

NCh 2165

- determinación de propiedades mecánicas admisibles de madera laminada encolada de pino radiata:
 - Criterios básicos

- NCh 2148 - Madera laminada encolada estructural - Requisitos, métodos de muestreo e inspección.
- NCh 2149 - Madera — Madera aserrada — determinación del módulo de elasticidad en flexión- Método de ensayo no destructivo.
- NCh2150 - Madera Laminada encolada – Clasificación mecánica y visual de la madera de Pino radiata.
- NCh 2165 - Tensiones Admisibles para la madera laminada encolada estructural de pino Radiata.

Criterio de clasificación visual de madera aserrada destinada a la fabricación de láminas, según NCh 2150

característica	Grado A	Grado B
Suma de nudos y agujeros en cualquier tramo de 30 cm	$RAN \leq 0,35$	$RAN \leq 0,50$
Arista faltante	≤ 4 mm, en un canto	
bolsillos	secos, ancho ≤ 3 mm y largo $\leq a$	
Desviación fibra	$\leq 1 : 10$	$\leq 1 : 8$
Grietas y rajaduras	$\alpha > 45^\circ$ c/r cara	
Pudrición y perforación	No se acepta	
Velocidad de crecimiento	$\geq 0,8$ anillos / cm	$\geq 0,7$ anillos / cm

RAN : razón de área nudosa

a : ancho de tabla

α : ángulo entre el plano de fisuración y un plano paralelo a las caras de la lámina, medido en un plano transversal

Tabla Grado A

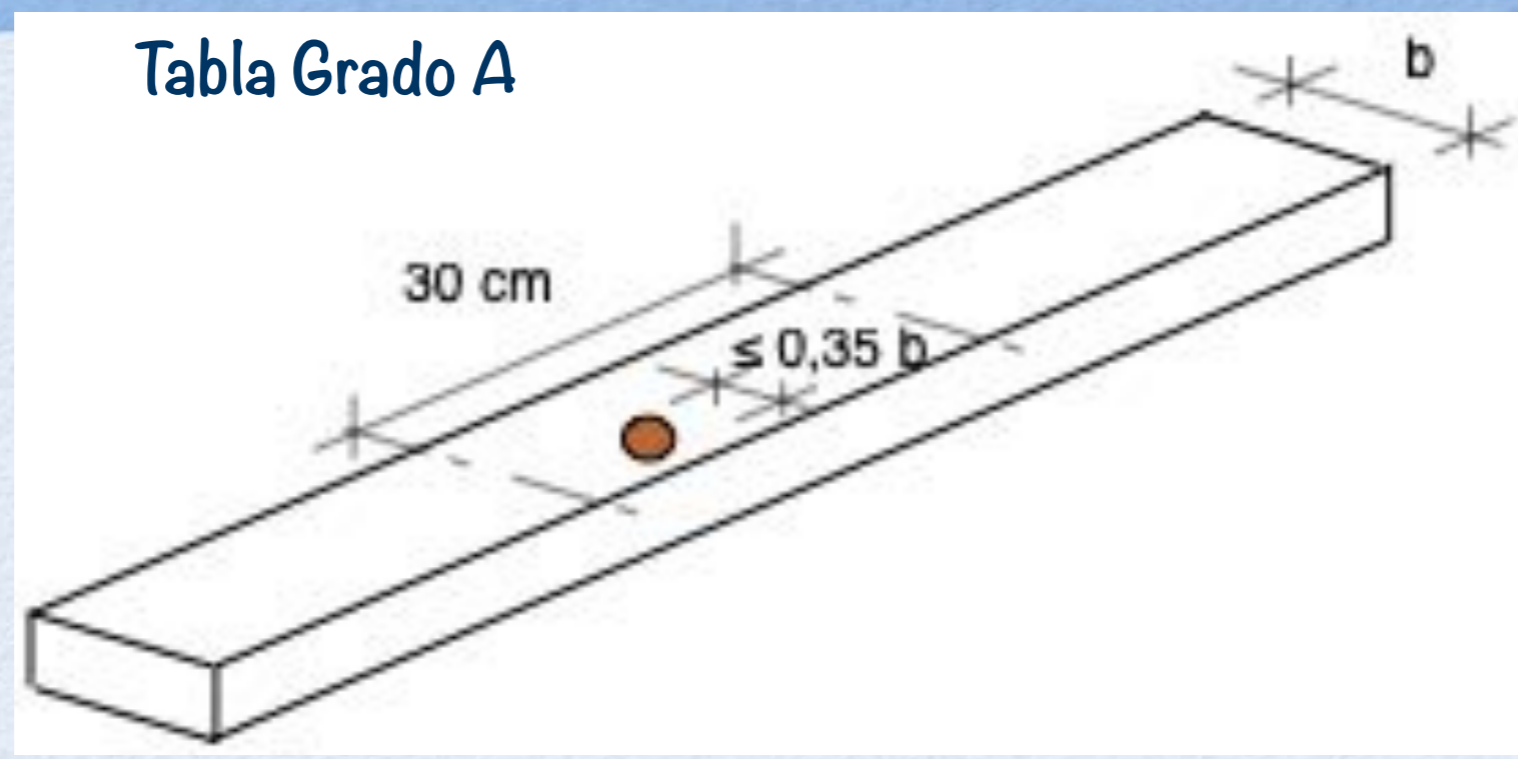
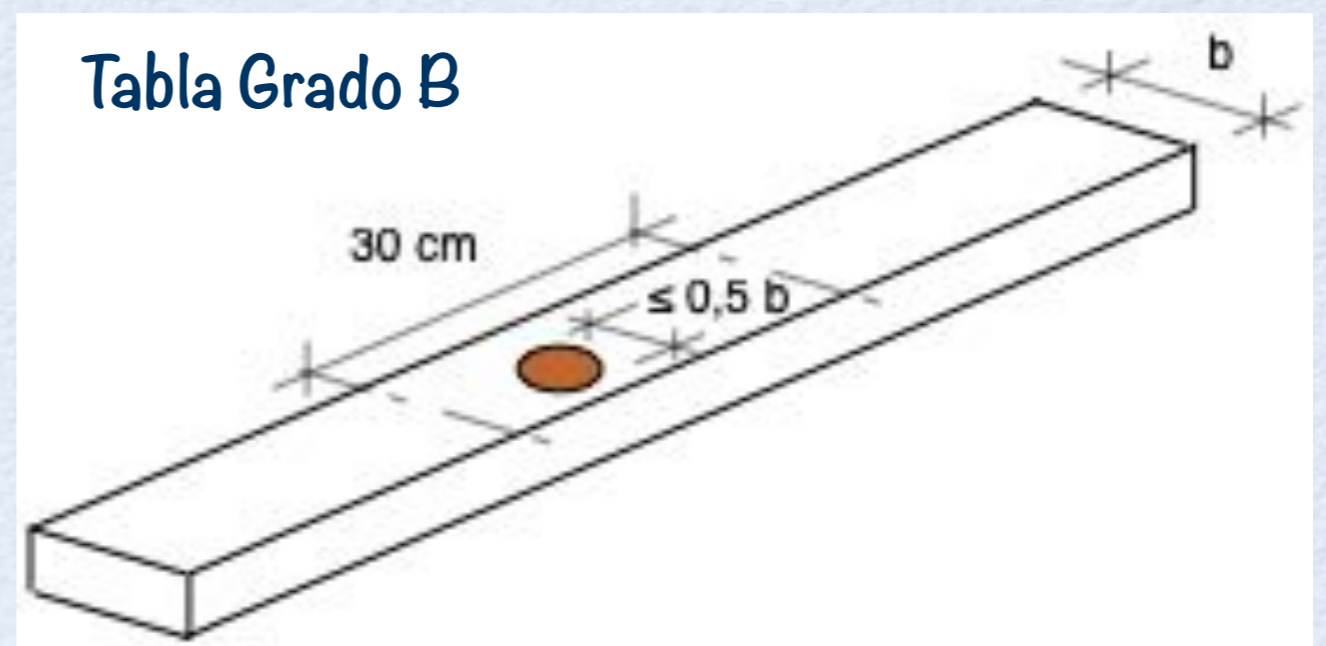


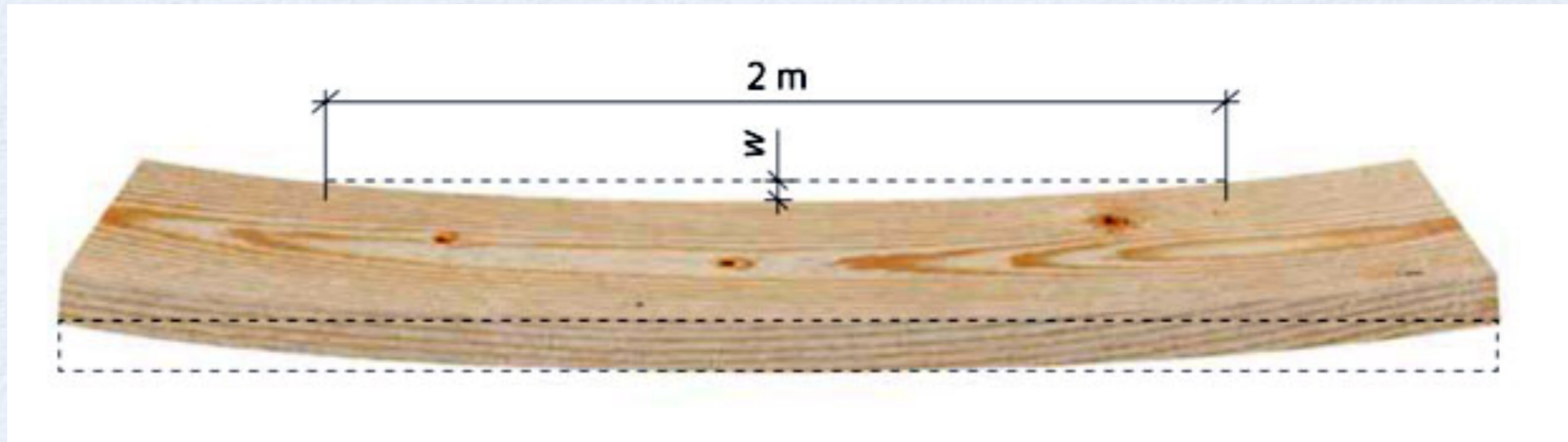
Tabla Grado B



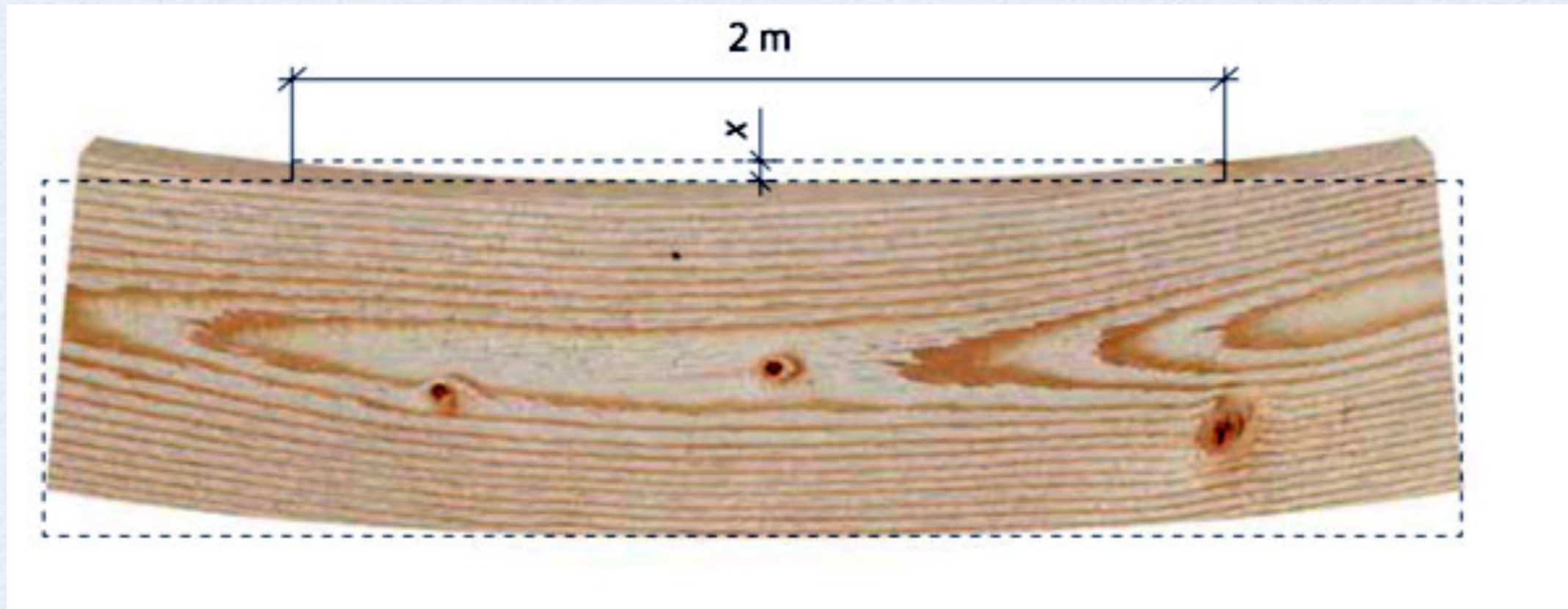
Exigencias complementarias

- Alabeos
 - Arqueaduras, encorvaduras y torceduras $\leq L/300$
 - Acanaladuras: ≤ 1 mm si $100 \leq a \leq 150$ y $t \leq 38$ mm
 - ≤ 3 mm si $a \geq 200$ mm y $t = 25$ mm
 - ≤ 2 mm si $a \geq 200$ mm y $t = 38$ mm
 - ≤ 1 mm si $a \geq 200$ mm y $t = 50$ mm
 - si 250 mm $< a < 200$ mm, interpolar linealmente
 - Se acepta madera manchada y con presencia de médula en el Grado B, excepto en láminas exteriores

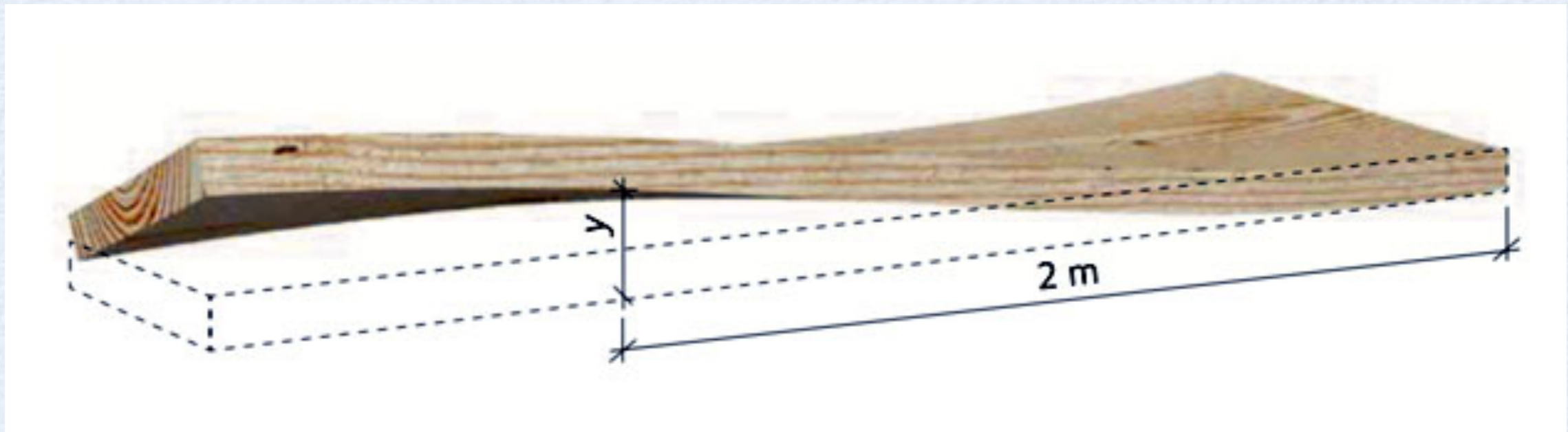
arqueadura



encorvadura



torcedura

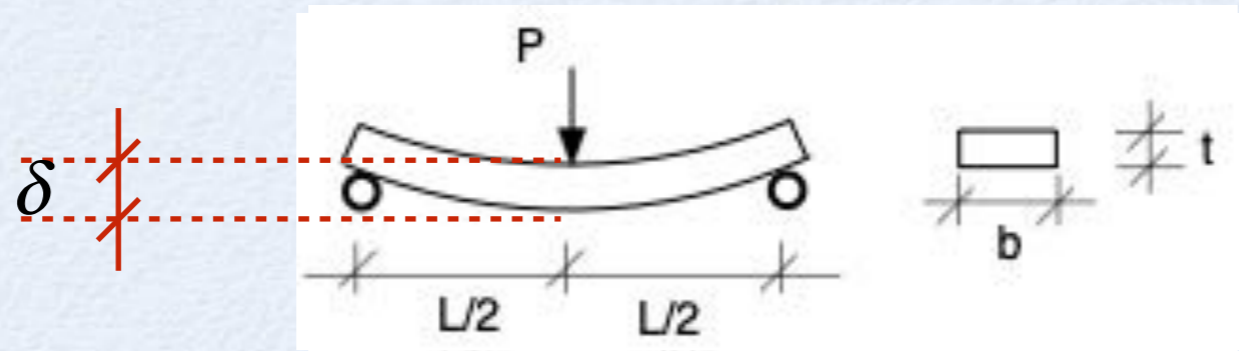


acanaladura



Clasificación mecánica

Grado	Módulo de Elasticidad Aparente, E_f [MPa]
A	$E_f \geq 9.000$
B	$9.000 > E_f \geq 4.000$



$$E = \frac{L^3}{4 * b * t^3} * \frac{P}{\delta} \quad \text{MPa}$$

con L : distancia entre apoyos, en mm, $\geq 60 t$

b : ancho de la pieza ensayada, en mm,

t : espesor de la pieza ensayada, en mm,

P : carga aplicada, en N,

δ : descenso inducido a mitad de luz por la carga aplicada, en mm

Tensiones admisibles de piezas de MLE

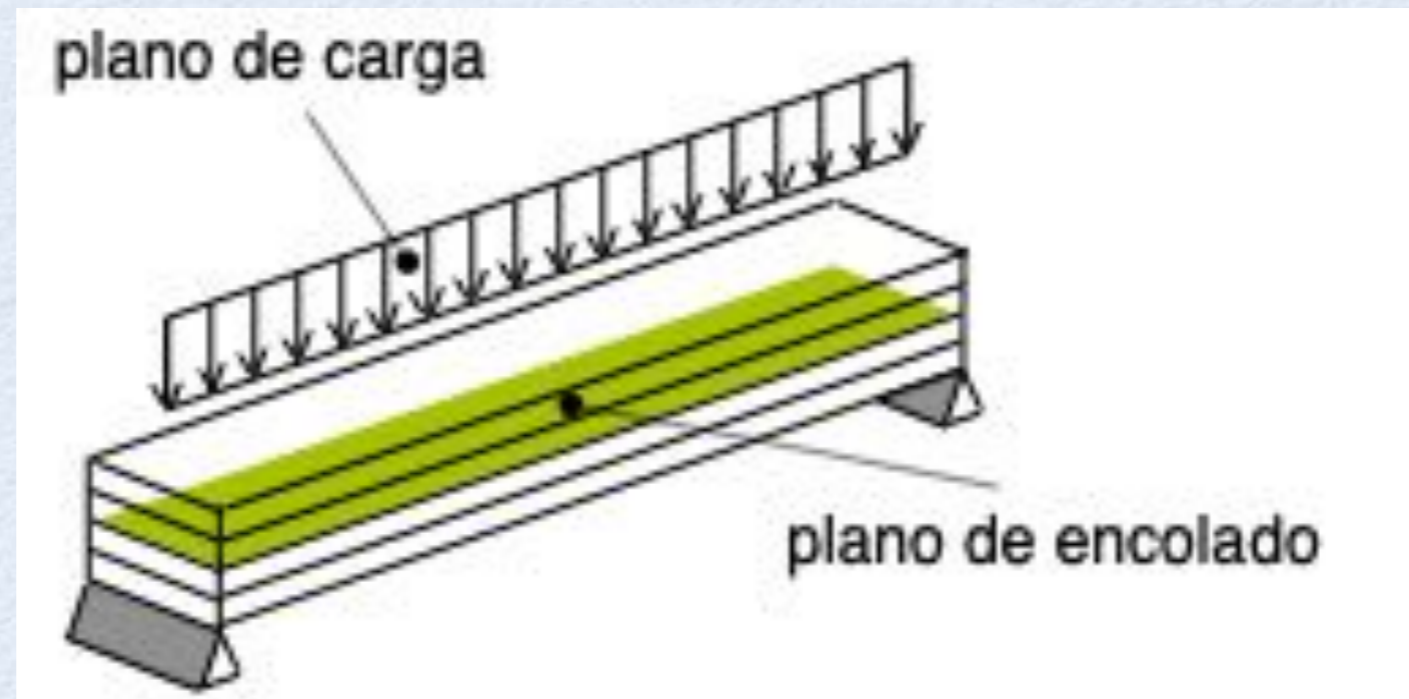
$$F = F_b * RR$$

F : tensión básica

RR : razón de resistencia

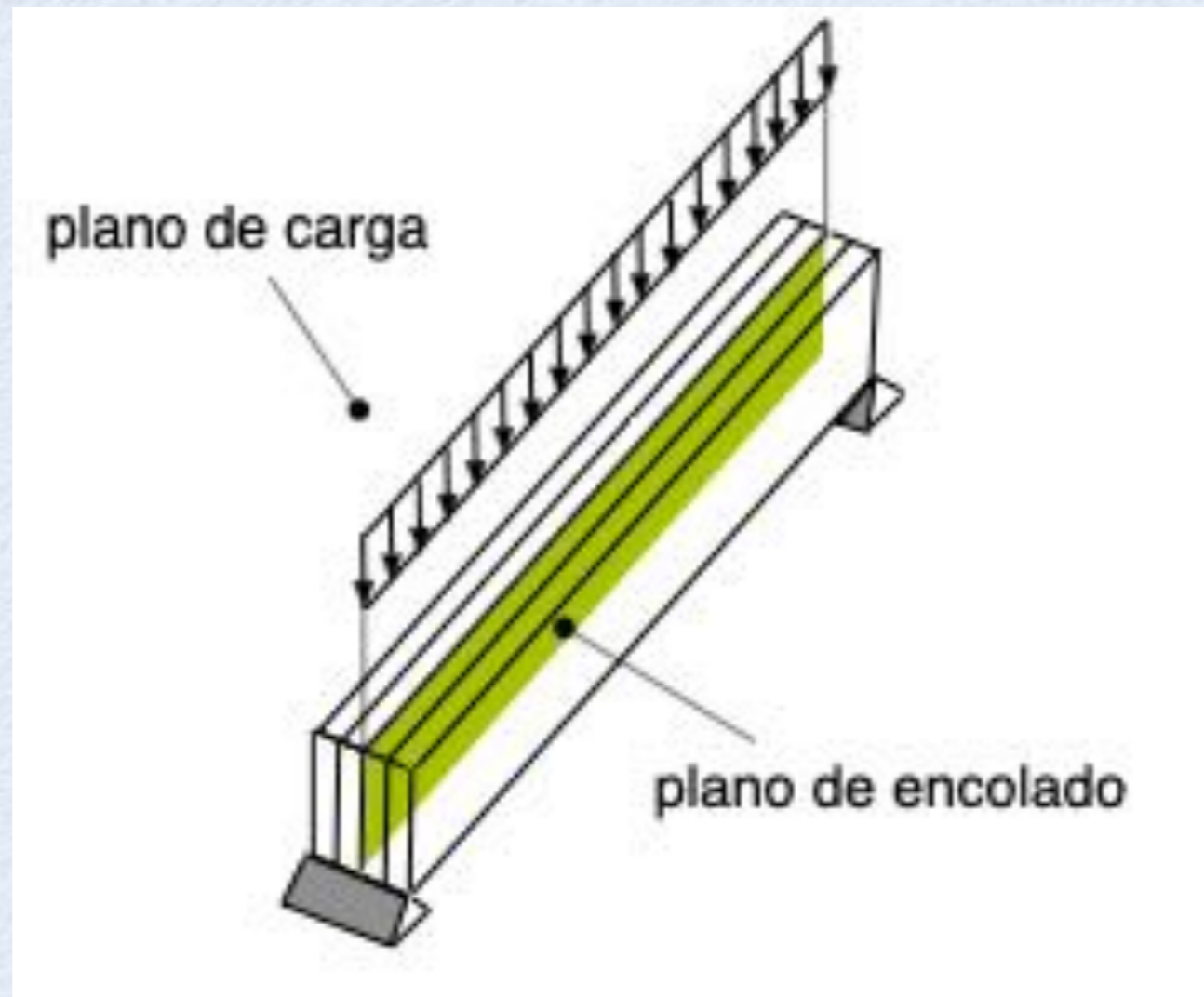
Tensiones admisibles de vigas de MLE

Funcionamiento en laminación horizontal



Tensiones admisibles de vigas de MLE

Funcionamiento en laminación vertical



Propiedades mecánicas básicas [MPa], NCh 2165

Grado	Tensiones básicas de laminación horizontal						Módulo de Elasticidad	
	Flexión F _{b,f}	comp.par. F _{b,cp}	tracc.par. F _{b,tp}	Cizalle F _{b,cz}	comp.nor m.	tracc.nor m.	Flexión	Axial
A	19	13	9,3	1,3	2,8	0,43	11.000	10.000
B	19	13	6,3	1,3	2,8	0,43	9.000	8.000

tensión admisible de flexión

vigas homogéneas

Tensión admisible de flexión

$$F_{f, lh} = F_{b, f, lh} \cdot RR_{f, lh} \cdot k$$

$RR_{f, lh}$: razón de resistencia en flexión

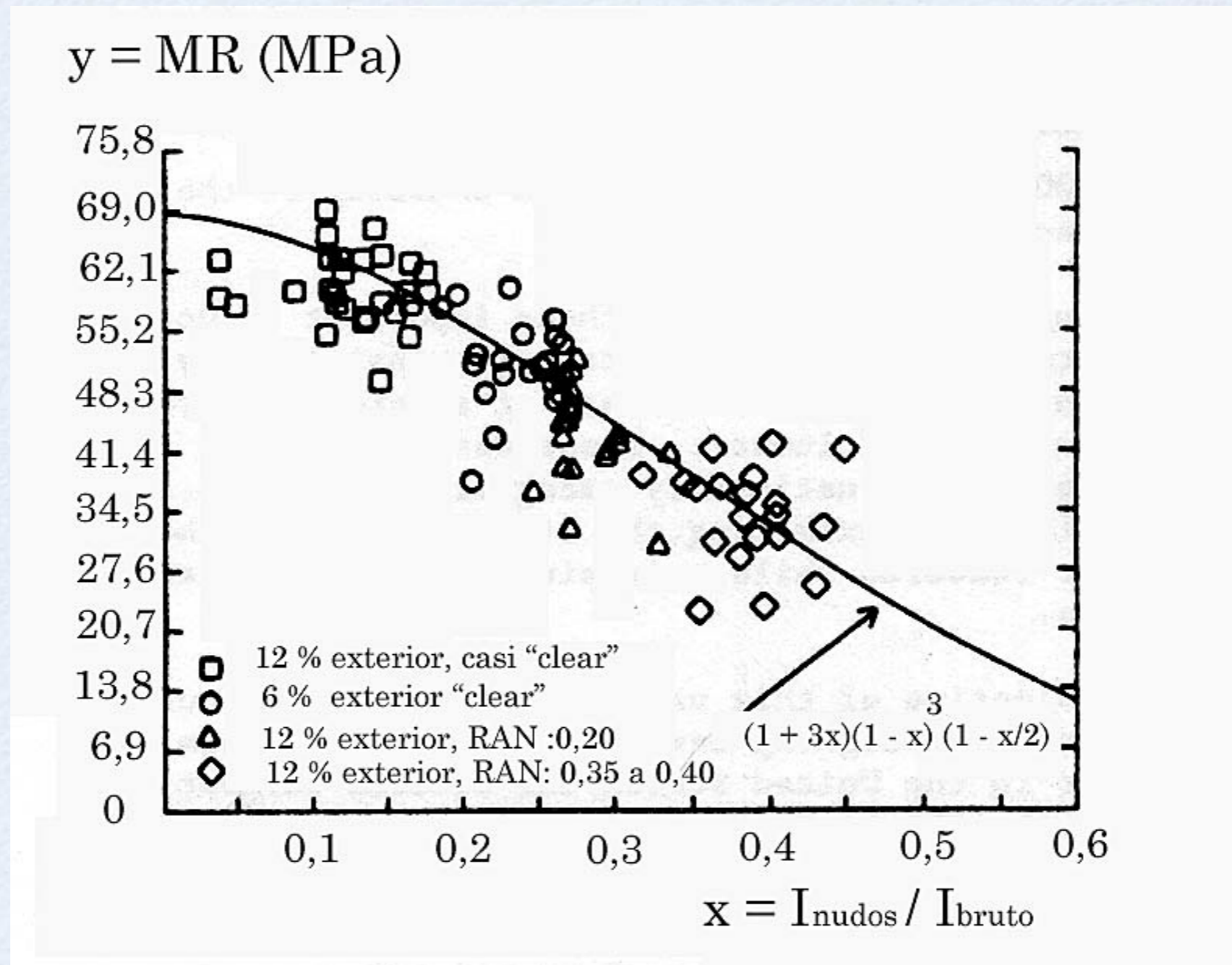
$F_{b, f, lh}$: tensión básica de flexión en lh

K : factor de corrección

$K = 0,85$. Para alturas de sección ≤ 375 mm

$K = 0,75$. Para alturas de sección > 375 mm

Efecto de las nudosidades sobre la resistencia de flexión



Razón de resistencia por nudosidades

$$R_i = \bar{x}_i + d_i * \frac{\sqrt{\sum_0^n z^2}}{\sum_0^n z}$$

Parámetros estadísticos de nudos definidos en NCh 2165

Grado de lámina	\bar{x}_i	d_i
A	0,110	0,620
B	0,145	0,695

$$RR_f = \left(1 + 3 * R_i\right) * \left(1 - R_i\right)^3 * \left(1 - \frac{R_i}{2}\right)$$

Límites numéricos para las razones de resistencia

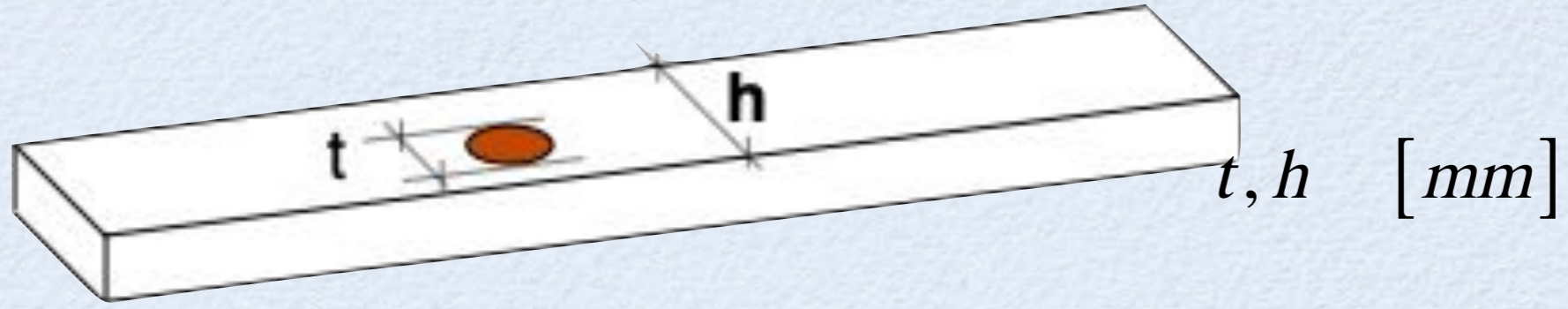
Razones de resistencia máxima por concepto de inclinación de fibra en vigas fabricadas con láminas clasificadas visualmente, NCh 2165.

Grado	RRf máxima	RRf máxima
	zona flexotraccionada	zona flexo comprimida
A	0,61	0,74
B	0,53	0,66

Razones de resistencia mínimas en vigas fabricada con láminas clasificadas mecánicamente, NCh 2165.

Grado	RR mínima	RR mínima
	flexión	compresión paralela
A	0,58* (0,55)	0,56
B	0,45* (0,50)	0,50

Razones de resistencia por concepto de nudosidades en piezas de madera aserrada de especies coníferas: ASTM D245



$RR \leq 45\%$

$$RR = 100 \cdot \left[1 - \frac{t - 1,1}{h} \right]$$

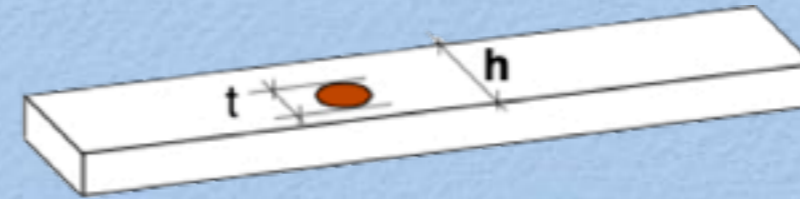
$RR \geq 45\%$

$h \leq 152 \text{ mm}$

$$RR = 100 \cdot \left[1 - \frac{t - 1,1}{h + 9,5} \right]$$

$h > 152 \text{ mm}$

$$RR = 100 \cdot \left[1 - \frac{t - 1,1}{h + 12,7} \right]$$



Láminas Grado A: RAN ≤ 0,35							
h	mm	65	90	115	138	185	Promedio
t	mm	22,75	31,5	40,25	48,3	64,75	
RR	ASTM D245	0,709	0,694	0,685	0,680		0,692
RR-0,10	Walford	0,609	0,594	0,585	0,580		0,592
RR	ASTM D245					0,678	
RR-0,10	Walford					0,578	0,578
Láminas Grado B: RAN ≤ 0,50							
h	mm	65	90	115	138	185	Promedio
t	mm	32,5	45	57,5	69	92,5	
RR	ASTM D245	0,578	0,559	0,547	0,539		0,556
RR-0,10	Walford	0,478	0,459	0,447	0,439		0,456
RR	ASTM D245					0,537	
RR-0,10	Walford					0,437	0,437

Vigas homogéneas Grado A

$$F_f = F_{b,f} \cdot RR_f \cdot k = 19 \cdot 0,58 \cdot k = 11 \cdot k \quad [MPa]$$

Vigas homogéneas Grado B

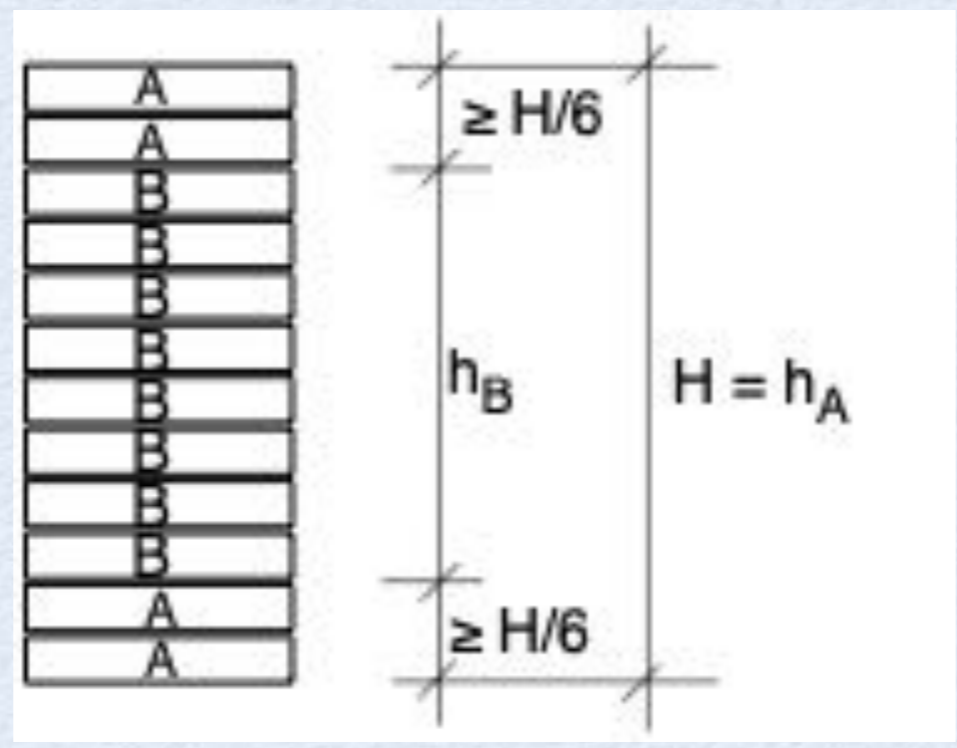
$$F_f = F_{b,f} \cdot RR_f \cdot k = 19 \cdot 0,45 \cdot k = 8,55 \cdot k \quad [MPa]$$

Módulo de elasticidad

$$E_f = 0,95 * E_b$$

- tensión admisible de flexión
 - vigas con dos calidades de láminas

- Si se respeta la regla de armado A-B-A:
- $1/6 h - 2/3 h - 1/6 h$

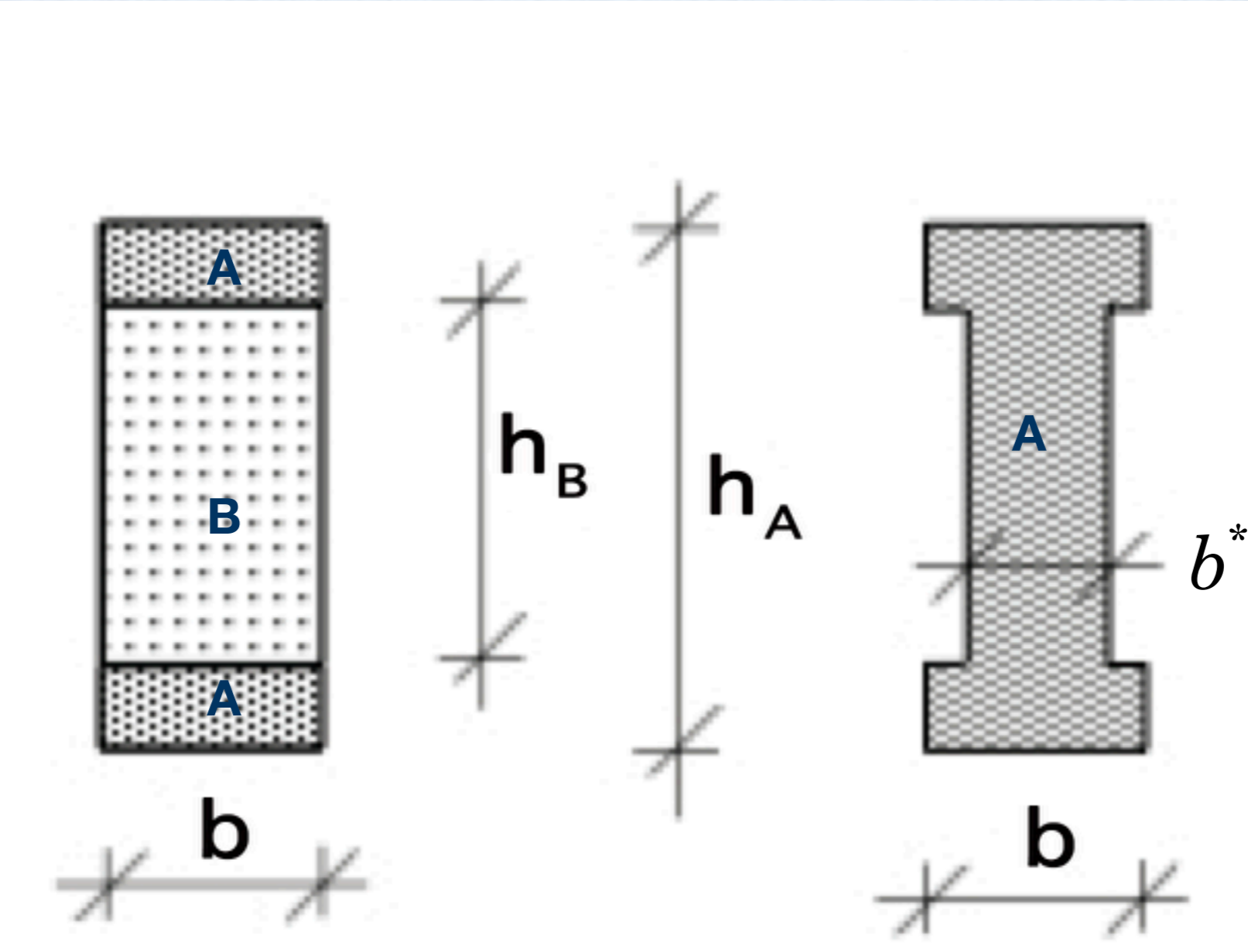


$$F_f = F_{b,f,A} \cdot RR_{f,AB} \cdot T_I \cdot k$$

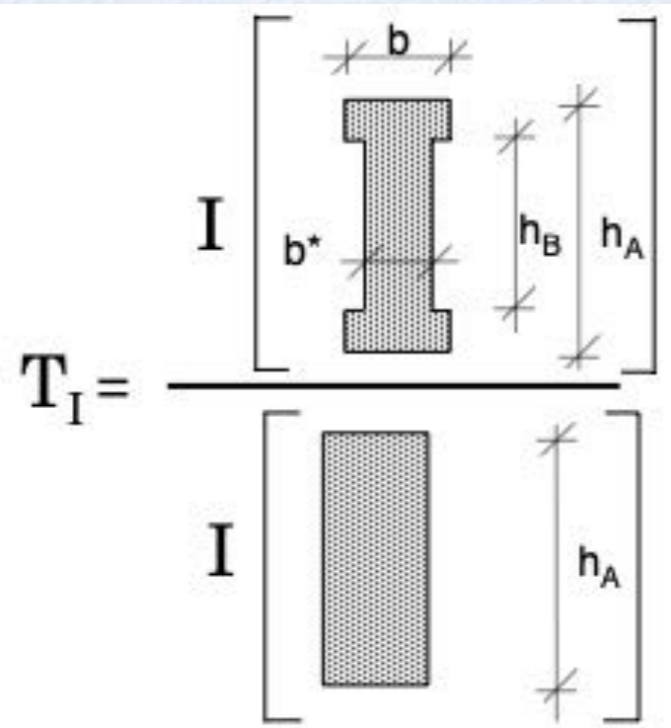
$$R_{AB} = \frac{1}{\sum_0^{n_A} Z} \cdot \left\{ \bar{x}_A \cdot \sum_0^{n_A} Z + \left(\frac{E_{b,B}}{E_{b,A}} \right) \cdot \bar{x}_B \cdot \sum_0^{n_B} Z + \sqrt{d_A^2 \cdot \sum_0^{n_A} Z^2 + \left(\frac{E_{b,B}}{E_{b,A}} \cdot d_B \right)^2 \cdot \sum_0^{n_B} Z^2} \right\}$$

$$R_B = \bar{x}_B + d_B * \frac{\sqrt{\sum_0^{n_B} Z^2}}{\sum_0^{n_B} Z}$$

$$RR_{f,i} = (1 + 3 * R_i) * (1 - R_i)^3 * \left(1 - \frac{R_i}{2} \right)$$

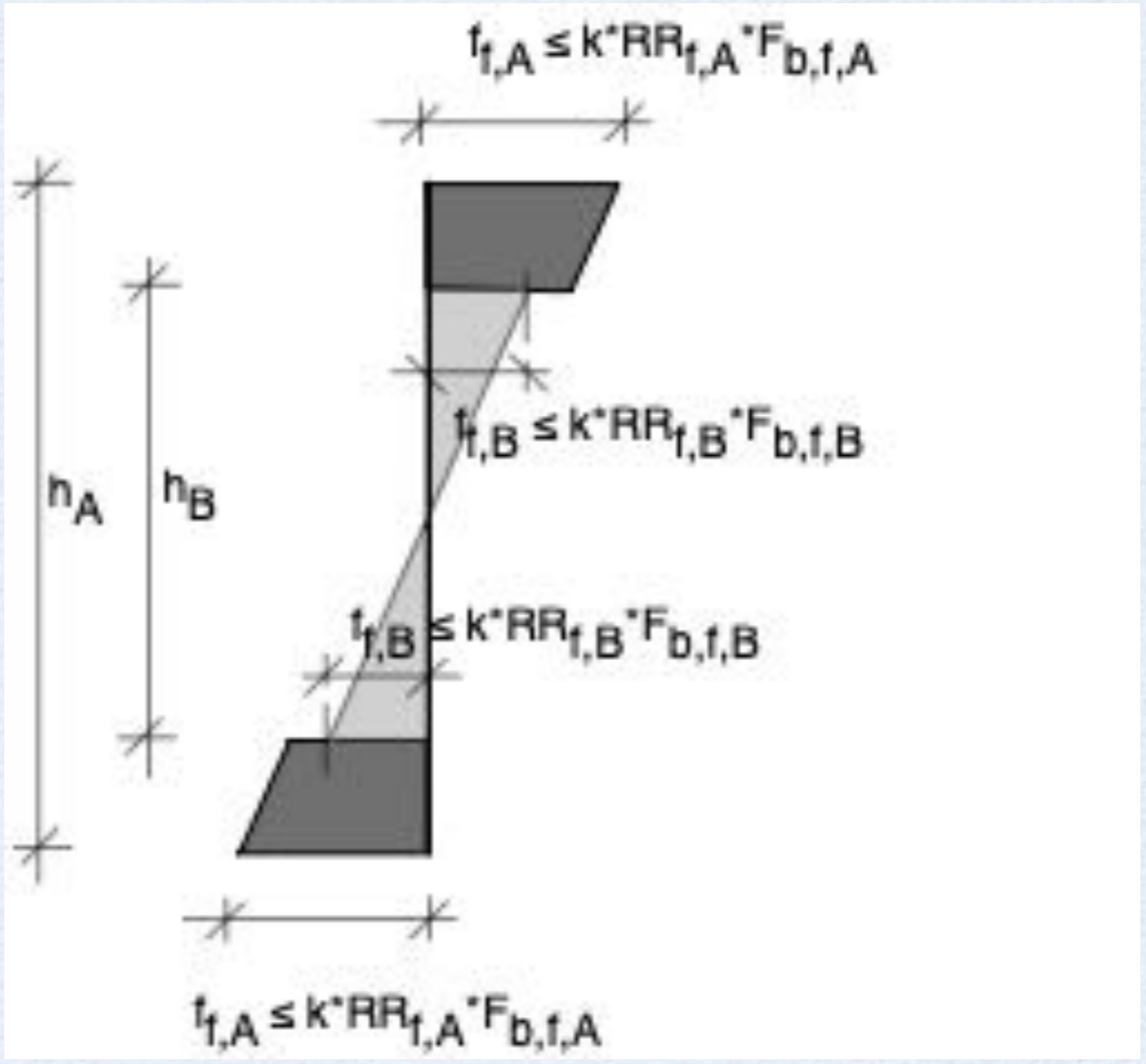


$$b^* = b \cdot \frac{E_{b,B}}{E_{b,A}}$$



$$b^* = b \cdot \frac{E_{b,B}}{E_{b,A}}$$

$$T_I = \frac{E_{b,A} * h_A^3 - (E_{b,A} - E_{b,B}) * h_B^3}{E_{b,A} * h_A^3}$$

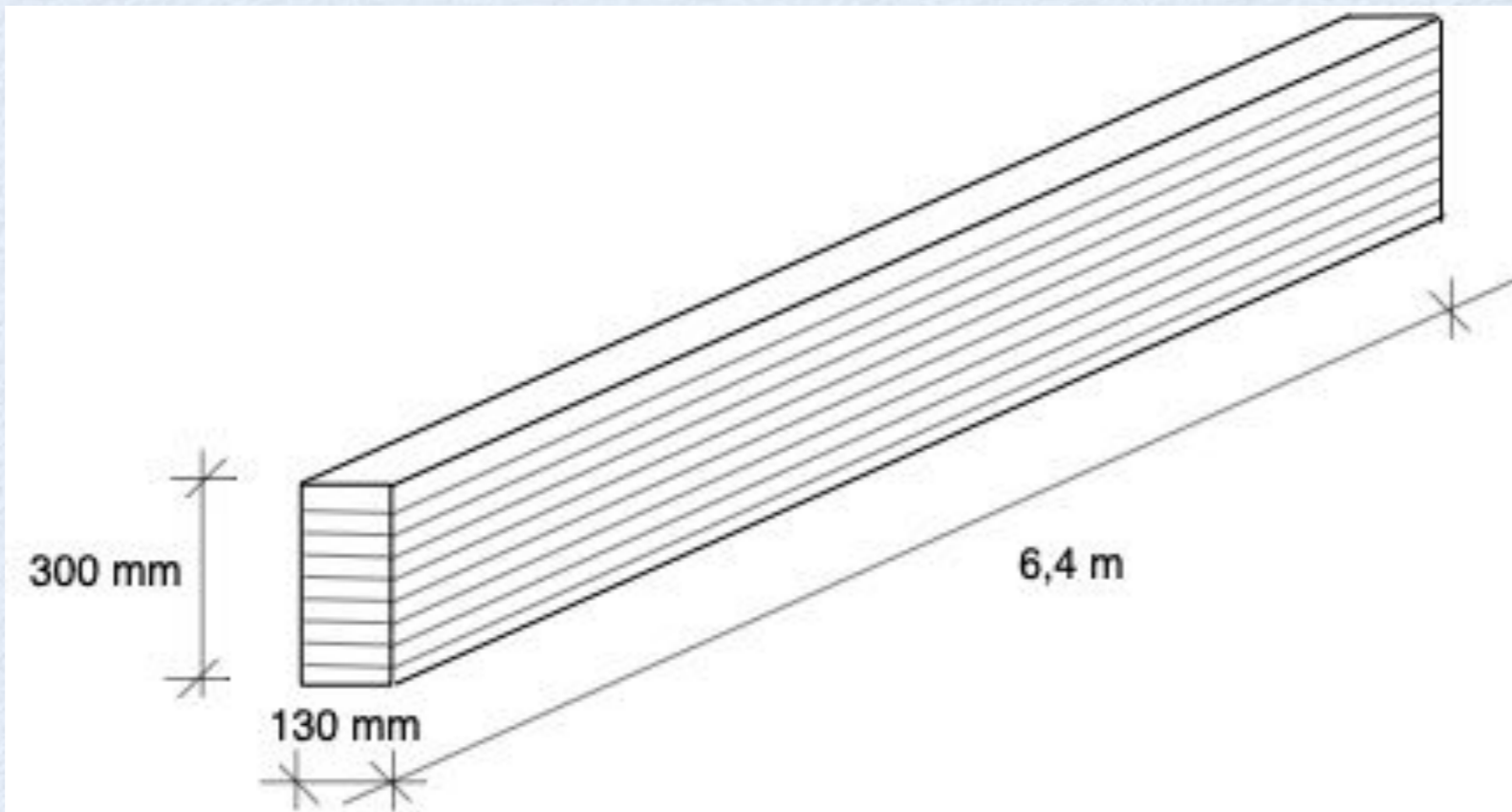


- Si no se respeta la regla de armado A-B-A:
 - $1/6 h - 2/3 h - 1/6 h$

$$F_f = K * T_I * F_{f,A}$$

$$F_{f,A} = \min \left\{ \begin{array}{l} RR_{f,AB} \cdot F_{b,f,A} \\ \frac{h_A \cdot E_{b,A}}{h_B \cdot E_{b,B}} \cdot RR_{f,B} \cdot F_{b,f,B} \end{array} \right.$$

$$E_f = 0,95 * T_I * E_{b,A}$$

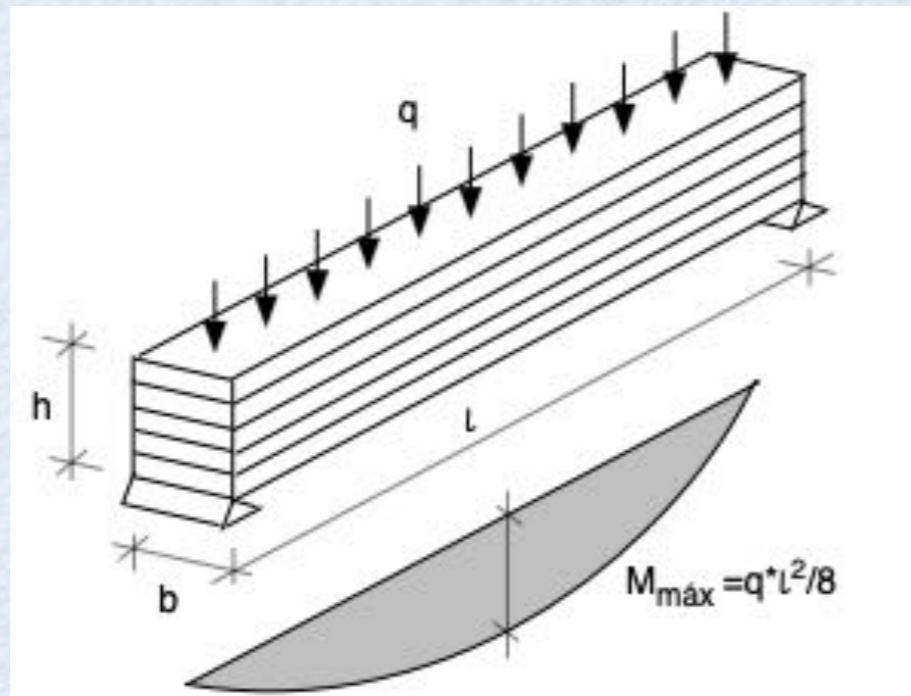


$$K_V = \left(\frac{6,4}{L} \right)^{0,1} \cdot \left(\frac{300}{h} \right)^{0,1} \cdot \left(\frac{130}{b} \right)^{0,1} \leq 1,0$$

Tabla 10 Factores de modificación por uso húmedo, NCh 2165

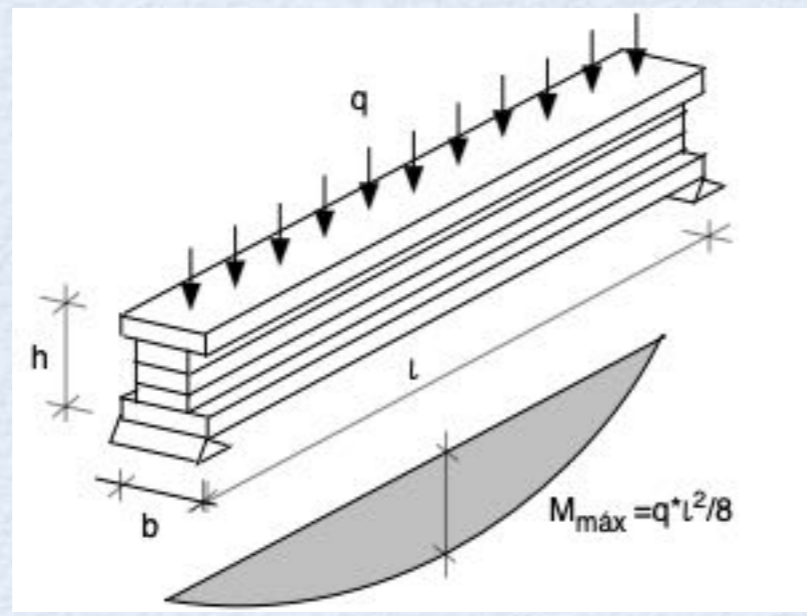
Cuando $H > 15 \%$

<i>propiedad</i>	<i>KH</i>
<i>flexión</i>	<i>0,800</i>
<i>compresión paralela</i>	<i>0,730</i>
<i>tracción paralela</i>	<i>0,800</i>
<i>cizalle</i>	<i>0,875</i>
<i>compresión normal</i>	<i>0,667</i>
<i>tracción normal</i>	<i>0,875</i>
<i>módulo de elasticidad</i>	<i>0,833</i>



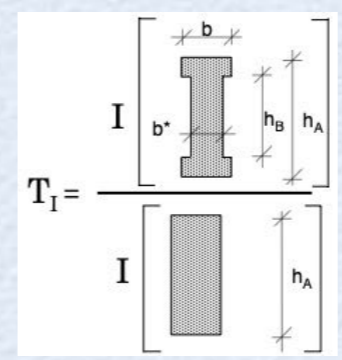
$$W = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$f_f = \frac{M}{W} \leq F_{f,dis}$$



$$W_{tr} \neq W = \frac{b \cdot h^2}{6}$$

$$f_f = \frac{M}{W} \leq F_{f,dis,A} \cdot T_I$$



$$b^* = b \cdot \frac{E_{b,B}}{E_{b,A}}$$

