

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Mecànica

Títol: Avantprojecte de disseny i predimensionat de l'estructura d'un monòlit per a la pràctica de l'escalada esportiva en exteriors.

Document: Memòria i Annexos

Alumne: Joan Caimari Fuster

Tutor: Francesc Xavier Cahís Carola
Departament: Enginyeria Mecànica i de la Construcció Industrial
Àrea: Enginyeria de la Construcció

Convocatòria (mes/any): 06/2022

ÍNDEX

MEMÒRIA

1. INTRODUCCIÓ	2
1.1. Antecedents	2
1.1.1. Peticionari	2
1.1.2. Necessitats del peticionari	2
1.2. Objecte	2
1.3. Requeriments i abast	2
1.3.1. Requeriments	2
1.3.2. Abast	3
2. DESCRIPCIÓ DEL DISSENY	4
3. DESCRIPCIÓ ESTRUCTURAL	12
4. RESUM DEL PRESSUPOST	15
5. RELACIÓ DE DOCUMENTS	15

ANNEXOS

ANNEX A: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES	16
A.1. Panells	17
A.2. Acer	20
ANNEX B: CÀLCULS ESTRUCTURALS	21
B.1. Accions	22
B.2. Combinació d'accions	23
B.3. Resultats	30
B.4. Comprovació de ELU i ELS	33
B.5. Resum de resultats	34
B.6. Normativa aplicable	34
ANNEX C: CONCEPTE DE L'ESCALADA I DELS ROCÒDROMS	35

1. INTRODUCCIÓ

1.1. Antecedents

1.1.1. Peticionari

El peticionari del present projecte és l'Àrea d'Esports de l'Ajuntament de Pollença, ubicat al Camí del Cementeri, 07460 Pollença, Illes Balears.

1.1.2. Necessitats del peticionari

Els escaladors de Mallorca duen més de 30 anys lluitant per els seus drets de poder escalar dins la majoria de sectors de la Serra però les negociacions amb la Conselleria de Medi Ambient i amb els amos de les finques no han prosperat molt.

Aquests esdeveniments amb les seves protestes han arribat fins l'Ajuntament de Pollença, el qual busca una solució momentània per poder satisfer als escaladors amb la pràctica de la modalitat esportiva mentre es segueixen desenvolupant les negociacions amb la Conselleria.

La solució pensada passa per un rocòdrom apta per a l'escalada esportiva sense la necessitat d'haver d'invertir diners en crear instal·lacions i infraestructures aposta per aquest. També interessa que sigui atractiu per així satisfer tant als escaladors com a la gent que passa per la zona.

1.2. Objecte

Avantprojecte d'un monòlit, consistent en el disseny i predimensionament de l'estructura per a la pràctica de l'escalada esportiva en exteriors.

1.3. Requeriments i abast

1.3.1. Requeriments

A continuació s'adjunten els requeriments que s'hauran de seguir i tenir en compte:

TEMA	O/D	DESCRIPCIÓ
Dimensionament	O	4m d'amplada, 4m de llargària i 30m d'altura
Ubicació	O	Pensat per un espai exterior de uns 100 m ²
Material estructural	O	Acer
Material panells	O	Tauler de 18mm de gruix resistent a l'aigua
Vida útil	O	25 anys
Vies d'escalada	O	8 mínim
Disseny	O	Ha de ser atractiu fins i tot per una persona que no practiqui l'escalada

1.3.2. Abast

Al ser el present document un avantprojecte, es realitzarà exclusivament el disseny i predimensionament de l'estructura d'un monòlit per a la pràctica de l'escalada esportiva en exteriors.

No es dissenyaran altres parts del projecte: fonamentació, unions, detalls constructius, escala interior, col·locació d'elements de seguretat...

2. DESCRIPCIÓ DEL DISSENY

Seguint el llistat de requeriments, s'ha fet un estudi de les geometries, tipologies, inspiracions i referències que hi ha actualment a l'escalada en superfícies artificials per arribar a un disseny a l'altura del que es demanda.

A continuació es mostren renders on hi apareixen enumerades les 6 cares laterals i la cara superior:

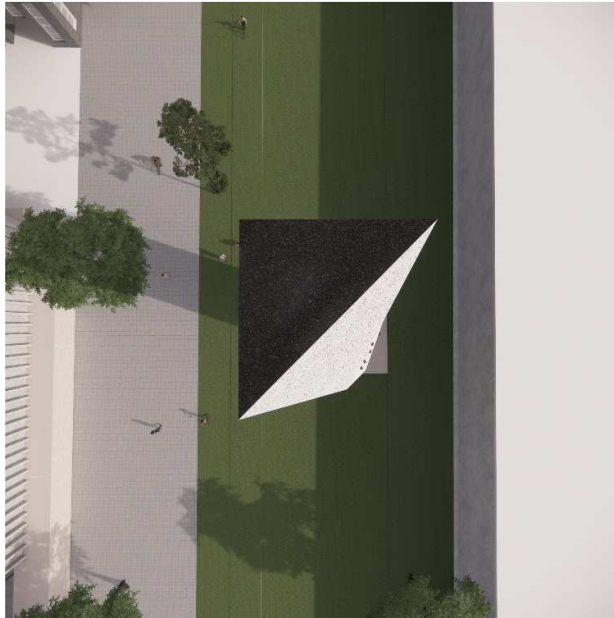


Figura 1. Cara superior



Figura 2. Diferents cares



Figura 3. Altres cares

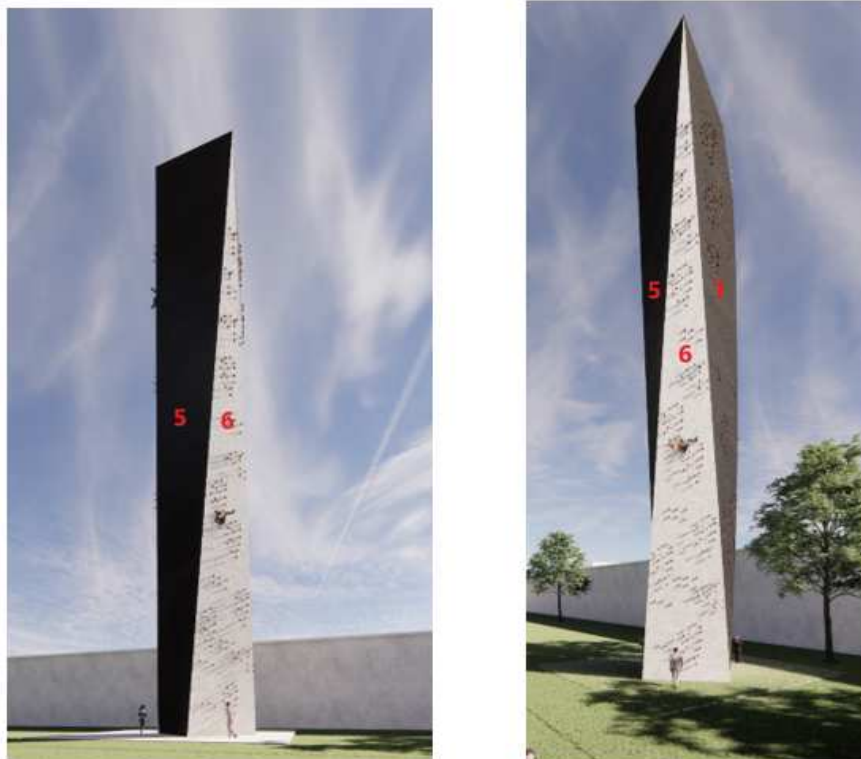


Figura 4. Altres cares

Per entendre les geometries del monòlit, primer s'ha de saber que existeixen tres tipus d'escalada segons la seva superfície:

-Desplom: superfície que forma un angle igual o superior als 30° d'inclinació. És molt comú i requereix utilitzar molta força per part de l'escalador.



Figura 5. Desplom estructura artificial – Render de la part amb desplom

-Placa: superfície que forma un angle similar als 90° d'inclinació. Són planes, consten amb poques preses i requereixen de molta tècnica per part de l'escalador.



Figura 6. Placa estructura artificial – Render de la part amb placa

-Evolució geomètrica: són un conjunt de superfícies que van combinant diferents angles. S'han posat molt de moda en els últims anys perquè requereix que l'escalador pensi diferents maneres de realitzar la via i conèixer el seu cos a la perfecció.



Figura 7. Evolució geomètrica estructura artificial – Render de la part amb evolució geomètrica

El requeriment de que sigui un disseny atractiu i les poques referències actuals que hi ha de monòlits escalables, ha fet que el monòlit dissenyat estigui inspirat en torres de gran rellevància ubicades a diferents racons del planeta.

-Plaques triangulars:



Figura 8. Torre One World Center a Nueva York – Render part triangular

-Parts rectangulars:



Figura 9. Torres Tokio a Madrid – Render part rectangular

-Desploms amb evolució geomètrica:



Figura 10. Evolution Tower a Moscow – Render desploms amb evolució geomètrica

3. DESCRIPCIÓ ESTRUCTURAL

L'estructura metàl·lica del monòlit està feta de seccions quadrades de 80x80x6mm d'Acer S275 al ser un acer amb bones prestacions, l'estructura metàl·lica no presentarà grans problemes tant per ser muntades com desmuntades.

El monòlit està subdividit en 10 plantes de 3 metres, formant una altura de 30 metres.

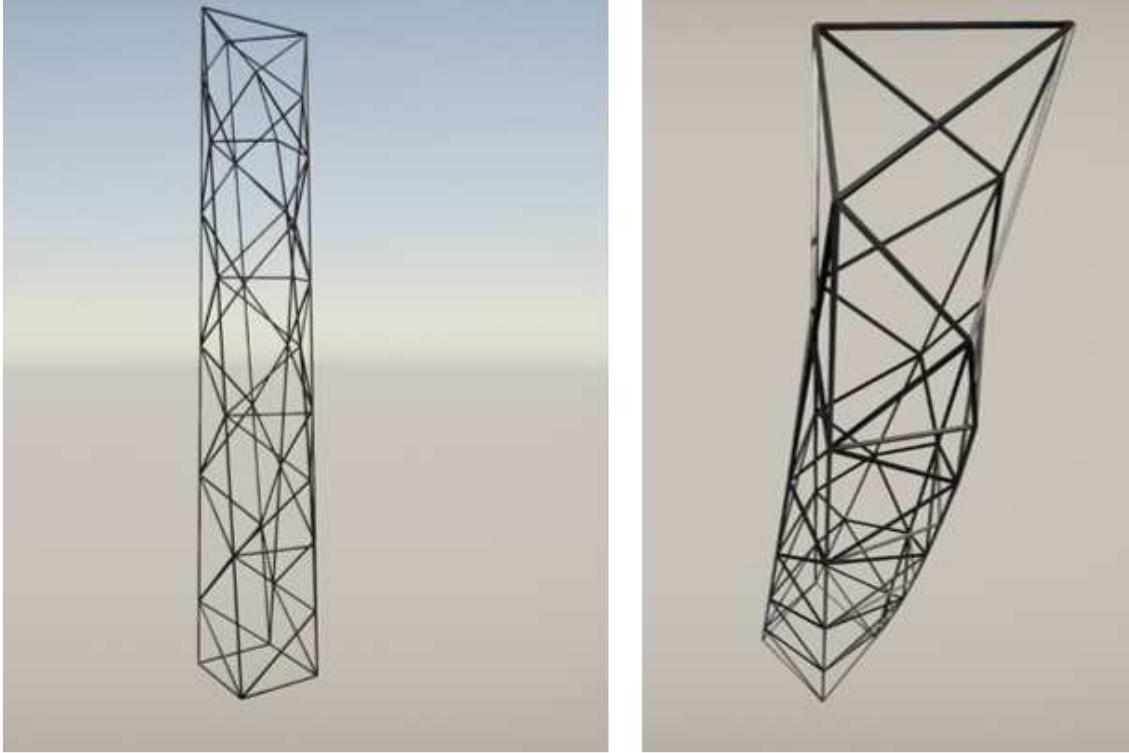


Figura 11. Estructura completa

La planta superior està formada per un triangle on la barra més llarga és de 5 metres i les altres dues de 4 metres. La planta inferior està formada per un quadrat on els costats medeixen 4 metres.

Per entendre millor la composició de totes les cares de l'estructura, es separen a continuació:

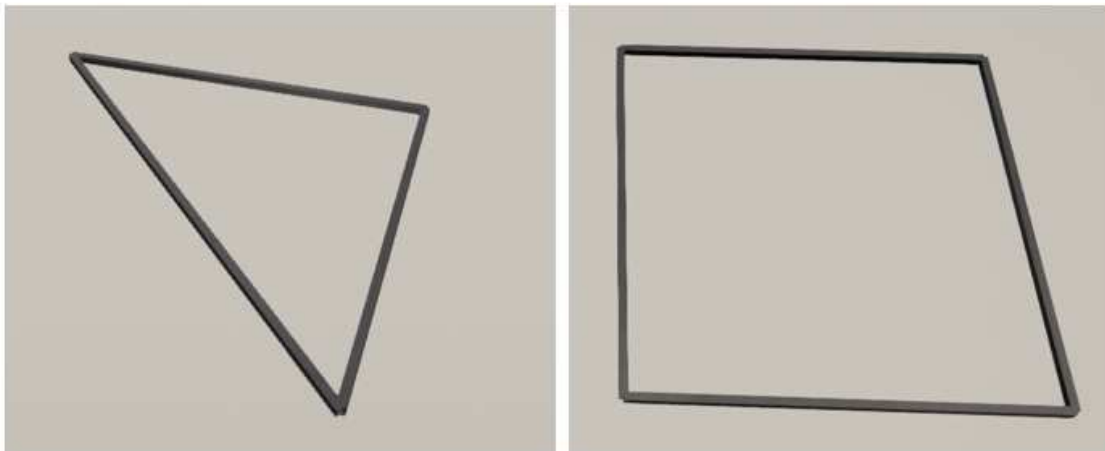


Figura 12. Part superior (triangle) i inferior (quadrat)

Les sis cares laterals estructurals estan enumerades igual que a l'apartat del disseny exterior:

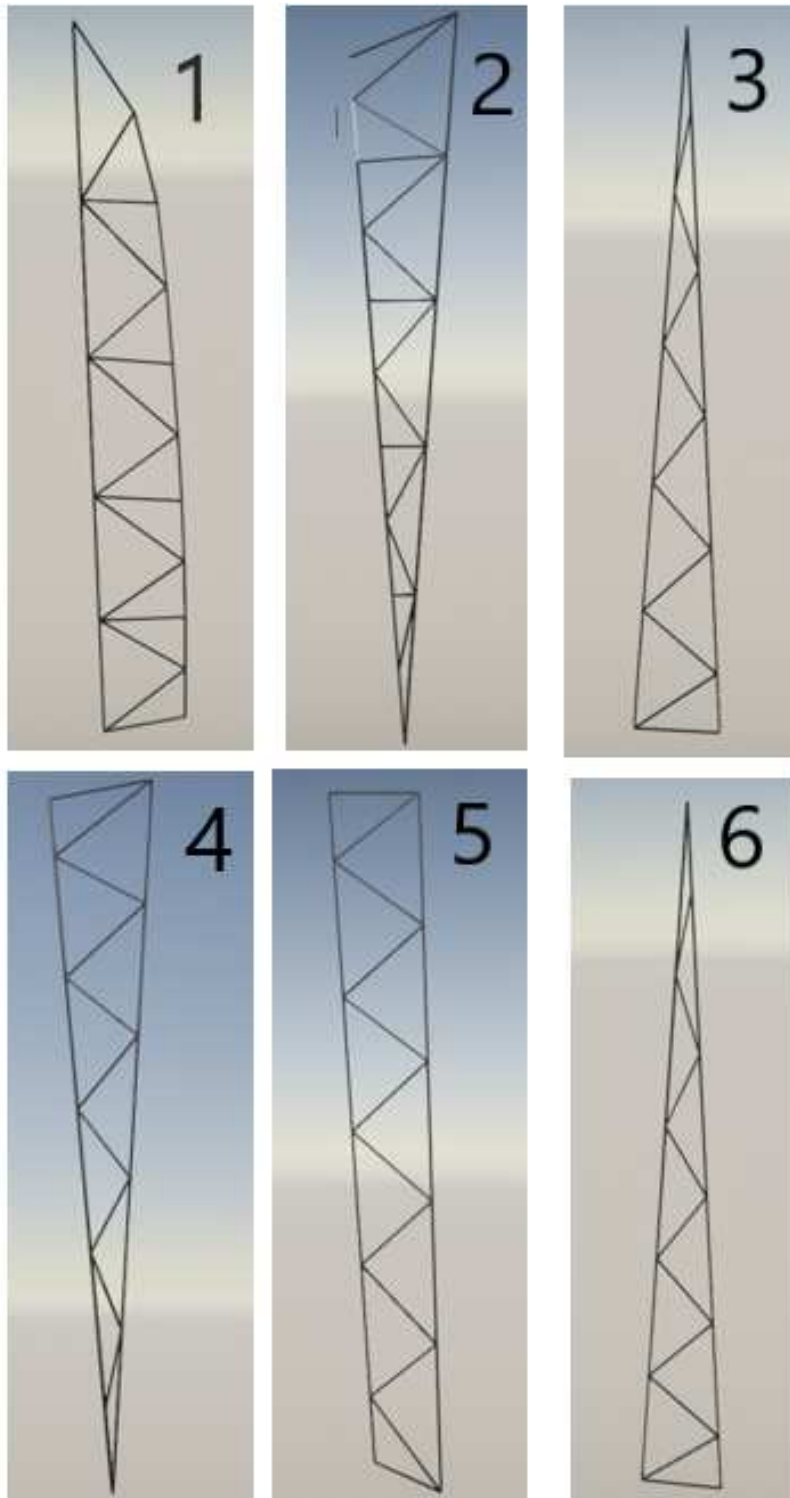


Figura 13. Cares laterals

Totes les seccions que forma l'estructura són de geometria triangular. Aquest fet és degut a varis motius. El primer és que hi ha certes parts de l'estructura que presenten evolució geomètrica, per tant quedarien zones rectangulars on la superfície no seria plana i no s'hi podrien instal·lar els panells.

Un altre motiu important és el càlcul estructural del monòlit, del qual se'n necessita fer la triangulació perquè aquest sigui viable. La triangulació utilitzada per a les gelosies és de tipus Warren, ja que estalvia més material que les altres.

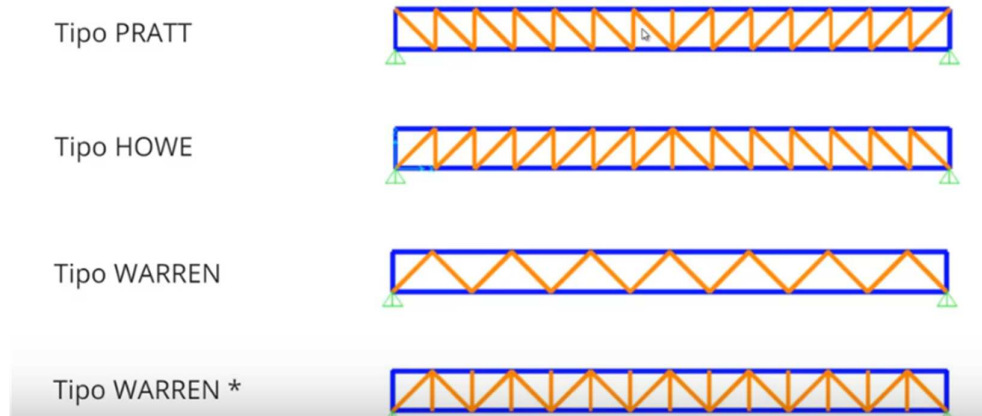


Figura 14. Diferents tipus de gelosies

Al haver-hi pocs precedents d'estructures similars, la inspiració estructural ha estat amb les torres elèctriques. Aquestes tenen unes dimensions similars, són metàl·liques i disposen de triangulacions paregudes.



Figura 15. Torre elèctrica amb triangulació tipo Warren – Estructura monòlit

4. RESUM DEL PRESSUPOST

Es fa una estimació econòmica de 31.308,50€. No s'han contemplat els preus executius de construcció.

5. RELACIÓ DE DOCUMENTS

Document 1. Memòria i Annexos

- Annex A: Descripcions tècniques
- Annex B: Càlculs estructurals
- Annex C: Concepte de l'escalada i dels rocòdroms

Document 2. Plànols

Document 5. Pressupost

ANNEX A: DESCRIPCIONS TÈCNIQUES

A.1. Panells

S'adjunta la fitxa tècnica dels panells utilitzats per a la superfície escalable:

TABLERO CONTRACHAPADO DE ABEDUL

DESCRIPCIÓN

Tablero Contrachapado compuesto de chapas de madera de abedul entrecruzadas, que por su alta estabilidad, es apto para aplicaciones estructurales exteriores.

100% abedul, lo que le confiere una grata apariencia y unas altas prestaciones físico-mecánicas .

ESPECIFICACIONES

VENTAJAS · Caras libres de nudos.

- Gran estabilidad dimensional y alta resistencia a la flexión, tracción y compresión.
- Construcción interna y externa sin faltas de material.
- Resistente al agua WBP: uso exterior. Clase 111.

DENSIDAD · 640 - 760 kg / m³

DIMENSIONES: Espesor mm	9	12	15	18	21	24	30
Nº de chapas	7	9	11	13	15	17	21

ADHESIVO · Adhesivo fenol formaldehído. Clase de emisión E1, que cumple la norma de emisión EN 717.

CERTIFICACIONES · CE2+ / FSC

GRADOS BB/BB ; BB/CP

APLICACIONES

- Construcción.
- Mueble.
- Embalajes.
- Industria Naval.
- Decoración.
- Encofrados.
- Carrocerías.

Taula d'especificacions 1

CARACTERÍSTICAS	VALORES			NOTAS	MEDIDO SEGÚN ESTANDAR	
Contenido humedad	4 - 12%				PE-EN 322	
Densidad	550 - 800 km/m ³				PN-EN 323	
Número de chapas según grosor del tablero Notas: „l” y „-” chapas de 1,5 mm	Grosor Nominal (t) [mm]	Número de chapas	Ejemplo de ensamblado	Grosor estándar de la chapa es 1,5 mm		
	4	3	-			
	6,5	5	- -			
	9	7	- - -			
	12	9	- - - -			
	15	11	- - - - -			
	18	13	- - - - - -			
	21	15	- - - - - - -			
	24	17	- - - - - - - -			
	27	19	- - - - - - - - -			
	30	21	- - - - - - - - - -			
	35	25	- - - - - - - - - - -			
	40	27	- - - - - - - - - - - -			
45	31	- - - - - - - - - - - - -				
Tolerancia y largo y ancho del panel	± 3,5 mm				PN-EN 315 PN-EN 324-1	
Tolerancia en grosor	Grosor nominal (t) [mm]	Tableros sin lijar		Tableros lijados		PN-EN 315 PN-EN 324-1
		tolerancia	tolerancia	tolerancia	tolerancia	
		[mm]	[mm]	[mm]	[mm]	
	≥ 3 ≤ 12	1,0	+ (0,8 + 0,03t) - (0,4 + 0,03t)	0,6	+ (0,2 + 0,03t) - (0,4 + 0,03t)	
	≥ 12 ≤ 25	1,5		,8	+ (0,0 + 0,05t) - (0,4 + 0,05t)	
	≥ 25 ≤ 30				+ (0,0 + 0,03t) - (0,4 + 0,03t)	
> 30						

Taula d'especificacions 2

Tableros lijados:											
Grosor (t) [mm]	4	6,5	9	12	15	18	21	24	27	30	35
Tolerancia [mm]	+0,3 -0,7	+0,9 -0,6	+0,5 -0,7	+0,6 -0,7	+0,7 -0,8	+0,7 -0,9	+0,8 -0,9	+0,9 -1,5	+1,4 -1,7	+1,5 -1,9	+1,1 -1,5
Tolerancia de rectitud de bordes y escuadrado	1 mm/m										PN-EN 315 PN-EN 324-2
Resistencia flexión	30 - 100 MPa								Dependiendo del tipo de madera utilizada para el tablero contrachapado en particular		PN-EN 310
Fuerza de tensión	30 - 60 MPa										
Compresión	25-50 MPa										
Elasticidad en flexión	3500 - 10000 MPa										

Taula d'especificacions 3

CARACTERÍSTICAS	VALORES		NOTAS	MEDIDO SEGÚN ESTANDAR
Cambios dimensionales asociados con cambios en la humedad relativa.	do 0,5%			PN-EN 318
Clase de emisión de formaldehído	Emission class A $\leq 3,5$ mg HCHO/m ² ·h; Standard formaldehdez de emision acc. to CARB Phase 2 ($\leq 0,5$ mg/m ² ·h)		Hygienic class E1	PN-EN 717-2
Calidad de unión	Mean shear strength f_v [N/mm ²]	Mean apparent cohesive wood failure [%]		PN-EN 314-2
	$0,2 \leq f_v < 0,4$ $0,4 \leq f_v < 0,6$ $0,6 \leq f_v < 1,0$ $1,0 \leq f_v$	>80 >60 >40 no requirement		
Clase de reacción al fuego	D-s2,d0 D - productos que pueden resistir en una reacción prolongada de una pequeña llama, sin una propagación significativa de la llama. Pueden resistir la reacción térmica de objetos en llamas con suficiente emisión térmica s2 - toda la cantidad de humo y el factor de aumento de emisión de humo son limitados d0 - no hay gotas / partículas en llamas		Grosor ≥ 9 mm Densidad ≥ 400 kg/m ³	PN-EN 13986 EN 13501 - 1
	F - productos para los que no se da la clase de reacción al fuego		Grosor ≥ 9 mm	
Factores de resistencia al vapor de agua	Mean density [kg/m ³]	Factor de resistencia a la penetración del vapor de agua μ		PN-EN 13986 EN 12524
		para alto contenido de humedad del aire	para bajo contenido de humedad del aire	
	300	50	150	
	500	70	200	
	700	90	220	
1000	110	250		
Coeficiente de absorción acústica	Rango de frecuencia 250 Hz to 500 Hz	Rango de frecuencia 1000 Hz to 2000Hz		PN-EN 13986
	0,10	0,30		

Taula d'especificacions 4

aislamiento acústico aéreo	La pérdida de transmisión de sonido R de un solo panel a base de madera, medida en dB, Está relacionada con la masa superficial media m_a in kg/m ² según la siguiente ecuación: $R = 13 \times \lg(m_a) + 14$ (que es solo una identificación válida para el rango de frecuencia de 1 kHz a 3 kHz en una masa superficial > 5 kg/m ²)		PN-EN 13986 EN ISO 140-3 EN ISO 717-1
Conductividad térmica	Densidad media [kg/m ³]	Conductividad térmica λ [W / (m·K)]	PN-EN 13986 EN 12664
	300	0,09	
	500	0,13	
	700	0,17	
	1000	0,24	

Taula d'especificacions 5

A.2. Acer

S'adjunta la fitxa tècnica de l'acer S275 utilitzat per a l'estructura:

Espesores màxims t (mm) del material base

Tipo de acero	Grado	Resiliencia		Temperatura de referencia T_{ref} (°C)																							
		a T (°C)	J _{min}	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50	10	0	-10	-20	-30	-40	-50			
		$\sigma_{ref} = 0,75f_p(t)$									$\sigma_{ref} = 0,50f_p(t)$									$\sigma_{ref} = 0,25f_p(t)$							
S235	JR	20	27	60	50	40	35	30	25	20	90	75	65	55	45	40	35	135	115	100	85	75	65	60			
	J0	0	27	90	75	60	50	40	35	30	125	105	90	75	65	55	45	175	155	135	115	100	85	75			
	J2	-20	27	125	105	90	75	60	50	40	170	145	125	105	90	75	65	200	200	175	155	135	115	100			
S275	JR	20	27	55	45	35	30	25	20	15	80	70	55	50	40	35	30	125	110	95	80	70	60	55			
	J0	0	27	75	65	55	45	35	30	25	115	95	80	70	55	50	40	165	145	125	110	95	80	70			
	J2	-20	27	110	95	75	65	55	45	35	155	130	115	95	80	70	55	200	190	165	145	125	110	95			
	M, N	-20	40	135	110	95	75	65	55	45	180	155	130	115	95	80	70	200	200	190	165	145	125	110			
	ML, NL	-50	27	185	160	135	110	95	75	65	200	200	180	155	130	115	95	230	200	200	200	190	165	145			
S355	JR	20	27	40	35	25	20	15	10	65	55	45	40	30	25	25	110	95	80	70	60	55	45				
	J0	0	27	60	50	40	35	25	20	15	95	80	65	55	45	40	30	150	130	110	95	80	75	60			
	J2	-20	27	90	75	60	50	40	35	25	135	110	95	80	65	55	45	200	175	150	130	110	95	80			
	K2, M, N	-20	40	110	90	75	60	50	40	35	155	135	110	95	80	65	55	200	200	175	150	130	110	95			
	ML, NL	-50	27	155	130	110	90	75	60	50	200	180	155	135	110	95	80	210	200	200	200	175	150	130			
S420	M, N	-20	40	95	80	65	55	45	35	30	140	120	100	85	70	60	50	200	185	160	140	120	100	85			
	ML, NL	-50	27	135	115	95	80	65	55	45	190	165	140	120	100	85	70	200	200	200	185	160	140	120			
S460	Q	-20	30	70	60	50	40	30	25	20	110	95	75	65	55	45	35	175	155	130	115	95	80	70			
	M, N	-20	40	90	70	60	50	40	30	25	130	110	95	75	65	55	45	200	175	150	130	115	95	80			
	QL	-40	30	105	90	70	60	50	40	30	155	130	110	95	75	65	55	200	200	175	155	130	115	95			
	ML, NL	-50	27	125	105	90	70	60	50	40	180	155	130	110	95	75	65	200	200	200	175	155	130	115			
	QL1	-60	30	150	125	105	90	70	60	50	200	180	155	130	110	95	75	215	200	200	200	175	155	130			

Taula d'especificacions de l'acer

ANNEX B: CÀLCULS ESTRUCTURALS

B.1. Accions

Les càrregues que actuen sobre l'estructura s'extreuen del Codi Tècnic de l'Edificació (CTE-SE-AE) i es diferencien segons la superfície aplicada i si són permanents o variables.

Les càrregues permanents que actuen són:

- El pes propi de l'estructura: d'acer S275 amb seccions quadrades de 80x80x6mm amb un total de 5970kg.

-El pes propi dels panells: que amb 18 mm d'espessor i una densitat de 700 kg/m³, produeixen una càrrega de 0.055 kN/m².

Les càrregues variables que actuen a l'estructura són:

- La carga de neu: aquesta només s'aplicarà a la base superior de l'estructura. El coeficient de forma de la coberta (μ) agafa el valor de 1 al ser coberta plana, el valor característic de la carga de neu en un terreny horitzontal (s_k) per les Illes Balears pren el valor de 0.2 kN/m². Per tant:

$$q_n = \mu \cdot s_k = 0.2 \text{ kN/m}^2 \quad (\text{Eq.1})$$

-La carga de vent: al ser l'edifici de 30 metres d'altura, s'ha dividit en tres parts de 10 metres per aplicar les diferents cargues de vent, ja que a més altura més carga. S'ha aplicat la carga de vent a les cares amb més superfícies (cara 1). L'acció del vent, és una força perpendicular a la superfície de cada punt exposat, o pressió estàtica, q_e que és pot expressar com:

$$q_e = q_b \cdot c_e \cdot c_p \quad (\text{Eq.2})$$

q_b és el valor de la pressió dinàmica del vent, al estar Mallorca en zona C (d'acord amb la taula D.1 del DB SE-AE) té un valor de 0.52 kN/m².

c_e és el coeficient d'exposició, que per a altures no majors a 200 metres s'expressa amb les següents expressions:

$$c_e = F \cdot (F + 7 \cdot k) \quad (\text{Eq.3})$$

$$F = k \cdot \ln\left(\frac{\max(z, Z)}{L}\right) \quad (\text{Eq.4})$$

D'acord amb la Taula D.2 del DB SE-AE i la ubicació de l'estructura es tracta de una zona IV urbana on $k=0.22$, $L=0.3\text{m}$, $Z=5\text{m}$ i z depèn de l'altura calculada (per cada tram s'agafa la més desfavorable).

Per tant:

$c_e = 1.77$ fins els 10m

$c_e = 2.27$ dels 10m als 20m

$c_e = 2.57$ dels 20m als 30m

c_p és el coeficient de pressió i c_s és el coeficient de succió. D'acord amb la Taula 3.5 del DB SE-AE i al ser la esveltesa superior a 1.25 en els tres trams d'altures, el valor de $c_p=0.8$ i el valor de $c_s=-0.7$.

Per tant, tal i com s'expressa a l'Equació 2, obtenim els següents resultats:

Fins als 10m: $q_{ep}= 0.73 \text{ kN/m}^2$ i $q_{es}= -0.64 \text{ kN/m}^2$

Dels 10m als 20m: $q_{ep}= 0.94 \text{ kN/m}^2$ i $q_{es}= -0.82 \text{ kN/m}^2$

Dels 20m als 30m: $q_{ep}= 1.07 \text{ kN/m}^2$ i $q_{es}= -0.93 \text{ kN/m}^2$

-Cargues de l'usuari: seguint la llista de requisits, el monòlit disposarà de 8 vies d'escalada. D'acord amb les la Taula A.1 de la UNE-EN 12572-1:2017 és poc probable que hi hagi dos o més caigudes simultànies a l'hora. Per tant, s'han distribuït 8 usuaris on dos d'ells cauen simultàniament i els altres 6 segueixen escalant. Els dos escaladors que cauen generen una càrrega puntual de 6.6 kN i els altres sis de 1.2 kN. Aquests usuaris s'han distribuït en punts aleatoris.

B.2. Combinació d'accions

D'acord amb la UNE-EN 12572-1:2017, s'ha d'utilitzar la següent combinació d'accions:

$$\gamma_G \cdot G_K + \gamma_Q \cdot Q_{K,1} + \sum_{i>1} \psi_i \cdot \gamma_Q \cdot Q_{K,i} \quad (\text{Eq.5})$$

On:

G_K és el valor característic per a les cargues permanents

Q_K és el valor característic per als efectes variables

γ_G és un factor de seguretat parcials per als efectes permanents

γ_Q és un factor de seguretat parcials per als efectes variables

ψ és un factor combinatori per als efectes variables

S'han d'utilitzar els següents factors de seguretat parcial per els efectes:

γ_G 1 per als efectes favorables

γ_G 1.35 per als efectes desfavorables

γ_Q 0 per als efectes favorables

γ_Q 1.5 per als efectes desfavorables

En cas de varis efectes variables, $\psi= 0.8$.

A continuació hi ha esmentada la combinació d'accions realitzada:

Nombre	Tipo	Peso propio	Cargas permanentes paneles	nieve (H <= 1000m)	Viento a presión	Viento a succión	Cargas del usuario
ELU CF 1	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0,60 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 2	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 3	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 4	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	0,60 x 1,50	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50
ELU CF 5	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0.00	0.00	0.00	0.00
ELU CF 6	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0,60 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 7	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 8	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 9	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	0,60 x 1,50	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50
ELU CF 10	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0.00	0.00	0.00	0.00
ELU CF 11	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0,60 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 12	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 13	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 14	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	0,60 x 1,50	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50
ELU CF 15	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0.00	0.00	0.00	0.00
ELU CF 16	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0,60 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 17	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 18	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 19	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	0,60 x 1,50	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50
ELU CF 20	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0.00	0.00	0.00	0.00
ELU CF 21	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0.00	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 22	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0.00	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 23	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0.00	0,60 x 1,50	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50
ELU CF 24	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0.00	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0,70 x 1,50

ELU CF 25	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0.00	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 26	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0.00	0,60 x 1,50	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50
ELU CF 27	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0.00	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 28	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0.00	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 29	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0.00	0,60 x 1,50	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50
ELU CF 30	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0.00	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 31	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0.00	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 32	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0.00	0,60 x 1,50	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50
ELU CF 33	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	1,00 x 1,50	0.00	0,60 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 34	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	0.00	1,00 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 35	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	0.00	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50
ELU CF 36	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	1,00 x 1,50	0.00	0,60 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 37	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	0.00	1,00 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 38	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	0.00	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50
ELU CF 39	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	1,00 x 1,50	0.00	0,60 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 40	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	0.00	1,00 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 41	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	0.00	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50
ELU CF 42	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	1,00 x 1,50	0.00	0,60 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 43	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	0.00	1,00 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 44	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	0.00	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50
ELU CF 45	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0.00	0.00	1,00 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 46	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0.00	0.00	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50
ELU CF 47	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0.00	0.00	1,00 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 48	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0.00	0.00	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50
ELU CF 49	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0.00	0.00	1,00 x 1,50	0,70 x 1,50

ELU CF 50	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0.00	0.00	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50
ELU CF 51	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0.00	0.00	1,00 x 1,50	0,70 x 1,50
ELU CF 52	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0.00	0.00	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50
ELU CF 53	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00	0,70 x 1,50
ELU CF 54	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	1,00 x 1,50	0.00	0,70 x 1,50
ELU CF 55	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00	1,00 x 1,50
ELU CF 56	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00	0,70 x 1,50
ELU CF 57	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	1,00 x 1,50	0.00	0,70 x 1,50
ELU CF 58	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00	1,00 x 1,50
ELU CF 59	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00	0,70 x 1,50
ELU CF 60	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	1,00 x 1,50	0.00	0,70 x 1,50
ELU CF 61	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00	1,00 x 1,50
ELU CF 62	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00	0,70 x 1,50
ELU CF 63	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	1,00 x 1,50	0.00	0,70 x 1,50
ELU CF 64	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00	1,00 x 1,50
ELU CF 65	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0.00	1,00 x 1,50	0.00	0,70 x 1,50
ELU CF 66	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0.00	0,60 x 1,50	0.00	1,00 x 1,50
ELU CF 67	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0.00	1,00 x 1,50	0.00	0,70 x 1,50
ELU CF 68	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0.00	0,60 x 1,50	0.00	1,00 x 1,50
ELU CF 69	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0.00	1,00 x 1,50	0.00	0,70 x 1,50
ELU CF 70	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0.00	0,60 x 1,50	0.00	1,00 x 1,50
ELU CF 71	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0.00	1,00 x 1,50	0.00	0,70 x 1,50
ELU CF 72	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0.00	0,60 x 1,50	0.00	1,00 x 1,50
ELU CF 73	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	1,00 x 1,50	0.00	0.00	0,70 x 1,50
ELU CF 74	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	0.00	0.00	1,00 x 1,50

ELU CF 75	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	1,00 x 1,50	0.00	0.00	0,70 x 1,50
ELU CF 76	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	0.00	0.00	1,00 x 1,50
ELU CF 77	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	1,00 x 1,50	0.00	0.00	0,70 x 1,50
ELU CF 78	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	0.00	0.00	1,00 x 1,50
ELU CF 79	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	1,00 x 1,50	0.00	0.00	0,70 x 1,50
ELU CF 80	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	0.00	0.00	1,00 x 1,50
ELU CF 81	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0.00	0.00	0.00	1,00 x 1,50
ELU CF 82	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0.00	0.00	0.00	1,00 x 1,50
ELU CF 83	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0.00	0.00	0.00	1,00 x 1,50
ELU CF 84	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0.00	0.00	0.00	1,00 x 1,50
ELU CF 85	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00
ELU CF 86	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00
ELU CF 87	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50	0.00
ELU CF 88	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00
ELU CF 89	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00
ELU CF 90	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50	0.00
ELU CF 91	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00
ELU CF 92	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00
ELU CF 93	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50	0.00
ELU CF 94	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00
ELU CF 95	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00
ELU CF 96	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50	0.00
ELU CF 97	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0.00	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00
ELU CF 98	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0.00	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50	0.00
ELU CF 99	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0.00	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00
ELU CF 100	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0.00	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50	0.00
ELU CF 101	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0.00	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00

ELU CF 102	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0.00	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50	0.00
ELU CF 103	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0.00	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00
ELU CF 104	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0.00	0,60 x 1,50	1,00 x 1,50	0.00
ELU CF 105	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	1,00 x 1,50	0.00	0,60 x 1,50	0.00
ELU CF 106	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	0.00	1,00 x 1,50	0.00
ELU CF 107	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	1,00 x 1,50	0.00	0,60 x 1,50	0.00
ELU CF 108	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	0.00	1,00 x 1,50	0.00
ELU CF 109	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	1,00 x 1,50	0.00	0,60 x 1,50	0.00
ELU CF 110	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	0.00	1,00 x 1,50	0.00
ELU CF 111	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	1,00 x 1,50	0.00	0,60 x 1,50	0.00
ELU CF 112	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	0.00	1,00 x 1,50	0.00
ELU CF 113	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0.00	0.00	1,00 x 1,50	0.00
ELU CF 114	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0.00	0.00	1,00 x 1,50	0.00
ELU CF 115	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0.00	0.00	1,00 x 1,50	0.00
ELU CF 116	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0.00	0.00	1,00 x 1,50	0.00
ELU CF 117	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00	0.00
ELU CF 118	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	1,00 x 1,50	0.00	0.00
ELU CF 119	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00	0.00
ELU CF 120	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0,50 x 1,50	1,00 x 1,50	0.00	0.00
ELU CF 121	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00	0.00
ELU CF 122	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	1,00 x 1,50	0.00	0.00
ELU CF 123	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	1,00 x 1,50	0,60 x 1,50	0.00	0.00
ELU CF 124	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0,50 x 1,50	1,00 x 1,50	0.00	0.00
ELU CF 125	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	0.00	1,00 x 1,50	0.00	0.00
ELU CF 126	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	0.00	1,00 x 1,50	0.00	0.00

ELU CF 127	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	0.00	1,00 x 1,50	0.00	0.00
ELU CF 128	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0.00	1,00 x 1,50	0.00	0.00
ELU CF 129	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,35	1,00 x 1,50	0.00	0.00	0.00
ELU CF 130	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,35	1,00 x 1,50	0.00	0.00	0.00
ELU CF 131	ELU CF	1,00 x 1,35	1,00 x 1,00	1,00 x 1,50	0.00	0.00	0.00
ELU CF 132	ELU CF	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	1,00 x 1,50	0.00	0.00	0.00
ELS CP 1	ELS CP	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0.00	0.00	0.00	0,60 x 1,00
ELS CP 2	ELS CP	1,00 x 1,00	1,00 x 1,00	0.00	0.00	0.00	0.00

Taula de combinació d'accions

B.3. Resultats

L'estructura presenta un desplaçament màxim de 8mm.

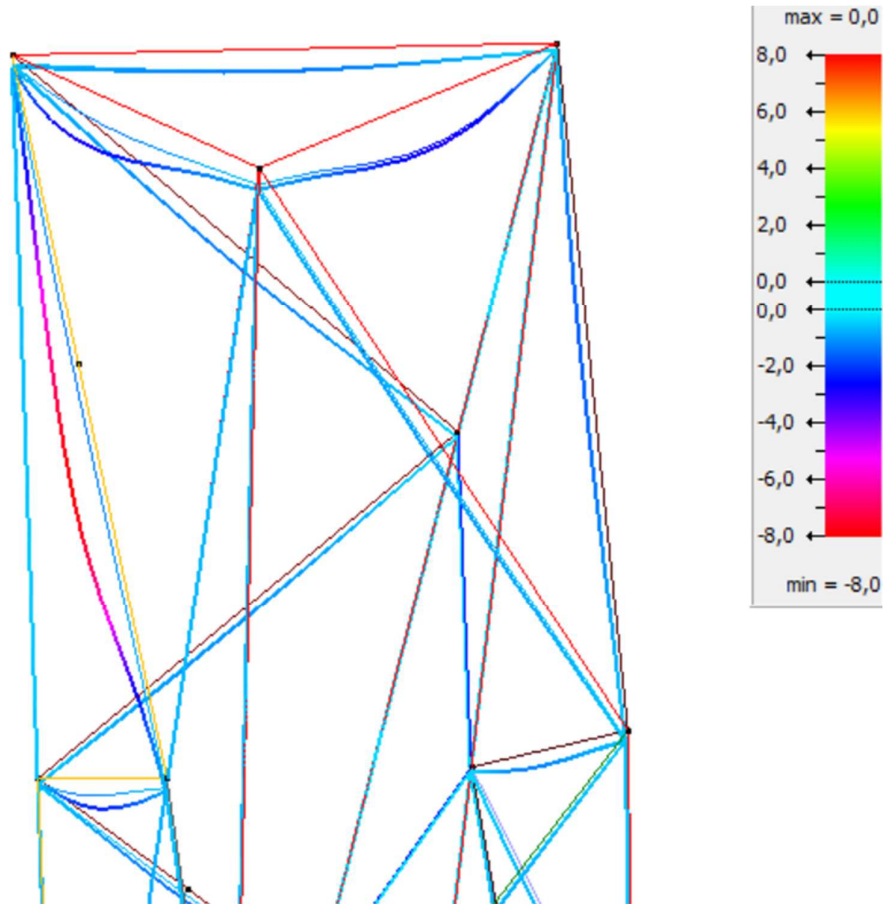


Figura 16. Resultats desplaçament

La resistència de la secció més sol·licitada treballa a un 45.31% del seu màxim.

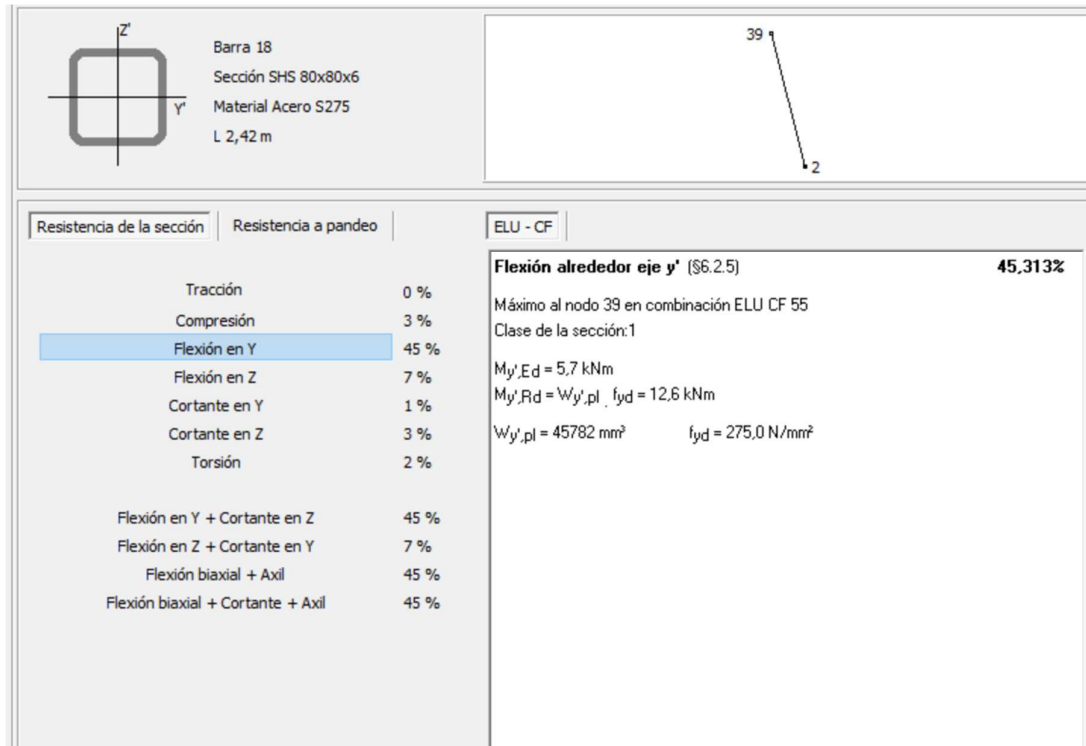


Figura 17. Dades dels resultats a resistència

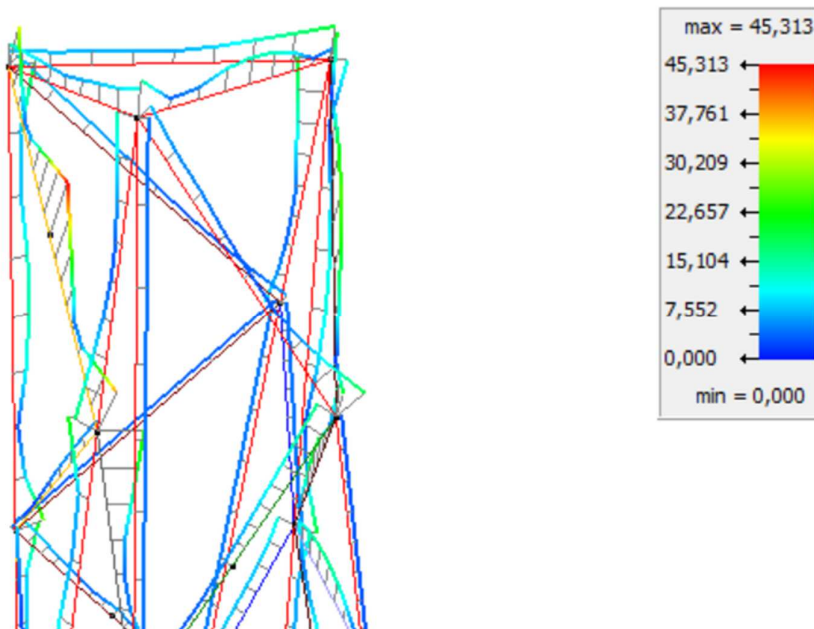


Figura 18. Resultats a resistència de la secció més sol·licitada

La secció més sol·licitada a vinclament es troba a la part inferior de l'estructura, treballa al 82.16% del seu total i és el factor limitant del càlcul.

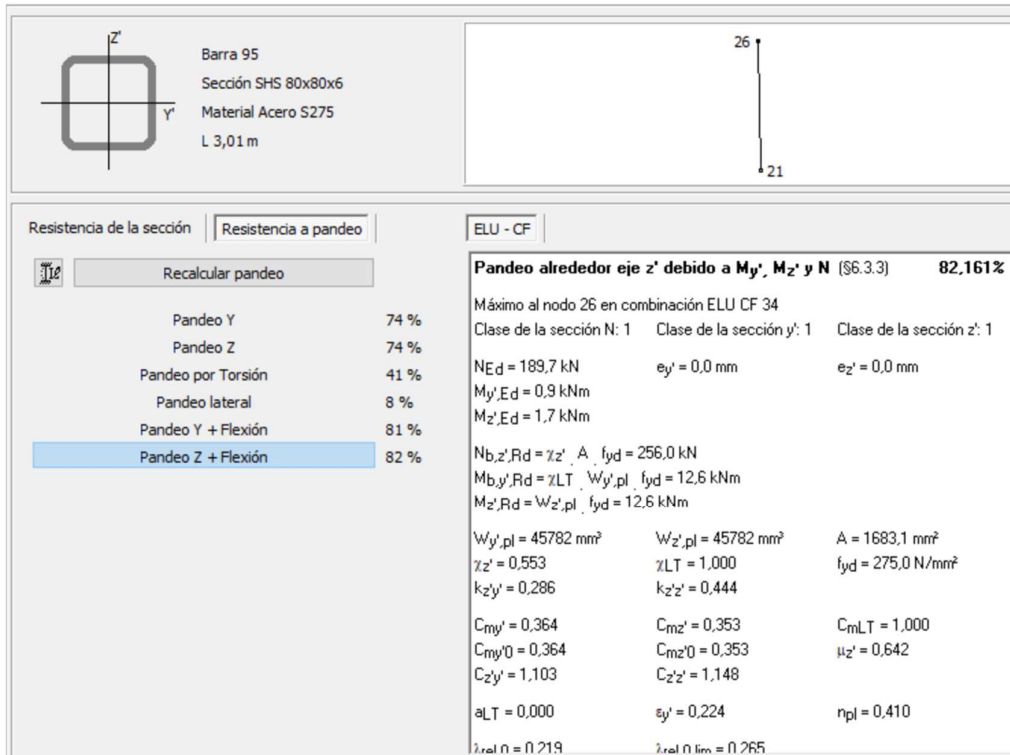


Figura 19. Dades de resultats a vinclament

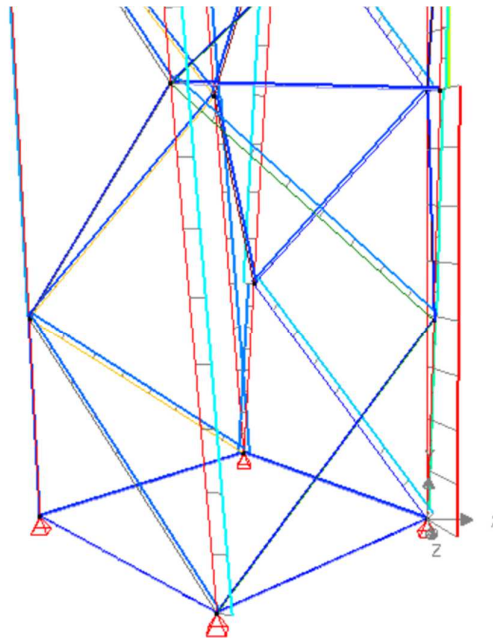


Figura 20. Resultats a vinclament de la secció més sol·licitada

B.4. Comprovació de ELU i ELS

S'anomenen estats límit aquelles situacions per a les quals, si són superades, es pot considerar que l'edifici no compleix algun dels requisits estructurals per als quals ha estat concebut.

De forma simbòlica un estat límit es pot expressar com:

$$\gamma_F \cdot S \leq R/\gamma_M \quad (\text{Eq.6})$$

On:

γ_F és un factor de seguretat parcial per els efectes

γ_M és un factor de seguretat parcial per els materials

S és l'efecte de la carga (MPa)

R és la resistència de l'estructura (MPa)

ESTATS LÍMIT ÚLTIMS:

- Els estats límit últims (ELU) són els que, si són superats, constitueixen un risc per a les persones, ja sigui perquè produeixen una posada fora de servei de l'edifici o el col·lapse total o parcial del mateix.

- Com a estats límit últims s'han de considerar els deguts a:

a) pèrdua de l'equilibri de l'edifici, o d'una part estructuralment independent, considerat com un cos rígid.

b) fallada per deformació excessiva, transformació de l'estructura o de part d'aquesta en un mecanisme, trencament dels seus elements estructurals (inclosos els suports i la fonamentació) o dels seus elements, unions o inestabilitat d'elements estructurals incloent-hi els originats per efectes dependents del temps (corrosió, fatiga).

Per a comprovar els ELU de l'estructura s'utilitza un coeficient de seguretat (γ_M) de 1.05 (coeficient de seguretat relatiu a la plastificació) per a l'acer, amb una tensió límit elàstica (R) de 275MPa, comprovant que les tensions obtingudes, són inferiors a les relatives. S'expressa amb la següent equació:

$$\frac{R \text{ (MPa)}}{\gamma_M} > \text{Tensió màxima calculada (MPa)} \quad (\text{Eq.7})$$

ESTATS LÍMIT DE SERVEI:

- Els estats límit de servei (ELS) són els que, si són superats, afecten el confort i el benestar dels usuaris o de terceres persones, al correcte funcionament de l'edifici o l'aparença de la construcció.

- Els estats límit de servei poden ser reversibles i irreversibles. La reversibilitat es refereix a les conseqüències que excedeixen els límits especificats com a admissibles, una vegada desaparegudes les accions que les han produït.

- Com a estats límit de servei s'han de considerar els relatius a:

a) les deformacions (fletxes, seients o desploms) que afectin l'aparença de l'obra, al confort dels usuaris, o al funcionament d'equips i instal·lacions.

b) les vibracions que causin una manca de confort de les persones, o que afectin la funcionalitat de l'obra.

c) els danys o el deteriorament que poden afectar desfavorablement l'aparença, la durabilitat o la funcionalitat de l'obra.

En els ELS, es comprova que el desplaçament total dels nusos crítics és inferior a 1/350 la longitud de referència. S'expressa amb la següent equació:

$$\left(U_{MAX} = \frac{L_{ref}(mm)}{350} \right) > \text{Deformació màxima calculada (mm)} \quad (\text{Eq.8})$$

B.5. Resum de resultats

En la següent taula s'expressen els resultats obtinguts a partir de les combinació d'accions i la seva verificació de que compleixen les condicions dels ELS i ELU a partir de les equacions 7 i 8:

ELU		ELS	
Resistència (% de treball del màxim)	Vinclament (% de treball del màxim)	U_{MAX} (mm)	U (mm)
45.31	82.16	85.71	8

Taula del resum dels resultats

B.6. Normativa aplicable

A continuació s'enumeren les diferents normatives aplicades al present avantprojecte:

- Codi Tècnic de l'Edificació (C.T.E.), el qual regula les exigències bàsiques que han de complir els edificis, incloses les seves instal·lacions, per satisfer els requisits bàsics de seguretat.

S'han utilitzat els següents documents d'aquest del codi:

- Document Bàsic de Seguretat Estructural (DB-SE)
- Document Bàsic de Seguretat Estructural. Accions en l'Edificació (DB-SE-AE)
- Document Bàsic de Seguretat Estructural de l'Acer (DB-SE-A)
- Normes UNE, que afecten al càlcul i disseny de les estructures artificials d'escalada:
 - UNE-EN 12572 (1), requisits de seguretat i mètodes de prova SAE amb punts de protecció
 - UNE-EN 12572 (2), requisits de seguretat i mètodes de prova per a murs d'escalada
 - UNE-EN 12572 (2), requisits de seguretat i mètodes de prova per a preses d'escalada

ANNEX C: CONCEPTE DE L'ESCALADA I DELS ROCÒDROMS

A continuació hi ha explicat un breu resum de l'història de l'escalada com a esport

L'escalada és una activitat esportiva que consisteix a pujar, enfilarse o recórrer parets de roca, vessants escarpats o altres relleus verticals. Les característiques de bon escalador són la destresa, la força física i la força mental. L'escalada engloba diferents disciplines i modalitats que han anat evolucionant (i ho continuen fent) al llarg dels anys.

Molt abans que l'escalada fos la disciplina esportiva que avui coneixem, l'ésser humà feia els seus primers passos a la vertical buscant aliment i refugi. De fet, escalar probablement és una activitat tan antiga com l'home. Recol·lecció, caça, recerca espiritual o la simple necessitat de protegir-se de feres salvatges, han portat l'ésser humà a cercar punts alts i de difícil accés des de temps immemorials.

L'escalada és l'evolució lògica del muntanyisme, l'origen del qual es troba datat el 8 d'agost del 1786, quan Jacques Balmat i Michel-Gabriel Paccard arriben per primera vegada al cim de Mont Blanc (4.810 m). A la recerca d'aquesta dificultat neix l'escalada.

Els primers escaladors van ser visionaris als quals els seus contemporanis miraven com a bestioles estranyes. En aquells anys l'ambició de guies i muntanyencs era conquerir els pics més importants pel traçat més lògic i senzill, evitant en la mesura del possible, les dificultats presents a l'entorn.

Quan a finals del segle XIX Alfred Mummery i Alexander Burgener obren les primeres grans rutes de IV grau a l'entorn de Chamonix la resta de la comunitat muntanyenca no mira amb bons ulls aquestes activitats.

L'escalada es converteix en una activitat exigent i exposada que obligava l'escalador a superar trams de roca totalment en lliure amb risc real de caiguda mortal.

El responsable de traduir la dificultat d'una escalada en números va ser Hans Dülfer qui va idear una escala de graduació de les dificultats en roca, que poc després va perfeccionar Welzenbach, i que avui dia es coneix com a escala UIAA. Però no va ser la seva única aportació, les tècniques Dülfer de ràpel i la bavaresa (escalada en oposició), també van ser ideades per ell.



Figura 21. Primers escaladors

Existeixen diferents tipus d'escalada:

· Segons el mitjà on es realitza

- Escalada en roca: Es desenvolupa a parets de roca.

- Escalada en gel: Es desenvolupa sobre gel o neu dura i exigeix l'ús d'equipament especial per a la progressió com ara grampons i piolets.

- Escalada mixta: Alterna trams de gel, neu i roca. Per progressar s'utilitzen tècniques i material tant d'escalada a gel com d'escalada en roca.

- Escalada en rocòdrom: Es realitza en parets on es col·loquen preses artificials amb diferents formes que simulen agafades del medi natural. Les preses solen ser de resines, encara que també s'utilitzen altres materials com fusta, pedres, etc.

- Escalada urbana: Es realitza aprofitant estructures existents a la ciutat: murs, ponts, etc.

· Segons el material utilitzat per protegir i progressar (les més importants)

- Escalada clàssica: L'escalador que puja com a primer de cordada va posant les seves pròpies assegurances per protegir una possible caiguda. Aquestes assegurances les recupera l'últim escalador que puja per la corda. Les assegurances, que són molt variades (fisurers, friends, claus, cordins...), es col·loquen aprofitant la naturalesa de la paret (arbres, forats, ponts de roca...).

- Big wall o grans parets: Escalada on l'ascensió, a causa de la seva longitud i dificultat, necessita diversos dies, i els escaladors han de viure durant aquests dies a la paret. Sol combinar escalada clàssica i artificial.

- Escalada esportiva: Estil d'escalada que utilitza un sistema de seguretat, que pot ser mecànic (expansius) o químic (resines epoxi), fixat prèviament a la paret i col·locat estratègicament al llarg de la via. A l'escalada esportiva la seguretat de l'escalador és molt important de manera que l'equipador neteja la paret de pedres soltes (o susceptibles de trencar-se) i mala herba. D'aquesta manera l'escalador es pot concentrar en la bellesa dels moviments i forçar la dificultat al màxim.

- Bloc o boulder: Modalitat d'escalada lliure on s'escalen blocs de roca o petites parets que no solen superar els deu metres d'alçada. És similar al sol integral però l'escalador mai puja tan alt com perquè la caiguda pugui suposar una lesió greu, estant a més assegurada amb un matalàs (crash pad) i/o un company atent.

- Psicobloc: Modalitat nascuda a Mallorca als anys 70 del segle passat. Es realitza a parets que estan al costat de l'aigua i en cas de caiguda és precisament l'aigua la que esmorteix l'impacte ja que no es fa servir corda.

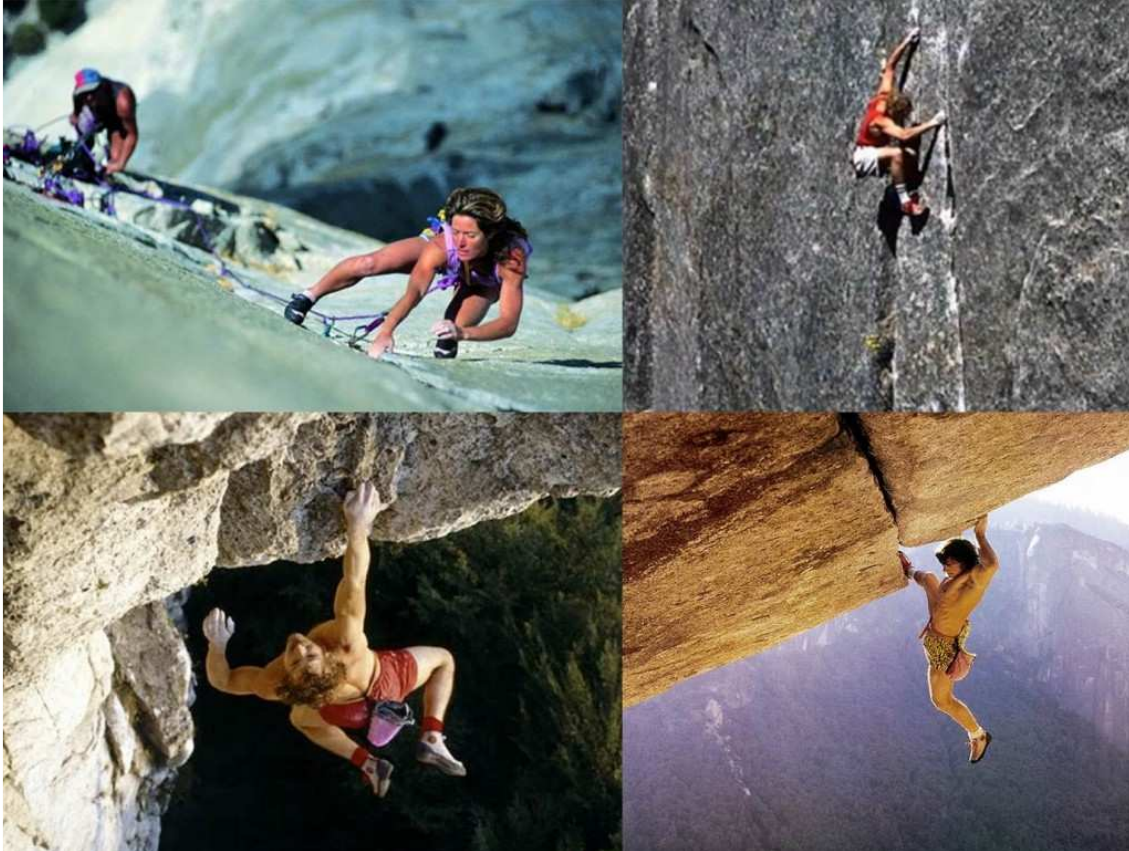


Figura 22. Diferents modalitats d'escalada

És important tenir una petita idea de la història de les estructures artificials dels rocòdroms:

L'objectiu d'un gimnàs o mur d'escalada és simple: permetre que els vostres assistents puguin entrenar les vostres habilitats en l'esport. Per tant, socialment parlant, on hi ha un escalador inquiet perquè no pot escalar, hi ha potencial per obrir un gimnàs. La primera estructura de paret artificial per a escalada va ser construïda el 1960 a The Ullswater School in Penrith, Anglaterra. La paret va ser creada en un nou gimnàs d'escalada i s'usaven maons i pedres com a agafades, i tenia instal·lada una barra a la part superior del mur per entrenar top-rope.

Les parets artificials ràpidament es van popularitzar, mostrant-se com un bon nínxol de negoci per explorar. Més tard, el 1975, el britànic, Sr. Robinson, va fundar la DR International Climbing Walls. Al voltant del mateix any, es va crear una altra empresa especialitzada en parets d'escalada: Bendcrete Climbing Walls Ltd. Una altra gran evolució de l'escalada indoor va ser la possibilitat de l'armat, és a dir, canviar les posicions dels agafadors a la paret.

Quan van aparèixer les primeres agafades de preses va néixer la possibilitat de cargolar-los a la paret. D'aquesta manera, es podia jugar amb tota la superfície del mur, permetent una infinitat de variacions. Així va ser com van sorgir els route setters o armadors. Gairebé 15 anys més tard del sorgiment dels primers murs d'escalada es va crear la primera acadèmia d'escalada de la història i també va ser inaugurada a Anglaterra, a la ciutat de Sheffield el 1975. La ciutat és considerada una de les capitals on es concentra la major quantitat d'escalada en roca d'Anglaterra.

A Espanya no arribaren fins al 1992 de la mà De l'empresa Top30. Ens els últims anys no han parat d'evolucionar i créixer constantment.

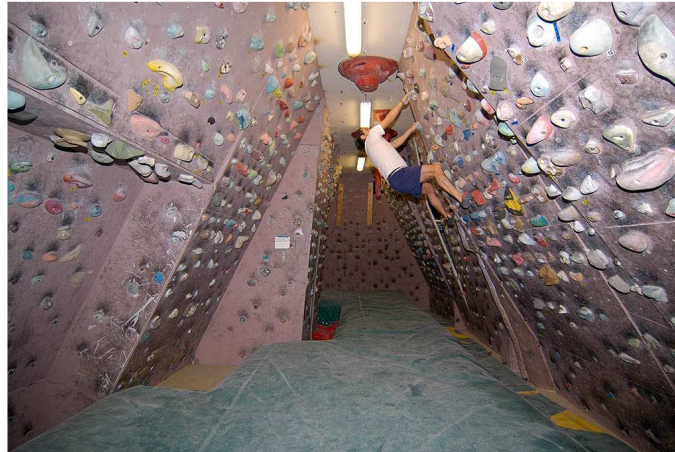


Figura 23. Antic rocòdrom

Els rocòdroms assaboreixen la seva època daurada. Ho constata Sharma, marca que també ha replicat el model a Madrid, i el dinamisme de tot l'ecosistema d'empreses. Però encara no hi ha estadístiques ni estudis que avaluin l'abast del fenomen ni el nombre de practicants. La Climbing Wall Association (CWA) estima que la indústria dels recintes d'escalada ha aproximat que al 2021 unes vendes de 850 milions d'euros als Estats Units. Els que s'ubiquen en poliesportius municipals, en espais públics, en escoles o en clubs, però els que s'ajusten a la nova demanda se situen a la trentena, el triple que fa cinc anys. Els centres més moderns es posicionen com a alternativa al gimnàs en oferir un ventall de serveis a aquest nou escalador urbà.



Figura 24. Rocòdrom modern Sharma a Gavà

Com a conseqüència de la inclusió de l'esport als Jocs Olímpics de Tokio i el recent or d'Alberto Ginés han estat un revulsiu; milions de persones han gaudit i patit veient la vertiginosa evolució d'Alex Honnold i de Tommy Caldwell amb Kevin Jorgeson, a El Capitán (Yosemite), als impactants documentals Free Solo, guanyador d'un Oscar, i The Dawn Wall, i les estrelles de la roca atrauen legions de seguidors a les xarxes socials. Només a Instagram, Honnold suma 2,3 milions, Adam Ondra, 759.000, i Sharma, 580.000. A més, les televisions i la premsa generalista, de mica en mica, comencen a concedir una certa notorietat a un esport que no fa tant estava condemnat a l'ostracisme.

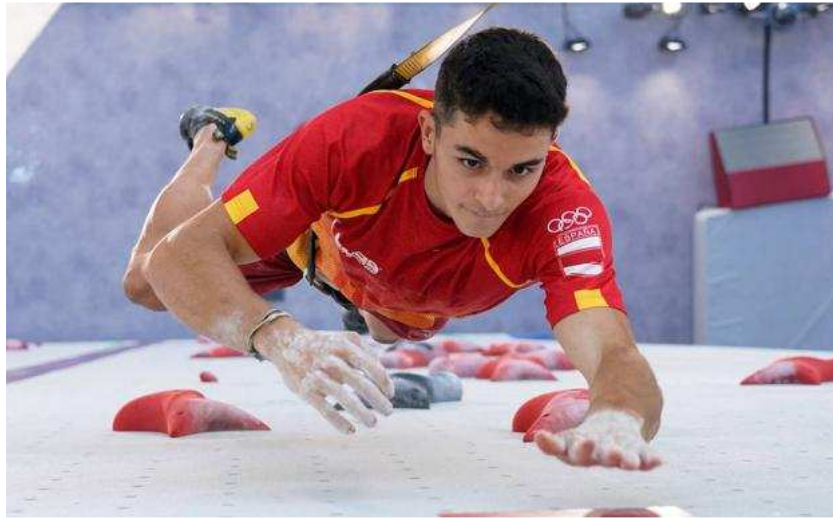


Figura 25. Alberto Ginés als Jocs de Tokio 2021

La idea dels monòlits com a superfícies escalables encara té molt de recorregut per arribar al seu potencial. Hi ha molts pocs monòlits actualment i la gran majoria no han estat exitosos degut al seu disseny poc encertat, materials no apropiats o ubicacions poc ideals.



Figura 26. Exemple monòlit disseny poc atractiu



Figura 27. Exemple monòlit mal ubicat



Figura 28. Exemple monòlit amb materials no encertats

Tot i no haver-hi bones referències, a Groningen (Països Baixos) hi ha un monòlit anomenat Torre Excalibur de uns 40 metres d'alçada que compliria perfectament els requeriments de un projecte com l'actual.



Figura 29. Fotografia des de terra de la Torre Excalibur



Figura 30. Fotografies aèries i frontals de la Torre Excalibur