



## 8.1. Estados Límite de Servicio (ELS) - Deformaciones

## 1. Introducción

2. Deformación de la madera
3. Cálculo de las deformaciones verticales y valores límite según EC-5 y CTE
4. Influencia del contenido de humedad en la deformación

## 8.1. Estados Límite de Servicio (ELS) - Deformaciones

## ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO Y ÚLTIMOS

ESTADOS LÍMITE ÚLTIMOS

SEGURIDAD DE PERSONAS

SEGURIDAD DE LA ESTRUCTURA

ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO

FUNCIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA O DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES BAJO USO NORMAL

COMODIDAD Y CONFORT DE USUARIOS

APARIENCIA Y ESTÉTICA DE CONSTRUCCIONES



ESTADOS LÍMITE DE DEFORMACIONES

DEFORMACIONES VERTICALES

DEFORMACIONES HORIZOTALES

ESTADOS LÍMITE DE VIBRACIONES

## COMBINACIONES ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO

### COMBINACIÓN CARACTERÍSTICA

Normalmente p/ efectos debido a acciones de corta duración irreversibles.

$$\sum_{j \geq 1} \overset{\text{VALOR CARACTERÍSTICO}}{G_{k,j}} + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \overset{\text{VALOR DE COMBINACIÓN}}{\Psi_{0,i}} \cdot Q_{k,i}$$

$G_{k,j}$ : acción permanente j.  
 $Q_{k,1}$ : valor característico de la acción variable predominante (podría ser cualquier acción).  
 $Q_{k,i}$ : valor característico de la acción acción variable concomitante.  
 $\Psi_{0,i}$ : coeficientes de simultaneidad para la acción variable i.

### COMBINACIÓN FRECUENTE

Normalmente p/ efectos debido a acciones de larga duración reversibles.

$$\sum_{j \geq 1} \overset{\text{VALOR FRECUENTE}}{G_{k,j}} + \Psi_{1,1} \cdot Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \overset{\text{VALOR CUASI-PERMANENTE}}{\Psi_{2,i}} \cdot Q_{k,i}$$

### COMBINACIÓN CUASI-PERMANENTE

Normalmente para efectos a largo plazo y para la apariencia de la estructura.

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \overset{\text{VALOR CUASI-PERMANENTE}}{\Psi_{2,i}} \cdot Q_{k,i}$$

VALOR DE COMBINACIÓN ( $Fk \cdot \psi_0$ )

Valor de la carga en caso que actúe simultáneamente con otra carga en su máxima intensidad.

VALOR FRECUENTE ( $Fk \cdot \psi_1$ )

Valor de la carga sobrepasado durante un período corto de tiempo respecto a la vida útil de la estructura.

VALOR CUASI-PERMANENTE ( $Fk \cdot \psi_2$ )

Valor de la carga sobrepasado durante gran parte de la vida útil de la estructura.

## ESTADOS LÍMITES DE SERVICIO

### ¿POR QUÉ LIMITAR LAS DEFORMACIONES?

FUNCIONAMIENTO DE LA ESTRUCTURA O DE LOS ELEMENTOS ESTRUCTURALES BAJO USO NORMAL



LIMITAR LA FLECHA ACTIVA (\*)

COMODIDAD Y CONFORT DE USUARIOS



LIMITAR LA FLECHA INSTANTANEA O VIBRACIONES

APARIENCIA O ESTÉTICA DE CONSTRUCCIONES



LIMITAR LA FLECHA A LARGO PLAZO

(\*) FLECHA ACTIVA DE UN ELEMENTO: FLECHA A LARGO PLAZO, CONSIDERANDO SOLO LAS DEFORMACIONES QUE SE PRODUCEN DESPUES DE LA PUESTA EN OBRA DEL ELEMENTO. EJEMPLO: MURO

1. Introducción

**2. Deformación de la madera**

3. Cálculo de las deformaciones verticales y  
valores límite según EC-5 y CTE

4. Influencia del contenido de humedad en la  
deformación

## 8.1. Estados Límite de Servicio (ELS) - Deformaciones

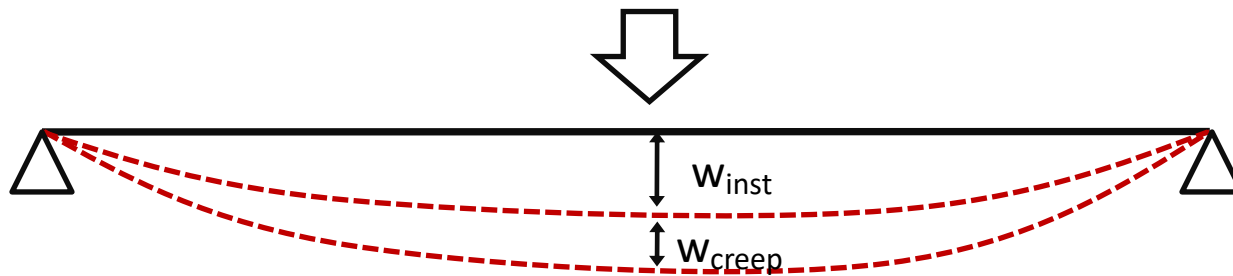
## DEFORMACIÓN DE LA MADERA

## DEFORMACIÓN EN MADERA

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA ( $w_{inst}$ )2. DEFORMACIÓN DIFERIDA ( $w_{creep}$ )

3. DEFORMACIÓN DIFERIDA REMANENTE

- COMPROBACIÓN CRÍTICA DEBIDO AL BAJO MÓDULO DE ELASTICIDAD E DE LA MADERA
- INFLUENCIA DE G EN LA DEFORMACION
- DEFORMACIÓN DIFERIDA

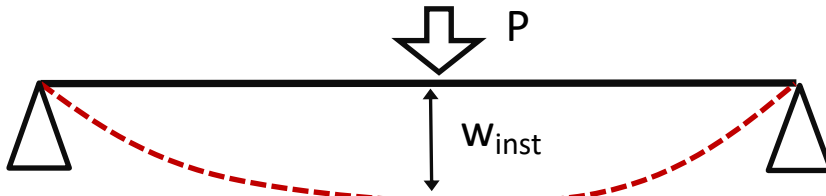


## DEFORMACIÓN DE LA MADERA

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA ( $w_{inst}$ )

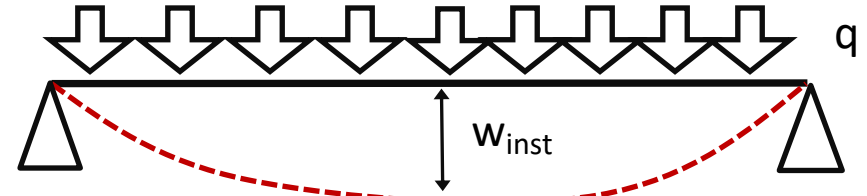
## VIGAS DE SECCIÓN UNIFORME

## CARGA PUNTUAL EN VIGA BIAPOYADA



$$w_{inst} = \frac{P l^3}{48 E I}$$

## CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA



$$w_{inst} = \frac{5 q l^4}{384 E I}$$

## INFLUENCIA DEL CORTANTE (G) EN LA DEFORMACIÓN

En la madera, la influencia del cortante en la deformación es mayor que en otros materiales debido al reducido valor de G con respecto a E ( $E/G \approx 16$ ). Referencia: acero ( $E/G \approx 2,6$ ); hormigón ( $E/G \approx 2,5$ )

## CARGA PUNTUAL EN VIGA BIAPOYADA

$$w_{inst} = \frac{P l^3}{48 E I} \left[ 1 + \frac{6 E}{5 G} \left( \frac{h}{l} \right)^2 \right]$$

## CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA

$$w_{inst} = \frac{5 q l^4}{384 E I} \left[ 1 + \frac{24 E}{25 G} \left( \frac{h}{l} \right)^2 \right]$$

E y G: valores medios del módulo de elasticidad longitudinal y transversal, respectivamente

I: momento de inercia de la sección transversal de la viga

h: canto de la sección transversal de la viga

ℓ: luz libre de la viga



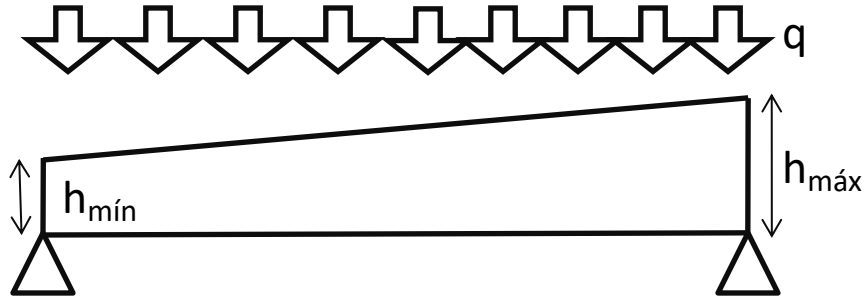


## DEFORMACIÓN DE LA MADERA

### 1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA ( $w_{inst}$ )

VIGAS DE CANTO VARIABLE C/ CARGA UNIFORM. REPARTIDA

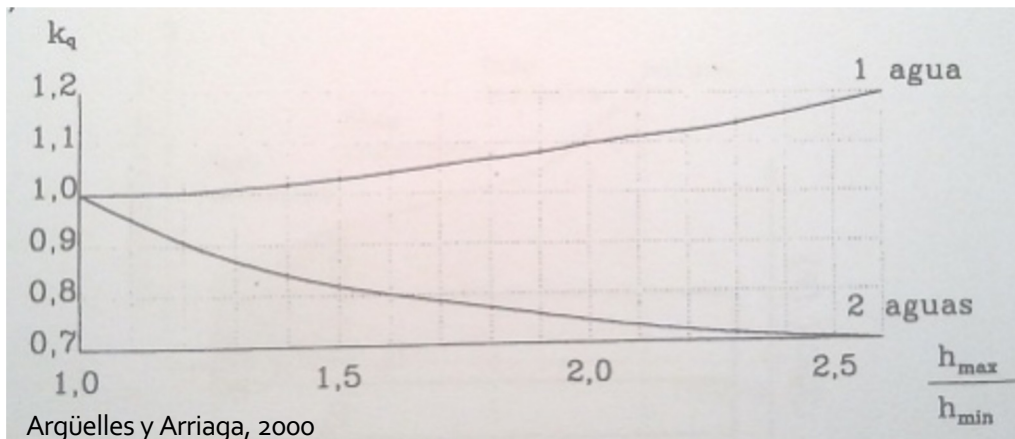
VIGA A 1 AGUA



$$w_{inst} = K_q \cdot \frac{5}{384} \cdot \frac{q \cdot l^4}{E \cdot I_m} + \frac{0,35 \cdot q \cdot l^2}{G \cdot b \cdot (h_{max} + h_{min})}$$

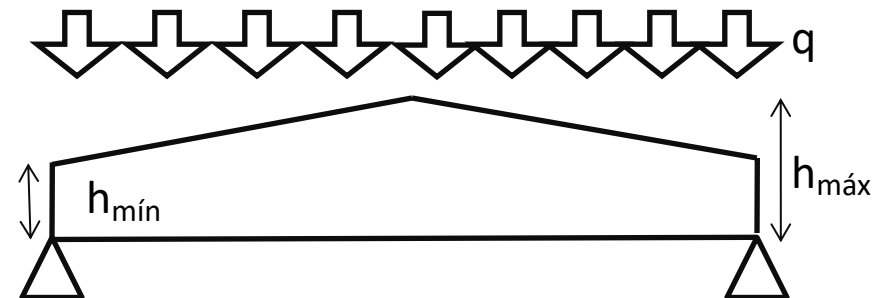
$I_m$ : momento de inercia de la sección media

$k_q$ : coeficiente para el cálculo de la flecha en vigas de sección variable:



Argüelles y Arriaga, 2000

VIGA A 2 AGUAS



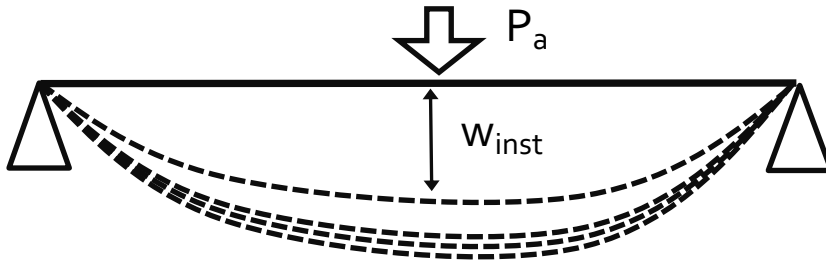
(Giordano, Ceccoti, Uzielli, 1993)

$$I_m = \frac{b \cdot \frac{(h_{min} + h_{max})}{2}}{12}$$

## DEFORMACIÓN DE LA MADERA

2. DEFORMACIÓN DIFERIDA ( $w_{\text{creep}}$ )

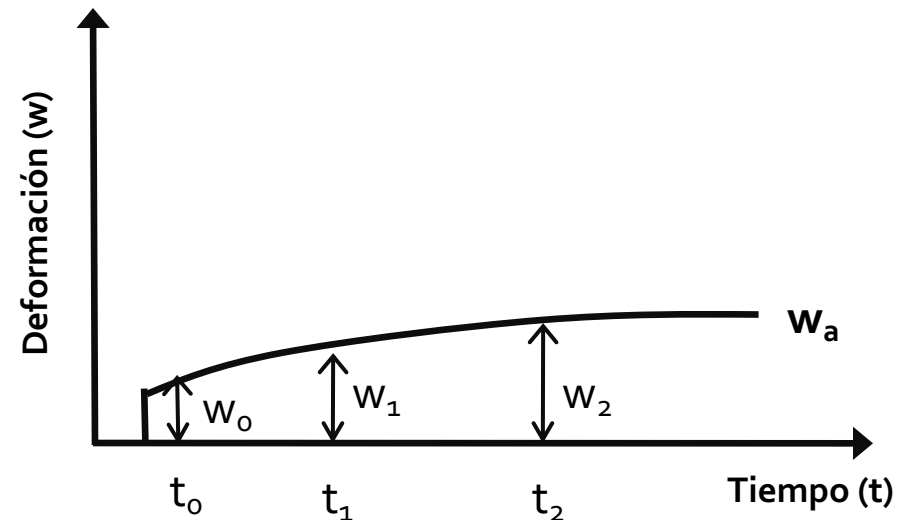
## INFLUENCIA DEL TIEMPO EN LA DEFORMACIÓN

CARGA PEQUEÑA PUNTUAL PERMANENTE EN VIGA BIAPOYADA ( $P_a$ )

tiempo	deformaciones
$t_0$	$w_{\text{inst}}$
$t_1$	$w_1$
$t_2$	$w_2$
...	...
$t_a$	$w_a$

$$w = \frac{P_a \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} \left[ 1 + \frac{6}{5} \cdot \frac{E}{G} \cdot \left( \frac{h}{l} \right)^2 \right]$$

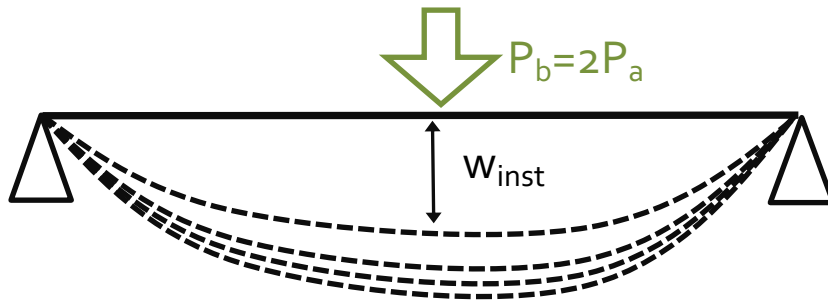
Si la carga permanente permanece, la deformación aumenta con el tiempo, aunque el incremento de deformación se va haciendo cada vez menor hasta que se estabiliza en una deformación  $w_a$ .



## DEFORMACIÓN DE LA MADERA

2. DEFORMACIÓN DIFERIDA ( $w_{\text{creep}}$ )

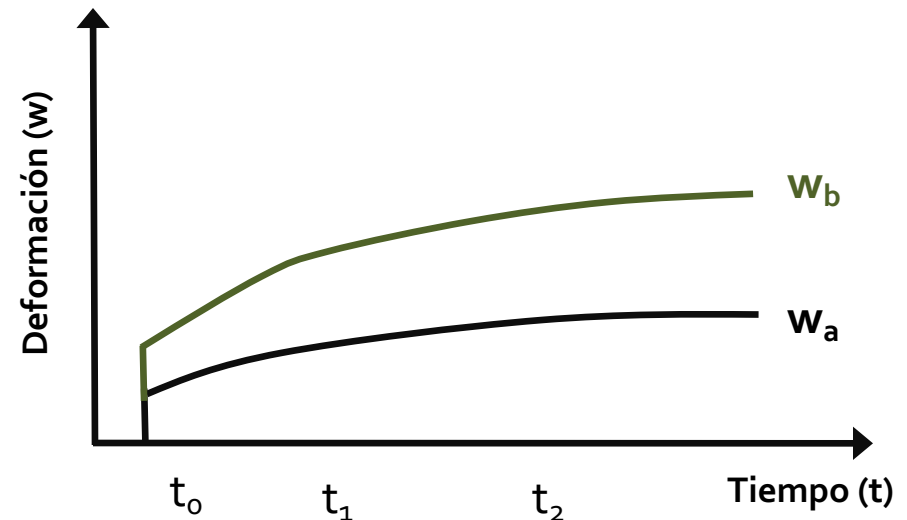
## INFLUENCIA DEL TIEMPO EN LA DEFORMACIÓN

INCREMENTO EN EL DOBLE DE LA CARGA PUNTUAL PERMANENTE EN LA VIGA BIAPROYADA ( $P_b=2P_a$ )

tiempo    deformaciones

$t_0$	$W_{\text{inst}}$	$w = \frac{P_b \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} \left[ 1 + \frac{6}{5} \cdot \frac{E}{G} \cdot \left( \frac{h}{l} \right)^2 \right]$
$t_1$	$W_1$	
$t_2$	$W_2$	
...	...	
$t_b$	$W_b$	

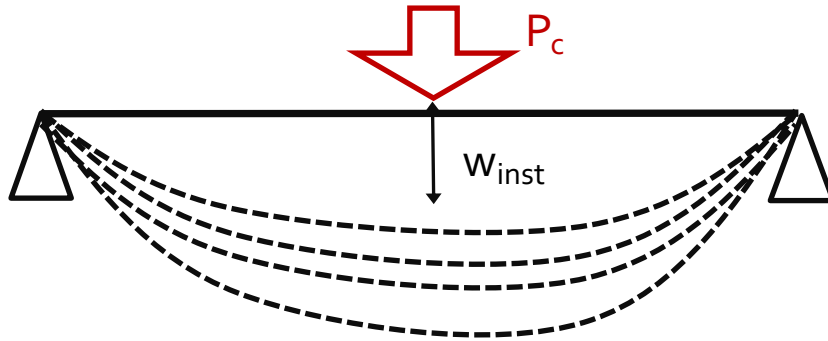
Para una carga permanente ( $P_b=2P_a$ ), la deformación elástica instantánea se duplica y las deformaciones diferidas se incrementan más o menos en la misma proporción



## DEFORMACIÓN DE LA MADERA

2. DEFORMACIÓN DIFERIDA ( $w_{\text{creep}}$ )

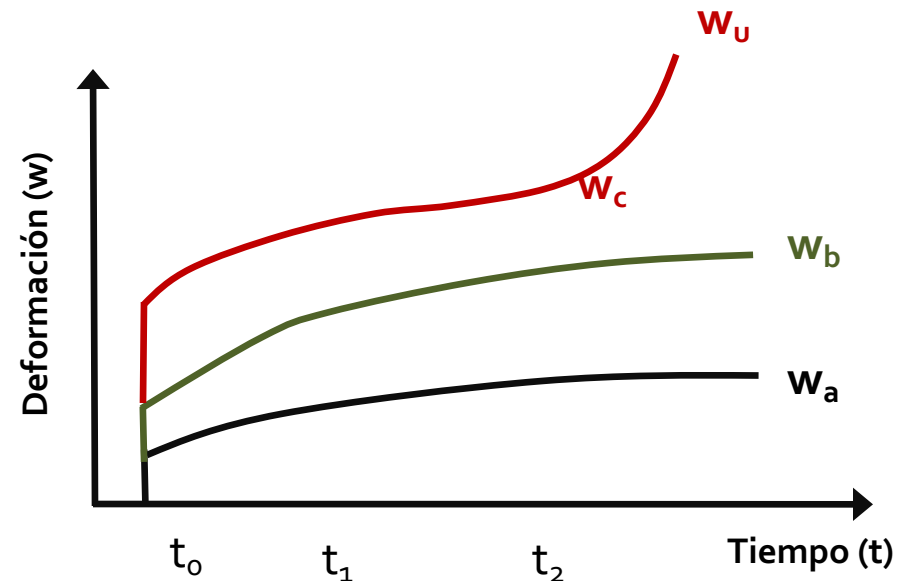
## INFLUENCIA DEL TIEMPO EN LA DEFORMACIÓN

CARGA PUNTUAL PERMANENTE EN VIGA BIAPOYADA QUE AGOTE LA PIEZA ( $P_c$ )

tiempo    deformaciones

$t_0$	$W_{\text{inst}}$	$w = \frac{P_b \cdot l^3}{48 \cdot E \cdot I} \left[ 1 + \frac{6}{5} \cdot \frac{E}{G} \cdot \left( \frac{h}{l} \right)^2 \right]$
$t_1$	$W_1$	
$t_2$	$W_2$	
...	...	
$t_c$	$W_c$	

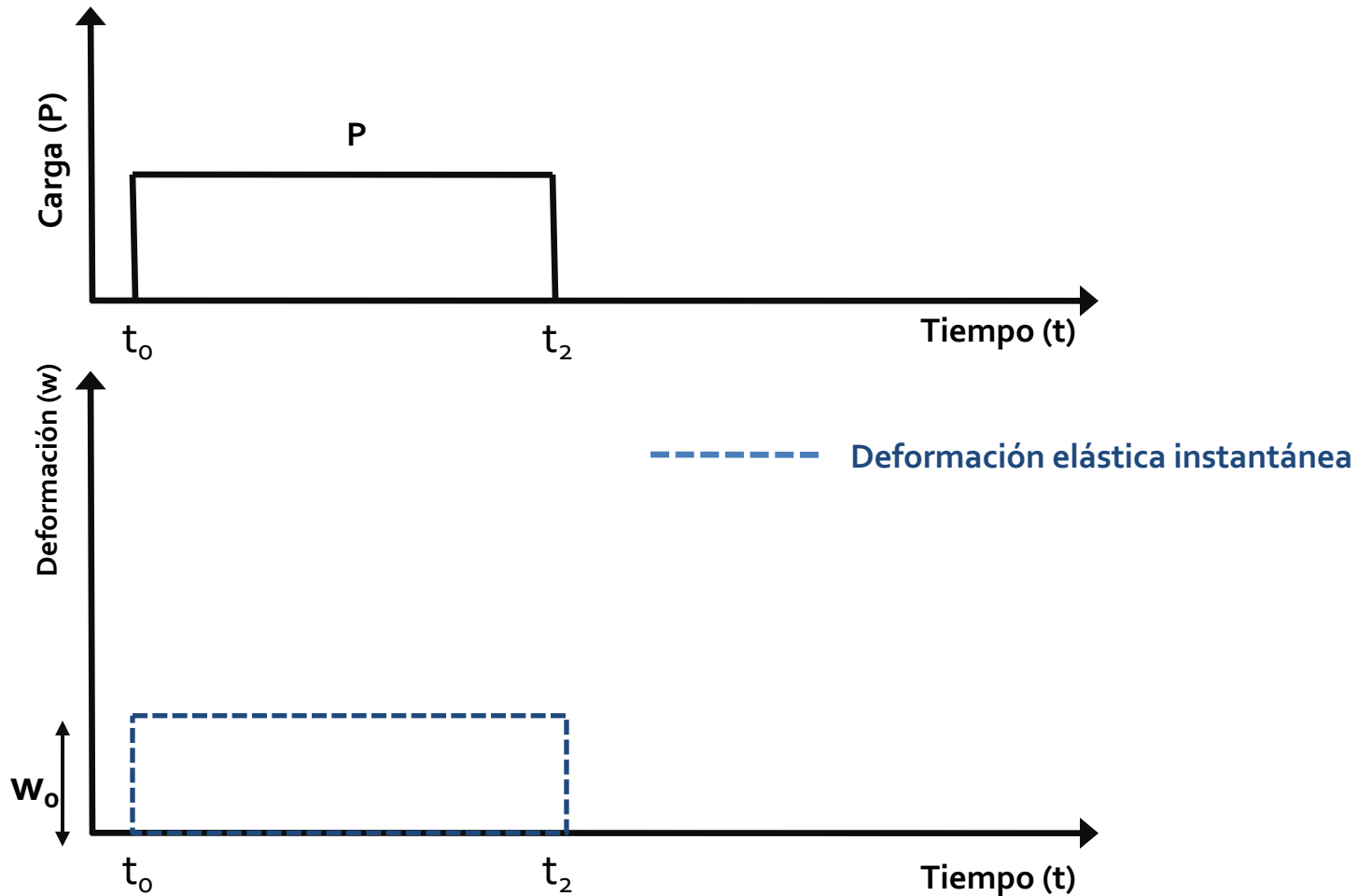
Para una carga permanente ( $P_c$ ) que **agote la pieza**, la deformación elástica instantánea y el primer tramo de la diferida se comporta de modo similar a las cargas anteriores. En el último tramo de comportamiento, la deformación aumenta hasta producir la rotura



## DEFORMACIÓN DE LA MADERA

DEFORMACIÓN TOTAL

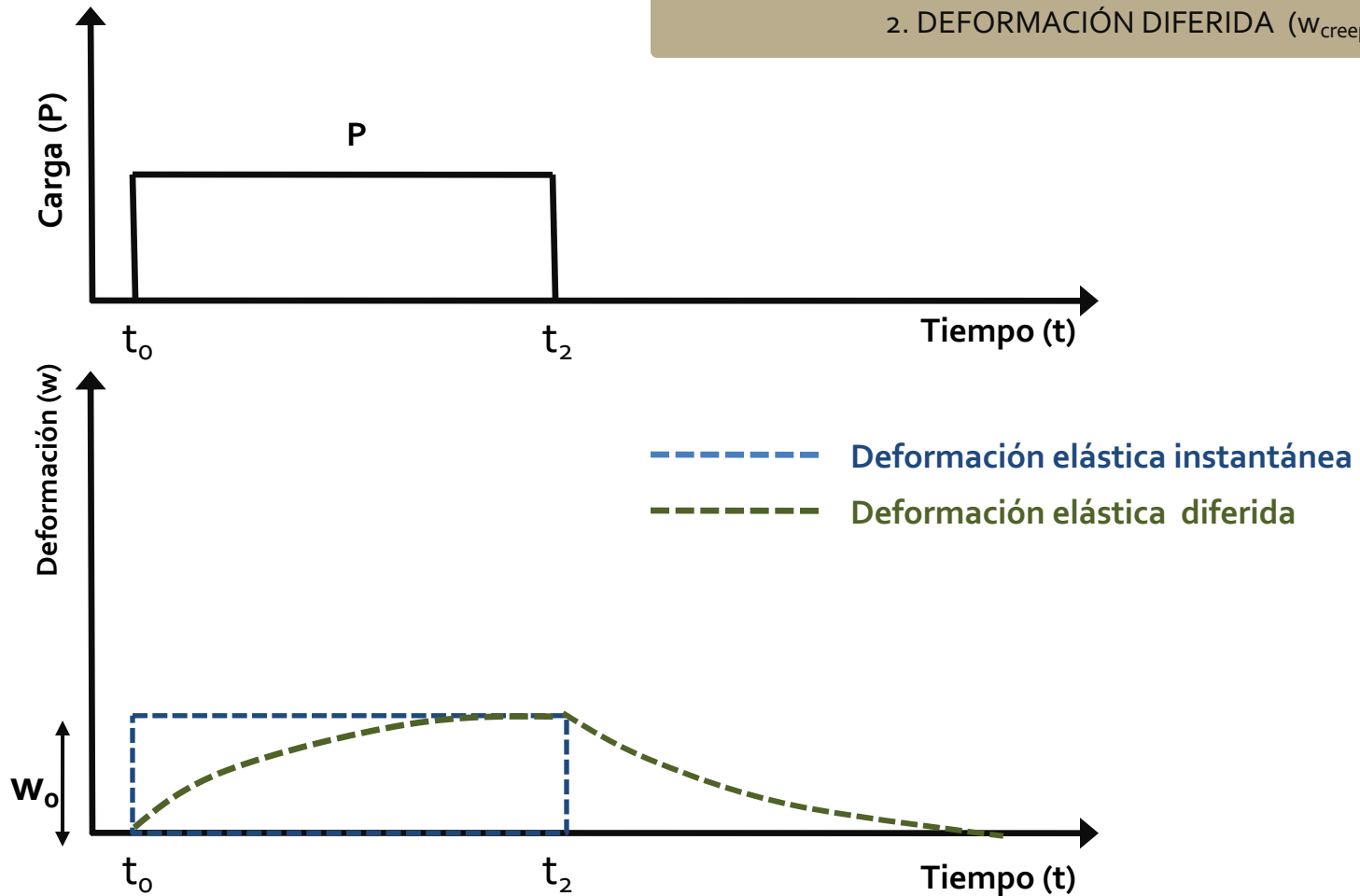
CARGA Y DESCARGA / DEFORMACION

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA ( $w_{inst}$ )

## DEFORMACIÓN DE LA MADERA

DEFORMACIÓN TOTAL

CARGA Y DESCARGA / DEFORMACION

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA ( $w_{inst}$ )2. DEFORMACIÓN DIFERIDA ( $w_{creep}$ )

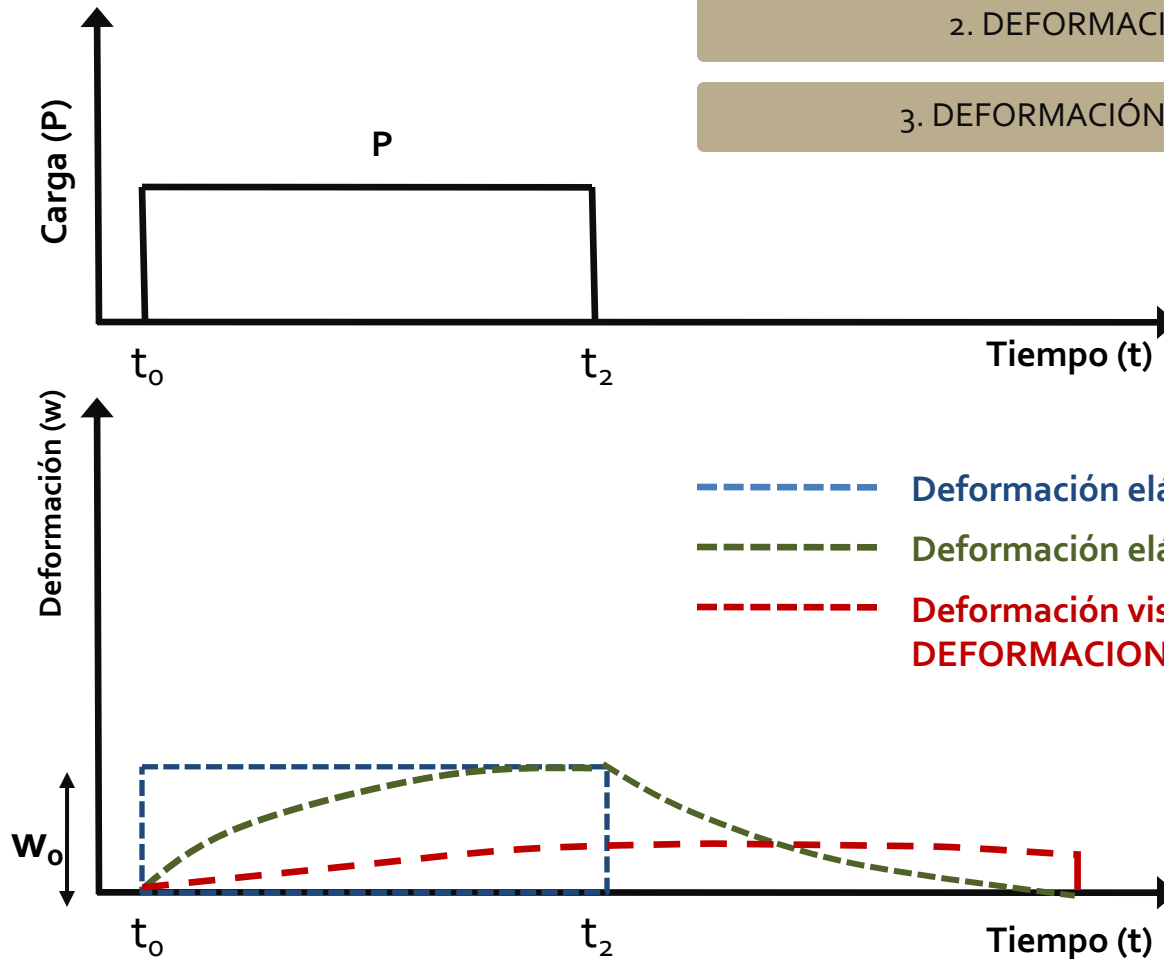
## DEFORMACIÓN DE LA MADERA

DEFORMACIÓN TOTAL

CARGA Y DESCARGA / DEFORMACION

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA ( $w_{inst}$ )2. DEFORMACIÓN DIFERIDA ( $w_{creep}$ )

3. DEFORMACIÓN DIFERIDA REMANENTE



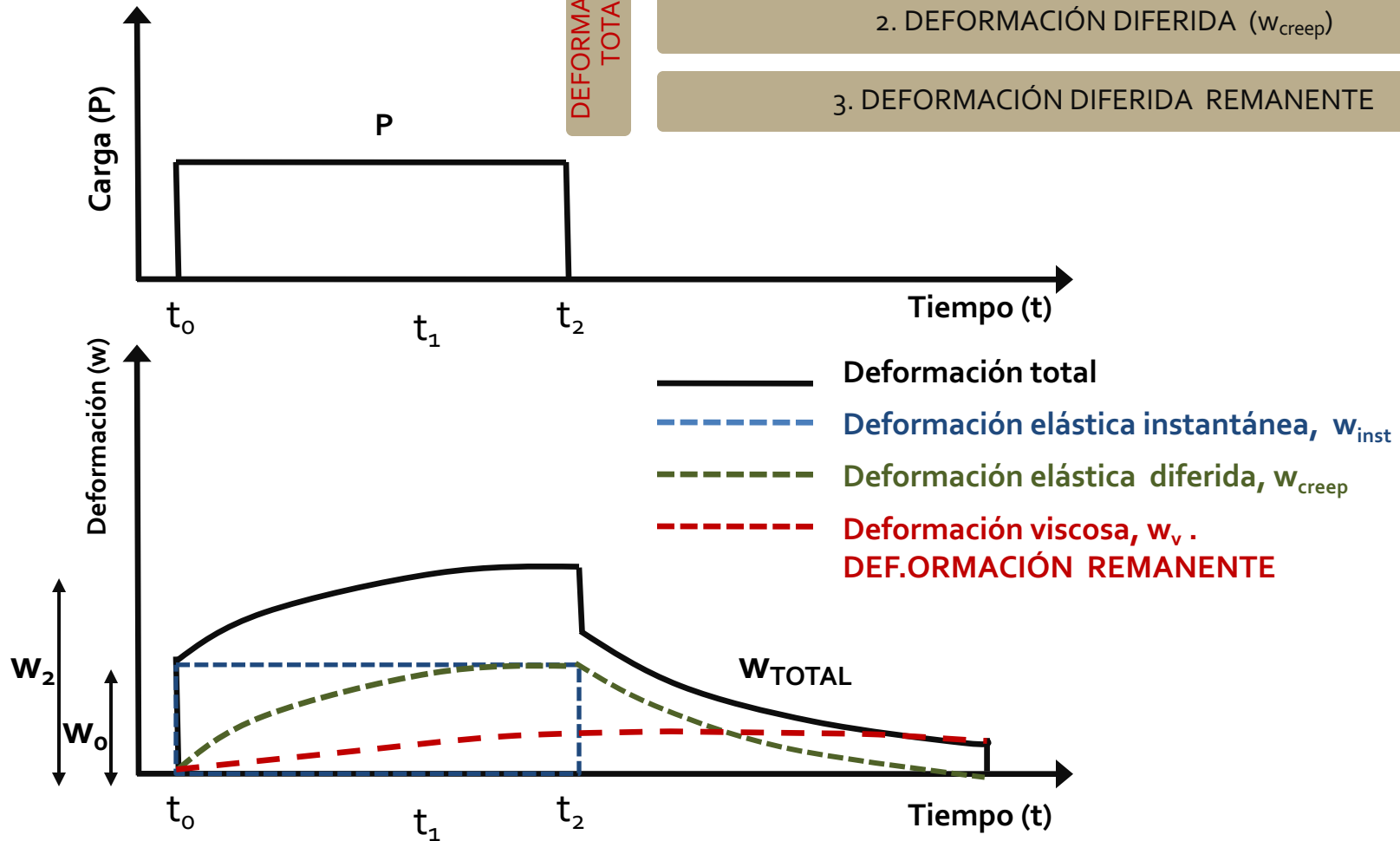
# DEFORMACIÓN DE LA MADERA

DEFORMACIÓN TOTAL

CARGA Y DESCARGA / DEFORMACION

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA ( $w_{inst}$ )2. DEFORMACIÓN DIFERIDA ( $w_{creep}$ )

3. DEFORMACIÓN DIFERIDA REMANENTE

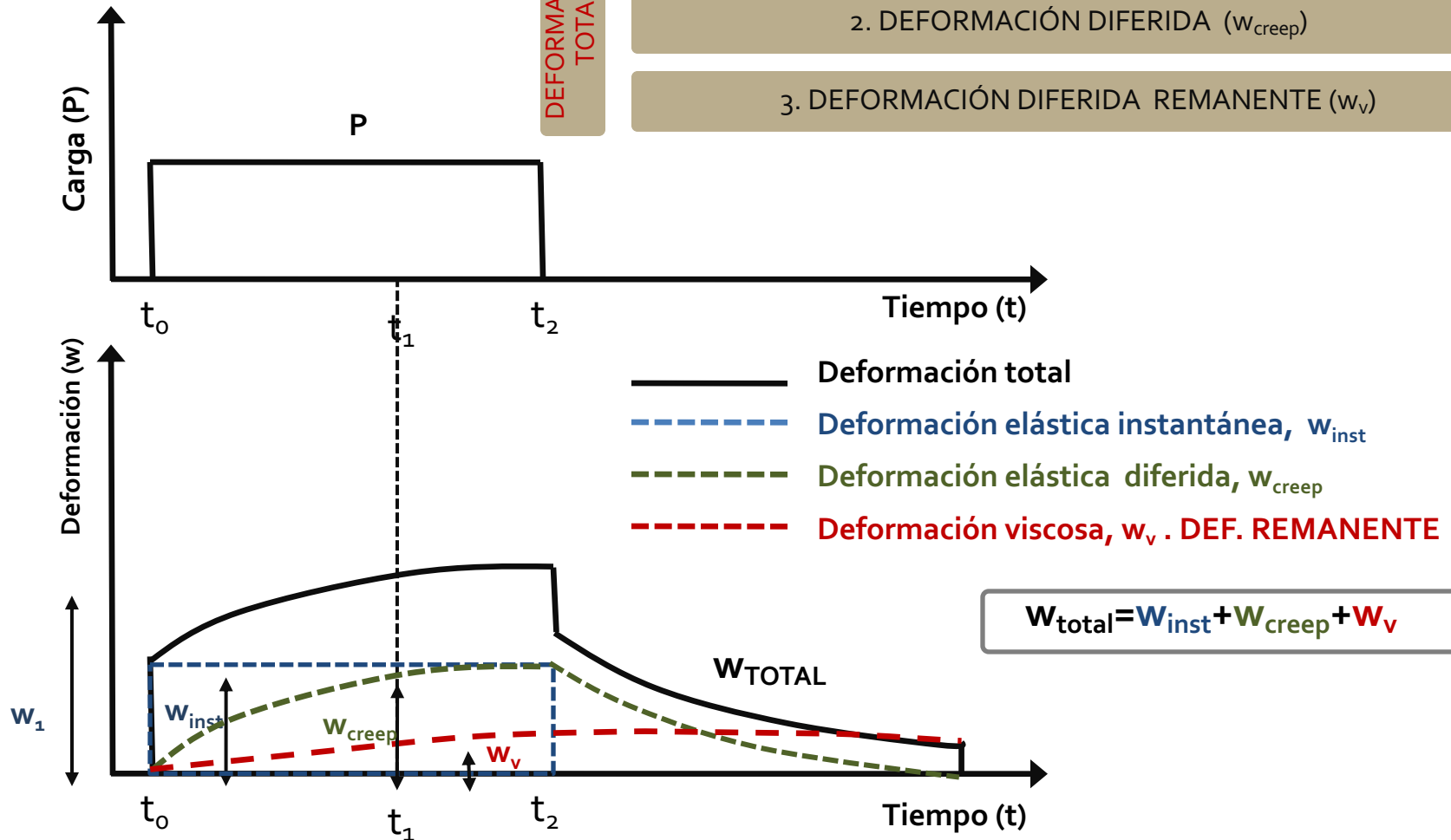
DEFORMACIÓN  
TOTAL



# DEFORMACIÓN DE LA MADERA

DEFORMACIÓN TOTAL

CARGA Y DESCARGA / DEFORMACION

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA ( $w_{inst}$ )2. DEFORMACIÓN DIFERIDA ( $w_{creep}$ )3. DEFORMACIÓN DIFERIDA REMANENTE ( $w_v$ )

1. Introducción

2. Deformación de la madera

**3. Cálculo de las deformaciones verticales y  
valores límite según EC-5 y CTE**

4. Influencia del contenido de humedad en la  
deformación

8.1. Estados Límite de  
Servicio (ELS) -  
Deformaciones

## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES: EC-5 y CTE

VERIFICACIONES PARA ESTADO LIMITE DE DEFORMACIONES SEGÚN **EUROCÓDIGO 5**

LIMITA



1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA DE CARGAS VARIABLES Y PERMANENTES

2. DEFORMACIÓN FINAL

3. DEFORMACIÓN NETA FINAL

VERIFICACIONES DE DEFORMACIONES SEGÚN **CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN O ANEXO ESPAÑOL DEL EUROCÓDIGO 5 RECOMENDADO**

LIMITA



1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA DE LAS CARGAS VARIABLES

2. DEFORMACIÓN FINAL

3. DEFORMACIÓN ACTIVA

## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

### COMPONENTES DE LA DEFORMACIÓN (EUROCÓDIGO 5)

0. CONTRAFLECHA DE FABRICACIÓN

 $W_c$ 

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA

 $W_{inst}$ 

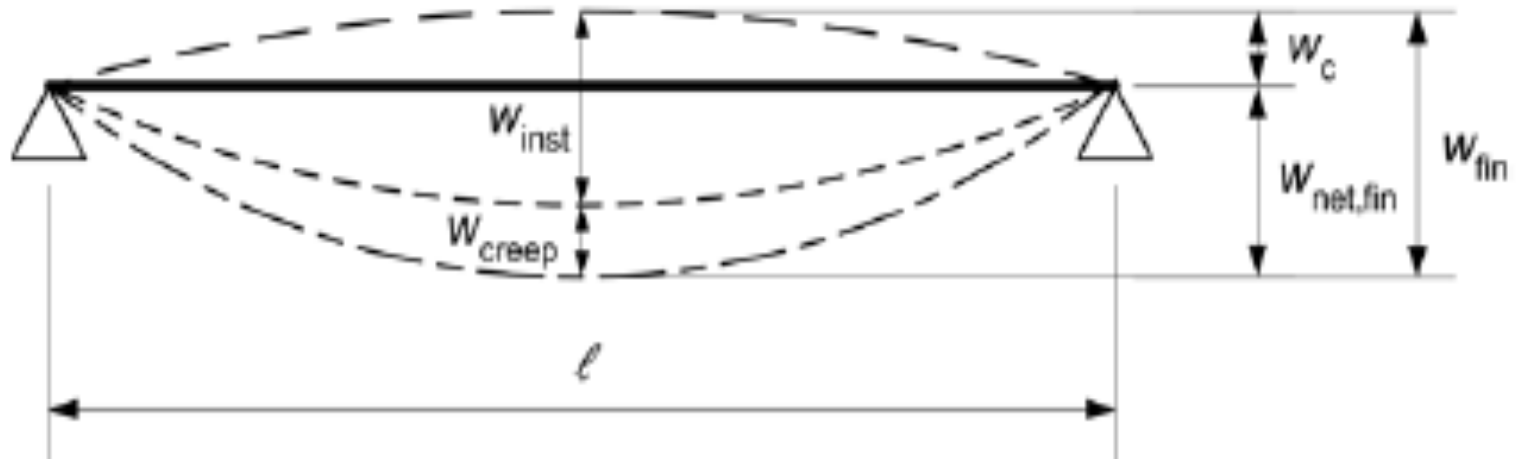
2. DEFORMACIÓN DIFERIDA

 $W_{creep}$ 

3. DEFORMACIÓN FINAL

 $W_{fin}$ 

4. DEFORMACIÓN NETA FINAL

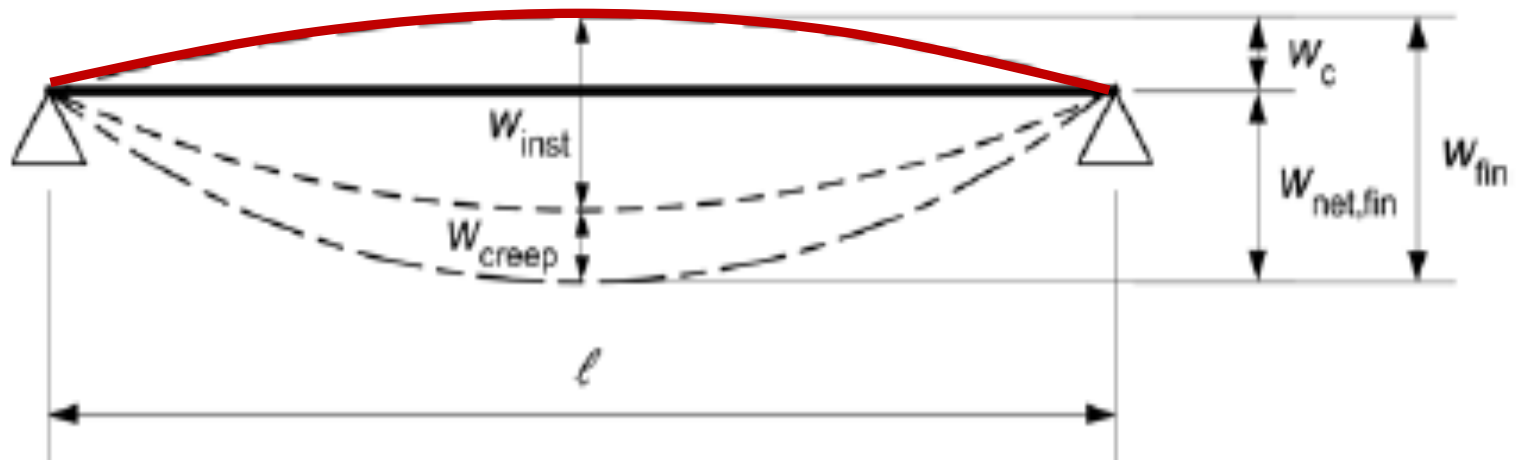
 $W_{net,fin}$ 

## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

### COMPONENTES DE LA DEFORMACIÓN (EUROCÓDIGO 5)

Cuando la viga de la estructura se fabrica con una deformación contraria a la que tendrá una vez puesta en funcionamiento. Normalmente suele darse una contraflecha de **1,35 a 1,45** veces la flecha instantánea debida a las carga permanentes

#### o. CONTRAFLECHA DE FABRICACIÓN

 $W_c$ 


## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

### COMPONENTES DE LA DEFORMACIÓN (EUROCÓDIGO 5)

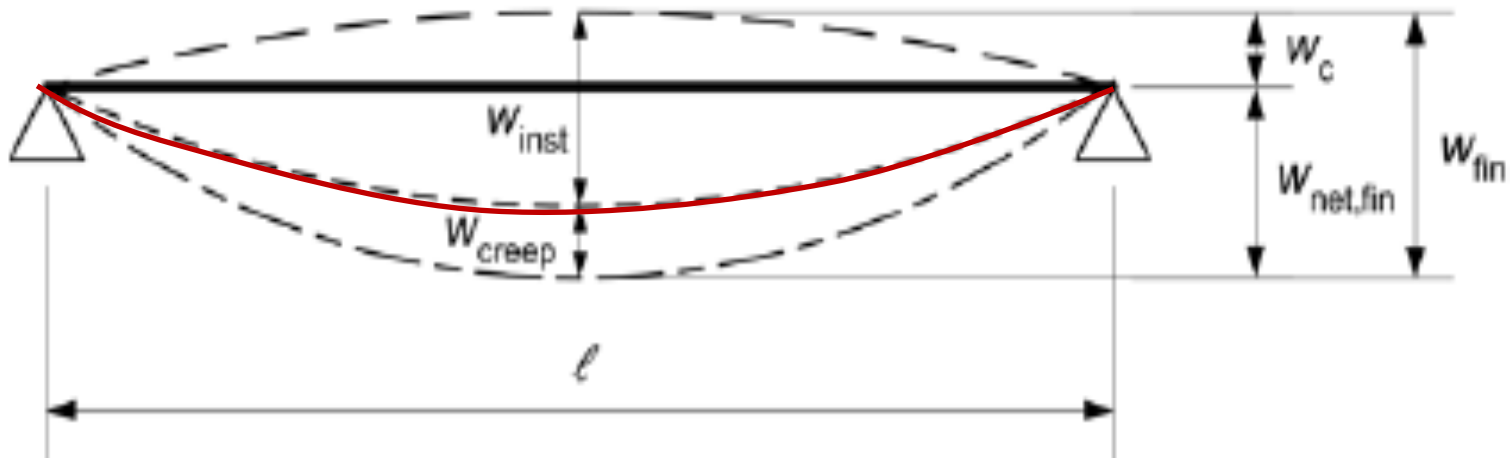
0. CONTRAFLECHA DE FABRICACIÓN

 $W_c$ 

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA

 $W_{inst}$ 

(2) La deformación instantánea,  $u_{inst}$  (véase la figura 7.1) debería calcularse para la combinación característica de las acciones, véase el punto a) del párrafo (2) del apartado 6.5.3 de la Norma Europea EN 1990, utilizando los valores medios de los módulos de elasticidad, módulos de cortante y módulos de deslizamiento correspondientes.



## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

COMBINACIÓN DE ACCIONES

COMBINACIÓN CARACTERÍSTICA:

Normalmente para efectos de corta duración que pueden resultar irreversibles.

ACCIONES  
PERMANENTES

V. DE COMBINACIÓN  
DE LAS ACCIONES  
CONCOMITANTES

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + Q_{k,1} + \sum_{i \geq 2} \Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$$

V. CARÁCTERÍSTICO  
DE LA ACCIÓN  
VARIABLE PRE-  
DOMINANTE

$G_k$  : acción permanente

$Q_{k,1}$  : valor característico de la acción variable dominante

$Q_{k,i}$  : valor característico de la acción acción variable concomitante

$\Psi_{0,i}$  : coeficientes de simultaneidad para la acción variable i

$\Psi_{0,i} \cdot Q_{k,i}$  : valor de combinación de la acción variable i

## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

COMBINACIÓN DE ACCIONES

COMBINACIÓN CARACTERÍSTICA:

Acción	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecargas en edificios, categoría (véase la Norma EN 1991-1-1)			
Categoría A: zonas residenciales, domésticas	0,7	0,5	0,3
Categoría B: zonas de oficinas	0,7	0,5	0,3
Categoría C: zonas de reunión	0,7	0,7	0,6
Categoría D: zonas comerciales	0,7	0,7	0,6
Categoría E: zonas de almacenamiento	1,0	0,9	0,8
Categoría F: zona de tráfico, peso del vehículo $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
Categoría G: zona de tráfico, 30 kN < peso del vehículo $\leq 160$ kN	0,7	0,5	0,3
Categoría H: cubiertas	0	0	0
Cargas de nieve en edificios (véase la Norma EN 1991-1-3)*			
Finlandia, Islandia, Noruega, Suecia	0,70	0,50	0,20
Resto de los Estados miembro del CEN, para sitios localizados a alturas $H > 1\ 000$ m sobre el nivel del mar	0,70	0,50	0,20
Resto de los Estados miembro del CEN, para sitios localizados a alturas $H \leq 1\ 000$ m sobre el nivel del mar	0,50	0,20	0
Cargas de viento en edificios (véase la Norma EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Temperatura (no la debida a incendio) en edificios (véase la Norma EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
NOTA – Los valores de $\psi$ pueden establecerse mediante los anexos nacionales.			
* Para los países que no se citan, véanse las condiciones locales correspondientes			

**Tabla A.1.1 Eurocódigo 0 – Para edificios - “Bases de cálculo” - 2003**



## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

### COMPONENTES DE LA DEFORMACIÓN (EUROCÓDIGO 5)

0. CONTRAFLECHA DE FABRICACIÓN

 $W_c$ 

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA

 $W_{inst}$ 

CARGA PUNTUAL EN VIGA BIAPOYADA:

$$w_{inst} = \frac{P l^3}{48 E I} \left[ 1 + \frac{6 E}{5 G} \left( \frac{h}{l} \right)^2 \right]$$

CARGA UNIFORMEMENTE DISTRIBUIDA:

$$w_{inst} = \frac{5 q l^4}{384 E I} \left[ 1 + \frac{24 E}{25 G} \left( \frac{h}{l} \right)^2 \right]$$

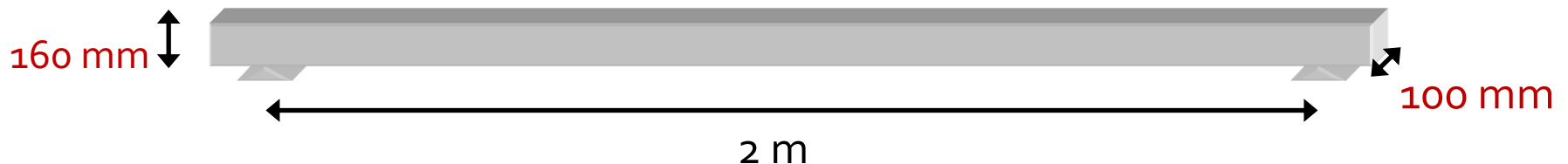
RETOMANDO EL EJEMPLO DE LA  
VIGUETA DE FORJADO...

PARA LAS HIPÓTESIS SIMPLES, USANDO VALORES MEDIOS DE  $E$  y  $G$ .

### ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO: COMPROBACIÓN DE LAS DEFORMACIONES

#### 5. DEFORMACIONES:

Combinaciones	CP	U	P	CP+U	CP+P
Deform.inst: $w_{inst}$ (mm)	0,13	0,71	1,16	0,84	1,29



## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

### COMPONENTES DE LA DEFORMACIÓN (EUROCÓDIGO 5)

0. CONTRAFLECHA DE FABRICACIÓN

$W_c$

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA

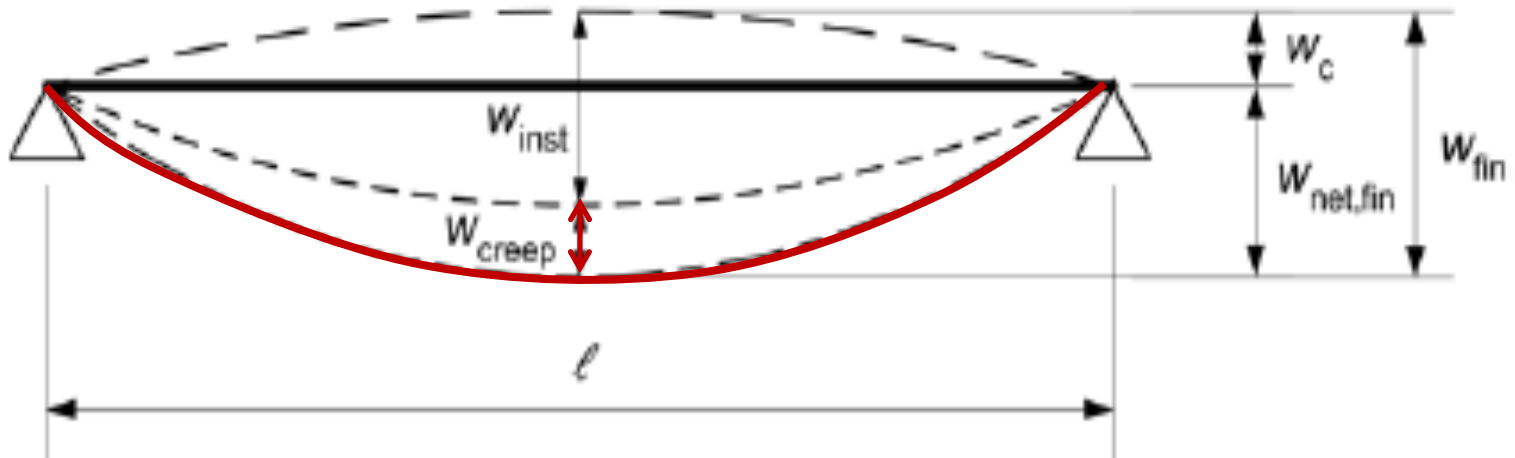
$W_{inst}$

2. DEFORMACIÓN DIFERIDA

$W_{creep}$

$$W_{creep} = W_{inst} \cdot k_{def}$$

$k_{def}$ : factor de fluencia en función de la clase de servicio



## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

**Tabla 3.2**  
**Valores de  $k_{def}$  para la madera y los productos derivados de la madera**

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	–

## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

### COMPONENTES DE LA DEFORMACIÓN (EUROCÓDIGO 5)

0. CONTRAFLECHA DE FABRICACIÓN

 $W_c$ 

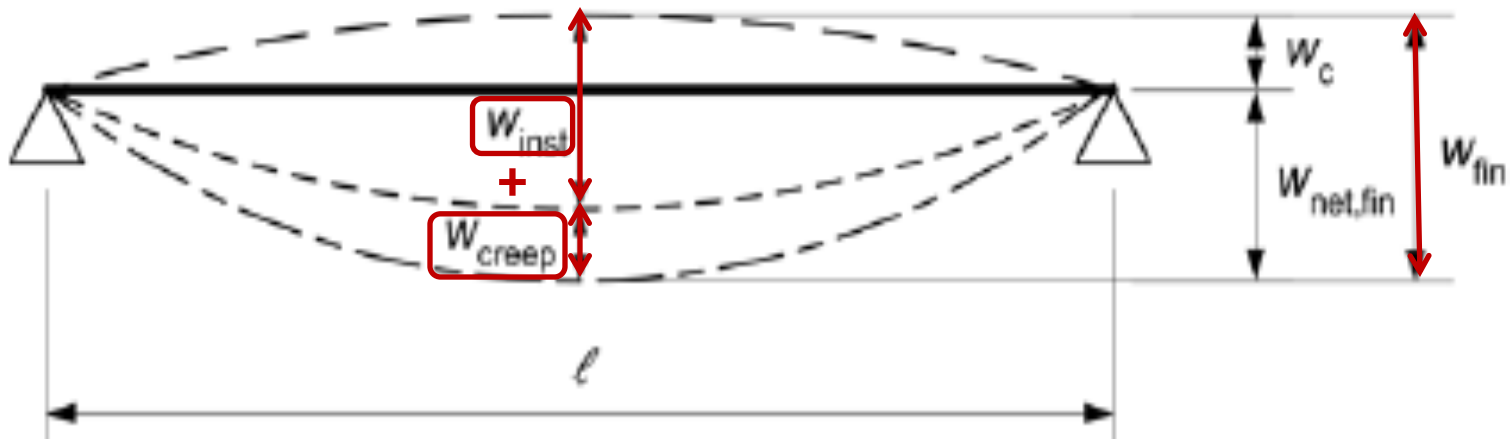
1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA

 $W_{inst}$ 

2. DEFORMACIÓN DIFERIDA

 $W_{creep}$ 

(3) La deformación final,  $u_{fin}$  (véase la figura 7.1) debería calcularse para la combinación casi permanente de las acciones, véase el punto c) del párrafo (2) del apartado 6.5.3 de la Norma Europea EN 1990.



## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

COMBINACIÓN DE ACCIONES

COMBINACIÓN CASI PERMANENTE:

Normalmente para efectos de acciones de larga duración

ACCIONES  
PERMANENTES

$$\sum_{j \geq 1} G_{k,j} + \sum_{i \geq 1} \Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$$

V. CUASI-PERM  
DE LAS ACCIONES  
VARIABLES

$G_k$  : acción permanente

$Q_{k,1}$  : valor característico de la acción variable dominante

$Q_{k,i}$  : valor característico de la acción acción variable concomitante

$\Psi_{2,i}$  : coeficientes de simultaneidad para la acción variable  $i$

$\Psi_{2,i} \cdot Q_{k,i}$  : valor de cuasi-permanente de la acción variable  $i$

## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

COMBINACIÓN DE ACCIONES

COMBINACIÓN CARACTERÍSTICA:

Acción	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Sobrecargas en edificios, categoría (véase la Norma EN 1991-1-1)			
Categoría A: zonas residenciales, domésticas	0,7	0,5	0,3
Categoría B: zonas de oficinas	0,7	0,5	0,3
Categoría C: zonas de reunión	0,7	0,7	0,6
Categoría D: zonas comerciales	0,7	0,7	0,6
Categoría E: zonas de almacenamiento	1,0	0,9	0,8
Categoría F: zona de tráfico, peso del vehículo $\leq 30$ kN	0,7	0,7	0,6
Categoría G: zona de tráfico, $30$ kN < peso del vehículo $\leq 160$ kN	0,7	0,5	0,3
Categoría H: cubiertas	0	0	0
Cargas de nieve en edificios (véase la Norma EN 1991-1-3)*			
Finlandia, Islandia, Noruega, Suecia	0,70	0,50	0,20
Resto de los Estados miembro del CEN, para sitios localizados a alturas $H > 1\ 000$ m sobre el nivel del mar	0,70	0,50	0,20
Resto de los Estados miembro del CEN, para sitios localizados a alturas $H \leq 1\ 000$ m sobre el nivel del mar	0,50	0,20	0
Cargas de viento en edificios (véase la Norma EN 1991-1-4)	0,6	0,2	0
Temperatura (no la debida a incendio) en edificios (véase la Norma EN 1991-1-5)	0,6	0,5	0
NOTA – Los valores de $\psi$ pueden establecerse mediante los anexos nacionales.			
* Para los países que no se citan, véanse las condiciones locales correspondientes			

**Tabla A.1.1 Eurocódigo 0 – Para edificios - “Bases de cálculo” - 2003**

## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

### COMPONENTES DE LA DEFORMACIÓN (EUROCÓDIGO 5)

0. CONTRAFLECHA DE FABRICACIÓN

 $w_c$ 

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA

 $w_{inst}$ 

2. DEFORMACIÓN DIFERIDA

 $w_{creep}$ 

$$w_{creep} = w_{inst} \cdot \psi_2 \cdot k_{def}$$

 $\psi_2 = 1$ , para las cargas permanentesTable A1.1 - Recommended values of  $\psi$  factors for buildings

Action	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Imposed loads in buildings, category (see EN 1991-1-1) Category A : domestic, residential areas	0,7	0,5	0,3

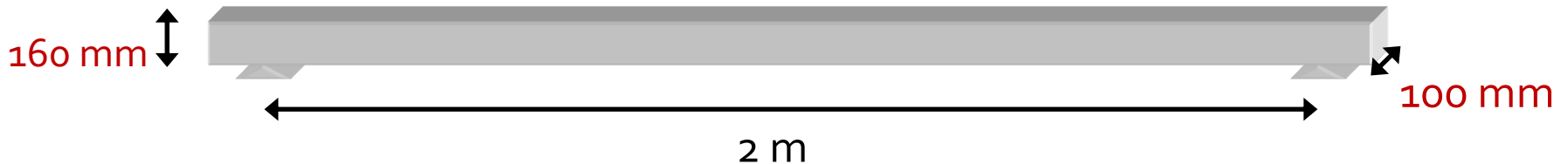
EUROCÓDIGO 5

Table 3.2 – Values of  $k_{def}$  for timber and wood-based materials

Material	Standard	Service class		
		1	2	3
Solid timber	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Glued Laminated timber	EN 14080	0,60	0,80	2,00

EUROCÓDIGO 5

$$w_{creep} = w_{inst} \cdot 0,60 \cdot 0,30 = w_{inst} \cdot 0,18$$



## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

COMPONENTES DE LA DEFORMACIÓN  
(EUROCÓDIGO 5)

0. CONTRAFLECHA DE FABRICACIÓN

$W_c$

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA

$W_{inst}$

2. DEFORMACIÓN DIFERIDA

$W_{creep}$

3. DEFORMACIÓN FINAL

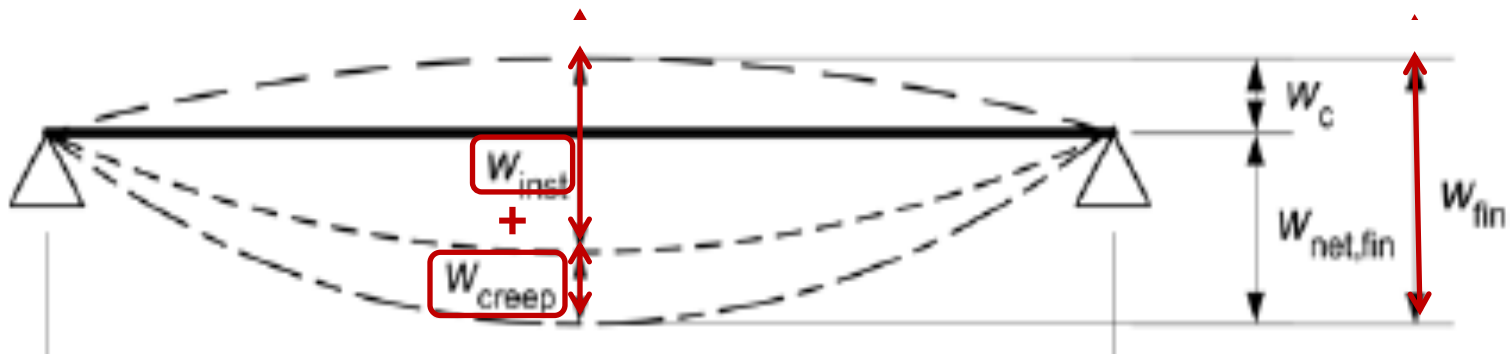
$W_{fin}$

$$W_{fin,i} = W_{inst,i} + W_{creep,i}$$

$$W_{fin} = W_{fin,G} + W_{fin,Q1} + \sum W_{fin,Qi}$$

C. Permanente (G)

$$W_{fin,G} = W_{inst,G} + W_{creep,G} = W_{inst,G} + (W_{inst,G} \cdot \psi_2 \cdot k_{def}) = W_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) \quad (Ec.2.3)$$





## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

### COMPONENTES DE LA DEFORMACIÓN (EUROCÓDIGO 5)

0. CONTRAFLECHA DE FABRICACIÓN

 $W_c$ 

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA

 $W_{inst}$ 

2. DEFORMACIÓN DIFERIDA

 $W_{creep}$ 

3. DEFORMACIÓN FINAL

 $W_{fin}$ 

$$W_{fin,i} = W_{inst,i} + W_{fin,i}$$

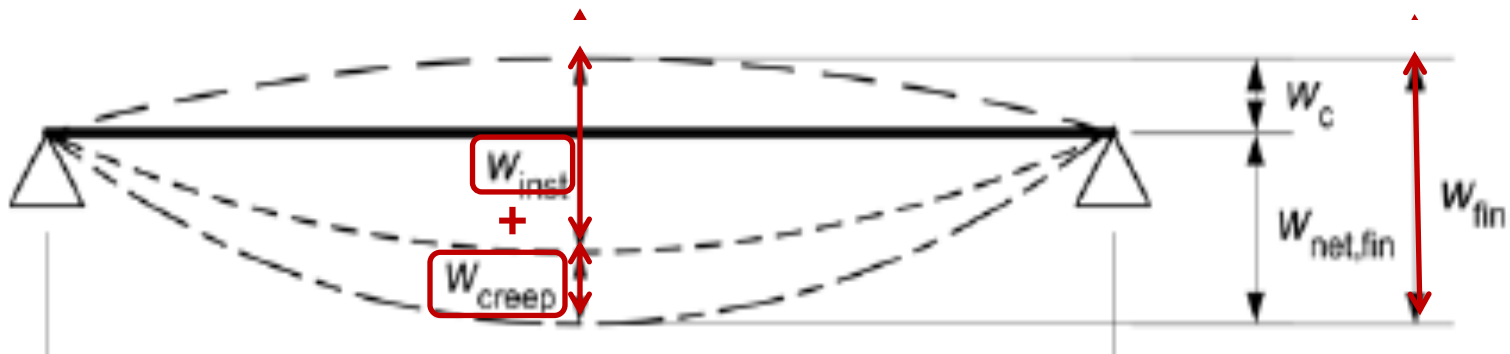
$$W_{fin} = W_{fin,G} + W_{fin,Q1} + \sum W_{fin,Qi}$$

C. Permanente (G)

$$W_{fin,G} = W_{inst,G} + W_{creep,G} = W_{inst,G} + (W_{inst,G} \cdot \psi_2 \cdot k_{def}) = W_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) \quad (Ec.2.3)$$

C. Variable predominante (Q1)

$$W_{fin,Q1} = W_{inst,Q1} + W_{creep,Q1} = W_{inst,Q1} + (W_{inst,Q1} \cdot \psi_2 \cdot k_{def}) = W_{inst,Q1} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \quad (Ec.2.4)$$



## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

### COMPONENTES DE LA DEFORMACIÓN (EUROCÓDIGO 5)

0. CONTRAFLECHA DE FABRICACIÓN

 $w_c$ 

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA

 $w_{inst}$ 

2. DEFORMACIÓN DIFERIDA

 $w_{creep}$ 

3. DEFORMACIÓN FINAL

 $w_{fin}$ 

$$w_{fin,i} = w_{inst,i} + w_{fin,i}$$

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,Q1} + \sum w_{fin,Qi}$$

C. Permanente (G)

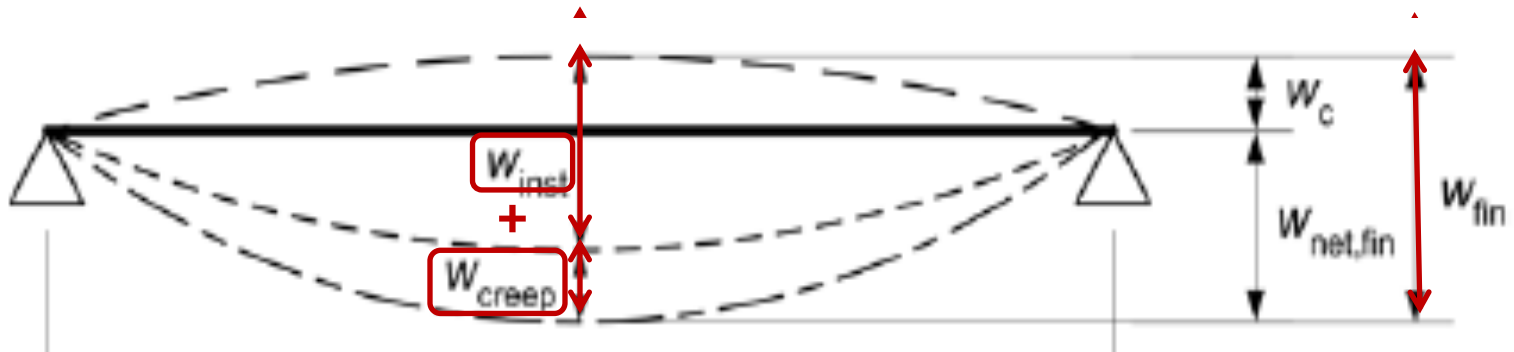
$$w_{fin,G} = w_{inst,G} + w_{creep,G} = w_{inst,G} + (w_{inst,G} \cdot \psi_2 \cdot k_{def}) = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) \quad (Ec.2.3)$$

C. Variable predominante (Q1)

$$w_{fin,Q1} = w_{inst,Q1} + w_{creep,Q1} = w_{inst,Q1} + (w_{inst,Q1} \cdot \psi_2 \cdot k_{def}) = w_{inst,Q1} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \quad (Ec.2.4)$$

C. Variables acompañantes (Qi)

$$w_{fin,Qi} = (w_{inst,Qi} \cdot \psi_{0,i}) + w_{creep,Qi} = (w_{inst,Qi} \cdot \psi_{0,i}) + (w_{inst,Qi} \cdot \psi_2 \cdot k_{def}) = w_{inst,Qi} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_2 \cdot k_{def}) \quad (Ec.2.5)$$



## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

### COMPONENTES DE LA DEFORMACIÓN (EUROCÓDIGO 5)

0. CONTRAFLECHA DE FABRICACIÓN

 $w_c$ 

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA

 $w_{inst}$ 

2. DEFORMACIÓN DIFERIDA

 $w_{creep}$ 

3. DEFORMACIÓN FINAL

 $w_{fin}$ 

$$w_{fin,i} = w_{inst,i} + w_{fin,i}$$

$$w_{fin} = w_{fin,G} + w_{fin,Q1} + \sum w_{fin,Qi}$$

C. Permanente (G)

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) \quad (Ec.2.3)$$

C. Variable predominante (Q1)

$$w_{fin,Q1} = w_{inst,Q1} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \quad (Ec.2.4)$$

C. Variables acompañantes (Qi)

$$w_{fin,Qi} = w_{inst,Qi} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_2 \cdot k_{def}) \quad (Ec.2.5)$$

$\psi_2$  : factor para el valor casi permanente de las acciones variables (EUROCÓDIGO 0- EN 1990)

$\psi_0$  : factor para los valores de combinación de las acciones variables (EUROCÓDIGO 0- EN 1990)

$$w_{fin} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) + w_{inst,Q1} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) + \sum w_{inst,Qi} \cdot (\psi_{0,i} + \psi_2 \cdot k_{def})$$

## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

### COMPONENTES DE LA DEFORMACIÓN (EUROCÓDIGO 5)

0. CONTRAFLECHA DE FABRICACIÓN

 $w_c$ 

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA

 $w_{inst}$ 

2. DEFORMACIÓN DIFERIDA

 $w_{creep}$ 

3. DEFORMACIÓN FINAL

 $w_{fin}$ 

Aplicado el ejemplo de vigueta de forjado:

C. Permanente (G)

$$w_{fin,G} = w_{inst,G} \cdot (1 + k_{def}) \quad (\text{Ec.2.3})$$

C. Variable predominante (Q1)

$$w_{fin,Q1} = w_{inst,Q1} \cdot (1 + \psi_2 \cdot k_{def}) \quad (\text{Ec.2.4})$$

Table A1.1 - Recommended values of  $\psi$  factors for buildings

Action	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Imposed loads in buildings, category (see EN 1991-1-1) Category A : domestic, residential areas	0,7	0,5	0,3

EUROCÓDIGO 5

Table 3.2 – Values of  $k_{def}$  for timber and wood-based materials

Material	Standard	Service class		
		1	2	3
Solid timber	EN 14081-1	0,60	0,80	2,00
Glued Laminated timber	EN 14080	0,60	0,80	2,00

EUROCÓDIGO 5

## ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO: COMPROBACIÓN DE LAS DEFORMACIONES

### 5. DEFORMACIONES:

Combinaciones	CP	U	P	CP+U	CP+P
Deform.inst: $w_{inst}$ (mm)	0,13	0,71	1,16	0,84	1,29
Deform. final: $w_{fin}$ (mm)	0,21	0,83	1,36	1,04	1,57

## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

### COMPONENTES DE LA DEFORMACIÓN (EUROCÓDIGO 5)

0. CONTRAFLECHA DE FABRICACIÓN

 $W_c$ 

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA

 $W_{inst}$ 

2. DEFORMACIÓN DIFERIDA

 $W_{creep}$ 

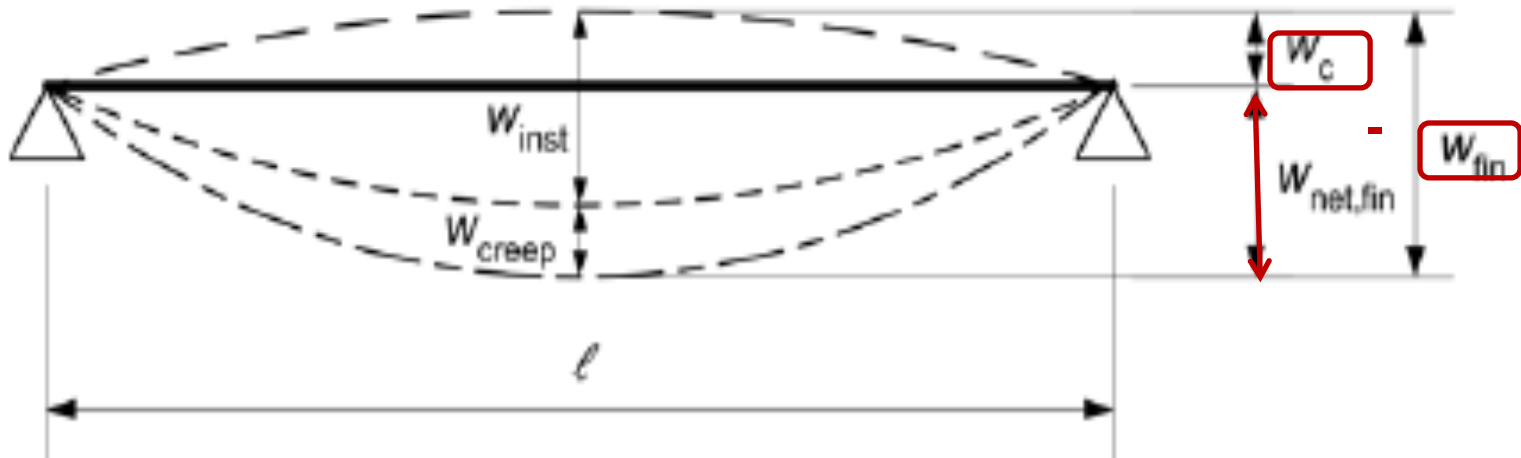
3. DEFORMACIÓN FINAL

 $W_{fin}$ 

4. DEFORMACIÓN NETA FINAL

 $W_{net,fin}$ 

$$W_{net,fin} = W_{fin} - W_c$$



## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

### COMPONENTES DE LA DEFORMACIÓN (EUROCÓDIGO 5)

0. CONTRAFLECHA DE FABRICACIÓN

 $W_c$ 

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA

 $W_{inst}$ 

2. DEFORMACIÓN DIFERIDA

 $W_{creep}$ 

3. DEFORMACIÓN FINAL

 $W_{fin}$ 

4. DEFORMACIÓN NETA FINAL

 $W_{net,fin}$ 

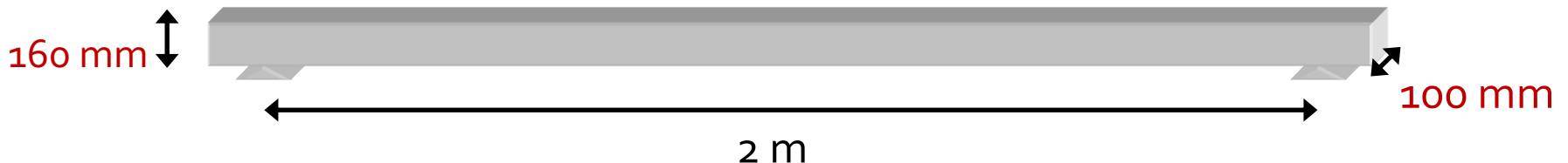
$$W_{net,fin} = W_{fin} - W_c$$

### ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO: COMPROBACIÓN DE LAS DEFORMACIONES

#### 5. DEFORMACIONES:

Combinaciones	CP	U	P	CP+U	CP+P
Deform.inst: $w_{inst}$ (mm)	0,13	0,71	1,16	0,84	1,28
Deform. final: $w_{fin}$ EC5	0,21	0,83	1,36	1,04	1,57
Def.neta final: $w_{net,fin}$ EC5-EC7.2.	0,21	0,83	1,36	1,04	1,57

En el ejemplo:  $W_c = 0$



## VALORES LÍMITE PARA LA DEFORMACIÓN SEGÚN EC-5

1. DEFORMACIÓN INSTANTÁNEA ( $w_{inst}$ )

Para la combinación característica de las acciones

2. DEFORMACIÓN FINAL ( $w_{fin}$ )

Para la combinación casi permanente de las acciones

3. DEFORMACIÓN NETA FINAL ( $w_{net,fin}$ )

Para la combinación casi permanente de las acciones

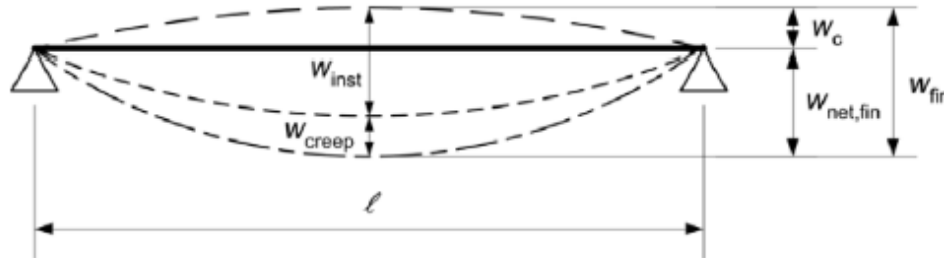


Fig. 7.1 – Componentes de la deformación

(2) La deformación neta respecto a la línea recta que une los apoyos,  $w_{net,fin}$ , debería calcularse mediante la siguiente expresión:

$$w_{net,fin} = w_{inst} + w_{creep} - w_c = w_{fin} - w_c \quad (7.2)$$

NOTA – El rango de los valores límites recomendados para las deformaciones de las vigas con una luz  $l$  viene dado en la tabla 7.2 dependiendo del nivel de deformación considerado aceptable. En el anexo nacional puede encontrarse información de la opción nacional.

Tabla 7.2  
Ejemplos de valores límite para las deformaciones de las vigas

	$w_{inst}$	$w_{net,fin}$	$w_{fin}$
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 $l/150$

## CÁLCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN EC-5

Aplicado el ejemplo de vigueta de forjado:

### ESTADOS LÍMITE DE SERVICIO: COMPROBACIÓN DE LAS DEFORMACIONES

#### 5. DEFORMACIONES:

Combinaciones	CP	U	P	CP+U	CP+P
Deform.inst: $w_{inst}$ (mm)	0,13	0,71	1,16	0,84	1,29
Deform. final: $w_{fin}$ EC5-Ec2.2	0,21	0,83	1,36	1,04	1,57
Def.neta final: $w_{net,fin}$ EC5-Ec7.2.	0,21	0,83	1,36	1,04	1,57

LÍMITE A LAS DEFORMACIONES:	$\leq \ell /$	$\leq$		EC5-Ec7.2
$w_{inst}$ : 1,29	$\leq \ell / 300$	$\leq$	5,56	23 %
$w_{fin}$ : 1,57	$\leq \ell / 150$	$\leq$	13,33	12 %
$w_{net,fin}$ : 1,57	250		8,00	20 %

Se cumple la verificación de la deformación

Table 7.2 – Examples of limiting values for deflections of beams

	$w_{inst}$	$w_{net,fin}$	$w_{fin}$
Beam on two supports	$\ell/300$ to $\ell/500$	$\ell/250$ to $\ell/350$	$\ell/150$ to $\ell/300$
Cantilevering beams	$\ell/150$ to $\ell/250$	$\ell/125$ to $\ell/175$	$\ell/75$ to $\ell/150$

$$w_{inst(CP+U)} = 0,13 + 0,71 = 0,84$$

$$w_{fin(CP+U)} = 0,13 * (1 + 0,6) + 0,71 * (1 + 0,3 * 0,6) - 0 = 1,04$$

$$w_{net,fin(CP+U)} = w_{fin(CP+U)}$$

$$w_{inst(CP+P)} = 0,13 + 1,16 = 1,29$$

$$w_{net,fin(CP+P)} = 0,13 * (1 + 0,6) + 1,161 * (1 + 0,3 * 0,6) - 0 = 1,57$$

$$w_{net,fin(CP+P)} = w_{fin(CP+P)}$$



## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN C.T.E

**$w_{activa}$**

FLECHA ACTIVA: igual a la instantánea de las cargas variables, más la diferida de las permanentes y variables. Se considera el efecto de una de las cargas variables con valor característico y el resto con su valor de combinación. -> INTEGRIDAD DE ELEMENTOS

$w_{activa}$

$$= k_{def} \cdot w_G + w_{Q1} + k_{def} \cdot \psi_{2,1} \cdot w_{Q1} + \sum \psi_{0,i} \cdot w_{Q,i} + \sum k_{def} \cdot \psi_{2,i} \cdot w_{Q,i}$$

**$w_{inst}$**

FLECHA INSTANTANEA DE LAS CARGAS VARIABLES: se considera el efecto de una de las cargas variables con valor característico y las restantes con su valores de combinación. -> CONFORT USUARIOS

$$w_{instantánea} = w_{Q1} + \sum \psi_{0,i} \cdot w_{Q,i}$$

**$w_{neta,final}$**

FLECHA NETA FINAL O FLECHA A LARGO PLAZO: flecha instantánea y diferida de las cargas permanentes y de las cargas variables, descontando en caso que corresponda la contra-flecha. Las cargas variables toman su valor cuasi-permanente. -> APARIENCIA EN OBRA

$$w_{net,f} = (1 + k_{def}) \cdot w_G + \sum \psi_{2,i} \cdot (1 + k_{def}) \cdot w_{Q,i} - w_c$$

## VALORES LÍMITE PARA LA DEFORMACIÓN C.T.E.

## 4.3.3.1 Flechas

- 1 Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que:
- a)  $1/500$  en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones, o placas) o pavimentos rígidos sin juntas;
  - b)  $1/400$  en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas;
  - c)  $1/300$  en el resto de los casos.

## VALORES LÍMITE PARA LA DEFORMACIÓN C.T.E.

## 4.3.3.1 Flechas

- 1 Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que:
  - a)  $1/500$  en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones, o placas) o pavimentos rígidos sin juntas;
  - b)  $1/400$  en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas;
  - c)  $1/300$  en el resto de los casos.
- 2 Cuando se considere el confort de los usuarios se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando solamente las acciones de corta duración, la flecha relativa, es menor que  $1/350$ .

## VALORES LÍMITE PARA LA DEFORMACIÓN C.T.E.

## 4.3.3.1 Flechas

- 1 Cuando se considere la integridad de los elementos constructivos, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando sólo las deformaciones que se producen después de la puesta en obra del elemento, la flecha relativa es menor que:
  - a)  $1/500$  en pisos con tabiques frágiles (como los de gran formato, rasillones, o placas) o pavimentos rígidos sin juntas;
  - b)  $1/400$  en pisos con tabiques ordinarios o pavimentos rígidos con juntas;
  - c)  $1/300$  en el resto de los casos.
- 2 Cuando se considere el confort de los usuarios, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones característica, considerando solamente las acciones de corta duración, la flecha relativa, es menor que  $1/350$ .
- 3 Cuando se considere la aparición de la obra, se admite que la estructura horizontal de un piso o cubierta es suficientemente rígida si, para cualquiera de sus piezas, ante cualquier combinación de acciones casi permanente, la flecha relativa es menor que  $1/300$ .

## VALORES LÍMITE PARA LA DEFORMACIÓN C.T.E.

### Capítulo 7 Estados límite de servicio

#### 7.2.(2) Valores límite para las deformaciones

Tabla 7.2a Valores límite de flecha en vigas<sup>1)</sup>

Criterio		Limitación	
Integridad de elementos constructivos	Elementos frágiles	$w_{act} \leq l/500$	
	Elementos ordinarios	$w_{act} \leq l/400$	
	Resto de los casos	Con cielo raso o falso techo de yeso o escayola	$w_{act} \leq l/300$
		Sin cielo raso o falso techo de yeso o escayola	$w_{act} \leq l/200$
Confort de los usuarios	Forjados y vigas de piso	$w_{inst} \leq l/350$	
Apariencia de la obra		$w_{net,fin} \leq l/300$	
<sup>1)</sup> Las definiciones de las deformaciones en vigas pueden encontrarse en el anejo AN 4.1			

## CALCULO DE LAS DEFORMACIONES SEGÚN C.T.E.

### 5. DEFORMACIONES:

Combinaciones	CP	U	P	CP+U	CP+P
Deform.inst: $w_{inst}$ (mm)	0,13	0,71	1,16		
Deform. final: $w_{act}$				0,92	1,44
Def.neta final: $w_{net,fin}$				0,55	0,76

#### LÍMITE A LAS DEFORMACIONES SEGÚN ANEXO NACIONAL ESPAÑOL AL EC-5:

				U	P	
$w_{act}=k_{def} w_G+w_{Q1}+k_{def} \psi_{2,i} w_{Q1}+\sum \psi_{0,i} w_{Qi}+\sum k_{def} \psi_{2i} w_{Qi}$				0,91	1,44	
$w_{inst}=w_{Q1}+\sum \psi_{0,i} w_{Qi}$				0,71	1,16	
$w_{net,fin}=w_G(1+k_{def})+\sum \psi_{2i} w_{Qi}(1+k_{def})-w_c$				0,55	0,76	
<b>INTEGRIDAD:</b>	$w_{act}$	1,44	$\leq \ell / 500$	4,00	36	%
<b>CONFORT:</b>	$w_{inst}$	1,16	$\leq \ell / 350$	5,71	20	%
<b>APARIENCIA</b>	$w_{net,fin}$	0,76	$\leq \ell / 300$	6,67	11	%
<b>Se cumple la verificación de la deformación según AN-EC-5</b>						

$$W_{act(CP-SU)}=0,6*0,13+0,71+0,6*0,3*0,71=0,91$$

$$W_{act(CP-P)}=0,6*0,13+1,16+0,6*0,3*1,16=1,44$$

$$W_{inst(SU)}=0,71$$

$$W_{inst(P)}=1,16$$

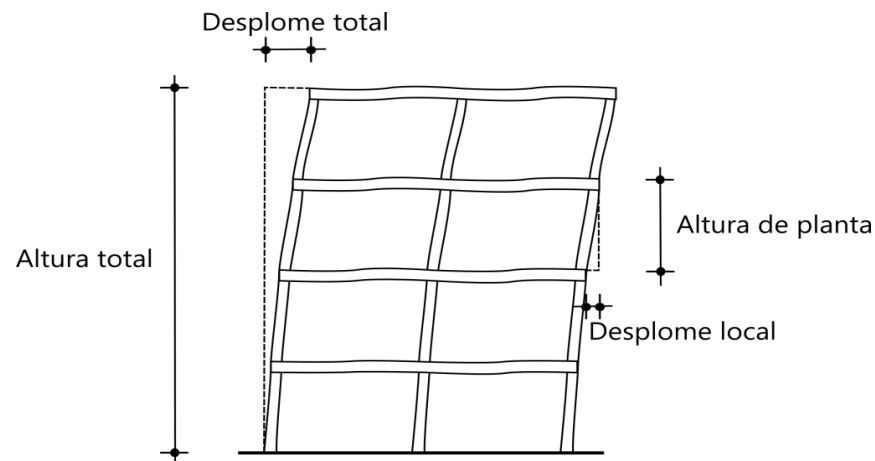
$$W_{net,fin-SU}=0,13*(1+0,6)+0,71*0,3*(1+0,6)-0=0,55$$

$$W_{net,fin-P}=0,13*(1+0,6)+1,16*0,3*(1+0,6)-0=0,76$$

## VALORES LÍMITE PARA LA DEFORMACIÓN C.T.E.

Tabla 7.2b Valores límite de desplazamiento horizontal<sup>2)</sup>

Criterio	Limitación
Integridad de los elementos constructivos	$u_{act} \leq h_t/500$
	$u_{act} \leq h_p/250$
Apariencia de la obra	$u_{t,fin} \leq h_t/250$
	$u_{p,fin} \leq h_p/250$
$h_t$ altura total del edificio $h_p$ altura de la planta considerada	
<sup>2)</sup> Las definiciones de las deformaciones horizontales pueden encontrarse en el anejo AN 4.2	



1. Introducción
2. Deformación de la madera
3. Cálculo de las deformaciones y valores límite según EC-5 y CTE
- 4. Influencia del contenido de humedad en la deformación**

## 8.1. Estados Límite de Servicio (ELS) - Deformaciones



## INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA DEFORMACIÓN

### 1. CAMBIOS DIMENSIONALES

LINEALES PARA CONTENIDOS DE HUMEDAD ENTRE 5-20%

$$\Delta h = h \cdot (\alpha / 100) \cdot \Delta H$$

$\Delta h$ : variación de dimensiones de la pieza

$h$ : dimensión de la pieza

$\Delta H$ : variación del contenido de humedad (%)

$\alpha$ : coeficiente unitario de contracción lineal (‰)

### SIMPLIFICACIÓN $\alpha$ :

$$\alpha_v \approx \rho (\text{Kg/m}^3) / 1000$$

$\rho$ : densidad de la madera ( $\text{Kg/m}^3$ )

COEFICIENTE DE CONTRACCIÓN VOLUMÉTRICA (%)

por cada 1% de variación del contenido de humedad

$$\alpha_o \approx 0.01$$

COEFICIENTE DE CONTRACCIÓN LONGITUDINAL (%)

por cada 1% de variación del contenido de humedad

$$\alpha_{90} \approx \alpha_v / 2$$

COEFICIENTE DE CONTRACCIÓN TRANSVERSAL (%)

por cada 1% de variación del contenido de humedad

## INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA DEFORMACIÓN

### 2. VARIACIONES LONGITUDINALES

### PIEZAS RECTAS

EN GENERAL SE CONSIDERAN DESPRECIABLES, EXCEPTO CUANDO LA  $T^{\circ}$  Y HUM.RELATIVA SON DIFERENTES EN CADA EXTREMO DE LA SECCIÓN. **EJEMPLO:**

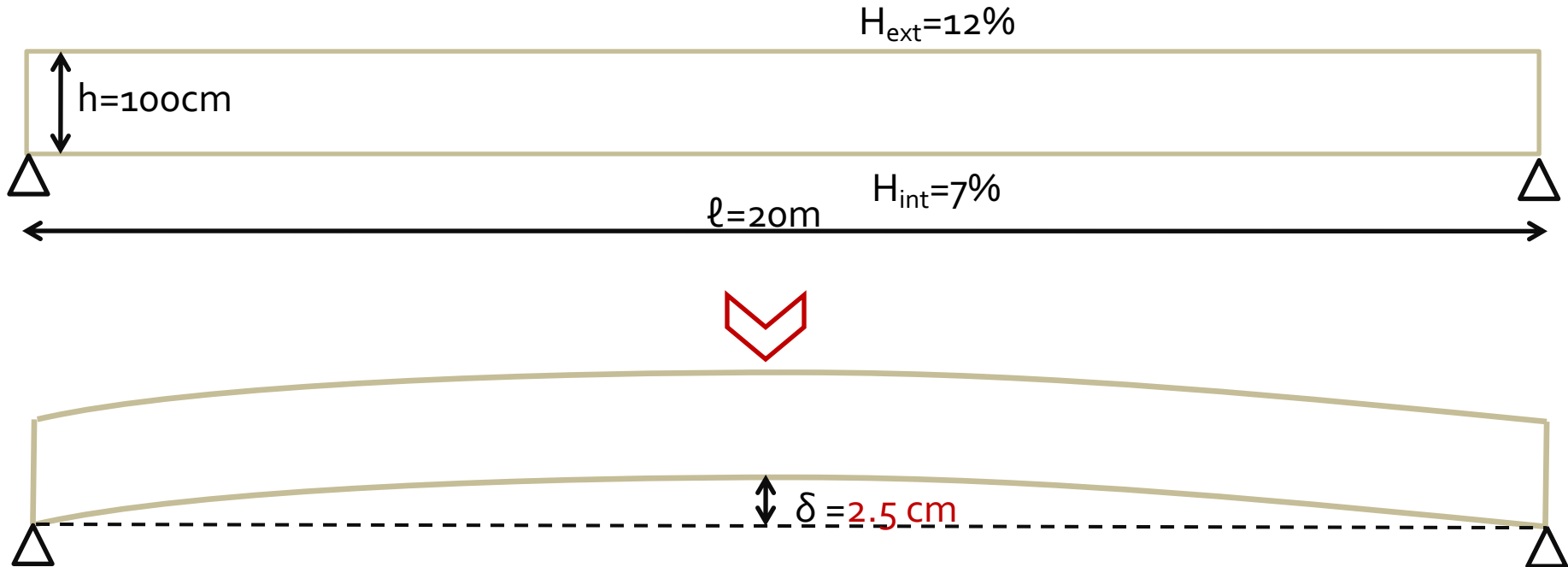


# INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA DEFORMACIÓN

## 2. VARIACIONES LONGITUDINALES

## PIEZAS RECTAS

EN GENERAL SE CONSIDERAN DESPRECIABLES, EXCEPTO CUANDO LA Tª Y HUM.RELATIVA SON DIFERENTES EN CADA EXTREMO DE LA SECCIÓN. **EJEMPLO:**



$$\delta = (c \cdot l^2) / 8$$

$$\delta = (0.000005 \cdot 2000^2) / 8 = 2.5 \text{ cm}$$

$$c = (\alpha_o \cdot \Delta H) / h$$

$$c = (0.01 \cdot (0,05)) / 100 \\ = 0.000005 \text{ 1/cm}$$

$\delta$ =desplazamiento producido

$h$ = canto de la viga

$l$ = largo de la viga

$\Delta H$ = variación de humedad de la madera

$\alpha_o$ = Coeficiente de contracción longitudinal de la madera por cada 1% de variación de humedad.  $\alpha_o = 0,01$  (CH entre 5-20%)

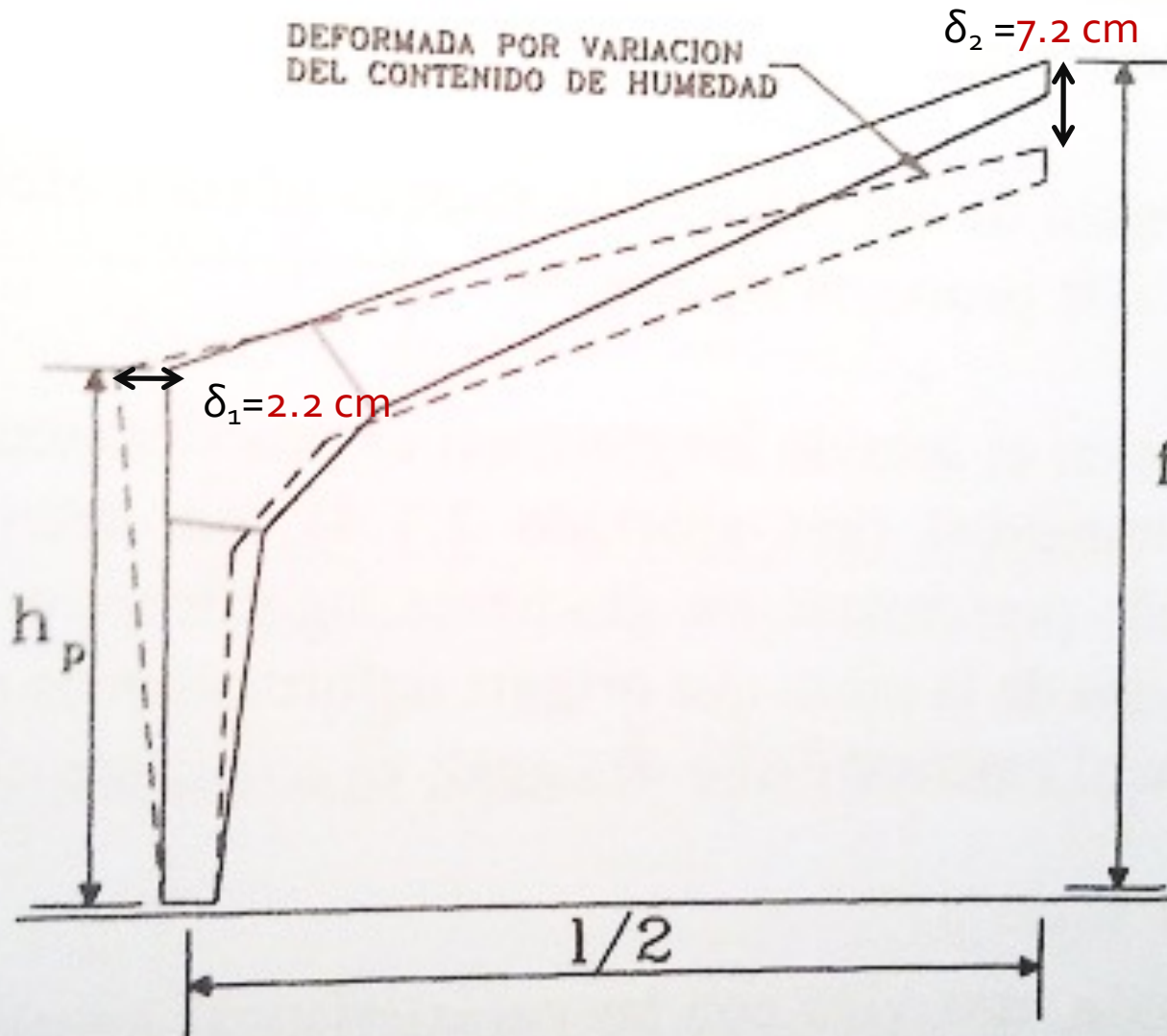
$c$ =curvatura de la pieza

## INFLUENCIA DEL CONTENIDO DE HUMEDAD EN LA DEFORMACIÓN

## 3. VARIACIONES TRANSVERSALES

## PÓRTICO TRIARTICULADO A DOS AGUAS

DEFORMADA POR VARIACION  
DEL CONTENIDO DE HUMEDAD



EJEMPLO:

$$l = 20 \text{ m}$$

$$h_p = 6 \text{ m}$$

$$f = 9 \text{ m}$$

$\Delta H = 5\%$  (disminución contenido humedad uniforme)

$$\alpha_{90} = 0.2$$

Se producen giros en las esquinas, dando lugar a desplazamientos verticales y horizontales.

Si es una estructura hiperestática, se producirá un incremento de tensiones, al impedirse la libertad de movimientos.



# Ejercicios

Letra

## Examen diciembre 2020

### Ejercicio 1

Sea una viga simplemente apoyada, de 1500 mm de luz.

La viga es de madera aserrada, clase resistente C24 y clase de uso 4, y tiene una sección transversal rectangular de 75 x 150 mm<sup>2</sup>.

Sobre la viga actúan dos cargas gravitatorias:

1. una carga permanente distribuida de 1.5 kN/m (incluye el peso propio de la viga);
2. una carga variable concentrada móvil (puede actuar en cualquier punto de la viga) de 3.0 kN, de duración corta, y que tiene asociada un  $\psi_2 = 0.3$ .

Letra

## Examen diciembre 2020

### Ejercicio 1

#### Parte b

Calcular la deflexión instantánea máxima asociada únicamente a la carga puntual. Ingresar el valor en mm, con al menos dos cifras después de la coma.

#### Parte c

Asumiendo que la flecha instantánea debida al peso propio vale 1.2 cm y teniendo en cuenta el valor correcto de flecha instantánea debida a la carga variable (parte b), determinar la componente de flecha diferida a tiempo infinito. Ingresar la flecha en mm, con al menos dos cifras después de la coma.

Notas:

- Se pide la componente de flecha diferida debida a las dos cargas, no la flecha total.
- La flecha instantánea debida al peso propio no es real. El valor dado se genera de forma aleatoria para reducir la cantidad de cuentas necesarias del ejercicio. Usar el valor proporcionado, por más que no sea correcto.

Letra

Examen marzo 2021

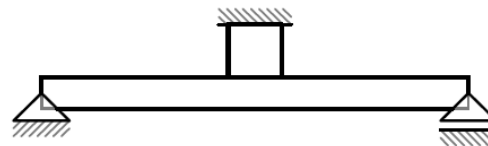
## Ejercicio 2

Se está estudiando la influencia de la variación de humedad en una estructura particular, fabricada de madera aserrada de pino (*Pinus elliottii/taeda*) nacional ( $E_{mean} = 7.14$  GPa).

Taco cúbico:  $L_{taco} = 11$  cm (a la humedad inicial)  
 $\Delta L_{taco} = 1.3342$  mm

### Parte b

La estructura bajo estudio, representada en la figura, consiste en una viga simplemente apoyada, de sección rectangular  $110 \times 280$  mm<sup>2</sup> y luz 3.00 m. El taco, que tiene las fibras orientadas en el eje perpendicular al plano de la figura, tiene las mismas dimensiones que en la parte anterior.



Asumiendo que toda la estructura sufre la variación de humedad calculada antes y despreciando el peso propio, determinar el cortante máximo que se genera en la viga de la estructura. Expresar el valor en kN, con dos cifras después de la coma.

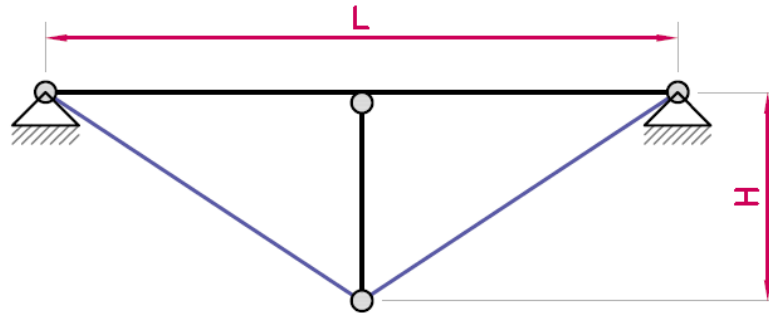


Letra

Examen julio 2021

## Ejercicio 2

Considérese una viga de madera atensorada, de  $L = 2.70$  m de luz y  $H = 1.40$  m de altura total, tal cual se representa en la figura. La viga y el puntal están fabricados de madera laminada encolada (de conífera), clase GL32h ( $E_{0,g,mean} = 14.2$  GPa y  $G_{g,mean} = 0.65$  GPa); mientras que el tensor es de acero ( $E_s = 210$  GPa).



La viga tiene una sección transversal rectangular de  $110 \times 260$  mm<sup>2</sup>, el puntal tiene una sección rectangular de  $110 \times 100$  mm<sup>2</sup> (mismo ancho), y el tensor tiene una sección circular maciza de 24 mm de diámetro. Sobre la viga actúa una única carga permanente uniformemente distribuida de 5.5 kN/m.

Letra

## Examen julio 2021

**Ejercicio 2**

## Parte a

Calcular la directa de compresión de diseño del puntal para la situación persistente (en ELU). Para el cálculo, considerar solo las deflexiones debidas a las deformaciones instantáneas (descartar las deformaciones diferidas). Además, despreciar las deformaciones por directa en el puntal y por tensiones perpendiculares a la fibra en la viga. Ingresar el valor absoluto de la fuerza, en kN, con al menos dos cifras después de la coma.

## Parte b

Determinar el coeficiente de verificación de la comprobación a cortante ( $\tau_d/f_{v,d}$ ), asumiendo una clase de uso 3.1. Ingresar el coeficiente con al menos tres cifras después de la coma.

## Parte c

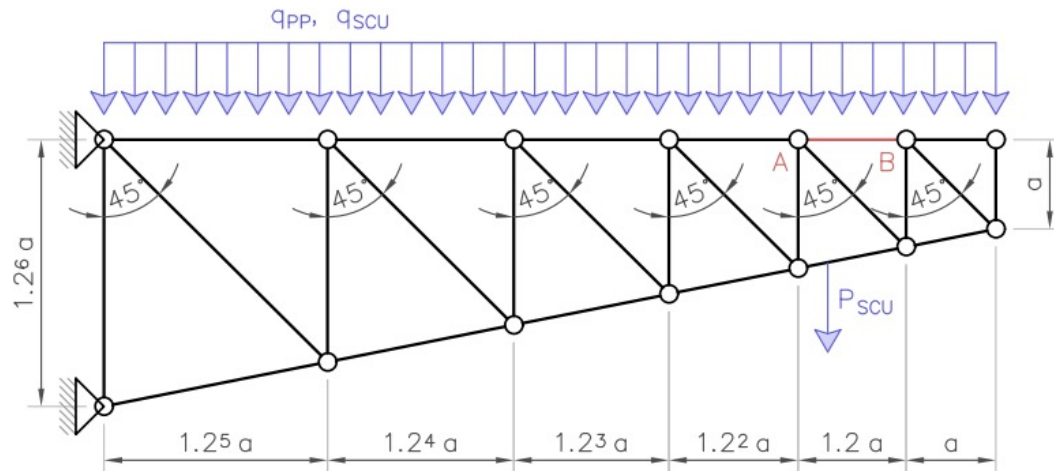
En la situación accidental de incendio se considera que el puntal está expuesto en las dos caras y en los dos cantos. Calcular el tiempo máximo que resiste el puntal en la situación de incendio. Ingresar el tiempo en min, con al menos una cifra después de la coma.

Letra

Examen diciembre 2021

## Ejercicio 1

Sea una cercha con la geometría bosquejada en la figura, en la que  $a = 0.80$  m. La estructura se encuentra protegida de manera que puede considerarse clase de uso 1.



Todos los elementos son de madera aserrada de eucalipto nacional ( $f_{m,k} = 21.5$  MPa,  $f_{t,0,k} = 12.9$  MPa,  $f_{c,0,k} = 19.9$  MPa,  $f_{v,k} = 3.6$  MPa,  $E_m = 12$  GPa y  $G_m = 0.75$  GPa), tienen una sección de  $40 \times 90$  mm<sup>2</sup>, y están orientados de manera que la flexión se da según el eje de mayor inercia. Todos los nodos representan articulaciones para los elementos en contacto, y están arriostrados en la dirección perpendicular. Los dos nodos de la izquierda están vinculados a tierra mediante apoyos fijos, de manera que la cercha se encuentra empotrada.

Letra

Examen diciembre 2021

**Ejercicio 1**

Sobre la cercha actúan tres cargas: una carga permanente distribuida  $q_{PP} = 1.8$  kN/m aplicada sobre el cordón superior; una sobrecarga de uso distribuida  $q_{SCU} = 1.8$  kN/m aplicada sobre el cordón superior; y una sobrecarga de uso puntual  $P_{SCU} = 3$  kN, cuyo punto de acción varía en todo el cordón inferior. En el problema, se desprecian las cargas permanentes debidas al peso propio de los elementos estructurales. Las dos sobrecargas de uso se consideran con orígenes distintos, ambas de duración corta, y con los coeficientes de simultaneidad indicados en la tabla a continuación.

Sobrecarga de uso	$\psi_0$	$\psi_1$	$\psi_2$
Distribuida	0.8	0.5	0.2
Puntual	0.5	0.2	0

## Parte c

Sabiendo que la deflexión vertical (para la combinación cuasipermanente) del nodo A es 1.0 mm y la del nodo B es 2.0 mm, calcular la deflexión vertical del punto medio del elemento AB (indicado en rojo) para la combinación cuasipermanente. Ingresar la flecha en mm, con al menos dos cifras después de la coma.

Letra

Examen febrero 2022

## Ejercicio 2

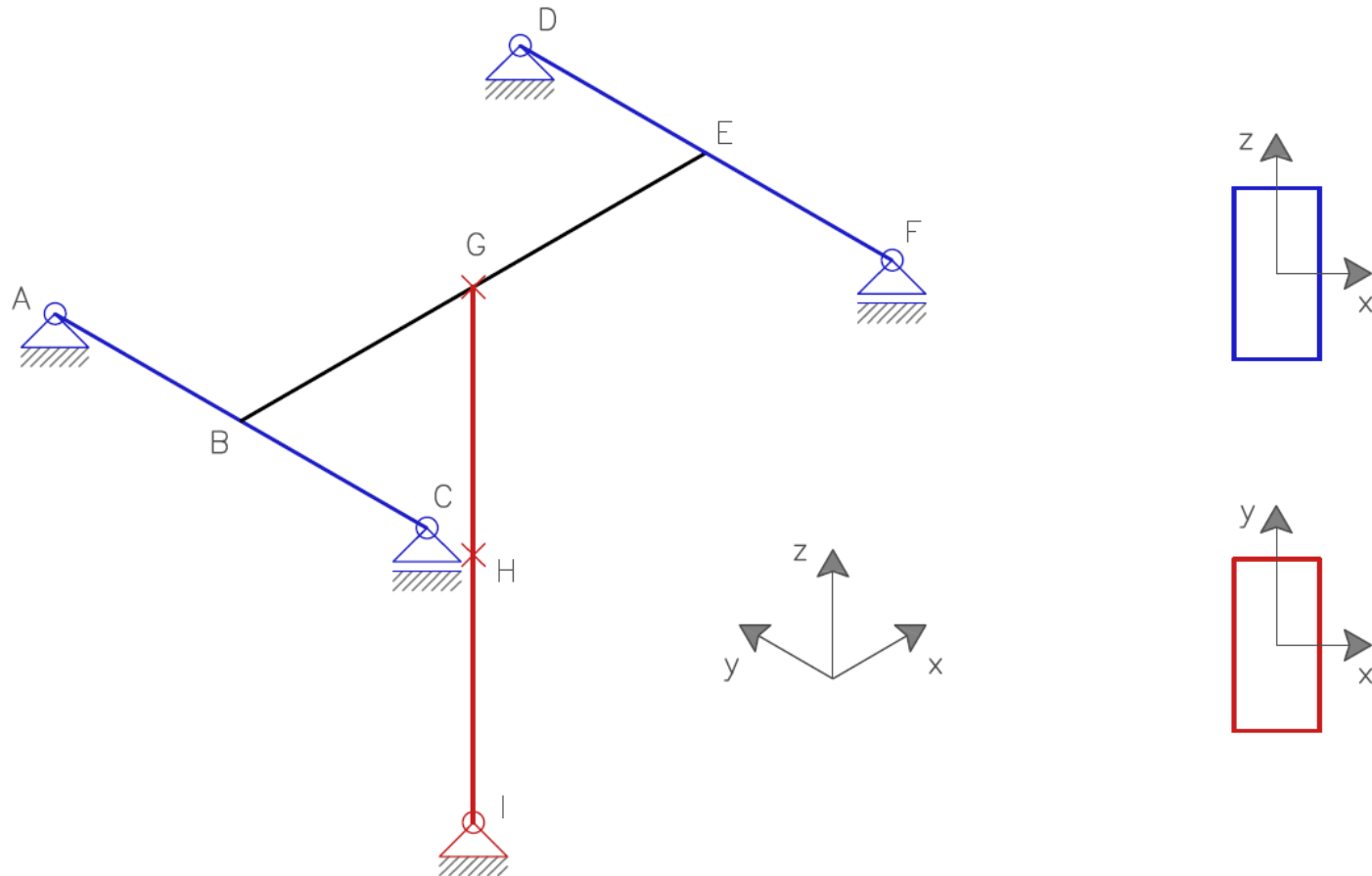
Considérese la estructura simétrica tridimensional representada a la izquierda de la figura. La estructura consiste en dos vigas ABC y DEF (representadas en azul) de madera laminada encolada de conífera, clase resistente GL32h ( $E_{0,mean} = 13.7$  GPa,  $E_{0,05} = 11.1$  GPa y  $G = E_0/16$ ), de sección rectangular 130 x 550 mm y de 3.5 m de luz. Al centro de estas vigas descarga otra viga BGE (representada en negro) de 4.5 m de luz que, a los efectos del ejercicio, puede suponerse completamente rígida. Por último, la viga BGE apoya al centro en un pilar GHI (representado en rojo) de la misma madera que las vigas ABC y DEF, de sección rectangular 130 x 220 mm y de 4.1 m de luz. El pilar se encuentra arriostrado en las direcciones  $x$  e  $y$  en los nodos G e I, y solamente en la dirección  $x$  en el nodo H (al centro de GI). A la derecha de la figura se presentan las orientaciones de las secciones de madera.

Sobre la estructura actúan solamente dos cargas: una debida a las cargas permanentes, uniformemente distribuida sobre los elementos ABC, DEF y BGE, de valor 4 kN/m; y una debida a la sobrecarga de uso ( $\psi_0 = 0.8$ ,  $\psi_1 = 0.5$  y  $\psi_2 = 0.2$ ), puntual aplicada en G, de valor 30 kN. Se desprecian las cargas de peso propio (ya incluidas en la carga distribuida).

Letra

Examen febrero 2022

## Ejercicio 2



Letra

## Examen febrero 2022

### Ejercicio 2

#### Parte a

Calcular la deflexión en el punto B para la combinación de acciones correspondiente a la situación accidental de incendio que contiene la sobrecarga de uso. Ingresar el valor en mm, con al menos tres cifras después de la coma. (Nota: a modo de simplificación, realizar el cálculo sin reducir las secciones ya que no se conoce el tiempo de exposición).

#### Parte b

En la situación accidental de incendio se considera que el pilar está expuesto en las dos caras y en los dos cantos. Calcular el tiempo máximo que resiste el pilar en la situación de incendio para la misma combinación de la parte anterior. Ingresar el tiempo en min, con al menos una cifra después de la coma. (Ayuda: notar que la deflexión del punto B y del punto G son iguales, por lo que se puede usar el valor correcto de la parte anterior para hallar la directa en caso de que la estructura se haya resuelto de forma incorrecta).

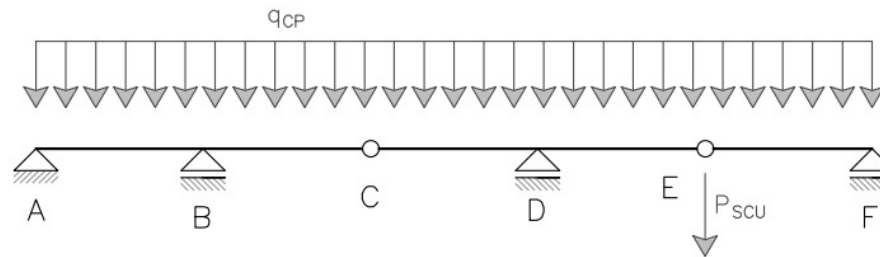
Letra

Examen marzo 2022

**Ejercicio 1**

La estructura de la figura está ubicada en el interior de una piscina climatizada. Consiste en una viga Gerber compuesta por tres vigas ABC, CDE y EF de madera aserrada, clase resistente C30, con una sección constante de 70 mm de ancho y alto a determinar.

$$h = 71.9 \text{ mm}$$



Sobre la estructura actúan dos cargas: una debida a las cargas permanentes, uniformemente distribuida sobre los elementos ABC, CDE y EF, de valor 0.9 kN/m; y una debida a la sobrecarga de uso ( $\psi_0 = 0.5$ ,  $\psi_1 = 0.3$  y  $\psi_2 = 0.2$ ), puntual aplicada en E, de valor 1.7 kN y duración corta. Se desprecian las cargas de peso propio, ya incluidas en la carga distribuida.

Para el cálculo considerar las siguientes distancias entre puntos:  $\overline{AB} = 1.1 \text{ m}$ ,  $\overline{BC} = 0.9 \text{ m}$ ,  $\overline{CD} = 0.8 \text{ m}$ ,  $\overline{DE} = 1.2 \text{ m}$  y  $\overline{EF} = 0.9 \text{ m}$ . Además, no aplica el factor de carga compartida.

**Parte b**

Despreciando la deformación por corte ( $G \rightarrow +\infty \text{ GPa}$ ) en toda la viga Gerber, determinar la componente diferida (a tiempo infinito) de la deflexión en el punto C. Ingresar la deflexión en valor absoluto en mm, con al menos una cifra después de la coma.





[www.cetemas.es](http://www.cetemas.es)

**GRACIAS  
POR LA  
ATENCIÓN**