 \cdot \left(\frac{d_2}{2}\right)}{\sum_{i=1}^3 \gamma_i \cdot \frac{E_i}{E_c} \cdot b \cdot d_i}$$

$$a_1 = \left(\frac{d_1}{2} + d_{1,2} + \frac{d_2}{2}\right) - a_2$$

$$a_3 = \left(\frac{d_2}{2} + d_{2,3} + \frac{d_3}{2}\right) + a_2$$

Momento de inercia efectivo

$$I_{0,ef} = \sum_{i=1}^3 \frac{E_i}{E_c} \cdot \frac{b \cdot d_i^3}{12} + \sum_{i=1}^3 \gamma_i \cdot \frac{E_i}{E_c} \cdot b \cdot d_i \cdot a_i^2$$

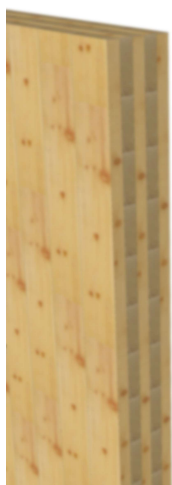


Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)**ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO (ELS)** k_{def}

Building material	k_{def} for utilisation class		
	1	2	3
Solid wood	0,60	0,80	2,00
Glued-laminated timber			
Cross-laminated timber ¹	0,80	1,00	not approved



Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)

ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS (ELU)

- Coeficientes específicos (k_{mod} , Y_M)
- Propiedades mecánicas específicas
Propiedades de la madera aserrada de la que procede + otras propiedades ($f_{R,k}$, G_R)
- Cálculo de momento de inercia, módulo resistente y momento estático netos
($I_{0,net}$, $W_{0,net}$, $S_{R,0,net}$)

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO (ELS)

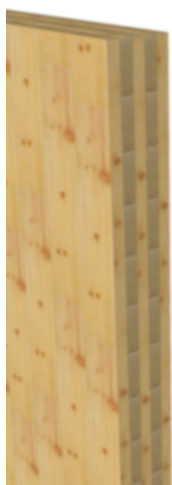
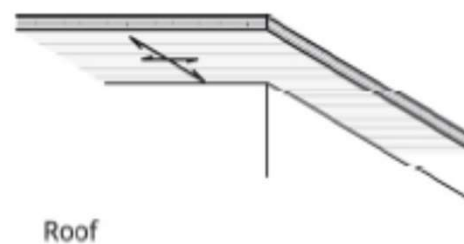
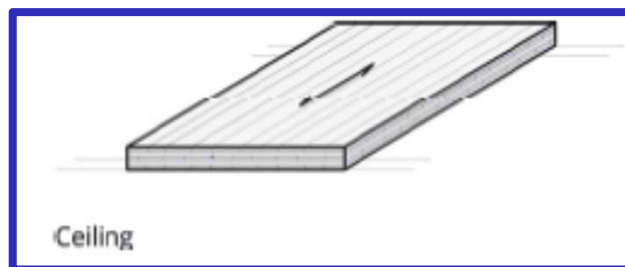
- Coeficientes específicos (k_{def})
- Cálculo del momento de inercia efectivo, para consideración de la deformación por esfuerzo cortante en las capas transversales (I_{eff})



Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)





Bases de cálculo de CLT según Eurocódigo

Dr. Ing. Abel Vega, IET, Facultad de Ingeniería

CÁLCULO ESTRUCTURAL DE CLT SEGÚN EUROCÓDIGO (EN 1995-1-1)

BASIC DESIGN AND ENGINEERING PRINCIPLES ACCORDING TO EUROCODE (proHolz)

