

INGENIARITZA MEKANIKOKO GRADUA
GRADU AMAIERAKO LANA

ITSASONTZIAK LEHORRERATZEKO GARABIA

3. DOKUMENTUA – KALKULUEN ERANSKINAK

Ikaslea: ZUBIA ARRIETA, LEIRE

Zuzendaria: SANTOS PERA, JUAN ANTONIO

Ikasturtea: 2018-2019

Data: Bilbon, 2019ko Uztailaren 9a

Kalkuluen eranskinaren Aurkibidea

1. ERANSKINA: HASIERAKO DIMENTSIONAMENDUA	6
3.1. Dimentsioak eta ezaugarri nagusiak	6
2. ERANSKINA: KALKULUAK.....	7
3.2. Egituraren dimentsionamendua	8
3.2.1. Sarrera	8
3.2.2. Eskaeren zehaztapena.....	8
3.2.2.1. Bizitza erabilgarria	8
3.2.2.2. Karga egoera	9
3.2.2.3. Garabiaren sailkapena.....	9
3.2.3. Egituraren deskribapena eta eskaeren ebaluaketa.....	10
3.2.3.1. Egituran mugimendu gabeko eskaerak.....	10
3.2.3.2. Mugimendu bertikalek sorturiko eskaerak	10
3.2.3.3. Mugimendu horizontalek sorturiko eskaerak	11
3.2.3.4. Efektu klimatikoak sorturiko eskaerak	12
3.2.3.5. Eskaeren konbinazioak.....	17
3.2.3.6. Kalkuluetan erabilitako metodoa	18
3.2.4. Garabian sortutako esfortzuak.....	33
3.2.4.1. Egituraren erreakzioak	33
3.2.4.2. Erreakzioen kalkuluak.....	35
3.2.5. Kontrapisuaren dimentsionaketa.....	38
3.2.6. Lumaren dimentsionamendu eta kalkuluak	42
3.2.6.1. Kontsiderazio orokorrak.....	42
3.2.6.2. Lumaren planteamendua	47
3.2.6.3. Lumaren eskaeren zehaztapena	49
3.2.6.4. Eskaera konbinazioak	49
3.2.6.5. Lumaren kalkuluen emaitzak	55
3.2.7. Zutabearen dimentsionamendu eta kalkuluak	67
3.2.7.1. Gogoeta orokorrak	67
3.2.7.2. Zutabearen planteamendua.....	69
3.2.7.3. Zutabearen eskaeren zehaztapena	70
3.2.7.4. Eskaeren konbinazioak.....	71
3.2.7.5. Zutabearen kalkuluen emaitzak	73

3.2.7.6.	Zutabearen redimentsionamendu kalkuluen emaitzak	84
3.2.8.	Zimentazio eta anklajeen dimentsionamendu eta kalkuluak	106
3.2.8.1.	Zapataren dimentsionamendua	106
3.2.8.2.	Zapataren kalkuluen emaitzak	121
3.2.8.3.	Garabiaren zutabearen ainguraketa	132
3.2.8.4.	Zapataren armadura.....	149
3.2.8.5.	Zimentazioaren laburpena	168
3.2.9.	Kontrapisurik gabeko edo kontrapisudun garabiaren aukeraketa	170
3.	ERANSKINA:GARABIAREN ELEMENUEN KALKULUA.....	171
3.3.	Dimentsioak eta ezaugarri nagusiak	171
3.3.1.	Errodamenduen aukeraketa	171
3.3.1.1.	Sarrera	171
3.3.1.2.	Errodamenduaren diseinua.....	171
3.3.1.3.	Errodamenduaren gaineko kargak.....	172
3.3.1.4.	Errodamenduaren aukeraketarako karga faktoreak.....	176
3.3.1.5.	Aukeraketaren ezaugarriak	178
3.3.1.6.	Errodamenduaren aukeraketa	179
3.3.1.7.	Errodamenduaren espezifikazioak.....	180
3.3.1.8.	Lotura torlojuak.....	183
3.3.1.9.	Biraketa errodamenduaren kalkuluen emaitzak.....	186
3.3.2.	Motore-erreduktore multzoa.....	193
3.3.2.1.	Koroaren gaineko eskaerak.....	193
3.3.2.2.	Erreduktorearen aukeraketa.....	194
3.3.2.3.	Erreduktorearen dimentsioak	198
3.3.2.4.	Motorearen aukeraketa	199
3.3.2.5.	Motore erreduktorearen kalkuluen emaitzak.....	204
3.3.3.	Giltzadura malgua	208
3.3.4.	Biraketa pinoiaren kalkulua.....	210
3.3.4.1.	Sarrera	210
3.3.4.2.	Biraketa pinoiaren dimentsionamendu geometrikoa	210
3.3.4.3.	Konprobazioak.....	214
3.3.4.4.	Biraketa pinoiaren kalkuluen emaitzak.....	230
3.3.5.	Jasotze eta translazio mekanismoa.....	234
3.3.5.1.	Sarrera	234

3.3.5.2.	Polipastoaren aukeraketa	235
3.3.5.3.	Polipastoaren ezaugarriak.....	239
3.3.5.4.	Ibilbide amaierako topeak.....	240
3.3.5.5.	Errodadura errailaren aukeraketa.....	240
4.	ERANSKINA: FABRIKATZAILEEN EZAUGARRI ORRIAK.....	241
3.4.	APTA perfil metalikoen prontuarioa	241
3.4.1.	IPE perfilak.....	241
3.5.	Dimensio handiko errodamenduak, <i>Rothe Erde</i>	242
3.6.	Erreduktoreak, <i>Bonfiglioli</i>	242
3.7.	Motoreak, <i>Bonfiglioli</i>	242
3.8.	Lotura malguak, <i>Escogear</i>	242
3.9.	Kabledun polipastoak, <i>DEMAG</i>	242
3.10.	Errodamenduak, <i>SFK</i>	242
3.11.	Kontrapisuaaren berdimentsionapena	244
3.12.	Loturak	246
3.12.1.	Konprobazio kriterioak.....	246
3.12.2.	Lotura soldatuak.....	246
3.12.2.1.	Sarrera	247
3.12.2.2.	Arko elektrikoko soldadura	249
3.12.2.3.	Soldadura kordoia	251
3.12.2.4.	Soldadura kordoen sailkapena	251
3.12.2.5.	Soldaduren defektuak	256
3.12.2.6.	Zaintza eta ikuskapena	257
3.12.2.7.	Kalitate sailkapena	259
3.12.2.8.	Soldadura kordoiaren dimentsionamendua	259
3.12.2.9.	Soldaduren kalkulua.....	260
3.12.2.10.	Eraikuntzako xedapenak	271
3.12.2.11.	Proiektuko soldaduren kalkuluak.....	273
3.12.2.12.	Lotura soldatuen kalkuluen emaitzak	280
3.12.2.13.	Egituraren redimentsionamendua goiko plaka-luma soldaduragatik.....	283
3.12.2.14.	Egituraren redimentsionamenduaren kalkuluen emaitzak goiko plaka-luma soldaduragatik	284
3.12.3.	Lotura haristatuak	286
3.12.3.1.	Sarrera	286

3.12.3.2.	Torlojuen ezaugarriak.....	287
3.12.3.3.	Hutsegiteak	292
3.12.3.4.	Lotura haristatuen sailkapena.....	293
3.12.3.5.	Petentsatu gabeko torloju loturen erresistentziak kalkulatzeko adierazpenak 294	
3.12.3.6.	Eraikitze dispozizioak.....	295
3.12.3.7.	Erabilitako lotura haristatuen kalkulua	297
3.12.3.8.	Lotura haristatuen kalkuluen emaitzak.....	298
3.13.	Diseinu finala.....	300

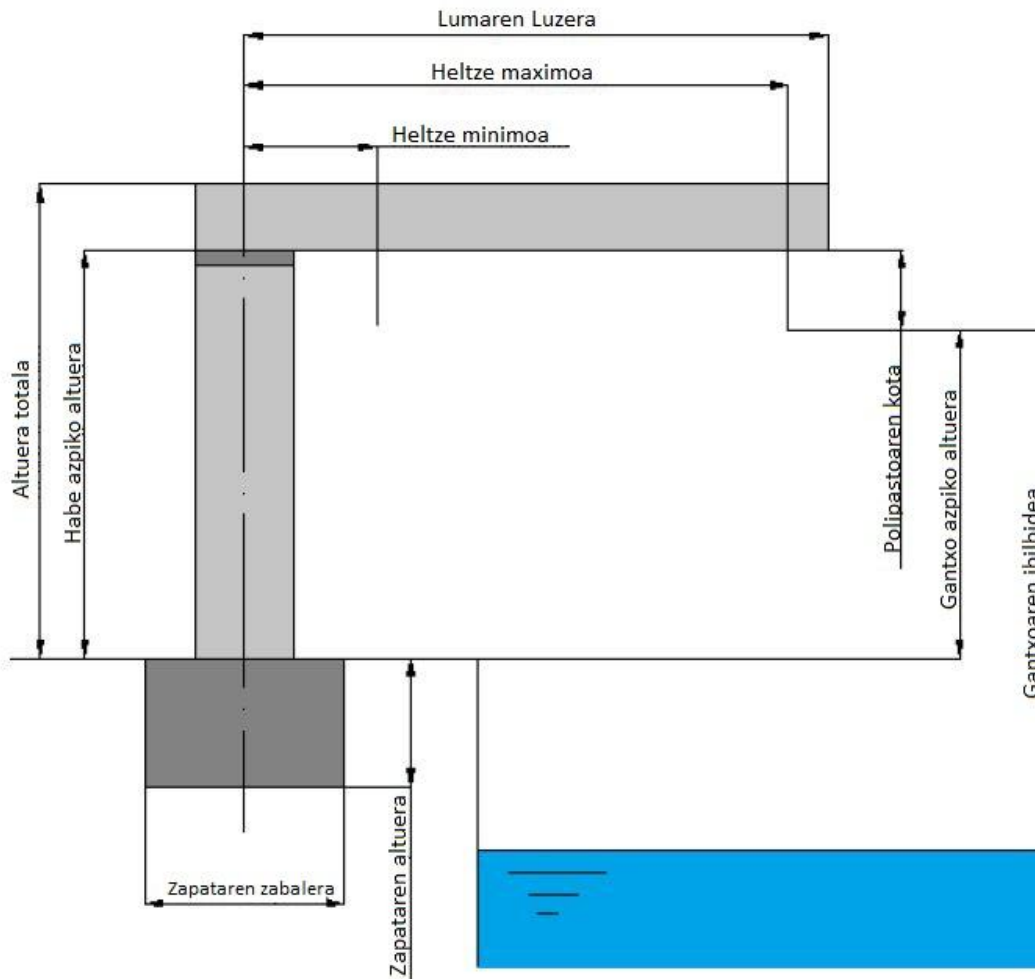
1. ERANSKINA: HASIERAKO DIMENTSIONAMENDUA

3.1. Dimentsioak eta ezaugarri nagusiak

Garabiaren ezaugarri nagusiak, aurre-dimentsionamendurako erabiliko direnak hurrengoak izango dira:

Karga ahalmena (tn)	8
Irismen maximoa (m)	8
Irispen minimoa(m)	2.5
Biraketa angelua	360º
Egitura	Metalikoa
Traslazio eta igoera sistemak	Polipastoak
Biraketa sistema	Elektrikoa
Korronte mota (V)	Alternatiboa trifasikoa 220/380 V, 50Hz
Agintea	Zutabeko botoi sistema
Polipastoaren pisua (kg)	700
Kontrapisuaren pisua (kg) – Garabia+kontrapisua	7000
Egituraren pisua (kg) – Luma+zutabe	Prontuarioa
FEM taldea	M6
Igoera abiadura (m/mm)	0.7/4
Traslazio abiadura (m/mm)	5/20
Biraketa abiadura (rpm)	0.6
Igoera motorearen potentzia (kW)	0.53/3.6
Traslazio motorearen potentzia (kW)	0.09/0.34
Biraketa motorearen potentzia (kW)	0.75/1.25
Altuera totala (m)	7.5
Zutabearen luzera (m)	6.5
Altuera gantxoraino (m)	8
Polipastoaren kota (m)	0.5
Lumaren luzera (m)	8.5
Kontralumaren luzera (m) – Garabia+kontrapisua	5.5
Kontrapisuaren luzera (m) – Garabia+kontrapisua	3
Gantxoaren ibilbidea (m)	10
Zapataren altuera	3
Zapataren zabalera	5
Zimentazioaren dimentsioak	5x5x3

3.1. Taula: Dimentsio nagusiak



3.1 Irudia: Garabiaren dimentsioak

2. ERANSKINA: KALKULUAK

3.2. Egituraren dimentsionamendua

3.2.1. Sarrera

Egituraren kalkulua egin ahal izateko Emilio Larrodé eta Antonio Miravete-ren "Gruas" liburua jarraituko dugu FEM arautegia jarraitzen dueña.

Jasotze aparatu baten egitura deritzo elementu erresistenteen multzoari non sorturiko esfortzuak xurgatu eta egitura finkora transmititzen dituen. Zutabe finkoko garabiaren kasuan hurrengo elementuak desberdintzen dira:

- Luma
- Zutabea
- Zimentazioa

Zutabe finkoko garabiaren kalkuluak egin ahal izateko fase batzuk jarraitu behar dira:

- 1) Jasandako kargen eta haien konbinazioen zehaztapena.
- 2) Desplazamendu, esfortzu, erreakzio eta tentsioen kalkuluak.
- 3) Lortutako balioen konprobazioa ditugun erresistentziaren balio onargarriekin.

Lehenengo eranskineko aurredimentsioko datuak erabiliz proposatuko den hipotesia erabiliko da hasierako kalkuluetarako eta aurrediseinurako. Behin perfilak aurredimentsionatu direnean MEF programaren bat erabiliz edo numerikoki kalkulu matematiko bidez konprobatu daitezke.

Kasu honetan numerikoki egingo da.

3.2.2. Eskaeren zehaztapena

FEM araudia jarraituz kalkulatuko dira jasango dituen eskaerak. FEM araudi honek UNE araudi espainiarraren baliokidea izango du, eta araudiak ezartzen duena jarraituz egingo dira beharrezko kalkuluak.

Araudia jarraituz, zerbitzu motaren arabera klasifikatuta egongo dira garabiak eta kontsideratu beharreko faktoreak bizitza erabilgarria eta karga egoera izango dira.

3.2.2.1. Bizitza erabilgarria

Bizitza erabilgarriak, garabiak bere bizitza osoan funtzionatuko dituen orduak irudikatzen ditu. 10 urteko bizitza estimatuko dugu, 200 eguneko eta 3 ordu eguneko zerbitzuaz. Honek 6000 orduko total bat ematen digu. Datu honekin hurrengo taulara joko dugu:

Grupo	A	B	C	D	E	F	G
Vida en horas	800	1600	3200	6300	12500	25000	50000

3.2. Taula: Bizitza erabilgarria

3.2.2.2. Karga egoera

Karga egoerak, zenbaterainoan erabili al duen karga maximoa edo murriztutako kargak soilik irudikatzen du.

Honek, karga maximoaren frakzio bat zenbat ziklotan altxa dezakeen zehazten du. Horretarako lau karga egoera zehazten dira, k balioaz irudikatuta, non karga maximoaren frekuentzia errepresentatzen duen zerbitzuaren N ziklotan.

$$k = \frac{\text{N}^\circ \text{ de veces de elevación de la carga máxima}}{\text{N}^\circ \text{ de veces de elevación de cargas pequeñas, medianas y máximas}}$$

Estado de carga	Servicio	Factor k
1	Frecuencia muy reducida de la carga máxima	0.125
2	Frecuencia reducida de la carga máxima	0.250
3	Frecuencia aproximada igual de cargas pequeñas, medianas y máximas.	0.500
4	Frecuencia elevada de la carga máxima.	1.000

3.3. Taula: Karga egoera

Taularen arabera, garabiak frekuentzia berdinean karga txikiak, ertainak eta handiak jasoko dituela kontsideratuko da, beraz k = 0.500 izango da.

3.2.2.3. Garabiaren sailkapena

Bizitza erabilgarria eta karga egoeraren arabera, FEM araudiaren arabera horrala sailkatuko dira garabiak:

		Vida del Mecanismo						
		A	B	C	D	E	F	G
Estado de Carga	1			M3	M4	M5	M6	M7
	2		M3	M4	M5	M6	M7	M8
	3	M3	M4	M5	M6	M7	M8	M8
	4	M4	M5	M6	M7	M8	M8	M8

3.4.Taula: Garabiaren sailkapena

Aurretik lortutako bizitza eta karga egoeratik jota, garabiaren sailkapena M6 izango da.

3.2.3. Egituraren deskribapena eta eskaeren ebaluaketa

Egituraren kalkuluarekin hasteko, bere gainean jasango dituen eskaerak zehaztu behar dira, parte hartuko duten segurtasun faktoreak ere kontutan hartuz.

Hauek izango dira eskaera nagusiak:

- Garabiaren gain, mugimendurik ez duenean, karga kaltegarrienak sorturikoak.
- Mugimendu bertikalek sorturikoak.
- Mugimendu horizontalek sorturikoak.
- Efektu klimatikoengatik sortutakoak.
- Beste arrazoiengatik sorturikoak.

3.2.3.1. Egituran mugimendu gabeko eskaerak

Hurrengoak izango dira karga kasu nagusiak:

- 1) Zerbitzu karga + elementuen auxiliarren pisua
- 2) Berezko pisua, non gutxi gorabeherako balio bezela hartuko den, ze perfilak aldatuz joan ahala beraien pisuak ere aldatuz doaz.

3.2.3.2. Mugimendu bertikalek sorturiko eskaerak

Karga kasu hauek garabiaren zerbitzu kargaren manipulazioarekin, pisuen jasotze azelerazioekin eta bideen gaineko errodamenduan gertatuko dira.

- 1) Zerbitzu kargaren manipulazioagatiko eskaerak: Zerbitzu karga koefiziente dinamikoaz biderkatzen lortzen da:

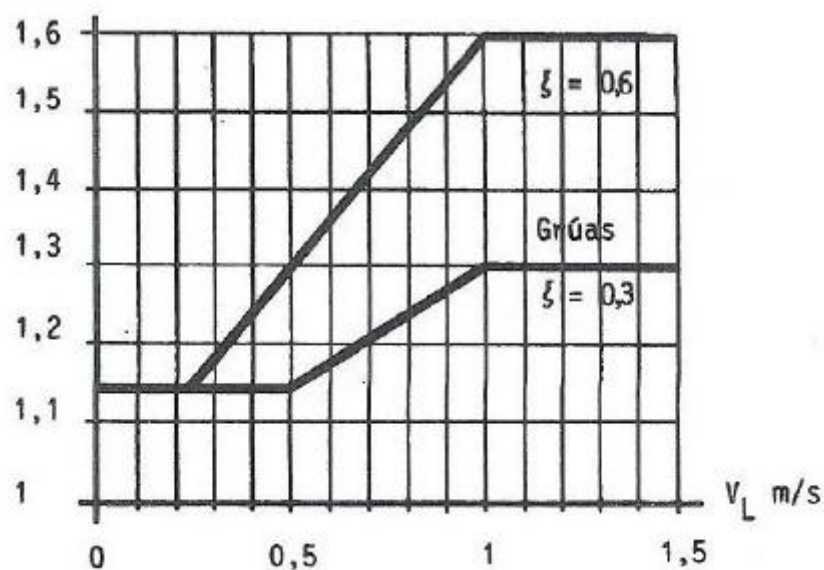
$$Q_{LC} = Q_L \cdot \Psi \quad (3.1)$$

Ψ koefizientea hórrela lortuko da:

$$\Psi = 1 + \xi \cdot V_L \quad (3.2)$$

Non V_L = elebazio abiadura eta ξ = koefiziente experimentalak den, 0.3 baliokoa garabien kasuan.

Balioak hurrengo grafikoan agertzen dira:



3.2. Irudia: koefizientearen balioen grafikoa

- 2) Kargaren desazelerazio eta azelerazioengatiko eskaerak. Eskaera hauek mesprezatu egingo dira Ψ koefizienteak jada baduelako zerbitzu kargaren efektua kontutan.

3.2.3.3. Mugimendu horizontalek sorturiko eskaerak

Hurrengoak izango dira karga kasu nagusiak:

- 1) Indar zentrifugoarekiko efektua: Garabiaren biraketak sorturiko azelerazioa du kontutan.

Inertzia indarra hurrengoak izango da:

$$F_{in} = m \cdot a_G$$

(3.3)

- 2) Topeen kontrako kolpeak sorturiko efektua: Eskaera hauek soilik kontutan hartuko dira txokea egitura nagusian edo zintzilikatutako kargaren gainean ematen denean.

Zintzilikatutako kargaren gaineko kasuan, desplazamenduak 0.7 m/s baino gehiagoko abiadura lortzen duenean bakarrik kontsideratuko da. Egituraren gaineko esfortzu erresultanteak, topeak inposatzen duen desazelerazioaren funtziopean kalkulatuko dira.

Zintzilikatutako kargaren txokearen kasuan, mespresatu egingo dira karga gidatu gabe doalako, suspendituta dagoelako.

3.2.3.4. *Efektu klimatikoak sorturiko eskaerak*

Efektu klimatikoak sorturiko eskaerak, haizea, elurra eta tenperatura bariazioak sorturikoak izango dira.

- 1) Haizearekiko karga: Karga hauek hurbilketa bat izango dira, baina ondo kalkulatu ezker zehaztasun handikoak izan daitezke.

Haizeak lurrarekiko sortzen duen efektua arrastrekoa izango da eta marruskadura indarraren oso antzekoa izan daiteke. Zona irekietan, zelaiak eta antzekoak, efektua oso desberdina izango da zonalde itxiekien edo oztopoz beteriko zonekin konparatuz, hala nola basoak edo herri barruan. Honek haizearen abiadura asko alda dezake.

Haizeak sorturiko presio estatiko baliokidea haizearen dentsitatearen menpe egongo da, eta hau tenperatura, altuera eta presio barometrikoaren arabera aldatzen joango da. Hau izango da presio estatikoaren erlazioa:

$$q = \frac{5}{8} \rho v_w^2$$

(3.4)

Non ρ airearen dentsitatea den.

Altura del elemento por encima del suelo		Viento limite de servicio					Viento máximo				
m	ft	Velocidad v_w			Presión aerodinámica		Velocidad v_w			Presión aerodinámica	
		m/s	km/h	miles p h	kgf/m ² ó daN/m ²	lbs/sq.ft	m/s	km/h	miles p h	kgf/m ² ó daN/m ²	lbs/sq.ft
0 a 20	0 a 65	20	72	45	25	5	36	130	80	80	16
20 a 100	65 a 325						42	150	95	110	22
más de 100	más de 325						46	165	105	130	26

3.5. Taula: Haizearen abiadura eta presioen balioak

Haizearen abiadura maximoa denengan, garabia zerbitzuz kanpo dagoela suposatuko da.

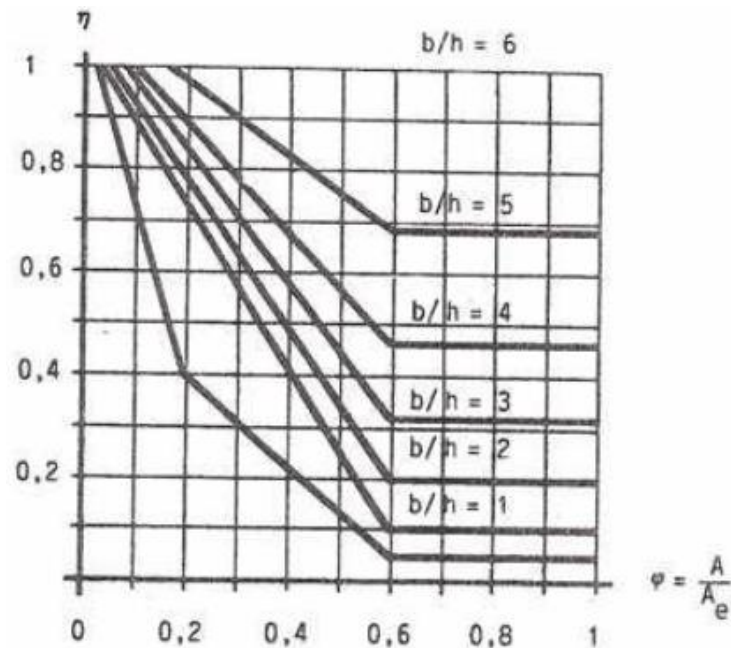
Garabi konkretu honen kasuan hauek izango dira haizearen abiadurak:

- Haizearen abiadura garabia zerbitzuan dagoenean(A): 20 m/s = 72 km/h
- Haizearen abiadura zerbitzuz kanpoko garabiaz (B): 36 m/s = 130 km/h

Objetuen gaineko haizearen presioa:

Aurreko kasuak forma indefinituzko objetuetarako erabiltzen dira. Objektu definituen gaineko efektuak ensaio eta inbestigazio bidez lortu dira non objektu hauen forma, beraien erresistentziarekin erlazionatzen diren. 3.8. taulan ikus daitekeen bezala koefizienteei balio batzuk ematen zaizkie garabian normalean erabiltzen diren eraikuntzen formentzat.

Horrez gain, objektu bat beste berdin baten ondoan baldin badago, itzal efektua emango da. Objektu hauen forma eta haien arteko distantzian oinarritzen da eta η koefizientearen balioak grafiko honetatik aterako dira:



3.3. Irudia: koefizientearen balioen grafikoa

Koefiziente hau, garabiak kontrapesua duen kasuan erabiliko da, bigarren habearen haizearen efektua ez delako berdina izango itzal efektuagatik. Koefiziente hau kalkulatzeko habearen luzera jakin behar dugu. Bi habeak berdinak direnez, haizearen efektua bietan berdina izango da.

Haizearen efektua objektu batekiko hurrengoa izango da:

$$F_v = q \cdot A \cdot C \cdot \eta$$

(3.5)

Non q = objektuaren altueran dagoen presio estatikoa, A = haizeak afektatzen duen azalera, C = forma koefizientea, η = itzal koefizientea diren.

η , $\varphi = A/A_e$ eta b/h -ren menpe egongo da non:

- A = Haizeak afektatzen duen azalera
- A_e = Haizeak afektatzen duen azalera maioratuta zuloak izan ditzakeen azalera posible batez. $A = A_e$
- h = habearen altuera
- b = Habeen arteko distantzia (0.9 m-takoa dela suposatu da)

$\varphi = \frac{A}{A_e}$	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,8	1
$\frac{b}{h} = 0,5$	0,75	0,4	0,32	0,21	0,15	0,05	0,05	0,05
$\frac{b}{h} = 1$	0,92	0,75	0,59	0,43	0,25	0,1	0,1	0,1
$\frac{b}{h} = 2$	0,95	0,8	0,63	0,5	0,33	0,2	0,2	0,2
$\frac{b}{h} = 4$	1	0,88	0,76	0,66	0,55	0,45	0,45	0,45
$\frac{b}{h} = 5$	1	0,95	0,88	0,81	0,75	0,68	0,68	0,68

3.6. Taula: η faktorearen balioak

Haizearen efektua kargetan, haizearekiko esposizioko azalera posible handiena kontuan hartuz eta koefiziente aerodinamikoaren $C = 1$ balioa hartuz kalkulatzen da.

25000 daN-eko baino karga txikiagoek kasuan hurrengo balio orientatiboak erabili daitezke.

$1 \text{ m}^2/1000 \text{ daN} \rightarrow 5000 \text{ daN}$ baino txikiagoak edo berdinak diren kargetarako

$0.5 \text{ m}^2/1000 \text{ daN} \rightarrow 5000$ eta 25000 daN bitarteko karga balioetarako.

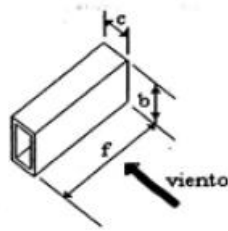
Azken hau izango da erabiliko dena kasu honetan.

Kontrapisuaren gaineko haizearen eragina kalkulatu da hau karga bat izango balitz bezala. Kontrapisua kargako aurkako aldean jarrita egongo da eta haizeak honen gainean egiten duen indarrak haizeak zutabearen gainean egingo duen momentu tortsoareari egingo dio aurre.

Beraz, haizearen presioa jasango duten garabiaren elementu geometrikoak luma, zutabea, zerbitzu karga, kontraluma eta kontrapisua izango dira.

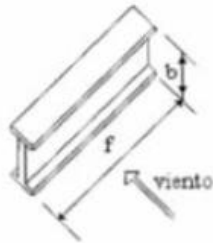
Jarraian C_f koefizienteen balioak agertzen dira zutabe eta lumaren habeentzako.

vigas cajón grandes
sobre
35 mm
cuadradas
6
25 x 45 mm
rectangulares



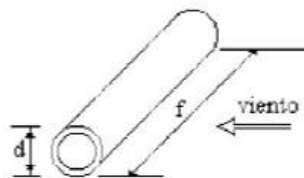
	f/b	C _f
$\frac{b}{c} \geq 2$	40	2,20
	30	2,10
	20	1,95
	10	1,75
	5	1,55
$\frac{b}{c} = 1$	40	1,90
	30	1,85
	20	1,75
	10	1,55
	5	1,40
$\frac{b}{c} = \frac{1}{2}$	40	1,40
	30	1,35
	20	1,30
	10	1,20
	5	1,00
$\frac{b}{c} = \frac{1}{4}$	40	1,00
	30	1,00
	20	0,90
	10	0,90
	5	0,80

Perfiles, angulares,
vigas cajón
(pequeños)



	f/b	C _f
	50	1,90
	40	1,70
	30	1,65
	20	1,60
	10	1,35
	5	1,30

Tubos



	f/d	C _f
$d \cdot v_w < 4,5 \text{ m/s}^2$	50	1,10
	40	1,00
	30	0,95
	20	0,90
	10	0,80
	5	0,75
$d \cdot v_w \geq 4,5 \text{ m/s}^2$	50	0,80
	40	0,75
	30	0,70
	20	0,70
	10	0,65
	5	0,60

3.4. Irudia: Cf koefizientearen balioak

- 2) Elurra: Garabia ez da zerbitzuan egongo elurra egongo den egunetan, beraz, honako fenomenoak mespresatu egingo da.

- 3) Tenperatura bariazioak: Kasu berezietan soilik kalkulatu da, adibidez, elementuak ezin direnean dilatatu libreki. Kasu honetan mesprezatu egingo da.

3.2.3.5. Eskaeren konbinazioak

Larrodé-Mirarvete libruak ezartzen duen metodoa erabiliz, behin kargak kalkulatu direnean, segurtasun koefizienteak aplikatu behar dira kasu bakoitzean eta tentsio baliokidea kalkulatu. Honen ostean egitura dimentsionatu da karga konbinazio kaltegarrienak jasa ditzan.

Kalkulurako erabiliko den formula orokorra hurrengoa da:

$$[M \cdot (S_G + \Psi \cdot S_L + S_H) + S_W] \cdot C_s$$

(3.6)

Non:

- M edo γ_s = Garabi motaren araberako koefizientea
- S_G = Pisu propioaren eskaera bertikalak
- Ψ edo C_d = Koefiziente dinamikoa
- S_L = Karga eta osagarrien eskaera bertikalak
- S_H = Kargen azelerazioekiko eskaera horizontalak
- S_W = Haizearekiko eskaerak
- C_s = Segurtasun koefizientea

Hauek izan daitezke karga konbinazioak:

1) Garabia haize gabe zerbitzuan

$$[\gamma_s \cdot (S_G + \Psi \cdot S_L + S_H)] \cdot C_s$$

(3.7)

Non $C_s = 1.5$ izango den eta γ_s hurrengo taulatik lortuko den:

Grupo (Tabla 10.3)	M3	M4	M5	M6	M7	M8
M	1	1	1	1,06	1,12	1,2

3.7. Taula: γ_s faktorearen balioak

2) Garabia haizearekin

$$[\gamma_s \cdot (S_G + \Psi \cdot S_L + S_H) + S_W] \cdot C_s$$

(3.8)

Non $C_s = 1.33$ izango den.

3) Garabia eskaera eszeptzionalekin

Hainbat kasu egongo dira eskaera eszeptzional bezala.

- Haize ekaiztsua:

$$(S_G + S_{W_{\max}}) \cdot C_s$$

(3.9)

- Topeen kontrako txokea:

Mesprezatu egingo da.

- Ensaio estatiko eta dinamikoak

$$(S_G + \Psi \cdot \rho_1 \cdot S_L) \cdot C_s$$

(3.10)

Non

- $C_s = 1.1$ izango den.
- S_W = Haizearekiko eskaera maximoa
- S_T = Txokeen eskaerak
- ρ_1 = Maiorazio koefizientea ensaio dinamikoetan = 1.2
- ρ_2 = Maiorazio koefizientea ensaio estatikoetan = 1.4

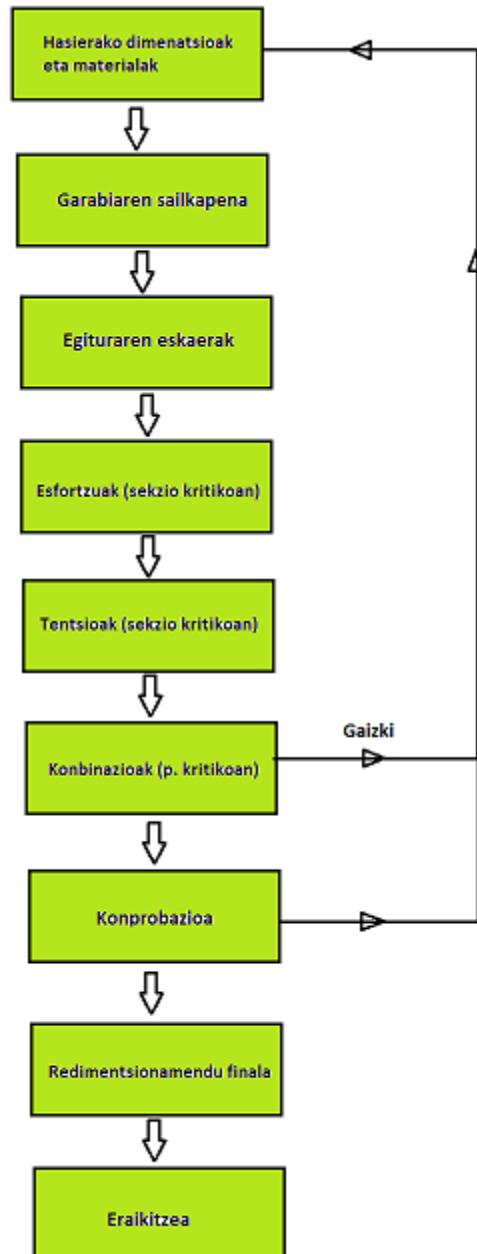
3.2.3.6. Kalkuluetan erabilitako metodoa

Egituraren kalkulua egiteko, bai lumaren zein zutabearen perfilen aukeraketak egiteko Von Mises en tentsio baliokidearen teoria erabiliko da.

$$\sigma_{TM} = \sqrt{\sigma_x^2 + 3(\tau_{xy}^2 + \tau_{xz}^2)} = \sqrt{\sigma^2 + 3\tau^2}$$

(3.11)

Hasteko, Karga desberdinek sortzen dituzten indar eta momentuak kalkulatu dira, bai luman bai zutabeen. Gero dagozkien FEM koefizienteak aplikatu zaizkie eta azkenik Von Mises tentsio baliokidea kalkulatu da. Tentsio baliokide hau tentsio onargarriekin konparatu da. Tentsio onargarria baino txikiagoa balitz, perfila baliagarria izango da, bestela perfila handitu beharko da.



3.5. Irudia: Diseinu prozesua

Lehenengo konfigurazioa: Kontrapisurik gabeko garabia**SOLICITACIONES PRINCIPALES****Carga de servicio (S_L)**

	kg	N
Carga a elevar (capacidad de carga grúa) = Carga útil	8000,00	78480,00
Peso accesorios - Eslingas + Palonier	250,00	2452,50
$Q_L = \text{Carga útil} + \text{Peso accesorios}$	8250,00	80932,50

Peso propio elementos (S_C)

	kg	N
Pluma (Q_{plu})	2066,86	20275,90
Columna (Q_{col})	1891,50	18555,62
Mecanismo de elevación y traslación - Polipasto (Q_{met})	700,00	6867,00
Mecanismo de giro (Q_{mg}) - Rodamiento de giro + Accesorios (motor-reductor)	830,00	8142,30
$Q_C = Q_{plu} + Q_{col} + Q_{met} + Q_{mg}$	5488,36	53840,81

SOLICITACIONES DEBIDAS A MOVIMIENTOS VERTICALES (S_V)**Levantamiento de la carga de servicio (S_{LC})**

Coef. experimental para grúas (ξ)	0,30	
Velocidad de elevación (V_L) - Polipasto	0,08	m/s
$\Psi = 1 + \xi \cdot V_L$	1,02	
$Q_{LC} = Q_L \cdot \Psi$	82874,88	N

Aceleración o deceleración de la carga

Mesprezagarriak Ψ jada baduelako kontutan kargaren jasoerak

SOLICITACIONES DEBIDAS A MOVIMIENTOS HORIZONTALES (S_H)**Efecto de la fuerza centrífuga**

Velocidad de giro máxima ($\omega_{m\acute{a}x}$)	0,06	rad/s
---	------	-------

Tiempo mínimo (t_{\min})	2,50	s
Aceleración angular (α) = ω/t	0,03	rad/s ²

Sobre la PLUMA

Fuerza de inercia (F_{inplu})		
$r_{\text{Gplu}} = L'_{\text{plu}}/2$	4,25	m
Aceleración (a_{plu}) = $\alpha \cdot r_{\text{Gplu}}$	0,11	m/s ²
Masa pluma (m_{plu})	2066,86	kg
$F_{\text{inplu}} = m_{\text{plu}} \cdot a_{\text{plu}}$	220,77	N

Sobre la CARGA

Fuerza de inercia (F_{inc})		
$r_{\text{Gc}} = L_{\text{plu}}$	8,00	m
Aceleración (a_{plu}) = $\alpha \cdot r_{\text{Gc}}$	0,20	m/s ²
Masa carga+accesorios+polipasto (m_c)	8950,00	kg
$F_{\text{inc}} = m_c \cdot a_c$	1799,50	N

Efecto de choque de topes

Bakarrik kontsideratuko da egituraren edo zintzilikatutako kargaren kontra jotzen duenean edo karga gidatu behar denean. Kasu honetan mesprezatu

SOLICITACIONES DEBIDAS A EFECTOS CLIMÁTICOS**Acción del viento**

Kalkulatu bezala:

Haizearen abiadura garabia zerbitzuan dagoenean: 20 m/s = 72 km/h

Haizearen abiadura zerbitzuz kanpoko garabiaz: 36 m/s = 130 km/h

Presión aerodinámica, grúa en servicio (q_A)		
Velocidad del viento (V_v)	20,00	m/s
q_A (TABLA) =	25,00	daN/m ² = kgf/m ²

Presión aerodinámica, grúa fuera de servicio (q_B)		
Velocidad del viento (V_v)	36,00	m/s
q_B (TABLA) =	80,00	daN/m ² = kgf/m ²

Sobre la PLUMACoef. de forma para viento actuando normal a la superficie (C_f) - Perfil: Rectangular hueco

Longitud (f)	8,50	m
Altura (b)	0,60	m
Ancho (c)	0,40	m
b/c	1,50	
f/b	14,17	
C_f (TABLA interpolando doblemente) =	1,73	

Fuerza del viento en servicio (F_{vpluA})

Área (A) = f · b	5,10	m ²
Presión estática (q_A)	25,00	daN/m ²
Coefficiente de forma (C_f)	1,73	
$F_{vpluA} = q_A \cdot A \cdot C_f$	220,96	daN

Fuerza del viento fuera de servicio (F_{vpluB})

Área (A) = f · b	5,10	m ²
Presión estática (q_B)	80,00	daN/m ²
Coefficiente de forma (C_f)	1,73	
$F_{vpluB} = q_B \cdot A \cdot C_f$	707,06	daN

Sobre la COLUMNACoef. de forma para viento actuando normal a la superficie (C_f) - Perfil: Tubo circular hueco

Longitud (f)	6,50	m
Diámetro (d)	0,61	m
f/d	10,66	
En servicio ($d \cdot v_v$)	12,20	m ² /s
Fuera de servicio ($d \cdot v_v$)	21,96	m ² /s

Ambos > 4,5 m/s² C_f (TABLA interpolando) = 0,65**Fuerza del viento en servicio (F_{vcolA})**

Área (A) = f · d	3,97	m ²
Presión estática (q_A)	25,00	daN/m ²
Coefficiente de forma (C_f)	0,65	

$F_{vcolA} = q_A \cdot A \cdot C_f$	64,73	daN
Fuerza del viento fuera de servicio (F_{vcolB})		
Área (A) = f · d	3,97	m ²
Presión estática (q_B)	80,00	daN/m ²
Coeficiente de forma (C_f)	0,65	
$F_{vcolB} = q_B \cdot A \cdot C_f$	207,13	daN

Sobre la CARGA (embarcación)

Kargaren gaineko haizearen efektua azalera maximo posiblearen gainean kontsideratuko da, C=1-eko koefiziente aerodinamikoaz.

25000 daN-eko baino karga txikiagoen kasuan

0.5 m²/1000 daN → 5000 eta 25000 daN bitarteko karga balioetarako.

Área (A)		
Área	0,50	m ²
Carga unitaria	1000,00	daN/m ²
Carga útil	7848,00	daN
$A = (\text{Área/Carga unitaria}) \cdot \text{Carga útil}$	3,92	m ²

Fuerza del viento en servicio (F_{vcA})		
Área (A)	3,92	m ²
Presión estática (q_A)	25,00	daN/m ²
Coeficiente aerodinámico (C)	1,00	
$F_{vcA} = q_A \cdot A \cdot C$	98,10	daN

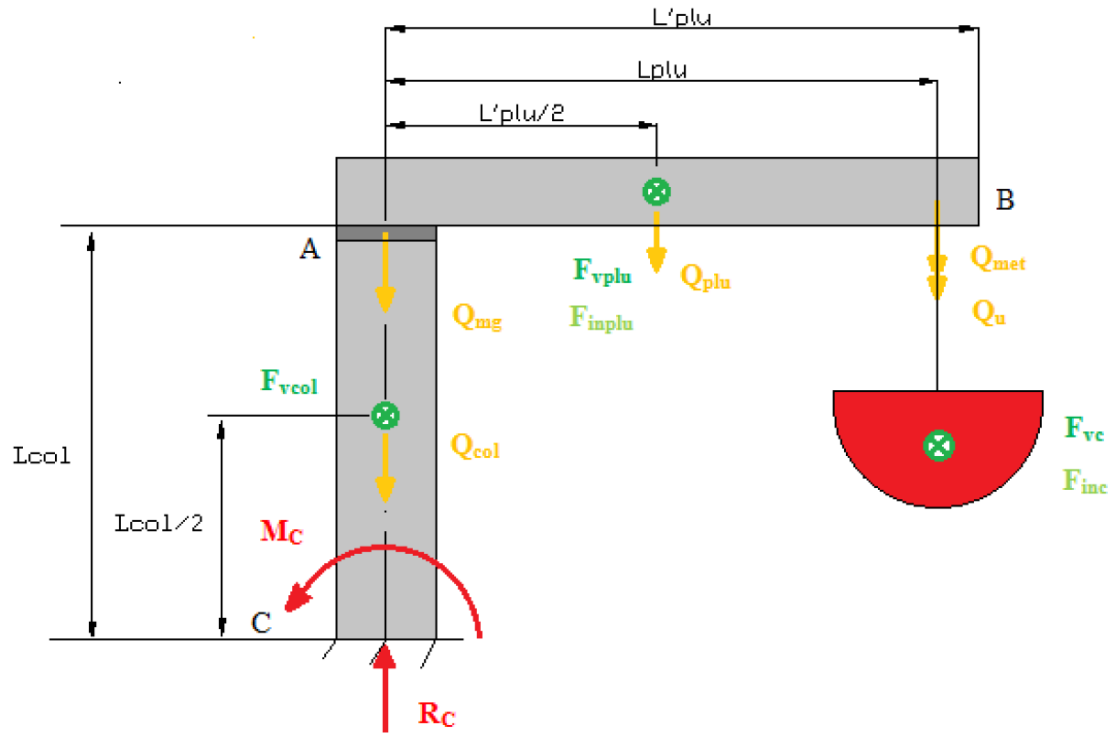
Fuerza del viento fuera de servicio (F_{vcB})		
EZ DAGO KARGARIK	0,00	
$F_{vcB} =$	0,00	daN

Sobrecarga de nieve

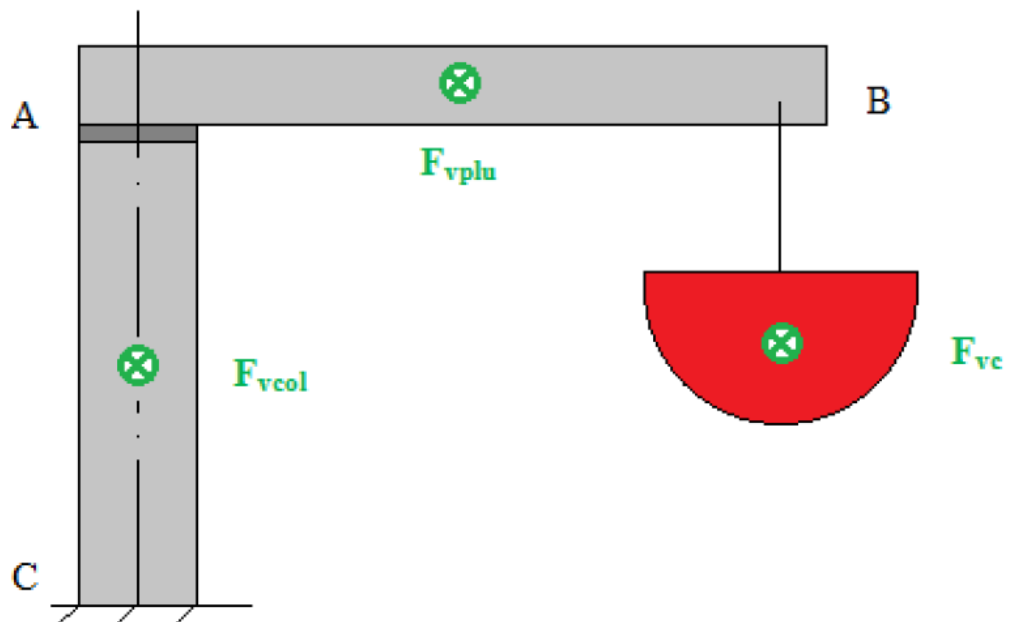
Ehurrarekin ez da garabia erabiliko

Variaciones de temperatura

Mesprezagarria



3.6. Irudia: Kontrapisurik gabeko garabiaren egituraren gaineko eskaerak



3.7. Irudia: Kontrapisurik gabeko garabiaren egituraren gaineko haizearen kargak

Elementuak	A kasua: Haizea garabian ($v = 20 \text{ m/s}$)	B kasua: Haizea garabia zerbitzuz kanpo ($v = 36 \text{ m/s}$)
Luma	2209.58	7070.64
Zutabea	647.29	2071.32
Karga	981	0

3.8. Taula: Haizearen kargak kontrapisurik gabeko garabian

Bigarren konfigurazioa: Kontrapisudun garabia**SOLICITACIONES PRINCIPALES****Carga de servicio (S_L)**

	kg	N
Carga a elevar (capacidad de carga grúa) = Carga útil	8000,00	78480,00
Peso accesorios - Eslingas + Palonier	250,00	2452,50
$Q_c = \text{Carga útil} + \text{Peso accesorios}$	8250,00	80932,50

Peso propio elementos (S_G)

	kg	N
Pluma (Q _{plu})	1037,00	10172,97
Contrapluma (Q _{plu'})	671,00	6582,51
Columna (Q _{col})	962,00	9437,22
Mecanismo de elevación y traslación - Polipasto (Q _{met})	700,00	6867,00
Mecanismo de giro (Q _{mg}) - Rodamiento de giro + Accesorios (motor-reductor)	830,00	8142,30
Contrapeso (Q _{con})	7000,00	68670,00
$Q_C = 2 \cdot Q_{plu} + 2 \cdot Q_{plu'} + Q_{col} + Q_{met} + Q_{mg} + Q_{con}$	12908,00	126627,48

SOLICITACIONES DEBIDAS A MOVIMIENTOS VERTICALES (S_V)**Levantamiento de la carga de servicio (S_L)**

Coef. experimental para grúas (ξ)	0,30	
Velocidad de elevación (V _L) - GRÁFICO	0,07	m/s
$\Psi = 1 + \xi \cdot V_L$	1,02	
$Q_{LC} = Q_C \cdot \Psi$	82551,15	N

Aceleración o deceleración de la carga

Mesprezagaria

SOLICITACIONES DEBIDAS A MOVIMIENTOS HORIZONTALES (S_H)**Efecto de la fuerza centrífuga**

Velocidad de giro máxima ($\omega_{\text{máx}}$)	0,06	rad/s
Tiempo mínimo ($t_{\text{mín}}$)	2,50	s

Aceleración angular (α) = ω/t	0,03	rad/s ²
---	------	--------------------

Sobre el CONJUNTO DE GRÚA**Fuerza de inercia (F_{inconj})**

r_{Gconj}	2,19	m
Aceleración (a_{conj}) = $\alpha \cdot r_{Gconj}$	0,06	m/s ²
Masas pluma (m_{plu})	3416,00	kg
Masa carga (m_c)	8950,00	kg
Masa contrapeso (m_{con})	7000,00	kg
$F_{inconj} = (m_{plu} + m_c + m_{con}) \cdot a_{conj}$	1065,92	N

Efecto de choque de topes

Bakarrik kontsideratuko da egituraren edo zintzilikatutako kargaren kontra jotzen duenean edo karga gidatu behar denean. Kasu honetan mesprezatu

SOLICITACIONES DEBIDAS A EFECTOS CLIMÁTICOS**Acción del viento**

Kalkulatu bezala:

Haizearen abiadura garabia zerbitzuan dagoenean: 20 m/s = 72 km/h

Haizearen abiadura zerbitzuz kanpoko garabiaz: 36 m/s = 130 km/h

Presión aerodinámica, grúa en servicio (q_A)

Velocidad del viento (V_v)	20,00	m/s
q_A (TABLA) =	25,00	daN/m ² = kgf/m ²

Presión aerodinámica, grúa fuera de servicio (q_B)

Velocidad del viento (V_v)	36,00	m/s
q_B (TABLA) =	80,00	daN/m ² = kgf/m ²

Sobre la PLUMA**Coef. de forma para viento actuando normal a la superficie (C_f) - Perfil: IPE600**

Longitud (f)	8,50	m
Altura (b)	0,60	m
f/b	14,17	

C_f (TABLA interpolando) =	1,45	
Coef. de sombra (η)		
Dist. que separa las caras enfrentadas entre el perfil de cálculo y el intermedio (b)	0,90	m
Altura (h)	0,60	m
b/h	1,50	
Sup. expuesta al viento (A)	1,00	m ²
Sup. expuesta al viento mayorada con sup. de posibles agujeros int. (A_e)	1,00	m ²
$\varphi = A/A_e$	1,00	
η (TABLA o GRÁFICA) =	0,15	
Fuerza del viento en servicio (F_{vpluA})		
Área (A) = f · b	5,10	m ²
Presión estática (q_A)	25,00	daN/m ²
Coeficiente de forma (C_f)	1,45	
Coeficiente de sombra (η)	0,15	
Sobre la 1ª VIGA		
$F_{vpluA} = q_A \cdot A \cdot C_f$	185,39	daN
Sobre la 2ª VIGA		
$F_{vpluA} = q_A \cdot A \cdot C_f \cdot \eta$	27,81	daN
Fuerza del viento fuera de servicio (F_{vpluB})		
Área (A) = f · b	5,10	m ²
Presión estática (q_B)	80,00	daN/m ²
Coeficiente de forma (C_f)	1,45	
Coeficiente de sombra (η)	0,15	
Sobre la 1ª VIGA		
$F_{vpluB} = q_B \cdot A \cdot C_f$	593,23	daN
Sobre la 2ª VIGA		
$F_{vpluB} = q_B \cdot A \cdot C_f \cdot \eta$	88,98	daN
Sobre la CONTRAPLUMA		
Coef. de forma para viento actuando normal a la superficie (C_f) - Perfil: IPE600		
Longitud (f)	5,50	m
Altura (b)	0,60	m
f/b	9,17	
C_f (TABLA interpolando) =	1,34	
Coef. de sombra (η)		

Dist. que separa las caras enfrentadas entre el perfil de cálculo y el intermedio (b)	0,90	m
Altura (h)	0,60	m
b/h	1,50	
Sup. expuesta al viento (A)	1,00	m ²
Sup. expuesta al viento mayorada con sup. de posibles agujeros int.(A _e)	1,00	m ²
$\varphi = A/A_e$	1,00	
η (TABLA o GRÁFICA) =	0,15	

Fuerza del viento en servicio (F_{vplu'A})

Área (A) = f · b	3,30	m ²
Presión estática (q _A)	25,00	daN/m ²
Coefficiente de forma (C _f)	1,34	
Coefficiente de sombra (η)	0,15	
Sobre la 1ª VIGA		
F_{vplu'A} = q_A · A · C_f	110,72	daN
Sobre la 2ª VIGA		
F_{vplu'A} = q_A · A · C_f · η	16,61	daN

Fuerza del viento fuera de servicio (F_{vplu'B})

Área (A) = f · b	3,30	m ²
Presión estática (q _B)	80,00	daN/m ²
Coefficiente de forma (C _f)	1,34	
Coefficiente de sombra (η)	0,15	
Sobre la 1ª VIGA		
F_{vplu'B} = q_B · A · C_f	354,29	daN
Sobre la 2ª VIGA		
F_{vplu'B} = q_B · A · C_f · η	53,14	daN

Sobre la COLUMNA**Coef. de forma para viento actuando normal a la superficie (C_f) - Perfil: Tubo circular hueco**

Longitud (f)	6,50	m
Diámetro (d)	0,61	m
f/d	10,66	
En servicio (d · v _v)	12,20	m ² /s
Fuera de servicio (d · v _v)	21,96	m ² /s

Ambos > 4,5 m/s²

C_f (TABLA interpolando) =	0,65	
Fuerza del viento en servicio (F_{vcolA})		
Área (A) = f d	3,97	m ²
Presión estática (q_A)	25,00	daN/m ²
Coefficiente de forma (C_f)	0,65	
$F_{vcolA} = q_A \cdot A \cdot C_f$	64,73	daN
Fuerza del viento fuera de servicio (F_{vcolB})		
Área (A) = f d	3,97	m ²
Presión estática (q_B)	80,00	daN/m ²
Coefficiente de forma (C_f)	0,65	
$F_{vcolB} = q_B \cdot A \cdot C_f$	207,13	daN

Sobre la CARGA (embarcación)

Kargaren gaineko haizearen efektua azalera maximo posiblearen gainean kontsideratuko da, C=1-eko koefiziente aerodinamikoaz.

25000 daN-eko baino karga txikiagoen kasuan

0.5 m²/1000 daN → 5000 eta 25000 daN bitarteko karga balioetarako.

Área (A)		
Área	0,50	m ²
Carga unitaria	1000,00	daN/m ²
Carga útil	7848,00	daN
$A = (\text{Área/Carga unitaria}) \cdot \text{Carga útil}$	3,92	m ²
Fuerza del viento en servicio (F_{vCA})		
Área (A)	3,92	m ²
Presión estática (q_A)	25,00	daN/m ²
Coefficiente aerodinámico (C)	1,00	
$F_{vCA} = q_A \cdot A \cdot C$	98,10	daN
Fuerza del viento fuera de servicio (F_{vCB})		
EZ DAGO KARGARIK	0,00	
$F_{vCB} =$	0,00	daN

Sobre el CONTRAPESO

Karga bat izango balitz bezela

25000 daN-eko baino karga txikiagoen kasuan

$0.5 \text{ m}^2/1000 \text{ daN} \rightarrow 5000 \text{ eta } 25000 \text{ daN}$ bitarteko karga balioetarako.

Área (A)		
Área	0,50	m^2
Carga unitaria	1000,00	daN/m^2
Carga contrapeso	6867,00	daN
$A = (\text{Área}/\text{Carga unitaria}) \cdot \text{Carga contrapeso}$	3,43	m^2

Fuerza del viento en servicio (F_{vconA})		
Área (A)	3,43	m^2
Presión estática (q_A)	25,00	daN/m^2
Coefficiente aerodinámico (C)	1,00	
$F_{vconA} = q_A \cdot A \cdot C$	85,84	daN

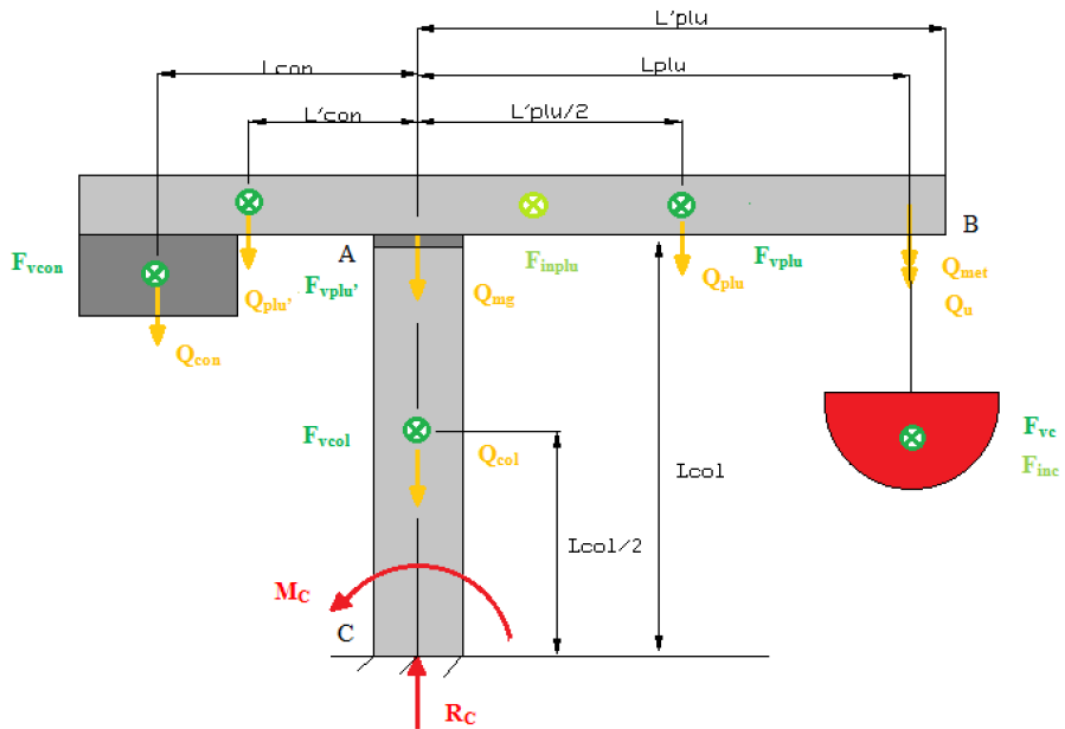
Fuerza del viento fuera de servicio (F_{vconB})		
Área (A)	3,43	m^2
Presión estática (q_B)	80,00	daN/m^2
Coefficiente aerodinámico (C)	1,00	
$F_{vconB} = q_B \cdot A \cdot C$	274,68	daN

Sobrecarga de nieve

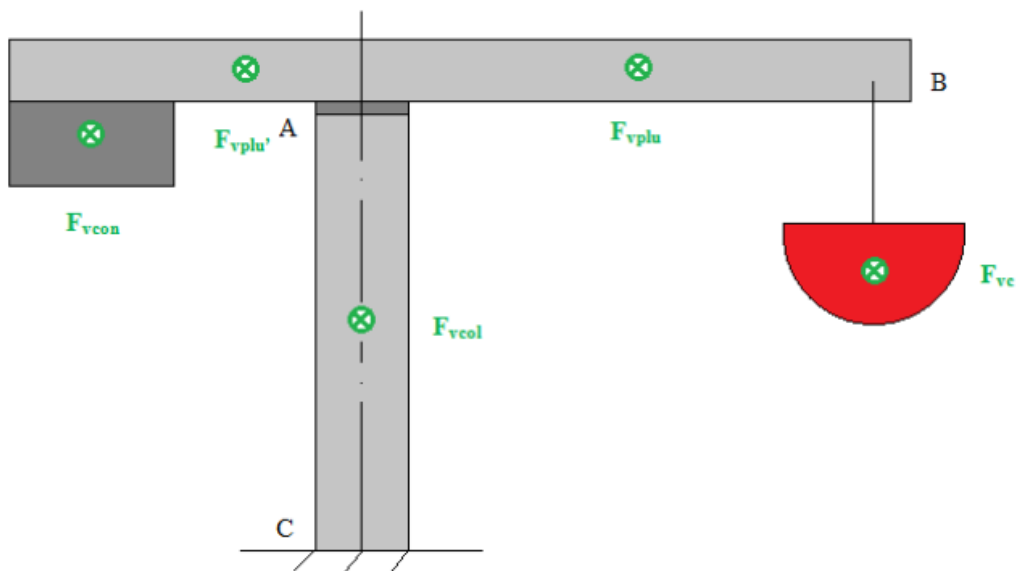
Elurrarekin ez da garabia erabiliko

Variaciones de temperatura

Mesprezagarria



3.8. Irudia: Kontrapisudun garabiaren egituraren gaineko eskaerak



3.9. Irudia: Kontrapisudun garabiaren egituraren gaineko haizearen kargak

Elementuak		<i>A kasua: Haizea garabian ($v = 20$ m/s)</i>	<i>B kasua: Haizea garabia zerbitzuz kanpo ($v = 36$ m/s)</i>
Luma	1. habea	1853.85	5932.32
	2. habea	278.08	889.85
	Guztira	2131.93	6822.17
Kontraluma	1. habea	1107.15	3542.88
	2. habea	166.07	531.43
	Guztira	1273.22	4074.31
Zutabea		647.29	2071.32
Karga		981	0
Kontrapisua		858.38	2746.8

3.9. Taula: Haizearen kargak kontrapisudun garabian

3.2.4. Garabian sortutako esfortzuak

3.2.4.1. Egituraren erreakzioak

Garabiaren elementuen eta kargaren berezko pisuak indarra eta garabiko oinarrian momentu bat sortzen ditu. Eskaera hauek daude karga-suposizioen eta berezko pisuaren arabera maioratuta daude. Egituraren elementu bakoitzerako kasu kaltegarrienean segurtasun koefizientea erabiliko da dimentsionamenduan honela zein den sekzio kritikoa luma dimentsionatu ahal izateko jakingo da.

Beraz zutabearen oinarrian erreakzio batzuk agertuko dira apilikatutako indar eta momentuak orekatzeko. Horrela kalkulatuko ditugu.

Kontrapisurik gabeko garabiaren kasuan:

$$R_C = C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg} \quad (3.12)$$

$$M_C = C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} \cdot (L'_{plu} / 2) \quad (3.13)$$

Kontrapisudun garabiaren kasuan:

$$R_C = C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{con} + Q_{mg} + Q_{col} + 2 \cdot Q_{plu} + 2 \cdot Q_{plu}' \quad (3.14)$$

$$M_C = [C_d \cdot L_{plu}' \cdot (Q_u + Q_{met}) + 2 \cdot Q_{plu}' \cdot (L'_{plu}/2)] - [Q_{con} \cdot L_{con} + 2 \cdot Q_{plu}' \cdot L'_{con}] \quad (3.15)$$

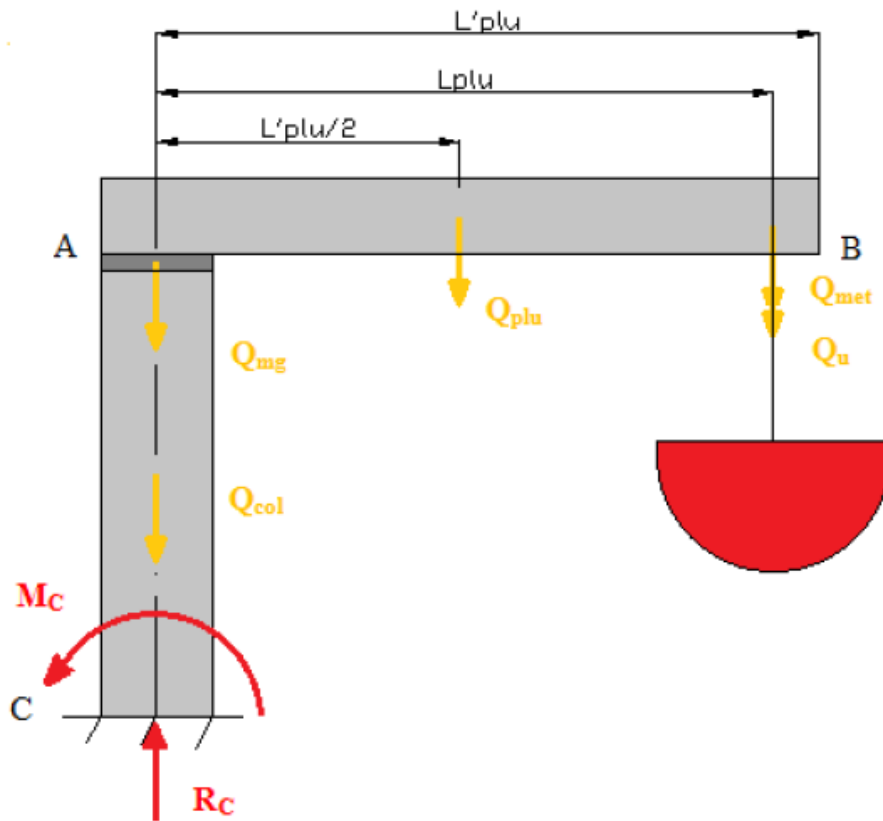
Non:

- M_C = C puntuaren momentua (Zutabearen oinarrian)
- R_C = C puntuaren erreakzio bertikala (Zutabearen oinarrian)
- $C_d = \Psi$ = Koefiziente dinamikoa
- Q_u = Kargaren pisua
- Q_{met} = Jasotze eta traslazio mekanismoaren pisua
- Q_{col} = Zutabearen pisua
- Q_{plu} = Lumaren pisua
- Q_{mg} = Biraketa mekanismoaren pisua
- Q_{con} = Kontrapisuaren pisua
- Q_{plu}' = Kontralumaren pisua
- L_{plu} = Biraketa ardatza eta karga aplikazioaren arteko distantzia
- L'_{plu} = Biraketa ardatza eta luma amaieraren arteko distantzia
- L_{con} = Biraketa ardatza eta kontrapisuaren GZ-aren arteko distantzia
- L'_{con} = Biraketa ardatza eta kontralumaren GZ-aren arteko distantzia

3.2.4.2. Erreakzioen kalkuluak

Lehenengo konfigurazioa: Kontrapisurik gabeko garabia

REACCIÓN Y MOMENTO EN LA BASE DE LA GRÚA				
Reacción vertical (R_C)				
		kg		
Q _{plu} (peso propio de la pluma)		2066,86	20275,90	N
Q _{col} (peso propio de la columna)		1891,50	18555,62	N
Q _u (carga útil + accesorios)		8250,00	80932,50	N
Q _{mg} (peso del mecanismo de giro)		830,00	8142,30	N
Q _{met} (peso del polipasto)		700,00	6867,00	N
C _d = Ψ (coeficiente dinámico)			1,02	
ΣF _v = 0 ⇒ R _C = C _d · (Q _u + Q _{met}) + Q _{col} + Q _{plu} + Q _{mg}		13953,16	136880,50	N
Momento (M_C)				
		d (distancia en m)		
Q _{plu} (peso propio de la pluma)	L' _{plu} /2	4,25	20275,90	N
Q _u (carga útil + accesorios)	L _{plu}	8,00	80932,50	N
Q _{met} (peso del polipasto)	L _{plu}	8,00	6867,00	N
C _d = Ψ (coeficiente dinámico)			1,02	
ΣM _C = 0 ⇒ M _C =				
C _d · L _{plu} · (Q _u + Q _{met}) + Q _{plu} · (L' _{plu} /2)			805426,06	N·m



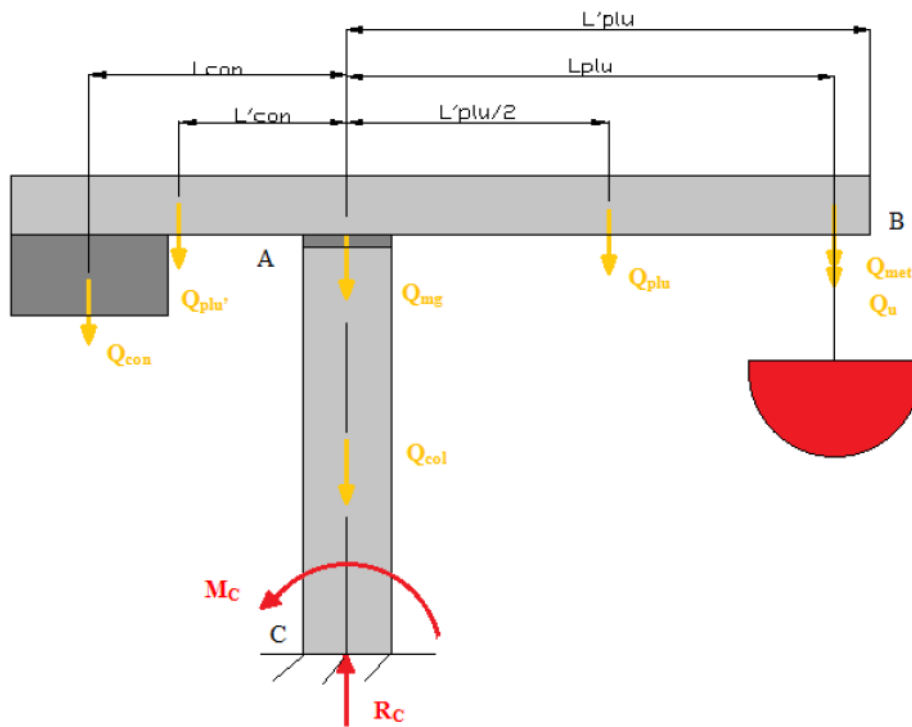
3.10. Irudia: Kontrapisu gabeko garabiaren egituraren gaineko erreakzioak

Bigarren konfigurazioa: Kontrapisudun garabia**REACCIÓN Y MOMENTO EN LA BASE DE LA GRÚA****Reacción vertical (R_C)**

	kg		
Q _{plu} (peso propio de la pluma)	1037,00	10172,97	N
Q _{plu'} (peso propio de la contrapluma)	671,00	6582,51	N
Q _{col} (peso propio de la columna)	962,00	9437,22	N
Q _u (carga útil + accesorios)	8250,00	80932,50	N
Q _{mg} (peso del mecanismo de giro)	830,00	8142,30	N
Q _{met} (peso del polipasto)	700,00	6867,00	N
Q _{con} (peso del contrapeso)	7000,00	68670,00	N
C _d = Ψ (coeficiente dinámico)		1,02	
ΣR_C = 0 => R_C =			
C_d · (Q_u + Q_{met}) + Q_{con} + Q_{mg} + Q_{col} + 2 · Q_{plu} + 2 · Q_{plu'}			
	21372,80	209667,17	N

Momento (M_C)

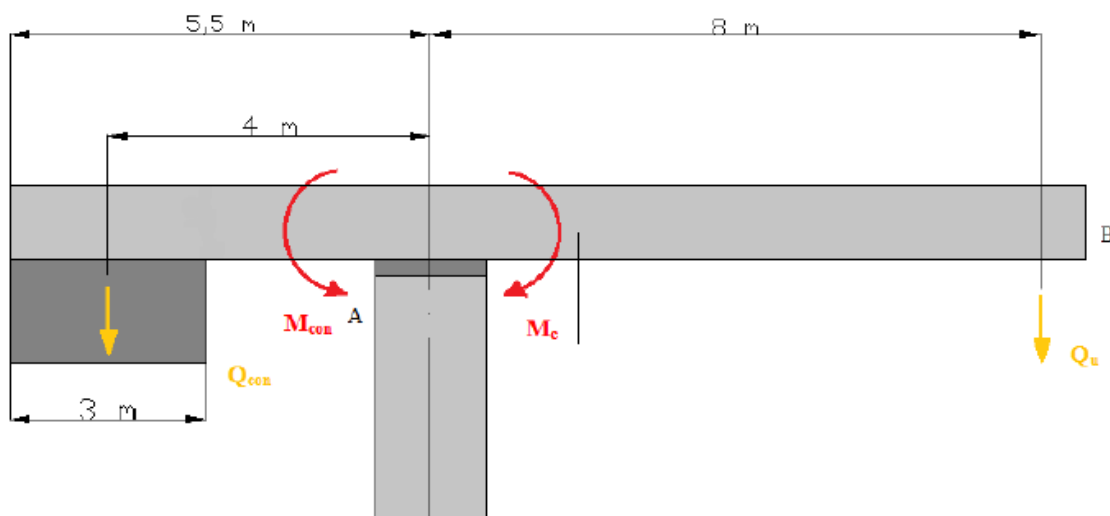
		d (distancia en m)		
Q _{plu} (peso propio de la pluma)	L' _{plu} /2	4,25	10172,97	N
Q _{plu'} (peso propio de la contrapluma)	L' _{con}	2,75	6582,51	N
Q _u (carga útil + accesorios)	L _{plu}	8,00	80932,50	N
Q _{met} (peso del polipasto)	L _{plu}	8,00	6867,00	N
Q _{con} (peso del contrapeso)	L _{con}	4,90	68670,00	N
C _d = Ψ (coeficiente dinámico)			1,02	N
ΣM_C = 0 => M_C =				
[C_d · L_{plu} · (Q_u + Q_{met}) + 2 · Q_{plu} · (L'_{plu}/2)] -				
[Q_{con} · L_{con} + 2 · Q_{plu'} · L'_{con}]				
			433036,94	N·m



3.11. Irudia: Kontrapisudun garabiaren egituraren gaineko erreakzioak

3.2.5. Kontrapisuaren dimentsionaketa

Garabia orekan egon dadin egoerarik kaltegarrienean, itsasontzia zintzilik dagoenean lumatik urrutieneko puntuan, kontrapisuaren pisua jaso beharreko kargaren eta osagaien berdina izango da.



3.12. Irudia: Kontrapisuaren eta kargarengatiko momentuak

Irudian ikusi daitezkeen momentuen balioak horrela kalkulatu dira:

$$M_c = Q_u \cdot L_{plu} \tag{3.16}$$

$$M_{con} = Q_{con} \cdot L_{con} \tag{3.17}$$

Non:

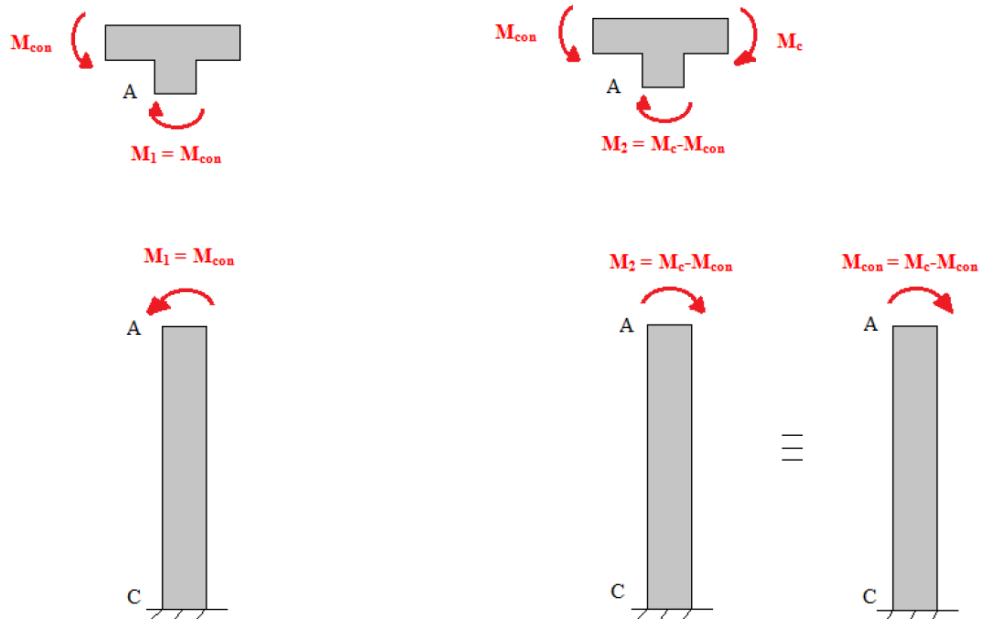
- Q_u = Itsasontziaren pisua + osagaiak + polipastoa = 8000+250+700 = 8950 kg ~ 9 tn
- L_{plu} = Biraketa ardatza eta kargaren arteko distantzia = 8m
- Q_{con} = Kontrapisuaren pisua ~ 9 tn
- L_{con} = Biraketa ardatzaren eta kontrapisuaren GZ-aren arteko distantzia = 4m

$$M_c = Q_u \cdot L_{plu} = 9 \text{ Tn} \cdot 8 \text{ m} = 72 \text{ Tn} \cdot \text{m} \tag{3.18}$$

$$M_{con} = Q_{con} \cdot L_{con} = 9 \text{ Tn} \cdot 4 \text{ m} = 36 \text{ Tn} \cdot \text{m} \tag{3.19}$$

Garabiak kargarik ez duenean jasotzen:

Garabiak karga jasotzen duenean:



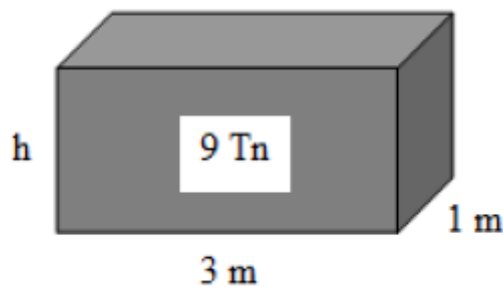
3.13. Irudia: Momentuen irudiak kontrapisu eta kargaren arabera

Beraz,

$$M_{con} = M_c - M_{con} \Rightarrow M_c = 2 \cdot M_{con} \Rightarrow M_{con} = M_c / 2 = (Q_u \cdot L_{plu}) / 2 \quad (3.20)$$

Garabia orekan egon dadin, kontrapisuko momentua kargak sortutako momentuaren erdia izan behar du.

Kontrapisuaren dimentsioari dagokionez, 9 tonako pisu bat suposatuko da eta 3 m-ko luzera eta metro 1-eko zabalera. Jarraian, datu hauek jarraituz kontrapisuak beharko duen altuera kalkulatu dugu.



3.14. Irudia: Kontrapisuaren dimentsioak

Kontrapisuaren dentsitatea horrela kalkulatu da:

$$\rho = m / Vol \quad (3.21)$$

Non:

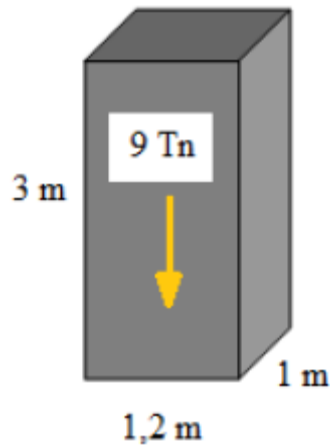
- ρ : Hormigoiaaren dentsitatea = 2.5 Tn/m^3
- m : Gorputzaren masa = 9 Tn

Beraz,

$$Vol = 9 / 2,5 = 3,6 \text{ m}^3 \quad (3.22)$$

$$Vol = 3,6 \text{ m}^3 = 3 \cdot 1 \cdot h \Rightarrow h = 3,6 / 3 = 1,2 \text{ m} \quad (3.23)$$

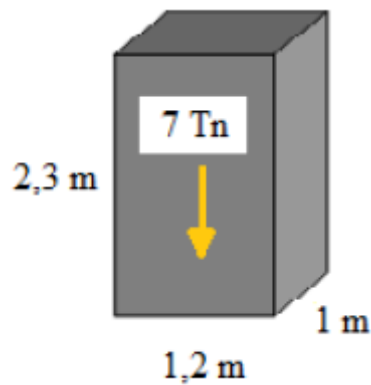
Kontrapisuaren altuera 1.2 m-takoa izango da, eta forma errektangelua duenez bertikalean jarriko da leku gutxiago okupatu dezan.



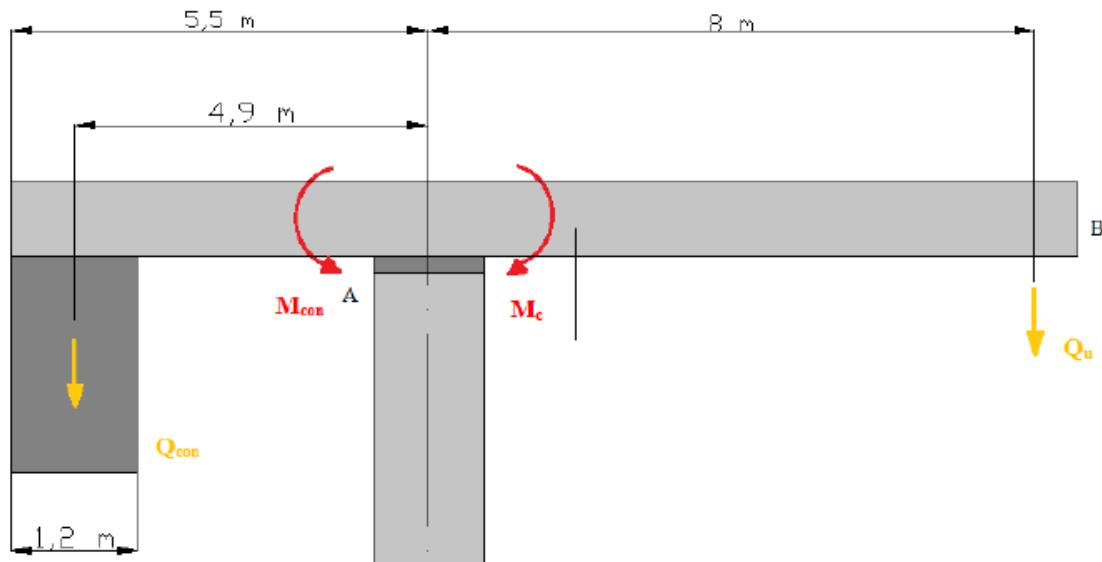
3.15. Irudia: Kontrapisuaren dimentsioak eta posizioa

Posizio honetan jartzean , lehen esan bezala, leku gutxiago okupatuko du eta horregatik kontraluman ezkerretara higitu daiteke. Honek momentua handituko du, horregatik bere pisu jaitsi al da momentu berdina lotzeko.

Adibidez, eta lehengo prozesu berdina erabiliz, 7 tonako pisuarekin eta bere zabalera eta altuera mantenduz hau lortuko dugu:



3.16. Irudia: Kontrapisuaren dimentsio berriak



3.17. Irudia: Kontrapisuarengatikoko momentu eta erreakzio eskema berria

Goian egin den bezala:

$$M_c = Q_u \cdot L_{phu} = 9 \text{ Tn} \cdot 8 \text{ m} = 72 \text{ Tn} \cdot \text{m} \quad (3.24)$$

$$M_{con} = Q_{con} \cdot L_{con} = 7 \text{ Tn} \cdot 4,9 \text{ m} \sim 35 \text{ m} \quad (3.25)$$

Beraz, lortu da pisu handiagoko kontrapisu batez lortzen den momentu ra lortze pisu txikiagoko kontrapisu batez bere GZ-rako distantzia handituz.

3.2.6. Lumaren dimentsionamendu eta kalkulua

3.2.6.1. Kontsiderazio orokorrak

Deformazio ahalmenaren eta momentu flectore batek sorturiko erresistentzia plastikoaren arabera lau sekzio klase sailkatzen dira: 1, 2, 3 eta 4.

Kasu honetan 3 klaseko sekzio bat hartuko da, elastikoa, gehien konprimitutako zuntzetan altzairuaren muga elastikoa lor daiteke, baina abolladurak momentu plastikoaren garatzen saihesten du.

Lehenengo konfigurazioa: Kontrapisurik gabeko garabia

Lumaren eta karga indarraren inertzia lortzeko, diseinu parametro hauek ezarri dira:

- ω_{\max} = Lumaren biraketa abiadura = 0.6 rpm
- t_{\min} = Lumak biraketa abiadura lortzeko behar duen denbora = 2.5 s

Azelerazio angeluarra hurrengoa izango da:

$$\alpha = \omega/t = (2 \cdot \pi \cdot n)/60 \cdot t = 0,03 \text{ rad/s}^2 \quad (3.26)$$

Azelerazio lineala hurrengoa izango da:

$$a_G = \alpha \cdot r_G \quad (3.27)$$

Non r_G Objetuaren GZ eta biraketa ardatzaren areko distantzia den. Beraz,

$$a_{\text{plu}} = \alpha \cdot r_{\text{Gplu}} \quad (3.28)$$

$$a_c = \alpha \cdot r_{\text{Gc}} \quad (3.29)$$

Non:

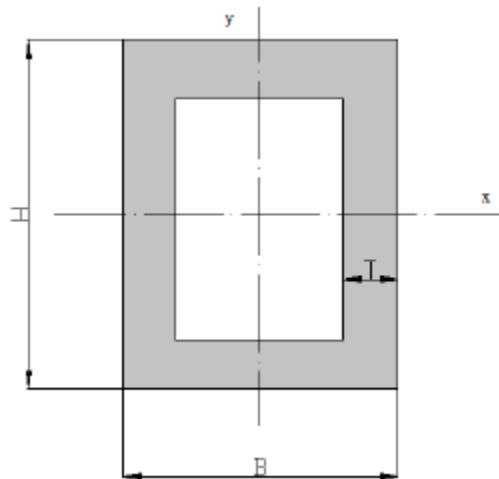
- a_{Gplu} : Lumaren azelerazioa
- r_{Gplu} : Lumaren GZ eta biraketa ardatzaren arteko distantzia
- a_{Gc} : Karga azelerazioa
- r_{Gc} : Biraketa ardatzetik kargaren GZ arteko distantzia

Egituraren kalkuluak egin aurretik, kontuan izan behar da hasiera batean IPE profil bat aukeratu dela lumarentzat, baina lumaren sekzio kritikoaren punturik kaltegarrian ez ditu esfortzuak jasan. Beraz, perfil laukizuzen hutsa aukeratu da eta konprobazioak egiterakoan berriro ere ez da esfortzuak jasateko gai. Azkenik beste perfil handiago bat hartu da, 600x400x16 neurrikoa eta honek bai jasaten dituela beharrezko tentsioak.

Perfil honen dimentsio eta ezaugarriak hurrengoak izango dira:

m (kg/m)	243,16		
A (mm ²)	30.976		
I_x (mm ⁴)	1.580.320.085,33		
I_y (mm ⁴)	841.094.485,33	H (mm)	600
W_x (mm ³)	5.267.733,62	B (mm)	400
W_y (mm ³)	4.205.472,43	T (mm)	16

3.10. Taula: Perfil laukizuzenaren dimentsio eta ezaugarriak



3.18. Irudia: Perfilaren sekzioa

Luzerarekiko masa kalkulatzeko formula hau erabiliko da:

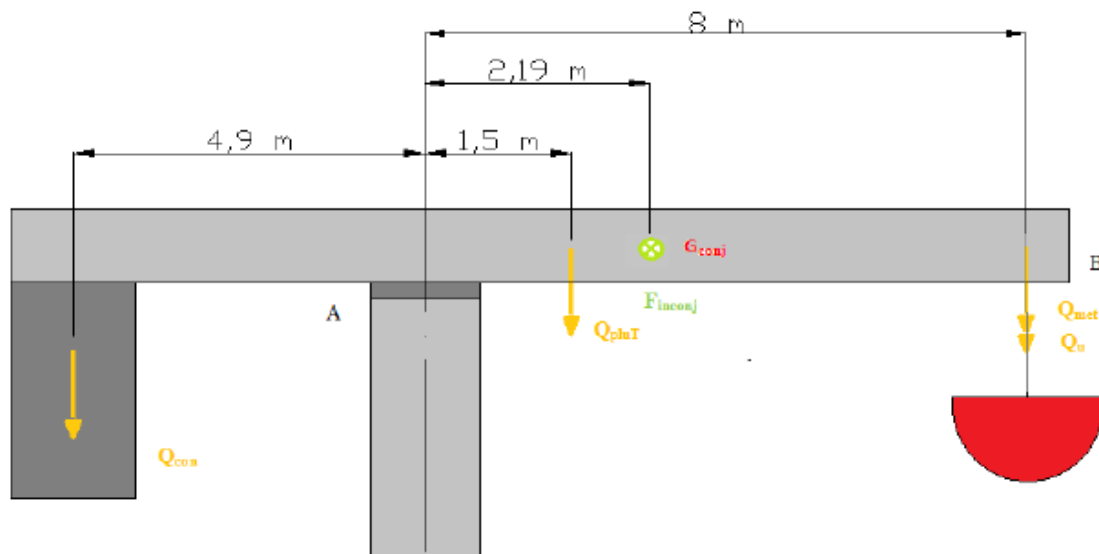
$$m = A \cdot \rho_{ac}$$

(3.30)

Non A sekzioaren azalera eta ρ dentsitatea izango diren.

Bigarren konfigurazioa: Kontrapisudun garabia

Garabiaren grabitate zentrua kalkulatu behar da:



3.19. Irudia: GZ-aren kalkulua

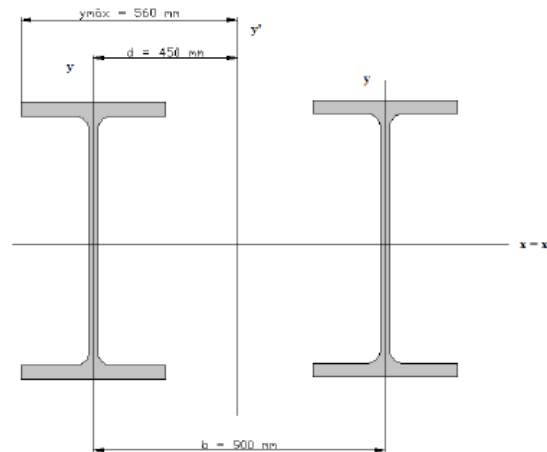
$$X_T = \frac{\sum m_i \cdot x_i}{\sum m_i} = \frac{2 \cdot 1708 \text{ kg} \cdot 1,5 \text{ m} - 7000 \text{ kg} \cdot 4,9 \text{ m} + 8950 \text{ kg} \cdot 8 \text{ m}}{2 \cdot 1708 \text{ kg} + 7000 \text{ kg} + 8950 \text{ kg}} = 2,19 \text{ m}$$

(3.31)

Beraz garabiaren inertzia indarra puntu horretan aplikatuko da. Gainera, distantzia hartan bi habeen pisua, kargaren pisua, osagarriak, polipastoa eta kontrapisuaren pisua ere aplikatu daitezke.

Kontrapisurik gabeko kasuan bezala IPE perfila hautatu da hasieran, baina lehenengo kasuan ez bezala, lumaren sekzio kritikoaren punturik kaltegarrienaren tentsioak bai jasaten ditu.

Bi perfil paralelo daudenez, inerti momentua x ardatzean berdina izango da bientzat baina y ardatzean desberdinak izango dira. Steiner bidez kalkulatu da.



3.20. Irudia: Inertzi momentua y ardatzeaan

m (kg/m)	122	h (mm)	600
A (mm ²)	15.600	b (mm)	220
I _x (mm ⁴)	920.800.000	s (mm)	12
I _y (mm ⁴)	33.870.000	t (mm)	19
W _x (mm ³)	3.070.000	r (mm)	24
W _y (mm ³)	308.000		

3.11. Taula: IPE perfilaren dimentsio eta ezaugarriak

$$I_{y'} = I_y + A \cdot d^2$$

(3.32)

Non:

- I_{y'} = Multzoaren inertzia momentua
- I_y = y ardatzaren inertzia momentua
- A = Perfilaren azalera
- D = y ardatzetik y' ardatzerainoko distantzia

$$I_{y'} = 2 \cdot (33.870.000 + 15.600 \cdot 450^2) = 6.385.740.000 \text{ mm}^4$$

(3.33)

$$W_{y'} = I_{y'}/y_{\max} = 6.385.740.000 \text{ mm}^4/560 \text{ mm} = 11.403.107,14 \text{ mm}^3$$

(3.34)

3.2.6.2. Lumaren planteamendua

1) Lumaren erreakzioak. Une honetan, luma eta zutabearen arteko loturaren erreakzioak kalkulatu dira. Hauek izango dira lumak jasan beharko dituen esfortzuak.

- Lumaren pisuak sortutako esfortzuak.
- Lumaren urrutieneko puntutik zintzilik dagoen kargaren esfortzua.
- Haizeak sortutako esfortzua luma eta kargan, garabia zerbitzuan dagoenean.

Hauek izango dira erabiliko diren ekuazioak.

Kontrapisurik gabeko garabian:

$$R_A = C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu}$$

(3.35)

$$M_A = M_C = C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)$$

(3.36)

Kontrapisudun garabian:

$$R_A = C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + 2 \cdot Q_{plu}$$

(3.37)

$$M_A = M_C = C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + 2 \cdot Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)$$

(3.38)

2) Lumaren perfilaren planteamendua. Esfortzuak kalkulatzeko, lehenik eta behin profilaren neurriak ezagutu behar dira atal kritikoan eta, horrela, inertzia momentuak eta momentu erresistenteak ezagutuko dira. Lumaren sekzio kritikoa zutabea eta luma elkartzen diren puntua izango da. Sekzio kritikoa ezagutzen denean, eskatutako puntua edo puntu kritikoa bilatu behar da esfortzuak aurkitzeko eta luma dimentsionatzeko.

Kasu honetan, puntu kritikoa A da, beheko irudietan ikus daitekeen moduan. Puntu hau hurrengo esfortzuen menpe dago.

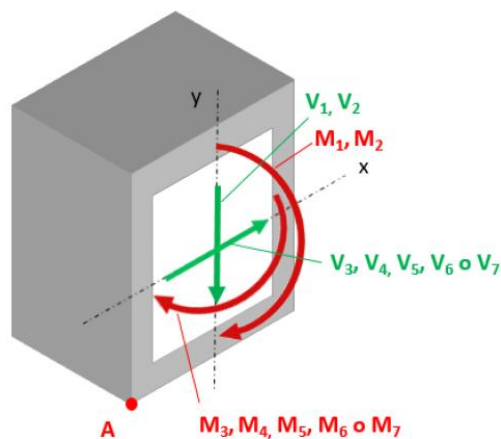
Kontrapisurik gabeko garabian:

$$A \begin{cases} M_1, M_2, M_3, M_4, M_5, M_6 \text{ o } M_7 \\ V = 0 \end{cases}$$

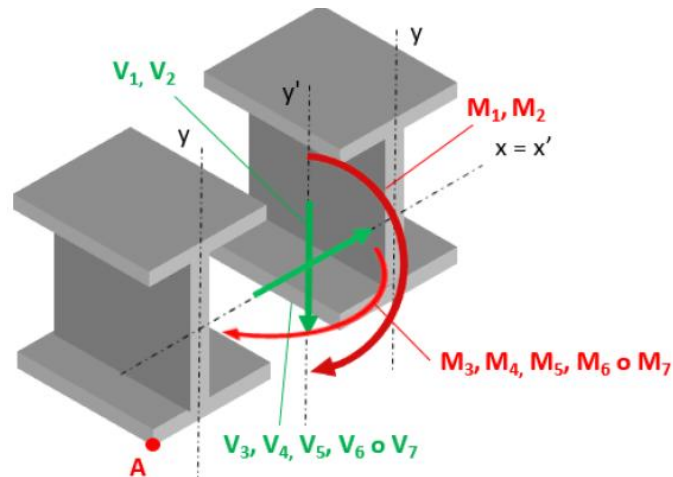
Kontrapisudun garabian:

$$A \begin{cases} M_1, M_2, M_3, M_4, M_5 \text{ o } M_6 \\ V = 0 \end{cases}$$

Arestian aipatuenez, kontrapisu gabeko garabi kasuan, lumaren perfila laukizuzen hutsa izango da 600x400x16 dimentsiokoa. Kontrapisudun garabiaren kasuan IPE 600-eko perfilak erabiliko dira. Bi kasuetan luma St-42 altzairukoa izango da (jasotze aparatuetarako altzairuzko txapak) eta bere limite elastikoa 260 MPa-koa da.



3.21. Irudia: Kontrapisurik gabeko kasurako lumaren perfilaren sekzio kritikoa



3.22. Irudia: Kontrapisudun kasurako lumaren perfilaren sekzio kritikoa

3.2.6.3. Lumaren eskaeren zehaztapena

Luman eragingo duten tentsioak kalkulatzeko, jasan behar dituen eskaeren arabera kalkulatu da.

- Lumaren pisua.
- Kargaren pisua + osagarriak.
- Haizearen eragina lumarengan zerbitzuan dagoenean.
- Haizearen eragina lumaren urrutieneko puntutik zintzilik dagoen kargarengan.
- Haizearen eragina zerbitzuz kanpoko garabiarengan.

Kasu hauetan, momentu flectore maximoa eta indar ebakitzailen maximoa kalkulatu dira. Kalkulu guzti hauek indar bertikalak eta horizontalak banatzen egingo da.

3.2.6.4. Eskaera konbinazioak

FEM koefizienteak aplikatu dira planteatu diren hiru kasuetan eta konbinazioak planteatu sekzioaren puntu kritikoenean, A puntuan.

Konfigurazioa: Kontrapisurik gabeko garabia

1) Haizerik gabe zerbitzuan

Aplikatu den formula orokorra hurrengo izango da:

$$[\gamma_s \cdot (\sigma_1 + C_d \cdot \sigma_2 + (\sigma_3 + \sigma_4))] \cdot C_s \quad (3.39)$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 \cdot \gamma_s \cdot C_s$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 \cdot \gamma_s \cdot C_s \cdot C_d$$

$$\sigma'_3 = \sigma_3 \cdot \gamma_s \cdot C_s$$

$$\sigma'_4 = \sigma_4 \cdot \gamma_s \cdot C_s$$

(3.40)

Kasu honetan $C_s = 1.5$ izango da eta tentsio baliokidea hurrengoa:

$$\sigma_{\text{equivalente}} = \sigma'_1 + \sigma'_2 + \sigma'_3 + \sigma'_4$$

(3.44)

2) Haizearekin zerbitzuan

Aplikatuko den formula orokorra hurrengoa izango da:

$$[\gamma_s \cdot (\sigma_1 + C_d \cdot \sigma_2 + (\sigma_3 + \sigma_4)) + (\sigma_5 + \sigma_6)] \cdot C_s \quad (3.45)$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 \cdot \gamma_s \cdot C_s$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 \cdot \gamma_s \cdot C_s \cdot C_d$$

$$\sigma'_3 = \sigma_3 \cdot \gamma_s \cdot C_s$$

$$\sigma'_4 = \sigma_4 \cdot \gamma_s \cdot C_s$$

$$\sigma'_5 = \sigma_5 \cdot C_s$$

$$\sigma'_6 = \sigma_6 \cdot C_s$$

(3.46)

Kasu honetan $C_s = 1.33$ izango da eta tentsio baliokidea hurrengoa:

$$\sigma_{\text{equivalente}} = \sigma'_1 + \sigma'_2 + \sigma'_3 + \sigma'_4 + \sigma'_5 + \sigma'_6$$

(3.47)

3) Garabia eskaera eszeptzionalekin

Kasu honetan $C_s = 1.1$ izango da eta eskaerak hurrengoak:

- Haize ekaiztsua:

$$(\sigma'_1 + \sigma'_\gamma) \cdot C_s \quad (3.48)$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 \cdot C_s$$

$$\sigma'_\gamma = \sigma_\gamma \cdot C_s$$

(3.49)

Tentsio baliokidea:

$$\sigma_{\text{equivalente}} = \sigma'_1 + \sigma'_\gamma$$

(3.50)

- Ensaio estatikoa:

$$(\sigma'_1 + \rho_2 \cdot \sigma'_2) \cdot C_s$$

(3.51)

$$\sigma'_1 = \sigma_1 \cdot C_s$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 \cdot \rho_2 \cdot C_s$$

(3.52)

$\rho_2 = 1.4$ maiorazio koefizientea izango da ensaio estatikoetan erabiliko dena. Jarraian bere tentsio baliokidea:

$$\sigma_{\text{equivalente}} = \sigma'_1 + \sigma'_2$$

(3.53)

- Ensaio dinamikoa:

$$(\sigma'_1 + C_d \cdot \rho_1 \cdot \sigma'_2) \cdot C_s$$

(3.54)

$$\sigma'_1 = \sigma_1 \cdot C_s$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 \cdot C_d \cdot \rho_1 \cdot C_s$$

(3.55)

$\rho_1 = 1.2$ maiorazio koefizientea izango da ensaio dinamikoetan erabiliko dena. Jarraian bere tentsio baliokidea:

$$\sigma_{\text{equivalente}} = \sigma'_1 + \sigma'_2 \quad (3.56)$$

Bigarren konfigurazioa: Kontrapisudun garabia

1) Haizerik gabe zerbitzuan

Aplikatu den formula orokorra hurrengoa izango da:

$$[\gamma_s \cdot (\sigma_1 + C_d \cdot \sigma_2 + \sigma_3)] \cdot C_s \quad (3.57)$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 \cdot \gamma_s \cdot C_s$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 \cdot \gamma_s \cdot C_s \cdot C_d$$

$$\sigma'_3 = \sigma_3 \cdot \gamma_s \cdot C_s$$

(3.58)

Kasu honetan $C_s = 1.5$ izango da eta tentsio baliokidea hurrengoa:

$$\sigma_{\text{equivalente}} = \sigma'_1 + \sigma'_2 + \sigma'_3 \quad (3.59)$$

2) Haizearekin zerbitzuan

Aplikatu den formula orokorra hurrengoa izango da:

$$[\gamma_s \cdot (\sigma_1 + C_d \cdot \sigma_2 + \sigma_3) + \sigma_4] \cdot C_s \quad (3.60)$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 \cdot \gamma_s \cdot C_s$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 \cdot \gamma_s \cdot C_s \cdot C_d$$

$$\sigma'_3 = \sigma_3 \cdot \gamma_s \cdot C_s$$

$$\sigma'_4 = \sigma_4 \cdot C_s$$

(3.61)

Kasu honetan $C_s = 1.33$ izango da eta tentsio baliokidea hurrengoa:

$$\sigma_{\text{equivalente}} = \sigma'_1 + \sigma'_2 + \sigma'_3 + \sigma'_4 \quad (3.62)$$

3) Garabia eskaera eszeptzionalekin

Kasu honetan $C_s = 1.1$ izango da eta eskaerak hurrengoak:

- Haize ekaiztsua:

$$(\sigma'_1 + \sigma'_5) \cdot C_s \quad (3.63)$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 \cdot C_s$$

$$\sigma'_5 = \sigma_5 \cdot C_s \quad (3.64)$$

Tentsio baliokidea:

$$\sigma_{\text{equivalente}} = \sigma'_1 + \sigma'_5 \quad (3.65)$$

- Ensaio estatikoa:

$$(\sigma'_1 + \rho_2 \cdot \sigma'_2) \cdot C_s \quad (3.66)$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 \cdot C_s$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 \cdot \rho_2 \cdot C_s \quad (3.67)$$

$\rho_2 = 1.4$ maiorazio koefizientea izango da ensaio estatikoetan erabiliko dena. Jarraian bere tentsio baliokidea:

$$\sigma_{\text{equivalente}} = \sigma'_1 + \sigma'_2 \quad (3.68)$$

- Ensaio dinamikoa:

$$(\sigma'_1 + C_d \cdot \rho_1 \cdot \sigma'_2) \cdot C_s \quad (3.69)$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 \cdot C_s$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 \cdot C_d \cdot \rho_1 \cdot C_s$$

(3.70)

$\rho_1 = 1.2$ maiorazio koefizientea izango da ensaio dinamikoetan erabiliko dena. Jarraian bere tentsio baliokidea:

$$\sigma_{\text{equivalente}} = \sigma'^1 + \sigma'^2$$

(3.71)

3.2.6.5. Lumaren kalkuluen emaitzak

Lehenengo konfigurazioa: Kontrapisurik gabeko garabia

REACCIONES SOPORTADAS EN LA UNIÓN DE LA PLUMA CON LA COLUMNA			
Reacción vertical (R_A)			
		kg	
Q_{plu} (peso propio de la pluma)		2066,86	20275,90 N
Q_u (carga útil + accesorios)		8250,00	80932,50 N
Q_{met} (peso del polipasto)		700,00	6867,00 N
$C_d = \Psi$ (coeficiente dinámico)			1,02
$\Sigma F_V = 0 \Rightarrow R_A = C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu}$		11231,66	110182,58 N
Momento (M_A)			
		d (distancia en m)	
Q_{plu} (peso propio de la pluma)	$L'_{plu}/2$	4,25	20275,90 N
Q_u (carga útil + accesorios)	L_{plu}	8,00	80932,50 N
Q_{met} (peso del polipasto)	L_{plu}	8,00	6867,00 N
$C_d = \Psi$ (coeficiente dinámico)			1,02
$\Sigma M_A = 0 \Rightarrow M_A = M_C =$			
$C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)$			805426,06 N·m
DIMENSIONES DEL PERFIL EN LA SECCIÓN CRÍTICA			
Prontuario de perfiles de acero (Perfil: Rectangular hueco a medida)			
A		30.976,00	mm ²
I_x		1.580.320.085,00	mm ⁴
I_y		841.094.485,33	mm ⁴
W_x		5.267.733,62	mm ³
W_y		4.205.472,43	mm ³
Q_{plu} por unidad de long.		2385,40	N/m
L_{plu}		8,50	m
Q_{plu}		20275,90	N

Punto crítico de la sección: A

TENSIONES POR ESFUERZOS VERTICALES EN LA PLUMA**Debido al peso propio de la pluma (Q_{plu})**

$L = L'_{plu}$	8,50	m
$q = M_{plu}$	2385,40	N/m
$M_{f_{m\acute{a}x}} (M_f \text{ m\acute{a}x. en A}) = q \cdot L^2/2$	86172,56	N·m
$V_{m\acute{a}x} (\text{Cortante m\acute{a}x. en A}) = q \cdot L$	20275,90	N

$\sigma_1 = M_{f_{m\acute{a}x}}/W_x$	16,36	N/mm ²
$\tau_1 =$	0,00	N/mm ²

Debido al peso de la carga en servicio (peso \u00fasil) + accesorios (incluido el polipasto) (Q_u+Q_{met})

$L = L_{plu}$	8,00	m
$q = Q_u+Q_{met}$	87799,50	N
$M_{f_{m\acute{a}x}} (M_f \text{ m\acute{a}x. en A}) = q \cdot L$	702396,00	N·m
$V_{m\acute{a}x} (\text{Cortante m\acute{a}x. en A}) = q$	87799,50	N

$\sigma_2 = M_{f_{m\acute{a}x}}/W_x$	133,34	N/mm ²
$\tau_2 =$	0,00	N/mm ²

TENSIONES POR ESFUERZOS HORIZONTALES EN LA PLUMA**Fuerzas debidas a la aceleraci\u00f3n para el peso propio de la pluma (Q_{plu})**

$q = F_{inplu}$	220,77	N
$L = L_{plu}/2$	4,25	m
$M_{f_{m\acute{a}x}} (M_f \text{ m\acute{a}x. en A}) = q \cdot L$	938,27	N·m
$V_{m\acute{a}x} (\text{Cortante m\acute{a}x. en A}) = q$	220,77	N

$\sigma_3 = M_{f\max}/W_y$	0,22	N/mm ²
$\tau_3 =$	0,00	N/mm ²

Fuerzas debidas a la aceleración para el peso de la carga en servicio (peso útil) + accesorios (incluido el polipasto) (Q_u+Q_{met})

$q = F_{inc}$	1799,50	N
$L = L_{plu}$	8,00	m
$M_{f\max} (M_f \text{ máx. en A}) = q \cdot L$	14396,00	N·m
$V_{\max} (\text{Cortante máx. en A}) = q$	1799,50	N

$\sigma_4 = M_{f\max}/W_y$	3,42	N/mm ²
$\tau_4 =$	0,00	N/mm ²

TENSIONES DEBIDAS A LA ACCIÓN DEL VIENTO EN LA PLUMA

Fuerzas debidas a la acción del viento en servicio en toda la pluma (F_{vpluA})

F_{vpluA}	2209,58	N
$L = L'_{plu}$	8,50	m
$q = F_{vpluA}/L$	259,95	N/m
$M_{f\max} = q \cdot L^2/2$	9390,72	N·m
$V_{\max} = q \cdot L$	2209,58	N

$\sigma_5 = M_{f\max}/W_y$	2,23	N/mm ²
$\tau_5 =$	0,00	N/mm ²

Fuerzas debidas a la acción del viento en servicio en la carga en el extremo de la pluma (F_{vcA})

$F_{vcA} = q$	981,00	N
$L = L_{plu}$	8,00	m
$M_{f\max} = q \cdot L$	7848,00	N·m

$V_{m\acute{a}x} = q$	981,00	N
$\sigma_6 = M_{fmax}/W_y$	1,87	N/mm ²
$\tau_6 =$	0,00	N/mm ²

Fuerzas debidas a la acción del viento fuera de servicio en toda la pluma (F_{vpluB})

F_{vpluB}	7070,64	N
$L = L'_{plu}$	8,50	m
$q = F_{vpluB}/L$	831,84	N/m
$M_{fmax} = q \cdot L^2/2$	30050,22	N·m
$V_{m\acute{a}x} = q \cdot L$	7070,64	N

$\sigma_7 = M_{fmax}/W_y$	7,15	N/mm ²
$\tau_7 =$	0,00	N/mm ²

ESTUDIO DE LAS DIFERENTES POSIBILIDADES EN LA PLUMA (COMBINACIONES)

Se aplican los coefs. FEM en cada uno

En servicio sin viento

γ_s (TABLA)	1,06	
C_d (Coeficiente dinámico)	1,02	
C_s (Coeficiente de seguridad)	1,50	Por normativa

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	16,36	26,01	0,00	0,00
2	133,34	217,10	0,00	0,00
3	0,22	0,35	0,00	0,00
4	3,42	5,44	0,00	0,00
Oequivalente	248,91		MPa	

En servicio con viento

γ_s (TABLA)	1,06	
C_d (Coeficiente dinámico)	1,02	
C_s (Coeficiente de seguridad)	1,33	Por normativa

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	16,36	23,06	0,00	0,00
2	133,34	192,49	0,00	0,00
3	0,22	0,31	0,00	0,00
4	3,42	4,83	0,00	0,00
5	2,23	2,97	0,00	0,00
6	1,87	2,48	0,00	0,00

$\sigma_{equivalente}$ 226,15 MPa

Fuera de servicio con viento

C_s (Coeficiente de seguridad)	1,10	Por normativa
----------------------------------	------	---------------

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	16,36	17,99	0,00	0,00
7	7,15	7,86	0,00	0,00

$\sigma_{equivalente}$ 25,85 MPa

Ensayo estático

C_s (Coeficiente de seguridad)	1,10	Por normativa
ρ_2 (Coeficiente de mayoración para ensayos estáticos)	1,40	Por normativa

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	16,36	17,99	0,00	0,00
2	133,34	205,34	0,00	0,00

$\sigma_{equivalente}$ 223,34 MPa

Ensayo dinámico

C_d (Coeficiente dinámico)	1,02	
C_s (Coeficiente de seguridad)	1,10	Por normativa
ρ_1 (Coeficiente de mayoración para ensayos dinámicos)	1,20	Por normativa

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	16,36	17,99	0,00	0,00
2	133,34	180,23	0,00	0,00

$\sigma_{equivalente}$	198,23	MPa
------------------------	--------	-----

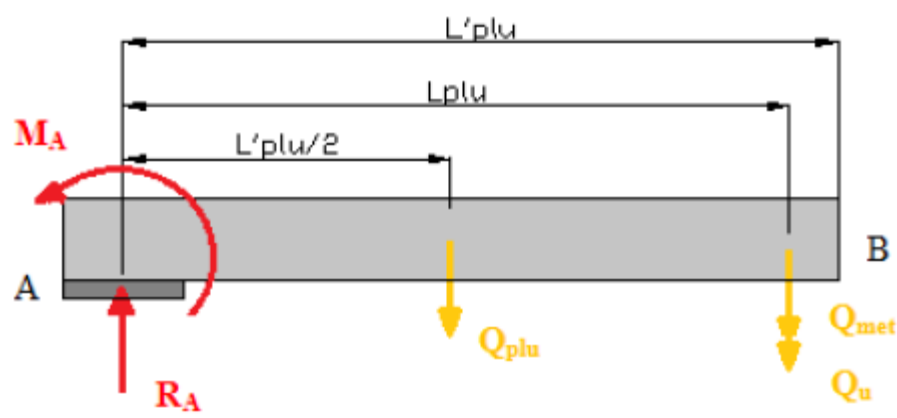
Comprobación de validez de la sección crítica

	$\sigma_{equivalente}$	
Sin viento en servicio	248,91	MPa
Con viento en servicio	226,15	MPa
Con viento sin servicio	25,85	MPa
Ensayo estático	223,34	MPa
Ensayo dinámico	198,23	MPa

La pluma está construida en acero St-42 => σ_{adm} = 260,00 MPa

$\sigma_{equivalente}$ (CASO MÁS DESFAVORABLE) = 248,91 MPa

Como $\sigma_{equivalente} < \sigma_{adm}$ El perfil elegido en la sección crítica es válido



3.23. Irudia: Kontrapisu gabeko lumaren berezko pisu eta erreakzioak

Bigarren konfigurazioa: Kontrapisudun garabia**REACCIONES SOPORTADAS EN LA UNIÓN DE LA PLUMA CON LA COLUMNA****Reacción vertical (RA)**

	kg		
Q_{plu} (peso propio de la pluma)	1037,00	10172,97	N
$Q_{plu'}$ (peso propio de la contrapluma)	671,00	6582,51	N
Q_u (carga útil + accesorios)	8250,00	80932,50	N
Q_{met} (peso del polipasto)	700,00	6867,00	N
Q_{con} (peso contrapeso)	7000,00	68670,00	N
$C_d = \Psi$ (coeficiente dinámico)		1,02	
$\Sigma F_V = 0 \Rightarrow R_A =$			
$C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + 2 \cdot Q_{plu} + 2 \cdot Q_{plu'} + Q_{con}$	19545,00	191736,45	

Momento (MA)

	d (distancia en m)		
Q_{plu} (peso propio de la pluma)	$L'_{plu}/2$	4,25	10172,97 N
$Q_{plu'}$ (peso propio de la contrapluma)	L'_{con}	2,75	6582,51 N
Q_u (carga útil + accesorios)	L_{plu}	8,00	80932,50 N
Q_{met} (peso del polipasto)	L_{plu}	8,00	6867,00 N
Q_{con} (peso contrapeso)	L_{con}	4,90	68670,00 N
$C_d = \Psi$ (coeficiente dinámico)		1,02	
$\Sigma M_A = M_C = 0 \Rightarrow M_A =$			
$[C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + 2 \cdot Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)] -$			
$[Q_{con} \cdot L_{con} + 2 \cdot Q_{plu'} \cdot L'_{con}]$		431956,76	N·m

Punto más solicitado de la sección de la sección: A

DIMENSIONES DEL PERFIL EN LA SECCIÓN CRÍTICA**Prontuario de perfiles de acero (Perfil: IPE600)**

A	15.600,00	mm ²
I_x	920.800.000,00	mm ⁴
I_y	6.385.740.000,00	mm ⁴
W_x	3.070.000,00	mm ³
W_y	11.403.107,14	mm ³
Q_{plu} por unidad de long.	1196,82	N/m
L_{plu}	14,00	m

Q_{plu}	16755,48	N
-----------	----------	---

TENSIONES POR ESFUERZOS VERTICALES EN LA PLUMA

Debido al peso propio de la pluma (Q_{plu})

L'_{plu}	2,19	m
$q = M_{plu}$	2393,64	N/m
L	14,00	m
$M_{f\max}$ (M_f máx. en A) = $q \cdot L$	73389,00	N·m
V_{\max} (Esfuerzo cortante máx. en A) = $q \cdot L$	33510,96	N

$\sigma_1 = M_{f\max}/W_x$	23,91	N/mm ²
$\tau_1 =$	0,00	N/mm ²

Debido al peso de la carga en servicio (peso útil) + accesorios (incluido el polipasto) (Q_u+Q_{met})

$q = Q_u+Q_{met}/2$ (porque la carga se reparte entre las 2 vigas)	43899,75	N
$L = L_{plu}$	8,00	N/m
$M_{f\max}$ (M_f máx. en A) = $q \cdot L$	351198,00	N·m
V_{\max} (Cortante máx. en A) = q	43899,75	N

$\sigma_2 = M_{f\max}/W_x$	114,40	N/mm ²
$\tau_2 =$	0,00	N/mm ²

TENSIONES POR ESFUERZOS HORIZONTALES EN LA PLUMA

Fuerzas debidas a la aceleración para el conjunto de la grúa

$q = F_{inconj}$	1065,92	N
$L = r_{Gconj}$	2,19	m
$M_{f\max}$ (M_f máx. en A) = $q \cdot L$	2334,36	N·m

V_{\max} (Cortante máx. en A) = q	1065,92	N
$\sigma_3 = M_{f\max}/W_y$	0,20	N/mm ²
$\tau_3 =$	0,00	N/mm ²

TENSIONES DEBIDAS A LA ACCIÓN DEL VIENTO EN LA PLUMA

Fuerzas debidas a la acción del viento en servicio en toda la pluma, carga y el contrapeso (F_{vA})

F_{vpluA} (1ª viga)	1853,85	N
F_{vpluA} (2ª viga)	278,08	N
$F_{vpluA} = F_{vpluA}$ (1ª viga)+ F_{vpluA} (2ª viga)	2131,93	N
F_{vcA}	981,00	N
$F_{vplu'A}$ (1ª viga)	1107,15	N
$F_{vplu'A}$ (2ª viga)	166,07	N
$F_{vplu'A} = F_{vplu'A}$ (1ª viga)+ $F_{vplu'A}$ (2ª viga)	1273,22	N
F_{vconA}	858,38	N
$F_{vA} = F_{vpluA}+F_{vcA}+F_{vplu'A}+F_{vconA} = q$	5244,53	N
$M_{FvpluA} = F_{vpluA} \cdot (L'_{plu}/2)$	9060,70	N·m
$M_{FvcA} = F_{vcA} \cdot L_{plu}$	7848,00	N·m
$M_{FvdchaA} = M_{FvpluA}+M_{FvcA}$	16908,70	N·m
$M_{Fvplu'A} = F_{vplu'A} \cdot L'_{con}$	3501,36	N·m
$M_{FvconA} = F_{vconA} \cdot L_{con}$	4206,06	N·m
$M_{FvizdaA} = M_{Fvplu'A}+M_{FvconA}$	7707,42	N·m
$M_{f\max}$	16908,70	N·m
$V_{\max} = q$	5244,53	N

$\sigma_4 = M_{f\max}/W_y$	1,48	N/mm ²
$\tau_4 =$	0,00	N/mm ²

Fuerzas debidas a la acción del viento fuera de servicio en toda la pluma, carga y el contrapeso (F_{vB})

F_{vpluB} (1ª viga)	5932,32	N
F_{vpluB} (2ª viga)	889,85	N
$F_{vpluB} = F_{vpluB}$ (1ª viga)+ F_{vpluB} (2ª viga)	6822,17	N
F_{vcB}	0,00	N
$F_{vplu'B}$ (1ª viga)	3542,88	N
$F_{vplu'B}$ (2ª viga)	531,43	N
$F_{vplu'B} = F_{vplu'B}$ (1ª viga)+ $F_{vplu'B}$ (2ª viga)	4074,31	N
F_{vconB}	2746,80	N
$F_{vB} = F_{vpluB}+F_{vcB}+F_{vplu'B}+F_{vconB} = q$	13643,28	N
$M_{FvpluB} = F_{vpluB} \cdot (L'_{plu}/2)$	28994,22	N·m
$M_{FvcB} = F_{vcB} \cdot L_{plu}$	0,00	N·m
$M_{FvdchaB} = M_{FvpluB}+M_{FvcB}$	28994,22	N·m
$M_{Fvplu'B} = F_{vplu'B} \cdot L'_{con}$	11204,35	N·m
$M_{FvconB} = F_{vconB} \cdot L_{con}$	13459,32	N·m
$M_{FvizdaB} = M_{Fvplu'B}+M_{FvconB}$	24663,67	N·m
M_{fmax}	28994,22	N·m
$V_{max} = q$	13643,28	N

$\sigma_s = M_{fmax}/W_y$	2,54	N/mm ²
$\tau_s =$	0,00	N/mm ²

ESTUDIO DE LAS DIFERENTES POSIBILIDADES EN LA PLUMA (COMBINACIONES)

Se aplican los coefs. FEM en cada uno

En servicio sin viento

γ_s (TABLA)	1,06	
C_d (Coeficiente dinámico)	1,02	
C_s (Coeficiente de seguridad)	1,50	Por normativa

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	23,91	38,01	0,00	0,00
2	114,40	185,53	0,00	0,00
3	0,20	0,33	0,00	0,00

$\sigma_{\text{equivalente}}$	223,86	MPa
-------------------------------	--------	-----

En servicio con viento

γ_s (TABLA)	1,06	
C_d (Coeficiente dinámico)	1,02	
C_s (Coeficiente de seguridad)	1,33	Por normativa

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	23,91	33,70	0,00	0,00
2	114,40	164,50	0,00	0,00
3	0,20	0,29	0,00	0,00
4	1,48	1,97	0,00	0,00

$\sigma_{\text{equivalente}}$	200,46	MPa
-------------------------------	--------	-----

Fuera de servicio con viento

C_s (Coeficiente de seguridad)	1,10	Por normativa
----------------------------------	------	---------------

	σ_i	σ'_i (MPa)	τ_i (MPa)	τ'_i
1	23,91	26,30	0,00	0,00
5	2,54	2,80	0,00	0,00

$\sigma_{\text{equivalente}}$	29,09	MPa
-------------------------------	-------	-----

Ensayo estático

C_s (Coeficiente de seguridad)	1,10	Por normativa
ρ_2 (Coeficiente de mayoración para ensayos estáticos)	1,40	Por normativa

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	23,91	26,30	0,00	0,00
2	114,40	176,17	0,00	0,00

$\sigma_{equivalente}$	202,47	MPa
------------------------	--------	-----

Ensayo dinámico

C_d (Coeficiente dinámico)	1,02	
C_s (Coeficiente de seguridad)	1,10	Por normativa
ρ_1 (Coeficiente de mayoración para ensayos dinámicos)	1,20	Por normativa

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	23,91	26,30	0,00	0,00
2	114,40	154,02	0,00	0,00

$\sigma_{equivalente}$	180,32	MPa
------------------------	--------	-----

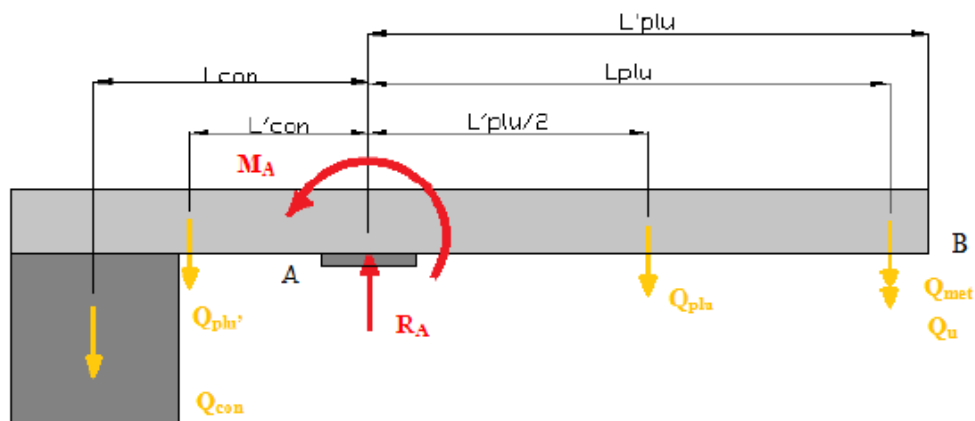
Comprobación de validez de la sección crítica

	$\sigma_{equivalente}$	
Sin viento en servicio	223,86	MPa
Con viento en servicio	200,46	MPa
Con viento sin servicio	29,09	MPa
Ensayo estático	202,47	MPa
Ensayo dinámico	180,32	MPa

La pluma está construida en acero St-42 =>	260,00	MPa
σ_{adm}		

$\sigma_{equivalente}$ (CASO MÁS DESFAVORABLE) =	223,86	MPa
--	--------	-----

Como $\sigma_{equivalente} < \sigma_{adm}$ El perfil elegido en la sección crítica es válido



3.24. Irudia: Kontrapisudun lumaren berezko pisu eta erreakzioak

3.2.7. Zutabearen dimentsionamendu eta kalkuluak

3.2.7.1. Gogoeta orokorrak

Lumaren kasuan bezala, 3 klaseko habe bat hartuko da, elastikoa izango dena, hau da, konprimatuen dagoen zuntzan limite elastikora helduko da baina ez da momentu plastikorik garatuko.

Bi haizearen hipotesi aztertu dira kritikoena zein izango den jakiteko:

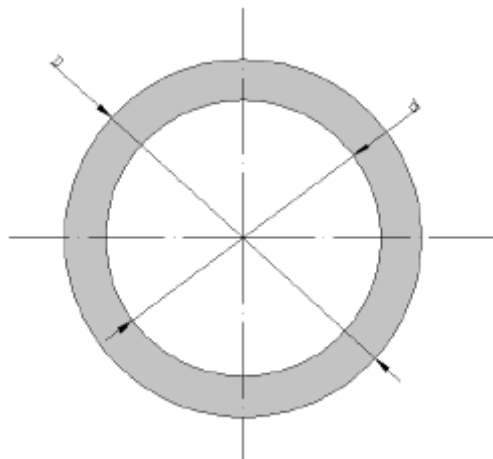
1. Hipotesia: Haizea lumarekiko paraleloa.
2. Hipotesia: Haizea lumarekiko perpendikularra.

Beharrezko kalkuluak egin ostean, konprobatu da ez dagoela kritikoagoa izango den hipotesirik, karga konbinazio kritikoena zutabearen dimentsionamendurako haizerik ez dagoenean delako, segurtasun koefiziente handiagoa duelako. Beraz berdin du zein hipotesi erabili kalkuluetarako.

Aurrerago ikusiko diren kalkuluetarako 2. Hipotesia erabiliko da.

Lehenengo konfigurazioa: Kontrapisurik gabeko garabia

Zutabearentzat, perfil tubular huts bat aukeratu da 610 mm-tako kanpo diametroa eta 20 mm-tako lodieraduna.



3.25. Irudia: Perfil tubular hutsa

Zutaberen goiko muturrean diametro handiko errodamendu bat doanez, bi pieza hauek modu perfektuan enkajatu behar dute. Horretarako zutabearen kanpo diametroak errodamenduaren barne diametroaren berdina izan behar du.

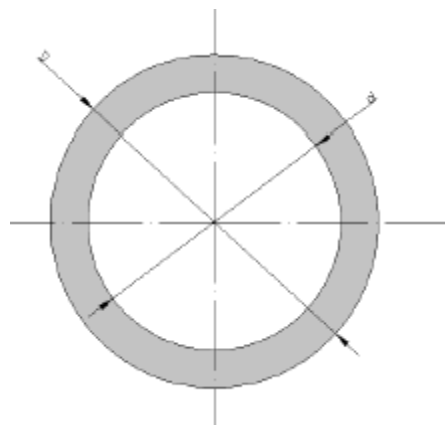
Horretarako zutabea neurritan egin behar da. Hauek izango dira neurritan egindako zutabearen ezaugarri eta neurriak:

m (kg/m)	310,34		
A (mm ²)	39.533,80		
I_{flex} (mm ⁴)	1.958.369.343,14		
I_{tor} (mm ⁴)	3.916.738.686,28		
W_{flex} (mm ³)	6.033.177,27	D (mm)	649,2
W_{tor} (mm ³)	12.066.354,55	e (mm)	20

3.12. Taula: Perfil tubularren dimentsio eta ezaugarriak

Bigarren konfigurazioa: Kontrapisudun garabia

Bigarren kasu honetarako aukeratu den zutabearentzako perfila tubular hutsa izango da ere 610 mm-tako kanpo diametroa eta 10 mm-tako lodieraduna.



3.26. Irudia: Perfil tubular hutsa

Aurreko kasuan bezala, goian kokatuta egongo den errodamenduarekin modu perfektuan enkajatu dezan, zutabearen kanpo diametroak errodamenduaren barne diametroarekin bat egin behar du.

Kasu honetan neurritan egindako zutabearen neurri eta ezaugarriak hurrengoak izango dira:

m (kg/m)	157,64		
A (mm ²)	20.081,06		
I _{flex} (mm ⁴)	1.025.832.528,40		
I _{tor} (mm ⁴)	2.051.665.056,81		
W _{flex} (mm ³)	3.160.297,38	D (mm)	649,2
W _{tor} (mm ³)	6.320.594,75	e (mm)	10

3.13. Taula: Perfil tubularren dimentsio eta ezaugarriak

3.2.7.2. Zutabearen planteamendua

- 1) Zutabearen erreakzioak. Garabiaren zutabe konpresiopean eta flexiopean egongo da egituraren pisua dela eta.

Momentu maximoa zutabearen goiko muturrean emango da eta bere gorputz osotik zabalduko da. Horrez gain bere pisu propioari lumaren karga bertikala eta biraketa mekanismoaren pisua gehituko zaio.

Nahiz eta luma eta zutabearen lotura artikulazio bat izan, balaztatze zakar baten aurrean, eta sortzen duen inertiaren eta jasaten duen haizearen aurrean, momentu tortsore batzuk sortuko dira, zutabearen dimentsionamenduan kontutan izan beharko direnak.

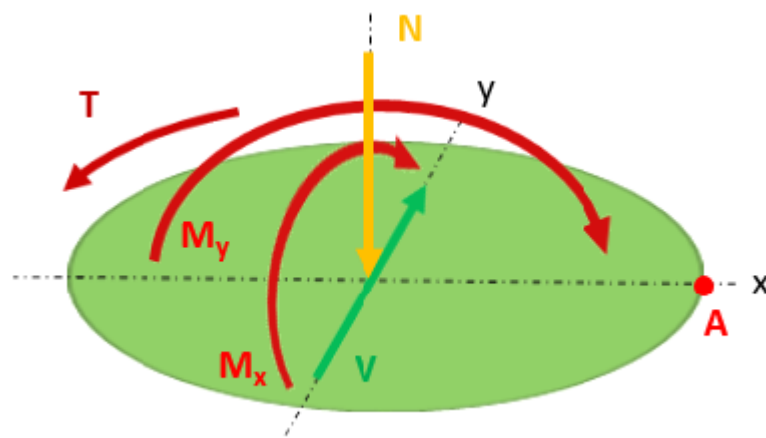
Beraz, zutabeak jasango dituen indar eta esfortzuak hurrengoak izango dira:

- Lumaren pisu propioa.
 - Lumaren puntu urrunetik zintzilikaturik dagoen kargaren pisua.
 - Haizeak sorturiko karga luma, karga eta zutabearengan.
- 2) Zutabearen perfilaren planteamendua. Zutabearen perfilaren aukeraketa errodamenduaren forma eta tamainaren menpe egongo da, aurrean azaldu bezala, zutabeak errodamenduarekin modu perfektuan enkajatu behar duelako.

C sekzioak, zutabearen oinarrian, sekzio kritikoa egongo da eta bertan punturik kaltegarriena A. Puntu honetan hurrengo esfortzuak egongo dira:

$$A \left\{ \begin{array}{l} N, M_y \\ V, T \end{array} \right.$$

Lehen azaldu den bezala, kontrapisurik gabeko garabiaren kasuan, zutabea perfil tubular huts batek osatuko du, neurrira eginda egon beharko dena, 649.2 mm-tako kanpo diametroa eta 10 mm-tako lodiera izango duena. Bi konfigurazioetarako, zutabea, luma bezala, St-42 altzairuz eginda egongo da eta bere muga elastikoa 260 MPa-koa izango da.



3.27. Irudia: Zutabearen sekzio kritikoaren esfortzuak

3.2.7.3. Zutabearen eskaeren zehaztapena

Zutabearen eskaerek sortzen dituzten tentsioak kalkulurako hurrengo esfortzuak zehaztu behar dira:

- Zutabearen, lumaren eta osagaien pisu propioa.
- Lumak zutabera transmititzen duen momentu fletorea.
- Haizeak sorturiko karga.
- Garabia zerbitzuz kanpo dagoenean haizeak sorturiko esfortzu horizontalak.
- Garabia zerbitzuan dagoenean haizeak zutabearen muturrean sorturikoak.
- Garabia zerbitzuz kanpo dagoenean haizeak zutabearen muturrean sorturikoak.

Kasu guzti hauetan momentu fletore, esfortzu ebakitzaile eta indar axial maximoak kalkulatu dira. Eskaera horizontal eta bertikalak hartuko dira kontutan.

3.2.7.4. Eskaeren konbinazioak

Lumaren kasuabezala, FEM koefizienteak aplikatu beharko zaizkie ikusiko ditugun hurrengo karga kasuei:

1) Haizerik gabe zerbitzuan

Aplikatu den formula orokorra hurrengo izango da:

$$[\gamma_s \cdot (\sigma_1 + C_d \cdot \sigma_2)] \cdot C_s \quad (3.72)$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 \cdot \gamma_s \cdot C_s$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 \cdot \gamma_s \cdot C_d \cdot C_s \quad (3.73)$$

$$[\gamma_s \cdot \tau_3] \cdot C_s \quad (3.74)$$

$$\tau'_3 = \tau_3 \cdot \gamma_s \cdot C_s \quad (3.75)$$

Kasu honetan $C_s = 1.5$ izango da eta tentsio baliokidea hurrengo:

$$\sigma_{\text{equivalente}} = \sqrt{(\sigma'_1 + \sigma'_2)^2 + 3(\tau'_3)^2} \quad (3.76)$$

2) Haizearekin zerbitzuan

Aplikatu den formula orokorra hurrengo izango da:

$$[\gamma_s \cdot (\sigma_1 + C_d \cdot \sigma_2)] \cdot C_s \quad (3.77)$$

$$\sigma'_1 = \sigma_1 \cdot \gamma_s \cdot C_s$$

$$\sigma'_2 = \sigma_2 \cdot \gamma_s \cdot C_d \cdot C_s \quad (3.78)$$

$$[\gamma_s \cdot \tau_3 + (\tau_4 + \tau_5)] \cdot C_s \quad (3.79)$$

$$\tau'_3 = \tau_3 \cdot \gamma_S \cdot C_S$$

$$\tau'_4 = \tau_4 \cdot C_S$$

$$\tau'_5 = \tau_5 \cdot C_S$$

(3.80)

Kasu honetan $C_s = 1.33$ izango da eta tentsio baliokidea hurrengoa:

$$\sigma_{\text{equivalente}} = \sqrt{(\sigma'_1 + \sigma'_2)^2 + 3(\tau'_3 + \tau'_4 + \tau'_5)^2}$$

(3.81)

3) Garabia eskaera eszeptzionalekin

Kasu honetan $C_s = 1.1$ izango da eta eskaerak hurrengoak:

- Haize ekaiztsua:

$$(\sigma'_1 + \sigma'_7) \cdot C_S$$

(3.82)

$$\sigma'_1 = \sigma_1 \cdot C_S$$

$$\sigma'_7 = \sigma_7 \cdot C_S$$

(3.83)

$$(\tau'_6 + \tau'_7) \cdot C_S$$

(3.84)

$$\tau'_6 = \tau_6 \cdot C_S$$

$$\tau'_7 = \tau_7 \cdot C_S$$

(3.85)

Tentsio baliokidea:

$$\sigma_{\text{equivalente}} = \sqrt{(\sigma'_1)^2 + 3(\tau'_6 + \tau'_7)^2}$$

(3.86)

3.2.7.5. Zutabearen kalkuluen emaitzak

Lehenengo konfigurazioa: Kontrapisurik gabeko garabia

REACCIONES SOPORTADAS EN LA UNIÓN DE LA COLUMNA CON EL SUELO				
Reacción vertical (R_C)				
		kg		
Q_{plu} (peso propio de la pluma)		2066,86	20275,90	N
Q_{col} (peso propio de la columna)		1891,50	18555,62	N
Q_u (carga útil + accesorios)		8250,00	80932,50	N
Q_{mg} (peso del mecanismo de giro)		830,00	8142,30	N
Q_{met} (peso del polipasto)		700,00	6867,00	N
$C_d = \Psi$ (coeficiente dinámico)			1,02	
$\Sigma F_V = 0 \Rightarrow R_C =$				
$C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}$		13953,16	136880,50	N
Momento (M_C)				
		d (distancia en m)		
Q_{plu} (peso propio de la pluma)	$L'_{plu}/2$	4,25	20275,90	N
Q_u (carga útil + accesorios)	L_{plu}	8,00	80932,50	N
Q_{met} (peso del polipasto)	L_{plu}	8,00	6867,00	N
$C_d = \Psi$ (coeficiente dinámico)			1,02	
$\Sigma M_C = 0 \Rightarrow M_C = M_A =$				
$C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)$			805426,06	N·m

DIMENSIONES DEL PERFIL EN LA SECCIÓN CRÍTICA

El perfil viene determinado por el rodamiento de giro

Prontuario de perfiles de acero (Perfil: Tubo circular hueco)		
A	37.100,00	mm ²
I_{flex}	1.614.900.000,00	mm ⁴
I_{tor}	3.229.790.000,00	mm ⁴
W_{flex}	5.295.000,00	mm ³
W_{tor}	10.589.000,00	mm ³
Q_{col}	2854,71	N/m
L_{col}	6,50	m
Q_{col}	18555,62	N

D	610,00	mm
e	20,00	mm

Punto crítico de la sección: A

TENSIONES POR ESFUERZOS VERTICALES EN LA COLUMNA

Debido al peso propio de la pluma, columna y mecanismo de giro

$N_{\text{máx}}$ (esfuerzo normal máximo)	46973,81	N
$M_{\text{fmáx}}$ (momento flector máximo)	86172,56	N·m

$\sigma^{N1} = N_{\text{máx}}/A$	1,27	N/mm ²
----------------------------------	------	-------------------

$\sigma^{M1} = M_{\text{fmáx}}/W_{\text{flex}}$	16,27	N/mm ³
---	-------	-------------------

$\sigma_1 = \sigma^{N1} + \sigma^{M1}$	17,54	N/mm ⁴
--	-------	-------------------

τ_1	0,00	N/mm ²
----------	------	-------------------

Debido al peso propio de la carga útil y accesorios

$N_{\text{máx}}$ (esfuerzo normal máximo)	87799,50	N
$M_{\text{fmáx}}$ (momento flector máximo)	702396,00	N·m

$\sigma^{N2} = N_{\text{máx}}/A$	2,37	N/mm ²
----------------------------------	------	-------------------

$\sigma^{M2} = M_{\text{fmáx}}/W_{\text{flex}}$	132,65	N/mm ²
---	--------	-------------------

$\sigma_2 = \sigma^{N2} + \sigma^{M2}$	135,02	N/mm ⁴
--	--------	-------------------

τ_2	0,00	N/mm ²
----------	------	-------------------

TENSIONES POR ESFUERZOS HORIZONTALES EN LA COLUMNA

Fuerzas debidas a la aceleración para el peso propio de la pluma (Q_{pla})

F_{implu}	220,77	N
$L'_{plu}/2$	4,25	m

Fuerzas debidas a la aceleración para la carga en servicio (peso útil) + accesorios (incluido el polipasto) (Q_u+Q_{met})

F_{inc}	1799,50	N
L_{plu}	8,00	m

$T = F_{implu} \cdot (L'_{plu}/2) - F_{inc} \cdot L_{plu}$	15334,27	N·m
--	----------	-----

$\sigma_3 = 0$	0,00	N/mm ²
$\tau_3 = (T_{m\acute{a}x} \cdot r_{m\acute{a}x})/I_o$	1,45	N/mm ²

TENSIONES DEBIDAS A LA ACCIÓN DEL VIENTO EN LA COLUMNA

Fuerzas debidas a la acción del viento en servicio en la parte superior de la columna (F_{vpluA} , F_{vcA})

F_{vpluA}	2209,58	N
F_{vcA}	981,00	N
$L'_{plu}/2$	4,25	m
L_{plu}	8,00	m
$T_{m\acute{a}x} = F_{vpluA} \cdot (L'_{plu}/2) + F_{vcA} \cdot L_{plu}$	17238,72	N·m

σ_4	0,00	N/mm ²
$\tau_4 = (T_{m\acute{a}x} \cdot r_{m\acute{a}x})/I_o$	1,63	N/mm ²

Fuerzas debidas a la acción del viento en servicio en toda columna (F_{vcolA})

$q = F_{vcolA}$	647,29	N
$V_{m\acute{a}x}$	647,29	N

$\sigma_5 = 0$	0,00	N/mm ²
$\tau_5 = 4V_{\max}/3A$	0,02	N/mm ²

Fuerzas debidas a la acción del viento fuera de servicio en la parte superior de la columna (F_{vpluB})

F_{vpluB}	7070,64	N
$L'_{plu}/2$	4,25	m
$T_{\max} = F_{vpluB} \cdot (L'_{plu}/2)$	30050,22	N·m

σ_6	0,00	N/mm ²
$\tau_6 = (T_{\max} \cdot r_{\max})/I_0$	2,84	N/mm ²

Fuerzas debidas a la acción del viento fuera de servicio en toda la columna (F_{vcolB})

$q = F_{vcolB}$	2071,32	N
$V_{\max} = q$	2071,32	N

$\sigma_7 = 0$	0,00	N/mm ²
$\tau_7 = 4V_{\max}/3A$	0,07	N/mm ²

ESTUDIO DE LAS DIFERENTES POSIBILIDADES EN LA COLUMNA (COMBINACIONES)

Se aplican los coefs. FEM en cada uno

En servicio sin viento

γ_s (TABLA)	1,06	
C_d (Coeficiente dinámico)	1,02	
C_s (Coeficiente de seguridad)	1,50	Por normativa

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	17,54	27,89	0,00	0,00

2	135,02	219,83	0,00	0,00
3	0,00	0,00	1,45	2,30

$\sigma_{\text{equivalente}}$ 247,75 MPa

En servicio con viento

γ_s (TABLA)	1,06	
C_d (Coeficiente dinámico)	1,02	
C_s (Coeficiente de seguridad)	1,33	Por normativa

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	17,54	24,73	0,00	0,00
2	135,02	194,92	0,00	0,00
3	0,00	0,00	1,45	2,04
4	0,00	0,00	1,63	2,17
5	0,00	0,00	0,02	0,03

$\sigma_{\text{equivalente}}$ 219,77 MPa

Fuera de servicio con viento

C_s (Coeficiente de seguridad) 1,10 Por normativa

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	17,54	19,29	0,00	0,00
6	0,00	0,00	2,84	3,12
7	0,00	0,00	0,07	0,08

$\sigma_{\text{equivalente}}$ 20,08 MPa

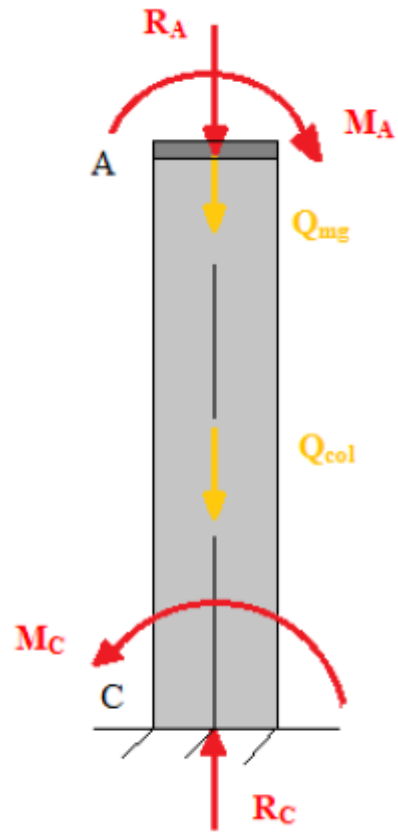
Comprobación de validez de la sección crítica

	$\sigma_{\text{equivalente}}$	MPa
Sin viento en servicio	247,75	MPa
Con viento en servicio	219,77	MPa
Con viento sin servicio	20,08	MPa

La columna está construida en acero St-42 $\Rightarrow \sigma_{\text{adm}}$ 260,00 MPa

$\sigma_{\text{equivalente}}$ (CASO MÁS DESFAVORABLE) = 247,75 MPa

Como $\sigma_{\text{equivalente}} < \sigma_{\text{adm}}$ El perfil elegido en la sección crítica es válido



3.28. Irudia: Kontrapisu gabeko zutabearen berezko pisu eta erreakzioak

Bigarren konfigurazioa: Kontrapisudun garabia**REACCIONES SOPORTADAS EN LA UNIÓN DE LA COLUMNA CON EL SUELO****Reacción vertical (R_C)**

	kg		
Q_{plu} (peso propio de la pluma)	1037,00	10172,97	N
$Q_{plu'}$ (peso propio de la contrapluma)	671,00	6582,51	N
Q_{col} (peso propio de la columna)	962,00	9437,22	N
Q_u (carga útil + accesorios)	8250,00	80932,50	N
Q_{mg} (peso del mecanismo de giro)	830,00	8142,30	N
Q_{met} (peso del polipasto)	700,00	6867,00	N
Q_{con} (peso contrapeso)	7000,00	68670,00	N
$C_d = \Psi$ (coeficiente dinámico)		1,02	
$\Sigma F_V = 0 \Rightarrow R_C =$			
$C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{con} + Q_{mg} + Q_{col} + 2 \cdot Q_{plu} + 2 \cdot Q_{plu'}$	21372,80	209667,17	N

Momento (M_C)

		d (distancia en metros)		
Q_{plu} (peso propio de la pluma)	$L'_{plu}/2$	4,25	10172,97	N
$Q_{plu'}$ (peso propio de la contrapluma)	L'_{con}	2,75	6582,51	N
Q_u (carga útil + accesorios)	L_{plu}	8,00	80932,50	N
Q_{met} (peso del polipasto)	L_{plu}	8,00	6867,00	N
Q_{con} (peso contrapeso)	L_{con}	4,90	68670,00	N
$C_d = \Psi$ (coeficiente dinámico)			1,02	
$\Sigma M_C = 0 \Rightarrow M_C = M_A =$				
$[C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + 2 \cdot Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)] - [Q_{con} \cdot L_{con} + 2 \cdot Q_{plu'} \cdot L'_{con}]$			433036,94	N·m

DIMENSIONES DEL PERFIL EN LA SECCIÓN CRÍTICA

El perfil viene determinado por el rodamiento de giro

Prontuario de perfiles de acero (Perfil: Tubo circular hueco)

A	18.800,00	mm ²
I_{flex}	848.470.000,00	mm ⁴
I_{tor}	1.696.930.000,00	mm ⁴
W_{flex}	2.782.000,00	mm ³
W_{tor}	5.564.000,00	mm ³

Q_{col}	1451,88	N/m
L_{col}	6,50	m
Q_{col}	9437,22	N
D	610,00	mm
e	10,00	mm

Punto crítico de la sección: A

TENSIONES POR ESFUERZOS VERTICALES EN LA COLUMNA

Debido al peso propio de la pluma, columna, mecanismo de giro y contrapeso

$N_{m\acute{a}x}$ (esfuerzo normal máximo)	119760,48	N
$M_{fm\acute{a}x}$ (momento flector máximo)	-286216,56	N·m

$$\sigma^{N1} = N_{m\acute{a}x}/A \quad -6,37 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma^{M1} = M_{fm\acute{a}x}/W_{flex} \quad -102,88 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_1 = \sigma^{N1} + \sigma^{M1} \quad -109,25 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\tau_1 \quad 0,00 \quad \text{N/mm}^2$$

Debido al peso propio de la carga útil y accesorios

$N_{m\acute{a}x}$ (esfuerzo normal máximo)	87799,50	N
$M_{fm\acute{a}x}$ (momento flector máximo)	702396,00	N·m

$$\sigma^{N2} = N_{m\acute{a}x}/A \quad 4,67 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma^{M2} = M_{fm\acute{a}x}/W_{flex} \quad 252,48 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\sigma_2 = \sigma^{N2} + \sigma^{M2} \quad 257,15 \quad \text{N/mm}^2$$

$$\tau_2 \quad 0,00 \quad \text{N/mm}^2$$

TENSIONES POR ESFUERZOS HORIZONTALES EN LA COLUMNA**Fuerzas debidas a la aceleración para el peso propio del conjunto ($Q_{plu}+Q_u+Q_{met}+Q_{con}$)**

F_{inconj}	1065,92	N
$L = r_{Gconj}$	2,19	m
$T = F_{inconj} \cdot L$	2334,36	N·m
$\sigma_3 = 0$	0,00	N/mm ²
$\tau_3 = (T_{m\acute{a}x} \cdot r_{m\acute{a}x})/I_{tor}$	0,42	N/mm ²

TENSIONES DEBIDAS A LA ACCIÓN DEL VIENTO EN LA COLUMNA**Fuerzas debidas a la acción del viento en servicio en la parte superior de la columna**

F_{vphuA} (1ª viga)	1853,85	N
F_{vphuA} (2ª viga)	278,08	N
$F_{vphuA} = F_{vphuA}$ (1ª viga)+ F_{vphuA} (2ª viga)	2131,93	N
F_{vcA}	981,00	N
$F_{vphu'A}$ (1ª viga)	1107,15	N
$F_{vphu'A}$ (2ª viga)	166,07	N
$F_{vphu'A} = F_{vphu'A}$ (1ª viga)+ $F_{vphu'A}$ (2ª viga)	1273,22	N
F_{vconA}	858,38	N
$F_{vA} = F_{vphuA}+F_{vcA}+F_{vphu'A}+F_{vconA} = q$	5244,53	N
$T_{FvphuA} = F_{vphuA} \cdot (L'_{phu}/2)$	9060,70	N·m
$T_{FvcA} = F_{vcA} \cdot L_{phu}$	7848,00	N·m
$T_{FvdchaA} = T_{FvphuA}+T_{FvcA}$	16908,70	N·m
$T_{Fvphu'A} = F_{vphu'A} \cdot L'_{con}$	3501,36	N·m
$T_{FvconA} = F_{vconA} \cdot L_{con}$	4206,06	N·m
$T_{FvizdaA} = T_{Fvphu'A}+T_{FvconA}$	7707,42	N·m
$T_{m\acute{a}x} = T_{FvdchaA}-T_{FvizdaA}$	9201,29	N·m
σ_4	0,00	N/mm ²
$\tau_4 = (T_{m\acute{a}x} \cdot r_{m\acute{a}x})/I_{tor}$	1,65	N/mm ²

$V_{\max} = q$	2071,32	N
$\sigma_7 = 0$	0,00	N/mm ²
$\tau_7 = 4V_{\max}/3A$	0,147	N/mm ²

ESTUDIO DE LAS DIFERENTES POSIBILIDADES EN LA COLUMNA (COMBINACIONES)

Se aplican los coefs. FEM en cada uno

En servicio sin viento

γ_s (TABLA)	1,06	
C_d (Coeficiente dinámico)	1,02	
C_s (Coeficiente de seguridad)	1,50	Por normativa

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	-109,25	-173,71	0,00	0,00
2	257,15	418,68	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,420	0,667
$\sigma_{\text{equivalente}}$	244,97		MPa	

En servicio con viento

γ_s (TABLA)	1,06	
C_d (Coeficiente dinámico)	1,02	
C_s (Coeficiente de seguridad)	1,33	Por normativa

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	-109,25	-154,02	0,00	0,00
2	257,15	371,23	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,420	0,558
4	0,00	0,00	1,654	2,200
5	0,00	0,00	0,046	0,061
$\sigma_{\text{equivalente}}$	217,24		MPa	

Fuera de servicio con viento

C_s (Coeficiente de seguridad)	1,10	Por normativa
----------------------------------	------	---------------

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	-109,25	-120,18	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,78	0,86
7	0,00	0,00	0,15	0,16

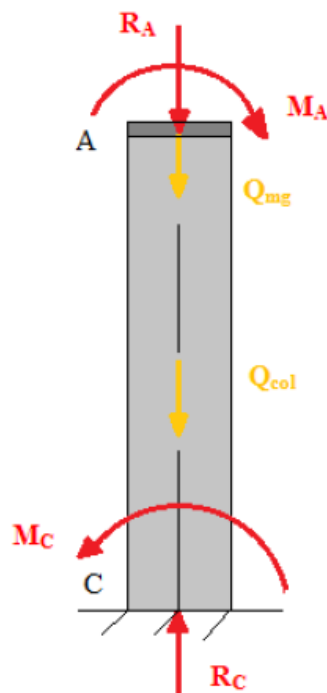
$\sigma_{equivalente}$	120,19	MPa
------------------------	--------	-----

Comprobación de validez de la sección crítica

	$\sigma_{equivalente}$	
Sin viento en servicio	244,97	MPa
Con viento en servicio	217,24	MPa
Con viento sin servicio	120,19	MPa

La pluma está construida en acero St-42 $\Rightarrow \sigma_{adm}$	260,00	MPa
---	--------	-----

$\sigma_{equivalente}$ (CASO MÁS DESFAVORABLE) =	244,97	MPa
--	--------	-----



3.29. Irudia: Kontrapisudun zutabearen berezko pisu eta erreakzioak

3.2.7.6. Zutabearen redimentsionamendu kalkuluaren emaitzak

Lehen azaldu bezala, zutabearen goiko muturra errodamenduaren barne diametroarekin modu perfektuan enkajatu behar du. Horregatik, errodamendua aukeratzeko orduan, katalogoan, 610 mm (zutabe originalaren kanpo diametroa) baino handiagoa izango den barne diametroak bilatu dira. Kasu honetan 649.2 mm-toko barne diametroa duen errodamendua aurkitu da.

Zutabearen kanpo diametro berri honekin zutabe osoa berdimentsionatu da.

Beste alde batetik, errodamenduak barne diametro jakin bat izateaz gain, jasan beharko dituen kargak jasateko kapaza izan behar da. Lehen aukeratutako 649.2 mm-toko barne diametroa izango duen errodamenduak (062.20.0744.500.01.1503 fabrikante katalogotik) ezingo ditu jasan bere gaineko esfortzuak, beraz, beste errodamendu bat aukeratu beharko da.

Katalogo berdinean, gama berdineko hurrengo errodamendua 710 mm-tako barne diametroa izango da (062.25.0855.500.11.1503). Kalkuluak berriro egin eta gero, errodamendu honek ere ez ditu jasango bere gaineko esfortzuak, beraz, beste bat aukeratu beharko da.

Kontrapisurik gabeko garabiaren kasuan, zutabearen kanpo diametroa gehien ajustatuko den errodamendua 960 mm-tako barne diametroa izango duena izango da (062.30.1120.000.11.1504). Honek ere ezingo ditu bere gaineko esfortzuak jasan.

Azkenik, eta kalkulu askoren ostean, 1428 mm-tako barne diametroa duen errodamendua aukeratu da kontrapisurik gabeko garabiaren kasurako.

Kontrapisudun garabiaren kasuan 1110 mm-tako barne diametroa duen errodamendua aukeratu da (062.25.1255.500.11.1503).

Errodamendu hauek ondo enkajatu dezaten zutabea gaindimentsionatu egin beharko da, aurredimentsionatutako zutabearen kanpo diametroa 610 izanik 1428 mm eta 1110 mm-tako barne diametroa duen errodamenduak aukeratu baitira. Honi aurre egiteko zutabearen lodiera txikituko da.

Hurrengo taulan aurrean azaldutako dimentsionamendu prozesua ikus daiteke:

ZUTABEAREN DIMENTSIONAMENDU PROZESUAREN LABURPENA				
Lehenengo konfigurazioa: Kontrapisurik gabeko garabia				
Aurredimentsio namendua	Rediments. Errodamenduar en diametroaren menpe	1.Rediments. errodamenduar en gaineko kargen menpe	2.Rediments. errodamenduar en gaineko kargen menpe	3.Rediments. errodamenduar en gaineko kargen menpe
Perfil tubular hutsa D 610 mm (t = 20 mm)	Perfil tubular hutsa D 649,2 mm (t = 20 mm)	Perfil tubular hutsa D 710 mm (t = 16 mm)	Perfil tubular hutsa D 960 mm (t = 8 mm)	<i>Perfil tubular hutsa D 1428 mm (t = 6 mm)</i>
	062.20.0744.50 0.01.1503 (Curva 4)	062.25.0855.500.1 1.1503 (Curva 1)	062.30.1120.000.1 1.1504 (Curva 32)	<u>062.30.1600.000.1</u> <u>1.1504 (Curva 35)</u>
	Dimentsion. estatikoa	Dimentsion. estatikoa	Dimentsion. estatikoa	Dimentsion. estatikoa
	Fa' = 213,43 kN Mk' = 1419,62 kN·m	Fa' = 213,43 kN Mk' = 1419,62 kN·m	Fa' = 213,43 kN Mk' = 1419,62 kN·m	Fa' = 213,43 kN Mk' = 1419,62 kN·m
	Bizitza erabilgarria	Bizitza erabilgarria	Bizitza erabilgarria	Bizitza erabilgarria
	Fa' = 168,95 kN Mk' = 1086,86 kN·m	Fa' = 168,95 kN Mk' = 1086,86 kN·m	Fa' = 168,95 kN Mk' = 1086,86 kN·m	Fa' = 168,95 kN Mk' = 1086,86 kN·m
	Torlojuak	Torlojuak	Torlojuak	Torlojuak
	Fa = 170,74 kN Mk = 1135,7 kN·m	Fa = 170,74 kN Mk = 1135,7 kN·m	Fa = 170,74 kN Mk = 1135,7 kN·m	Fa = 170,74 kN Mk = 1135,7 kN·m
Bigarren konfigurazioa: Kontrapisudun garabia				
Aurredimentsio namendua	Rediments. Errodamenduar en diametroaren menpe	1.Rediments. errodamenduar en gaineko kargen menpe	2.Rediments. errodamenduar en gaineko kargen menpe	
Perfil tubular hutsa D 610 mm (t = 10 mm)	Perfil tubular Hutsa D 649,2 mm (t = 10 mm)	Perfil tubular hutsa D 710 mm (t = 8 mm)	<i>Perfil tubular hutsa D 1110 mm (t = 6 mm)</i>	
	062.20.0744.50 0.01.1503 (Curva 4)	062.25.0855.500 .11.1503 (Curva 1)	<u>062.25.1255.500</u> <u>.11.1503</u> <u>(Curva 5)</u>	
	Dimentsion. estatikoa	Dimentsion. estatikoa	Dimentsion. estatikoa	
	Fa' = 339,49 kN Mk' = 878,63 kN·m	Fa' = 339,49 kN Mk' = 878,63 kN·m	Fa' = 339,49 kN Mk' = 878,63 kN·m	
	Bizitza erabilgarria	Bizitza erabilgarria	Bizitza erabilgarria	
	Fa' = 284,93 kN Mk' = 589,15 kN·m	Fa' = 284,93 kN Mk' = 589,15 kN·m	Fa' = 284,93 kN Mk' = 589,15 kN·m	

3.14. Taula: Redimentsionamendu prozesuaren laburpena

Errodamenduari buruzko taula agertzen diren kalkuluak aurrerago azalduko dira errodamenduari dagokion atalean.

Jarraian zutabe definitiboaren kalkuluak agertuko dira.

Lehenengo konfigurazioa: Kontrapisurik gabeko garabia

SOLICITACIONES PRINCIPALES

Carga de servicio (S_L)

	kg	N
Carga a elevar (capacidad de carga grúa) = Carga útil	8000,00	78480,00
Peso accesorios - Eslingas + Palonier	250,00	2452,50
$Q_L = \text{Carga útil} + \text{Peso accesorios}$	8250,00	80932,50

Peso propio elementos (S_G)

	kg	N
Pluma (Q_{plu})	2066,86	20275,90
Columna (Q_{col})	1367,67	13416,79
Mecanismo de elevación y traslación - Polipasto (Q_{met})	700,00	6867,00
Mecanismo de giro (Q_{mg}) - Rodamiento de giro + Accesorios (motor-reductor)	830,00	8142,30
$Q_G = Q_{plu} + Q_{col} + Q_{met} + Q_{mg}$	4964,53	48701,99

SOLICITACIONES DEBIDAS A MOVIMIENTOS VERTICALES (S_V)

Levantamiento de la carga de servicio (S_{LC})

Coef. experimental para grúas (ξ)	0,30	
Velocidad de elevación (V_L) - Polipasto	0,08	m/s
$\Psi = 1 + \xi \cdot V_L$	1,02	
$Q_{LC} = Q_L \cdot \Psi$	82874,88	N

Aceleración o deceleración de la carga

Despreciables, ya que el coeficiente dinámico (Ψ) ya tiene en cuenta la elevación de la carga

SOLICITACIONES DEBIDAS A MOVIMIENTOS HORIZONTALES (S_H)

Efecto de la fuerza centrífuga

Velocidad de giro máxima ($\omega_{m\acute{a}x}$)	0,06	rad/s
Tiempo mínimo ($t_{m\acute{i}n}$)	2,50	s
Aceleración angular (α) = ω/t	0,03	rad/s ²

Sobre la PLUMA**Fuerza de inercia (F_{inplu})**

$r_{Gplu} = L'_{plu}/2$	4,25	m
Aceleración (a_{plu}) = $\alpha \cdot r_{Gplu}$	0,11	m/s ²
Masa pluma (m_{plu})	2066,86	kg
$F_{inplu} = m_{plu} \cdot a_{plu}$	220,77	N

Sobre la CARGA**Fuerza de inercia (F_{inc})**

$r_{Gc} = L_{plu}$	8,00	m
Aceleración (a_{plu}) = $\alpha \cdot r_{Gc}$	0,20	m/s ²
Masa carga+accesorios+polipasto (m_c)	8950,00	kg
$F_{inc} = m_c \cdot a_c$	1799,50	N

Efecto de choque de topes

Solo se considera cuando choque sobre la estructura o sobre la carga suspendida

Solo solicitaciones debidas a choque de carga rígidamente guiada. No es el caso

No se considera

SOLICITACIONES DEBIDAS A EFECTOS CLIMÁTICOS**Acción del viento**

La normativa indica velocidades máximas del viento según la altura del aparato (TABLA)

Altura por encima del suelo (0-20 m)

Viento límite de servicio = 20 m/s

Viento máximo con grúa fuera de servicio
= 36 m/s

Presión aerodinámica, grúa en servicio (q_A)

Velocidad del viento (V_v)	20,00	m/s
q_A (TABLA) =	25,00	daN/m ² = kgf/m ²

Presión aerodinámica, grúa fuera de servicio (q_B)

Velocidad del viento (V_v)	36,00	m/s
q_B (TABLA) =	80,00	daN/m ² = kgf/m ²

Sobre la PLUMA

Coef. de forma para viento actuando normal a la superficie (C_f) - Perfil: Rectangular hueco

Longitud (f)	8,50	m
Altura (b)	0,60	m
Ancho (c)	0,40	m
b/c	1,50	
f/b	14,17	
C_f (TABLA interpolando doblemente) =	1,73	

Fuerza del viento en servicio (F_{vpluA})

Área (A) = f · b	5,10	m ²
Presión estática (q_A)	25,00	daN/m ²
Coeficiente de forma (C_f)	1,73	
$F_{vpluA} = q_A \cdot A \cdot C_f$	220,96	daN

Fuerza del viento fuera de servicio (F_{vpluB})

Área (A) = f · b	5,10	m ²
Presión estática (q_B)	80,00	daN/m ²
Coeficiente de forma (C_f)	1,73	
$F_{vpluB} = q_B \cdot A \cdot C_f$	707,06	daN

Sobre la COLUMNA**Coef. de forma para viento actuando normal a la superficie (C_f) - Perfil: Tubo circular hueco**

Longitud (f)	6,50	m
Diámetro (d)	1,43	m
f/d	4,55	
En servicio ($d \cdot v_v$)	28,56	m ² /s
Fuera de servicio ($d \cdot v_v$)	51,41	m ² /s

Ambos > 4,5 m/s²

C_f (TABLA interpolando) =	0,60	
------------------------------	------	--

Fuerza del viento en servicio (F_{vcolA})

Área (A) = f · d	9,28	m ²
Presión estática (q_A)	25,00	daN/m ²
Coeficiente de forma (C_f)	0,60	
$F_{vcolA} = q_A \cdot A \cdot C_f$	139,23	daN

Fuerza del viento fuera de servicio (F_{vcolB})

Área (A) = f · d	9,28	m ²
Presión estática (q _B)	80,00	daN/m ²
Coefficiente de forma (C _f)	0,60	
F_{vcB} = q_B · A · C_f	445,54	daN

Sobre la CARGA (embarcación)

Se calcula teniendo en cuenta la mayor superficie posible de exposición al viento y tomando como coeficiente aerodinámico C = 1

Para cargas inferiores a 25000 daN

1 m²/1000 daN para cargas hasta 5000 daN

0,5 m²/1000 daN para cargas desde 5000 daN a 25000 daN

Área (A)		
Área	0,50	m ²
Carga unitaria	1000,00	daN/m ²
Carga útil	7848,00	daN
A = (Área/Carga unitaria) · Carga útil	3,92	m²

Fuerza del viento en servicio (F_{vcA})		
Área (A)	3,92	m ²
Presión estática (q _A)	25,00	daN/m ²
Coefficiente aerodinámico (C)	1,00	
F_{vcA} = q_A · A · C	98,10	daN

Fuerza del viento fuera de servicio (F_{vcB})		
NO HAY CARGA	0,00	
F_{vcB} =	0,00	daN

Sobrecarga de nieve

Se considera que no se usa la grúa con carga de nieve

Variaciones de temperatura

No se consideran, solo se tiene en cuenta cuando los elementos no pueden dilatarse libremente

REACCIONES SOPORTADAS EN LA UNIÓN DE LA COLUMNA CON EL SUELO**Reacción vertical (R_C)**

	kg		
Q_{plu} (peso propio de la pluma)	2066,86	20275,90	N
Q_{col} (peso propio de la columna)	1367,67	13416,79	N
Q_u (carga útil + accesorios)	8250,00	80932,50	N
Q_{mg} (peso del mecanismo de giro)	830,00	8142,30	N
Q_{met} (peso del polipasto)	700,00	6867,00	N
$C_d = \Psi$ (coeficiente dinámico)		1,02	
$\Sigma F_V = 0 \Rightarrow R_C =$			
$C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}$	13429,33	131741,68	N

Momento (M_C)

		d (distancia en m)		
Q_{plu} (peso propio de la pluma)	$L'_{plu}/2$	4,25	20275,90	N
Q_u (carga útil + accesorios)	L_{plu}	8,00	80932,50	N
Q_{met} (peso del polipasto)	L_{plu}	8,00	6867,00	N
$C_d = \Psi$ (coeficiente dinámico)			1,02	
$\Sigma M_C = 0 \Rightarrow M_C = M_A =$				
$C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)$			805426,06	N·m

DIMENSIONES DEL PERFIL EN LA SECCIÓN CRÍTICA

El perfil viene determinado por el rodamiento de giro

Prontuario de perfiles de acero (Perfil: Tubo circular hueco)

A	26.804,07	mm ²
I_{flex}	6.775.130.379,57	mm ⁴
I_{tor}	13.550.260.759,13	mm ⁴
W_{flex}	9.488.978,12	mm ³
W_{tor}	18.977.956,25	mm ³
Q_{col}	2064,12	N/m
L_{col}	6,50	m
Q_{col}	13416,79	N
D	1428,00	mm
e	6,00	mm

Punto crítico de la sección: A

TENSIONES POR ESFUERZOS VERTICALES EN LA COLUMNA**Debido al peso propio de la pluma, columna y mecanismo de giro**

$N_{m\acute{a}x}$ (esfuerzo normal máximo)	41834,99	N
$M_{fm\acute{a}x}$ (momento flector máximo)	86172,56	N·m

$\sigma^{N1} = N_{m\acute{a}x}/A$	1,56	N/mm ²
$\sigma^{M1} = M_{fm\acute{a}x}/W_{flex}$	9,08	N/mm ³

$\sigma_1 = \sigma^{N1} + \sigma^{M1}$	10,64	N/mm ⁴
τ_1	0,00	N/mm ²

Debido al peso propio de la carga útil y accesorios

$N_{m\acute{a}x}$ (esfuerzo normal máximo)	87799,50	N
$M_{fm\acute{a}x}$ (momento flector máximo)	702396,00	N·m

$\sigma^{N2} = N_{m\acute{a}x}/A$	3,28	N/mm ²
$\sigma^{M2} = M_{fm\acute{a}x}/W_{flex}$	74,02	N/mm ²

$\sigma_2 = \sigma^{N2} + \sigma^{M2}$	77,30	N/mm ⁴
τ_2	0,00	N/mm ²

TENSIONES POR ESFUERZOS HORIZONTALES EN LA COLUMNA**Fuerzas debidas a la aceleración para el peso propio de la pluma (Q_{plu})**

F_{inplu}	220,77	N
$L'_{plu}/2$	4,25	m

Fuerzas debidas a la aceleración para la carga en servicio (peso útil) + accesorios (incluido el polipasto) (Q_u+Q_{met})

F_{inc}	1799,50	N
L_{plu}	8,00	m
$T = F_{implu} \cdot (L'_{plu}/2) - F_{inc} \cdot L_{plu}$	15334,27	N·m
$\sigma_3 = 0$	0,00	N/mm ²
$\tau_3 = (T_{m\acute{a}x} \cdot r_{m\acute{a}x})/I_o$	0,81	N/mm ²

TENSIONES DEBIDAS A LA ACCIÓN DEL VIENTO EN LA COLUMNA**Fuerzas debidas a la acción del viento en servicio en la parte superior de la columna (F_{vpluA} , F_{vcA})**

F_{vpluA}	2209,58	N
F_{vcA}	981,00	N
$L'_{plu}/2$	4,25	m
L_{plu}	8,00	m
$T_{m\acute{a}x} = F_{vpluA} \cdot (L'_{plu}/2) + F_{vcA} \cdot L_{plu}$	17238,72	N·m

σ_4	0,00	N/mm ²
$\tau_4 = (T_{m\acute{a}x} \cdot r_{m\acute{a}x})/I_o$	0,91	N/mm ²

Fuerzas debidas a la acción del viento en servicio en toda columna (F_{vcolA})

$q = F_{vcolA}$	1392,30	N
$V_{m\acute{a}x}$	1392,30	N

$\sigma_5 = 0$	0,00	N/mm ²
$\tau_5 = 4V_{m\acute{a}x}/3A$	0,07	N/mm ²

Fuerzas debidas a la acción del viento fuera de servicio en la parte superior de la columna (F_{vpluB})

F_{vpluB}	4455,36	N
$L'_{plu}/2$	4,25	m
$T_{m\acute{a}x} = F_{vpluB} \cdot (L'_{plu}/2)$	18935,28	N·m

σ_6	0,00	N/mm ²
$\tau_6 = (T_{m\acute{a}x} \cdot \Gamma_{m\acute{a}x})/I_0$	1,00	N/mm ²

Fuerzas debidas a la acción del viento fuera de servicio en toda la columna (F_{vcolB})

$q = F_{vcolB}$	3085,06	N
$V_{m\acute{a}x} = q$	3085,06	N

$\sigma_7 = 0$	0,00	N/mm ²
$\tau_7 = 4V_{m\acute{a}x}/3A$	0,15	N/mm ²

ESTUDIO DE LAS DIFERENTES POSIBILIDADES EN LA COLUMNA (COMBINACIONES)

Se aplican los coefs. FEM en cada uno

En servicio sin viento

γ_s (TABLA)	1,06	
C_d (Coeficiente dinámico)	1,02	
C_s (Coeficiente de seguridad)	1,50	Por normativa

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	10,64	16,92	0,00	0,00
2	77,30	125,85	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,81	1,28

$\sigma_{equivalente}$	142,79	MPa
------------------------	--------	-----

En servicio con viento

γ_s (TABLA)	1,06	
C_d (Coeficiente dinámico)	1,02	
C_s (Coeficiente de seguridad)	1,33	Por normativa

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	10,64	15,00	0,00	0,00
2	77,30	111,59	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,81	1,14
4	0,00	0,00	0,91	1,21
5	0,00	0,00	0,07	0,09
$\sigma_{equivalente}$	126,66		MPa	

Fuera de servicio con viento

C_s (Coeficiente de seguridad)	1,10	Por normativa
----------------------------------	------	---------------

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	10,64	11,71	0,00	0,00
6	0,00	0,00	1,00	1,10
7	0,00	0,00	0,15	0,17
$\sigma_{equivalente}$	11,91		MPa	

Comprobación de validez de la sección crítica

	$\sigma_{equivalente}$	
Sin viento en servicio	142,79	MPa
Con viento en servicio	126,66	MPa
Con viento sin servicio	11,91	MPa

La columna está construida en acero St-42 => σ_{adm}	260,00	MPa
---	--------	-----

$\sigma_{equivalente}$ (CASO MÁS DESFAVORABLE) =	142,79	MPa
--	--------	-----

Como $\sigma_{equivalente} < \sigma_{adm}$ El perfil elegido en la sección crítica es válido

Bigarren konfigurazioa: Kontrapisudun garabia**SOLICITACIONES PRINCIPALES****Carga de servicio (S_L)**

	kg	N
Carga a elevar (capacidad de carga grúa) = Carga útil	8000,00	78480,00
Peso accesorios - Eslingas + Palonier	250,00	2452,50
$Q_c = \text{Carga útil} + \text{Peso accesorios}$	8250,00	80932,50

Peso propio elementos (S_C)

	kg	N
Pluma (Q_{plu})	1037,00	10172,97
Contrapluma ($Q_{plu'}$)	671,00	6582,51
Columna (Q_{col})	1061,84	10416,65
Mecanismo de elevación y traslación - Polipasto (Q_{met})	700,00	6867,00
Mecanismo de giro (Q_{mg}) - Rodamiento de giro + Accesorios (motor-reductor)	830,00	8142,30
Contrapeso (Q_{con})	7000,00	68670,00
$Q_C = 2 \cdot Q_{plu} + 2 \cdot Q_{plu'} + Q_{col} + Q_{met} + Q_{mg} + Q_{con}$	13007,84	127606,91

SOLICITACIONES DEBIDAS A MOVIMIENTOS VERTICALES (S_V)**Levantamiento de la carga de servicio (S_L)**

Coef. experimental para grúas (ξ)	0,30	
Velocidad de elevación (V_L) - GRÁFICO	0,07	m/s
$\Psi = 1 + \xi \cdot V_L$	1,02	
$Q_{LC} = Q_C \cdot \Psi$	82551,15	N

Aceleración o deceleración de la carga

Despreciables, ya que el coeficiente dinámico (Ψ) ya tiene en cuenta la elevación de la carga

SOLICITACIONES DEBIDAS A MOVIMIENTOS HORIZONTALES (S_H)**Efecto de la fuerza centrífuga**

Velocidad de giro máxima ($\omega_{m\acute{a}x}$)	0,06	rad/s
Tiempo mínimo ($t_{m\acute{i}n}$)	2,50	s

Aceleración angular (α) = ω/t 0,03 rad/s²

Sobre el CONJUNTO DE GRÚA

Fuerza de inercia (F_{inconj})

r_{Gconj}	2,19	m
Aceleración (a_{conj}) = $\alpha \cdot r_{Gconj}$	0,06	m/s ²
Masas pluma (m_{plu})	3416,00	kg
Masa carga (m_c)	8950,00	kg
Masa contrapeso (m_{con})	7000,00	kg
$F_{inconj} = (m_{plu} + m_c + m_{con}) \cdot a_{conj}$	1065,92	N

Efecto de choque de topes

Solo se considera cuando choque sobre la estructura o sobre la carga suspendida

Solo solicitaciones debidas a choque de carga rigidamente guiada. No es el caso

No se considera

SOLICITACIONES DEBIDAS A EFECTOS CLIMÁTICOS

Acción del viento

La normativa indica velocidades máximas del viento según la altura del aparato (TABLA)

Altura por encima del suelo (0-20 m)

Viento límite de servicio = 20 m/s
Viento máximo con grúa fuera de servicio = 36 m/s

Presión aerodinámica, grúa en servicio (q_A)

Velocidad del viento (V_V)	20,00	m/s
q_A (TABLA) =	25,00	daN/m ² = kgf/m ²

Presión aerodinámica, grúa fuera de servicio (q_B)

Velocidad del viento (V_V)	36,00	m/s
q_B (TABLA) =	80,00	daN/m ² = kgf/m ²

Sobre la PLUMA

Coef. de forma para viento actuando normal a la superficie (C_f) - Perfil: IPE600

Longitud (f)	8,50	m
Altura (b)	0,60	m
f/b	14,17	

C_f (TABLA interpolando) =	1,45	
Coef. de sombra (η)		
Dist. que separa las caras enfrentadas entre el perfil de cálculo y el intermedio (b)	0,90	m
Altura (h)	0,60	m
b/h	1,50	
Sup. expuesta al viento (A)	1,00	m ²
Sup. expuesta al viento mayorada con sup. de posibles agujeros int. (A _e)	1,00	m ²
$\varphi = A/A_e$	1,00	
η (TABLA o GRÁFICA) =	0,15	
Fuerza del viento en servicio (F_{vpluA})		
Área (A) = f · b	5,10	m ²
Presión estática (q _A)	25,00	daN/m ²
Coeficiente de forma (C _f)	1,45	
Coeficiente de sombra (η)	0,15	
Sobre la 1ª VIGA		
$F_{vpluA} = q_A \cdot A \cdot C_f$	185,39	daN
Sobre la 2ª VIGA		
$F_{vpluA} = q_A \cdot A \cdot C_f \cdot \eta$	27,81	daN
Fuerza del viento fuera de servicio (F_{vpluB})		
Área (A) = f · b	5,10	m ²
Presión estática (q _B)	80,00	daN/m ²
Coeficiente de forma (C _f)	1,45	
Coeficiente de sombra (η)	0,15	
Sobre la 1ª VIGA		
$F_{vpluB} = q_B \cdot A \cdot C_f$	593,23	daN
Sobre la 2ª VIGA		
$F_{vpluB} = q_B \cdot A \cdot C_f \cdot \eta$	88,98	daN
Sobre la CONTRAPLUMA		
Coef. de forma para viento actuando normal a la superficie (C_f) - Perfil: IPE600		
Longitud (f)	5,50	m
Altura (b)	0,60	m
f/b	9,17	
C_f (TABLA interpolando) =	1,34	
Coef. de sombra (η)		

Dist. que separa las caras enfrentadas entre el perfil de cálculo y el intermedio (b)	0,90	m
Altura (h)	0,60	m
b/h	1,50	
Sup. expuesta al viento (A)	1,00	m ²
Sup. expuesta al viento mayorada con sup. de posibles agujeros int.(A _e)	1,00	m ²
$\varphi = A/A_e$	1,00	
η (TABLA o GRÁFICA) =	0,15	

Fuerza del viento en servicio (F_{vplu'A})

Área (A) = f·b	3,30	m ²
Presión estática (q _A)	25,00	daN/m ²
Coefficiente de forma (C _f)	1,34	
Coefficiente de sombra (η)	0,15	
Sobre la 1ª VIGA		
$F_{vplu'A} = q_A \cdot A \cdot C_f$	110,72	daN
Sobre la 2ª VIGA		
$F_{vplu'A} = q_A \cdot A \cdot C_f \cdot \eta$	16,61	daN

Fuerza del viento fuera de servicio (F_{vplu'B})

Área (A) = f·b	3,30	m ²
Presión estática (q _B)	80,00	daN/m ²
Coefficiente de forma (C _f)	1,34	
Coefficiente de sombra (η)	0,15	
Sobre la 1ª VIGA		
$F_{vplu'B} = q_B \cdot A \cdot C_f$	354,29	daN
Sobre la 2ª VIGA		
$F_{vplu'B} = q_B \cdot A \cdot C_f \cdot \eta$	53,14	daN

Sobre la COLUMNA**Coef. de forma para viento actuando normal a la superficie (C_f) - Perfil: Tubo circular hueco**

Longitud (f)	6,50	m
Diámetro (d)	1,11	m
f/d	5,86	
En servicio (d·v _v)	22,20	m ² /s
Fuera de servicio (d·v _v)	39,96	m ² /s

Ambos > 4,5 m/s²

C_f (TABLA interpolando) =	0,61	
Fuerza del viento en servicio (F_{vc0A})		
Área (A) = f · d	7,22	m ²
Presión estática (q_A)	25,00	daN/m ²
Coefficiente de forma (C_f)	0,61	
$F_{vc0A} = q_A \cdot A \cdot C_f$	109,85	daN
Fuerza del viento fuera de servicio (F_{vc0B})		
Área (A) = f · d	7,22	m ²
Presión estática (q_B)	80,00	daN/m ²
Coefficiente de forma (C_f)	0,61	
$F_{vc0B} = q_B \cdot A \cdot C_f$	351,51	daN

Sobre la CARGA (embarcación)

Se calcula teniendo en cuenta la mayor superficie posible de exposición al viento y tomando como coeficiente aerodinámico $C = 1$

Para cargas inferiores a 25000 daN

1 m²/1000 daN para cargas hasta 5000 daN

0,5 m²/1000 daN para cargas desde 5000 daN a 25000 daN

Área (A)		
Área	0,50	m ²
Carga unitaria	1000,00	daN/m ²
Carga útil	7848,00	daN
$A = (\text{Área/Carga unitaria}) \cdot \text{Carga útil}$	3,92	m ²
Fuerza del viento en servicio (F_{vcA})		
Área (A)	3,92	m ²
Presión estática (q_A)	25,00	daN/m ²
Coefficiente aerodinámico (C)	1,00	
$F_{vcA} = q_A \cdot A \cdot C$	98,10	daN
Fuerza del viento fuera de servicio (F_{vcB})		
NO HAY CARGA	0,00	
$F_{vcB} =$	0,00	daN

Sobre el CONTRAPESO

Se evaluará como si fuera una carga
Para cargas inferiores a 25000 daN

1 m²/1000 daN para cargas hasta 5000 daN

0,5 m²/1000 daN para cargas desde 5000 daN a 25000 daN

Área (A)		
Área	0,50	m ²
Carga unitaria	1000,00	daN/m ²
Carga contrapeso	6867,00	daN
$A = (\text{Área}/\text{Carga unitaria}) \cdot \text{Carga contrapeso}$	3,43	m ²

Fuerza del viento en servicio (F _{vconA})		
Área (A)	3,43	m ²
Presión estática (q _A)	25,00	daN/m ²
Coefficiente aerodinámico (C)	1,00	
$F_{vconA} = q_A \cdot A \cdot C$	85,84	daN

Fuerza del viento fuera de servicio (F _{vconB})		
Área (A)	3,43	m ²
Presión estática (q _B)	80,00	daN/m ²
Coefficiente aerodinámico (C)	1,00	
$F_{vconB} = q_B \cdot A \cdot C$	274,68	daN

Sobrecarga de nieve

Se considera que no se usa la grúa con carga de nieve

Variaciones de temperatura

No se consideran, solo se tiene en cuenta cuando los elementos no pueden dilatarse libremente

REACCIONES SOPORTADAS EN LA UNION DE LA COLUMNA CON EL SUELO

Reacción vertical (R_c)

	kg		
Q _{plu} (peso propio de la pluma)	1037,00	10172,97	N
Q _{plu'} (peso propio de la contrapluma)	671,00	6582,51	N
Q _{col} (peso propio de la columna)	1061,84	10416,65	N
Q _u (carga útil + accesorios)	8250,00	80932,50	N
Q _{mg} (peso del mecanismo de giro)	830,00	8142,30	N
Q _{met} (peso del polipasto)	700,00	6867,00	N
Q _{con} (peso contrapeso)	7000,00	68670,00	N
C _d = Ψ (coeficiente dinámico)		1,02	
ΣF _v = 0 => R _c =			
C _d · (Q _u +Q _{met})+Q _{con} +Q _{mg} +Q _{col} +2 · Q _{plu} +2 · Q _{plu'}	21472,64	210646,60	N

Momento (M_c)

		d (distancia en metros)		
Q _{plu} (peso propio de la pluma)	L' _{plu} /2	4,25	10172,97	N
Q _{plu'} (peso propio de la contrapluma)	L' _{con}	2,75	6582,51	N
Q _u (carga útil + accesorios)	L _{plu}	8,00	80932,50	N
Q _{met} (peso del polipasto)	L _{plu}	8,00	6867,00	N
Q _{con} (peso contrapeso)	L _{con}	4,90	68670,00	N
C _d = Ψ (coeficiente dinámico)			1,02	
ΣM _c = 0 => M _c = M _A =				
[C _d · L _{plu} (Q _u +Q _{met})+2 · Q _{plu} · (L' _{plu} /2)]- [Q _{con} · L _{con} +2 · Q _{plu'} · L' _{con}]			433036,94	N · m

DIMENSIONES DEL PERFIL EN LA SECCIÓN CRÍTICA

El perfil viene determinado por el rodamiento de giro

Prontuario de perfiles de acero (Perfil: Tubo circular hueco)

A	20.809,91	mm ²
I _{flex}	3.170.525.012,90	mm ⁴
I _{tor}	6.341.050.025,81	mm ⁴
W _{flex}	5.712.657,68	mm ³
W _{tor}	11.425.315,36	mm ³
Q _{col}	1602,56	N/m
L _{col}	6,50	m

Q_{col}	10416,65	N
D	1110,00	mm
e	6,00	mm

Punto crítico de la sección: A

TENSIONES POR ESFUERZOS VERTICALES EN LA COLUMNA

Debido al peso propio de la pluma, columna, mecanismo de giro y contrapeso

$N_{m\acute{a}x}$ (esfuerzo normal máximo)	120739,91	N
$M_{fm\acute{a}x}$ (momento flector máximo)	-286216,56	N·m

$\sigma^{N1} = N_{m\acute{a}x}/A$	-5,80	N/mm ²
$\sigma^{M1} = M_{fm\acute{a}x}/W_{flex}$	-50,10	N/mm ²
$\sigma_1 = \sigma^{N1} + \sigma^{M1}$	-55,90	N/mm ²
τ_1	0,00	N/mm ²

Debido al peso propio de la carga útil y accesorios

$N_{m\acute{a}x}$ (esfuerzo normal máximo)	87799,50	N
$M_{fm\acute{a}x}$ (momento flector máximo)	702396,00	N·m

$\sigma^{N2} = N_{m\acute{a}x}/A$	4,22	N/mm ²
$\sigma^{M2} = M_{fm\acute{a}x}/W_{flex}$	122,95	N/mm ²
$\sigma_2 = \sigma^{N2} + \sigma^{M2}$	127,17	N/mm ²
τ_2	0,00	N/mm ²

TENSIONES POR ESFUERZOS HORIZONTALES EN LA COLUMNA

Fuerzas debidas a la aceleración para el peso propio del conjunto ($Q_{plu} + Q_a + Q_{mef} + Q_{con}$)

F_{inconj}	1065,92	N
$L = r_{Gconj}$	2,19	m
$T = F_{inconj} \cdot L$	2334,36	N·m
$\sigma_3 = 0$	0,00	N/mm ²
$\tau_3 = (T_{m\acute{a}x} \cdot r_{m\acute{a}x})/I_{tor}$	0,20	N/mm ²

TENSIONES DEBIDAS A LA ACCIÓN DEL VIENTO EN LA COLUMNA

Fuerzas debidas a la acción del viento en servicio en la parte superior de la columna

F_{vpluA} (1ª viga)	1853,85	N
F_{vpluA} (2ª viga)	278,08	N
$F_{vpluA} = F_{vpluA}$ (1ª viga)+ F_{vpluA} (2ª viga)	2131,93	N
F_{vcA}	981,00	N
$F_{vplu'A}$ (1ª viga)	1107,15	N
$F_{vplu'A}$ (2ª viga)	166,07	N
$F_{vplu'A} = F_{vplu'A}$ (1ª viga)+ $F_{vplu'A}$ (2ª viga)	1273,22	N
F_{vconA}	858,38	N
$F_{vA} = F_{vpluA}+F_{vcA}+F_{vplu'A}+F_{vconA} = q$	5244,53	N
$T_{FvpluA} = F_{vpluA} \cdot (L'_{plu}/2)$	9060,70	N·m
$T_{FvcA} = F_{vcA} \cdot L_{plu}$	7848,00	N·m
$T_{FvdchaA} = T_{FvpluA}+T_{FvcA}$	16908,70	N·m
$T_{Fvplu'A} = F_{vplu'A} \cdot L'_{con}$	3501,36	N·m
$T_{FvconA} = F_{vconA} \cdot L_{con}$	4206,06	N·m
$T_{FvizdaA} = T_{Fvplu'A}+T_{FvconA}$	7707,42	N·m
$T_{m\acute{a}x} = T_{FvdchaA}-T_{FvizdaA}$	9201,29	N·m

σ_4	0,00	N/mm ²
$\tau_4 = (T_{m\acute{a}x} \cdot r_{m\acute{a}x})/I_{tor}$	0,81	N/mm ²

Fuerzas debidas a la acción del viento en servicio en toda la columna

$q = F_{vcolA}$	1098,48	N
$V_{m\acute{a}x} = q$	1098,48	N
<hr/>		
$\sigma_s =$	0,00	N/mm ²
$\tau_s = 4V_{m\acute{a}x}/3A$	0,070	N/mm ²

Fuerzas debidas a la acción del viento fuera de servicio en la parte superior de la columna

F_{vpluB} (1ª viga)	5932,32	N
F_{vpluB} (2ª viga)	889,85	N
$F_{vpluB} = F_{vpluB}$ (1ª viga)+ F_{vpluB} (2ª viga)	6822,17	N
F_{vcB}	0,00	N
F_{vpluB} (1ª viga)	3542,88	N
F_{vpluB} (2ª viga)	531,43	N
$F_{vpluB} = F_{vpluB}$ (1ª viga)+ F_{vpluB} (2ª viga)	4074,31	N
F_{vconB}	2746,80	N
$F_{vB} = F_{vpluB}+F_{vcB}+F_{vpluB}+F_{vconB} = q$	13643,28	N
$T_{FvpluB} = F_{vpluB} \cdot (L'_{plu}/2)$	28994,22	N·m
$T_{FvcB} = F_{vcB} \cdot L_{plu}$	0,00	N·m
$T_{FvdehaB} = T_{FvpluB}+T_{FvcB}$	28994,22	N·m
$T_{FvpluB} = F_{vpluB} \cdot L'_{con}$	11204,35	N·m
$T_{FvconB} = F_{vconB} \cdot L_{con}$	13459,32	N·m
$T_{FvizdaB} = T_{FvpluB}+T_{FvconB}$	24663,67	N·m
$T_{m\acute{a}x} = T_{FvdehaB}-T_{FvizdaB}$	4330,55	N·m

σ_6	0,00	N/mm ²
$\tau_6 = (T_{m\acute{a}x} \cdot \Gamma_{m\acute{a}x})/I_{tor}$	0,379	N/mm ²

Fuerzas debidas a la acción del viento fuera de servicio en toda la columna

$q = F_{vcolB}$	3515,15	N
$V_{m\acute{a}x} = q$	3515,15	N

$\sigma_7 = 0$	0,00	N/mm ²
$\tau_7 = 4V_{\max}/3A$	0,225	N/mm ²

ESTUDIO DE LAS DIFERENTES POSIBILIDADES EN LA COLUMNA (COMBINACIONES)

Se aplican los coef. FEM en cada uno

En servicio sin viento

γ_s (TABLA)	1,06	
C_d (Coeficiente dinámico)	1,02	
C_s (Coeficiente de seguridad)	1,50	Por normativa

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	-55,90	-88,89	0,00	0,00
2	127,17	207,06	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,204	0,325
$\sigma_{\text{equivalente}}$	118,17		MPa	

En servicio con viento

γ_s (TABLA)	1,06	
C_d (Coeficiente dinámico)	1,02	
C_s (Coeficiente de seguridad)	1,33	Por normativa

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	-55,90	-78,81	0,00	0,00
2	127,17	183,59	0,00	0,00
3	0,00	0,00	0,204	0,272
4	0,00	0,00	0,805	1,071
5	0,00	0,00	0,070	0,094
$\sigma_{\text{equivalente}}$	104,80		MPa	

Fuera de servicio con viento

C_s (Coeficiente de seguridad)	1,10	Por normativa
----------------------------------	------	---------------

	σ_i (MPa)	σ'_i	τ_i (MPa)	τ'_i
1	-55,90	-61,49	0,00	0,00
6	0,00	0,00	0,38	0,42
7	0,00	0,00	0,23	0,25
$\sigma_{\text{equivalente}}$	61,50		MPa	
Comprobación de validez de la sección crítica				
	$\sigma_{\text{equivalente}}$			
Sin viento en servicio	118,17		MPa	
Con viento en servicio	104,80		MPa	
Con viento sin servicio	61,50		MPa	
La pluma está construida en acero St-42 $\Rightarrow \sigma_{\text{adm}}$	260,00		MPa	
$\sigma_{\text{equivalente}}$ (CASO MÁS DESFAVORABLE) =	118,17		MPa	

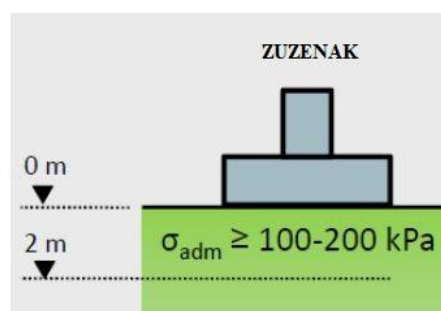
3.2.8. Zimentazio eta anklajeen dimentsionamendu eta kalkuluak

3.2.8.1. Zapataren dimentsionamendua

Zapataren betebeharra egiturak jasaten dituen esfortzuak modu egokian ezarrita dagoen terrenora transmititzea da.

Zimendatzeak trantsizio-elementuaren moduan jokatzen du lan tentsio altuko u medio ezagun, homogeneo eta artifizialean, hormigoi armatua bezala, eta tentsio baxuko medio aldakor, heterogeneo eta naturaletan, lurra bezalako.

Zimentazioa egiterako orduan aukera gainazaleko aukera edo aukera zuzena aukeratu da. Zimentazio zuzenak dira lurraren gainaleko geruzan jartzen direnak nahikoa ahalmen dutelako berauek edo garrantzi sekundarioko aikuntzakak eta arinak direlako.



3.30. Irudia: Zimentazio zuzena

Kasu honetan zapata karratua kontsideratuko da. Zapata honek karga eta erreakzioak jasateko dimentsionatuko da eta horretarako jasango dituen eskaerak zehaztu beharko dira eta hauen konbinazioak.

Erabiliko den hormigoia erresistentzia baxukoa izango da eta EHE arautegiak esaten duen moduan HA-25-ko minimoa erabili behar da non bere erresistentzia karakterisitikoa 25 MPa-ekoa den. Orokorrean B500 S/SD altzairua erabiltzen da hormigoia armadura egiteko. Non bere erresistentzia karakteristikoak 500 MPa-koa den.

Kargak maioratzeko erabiliko diren koefizienteak hurrengoak izango dira:

- $\gamma_c = 1.5$, hormigoia erresistentziaren minorazio koefizientea.
- $\gamma_s = 1.15$, altzairuaren erresistentziaren minorazio koefizientea.
- $\gamma_f = 1.5$, akzioen maiorazio koefizientea.

Koefiziente hauek kontutan izanda, hormigoia konpresiopeko tentsio onargarria horrela kalkulatu da:

$$\sigma_{admh} = f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$$

(3.87)

Tipo de acción	Situación persistente o transitoria		Situación accidental	
	Efecto favorable	Efecto desfavorable	Efecto favorable	Efecto desfavorable
Permanente	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,35$	$\gamma_G = 1,00$	$\gamma_G = 1,00$
Pretensado	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$	$\gamma_P = 1,00$
Permanente de valor no constante	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,50$	$\gamma_{G^*} = 1,00$	$\gamma_{G^*} = 1,00$
Variable	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,50$	$\gamma_Q = 0,00$	$\gamma_Q = 1,00$
Accidental	—	—	$\gamma_A = 1,00$	$\gamma_A = 1,00$

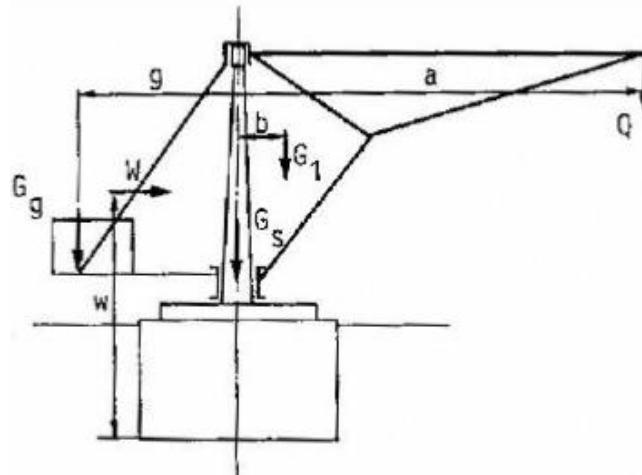
3.15. Taula: Akzioen segurtasun koefizienteak

Situación de proyecto	Hormigón γ_c	Acero pasivo y activo γ_s
Persistente o transitoria	1,5	1,15
Accidental	1,3	1,0

3.16. Taula: Segurtasun koefizienteak materialen menpe

Zapataren dimentsionamendua egiteko erabili behar diren kalkuluak Larrode eta Miraveteren Gruas liburutik aterako ditugu non zutabe finkodun garabien zimentazioak nola kalkulatu diren agertzen den.

Kalkuluak egiterako orduan, egituraren osagai desberdinek jasaten dituzten kargez gain, zapataren pisua kontutan hartuko da luraren gainean eragiten duen presioagatik. Hurrengo irudian ikusi daitezke kontutan izan behar diren karga guztiak:



3.31. Irudia: Zapataren kargak

Zapatak indar bertikal bat, garabiaren eta bere osagaien pisu propio guztien batura bezala, eta M momentu bat izango ditu.

M momentuaren balioa horrela kalkulatu da:

$$M = R \cdot x$$

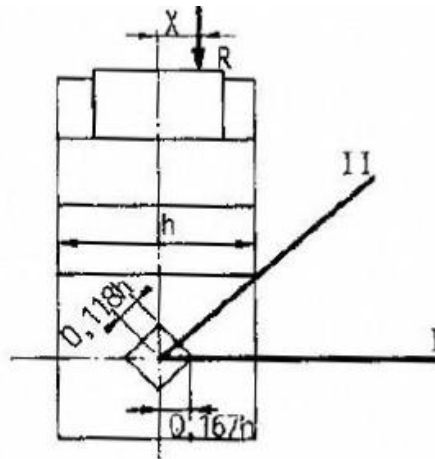
(3.88)

Beraz, eszentritatea kalkulatzeko:

$$x = M/R$$

(3.89)

Lurraren p presioa, lehen kalkulaturiko x eszentritatearen eta lumaren posizioaren menpe egongo da, beraz, terrenoak sorturiko presioak bi aldagai hauen arabera aldatuko da. Hau lumaren bi posizioetarako kalkulatu da.



3.32. Irudia: Lumaren posizio posibleak

Beraz, x eta lumaren posizioaren arabera, 4 presio aterako dira:

- a) **1. Posizioa:** Luma zapataren alde bateriko paraleloa non indarrak sekzioaren nukleoan eragiten duen. ($x < 0.167 \cdot h$)

$$p_I = \frac{R}{a^2} \cdot \left(1 + 6 \cdot \frac{x}{a} \right)$$

(3.90)

- b) **1. Posizioa:** Luma zapataren alde bateriko paraleloa non indarrak sekzioaren nukleotik kanpo eragiten duen. ($x > 0.167 \cdot h$)

$$p_{II} = \frac{R}{a^2} \cdot \frac{4}{\left(3 - 6 \cdot \frac{x}{a} \right)}$$

(3.91)

Kasu honetan kontutan izan behar da oinarriaren gainzalak konpresioko tentsioak soilik transmititzen dituela. Inoiz trakziokoak.

- c) **2. Posizioa:** Luma diagonalean, non eragindako indarrak sekzioaren nukleoan eragiten duen ($x < 0,118 \cdot h$)

$$p_{III} = \frac{R}{a^2} \cdot \left(1 + 8,5 \cdot \frac{x}{a} \right)$$

(3.92)

- d) **2. Posizioa:** Luma diagonalean non eragindako indarrak sekzioaren nukleotik kanpo eragiten duen eta konpresiokoak soilik izango dira ($x > 0,118 \cdot h$)

$$p_{IV} = \frac{R}{a^2} \cdot \frac{1}{\left(0,7 - 1,7 \cdot \frac{x}{a}\right)}$$

(3.93)

p presioa beti 0 baino handiagoa izan beharko da, horrela garabiaren oreka ziurtatuz, eta terrenoaren presio onargarria baino txikiagoa.

Hurrengo taula presio onargarrien balioak agertzen dira:

Clase de terreno	$p_{m\acute{a}x}$ en Kg/cm^2
Terraplén, terreno no apisonado artificialmente, según sus propiedades.	
Terreno de tierra suelta, firme	0 a 1
a) Arena fina y semigruesa hasta un tamaño de 1 mm.....	2
b) Arena gruesa, tamaño de grano 1 a 3 mm.....	3
c) Gravilla con 1/3 por lo menos de su volumen ocupado por grava, y con grava, hasta 70 mm de tamaño de grano.....	4
Terreno de tierra fuerte (arcilla roja y blanca y marga)	
a) blando (francamente plástico).....	0,4
b) consistente (poco plástico).....	0,8
c) semifirme.....	1,5
d) duro.....	3
Roca fuerte poco resquebrajada, en buen estado, no modificada por los agentes atmosféricos y favorablemente estratificada. Cuando el resquebrajamiento sea mayor o la estratificación desfavorable, hay que reducir los valores en más de la mitad	
a) en una sucesión apretada de capas (Gres esquistoso, piedra calcárea, mármol, marga compacta, dolomía, esquisto cristalino, arcilla esquistosa).....	
a) de menor resistencia mecánica.....	10
b) de constitución firme (más de 50 Kg/cm^2 de resistencia a la compresión).....	15
b) en formación de masa o especial (granito, sienita, diorita, pórfido, diabasa, basalto andesita, gneis).....	30

3.17. Taula: Presio onargarriak kg/cm^2 –tan DIN 1054 arauaren arabera

Lurraren presio onargarria 0 kg/cm^2 baino handiagoa izan behar da. Txikiagoa izanez gero, lurra ez dela eraikuntzarako egokia kontsideratzen da. Kasu horretan zulo bat

egin eta zementuz bete beharko da (konpresioarekiko 100-150 kg/cm² erresistentzia izango duena).

Kasu honetan taularen arabera 2 kg/cm²-ko presio onargarria izango du lurra (arena semigruesa con un árido de un tamaño inferior a 1 mm delako)

Zapataren azpitik 100 mm-tako garbiketa hormigoia (HL-150/B/20) botako zaio terrenoa akondizionatzeko asmoz.

Presio maximoaren kalkulurako, lehenik eta behin zapataren altuera estimatu behar da. Lehenengo hurbilketarako $h = 100$ cm-ko sakonera kontsideratuko da eta balio hau erabiliz zapataren zabalera lortuko da non kondizio kaltegarrienean 0 baino handiago eta 2 kg/cm²-ko presio maximoa izango duena.

Kasu honetan lortuko de zapataren zabalera handiegia geldituko litzaidake beraz 150 mm-tako h altuera hartuko da berriz.

Zapataren pisua dementsioen arabera izango da, horregatik, hasierako sakonera bat eta HA 25-eko hormigoia aukeratuta, zapataren pisua lortuko da h balio desberdinentzat eta presio erresultanteak kasu bakoitzerako.

Zapataren oinarrian haizeak sorturiko momentu flectore bat egongo da eta kasu desberdin hauetan momentu desberdinak agertuko dira.

a) Karga eta haizea

Momentu hau kalkulatzeko haizeak elementu bakoitzean sortzen dituen momentuak batuz lortzen da.

Kontrapisurik gabeko garabiaren kasuan:

$$M_{vA} = M_{vcolA} + M_{vcA} \quad (3.94)$$

Kontrapisudun garabiaren kasuan:

$$M_{vA} = M_{vcolA} + M_{vcA} + M_{vconA} \quad (3.95)$$

Non:

- M_{vcolA} = Zutabearen gaineko haizeak eragindako momentu flectorea
- M_{ve} = Kargaren gaineko haizeak eragindako momentu flectorea
- M_{vcon} = Kontrapisuaren gaineko haizeak eragindako momentu flectrea

b) Zerbitzuz kanpo haizeaz

Kasu honetan ez da kontsideratuko haizearen eragina kargaren gainean, garabia zerbitzuz kanpo dagoelako, eta horrela kargarik e duelako altxatuko.

Kontrapisurik gabeko garabiaren kasuan:

$$M_{vB} = M_{vcolB} \quad (3.96)$$

Kontrapisudun garabiaren kasuan:

$$M_{vB} = M_{vcolB} + M_{vconB} \quad (3.97)$$

Non:

- M_{vcolB} = Zutabearen gaineko haizeak eragindako momentu flektorea
- M_{vcon} = Kontrapisuaren gaineko haizeak eragindako momentu flektrea

Lehenago azaldu den bezala bai lumaren zein zutabearen kasuan, eskaeren konbinazioetan erailiko den formula orokorra hurrengo izango da.

$$[M \cdot (S_G + \Psi \cdot S_L + S_H) + S_W] \cdot C_S \quad (3.98)$$

Konbinazio kasu hauek izango dira:

1) Garabia haize gabe zerbitzuan

R eta M horrela kalkulatu dira.

Kontrapisurik gabeko garabiaren kasuan:

$$R = [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z \quad (3.99)$$

$$M = [C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)] \cdot \gamma_s \cdot C_s \quad (3.100)$$

Kontrapisudun garabiaren kasuan:

$$R = [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{con} + Q_{mg} + Q_{col} + 2 \cdot Q_{plu} + 2 \cdot Q_{plu}'] + Q_z \quad (3.101)$$

$$M = [(C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + 2 \cdot Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)) - (Q_{con} \cdot L_{con} + 2 \cdot Q_{plu}' \cdot L'_{con})] \cdot \gamma_s \cdot C_s \quad (3.102)$$

2) Garabia haizearekin

R eta M horrela kalkulatuko dira.

Kontrapisurik gabeko garabiaren kasuan:

$$R = [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z \quad (3.103)$$

$$M = [(C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)) \cdot \gamma_s + M_{vA}] \cdot C_s \quad (3.104)$$

Kontrapisudun garabiaren kasuan:

$$R = [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{con} + Q_{mg} + Q_{col} + 2 \cdot Q_{plu} + 2 \cdot Q_{plu}'] + Q_z \quad (3.105)$$

$$M = [(((C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + 2 \cdot Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)) - (Q_{con} \cdot L_{con} + 2 \cdot Q_{plu}' \cdot L'_{con})) \cdot \gamma_s + M_{vA})] \cdot C_s \quad (3.106)$$

3) Garabia zerbitzuz kanpo haize maximoarekin

R eta M horrela kalkulatuko dira.

Kontrapisurik gabeko garabiaren kasuan:

$$R = (Q_{met} + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}) + Q_z$$

(3.107)

$$M = [(Q_{met} \cdot L_{plu}) + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)] \cdot \gamma_S + M_{vB}] \cdot C_S$$

(3.108)

Kontrapisudun garabiaren kasuan:

$$R = (Q_{met} + Q_{con} + Q_{mg} + Q_{col} + 2 \cdot Q_{plu} + 2 \cdot Q_{plu}') + Q_z$$

(3.109)

$$M = [(Q_{met} \cdot L_{plu} + 2 \cdot Q_{plu}' \cdot (L'_{plu}/2)) - (Q_{con} \cdot L_{con} + 2 \cdot Q_{plu}' \cdot L'_{con})] \cdot \gamma_S + M_{vB}] \cdot C_S$$

(3.110)

Zapataren oinarrian agertuko diren eskaerak egoerarik kaltegarrienean kalkulatu dira, garabia zerbitzuan dagoenean eta haizerik gabea. Iraultze momentuaren balioak eta indar bertikalen batura, zapataren pisuaren menpe horrwla kalkulatu dira:

Kontrapisurik gabeko garabiaren kasuan:

$$\text{Esfuerzo axial, } N = R_C = [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z$$

$$\text{Momento de vuelco, } M = M_C = [C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)] \cdot \gamma_S \cdot C_S$$

$$\text{Esfuerzo cortante, } V = (F_{vcolA} + F_{vcA}) \cdot C_S$$

(3.111)

Kontrapisudun garabiaren kasuan:

$$\text{Esfuerzo axial, } N = R_C = C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{con} + Q_{mg} + Q_{col} + 2 \cdot Q_{plu} + 2 \cdot Q_{plu}'$$

$$\text{Momento de vuelco, } M = M_C = [(C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + 2 \cdot Q_{plu}' \cdot (L'_{plu}/2)) - (Q_{con} \cdot L_{con} + 2 \cdot Q_{plu}' \cdot L'_{con})] \cdot \gamma_S \cdot C_S$$

$$\text{Esfuerzo cortante, } V = (F_{vcolA} + F_{vconA} + F_{vcA}) \cdot C_S$$

(3.112)

Maioratu gabeko akzioen kasuan:

Kontrapisurik gabeko garabiaren kasuan:

$$\text{Esfuerzo axial, } N = R_C = [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z$$

$$\text{Momento de vuelco, } M = M_C = [C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)]$$

$$\text{Esfuerzo cortante, } V = F_{vcolA} + F_{vcA}$$

(3.113)

Kontrapisudun garabiaren kasuan:

$$\text{Esfuerzo axial, } N = R_C = C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{con} + Q_{mg} + Q_{col} + 2 \cdot Q_{plu} + 2 \cdot Q_{plu}'$$

$$\text{Momento de vuelco, } M = M_C = [(C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + 2 \cdot Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)) - (Q_{con} \cdot L_{con} + 2 \cdot Q_{plu}' \cdot L'_{con})]$$

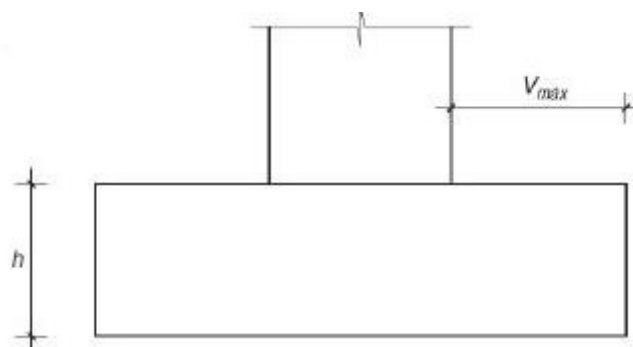
$$\text{Esfuerzo cortante, } V = F_{vcolA} + F_{vconA} + F_{vcA}$$

(3.114)

Zapaten sailkapena dimentsioen arteko erlazioaren arabera izango da eta bi motakoak izan daitezke: Zurrunak eta malguak.

Zapata zurruna: $0.5 \cdot h < v_{m\acute{a}x} \leq 2 \cdot h$

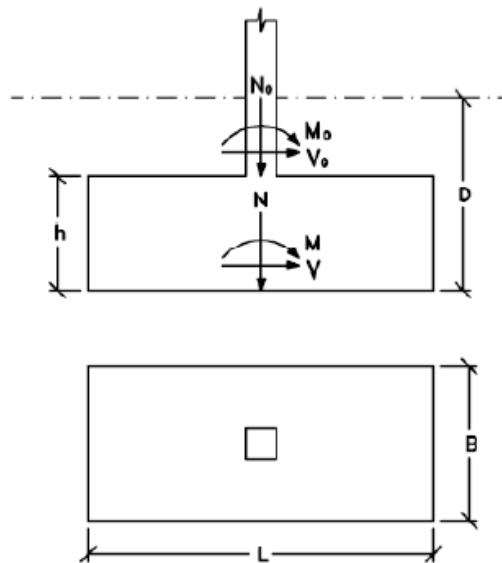
Zapata malgua: $v_{m\acute{a}x} > 2 \cdot h$



3.33. Irudia: Zapata zurrun/malgua

Kasu honetan zapata zurruna dela kontsideratuko da $0.5 \cdot h < v_{m\acute{a}x} \leq 2 \cdot h$ baldintza betetzen duelako.

Zimentazioaren oreka egiaztatzeko, hurrengo irudian agertzen den zapata hartuko dugu N_0 , V_0 eta M_0 esfortzuak agertuko dira.



3.34. Irudia: Egituraren oreka

Zapata eta luraren kontaktu azalera aztertuko da, eta kasu honetan hau izango da:

$$N = N_0 + Q_z$$

$$M = M_0 + V_0 \cdot h$$

$$V = V_0$$

(3.115)

Non N_0 , Q_0 eta M_0 maioratu gabeko zutabearen gaineko esfortzuak diren.

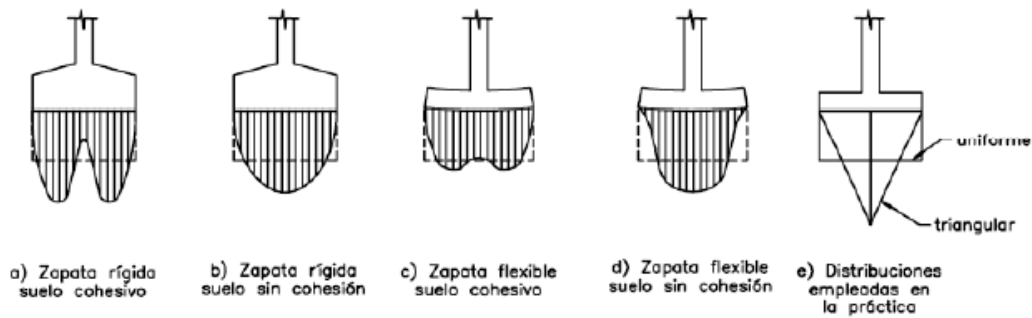
Kalkuluetan ez da kontsideratuko luraren pisua zapataren gain, balio estabilizadore bat delako.

Zapataren egituraren oreka egiaztatzeko egingo diren konprobazioak hurrengoak izango dira:

- Terrenoaren hondoratze eta apurtzearen aurreko segurtasuna.
- Irristatzearen aurreko segurtasuna.
- Iraultetaren aurreko segurtasuna.

a) Terrenoaren hondoratzeko eta apurtzearen aurreko segurtasuna

Zapata baten azpian egongo den tentsio banaketa ez da zapataren zurruntasunaren eta lurzorua naturaren arabera uniforme ezta ere berdina, hurrengo irudian ikus daitekeen moduan:



3.35. Irudia: Zapataren azpiko tentsio banaketa

Praktikan, kalkulu konplexuak ekiditeko, tentsio banaketa uniforme edo linealak hartuko dira. Hurrengo kasu hauek gerta daitezke:

$$1) e = M/N = 0$$

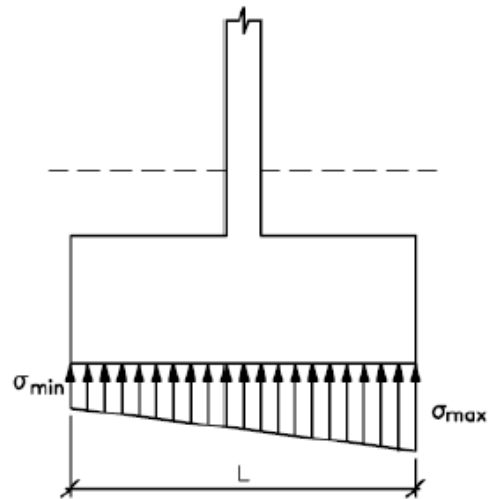
e karga axialaren eszentritatea delarik. Kasu honi dagokion tentsio banaketa uniforme izango da hurrengo balioa izango duena:

$$\sigma_c = \frac{N}{L \cdot B} \quad (3.116)$$

$$2) e = M/N \leq L/6$$

Kasu honi dagokion tentsio banaketa trapezoidala izango da hurrengo balioa izango duena:

$$\sigma_{\max} = \frac{N}{L \cdot B} \cdot \left(1 + \frac{6 \cdot e}{L}\right) \quad \text{edota} \quad \sigma_{\min} = \frac{N}{L \cdot B} \cdot \left(1 - \frac{6 \cdot e}{L}\right) \quad (3.117)$$



3.36. Irudia: Zapataren azpiko tentsio banaketa

$$3) \quad e = M/N > L/6$$

Tentsio banaketa triangeluarra izango da trakzioko eta konpresioko atalak izango dituenak. Ezin denez trakziarik egon hormigoian eta terrenoan, tentsio redistribuzio bat dagoela onartuko da esfortzuen oreka egon arte.

$$N = \frac{\sigma_{\max} \cdot \overline{AX}}{2} \cdot B$$

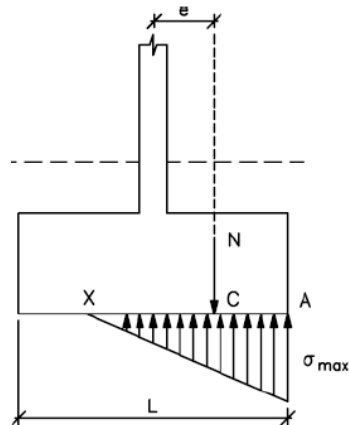
$$\overline{AC} = \frac{\overline{AX}}{3} = \frac{L}{2} - e$$

$$\overline{AX} = \frac{3 \cdot L}{2} - 3 \cdot e$$

$$\sigma_{\max} = \frac{4 \cdot N}{3 \cdot (L - 2 \cdot e) \cdot B}$$

(3.118)

Zapata karratu bat denez, $L = B = a$ izango da.



3.37. Irudia: Zapataren azpiko tentsio banaketa

Kasu guzti hauetan $\sigma_{\max} \leq 1,25 \cdot \sigma_{adm}$ bete behar da eta banaketa trapezoidaletan

$$\frac{\sigma_{\max} + \sigma_{\min}}{2} \leq \sigma_{adm}$$

b) Terrenoaren irriztatzearen aurreko segurtasuna

Azterketa geoteknikoen arabera, garabia kokatuta egongo den lurra hondar semilodia dela estimatu du. Irristapen segurtasun koefizientea horrela kalkulatu da kasu hauetan:

$$C_{sd} = \frac{N \cdot \text{tg} \phi}{V} \tag{3.119}$$

Non:

- $\phi_d = 3/4 \cdot \phi$ izango den, zapata eta lurraren arteko marruskadura angelua.
- $\phi =$ Lurraren barne marruskadura angelua, lur partikulen arteko marruskadura indarra definitzen duena, gradutan.

CARACTERISTICAS MEDIAS DE LOS SUELOS						
CLASE DE SUELO	PESO ESPECIFICO		VALORES DE CALCULO			MODULO DE COMPRESIBILIDAD
	Emergido γ t/m ³	Sumergido γ_{sum} t/m ³	Resistencia final	Resistencia inicial	Resistencia al corte sin drenaje c_u t/m ²	E_s t/m ²
			Angulo de rozamiento ϕ'	Cohe-sión c' t/m ²		
<u>Suelos no cohesivos</u>						
— Arena suelta, redondeada	1,8	1,0	30	—	—	2.000- 5.000
— Arena suelta, angulosa	1,8	1,0	32,5	—	—	4.000- 8.000
— Arena semidensa redondeada	1,9	1,1	32,5	—	—	5.000-10.000
— <u>Arena semidensa angulosa</u>	1,9	1,1	<u>35</u>	—	—	8.000-15.000
— Grava sin arena	1,6	1,0	37,5	—	—	10.000-20.000
— Grava gruesa, angulosa	1,8	1,1	40	—	—	15.000-30.000

3.18. Taula: Lurren ezaugarriak

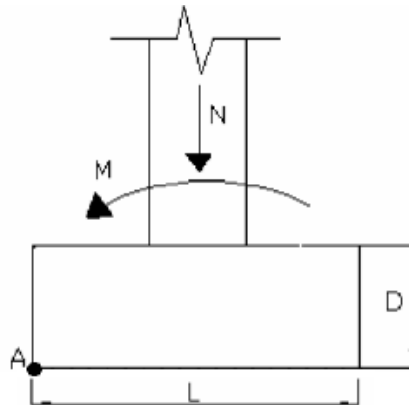
c) Terrenoaren irauketaren aurreko segurtasuna

Atal honetan egituraaren irauketara bultzatzen duten akzioak eta hauei kontra egiten dietenak izan behar dira kontutan. Oreka estatikoaren ekuazioak planteatuko dira zapataren A puntuan.

Beraz, hurrengo irudian ikusten den bezala planteatuko da oreka eta egonkortasun koefizientea horrela kalkulatu da:

$$C_{sv} = \frac{N \cdot L/2}{M} \geq 1,5$$

(3.120)



3.38. Irudia: Iraulketaren oreka

3.2.8.2. Zapataren kalkulu enerskinak

Lehenengo konfigurazioa: Kontrapisurik gabeko garabia

DIMENSIONAMIENTO DE LA ZAPATA				
h (profundidad o altura de la zapata) < 3 m (Cimentación superficial)		150,00		cm
ρ_H (densidad del hormigón armado)		2500,00		kg/m ³
Pesos propios				
		kg		
Q_{plu} (peso propio de la pluma)		2066,86	20275,90	N
Q_{col} (peso propio de la columna)		1367,67	13416,84	N
Q_u (carga útil + accesorios)		8250,00	80932,50	N
Q_{mg} (peso del mecanismo de giro)		830,00	8142,30	N
Q_{met} (peso del polipasto)		700,00	6867,00	N
Q_z (peso propio zapata)		Variable (depende de a)	Variable (depende de a)	N
En servicio sin viento				
		d (distancia en m)		
Q_{plu} (peso propio de la pluma)	$L'_{plu}/2$	4,25	20275,90	N
Q_u (carga útil + accesorios)	L_{plu}	8,00	80932,50	N
Q_{met} (peso del polipasto)	L_{plu}	8,00	6867,00	N
γ_s		1,06		
$C_d = \Psi$ (coeficiente dinámico)		1,02		
C_s		1,50		
$R = N = [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z$			Variable (depende de Q_z)	N
$M = [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) \cdot L_{plu} + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)] \cdot \gamma_s \cdot C_s$			1.280.627,44	N·m

a (cm)	$Q_z =$		x = M/R (cm)	P _I (kg/cm ²)	P _{II}	P _{III}	P _{IV}
	Volz·ρ _H (kg)	R (kg)					
450,00	75.937,50	89.689,03	145,55	1,30	1,67	1,66	2,95
455,00	77.634,38	91.385,91	142,85	1,27	1,58	1,62	2,65
460,00	79.350,00	93.101,53	140,22	1,24	1,50	1,58	2,42
465,00	81.084,38	94.835,91	137,65	1,22	1,43	1,54	2,23
470,00	82.837,50	96.589,03	135,15	1,19	1,37	1,51	2,07
475,00	84.609,38	98.360,91	132,72	1,17	1,32	1,47	1,94
480,00	86.400,00	100.151,53	130,35	1,14	1,27	1,44	1,82
485,00	88.209,38	101.960,91	128,03	1,12	1,22	1,41	1,73
490,00	90.037,50	103.789,03	125,78	1,10	1,18	1,38	1,64
495,00	91.884,38	105.635,91	123,58	1,08	1,15	1,35	1,56
$P_{min} \leq 2$			1,94				
$a_{min} =$			475,00			kg/cm ² cm	

En servicio con viento

		d (distancia en m)		
Q _{plu} (peso propio de la pluma)	L' _{plu} /2	4,25	20275,90	N
Q _u (carga útil + accesorios)	L _{plu}	8,00	80932,50	N
Q _{met} (peso del polipasto)	L _{plu}	8,00	6867,00	N

γ_s
C_d = Ψ (coeficiente dinámico)
C_s

1,06

1,02

1,33

R = N =

[C_d · (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} +
Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z

Variable (depende de Q_z)

N

F_{vcolA}

1392,30

N

L_{col}/2

3,25

m

F_{vcA}

981,00

N

L = d_{col-c}

6,00

m

M_{vA} =F_{vcolA} · (L_{col}/2) + F_{vcA} · L

10.410,98

N·m

M =

[(C_d · L_{plu} · (Q_u + Q_{met}) +

1.149.336,26

N·m

$Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2) \cdot \gamma_s + M_{vA}$
 $\cdot C_s$

a (cm)	$Q_z = Volz \cdot \rho_H$ (kg)	R (kg)	x = M/R (cm)	P_I (kg/cm ²)	P_{II}	P_{III}	P_{IV}
450,00	75.937,50	89.689,03	130,63	1,21	1,41	1,54	2,14
455,00	77.634,38	91.385,91	128,20	1,19	1,35	1,50	2,00
460,00	79.350,00	93.101,53	125,84	1,16	1,30	1,46	1,87
465,00	81.084,38	94.835,91	123,54	1,14	1,25	1,43	1,77
470,00	82.837,50	96.589,03	121,30	1,11	1,20	1,40	1,67
475,00	84.609,38	98.360,91	119,11	1,09	1,17	1,37	1,59
480,00	86.400,00	100.151,53	116,98	1,07	1,13	1,34	1,52
485,00	88.209,38	101.960,91	114,91	1,05	1,10	1,31	1,46
490,00	90.037,50	103.789,03	112,88	1,03	1,07	1,28	1,40
495,00	91.884,38	105.635,91	110,91	1,01	1,04	1,25	1,35

$P_{min} \leq 2$			2,00				kg/cm ²
$a_{min} =$			455,00				cm

Fuera de servicio

		d (distancia en m)		
Q_{plu} (peso propio de la pluma)	$L_{plu}/2$	4,25	20275,90	N
Q_u (carga útil + accesorios)	L_{plu}	8,00	80932,50	N
Q_{met} (peso del polipasto)	L_{plu}	8,00	6867,00	N

γ_s	1,06
$C_d = \Psi$ (coeficiente dinámico)	1,02
C_s	1,10

$R = N = (Q_{met} + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}) + Q_z$

	Variable (depende de Q_z)	N
F_{vcolB}	4455,36	N
$L_{col}/2$	3,25	m
$M_{vB} = F_{vcolB} \cdot (L_{col}/2)$	14.479,92	N·m

$$M = \frac{[(Q_{met} \cdot L_{plu} + Q_{plu} \cdot (L'_{plu} / 2)) \cdot \gamma_s + M_{vB}] \cdot C_s}{N \cdot m} = 180.460,49$$

a (cm)	$Q_z = Volz \cdot \rho_H$ (kg)	R (kg)	x = M/R (cm)	P_I (kg/cm ²)	P_{II}	P_{III}	P_{IV}
450,00	75.937,50	89.689,03	20,51	0,56	0,65	0,61	0,71
455,00	77.634,38	91.385,91	20,13	0,56	0,65	0,61	0,71
460,00	79.350,00	93.101,53	19,76	0,55	0,64	0,60	0,70
465,00	81.084,38	94.835,91	19,40	0,55	0,64	0,59	0,70
470,00	82.837,50	96.589,03	19,05	0,54	0,63	0,59	0,69
475,00	84.609,38	98.360,91	18,70	0,54	0,63	0,58	0,69
480,00	86.400,00	100.151,53	18,37	0,53	0,63	0,58	0,68
485,00	88.209,38	101.960,91	18,04	0,53	0,62	0,57	0,68
490,00	90.037,50	103.789,03	17,72	0,53	0,62	0,57	0,68
495,00	91.884,38	105.635,91	17,41	0,52	0,62	0,56	0,67

$P_{min} \leq 2$	Todas	kg/cm ²
$a_{min} =$	Cualquiera	cm

Dimensiones de la zapata		
a (lado de la zapata) =	475,00	cm
h (profundidad o altura de la zapata) =	150,00	cm

COMPROBACIONES EN EL DISEÑO DE LA ZAPATA

Instrucción EHE sobre zapatas rígidas

Comprobación del vuelo máximo

a	475,00	cm
h	150,00	cm
D (diámetro columna)	142,80	cm
$v_{\max} = (a-D)/2$	166,10	cm
0,5 · h	75,00	cm
2 · h	300,00	cm

Como $0,5 \cdot h < v_{\max} < 2 \cdot h \Rightarrow$ Zapata rígida

Acciones

Se calcula para la situación más desfavorable \Rightarrow En servicio sin viento

$$Q_z = Vol_z \cdot \rho_H \quad 830.017,97 \quad N$$

MAYORADAS

$$N = [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z \quad 961.759,70 \quad N$$

$$M = [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) \cdot L_{plu} + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)] \cdot \gamma_s \cdot C_s \quad 1.280.627,44 \quad N \cdot m$$

SIN MAYORAR

$$N = [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z \quad 961.759,70 \quad N$$

$$M = C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) \cdot L_{plu} + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2) \quad 805.426,06 \quad N \cdot m$$

Comprobación de la estabilidad estructural

Seguridad frente al hundimiento (Acciones mayoradas)

$$e = M/N \quad 1,33 \quad m$$

$$a/6 \quad 0,79 \quad m$$

Como $e > a/6 \Rightarrow$ Distribución TRIANGULAR de tensiones

$$AX = (3 \cdot a)/2 - 3 \cdot e \quad 3,13 \quad m$$

$$\sigma = (4N)/(3 \cdot ((a-2 \cdot e) \cdot a)) \quad 129,36 \quad KN/m^2$$

$$\sigma_{adm} \quad 300,00 \quad KN/m^2$$

$$1,25 \cdot \sigma_{adm} \quad 375,00 \quad \text{KN/m}^2$$

$$\sigma \leq 1,25 \cdot \sigma_{adm} \checkmark$$

Seguridad frente al deslizamiento (Acciones mayoradas)

ϕ (TABLA)	35,00	
$\phi_d = (2/3) \cdot \phi$	23,33	
$\text{tg}\phi_d$	0,43	
$V = (F_{\text{volA}} + F_{\text{vcA}}) \cdot C_s$	3156,49	N

$$C_{sd} = (N \cdot \text{tg}\phi_d) / V \quad 131,43$$

$$C_{sd} \geq 1,5 \checkmark$$

Seguridad al vuelco (Acciones sin mayorar, estabilizadoras)

$$C_{sv} = [N \cdot (a/2)] / M \quad 2,84$$

$$C_{sv} \geq 1,5 \checkmark$$

Por lo tanto,

Dimensiones finales de la zapata		
a (lado de la zapata) =	475,00	cm
h (profundidad o altura de la zapata) =	150,00	cm

Bigarren konfigurazioa: Kontrapisudun garabia

DIMENSIONAMIENTO DE LA ZAPATA				
h (profundidad o altura de la zapata) < 3 m (Cimentación superficial)		150,00		cm
ρ_H (densidad del hormigón armado)		2500,00		kg/m ³
Pesos propios				
		kg		
Q_{plu} (peso propio de la pluma)		1037,00	10172,97	N
$Q_{plu'}$ (peso propio de la contrapluma)		671,00	6582,51	N
Q_{col} (peso propio de la columna)		1061,84	10416,65	N
Q_u (carga útil + accesorios)		8250,00	80932,50	N
Q_{mg} (peso del mecanismo de giro)		830,00	8142,30	N
Q_{met} (peso del polipasto)		700,00	6867,00	N
Q_{con} (peso del contrapeso)		7000,00	68670,00	N
Q_z (peso propio zapata)		Variable (depende de a)	Variable (depende de a)	N
En servicio sin viento				
		d (distancia en m)		
Q_{plu} (peso propio de la pluma)	$L'_{plu}/2$	4,25	10172,97	N
$Q_{plu'}$ (peso propio de la contrapluma)	L'_{con}	2,75	6582,51	N
Q_u (carga útil + accesorios)	L_{plu}	8,00	80932,50	N
Q_{met} (peso del polipasto)	L_{plu}	8,00	6867,00	N
Q_{con} (peso propio del contrapeso)	L_{con}	4,90	68670,00	N
γ_s		1,06		
$C_d = \Psi$ (coeficiente dinámico)		1,02		
C_s		1,50		
$R = N =$ $[C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{con} + Q_{mg} + Q_{col} + 2 \cdot Q_{plu} + 2 \cdot Q_{plu'}] + Q_z$			Variable (depende de Q_z)	N
$M = [(C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + 2 \cdot Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)) - (Q_{con} \cdot L_{con} + 2 \cdot Q_{plu'} \cdot L'_{con})] \cdot \gamma_s \cdot C_s$			688.528,74	N·m

a (cm)	$Q_z =$		x = M/R (cm)	P_t (kg/cm ²)	P_{II}	P_{III}	P_{IV}	
	$Volz \cdot \rho_H$ (kg)	R (kg)						
360,00	48.600,00	60.693,64	115,64	1,37	1,75	1,75	3,04	
365,00	49.959,38	62.053,02	113,11	1,33	1,63	1,69	2,69	
370,00	51.337,50	63.431,14	110,65	1,29	1,54	1,64	2,42	
375,00	52.734,38	64.828,02	108,27	1,26	1,45	1,59	2,20	
380,00	54.150,00	66.243,64	105,95	1,23	1,38	1,55	2,03	
385,00	55.584,38	67.678,02	103,71	1,19	1,32	1,50	1,89	
390,00	57.037,50	69.131,14	101,53	1,16	1,26	1,46	1,77	
395,00	58.509,38	70.603,02	99,41	1,14	1,21	1,42	1,66	
400,00	60.000,00	72.093,64	97,35	1,11	1,17	1,38	1,57	
405,00	61.509,38	73.603,02	95,36	1,08	1,13	1,35	1,50	
$P_{min} \leq 2$			1,89					kg/cm ²
$a_{min} =$			385,00					cm

En servicio con viento

		d (distancia en m)		
Q_{plu} (peso propio de la pluma)	$L'_{plu}/2$	4,25	10172,97	N
$Q_{plu'}$ (peso propio de la contrapluma)	L'_{con}	2,75	6582,51	N
Q_u (carga útil + accesorios)	L_{plu}	8,00	80932,50	N
Q_{met} (peso del polipasto)	L_{plu}	8,00	6867,00	N
Q_{con} (peso propio del contrapeso)	L_{con}	4,90	68670,00	N
γ_s			1,06	
$C_d = \Psi$ (coeficiente dinámico)			1,02	
C_s			1,33	

$R = N =$ [$C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{con} + Q_{mg} + Q_{col} + 2 \cdot Q_{plu} + 2 \cdot Q_{plu'}$]]+ Q_z	Variable (depende de Q_z)	N
F_{vcolA}	1098,48	N
$L_{col}/2$	3,25	m
F_{vconA}	858,38	N

$L_1 = d_{col-con}$	6,35	m
F_{vcA}	981,00	N
$L_2 = d_{col-c}$	6,00	m
$M_{vA} =$ $F_{vcolA} \cdot (L_{col}/2) + F_{vconA} \cdot L_1$ $+ F_{vcA} \cdot L_2$	14.906,77	N·m
$M =$ $[((C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + 2$ $\cdot Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2) -$ $(Q_{con} \cdot L_{con} + 2 \cdot Q_{plu} \cdot L'_{con}$ $)) \cdot \gamma_s + M_{vA}] \cdot C_s$	630.321,49	N·m

a (cm)	$Q_z =$		x = M/R (cm)	P_I (kg/cm ²)	P_{II}	P_{III}	P_{IV}
	Volz·ρ _H (kg)	R (kg)					
360,00	48.600,00	60.693,64	105,86	1,29	1,52	1,64	2,34
365,00	49.959,38	62.053,02	103,55	1,26	1,44	1,59	2,14
370,00	51.337,50	63.431,14	101,30	1,22	1,37	1,54	1,98
375,00	52.734,38	64.828,02	99,11	1,19	1,30	1,50	1,84
380,00	54.150,00	66.243,64	96,99	1,16	1,25	1,45	1,72
385,00	55.584,38	67.678,02	94,94	1,13	1,20	1,41	1,63
390,00	57.037,50	69.131,14	92,94	1,10	1,16	1,38	1,54
395,00	58.509,38	70.603,02	91,01	1,08	1,12	1,34	1,47
400,00	60.000,00	72.093,64	89,12	1,05	1,08	1,30	1,40
405,00	61.509,38	73.603,02	87,30	1,03	1,05	1,27	1,35
$P_{min} \leq 2$			1,98				kg/cm²
$a_{min} =$			370,00				cm

Fuera de servicio

		d (distancia en m)		
Q_{plu} (peso propio de la pluma)	$L_{plu}/2$	4,25	10172,97	N
$Q_{plu'}$ (peso propio de la contrapluma)	L'_{con}	2,75	6582,51	N
Q_{met} (peso del polipasto)	L_{plu}	8,00	6867,00	N
Q_{con} (peso propio del contrapeso)	L_{con}	4,90	68670,00	N
γ_s		1,06		
$C_d = \Psi$ (coeficiente dinámico)		1,02		

C_s	1,10
-------	------

$R = N =$ $[Q_{met} + Q_{con} + Q_{mg} + Q_{col} + 2 \cdot Q_{plu} + 2 \cdot Q_{plu}'] + Q_z$	Variable (depende de Qz)	N
F_{vcolB}	3515,15	N
$L_{col}/2$	3,25	m
F_{vconB}	2746,80	N
$L = d_{col-con}$	6,35	m
$M_{vB} =$ $F_{vcolB} \cdot (L_{col}/2) + F_{vconB} \cdot L$	28.866,42	N·m
$M =$ $[((Q_{met} \cdot L_{plu} + 2 \cdot Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)) - (Q_{con} \cdot L_{con} + 2 \cdot Q_{plu} \cdot L'_{con})) \cdot \gamma_s + M_{vB}] \cdot C_s$	237.920,07	N·m

a (cm)	Qz =		x = M/R (cm)	P _I (kg/cm ²)	P _{II}	P _{III}	P _{IV}
	Volz·ρ _H (kg)	R (kg)					
360,00	48.600,00	60.693,64	39,96	0,78	0,80	0,91	0,92
365,00	49.959,38	62.053,02	39,08	0,77	0,79	0,89	0,90
370,00	51.337,50	63.431,14	38,23	0,75	0,78	0,87	0,88
375,00	52.734,38	64.828,02	37,41	0,74	0,77	0,85	0,87
380,00	54.150,00	66.243,64	36,61	0,72	0,76	0,83	0,86
385,00	55.584,38	67.678,02	35,84	0,71	0,75	0,82	0,84
390,00	57.037,50	69.131,14	35,08	0,70	0,74	0,80	0,83
395,00	58.509,38	70.603,02	34,35	0,69	0,73	0,79	0,82
400,00	60.000,00	72.093,64	33,64	0,68	0,72	0,77	0,81
405,00	61.509,38	73.603,02	32,95	0,67	0,71	0,76	0,80
$P_{min} \leq 2$	Todas						kg/cm ²
$a_{min} =$	Cualquiera						cm

Dimensiones de la zapata		
a (lado de la zapata) =	385,00	cm
h (profundidad o altura de la zapata) =	150,00	cm

COMPROBACIONES EN EL DISEÑO DE LA ZAPATA		
Instrucción EHE sobre zapatas rígidas		
Comprobación del vuelo máximo		
a	385,00	cm
h	150,00	cm
D (diámetro columna)	111,00	cm
$v_{\max} = (a-D)/2$	137,00	cm
0,5·h	75,00	cm
2·h	300,00	cm
Como $0,5 \cdot h < v_{\max} < 2 \cdot h \Rightarrow$ Zapata rígida		
Acciones		
Se calcula para la situación más desfavorable \Rightarrow En servicio sin viento		
$Q_z = Vol_z \cdot \rho_H$	545.282,72	N
MAYORADAS		
$N = [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{con} + Q_{mg} + Q_{col} + 2 \cdot Q_{plu} + 2 \cdot Q_{plu'}] + Q_z$	755.929,32	N
$M = [(C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + 2 \cdot Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)) - (Q_{con} \cdot L_{con} + 2 \cdot Q_{plu} \cdot L'_{con})] \cdot \gamma_s \cdot C_s$	688.528,74	N·m
SIN MAYORAR		
$N = [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{con} + Q_{mg} + Q_{col} + 2 \cdot Q_{plu} + 2 \cdot Q_{plu'}] + Q_z$	755.929,32	N
$M = (C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + 2 \cdot Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)) - (Q_{con} \cdot L_{con} + 2 \cdot Q_{plu} \cdot L'_{con})$	433.036,94	N·m
Comprobación de la estabilidad estructural		
Seguridad frente al hundimiento (Acciones mayoradas)		
$e = M/N$	0,91	m
a/6	0,64	m
Como $e > a/6 \Rightarrow$ Distribución TRIANGULAR de tensiones		
$AX = (3 \cdot a)/2 - 3 \cdot e$	3,04	m
$\sigma = (4N)/(3 \cdot ((a-2 \cdot e) \cdot a))$	129,07	KN/m ²
σ_{adm}	300,00	KN/m ²

$$1,25 \cdot \sigma_{adm} \quad 375,00 \quad \text{KN/m}^2$$

$$\sigma \leq 1,25 \cdot \sigma_{adm} \quad \checkmark$$

Seguridad frente al deslizamiento (Acciones mayoradas)

ϕ (TABLA)	35,00	
$\phi_d = (2/3) \cdot \phi$	23,33	
$\text{tg}\phi_d$	0,43	
$V = (F_{vcolA} + F_{vcomA} + F_{vcA}) \cdot C_S$	3907,35	N

$$C_{sd} = (N \cdot \text{tg}\phi_d) / V \quad 83,45$$

$$C_{sd} \geq 1,5 \quad \checkmark$$

Seguridad al vuelco (Acciones sin mayorar, estabilizadoras)

$$C_{sv} = [N \cdot (a/2)] / M \quad 3,36$$

$$C_{sv} \geq 1,5$$

Por lo tanto,

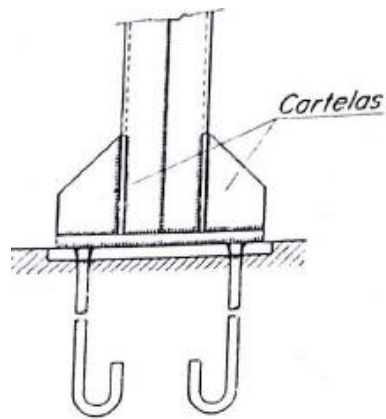
Dimensiones finales de la zapata		
a (lado de la zapata) =	385,00	cm
h (profundidad o altura de la zapata) =	150,00	cm

3.2.8.3. Garabiaren zutabearen ainguraketa

Garabiaren zutabeak terrenoari pasako dizkion karga eta esfortzuak zimentazioaren hormigoizko blokearen bidez izango da. Lan tentsio bezala 50 kg/cm^2 -ko balio ingurukoa izango da, altzairuaren 1400 kg/cm^2 -koa baino askoz ere txikiagoa, beraz plaka bidezko ainguraketa bat egin beharko da, zurruntasun nahikoa izan beharko duena kargen banaketa egiteko eta balio onargarria pasatu ez dezan.

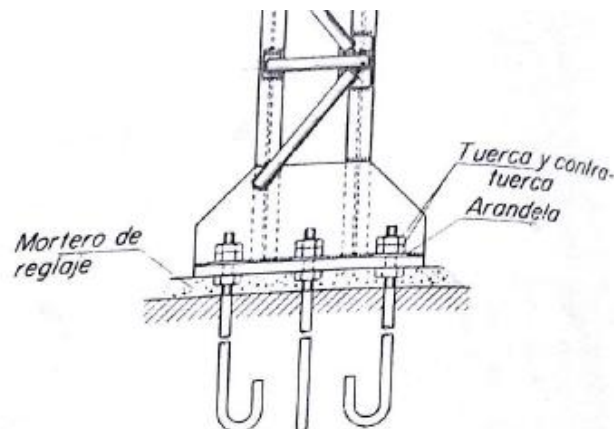
Zutabea eta zapata lotzeko hainbat metodo erabili daitezke:

- Zapatan hormigoira ainguratutako plaka bat jartzea bertan soldatutako altzairu arrunteko biribilkiez. Plaka honetara zuzenean angelu-kordoiekin soldatuko zaizkio zutabearen oinarriaren plaka.



3.39. Irudia: Hormigoiari ainguratutako plaka biribilki bidez

- b) Zapatarekiko lotura perno bidez egingo da, orokorrean biribilki terrajatu izango dena eta torlojuak hormigoian enbedituta egongo direnak. Zutabea labaingatu eta berdindu ondoren, plakaren azpian dauden azkoinak ondo mugituz gero, 5 eta 10 cm-ko zementu-mortero bat bota, harea finez egina, 50 mm-ko diametroa duten zuloak eginez konpaktaziorako. Zutabea zapatari finkatuko da ainguraketan azkoinak estutuz.



3.40. Irudia: Hormigoiari ainguratutako plaka perno bidez

Behin egituraren muntaia egin denean, ainguraketak ibilgetuko da rosken pikatu, soldadura puntu edo beste sistema egokiren bidez.

Bi metodoetatik gomendagarriena bigarrena izango da, lehenengo kasua txapa ondo nibelatzea oso zaila delako eta batzuetan kuña eta kalzak erabili behar dira. Horregatik bigarrenengo metodoa erabiliz pernoek ondo lotu eta nibelatuko dute txapa.

Jasan beharko dituen kargak oso altuak badira, edo zapataren presio onargarria oso txikia, kartelak ez dira nahikoak izango oinarriaren plaka zurruntzeko beste errefortzuren bat beharko da.

Kalkulu hau egiteko R.Argüelles-en *La estructura metalica hoy, tomo I* liburuan oinarrituko da.

Ainguraketa plaka

Zapataren hormigoi eta altzairuaren kalkuluak egiteko jasango dituzten zerbitzu eskaerak maioratuko dira eta erresistentziak minoratu. Plaka karratua del a suposatuz.

Ainguraketa pernoentzat B500 S altzairua erabiliko da eta bere erresistentzia karakteristikoa MPa-koa izango da.

$$\sigma_{adma} = f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s \quad (3.121)$$

Ainguraketa plaka dimentsionatzeko zapataren eskaerak izango dira kontutan eta kalkulurako erabiliko diren karga hipotesi kaltegarriena erabiliko da.

Aurretik ikusi den bezala, zapataren eskaera egoerarik kaltegarrienean, garabia haizerik gabe, hauek izango dira.

Kontrapisurik gabeko garabiaren kasuan:

$$\begin{aligned} \text{Esfuerzo axial, } N = R_c &= [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z \\ \text{Momento de vuelco, } M = M_c &= [C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)] \cdot \gamma_s \cdot C_s \end{aligned} \quad (3.122)$$

Kontrapisudun garabiaren kasuan:

$$\begin{aligned} \text{Esfuerzo axial, } N = R_c &= C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{con} + Q_{mg} + Q_{col} + 2 \cdot Q_{plu} + 2 \cdot Q_{plu}' \\ \text{Momento de vuelco, } M = M_c &= [(C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + 2 \cdot Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)) - \\ & (Q_{con} \cdot L_{con} + 2 \cdot Q_{plu}' \cdot L'_{con})] \cdot \gamma_s \cdot C_s \end{aligned} \quad (3.123)$$

Plakaren dimentsiok kalkulatzeko zutabeak transmititutako eskaeren eta zapataren hormigoiaren tentsio onargarriaren menpe egongo da.

Zutabearen oinarrian M momentu bat eta N indar axial bat agertuko dira. Oinarri plakaren dimentsioak betiere ezingo ditu presio onargarrik gainditu.

Kargaren eszentritateanukleo zentralaren barruan baldin badago, ez ditu trakziopeko kargak izango eta ainguraketek soberan izango ditu. Hala ere beti jarri beharko dira badaezpada.

Plakaren aldeak aurre-dimentsionatzeko, 100 edo 200 mm-tako hegala hartuko da. Kasu honetan:

$$a = b = a' + 2 \cdot b' \quad (3.124)$$

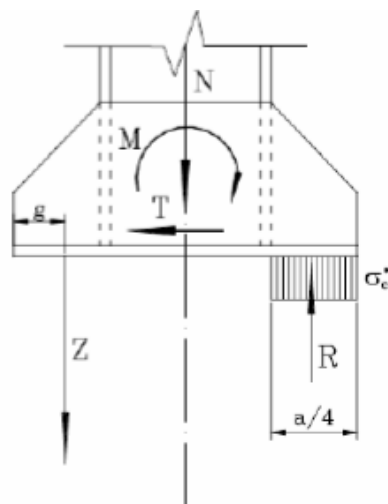
Non:

- a' = zutabearen diametroa
- b' = plakaren hegala

Jarraian, plakak hormigoiak jasan dezakeen baino presio handiago bat transmititzen ez diola zapatarri egiaztatu behar da. Horretarako zutabearen oinarriko esfortzuen eszentritatea kalkulatu da:

$$e = M/N \quad (3.125)$$

Kalkuluetan aurrerago azaltzen den bezala, $e > a/2$, esan nahi duena erresultantea plakatik kanpora ateratzen dela. Eszentritatea handia denez, zona jakin batean banaketa uniformeko arau bat onartuko da, hurrengo irudian ikus daitekeen bezala, muga konprimatuaren ondoan egongo dena σ_c^* balioduna non bere amplitudea plakaren laurden bat izango den. Arau hau baimenduta dago eszentritate handiko kasuetarako.



3.41. Irudia: Plakaren zonalde bateko banaketa uniformeko araua

Aurre-dimentsioaren neurriak onargarriak izan daitezzen hau bete beharko da:

$$\sigma_c^* \leq \sigma_{adm} = f_{cd}$$

(3.126)

Aplikaturako tentsioaren balioa lortzeko hurrengo ekuazioa erabiliko da:

$$\sigma_c^* = \frac{N^* \cdot \left(e + \frac{a}{2} - g \right)}{\frac{a}{4} \cdot b \cdot \left(7 \cdot \frac{a}{8} - g \right)} \quad (3.127)$$

Non:

- M^* = Momentu flektore maioratua
- N^* = Indar axial maioratua
- a = Plakaren luzera nagusia
- b = Plakaren luzera txikiena (kasu honetan, karratua denez, $a = b$)
- g = ainguraketa plakaren ertzerainoko distantzia ($g = 0.15 \cdot a$)

Akzio maioratuak hurrengoak izango dira:

Kontrapisurik gabeko garabiaren kasuan:

$$\text{Esfuerzo axial, } N = R_C = [C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{col} + Q_{plu} + Q_{mg}] + Q_z$$

$$\text{Momento de vuelco, } M = M_C = [C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)] \cdot \gamma_s \cdot C_s$$

(3.128)

Kontrapisudun garabiaren kasuan:

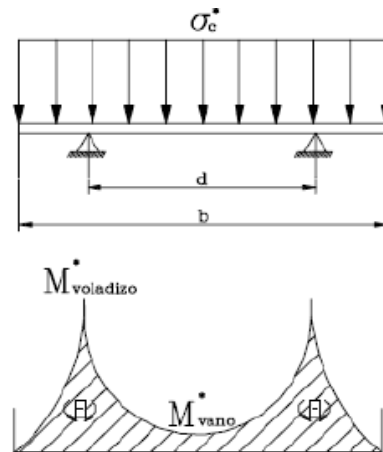
$$\text{Esfuerzo axial, } N = R_C = C_d \cdot (Q_u + Q_{met}) + Q_{con} + Q_{mg} + Q_{col} + 2 \cdot Q_{plu} + 2 \cdot Q_{plu}'$$

$$\text{Momento de vuelco, } M = M_C = [(C_d \cdot L_{plu} \cdot (Q_u + Q_{met}) + 2 \cdot Q_{plu} \cdot (L'_{plu}/2)) - (Q_{con} \cdot L_{con} + 2 \cdot Q_{plu} \cdot L'_{con})] \cdot \gamma_s \cdot C_s$$

(3.129)

Plakaren t lodiera kalkulatzeko, σ_c^* presioa jasateko gai izan behar dira, suposatzen karteletara modu perfektuan bermatuta daudela. Horrela t lodiera fijatuko da plaka 1 cm-tako xafletan zatitzen eta xafla bakoitza habe bat bezala portatzen dela suposatuz non beraien loturak kartelekoinziditzen duten.

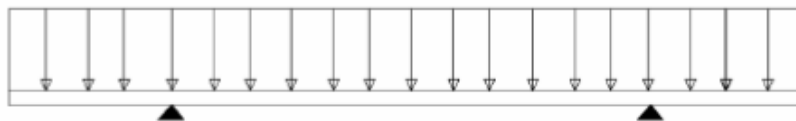
Beraz, habea kartelen gainean ezarrita egongo dela suposatuko da eta lodiera minimoa kalkulatu da, momentu maximoak aztertuz.



3.42. Irudia: Habeen aproximazioa kartelen gainean

Baoaren gaineko momentu maximoa, ebaketa erdian egiten denean eta bi euskarri dituenean emango da.

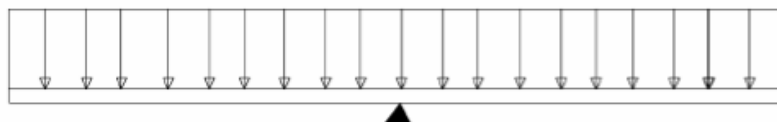
$$M_{vano}^* = \frac{b \cdot (2d - b)}{8} \cdot \sigma_c^* \tag{3.130}$$



3.42. Irudia: Momentu maximoa baoan

Hegalaren gaineko momentu maximoa, ebaketa zutabeari tangentea denean egiten denean eta euskarri bat erdian duenean emango da.

$$M_{voladizo}^* = \frac{(b - d)^2}{8} \cdot \sigma_c^* \tag{3.131}$$



3.43. Irudia: Momentu maximoa hegalean

Bi kasuetako baliorik altuena hartuko da eta momentuak sortutako plakaren tentsioa, altzairuaren isurpen tentsioa baino txikiagoa izan beharko da.

$$\sigma^* = \frac{M_{\text{voladizo}}^* \cdot y}{I_{LN}} \quad (3.132)$$

Non:

- $y = t/2$ (Lerro neutrotik gehien trakzionatu edo konprimitutako zuntzerainoko distantzia)
- $I_{LN} = b \cdot t^3/12 = t^3/12$ (Lerro neutroarekiko inertzia momentua)

Beraz,

$$\sigma^* = \frac{6 \cdot M_{\text{voladizo}}^*}{1 \cdot t^2} \leq \sigma_f \quad (3.133)$$

$$t = \sqrt{\frac{6 \cdot M_{\text{voladizo}}^*}{\sigma_f}} \quad (3.134)$$

Ainguraketa pernoak

Ainguraketa pernoen funtzioa sortu daitezkeen trakziozko indarrak jasatea da ainguraketa plaka finkatuz, hormigoiak ezin baititu jasan.

Jasan beharko duen trakziorako esfortzua ekuazio honek ezartzen du:

$$Z = -N^* + \frac{[M^* + N^* \cdot (0,5 \cdot a - g)]}{0,875 \cdot a - g} \quad (3.135)$$

Kasu honetan akzio maioratuak egoera kaltegarrienerako, hau da garabia zerbitzuan haizerik gabe denean. Perno bakoitzaren trakziozko eskaerak hau bete beharko du:

$$Z \leq 0,8 \cdot n \cdot \sigma_t \cdot A_t \quad (3.136)$$

Non:

- n = Perno kantitatea
- σ_t = Pernoaren kalkulu erresistentzia
- A_t = Pernoaren azalera erresistentea

Guztira 8 perno jarriko dira ainguraketa plakan eta hauetako lau, akzioen norantzaren arabera, trakziozko indarrak jasateko gai izango direnak.

Beraz, perno bakoitzaren azalera erresistentea:

$$A_t \geq Z / (0,8 \cdot n \cdot \sigma_t) \tag{3.137}$$

Lortuko dugun balio honekin hurrengo taulara jo eta perno bat aukeratuko da.

Diámetro mayor nominal d_f mm	Serie de paso grueso			Serie de paso fino		
	Paso p_f mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²	Paso p_f mm	Área de esfuerzo de tensión A_t , mm ²	Área del diámetro menor A_r , mm ²
1.6	0.35	1.27	1.07			
2	0.40	2.07	1.79			
2.5	0.45	3.39	2.98			
3	0.5	5.03	4.47			
3.5	0.6	6.78	6.00			
4	0.7	8.78	7.75			
5	0.8	14.2	12.7			
6	1	20.1	17.9			
8	1.25	36.6	32.8	1	39.2	36.0
10	1.5	58.0	52.3	1.25	61.2	56.3
12	1.75	84.3	76.3	1.25	92.1	86.0
14	2	115	104	1.5	125	116
16	2	157	144	1.5	167	157
20	2.5	245	225	1.5	272	259
24	3	353	324	2	384	365
30	3.5	561	519	2	621	596
36	4	817	759	2	915	884
42	4.5	1 120	1 050	2	1 260	1 230
48	5	1 470	1 380	2	1 670	1 630
56	5.5	2 030	1 910	2	2 300	2 250
64	6	2 680	2 520	2	3 030	2 980
72	6	3 460	3 280	2	3 860	3 800
80	6	4 340	4 140	1.5	4 850	4 800
90	6	5 590	5 360	2	6 100	6 020
100	6	6 990	6 740	2	7 560	7 470
110				2	9 180	9 080

*Las ecuaciones y los datos utilizados para elaborar esta tabla se obtuvieron de la norma ANSI B1.1-1974 y B18.3.1-1978. El diámetro menor se determinó mediante la ecuación $d_r = d - 1.226 869 p_f$, y el diámetro de paso a partir de $d_p = d - 0.649 519 p_f$. La media del diámetro de paso y el diámetro menor se usaron para calcular el área de esfuerzo de tensión.

3.19. Taula: Pernoen ezaugarrien taula

Pernoen luzera kalkulatzeko EHE araudia jarraituko da, barra korrugatuen atalean. Diametro posibleak serie honetan definituta daude UNE-EN 10080 6. Taularen arabera:

6 – 8 – 10 – 12 – 14 – 16 – 20 – 25 – 32 eta 40 mm

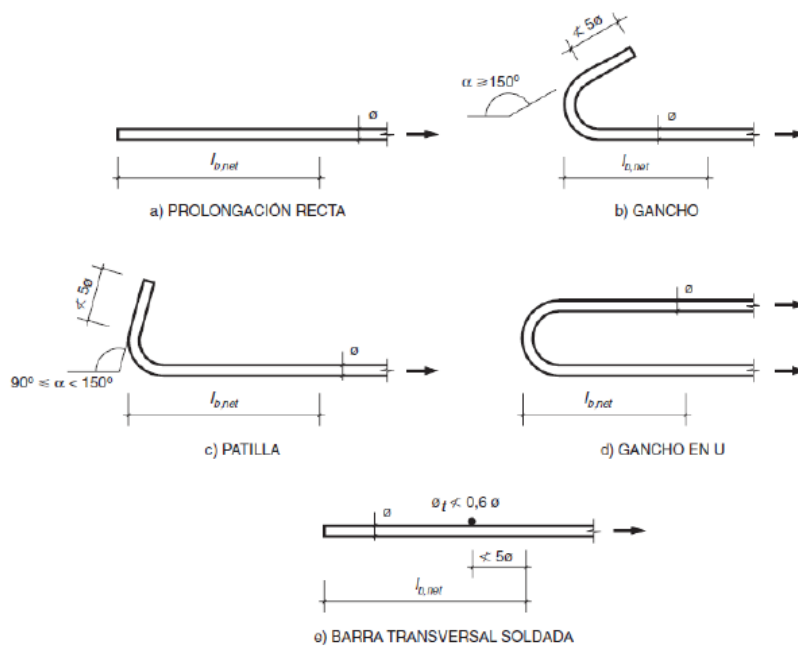
6 mm-tako diametrokoen erabilera ekidituko da, kasu berezietan izan ezik, soldadura prozesuaren bat baldin badago.

Tipo de acero		Acero soldable		Acero soldable con características especiales de ductilidad	
Designación		B 400 S	B 500 S	B 400 SD	B 500 SD
Limite elástico, f_y (N/mm ²) ⁽¹⁾		≥ 400	≥ 500	≥ 400	≥ 500
Carga unitaria de rotura, f_u (N/mm ²) ⁽²⁾		≥ 440	≥ 550	≥ 480	≥ 575
Alargamiento de rotura, ϵ_{u5} (%)		≥ 14	≥ 12	≥ 20	≥ 16
Alargamiento total bajo carga máxima, ϵ_{max} (%)	Acero suministrado en barra	≥ 5,0	≥ 5,0	≥ 7,5	≥ 7,5
	Acero suministrado en rollo ⁽³⁾	≥ 7,5	≥ 7,5	≥ 10,0	≥ 10,0
Relación f_u/f_y ⁽²⁾		≥ 1,05	≥ 1,05	$1,20 < f_u/f_y < 1,35$	$1,15 < f_u/f_y < 1,35$
Relación $f_{y,real}/f_{y,nominal}$		—	—	≤ 1,20	≤ 1,25

- ⁽¹⁾ Para el cálculo de los valores unitarios se utilizará la sección nominal.
- ⁽²⁾ Relación admisible entre la carga unitaria de rotura y el límite elástico obtenidos en cada ensayo.
- ⁽³⁾ En el caso de aceros corrugados procedentes de suministros en rollo, los resultados pueden verse afectados por el método de preparación de la muestra para su ensayo, que deberá hacerse conforme a lo indicado en el Anexo 23. Considerando la incertidumbre que pueda conllevar dicho procedimiento, pueden aceptarse aceros que presenten valores característicos de ϵ_{max} que sean inferiores en un 0,5% a los que recoge la tabla para estos casos.

3.20. Taula: altzairu korruqatu motak

Ainguraketen oinarrizko luzerak, faktore askoren artean, zimentazioan beteko duen posizioaren araberakoa izango da- Kasu konkretu honetan, atxikidura oneko posizio bat betetzen du, hormigonatu prozesuan 45º eta 90º-ko angeluak osatzen dituen armadurentzat. Edo 45º baino txikiagoko kasuetan sekzioaren beheko erdian posizionatua edo goiko azaletik 30 cm-tako distantzia baino gehiagotara.



3.44. Irudia: Ainguraketa luzerak

Beraz, oinarritzko ainguraketa luzera hurrengoa izango da:

$$l_b = m \cdot \phi^2 \geq (f_{yk}/20) \cdot \phi \quad (3.138)$$

Non:

- Φ = Barraren diametroa mm-tan
- F_{yk} = Altzairuaren limite elastikoa N/mm²
- m = EHE arautegiak emandako koefizientea (3.21 taula). Ensaio bidez lorturiko datua

Resistencia característica del hormigón (N/mm ²)	m	
	B 400 S B 400 SD	B 500 S B 500 SD
25	1,2	1,5
30	1,0	1,3
35	0,9	1,2
40	0,8	1,1
45	0,7	1,0
≥ 50	0,7	1,0

3.21. Taula: m koefizienteak

Ainguraketaren luzera garbia horrela definitzen da:

$$l_{b\text{neto}} = l_b \cdot \beta \cdot (A_s/A_{s\text{real}}) \quad (3.139)$$

Non:

- β txikiagotze faktorea bat den hurrengo taulan definitua.

Tipo de anclaje	Tracción	Compresión
Prolongación recta	- 1	1
Patilla, gancho y gancho en U	0,7 (*)	1
Barra transversal soldada	0,7	0,7

(*) Si el recubrimiento de hormigón perpendicular al plano de doblado es superior a 3ϕ . En caso contrario $\beta = 1$.

3.22. Taula: β koefizienteak

- A_s = Trakziozko armaduraren sekzioaren azalera
- $A_{s\text{real}}$ = Altzairuaren azalera erreal

Trakziozko armaduraren azalera, trakzioan lanean dauden perno guztien azalera erresistentea da. Hau da:

$$A_S = n \cdot A_t \quad (3.140)$$

Altzairuaren sekzio azalera erreala horrela definituko da:

$$A_{sreal} = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \cdot n \quad (3.141)$$

EHE araudiaren arabera, ainguraketa luzera garbiak ezin ditu balio hauek gaitu:

- a) $10 \cdot \Phi$
- b) 15 cm
- c) Oinarrizko luzeraren herena barra trakzionatuentzat eta barra konprimatuentzat oinarrizko luzeraren bi heren.

Hauek izango dira kalkuluen emaitzak:

Lehenengo konfigurazioa: Kontrapisurik gabeko garabia

ANCLAJE DE LA COLUMNA		
Dimensionamiento placa de anclaje (cuadrada)		
Acciones sobre la placa (mayoradas)		
N =	961.759,70	N
M =	1.280.627,44	N·m
Hormigón		
f_{ck} (HA-25)	25,00	N/mm ²
γ_c	1,50	
$\sigma_{admh} = f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c$	16,67	N/mm ²
Cálculo de las dimensiones de la placa		
v_{placa} (100 mm < v < 200 mm)	150,00	mm
$a' = D_{col}$	1428,00	mm
$b' = v_{placa}$	150,00	mm
$a_1 = b_1 = a' + 2 \cdot b'$	1728,00	mm
$e = M/N$ (excentricidad)	1331,55	mm
$a_1/2$	864,00	mm
$e > a_1/2$		
γ_f (coeficiente de mayoración de acciones)	1,50	
$N^* = N \cdot \gamma_f$	1.442.639,55	N
$M^* = M \cdot \gamma_f$	1.920.941,16	N·m
$g = 0,15 \cdot a_1$	259,20	mm

$\sigma_c^* = [N^* \cdot (e + 0,5 \cdot a_1 - g)] / [0,25 \cdot a_1 \cdot b_1 \cdot (0,875 \cdot a_1 - g)]$	2,90	N/mm ²
	29,59	kg/cm ²

$$\sigma_c^* \leq f_{cd} \quad \checkmark$$

Cálculo del espesor de la placa

$b_1 = a_1$	172,80	cm
d (diámetro columna)	142,80	cm

$M_{voladizo}^* = (b_1 - d)^2 / 8 \cdot \sigma_c^*$	3328,48	kg·cm
---	---------	-------

$M_{voladizo}^* = b_1 \cdot (2d - b_1) / 8 \cdot \sigma_c^*$	72086,90	kg·cm
--	----------	-------

MAYOR	72086,90	kg·cm
-------	----------	-------

σ_f (límite de fluencia del acero)	2600,00	kg·cm
---	---------	-------

t (espesor)	12,90	cm
-------------	-------	----

Pernos de anclaje

Diámetro de los pernos

N^*	1.442.639,55	N
-------	--------------	---

M^*	1.920.941,16	N·m
-------	--------------	-----

a_1	1728,00	mm
-------	---------	----

g	150,00	mm
-----	--------	----

$Z = -N^* + [(M^* + N^* \cdot (0,5 \cdot a_1 - g)) / (0,875 \cdot a_1 - g)]$	724.016,69	N
--	------------	---

Acero

f_{yk} (B500S)	500,00	N/mm ²
------------------	--------	-------------------

γ_s	1,15	
------------	------	--

$\sigma_{adma} = f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$	434,78	N/mm ²
--	--------	-------------------

Si se colocan 8 pernos, y suponiendo que según la posición solo 4 de ellos soportan tracción

n	4,00	pernos a tracción
---	------	-------------------

$A_t \geq Z / (0,8 \cdot n \cdot \sigma_t)$	520,39	mm ²
---	--------	-----------------

Se busca un tornillo cuyo área resistente sea inmediatamente superior

A_t (TABLA)	561,00	mm^2
Tornillo M (TABLA)	30,00	mm
Longitud de anclaje		
Posición I		
m (TABLA)	1,50	
ϕ (diámetro de la barra)	32,00	mm
f_{yk}	500,00	N/mm^2
$l_b = m \cdot \phi^2$		
	1536,00	mm
$f_{yk} \cdot \phi / 20$		
	800,00	mm
$f_{yk} \cdot \phi / 20 \leq l_b \checkmark$		
$n =$	4,00	pernos a tracción
$A_t =$	5,61	cm^2
β (TABLA)		
	0,70	
$A_s = n \cdot A_t$		
	22,44	cm^2
$A_{sreal} = (\pi \cdot \phi^2 \cdot n) / 4$		
	32,17	cm^2
$l_{bneto} = l_b \cdot \beta \cdot A_s / A_{sreal}$		
	75,00	cm
$10 \cdot \phi$		
	32,00	cm
15,00		
	15,00	cm
$l_b / 3$		
	51,20	cm
MAYOR		
	51,20	cm
$l_{bneto} \geq 51,20 \text{ cm} \checkmark$		

Bigarren konfigurazioa: Kontrapisudun garabia

ANCLAJE DE LA COLUMNA		
Dimensionamiento placa de anclaje (cuadrada)		
Acciones sobre la placa (mayoradas)		
N =	755.929,32	N
M =	688.528,74	N·m
Hormigón		
f_{ck} (HA-25)	25,00	N/mm ²
γ_c	1,50	
$\sigma_{admh} = f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c$	16,67	N/mm ²
Cálculo de las dimensiones de la placa		
v_{placa} (100 mm < v < 200 mm)	150,00	mm
$a' = D_{col}$	1110,00	mm
$b' = v_{placa}$	150,00	mm
$a_1 = b_1 = a' + 2 \cdot b'$	1410,00	mm
e = M/N (excentricidad)		
	910,84	mm
$a_1/2$	705,00	mm
e > a₁/2		
γ_f (coeficiente de mayoración de acciones)		
	1,50	
$N^* = N \cdot \gamma_f$	1.133.893,98	N
$M^* = M \cdot \gamma_f$	1.032.793,11	N·m
$g = 0,15 \cdot a_1$	211,50	mm
$\sigma_c^* = [N^* \cdot (e + 0,5 \cdot a_1 - g)] / [0,25 \cdot a_1 \cdot b_1 \cdot (0,875 \cdot a_1 - g)]$	3,09	N/mm ²
	31,45	kg/cm ²

$\sigma_c^* \leq f_{cd}$ ✓		
Cálculo del espesor de la placa		
$b_1 = a_1$	141,00	cm
d (diámetro columna)	111,00	cm
$M^*_{voladizo} = (b_1-d)^2/8 \cdot \sigma_c^*$	3538,62	kg·cm
$M^*_{voladizo} = b_1 \cdot (2d-b_1)/8 \cdot \sigma_c^*$	44905,14	kg·cm
MAYOR	44905,14	kg·cm
σ_f (límite de fluencia del acero)	2600,00	kg·cm
t (espesor)	10,18	cm
Pernos de anclaje		
Diámetro de los pernos		
N*	1.133.893,98	N
M*	1.032.793,11	N·m
a ₁	1410,00	mm
g	150,00	mm
$Z = -N^* + [(M^* + N^* \cdot (0,5 \cdot a_1 - g)) / (0,875 \cdot a_1 - g)]$	399.766,25	N
Acero		
f _{yk} (B500S)	500,00	N/mm ²
γ _s	1,15	
$\sigma_{adm} = f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$	434,78	N/mm ²
Si se colocan 8 pernos, y suponiendo que según la posición solo 4 de ellos soportan tracción		
n	4,00	pernos a tracción
$A_t \geq Z / (0,8 \cdot n \cdot \sigma_t)$	287,33	mm ²

Se busca un tornillo cuyo área resistente sea inmediatamente superior

A_t (TABLA)	353,00	mm^2
Tornillo M (TABLA)	24,00	mm
Longitud de anclaje		
Posición I		
m (TABLA)	1,50	
ϕ (diámetro de la barra)	25,00	mm
f_{yk}	500,00	N/mm^2
$l_b = m \cdot \phi^2$	937,50	mm
$f_{yk} \cdot \phi / 20$	625,00	mm
$f_{yk} \cdot \phi / 20 \leq l_b$ ✓		
n =	4,00	pernos a tracción
$A_t =$	3,53	cm^2
β (TABLA)	0,70	
$A_s = n \cdot A_t$	14,12	cm^2
$A_{sreal} = (\pi \cdot \phi^2 \cdot n) / 4$	19,63	cm^2
$l_{b\text{beta}} = l_b \cdot \beta \cdot A_s / A_{sreal}$	47,19	cm
$10 \cdot \phi$	25,00	cm
15,00	15,00	cm
$l_b / 3$	31,25	cm
MAYOR	31,25	cm
$l_{b\text{beta}} \geq 31,25$ cm ✓		

3.2.8.4. Zapataren armadura

Zapata zurrun batekin lanean haritzean, $v_{\max} \leq 2 \cdot h$ betetzen delako, EHE araudia jarraituz biela eta tiranteen metodoa erabiliko da. Metodo honetan aztertu beharreko egitura barra artikulatu bezala hartuko da, non barra konprimatuak, hormigoia-aren konpresioa irudikatzen duten, bielak izango balira bezala hartuko dira eta barra trakzionatuak, armaduren trakzioa irudikatzen dutenak, tirante bezala hartuko dira.

Zapatx zurrunetan egin beharreko konprobazioak hiru izango dira, Flexioa, esfortzu ebakitzaila eta haustura.

Flexioa

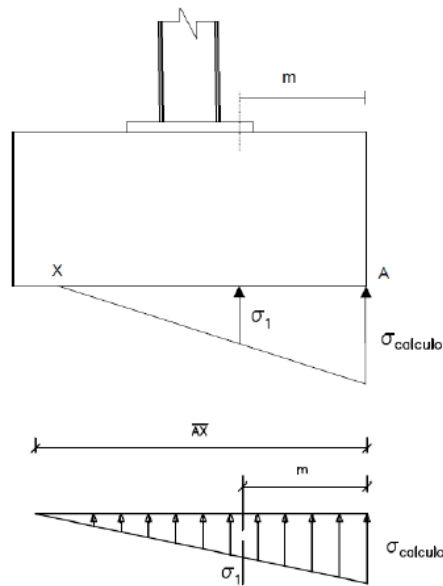
Zapataren gaineko flexiozko indarrak egituratik atozen kargak izango dira, zimentazioaren pisua, terrenoaren pisu propioa eta bere gainean eragindako karga uniformeak ezik.

Hobdoratzeko orekaren egiaztatze prozesuan zapataren pisu propioa kontutan izan denez, flexiorako kalkulurako tentsioak lortutza suposatuko dira, zimentazioaren pisuak kontutan izan gabe, horrela kalkulatuiko dira tentsioak:

$$\sigma_{\text{zapata}} = h \cdot \gamma_h \quad (3.142)$$

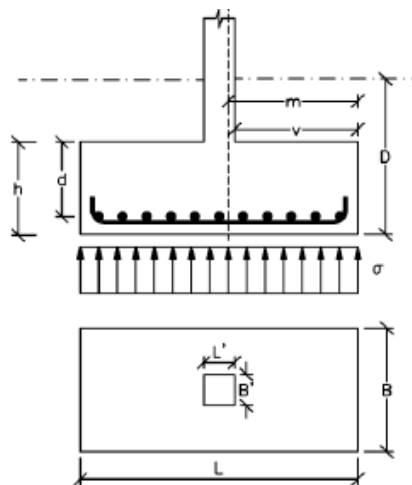
$$\sigma_{\text{cálculo}} = \sigma_{\text{máx}} - \sigma_{\text{zapata}} \quad (3.143)$$

$$\frac{\sigma_1}{AX-m} = \frac{\sigma_{\text{cálculo}}}{AX} \quad (3.144)$$



3.45. Irudia: Zapataren tentsio banaketa

Flexiorako kalkuluak norantza nagusi bakoitzean egingo dira, oinarriगतिको atzeratuta egongo den S1 erreferentzia sekzioगतिक.



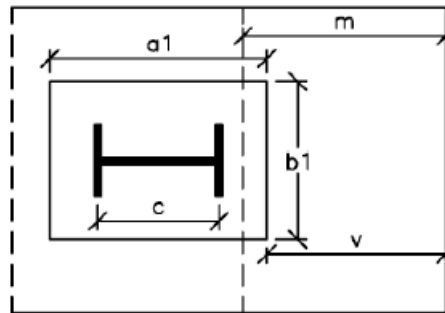
3.46. Irudia: Isolatutako zapataren flexiorako kalkulua

Plakadun zutabe metalikoen kasuan , kalkuluen hegala hurrengoa izango da:

$$m = v + \frac{a_1 - c}{4}$$

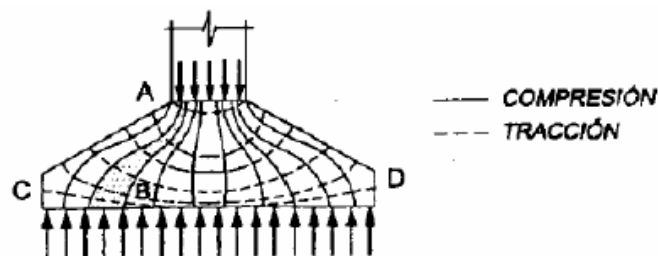
(3.145)

Non a_1 plakaren dimentsioa den eta c perfilaren ertza.



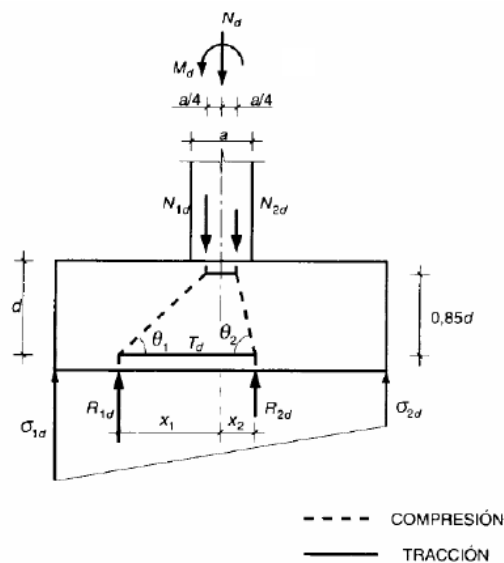
3.47. Irudia: Zutabe metalikodun zapataren hegala

Aurretik komentatu den bezala, zapata zurruna denez, armaduren zehaztapenerako biela eta tiranteen metodoa erabiliko da.



3.48. Irudia: Isolatutako zapataren sare isostatikoa

Barra konprimatuak, hormigoiaren konpresioa irudikatzen duten, biela izango balira bezela hartuko dira eta barra trakzionatuak, armaduren trakzioa irudikatzen dutenak, tirante bezela hartuko dira



3.49. Irudia: Biela eta tiranteen metodoa irudikatuta

Hipotesi honen arabera, armadura nagusiak trakzio jasan dezan hau bete behar du:

$$T_d = \gamma_f \cdot \frac{R_{1d}}{0,85 \cdot d} \cdot (x_1 - 0,25 \cdot a) \quad (3.146)$$

Non:

$$R_{1d} = \frac{\sigma_{\text{cálculo}} + \sigma_1}{2} \cdot B \cdot \frac{L}{2} \quad (3.147)$$

$$x_1 = \frac{\left(\frac{L^2}{4} \cdot \frac{2 \cdot \sigma_c + \sigma_1}{6} \right) \cdot B}{R_{1d}} \quad (3.148)$$

Eta:

- L = B = a = Zapataren luzera
- d = h - d' (non d' = 50 mm)
- a = zutabearen diametroa

Tentsioen balioak ez badira aurretik maioratu, T_d -ren balioa maioratu beharko da.

Armaduraren zenbateko geometriko minimoa zehazteko, flexio sinplerako kalkuluaz egingo da, behin armadura mota aukeratu denean. EHE araudiak eskatzen duen baldintza hau betetzen duela egiaztatu:

$$A = T_d / f_{yd} \quad (3.149)$$

Jarraian agertuko den taulan, armaduran beharko den zenbateko geometriko minimoa ikus daiteke B 500 S altzairuaren kasuan:

Tipo de elemento estructural	Tipo de acero		
	Aceros con $f_t = 400 \text{ N/mm}^2$	Aceros con $f_t = 500 \text{ N/mm}^2$	
Pilares	4,0	4,0	
Losas ⁽¹⁾	2,0	1,8	
Forjados unidireccionales	Nervios ⁽²⁾	4,0	3,0
	Armadura de reparto perpendicular a los nervios ⁽³⁾	1,4	1,1
	Armadura de reparto paralela a los nervios ⁽³⁾	0,7	0,6
Vigas ⁽⁴⁾	3,3	2,8	
Muros ⁽⁵⁾	Armadura horizontal	4,0	3,2
	Armadura vertical	1,2	0,9

⁽¹⁾ Cuantía mínima de cada una de las armaduras, longitudinal y transversal repartida en las dos caras. Para losas de cimentación y zapatas armadas, se adoptará la mitad de estos valores en cada dirección dispuestos en la cara inferior.

⁽²⁾ Cuantía mínima referida a una sección rectangular de ancho b_w y canto d del forjado de acuerdo con la Figura 42.3.5. Esta cuantía se aplica estrictamente en los nervios y no en las zonas macizadas. Todas las viguetas deben tener en la cabeza inferior, al menos, dos armaduras activas o pasivas longitudinales simétricas respecto al plano medio vertical.

⁽³⁾ Cuantía mínima referida al espesor de la capa de compresión hormigonada *in situ*.

⁽⁴⁾ Cuantía mínima correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada.

⁽⁵⁾ La cuantía mínima vertical es la correspondiente a la cara de tracción. Se recomienda disponer en la cara opuesta una armadura mínima igual al 30% de la consignada.

A partir de los 2,5 m de altura del fuste del muro y siempre que esta distancia no sea menor que la mitad de la altura del muro podrá reducirse la cuantía horizontal a un 2%. En el caso en que se dispongan juntas verticales de contracción a distancias no superiores a 7,5 m, con la armadura horizontal interrumpida, las cuantías geométricas horizontales mínimas pueden reducirse al 2%. La armadura mínima horizontal deberá repartirse en ambas caras. Para muros vistos por ambas caras debe disponerse el 50% en cada cara. En el caso de muros con espesores superiores a 50 cm, se considerará un área efectiva de espesor máximo 50 cm distribuidos en 25 cm a cada cara, ignorando la zona central que queda entre estas capas superficiales.

⁽⁶⁾ En el caso de elementos pretensados, la armadura activa podrá tenerse en cuenta en relación con el cumplimiento de las cuantías geométricas mínimas sólo en el caso de las armaduras pretensas que actúen antes de que se desarrolle cualquier tipo de deformación térmica o reológica.

3.23. Taula: Hormigoiaren sekzio totaleko zenbateko geometriko minimoak(x1000)

Non:

- $\rho = A_s/A_c$, zenbateko geometriko minimoa (x1000)
- $A_c = a \cdot h$, hormigoiaren sekzio erabilgarriaren azalera
- $A_s =$ Trakzionatutako armaduraren azalera

Hormigoiaren armadura ahuleko zatietan haustura hauskorak saihesteko, altzairuaren nekea hormigoiaren pitzadura baino lehen agertzen bada, beharrezkoa da gutxieneko armadura bat jartzea trakzio eremuan. Horrela haustura hauskorra ekidituko da. $f_{ck} < 50 \text{ N/mm}^2$ –rako gaitasun mekaniko minimo hurrengoa izango da:

$$U_s = A_s \cdot f_{yd} \geq 0,04 \cdot f_{cd} \cdot a \cdot h$$

(3.150)

Formula honetatik trakzionatutako armaduraren azalera lortuko da eta hurrengo tauletan B 500 S altzairuaz, barra kopurua eta diametroa lortuko dira. Lehenengo diametroa lortuko da eta gero barra zenbakia:

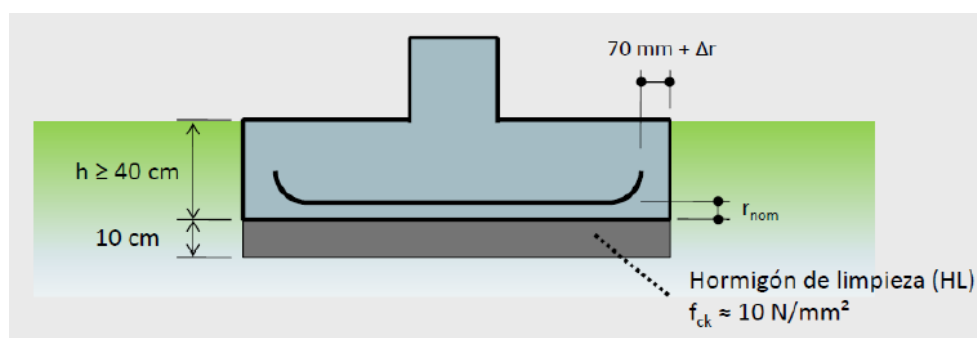
Diámetro mm	NUMERO DE BARRAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	28,27	56,54	84,81	113,08	141,35	169,62	197,89	226,16	254,43	282,70
8	50,26	100,52	150,78	201,04	251,30	301,56	351,82	402,08	452,34	502,60
10	78,54	157,08	235,62	314,16	392,70	471,24	549,78	628,32	706,86	785,40
12	113,09	226,18	339,27	452,36	565,45	678,54	791,63	904,72	1017,81	1130,90
14	153,93	307,86	461,79	615,72	769,65	923,58	1077,51	1231,44	1385,37	1539,30
16	201,06	402,12	603,18	804,24	1005,30	1206,36	1407,42	1608,48	1809,54	2010,60
20	314,16	628,32	942,48	1256,64	1570,80	1884,96	2199,12	2513,28	2827,44	3141,60
25	490,87	981,74	1472,61	1963,48	2454,35	2945,22	3436,09	3926,96	4417,83	4908,70
32	804,24	1608,48	2412,72	3216,96	4021,20	4825,44	5629,68	6433,92	7238,16	8042,40
40	1256,64	2513,28	3769,92	5026,56	6283,20	7539,84	8796,48	10053,12	11309,76	12566,40

3.24. Taula: Diametroaren menpeko barra kantitateak

Diámetro mm	NUMERO DE BARRAS									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
6	12,29	24,58	36,87	49,16	61,45	73,74	86,03	98,32	110,61	122,90
8	21,85	43,70	65,55	87,40	109,25	131,10	152,95	174,80	196,65	218,50
10	34,15	68,30	102,45	136,60	170,75	204,90	239,05	273,20	307,35	341,50
12	49,17	98,34	147,51	196,68	245,85	295,02	344,19	393,36	442,53	491,70
14	66,93	133,86	200,79	267,72	334,65	401,58	468,51	535,44	602,37	669,30
16	87,42	174,84	262,26	349,68	437,10	524,52	611,94	699,36	786,78	874,20
20	136,59	273,18	409,77	546,36	682,95	819,54	956,13	1092,72	1229,31	1365,90
25	213,42	426,84	640,26	853,68	1067,10	1280,52	1493,94	1707,36	1920,78	2134,20
32	349,67	699,34	1049,01	1398,68	1748,35	2098,02	2447,69	2797,36	3147,03	3496,70
40	546,36	1092,72	1639,08	2185,44	2731,80	3278,16	3824,52	4370,88	4917,24	5463,60

3.25. Taula: Diametroaren menpeko barra kantitateak

Zimentazioa zuzenean terrenoaren kontra zuzenean egingo denez, 70 mm-tako babes bat jarri behar da eta azpitik 10cm-tako altzairu pobrezko geruza bat gainazala erregulatzeko eta luraren kontrako kontaktu zuzena ekiditeko.



3.50. Irudia: Hormigoiaren oinarria

Beraz babes nominala hurrengo izango da:

$$r_{\text{nom}} = r_{\text{min}} + \Delta_r \quad (3.151)$$

Non:

- r_{min} = babes minimos (70 mm)
- Δ_r = Babes margena, ins itu egingo denez 10 mm-takoa izango da

Behin hau jakinda armaduren arteko distantzia kalkulatu da:

$$s = \frac{B - 2 \cdot r - n \cdot \phi}{(n - 1)} + \phi \quad (3.151)$$

Non:

- $B = L = a$ = Zapataren zabalera
- r = Babes minimoa
- n = Barra kopurua
- ϕ = Barren diametroa

Eta barren arteko distantzi beti barraren diametroa baino handiagoa, 2 cm baino handiagoa eta 1.25x artxintxarraren tamaina baino handiagoa izan behar da.

Kalkulatutako armadura zapata osoan zehar zabalduko da eta ertzetan 90º-ko angeluaz tolestu beharko dira. Zapataren oinarria karratua denez, armadura uniformeki eta paraleloan banatuko da.

v hegala zapataren h ertzaren totala baino txikiagoa bada, beheko armadura etzeraino zabalduko da.

Kasu honetan 1 posizioa izango du barrak, itsaspen onekoa, beraz oinarritzko ainguraketa luzera hurrengo izango da:

$$l_b = m \cdot \phi^2 \geq (f_{yk}/20) \cdot \phi \quad (3.152)$$

Non:

- Φ = Barraren diametroa mm-tan
- F_{yk} = Alzairuaren limite elastikoa N/mm²

- m = EHE arautegiak emandako koefizientea (3.21 taula). Ensaio bidez lorturiko datua

Ainguraketaren luzera garbia horrela definitzen da:

$$l_{bneto} = l_b \cdot \beta \cdot (A_s / A_{sreal}) \quad (3.153)$$

Non:

- β txikiagotze faktorea bat den hurrengo taulan definitua.
- A_s = Trakziozko armaduraren sekzioaren azalera
- A_{sreal} = Altzairuaren azalera erreala

Altzairuaren sekzio azalera erreala horrela definituko da:

$$A_{sreal} = \frac{\pi \cdot \phi^2}{4} \cdot n \quad (3.154)$$

EHE araudiaren arabera, ainguraketa luzera garbiak ezin ditu balio hauek gainditu:

- $10 \cdot \Phi$
- 15 cm
- Oinarrizko luzeraren herena barra trakzionatuentzat eta barra konprimatuentzat oinarrizko luzeraren bi heren.

Zapata zurrunetan non $v \leq h$ denean, jarraian azaldutako moduan muntatu beharko dira:

- $L/4-70 \geq l_{bneto}$ bada, luzapen zuzena
- $0,7 \cdot l_{bneto} \leq L/4-70 \leq l_{bneto}$ bada, kaxotxa modukoa
- $L/4-70 < 0,7 \cdot l_{bneto}$ bada, gorantza luzapen zuzena balio honetakoa:

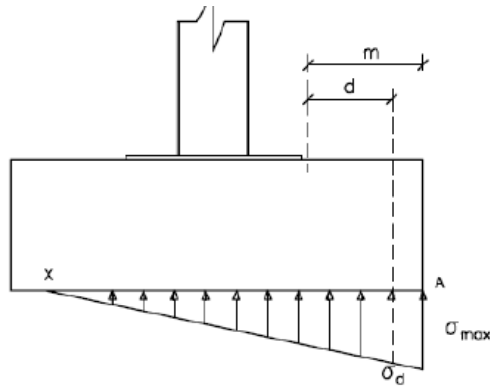
$$l'_1 = l_{bneto} - \frac{L-70}{0,7} \quad (3.155)$$

Non l_{bneto} 1 posizioari dagokion ainguraketaren luzera netoa den.

Esfortzu ebakitzaila

EHE aaraudiak ez du zehazten zapata zurruntzako inoolako konprobaziorik. Hala ere $v > h$ dela konprobatzea komeni da, zapata guztientzat.

Erreferentzia sekzioa hurrengo irudian ikus daiteke:



3.51. Irudia: σ_d -ren zehaztapena

$$V_d = \gamma_f \cdot \sigma_d \cdot B \cdot (m-d)$$

(3.156)

Non:

$$\frac{\sigma_{\max}}{AX} = \frac{\sigma_d}{AX - (m-d)}$$

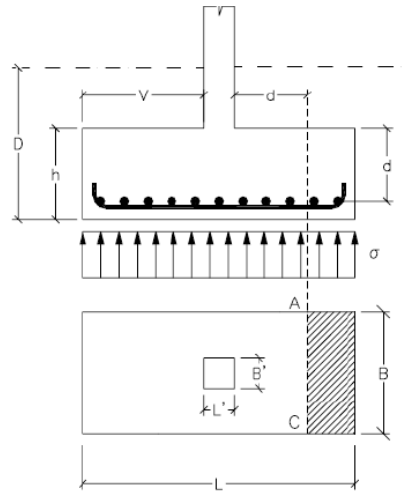
(3.157)

Nekerako esfortzua formula honek emango du:

$$V_{cu} = 0,12 \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3} \cdot B \cdot d$$

(3.158)

Non $V_d \leq V_{cu}$ bete behar den.



3.52. Irudia: Esfortzu ebakitzailen zehaztapena

Aurreko formularen f_{ck} N/mm²-tan emanda dago eta ξ horrela definituko da:

$$\xi = 1 + \sqrt{\frac{200}{d}}, \text{ con } d \text{ en mm}$$

(3.159)

ρ_1 trakzio armaturaren zenbateko geometrikoa den eta 0.02 baino txikiagoa izan behar den. B 500 S altzairurako ρ_1 , 1.25-gatik biderkatuko da eta %2-dun margena %1.6-ra jaitsiko da.

Haustura (pitzadura)

Orokorrean, konprobazio hau II klaseko esposizioetan egiten da, ez III klasekoetan, hau da, kasu honetan.

CLASE GENERAL DE EXPOSICIÓN				DESCRIPCIÓN	EJEMPLOS
Clase	Subclase	Designación	Tipo de proceso		
No agresiva		I	Ninguno	<ul style="list-style-type: none"> - Interiores de edificios, no sometidos a condensaciones. - Elementos de hormigón en masa. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos estructurales de edificios, incluido los forjados, que estén protegidos de la intemperie.
Normal	Humedad alta	IIa	Corrosión de origen diferente de los cloruros	<ul style="list-style-type: none"> - Interiores sometidos a humedades relativas medias altas (> 65%) o a condensaciones. - Exteriores en ausencia de cloruros, y expuestos a lluvia en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. - Elementos enterrados o sumergidos. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos estructurales en sótanos no ventilados. - Cimentaciones. - Estribos, pilas y tableros de puentes en zonas, sin impermeabilizar con precipitación media anual superior a 600 mm. - Tableros de puentes impermeabilizados, en zonas con sales de deshielo y precipitación media anual superior a 600 mm. - Elementos de hormigón, que se encuentren a la intemperie o en las cubiertas de edificios en zonas con precipitación media anual superior a 600 mm. - Forjados en cámara sanitaria, o en interiores en cocinas y baños, o en cubierta no protegida.
	Humedad media	IIb	Corrosión de origen diferente de los cloruros	<ul style="list-style-type: none"> - Exteriores en ausencia de cloruros, sometidos a la acción del agua de lluvia, en zonas con precipitación media anual inferior a 600 mm. 	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos estructurales en construcciones exteriores protegidas de la lluvia. - Tableros y pilas de puentes, en zonas de precipitación media anual inferior a 600 mm.
Marina	Aérea	IIIa	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos de estructuras marinas, por encima del nivel de pleamar. - Elementos exteriores de estructuras situadas en las proximidades de la línea costera (a menos de 5 km). 	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos estructurales de edificaciones en las proximidades de la costa. - Puentes en las proximidades de la costa. - Zonas aéreas de diques, pantolanes y otras obras de defensa litoral. - Instalaciones portuarias.
	Sumergida	IIIb	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos de estructuras marinas sumergidas permanentemente, por debajo del nivel mínimo de bajamar. 	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas sumergidas de diques, pantolanes y otras obras de defensa litoral. - Cimentaciones y zonas sumergidas de pilas de puentes en el mar.
	En zona de carrera de mareas y en zonas de salpicaduras	IIIc	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> - Elementos de estructuras marinas situadas en la zona de salpicaduras o en zona de carrera de mareas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Zonas situadas en el recorrido de marea de diques, pantolanes y otras obras de defensa litoral. - Zonas de pilas de puentes sobre el mar, situadas en el recorrido de marea.
Con cloruros de origen diferente del medio marino		IV	Corrosión por cloruros	<ul style="list-style-type: none"> - Instalaciones no impermeabilizadas en contacto con aguas que presente un contenido elevado de cloruros, no relacionados con el ambiente marino. - Superficies expuestas a sales de deshielo no impermeabilizadas. 	<ul style="list-style-type: none"> - Piscinas e interiores de los edificios que las albergan. - Pilas de pasos superiores o pesarelas en zonas de nieve. - Estaciones de tratamiento de agua.

3.26. Taula: Exposizio klaseak

Hauek izango dira kalkulu enerskinak:

Lehenengo konfigurazioa: Kontrapisurik gabeko garabia

ARMADURA DE LA ZAPATA		
Cálculo a flexión		
Vuelo físico		
a	4750,00	mm
a ₁ (longitud placa de anclaje)	1728,00	mm
$v = (a - a_1) / 2$	1511	mm
Vuelo de cálculo		
c (diámetro columna)	1428	mm
$m = v + (a_1 - c) / 4$	1586,00	mm
Obtención de la tensión de cálculo		
h (canto zapata)	1,50	m
γ_h (peso específico hormigón)	25000,00	N/m ³
$\sigma_{zapata} = h \cdot \gamma_h$	37500,00	N/m ²
$\sigma_{m\acute{a}x}$	129360,00	N/m ²
$\sigma_{c\acute{a}lculo} = \sigma_{m\acute{a}x} - \sigma_{zapata}$	91860,00	N/m ²
AX	3130,00	mm
$\sigma_1 = (\sigma_{c\acute{a}lculo} / AX) \cdot (AX - m)$	0,045	N/mm ²
Método de las bielas y tirantes (zapata rígida)		
a (anchura del soporte o diámetro de la columna)	1,43	m
L (longitud zapata)	4,75	m
B = L	4,75	m
R _{1d} =	773745,33	N
x ₁ =	840,95	mm
γ_f (coeficiente de mayoración de acciones)	1,50	
d'	50,00	mm
d = h - d'	1450,00	mm
T _d =	440.536,98	N
	440,54	kN

Cuantías mínimas		
f_{yk} (Acero B500S)	500,00	N/mm ²
γ_s	1,15	
$\sigma_{adma} = f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$	434,78	N/mm ²
f_{ck} (Hormigón HA-25)	25,00	N/mm ²
γ_c	1,50	
$\sigma_{admb} = f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c$	16,67	N/mm ²
$A = T_d/f_{yd}$	1013,24	mm ²
Cuantía geométrica mínima		
ρ (TABLA)	0,0018	
$\rho \cdot a \cdot h$	12.825,00	mm ²
Cuantía mecánica mínima		
a	4750,00	mm
h	1500,00	mm
$A_c = a \cdot h$	7.125.000,00	mm ²
$A_s \geq 0,04 \cdot A_c \cdot (f_{cd}/f_{yd})$	10.925,00	mm ²
Se escoge un diámetro y se halla el número de barras (TABLA)		
ϕ_{barra}	40,00	mm
$n \geq (4 \cdot A_s)/\pi \cdot \phi^2$	8,69	barras
n (TABLA)	9,00	barras
Recubrimiento nominal		

r_{\min}	70,00	mm
Δ_r	10,00	mm
r_{nom}	80,00	mm
Separación de las armaduras		
a	4750,00	mm
a ₁	1728,00	mm
r_{\min}	70,00	mm
n	9,00	barras
ϕ	40,00	mm
s =	355,25	mm
	35,53	cm
s > diámetro de la barra	4,00	cm
s > 2 cm	2,00	cm
Tamaño máximo del árido	5,00	cm
s > 1,25 veces el tamaño del árido	6,25	cm
Longitud de anclaje armadura		
Armadura longitudinal		
Posición I		
m (TABLA)	1,50	
ϕ (diámetro de la barra)	40,00	mm
f_{yk}	500,00	N/mm ²
$l_b = m \cdot \phi^2$	2400,00	mm
$f_{yk} \cdot \phi / 20$	1000,00	mm
$f_{yk} \cdot \phi / 20 \leq l_b$		
$A_s =$	109,25	cm ²
n	9,00	barras
ϕ	4,00	cm
$A_{s\text{real}} = (\pi \cdot \phi^2 \cdot n) / 4$	113,10	cm ²

β (TABLA)	1,00	
$l_{b\text{beta}} = l_b \cdot \beta \cdot A_s / A_{s\text{real}}$	231,84	cm
	2318,36	mm
$10 \cdot \phi$	40,00	cm
15,00	15,00	cm
$1/3 l_b$	77,28	cm
MAYOR	77,28	cm
$l_{b\text{beta}} \geq 40 \text{ cm} \checkmark$		
$a/4$	1187,50	mm
$a/4 - 70$	1117,50	mm
$0,7 \cdot l_{b\text{beta}}$	1622,85	mm
$a/4 - 70 < 0,7 \cdot l_{b\text{beta}} \Rightarrow$ Prolongación recta hacia arriba		
$l'_1 = l_{b\text{beta}} - (L/4 - 70) / 0,7$	821,93	mm
Armadura transversal		
$l_{b\text{netatransv}} = 0,6 \cdot l_{b\text{beta}}$	1391,01	mm
$a/4$	1187,50	mm
$a/4 - 70$	1117,50	mm
$a/4 - 70 > l_{b\text{netatransv}} \Rightarrow$ Prolongación recta		
Comprobación a esfuerzo cortante ($v > h$)		
$\sigma_{\text{máx}}$	0,13	N/mm ²
AX	3130,00	mm
m	1586,00	mm
$d = h - d'$	1450,00	mm
$\sigma_d = (\sigma_{\text{máx}} / AX) \cdot (AX - (m - d))$	0,12	N/mm ²
γ_f	1,50	
$B = a$	4750,00	mm
$V_d = \gamma_f \cdot \sigma_d \cdot B \cdot (m - d)$	119.903,33	N
$\xi = 1 + \text{RAÍZ}(200/d)$	1,37	

A_{Sreal}	11309,73	mm^2
$\rho_1 = A_{Sreal}/B \cdot d < 0,02$	0,002	tanto por mil
f_{ck}	25,00	N/mm^2
$V_{cu} = (0,12 \cdot \xi \cdot (100 \cdot \rho_1 \cdot f_{ck})^{1/3}) \cdot B \cdot d$	1.551.006,31	N

$$V_d < V_{cu} \checkmark$$

Comprobación a fisuración

No es necesaria la comprobación

Bigarren konfigurazioa: Kontrapisudun garabia

ARMADURA DE LA ZAPATA		
Cálculo a flexión		
Vuelo físico		
a	3850,00	mm
a ₁ (longitud placa de anclaje)	1410,00	mm
$v = (a - a_1) / 2$	1220	mm
Vuelo de cálculo		
c (diámetro columna)	1110	mm
$m = v + (a_1 - c) / 4$	1295,00	mm
Obtención de la tensión de cálculo		
h (canto zapata)	1,50	m
γ_h (peso específico hormigón)	25000,00	N/m ³
$\sigma_{zapata} = h \cdot \gamma_h$	37500,00	N/m ²
$\sigma_{m\acute{a}x}$	129070,00	N/m ²
$\sigma_{c\acute{a}lculo} = \sigma_{m\acute{a}x} - \sigma_{zapata}$	91570,00	N/m ²
AX	3040,00	mm
$\sigma_1 = (\sigma_{c\acute{a}lculo} / AX) \cdot (AX - m)$	0,053	N/mm ²
Método de las bielas y tirantes (zapata rígida)		
a (anchura del soporte o diámetro de la columna)	1,11	m
L (longitud zapata)	3,85	m
B = L	3,85	m
R _{1d} =	534100,57	N
x ₁ =	665,03	mm
γ_f (coeficiente de mayoración de acciones)	1,50	
d'	50,00	mm
d = h - d'	1450,00	mm
T _d =	243.505,63	N
	243,51	kN
Cuantías mínimas		

f_{yk} (Acero B500S)	500,00	N/mm ²
γ_s	1,15	
$\sigma_{adma} = f_{yd} = f_{yk}/\gamma_s$	434,78	N/mm ²
f_{ck} (Hormigón HA-25)	25,00	N/mm ²
γ_c	1,50	
$\sigma_{admh} = f_{cd} = f_{ck}/\gamma_c$	16,67	N/mm ²
$A = T_d/f_{yd}$	560,06	mm ²
Cuantía geométrica mínima		
ρ (TABLA)	0,0018	
$\rho \cdot a \cdot h$	10.395,00	mm ²
Cuantía mecánica mínima		
a	3850,00	mm
h	1500,00	mm
$A_C = a \cdot h$	5.775.000,00	mm ²
$A_s \geq 0,04 \cdot A_C \cdot (f_{cd}/f_{yd})$	8.855,00	mm ²
Se escoge un diámetro y se halla el número de barras (TABLA)		
ϕ_{barra}	40,00	mm
$n \geq (4 \cdot A_s)/\pi \cdot \phi^2$	7,05	barras
n (TABLA)	8,00	barras
Recubrimiento nominal		
r_{min}	70,00	mm
Δ_r	10,00	mm

r_{nom}	80,00	mm
Separación de las armaduras		
a	3850,00	mm
a ₁	1410,00	mm
r _{min}	70,00	mm
n	8,00	barras
ϕ	40,00	mm
s =	322,86	mm
	32,29	cm
s > diámetro de la barra	4,00	cm
s > 2 cm	2,00	cm
Tamaño máximo del árido	5,00	cm
s > 1,25 veces el tamaño del árido	6,25	cm
Longitud de anclaje armadura		
Armadura longitudinal		
Posición I		
m (TABLA)	1,50	
ϕ (diámetro de la barra)	40,00	mm
f _{yk}	500,00	N/mm ²
$l_b = m \cdot \phi^2$	2400,00	mm
f _{yk} · $\phi/20$	1000,00	mm
$f_{yk} \cdot \phi/20 \leq l_b$		
A _S =	88,55	cm ²
n	8,00	barras
ϕ	4,00	cm
A _{sreal} = $(\pi \cdot \phi^2 \cdot n)/4$	100,53	cm ²
β (TABLA)	1,00	
$l_{bneto} = l_b \cdot \beta \cdot A_S/A_{sreal}$	211,40	cm

	2113,98	mm
10·φ		
	40,00	cm
15,00		
	15,00	cm
1/3l_b		
	70,47	cm
MAYOR		
	70,47	cm
l_{bnet} ≥ 40 cm ✓		
a/4		
	962,50	mm
a/4-70		
	892,50	mm
0,7·l_{bnet}		
	1479,78	mm
a/4-70 < 0,7·l_{bnet} => Prolongación recta hacia arriba		
l'₁ = l_{bnet} - (L/4-70)/0,7		
	938,98	mm
Armadura transversal		
l_{bnettransv} = 0,6·l_{bnet}		
	1268,39	mm
a/4		
	962,50	mm
a/4-70		
	892,50	mm
0,7·l_{bnettransv}		
	887,87	mm
0,7·l_{bnet} ≤ a/4-70 ≤ l_{bnettransv} => Terminación en patilla normalizada		
Comprobación a esfuerzo cortante (v<h)		
No es necesaria la comprobación		
Comprobación a fisuración		
No es necesaria la comprobación		

3.2.8.5. Zimentazioaren laburpena

KONTRAPISURIK GABEKO GARABIAREN ZIMENTAZIOA									
ZAPATA									
Dimentsioak (mm)	Materiala								
4750x4750x1500	Hormigoi armatua	HA-25/B/20/IIIa							
	Garbiketa hormigoia	HL-150/B/20(h=100 mm)							
AINGURAKETA PLAKA									
Dimentsioak (mm)	Materiala								
1728x1728x129	Altzairua	St-42							
AINGURAKETA PERNOAK									
Dimentsioak (mm)	Materiala		Zbk.	Ainguraketa luzera (mm)					
M30	Altzairua	B 500 S	8	Oinar. 1536	Garbia 695.7				
ARMADURA									
Dimentsioak(mm)	Materiala		Zbk.	Ainguraketa luzera (mm)		Znb. min		R n o m	Bar. Artek o dist.
40	Altzairua	B 500 S	9	Oinar. 2400	Garbia 2318.3 6	Geom 0.001 g	Mek 10.92 5	80	355.2 5

3.27. Taula: Kontrapisurik gabeko garabiaren zapataren laburpena

KONTRAPISUDUN GARABIAREN ZIMENTAZIOA									
ZAPATA									
Dimentsioak (mm)	Materiala								
3850x3850x1500	Hormigoi armatua	HA-25/B/20/IIIa							
	Garbiketa hormigoia	HL-150/B/20(h=100 mm)							
AINGURAKETA PLAKA									
Dimentsioak (mm)	Materiala								
1410x1410x101.8	Altzairua	St-42							
AINGURAKETA PERNOAK									
Dimentsioak (mm)	Materiala		Zbk.	Ainguraketa luzera (mm)					
M24	Altzairua	B 500 S	8	Oinar. 1937.5	Garbia 384.1				

ARMADURA									
Dimentsioak (mm)	Materiala		Zbk.	Ainguraketa luzera (mm)		Znb. min		R n o m	Bar. Artek o dist.
40	Altzairua	B 500 S	8	Oinar. 2400	Garbia 2113.9 8	Geom 0.001 8 g	Mek 8.855	80	355.25

3.28. Taula: Kontrapisudun garabiaren zapataren laburpena

3.2.9. Kontrapisurik gabeko edo kontrapisudun garabiaren aukeraketa

Azkenik, eta aurreko orrietan egindako kalkulu guztiak kontutan hartuta, Bi aukeretatik egokiena kontrapisudun garabia dela egiaztatu da.

Hurrengo taulan abantaila eta desabantailak zerrendatuko dira.

KONTRAPISU GABEKO GARABIA		KONTRAPISUDUN GARABIA	
Abantailak	Desabantailak	Abantailak	Desabantailak
Ez dago kontrapisurik →Merkeagoa			Kontrapisua dago →Garestiagoa
Ez dago kontralumarik → Merkeagoa			Kontraluma dago → Garestiagoa
	Lumaren pisua, kontrapisudun bi lumen antzekoa	Bi lumen pisua, kontrapisu gabeko lumaren antzekoa	
	Zutabe handiagoa → Garestiagoa	Zutabe txikiagoa → Merkeagoa	
	Errodamendu handiagoa → Garestiagoa	Errodamendu txikiagoa → Merkeagoa	
	Zapata handiagoa → Garestiagoa	Zapata txikiagoa → Merkeagoa	
	Ainguraketa plaka handiagoa → Garestiagoa	Ainguraketa plaka txikiagoa → Merkeagoa	
	Perno handiagoak → Garestiagoa	Perno txikiagoak → Merkeagoa	
	Armadura gehiago → Garestiagoa	Armadura gutxiago → Merkeagoa	

3.29. Taula: Abantailak eta desabantailak

Puntu honetatik aurrera kalkulu guztiak kontrapisudun garabiaren kasuarenak izango dira.

3. ERANSKINA:GARABIAREN ELEMENUEN KALKULUA

3.3. Dimentsioak eta ezaugarri nagusiak

3.3.1. *Errodamenduen aukeraketa*

3.3.1.1. *Sarrera*

Zutabearen goiko aldean kokatuta dagoen diametro handiko errodamenduak bi eraztun zentrokidez osatutako makina elementu bat da; makinaren zati mugikorrera finkatutako kanpoko eraztuna, kasu honetan, luma eta beste makina baten zati finkoan finkatutako beste barruko zutabearen. Barruko edota kanpoko eraztunak hortzdu bezala mekanizatu ahal dira erabileraren premiaren arabera.

Proiektu honetan barneko hortzketa aukera onena dela kotsideratzen da. Horrela, biraketa engranaia itsas ingurunetik babestuta dago zutabearen barruan, baldintza normalak baino korrosiboagoa direnak.

Errodamenduen fabrikatzaile ugari daude, baina eragin handia eta kalitate onekoa bilatzen denean, marjina estutu egiten da. Rothe Erde errodamendu handiak makina balio anitzeko elementuak dira. Aldagai axial, erradialen eta ondoriozko tentsioen aldibereko transmisioa jasateko kalkulatuta daude.

Barneko hortzak mekanizatutako dituen aukera eskatu da , koroa aparte fabrikatu eta soldatu beharrean. Planteamendu honek denbora eta dirua aurrezten du. Horrela, engranaia diseinatzeko prozesua, fabrikazioa eta mekanizazioa eta koroa eraztunaren barnealdea soldatzeko esfortzua aurrezten da.

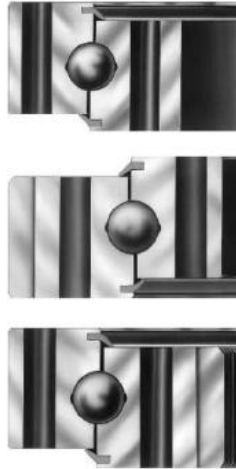
3.3.1.2. *Errodamenduaren diseinua*

Rothe Erde katalogoan diametro handiko errodamenduak eraikitze hainbat diseinu daude, aplikazio eremu desberdinetarako diseinatuta daudenak. Horien artean, KD 320, KD 600, RD 800 eta RD 900 serieak daude, jasoerako egokiak direnak.

Balizko errodamendu guztien artean, dimentsio onargarri txikiena dena eta zutabearen diametroari modu egokia enkajatzeko dena aukeratuko da.

Azkenean, Rothe Erde katalogotik KD 600 seriearen aukeraketa egin da (hilada bakarrekotako boladun lotura birakorra, lau puntuzko kontaktu bidez karga igortzen duena). Gainera, lehen aipatu den moduan, barne hortzekin hautatu da.

Errodamendu mota horien aplikazio eremuak honako hauek dira: altxatzeko teknika eta materiala garraiatzea eta eraikuntza mekanikoak.



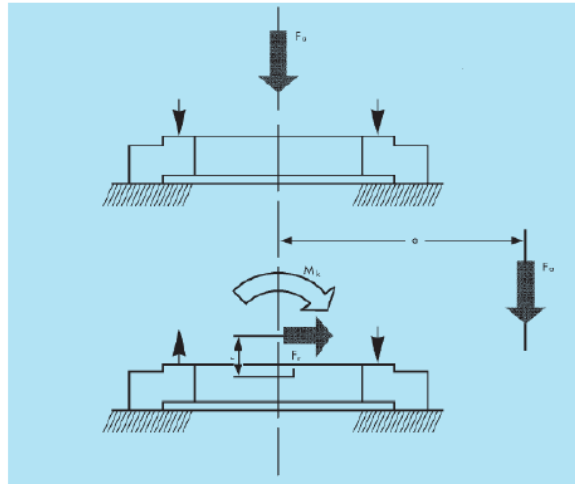
3.53. Irudia: KD 600 seriearen Rothe Erde errodamendua

3.3.1.3. Errodamenduaren gaineko kargak

Aplikazio honetarako egokia den errodamendua hautatzeko, beharrezkoa da karga egoera desberdinetan emango diren tentsioak ezagutzea eta karga faktore ezagunak aplikatzea gailuaren erabileraren arabera.

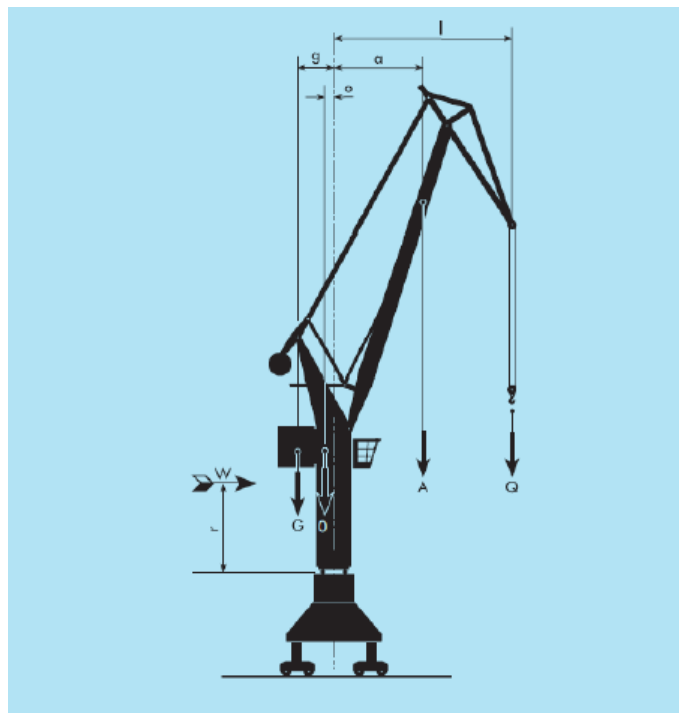
Errodamendu guztiek muga karga eta bizitza erabilgarriaren kurbak dituzte, beraz, beharrezkoa da kargaren baldintzak betetzea eta tamainan ezarritako zehaztapenak aukeratzea, kasu honetan zutabearenak.

Errodamendua hautatzeko, Rothe Erde fabrikatzaileak gomendatutako kalkulu eta dimentsio metodoa jarraituko da. Orokorrean errodamendu handiak modu asentatuan muntatzen dira.



3.54. Irudia: Errodamentuaren tentsio transmisioa

Sortuko diren karga hipotesi ezberdinak lortzeko, beharrezkoa da karga axiala F_a eta M_k muturreko momentua zehaztea.



3.55. Irudia: Errodamentuak jasan ditzakeen eskaeren adibidea

Distantzia maximora (egoera kaltegarriena) altxatuta egongo den karga kontuan hartuta, kontuan hartu beharreko karga hipotesiak hauek izango dira:

1) Zerbitzu karga maximoa haizearen karga barne

Kontrapisurik gabeko kasua:

$$\text{Carga axial: } F_a = Q+A+O$$

$$\text{Par de vuelco: } M_k = Q \cdot l_{\text{máx}} + A \cdot a_{\text{máx}} + W_1 \cdot r_1 + W_2 \cdot r_2$$

(3.160)

Kontrapisudun kasua:

$$\text{Carga axial: } F_a = Q+A_1+A_2+O+G$$

$$\text{Par de vuelco: } M_k = Q \cdot l_{\text{máx}} + A_1 \cdot a_{1\text{máx}} + W_1 \cdot r_1 + W_2 \cdot r_2 + W_3 \cdot r_3 - A_2 \cdot a_{2\text{máx}} - G \cdot g$$

(3.161)

2) Karga proba bakoitzeko% 25eko gehikuntza eta haize-kargarik gabe

Kontrapisurik gabeko kasua:

$$\text{Carga axial: } F_a = 1,25 \cdot Q+A+O$$

$$\text{Par de vuelco: } M_k = 1,25 \cdot Q \cdot l_{\text{máx}} + A \cdot a_{\text{máx}}$$

(3.162)

Kontrapisudun kasua:

$$\text{Carga axial: } F_a = 1,25 \cdot Q+A_1+A_2+O+G$$

$$\text{Par de vuelco: } M_k = 1,25 \cdot Q \cdot l_{\text{máx}} + A_1 \cdot a_{1\text{máx}} - A_2 \cdot a_{2\text{máx}} - G \cdot g$$

(3.163)

3) Gehienezko zerbitzu karga haize karga gabe

Kontrapisurik gabeko kasua:

$$\text{Carga axial: } F_a = Q+A+O$$

$$\text{Par de vuelco: } M_k = Q \cdot l_{\text{máx}} + A \cdot a_{\text{máx}}$$

(3.164)

Kontrapisudun kasua:

$$\text{Carga axial: } F_a = Q + A_1 + A_2 + O + G$$

$$\text{Par de vuelco: } M_k = Q \cdot l_{\text{máx}} + A_1 \cdot a_{1\text{máx}} - A_2 \cdot a_{2\text{máx}} - G \cdot g$$

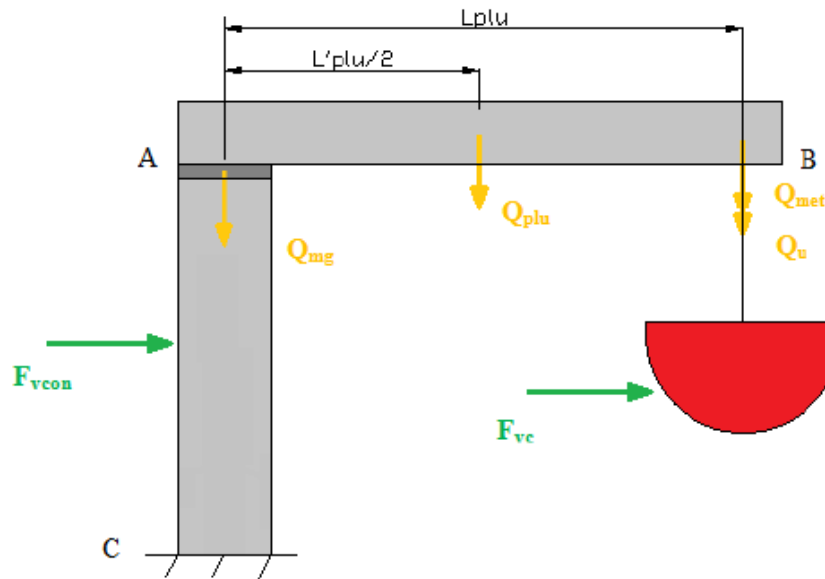
(3.165)

Non:

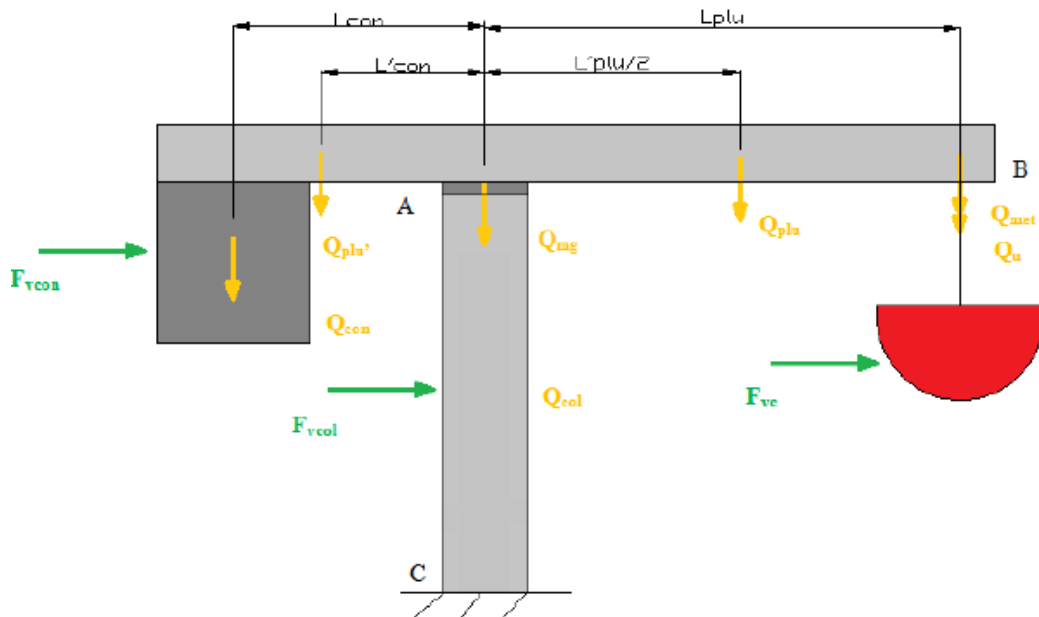
- $Q = Q_u + Q_{\text{met}}$
- $A, A_1 = Q_{\text{plu}}$
- $A_2 = Q_{\text{plu}'}$
- $O = Q_{\text{mg}}$
- $G = Q_{\text{con}}$
- $W_1 = F_{\text{vconA}}$
- $W_2 = F_{\text{vcolA}}$
- $W_3 = F_{\text{vcA}}$
- $l_{\text{máx}} = L_{\text{plu}}$
- $a, a_{1\text{máx}} = L'_{\text{plu}}/2$
- $a_{2\text{máx}} = L'_{\text{con}}$
- $g = L_{\text{con}}$
- $r_1 =$ Zutabearen oinarritik kontrapisuko haizearen indarraren aplikazio punturainoko distantzia
- $r_2 = L_{\text{col}}/2$ (Zutabearen oinarritik zutabearen haizearen indarraren aplikazio punturainoko distantzia)
- $r_3 =$ Zutabearen oinarritik kargaren gaineko haizearen indarraren aplikazio punturainoko distantzia

Egituraren dimentsioan kalkulaturako garabi mota honetarako dagozkion koefizienteak aplikatuko dira.

Horren bidez, erliebea aukeratzeko erabili beharreko gehienezko indar axial eta iraltze momentua kalkulatu ahal izango dira



3.56. Irudia: Kontrapisurik gabeko garabiaren esfortzuak errodamenduaren aukeraketarako



3.57. Irudia: Kontrapisudun garabiaren esfortzuak errodamenduaren aukeraketarako

3.3.1.4. Errodamenduaren aukeraketarako karga faktoreak

Aipatutako kargak dagozkien karga faktoreengatik biderkatu beharko dira, errodamenduaren aukeraketa egin aurretik.

- 1) Karga ahalmen estatikoa

Lortutako kargak f_{stat} faktore batekin biderkatzen dira dagokion aplikazioaren arabera izango dena. Fa' eta Mk' muga karga estatikoaren azpian kokatuta egon behar dira.

Kasu jakin honetan eta biraketa garabi bat dela jakinda, $f_{stat} = 1.25$ izango da.

2) Errodamenduaren bizitza erabilgarria

f_L faktoreaz biderkatutako zerbitzu karga dagokion bizitza erabilgarriko kurbara. Gantxodun garabi biragarri baterako, bizitza erabilgarriari dagokion $f_L = 1,15$ zerbitzu faktorea, 45.000 aldiz biratuko du karga konpletura.

Casos de aplicación	f_{stat}	f_L	Vida útil, giros a plena carga	
Grúa flotante (gancho)	1,10	1,0	30.000	Para el dimensionado estático siempre se deberán considerar las cargas máximas existentes, incluyendo las adicionales y las de ensayo.
Grúa sobre vehículo (gancho)				
Grúa de a bordo (cuchara)				
Mesa giratoria de soldadura				
Piloto giratorio (servicio continuo)				
Grúas torre giro superior	1,25	1,0	30.000	Los coeficientes de seguridad estática (f_{stat} , por ejemplo cargas de ensayo superiores a las normales, cargas de puesta en servicio, etc.) podrán ser inferiores a los indicados solo en casos excepcionales y siempre previa autorización escrita por nuestra parte.
		1,15	45.000	
		1,25	60.000	
giro en base	1,0	30.000	Los valores indicados para „ f_L “ se refieren al caso de máxima carga de servicio y proceden de experiencias obtenidas en la práctica y en ensayos de laboratorio. Si para la determinación del número requerido de giros a plena carga se partiese de una combinación de cargas, de la cual se conoce solo una carga promedio supuesta, se deberán aplicar valores de vida útil más elevados.	
Grúas giratorias (oscilado)				Para aquellos casos de aplicación que no estén reflejados en la tabla, se pueden asumir correspondientemente los valores orientativos pertenecientes a condiciones de servicio similares.
Grúa de astillero		1,15	45.000	*) Para grúas torre con giro en parte superior M_{rot} = par de vuelco antagónico sin carga. M_k = par de vuelco con carga y máxima longitud de brazo.
Transportador giratorio (gancho)				
Cargador/descargador de buques		1,5	100.000	**) Para aquellos casos de aplicación que requieran un dimensionado con $f_{stat} = 1,45$ se deberá dar preferencia absoluta a los modelos de rodamientos con varias hileras de elementos de rodadura, debido a que los esfuerzos medios suelen ser elevados y el servicio frecuentemente duro.
Grúa de acería	1,45**	1,7	150.000	
Grúa sobre vehículo (servicio de cuchara y en general aplicaciones con gran frecuencia de movimiento de cargas)				
Grúa giratoria (cuchara/mán)				
Transportador giratorio (cuchara/mán)				
Puente grúa (cuchara/mán)				
Grúa flotante (cuchara/mán)	2,15		300.000	
Mecanismo principal de giro de rotapalas				
Reto-cargadores				
Apiladores				
Cintas transportadoras en voladizo				
Grúa off-shore	Dimensionado según norma especial			
Grúa de ferrocarril	1,10	Para estos casos de aplicación obtiense la nota adjunta.		Nota: Para estos casos de aplicación varían considerablemente las condiciones de servicio, en especial los periodos de servicio del mecanismo de giro y las cargas que inciden durante el giro. Así, por ejemplo, si los movimientos de giro son poco frecuentes, como en el caso de movimientos de giro ocasionales para la colocación en posición de trabajo, se puede proceder a un dimensionado estático. Por otra parte, si se trata de giros o desplazamientos continuados, el dimensionado se deberá realizar de acuerdo con la vida útil. El dimensionado de acuerdo con la vida útil también puede llegar a ser necesario si el rodamiento tiene que llevar a cabo movimientos relativos, tales como se suelen presentar en cintas de descarga en voladizo en rotapalas.
Grúa de a bordo (gancho)	1,00			
Apiladoras				
Cintas transportadoras en voladizo				
Cintas transportadoras móviles	1,10			
Excavadora de cable/cucharas de arrastre	1,25			
Pala oscilante				
Excavadora hidráulica: con rodamiento tipo KD 3.20	1,25			
Con otros tipos de rodamientos				
Excavadora hidráulica hasta 1,5 m ³	1,45			
Con más de 1,5 m ³	Dimensionado según norma especial			
Carros para cucharas de colada	1,75			

3.30. Taula: Karga faktoreak errodamenduen aukeraketarako

3.3.1.5. Aukeraketaren ezaugarriak

Eramangarritasuna hautatzeko, erreferentziako balioak aurkitu behar dira, karga estatikoaren gaitasunaren eta bizitza erabilgarriaren kurbak aztertzeko.

1) Karga ahalmen estatikoa

Errodamenduaren karga estatikoaren gaitasuna muga karga estatikoaren arabera egiaztatu da, karga segurtasun faktorea kontuan hartuz ($f_{\text{stat}} = 1,25$) garabi mota horri dagokionez fabrikatzailearen arabera.

Dimentsionamendu estatikorako, karga maximoak kontuan hartu behar dira, hau da, 2. Karga suposizioa (gehienezko karga proba bakoitzeko %25eko gehikuntza eta haizearekin kargatu gabe).

2) Errodamenduaren bizitza erabilgarria

45.000 biraketako bizitza erabilgarriko zerbitzu faktore bat ($f_L = 1,15$) erabiliko da fabrikatzailearen arabera.

Errodamendua hautatzeko, 3 karga suposizioa hartu behar da (haize-kargarik gabe gehienezko karga zerbitzua).

Rothe Erde errodamenduen fabrikatzailearen arabera, bizitza erabilgarriaren muga lortzen da biraketaren pareko erresistentzia pixkanaka handitzen denean edo errodamenduaren higadura igotzen bada non errodamenduak bere funtzioa betetzen ez duenean.

Errodamendu handiak zerbitzu baldintza ezberdinetan erabiltzen dira. Zerbitzu motaren arabera, kontuan hartu behar da hautaketa irizpide estatikoen arabera ez ezik, baita karga dinamikoen egoeratik eratorritako aurreikusitako bizitza ere.

Kurben bidez zehaztutako zerbitzu-bizitza, biraketa partzialak edo oso motelak egiten dituzten errodamenduen kasuan soilik aplikatu behar da.

Kurbak, karga maximoarekin, 30000 biratako bizitza erabilgarrian oinarritzen dira.

3) Pernoen kantitate eta kalitateak

Torlojuen kalitatea eta kantitatea gehienezko kargaren arabera zehazten dira, edozein faktore aplikatu gabe, hau da, karga-hipotesiaren arabera.

3.3.1.6. Errodamenduaren aukeraketa

Kasu horietan aurkitutako kargak kontuan hartuta, hurrengo biraketa-errodadurak fabrikatzailearen metodologiaren arabera eta indar axialaren eta iraultze momentuaren baldintzapean betetzen dira.

Lehenengo konfigurazioa: Kontrapisurik gabeko garabia

KD 600, 062.30.1600.000.11.1504 serieko errodamendua

Bigarren konfigurazioa: Kontrapisudun garabia

KD 600, 062.25.1255.500.11.1503 serieko errodamendua

1) Karga ahalmen estatikoa

Karga muga estatikoen fabrikatzailearen tauletan agertzen dira eta seriearen aukeraren baliozkotasuna egiaztatu daiteke.

Grafikoan, abszisa karga axiala (F_a) da eta ordenatua iraulkitze momentua (M_k). Karga estatikoaren balio lokalak kokatuta, hautatutako eragilearen zerbitzu muga kurba azpitik dagoela egiaztatu daiteke.

Horrez gain egiazta daiteke errodamenduaren beheko torloju kopurua eta fabrikatzaileak proposatzen duen kalitatea egokiak diren. Aukeratutako balioak gehieneko karga gisa erabiltzen dira eta grafikoan jartzen dira. Aukeratutako errodamendua kurbaren azpian dagoenez, baliozkoa da.

2) Errodamenduaren bizitza erabilgarria

Grafikoan, abszisa karga axiala (F_a) da eta ordenatua iraulkitze momentua (M_k). Bizitza erabilgarria kalkulaturako balioak jarriz, aukera zuzena dela ikusten da ebaketa puntua hautatutako portuaren muga-kurba azpitik dagoelako.

Errodamenduaren bizitza erabilgarria grafiko berdinean aurki daiteke. Koordinatuaren jatorriarekin batutako lerroa eta aukeratutako eraginaren kurba kasuan karga zehatza adierazten duen puntua luzatu bada, diseinatu diren karga maximoak lortzen dira.

Kurboaren puntu berriaren koordinatuen balioak hasierako balioak dira, bizitza erabilgarriaren bira kopurua kalkulatzeko.

Iraultze momentu eta karga axialaren balio berri hauekin batera bizitza erabilgarriarentzat koefiziente berri bat aurkituko da.

Bizitza erabilgarri berria hurrengo izango da:

$$G = (f_L)^p \cdot 30000$$

(3.166)

Non p balioak determinatzen duen. $p = 3$ bola errodamenduentzat eta $p = 10/3$ rodillo errodamenduentzat. Kasu honetan $p = 3$ izango da.

Hala eta guztiz ere, errodamenduaren bizitza balio hori baino handiagoa izango da, kalkuluak karga maximoarekin egiten direnean, horiek ez direlako beti lortzen.

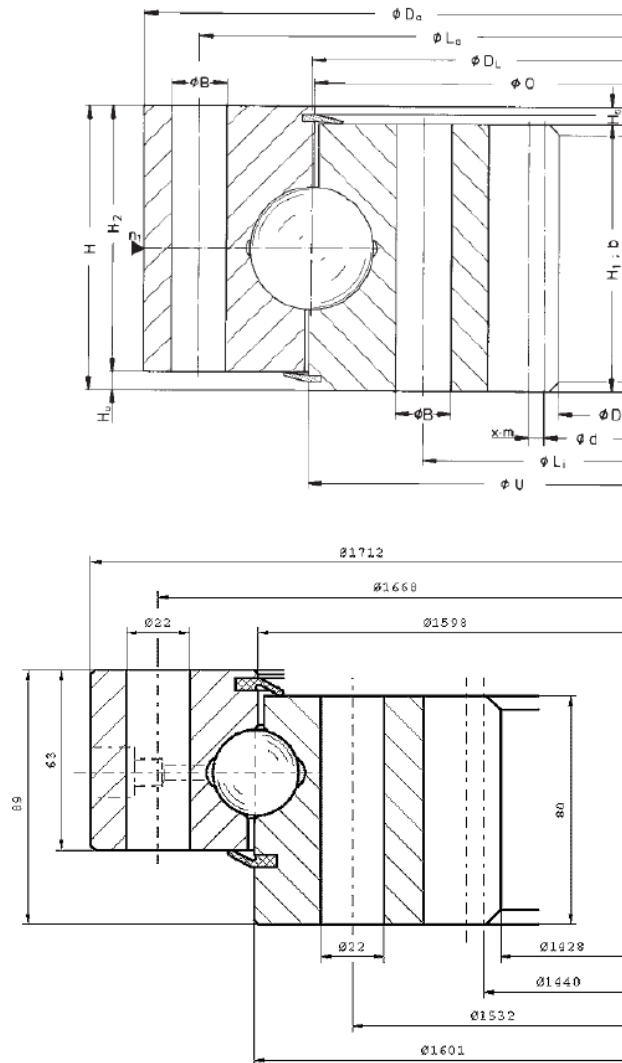
3.3.1.7. Errodamenduaren espezifikazioak

Errodamenduaren ezaugarriak eta dimentsioak honako hauek dira:

Lehenengo konfigurazioa: Kontrapisurik gabeko garabia

BIRAKETA ERRODAMENDUAREN EZAUGARRI ETA DIMENTSIOK			
Rodadura zirkuluaren diametroa	$D_L = 062.30.1600.000.11.1504$ (mm)		
Pisua		334	(kg)
Kanpo diametroa	D_a	1712	(mm)
Barne diametroa	D_i	1428	(mm)
Altuera total	H	89	(mm)
Kanpo taladroen zirkuluaren diamentroa	L_a	1668	(mm)
Barne taladroen zirkuluaren diamentroa	L_i	1532	(mm)
Zirkuloko taladro kant.	N	48	(mm)
Taladro diametroa	B	22	(mm)
Torloju neurria	M	20	(mm)
Engrasadore kant.	n_1	8	(mm)
Diametroa	O	1598	(mm)
Diametroa	U	1601	(mm)
Eratzunaren altuera	H_1	80	(mm)
Eratzunaren altuera	H_2	63	(mm)
Barne eta kanpo eratzunen beheko tartea	H_U	26	(mm)
Barne eta kanpo eratzunen goiko tartea	H_0	9	(mm)
Diametro primitiboa	D	1440	(mm)
Moduloa	M	12	(mm)
Hotz kopurua	Z	120	
Perfil zuzenketa DIN 3960, 10/1976	X·m	-6.0	(mm)
Hortzaren estutzea	K·m	-	(mm)
Hortzaren altuera	b	80	(mm)
Indar tangenzial onargarri normala		60.3	(mm)
Indar tangenzial maximoa		120.6	(mm)
Kurba		35	

3.31. Taula: Errodamenduen dimentsio eta ezaugarriak kontrapisurik gabeko garabian

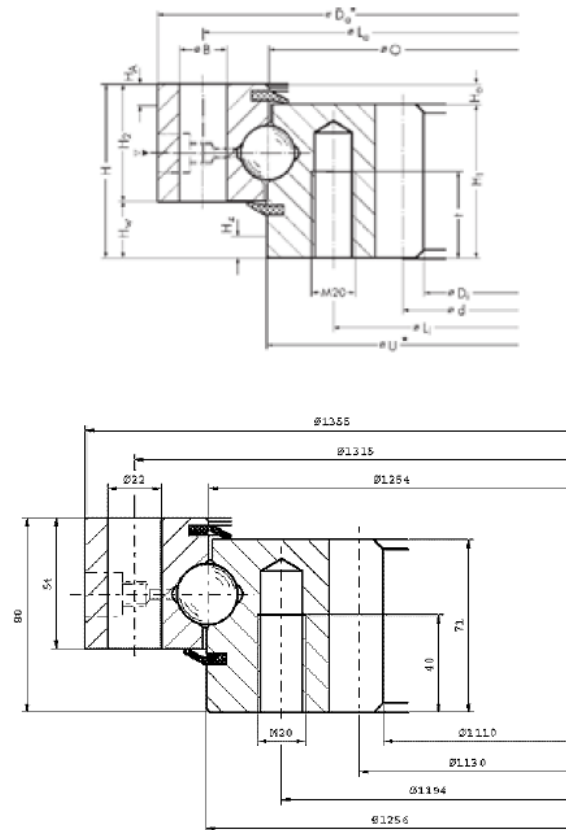


3.58. Irudia: KKD 600 errodamenduaren ezaugarriak kontrapisurik gabeko garabian

Bigarren konfigurazioa: Kontrapisudun garabia

BIRAKETA ERRODAMENDUAREN EZAUGARRI ETA DIMENTSIOAK			
Rodadura zirkuluaren diametroa		$D_L = 062.25.1255.500.11.1503$ (mm)	
Pisua		198	(kg)
Kanpo diametroa	D_a	1355	(mm)
Barne diametroa	D_i	1110	(mm)
Altuera total	H	80	(mm)
Kanpo taladroen zirkuluen diamentroa	L_a	1315	(mm)
Barne taladroen zirkuluen diamentroa	L_i	1194	(mm)
Zirkuloko taladro kant.	N	42	(mm)
Taladro diametroa	B	22	(mm)
Torloju neurria	M	20	(mm)
t	t	40	(mm)
Engrasadore kant.	n_1	6	(mm)
Diametroa	O	1254	(mm)
Diametroa	U	1256	(mm)
Eraztunaren altuera	H_1	71	(mm)
Eraztunaren altuera	H_2	54	(mm)
Barne eta kanpo eraztunen beheko tartea	H_U	26	(mm)
Barne eta kanpo eraztunen goiko tartea	H_0	9	(mm)
Diametro primitiboa	D	1130	(mm)
Moduloa	M	10	(mm)
Hotz kopurua	Z	113	
Perfil zuzenketa DIN 3960, 10/1976	X·m	-	(mm)
Hortzaren estutzea	K·m	-	(mm)
Hortzaren altuera	b	71	(mm)
Indar tangenzial onargarri normala		38.46	(mm)
Indar tangenzial maximoa		76.92	(mm)
Lasaiera	Axial	≤ 0.36	(mm)
	Radial	≤ 0.3	(mm)
Kurba		5	

3.32. Taula: Errodamenduen dimentsio eta ezaugarriak kontrapisudun garabian



3.59. Irudia: KKD 600 errodamenduaren ezaugarriak kontrapisudun garabian

3.3.1.8. Lotura torlojuak

Torlojuen loturak eragin handia du dimentsio handien rodamentuaren bitzta erabilgarrian. Hori dela eta, beharrezkoa da finkapen torlojuak nahikoa dimentsionatu eta aurrez pretentsatuta izatea.

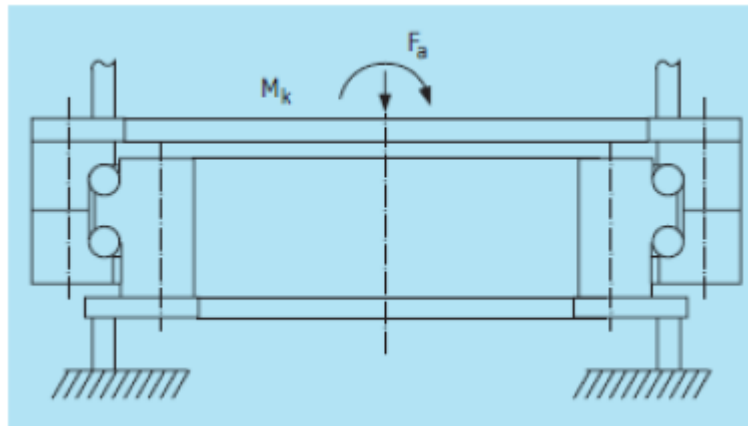
Fabrikatzaileak proposatutako torlojuen kopurua eta kalitatea egokiak diren egiaztatzeko, aukeratutako balioak karga maximo gisa erabiltzen dira eta grafikoan sartzen dira. Aukeratutako errodamendua kurbaren azpitik baldin badago, baliozkoa da.

Eramailaren fabrikatzailearen arabera, kasu guztietan diagrama estatikoetan irudikatzen diren torlojuen muga-kurbak 10.9ko erresistentziari dagozkie. $(5 \cdot d)$ -ko estutze luzera eta elastikotasunaren % 70-aren aurre tentsioa baldintza gisa ezartzen dira.

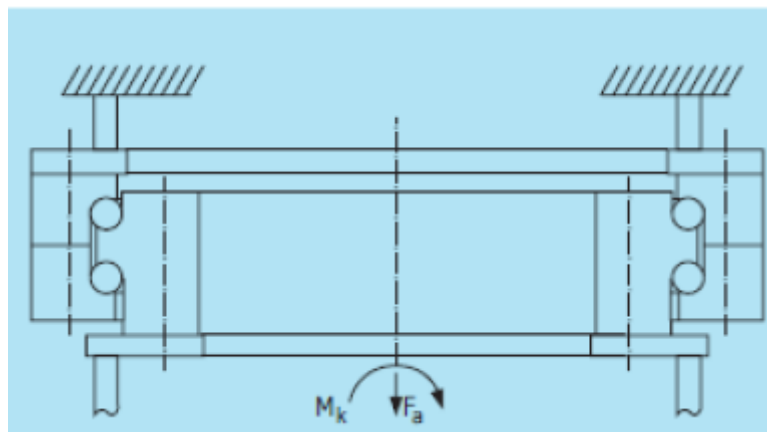
Torlojuen karga-kurbari dagokionez egiaztatzeko helburuarekin, karga maximoa faktoreen aplikaziorik gabe hartzen da.

Rothe Erde fabrikatzailearen arabera, torlojuak hainbat eskakizun bete behar ditu:

- a) F_a karga axialak bere egoeraren bidez jokatzen du eta ez "esekidura bidez", hau da, zerbitzuko F_a -ren ardatz axialak karga axialetik ez ditu torlojuak trakzio indarren menpe jartzen.



3.60. Irudia: Karga axial asentatua



3.61. Irudia: Esekitako karga axial

- b) Torlojuak modu ekidistantean daude banatuta taladroaren zuloetan.
 c) Tamaina handiko eramaileek eta euskarrien egiturak altzairuz eginda daude.
 d) Euskarria lurrezko gainazaletan egin behar da, inoiz ez da finkatutako erretxina sendotuaz egingo.
 e) L_k torlojuen estutze luzera, gutxienez bost aldiz torlojuen diametroa izango da eraztun sendoak dituzten errodamenduetan eta gutxienez hiru aldiz diametroa eraztun perfilatuetan.
 f) Kargak jasaten dituzten torlojuen zatian, gutxienez sei hari egon behar dira.

Estutze-momentuari dagokionez, faktore askoren mende dago, bereziki hariaren marruskadura koefizientea, baita burua eta azkoin euskarria ere.

Rothe Erde katalogoko hari metrikoen torlojuen momentuen taulen arabera, M20 eta 10,9 kalitateko torlojuak $\mu G = \mu K = 0,14$ marruskadura koefizientearekin medioaren momentua = 558 N · m-koa da.

Clase de sujeción según DIN/ISO 898			8.8			10.9			12.9		
Limite de elasticidad $R_{p0,2}$ N/mm ²			640 para \leq M 16 660 para $>$ M 16			940			1100		
rosca métrica ISO DIN 13	área tensionada A_5 mm ²	área del núcleo A_3 mm ²	fuerza de tensado F_N N	con atomillador dinamo métrico M_A Nm	con llave dinamo métrica M_A' Nm	fuerza de tensado F_N N	con atomillador dinamo métrico M_A Nm	con llave dinamo métrica M_A' Nm	fuerza de tensado F_N N	con atomillador dinamo métrico M_A Nm	con llave dinamo métrica M_A' Nm
M 12	84,3	76,2	38500	87	78	56000	130	117	66000	150	135
M 14	115	105	53000	140	126	77000	205	184	90000	240	216
M 16	157	144	72000	215	193	106000	310	279	124000	370	333
M 18	193	175	91000	300	270	129000	430	387	151000	510	459
M 20	245	225	117000	430	387	166000	620	558	194000	720	648
M 22	303	282	146000	580	522	208000	830	747	243000	970	873
M 24	353	324	168000	740	666	239000	1060	954	280000	1240	1116
M 27	459	427	221000	1100	990	315000	1550	1395	370000	1850	1665
M 30	561	519	270000	1500	1350	385000	2100	1890	450000	2500	2250
M 33	694	647	335000	a determinar mediante la medición del alargamiento del tornillo		480000	a determinar mediante la medición del alargamiento del tornillo		560000	a determinar mediante la medición del alargamiento del tornillo	
M 36	817	759	395000			560000			660000		
M 39	976	913	475000			670000			790000		
M 42	1120	1045	542000			772000			904000		
M 45	1300	1224	635000			905000			1059000		
M 48	1470	1377	714000			1018000			1191000		
M 52	1760	1652	857000			1221000			1429000		
M 56	2030	1905	989000			1408000			1648000		
M 60	2360	2227	1156000			1647000			1927000		

* = M_A se modifica al variar μ_k ó μ_k

3.33. Taula: Tentsio indarrak eta estutze momentuak hari metriko normal batekin DIN 13, $\mu G = \mu K = 0,14$.

3.3.1.9. Biraketa errodamenduaren kalkuluen emaitzak

Lehenengo konfigurazioa: Kontrapisurik gabeko garabia

SELECCIÓN DEL RODAMIENTO DE GIRO				
Fuerzas debidas al peso propio que actúan sobre la estructura de la grúa				
		kg		
Q_{plu} (peso propio de la pluma)		2066,86	20275,90	N
Q_{col} (peso propio de la columna)		1367,67	13416,84	N
Q_u (carga útil + accesorios)		8250,00	80932,50	N
Q_{mg} (peso del mecanismo de giro)		830,00	8142,30	N
Q_{met} (peso del polipasto)		700,00	6867,00	N
Fuerzas debidas al viento que actúan sobre la estructura de la grúa				
F_{veolA}		1392,30		N
F_{vcA}		981,00		N
Coefficientes de seguridad				
γ_s (TABLA)		1,06		
C_d (Coeficiente dinámico)		1,02		
Fuerzas a considerar según el fabricante (a máxima distancia)				
		distancias (m)		
$Q = (Q_u + Q_{met}) \cdot \gamma_s \cdot C_d$	$l_{m\acute{a}x}$	8,00	95,30	kN
$A = Q_{plu} \cdot \gamma_s$	$a_{m\acute{a}x}$	4,25	42,98	kN
$O = Q_{mg} \cdot \gamma_s$	O	0,00	8,63	kN
$W_1 = F_{veolA}$	r_1	3,25	1,39	kN
$W_2 = F_{vcA}$	r_2	6,00	0,98	kN
Cargas sobre el rodamiento según las hipótesis de carga (carga levantada a máxima distancia)				
1) Carga máxima de servicio incluyendo carga por viento				
Fuerza axial	$F_a = Q + A + O$		146,92	kN
Par de vuelco	$M_k = Q \cdot l_{m\acute{a}x} + A \cdot a_{m\acute{a}x} + W_1 \cdot r_1 + W_2 \cdot r_2$		955,51	kN·m

2) Carga incluyendo un 25% de incremento por ensayo y sin carga por viento (MÁXIMAS)

Fuerza axial	$F_a = 1,25 \cdot Q + A + O$	170,74	kN
Par de vuelco	$M_k = 1,25 \cdot Q \cdot l_{m\acute{a}x} + A \cdot a_{m\acute{a}x}$	1135,70	kN·m

3) Carga máxima de servicio sin carga por viento

Fuerza axial	$F_a = Q + A + O$	146,92	kN
Par de vuelco	$M_k = Q \cdot l_{m\acute{a}x} + A \cdot a_{m\acute{a}x}$	945,09	kN·m

Factores de carga

Grúa giratoria (gancho)

Factor de carga estático	f_{stat}	1,25	Vida útil, giros a	
Factor de carga dinámico	f_L	1,15	plena carga	45.000

DIMENSIONADO ESTÁTICO - Supuesto de cargas 2 (cargas máximas)

Fuerza axial	$F_a' = F_a \cdot f_{stat}$	213,43	kN
Par de vuelco	$M_k' = M_k \cdot f_{stat}$	1419,62	kN·m

VIDA ÚTIL - Supuesto de cargas 3

Fuerza axial	$F_a' = F_a \cdot f_L$	168,95	kN
Par de vuelco	$M_k' = M_k \cdot f_L$	1086,86	kN·m

F_{a0} (GRÁFICA)	210,00	kN
--------------------	--------	----

M_{k0} (GRÁFICA)	1350,00	kN
--------------------	---------	----

f_L (nuevo coeficiente de vida útil)	F_{a0}/F_a	1,24
--	--------------	------

p (exponente para rodamientos de bolas)	M_{k0}/M_k	1,24
---	--------------	------

	3,00
--	------

Vida útil	$G = (f_L)^p \cdot 30000$	45626,25	giros
-----------	---------------------------	----------	-------

CANTIDAD Y CALIDAD DE LOS TORNILLOS - Supuesto de cargas 2

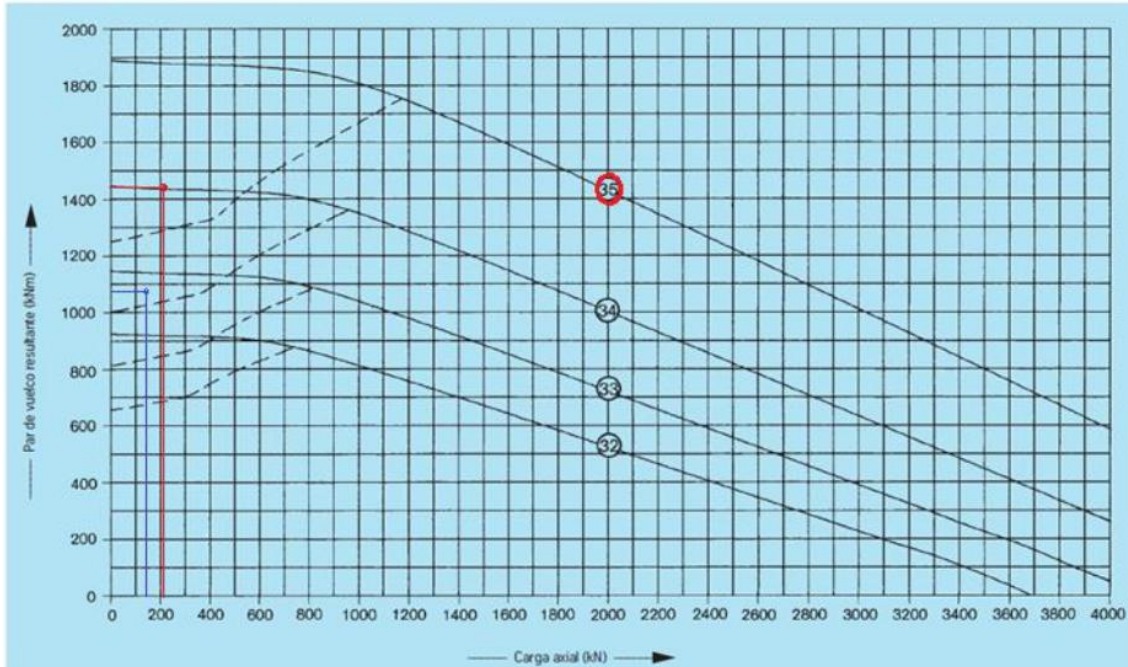
Fuerza axial	$F_a = 1,25 \cdot Q + A + O$	170,74	kN
--------------	------------------------------	--------	----

Par de vuelco

$$M_k = 1,25 \cdot Q \cdot l_{m\acute{a}x} + A \cdot a_{m\acute{a}x}$$

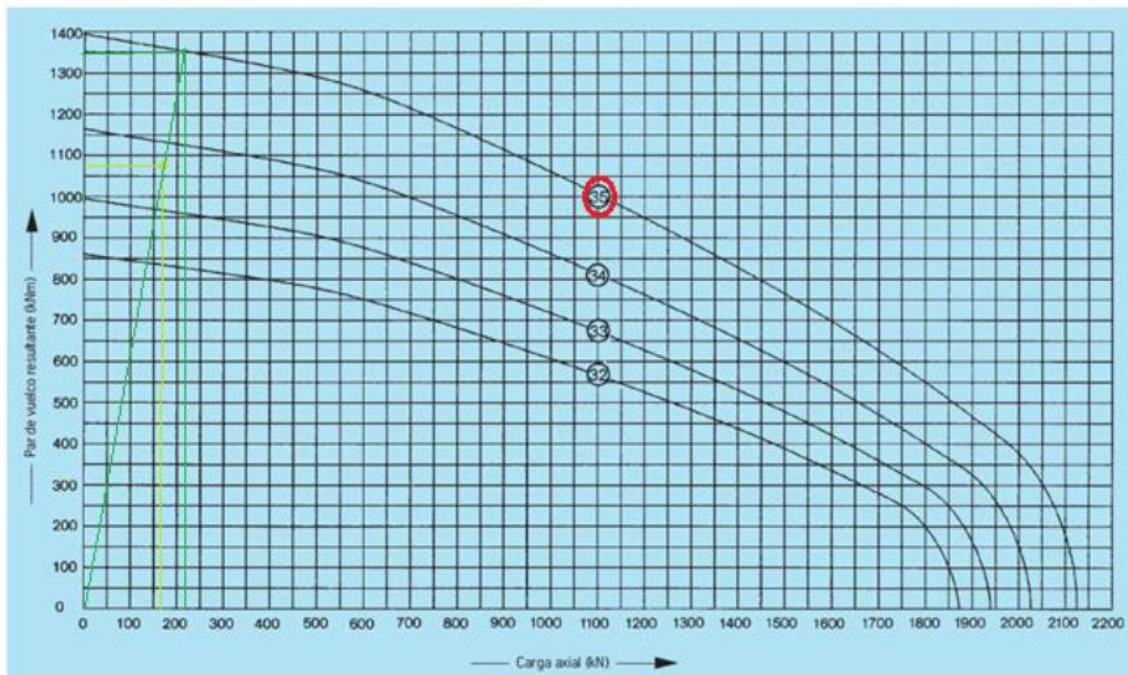
1135,70 kN·m

Estos son los valores a emplear en las gráficas



3.62. Irudia: Mugako karga estatikoen kurbaren garabia kontrapisu gabe

Curvas de vida útil · 30 000 giros



3.63. Irudia: Bizitzako kurba 30000 biratan garabiak kontrapisu gabe

Bigarren konfigurazioa: Kontrapisudun garabia

SELECCIÓN DEL RODAMIENTO DE GIRO				
Fuerzas debidas al peso propio que actúan sobre la estructura de la grúa				
		kg		
Q_{plu} (peso propio de la pluma)		2074,00	20345,94	N
$Q_{plu'}$ (peso propio de la contrapluma)		1342,00	13165,02	N
Q_{col} (peso propio de la columna)		1061,84	10416,65	N
Q_u (carga útil + accesorios)		8250,00	80932,50	N
Q_{mg} (peso del mecanismo de giro)		830,00	8142,30	N
Q_{met} (peso del polipasto)		700,00	6867,00	N
Q_{con} (peso contrapeso)		7000,00	68670,00	N
Fuerzas debidas al viento que actúan sobre la estructura de la grúa				
F_{vconA}		858,38		N
F_{vcolA}		1098,48		N
F_{vcA}		981,00		N
Coefficientes de seguridad				
γ_s (TABLA)		1,06		
C_d (Coeficiente dinámico)		1,02		
Fuerzas a considerar según el fabricante (a máxima distancia)				
		distancias (m)		
$Q = (Q_u + Q_{met}) \cdot \gamma_s \cdot C_d$	$l_{m\acute{a}x}$	8,00	95,30	kN
$A_1 = Q_{plu} \cdot \gamma_s$	$a_{1m\acute{a}x}$	4,25	43,13	kN
$A_2 = Q_{plu'} \cdot \gamma_s$	$a_{2m\acute{a}x}$	2,75	27,91	kN
$O = Q_{mg} \cdot \gamma_s$	O	0,00	8,63	kN
$G = Q_{con} \cdot \gamma_s$	g	4,90	72,79	kN
$W_1 = F_{vconA}$	r_1	6,35	0,86	kN
$W_2 = F_{vcolA}$	r_2	3,25	1,10	kN
$W_3 = F_{vcA}$	r_3	6,00	0,98	kN
Cargas sobre el rodamiento según las hipótesis de carga (carga levantada a máxima distancia)				

1) Carga máxima de servicio incluyendo carga por viento

Fuerza axial	$F_a = Q + A_1 + A_2 + O + G$	247,77	kN
Par de vuelco	$M_k = Q \cdot l_{m\acute{a}x} + A_1 \cdot a_{1m\acute{a}x} + W_1 \cdot r_1 + W_2 \cdot r_2 + W_3 \cdot r_3 - A_2 \cdot a_{2m\acute{a}x} - G \cdot g$	527,21	kN·m

2) Carga incluyendo un 25% de incremento por ensayo y sin carga por viento (MÁXIMAS)

Fuerza axial	$F_a = 1,25 \cdot Q + A_1 + A_2 + O + G$	271,59	kN
Par de vuelco	$M_k = 1,25 \cdot Q \cdot l_{m\acute{a}x} + A_1 \cdot a_{1m\acute{a}x} - A_2 \cdot a_{2m\acute{a}x} - G \cdot g$	702,90	kN·m

3) Carga máxima de servicio sin carga por viento

Fuerza axial	$F_a = Q + A_1 + A_2 + O + G$	247,77	kN
Par de vuelco	$M_k = Q \cdot l_{m\acute{a}x} + A_1 \cdot a_{1m\acute{a}x} - A_2 \cdot a_{2m\acute{a}x} - G \cdot g$	512,30	kN·m

Factores de carga

Grúa giratoria (gancho)

Factor de carga estático	f_{stat}	1,25	
Factor de carga dinámico	f_l	1,15	Vida útil, giros a plena carga 45.000

DIMENSIONADO ESTÁTICO - Supuesto de cargas 2 (cargas máximas)

Fuerza axial	$F_a' = F_a \cdot f_{stat}$	339,49	kN
Par de vuelco	$M_k' = M_k \cdot f_{stat}$	878,63	kN·m

VIDA ÚTIL - Supuesto de cargas 3

Fuerza axial	$F_a' = F_a \cdot f_l$	284,93	kN
Par de vuelco	$M_k' = M_k \cdot f_l$	589,15	kN·m

F_{so} (GRÁFICA)	355,00	kN
M_{ko} (GRÁFICA)	735,00	kN
f_l (nuevo coeficiente de vida útil)	F_{so}/F_a	1,25
	M_{ko}/M_k	1,25

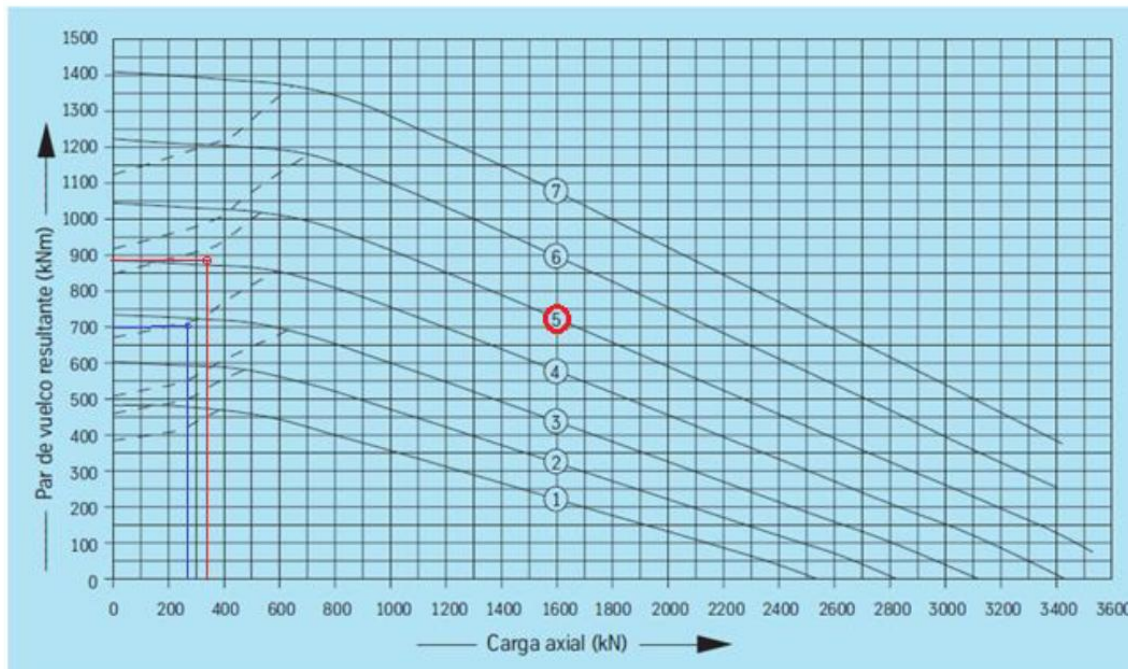
p (exponente para rodamientos de bolas)	3,00		
Vida útil	$G = (f_L)^P \cdot 30000$	58021,78	giros

CANTIDAD Y CALIDAD DE LOS TORNILLOS - Supuesto de cargas 2

Fuerza axial	$F_a = 1,25 \cdot Q + A_1 + A_2 + O + G$	271,59	kN
Par de vuelco	$M_k = 1,25 \cdot Q \cdot l_{m\acute{a}x} + A_1 \cdot a_{1m\acute{a}x} - A_2 \cdot a_{2m\acute{a}x} - G \cdot g$	702,90	kN·m

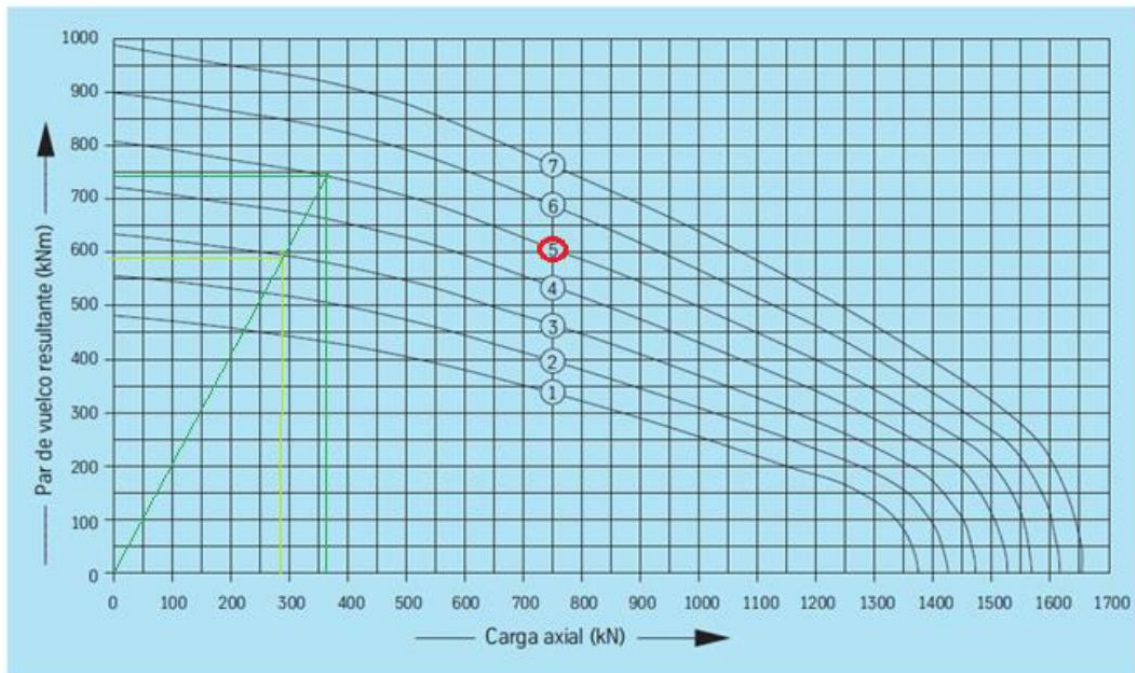
Estos son los valores a emplear en las gráficas

Curvas de carga limite estática ——— pista de rodadura — — — tornillos



3.64. Irudia: Mugako karga estatikoen kurbaren garabia kontrapisu gabe

Curvas de vida útil · 30 000 giros



3.65. Irudia: Bizitzako kurba 30000 biratan garabiak kontrapisu gabe

3.3.2. Motore-erreduktore multzoa

3.3.2.1. Koroaren gaineko eskaerak

Motore- erreduktorearen gain aplikatzen den pare erresistentea beste bi parek osatzen dute: inertziak eta marruskadurak sortutako pare erresistentea, biraketa mugimendua abiarazten duena eta zeharkako haizeak karga, luma, kontraluma eta kontrapisuaren gainean sortzen duen momentu tortsoarea.

Zeharkako haizeak eragiten duen tortsio momentua hurrengoa da:

$$M_V = T_V = F_{vpluA} \cdot (L_{plu}'/2) + F_{vcA} \cdot L_{plu} - F_{vplu'A} \cdot L'_{con} - F_{vconA} \cdot L_{con} \quad (3.167)$$

Aurreko ataletan formula honetako termino guztiak kalkulatu dira

Hastapeneko marruskadura momentua fabrikatzailearen katalogoak iradokitzen duen ekuazioaren arabera kalkulatzen da. Hau da:

$$M_T = \mu/2 \cdot (4,4 \cdot M_k + F_a \cdot D_L) \quad (3.168)$$

Non:

- M_k = Irautze pare erresultantea
- F_a = Karga axiala
- D_L = Errodamenduaren rodadura diametroa
- μ = Kd 600 seriearen marruskadura koefiziente (0.006)

Ondorioz M_k momentua eta F_a karga axiala jada kalkulatu daude errodamenduaren aukeraketaren karga maximoan. Beraz, transmitituko den momentu tortsoarea hurrengoa izango da:

$$M_T = M_V + M_T \quad (3.169)$$

3.3.2.2. Erreduktorearen aukeraketa

Erreduktorearen aukeraketa, redukzio erlazioa, erreduktorearen tamaina eta irteerako momentuen menpe egongo da.

Transmisioa burutzeko lau etapa murriztaile izango dituen erreduktore epizikliko bat aukeratu da, murrizketa maila altuak lortzen baititu eta zerbitzurako diseinu konpaktua mantentzen dutelako. Aukeratzeko, *Bonfiglioli* fabrikatzaileak gomendatutako metodologia jarraituko da.

1) Erredukzio erlazioaren kalkulua

Murrizketan lortu beharreko azken abiadura $n_3 = 0,6 \text{ min}^{-1}$ -ekoa da. $n_1 = 1400 \text{ min}^{-1}$ -ko sarrera abiadura kontuan hartuko da. Beraz, murrizketa-ratioa honela adieraziko da:

$$i_{13} = n_1/n_3 \quad (3.170)$$

Erabilitako engranaiak hortz zuzenekoak dira. Engranai mota hauetarako, koroa eta pinoaren arteko erlazio hau gomendatzen da.

$$1 < i_{23} < 10 \quad (3.171)$$

2) Erreduktorearen kalkulu momentua

Beharrezkoa da kalkulu momentua kalkulatzeko, erreduktorearen aukeraketa egokia egiteko. M_{c2} momentua kalkulatzeko, aplikazioaren funtzio faktoreak eta zerbitzu motakontuan hartuko dira.

- Martxa faktorea

Hurrengo formulak definituko du martxa faktorea:

$$\% ED = 100 \cdot \frac{\sum \text{tiempo de marcha}}{\sum \text{tiempo de marcha} + \sum \text{tiempo de parada}} \quad (3.172)$$

Garabiaren zerbitzua, portukozerbitzu garabia, 4. Posiziokoa dela kontsideratuko da taulan deskribatzen den bezela.

Pos.	Tipo grúa	Mecanismos	E.D. relativo S 3 %	Frecuencia conexión c/h.
1	Grúas de almacén Grúas de taller Grúas de casas de máquinas Grúas de ferrocarriles Grúas flotantes Grúas de a bordo	Elevación Traslación carro Traslación grúa Giro	25 25 25 ó 40 25	150
2	Grúas pesadas de montaje y del taller, más de 5 toneladas de peso de elevación	Elevación Traslación carro Traslación grúa	40 25 25 ó 40	150
3	Grúas para obras y construcciones	Elevación Giro Traslación Traslación carro	40 ó 60 40 40 40	150
4	Grúas para bultos Grúas flotantes y del puerto	Elevación Giro Traslación	40 40 25	150
5	Grúas de puerto con mordazas	Elevación Cerrar Giro Traslación	40 ó 60 40 40 25 ó 40	150 hasta 300
6	Puente de carga	Elevación Cerrar Traslación carro Traslación puente Giro	60 60 60 25 ó 40 40	150
7	Grúas ligeras para empresas siderúrgicas	Elevación Traslación carro Traslación grúas	40 40	300
8	Grúas pesadas para empresas siderúrgicas Grúas para fundición Grúas mezcladas Grúas de garras	Elevación Traslación carro Traslación grúa Giro	60 40 60 40	300
9	Grúas "Stripper" (para sacar los lingotes de los moldes) Grúas para hornos de foso Grúas para hornos de pala móvil Grúas para fraguas	Elevación Giro Traslación carro Traslación grúa Elevación lingotes Tenazas	60 60 60 60 60 60	300 hasta 600

3.34. Taula: Martxa faktorearekiko sailkapena

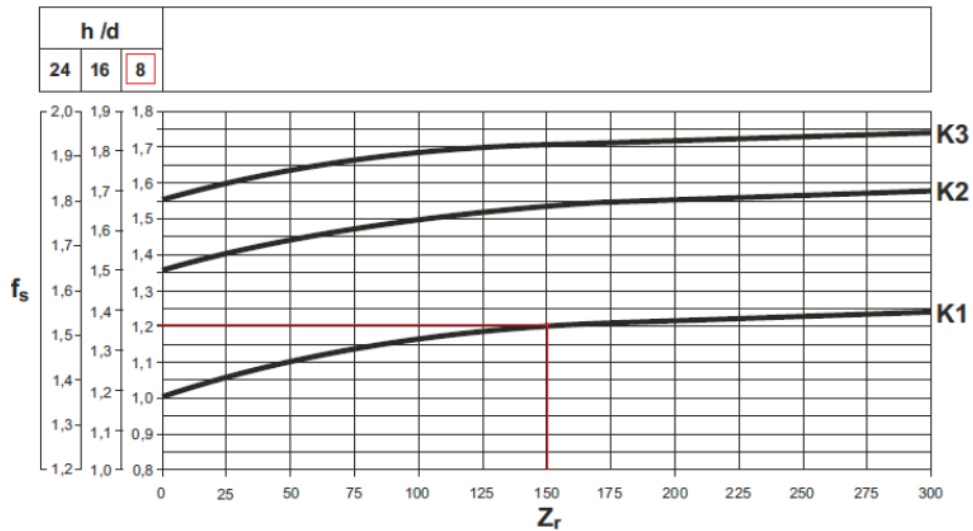
Aplikazio honetan, konexioen maiztasuna $Z_r = 150 \text{ c / h}$ izango da.

- Zerbitzu faktorea

Kontuan hartu beharreko zerbitzu faktoreak eguneko motorraren ordutegiaren araberakoa izango da eta eguneko haste kopuruaren arabera.

Aurreko taulan ikusitakoaren arabera, ordu bakoitzeko konexio kopurua $z_r = 150 \text{ c / h}$ da.

Gailuak egunean 8 orduz funtzionatzen du. K kurbak zerbitzu motarekin erlazionatuta daude: uniforme (K1), mediora (K2) edo astuna (K3). Zerbitzua uniformea dela suposatuko da, K1 kurbari dagokiona. Baldintza hauetan, zerbitzu faktorea $f_s = 1,2$ da.



3.66. Irudia: Zerbitzu faktoreak

- Kalkulu parea

M_{r2} irteera momentuaren balioaz, fabrikatzailearen katalogoa jarraituz zehaztuko da kalkulu parea.

M_{r2} irteera momentua kalkulatzean, tarteko transmisioen errendimenduak kontuan hartu behar dira. Etapa bateko hortz zuzendun engranaien transmisioak $\eta = 0.98$ -ko errendimendua dute; hau da, koroa eta pinoia arteko transmisioa dena. Erreduktorearen kasuan, 4 etapatan egongo da; beraz, bere errendimendua $\eta = 0,90$ izango da.

Erreduktoreak eskatzen duen irteera parea hurrengoa izango da:

$$M_{r2} = \frac{M_3}{i_{23} \cdot \eta_{23}} = \frac{M_{giro}}{i_{23} \cdot \eta_{23}} \tag{3.173}$$

Kalkulu parea beraz,

$$M_{c2} = f_s \cdot M_{r2} \tag{3.174}$$

- Iraunkortasun faktorea

Beharrezko funtzionamenduaren h denbora eta irteerako abiadura n_2 -rekin, iraupen faktorea kalkulatu da. Garabiaren bizitza gutxi gorabehera 6000 ordukoa izango da eta $n_2 = n_1 / i_{12}$.

$$F_{h2} = n_2 \cdot h$$

(3.175)

3) Erreduktorearen aukeraketa

Erreduktorearen tamaina aukeratzeko hurrengo erlazioak bete behar dira:

$$M_{c2} \leq M_{n2}$$



(3.176)

$$F_{h2} \leq n_2 \cdot h$$

(3.177)

Non M_{n2} eta F_{h2} erreduktore bakoitzaren tamainaren araberaako datu teknikoaren tauletan adierazitako balioak.

Aurreaukeraketa bat eginez, 305 L4 serieko erreduktore epizikliko linealak aurreko baldintzak betetzen ditu.

	i	M_{n2} [Nm]						P_1	P_t	n_1	n_{1max}	M_b		
		n_2-h	n_2-h	n_2-h	n_2-h	n_2-h	n_2-h							
1:	10000	25000	50000	100000	500000	1000000	[kW]	[kW]	[min ⁻¹]	[min ⁻¹]	[Nm]			
L1	3.60	4700	4450	4300	4200	3750	3050	60	13	1800	3800	1000	5K	
	4.25	5800	5500	5300	5200	3700	3000	60	13	1800	3800	1000	5K	
	5.33	5600	4900	4400	4400	3600	2950	60	13	1800	3800	1000	5K	
	6.20	4600	3950	3600	3600	3550	2900	60	13	1800	3800	800	5G	
	7.50	3800	3300	3100	3100	3000	2400	60	13	1800	3800	630	5E	
L2	12.5	4700	4450	4300	4200	3250	2650	30	9	2000	4000	400	4K	
	15.3	4700	4450	4300	4200	3250	2650	30	9	2000	4000	330	4H	
	18.1	5800	5500	5300	5200	3650	2950	30	9	2000	4000	400	4K	
	20.8	4700	4450	4300	4200	3100	2500	30	9	2000	4000	260	4F	
	22.7	5800	4900	4400	4400	3600	2950	30	9	2000	4000	330	4H	
	24.5	5500	5400	5300	5200	3450	2800	30	9	2000	4000	330	4H	
	26.4	4600	3950	3600	3600	3550	2900	30	9	2000	4000	260	4F	
	30.8	5600	4900	4400	4400	3600	2950	30	9	2000	4000	260	4F	
	35.8	4600	3950	3600	3600	3550	2900	22.4	9	2000	4000	160	4D	
	38.4	5600	4900	4400	4400	3600	2900	25.5	9	2000	4000	160	4D	
	44.6	4600	3950	3600	3600	3550	2900	18.3	9	2000	4000	160	4D	
	55.8	4100	4000	3600	3600	2900	2400	15.2	9	2000	4000	160	4D	
	L3	53.4	4700	4450	4300	4200	3250	2650	18.8	7.5	2000	4000	100	4B
		63.1	5800	5350	5300	5200	3650	3000	19.4	7.5	2000	4000	160	4D
72.3		4700	4450	4300	4200	3250	2650	14.1	7.5	2000	4000	100	4B	
77.2		5800	5500	5300	5200	3650	2950	16.3	7.5	2000	4000	100	4B	
90.2		4700	4450	4300	4200	3250	2650	11.4	7.5	2000	4000	100	4B	
105		5800	5500	5300	5200	3650	2950	12.3	7.5	2000	4000	100	4B	
113		4600	3950	3600	3600	3550	2900	8.7	7.5	2000	4000	100	4B	
124		4600	3950	3600	3600	3550	2900	8.0	7.5	2000	4000	50	4A	
141		5500	5350	5300	5200	3450	2800	8.9	7.5	2000	4000	100	4B	
152		4600	3950	3600	3600	3550	2900	6.7	7.5	2000	4000	50	4A	
164		5600	4900	4400	4400	3600	2950	7.7	7.5	2000	4000	50	4A	
178		5600	4900	4400	4400	3600	2950	7.2	7.5	2000	4000	50	4A	
190		4600	3950	3600	3600	3550	2900	5.5	7.5	2000	4000	50	4A	
220		4750	4750	4750	4750	3050	2500	4.9	7.5	2000	4000	50	4A	
258		4600	3950	3600	3600	3550	2900	4.1	7.5	2000	4000	50	4A	
276		5600	4900	4400	4400	3600	2900	4.6	7.5	2000	4000	50	4A	
321		4600	3950	3600	3600	3550	2900	3.3	7.5	2000	4000	50	4A	
389		3800	3300	3100	3100	3000	2400	2.2	7.5	2000	4000	50	4A	
402		4600	3950	3600	3600	3550	2900	2.6	6	2000	4000	50	4A	
L4		413	5600	4900	4400	4400	3600	2900	3.2	6	2000	4000	50	4A
	446	5800	5500	5300	5200	3650	2950	3.1	6	2000	4000	50	4A	
	492	5500	5350	5300	5200	3450	2800	2.6	6	2000	4000	50	4A	
	556	5800	5500	5300	5200	3650	2950	2.5	6	2000	4000	50	4A	
	649	4700	4450	4300	4200	3250	2650	1.7	6	2000	4000	50	4A	
	718	4600	3950	3600	3600	3550	2900	1.5	6	2000	4000	50	4A	
	816	5500	5350	5300	5200	3450	2800	1.6	6	2000	4000	50	4A	
	896	4600	3950	3600	3600	3550	2900	1.2	6	2000	4000	50	4A	
	1018	5500	5350	5300	5200	3450	2800	1.3	6	2000	4000	50	4A	
	1098	4600	3950	3600	3600	3550	2900	0.99	6	2000	4000	50	4A	
	1278	5600	4900	4400	4400	3600	2950	1.0	6	2000	4000	50	4A	
	1370	4600	3950	3600	3600	3550	2900	0.79	6	2000	4000	50	4A	
	1586	4750	4750	4750	4750	3050	2500	0.71	6	2000	4000	50	4A	
	185.4	4600	3950	3600	3600	3550	2900	0.59	6	2000	4000	50	4A	
	199.1	5600	4900	4400	4400	3600	2900	0.67	6	2000	4000	50	4A	
	224.3	3800	3300	3100	3100	3000	2400	0.40	6	2000	4000	50	4A	
	279.9	3800	3300	3100	3100	3000	2400	0.32	6	2000	4000	50	4A	

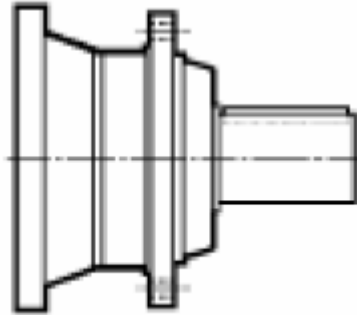
$$M_{2max} = 1.2 \cdot M_{n2} \quad (n_2 - h = 10000)$$

3.35. Taula: Erreduktore epizikliko 305 L Bonfiglioli

3.3.2.3. Erreduktorearen dimentsioak

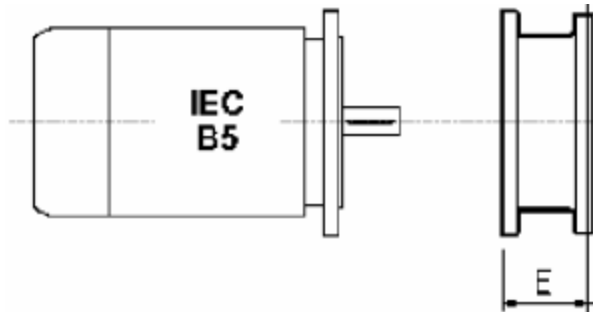
Motore-erreduktorearen fabrikatzailearen katalogoan ikus daitekeen bezala, hainbat sarrera eta irteera mekanismo izan ditzake. Kasu honetan, motore-erreduktorea bertikalki funtzionatzen duen forma sendokoa izango da.

Bertikalki lan egin nahi denez, erreduktorea bridaduna izango da eta ez hankaduna. Hori dela eta, HC irteera aukeratu da non torlojuak jartzeko zuloak dituzten.



3.67. Irudia: Akoplamendua

Sarrera, bere aldetik, akoplamendua izango da motorra erreduktoreari lotzeko. E neurria motorren tamainaren arabera aldatuko da.



3.68. Irudia: Erreduktorearen sarrera

3.3.2.4. Motorearen aukeraketa

1) Motore mota

Marruskadura eraztunak dituzten hiru faseko motore asinkronoak erabiliko dira, garabetan gehien erabiltzen direnak direlako. Merkatuko merkeenak, sendoenak eta fidagarrienak dira, baina abiadura ezin da kontrolatu zehaztasun handiz.

Motorrak ere balazta integratua izan behar du.

2) Zerbitzu mota

Motorra beroari eragiten dion konexio eta deskonekzio sistema baten mende dago Motorraren potentzia kalkulatzeko, makinaren zerbitzuen mota kontuan hartu behar da. Erregimen horiek zerbitzu motak VDE 0530 arabera sailkatzen dira eta motorra aukeratzeko kontuan hartu behar dira.

Kasu honetan, eraztun marrukatzailedun motore asinkronoak (polipastoarenak barne) S3 zerbitzuarekin funtzionatzen dute, hau da, aldizkako zerbitzua hasierak tenperaturan eragin gabe.

3) Forma eraikitzailea

Aukeratutako eraikitze forma B5 da, hankarik gabeko bridekin, ahalik eta multzorik konpaktuena lortzeko.

4) Babesak

Garabia portu batean kokatuko denez, motorra IP44 graduko babesa izango du eta terminal kutxa gutxienez IP 55 gradukoa izango da.

Lehenengo zifrak hautsen aurkako babes maila eta kanpoko kontaktuen sartze maila adierazten du eta bigarrenak uraren sartzearen aurkako babes maila adierazten du.

IP 44: kontaktuen aurkako babes absolutua eta gorputz granulatuaren aurka. Ur txorroren kontrako babesa.

IP 55: kontaktuen aurkako babes absolutua eta hautsen metaketarentzat. Ur txorroren kontrako babesa.

Bestalde, motorra, bertikalki kokatuta egongo dena, atzealdean estalki txikia izango du euria eta gorputz sendoetatik babesteko.

5) Potentzia termikoa

Bonfiglioli fabrikatzailearen arabera, energia termikoaren segurtasun faktorea ebaluatzean, erreduktorearen transmisioaren ratioa 45 baino handiagoa bada, kasu honetan gertatzen dena, ez da beharrezkoa terminoa ebaluatzea, potentzia mekanikoaren segurtasun faktorea baitago potentzia termikoa superatzen duena.

6) Motorearen potentzia kalkulua

M_{r2} momentua ezagututa, n_2 reboluzioak eta η_d errendimendu dinamikoa, sarrera potentzia kalkulatu daiteke:

$$P_{mec} = P_{r1} = \frac{M_{r3} \cdot n_2}{9550 \cdot \eta_{12}} \quad (3.178)$$

Motorearen irteera abiadura izanda:

$$n_2 = n_3 \cdot i_{23} \quad (3.179)$$

7) Motorearen hautaketa

Beharrezkoa da motorren datu teknikoaren tauletan tamaina bat potentzia nominalaren menpe egongo dena hautatzea:

$$P_n \geq P_{r1}$$

(3.180)

Fabrikatzaileak 4 polo edo gehiago dituzten motorrak aukeratzea gomendatzen du. Besterik adierazi ezean, katalogoan adierazitako motorren potentzia P_n da etengabeko zerbitzua S1 izanda. S1 ez diren bestelako baldintzetan erabilitako motorretarako, CEI 2-3 / IEC 34-1 arauari buruzko aurreikusitako zerbitzu mota identifikatu behar da. Bereziki, gaur egungo aplikazioaren zerbitzua S3-25% da. Beraz, bete beharreko baldintza hurrengoa izango da:

$$P_n \geq P_{r1}/f_m$$

(3.181)

Potentzia f_m faktore-gehikuntza ondoko taulatik atera daiteke:

	SERVICIO / DUTY / BETRIEB / SERVICE						
	S2			S3*			S4 - S8
	Duración del ciclo / Cycle duration [min] Zyklusdauer / Durée du cycle [min]			Relación de intermitencia / Cyclic duration factor (I) Relative Einschaltdauer / Rapport d'intermittence (I)			
f_m	10	30	60	25%	40%	60%	Contactar Please contact us Rückfrage Nous contacter
	1.35	1.15	1.05	1.25	1.15	1.1	

3.36. Taula: Zuzentze faktorea zerbitzu motaren arabera

4 P		1500 min ⁻¹ - S1																50 Hz													
		freno c.c. / d.c. brake G.S.-bremse / frein c.c.								freno c.a. / a.c. brake W.S.-bremse / frein c.a.																					
Pn	kW	Image	n	Mn	EFF2	η (100%)	η (75%)	cos φ	In	Is In	Ms Mn	Me Mn	Jm x 10 ⁻⁴ kgm ²	IM B5 $\frac{Q}{K9}$	FD			FA			BA										
															Mod	Mb	Z ₀	Jm	IM B5 $\frac{Q}{K9}$	Mb	Z ₀	Jm	IM B5 $\frac{Q}{K9}$	Mb	Z ₀	Jm	IM B5 $\frac{Q}{K9}$	Mb	Z ₀	Jm	IM B5 $\frac{Q}{K9}$
0.06		BN 56A	4	1340	0.43	46.8	44.2	0.65	0.28	2.5	2.3	2.0	1.5	3.1	FD 02	1.75	10000	13000	2.6	5.2	13000	1.75	10000	13000	2.6	5.0	BA 60	5	9000	4.0	5.8
0.09		BN 56B	4	1350	0.64	51.7	47.6	0.60	0.42	2.6	2.5	2.4	1.5	3.1	FD 02	3.5	10000	13000	3.0	5.6	13000	3.5	10000	13000	3.0	5.4	BA 60	5	9000	4.3	6.2
0.12		BN 63A	4	1350	0.85	59.8	56.2	0.62	0.47	2.6	1.9	1.8	2.0	3.5	FD 02	3.5	7800	10000	3.9	6.8	10000	3.5	7800	10000	3.9	6.6	BA 60	5	8500	5.3	7.4
0.18		BN 63B	4	1320	1.30	54.8	52.9	0.67	0.71	2.6	2.2	2.0	2.3	3.9	FD 03	3.5	7800	10000	3.9	6.8	10000	3.5	7800	10000	3.9	6.6	BA 60	5	8500	5.3	7.4
0.25		BN 63C	4	1340	1.78	65.3	65.0	0.69	0.80	2.7	2.1	1.9	3.3	5.1	FD 03	3.5	7700	11000	6.9	7.8	11000	3.5	7700	11000	6.9	7.5	BA 70	8	9700	7.8	9.0
0.25		BN 71A	4	1380	1.73	63.7	62.2	0.73	0.78	3.3	1.9	1.7	5.8	5.1	FD 03	5.0	6000	9400	8.0	8.6	9400	5.0	6000	9400	8.0	8.3	BA 70	8	8500	8.9	9.8
0.37		BN 71B	4	1370	2.6	66.8	66.7	0.76	1.05	3.7	2.0	1.9	6.9	5.9	FD 03	7.5	4300	8700	10.2	10	8700	7.5	4300	8700	10.2	9.7	BA 70	8	8000	11.1	11.2
0.55		BN 71C	4	1380	3.8	69.0	68.9	0.74	1.55	4.1	2.3	2.3	9.1	7.3	FD 04	10	4100	8000	16.6	12.1	8000	10	4100	8000	16.6	12.0	BA 80	18	7400	18	13.5
0.55		BN 80A	4	1390	3.8	72.0	71.3	0.77	1.43	4.1	2.3	2.0	15	8.2	FD 04	15	2600	5300	27	15.2	5300	15	2600	5300	27	15.1	BA 80	18	7400	23	15.2
0.75		BN 80B	4	1400	5.1	75.0	74.5	0.78	1.85	4.9	2.7	2.5	20	9.9	FD 04	15	2600	5300	27	15.2	5300	15	2600	5300	27	15.1	BA 80	18	7400	28	16.6
1.1		BN 80C	4	1400	7.5	76.4	76.2	0.78	2.66	5.1	2.8	2.5	25	11.3	FD 04	15	2600	5300	27	15.2	5300	15	2600	5300	27	15.1	BA 80	18	7400	28	16.6
1.1		BN 90S	4	1400	7.5	76.5	76.2	0.77	2.70	4.6	2.6	2.2	21	12.2	FD 14	15	4800	8000	23	16.4	8000	15	4800	8000	23	16.3	BA 90	35	6500	28	19.5
1.5		BN 90LA	4	1390	10.3	78.7	78.5	0.77	3.6	5.3	2.8	2.4	28	13.6	FD 05	26	3400	6000	32	19.6	6000	26	3400	6000	32	20.3	BA 90	35	5400	35	21
1.85		BN 90LB	4	1390	12.7	81.0	81.4	0.78	4.2	5.2	2.8	2.6	30	15.1	FD 05	26	3200	5900	34	21.1	5900	26	3200	5900	34	21.8	BA 90	35	5400	37	22.5
2.2		BN 100LA	4	1410	14.9	81.1	81.4	0.75	5.2	4.5	2.2	2.0	40	18.3	FD 15	40	2600	4700	44	25	4700	40	2600	4700	44	25	BA 100	50	4000	52	29
3		BN 100LB	4	1410	20	82.6	83.8	0.77	6.8	5	2.3	2.2	54	22	FD 15	40	2400	4400	58	28	4400	40	2400	4400	58	29	BA 100	50	3800	66	32
4		BN 112M	4	1430	27	84.4	84.2	0.81	8.4	5.6	2.7	2.5	98	30	FD 06S	60	—	1400	107	40	FA 06S	60	2100	107	42	BA 110	75	2000	114	43	
5.5		BN 132S	4	1440	36	86.3	86.4	0.80	11.5	5.5	2.3	2.2	213	44	FD 06	75	—	1050	223	57	FA 06	75	1200	223	58	BA 140	150	1200	263	76	
7.5		BN 132MA	4	1440	50	87.0	87.1	0.80	15.6	5.7	2.5	2.4	270	53	FD 06	100	—	950	280	66	FA 07	100	1000	280	71	BA 140	150	1000	320	85	
9.2		BN 132MB	4	1440	61	88.4	88.6	0.80	18.8	5.9	2.7	2.5	319	59	FD 07	150	—	900	342	75	FA 07	150	900	342	77	BA 140	150	900	369	91	
11		BN 160MR	4	1440	73	88.4	88.8	0.81	22.2	5.9	2.7	2.5	360	70	FD 07	150	—	850	382	86	FA 07	150	850	382	88						
15		BN 160L	4	1460	98	89.9	89.4	0.81	29.7	5.9	2.3	2.1	650	99	FD 08	200	—	750	725	129	FA 08	200	750	710	128						
18.5		BN 180M	4	1460	121	90.0	90.1	0.81	37	6.2	2.6	2.5	790	115	FD 08	250	—	700	865	145	FA 08	250	700	850	144						
22		BN 180L	4	1460	144	90.7	91.1	0.81	43	6.5	2.5	2.5	1250	135	FD 09	300	—	400	1450	175											
30		BN 200L	4	1460	196	91.4	91.7	0.80	59	7.1	2.7	2.8	1650	157	FD 09	400	—	300	1850	197											

3.37. Taula: Bonfiglioli motorearen ezaugarriak

4p zutabearen barnean BN 90LA 4 motorra hartuko da. Gainera, hau bete beharko da:

$$S = P_{n1}/P_n > f_s = 1,2 \quad (3.182)$$

8) Haste potentziaren konprobazioa

Motorra ardatzean masa mugituz sortutako inertzia unea atera behar dugu.

$$I_t = \frac{\sum G_i \cdot r_i^2}{g} \quad (3.183)$$

Non:

- $G_1 = Q_{plu}$
- $G_2 = Q_{plu}'$
- $G_3 = Q_u + Q_{met}$
- $G_4 = Q_{con}$
- r_i = karga bakoitzarekiko distantzia
- g = grabitatearen azelerazioa (9.81 m/s^2)
- t_a = azelerazio denbora (2.5 s)
- n = motorearen abiadura (min^{-1})

$$\varepsilon = \frac{\pi \cdot n}{30 \cdot t_a}$$

$$P_b = \frac{I_t \cdot \varepsilon \cdot n}{716 \cdot \eta}$$

Hau bete behar da:

$$P_{mec} + P_b < P_n \quad (3.184)$$

BN 90LA 4 motorrak azken baldintza hau betetzen ez duenez, potentzia handiagoa duen motorra aukeratu behar da. Kasu honetan, berehalako goi mailako potentziaren motorra eta baldintza hori betetzen duena BN 180M 4 izango da.

3.3.2.5. Motore erreduktoreaen kalkuluen emaitzak

MOTOR-REDUCTOR		
Solicitudión sobre la corona		
F_{vpluA}	2131,95	N
$L'_{plu}/2$	4,25	m
$F_{vplu'A}$	1273,22	N
L'_{con}	2,75	m
F_{vcA}	981,00	N
L_{plu}	8,00	m
F_{vcon}	858,38	N
L_{con}	4,90	m
$M_v = T_v = F_{vpluA} \cdot (L_{plu}/2) + F_{vcA} \cdot L_{plu} - F_{vplu'A} \cdot L'_{con} - F_{vconA} \cdot L_{con}$	9201,37	N·m
μ (coeficiente de rozamiento para rodameinto KD 600)	0,006	
M_k (par de vuelco resultante)	702900,00	N·m
F_a (carga axial)	271590,00	N
D_L (diámetro de rodadura del rodamiento)	1,26	m
$M_r = \mu/2 \cdot (4,4 \cdot M_k + F_a \cdot D_L)$	10300,82	N·m
$M_{giro} = M_v + M_r$	19.502,19	N·m
Elección del reductor		
Reductor epicicloidial de 4 etapas BONFIGLIOLI		
1) Cálculo de la relación de reducción		
n_3	0,60	min ⁻¹ (rpm)
n_1	1400,00	min ⁻¹ (rpm)
$i_{13} = n_1/n_3$	2333,33	
z_3	113,00	
z_2 (20 < z_2 < 21)	20,00	
$i_{23} = z_3/z_2$ (1 < i_{23} < 10)	5,65	
$i_{12} = i_{13}/i_{23}$	412,98	

2) Momento de cálculo del reductor		
2.1) Factor de marcha		
z_r (TABLA)	150,00	c/h
2.2) Factor de servicio		
f_s (TABLA)	1,20	
2.3) Par de cálculo		
η_{23}	0,98	
η_{23} (4 etapas)	0,90	
$M_{r2} = M_3 / (i_{23} \cdot \eta_{23}) = M_{\text{giro}} / (i_{23} \cdot \eta_{23})$	3522,16	N·m
$M_{c2} = f_s \cdot M_{r2}$	4226,59	N·m
2.4) Factor de duración		
Vida esperada de la grúa	6000,00	h
$n_2 = n_1 / i_{12}$	3,39	
$F_{h2} = n_2 \cdot h$	20.340,00	h
3) Selección del reductor		
M_{n2} (TABLA interpolando)	5117,47	N·m
i_{12} (TABLA)	413,00	
$M_{c2} \leq M_{n2} \checkmark$		
Elección del motor		
1) Tipo de motor		
Motor trifásico asíncrono de anillos rozantes con freno incorporado		
2) Tipo de servicio		
Servicio S3		
3) Forma constructiva		
B5, con brida sin patas		

4) Protecciones		
Motor	IP 44	
Caja de bornes	IP 55	
5) Potencia térmica		
Como $i > 45$, no es necesario calcularla		
6) Cálculo de la potencia del motor		
M_{r2}	3522,16	N·m
$n_2 = n_3 \cdot i_{23}$	3,39	
η_{12}	0,90	
$P_{mec} = P_{r1} = M_{r2} \cdot n_2 / 9550 \cdot \eta_{12}$ (potencia de arranque)	1,39	kW
7) Selección del motor		
f_m (TABLA)	1,25	
P_{r1}/f_m	1,11	kW
$P_n \geq P_{r1}/f_m$		
P_{n1} (TABLA) (potencia motor)	1,50	kW
$S = P_{n1}/P_n$	1,35	
$S \geq f_s = 1,2 \checkmark$		
8) Comprobación de la potencia de arranque		
$G_1 = Q_{phu}$	20345,94	N
$L'_{phu}/2$	4,25	m
$G_2 = Q_{phu'}$	13165,02	N
L'_{con}	2,75	m
$G_3 = Q_u + Q_{met}$	87799,50	N
L_{phu}	8,00	m
$G_4 = Q_{con}$	68670,00	N
L_{con}	4,90	m
g	9,81	m/s ²
$I_t =$	788.480,50	
t_a	2,50	s
n_3	0,60	min ⁻¹
$\varepsilon = \pi \cdot n / 30 \cdot t_a$	0,03	

η (TABLA)	0,88	
$P_b = I_r \cdot \varepsilon \cdot n / 716 \cdot \eta$ (potencia necesaria)	18,87	CV
	13,88	kW
$P_{mec} + P_b$	15,27	kW
$P_{motor} \geq P_{mec} + P_b$ ✗		
P_{nl} (TABLA) (potencia motor)	18,50	kW
$S = P_{nl} / P_n$	16,65	
$S \geq f_s = 1,2$ ✓		
$P_{motor} \geq P_{mec} + P_b$ ✓		

3.3.3. Giltzadura malgua

Motore-erreduktorearen eta biraketaren pinoiaren artean akoplamendu malgu bat jarri da. Akoplamenduen funtzioak motorren hasierako txokeak eta balaztatzeak amortiguatzea da, zuhaitzaren muturren posizio erlatiboak bermatzea eta edozein baldintzetan dilataturako tenperatura desberdina dela eta.

Hortz malguko akoplamendu bat edo hortz makurrak dituen dimentsio txikiak baititu. 1,5º-ko desoreka handiak konpentsatzeko gai da eta lau elementu ditu nagusiki: kanpoko eraztunak, kuboak, retenak eta eraztun elastikoak.

Neurri egokiena aukeratzeko, jarraitu beharrekoa honako hau da Escogear fabrikatzailearen katalogoaren arabera:

- a) Zehaztu Escogear fabrikatzaile horren gehieneko mekanizazioa akoplatu behar den ardatzik handienaren diametroa baino handiagoa edo berdina izan dadin.
- b) Egiatzatu aukeraketa, transmititu beharreko momentuaren arabera, formula hau jarraituz.

$$T \text{ (N}\cdot\text{m)} = \frac{9550 \cdot P \cdot F_u}{n}$$

(3.185)

Non:

- P = Potentzia
- N = Biraketa abiadura (rpm)
- F_u = unitate motaren arabera zehazten den zerbitzu-faktorea (38 taula)

APLICACIONES		MÁQUINA MOTRIZ			
		Motores eléctricos, Turbinas	Motores hidráulicos Arrastre por engranajes	Mot. de explosión Mot. eléctricos con arranques frecuentes	
MÁQUINA RECEPTORA	CARGAS UNIFORMES	Compresores eléctricos - Bombas y compresores centrífugos - Ventiladores centrífugos y de paletas; ventiladores axiales - Mandos auxiliares de máquinas - herramientas - Cintas transportadoras y cadenas con carga uniforme, escaleras mecánicas - Agitadores de líquidos homogéneos - Llenadoras de botellas.	0,8 hasta 1,25	1 hasta 1,5	1,25 hasta 1,75
	CHOCOS MODERADOS	Compresores de lóbulos (volumétricos) - Ventiladores para minería - Bombas de engranajes y de lóbulos rotativos - Compresores de paletas - Mandos principales de máquina - herramienta - Cintas transportadoras y de cadenas, con carga no uniforme - Transportadores de cangilones y de tornillos sin fin - Elevadores, grúas y cabrestantes - Tambores de arrollamiento de cables bobinadoras - Agitadores de líquidos no homogéneos - Hélices de barco - Molinos de pulpa.	1,25 hasta 1,5	1,5 hasta 1,75	1,75 hasta 2
	CHOCOS IMPORTANTES	Generadores para soldadura - Bombas y compresores de pistones - Máquinas de lavar - Dobladoras, cizallas, prensas de embutición, taladradoras - Descortezadoras (peladoras), calandras, prensas de papel, máquinas de cerámica, hornos para cemento - Molino para minerales y piedras, molinos para caucho - Laminadores - Líneas de alimentación - Trefiladoras, estiradoras y calandras - Material móvil.	1,5 hasta 2	1,75 hasta 2,25	2 hasta 2,5

3.38. Taula: Akoplamendu zerbitzu faktorea

Beraz,

$$T \text{ (N}\cdot\text{m)} = \frac{9550 \cdot 18,5 \cdot 2}{0,6} = 588.916,67 \text{ N}\cdot\text{m}$$

(3.186)

3.3.4. Biraketa pinoiaren kalkulua

3.3.4.1. Sarrera

Engranajearen transmisioa 1 eta 8 arteko erlazioa izango duten ardatz paralelokoak dira. Barruko engranaje simple bat da.

Transmisio zerbitzua erabiltzeko mekanismo orokorreko engranaje gisa definitu daiteke, talka moderatua eta segurtasun faktore normala izango dituen. Z1 pinonaren hertz kopurua 20-koa izango da ahalik eta murrizketa handiena lortzeko. Hornitzaileak baliozko modulua duen koroa ematen du:

$$m_0 = 10$$

(3.187)

Lerro berdinean, koroa berdina izango den hartzaren zabalera ere aukeratu da. Horrela, estaldura zuzena ziurtatzen da eta hartzaren oinarrian esfortzuak txikitzen dira.

Koroaren mekanizazioa x desplazamendu batekin egingo da DIN 3960 araudiaren arabera.

$$x = -0,5 \cdot m$$

(3.188)

Hornitzailearen katalogoaren arabera, normalizatutako materialentzat eta termikoki tratatutako materialentzat, eraztun horzdunaren kasuan bezala, balio onargarri hauek hartzen dira:

Materialaren makurdurako tentsio onargarria	
Karga normala	130 N/mm ²
Karga maximoa	260 N/mm ²

3.39. Taula: Akoplaturiko pinoiaren tentsioak

Biraketa engranaia F-516 altzairu gogortuaz (217 HB gogortasuna eta 720 MPa trakzioko erresistentziduna) fabrikatzen da. Honek shock-karga moderatuak eta segurtasun faktore arrunta jasan ditzake. ISO zehaztasuna gutxienez 6-koa izango da.

3.3.4.2. Biraketa pinoiaren dimentsionamendu geometrikoa

Eraso pinoiaren geometria zehazten da biraketaren beheko koroaren hortzen ezaugarrien arabera, honako balioekin:

$$\alpha_0 = 20^\circ \quad (3.189)$$

$$m_0 = 10 \quad (3.190)$$

Engranaia hortz zuzenekoa izango denez, koroa eta eraso pinoiaren arteko erlazioa balio hauen artean egon behar du:

$$1 < i_{23} < 10 \quad (3.191)$$

Koroaren hortz kopurua 113-koa izango da. Engranaje motaren arabera, pinoiaren hortz kopurua 20 eta 21 artekoa izan behar da. Hori dela eta, pinoia eta koroaren arteko transmisio-erlazioa hurrengoa izango da:

$$i_{23} = z_3/z_2 \quad (3.192)$$

Kanpo engranai zuzen zilindrikoei dagokien kontzeptu eta erlazioa geometrikoak barrukoarentzat ere balio dute. Bi gauza soilik hartu behar dira kontuan:

- Koroan hortz kopurua negatiboa izan behar da. Hori dela eta, ardatzaren eta diametroen arteko distantzia negatiboa da.
- Tresnaren desplazamendua koroaren eraikuntzaren prozesuan buruaren norabidean positiboa da.

Interferentziari dagokionez, barne engranai zilindrikoa desberdintasunak ditu.

- Interferentzia nagusia: gurpileko hortzaren oinaren eremuak nahikoa hegalkak izan behar ditu bata bestearekin enkajatzeko. Engranai zilindrikoen kondizio kritikoa da.
- Bigarren mailako interferentziak: Pinoi bat, koroaren diametro antzekoduna, engranatzean gertatzen da eta buruen interferentzian oinarritzen da. Hori gerta ez dadin, koroa eta pinoiaren arteko hortzen aldea adierazpen honek emandakoa izan behar da:

$$z_3 - z_2 \geq [z_3 - z_2]_{\text{lim}} = \frac{h_a}{m_0} (64,5 - 3 \cdot \alpha + 0,054 \cdot \alpha^2)$$

$$z_3 - z_2 = 113 - 20 = 93$$

$$[z_3 - z_2]_{\text{lim}} = \frac{h_a}{m_0} \cdot (64,5 - 3 \cdot \alpha + 0,054 \cdot \alpha^2) = \frac{h_a}{m_0} = \frac{15}{10} \cdot (64,5 - 3 \cdot 20 + 0,054 \cdot 20^2) = 39,15$$

mm

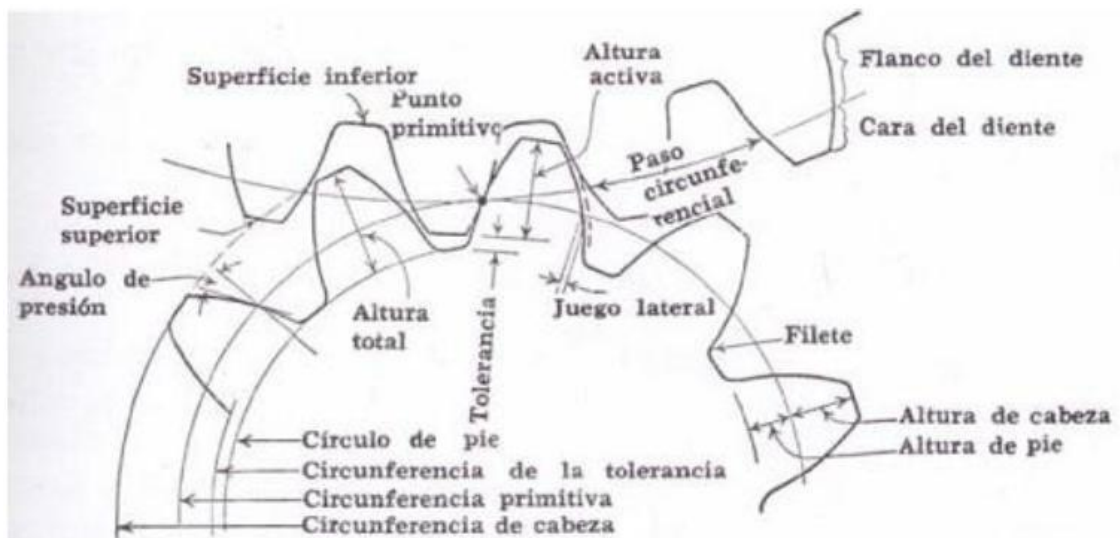
(3.193)

Aurreko baldintza betetzen denez, bigarren mailako interferentziak ez dira gertatuko.

$X_2 = -0.5$ -ko koroaren desplazamendua kontsideratuko da, beraz, pinoiaren desplazamendua $x_1 = 0$ izango da.

Aipatu den moduan, barneko engranajeen desplazamendu positiboa gurpilaren erdialdera bideratzen da, kanpoko engranaietan ez bezala. Horrela, kontrakoak izan behar direla kontsideratuko da hortz zuzenen engranai zilindrikoak.

Hurrengo taulan transmisioaren parametro geometriko eta eragileak agertzen dira engranai zilindriko zuzenenak:



3.69. Irudia: Hortz zuzeneko engranaien izendapena

Parámetros	Piñón (1)	Rueda (2)
De generación Relación de transmisión Ángulo de presión Ángulo de inclinación	$i = z_2/z_1 = d_2/d_1 = d_{b2}/d_{b1} = d_2'/d_1'$ $\alpha_n = \alpha_0$ (normal); $\text{tg}\alpha_t = \text{tg}\alpha_0/\cos\beta$ (transversal) β	
Número de dientes Diámetro primitivo Desplazamiento	z_1 $d_1 = z_1 \cdot m_0$ $x_1 \cdot m_0$	z_2 $d_2 = z_2 \cdot m_0$ $x_2 \cdot m_0$
De definición Diámetro de base Paso de base (transversal) Espesor de base (transversal) Altura de cabeza Juego circunferencial Altura de pie Altura total Diámetro de cabeza Diámetro de pie	$d_{b1} = z_1 \cdot m_0 \cdot \cos\alpha_0$ $p_{bt} = \pi \cdot m_0 \cdot \cos\alpha_0$ $s_{b1} = (\pi \cdot m_0)/2 + 2 \cdot x_1 \cdot m_0 \cdot \text{tg}\alpha_0$ $h_{a1} = m_0 \cdot (1+x_1)$ $j = 0,25 \cdot m_0$ $h_{p1} = m_0 \cdot (1,25-x_1)$ $h_1 = h_{a1} + h_{f1}$ $d_{a1} = d_1 + 2 \cdot h_{a1}$ $d_{p1} = d_1 - 2,5 \cdot m_0$	$d_{b2} = z_2 \cdot m_0 \cdot \cos\alpha_0$ $p_{bt} = \pi \cdot m_0 \cdot \cos\alpha_0$ $s_{b2} = (\pi \cdot m_0)/2 + 2 \cdot x_2 \cdot m_0 \cdot \text{tg}\alpha_0$ $h_{a2} = m_0 \cdot (1+x_2)$ $j = 0,25 \cdot m_0$ $h_{p2} = m_0 \cdot (1,25-x_2)$ $h_2 = h_{a2} + h_{f2}$ $d_{a2} = d_2 + 2 \cdot h_{a2}$ $d_{p2} = d_2 - 2,5 \cdot m_0$
Distancia nominal Distancia de tallado	$d_0 = m \cdot (z_1+z_2)$ $d_c = d_0 \cdot (1+B)$ $B = 2 \cdot (x_1+x_2)/(z_1+z_2)$	
De funcionamiento Ángulo de funcionamiento Distancia de funcionamiento Radio polar Recubrimiento frontal	$\arccos\alpha_v = \cos\alpha/(B_v+1)$ $B_v = B/(1+13 \cdot B)^{1/4}$ $a' = (d_{b1}+d_{b2})/(2 \cdot \cos\alpha_v)$ $R' = (d \cdot \cos\alpha)/(2 \cdot \cos\alpha_v)$ $e_a = \frac{z_1}{2\pi} \cdot \left[\sqrt{\left(\frac{d_{a1}}{d_{b1}}\right)^2 - 1} - \text{tg}\alpha_v \right] + \frac{z_2}{2\pi} \cdot \left[\sqrt{\left(\frac{d_{a2}}{d_{b2}}\right)^2 - 1} - \text{tg}\alpha_v \right]$	
Diámetro de funcionamiento Juego de pie	$d'_1 = d_{b1}/\cos\alpha_v$ $c_1 = a' - (d_{a1}+d_{p1})/2 \geq 0,25 \cdot m_0$	$d'_2 = d_{b2}/\cos\alpha_v$ $c_2 = a' - (d_{a2}+d_{p2})/2 \geq 0,25 \cdot m_0$

3.40. Taula: Engranai zilindriko zuzenen formulak

3.3.4.3. Konprobazioak

Engranai baten porrota bi arrazoiengatik gerta daiteke: lehenengoa, hortzaren haustura gehiegizko tentsioagatik (porro katastrofikoa) eta bigarrena, hortzen hegaletan gehiegizko higadura (porrota progresiboa).

1) Hortzaren oinaren nekerako konprobazioa (Lewis)

Engranaje zilindrikoetarako kalkuluen araua ISO 6336 da. Begiratu behar da engranajeen hortzak jasaten dituzten tentsioei aurre egiteko gai den konprobatu behar da hortzaren oinetan eskaera hau betez:

$$\sigma_F = \sigma_{F0} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{F\beta} = \frac{F_t}{b \cdot m_0} \cdot Y_F \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{F\beta} \quad (3.194)$$

Non:

- σ_{F0} = Hortzaren oinarri nominala duen tentsioa, hortzaren oinarrian gehieneko tentsio nagusiari dagokionez, akatsik gabeko engranaje bikotea momentu nominalarekin eta aurretik tentsiorako baliorik gabe kargatzen dena.

Ikusten den bezala, haustura tentsioa zehaztu beharreko hainbat koefizienteen eta faktore desberdinekin lotuta dago, bai diseinua, bai zerbitzua.

Indar tangenziala (F_t): Pinoiaren eta koroaren kontaktu-indarraren osagai tangenziala.

M_{giro} , momentu tortsore totala, koroak transmititutakoa aurrez kalkulatu den motore-erreduktore muntaiari dagokion atalean dago kalkulatu.

$$F_t = \frac{M_{giro}}{\frac{d'_2}{2}} \quad (3.195)$$

Kontuan izan behar da erabilitako diametro primitiboa koroaren dela, aurreko torsio momentua koroa aplikatzen delako.

Forma faktorea (Y_F): Kontuan hartzen du hortzaren oinarriaren forman eragiten duela hortzaren oinarrian tentsio nominala duen eraginean, hortzetako kontaktuaren muturrean dagoen aplikatutako karga batekin. Faktore hau hortz kopurua, desplazamendu koefizientea eta presio angelu normalaren funtziopean egongo da. Hori dela eta, pinoia eta kororako desberdina da.

DIN 3990-eko grafikoa erabiltzen da:

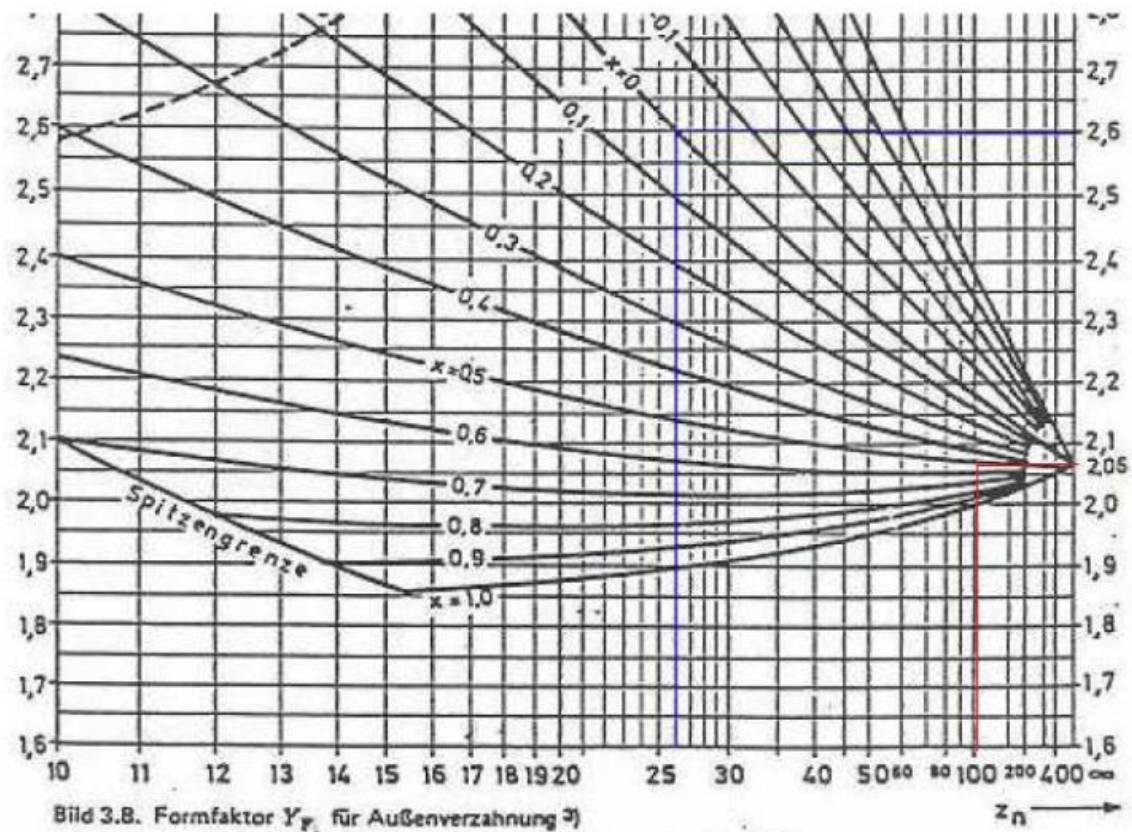


Bild 3.8. Formfaktor Y_F für Außenverzahnung $\alpha) \alpha_n = 20^\circ; h_a/m_n = 1,0; h_{s0}/m_n = 1,25; \rho_{s0}/m_n = 0,375$

3.70. Irudia: Y_F forma faktorea

Pinoiaren hortzak: $x_1 = 0$ -rako $z_1 = 20 \rightarrow Y_{F1} = 2.8$

Koroaren hortzak: $x_1 = 0.5$ -rako $z_1 = 113 \rightarrow Y_{F1} = 2.07$

Estalduraren koefizientea (Y_ϵ): faktore hau aurrealdeko estalduraren alderantzizkoa da, beraz, berdina da pinoia eta koroan.

$$Y_\epsilon = \frac{1}{\epsilon_\alpha}$$

(3.196)

$$\epsilon_\alpha = \epsilon_a = \frac{z_1}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\sqrt{\left(\frac{d_{a1}}{d_{b1}}\right)^2 - 1} - \text{tg} \alpha_V \right] + \frac{z_2}{2 \cdot \pi} \cdot \left[\sqrt{\left(\frac{d_{a2}}{d_{b2}}\right)^2 - 1} - \text{tg} \alpha_V \right]$$

(3.197)

Engranaje helikoidalen koefizientea (Y_β): Konpentsatzen du bihurgune hortzetako oinarriaren bihurgunearen momentuaren intentsitatea dela, kontaktu-lerroaren labeli dagokionez, engranaje zuzenen kasuan baino txikiagoa. Koefiziente hau β_0 joera

primitiboaren angeluaren arabera da, hau da, engranaje helikoidalaren kasuan bakarrik aplikatzen da.

Hortz zuzendunen engranaiei kasuan, $Y_{\beta} = 1$.

Aplikazio edo zerbitzu faktorea (K_A): faktore hau kontuan hartzen da sarrerako edo irteerako momentuetan kanpoko eraginak direla eta.

Working characteristic of driving machine	Working characteristic of driven machine			
	Uniform	Light shocks	Moderate shocks	Heavy shocks
Uniform	1,00	1,25	1,50	1,75
Light shocks	1,10	1,35	1,60	1,85
Moderate shocks	1,25	1,50	1,75	2,00
Heavy shocks	1,50	1,75	2,00	$\geq 2,25$

3.41. Taula: K_A aplikazio faktorea

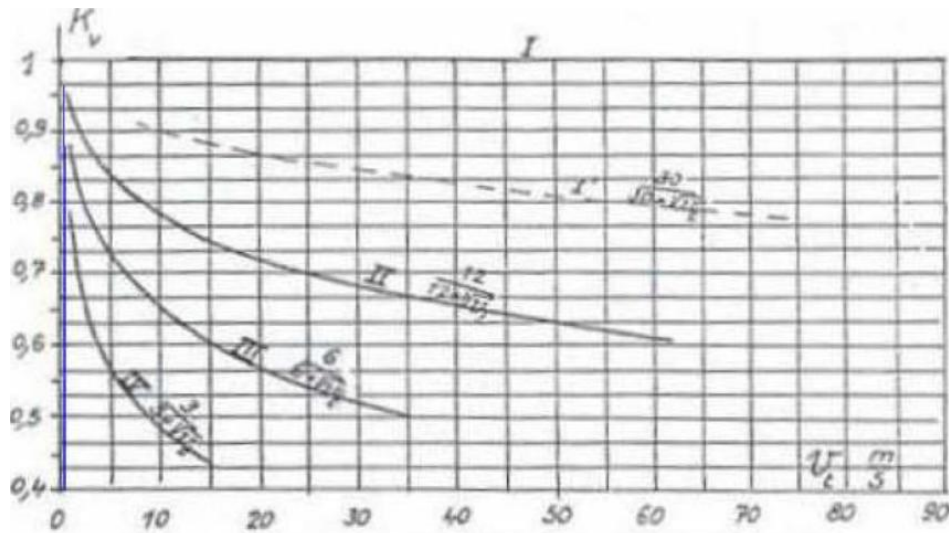
Zerbitzu uniformeak kontsideratuko da, $K_A = 1$ zerbitzu faktore bat lortuz.

Engranaje dinamikoa edo abiadura (K_V): faktore honek kontuan hartzen du karga handitzen dela engranaje irregularren ondorioz, benetan gertatzen den engranajeen transmisioaren ondorioz gertatzen diren barruko efektu dinamikoa direla eta hortzak gertatzen direnean azaltzen diren deformatuaz.

K_V engranaje ISO-aren kalitatearen eta engranajeen abiadura tangentialaren arabera da:

Curva	Calidad ISO
I	Hasta 4
I'	5 con buenas condiciones de montaje
II	5 y 6
III	7, 8 y 9
IV	10 y más

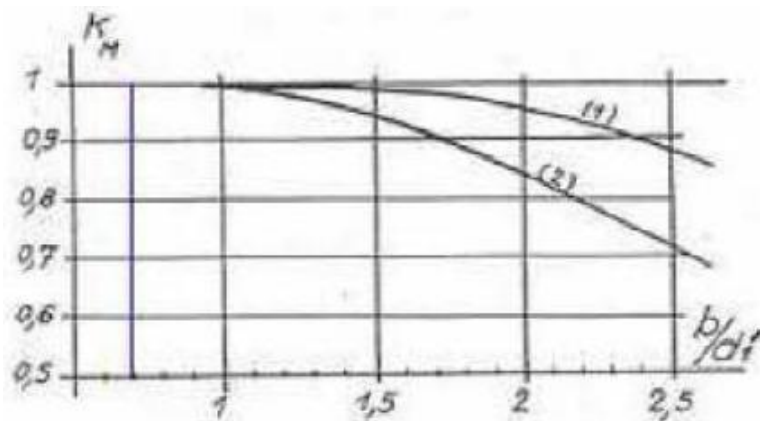
3.42. Taula: Iso-ren arabera kurba mota



3.71. Irudia: K_V abiadura faktorea

$V_t = 0,32$ m/s (abiadura nominala) abiadura tangentialarekin, $K_V = 1$ abiadura-faktorea da.

Karga-banaketa faktorea ($K_{F\beta}$): faktore honek kontuan hartzen du karga-banaketa desberdina aurpegiaren zabaleran hortzaren oinarrian sortzen den tentsioan. $K_{F\beta}$ -ren balioa hortzen zabaleraren eta lanaren diametroaren arteko erlazioaren araberakoa izango da eta hortzak muturrak izan daitezke ala kargak gehiegizko kontzentrazioa saihesteko.



3.72. Irudia: $K_{F\beta}$ distribuzio faktorea

Grafikoak adierazten du bai koroa eta pinoiarentzat, $K_{H\beta} = 1$ balioa. Hortz baten oinean eskaera motaren arabera azaldutako balioak ordezkatzuz, tentsioak hortzen oinean, pinoian eta koroan lortzen dira.

Pinoiarentzat:

$$\sigma_{F1} = \sigma_{F0} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{F\beta} = \frac{F_t}{b \cdot m_0} \cdot Y_{F1} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{F\beta}$$

(3.198)

Koroarentzat:

$$\sigma_{F2} = \sigma_{F0} \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{F\beta} = \frac{F_t}{b \cdot m_0} \cdot Y_{F2} \cdot Y_\varepsilon \cdot Y_\beta \cdot K_A \cdot K_V \cdot K_{F\beta}$$

(3.199)

Ondoren, egiaztatu behar da sortutako karga engranaietan gehienez ere onargarria dela.

Hortzaren oinetan nekearekiko erresistentzia, engranajeen eraikuntzako materialaren indarra teorikoa gutxitzen duten hainbat faktoreen menpe dago.

Formula orokorra hurrengoa da:

$$\sigma_{FG} = \sigma_{Flim} \cdot Y_{ST} \cdot Y_{NT} \cdot Y_{\sigma_{relT}} \cdot Y_{RrelT} \cdot Y_X$$

(3.200)

Non:

Nekea oinaren oinean (σ_{Flim}): onargarria den tentsioaren erreferentzia balioa da. Erresistentzia hau engranaje-materialaren eta hortzaren muinaren trakzioaren mende dago eta grafikoan lortzen da trakzio-indarraren eta erabilitako materialaren arabera.

Kontuan hartzen du materialaren eragina, tratamendu termikoa, gainazaleko zimurtasuna...

F-1516 (16 Mn Cr 15) zementatzeko altzairuzko engranaje bat aukeratuko da.

Núm.	Grupo de materiales	Símbolos, según DIN	Estado de tratamiento	Valores de dureza en la rueda dentada		Valores de resistencia a la fatiga para Ten. en pie de diente		Resistencia estática para el pie del diente $\sigma_{\text{N/mm}^2}$
				Material del núcleo	Superficie de los flancos	Presión de Hertz σ_{Hertz} N/mm ²	en pie de diente σ_{Hertz} N/mm ²	
1	Hierro fundido con grafito laminar, según DIN 1691	GG 20	-	HB = 170	HB = 170	270	50	200
2		GG 25		HB = 210	HB = 210	310	60	250
3		GG 35		HB = 230	HB = 230	360	80	350
4	Hierro fundido con grafito estiroidal, según DIN 1693	GGG 42	-	HB = 170	HB = 170	360	200	800
5		GGG 60		HB = 250	HB = 250	490	220	1000
6		GGG 80		HB = 275	HB = 275	560	230	1200
7		GGG 100		HB = 300	HB = 300	610	240	1300
8	Fundición maleable negra, según DIN 1692	GTS 35	-	HB = 140	HB = 140	360	190	800
9		GTS 45		HB = 235	HB = 235	490	230	1000
10	Acero fundido, según DIN 1681	GS 52	-	HB = 150	HB = 150	340	150	470
11		GS 60		HB = 175	HB = 175	420	170	530
12	Aceros de construcción en general, según DIN 17100	St 42	-	HB = 125	HB = 125	200	170	450
13		St 50		HB = 150	HB = 150	340	190	550
14		St 60		HB = 180	HB = 180	400	200	650
15		St 70		HB = 208	HB = 208	490	220	800
16	Aceros para bonificación, según DIN 17200	Ck 22	Bonificados	HV 10 = 140	HV 10 = 140	440	170	600
17		Ck 45	Normalizados	HV 10 = 185	HV 10 = 185	530	200	800
18		Ck 60	Bonificados	HV 10 = 210	HV 10 = 210	630	230	950
19		34 Cr 4	Bonificados	HV 10 = 280	HV 10 = 260	650	260	900
20		37 Cr 4	Bonificados	HV 10 = 290	HV 10 = 280	650	270	950
21		42 Cr Mo 4	Bonificados	HV 10 = 280	HV 10 = 280	670	290	1100
22		34 Cr Ni Mo 6	Bonificados	HV 10 = 310	HV 10 = 310	770	320	1300
23		Aceros para bonificación, según DIN 17200 templados por llama o por inducción	Ck 45	Templados	HV 10 = 220	HV 10 = 500	1100	270
24	37 Cr 4		periféricamente	HV 10 = 270	HV 10 = 610	1220	310	1150
25	42 Cr Mo 4		incluida la base del diente	HV 10 = 275	HV 10 = 650	1380	350	1300
26	Aceros para bonificación, según DIN 17200 nitrados	Ck 45	Nitr. baño	HV 10 = 220	HV 1 = 400	1100	350	1100
27		42 Cr Mo 4	Nitr. baño	HV 10 = 275	HV 1 = 500	1220	430	1450
28		42 Cr Mo 4	Nitr. gas	HV 10 = 275	HV 1 = 550	1230	430	1450
29	Aceros de nitración, según hoja de materiales hierro y acero 850-60	31 Cr Mo V 9	Nitrados con gas	HV 10 = 390	HV 1 = 700	1400	445	1500
30	Aceros de cementación, según DIN 17210	C 15	Cementados templados	HV 10 = 190	HV 1 = 720	1600	230	900
31		18 Mn Cr 5		HV 10 = 270	HV 1 = 720	1630	460	1400
32		20 Mn Cr 5		HV 10 = 330	HV 1 = 720	1630	480	1500
33		20 Mo Cr 4		HV 10 = 270	HV 1 = 720	1630	400	1300
34		15 Cr Ni 8		HV 10 = 310	HV 1 = 720	1630	500	1600
35		18 Cr Ni 8		HV 10 = 400	HV 1 = 740	1630	500	1700
36		17 Cr Ni Mo 6		HV 10 = 400	HV 1 = 740	1630	500	1700
37	Materiales en capas de Durplat	Tejidos endurecidos bastos	Para marcha contra ruedas de acero templadas, mecanización fina, lubricación con aceite ≤ 60 °C, velocidad periférica $v \leq 5$ m/s			110	50	
38		Tejidos endurecidos finos				130	60	

3.43. Taula: Engranaien diseinuko material erabilienak

Tentsio zuzenketa faktorea (Y_{ST}): probetan erabilitako erreferentziako engranajeen dimentsioekin lotuta dago. ISO 6336ren arabera, hortzaren oinarriaren tentsioaren muga balioak lortu dira, erreferentziako engranajeak zein $Y_{ST} = 2$ edo horretarako emaitzak berriro kalkulatu diren hainbat probetan faktorearen balioa. Modu horretan, faktorearen balioa $Y_{ST} = 2$ da beti.

Bizitzaren faktore edo iraupena (Y_{NT}): Onargarria den nekea gutxitzen da ziklo kopurua handitzen den heinean, nahiz eta altzairuen arabera, nekea konstante mantentzen duten zenbait ziklo dauden. 10^9 baino handiagoa den ziklo kopuru bati dagokion balio kaltegarriena hartuko da.

Y_{NT} faktorea kalkulatzeko, beherago azalduko diren lau taldeetatik engranaje fabrikatu den materiala identifikatu behar da. Ondoren, grafikoa hautatutako taldeari dagokion kurba bilatzen da eta horrela, nahi diren lan-ziklo kopurua finkatzen da engranaje horrentzat.

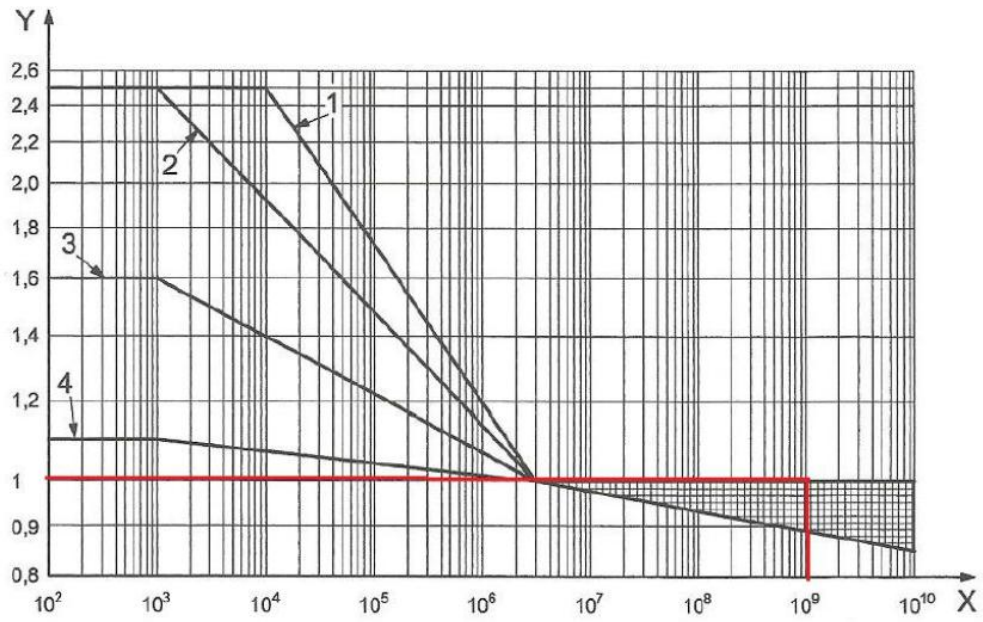
Materialen lau talde posibleak hurrengoak dira:

- 1 taldea:
 - St: Altzairu normalizatu forjatua karbono gutxikoa
 - V: Altzairu tenplatuko eta forjatuko aleazioa
 - GGGG (perl., bai.): Koladagatiko altzairu nodularra
 - GTS (perl.): Fundizio beltza

- 2 taldea:
 - **Eh: Altzairu zementatu eta forjatua**
 - IF (root): Altzairu forjatu eta gogortua indukzio edo beroagatik

- 3 taldea:
 - GG: Koladatiko altzairu grisa
 - GGG (fer.): Koladagatiko altzairu nodularra
 - NT: Altzairu nitruratu
 - NV (nitr.): Altzairu nitruratu tenplatua

- 4 taldea:
 - NV (nitrocar.): Altzairu nitrokarburatu eta tenplatua



Key

X number of load cycles, N_L

Y life factor, Y_{NT}

1 GTS (perl.), St, V, GGG (perl. bai.)

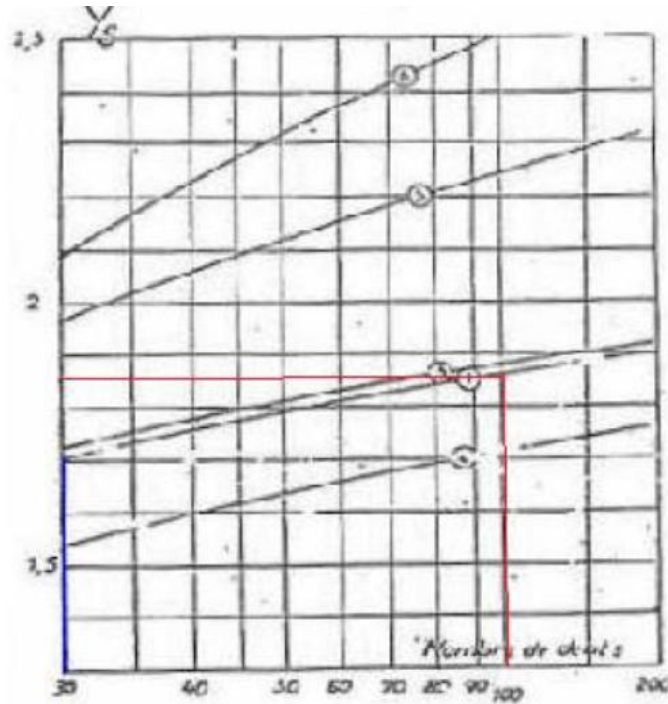
2 Eh, IF (root)

3 NT, NV (nitr.), GGG (ferr.), GG

4 NV (nitrocar.)

3.73. Irudia: Y_{NT} faktorea

Sentsibilitate erlatiboaren faktore erlatiboa ($Y_{\delta rel T}$): Balio hau muga gabe eta puntu baten hortzarekin lotzen den erlazioari dagokio. Grafikoak $Y_{\delta rel T}$ -aren balioa ematen du hortzen kopuruari eta sortzen dien kremaiera generatrizen arabera.

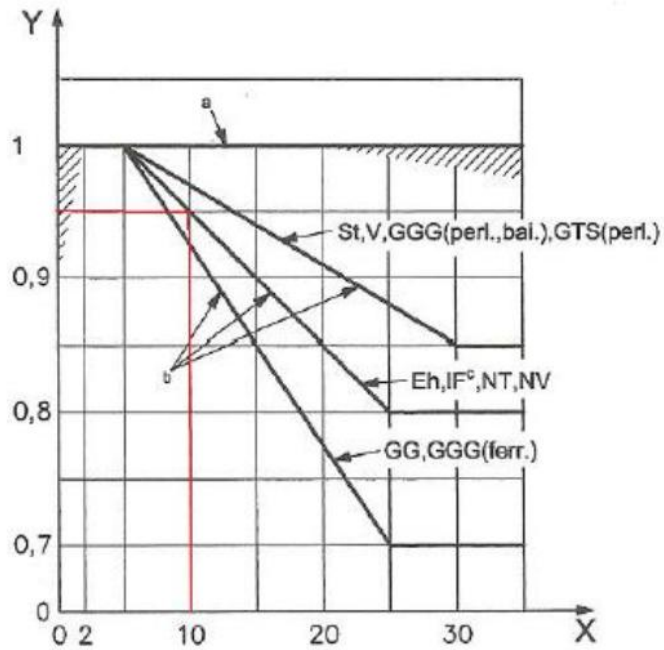


3.74. Irudia: $Y_{\delta relT}$ tentsioen faktore kontzentrazioa

Pinoia lantzeko erabilitako kremaiera normalizatua izango da, $h_{f0} = 1,25 \cdot m_0$ eta $\alpha_0 = 20^\circ$, hau da, 1 kurba; eta pinoiaren hortz kopurua $z_1 = 20$ da, beraz $Y_{\delta relT} = 1,5$.

Koroarentzat: $z_2 = 113$, beraz, $Y_{\delta relT} = 1,85$.

Gainazaleko faktore erlatiboa (Y_{RrelT}): Kontuan hartzen du azalaren zimurtasunaren eragina hortzaren adostasunaren erradioan. Faktore horren balioa behean agertzen den grafikoan lortzen da, R_z -ren, $\mu\text{m-k}$ adierazten duena, eta fabrikatzen den materialaren arabera.



Key

X normal module, m_n , mm
 Y size factor, Y_X

NOTE 1 See ISO 6336-1:2006, Table 2, for an explanation of the abbreviations used.

NOTE 2 Shaded area is in the range of scatter for static stress.

- a Static stress (all materials).
- b Reference stress.
- c (root).

3.75. Irudia: Y_X tamaina faktore

Ekuazioko balore guztiak ordeztzen direnenan nekearekiko erresistentzia lortzen da pinoiaren oinaren hortzean eta koroan.

Pinoiarentzat:

$$\sigma_{FG1} = \sigma_{Flim} \cdot Y_{ST1} \cdot Y_{NT} \cdot Y_{\delta_{relT}} \cdot Y_{R_{relT}} \cdot Y_X \tag{3.201}$$

Koroarentzat:

$$\sigma_{FG2} = \sigma_{Flim} \cdot Y_{ST2} \cdot Y_{NT} \cdot Y_{\delta_{relT}} \cdot Y_{R_{relT}} \cdot Y_X \tag{3.202}$$

Hurrengo pausoa transmisioaren funtzionamenduan hortzak jasaten dituzten tentsioak baino handiagoak direla egiaztatzea da.

$$\sigma_{FG1} > \sigma_{F1}$$

$$\sigma_{FG2} > \sigma_{F2}$$

(3.203)

Bi baldintza hauek betetzen badira, koroa eta pinoiaren hortzak ondo dimentsionatuta egongo dira hortzaren oinaren nekeari dagokionez. Hortik oinarriaren flexioagatik porrotaren aurkako segurtasun koefizientea kalkulatu behar da.

Modu independentean kalkulatu beharko dira pinoiaren hortzaren oinarrian makurduragatik hutsegiterako segurtasun koefizientea eta errobera parearentzako eta horietako txikiena izango da segurtasun koefizientea.

Segurtasun-koefizientea kalkulatzeko erabili behar diren adierazpenak honako hauek dira:

$$S_{F1} = \frac{\sigma_{FG1}}{\sigma_{F1}} > S_{Fmin}$$

$$S_{F2} = \frac{\sigma_{FG2}}{\sigma_{F2}} > S_{Fmin}$$

(3.204)

Non:

- S_{Fi} = Pinoi eta gurpilaren segurtasun koefizientearen balioa.
- σ_{FGi} = Hortzarenoinarriko makurdura tentsioaren balio onargarria
- σ_{Fi} = Hortzaren oinarriari lotutako tentsioaren balioa.
- S_{Fmin} = diseinua baliozkotzeko inposatutako segurtasun faktorearen gutxieneko balioa.

2) Gainazaleko presioarekiko nekea (Hertz)

Engranaiek huts egin dezakete, hortzaren oinetan nekeaz gain, gainazalaren presioaren nekearekin (txikituta). Bi engranaje hortzen gainazalen artean dauden azalaren tentsioak zehazteko, Hertz presioa erabiliko da, bi gainazal zilindrikoen arteko tentsioa kalkulatzeko. Gainazalen arteko tentsioa horrela kalkulatu da:

Pinoiarentzat:

$$\sigma_{H1} = Z_B \cdot \sigma_{H0} \cdot \sqrt{K_A \cdot K_V \cdot K_{H\beta}} = Z_B \cdot Z_H \cdot Z_E \cdot Z_\epsilon \cdot Z_\beta \cdot \sqrt{\frac{F_t}{b \cdot d_1} \cdot \frac{i+1}{i}} \cdot \sqrt{K_A \cdot K_V \cdot K_{H\beta}}$$

(3.205)

Koroarentzat:

$$\sigma_{H2} = Z_D \cdot \sigma_{H0} \cdot \sqrt{K_A \cdot K_V \cdot K_{H\beta}} = Z_D \cdot Z_H \cdot Z_E \cdot Z_\epsilon \cdot Z_\beta \cdot \sqrt{\frac{F_t}{b \cdot d_1} \cdot \frac{i+1}{i}} \cdot \sqrt{K_A \cdot K_V \cdot K_{H\beta}} \quad (3.206)$$

Non:

- σ_{H0} = Momentua aplikatzen denean, akatsik gabeko gurpil batean sortutako tentsioari dagokion kontaktu puntuko elkargunean dagoen tentsio nominala (jatorrizko lerroaren elkargunean eta engranajeen zentroekin bat egiten duen lerroa).
- F_t = Hartzaren gaineko indarraren konponente tangenziala
- b = Engranaiaren aurpegiaren zabalera
- d_1 = Pinoiaren diametro primitiboa
- i = transmisio erlazioa. Barne engranaietarako balio negatiboa duena

Hortzen artean karga-magnitudeei eragiten duten K_A , K_V eta K_H ($K_F\beta$) faktoreak hortzetako hegalen arteko tentsioari eragiten dioten hartzaren oinean dauden tentsioak zehazteko aztertzen dira.

Gainera, faktore berriak agertzen dira, hortzetako hegaletan dauden eskaeren azken balioa aldatzen dutenak.

Kontaktu-faktore berezia piñakoan (Z_B): Orokorrean transmisio ratioa i 1,5 baino txikiagoa denean bakarrik kalkulatzen da. Beraz, hau ez denez kasua, $Z_B = 1$.

Kontaktu faktore berezia gurpilean (Z_D): Barruko engranajeetarako, $Z_D = 1$.

Eremu faktorea edo geometrikoa (Z_H): Kontuan hartzen dira primitiboaren zirkuluan dauden hegalaen kurbaturak eta erreferentzia zirkuluan, karga tangenziala primitiboaren zirkuluean karga tangenziala bihurtzen da.

$$Z_C = \sqrt{\frac{\cos \beta_b}{\sin \alpha_t \cdot \cos \alpha_t}} \quad (3.207)$$

Non β_b oinarritzko helizearen angelua eta β_t zeharkako presioaren angelua diren.

Elastikotasun faktorea edo materiala (Z_E): Materialaren propietate espezifikoak kontuan hartzen ditu, elastikotasun modulua, Poissonen koefizientea ... E Young-en modulua altzairuen kasuan 210.000 N / mm² izanda:

$$Z_E = \sqrt{0,35 \cdot E} \quad (3.208)$$

Estalduraren gradu faktorea (Z_ε): Kontaktu-lerroaren distantzia efektiboaren eragina kontuan hartzen du.

$$Z_\varepsilon = \sqrt{\frac{4 - \varepsilon_\alpha}{3}}$$

(3.209)

ε_α engranai dentatue parean estaldura-maila da, jadanik kalkulatuta dagoena.

2 baino txikiagoa den estaldura maila duten engranai zuzenen kasuan, $Z_\varepsilon = 1$ balioa aukeratu behar da.

Helizearen angelu faktorea (Z_β): helizearen angeluaren eragina onartzen du. Hortz zuzenen engranaje denez, $Z_\beta = 1$.

Orain, beharrezkoa da ekuazioan koefizienteen balioak ordezte eta hortzetako hegaletan dauden tentsioak ezagutzea.

Hortzetako hegaletan gehieneko tentsioa kalkulatu behar da eta haren balioa hori aurkezten duten eskakizunen aurrean berretsi behar da. Logikoa denez, zenbait faktoreren arabera izan daiteke.

Engranajeen aldeko eskaera onargarria ezagutzeko behin betiko formula:

$$\sigma_{HG} = \sigma_{Hlim} \cdot Z_{NT} \cdot Z_X$$

(3.210)

Nekearekiko erresistentzia (σ_{Hlim}): Onarpen tentsioaren erreferentzia balioa da.

Kontuan hartzen du materialaren eragina, tratamendu termikoa, azalera zimurtasuna ... σ_{Flim} bezalaxe kalkulatu da, hurrengo taulan ikusten den bezala.

Bizitzaren faktore edo iraupena (Z_{NT}): materialaren ahalmena aldatu egiten da, onartzen duen ziklo kopuruaren arabera.

Z_{NT} faktorea kalkulatzeko, azpian azaldutako lau taldetako zein den engranaiaren materiala. Ondoren, hautatutako taldeari dagokion kurba bilatuko da grafikoan eta, beraz, engranaje lanari ematen zaion lan-ziklo kopurua finkatuz (grafikoaren X ardatza), Z_{NT} faktorea Y ardatzean lortzen da.

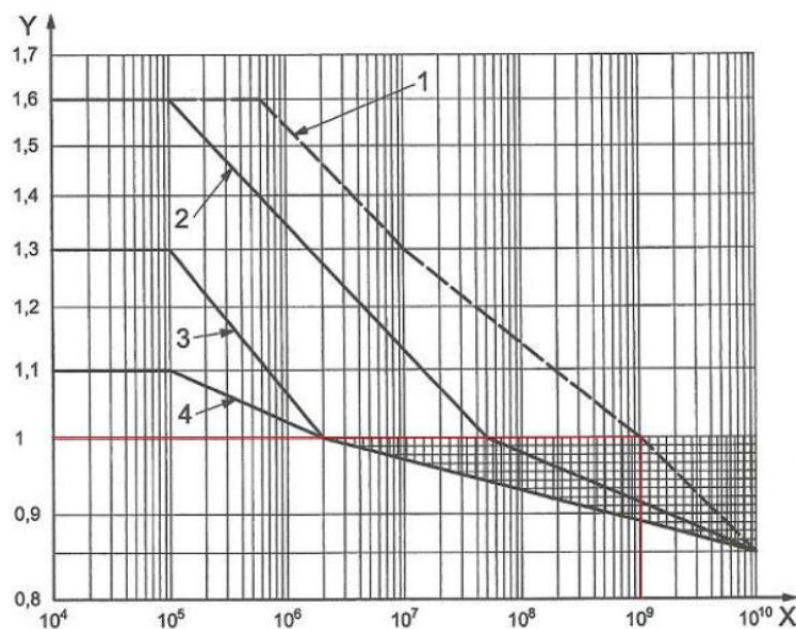
Lau material talde posibleak hauek dira:

- 1 taldea:

- St: Altzairu normalizatu forjatua karbono gutxikoa
- V: Altzairu tenplatuko eta forjatuko aleazioa
- GGGG (perl., bai.): Koladatiko altzairu nodularra
- GTS (perl.): Fundizio beltza
- **Eh: Altzairu zementatu eta forjatua**
- IF (root): Altzairu forjatu eta gogortua indukzio edo beroagatik

Talde honen barruan gainazal pikatu gradu txiki bat baimentzen da.

- 2 taldea: Talde honek 1 taldeko material berberak ditu, 2. taldeko materialetan ez dela gainazaleko pikaturik onartzen.
- 3 taldea:
 - GG: Koladatiko altzairu grisa
 - GGG (fer.): Koladatiko altzairu nodularra
 - NT: Altzairu nitruratua
 - NV (nitr.): Altzairu nitruratu tenplatua
- 4 taldea:
 - NV (nitrocar.): Altzairu nitrokarburatu eta tenplatua



Key

X number of load cycles, N_L

Y life factor, Z_{NT}

1 St, V, GGG (perl., bai.), GTS (perl.), Eh, IF^a

2 St, V, GGG (perl., bai.), GTS (perl.), Eh, IF

3 GG, GGG (ferr.), NT (nitr.), NV (nitr.)

4 NV (nitrocar.)

3.76. Irudia: Z_{NT} faktorearen lorpena

Tamaina faktorea (Z_x): Kontuan hartzen du hortzen dimentsioen eragina. Faktore horren bidez, azterketa estatistikoak kontuan hartzen dira materialaren kolapsoaren ondorioz estres mailak nekearen mekanismoen ondorioz osagaiaren tamaina azpiesuperfizialetan duten eragina dela eta agertzen diren estres txikiko gradientek eta tamainaren eragina materialaren kalitatean.

Faktore honetan eragin handiena duten parametroak materialaren kalitatea, tratamendu termikoak (tenplearen sakontasuna, tenplearen distribuzioa...) eta hortzaren ertzaren kurbatura erradioa dira.

ISIO araudiaren arabera Z_x -ek 1 balioa hartu behar du.

Azkenik, ekuazioan sartzen dira balio guzti hauek eta konprobaketa hau egingo da:

$$\sigma_{HG} > \sigma_{H1}$$

$$\sigma_{HG} > \sigma_{H2}$$

(3.211)

Engranaiak gainazaleko pikatua jasaten du.

Orain flexioko hutsegitearen aurreko segurtasun koefizientea kalkulatu behar da, hortzaren oinarrian.

Segurtasun koefizientea hortzaren alboetako gainazaleko kontaktuen porrota kalkulatu behar da, gurpilarentzat eta bi engranajeen pinoiarekin, eta bi kurbadunak osatutako segurtasun koefizientea izango da gutxiengoa.

Horrenbestez, hortzetako gurpileko hortz-hegalean gainazaleko kontaktuan porrot egin duten segurtasun-koefizienteak, hurrenez hurren, gurpilak eta gurpilak, hurrenez hurren, honako adierazpenen arabera kalkulatu dira:

$$S_{H1} = \frac{\sigma_{HG1}}{\sigma_{H1}} > S_{Hmin}$$

$$S_{H2} = \frac{\sigma_{HG2}}{\sigma_{H2}} > S_{Hmin}$$

(3.212)

Non:

- S_{Hi} = Pinoia eta gurpilaren kalkulaturako segurtasun koefizientearen balioa.
- σ_{HG_i} = Hortz zuzeneko kontaktu tentsioaren balioa
- σ_{Hi} = Hortzak jasaten duen kontaktu tentsioaren balioa
- S_{Hmin} = Diseinua balioztatzeko ezarritako segurtasun faktorearen gutxieneko balioa.

3.3.4.4. Biraketa pinoiaren kalkuluen emaitzak

PIÑÓN DE GIRO			
Parámetros de generación			
	Piñón (2)	Rueda o corona (3)	
i_{23} (relación de transmisión piñón-corona)		-5,65	-
m_0 (módulo normalizado)		10,00	mm
α_0 (ángulo de presión)		20,00	°
z (número de dientes)	20,00	-113,00	dientes
d (diámetro primitivo) = $m \cdot z$	200,00	-1130,00	mm
x (desplazamiento)	0,00	0,50	-
Parámetros de definición			
	Piñón	Rueda	
d_b (diámetro de base) = $d \cdot \cos\alpha$	187,94	-1061,85	mm
p_b (paso de base) = $\pi \cdot m \cdot \cos\alpha$		29,52	mm
s_b (espesor de base) = $(\pi \cdot m)/2 + 2 \cdot x \cdot m \cdot \operatorname{tg}\alpha$	15,71	19,35	mm
h_a (altura de cabeza) = $m \cdot (1+x)$	10,00	15,00	mm
j (juego circunferencial) = $0,25 \cdot m$		2,50	mm
h_f (altura de pie) = $m \cdot (1,25-x)$	12,50	7,50	mm
h (altura total) = $h_a + h_f$	22,50	27,50	mm
d_a (diámetro de cabeza) = $d + 2 \cdot h_a$	220,00	-1100,00	mm
d_f (diámetro de pie) = $d - 2 \cdot h_f$	175,00	-1145,00	mm
d_0 (distancia nominal) = $m \cdot (z_1 + z_2)$		-930,00	mm
$B = 2 \cdot (x_1 + x_2) / (z_1 + z_2)$		-0,011	-
d_c (distancia de tallado) = $d_0 \cdot (1+B)$		-920,00	mm
Parámetros de funcionamiento			
	Piñón	Rueda	
$B_v = B / (1 + 13 \cdot B)^{1/4}$		-0,011	-
α_v (ángulo de funcionamiento) => $\arccos\alpha_v = \cos\alpha / (B_v + 1)$		18,14	°
a' (distancia de funcionamiento) = $(d_{b1} + d_{b2}) / (2 \cdot \cos\alpha_v)$		-459,81	mm
R_c (radio de cabeza)	110,00	-550,00	mm
ρ (radio de base)	93,97	-530,93	mm
R' (radio polar) = $(d \cdot \cos\alpha) / 2 \cdot \cos\alpha_v$	98,88	-558,69	mm

ε_α (recubrimiento frontal)	1,92	-
d' (diámetro de funcionamiento) = $d_b/\cos\alpha_v$	197,77	-1117,38 mm
c (juego de pie)	2,69	2,69 mm
Comprobaciones		
Comprobación a fatiga en el pie del diente		
Fuerza tangencial (F_t)		
M_{giro}	19502,19	N·m
d_2' (diámetro primitivo de la corona)	1,12	m
$F_t = M_{\text{giro}}/d_2'/2$	34906,89	N
Coefficiente de forma (Y_F)		
x_1	0,00	-
z_1	20,00	dientes
Y_{F1} (GRÁFICA)	2,8	
x_2	0,50	-
z_2	113,00	dientes
Y_{F2} (GRÁFICA)	2,07	
Coefficiente de recubrimiento (Y_s)		
ε_α	1,92	-
$Y_s = 1/\varepsilon_\alpha$	0,52	
Coefficiente para engranajes helicoidales (Y_β)		
Y_β	1	
Factor de aplicación o servicio (K_A)		
K_A	1	
Factor dinámico o de velocidad (K_V)		
K_V	1	
Factor de distribución de carga ($K_{\Phi\beta}$)		
b (altura del diente)	71,00	mm
d_1	197,77	mm
b/d_1	0,36	
d_2	1117,38	mm
b/d_2	0,06	
$K_{\Phi\beta}$ (GRÁFICA)	1,00	
Stresses		
$\sigma_{F01} =$	71,62	N/mm ²
$\sigma_{F02} =$	52,95	N/mm ²
$\sigma_{F1} =$	71,62	N/mm ²

$\sigma_{F2} =$	52,95	N/mm ²
Resistencia a la fatiga en el pie del diente (σ_{Flim})		
σ_{Flim} (TABLA)	460	N/mm ²
Factor de corrección de la tensión (Y_{ST})		
Y_{ST}	2	
Factor de vida o duración (Y_{NT})		
Y_{NT} (TABLA)	1,00	
Factor de sensibilidad a la entalla o concentración de tensiones ($Y_{\sigma relT}$)		
$Y_{\sigma relT1}$ (GRÁFICA)	1,5	
$Y_{\sigma relT2}$ (GRÁFICA)	1,85	
Factor relativo de superficie (Y_{RrelT})		
Y_{RrelT} (GRÁFICA)	0,955	
Factor de tamaño (Y_X)		
Y_X (GRÁFICA)	0,95	
$\sigma_{FG1} =$	1.252,01	N/mm ²
$\sigma_{FG2} =$	1.544,14	N/mm ²
$\sigma_{FG1} > \sigma_{F1} \checkmark$		
$\sigma_{FG2} > \sigma_{F2} \checkmark$		
Coefficiente de seguridad frente a fallo por flexión en la base del diente		
S_{F1}	17,48	
S_{F2}	29,16	
Comprobación a fatiga a presión superficial		
Factor de contacto único en el piñón (Z_B)		
Z_B	1	
Factor de contacto único en la rueda (Z_D)		
Z_D	1	
Factor de zona o geométrico (Z_H)		
β_b	0,00	°
α_t	20,00	°
Z_H	1,76	
Factor de elasticidad o material (Z_E)		
E (módulo de Young)	210000,00	N/mm ²
Z_E	271,11	N/mm ³

Factor del grado de recubrimiento (Z_ϵ)		
ϵ_α	1,92	
$Z_\epsilon =$	1	
Factor del ángulo de hélice (Z_β)		
Z_β	1	
$\sigma_{H0} =$		
	683,21	N/mm ²
$\sigma_{H1} =$		
	683,21	N/mm ²
$\sigma_{H2} =$		
	683,21	N/mm ²
Resistencia a la fatiga (σ_{Hlim})		
σ_{Hlim}	1630	N/mm ²
Factor de vida o duración (Z_{NT})		
Z_{NT} (TABLA)	1	
Factor de tamaño (Z_X)		
Z_X (TABLA)	1	
$\sigma_{HG} =$		
	1630	N/mm ²
$\sigma_{HG} > \sigma_{H1} \checkmark$		
$\sigma_{HG} > \sigma_{H2} \checkmark$		
Coefficiente de seguridad frente a fallo por contacto superficial en el flanco del diente		
S_{H1}	2,39	
S_{H2}	2,39	

3.3.5. *Jasotze eta translazio mekanismoa*

3.3.5.1. *Sarrera*

Garabiaren elementuak ahalik eta gehien normalizatzeko, merkatuan dauden irtenbideetatik sendo eta instalazio errazdunak direnak instalatzen da. Hori dela eta, DEMAG fabrikatzailea jasotze eta translazio mekanismo elektrikoa aukeratu da.

Polipastoa aukeratzekoan, fabrikatzailearen argibideak jarraitu behar dira, araudiak eta garabiaren zehaztapenak betetzeko.

Kasu honetarako altuera murriztuko polipastoa aukeratu da, hau da, kakoaren eta lumaren arteko altuera ahalik eta txikiena izan dadin. Horrela, espazioaren erabilera askoz hobetuz lor daiteke, lumaren azpiko espazioa aprobetxatuz eta karga altuagoak garraiatzeko.

Merkatuan karril bakarreko edo biko polipastoak daude. Aplikazio honetan, errail bikoitzeko EZDR aukeratu da.

Karga esekidura-sistemari dagokionez, kableak eta kate-paletak daude. Katedun polipastoak tunel baxuetarako erabiltzen dira, beraz, kasu honetan erabilitako sistema hau izango da.



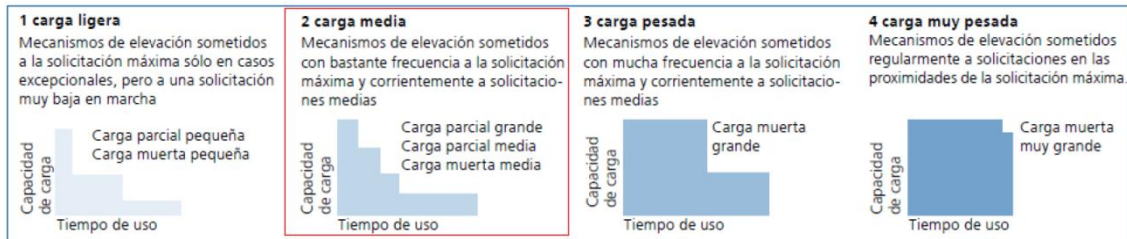
3.76. *Irudia: Bi erraildun karroa, EZDR, DEMAG*

3.3.5.2. Polipastoaren aukeraketa

Polipastoa karga mota, batez besteko exekuzioa, karga eta kablearen antolamendua edo motaren arabera izango da.

1) Karga mota

Karga mota, hurrengo eskemaren arabera estimatu daiteke:



3.77. Irudia: Karga mota, DEMAG

Kasu honetan, karga mota 2 motako izango da. Askotan karga maximoan eta normalean karga ertainetan lan egingo duen altxatzeko mekanismoak dira.

2) Bataz besteko martxa

Korrontearen batez besteko balioa lortzeko, gutxi gorabehera balio bat kalkulatzen da edo formula hau jarraituz:

$$t_{\text{marcha/día}} = \frac{2 \cdot L \cdot n \cdot t}{60 \cdot v_L}$$

(3.213)

Non:

- L = Gantxoaren ibilbidde medioa (10 m)
- n = Ziklo zenbakia/orduko (15 ziklo/ordu)
- t = Lan denbora/eguneko (3 ordu/egun)
- v_L = Jasotze abiadura (4 m/min)

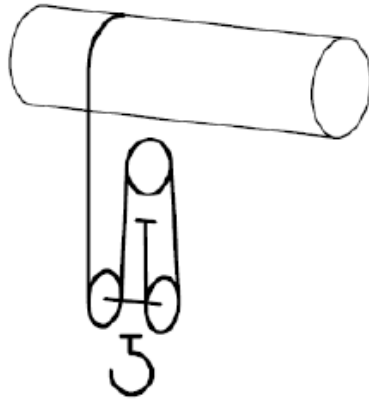
Beraz bataz besteko martxa 3.75 ordukoa izango da.

3) Jasotzeko karga

Polipastoaren jasotze ahalmena 8250 kg-koa izan behar da (karga + osagarrien pisua).

4) Kablearen dispozizioa

Erabiltzeko gomendatutako kableen dispozizioa 4/1 izango da.



3.78. Irudia: Kableen disposizioa

5) Polipastoaren aukeraketa

Karga ertainetarako eta batez beste 3,75 ordukoa, hornitzaileen aukeraketa taulak 2 metroko taldea adierazten du.

Beharrezkoa den karga-gaitasuna 8250 kg da, baina fabrikatzailearen taulak ez duela zehazki erakusten duen gaitasuna, 10000 kg-ko karga ahalmena eta 4/1ko kablea aukeratu behar ditugu. Ezaugarri horietarako, DEMAG markako DR 10 polipastoaren tamainari dagokio, katalogoaren arabera.

Guztira, polipastoak bi abiadura ditu. Abiadura 4 m/min-eko zerbitzua izango da, eta beste bat prezisoagoa eta motelagoa, 0,7 m/min-ekoa leunki jarduteko.

Tipo de carga					Horas de servicio medias por día (h)				
1	bajo				2-4	4-8	8-16	16 o más	
2	medio				1-2	2-4	4-8	8-16	
3	elevado				0.5-1	1-2	2-4	4-8	
4	muy elevado				0.25-0.5	0.5-1	1-2	2-4	
Grupo de accionamiento					1 Am	2 m	3 m	4 m	
Tipo de aparejado					Tamaño				
1/1	2/1	4/1	6/1	8/1					
2/2	4/2	8/2							
Capacidad de carga (t)					Tamaño				
0.5	1	2	-	-	-	-	-	-	■
0.63	1.25	2.5	-	-	-	-	-	■	-
0.8	1.6	3.2	-	-	DR 3	-	■	-	■
1	2	4	-	-	-	-	-	■	-
1.25	2.5	5	-	-	-	-	■	-	-
1.6	3.2	6.3	-	-	DR 5	■	-	-	■
2	4	8	12.5	-	-	-	-	■	-
2.5	5	10	16	-	-	-	■	-	-
3.2	6.3	12.5	20	25	DR 10	■	-	-	■
4	8	16	25	32	-	-	-	■	-
5	10	20	32	40	-	-	■	-	-
6.3	12.5	25	40	50	DR 20	■	-	-	-

3.44. Taula: Polipastoaren aukeraketa kriterioak

Tipo	Capacidad de carga	Recorrido del gancho	Velocidad de elevación			Grupo de accionamiento	Capacidad de carga	Recorrido del gancho	Velocidad de elevación		
	t		m	m/min			t		m	m/min	
DR 3	2/1						4/1				
	1.6	12 20	12/2	18/3	1-25 *	2m / M5 **	3.2	6 10	6/1	9/1.5	0.5-12.5 *
	1.25					3m / M6 **	2.5				
	1					4m / M7 **	2				
DR 5	2/1						4/1				
	3.2	12 20 30	9/1.5	12/2	0.8-16 *	1Am / M4 **	6.3	6 10 15	4.5/0.8	6/1	0.4-8 *
	2.5		12/2	18/3	1-25 *	2m / M5 **	5		6/1	9/1.5	0.5-12.5 *
	2					3m / M6 **	4				
	1.6					4m / M7 **	3.2				
	4/2										
	3.2	9.9 16.3	9/1.5	12/2	0.8-16 *	1Am / M4 **					
	2.5		12/2	18/3	1-25 *	2m / M5 **					
2	3m / M6 **										
1.6	4m / M7 **										
DR 10	2/1						4/1				
	6.3	12 20 30 40	8/1.4	0.4-9 *	1-18 *	1Am / M4 **	12.5	6 10 15 20	4/0.7	0.2-4.5 *	0.5-9 *
	5		10/1.7	1-18 *	1-25 *	2m / M5 **	10		5/0.8	0.5-9 *	0.5-12.5 *
	4					3m / M6 **	8				
	3.2					4m / M7 **	6.3				
	4/2						6/1				
	6.3	5.8 11.35 18.4 25.2	8/1.4	0.4-9 *	1-18 *	1Am / M4 **					
	5		10/1.7	1-18 *	1-25 *	2m / M5 **	16	6.7 13.3	2.7/0.4	0.3-6 *	-
4	3m / M6 **					12.5					
3.2	4m / M7 **										
DR 20	2/1						4/1				
	12.5	24 36 54	6/1	12/2	1-16 *	1Am / M4	25	12 18 27	3/0.5 6/1	0.5-5 *	0.5-8 *
	10					2m / M5	20				
	8					3m / M6	16				
	6.3					4m / M7	12.5				
	4/2						6/1				
	12.5	12.3 21.2 33.2	6/1	12/2	1-16 *	1Am / M4	40	12 18 24.7	4/0.7	0.3-3.3 *	0.3-5.3 *
	10					2m / M5	32				
	8					3m / M6	25				
	6.3					4m / M7	20				
	8/2						8/1				
	25	10.3 16.3 23.4	3/0.5 6/1	0.5-5 *	0.5-8 *	1Am / M4	50	9 13.5 18.5	3/0.5	0.3-2.5 *	0.2-4 *
20	2m / M5					40					
16	3m / M6					32					
12.5	4m / M7					25					

* Las cargas de hasta un tercio de la carga nominal se mueven al 1,5 de la velocidad nominal (ProHub)

** La vida útil del reductor es un 20 % superior a la duración a plena carga según ISO/FEM

3.45. Taula: Polipastoaren aukeraketa DEMAG

3.3.5.3. Polipastoaren ezaugarriak

POLIPASTOA		
EK DR-Com 10-10 4/1-10 Z-4/0,7-400-02-50		
Karroa	EK	
Kabledun polipastoa	DR-Com	
Tamaina	10	
Karga ahalmena	10000	Kg
Egitea	4/1	
Jasotze altuera	10	
Jasotze abiadura	4/0.7	m/min
Datu teknikoak		
FEM/ISO taldea	2m	
Ahalmen maximoa	10000	Kg
Jasotze altuera	10	m
Pisua	611	Kg
Jasotze motorea	ZBR 132 D 12/2	
Zerbitzu tentsioa	400	V
Mandu tentsioa	48	V
Frekuentzia	50	Hz
Babes maila	IP55	
Jasotze abiadura nagusia	4	m/min
Jasotze zehatzaren abiadura	0.7	m/min
Martxa faktorea	20/40	%
Potentzia	1.4/8.9	kW
Jasotze motorearen reboluzioak	400/2870	min ⁻¹
Haste korrantea	1/1	A
Korrante nominala	9.6/18.5	A
Haste cosphia	1/1	
Cosphi nominala	0.54/0.89	
Balaztatzea	BR140	
Karroa	EK	
Hegalaren zabalera	300	Mm
Translazio motorea	1/ZBA 71 B4	
Frekuentzia bihurtzaile estandarra	DIC-4-002-C	
Translazio abiadura minimoa	5	m/min
Translazio abiadura maximoa	24	m/min
Martxa faktorea	60	%
Polo zenbakia	4	
Haste korrantea	3.6	A
Korrante nominala	2.4	A
Haste cosphia	1	
Cosphi nominala	1	

3.46. Taula: DEMAG polipastoaren ezaugarriak

3.3.5.4. Ibilbide amaierako topeak

Lumaren hasieran eta amaieran, geldialdiak beharrezkoak dira zutabearen egiturarekin edo lumaren amaierarekin talka ez egiteko.

Tope hauek material kolpeak elikatzen dituen elementu elastikoa eduki behar dute.

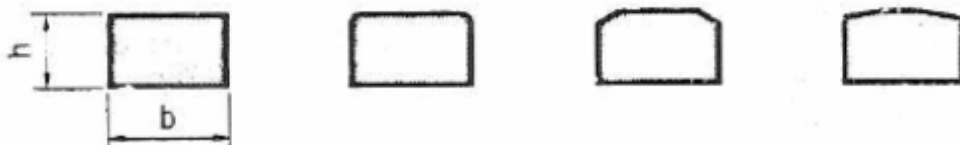
Barneko mugako topeak zutabetik gutxienez metro batera jarri behar da, hautatutako polipasto motarako. Horrez gain marra bat margotu behar da luma honetan, bere muntaia zuzena adierazteko.

3.3.5.5. Errodadura errailaren aukeraketa

Altxatzeko gailu gehienak metalezko errailak erabiltzen dituzte. Bide mota ezberdinak daude. Horien artean, *Llanton* motako karrilak aukeratuko dira, profil laminatuetan edo kaxa habeetan inplementatutako sarbide arruntetan erabiltzen direnak. (Zubi-garabiak, zubi garabi edo garabi konsoladunak). Laukizuzenak dira, goiko ertz biribilduak dituztenak, ponpa gainazalarekin. Errail mota honetako dimentsioak eta pisuak hurrengo taulan agertzen dira:

bh (mm)	50.30	50.40	60.30	60.40
Pesos (daN/m)	11,8	15,7	14,1	18,8

3.47. Taula: *Llanton* errail motako dimentsioak



3.79. Irudia: *Llanton* perfila

Karrilak elementu birakorraren higidura erraztu behar du, profil orekatua formatu eta inertzia balio egokiak izan behar ditu.

60 mm-ko zabalera eta 30 mm-ko altuera duen ertz biribilduak dituen profil bat aukeratu da.

4. ERANSKINA: FABRIKATZAILEEN EZAUGARRI ORRIAK

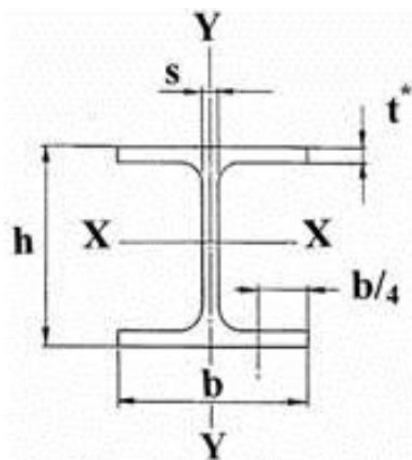
3.4. APTA perfil metalikoen prontuarioa

3.4.1. IPE perfilak

Designación del perfil	Medidas mm					A cm ²	m Kg/m	Momento de inercia cm ⁴		Módulo resistente cm ³		Radio de giro cm		Superficie	
	h	b	s	t	r			I _x	I _y	W _x	W _y	i _x	i _y	m ² /m	m ² /t
IPE 80	80	46	3,8	5,2	5	7,64	6,0	80,1	8,49	20,0	3,69	3,24	1,05	0,328	
IPE 100	100	55	4,1	5,7	7	10,3	8,1	171	15,9	34,2	5,79	4,07	1,24	0,400	49,33
IPE 120	120	64	4,4	6,3	7	13,2	10,4	316	27,7	53,0	8,65	4,90	1,45	0,475	45,82
IPE 140*	140	73	4,7	6,9	7	16,4	12,9	541	44,9	77,3	12,3	5,74	1,65	0,551	42,70
IPE 160*	160	82	5,0	7,4	9	20,1	15,8	869	68,3	109	16,7	6,58	1,84	0,623	39,47
IPE 180*	180	91	5,3	8,0	9	23,9	18,8	1317	101	146	22,2	7,42	2,05	0,698	37,13
IPE 200*	200	100	5,6	8,5	12	28,5	22,4	1943	142	194	28,5	8,26	2,24	0,768	34,36
IPE 220*	220	110	5,9	9,2	12	33,4	26,2	2772	205	252	37,3	9,11	2,48	0,848	32,36
IPE 240*	240	120	6,2	9,8	15	39,1	30,7	3892	284	324	47,3	9,97	2,69	0,922	30,02
IPE 270*	270	135	6,6	10,2	15	45,9	36,1	5790	420	429	62,2	11,2	3,02	1,04	28,86
IPE 300*	300	150	7,1	10,7	15	53,8	42,2	8356	604	557	80,5	12,5	3,35	1,16	27,46
IPE 330*	330	160	7,5	11,5	18	62,6	49,1	11770	788	713	98,5	13,7	3,55	1,25	25,52
IPE 360*	360	170	8,0	12,7	18	72,7	57,1	16270	1043	904	123	15,0	3,79	1,35	23,70
IPE 400*	400	180	8,6	13,5	21	84,5	66,3	23130	1318	1160	146	16,5	3,95	1,47	22,12
IPE 450*	450	190	9,4	14,6	21	98,8	77,6	33740	1676	1500	176	18,5	4,12	1,61	20,69
IPE 500	500	200	10,2	16,0	21	116	90,7	48200	2142	1930	214	20,4	4,31	1,74	19,23
IPE 550	550	210	11,1	17,2	24	134	106	67120	2658	2440	254	22,3	4,45	1,88	17,78
IPE 600	600	220	12,0	19,0	24	156	122	92080	3387	3070	308	24,3	4,66	2,01	16,45

* Medidas más comerciales.

3.48. Taula: IPE perfil metalikoak



3.80. Irudia: IPE perfila

3.5. Dimentsio handiko errodamenduak, *Rothe Erde*

Rothe Erde- ren Grandes Rodamientos katalogoa ikusi web orri honetan:
<http://www.roteisa.es>

3.6. Erreduktoreak, *Bonfiglioli*

Bonfiglioli- ren Reductores katalogoa ikusi web orri honetan:
<http://www.equitrans96.es/>

3.7. Motoreak, *Bonfiglioli*

Bonfiglioli- ren Motores katalogoa ikusi web orri honetan: <http://www.equitrans96.es/>

3.8. Lotura malguak, *Escogear*

Bonfiglioli- ren Acoplamientos katalogoa ikusi web orri honetan:
<http://www.equitrans96.es/>

3.9. Kabledun polipastoak, *DEMAG*

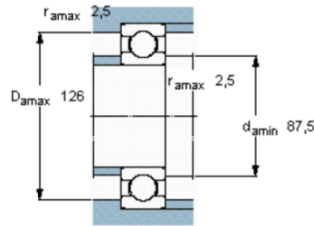
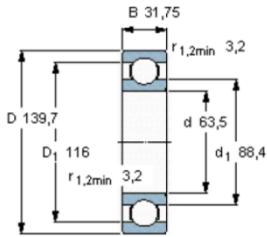
DEMAG- en Polipastos de cable katalogoa ikusi web orri honetan:
<http://www.demagcranes.es/>

3.10. Errodamenduak, *SFK*



Rodamientos rígidos de bolas, de una hilera

Dimensiones principales			Capacidades de carga básica		Velocidades nominales		Designación	
d	D	B	dinámica	estática	Velocidad de referencia	Límite de velocidad		
mm			kN		rpm		* rodamiento SKF Explorer	
63,5	139,7	31,75	92,3	60	9500	6700	RMS 20	Mercado de recambio únicamente



Factores de cálculo
 k_r 0,03
 f_0 13

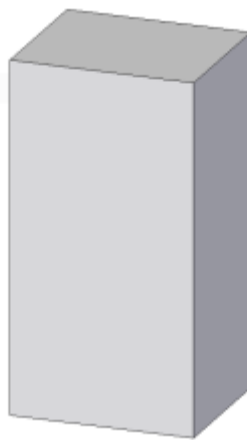
3.49. Taula: Errodamenduen prontuarioa

5. ERANSKINA: DIMENTSIONAMENDU FINALA

3.11.Kontrapisuaaren berdimentsionapena

Bi habeak artean kontrapisua jarri ahal izateko, forma eta tamaina aldatu egin da T modukoa izan dadin, jatorrizko bolumena mantenduz. Jarraian ikusiko da nola egin den:

Bloke originalak 1000x2300x1200 mm-ko hormigoizko kubo bat da eta bere bolumena $1200 \times 1000 \times 2300 = 2.76 \cdot 10^9 \text{ mm}^3$ -koa:

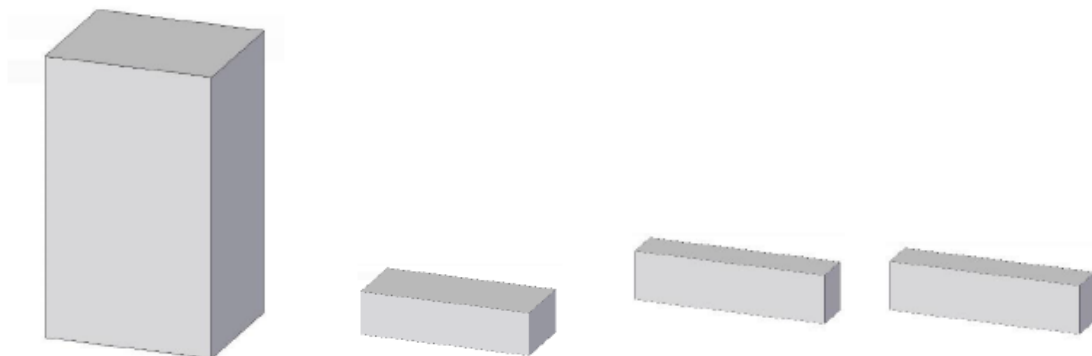


3.81. Irudia: Hormigoizko kontrapisu originala

1000x300x1200 mm dimentsioko bloke bat moztuko da bloke originaletik, eta aldi berean bloke berri hau erditik moztu 500x300x1200mm-tako bi bloketan zatituz.

Bi zati txikietako bat erditik moztu berriz ere 250x300x1200mm- tako tamainetan.

Hauek izango dira izango ditugun atal desberdinak:



3.82. Irudia: 1000x2000x1200 , 500x300x1200 eta 250x300x1200-ko blokeak

250x300x1200 dimentsioko bi blokeak, bloke handiaren ezker eta eskuinean kokatu behar dira. 500x300x1200 dimentsioko blokearen altuera birkalkulatu, 1000 mm-ko zabalera izateko eta bere bolumena mantentzeko.

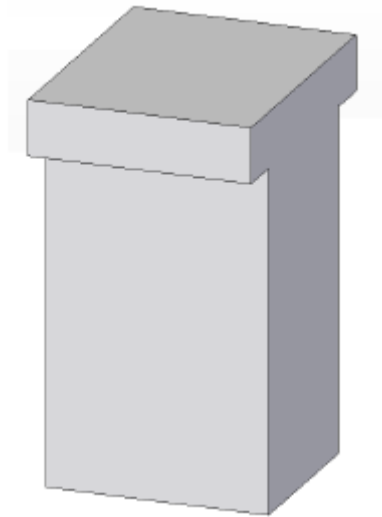
$$\text{Vol} = 500 \cdot 300 \cdot 1200 = 1,8 \cdot 10^8 \text{ mm}^3$$

(3.214)

$$1,8 \cdot 10^8 = 1000 \cdot h \cdot 1200 \Rightarrow h = 150 \text{ mm}$$

(3.215)

Azkenean 1000x150x1200 blokea berri hau 1000x2000x1200 dimentsioko blokearen beheko aldean kokatu da.

*3.82. Irudia: Bloke berdimentsionatu berriaren itsura*

$$\text{Bolumena} = (1000 \cdot 1850 \cdot 1200) \text{ mm}^3 + (1500 \cdot 300 \cdot 1200) \text{ mm}^3 = 2,76 \cdot 10^9 \text{ mm}^3 = \text{Bolumen originala}$$

(3.216)

3.12.Loturak

Orokorrean, altzairuzko egiturak pieza sinple edo konposatuekin osatzen dira, elkarrekin elkartzen direnak kargak jasateko. Horretarako, artikulazioak pieza batetik bestera behar bezala transmititzen dituzten indar lotesleak transmititzeko gai direla ziurtatu behar da.

Beraz, loturaren helburu nagusia piezen jarraipenik onena bermatzea da, perfektua izango den jarraitasuna, ahaleginaren transmisioa uniformeagoa baita.

Aipatu behar da loturen portaera nahiko konplexua dela, zehaztasun maila altukoa, beraz, azterketa zorrotz bat egitea ezinezkoa da. Horregatik, hauek dimentsionatzeko aplikatzen diren formulak gogoeta enpirikoetan eta behar bezala burututako proben emaitzetan oinarritzen dira.

Loturak bi taldetan sailkatzen dira: finkoa edo iraunkorra eta desmuntagarriak edo ez iraunkorrak. Material metalikoen kasuan, normalean erabiltzen diren loturak soldadura (lotura iraunkorra) eta torlojuak (ez-iraunkorra) izaten dira.

Proiektu honetan, soldadurak eta torlojuak erabiliko dira.

3.12.1. *Konprobazio kriterioak*

Lotura guztietan egiaztatu behar da ekintzen efektuen kalkuluen balioak, E_d , kalkuluegoeretakoa (edo jarduera garrantzitsuenen konbinazioak) ez dutela dagozkien kalkuluen erresistentzia gainditzen, R_d :

$$E_d \leq R_d$$

(3.217)

Honez gain minimo hauek ere bete beharko dira:

- a) korapilo eta korapilo zurrunen kasuan, pieza bakoitzaren haustura erresistentziaren erdia.
- b) Lotura artikulatuen kasuan, Indar axial edo ebakitzailaren heren bat.

3.12.2. *Lotura soldatuak*

3.12.2.1. Sarrera

Soldadura, antzeko konposizioko bi pieza metalikoen batzea da, non lotura zurruna eta estankoa den. Hau beroaren ekarpenaren bidez lortzen da, beste fidantza metal baten edo biren ekarpena efektuen konbinazioaren bidez.

Soldadura erabiltzeak abantaila hauek ditu:

- Gutxi deformatuko diren loturak
- Torlojuak baino lotura merkeagoak
- Lotura errazagoak proiektatzeko
- Lotura estankoa

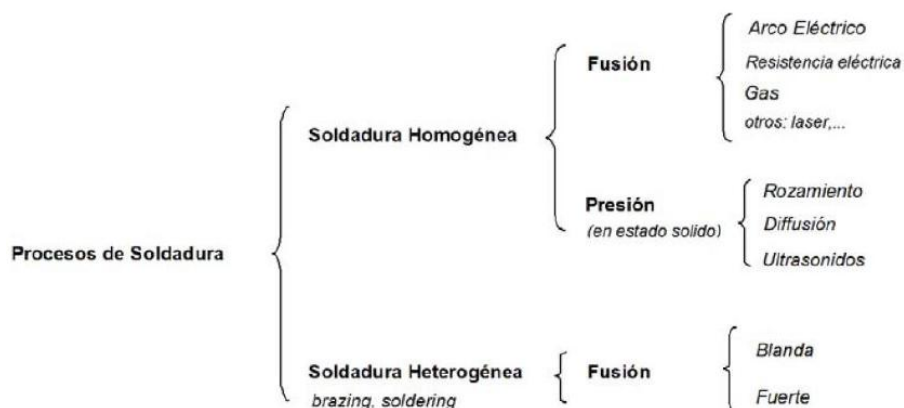
Desabantailak hurrengoak izango dira:

- Langile koalifikatua behar da
- Zonaldea babestu behar da
- Kalitate kontrolen beharra
- Gaizki egindako loturretan tentsio garrantzitsuak
- Nekerako hutsegite hauskorrak

Soldadura prozesu metalurgiko konplexua da, aldagai ugari dituena:

- Pieza egoera solidoan lotzeko, betetze metalikorik erabili gabe.
- Egoera solidoa piezak eta aportazio metal likidoak.
- Bateratu beharreko piezen ertzak eta aportazio metal likidoan.
- Egoera "pastosoko" ertzen lotura aportaziorik erabili gabe

Eskema honetan gehien erabilikodiren metodo nagusiak agertzen dira:



3.83. Irudia: Soldadura metodoak

Metalezko egituretarako soldatzeko sistema garrantzitsuena fusio bidezko soldadura izango da.

Fusio bidezko soldaduran beroak muturrak urtzen ditu eta solidotzean lotura osatzen du.

Fusio bidezko hainbat soldadura mota existitzen dira baina gehien erabiltzen direnak bi dira:

- Soldadura autogenoa:



3.84. Irudia: Soldadura autogenoa

- Arko elektriko bidezko soldadura, egitura metalikoetan erabiltzen dena:



3.85. Irudia: Arko elektrikoko soldadura

3.12.2.2. Arko elektrikoko soldadura

Arku-soldadurak kontaktu biren artean eragile potentzial desberdintasun bat jasaten badu, korrante bat ezarriko dela haien artean.

Geroago bereizten badira, txinparta bat sortuko da, inguratzen duen gasa edo airea ionizatzen duena eta korranteak igarotzea ahalbidetzen du, kontaktuan egon ez arren gidariek.

Arkuek eragindako beroa ez da bakarrik bizia, baizik eta oso ondo lokalizatuta dagoena, soldatzeko oso egokia dena. Tenperaturak 3500°C inguruak dira.

Elektrodoak eta arkuak osatutako zirkuitu elektrikoan uneko intentsitatea zirkuituaren tentsioaren eta erresistentziaren arabera da. Elektrodoak hurbiltzen edo urruntzen badira, erresistentzia eta intentsitatea aldatuko dira eta energia bero bihurtzen da, beraz, soldadura ez da uniforme izango.

Ikuspegi praktikotik, soldadura uniformeak lortzeko funtsezkoa da elektrodoen bereizketa soldatze prozesuan mantentzea.

Prozesu orokor honen aldaera desberdinak daude:

- Soldadura elektrikoa, automatikoa edo semiautomatikoa.
- Kontsumitzen ez diren elektrodoen erabilera.
- Arku hutsa.

Gaur egun, sistema semi-automatikoak erabiltzeko joera dago, prozedura automatikoen uniformetasuna eta eskuzko prozeduren elastikotasuna aurkezten dituztenak.

Arku soldadurako prozedurak lau motatan sailka daitezke:

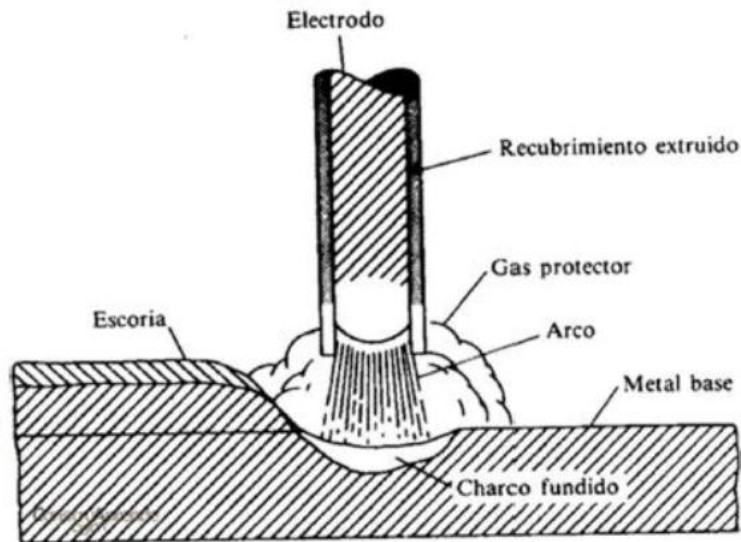
- Arku-soldadurak atmosfera inertean, kontsumigarri gabeko elektrodoarekin (TIG).
- Arku-soldadurak atmosfera inertean kontsumitzeko elektrodoarekin (MIG, MAG).
- Murgildutako arku soldadura (SAW).
- Arku eskuzko soldadura elektrodo estalitako metalekin (SMAW).

Metalezko eraikuntzan normalean erabiltzen den prozedura da, eta zalantzarik gabe, gaur egungo eraikuntza metalikoaren garapen handia sistema honetatik ondoriozta daiteke.

Lotura lortzen da piezak eta elektrodo bat betegarri gisa balio duten arku elektriko bat sortuz.

Operadoreak elektrodoaren eta soldatutako piezaren artean jartzen du hasierako harremana (lana deitzen zaio), eta korrante fluxua abiatzen da.

Ondoren, elektrodoa pixka bat kentzen da eta arku bat ezarriko da, elektrodoak eta piezaren ertzak elkartuko dituena, eta soldadurako alea osatuz.



3.86. Irudia: Arku elektriko manuealeko soldadura

Elektrodoen estaldurak, oro har, oxido mineralak, karbonatoak, silikatoak edo hainbat konposatu organiko ditu.

Hauek dira aurkitu daitezkeen estaldura nagusiak:

Principales tipos de revestimiento de los electrodos		
Tipo de revestimiento	Pocentaje de nitrógeno	Volumen de H por 100 g/cm ³
Acido	0.034	9.0
Básico	0.015	2.5
Celulósico	0.028	15.0
Oxidante	0.035	1.5
Rutilo	0.025	12.0

3.50. Taula: Elektrodoen estaldurak

Taula honek elektrodo mota bakoitzaren babes-efektua erakusten du. Honek adierazten du soldadurak xurgatutako nitrogeno gutxi gorabeherako ehunekoa eta metalezko metatutako 100 gramo bakoitzeko xurgatutako hidrogenoa.

Era berean, oinarrizko estaldurak babes onena eskaintzen duena da beraz, kalitate handiagoa duen soldadurak emango dizkio. Aitzitik, oinarrizkoenak diren elektrodoak urtzen zailenak dira.

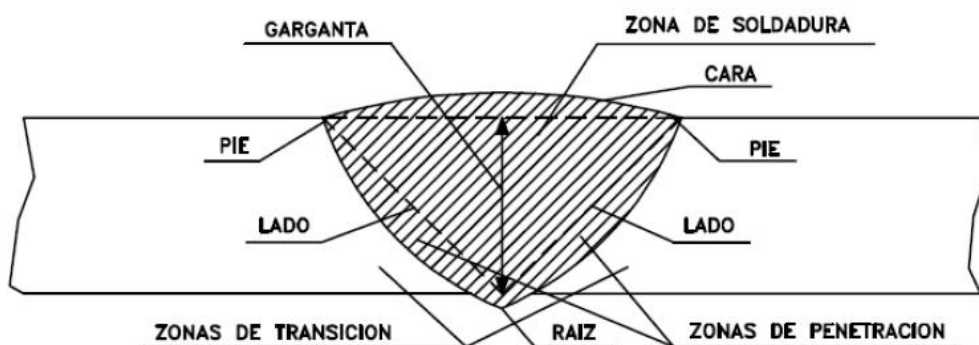
Elektrodoaren diametro normalenak milimetrotan hauek dira: 2, 2.5, 3.25, 4, 5, 6.3, 8, 10 eta 12.

Elektrodoaren diametroaren aukeraketa metatzeko behar den soldadurako lodieraren araberakoa da, uneko intentsitatea diametro honen funtzioa izatean.

3.12.2.3. Soldadura kordoia

Soldadura kordoia hiru atal oso diferentziatu ditu:

- Soldatzeko zona. Erdialdeko gunea da, funtsean aportazioa izango dena.
- Sarrera zona. Elektrodoak urtzen diren piezen zatia da. Zonalde honen sakonera handiagoa edo txikiagoa soldaduraren penetrazioa zehazten du. Sartze txikiko soldadurak akasdunak izaten dira.
- Trantsizioko zona. Sarbideetik hurbileneko gunea da. Fusiorik eman ez den arren, tenperatura altuak jasan ditu, tratamendu termikoa jaso baitute, barneko tentsioak sortuz.



3.87. Irudia: Kordoiaeren atalak

3.12.2.4. Soldadura kordoiaren sailkapena

Lotu beharreko piezen posizio geometriatik:

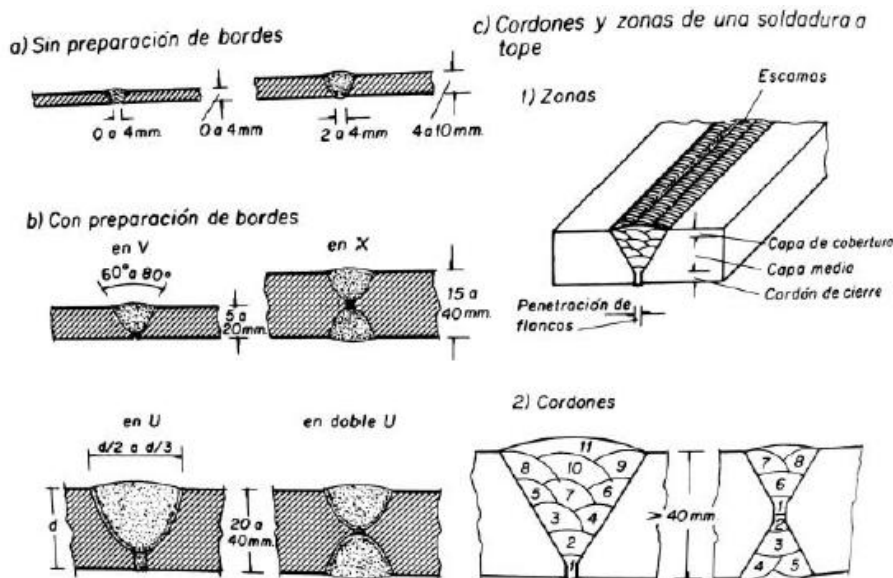
- Toperako soldadurak. Soldadura baino lehen, piezen ertzak prestatzen dira kordioa sartzea errazteko (pieza meheetan ez da beharrezkoa).

- o Penetrazio osokoa edo totalekoa, oinarriko materialaren eta aportazio materialaren arteko fusioa eta nahasketa piezaren lodiera osora iristen dena.

Orokorrean, plano berean kokatzen diren txapak batzean datza. Soldadura alde batetik sartuta badago, ertzetarako prestaketa gabe egiten da, 4 mm baino gutxiagoko lodierarako. 6 mm baino gehiagoko lodierarekin, ertzak metalaren soldadura sartze egokia lortzeko prest daude.

Gehiegizko aportazio metalaren erabilera saihestu behar da, junturak soldatzeko zonaldeko deformazio ahalmena murrizteko.

Soldaduraren kordioaren sekzioa aztertzen bada, bi eremu bereizgarri bereizten dira. Aportazio metalezko geruza ertaina eta oinarriko metalezko fundizioagatik sortutako produktuak. Eta beste bat sartzekoa, itxiera kordioak formatzen duena non ezinbestekoa den oinarriko metala urtuta egotea piezen funtzionamendua lortzeko.

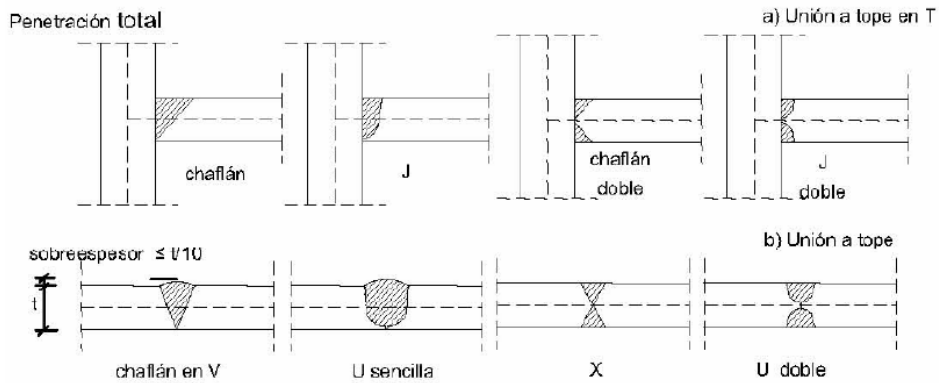


3.88. Irudia: Penetrazio osoko soldadurak

Xaflaren dimentsioak handiak badira, ezin izango da pasada bakar batez betetzea, soldadura hainbatetan egitea beharrezkoa izango da.

Plano berean dauden xaflak lotzen dituzten soldaduraz gain, lotura duten xaflen posizio erlatiboaren arabera bereiz daitezke: T formako toperako soldadura eta angelu bidezko toperako soldadura.

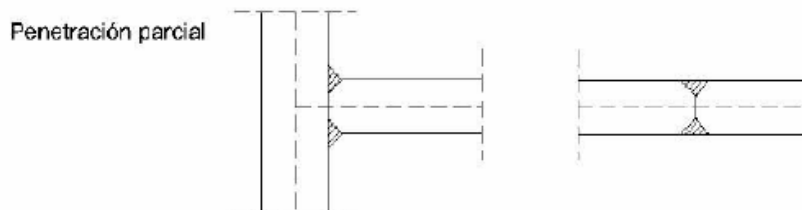
Unitate horien ertzak prestatzea txafan sinplearekin egin daiteke V, U edo J forman edo txafan bikoitza.



3.89. Irudia: Penetrazio osoko toperako soldadurak

- Penetrazio partziala, fusio eta nahasketa honek ez badu lodiera osoa hartzen.

Penetrazio osoko toperako soldadurak bezala, sartze partzialak plano luzatuekin egin daitezke.



3.90. Irudia: Penetrazio partzialeko toperako soldadurak

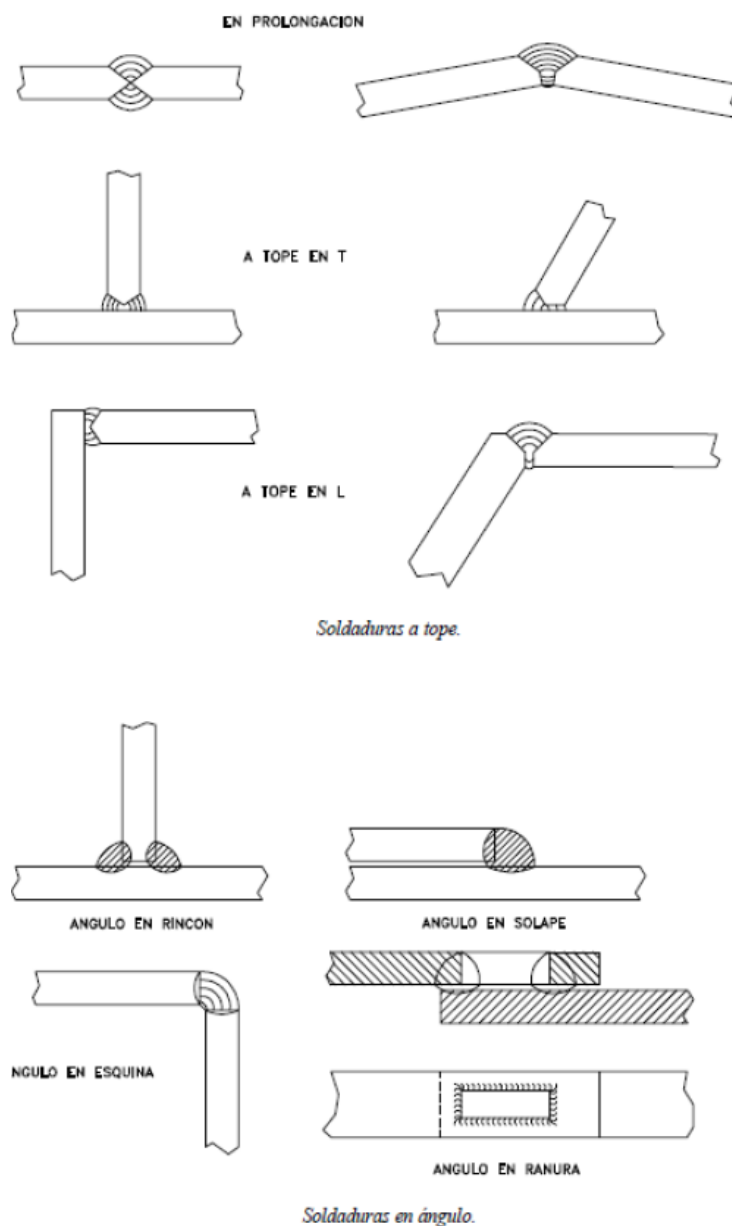
Tentsio trakzio esanguratsuak transmititu behar dituzten indarrek loturarik ez dutenean, ez da angelu bakarreko soldaduradun kordoi bat edo penetrazio partzialekoa erabiltzea baimenduta dagoela, konexioa eszentrikoki eskatzen bada kargarekiko.

Alderantziz, soldadura hauek onartzen dira egitura sekzio huts baten perimetroaren inguruan talde bat osatzen badute.

- Angeluko soldadurak edo kordioak. Ez dute soldaduraren aurretik lotuko diren piezaren ertzetan egindako prestaketarik egiten eta kordioa sartzea prozesuan zehar sortzen den fusioari soilik dator.

Fusio aurpegiak α angelu bat osatzen dute eta 60° eta 120° artean egongo da. T-loturak edo gainjartzea izan daitezke.

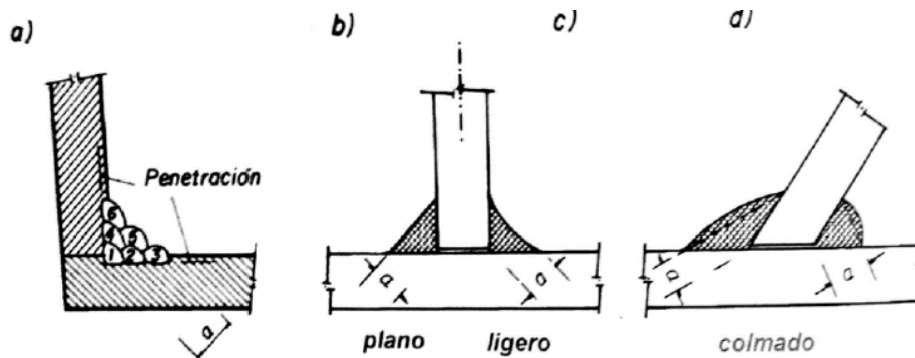
T formako lotura bada, $\alpha > 120^\circ$ bada, ez da kontuan hartu ahalegina transmititu daitekeela eta $\alpha < 60^\circ$ baldin bada, penetrazio partzialdun toperako soldadura da.



3.91. Irudia: Penetrazio partzialeko kordoi motak

Aurreko soldaduren moduan, angelu kordoietan soldadurak hainbat pasada egin behar dira. Zenbaitetan igarotako soldaduraren kalitatea hobetzen du, olatu batk hurrengoa metatzen duelako, horrek normalizazioaren antzeko zerbait sortzen du beroagatik tentsioak ezezten.

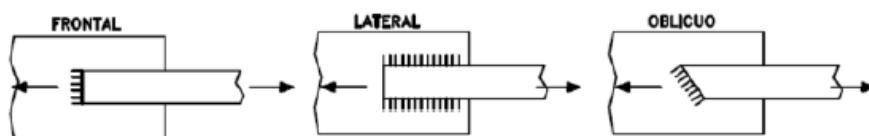
Gainera, ezarriko lodiera a bera duen kordoa daiteke: laua, arina edo beteta. Orokorrean, kordoi lau eta arinak nahiago dira kolmatuak beharrean.



3.92. Irudia: Angeluko kordoiak

Esfortzuari dagokionez soldaduraren kordoiaren posizioagak, hiru motakoa izan daitezke:

- Aurreko kordoa: indarraren norabidean normala.
- Alboko kordoa: indarraren norabide paraleloan.
- Zeharkako kordoa: indarraren norabideari zeharkakoa.



3.93. Irudia: Kordoen sailkapena

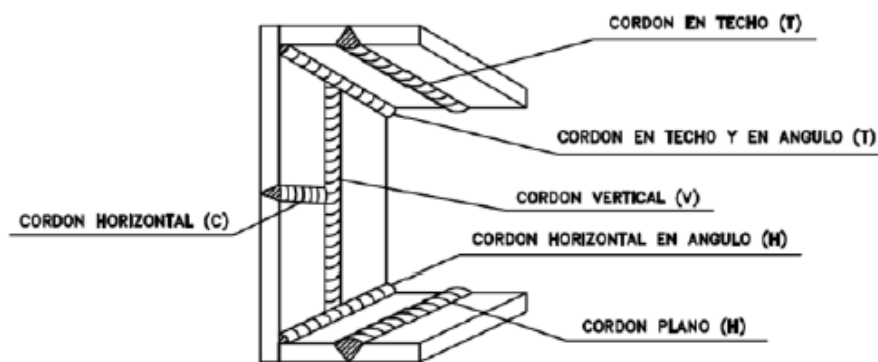
Soldadura kordoiaren posizioa soldatzeko eragiketean:

- Kordoi laua (H): bere azalera gutxi gorabehera horizontala da. Betetze metalak goitik isurtzen dira.
- Kordoi horizontal angeluarra (C): plano horizontal batekin elkargunean sortua, eta plano horizontaleko goiko aurpegian.

- Kordoi bertikala (V): norabidea bertikalki gutxi gorabehera.
- Sabaiko kordoi eta angeluan (T): plano horizontalean kokatzen dira, baina beheko aldean.

Gehien gomendatutako exekuzioa kordoi laua eta angelu horizontalaren kordoa izan behar du; izan ere, aportazio metaliko urtua grabitatearen arabera kokatzen da nahi den posizioan.

Sabaiko kordoa burutzeko zailena da eta minimora mugatzeko xedapen konstruktibo egokiak hartu behar dira.



3.94. Irudia: Kordoiaren posizioa

Beste zenbait soldaduren mota dauden arren, proiektu honen garabia eraikitzeke erabilitako direnak, batez ere, toperako soldadurak eta soldadura angeluarrek izango dira.

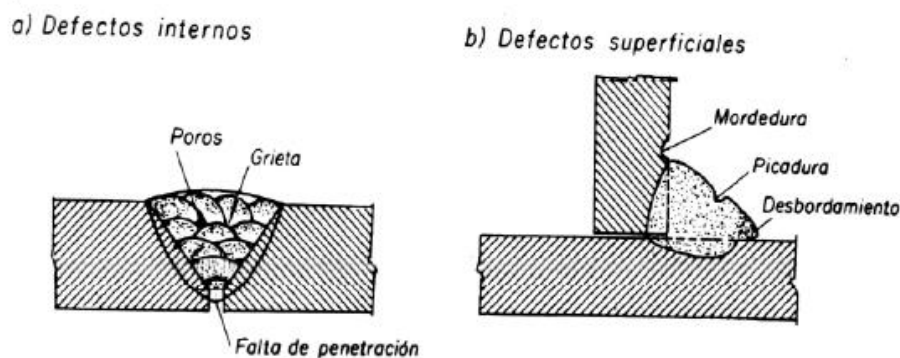
3.12.2.5. Soldaduren defektuak

Barne akats garrantzitsuenen artean bereiz ditzakegunak hurrengoak dira:

- Penetrazio falta. Metalezko oinarriaren eta betetze metalaren arteko konexioa ez da perfektua punturen batean, edo betetze-materialaren barruan hutsune bat dago. Lodiera gehiegizkoagatik, ertzetako prestakuntza desegokiagatik, soldadorearen esperientzia falta, elektrodo eskasa edo exekuzioaren abiadura gehiegizkoagatik.

- b) Fusio falta. Soldatutako gainazalak edozein motatako babes-geruza batek estaltzen baditu gerta daiteke. Gainazalak garbi badira eta elektrodoak egokiak badira fusio osoa bermatuko da.
- c) Poroak edo oklusioak. Metatutako metalezko gas burbuia txikien inklusioengatik dator. Teknika eskasagatik, gehiegizko amperaje edo arku luzeegia dela eta eman daiteke.
- d) Zeparen inklusioa. Metalak, airea eta estaldura arteko erreakzio kimikoak sortzen dituen oxido metalikoetatik dator, ez bada egokia. Soldatze bertikal edo sabaiekoetan gertatu daitezke hozte azkarragatik.
- e) Pitzadurak. Barruko pitzadurak edo aurpegian hondar-tentsioengatik edo tentsio mekanikoak direla eta. Aportazio metalaren kalitate eskasaren ondorioz, edo loturaren diseinu akatsen ondorioz.

Azaleko akats nagusien artean aipatzen dira: zitzadak, hozkadak, gainezkatzea, etab.



3.95. Irudia: Soldaduren defektuak

Akats horiek guztiak saihestu daitezke soldadura arretaz egiten bada eta dagokion elektrodoak erabiltzen badira.

3.12.2.6. Zaintza eta ikuskapena

Europako gomendioen arabera (Europeans Recommendations for Steel Construction) soldatutako loturak zaintzea eta ikuskatzea, elektrodoak egiaztatzea eta horien biltegitratze egokia, loturen prestaketa, aurkezpena, aurreberotze kontrola edo aplikatu

beharreko tratamendu termikoa, soldatzeko sekuentziak, ikusizko ikuskapena eta kontrol radiografiko, ultrasoinu edo likido sarkorra proben bidez egitean datza.

Soldadurak gauzatzeko ikuskapenean probak honakoak izan daitezke: suntsitzaileak, burututako akastunetatik ateratako saiakuntza-plaketan eginak (fusio bidezko konbinazioetan fusioaren trakzioa, tolesketa, eragina eta haustura probak barne) eta ez-suntsitzaileak, gero eta gehiago erabiliak, izpiak, ultrasoinuak eta likido sarkorrak barne.

Ikuskapen erradiografiko aztertze metodo seguruenaren arren, ultrasoinu probak gero eta ohikoagoak dira. Gainazaleko akatsak tinte sarkorrak erabiliz detektatzen dira.

UNE 14001 arautegian X izpien soldadurak eta soldatutako loturen defektuetaz tratatzen duenez soldaduen kalitatea honako taldeen arabera ezartzen da:

Color	Calidad	Clases de unión
Negro	1	<i>Soldadura perfecta</i>
Azul	2	<i>Soldadura buena</i>
Verde	3	<i>Soldadura regular</i>
Marrón	4	<i>Soldadura mala</i>
Rojo	5	<i>Soldadura muy mala</i>

3.51. Taula: X izpi bidezko soldaduren sailkapena

Loturen klaseak zehaztatzeko, dagokion zenbaki bidez izendatuko direnak, erradiografian agertzen diren akatsak kontuan hartuko dira, ondorengo definizioen arabera.

- Soldadura perfektua: Soldadura homogeneoa edo soldadura gas inklusio txikiekin.
- Soldadura ona: Homogeneotasunetik desbideratze ahulak izango dituen soldadurak egiten dira, honako akats hauen edo gehiagoren bitartez: inklusio gaseosoak, zepak eta ertzetako zitzadak.
- Soldadura regularrak: Homogeneotasunetik desbideratze txikidun soldadurak, honako akats hauen edo gehiagoren bitartez: inklusio gaseosoak, zepak, ertzetako zitzadak eta sartze eza.
- Soldadura txarra: Soldadurak homogeneotasunetik desbideratze nabarmak ditu, honako akats hauen edo gehiagoren bitartez: gas inklusioak, zepak, ertzetako zitzadak, sartze falta eta fusio eza.

- Soldadura oso txarra: Homogeneotasunaren desbideratze handia duen soldadura da, honako akats hauen edo gehiagorengatik: inklusio gaseosoak, zepak, ertzetako ziztadak, sartze falta, fusio eza eta pitzadurak.

3.12.2.7. Kalitate sailkapena

Klase sorta bat ezartzen da, eta horien artean bereizten dira:

- Kalitate berezia
- Kalitate gorena.
- Kalitate arrunta.
- Gutxieneko kalitatea

Kalitatearen aukeraketak hainbat irizpide ditu: lanaren garrantzia, erabiltzaileen arriskua eta ingurumena, loturaren eskaera maila, sekzioaren portaera mota (elastikoa edo plastikoa), xehetasun konstruktiboaren ezaugarriak eta bere sentsibilitatea nekea eta haustura desegokiaren aurrean, posible da egitura berdinean barneko kalitate klaseetakoak diren xehetasunak aurkezten direla.

Kalitatea ziurtatzeko kontzeptuak proiektuaren prestaketan, fabrikazioan eta muntaketan hartu beharreko neurri guztiak biltzen ditu.

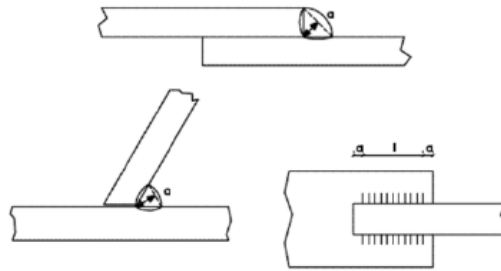
3.12.2.8. Soldadura kordoiaren dimentsionamendua

Soldatutako kordoi bat zehazteko erabilitako funtsezko dimentsioak:

- Eztarria, zabalera edo eztarriaren lodiera (a). Isosceles triangeluaren altuera maximoa da, zeinen albo berdinak bi piezen aurpegietan elkartzen diren eta bat egiten duten zeharkako sekzioan.
- Luzera eraginkorra (l). Soldaduraren benetako luzera ken muturreko kraterrak. Onartzen da krater bakoitzaren luzera eztarriaren berdina dela.

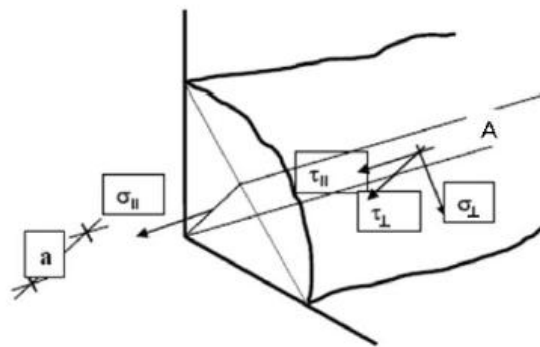
$$l_{\text{eficaz}} = l_{\text{geométrica}} - 2 \cdot a$$

(3.218)



3.96. Irudia: Soldaduren kordoiaren luzera

Soldatutako kordoiaren eztarri plano (A) deritza, lotu beharreko bi planoen elkargunean zehaztutako eta kablearen atalean inskribatuta dagoen triangelu handienaren altuera (eztarria).



3.97. Irudia: Burdinazko kordoi baten eztarriko plano

3.12.2.9. Soldaduren kalkulua

Soldatutako artikulazioetan askoz ere garrantzitsuagoa da exekuzio zuzena kalkulu zorrotza baino. Arau guztiek diote soldadura gauzatzeak praktika onek gomendatzen duten moduan, metalezko aportazioak oinarritzko metalarenak baino ezaugarri mekaniko-erresistente berdinak edo hobekak dituztela eta materialaren azterketak eta detalle konstruktiboen azterketan haustura hauskorra ekiditen duela.

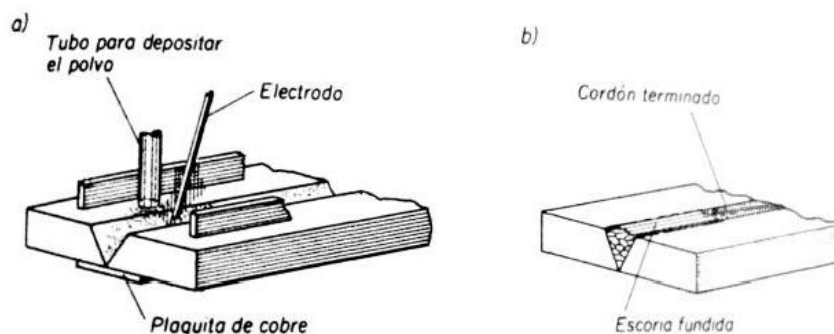
Soldatzeko kordoiaren kalkulatzeko prozesuak honako hauek dira:

- Behar den kordoiaren eztarriaren lodiera ezartzea lotu beharreko burdinen lodieraren arabera.
- Soldadura kordoiaren luzera transmititu beharreko indarren eta eztarriaren lodieraren arabera kalkulatu.

- Soldaduraren kordioaren azalera unitate bakoitzeko erresistentzia zehaztea.
- Loturaren zurruntasuna egiaztatu diseinatu beharreko korapiloaren, zurruna edo artikulatua, diseinu baldintza egokiak betez.

Toperako soldadurak

Topeko soldaduren kasuan, CTE edo aurreko NBE EA-95 araudiak zehazten du soldadurak behar bezala egiten badira, luzera osoan zehar eta penetrazio osoan, ez dutela inolako kalkulurik eskatzen, aportazio metalikoaren sekzio berdina edo handiagoa edo gutxienez muga elastikoa eta haustura karga berdinak edo handiagoak dituen agerikoa da bere garraiatzeko ahalmena handiagoa izango dela (karga dinamikoen loturen kasuan bai egiaztatu behar dira). Kalkulu erresistentzia lotutako piezen artean ahulenaren berdina izango da.



3.98. Irudia: *Toperako soldaduren egitea*

Proiektu honetan erabilitako soldadura gehienak toperakoak izango dira.

Penetrazio partzialeko toperako soldaduren kalkulu erresistentzia

Aurretik aipatu den moduan, soldadurak penetrazio osoa baldin badu, ez da beharrezkoa egiaztapena. Kalkulu erresistentzia lotutako piezen artean ahulenaren berdina izango da.

Penetrazio partzialekoak diren toperako soldadurei dagokionez, ezin da kordoi bakar bat erabili luzetarako ardatzari perpendikularki trakzio esfortzuak transmititzeko.

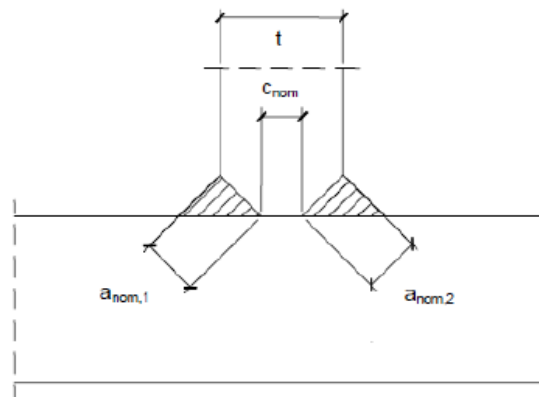
Kalkulu erresistentzia transmititzeko penetrazio partzialeko loturetan, soldadura kordioak angelu moduan zehaztuko dira honako hauek kontuan hartuta:

- Ezarriaren lodiera penetrazioan lor daitekeen sakonera izango da eta aurreko froga esperimentalek zehaztu beharko dute.
- U, V, J edo zuzenak diren ertzak prestatzen badira, prestaketa nominalaren sakonera ken 2 mm hartuko da, esperimentuan justifikatu daitezkeen balio handiagoa izan ezean.
- T formako soldadura badu, hau guztia penetrazio totalen sartuko da, honako hau betetzen bada:

$$a_{nom,1} + a_{nom,2} \geq t$$

$$c_{nom} \leq t/5 \text{ y } c_{nom} \leq 3 \text{ mm}$$

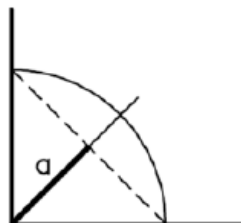
(3.219)



3.99. Irudia: Toperako T soldadura

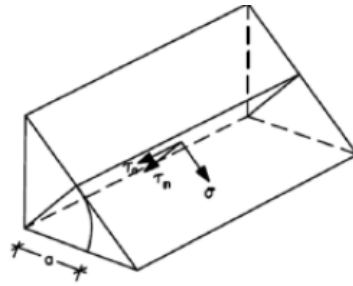
Soldadurak angeluan

Soldaduraren kordoia isoszeles triangeluarekin parekatuta dago eta isoszeles triangeluaren altueraren arabera definitutako sekzioa da, sekzio txikiena baita.



3.100. Irudia: Soldadura kordoiaren triangelua

Era berean, onartzen da tentsioak konstanteak direla onartu daiteke altueran definitutako planoan eta zeinaren azalera $\alpha \cdot l$ da, non l soldaduraren luzera den.



3.101. Irudia: a altuerak definitutako planoan

Plano honetan, tentsioaren osagaiak tentsio normala, σ , eta bi osagai erreferentzia planoan eta perpendikularrak, τ_a eta τ_n izango dira.

Tentsio horietatik, eta estandar bakoitzak bere kalkuluaren adierazpena biltzen du, oinarri esperimentaletik lortutakoa, hori da soldaduraren haustura indarra ematen duena. Modu horretan, NBE EA-95 estandarra angelu-soldaduren segurtasun baldintza gisa definitzen da, non σ_{co} konparaketa tentsioa altzairuaren kalkulu erresistentzia baino txikiagoa da.

$$\sigma_{co} = \sqrt{\sigma^2 + 1,8(\tau_a^2 + \tau_n^2)} \leq f_u$$

(3.220)

Non f_u altzairuaren kalkulu erresistentzia den.

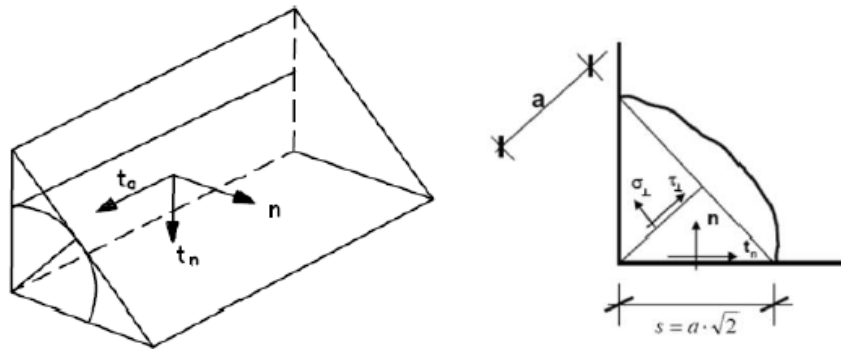
Konparazio tentsioak soldadurako eztarriaren planoari erreferentzia egiten badio ere, orokorrean errazagoa da kalkulurako eztarriaren sekzioa tolestea kordioaren aurpegian. Tentsio unitarioen arteko erlazioa honakoa da:

$$\sigma = \frac{1}{\sqrt{2}} (\sigma_n + \tau_n)$$

$$\tau_n = \frac{1}{\sqrt{2}} (\sigma_n - \tau_n)$$

$$\tau_a = \tau_a$$

(3.221)



3.102. Irudia: Eztarriko planoaren tolestea eta tentsio tolestuak

Angelu soldaduren kalkulu erresistentzia

Irizpide orokor gisa, indarrean dagoen araudi guztiak onartzen dute angulu kordioak bere ahalmen erresistentea agortzen duela tentsioko egoeraren funtzio jakin batek, konparazio-tentsioa deritzona, metalezko haustura tentsioaren balioa iristen denean. Hau da:

$$\sigma_{co} = f(\sigma, \tau_a, \tau_n) = f_u \quad (3.222)$$

Kontuan izan behar da σ_{co} , kalkuluak errazteko diseinu bat baino ez dela, beraz ez da benetako tentsio bat gailu experimental batekin neurtzen dena.

Urte askotako azterketen ondoren, eta soldaduradun geruzan dagoen tentsioko egoera konplexutasuna kontuan hartuta, oraindik ez da posible funtzio hauen determinazio teorikoa lortzea.

Hala ere, eta baliozko erantzuna eta funtzionatzen duena aldi berean emateko, tradizioz adierazpenak baliozkotzat hartu dira konparazio tentsioarentzat:

$$\sigma_{co} = \beta \sqrt{k(\sigma^2 + \lambda(\tau_a^2 + \tau_n^2))} \quad (3.223)$$

β , k eta λ koefizienteak proba experimentalak egitean kalkulatzen dira, non soldadurako kordaiak hausturara eramaten diren kalkulatzen dira.

Soldadura anguluarrak kalkulatzeke, bi prozedura erabil daitezke:

- Metodo direkzionala

Metodo horren bidez, luzera unitate bakoitzeko tentsioak haien tentsioko osagaietan deskonposatu egiten dira, suposatzen tentsioak uniformeki banatzen direla eztarriko sekzioan.

Egiaztapen metodoak aplikatzen badira, angeluko soldadurak nahikoa izango dira kalkulu tentsioekin batera hurrengo betetzen bada:

$$\sqrt{\sigma^2 + 3(\tau_a^2 + \tau_n^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}}$$

$$\sigma \leq 0,9 \cdot \frac{f_u}{\gamma_{M2}}$$

(3.224)

Non:

- f_u = Loturaren piezarik ahulenak duen haustura indarra.
- σ = tentsio normala eztarriko planoaren gainean.
- τ_n = tentsio tangenziala (eztarriko planoan) perpendikularra kordioaren ardatzari.
- τ_a = tentsio tangenziala (eztarriko planoan) kordioaren ardatzarekiko paralelo.
- γ_{M2} = segurtasun faktore partziala (1,25)
- β_w = zuzenketa koefizientea, hurrengo taulan ematen den moduan.

acero	f_u N/mm ²	β_w
S 235	360	0,80
S 275	430	0,85
S 355	510	0,90

3.53. Taula: β_w koefizienteak

F_u eta β_w -ren balioak ordezkatzuz egiturazko altzairuen ohiko kalitateetarako, ondoko taulako balioak lortzen dira:

acero	f_u N/mm ²	β_w	$f_{vw,d}$ N/mm ²
S 235	360	0,80	207,8
S 275	430	0,85	222,7
S 355	510	0,90	261,7

3.54. Taula: $f_{vw,Rd}$ balioak

- Tentsio tangenzial maximoaren metodoa

Beste irizpide hau aplikatuz, soldatutako angelu kordoi baten erresistentzia nahikoa izango da unitateko luzera, $F_{W,Ed}$, kordoiak transmititutako indar guztien erresultanteak ez baditu bere kalkulu erresistentziaren balioa pasatzen, $F_{W,Rd}$, kordoiaren orientazioa edozein dela ere.

Kordoi angeluar baten luzera unitate bakoitzeko erresistentzia proba honako adierazpenaren arabera egiten da:

$$F_{W,Ed} \leq F_{W,Rd} = a \cdot f_{vw,d} \quad (3.225)$$

Non:

- f_u = baterako zatirik ahulena haustura trakzio-indarra.
- β_w = korrelazio koefizientea,
- a = Kordoi angeluar baten lodiera

$$f_{vw,d} = \frac{\frac{f_u}{\sqrt{3}}}{\beta_w \cdot \gamma_{M2}},$$

Kalkuluen azken adierazpen hau aurreko metodoa aplikatuz erakusten denaren baino kontserbakorragoa da eta kordoiaren indarra zehazten du, edozein dela ere orientazioari eskaerei dagokionez (luzetarako, zeharkako eta zeharkako kordoa).

Azken prozedura hau erabiltzea segurtasunaren alde izango litzateke.

Laburpen taulan, azpian ikusten dena, angelu soldadura kordoiak kalkulatzeko proposatuko kalkuluak.

Método direccional
<p>La resistencia de un cordón será suficiente si se cumplen simultáneamente:</p> $\sqrt{\sigma_{\perp}^2 + 3(\tau_{\perp}^2 + \tau_{\parallel}^2)} \leq \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2}}$ $\sigma_{\perp} \leq 0,9 \frac{f_u}{\gamma_{M2}} ; \text{ (en la EAE y el CTE no se incluye el parámetro 0,9)}$ <p>donde: σ_{\perp} = la tensión normal perpendicular a la garganta de la soldadura τ_{\perp} = la tensión tangencial (en el plano de garganta) perpendicular al eje de la soldadura τ_{\parallel} = la tensión tangencial (en el plano de garganta) paralela al eje de la soldadura f_u = la resistencia última del acero β_w = el coeficiente de correlación en función del tipo de acero γ_{M2} = el factor parcial de seguridad = 1.25</p>
Método de la máxima tensión tangencial
$F_{w.Ed} \leq F_{w.Rd} = a \cdot f_{vw,d}$ <p>donde: a = espesor de garganta</p> $f_{vw,d} = \frac{f_u / \sqrt{3}}{\beta_w \gamma_{M2}} ; \text{ para el EC3 y el CTE}$ $f_{vw,d} = \frac{f_u}{\beta_w \gamma_{M2} \sqrt{2 + \cos^2 \alpha}} ; \text{ para la EAE}$

3.55.Taula: Laburpen taula

Kordioen esfortzuen zehaztapena eta bete beharreko baldintzak

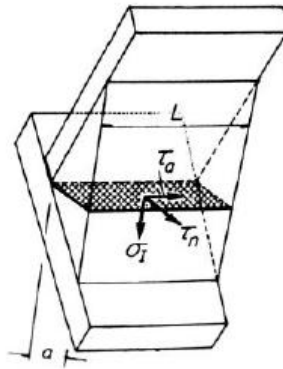
Soldatutako loturak egiaztatzerakoan, beharrezkoa da zehaztu zein diren tentsio diren kordioenak, eta oso konplexua denez ezinda modu orokorrean konpondu. Esfortzu horiek kalkulatzeko, honako baldintzak ezartzen dira:

- Loturaren osagaietan sortutako esfortzuen eta aplikatutako momentuen eta indarren arteko oreka egotea.
- Ezarritako banaketa baten ondorioz lortutako deformazioak ez gainditzen osagai bakoitzaren deformazio ahalmena.
- Osagai bakoitzak bere esfortzuari aurre egitea.

Egituraren kalkulan, azterketa elastikoak erabiliko da normalean artikulazio zurrnak edo malguak erabiltzen dira. Juntura erdi-zurrnak suposatzen badira, baterako osagai bakoitzaren karga-deformazio erlazioak erabili behar dira.

Soldadurak igorritako esfortzuak bi baldintza hauetako bat bete beharko du:

- Ez gainditzea kalkuluaren erresistentzia unitatea luzera bakoitzeko $F_{W,Rd}$
- Aurreko punturako alternatiba gisa, luzera unitate bakoitzeko tentsioak beren osagaietan deskonposatu daitezke, ezarpen uniformeak badirela eztarriko sekzioan.



3.103. Irudia: Esfortzuen deskonposaketa

Kordoiaren sekzio eraginkorra zehazteko, honako hauek hartu behar dira kontuan:

- Jadanik aipatu den moduan, kableak, ahal den neurrian, eztarriko lodiera bera eta luzera bikoitzaren lodierarekin batera luzatu beharko lirarteke.
- Soldatutako angelu kordoi baten luzera efektiboa, ezkerreko lodiera mantentzen bada, 40 mm baino gutxiagoko luzerak edo eztarriko zabalera ($6 \cdot a$) ez dira kontuan hartuko.
- Kordoi baten sekzio eraginkorra laukizuzenaren azalerari dagokion oinarria luzera eraginkorra eta bere altuera a lodiera direnak.

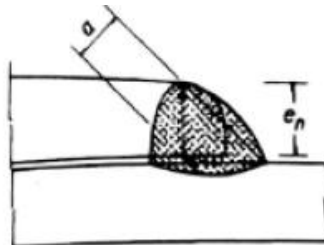
Soldadura kordoiaren eztarriaren lodieraren dimentsioak

t lodierako plaka bateko angelu baten kablearen a lodiera hurrengo taulan adierazitako lodieren artean banatuko da. $t_1 \leq t_2$ -ren lodieradun profilak $0,3 \cdot t_2$ baino txikiagoa edo $0,7 \cdot t_1$ baino handiagoa izan behar dute. Gainera, eztarriko lodiera 3 mm baino handiago izango da.

Espesor de la pieza (mm)	Garganta a		Espesor de la pieza (mm)	Garganta a	
	valor max	valor min		valor max	valor min
4,0 - 4,2	3,0	3,0	13,5-14,1	9,5	5,0
4,3 - 4,9	3,0	3,0	14,2 - 15,5	10,0	5,0
5,0 - 5,6	3,5	3,0	15,6 - 16,9	11,0	5,5
5,7 - 6,3	4,0	3,0	17,0 - 18,3	12,0	5,5
6,4 - 7,0	4,5	3,0	18,4 - 19,7	13,0	6,0
7,1 - 7,7	5,0	3,0	19,8 - 21,2	14,0	6,0
7,8 - 8,4	5,5	3,0	21,3 - 22,6	15,0	6,5
8,5 - 9,1	6,0	3,5	22,7 - 24,0	16,0	6,5
9,2 - 9,9	6,5	3,5	24,1 - 25,4	17,0	7,0
10 - 10,6	7,0	4,0	25,5 - 26,8	18,0	7,0
10,7 - 11,3	7,5	4,0	26,9 - 28,2	19,0	7,5
11,4 - 12,0	8,0	4,0	28,3 - 31,1	20,0	7,5
12,1 - 12,7	8,5	4,5	31,2 - 33,9	22,0	8,0
12,8 - 13,4	9,0	4,5	34,0 - 36,0	24,0	8,0

3.55.Taula: Soldadura kordoen eztarriaren muqa balioak

Ertzak biribilduta dauzkaten profiletan, biribilketa zilindroarekin alderatuta dagoen neurketa hegalarren lodiera nominal gisa hartzen da.



3.104. Irudia: Ertz borobilduko lodiera nominala

Labur esanda, soldatutako angelu baten lepoko lodiera ondoko baldintzak bete behar ditu:

$$a \leq 0,7 \cdot e_{\min}$$

(3.226)

Non e_{\min} soldatutako plaken lodiera minimoa den. Aurreko adierazpenaren emaitza beharera redondeatuko da, txapen lodieraren arabera azpian ageri diren berotasun txikiagoak ezarri ahal izateko.

$a \geq 3 \text{ mm}$, $e_{\min} \leq 10 \text{ mm}$ denean

$a \geq 4,5 \text{ mm}$, $e_{\min} \leq 20 \text{ mm}$ denean

$a \geq 5,6 \text{ mm}$, $e_{\min} > 20 \text{ mm}$ denean

FEd esfortzu bat transmititzeko beharrezkoak diren soldaduraren luzeraren zehaztapena

Parte hartu beharreko esfortzua kontuan hartuta, lotura egin beharreko txapen lodieraren arabera, lotu beharreko lodieraren arabera, soldaduraren kordioaren luzera, honako baldintza hauek bete behar ditu:

$$F_{W,Ed} \leq a \cdot L_W \cdot f_{vw,d} \quad (3.227)$$

Hau da, soldaduraren altueraren luzera, L_W , izan beharko luke:

$$L_W \geq \frac{F_{W,Ed}}{a \cdot f_{vw,d}} \quad (3.228)$$

Gainera, honako gutxieneko xedapenak bete behar dira:

$L > 40 \text{ mm}$ edo $6 \cdot a$

Alboko kordioetan, esfortzuari paraleloak, erantsitako piezen artean axialak bidaltzen direlarik, gutxieneko luzera izango da:

$L > b$ edo $15 \cdot a$

b lotutako piezaren zabalera delarik.

Soldatutako kordoi jakin baten erresistentziaren zehaztapena

Ezkerrerako kordioaren ezarriaren lodiera zehazteko eta soldatzeko kordoi anguluarraren luzera, bere erresistentzia honako adierazpenean lortutako balioaren berdina izango da:

$$F_{W,Rd} = a \cdot L_W \cdot f_{vw,d} \quad (3.229)$$

Soldadurak eskatutako esfortzua baino handiagoa edo berdina izan behar duen erresistentzia. Egiaztapen hau soldaduraren luzera mugatua den kasuetan egiten da, bota den soldaduraren kordoia nahikoa dela aurreikusitako tentsioak transmititzeko.

3.12.2.10. Eraikuntzako xedapenak

Ondorengo taulan informazio garrantzitsuena jasotzen da, soldaduen xedapen konstruktiboei dagokienez, aplikatu beharreko arauen arabera. Proiektu honetarako, CTEri buruzko araudia jarraituko da.

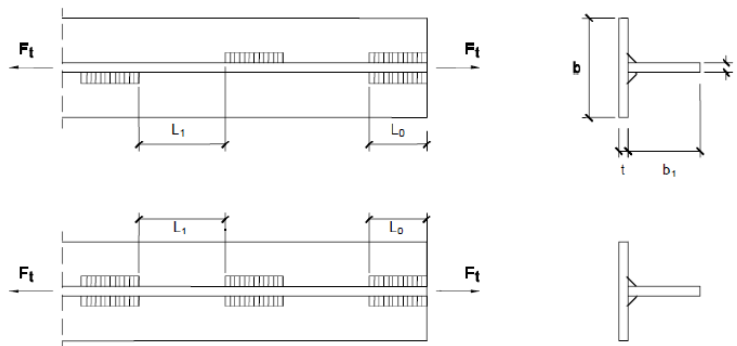
	EAE	DB SE-A	EC3
ESPESOR DE GARGANTA			
	$a \geq 3mm$ en chapas $\leq 10mm$ $a \geq 4,5mm$ en chapas $\leq 20mm$ $a \geq 5,6mm$ en chapas $> 20mm$	$a \geq 4mm$	$a \geq 3mm$
Piezas de sección tubular	$a \geq 0,7t_{min}$		
TERMINACIÓN			
	Los cordones deben prolongarse en una longitud al menos igual a $3a$	Deben prolongarse con el mismo espesor de garganta y longitud $2a$	Los cordones que terminen en esquinas deben prolongarse con una longitud igual a $\sqrt{2}a$
CORDONES DISCONTINUOS			
	Se pueden utilizar en ambientes con grado de corrosividad C1 o C2, con cargas predominantemente estáticas, y siempre que el espesor de garganta requerido sea inferior al recomendado.	No utilizables en ambientes corrosivos	No deben utilizarse soldaduras a tope discontinuas. No utilizables en ambientes corrosivos.
Dist. Entre extremos de cordones parciales	$L_1 \leq 200mm$, $L_1 \leq 12t_{min} (comp.)$, $L_1 \leq 16t_{min} (trac.)$, $L_1 \leq$ una cuarta parte de la distancia entre rigidizadores, cuando la soldadura se usa para conectarlos a una chapa o a una parte de una pieza sometida a compresión o a cortadura.	$L_2 \leq 12t, 12t_1, 0,25b, 200mm (comp.)$ $L_1 \leq 16t, 16t_1, 200mm (trac.)$	
Longitud de cada cordón parcial	$L_0 \geq 5a$ $L_0 \geq 40mm$	$L_0 \geq 0,75b_1, 0,75b$	
Cordones parciales en los extremos	En cordones en ángulo discontinuos siempre tienen que existir, y deben tener una longitud $\geq \frac{3}{4}t_{min}$	Es un detalle obligatorio	En cordones en ángulo discontinuos siempre tienen que existir, y deben tener una longitud $\geq \frac{3}{4}t_{min}$
LONGITUD MÍNIMA			
	Los cordones en ángulo laterales que transmitan axil, $L_w \geq 15a$ y $L_w \geq$ ancho de la pieza a unir.		

LONGITUD EFECTIVA		
La total del cordón si se mantiene el espesor de garganta nominal		
$L_{w,ef} \geq 40mm$ y $L_{w,ef} \geq 6 \cdot a$		$L_{w,ef} \geq 30mm$ y $L_{w,ef} \geq 6 \cdot a$
SOLAPES		
	$Solape \geq 5t_{min}$ $Solape \geq 25mm$	
	+	
	cordones frontales (si existen esfuerzos axiales)	
Si $L_w \geq 150a \rightarrow$ $L_{w,ef} = \beta_1 \cdot L_w$ donde $\beta_1 = 1,2 - \frac{0,2 \cdot L_w}{150a} \leq 1$ ó $0,6 \leq \beta_1 = 1,1 - \frac{L_w}{17000} \leq 1$ si $L_w > 1700mm$	Si $L_w \geq 150a \rightarrow$ $L_{w,ef} = \beta_1 \cdot L_w$ donde $\beta_1 = 1,2 - \frac{0,2 \cdot L}{150a} \leq 1$ L=longitud total del solape en la dirección del esfuerzo	Si $L_w \geq 150a \rightarrow$ $L_{w,ef} = \beta_1 \cdot L_w$ donde $\beta_1 = 1,2 - \frac{0,2 \cdot L_L}{150a} \leq 1$ ó $L_L =$ long. Total del solape en la dirección del esfuerzo $0,6 \leq \beta_1 = 1,1 - \frac{L_w}{17} \leq 1$ si $L_w > 1,7 m$
DESGARRO LAMINAR		
Se trataran de evitar uniones en las que la dirección principal de las tensiones de tracción sea transversal a la dirección de laminación de las chapas que se unen.		

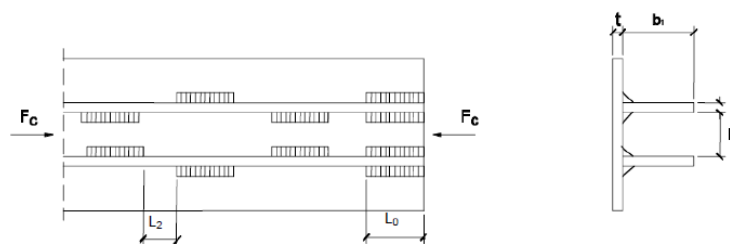
3.56.Taula: Soldadura kordoen eraikuntzako xedapenak

Kordoi diskontinuoetan kordoen arteko distantzia honako irudietan adierazitako baldintzak jarraituz egiaztatu beharko lirateke:

- a) Trakzioan: $L_1 \leq 16 \cdot t, 16 \cdot t_1, 200 mm$; $L_0 \geq 0,75 \cdot b_1, 0,75 \cdot b$



- b) Compresión: $L_1 \leq 12 \cdot t, 12 \cdot t_1, 0,25 \cdot b, 200 mm$; $L_0 \geq 0,75 \cdot b_1, 0,75 \cdot b$



3.105. Irudia: Soldatutako kordoiaren dimentsio garrantzitsuak eraikuntza xedapenekin lotutako eskakizunak egiaztatzeko

3.12.2.11. Proiektuko soldaduren kalkuluak

Hurrengo taulan proiektuan dauden soldadurak erakusten dira.

LOTURA SOLDATUAK		
	Lotura	Mota
1	Ainguraketa pernoa- Ainguraketa plaka	Toperako soldadura
2	Ainguraketa plaka- Zutabea	Toperako soldadura
3	Zutabearen oinarriko kartela- Zutanea	Toperako soldadura
4	Errodamentu koroa- Zutabea	Toperako soldadura
5	Zilindro- Errodamentu tapa- Goiko plaka	Toperako soldadura
6	Errefortzua- Errodamentu tapa- Goiko plaka	Toperako soldadura
7	Luma- Goiko plaka	Angelu soldadura
8	Lumaren kartela- Luma	Toperako soldadura
9	Babes meteorologikoa- Luma	Toperako soldadura
10	Errodadura erraila- Luma	Toperako soldadura
11	Lumaren ixte plaka- Luma	Toperako soldadura
12	Tope soportea- Tope barilla	Toperako soldadura
13	Ibilbide amaierako topea- Luma	Toperako soldadura
14	Gia- Kontrapisua	Toperako soldadura
15	Kablearen gia- Luma	Toperako soldadura

3.57.Taula: Lotura soldatuak

Arimaren platabandarekiko loturaren kalkulua

Zeren arimaren batasuna platabandarekin bete behar da:

$$\frac{F \cdot S}{2 \cdot a \cdot I_x} \leq 0,75 \cdot \sigma_u$$

(3.230)

Non:

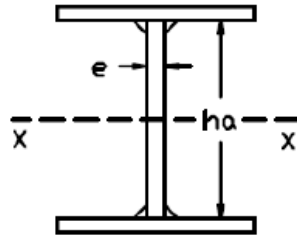
- F = Esfortzu ebakitzaila sekzioan.
- S = Platabandaren momento estatikoa x ardatzarekiko.
- a = soldadura kordoiaren eztarriaren lodiera.

- I_x = Sekzio osoaren inertzia moemetua x ardatzarekiko.
- σ_u = Lotu beharreko txapene hauste tentsioa.

Segurtasun aldean, ondorengo formula sinplifikatua erabil daiteke:

$$\frac{F}{2 \cdot a \cdot h_a} \leq 0,75 \cdot \sigma_u$$

(3.231)



3.106. Irudia: Platabandaren arimaren lotura

Goiko plakaren eta Lumaren arteko soldaduraren kalkulua

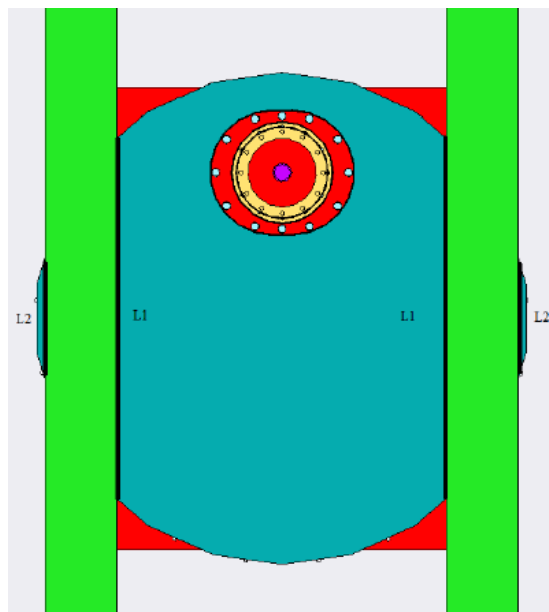
Lumaren eta goiko plakaren arteko lotura kalkulatu da, soldatutako kordioak jasaten dituzten tentsioak jasan behar direla kontuan hartuta.

Soldaduren desberdinetako ezarriak berdinak izatea gomendatzen da exekuzioan nahasmenik ez egoteko. Angulu bat soldatzeko zeharkako aurrealdeko kordioekin egingo da.

Soldatutako materialen lodieraren arabera, ezarriak balio maximak eta minimoak dituzte. Lumaren hegala lodiera 19 mm-koa da (batu beharreko txapen lodiera minimoa), ikus daiteke kasu honetan ezarriaren lodiera 6 mm eta 13 mm artean dagoela.

Bestalde, luma 40 mm-ko lodiera duen plaka batean daago.

Hurrengo kordioien luzera hauek hartzen dira: $L1 = 1120$ mm eta $L2 = 400$ mm.



3.107. Irudia: Lumaren soldaduren kordoiak

Soldadurak kalkulatzeko, karga FEM koefizienteekin handitu behar da. Eskari horiek alde zurreratik lortutako egituraren kalkuluan egoera kaltegarrienean lortzen dira, haizerik gabeko zerbitzuan.

Esfortzu berdina kontsideratuko dira luma kalkulatzeko dimentsio gisa hartu direnak kontuan.

Konpresioan kalkulatu

Aurrealdeko aldean eztarik atalean sortzen diren tentsioak orekatu behar dira, N/2 indarra.

$$\sigma_I = \frac{N}{2 \cdot a \cdot L} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \quad ; \quad \tau_n = -\frac{N}{2 \cdot a \cdot L} \cdot \frac{\sqrt{2}}{2} \quad ; \quad \tau_a = 0 \tag{3.232}$$

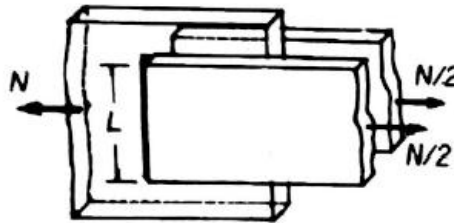
Espresso hauek ekuazioan sartzen:

$$\sqrt{\sigma_I^2 + 3\tau_n^2} = \sqrt{2} \cdot \frac{N}{2 \cdot a \cdot L} = 1,414 \cdot \frac{N}{2 \cdot a \cdot L} \leq \frac{f_u}{\beta_W \cdot 1,25} \tag{3.233}$$

Adierazpen honek honako formatu hauek hartzen ditu:

$$\frac{N}{2 \cdot a \cdot L} \leq \frac{0,565 \cdot f_u}{\beta_w} \quad \text{ó} \quad \frac{N}{\Sigma(a \cdot L)} \leq \frac{0,565 \cdot f_u}{\beta_w}$$

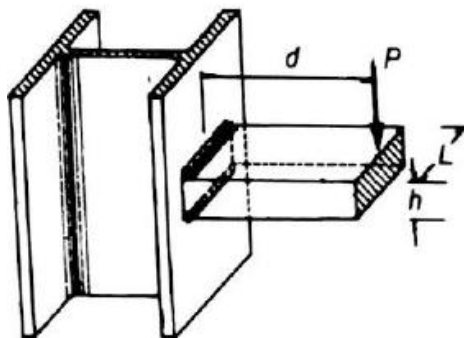
(3.234)



3.108. Irudia: Aurreko kordioaren kalkulua

Kalkuluak flexiora

Goian aipatu den moduan, goiko luma-plaka konexioa zeharkako aurrealdeko lokarriekin egingo da.



3.109. Irudia: Soldatutako lotura zeharkako flexioan aurrealdeko lokarriekin.

Kalkulua aurrekoaren antzekoa da. Funtzionatzeko modurik errazena eztarriko sekzioak kordoi guztiak dituen planora abatitzea da. Tolestutako kordoi horien n tentsio normalak erraz lortzen dira hau aplikatuz:

$$n(z) = \frac{M}{I} \cdot z \quad ; \quad n_{\text{máx}} = \frac{M}{W}$$

(3.235)

Non:

- I = Abatitutako eztarriaren sekzioaren inertzia momentua.
- M = Loturak eskatzen duen kalkulu momentua
- z = Zuntzaren altuera abatitutako sekzioaren grabitate zentruarekiko
- W = Eztarriko sekzioaren modulo erresistentea, lotura planoaren gainean tolestuta.

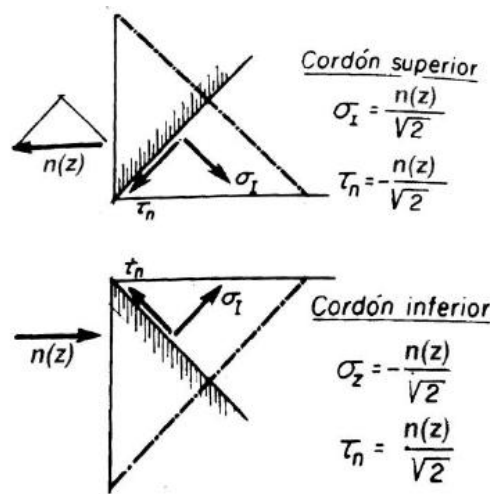
- n_{\max} = Tentsio normal maximoa planoaren gainean ezarritako ezarriaren zerikusia duena

$n(z)$ tentsio normal hauek ezarritako sektoreari buruzkoa, goiko kordoa sortzen du, hurrengo irudian adierazitako irizpidearekin:

$$\sigma_I(z) = \frac{n(z)}{\sqrt{2}} \quad ; \quad \tau_I(z) = \frac{-n(z)}{\sqrt{2}} \quad ; \quad \tau_a(z) = 0$$

(3.236)

Eta beheko kordoiari, bero berdina baina kontrako seinuekin.



3.110. Irudia: Soldatutako kordoen seinuen kriterioa.

P ebakitzaileak ezarriaren sekzioan tentsioak sor ditzake, alde aurretik deduzitutakoak gainjarriz.

Aurreko alboko kableak dituzten konexioetarako:

Momentu flectoreak, $P \cdot d$ tentsioa sortzen du:

$$n_{\max} = \frac{P \cdot d}{W}$$

(3.237)

$$W = L \cdot h \cdot a \quad (\alpha \text{ txikia bada } h\text{-rekin konparatuz})$$

Beheko kordoiari:

$$\tau_{n,\max} = -\sigma_{l,\max} = \frac{n_{\max}}{\sqrt{2}} \cong \frac{P \cdot d}{\sqrt{2} \cdot L \cdot h \cdot a} \quad (3.238)$$

Mota hau ez da egokia tentsio ebakitzaleei aurre egiteko; existitzen badira, ustez eztarrien sekzioan eroritako banaketa uniformea izango da. Beheko kordioan izango da:

$$t_{n,\text{med}} = \frac{P}{2 \cdot a \cdot L} \quad (3.238)$$

Eta eztarriko planoan tentsioetara joanda:

$$\sigma_{l,\text{med}} = \frac{P}{2 \cdot a \cdot L \cdot \sqrt{2}} \quad ; \quad \tau_{n,\text{med}} = \frac{P}{2 \cdot a \cdot L \cdot \sqrt{2}} \quad (3.239)$$

Flexio eta ebakitzaleek sorturiko tentsio konbinatuek eragindako tentsioak gehituz:

$$\tau_{n,\max} = \frac{P \cdot d}{L \cdot h \cdot a} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{P}{2 \cdot a \cdot L \cdot \sqrt{2}} = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{P}{L \cdot h \cdot a} \cdot \left(d + \frac{h}{2} \right)$$

$$\sigma_{l,\max} = -\frac{P \cdot d}{L \cdot h \cdot a} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} + \frac{P}{2 \cdot a \cdot L \cdot \sqrt{2}} = -\frac{1}{\sqrt{2}} \cdot \frac{P}{L \cdot h \cdot a} \cdot \left(d - \frac{h}{2} \right) \quad (3.240)$$

Ebakitzalearen eragina garrantzirik ez badu, honakoa da:

$$\sqrt{\sigma_{l,\max}^2 + 3\tau_{n,\max}^2} = 1,41 \cdot P \cdot \frac{d}{L \cdot h \cdot a} < \frac{0,80 \cdot f_u}{\beta_w} \quad (3.241)$$

Praktikan, honako ekuazioa erabiltzen da:

$$\frac{P \cdot d}{L \cdot h \cdot a} \leq \frac{0,56 \cdot f_u}{\beta_w} \quad (3.242)$$

Kalkulua tortsiara

Alboko kordioak dituzten artikulazioetan:

$M_t = F \cdot e$ momentua deskonposatu da eragiten duten T indar pare batean.

$$M_t = F \cdot e = T \cdot \left(h + 2 \cdot \frac{a}{2} \right) = T \cdot (h + a)$$

(3.243)

Indar horiek luzerako tentsio tangenziala sortzen dute bi kordioetan:

$$t_a = \tau_a = \frac{T}{a \cdot L} = \frac{M_t}{a \cdot (h + a) \cdot L}$$

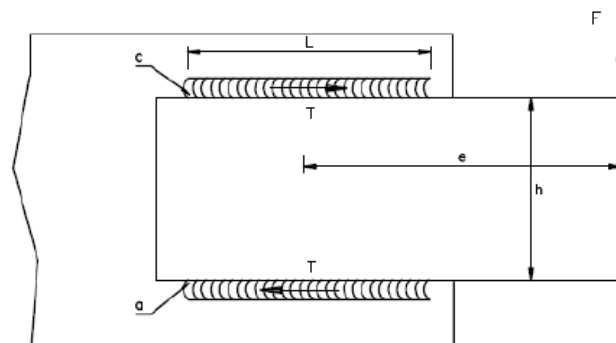
$$t_n = \frac{F}{2 \cdot L \cdot a} \quad ; \quad \sigma = \tau_n = \frac{1}{\sqrt{2}} \cdot t_n$$

(3.244)

hau uniformetzat har daiteke, kordioetan banatuta:

$$\sigma_{co} = \sqrt{\sigma^2 + 1,8(\tau_a^2 + \tau_n^2)} \leq \sigma_u$$

(3.245)



3.111. Irudia: Alboko soldadurak soilik

3.12.2.12. Lotura soldatuen kalkuluen emaitzak

UNIONES SOLDADAS		
Cálculo soldadura alma-platabandas		
Esfuerzos en la sección (Caso más desfavorable: En servicio sin viento)		
γ_s	1,06	
C_d	1,02	
C_s	1,50	
V_{y1}	33510,96	N
V_{y2}	43899,75	N
$V_{y1} \cdot \gamma_s \cdot C_s$	53282,43	N
$V_{y2} \cdot \gamma_s \cdot C_d \cdot C_s$	71475,82	N
V_y	124758,24	N
V_3	1065,92	N
$V_3 \cdot \gamma_s \cdot C_s$	1694,81	N
V_x	1694,81	N
V	124769,75	N
$F = V$	124769,75	N
t_1	12,00	mm
t_2	19,00	mm
a (TABLA) ≥ 3 mm	6,00	mm
$0,3 \cdot t_2 < a$ ✓	5,70	mm
$0,7 \cdot t_1 > a$ ✓	8,40	mm
h_a	562,00	mm
$F/(2 \cdot a \cdot h_a)$	18,50	N/mm ²
σ_u	410,00	N/mm ²
$0,75 \cdot \sigma_u$	307,50	N/mm ²
$F/(2 \cdot a \cdot h_a) \leq 0,75 \cdot \sigma_u$ ✓		
Cálculo soldadura pluma-placa superior		
Tipo de soldadura		
Soldadura en ángulo. Unión con sólo cordones frontales transversales		
Esfuerzos en la sección (Caso más desfavorable: En servicio sin viento)		

N_1	110323,26	N
M_1	-286216560,00	N·mm
N_2	87799,50	N
M_2	702396000,00	N·mm
T_3	2334360,00	N·mm
$N_1 \cdot \gamma_s \cdot C_s$	175413,98	N
$M_1 \cdot \gamma_s \cdot C_s$	-455084330,40	N·mm
$N_2 \cdot \gamma_s \cdot C_a \cdot C_s$	142951,63	N
$M_2 \cdot \gamma_s \cdot C_a \cdot C_s$	1143613071,36	N·mm
N	318365,62	N
M	688528740,96	N·mm
$T_3 \cdot \gamma_s \cdot C_s$	3711632,40	N·mm
T	3711632,40	N·mm

Espesor de garganta del cordón de soldadura (a)

t_1	19,00	mm
t_2	40,00	mm
a (TABLA) ≥ 3 mm	13,00	mm
$0,3 \cdot t_2 < a \checkmark$	12,00	mm
$0,7 \cdot t_1 > a \checkmark$	13,30	mm

Longitud del cordón de soldadura (l)

L_1	1120	mm
L_2	400	mm

Resistencia del cordón de soldadura

Solicitaciones de compresión

N	318365,62	N
a_1	13,00	mm
L_1	1120,00	mm
a_2	13,00	mm
L_2	400,00	mm
f_u	430,00	N/mm ²
β_w (TABLA)	0,85	
$N/(a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2)$	16,11	N/mm ²
$(0,565 \cdot f_u)/\beta_w$	285,82	N/mm ²
$N/(a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2) \leq (0,565 \cdot f_u)/\beta_w \checkmark$		

Solicitaciones de flexión

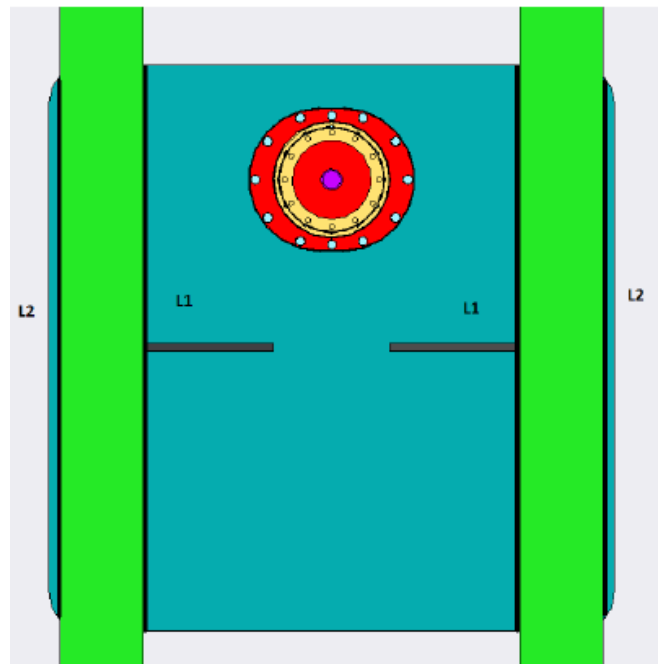
M	688528740,96	N·mm
L ₁	1120	mm
L ₂	400	mm
h	220	mm
a	13,00	mm
f _u	430,00	N/mm ²
β _w	0,85	
Cordón 1		
M/(L ₁ ·h·a)	214,95	N/mm ²
Cordón 2		
M/(L ₂ ·h·a)	601,86	N/mm ²
(0,56·f _u)/β _w	283,29	N/mm ²
M/(L ₁ ·h·a) ≤ (0,56·f _u)/β _w ✓		
M/(L ₂ ·h·a) ≤ (0,56·f _u)/β _w ✗		

Solicitaciones de torsión

F _{inconj}	1065,92	N
F = F _{inconj} ·γ _S ·C _s	1694,81	N
M _t = T	3711632,40	N·mm
a	13,00	mm
h	220,00	mm
L ₁	1120,00	mm
L ₂	400,00	mm
Cordón 1		
t _a = τ _a	1,09	N/mm ²
t _n	0,06	N/mm ²
σ = τ _n	0,04	N/mm ²
σ _c	1,47	N/mm ²
σ _u	430,00	N/mm ²
σ _c ≤ σ _u ✓		
Cordón 2		
t _a = τ _a	3,06	
t _n	0,16	N/mm ²
σ = τ _n	0,12	N/mm ²
σ _c	4,11	N/mm ²
σ _u	430,00	N/mm ²
σ _c ≤ σ _u ✓		

3.12.2.13. Egituraren redimentsionamendua goiko plaka-luma soldaduragatik

2 kordioak ez dituen bere gaineko flexioarako tentsioak onartzen, beharrezkoa da luzera hori handitzea. Horretarako, goiko plaka aldatzea erabaki da. Plaka horren forma aldatu egin da, forma angeluzuzenera biribildua beharrean. Horrela, soldatutako kordioa luzatzen da. Gainera, egituraren egonkortasun handiagoa lortzen da.



3.112. Irudia: Soldadura kordioak luma-plakan

3.12.2.14. Egituraren redimentsionamenduaren kalkuluen emaitzak goiko plaka-luma soldaduragatik

UNIONES SOLDADAS		
Cálculo soldadura pluma-placa superior		
Tipo de soldadura		
Soldadura en ángulo. Unión con sólo cordones frontales transversales		
Esfuerzos en la sección (Caso más desfavorable: En servicio sin viento)		
N ₁	110323,26	N
M ₁	-286216560,00	N·mm
N ₂	87799,50	N
M ₂	702396000,00	N·mm
T ₃	2334360,00	N·mm
N ₁ ·γ _s ·C _s	175413,98	N
M ₁ ·γ _s ·C _s	-455084330,40	N·mm
N ₂ ·γ _s ·C _a ·C _s	142951,63	N
M ₂ ·γ _s ·C _a ·C _s	1143613071,36	N·mm
N	318365,62	N
M	688528740,96	N·mm
T ₃ ·γ _s ·C _s	3711632,40	N·mm
T	3711632,40	N·mm
Espesor de garganta del cordón de soldadura (a)		
t ₁	19,00	mm
t ₂	40,00	mm
a (TABLA) ≥ 3 mm	13,00	mm
0,3·t ₂ < a ✓	12,00	mm
0,7·t ₁ > a ✓	13,30	mm
Longitud del cordón de soldadura (l)		
L ₁	1496	mm
L ₂	1420	mm
Resistencia del cordón de soldadura		
Solicitaciones de compresión		
N	318365,62	N
a ₁	13,00	mm

L_1	1496,00	mm
a_2	13,00	mm
L_2	1420,00	mm
f_u	430,00	N/mm ²
β_w (TABLA)	0,85	
$N/(a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2)$	8,40	N/mm ²
$(0,565 \cdot f_u)/\beta_w$	285,82	N/mm ²
$N/(a_1 \cdot L_1 + a_2 \cdot L_2) \leq (0,565 \cdot f_u)/\beta_w$ ✓		

Solicitaciones de flexión

M	688528740,96	N·mm
L_1	1496	mm
L_2	1420	mm
h	220	mm
a	13,00	mm
f_u	430,00	N/mm ²
β_w	0,85	
Cordón 1		
$M/(L_1 \cdot h \cdot a)$	160,93	N/mm ²
Cordón 2		
$M/(L_2 \cdot h \cdot a)$	169,54	N/mm ²
$(0,56 \cdot f_u)/\beta_w$	283,29	N/mm ²
$M/(L_1 \cdot h \cdot a) \leq (0,56 \cdot f_u)/\beta_w$ ✓		
$M/(L_2 \cdot h \cdot a) \leq (0,56 \cdot f_u)/\beta_w$ ✓		

Solicitaciones de torsión

F_{inconj}	1065,92	N
$F = F_{inconj} \cdot \gamma_s \cdot C_s$	1694,81	N
$M_t = T$	3711632,40	N·mm
a	13,00	mm
h	220,00	mm
L_1	1496,00	mm
L_2	1420,00	mm
Cordón 1		
$t_a = \tau_a$	0,82	N/mm ²
t_u	0,04	N/mm ²
$\sigma = \tau_u$	0,03	N/mm ²

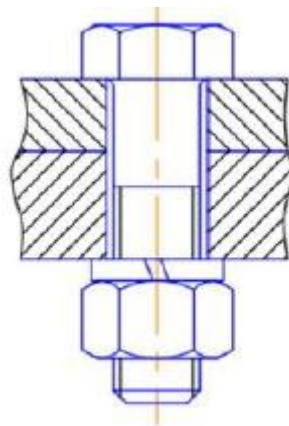
σ_c	1,10	N/mm^2
σ_u	430,00	N/mm^2
$\sigma_c \leq \sigma_u \checkmark$		
Cordón 2		
$t_a = \tau_a$	0,86	
t_n	0,05	N/mm^2
$\sigma = \tau_n$	0,03	N/mm^2
σ_c	1,16	N/mm^2
σ_u	430,00	N/mm^2
$\sigma_c \leq \sigma_u \checkmark$		

3.12.3. Lotura haristatuak

3.12.3.1. Sarrera

Lotura haristatua torloju izeneko piezen bidez egiten dira. Torlojuak hagaxka izeneko pin zilindrikoa osatzen duten elkarketa-elementuak dira, eta horien muturrak forma jakin baten buru bat du, eta beste muturra haristatua du.

Konexioa torlojua txertatzeko piezak sortutako zulo batean sartuz osatuta dago eta azkoina (dagokion eraztunarekin) hari gainean jarriko da.



3.113. Irudia: Torlojua

Torlojuak, funtsean, erabiltzen dira eraikuntza desmuntagarrietan, behin-behineko artikulazioetan eta izan ere, exekuzioa erraz kontrola daitekeelako.

Soldatutako loturen aurrean bere abantailen artean daude:

- Egokitzapenak eguraldi baldintza txarrenetan egin daitezke.
- Kalitate kontrolaren kostu txikiagoak.
- Exekuzio epe motzagoak.
- Nekearen eta haustura hauskorren aurrean portaera hobea.

Desabantailak:

- Proiektuaren gastuen sobrekostua kalkulu eta irudikapenaren ondorioz.
- Piezen muntaia zorrotzagoa da tolerantziak murriztuagoak izateko.
- Juntura soldatuak baino itxura estetiko gutxiago.

Torlojuen kargaren arabera, bereizteko aukera dago: torloju arruntak, torloju kalibratuak eta pretensatutako torlojuak. Azken horiek pretensatu eta karga transmititzen dituzte txapen deskonpresio eta marruskadura bidez, eta torloju arrunt eta kalibratuak karga transmititzen dituzte trakzio, ebaketa eta aplastamenduz.

Proiektu honetan, torloju arruntak eta aurrefabrikatuak erabiliko dira, bigarrenak errodamendurako soilik erabiliz.

3.12.3.2. Torlojuen ezaugarriak

Materialaren ezaugarri mekanikoak:

Erabilitako altzairuen ezaugarriak UNE EN 20898-1 arauaren arabera normalizatzen dira hurrengo taulan ikus daitekeen bezala.

Calidad	f_y (N/mm ²)	f_{ub} (N/mm ²)
4.6	240	400
5.6	300	500
6.8	480	600
8.8	640	800
10.9	900	1000

3.58.Taula: Torlojuen altzairuaren kalitateak

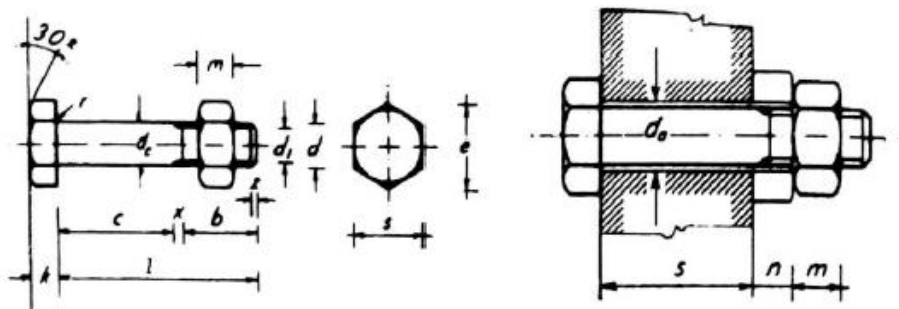
4.6 eta 5.6 kalitateak karbono altzairuzkoak dira. 8,8 eta 10,9 kalitatedunak karbono altzairuzko gehigarriekin (B, Mn edo Cr), tenplatua(10.9 aleaziozko altzairuan ere baimenduta dago).

Torlojuen erresistentziaren arabera, eraztunak eta azkoinak bereiz daitezke:

- Erresistentzia txikiko torlojuak, eraztunak eta azkoinak 4.6, 4.8, 5.6, 5.8 eta 6.8 kalitateak.
- Erresistentzia handiko torlojuak, eraztunak eta azkoinak 8.8 eta 10.9 kalitateak.

Pretentsatu gabeko torlojuak

Torloju arrunten eta kalibratutako torlojuen arteko aldea haien ezaugarri geometrikoetan oinarritzen da. Torloju arruntetan hagaren diametroa hariaren berdina da, eta kalibratuan hagaren diametroa handiagoa da.



3.114. Irudia: Torloju normala eta estutze luzera

Torloju arrunten mota bakoitzaren ohiko dimentsio geometrikoak hurrengo taulan agertzen dira:

TORNILLO TIPO	Vástago			Cabeza			Área resistente A _r (cm ²)
	d ₂ (mm)	d ₁ (mm)	b (mm)	k (mm)	s (mm)	e (mm)	
M-10	10	8,16	17,5	7	17	19,6	0,58
M-12	12	9,853	19,5	8	19	21,8	0,843
M-16	16	13,546	23	10	24	27,7	1,57
M-20	20	16,933	25	13	30	34,6	2,75
(M-22)	22	18,933	28	14	32	36,9	3,03
M-24	24	20,319	29,5	15	36	41,6	3,53
(M-27)	27	23,319	32,5	17	41	47,3	4,56
M-30	30	25,706	35	19	46	53,1	5,61
(M-33)	33	28,706	38	21	50	57,7	6,94
M36	36	31,096	40	23	55	63	8,17

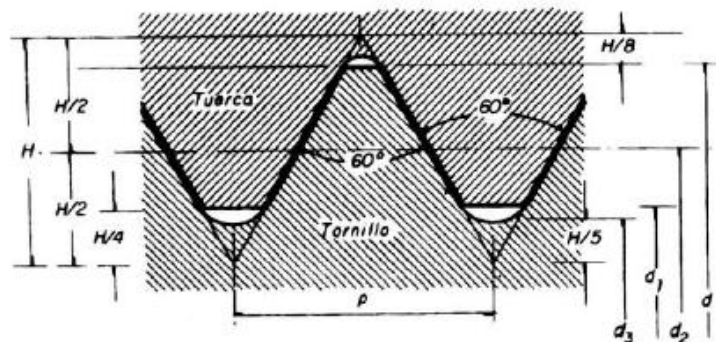
nota: no es recomendable utilizar tornillos cuyo tipo figura entre paréntesis.

3.59.Taula: Torloju arrunten ezauzarri geometrikoak

UNE arauaren arabera, hari mota ISO triangularra da, kalitate larria duena. Aurreko taulan ere azpiko geruza erresistentzia erakusten du hariaren eremuan, A_s, ondorengo adierazpenarekin definitutakoa:

$$A_s = \left(\frac{d_3 + d_2}{2} \right)^2 \cdot \frac{\pi}{4}$$

(3.246)



3.115. Irudia: ISO haria

Jarraian ikusiko den taulan torloju bakoitzari dagokion luzeera nominalak adierazten dira.

Longitud nominal f del vástago (mm)	Longitud de al caña c en mm.									
	M10	M12	M16	M20	(M22)	M24	(M27)	M30	(M33)	M35
30	10	8								
35	15	13	9							
40	20	18	14	10	8					
45	25	23	19	15	13	11				
50	30	28	24	20	18	16				
55	35	33	29	25	23	21				
60	40	38	34	30	28	26	23			
65	45	43	39	35	33	31	28			
70	50	48	44	40	38	36	33			
75	55	53	49	45	43	41	38			
80		58	54	50	48	46	43	40		
85		63	59	55	53	51	48	45		
90		68	64	60	58	56	53	50		
(95)		73	69	65	63	61	58	55		
100		78	74	70	68	66	63	60	57	54
(105)		83	79	75	73	71	68	65	62	59
110		88	84	80	78	76	73	70	67	64
(115)		93	89	85	83	81	78	75	72	69
120		98	94	90	88	86	83	80	77	74
(125)			99	95	93	91	88	85	82	79
130			104	100	98	96	93	90	87	84
140			114	110	108	106	103	100	97	94
150			124	120	118	116	113	110	107	104
160				130	128	126	123	120	117	114
170				140	138	136	133	130	127	124
180					148	146	143	140	137	134
190					158	156	153	150	147	144
200					168	166	163	160	157	154

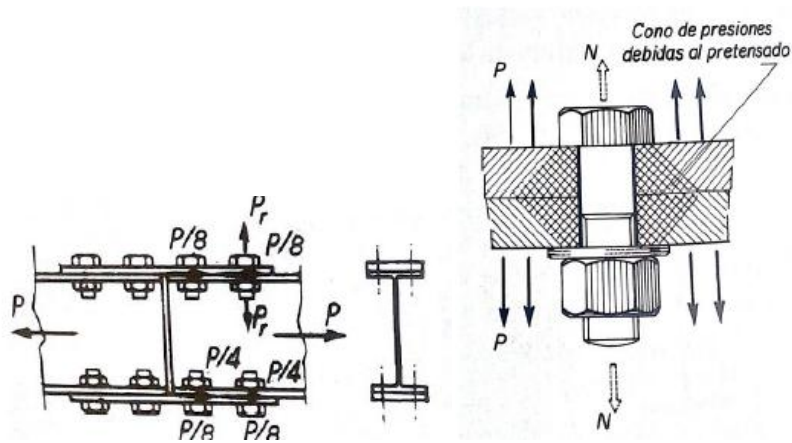
Se evitarán en lo posible los valores entre paréntesis

3.60.Taula: Torloju arrunten luzera nominalak

Torloju pretentsatuak

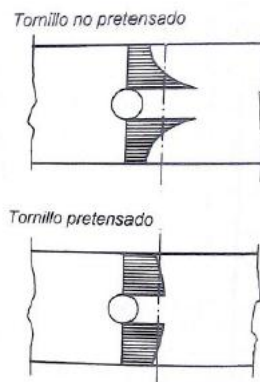
Aurrez prestatutako torlojuak erabiltzen dituzten artikulazioen sendotasuna torlojuak estutzean garatutako marruskadura-indarrak erabiltzeagatik dator. Indar horiek piezak bereizteko joera duten P-ren tentsioen ekintzaren kontrakoak dira.

Egokitze indarrak trakziozko tentsio handiko P_r eragiten du torlojuen ardatzean, batu beharreko zatiak konprimitzen ditu eta bi azalaren marruskapenaren aurkako indarrak sortzen ditu.



3.116. Irudia: Torloju eta lotura pretentsatuak

Aurrez prestatutako torlojuak estutze-banaketarekin bat datozen beste bitartekoak baino tentsio faborableagoak sortzen dituzte. Horrela, tentsioa banatzen duten tentsio banaketaren legeek berreskuratu gabe eta pretensatutako torlojuekin adierazten dira. Bigarrenean, zuloaren inguruko tentsio handiko puntuak nabarmenki murrizten direla ikusten da

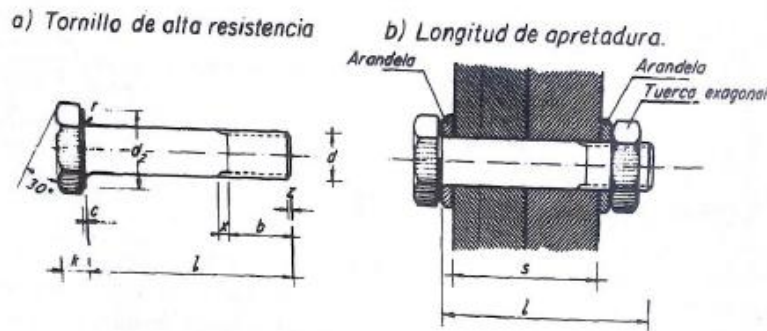


3.117. Irudia: Torlojuen tentsio banaketa

Transmititu daitezkeen indarren magnitudeak hauen arabera dira:

- 1) Trakzio indarraren intentsitatea torlojuan.
- 2) Lortutako marruskadura koefizientea.

Kontuan izan, juntura mota horietan posible dela, torlojuak ebakitzerik ez izatea lortzea, beraz, ez da beharrezkoa izango eskaera honetarako kalkulatzeko.



3.118. Irudia: pretentsatutako erresistentzia handiko torlojua

Proiektu honetan erabiliko diren pretentsatutako torloju bakarrak errodamenduarenak dira, dagokion katalogoan adierazitako argibideen bidez kalkulatu.

3.12.3.3. Hutsegiteak

Egiaztatu behar da loturak osatzen dituzten elementuak hutsegiterik ez dutela. Loturak funtzionatzen duen moduaren arabera, hainbat modutan huts egin dezake:

- Torlojua jartzeko zulatuko diren zuloen hormetan materiala agortzearen ondorioz huts egin dezake loturak. Aplastamenduarekiko erresistentzia estalduraren altzairuen apurketa tentsioa funtzioa adierazten da eta ez muga elastikoaren tentsioaren arabera, materialak lan egiten dutenean tentsioak eragin ditzakeen tokiko deformazioen balio handiko ezinbesteko existentzia dela eta, muga elastikoa gainditzen du.
- Ebakitzailearen aurkako egiaztapena ere egin behar da, esfortzu hori gertatzen denean, lotura duten txapak beste aldean lerratzen saiatzen direnean.
- Torlojuak normalean bere ardatzarekin funtzionatzen duen torloju baterako (ebakidura eta aplastamendua) lotu beharreko piezak egiaztatu behar dira trakzioari dagokionez, zuloak ahultasun bat baitira non haustura eman daitekeen.
- Trakzio-indarrak dauden torlojuen ardatzaren norabidean dauden artikulazioetan, torlojuaren indarra egiaztatu behar dira torlojuaren eta haren eremuaren kalkuluen indarrarekin bat eginez.
- Giltzadurak trakzioan eta ebakitzailean funtzionatzen badute, eskaera konbinatu honen pean huts egiten duen egiaztatzea beharrezkoa da.

- f) Pretensatutako erresistentzia handiko torlojuetan, torlojuen ardatzarekiko perpendikularrak diren kargen aurrean, lotura marruskadura indarrek lagundutako txapak erresistitzen ditu. Zama perpendikularra erresistentziaren marruskaduragatiko balioa lortzen duenean, lotura zulatuaren paretekin kontaktuan jarri arte torlojua irristatzen da. Une horretatik aurrera, marruskadurak xurgatzen ez dituen kanpoko indarren zatiak erresistentzia handiko torlojuen ebaketa eta irristadura izan behar du.

3.12.3.4. Lotura haristatuen sailkapena

Lotura haristatuen portaera ensaioen emaitzak interpretatzen dituzten formulen bidez ebaluatu daitezke. Horretarako, honako sailkapena egiten da:

- Ebakiduraren aurreko lotura mota.
- Trakzioari aurre egiten dion lotura mota.
- Trakzioa eta ebakidurari elkarrekin aurre egiten dion lotura mota.

EAEn eta EC3n, torlojuen loturak bost kategoriatan sailkatzen dira, torlojuak funtzionatzen duten moduan (sailkapen hau ez da CTEan zehazten). Kategoria horietako bakoitza zenbait egiaztapen behar ditu.

Torlojuak haien ardatz normala norabidean eskatzen badira (zizaila):

- A kategoria: ebakitzeko eta aplastamendura lan egiten dute. Kategoria honetako torlojuetarakoedozein kalitateko torlojuak onartzen dira, baita indar erresistentzia altukoak pretentsatu gabekoak edo pretentsatuak baina beren estutze pare kontrolatu gabe.
- B kategoria: Irristapenari erresistentea zerbitzu muga egoeran (E.L.S.). Kategoria honetan, estutze kontrolatua duten erresistentzia altuko pretentsatutako torlojuak erabiliko dira.
- C kategoria: Irristapenari erresistentzia azken muga egoeran (E.L.U.)

Bere ardatzaren norabidearen arabera eskatutako torlojuen kasuan (trakzioa):

- D kategoria: Pretentsatu gabeko torlojuko lotura. Kategoria honetarako torloju arruntak edo erresistentzia altuak erabiliko dira, nahiz eta ez egon pretentsaturik.
- E kategoria: erresistentzia altuko torloju pretentsatutako loturak. Erresistentzia handiko torlojuak soilik erabiliko dira.

		Categoría	Comprobaciones
Cortante	Categoría A (tornillos sin pretensar)	Resistencia a cortante Res. al aplastamiento	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$
	Categoría B (pretensados ELS)	Res. a cortante Res. al aplastamiento Res. al deslizamiento	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $F_{v,Ed,ser} \leq F_{s,Rd,ser}$
	Categoría C (pretensados ELU)	Res. a cortante Res. al aplastamiento Res. axial de la chapa de unión	$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq F_{b,Rd}$ $F_{v,Ed} \leq N_{m1,Rd}$
Tracción	Categoría D (tornillos sin pretensar)	Res. a tracción Res. a punzonamiento	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$
	Categoría E (tornillos pretensados)	Res. a tracción Res. a punzonamiento	$F_{t,Ed} \leq F_{t,Rd}$ $F_{t,Ed} \leq B_{p,Rd}$
En la EAE el sufijo Ed es Sd.			

3.61.Taula: Lotura haristatuen sailkapena

3.12.3.5. Pretentsatu gabeko torloju loturen erresistentziak kalkulatzeko adierazpenak

Hurrengo taulan adierazpenak laburbiltzen dira kalkuluen erresistentziak lortzeko:

Resistencia a cortante
$F_{v,Rd} = \frac{\alpha_v \cdot f_{ub} \cdot A_s \cdot n}{\gamma_{M2}}$
donde: $\alpha_v = 0.5$ excepto para tornillos 4.6, 5.6 y 8.8; en la EAE $\alpha_v = \alpha$ y en el CTE siempre toma el valor 0.5 sin excepciones f_{ub} = resistencia a tracción del tornillo A_s = es el área resistente del vástago del tornillo, en el caso que ningún plano de corte pase por la zona roscada del tornillo se considera A (área del vástago del tornillo) n = número de planos de corte $\gamma_{M2} = 1.25$ (coeficiente parcial de seguridad)

<p>Resistencia a aplastamiento de la chapa</p> $F_{b,Rd} = \frac{\alpha_b \cdot k_1 \cdot f_u \cdot d \cdot t}{\gamma_{M2}}$ <p>donde:</p> $\alpha_b = \min\left(\frac{e_1}{3d_0}; \frac{p_1}{3d_0} - \frac{1}{4}; \frac{f_{ub}}{f_u} \text{ ó } 1.0\right); \text{ en la EAE y el CTE } \alpha_b = \alpha$ $k_1 = \min\left(2.8 \frac{e_2}{3d_0} - 1.7; 1.4 \frac{p_2}{d_0} - 1.7 \text{ ó } 2.5\right); \text{ en la EAE } k_1 = \beta \text{ y en el CTE siempre toma el valor de 2.5}$ <p>f_u – resistencia última del acero de la chapa d = diámetro del vástago del tornillo t = menor espesor de las chapas que se unen</p>
<p>Resistencia al deslizamiento</p> $F_{s,Rd} = \frac{k_s \cdot n \cdot \mu \cdot F_{p,Cd}}{\gamma_{M3}}$ <p>donde: k_s = factor que depende del tipo de agujeros que se utilicen, si son estándar se toma igual a 1.0 n = número de posibles planos de desplazamiento μ – coeficiente de rozamiento, su valor oscila entre 0.5 y 0.2, en función del estado de las superficies de contacto $F_{p,Cd} = 0.7 \cdot f_{ub} \cdot A_s / \gamma_{M7}$ = fuerza de pretensado; en la EAE varía la notación, $F_{p,Cd} = \sum N_0$, y en el CTE se sustituye f_{ub} por $f_{yb} = f_{ub} / \gamma_{M7}$. γ_{M3} = coeficiente parcial de seguridad que toma el valor de 1.1 en general o 1.25 en uniones híbridas o en uniones sometidas a fatiga</p>
<p>Resistencia a tracción</p> $F_{t,Rd} = \frac{k_2 \cdot f_{ub} \cdot A_s}{\gamma_{M2}}$ <p>donde: $k_2 = 0.9$ para tornillos sin cabeza avellanada</p>
<p>Resistencia a punzonamiento</p> $B_{p,Rd} = \frac{0.6 \cdot \pi \cdot d_m \cdot t_p \cdot f_u}{\gamma_{M2}}$ <p>donde: d_m = el menor diámetro medio entre los círculos circunscrito e inscrito a la tuerca o a la cabeza t_p = espesor de la chapa</p>

3.62.Taula: Kalkulurako formulak loturen erresistentziarako

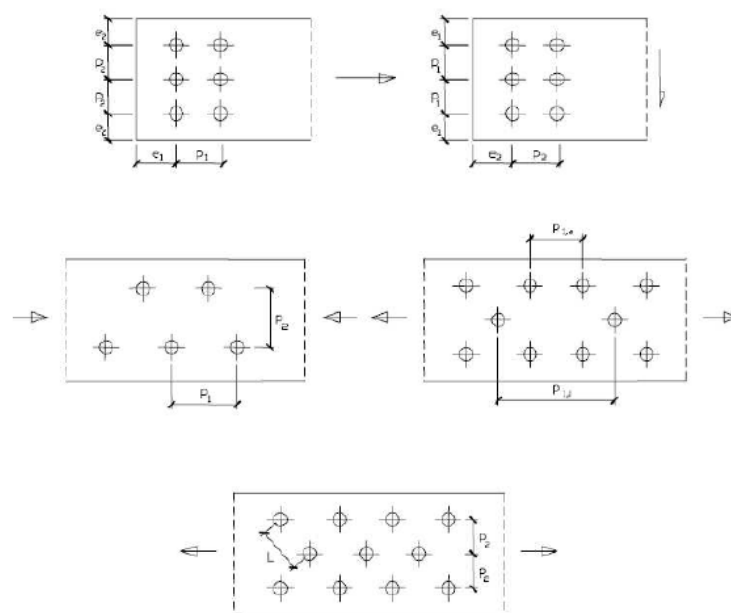
3.12.3.6. Eraikitze dispozizioak

Ondorengo taulan torlojuen eraikitze dispozizioak agertzen dira:

	EAE	DB SE-A	EC3
DIST. MÍNIMA			
En la dirección de la fuerza	$e_1 \geq 1,2d_0$ se recomienda $e_2 \geq 2,0d_0$	$e_1 \geq 1,2d_0$	$e_1 \geq 1,2d_0$
	$p_1 \geq 2,2d_0$ se recomienda $p_1 \geq 3,0d_0$	$p_1 \geq 2,2d_0$	$p_1 \geq 2,2d_0$
En la dirección perpendicular a la fuerza	$e_2 \geq 1,2d_0$ se recomienda $e_2 \geq 1,5d_0$	$e_2 \geq 1,5d_0$	$e_2 \geq 1,2d_0$
	$p_2 \geq 2,4d_0$ se recomienda $p_2 \geq 3,0d_0$	$p_2 \geq 3,0d_0$	$p_2 \geq 2,4d_0$
DIST. MÁXIMA			
Al borde de la pieza e_1 y e_2	$\begin{cases} 12t \text{ ó } 150mm \\ \leq 40mm + 4t \\ \text{intemperie} \end{cases}$	$\begin{cases} \leq 40mm + 4t \\ 12t \text{ ó } 150mm \end{cases}$	$\begin{cases} \leq 40mm + 4t \\ \text{(intemperie)} \\ 8t \text{ ó } 125mm (*) \end{cases}$
Entre tornillos: en elementos a compresión (p_1 y p_2)	$\begin{cases} \leq 14t \\ \leq 200mm \end{cases}$		$\begin{cases} \leq 14t \\ \leq 200mm \\ (*) \begin{cases} \leq 14t_{min} \\ \leq 175mm \end{cases} \end{cases}$
Entre tornillos: en elementos a tracción		$\begin{cases} p_{1e} \text{ y } p_{2e} \\ p_{1i} \text{ y } p_{2i} \end{cases} \begin{cases} \leq 14t \\ \leq 200mm \\ \leq 28t \\ \leq 400mm \end{cases} \begin{matrix} \rightarrow \text{filas exteriores} \\ \rightarrow \text{filas interiores} \end{matrix}$	
Agujeros RASGADOS	Las distancias e_1 , e_2 , p_1 y p_2 se medirán desde los centros de los semicírculos extremos.	a) La distancia entre el eje de rasgado y cualquier borde no será inferior a $1,5d_0$ b) La distancia entre el centro del radio extremo al borde adyacente no será inferior a $1,5d_0$	$e_3 \geq 1,5d_0$ $e_4 \geq 1,5d_0$
Agujeros al TRESBOLLILLO	En filas contiguas, los agujeros pueden estar dispuestos al tresbolillo.		En el caso de agujeros al tresbolillo en uniones en tracción podrá reducirse p_2 hasta no menos de $1,2d_0$ siempre que la distancia entre agujeros L sea mayor a $2,4d_0$.

(*) EN 10025-6:2004 Hot rolled products of structural steels. Technical delivery conditions for flat products of high yield strength structural steels in quenched and tempered condition

3.63.Taula: Torlojuen dispoziorako araudia



*3.119. Irudia: Torlojuen dispozizioak**3.12.3.7. Erabilitako lotura haristatuen kalkulua*

Ondorengo taulan proiektuan dauden lotura haristatuak erakusten dira:

LOTURA HARISTATUAK		
	Lotura	Mota
1	Kono-Biraketa errodamendu	Torloju pretentsatua M20
2	Biraketa errodamendu- Errodamendu tapa	Torloju pretentsatua M20
3	Akoplamendu txapa- Ardatzaren euskarri	Torloju arrunta M8
4	Ardatzaren euskarri- Goiko plaka	Torloju arrunta M16
5	Euskarri erraila- Luma	Torloju arrunta M10

3.64.Taula: Lotura haristatuak

Konprobazioa egingo da ebaketan eta aplastamendura torloju arruntenak ardatzaren euskarri- akoplamendu txapa eta ardatzaren euskarri-goiko plakan gutxienez zenbat torloju behar diren aurkitzeko.

3.12.3.8. Lotura haristatuen kalkuluen emaitzak

UNIONES ATORNILLADAS

Esfuerzos (Caso más desfavorable: En servicio sin viento)

γ_s	1,06	
C_d	1,02	
C_s	1,50	
V_{y1}	33510,96	N
V_{y2}	43899,75	N
V_x	1065,92	N
$V_{y1} \cdot \gamma_s \cdot C_s$	53282,43	N
$V_{y2} \cdot \gamma_s \cdot C_d \cdot C_s$	71475,82	N
V_y	124758,24	N
$V_x \cdot \gamma_s \cdot C_s$	1694,81	N
V	124769,75	N

Unión atornillada camisa acoplamiento-soporte eje

Resistencia

Resistencia a cortante

M	8,00	mm
n	1,00	
f_{ub}	800,00	N/mm ²
$A = A_s$	36,60	mm ²
γ_{M2}	1,25	
$F_{v,Rd}$	11712,00	N
$F = V$	124769,75	N
n	10,65	
n_{min}	11,00	
n	12,00	
$F_{v,Ed} = F/n$	10397,48	N
$F_{v,Ed} \leq F_{v,Rd} \checkmark$		

Resistencia a aplastamiento de la chapa

α	1,00
----------	------

f_u	430,00	N/mm ²
d	8,00	mm
t	15	mm
γ_{M2}	1,25	
$F_{b,Rd}$	103200	N
$F_1 = F/n$	10397,48	N
$F_1 < F_{b,Rd} \checkmark$		

Unión atornillada soporte eje-placa superior

Resistencia

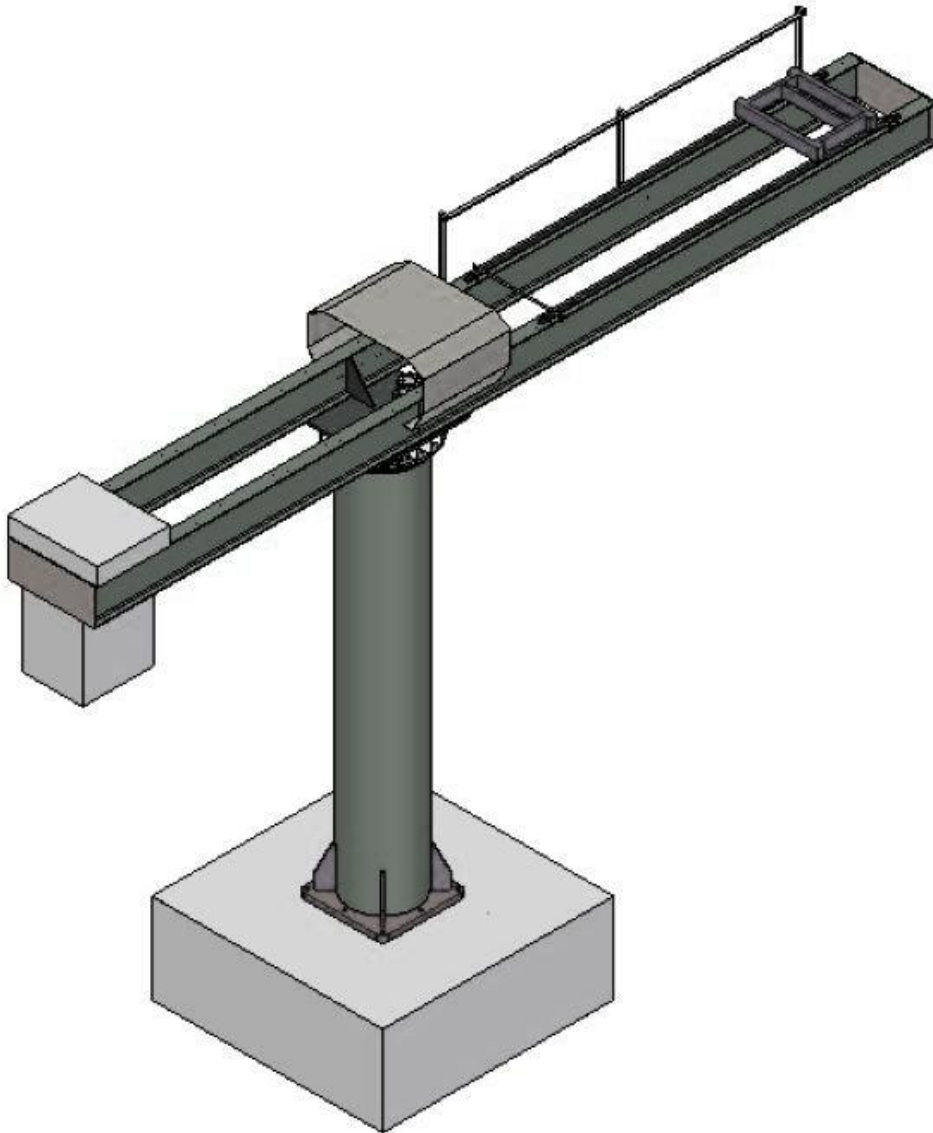
Resistencia a cortante

M	16,00	mm
n	1,00	
f_{ub}	800,00	N/mm ²
$A = A_S$	157,00	mm ²
γ_{M2}	1,25	
$F_{v,Rd}$	50240,00	N
$F = V$	124769,75	N
n	2,48	
n_{min}	3,00	
n	12,00	
$F_{V,Ed} = F/n$	10397,48	N
$F_{V,Ed} \leq F_{v,Rd} \checkmark$		

Resistencia a aplastamiento de la chapa

α	1,00	
f_u	430,00	N/mm ²
d	16,00	mm
t	20	mm
γ_{M2}	1,25	
$F_{b,Rd}$	275200	N
$F_1 = F/n$	10397,48	N
$F_1 < F_{b,Rd} \checkmark$		

3.13.Diseinu finala



3.120. Irudia: Itsasontziak lehorreratzeko garabia

Sinatua:

Leire Zubia Arrieta

44344017-V

Ingeniaritza Mekanikoko gradua

2019ko uztailak 9