MENOS MADERAAAA

MILUAGE ARQUITECTURA

1

Fernando San Hipólito
Egurtek´14

ANÁLISIS ESTRUCTURAL Y OPTIMIZACIÓN DEL ENTRAMADO LIGERO

2

Fernando San Hipólito
Egurtek´14

ENTRAMADO LIGERO DE MADERA

MNUAGE ARQUITECTURA

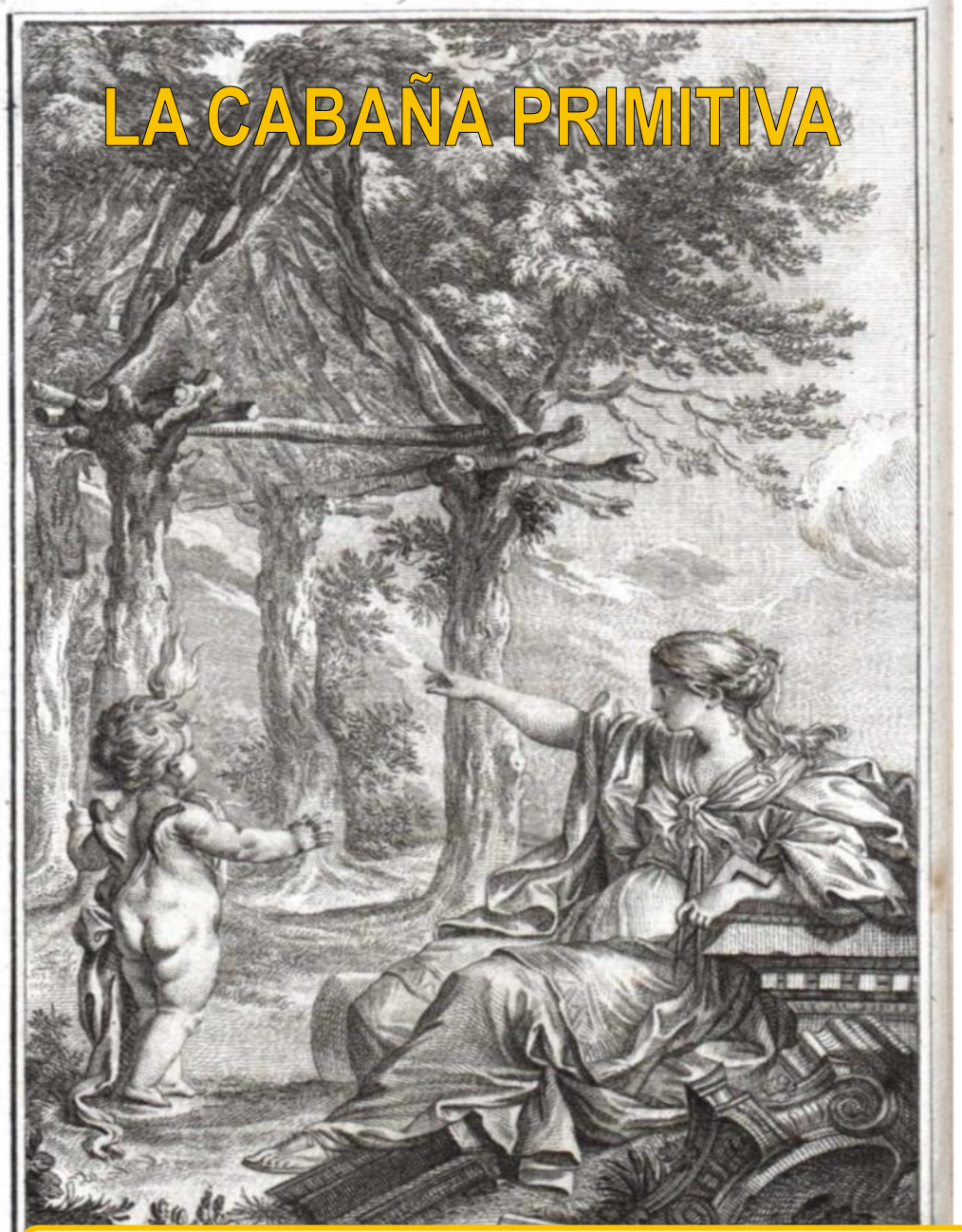
3

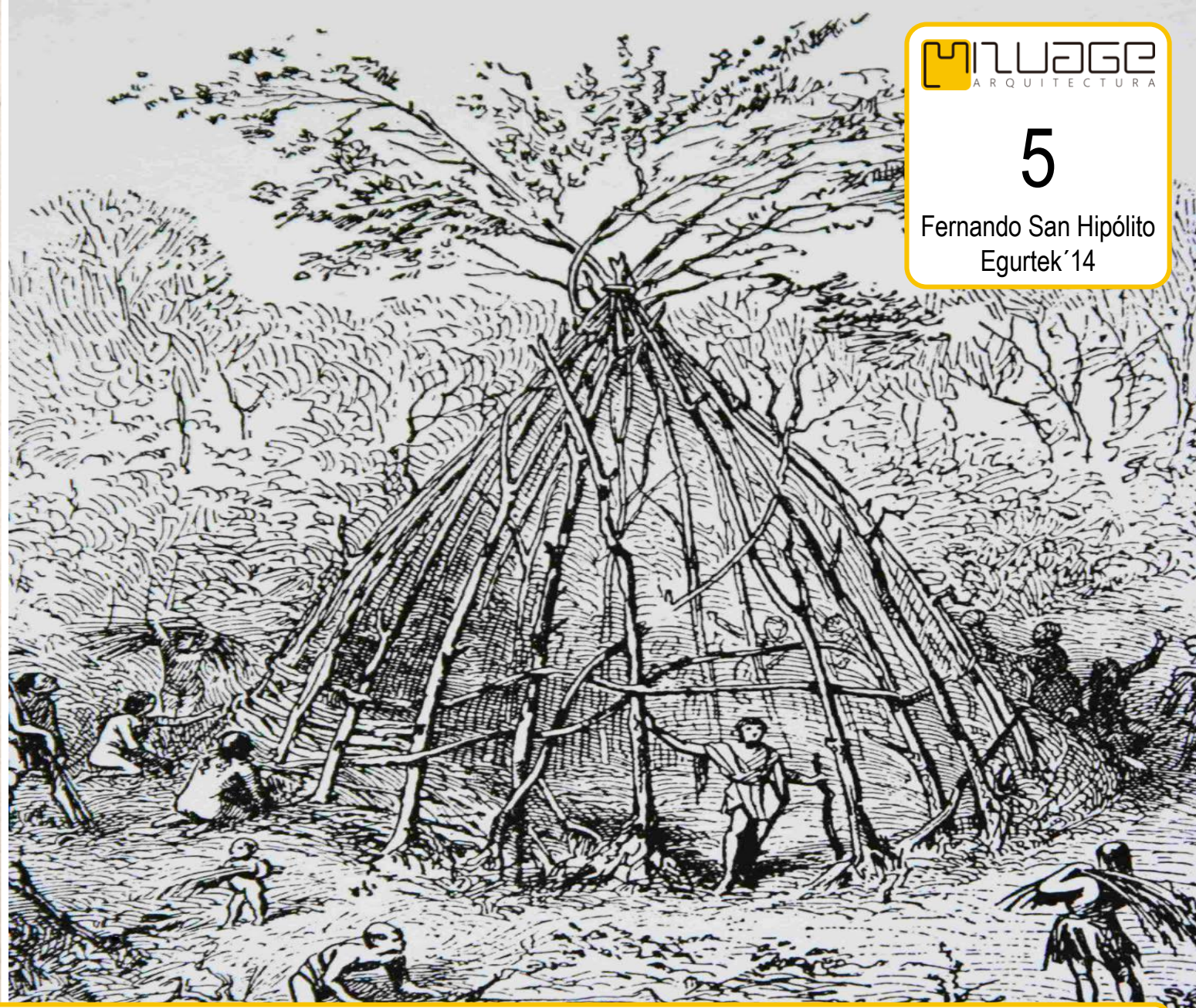
Fernando San Hipólito
Egurtek´14

OPTIMIZACIÓN ESTRUCTURAL

SIGLO XX: ABANDONO DE LA MADERA

LA CABAÑA PRIMITIVA

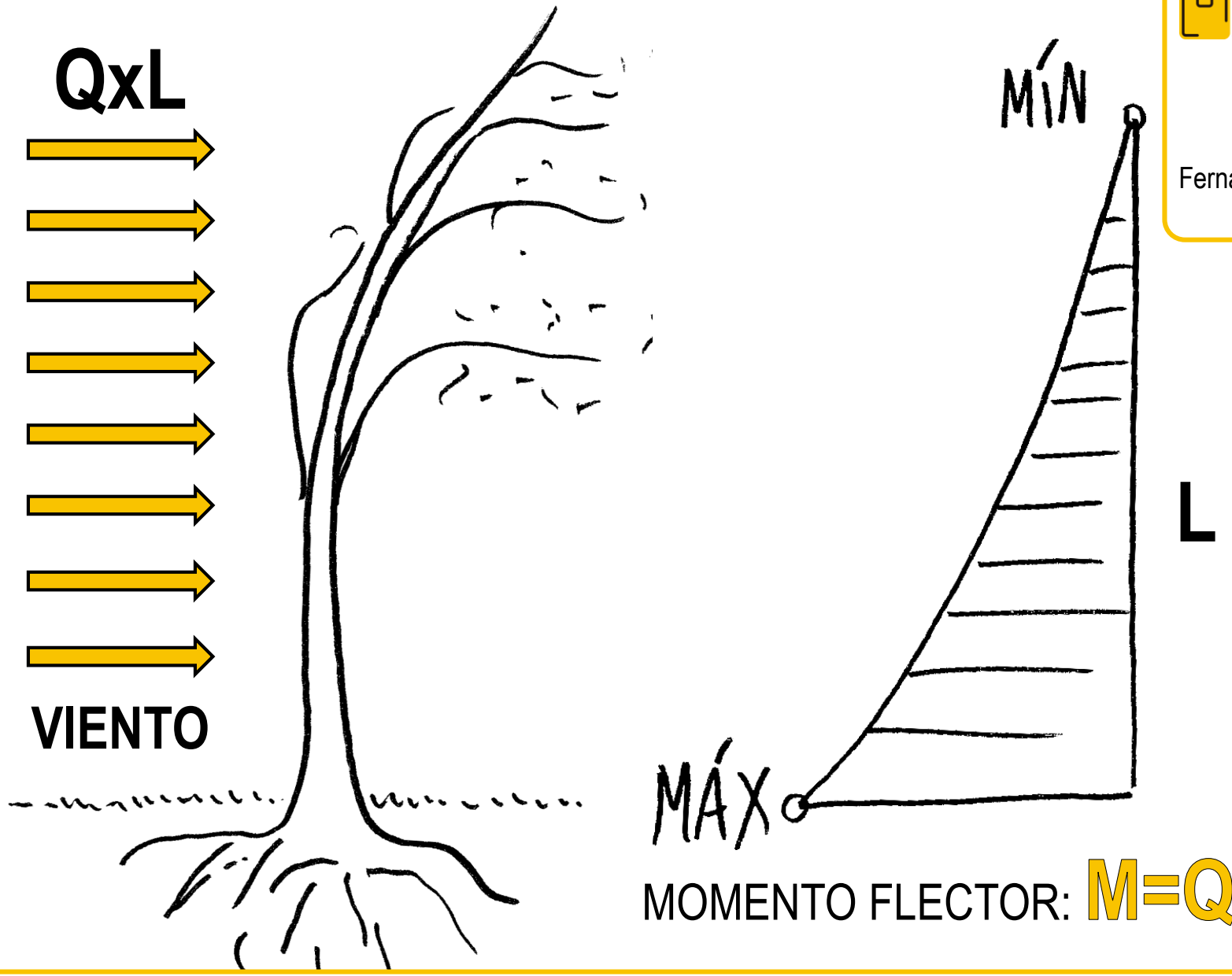




5

Fernando San Hipólito
Egurtek´14

LA MADERA: ¿¿NUEVO SISTEMA ESTRUCTURAL??



MOMENTO FLECTOR: $M=QxL^2/2$

Fernando San Hipólito
Egurtek´14

EL ÁRBOL COMO ESTRUCTURA

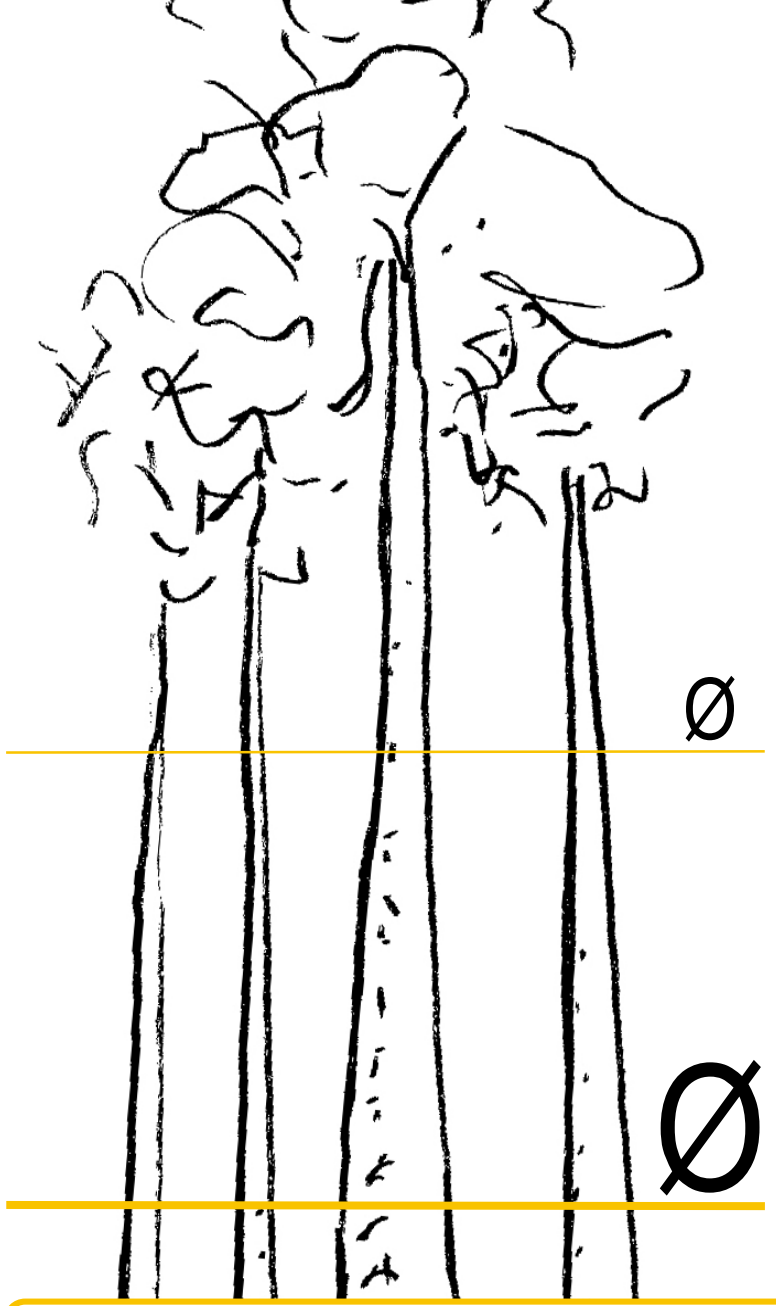
MILUAGE ARQUITECTURA

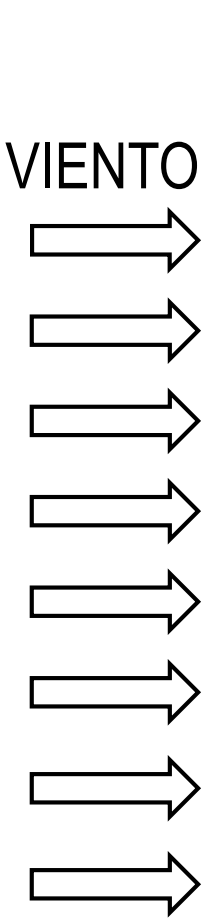
7

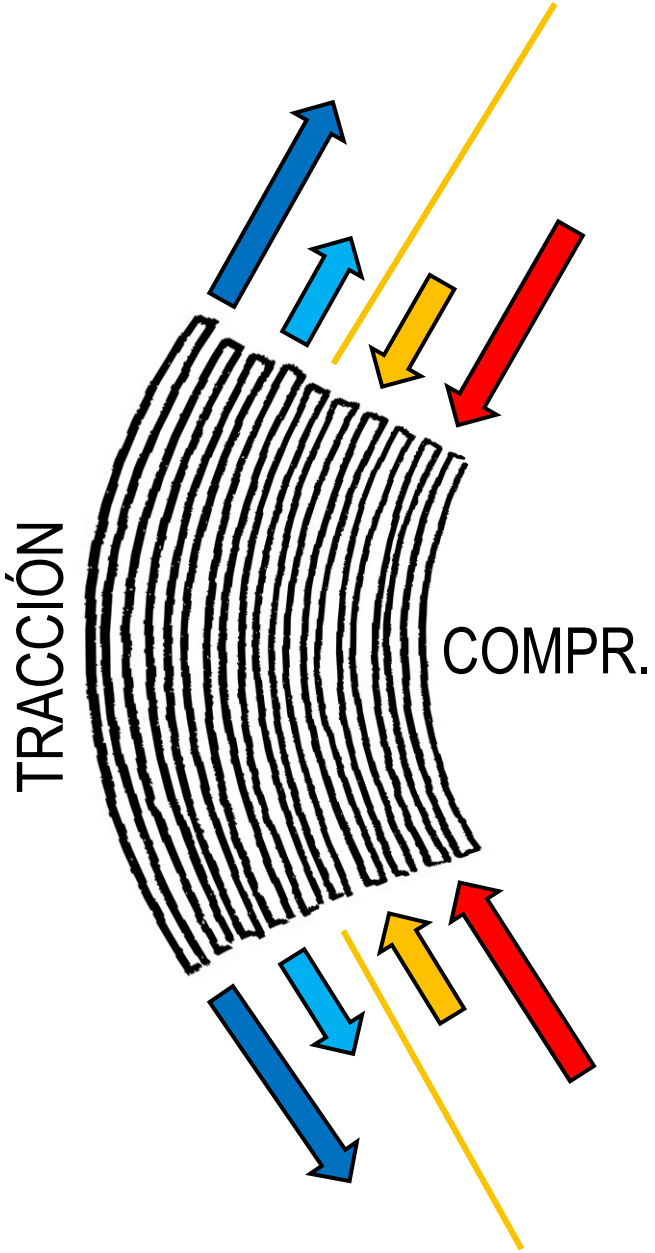
Fernando San Hipólito
Egurtek´14

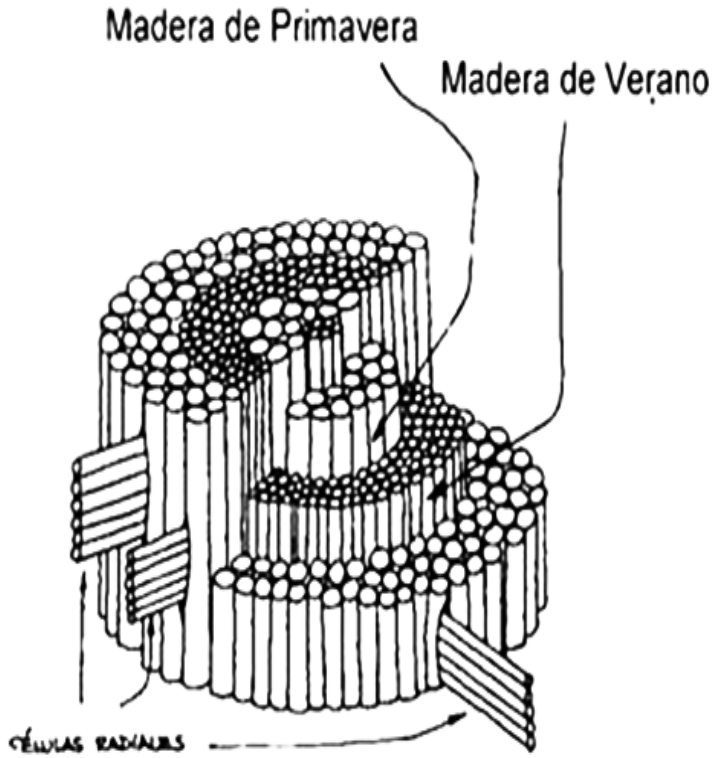
FALLO ESTRUCTURAL EN ÁRBOLES

Fernando San Hipólito
Egurtek´14

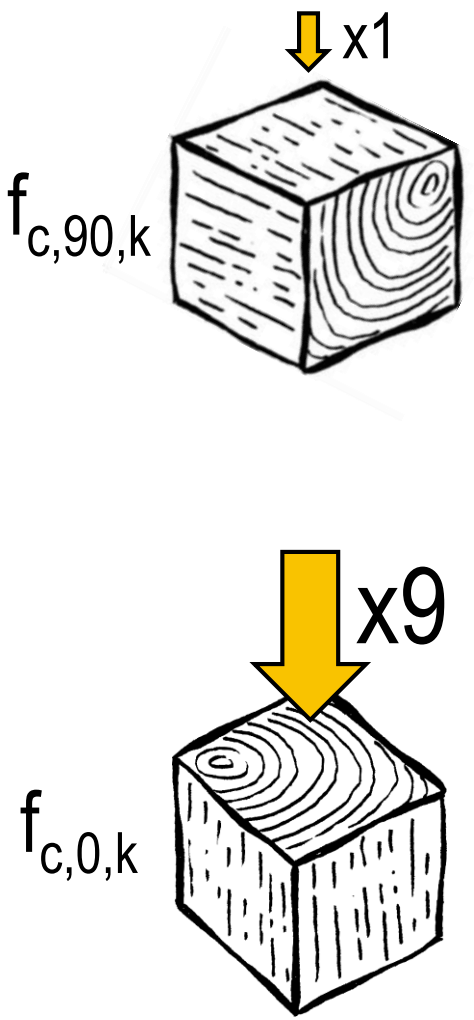




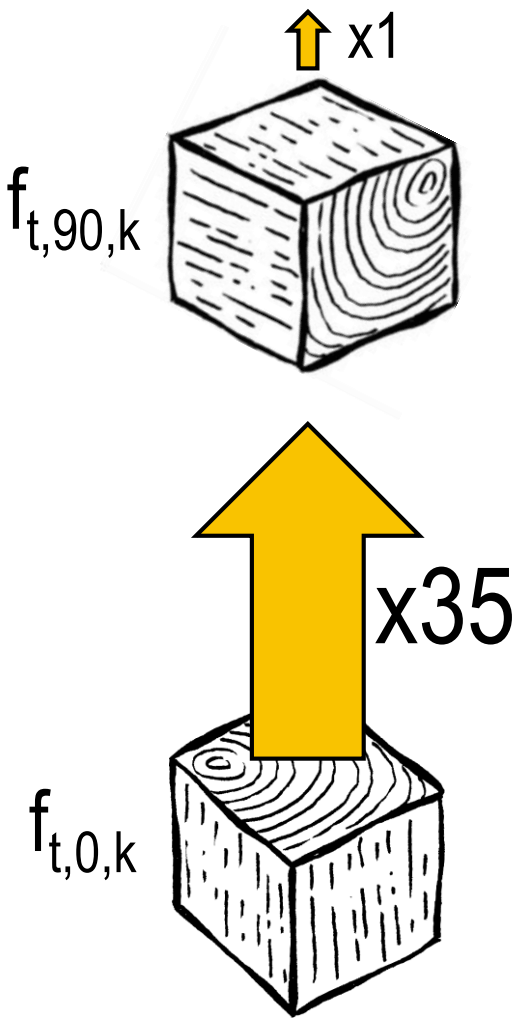




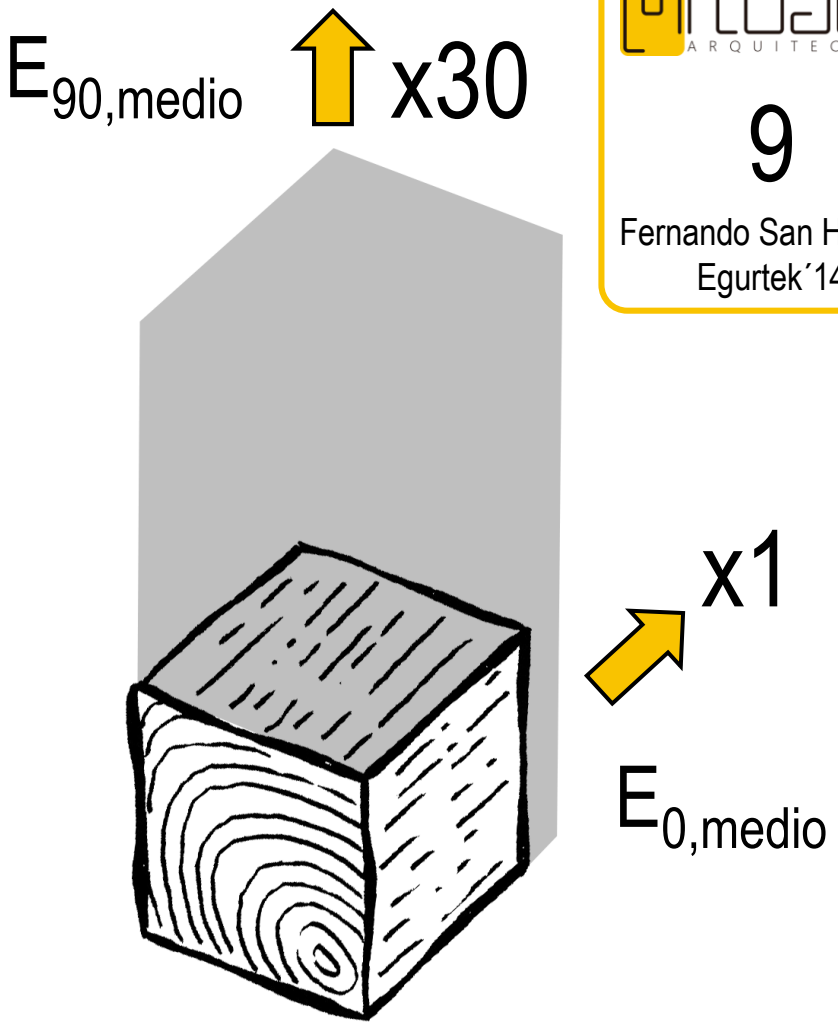
ESTRUCTURA Y MICROESTRUCTURA DEL TRONCO



RESISTENCIA
A COMPRESIÓN



RESISTENCIA
A TRACCIÓN



MÓDULO DE ELASTICIDAD
(DEFORMACIÓN)

ANISOTROPÍA

MNUAGE ARQUITECTURA

10

Fernando San Hipólito
Egurtek´14

ANISOTROPÍA: DISPOSICIONES ERRÓNEAS (O DELICADAS)

11

Fernando San Hipólito
Egurtek´14

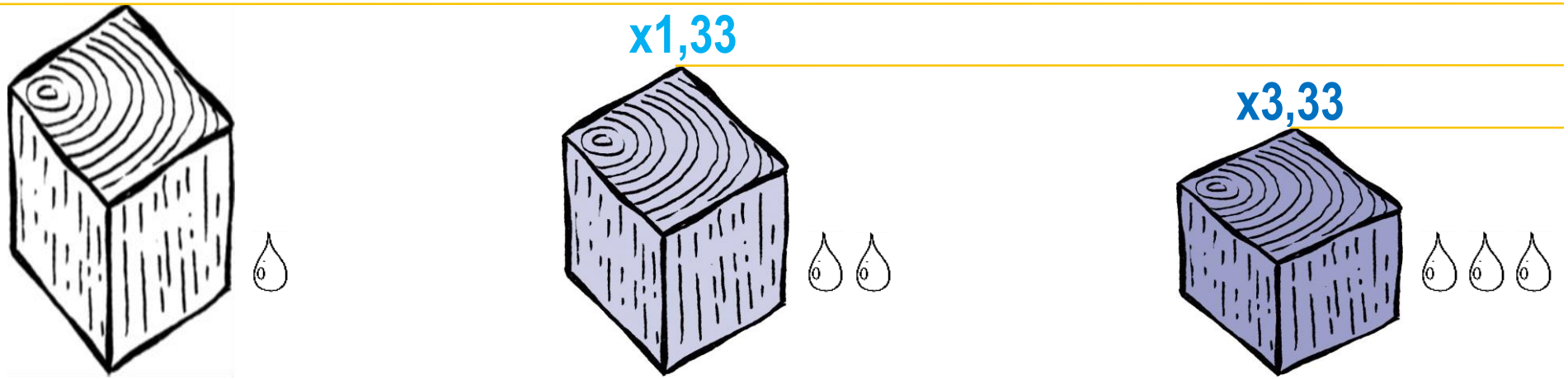
CLASE DE SERVICIO

+25% | +25%

RESISTENCIA
k_{mod}

x1 | x1,33 | x3,33

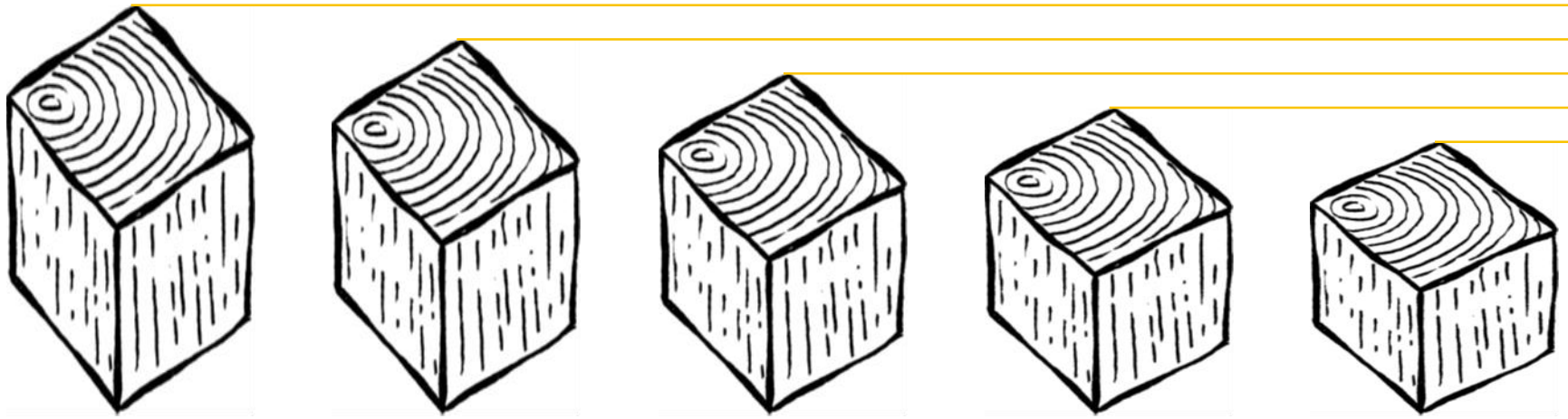
DEFORMACIÓN
k_{def}



HIGROSCOPICIDAD: CLASES DE SERVICIO

Fernando San Hipólito
Egurtek´14

	INSTANTÁNEA	CORTA	MEDIA	LARGA	PERMANENTE
DURACIÓN CARGA					
RESISTENCIA k_{mod}	100%	82%	73%	64%	55%
DEFORMACIÓN ψ_2					



DURACIÓN DE LAS CARGAS

Fernando San Hipólito
Egurtek´14

$k_h = (150/h)^{0,2} \leq 1,3$

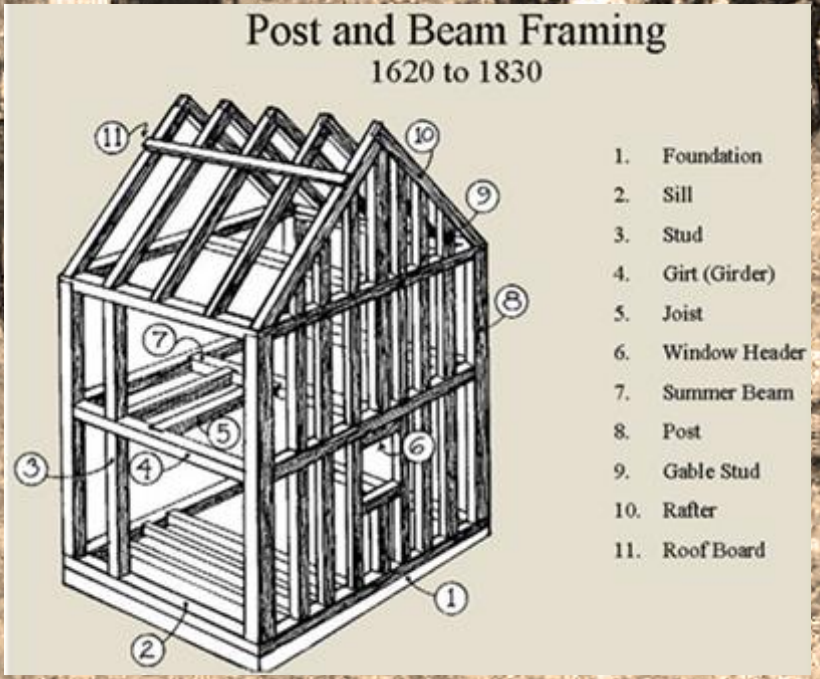
100x200mm	38x140mm	38x89mm	38x64mm	40x40mm
x1	x1,01	x1,11	x1,19	x1,3

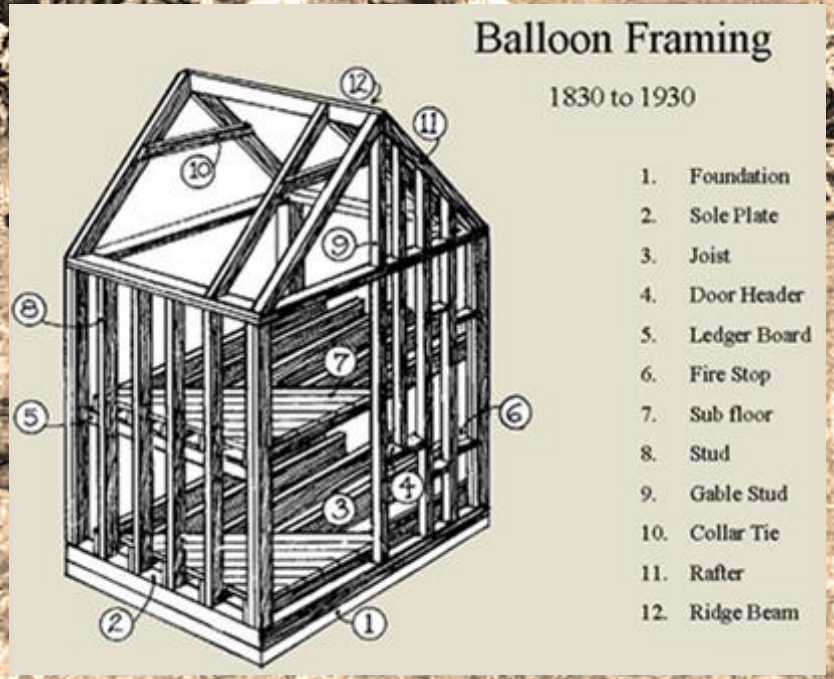
$f_{m,k}$ $f_{t,0,k}$

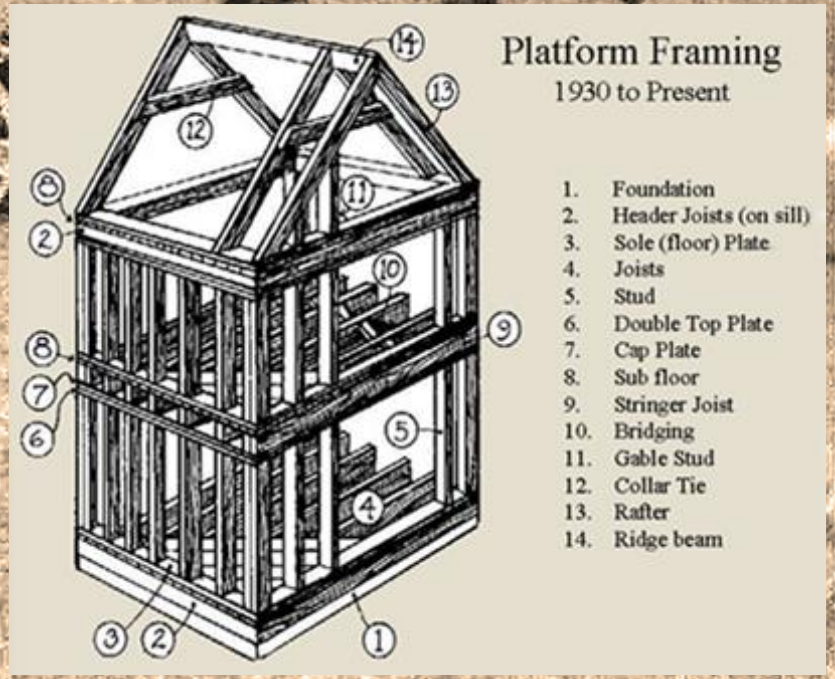
EL TAMAÑO SÍ IMPORTA

COLONIZACIÓN DEL OESTE
DESARROLLO INDUSTRIAL

Fernando San Hipólito
Egurtek´14



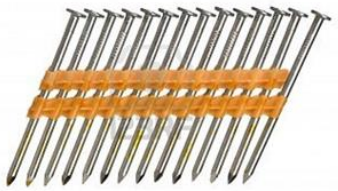




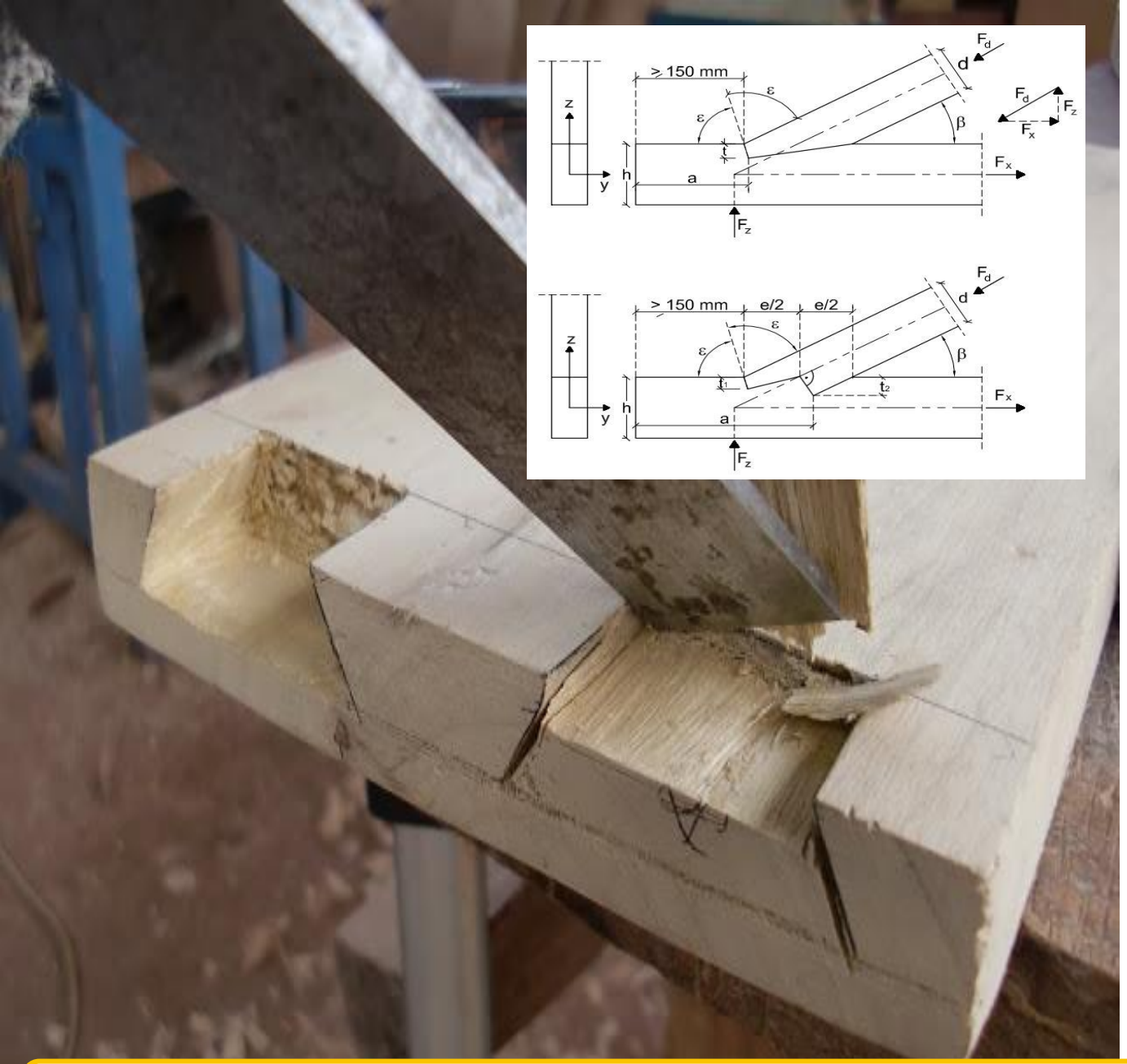
ENTRAMADO LIGERO DE MADERA: ORÍGENES Y EVOLUCIÓN

BAJA TECNOLOGÍA

Fernando San Hipólito
Egurtek´14

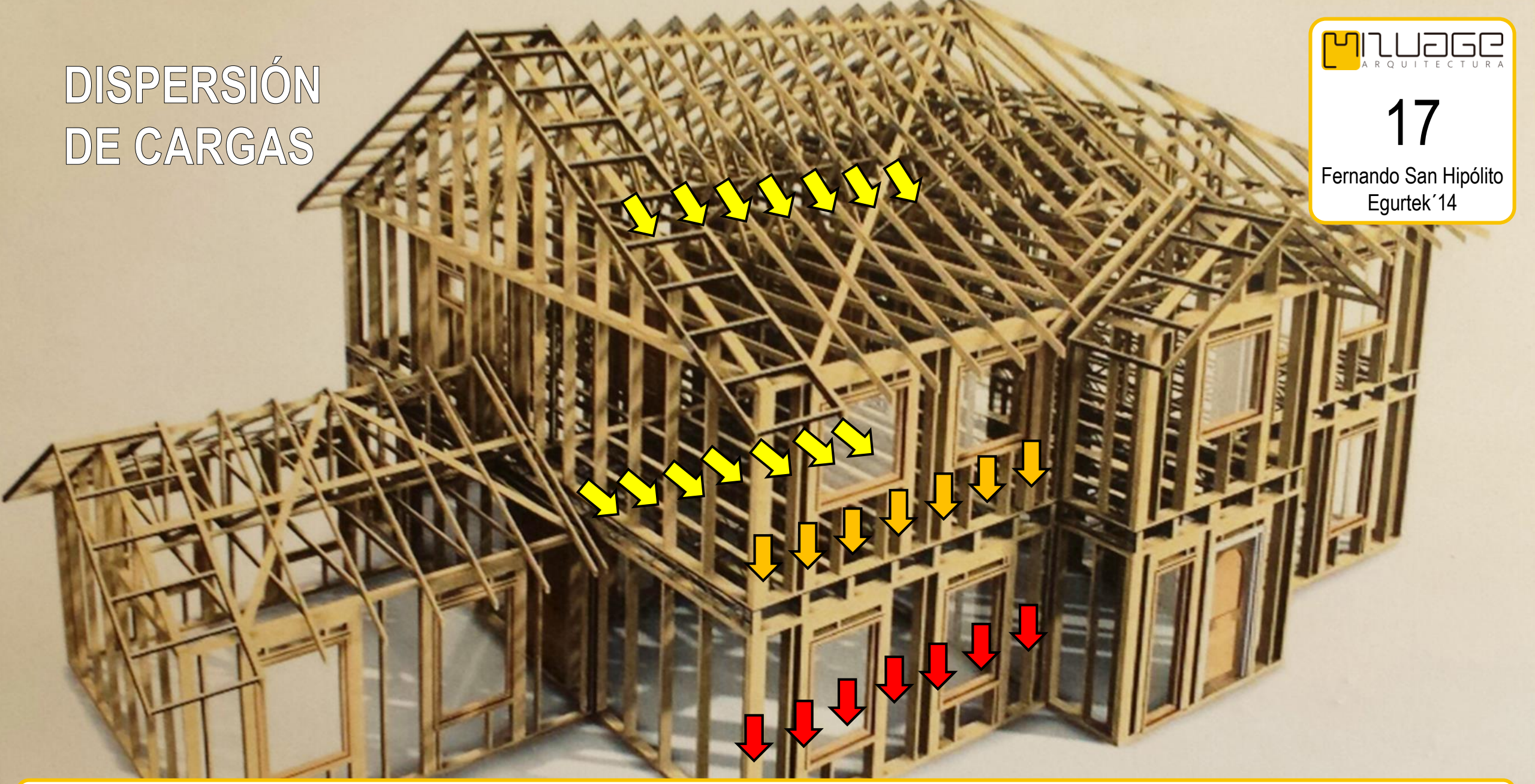


ENTRAMADO LIGERO DE MADERA: VENTAJAS



UNIÓN CARPINTERÍA TRADICIONAL vs UNIÓN ENTRAMADO LIGERO

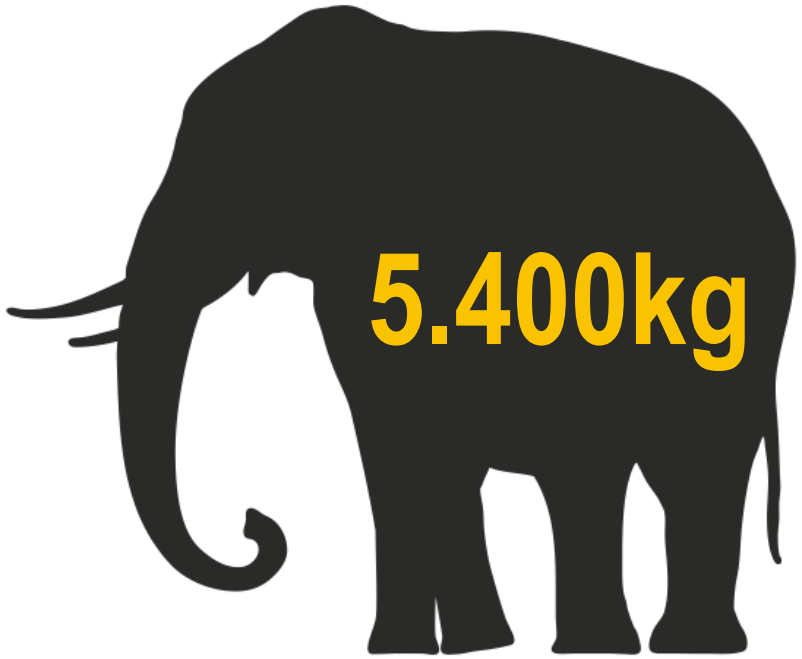
DISPERSIÓN DE CARGAS

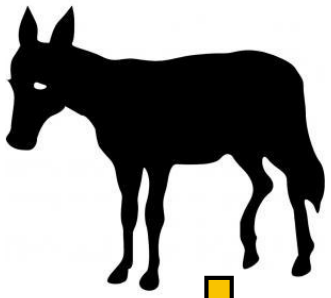


Fernando San Hipólito
Egurtek´14

ENTRAMADO LIGERO: LA UNIÓN HACE LA FUERZA

ESTABILIDAD ✗ RESISTENCIA ✗



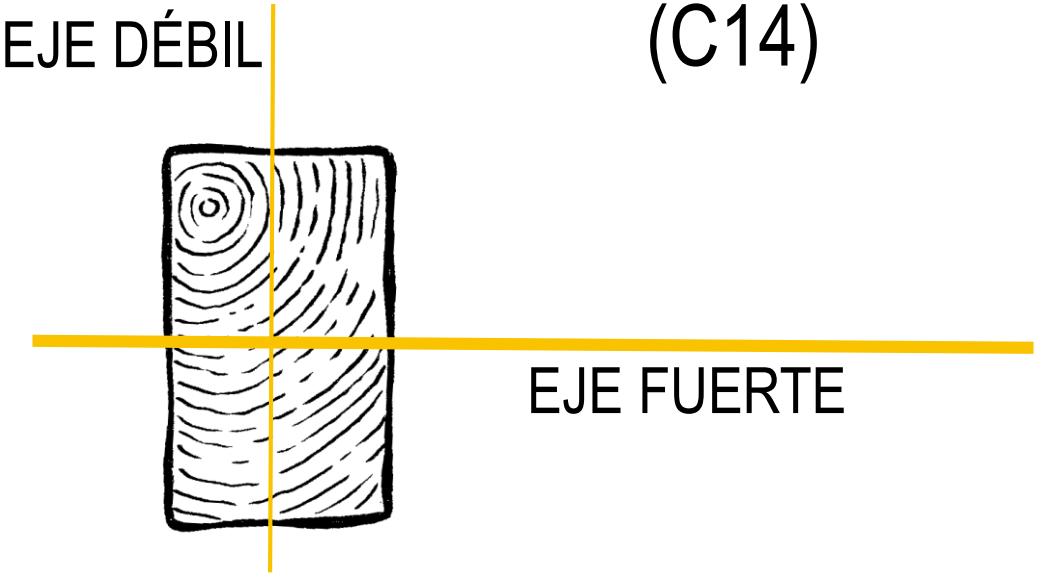


38x89mm
(C14)

SIN PANDEO

CON PANDEO
(3 metros)

EJE DÉBIL

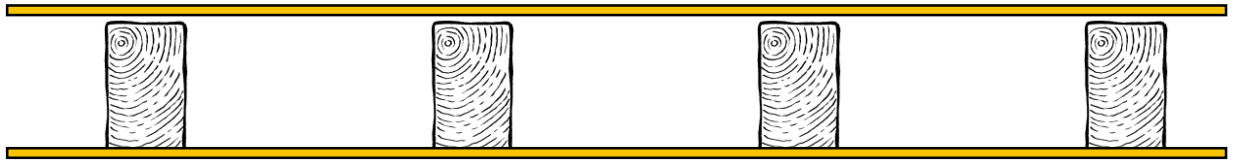


EJE FUERTE

ELEMENTOS LINEALES

Fernando San Hipólito
Egurtek´14

DIAFRAGMA ESTRUCTURAL



LOS TABLEROS ARRIOSTRAN EL CONJUNTO

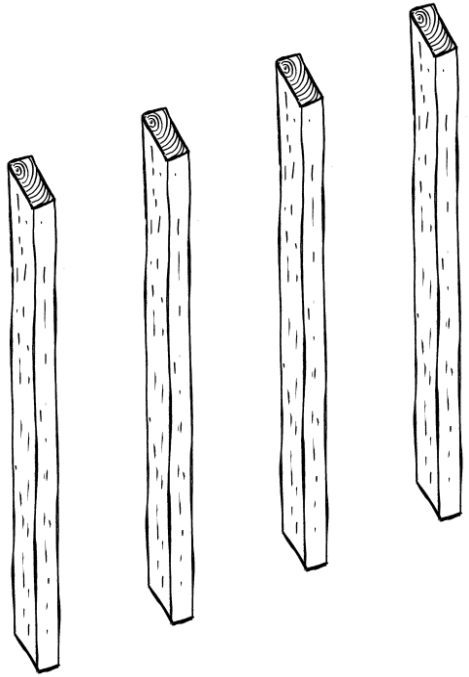
~~RESISTENCIA~~

~~ESTABILIDAD~~

RESISTENCIA

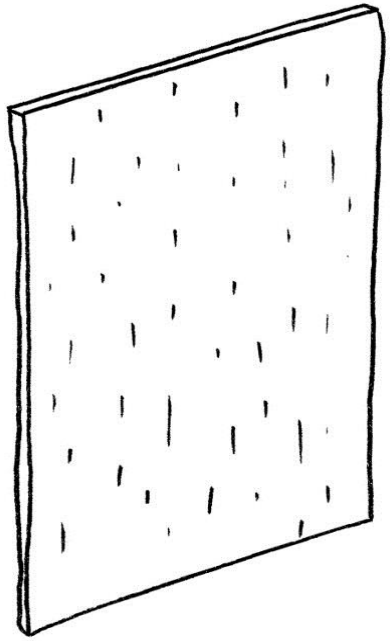
~~ESTABILIDAD~~

ELEMENTOS LINEALES



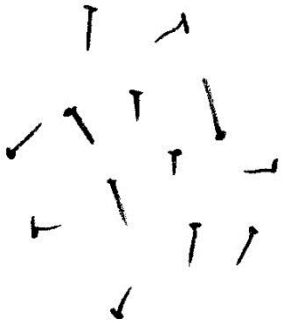
+

ELEMENTOS SUPERFICIALES



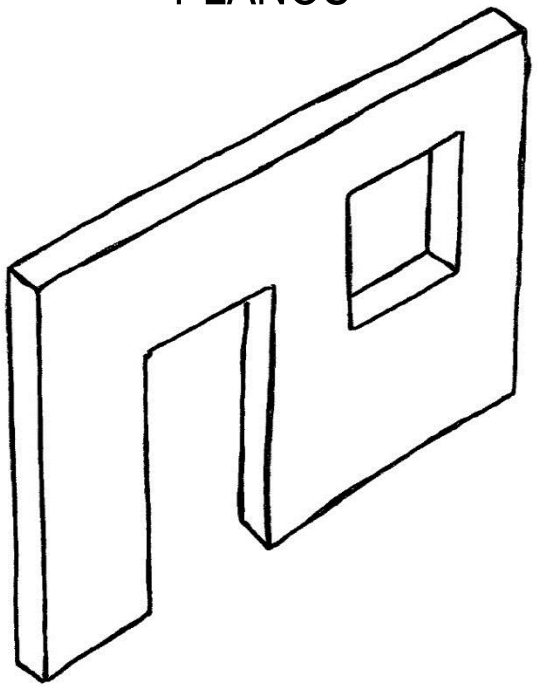
+

ELEMENTOS DE UNIÓN



=

SUBSISTEMAS PLANOS



SUBSISTEMAS PLANOS

RESISTENCIA

~~ESTABILIDAD~~

RESISTENCIA

ESTABILIDAD

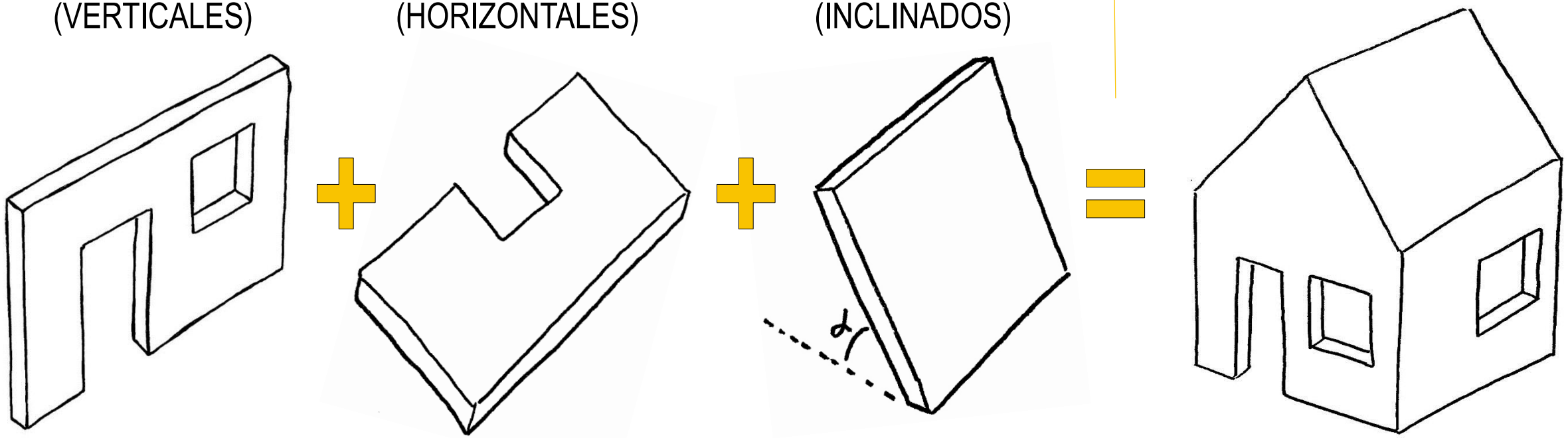
Fernando San Hipólito
Egurtek´14

SUBSISTEMAS PLANOS (VERTICALES)

SUBSISTEMAS PLANOS (HORIZONTALES)

SUBSISTEMAS PLANOS (INCLINADOS)

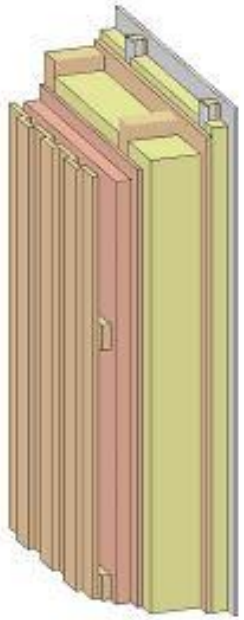
SISTEMA ESTRUCTURAL

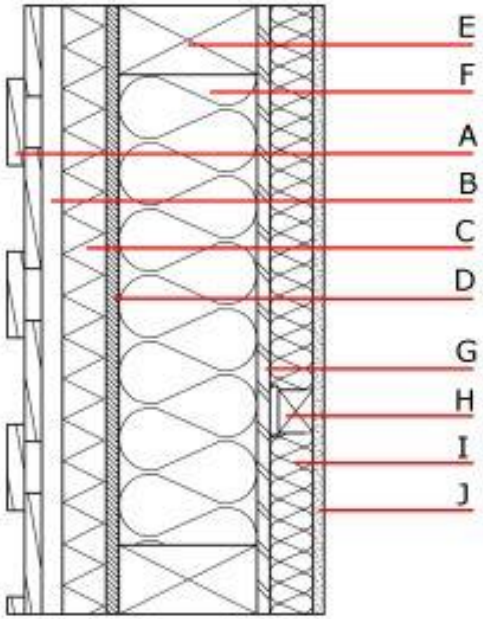


SISTEMA ESTRUCTURAL

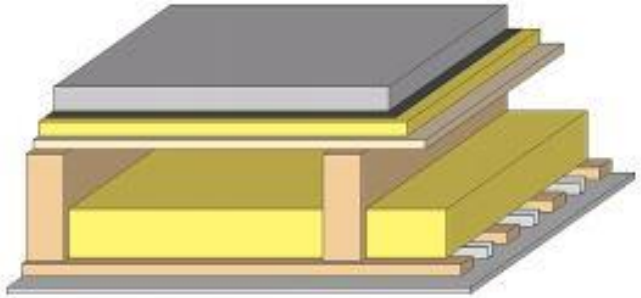
dataholz.com

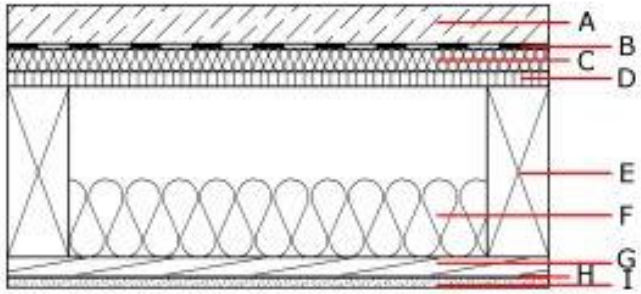
PARED EXTERIOR
76,50kg/m²



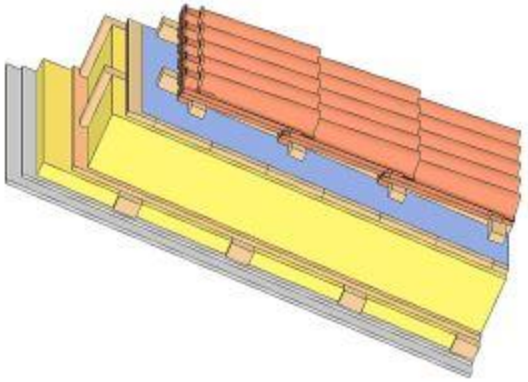


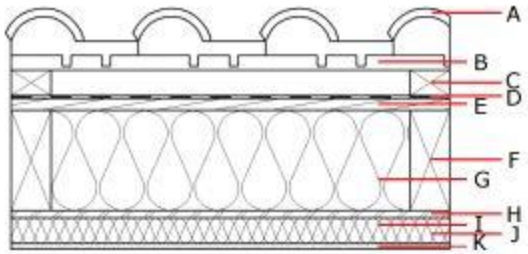
FORJADO
144,00kg/m²





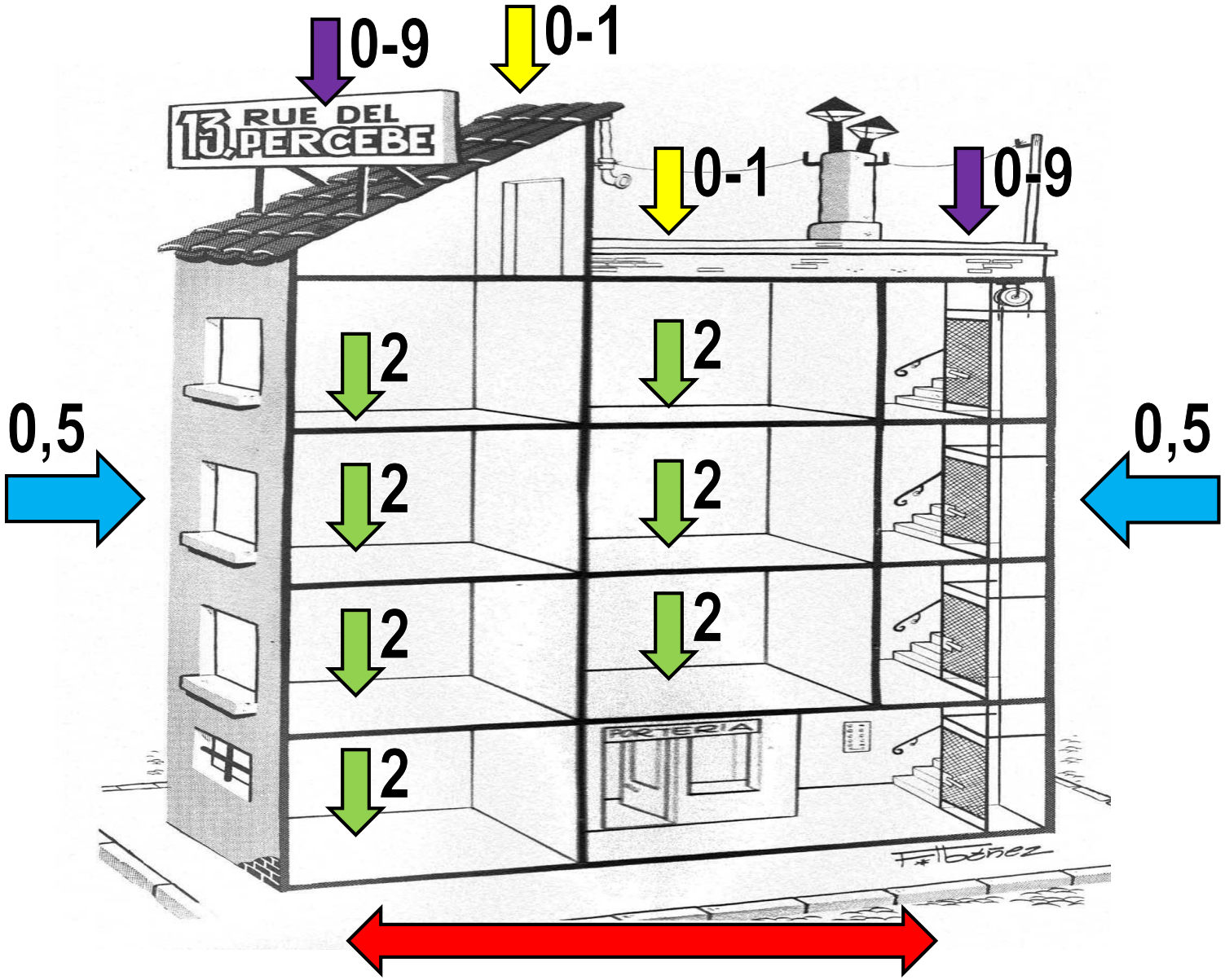
CUBIERTA
50,50kg/m²





ACCIONES PERMANENTES EN LA EDIFICACIÓN

Fernando San Hipólito
Egurtek´14



USO: VIVIENDA

USO: CUBIERTA

VIENTO

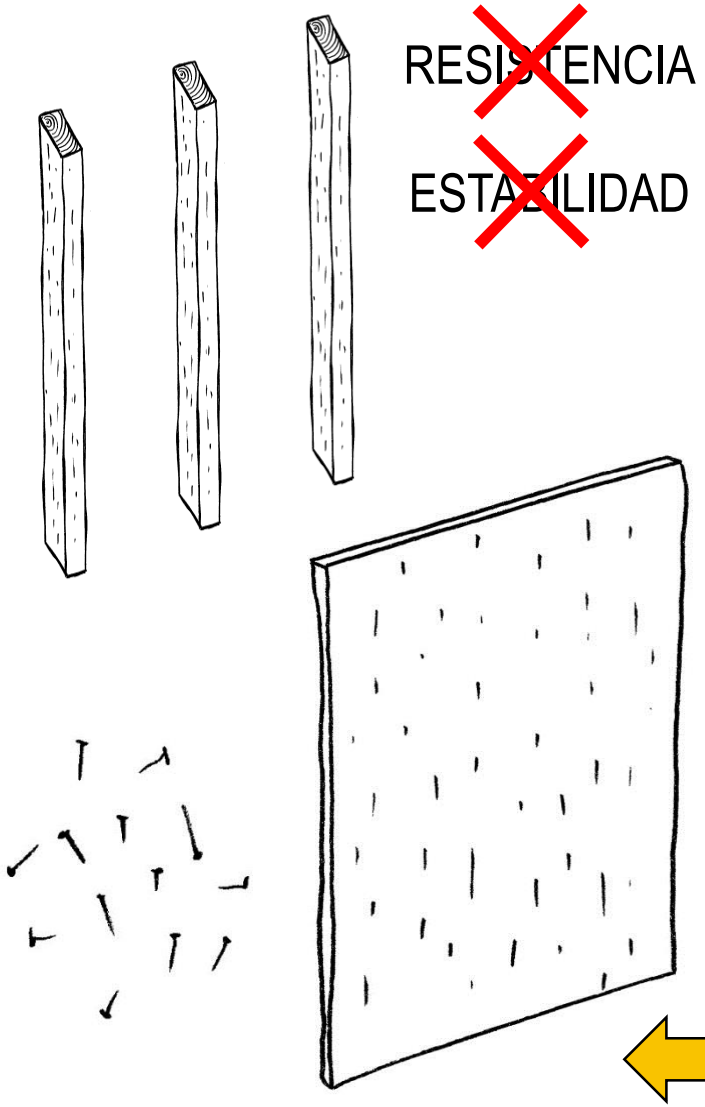
NIEVE

SISMO

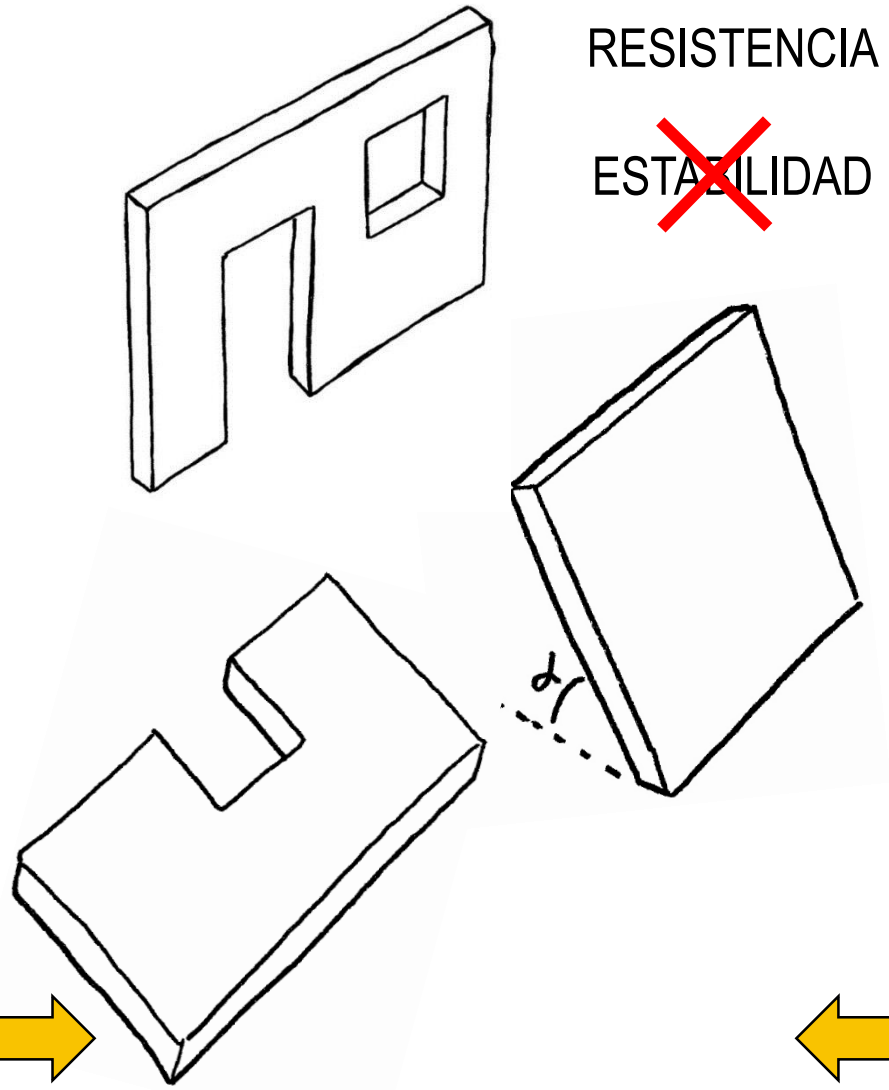
*VALORES EN kN/m²

ACCIONES VARIABLES Y ACCIDENTALES EN LA EDIFICACIÓN

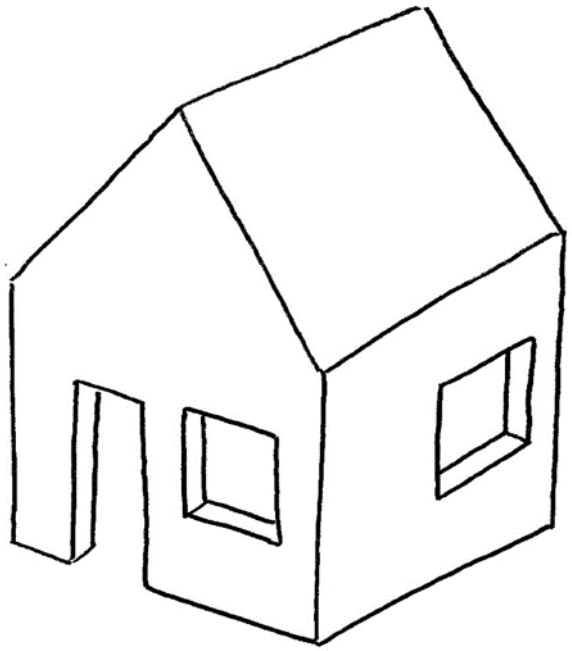
Fernando San Hipólito
Egurtek´14



NIVEL 1: ELEMENTOS



NIVEL 2: SUBSISTEMAS PLANOS



NIVEL 3: SISTEMA ESTRUCTURAL

OPTIMIZACIÓN: LOS 3 NIVELES

MATERIALES

CLASES RESISTENTES

PROPIEDADES (CTE SE-M)	C14	C16	C18	C20	C22	C24	C27	C30	C35	C40	C45	C50
Resistencia característica a FLEXIÓN "$f_{m,k}$" (N/mm²)	14	16	18	20	22	24	27	30	35	40	45	50
Resistencia característica a TRACCIÓN PARALELA "$f_{t,0,k}$" (N/mm²)	8	10	11	12	13	14	16	18	21	24	27	30
Resistencia característica a TRACCIÓN PERPENDICULAR "$f_{t,90,k}$" (N/mm²)	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4	0,4
Resistencia característica a COMPRESIÓN PARALELA "$f_{c,0,k}$" (N/mm²)	16	17	18	19	20	21	22	23	25	26	27	29
Resistencia característica a COMPRESIÓN PERPENDICULAR "$f_{c,90,k}$" (N/mm²)	2	2,2	2,2	2,3	2,4	2,5	2,6	2,7	2,8	2,9	3,1	3,2
Resistencia característica a CORTANTE "$f_{v,k}$" (N/mm²)	3	3,2	3,4	3,6	3,8	4	4	4	4	4	4	4
Módulo de elasticidad paralelo medio "$E_{0,medio}$" (kN/mm²)	7	8	9	9,5	10	11	11,5	12	13	14	15	16
Módulo de elasticidad paralelo 5º percentil "$E_{0,k}$" (kN/mm²)	4,7	5,4	6	6,4	6,7	7,4	7,7	8	8,7	9,4	10	10,7
Módulo de elasticidad perpendicular medio "$E_{90,medio}$" (kN/mm²)	0,23	0,27	0,3	0,32	0,33	0,37	0,38	0,4	0,43	0,47	0,5	0,53
Módulo transversal medio "G_{medio}" (kN/mm²)	0,44	0,5	0,56	0,59	0,63	0,69	0,72	0,75	0,81	0,88	0,94	1
Densidad característica "ρ_k" (kg/m³)	290	310	320	330	340	350	370	380	400	420	440	460
Densidad media "ρ_{medio}" (kg/m³)	350	370	380	390	410	420	450	460	480	500	520	550
Velocidad de carbonización nominal de cálculo "β_n" (mm/min)	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8	0,8

C24

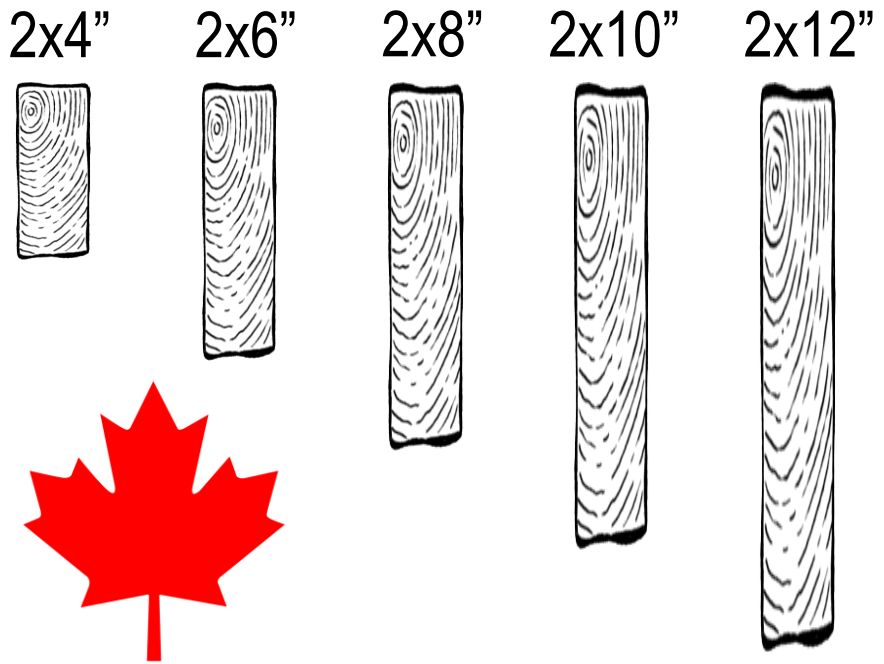
CONÍFERA

$f_{m,k}$

24 N/mm²

(RESISTENCIA CARACTERÍSTICA A FLEXIÓN)

MEDIDAS



ELEMENTOS LINEALES: TIPOS

MATERIALES

CLASES RESISTENTES OSB-2, OSB-3)

Tabla E.11 Tableros de virutas orientadas para uso en ambiente seco (OSB/2) y para uso en ambiente húmedo (OSB/3). Valores de las propiedades.

			OSB/2 y OSB/3 (UNE EN 300) Para su uso en ambiente seco y húmedo Espesor nominal, t_{nom}, en mm		
Propiedades			**$6 < t_{nom} \leq 10$**	**$10 < t_{nom} \leq 18$**	**$18 < t_{nom} \leq 25$**
Resistencia (característica), en N/mm²					
Flexión	paralela	$f_{m,p,0,k}$	18,0	16,4	14,8
	perpendicular	$f_{m,p,90,k}$	9,0	8,2	7,4
Tracción	paralela	$f_{t,p,0,k}$	9,9	9,4	9,0
	perpendicular	$f_{t,p,90,k}$	7,2	7,0	6,8
Compresión	paralela	$f_{c,p,0,k}$	15,9	15,4	14,8
	perpendicular	$f_{c,p,90,k}$	12,9	12,7	12,4
Cortante, en el grueso		$f_{v,p,k}$	6,8	6,8	6,8
Cortante, en el plano		$f_{r,p,k}$	1,0	1,0	1,0
Rigidez (media), en N/mm²					
A flexión	paralela	$E_{m,0,p}$	4930	4930	4930
	perpendicular	$E_{m,90,p}$	1980	1980	1980
A tracción	paralela	$E_{t,0,p}$	3800	3800	3800
	perpendicular	$E_{t,90,p}$	3000	3000	3000
A compresión	paralela	$E_{c,0,p}$	3800	3800	3800
	perpendicular	$E_{c,90,p}$	3000	3000	3000
A cortante, en el grueso		$G_{v,p}$	1080	1080	1080
A cortante, en el plano		$G_{r,p}$	50	50	50
Densidad, en kg/m³					
Característica		$\rho_{p,k}$	550	550	550

MEDIDAS (MDF)

	ESTÁNDAR				HIDRÓFUGO
	2440 x 1220	2440 x 2100	3050 x 1220	3660 x 2100	2440 X 1220
3 mm	Disponible				
4 mm		Disponible			
5 mm	Disponible	Disponible			
7 mm	Disponible	Disponible			
10 mm	Disponible		Disponible	Disponible	Disponible
12 mm	Disponible			Disponible	Disponible
16 mm	Disponible		Disponible	Disponible	Disponible
19 mm	Disponible		Disponible	Disponible	Disponible
22 mm	Disponible			Disponible	
25 mm	Disponible			Disponible	Disponible
30 mm	Disponible		Disponible	Disponible	Disponible
35 mm	Disponible	Disponible		Disponible	
40 mm	Disponible	Disponible		Disponible	

ELEMENTOS SUPERFICIALES: TIPOS

Aplicación	Código	Tipo fijación	Medida (pulgxBWG)	Medida (mm x mm)	Rendimiento (Uni/kg)	Rendimiento (Uni/rollo)
Piso						
Unión entre vigas	L	Clavo liso	4 x 8	100 x 4,3	86	
	HEL	Clavo helicoidal (M)	3 1/2 x 9	90 x 3,1	166	250
Unión empalme entre vigas	L	Clavo liso (M)	3 1/2 x 9	90 x 3,1	109	250
	HEL	Clavo helicoidal (M)	3 1/2 x 9	90 x 3,1	166	250
Cadenetas de envigado	L	Clavo liso	4 x 8	100 x 4,3	86	
	HEL	Clavo helicoidal (M)	3 1/2 x 9	90 x 3,1	166	250
Terciado Estructural a estructura de piso	HEL	Clavo helicoidal (M)	2 1/2 x 11	65 x 3,1	263	250
	CRS	Tornillo punta fina CRS	2 x 7	50 x 3,84		
MSD Piso a estructura de madera	L	Clavo liso (M)	1 1/2 x 14	40 x 2,5	761	250
Cadeneteado para instalar piso sobre radier		Tarugo fisher	ø 8 mm			
		Tornillo para madera	2 1/2"			

M= Magazinado.

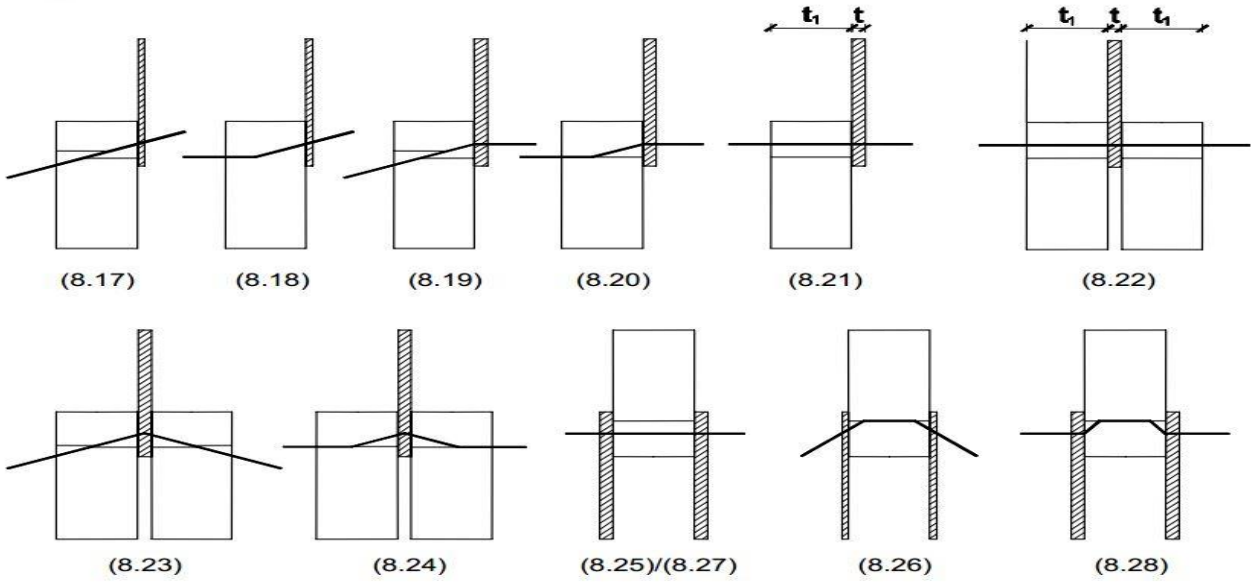
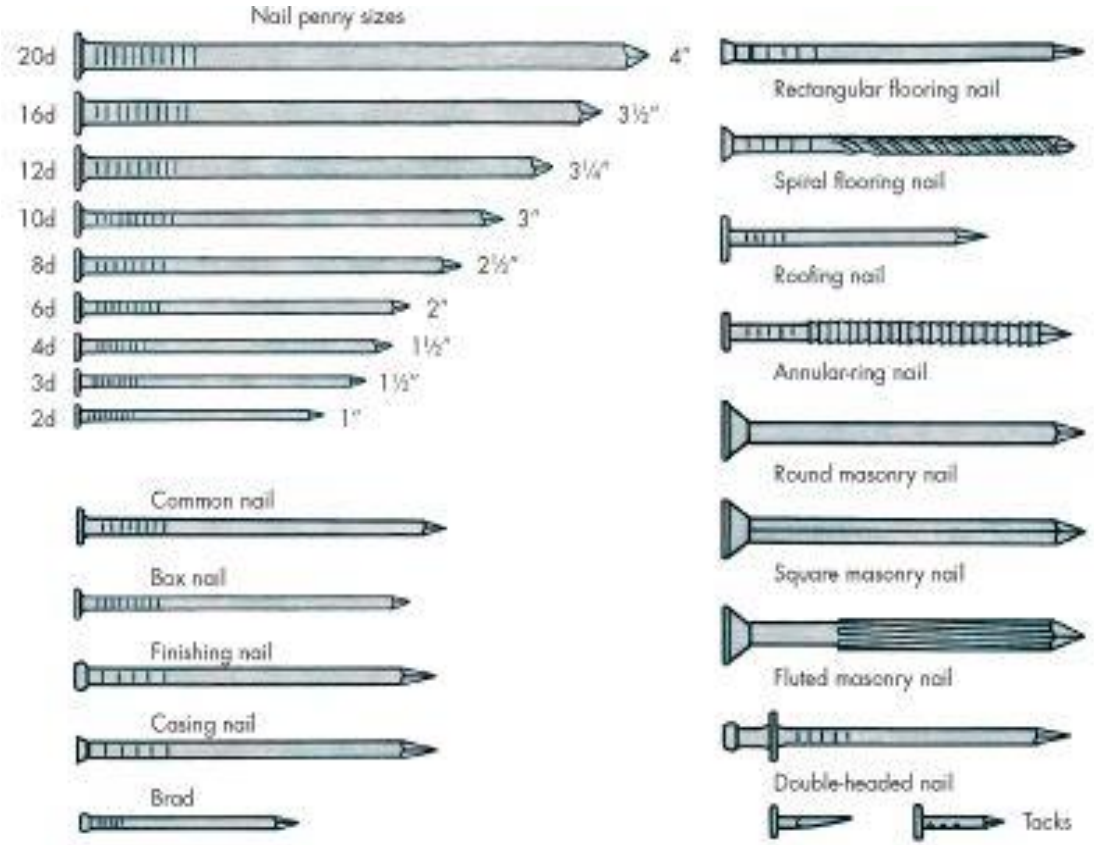


Figura 8.3 Modos de fallo en las uniones entre acero y madera.

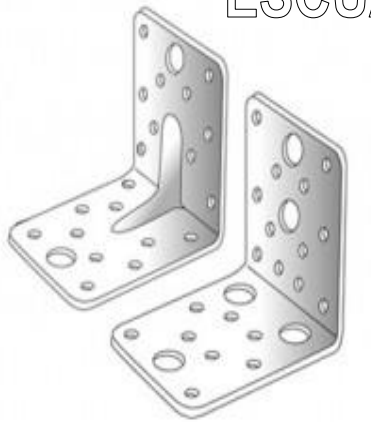


ELEMENTOS DE UNIÓN TIPO CLAVIJA

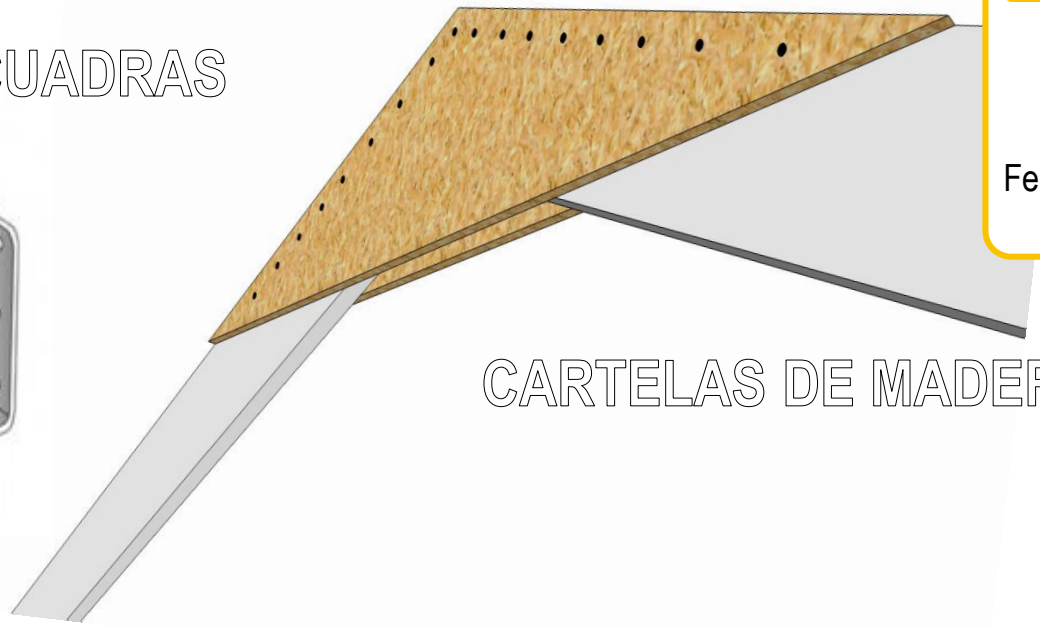
Fernando San Hipólito
Egurtek´14

PLACAS PERFORADAS

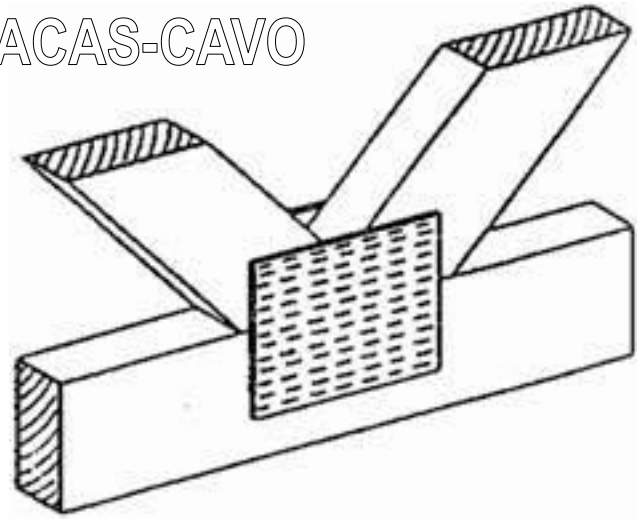
ESCUADRAS



CARTELAS DE MADERA

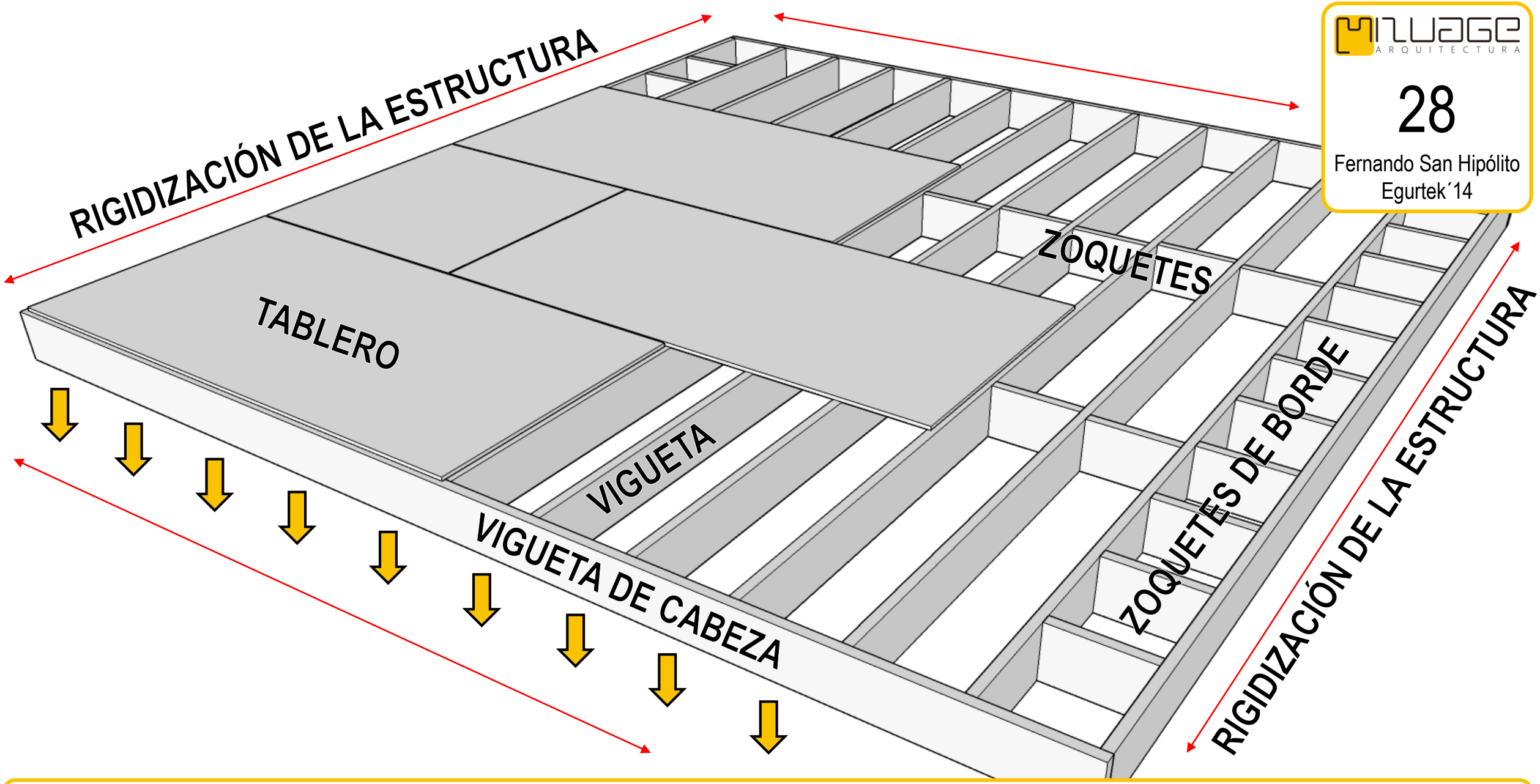


PLACAS-CAVO



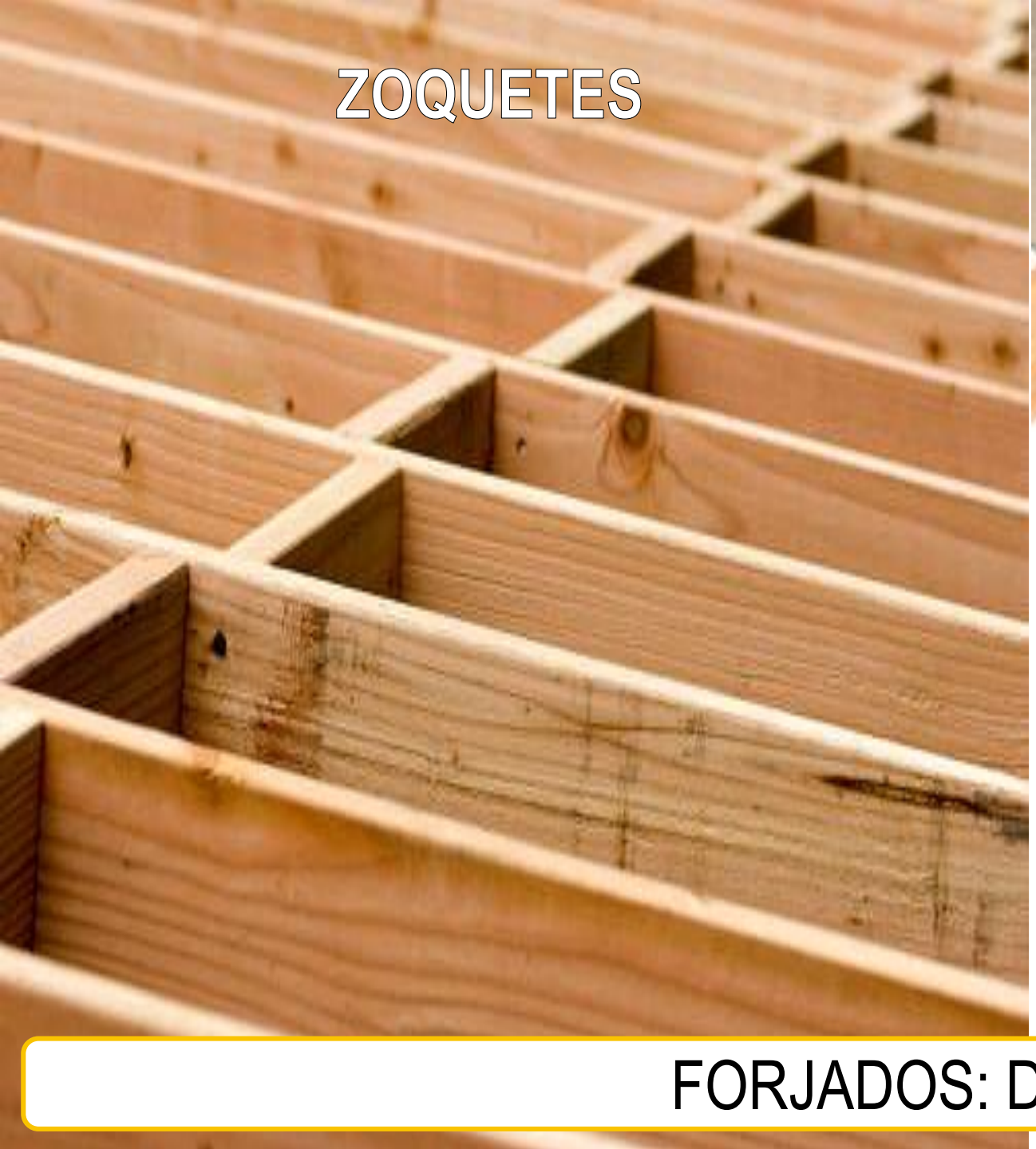
ESTRIBOS

ELEMENTOS DE UNIÓN AUXILIARES



SUBSISTEMAS PLANOS HORIZONTALES: FORJADOS

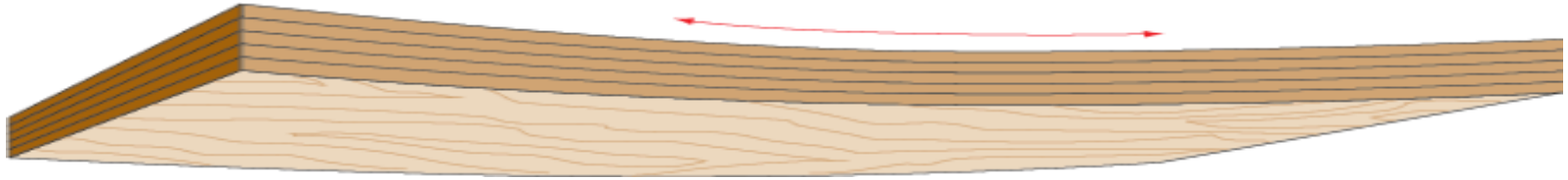
Fernando San Hipólito
Egurtek´14

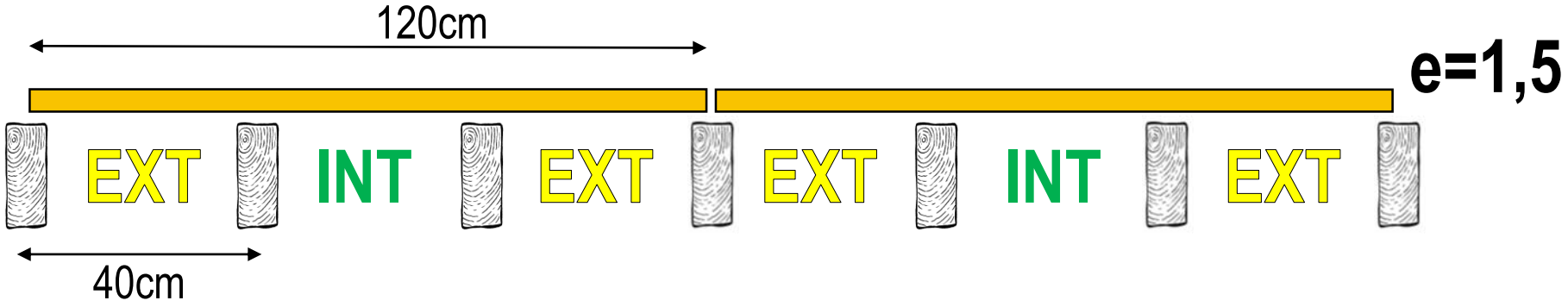


FORJADOS: DISPOSICIÓN

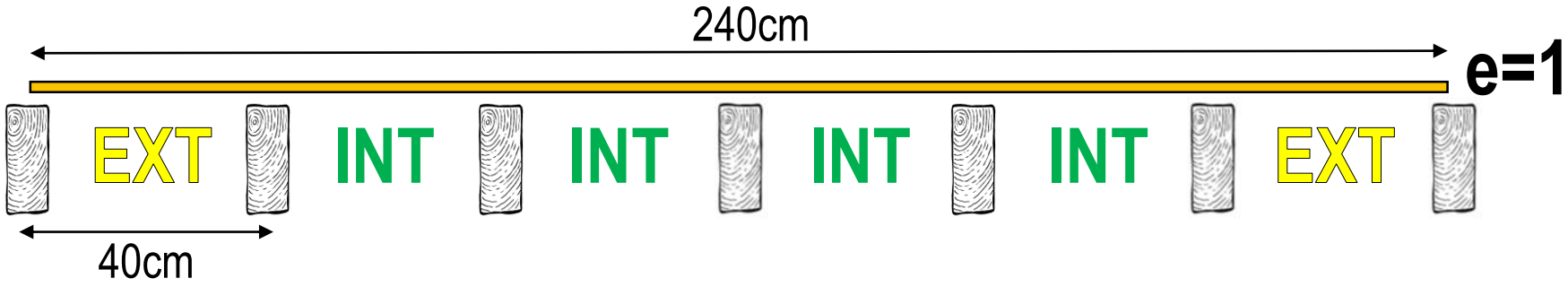
$f_{m,p,0,k}$ (Resist. a FLEXIÓN) **x2**

$E_{m,0,p}$ (RIGIDEZ media) **x2,5**





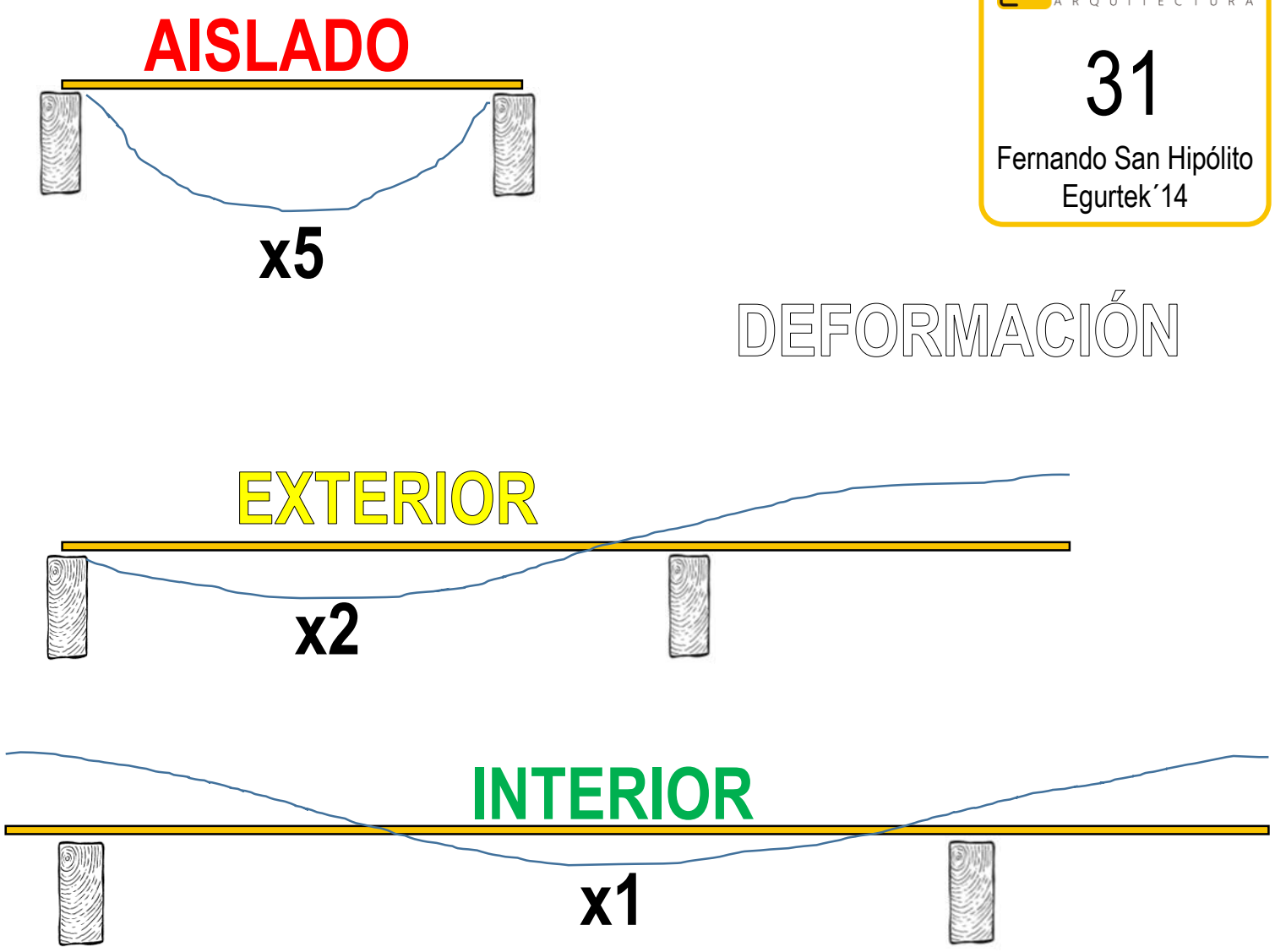
33%
CONTINUIDAD



67%
CONTINUIDAD

FORJADOS: TABLEROS

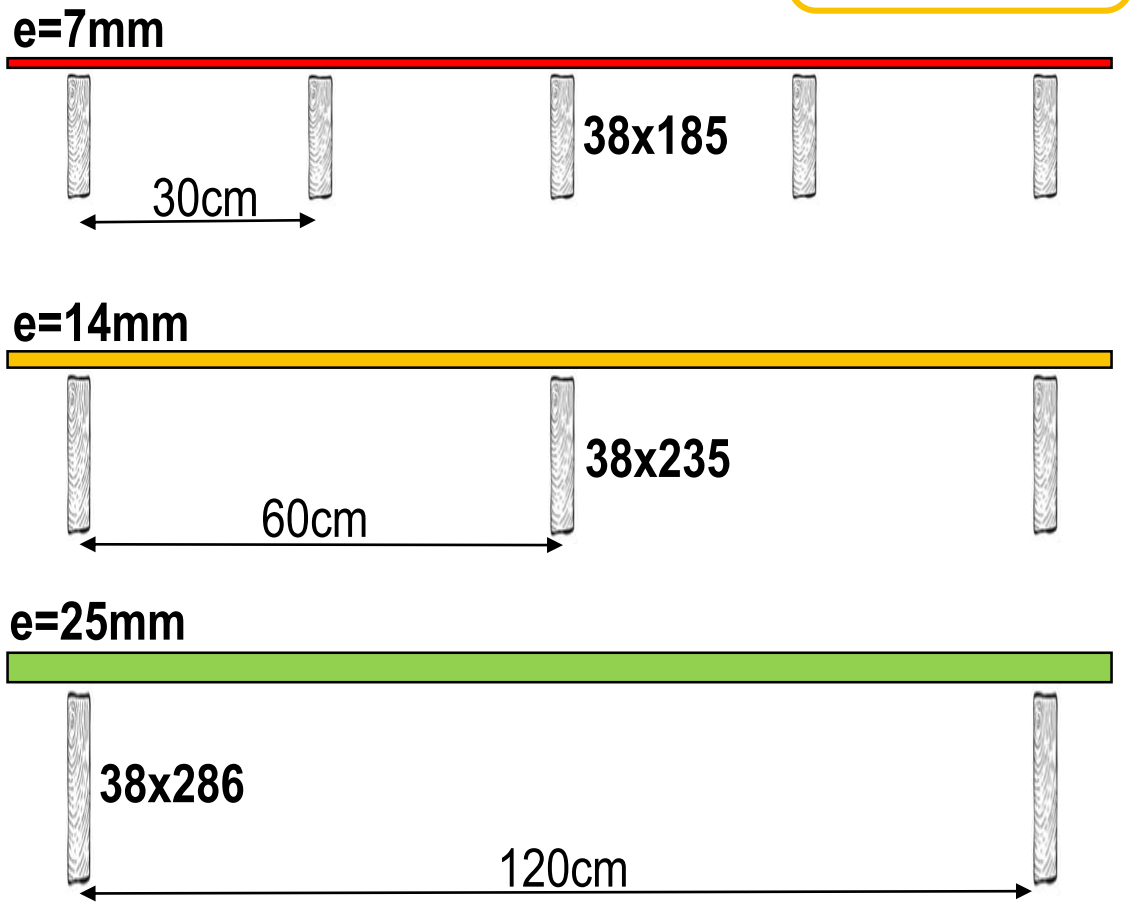
TABLEROS OSB-2 y OSB-3			
ESPESOR TABLERO (mm)	MÁXIMA DISTANCIA ENTRE APOYOS, SEGÚN TIPO DE TRAMO (mm)		
	AISLADO	EXTERIOR	INTERIOR
6	157	210	269
7	183	246	314
8	209	281	358
9	236	316	403
10	262	351	448
11	288	386	493
12	314	421	538
13	341	457	583
14	367	492	628
15	393	527	672
16	419	562	717
17	446	597	762
18	**472**	**632**	**807**
19	498	668	852
20	524	703	897
21	551	738	942
22	577	773	986
23	603	808	1031
24	629	843	1076
25	656	879	1121



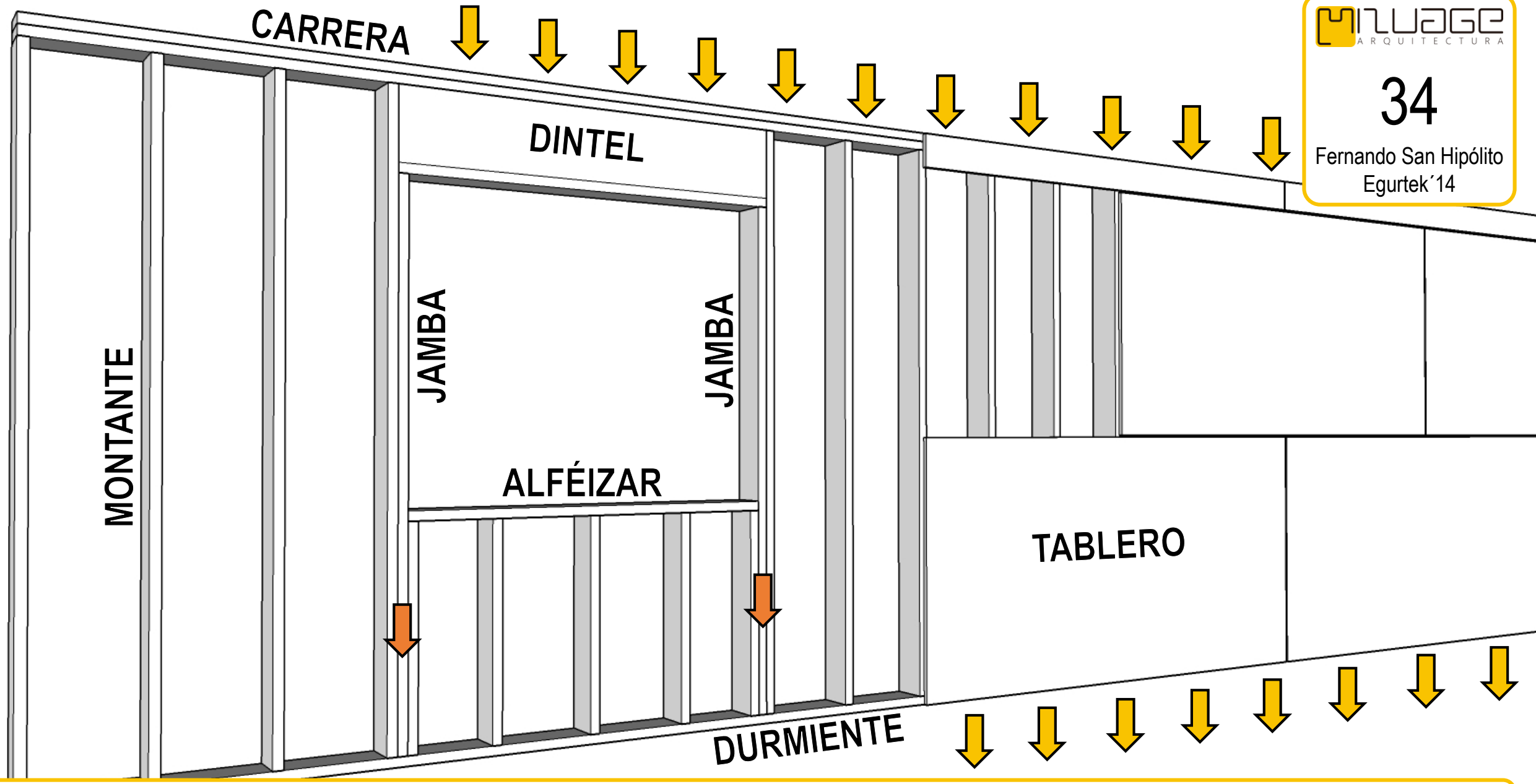
OPTIMIZACIÓN DE TABLEROS

FORJADOS: VIGUETAS

MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL C-14						
VIGUETAS BIAPOYADAS			DISTANCIA MÁXIMA (mm)	LÍNEAS DE ZOQUETES (nº)	VOLUMEN ($m^3/100m^2$)	PRECIO (€/$100m^2$)
ANCHO (mm)	CANTO (mm)	INTEREJE (mm)				
38	89	1200	837	0	0,28	141,32
		800	958	0	0,42	211,73
		600	1055	0	0,56	282,15
		400	1207	0	0,85	423,03
		300	1329	0	1,13	563,92
		200	1521	0	1,69	845,72
	140	1200	1317	0	0,44	222,07
		800	1508	0	0,67	332,85
		600	1659	0	0,89	443,65
		400	1900	0	1,33	665,28
		300	2091	0	1,77	886,92
		200	2393	0	2,66	1.330,22
	185	1200	1740	0	0,59	293,32
		800	1992	0	0,88	439,73
		600	2193	0	1,17	586,15
		400	2510	0	1,76	879,03
		300	**2763**	**0**	**2,34**	**1.171,92**
		200	3163	1	3,52	1.757,83
	235	1200	2211	0	0,74	372,49
		800	2531	0	1,12	558,48
		600	**2786**	**0**	**1,49**	**744,49**
		400	3189	1	2,23	1.116,67
		300	3510	1	2,98	1.488,71
		200	4018	1	4,47	2.232,83
	286	1200	**2691**	**1**	**0,91**	**453,44**
		800	3080	1	1,36	679,78
		600	3390	1	1,81	906,15
		400	3881	1	2,72	1.358,92
		300	4272	1	3,62	1.811,71
		200	4890	2	5,43	2.717,44



OPTIMIZACIÓN DE VIGUETAS



Fernando San Hipólito
Egurtek´14

SUBSISTEMAS PLANOS VERTICALES: MUROS

Fernando San Hipólito
Egurtek´14

MUROS: DISPOSICIÓN

Fernando San Hipólito
Egurtek´14

MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL C-14

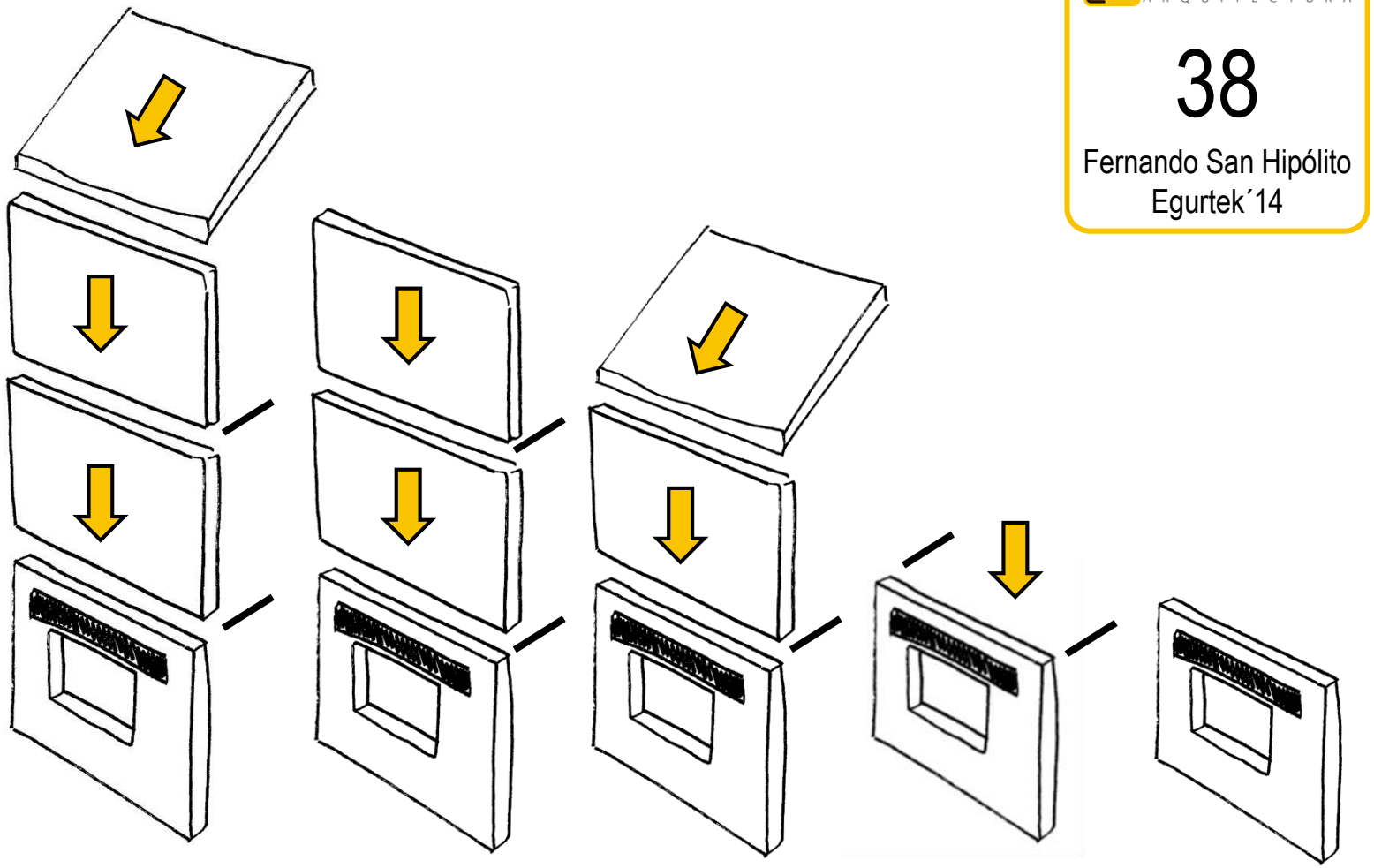
MONTANTES (1 PLANTA + CUBIERTA)			ALTURA MÁXIMA (mm)	LÍNEAS DE ZOQUETES (nº)	VOLUMEN ($m^3/100m^2$)	PRECIO ($€/100m^2$)
ANCHO (mm)	CANTO (mm)	INTEREJE (mm)				
38	89	1200	2093	0	0,28	141,08
		800	**2396**	**0**	**0,42**	**211,52**
		600	2638	0	0,56	281,96
		400	3019	0	0,85	422,86
		300	3323	0	1,13	563,77
		200	3804	0	1,69	845,59
	140	1200	3293	0	0,44	221,83
		800	3770	0	0,67	332,64
		600	4149	0	0,89	443,46
		400	4750	0	1,33	665,11
		300	5228	0	1,77	886,77
		200	5984	0	2,66	1.330,09

OPTIMIZACIÓN DE MUROS

Fernando San Hipólito
Egurtek´14

MUROS: DINTELES

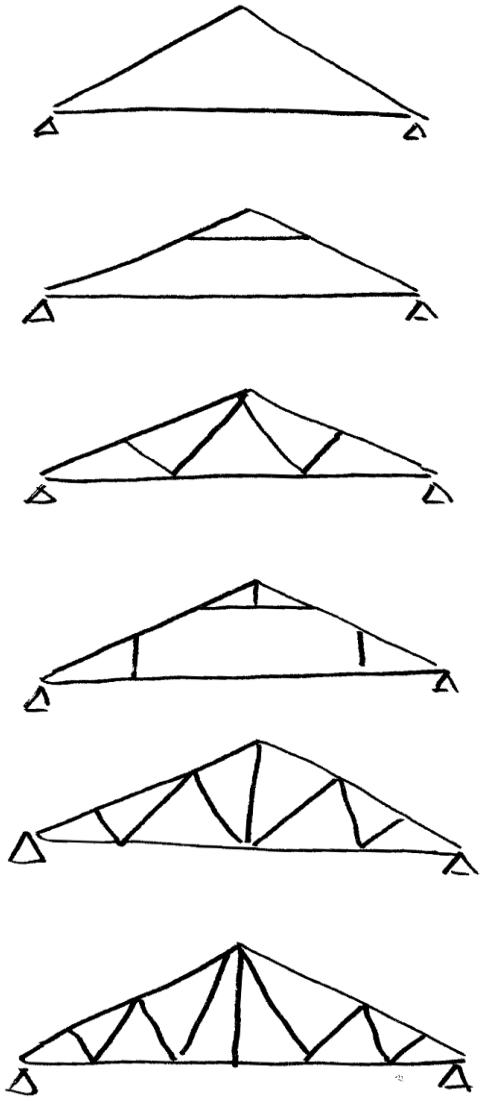
MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL C-14			
VIGUETAS BIAPOYADAS			DISTANCIA MÁXIMA (mm)
ANCHO (mm)	CANTO (mm)	CARGA	
38	89	SIN CARGA	1.513
		1 PLANTA	712
		1 PL. + CUB.	579
		2 PLANTAS	552
		2 PL. + CUB.	507
	140	SIN CARGA	2.380
		1 PLANTA	1.120
		1 PL. + CUB.	910
		2 PLANTAS	868
		2 PL. + CUB.	798
	185	SIN CARGA	3.145
		1 PLANTA	1.480
		1 PL. + CUB.	1.203
		2 PLANTAS	1.147
		2 PL. + CUB.	1.055
	235	SIN CARGA	3.995
		1 PLANTA	1.880
		1 PL. + CUB.	1.528
		2 PLANTAS	1.457
		2 PL. + CUB.	1.340
	286	SIN CARGA	4.862
		1 PLANTA	2.288
		1 PL. + CUB.	1.859
		2 PLANTAS	1.773
		2 PL. + CUB.	1.630



2 PLANTAS + CUBIERTA | 2 PLANTAS | 1 PLANTA + CUBIERTA | 1 PLANTA | SIN CARGA

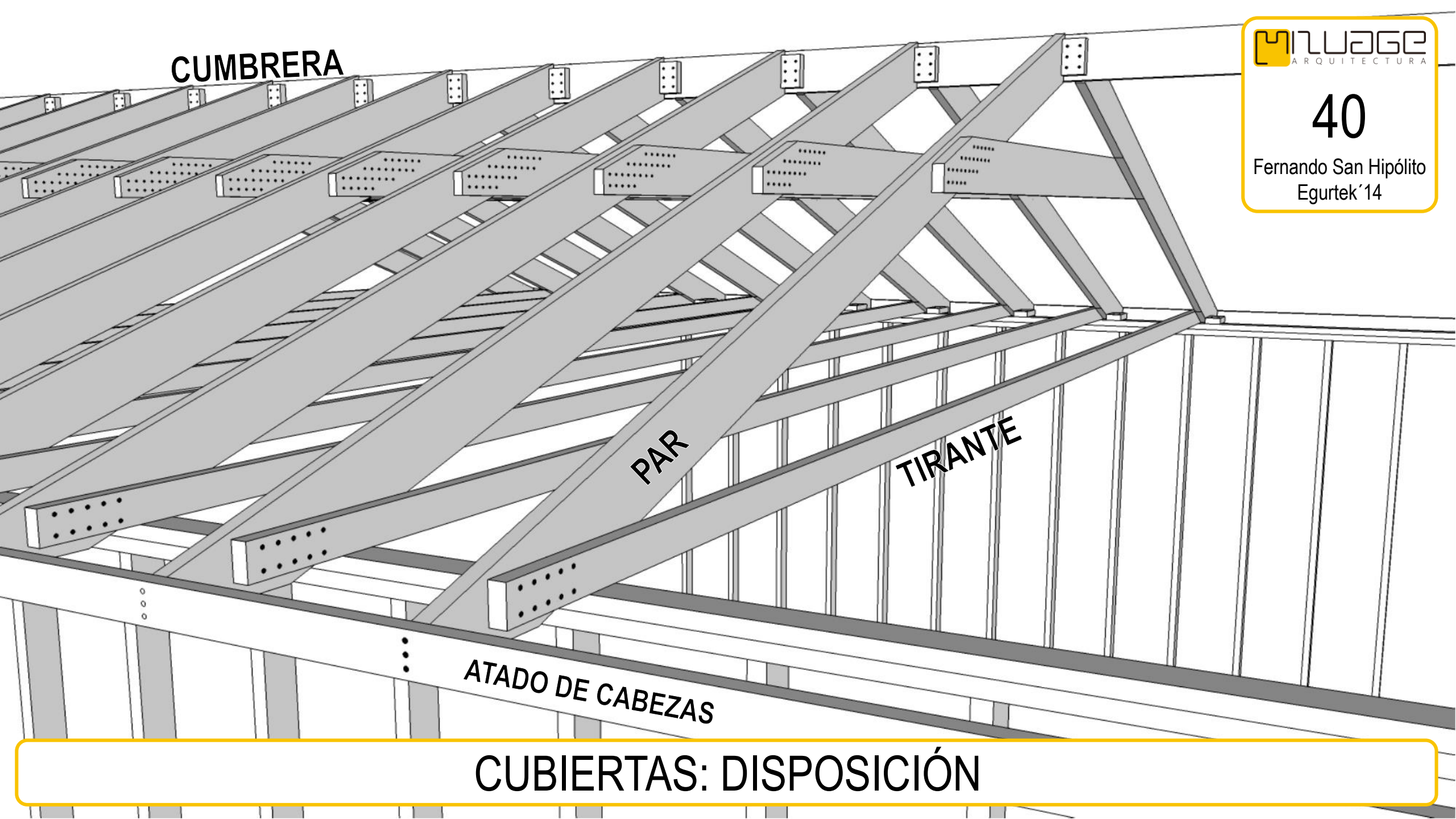
DINTELES: TABLAS DE CÁLCULO

DISPOSICIONES ESTRUCTURALES



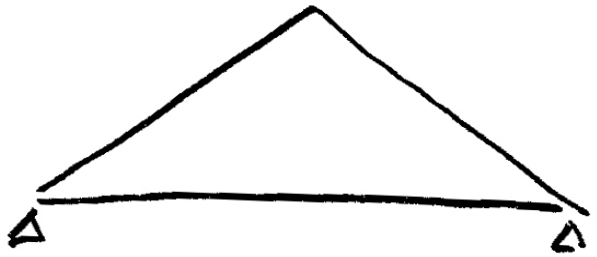
Fernando San Hipólito
Egurtek´14

SUBSISTEMAS PLANOS INCLINADOS: CUBIERTAS



CUBIERTAS: DISPOSICIÓN

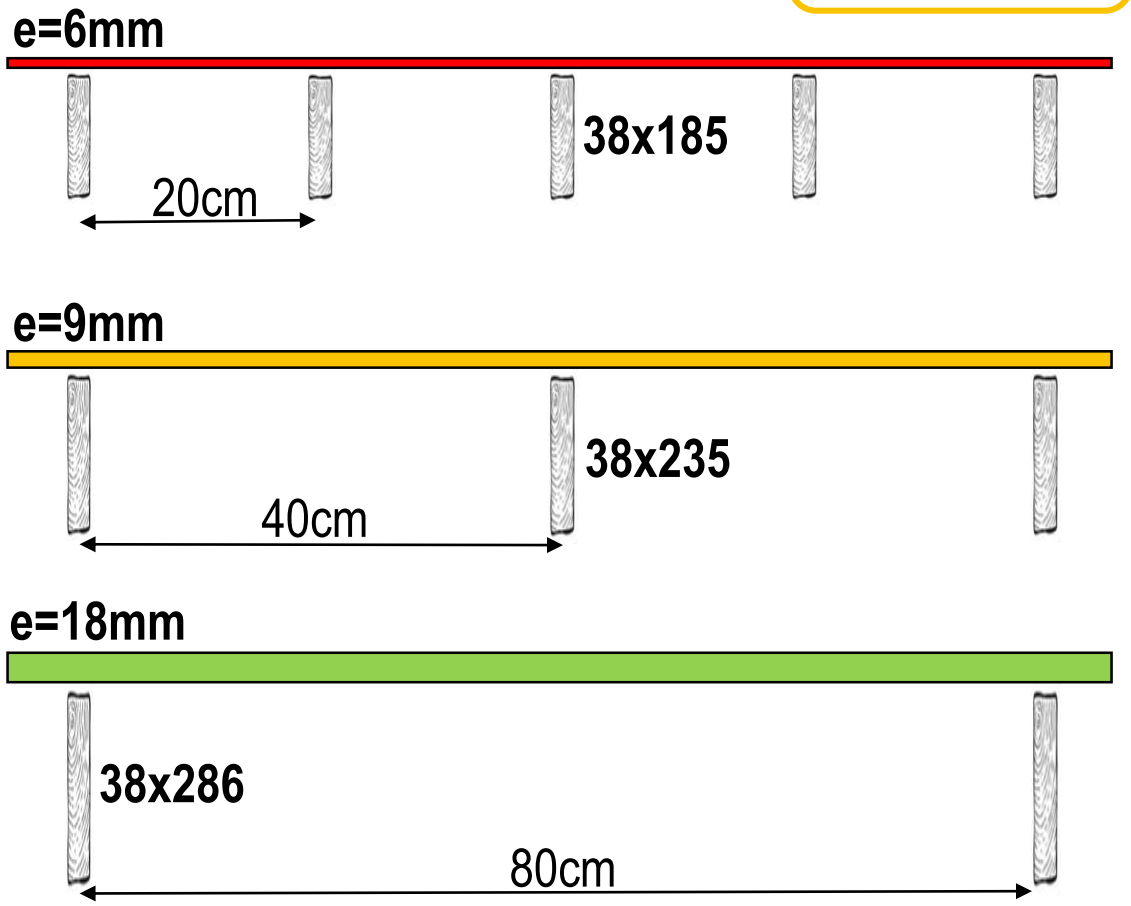
MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL C-24						
PARES BIAPOYADOS			DISTANCIA MÁXIMA (mm)	LÍNEAS DE ZOQUETES (nº)	VOLUMEN ($m^3/100m^2$)	PRECIO (€/$100m^2$)
ANCHO (mm)	CANTO (mm)	INTEREJE (mm)				
38	89	1200	1088	0	0,28	141,23
		800	1246	0	0,42	211,65
		600	1371	0	0,56	282,08
		400	1570	0	0,85	422,97
		300	1728	0	1,13	563,86
		200	1978	0	1,69	845,67
	140	1200	1712	0	0,44	221,98
		800	1960	0	0,67	332,77
		600	2157	0	0,89	443,58
		400	2470	0	1,33	665,22
		300	2718	0	1,77	886,86
		200	3112	0	2,66	1.330,17
	185	1200	2263	0	0,59	293,23
		800	2590	0	0,88	439,65
		600	2851	0	1,17	586,08
		400	3264	0	1,76	878,97
		300	3592	0	2,34	1.171,86
		200	**4112**	**1**	**3,52**	**1.757,76**
	235	1200	2874	0	0,74	372,39
		800	3290	1	1,12	558,53
		600	3622	1	1,49	744,54
		400	**4146**	**1**	**2,23**	**1.116,57**
		300	4563	1	2,98	1.488,63
		200	5223	1	4,47	2.232,76
	286	1200	3498	1	0,91	453,30
		800	**4005**	**1**	**1,36**	**679,66**
		600	4408	1	1,81	906,04
		400	5046	2	2,72	1.358,93
		300	5553	2	3,62	1.811,72
		200	6357	2	5,43	2.717,34



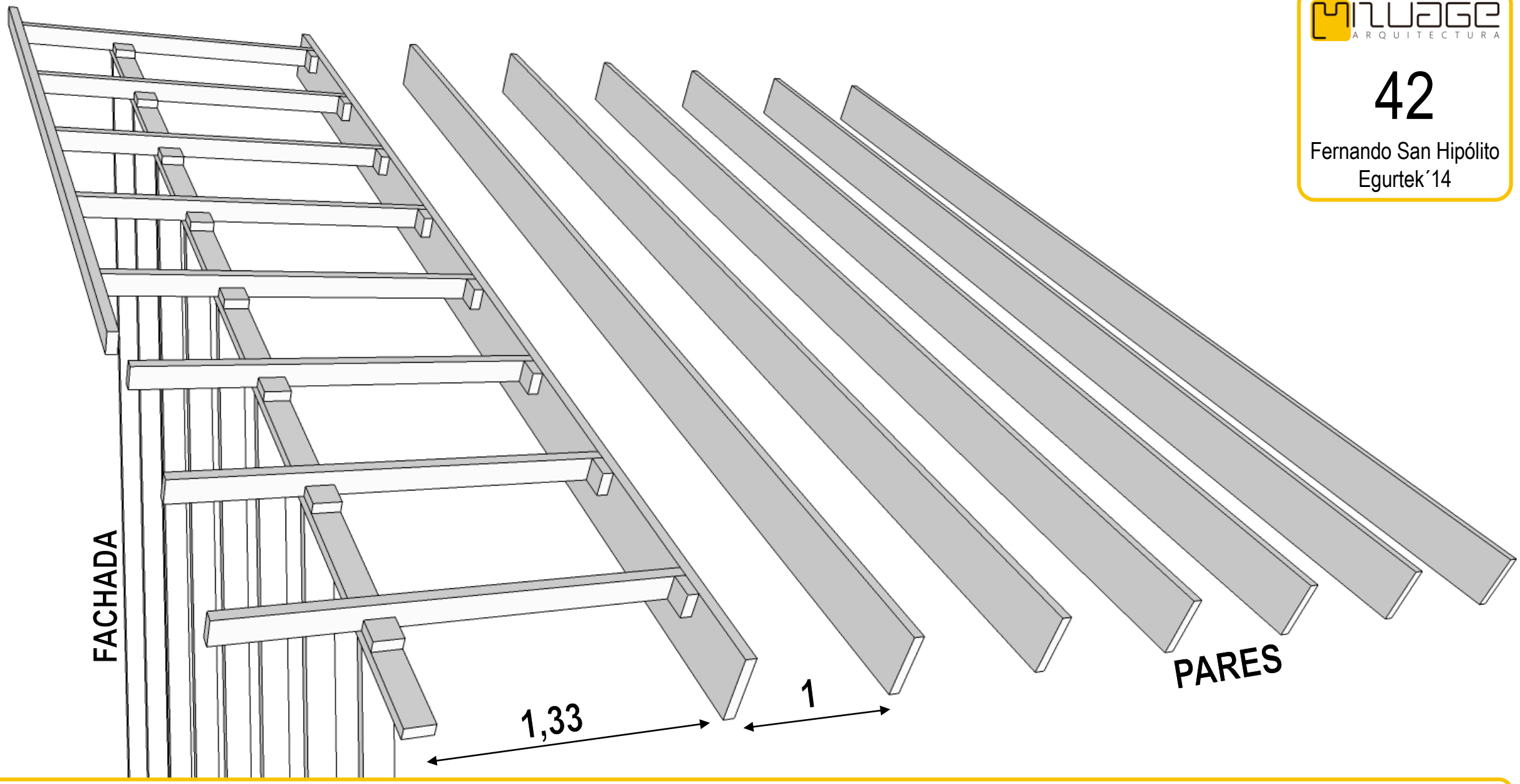
MILUAGE ARQUITECTURA

41

Fernando San Hipólito
Egurtek´14



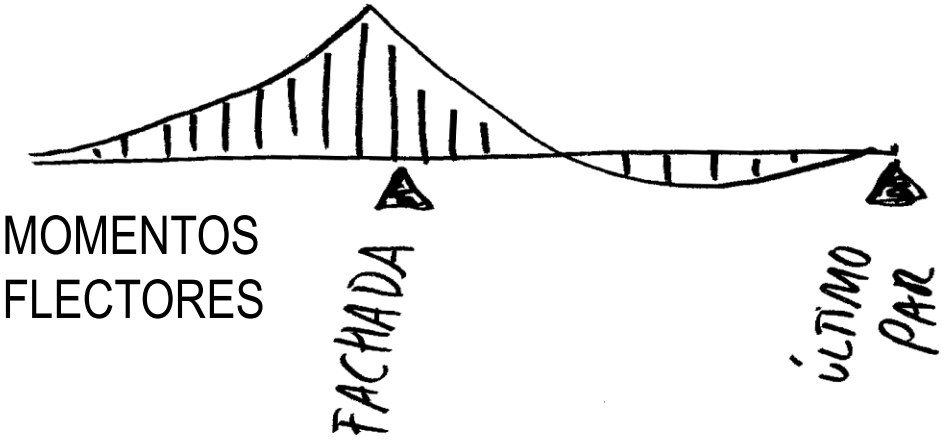
OPTIMIZACIÓN DE CUBIERTAS



MILUAGE ARQUITECTURA

Fernando San Hipólito
Egurtek´14

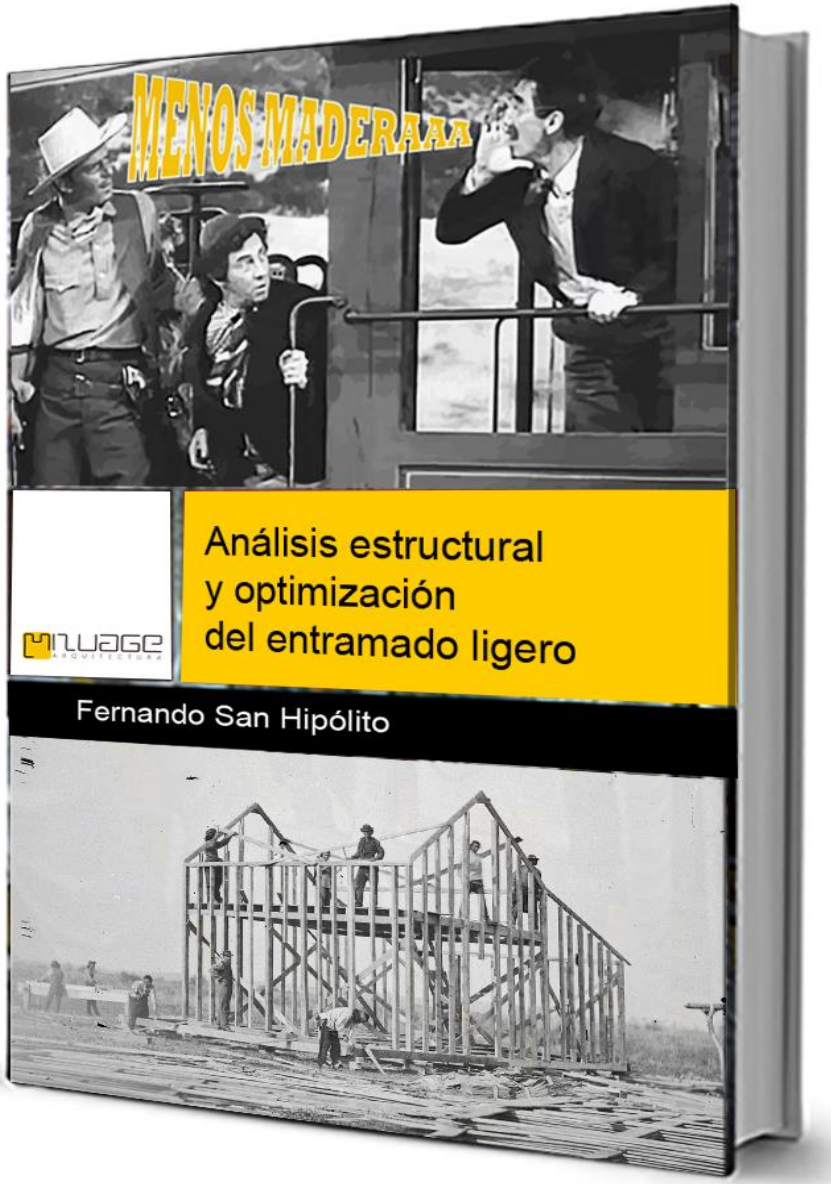
EJECUCIÓN TÍPICA DE ALEROS



MADERA ASERRADA ESTRUCTURAL C-18					
ALEROS EN VOLADIZO			VUELO MÁXIMO (mm)	VOLUMEN ($m^3/100m^2$)	PRECIO (€/$100m^2$)
ANCHO (mm)	CANTO (mm)	INTEREJE (mm)			
38	89	1200	477	0,28	141,63
		600	**601**	**0,56**	**282,40**
		400	688	0,85	423,24
		300	757	1,13	564,11
		200	867	1,69	845,89
	140	1200	750	0,28	141,37
		600	946	0,56	282,19
		400	1083	0,85	423,06
		300	1192	1,13	563,95
		200	1364	1,69	845,75

OPTIMIZACIÓN DE ALEROS

Fernando San Hipólito
Egurtek´14



PROXIMAMENTE…

MILUAGE ARQUITECTURA

45

Fernando San Hipólito
Egurtek´14

KARRANTZA´04

ESKERRIK ASKO

MUCHAS GRACIAS