



EPS

Escola Politècnica
Superior

Projecte/Treball Fi de Carrera

Estudi: Enginyeria Tècn. Ind. Mecànica. Pla 2002

Títol: Disseny d'una nau industrial amb estructura i fonamentació de formigó prefabricat

Document: 1.- Memòria. Memòria descriptiva

Alumne: Imma Duran Sureda

Director/Tutor: Albert Turon Travesa

Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: MMCTE

Convocatòria (mes/any): Gener 2009

ÍNDEX

1.-Introducció.....	2
1.1.- Antecedents.....	2
1.2.- Objecte del projecte.....	2
1.3.- Especificacions i abast.....	3
2.- Dimensionament de la nau industrial prefabricada.....	5
2.1.-Estudi geotècnic.....	5
2.2.- Accions considerades.....	6
2.2.1.- Càrregues en el forjat.....	6
2.2.2.- Càrregues a la coberta.....	7
2.2.3.- Càrregues a les façanes.....	8
2.2.3.1.-Càlcul de la pressió i succió.....	8
2.4.- Combinacions d'accions.....	10
2.5.- Dimensionament de la nau.....	11
2.5.1.- Pilars i mènsules.....	12
2.5.1.1- Pilars.....	12
2.5.1.2.- Mènsules.....	15
2.5.2.- Jàsseres T i L.....	16
2.5.2.1.- Jàsseres T i L pretensades.....	16
2.5.2.2.- Jàsseres L armades.....	16
2.5.3.- Plaques TT.....	17
2.5.4.- Panells.....	18
2.5.5.- Escales.....	18
3.- Justificació de la solució adoptada.....	19
4.- Resum econòmic.....	22
5.- Conclusions.....	23
6.- Relació dels documents del projecte.....	24

1.- INTRODUCCIÓ

1.1.- Antecedents

El projecte s'esdevé a partir de la idea de desenvolupar la fonamentació superficial prefabricada, ja que a Espanya, quan la fonamentació de les naus industrials pot ser superficial, no es és habitual solucionar-la mitjançant sabates prefabricades de formigó, sinó que, la solució que s'adopta, a la pràctica, és la de sabates "in situ".

Un exemple és l'empresa Prefabricats M. Planas S.A.U, la qual es dedica al disseny i construcció de naus industrials prefabricades. En aquesta empresa es fabrica tot tipus d'elements de formigó, com pilars, jàsseres, plaques de forjat, panells i sabates prefabricades. No obstant, aquest últim element no t'he gaire èxit entre els seus clients, degut al cost econòmic tant de fabricació com de transport.

No obstant, a altres països, com per exemple, a Itàlia, aquest tipus de fonamentació està més desenvolupada. Per tant, la major part de la informació per realitzar l'estudi s'ha extret d'aquest país.

Finalment, cal esmenar que a la nova normativa de la Instrucció Espanyola del Formigó (EHE-08), s'hi ha afegit un capítol de Prefabricació, on es dona una lleugera idea de les sabates prefabricades, entre d'altres coses, com per exemple, tipus d'unions entre elements prefabricats.

En conclusió, partint d'uns plànols realitzats per un arquitecte d'una nau industrial prefabricada, s'iniciarà l'estudi de la fonamentació amb sabates prefabricades.

1.2.- Objecte del projecte

L'objectiu d'aquest treball és realitzar un projecte on es buscaran diferents tipus de sabates prefabricada de formigó que hi ha en el mercat, per tal de seleccionar la més adequada a través d'una sèrie de càlculs, tant des del punt de vista tècnic, de facilitat de muntatge i de transport, com econòmic, i d'aquesta manera arribar a una solució.

Per realitzar aquest projecte, prèviament, s'haurà hagut de dimensionar la nau amb elements prefabricats, de la qual es tenen uns plànols (Document número 2. Plànols), mitjançant uns programes de disseny, Lego i Autocad, i uns altres de càlcul, Robot i Civilcad, i gaudir d'un estudi geotècnic del terreny de la parcel·la d'on s'ubicarà aquesta.

1.3.- Especificacions i abast

Aquest projecte és un subprojecte d'un altre que correspon a la construcció de la totalitat de la nau industrial prefabricada.

Per aquest motiu, en aquesta memòria descriptiva el tema central serà el de sabates prefabricades de formigó i el plec de condicions, l'estat d'amidament i el pressupost, també, només, faran referència a aquest tema.

Per tant, la part important d'aquest projecte és l'estudi de les sabates prefabricades de formigó, el qual, es realitzarà partint d'una informació addicional, que aparentment sembla poc important, però, en realitat, és imprescindible per dur-lo a terme.

Aquesta informació addicional està formada per diferents documents.

En primer lloc, existeixen uns plànols lliurats pels client de la nau industrial prefabricada, la qual es destinarà a ser un centre logístic per White Trans S.L. Aquest plànols es poden trobar en el Document número 2. Plànols, concretament a l'apartat de plànols del client. En ells, es pot visualitzar la forma de la nau industrial, la qual és rectangular, la cota superior de fonamentació, la cota del paviment, l'alçada lliure sota forjat, l'alçada lliure sota coberta i l'alçada total de la nau. Aquestes cotes, tal i com s'indica en els plànols, poden variar en funció de l'espessor de les plaques de forjat i de les seccions de les jàsseres, que més endavant es dimensionaran en funció de les accions que actuïn sobre d'aquests elements. D'altre informació que proporcionen els plànols és la posició exacta invariable dels pilars, la posició inicial de les escales que al final serà una altra, l'ús de les diferents plantes, i finalment, la forma i al material utilitzat per cobrir les façanes.

En segon lloc, els valors de les accions que s'aplicaran sobre l'estructura, s'extrauran del Codi Tècnic de l'Edificació (CTE), i alguna d'elles vindrà imposada pel client. Totes aquestes accions es detallaran a l'apartat 2.3 i les seves combinacions, a l'apartat 2.4.

Finalment, es té un estudi geotècnic del terreny, que es va demanar a l'empresa que va realitzar l'estudi de la parcel·la, del qual s'extrauran totes les dades necessàries que caracteritzen el sòl. A l'apartat 2.1 es fa un resum de l'estudi, exposant les dades més importants, i a l'Annex A es pot veure tot l'estudi geotècnic complet.

Partint d'aquesta informació addicional, es procedirà a dimensionar la nau industrial prefabricada, mitjançant dos programes de càlcul, el Robot (per elements armats) i el Civilcad (per elements pretensats), unes taules estandaritzades de l'empresa Prefabricats M. Planas S.A.U, i dos programes de disseny, el Lego i l'Autocad.

Els programes de càlcul, juntament amb les taules, serviran per dimensionar els elements prefabricats que formaran la nau industrial i, seguidament, per extreure varis documents:

- Una baixada de càrregues (Annex B) en Estat Límit de Servei, on les càrregues no es majoren, i en Estat Límit Últim, on les càrregues estan majorades.
- Annex de càlcul de cada element prefabricat (Annex D)

- Alguns plànols de detall dels elements on es detallarà l'armadura. (Document número 2. Plànols).

Els programes de disseny serviran per elaborar els plànols generals de l'estructura i els plànols de detalls (Document número 2. Plànols). En aquests últims, com que hi ha elements que tenen la mateixa geometria o el mateix armat, només es representarà un element de cada grup.

Finalment, amb les dades de l'estudi geotècnic, la baixada de càrregues en Estat Límit en Servei i en Estat Límit Últim i les diferents sabates prefabricades seleccionades del mercat, es procedirà a realitzar l'estudi.

2.- DIMENSIONAMENT DE LA NAU INDUSTRIAL PREFABRICADA

2.1.- Estudi geotècnic

La parcel·la on s'ubicarà la nau industrial prefabricada, es situa en el polígon industrial "Els Batzacs" del terme municipal de Lliçà de Vall. La situació de la nau industrial, dins de la parcel·la, serà la indicada en el plànol 01.

Segons el Document Bàsic SE-C i l'estudi geotècnic, la tipologia de l'edificació és C-1 (Altres construccions de menys de 4 plantes), el tipus de terreny T-2 (Terrenys intermitjos), la superfície construïda $>300\text{m}^2$ i el número de plantes PB (Planta Baixa) i PP (primera planta).

Després d'una sèrie de sondejos i assajos s'han determinat dos unitats: la primera i més superficial és la unitat de reblert i terreny vegetal, la qual està constituïda per argiles, llims i llims argilosos marros amb grava amb restes vegetals i restes antròpiques dispersos. Aquesta unitat, des del punt de vista geotècnic, conté unes baixes i heterogènies propietats resistent; per aquest motiu, no és apta pel recolzament de cap tipus de fonamentació, ja que afavoreix assentaments de gran magnitud. La segona, és la unitat Quaternària, la qual és cohesiva i constituïda per argiles, argiles llimoses-llims argiloses, argiles sorrenques i llims sorrencs marrons a marrons verdosos, una mica carbonats. Tot i ser una unitat millor que la primera, a la part més superficial (el primer metre, aproximadament), presenta baixes característiques geotècniques. No obstant, a la resta, des del punt de vista geotècnic, mostra unes propietats favorables.

Pel que fa al nivell freàtic, durant l'execució dels sondeigs, no es va detectar la presència d'aigua fins la màxima fondària assolida pels sondeigs. També, cal esmentar que no hi ha riscos derivats de l'expressivitat del sòl ni de l'agressivitat del sòl enfront el formigó.

En relació a l'apartat de sismicitat, el terme municipal de Lliçà de Vall, presenta un valor d'acceleració sísmica bàsica (a_b/g) de 0,04 i un coeficient de terreny (C) de la Unitat Quaternària de 1,6. Partint d'aquestes dades i seguint la normativa NCSE-02 (pàgines 9 i 10), l'efecte de sisme no es tindrà en compte en aquesta nau, perquè es considera una construcció d'importància normal amb pòrtics ben travats entre sí en totes les direccions amb una acceleració sísmica bàsica a_b inferior a 0,08g. Cal esmentar que l'existència d'una capa superior armada, monolítica i enllaçada a l'estructura en la totalitat de la superfície de cada planta permet considerar els pòrtics com a ben travats entre sí en totes les direccions.

Finalment, es preveu l'excavació del terreny fins la cota 48, per tant, el tipus de fonamentació es podrà resoldre superficialment, ja que recolzarà sobre la Unitat Quaternària. Aplicant la formulació corresponent, resulta que per sabates aïllades es tindrà una pressió admissible del terreny de $2.00\text{kp}/\text{cm}^2$ i uns assentaments admissibles, 2.50cm. Per tant, la fonamentació d'aquesta nau s'executarà mitjançant sabates aïllades prefabricades. El tipus de sabata es seleccionarà després d'un ampli estudi de les diferents sabates prefabricades que existeixen en el mercat o la combinació d'algunes d'elles, per tal de seleccionar la més òptima per aquesta situació.

2.2.- Accions considerades

Els valors de les accions que s'han considerat, tal i com s'ha explicat a l'apartat 1.3, s'han extret de les taules i figures del Codi Tècnic de l'Edificació (CTE), concretament, del document de Seguretat Estructural – Accions a l'Edificació (SE-AE). Per tant, totes les taules i figures que hi ha a continuació pertanyen al CTE.

2.2.1. Càrregues en el forjat

Les càrregues considerades en el forjat, segons la seva utilitat com a zona administrativa, són:

- Pes propi de la Placa TT: 4.13kN/m²
(Segons les fitxes d'autorització de l'empresa Prefabricats M.Planas S.A.U.)
- Càrregues permanents: 2 kN/m² (1kN/m² d'envans i 1kN/m² de paviment)
(Segons la normativa SE-AE)
- Càrregues variables:
 - o Sobrecàrrega d'ús de la zona administrativa: 2kN/m².
(Segons la Taula 1- Valors característics de les sobrecàrregues d'ús en kN/m², Categoria B, de la normativa SE-AE)

Tabla 3.1 Valores característicos de las sobrecargas de uso

Categoría de uso		Subcategorías de uso		Carga uniforme [kN/m ²]	Carga concentrada [kN]
A	Zonas residenciales	A1	Viviendas y zonas de habitaciones en, hospitales y hoteles	2	2
		A2	Trasteros	3	2
B	Zonas administrativas			2	2
C	Zonas de acceso al público (con la excepción de las superficies pertenecientes a las categorías A, B, y D)	C1	Zonas con mesas y sillas	3	4
		C2	Zonas con asientos fijos	4	4
		C3	Zonas sin obstáculos que impidan el libre movimiento de las personas como vestíbulos de edificios públicos, administrativos, hoteles; salas de exposición en museos; etc.	5	4
		C4	Zonas destinadas a gimnasio u actividades físicas	5	7
		C5	Zonas de aglomeración (salas de conciertos, estadios, etc)	5	4
D	Zonas comerciales	D1	Locales comerciales	5	4
		D2	Supermercados, hipermercados o grandes superficies	5	7
E	Zonas de tráfico y de aparcamiento para vehículos ligeros (peso total < 30 kN)			2	20 ⁽¹⁾
F	Cubiertas transitables accesibles sólo privadamente ⁽²⁾			1	2
G	Cubiertas accesibles únicamente para conservación ⁽³⁾	G1	Cubiertas con inclinación inferior a 20°	1 ⁽⁴⁾	2
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40°	0	2

Taula 1 - Valors característics de les sobrecàrregues d'ús en kN/m²

2.2.2 Càrregues a la coberta

Les càrregues considerades a la coberta transitable accessible, només privadament, són:

- Pes propi de la Placa TT: 4.13kN/m^2
(Segons el fitxes d'autorització de l'empresa Prefabricats M.Planas S.A.U.)
- Càrregues permanents: 0 kN/m^2
(Segons dades del projecte del client)
- Càrregues variables:
 - Sobrecàrrega d'ús de la coberta transitable accessible, només privadament: 1 kN/m^2 .
(Segons la Taula 1- Valors característics de les sobrecàrregues d'ús, Categoria F, de la normativa SE-AE)
 - Càrrega de vent: 0 kN/m^2 .
(Segons la normativa SE-AE, apartat 3.3. Vent: "En edificis amb coberta plana l'acció del vent sobre la mateixa, generalment de succió, opera habitualment del costat de la seguretat i es pot despreciar".)
 - Càrrega de neu: $0,50\text{ kN/m}^2$
(Segons la Figura 1 – Mapa de les zones i Taula 2 - Sobrecàrrega de neu a un terreny horitzontal en kN/m^2 de la normativa SE-AE – Annexa E. Dades climàtiques, sabent que el municipi de Lliçà de Vall té una altitud de 125 metres respecte el nivell del mar)



Figura 4. Mapa de les zones
 Tabla E.2 Sobrecarga de nieve en un terreno horizontal (kN/m²)

Altitud (m)	Zona de clima invernal, (según figura E.2)						
	1	2	3	4	5	6	7
0	0,3	0,4	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
200	0,5	0,5	0,2	0,2	0,3	0,2	0,2
400	0,6	0,6	0,2	0,3	0,4	0,2	0,2
500	0,7	0,7	0,3	0,4	0,4	0,3	0,2
600	0,9	0,9	0,3	0,5	0,5	0,4	0,2
700	1,0	1,0	0,4	0,6	0,6	0,5	0,2
800	1,2	1,1	0,5	0,8	0,7	0,7	0,2
900	1,4	1,3	0,6	1,0	0,8	0,9	0,2
1.000	1,7	1,5	0,7	1,2	0,9	1,2	0,2
1.200	2,3	2,0	1,1	1,9	1,3	2,0	0,2
1.400	3,2	2,6	1,7	3,0	1,8	3,3	0,2
1.600	4,3	3,5	2,6	4,6	2,5	5,5	0,2
1.800	-	4,6	4,0	-	-	9,3	0,2
2.200	-	8,0	-	-	-	-	-

Taula 2 - Sobrecàrrega de neu a un terreny horitzontal (kN/m²)

2.3.3. Càrregues a les façanes

La càrrega considerada a les façanes és:

- Càrrega de vent: el valor de la pressió serà 0,69 i el de la succió 0,31.
 (Segons càlculs i taules de la normativa SE-AE – Annexa D. Acció del vent)

2.3.3.1 Càlcul de la pressió i la succió:

$$q_e = q_b \times c_e \times c_p \quad [kN/m^2] \quad (Eq.1)$$

On

a) q_b = pressió dinàmica del vent (Anejo D – D.1):

$$q_b = 0,5 \times \delta \times v_b^2 \quad [kN/m^2] \quad (Eq.1.1)$$

“La pressió dinàmica depèn dels factors: δ , densitat de l'aire i v_b , velocitat del vent, el qual varia en funció de la zona geogràfica. Mitjançant la Figura 2 - Valor bàsic de la velocitat del vent v_b , de la normativa SE-AE (Figura D.1), es pot trobar el valor de la pressió dinàmica, la qual, en funció de les zones A, B, C, és 0.42 kN/m², 0.45 kN/m² i 0.52 kN/m², respectivament”.

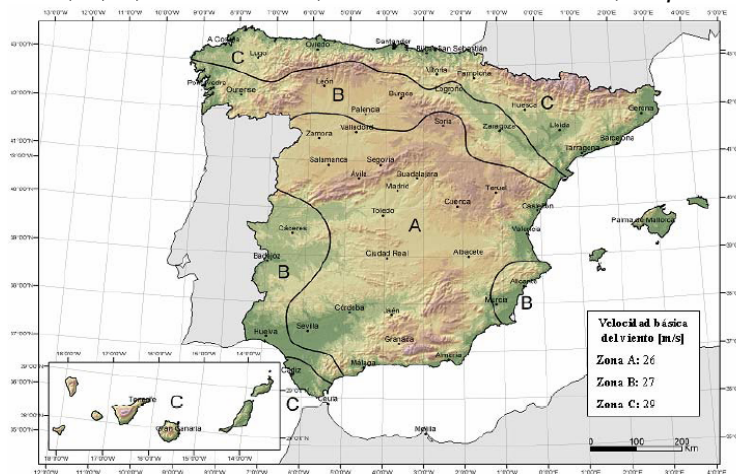


Figura 2 - Valor bàsic de la velocitat del vent v_b

Per tant, en aquest cas la pressió dinàmica és $0,52 \text{ kN/m}^2$, ja que ens trobem a la zona C.

b) c_e =coeficient d'exposició (Annexa D – D.2 de la normativa SE-AE), per edificis amb una alçada, z , respecte el terreny, menor a 200 metres:

$$c_e = F \times (F + 7 \times k) \tag{Eq.1.2}$$

$$F = k \times \ln(\max(z, Z) / L) \tag{Eq.1.3}$$

“El coeficient d'exposició depèn dels paràmetres característics de cada tipus d'entorn: k , Z , L (segons la Taula 3 - Coeficient per tipus d'entorn)”.

Per tant, en aquest cas, ens trobem a un entorn tipus IV: zona urbana en general, industrial o forestal, segona la Taula 3 (la Taula D.2 de la normativa SE-AE), i els paràmetres que obtenim són: $k=0,22$, $Z=5,0\text{m}$, $L=0,3\text{m}$. Sabent que $Z=5,0\text{m}$ és més petit que $z=11,00\text{m}$ i realitzant els càlculs mitjançant les fórmules anteriors, el valor del coeficient d'exposició és 1.848.

Tabla D.2 Coeficientes para tipo de entorno

Grado de aspereza del entorno	Parámetro		
	k	L (m)	Z (m)
I Borde del mar o de un lago, con una superficie de agua en la dirección del viento de al menos 5 km de longitud	0,15	0,003	1,0
II Terreno rural llano sin obstáculos ni arbolado de importancia	0,17	0,01	1,0
III Zona rural accidentada o llana con algunos obstáculos aislados, como árboles o construcciones pequeñas	0,19	0,05	2,0
IV Zona urbana en general, industrial o forestal	0,22	0,3	5,0
V Centro de negocios de grandes ciudades, con profusión de edificios en altura	0,24	1,0	10,0

Taula 3 - Coeficient per tipus d'entorn

c) $c_{pe,10}$ = coeficient de pressió exterior per elements amb una àrea d'influència $A \geq 10 \text{ m}^2$ (Annexa D – D.3 “Paràmetres verticals” de la normativa SE-AE):

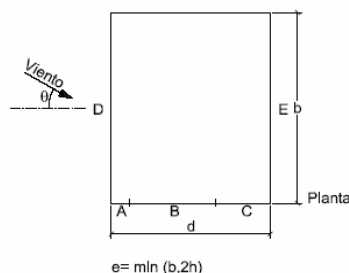
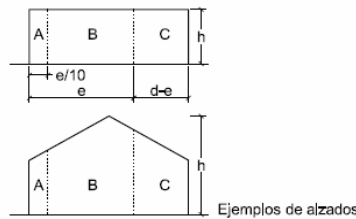


Figura 3 - Esquema de les diferents zones de la nau

h/d	A	B	C	D	E
5	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,7
1	-1,2	-0,8	-0,5	0,8	-0,5
<0,25	-1,2	-0,8	-0,5	0,7	-0,3

Taula 4 - Coeficients cpe per façanes d'A ≥ 10 m²

De la Taula 4 i mitjançant la interpolació, extraiem els coeficients de pressió exterior i succió:

- Direcció Nord – Sud:
Sabent que l'àrea d'influència, en la direcció Nord – Sud, és més gran que 10m² i que el quocient entre l'alçada de la nau h=11,00 i l'amplada d=58m, és 0,190, el qual és menor que 0,25; els coeficients a les zones A, B, C, D i E (interpolant) són: -1,2; -0,8; -0,5; 0,692 (pressió); -0,284 (succió), respectivament.
- Direcció Est-Oest:
L'àrea d'influència continua sent més gran que 10m² i el quocient entre l'alçada de la nau i l'amplada d=35m és 0,314, el qual es troba entre <0,25 i 1; els coeficients a les zones A, B, C, D i E (interpolant) són: -1,2; -0,8; -0,5; 0,709 (pressió); 0,317 (succió), respectivament.

Per tant, els valors que utilitzarem seran els més desfavorables de les dos direccions: Zona D (pressió): 0,709 i Zona E (succió): 0,317. Cal comentar que les pressions o succions de les altres zones no es tindran en compte.

En conclusió, recopilant els valors per calcular la pressió i la succió total del vent a les façanes, obtenim que la pressió dinàmica, q_b , 0,52 kN/m², el coeficient d'exposició, c_e , 1,848 i el coeficient de pressió exterior, q_{ep} , 0,709 i el coeficient de succió exterior, q_{es} , 0,317. Aplicant la fórmula (1.1), obtenim els valors que necessitem, la càrrega de vent a les façanes per pressió: 0,69 kN/m² i la càrrega de vent a les façanes per succió: -0,31 kN/m².

2.4.- Combinacions d'accions

Sabent que existeixen dos tipologies de càrregues: permanents i variables (sobrecàrregues d'ús (en forjats) i de manteniment (en cobertes), sobrecàrregues de neu i sobrecàrregues de vent); s'obtinran les diferents combinacions aplicant els diferents coeficients de simultaneïtat i els coeficient de ponderació (en el cas d'Estat Límit Últim), segons el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE).

Les combinacions d'accions en Estat Límit de Servei utilitzades per la comprovació de les tensions sobre el terreny de fonamentació (Baixada de càrregues) són les següents:

De la combinació 1 a la 4, la càrrega ponderant és la sobrecàrrega d'ús o de manteniment:

$1,00x(\text{Pes propi}) + 1,00(\text{Càrrega permanent}) + 1,00x(\text{Sobrecàrrega d'ús/de manteniment}) + 1,00x0,50x(\text{Sobrecàrrega de neu}) + 1,00x0,60x(\text{Sobrecàrrega de vent en cada direcció})$.

De la combinació 5 a la 8, la càrrega ponderant és la sobrecàrrega de vent:

$1,00x(\text{Pes propi}) + 1,00(\text{Càrrega permanent}) + 1,00x0,7x(\text{Sobrecàrrega d'ús/de manteniment}) + 1,00x0,50x(\text{Sobrecàrrega de neu}) + 1,00x(\text{Sobrecàrrega de vent en cada direcció})$.

De la combinació 9 a la 12, la càrrega ponderant és la sobrecàrrega de neu:

$1,00x(\text{Pes propi}) + 1,00(\text{Càrrega permanent}) + 1,00x0,7x(\text{Sobrecàrrega d'ús/de manteniment}) + 1,00x(\text{Sobrecàrrega de neu}) + 1,00x0,6x(\text{Sobrecàrrega de vent en cada direcció})$.

Finalment, si existís l'efecte del sisme, de la combinació 13 a la 16, la càrrega ponderant seria el sisme.

Per últim, les combinacions d'accions en Estat Límit de Últim de flexocompressió esviada necessàries per poder dimensionar els pilars de l'estructura són les mateixes que les anterior, però aplicant el coeficient de ponderació corresponent segons si són càrregues permanents (1,35) o bé, càrregues variables (1,5).

2.5.- Dimensionament de la nau

En relació a la geometria dels elements que formen la nau, un cop realitzats els càlculs, mitjançant el programa de càlcul Robot pel elements armats i el Civilcad, pels pretensats l'estructura de la nau industrial prefabricada estarà formada per 24 pilars de secció 50x50, d'alçada 10,51 metres més 75 centímetres d'encastament, els quals aguanten un forjat, format per plaques TT pretensades de 30 centímetres de cantell i amb nervis 20 centímetres i a sobre d'elles existeix una capa de compressió de 8 centímetres, i una coberta plana, també formada amb plaques TT, de les mateixes característiques que les de forjat; 12 pilars de secció 40x40, d'alçada 6,50 metres i també encastats 75cm, els quals suporten els tram d'escalas per accedir al forjat; 12 jàsseres de secció L pretensades, 6 unitats de cantell 65 per les de forjat i 6, de 60 per les de coberta, embeinades per evitar el bolc i situades en els extrems; 6 jàsseres de secció L armades de base 40 i cantell 60, per aguantar els trams d'escala; i finalment, 24 jàsseres de secció T invertida pretensades de base 50 centímetres i de cantell 70, embeinades per evitar el bolc, situades a l'interior de la nau per suportar les plaques del forjat i de la coberta;

Totes les jàsseres de forjat es recolzen sobre mènsules, en canvi les jàsseres de coberta, ho faran directament en el cap dels pilars.

En els plànols de detall (Document número 2. Plànols), s'il·lustra la geometria de cada element prefabricat.

Les façanes d'aquesta nau estan formades per xapa metàl·lica tipus sandwich.

Finalment, les tres escales, estan formades per quatre trams d'escala, 3 amb replà superior i 9 amb replà superior i inferior. Aquestes escales estan envoltades de panell formant tres caixes d'escala, les quals estan constituïdes per 6 panells horitzontals massissos de 524 x 240 centímetres, 6 de 255 x 240, 12 de 524 x 220 i 12 de 255 x 220. Tots ells van penjats en els pilars de secció 40x40 i tenen un espessor de 20 centímetres.

A la Figura 4, s'il·lustra la nau industrial prefabricada amb tots els elements prefabricats. Com que les façanes seran de xapa metàl·lica, en aquesta figura no apareix.

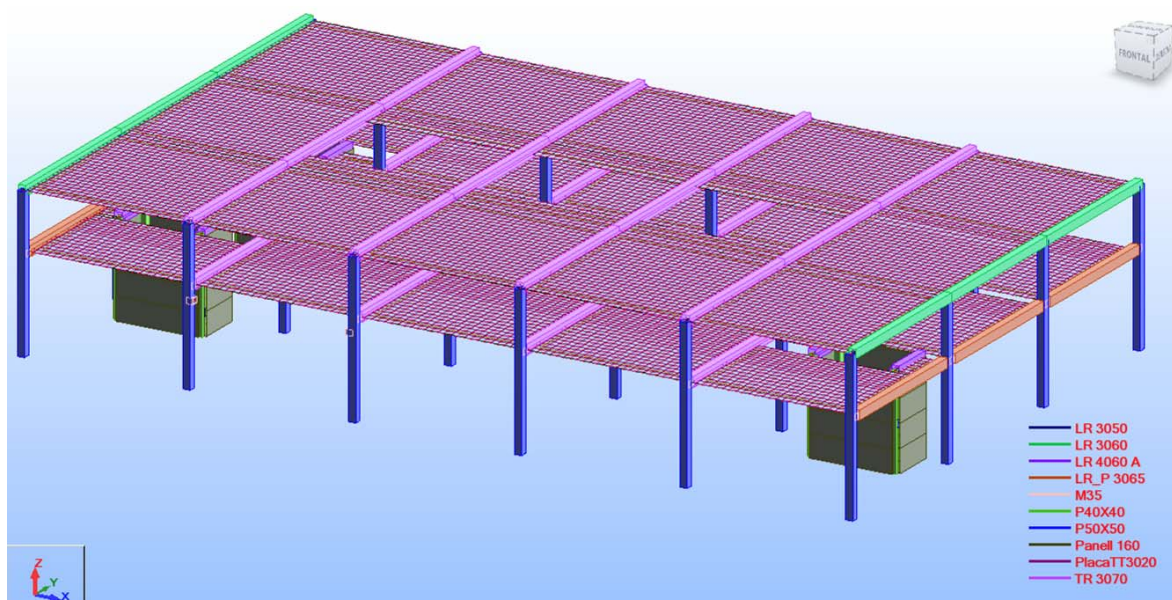


Figura 4 - Dimensionament de la nau industrial prefabricada

A continuació, es detallarà l'armat de cada un dels elements que formen la nau. Cal esmentar que com que hi ha elements que necessiten el mateix tipus d'armat, no s'adjuntaran tots els plànols de detall de cada element, sinó que, es representarà un element de cada grup.

2.5.1.- Pilars i mènsules

2.5.1.1- Pilars

Els pilars de secció 50x50, alçada 10,51 metres més un encastament de 75 centímetres tenen diferent armat en funció de la posició que ocupen dins la nau industrial prefabricada. Existeixen tres tipus de pilars, tal i com es pot veure a la Figura 4: els de cantonada (1, 7, 21, 24), els laterals (2, 9, 13, 17, 22, 23, 20, 16, 12, 8, 5, 3) i els centrals (la resta).

Després de dissenyar la nau amb el programa Robot, introduir totes les accions que l'afecten i realitzar les combinacions en Estat Límit Últim, s'ha calculat l'armat de cada pilar.

A la Figura 5, s'indica la distribució i la numeració de tots els pilars de la nau industrial. Aquesta numeració ajudarà a identificar els pilars, quan es llegeixin els annexes de càlcul (Annex D)

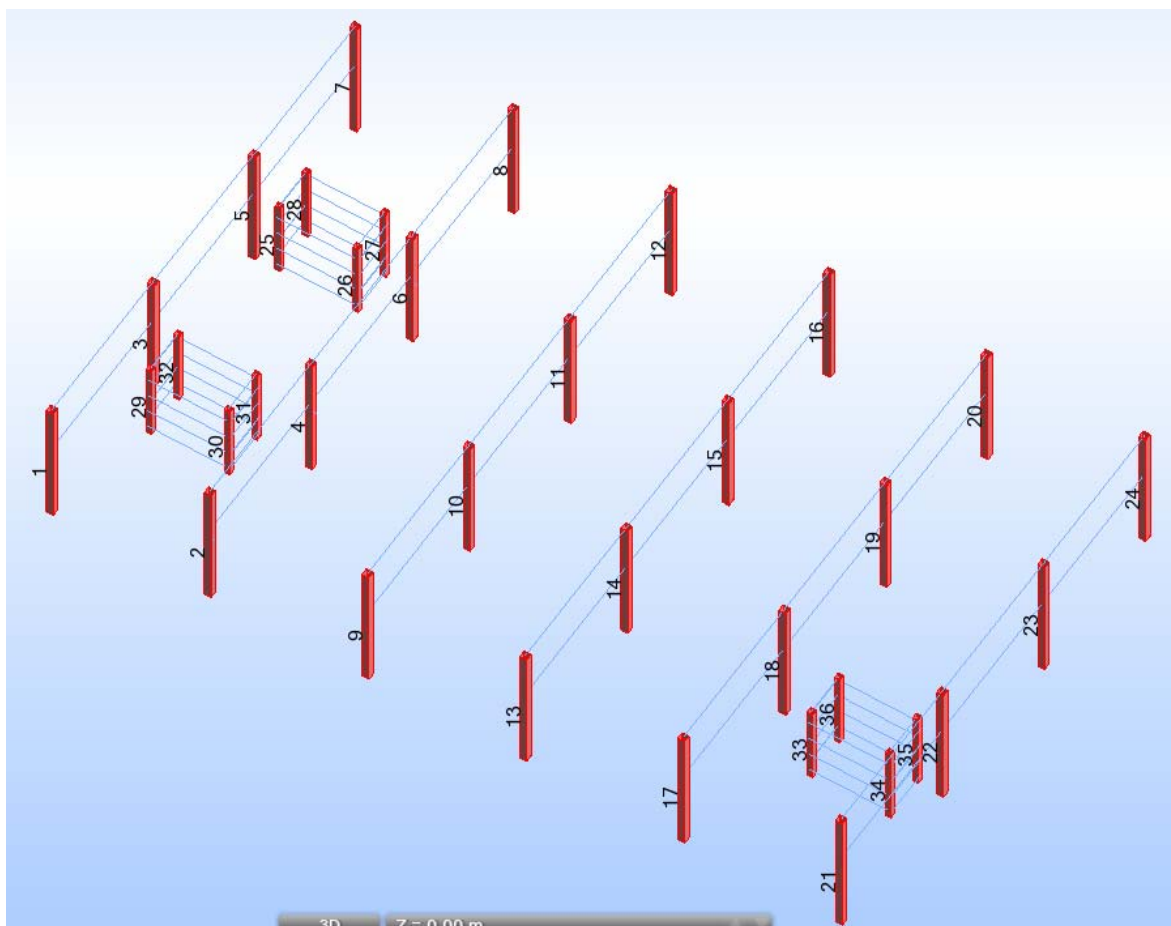


Figura 5 - Numeració de pilars

A la Taula 5, es representen les cinc tipologies d'armat pels pilars. Les cinc primeres files corresponen en els pilars de secció 50x50 i la última, en els pilars de 40x40. Finalment, a la Figura 6, s'indica quin armat necessita cada pilar.

Armat principal	Armat secundari	Estribat
6ø16	2ø12	Ø6 c/ 10,20,10 cm
12ø16	4ø12	Ø6 c/ 10,20,10 cm
16ø20	4ø12	Ø6 c/ 10,20,10 cm
16ø25	4ø12	Ø8 c/ 10,20,10 cm
18ø25	2ø12	Ø8 c/ 10,20,10 cm
8ø16	---	Ø6 c/ 10,20,10 cm

Taula 5 – Tipologies d'armat pels pilars de secció 50x50

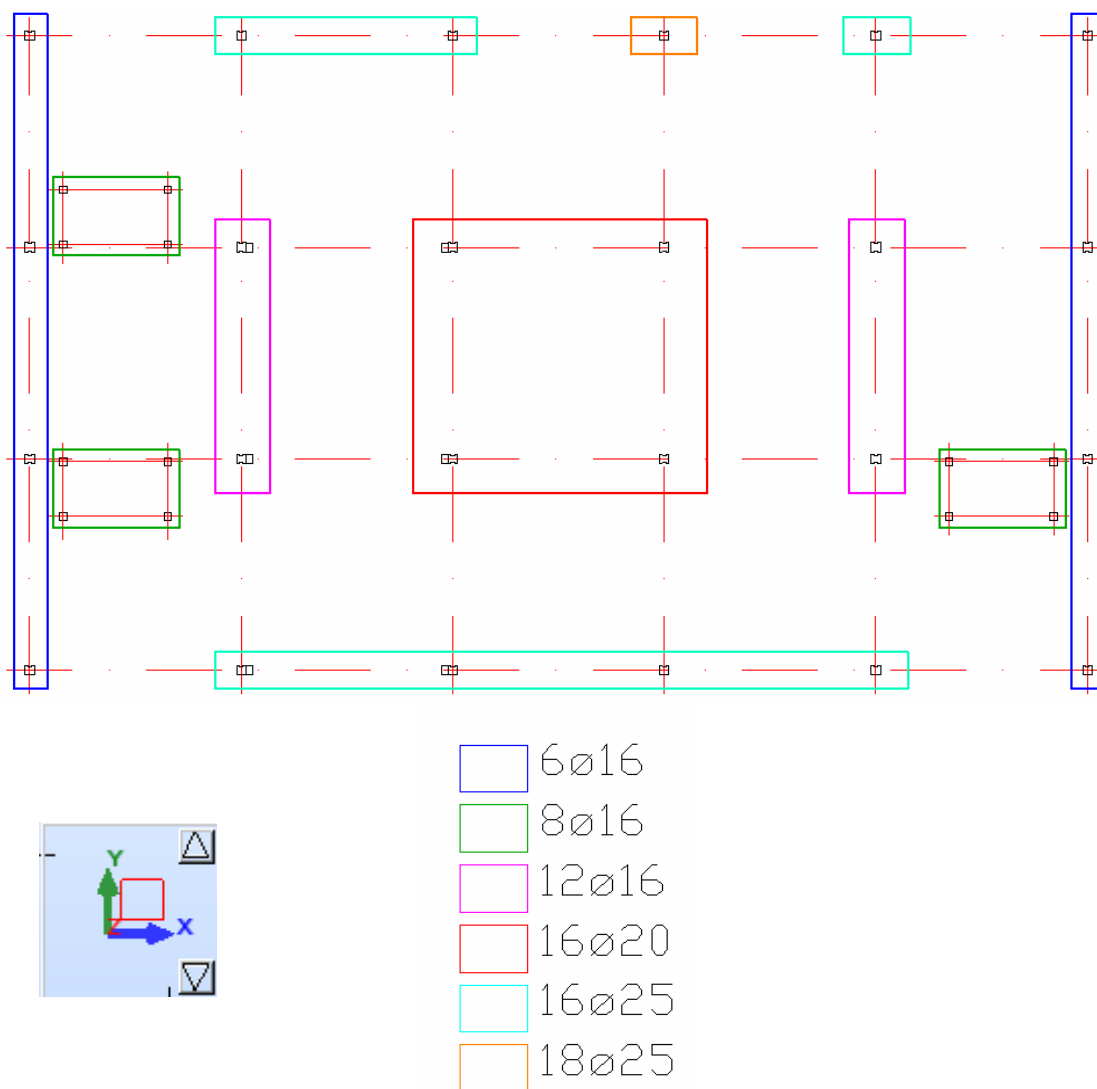


Figura 6 - Esquema de l'armadura dels pilars

A la Taula 5, s'indica la separació entre estreps, la qual es distribueix de la manera següent: començant per la base, cada 10 centímetres fins 1,50 metres, després cada 20 centímetres i finalment, els últims 50 centímetres, cada 10.

L'armadura principal s'agrupa a les cantonades en grups de 2, 3 i 4 barres. Aquesta condició es detalla en els plànols de detall (Document número 2. Plànols)

A tots els pilars de 50x50 hi ha una armadura secundària (armadura de pell), ja que entre barres no hi pot haver una separació major a 30 centímetres. En canvi, en els pilars 40x40 no existeix aquesta armadura.

Per últim, cal esmentar que en els pilars que s'utilitzen una armadura longitudinal de diàmetre 25 mil·límetres, el diàmetre de l'estrep canvia de 6 a 8 mil·límetres.

2.5.1.2- Mènsoles

L'armadura de les mènsoles dels pilars que han de suportar les càrregues de forjat, el pes propi de les plaques i jàsseres de forjat, s'han calculat a través d'unes taules en funció de la càrrega que han d'aguantar.

Les mènsoles tenen una geometria de 35 centímetres d'allargada, 44 d'alçada i 47 d'amplada.

El valor de la càrrega que han de suportar les mènsoles dels pilars de les façanes paral·leles a l'eix y és 35 tones i el de les mènsoles dels pilars de les façanes paral·leles a l'eix x i dels pilars centrals és, 60.

Per tant, a la Taula 6 s'indica l'armadura necessària per cada mènsula i, a la Figura 7, la ubicació d'aquesta. L'As té la forma que s'indica a la Figura 7 i l'Ase, té forma de rectangle, el qual es va reduint les seves dimensions per tal de seguir la forma de la mènsula.

Càrrega	Armadura As	Armadura Ase
30 T	4ø20	1ø8 c/ 5cm
60 T	7ø20	1ø10 c/ 5cm

Taula 6 - Armadura necessària de les mènsoles

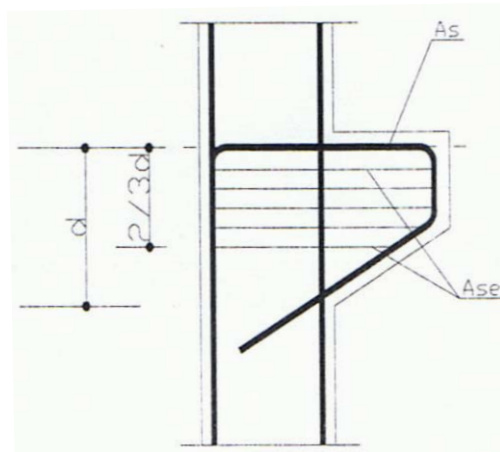


Figura 7 – Posició de l'armadura dins la mènsula

2.5.2.- Jàsseres T i L

2.5.2.1.- Jàsseres T i L pretensades

L'armadura de les jàsseres T i L pretensades s'ha calculat mitjançant el programa de càlcul Civilcad, d'on s'han extret uns annexes de càlcul que estan a l'Annex D. Per veure els detalls de l'armadura cal anar a l'apartat de plànols de detall (Document número 2. Plànols).

Per realitzar els càlculs s'ha tingut en compte diferents condicions. El formigó que s'utilitza és el HP-45, l'acer de l'armadura activa és Y1860S7 i els cordons tenen una àrea de 1,4 cm² i una resistència de tesat de 13260 kp/cm², l'acer de l'armadura passiva és B-500-S.

A la Taula 7, es resumeix l'armadura passiva i activa necessari de cada jàssera i la resistència a la transferència (fckt):

Tipus de jàssera	Armadura passiva	Armadura activa	fckt (kp/cm ²)
Secció L forjat	6ø12	20 cordons	300
Secció L coberta	6ø12	14 cordons	200
Secció T forjat	6ø12	30 cordons	400
Secció T coberta	6ø12	24 cordons	300

Taula 7 – Resum armadura jàsseres de secció L i T invertida

Per últim, l'armadura transversal es detalla en els plànols de detall (Document número 2. Plànols) on es pot veure que s'han utilitzat estreps de diàmetre 8 amb una separació de 10 centímetres en els extrems i de 20, en el centre.

2.5.2.2.- Jàsseres L armades

L'armadura de les jàsseres L armades s'ha calcula a través de les taules estandaritzades de l'empresa Prefabricats M. Planas S.A.U. Per veure els detalls de l'armadura cal acudir en els plànols de detall (Document número 2. Plànols).

L'armadura principal d'aquestes jàsseres és 2ø12 a la part superior i 4ø16 a la part inferior i l'armadura secundària (armadura de pell), 2ø10.

Per últim, l'armadura transversal està formada per estreps de diàmetre 8 mil·límetres cada 10 centímetres en els extrems i cada 20, en el centre.

2.5.3.- Plaques TT

Les plaques TT tenen forma de dos T unides i es recolzen sobre les jàsseres a través dels dos nervis. Aquestes plaques són pretensades i porten armadura passiva.

El tipus de placa que s'utilitzarà serà Placa TT3020+8, és a dir, de 30 centímetres d'alçada, 20 centímetres d'amplada de cada nervi i 8 centímetres de capa de compressió.

Aquestes Plaques TT necessitaran 10 cordons d'armadura principal, col·locats tal i com s'indica a la Figura 8:

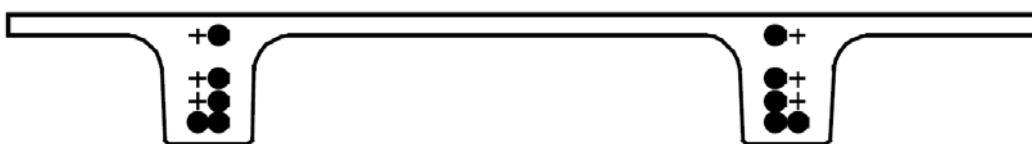
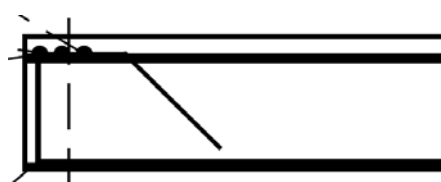


Figura 8 - Disposició dels cordons

La resistència a la transferència serà a 400 kp/cm^2 , és a dir, no es tallaran els cables fins que la resistència hagi arribat al valor esmentat. Un cop es col·loqui la placa a l'obra, la resistència d'aquesta ja haurà arribat als 450.

L'armadura passiva de les Plaques TT està formada per una malla 200.200.5 a la part superior i d'uns estreps en els nervis seguint el contorn de diàmetre 6 mm cada 20 centímetres.

A cada extrem de les Plaques TT es col·locaran dos reforços de diàmetre 16 i tres, de 12, tal i com s'indica a la Figura 9.



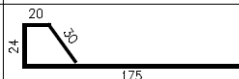
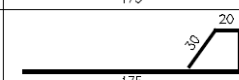
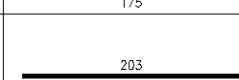
FERRALLA					
POS.	N.	Ø/Pas.	L(cm)	FORMA	Peso(Kg)
A1	2	16	249		7.86
B1	2	16	249		7.86
C1	6	12	203		10.82
Total					26.53

Figura 9. Detall armadura en els extrems de la Placa TT

2.5.4.- Panells

Els panells es fabriquen amb formigó HA-35 i amb acer B-500-S. Aquests són massissos d'espessor 20 centímetres.

Aquests panells porten un perfil "Eco" i una malla. Els càlculs indiquen que introduint la quantia mínima geomètrica és suficient, per tal que el panell funcioni.

Per tant, els panells porten un perfil "Eco" i una malla de 100.100.6 mil·límetres a cada cara, tot i que una sigui més desfavorable que l'altre. És a dir, diàmetre 6 amb separacions de 10 centímetres tant en direcció longitudinal com en direcció transversal.

2.5.5.- Escales

En aquesta obra, existeixen tres grups d'escala de quatre trams cada una. Aquests trams d'escala es recolzaran a unes jàsseres LR40 armades.

Pel que fa a les accions, cada tram d'escala ha de suportar el seu pes propi, una càrrega permanent de 100 kg/m² i una sobrecàrrega d'ús de 400 kg/m². Les càrregues permanents es majoraran amb el coeficient 1,35 i les variables, amb 1,50.

El càlcul de l'armadura s'ha dut a terme mitjançant uns full de càlcul de l'empresa Prefabricats M.Planas, adjuntats a l'Annex D.

La geometria i l'armadura estàndard està representada en els plànol de detall (Document número 2. Plànols).

Tots els trams d'escala portaran aquesta armadura estàndard (malles i dos reforços R11 i R12), però n'hi ha que s'hi ha d'afegir un o dos reforços.

Sabent que tots els trams han de portar reforços excepte el tram 1, a la Taula 8 es resumeix els reforços necessaris que cal afegir:

Tram d'escala	Reforç inferior	Reforç superior
Tram 1	---	---
Tram 2	8ø8	---
Tram 3	8ø8	---
Tram 4	10ø8	2ø8

Taula 8 – Reforços necessaris.

3.- Justificació de la solució adoptada

Per elaborar l'estudi de les sabates prefabricades de formigó HA-45, de tots els tipus trobats en el mercat, s'han seleccionat dos tipus de sabates, la geometria de les quals es representa, a la Figura 10 (La figura de l'esquerra és el tipus 1 i, l'altre tipus 2).

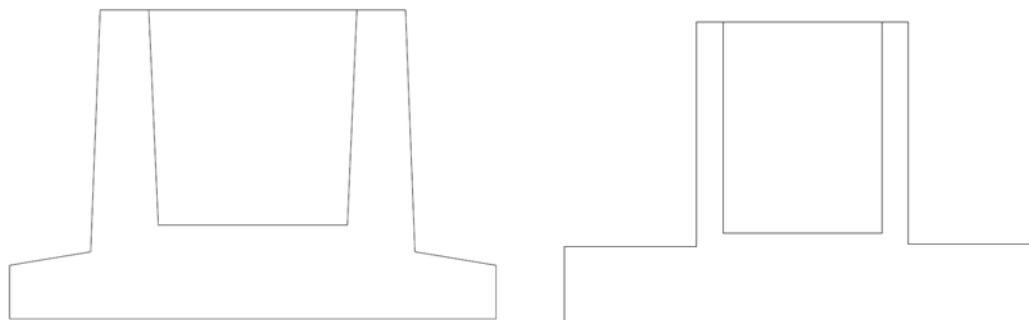


Figura 10 – Geometria dels tipus de sabates prefabricades

Dels dos tipus, s'ha optat pel tipus 1 amb la cara interior del collarí rugosa, ja que, per una banda, després de realitzar una sèrie de càlculs, tot i tenir, més metres cúbics de formigó, es necessita menys armadura, B-500-S, per absorbir les sol·licitacions a les quals està sotmesa i, per l'altre, té un disseny més compacta i per tant, més rígida que el tipus 2.

Els càlculs detallats de la sabata seleccionada i la justificació de l'estudi es poden trobar a l'Annex C.

A la Taula 9, es resumeix la geometria de les sabates que necessita cada grup de pilars i l'armadura necessària tant a la base com en el collarí i a la Figura 11a i 11b, es detalla el posicionament de l'armadura a la sabata tipus 1 i tipus 2, respectivament.

Posició	Alçada base (m)	Dimensions base (m)	Armat A i B	Armat C, collarí rugós	Armat D, collarí transversal Rugós
Tipus 1					
Cantonada	0,20	2,20x2,20	9ø16	2ø10 c/5	1 estrep ø12
Interior	0,55	3,30x3,30	35ø25	2ø10 c/5	1 estrep ø10
Lateral x	0,30	2,60x2,60	13ø16	2ø10 c/5	1 estrep ø10
Lateral y	0,30	2,60x2,60	13ø16	2ø10 c/5	1 estrep ø10
Escala	0,20	1,80x1,80	9ø10	2ø6 c/5	1 estrep ø8
Tipus 2					
Cantonada	0,25	2,20x2,20	9ø16	2ø10 c/5	1 estrep ø16
Interior	0,60	3,30x3,30	40ø25	2ø10 c/5	1 estrep ø12
Lateral x	0,35	2,60x2,60	16ø16	2ø10 c/5	1 estrep ø12
Lateral y	0,35	2,60x2,60	16ø16	2ø10 c/5	1 estrep ø12
Escala	0,25	1,80x1,80	10ø12	2ø6 c/5	1 estrep ø8

Taula 9 – Resum de la geometria i armadura de les sabates

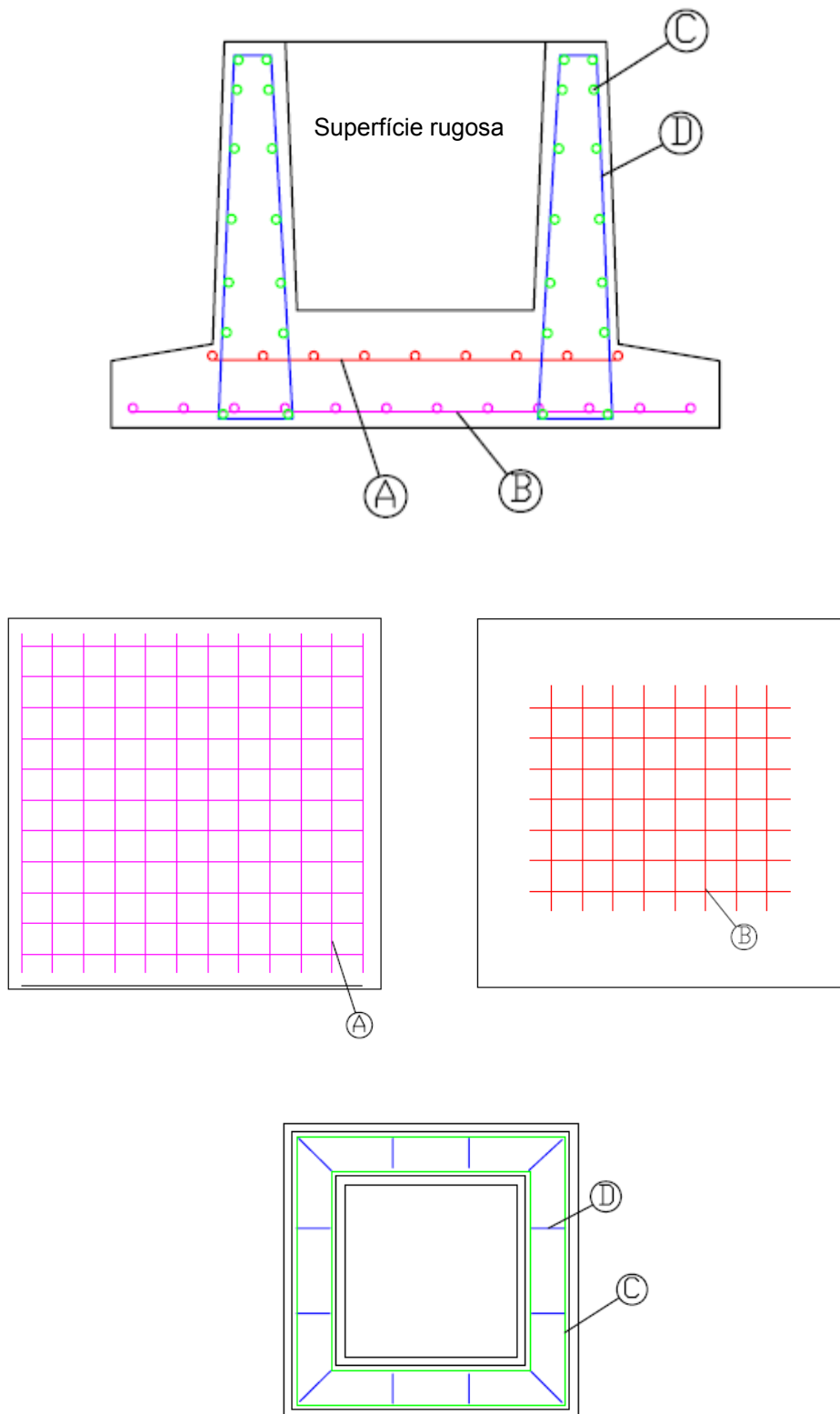


Figura 11a – Detall de l'armadura de la sabata tipus 1

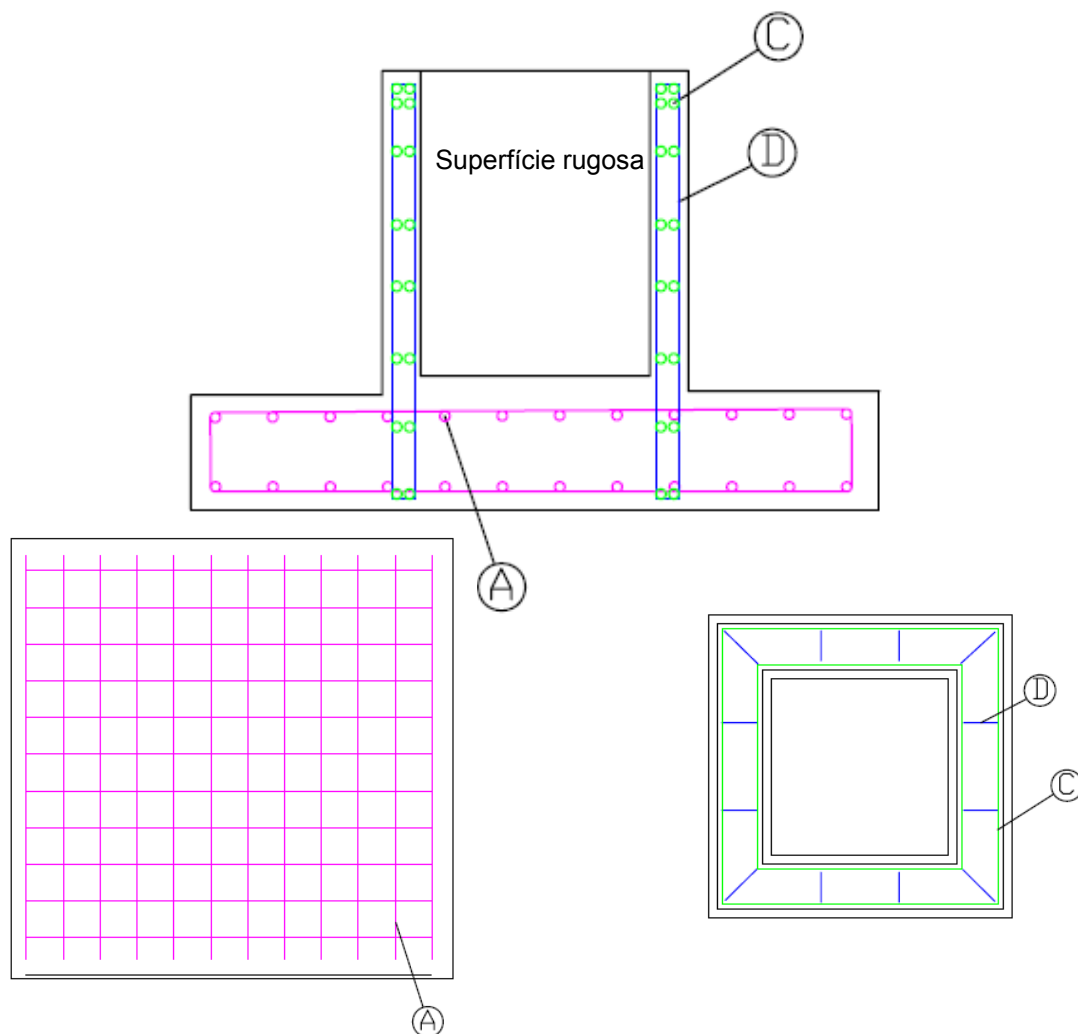


Figura 11b – Detall de l'armadura de la sabata tipus 2

El desglossat d'armadures amb les seves longituds i diàmetres es pot veure a l'apartat de plànols de detall (Document núm. 2 Plànols).

Pel que fa al tipus d'ancoratge entre el pilar i la sabata es realitzarà mitjançant el calze amb collarí, ja que és un sistema de senzill, ràpid en el muntatge i amb un cost econòmic baix, ja que no es és necessari personal especialitzat.

La col·locació del pilar dins del calze es realitzarà amb l'ajuda d'una grua i unes falques de fusta temporals, per tal que el pilar es mantingui ben recta. Un cop aquest, estigui ben aplomat i anivellat s'abocarà entre l'espai de les cares interiors del calze del collarí i les cares del pilar, morter fluid sense retracció, per evitar moviments indesitjables, per exemple: morter tipus GROUT. Aquest morter ha de ser de la mateixa qualitat que el pilar i el collarí i perfectament compactat mitjançant un vibrador de cos pla.

Després d'abocar el morter anteriorment descrit, s'esperarà que aquest arribi a la seva màxima resistència per poder treure les falques de fusta. El temps d'inici i fi del freguat és de 120-250 minuts.

4.- Resum econòmic

El pressupost es desglosa en tres parts: la fabricació a la indústria de la sabata, el transport d'aquesta fins a la situació de la nau industrial prefabricada i la posada a l'obra.

La fabricació de les sabates prefabricades té un cost econòmic de 36.924,74 € (IVA no inclòs).

El transport de les sabates prefabricades té un import total de 3.138,63 € (IVA no inclòs).

El mutatge de les sabates prefabricades valdrà 11.532,28 € (IVA no inclòs).

El pressupost total d'execució material del projecte és 59.850,95 €

5.- Conclusions

A l'inici d'aquest projecte, es comentava que l'objecte era fer un projecte per solucionar la fonamentació d'una nau industrial prefabricada mitjançant sabates prefabricades de formigó i aconseguir una solució, partint de la idea que aquest tipus de fonamentació no estava gaire desenvolupada.

Un cop realitzats tots els càlculs d'aquestes sabates prefabricades de formigó, d'aquesta nau industrial en concret, han servit per verificar, que per grans sol·licitacions sobre la sabata i un terreny ni molt favorable ni desfavorable, teòricament, es pot solucionar la fonamentació amb sabates prefabricades armades, però aquesta no és viable, a la pràctica, ja que les dimensions d'aquestes, solen ser excessives i això, provoca problemes pel seu transport i per tant, encariment del projecte.

Partint d'aquesta conclusió, existeixen dos tipus de solucions.

Per una banda, si existís un transport apte per aquestes dimensions de sabates prefabricades i de cost baix, o bé, si es pogués construir, temporalment, una petita fàbrica al costat de la parcel·la de la nau industrial, per tal de poder fabricar les sabates i d'aquesta manera, no intervingués la part del transport, també, es podria dur a la pràctica.

Per altra banda, s'hauria d'augmentar la tensió admissible del terreny o bé reduir les càrregues aplicades a la nau, per poder resoldre la fonamentació amb sabates prefabricades.

En conclusió, un altre projecte que es podria realitzar seria el de construir un transport apte i de baix cost, per aquestes sabates, o bé, el d'eleva una petita estació de fabricació al costat de la parcel·la de la nau industrial per la fabricació de les sabates, sempre i quant, existís lloc suficient i no s'afectés a cap empresa de l'entorn de la nau industrial prefabricada.

Finalment, un altre projecte, del qual es podria partir de l'actual, seria el de fer un estudi amb sabates prefabricades de formigó, però pretensades o postesades, per saber si s'incrementaria el cost final o bé, seria una solució més òptima. Actualment el pretensat o postesat en fonamentacions, és un tema poc desenvolupat, per tant, seria un bon tema d'estudi.

6.- Relació dels documents del projecte

Document núm. 1. Memòria

Memòria descriptiva.

Annex A. Estudi Geotècnic.

Annex B. Baixada de càrregues.

Annex C. Estudi fonamentació.

Annex D. Annex de càlcul dels elements de l'estructura.

Document núm. 2. Plànols

Plànol de situació.

Plànol d'emplaçament.

Plànols generals de l'obra.

Plànols constructius.

Plànols de detall.

Document núm. 3. Plec de condicions

Document núm. 4. Estat d'amidaments

Document núm. 5. Pressupost