Treball de Fi de Grau

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Projecte d'una nau industrial amb oficines i magatzem al carrer del Ferro 31 a Mollet del Vallès

MEMÒRIA

Autor/a: Àlex Arias Álvarez
Director/a: Xavier Figuerola Sacasas
Convocatòria: Gener 2025

ETSEIB

Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona

UPC

Resum

Durant la realització de les pràctiques a l'empresa Other Structures, es presenta l'oportunitat de fer un treball amb les mateixes característiques que la feina diària que es fa a un despatx de càlcul estructural. Amb l'objectiu d'aplicar els coneixements adquirits també durant la carrera en un cas real, integrant tant una anàlisi tècnica com el compliment de la normativa vigent. Es farà l'estudi d'un edifici d'oficines amb nau d'emmagatzematge, semblant a un projecte fet a l'empresa de pràctiques.

El treball fa un estudi de la parcel·la, tant dels requisits normatius de l'Ajuntament de Mollet del Vallès en l'àrea d'estudi com de les condicions geotècniques mitjançant un estudi del terreny pel posterior càlcul del fonament dels edificis. L'edifici d'oficines està dissenyat amb una estructura de formigó armat i la nau mitjançant elements prefabricats.

Primerament, es realitza el corresponent estudi de les diferents normatives aplicables als dos edificis. Com són la de seguretat contra incendis mitjançant el RSCIEI en el cas de la nau industrial o el CTE DB-SI per l'edifici d'oficines, l'estudi de l'accessibilitat als edificis amb el DB-SUA. I, pel càlcul estructural, documents com el DB SE-C o el DB SE-AE. A partir d'aquest estudi es presenten els plànols d'arquitectura proposats.

El càlcul de les diferents seccions necessàries, pilars, bigues, forjats, de l'edifici d'oficines serà mitjançant el programari Diamonds. Per altra banda, per als diferents elements escollits a la nau, es faran servir les dades extretes del despatx d'estructures, solucions mitjançant prefabricat com s'ha comentat anteriorment. Tot i no fer l'estudi complet d'aquesta part s'ha considerat per la integració global del projecte. Una vegada sabent les seccions es presentaran finalment els plànols d'estructura finals.

El treball busca, per tant, oferir una visió realista i pràctica de com seria el desenvolupament d'un projecte estructural complet en un despatx d'enginyeria.

Resumen

Durante la realización de las prácticas en la empresa Other Structures, se presenta la oportunidad de realizar un trabajo con las mismas características que el trabajo diario que se lleva a cabo en un despacho de cálculo estructural. Con el objetivo de aplicar los conocimientos adquiridos también durante la carrera en un caso real, integrando tanto un análisis técnico como el cumplimiento de la normativa vigente, se llevará a cabo el estudio de un edificio de oficinas con nave de almacenamiento, similar a un proyecto realizado en la empresa de prácticas.

El trabajo incluye un estudio de la parcela, considerando tanto los requisitos normativos del Ayuntamiento de Mollet del Vallès en el área de estudio como las condiciones geotécnicas mediante un estudio del terreno para el posterior cálculo de la cimentación de los edificios. El edificio de oficinas está diseñado con una estructura de hormigón armado y la nave mediante elementos prefabricados.

En primer lugar, se realiza el correspondiente estudio de las diferentes normativas aplicables a ambos edificios, como la de seguridad contra incendios mediante el RSCIEI en el caso de la nave industrial o el CTE DB-SI para el edificio de oficinas, el estudio de la accesibilidad a los edificios con el DB-SUA. Y, para el cálculo estructural, documentos como el DB SE-C o el DB SE-AE. A partir de este estudio, se presentan los planos de arquitectura propuestos.

El cálculo de las diferentes secciones necesarias, pilares, vigas y forjados del edificio de oficinas, se realizará mediante el software Diamonds. Por otro lado, para los diferentes elementos escogidos de la nave, se utilizarán los datos extraídos del despacho de estructuras, soluciones mediante prefabricados como se ha mencionado anteriormente. Aunque no se realice el estudio completo de esta parte, se ha considerado para la integración global del proyecto. Una vez determinadas las secciones, se presentarán finalmente los planos estructurales finales.

El trabajo busca, por tanto, ofrecer una visión realista y práctica de cómo sería el desarrollo de un proyecto estructural completo en un despacho de ingeniería.

Abstract

During the internship at the company Other Structures, the opportunity arises to undertake a project with the same characteristics as the daily work carried out in a structural engineering office. The objective is to apply the knowledge acquired during the degree program to a real case, integrating both technical analysis and compliance with current regulations. The project involves the study of an office building with a storage warehouse, like a project completed at the internship company.

The project includes an analysis of the site, considering both the regulatory requirements of the Mollet del Vallès City Council in the study area and the geotechnical conditions through a soil study for the subsequent calculation of the building foundations. The office building is designed with a reinforced concrete structure, while the warehouse uses prefabricated elements.

Firstly, a thorough study of the different applicable regulations for both buildings is conducted. These include fire safety regulations, such as RSCIEI for the industrial warehouse or CTE DB-SI for the office building, accessibility requirements using DB-SUA, and structural calculation documents such as DB SE-C or DB SE-AE. Based on this study, the proposed architectural plans are presented.

The calculation of the required sections, including columns, beams, and slabs for the office building, will be performed using the Diamonds software. On the other hand, for the selected elements of the office building, data obtained from the structural engineering office will be used, including solutions with prefabricated elements, as mentioned earlier. Although a complete study of this part will not be carried out, it has been considered for the overall integration of the project. Once the sections are determined, the final structural plans will be presented.

The project, therefore, aims to provide a realistic and practical perspective on the development of a complete structural project in an engineering office.

Contingut

RESUM 3

RESUMEN 4

ABSTRACT 5

CONTINGUT 6

GLOSSARI I NOMENCLATURA 8

LLISTAT DE FIGURES 9

LLISTAT DE TAULES 12

1. INTRODUCCIÓ 14

1.1. Motivació 14

1.2. Abast del treball 15

1.3. Objectius del treball 16

2. MEMÒRIA I MEMÒRIA CONSTRUCTIVA 17

2.1. Àrea d'actuació 17

2.2. Sustentació del edifici 21

2.3. Indústria 22

3. COMPLIMENT DE LA NORMATIVA 23

3.1. Seguretat en cas d'incendi 23

3.1.1. Càrrega de foc 23

3.1.1.1. Nau d'Emmagatzematge 23

3.1.1.2. Edifici d'Oficines 25

3.1.2. Resistència al foc 25

3.1.2.1. Nau d'Emmagatzematge 25

3.1.2.2. Edifici d'Oficines 26

3.1.3. Evacuació dels ocupants 26

3.1.3.1. Nau d'Emmagatzematge 27

3.1.3.2. Edifici d'Oficines 27

3.2. Seguretat d'utilització 28

3.3. Accessibilitat 31

4. ARQUITECTURA PROPOSADA 32

4.1. Plànols 32

4.2. Tancaments dels edificis 35

5. ACCIONS A LA EDIFICACIÓ 38

6. CÀLCUL DE LA ESTRUCTURA 41

6.1. Modelatge de l'edifici 41

6.2. Anàlisis dels resultats 44

7. PLÀNOLS D'ESTRUCTURA FINALS 50

7.1. Edifici d'oficines 50

7.1.1. Plànols de geometries 50

7.1.2. Armats 54

7.1.3. Moments màxims 58

7.2. Nau d'emmagatzematge 61

8. CÀLCUL DE LA FONAMENTACIÓ 64

8.1. Edifici d'Oficines 64

8.2. Nau d'emmagatzematge 66

9. IMPACTE AMBIENTAL 69

9.1. Serveis d'enginyeria 69

9.2. Construcció 69

10. CÀLCUL DEL PRESSUPOST 71

10.1. Serveis d'enginyeria 71

10.2. Pressupost constructiu 71

11. PLANIFICACIÓ 73

12. ESTUDI SOCIAL I D'IGUALTAT DE GÈNERE 74

13. CONCLUSIONS 75

14. AGRAÏMENTS 76

15. BIBLIOGRAFIA 77

Glossari i Nomenclatura

CTE: Código Técnico de la Edificación

CTE DB-SI: Documento Básico de Seguridad en Caso de Incendio

CTE DB-SUA: Documento Básico de Seguridad de Utilización y Accesibilidad

DBSE-AE: Documento Básico de Seguridad Estructural Acciones en la Edificación

DBSE-C: Documento Básico de Seguridad Estructural Cimientos

RSCIEI: Reglamento de Seguridad Contra Incendios en los Establecimientos Industriales

Llistat de figures

Figura 2.1: Mapa del cadastre de la parcel·la.

Figura 2.2: Mapa amb les diferents classificacions del terreny.

Figura 2.3: Mapa de la parcel·la a dia d'avui.

Figura 2.4: Mapa de predicció a 10 anys.

Figura 2.5: Mapa de predicció a 100 anys.

Figura 2.6: Vista aèria de la parcel·la.

Figura 2.7: Vista aèria de la parcel·la.

Figura 2.8: Mapa del rang servituds aeronàutiques de l'aeroport de Sabadell.

Figura 2.9: Nau industrial.

Figura 2.10: Formigó armat.

Figura 3.1: Esquema de la posició de l'edifici.

Figura 3.2: Taula de nivell intrínsec.

Figura 3.3: Taula 2.3 del RSCIEI.

Figura 3.4: Esquema amb dimensions de les escales.

Figura 3.5: Vista en alçat de les escales.

Figura 3.6: Vista en planta de les escales.

Figura 4.1: Plànol de planta baixa.

Figura 4.2: Plànol de planta primera.

Figura 4.3: Plànol de planta segona.

Figura 4.4: Plànols d'alçats.

Figura 4.5: Panell alleugerit de 0.2 metres de gruix.

Figura 4.6: Coberta de xapa galvanitzada.

Figura 4.7: Coberta amb panells de tipus sandvitx

Figura 5.1: Mapa de les velocitats del vent a Espanya.

Figura 6.1: Model 3D de l'edifici d'oficines a *Diamonds.*

Figura 6.2: Valors de pes propi

Figura 6.3: Valors de càrregues variables.

Figura 6.4: Valors de càrregues de vent.

Figura 6.5: Valors de càrregues de neu

Figura 6.6: Mallat dels elements.

Figura 6.7: Esforços a les barres.

Figura 6.8: Esforços a les superfícies.

Figura 6.9: Armadura de barres.

Figura 6.10: Armadura de superfícies.

Figura 6.11: Càlcul de barres i superfícies sense error.

Figura 6.12: Esquerda màxima al eix vertical en barres.

Figura 6.13: Esquerda màxima al eix horitzontal en barres.

Figura 6.14: Esquerda màxima a la part superior de superfícies.

Figura 6.15: Esquerda màxima a la part inferior de superfícies.

Figura 7.1: Plànol sostre planta baixa

Figura 7.2: Plànol sostre primera planta.

Figura 7.3: Plànol sostre segona planta.

Figura 7.4: Seccions de les diferents bigues.

Figura 7.5: Quadre de pilars.

Figura 7.6: Armadura planta baixa.

Figura 7.7: Armadura primera planta.

Figura 7.8: Armadura segona planta.

Figura 7.9: Armadura coberta.

Figura 7.10: Mapa de moments a planta baixa.

Figura 7.11: Mapa de moments a planta primera.

Figura 7.12: Mapa de moments a planta segona.

Figura 7.13: Mapa de moments a coberta.

Figura 7.14: Plànol de sostre de la nau industrial.

Figura 7.15: Plànol d'alçats de la nau industrial.

Figura 7.16: Secció i alçat de la biga peraltada i60.

Figura 7.17: Secció de la bigueta bp260.

Figura 8.1: Reaccions de cada pilar.

Figura 8.2 Reaccions a la nau.

Figura 11.1: Diagrama de Gantt del projecte.

Llistat de taules

Taula 3.1: Resum de l'apartat de resistència al foc.

Taula 5.1: Taula de valors característics de les sobrecàrregues d'ús.

Tabla 6.1: Valors recomanats de w_{max}.

Tabla 8.1 Superfícies de cada sabata.

Tabla 8.2 Dimensions de les sabates.

Tabla 8.3 Superfícies de cada sabata.

Tabla 8.4 Dimensions de les sabates.

Taula 10.1: Taula de despeses de serveis d'enginyeria.

1. Introducció

1.1. Motivació

Aquest Treball de Fi de Grau s'inspira en un projecte real en què he tingut l'oportunitat de col·laborar durant les meves pràctiques a Other Structures SLP, un despatx de càlcul d'estructures.

El projecte proposa la construcció d'un edifici amb dues zones diferenciades però complementàries: una àrea d'oficines destinada a la gestió i operacions, i una nau industrial annexa per a l'emmagatzematge de grans quantitats de paper. La decisió de tenir emmagatzematge de paper és arbitrària a aquest projecte, ja que per poder fer un càlcul realista en algun dels apartats del projecte cal saber l'ús de tots els sectors. S'ha decidit per paper pel simple fet de la similitud d'aquesta obra amb la distribució d'oficines i magatzem de la sèrie de cultura popular *The Office*.

El disseny estructural s'ha desenvolupat a partir de l'estudi exhaustiu de la parcel·la, incloent-hi aspectes com la topografia, les condicions urbanístiques i l'accessibilitat. Amb aquesta base, s'ha concebut una estructura que optimitza la funcionalitat de l'espai d'oficines i el magatzem, tot seguint criteris de sostenibilitat i eficiència energètica. A més, s'ha posat especial atenció en les càrregues específiques requerides per a l'emmagatzematge de paper, considerant aspectes de seguretat, resistència i conservació del material.

Aquest projecte constitueix una oportunitat per aplicar els coneixements adquirits durant el grau en enginyeria, combinant càlcul estructural i planificació arquitectònica amb la gestió i optimització d'espais de treball i emmagatzematge.

1.2. Abast del treball

L'abast d'aquest projecte és estrictament estructural i se centra en el càlcul, disseny i verificació de les solucions estructurals necessàries per a la construcció dels dos edificis. Aquest enfocament exclou del treball aspectes arquitectònics com poden ser instal·lacions, acabats o decoració. Els principals punts a tractar i que defineixen l'abast del projecte són els següents.

Càlcul estructural dels edificis, incloent-hi pilars, bigues, forjats tot ajustant-ho amb la normativa actual. Fent l'estudi previ de les càrregues aplicades a l'estructura, com afecten aquesta i si són permanents, d'ús o ambientals. Amb les dades extretes a l'estudi finalment es realitzaran els plànols d'estructura finals amb la informació necessària per a una correcta execució.

Aquest abast permet centrar el projecte en la disciplina del càlcul d'estructures, oferint una solució viable i ajustada als requisits reals que es podrien tenir en un encàrrec professional dins d'aquest sector. El resultat serà una base estructural sòlida que garanteixi la seguretat i funcionalitat de l'edifici i la nau industrial, per a la posterior fase d'acabats d'arquitectura en un altre projecte.

1.3. Objectius del treball

L'objectiu principal del treball és el desenvolupament d'una zona industrial funcional i eficient que integra una àrea d'oficines i una nau annexa destinada a l'emmagatzematge de paper. Tot això ajustant-se amb les normatives vigents i als criteris tècnics apresos tant al grau universitari com a l'empresa de pràctiques.

Cal assegurar que el disseny i el càlcul estructural de l'edifici compleixen amb les normatives urbanístiques en l'àmbit nacional i de municipi. Tant de seguretat estructural, contra incendis o accessibilitat. Aquest objectiu és clau per poder tenir un resultat final el més semblant a la realitat d'un projecte constructiu.

Trobar solucions tècniques i constructives senzilles i eficients per a la sustentació dels dos edificis, buscant minimitzar els recursos usats i la complexitat de les geometries. Aquest objectiu va relacionat amb el següent, desenvolupar un projecte seguint la metodologia usada al despatx Other Structures, buscar solucions per a un client que busca la reducció de costos i un resultat funcional.

Amb aquests objectius no només es planteja un exercici acadèmic, sinó també com una simulació realista del procés de disseny estructural per tal de complir uns objectius establerts per a un client fictici.

2. Memòria i memòria constructiva

2.1. Àrea d'actuació

El solar on es fa la construcció està al carrer del Ferro 31 a Mollet del Vallès. Si cerquem la direcció a la Sede Electrònica del Catastro obtenim la informació següent. Es tracta d'un terreny d'ús industrial de 2.393 m^2 de terreny.

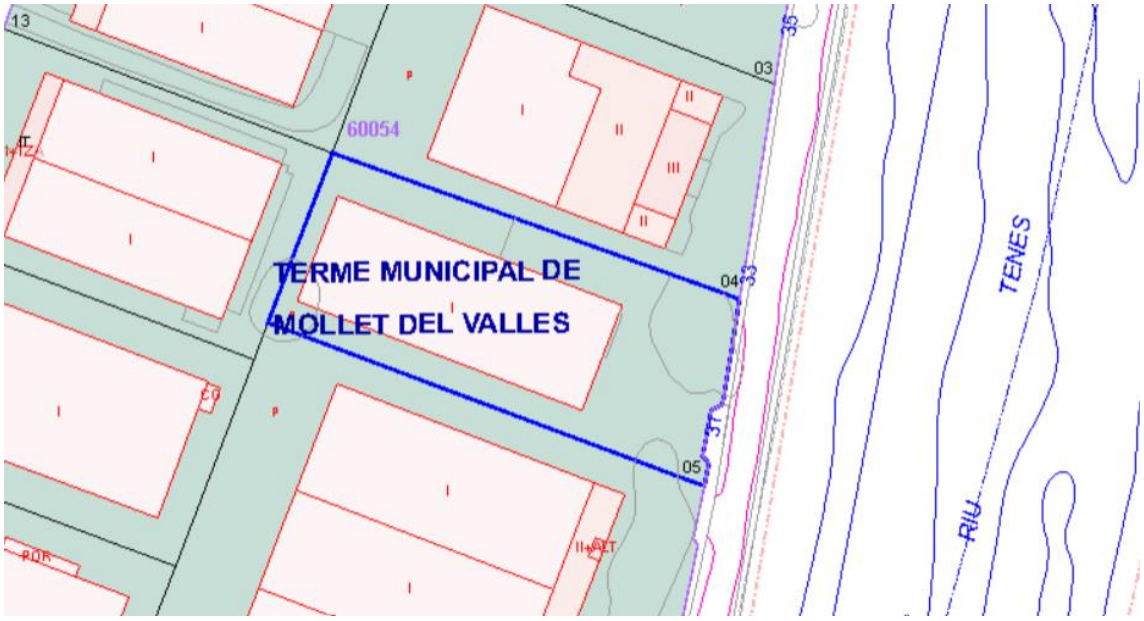

Figura 2.1: Mapa del cadastre de la parcel·la. Font: [1]

Dels 2393 m^2 de terreny disponible s'ha de mirar què diu la normativa de planejament urbanístic de Mollet del Vallès respecte als usos permesos i regulació general de la parcel·la.

Figura 2.2: Mapa amb les diferents classificacions del terreny. Font: [2]

Com indica la figura 2.2, l'Ajuntament de Mollet del Vallès classifica la zona de parcel·la amb el codi 6b les normes del planejament urbanístic del codi diuen el següent [2]:

-L'ocupació de parcel·la per l'edificació principal no pot excedir del 70% de la seva superfície.

-L'edificació principal de la parcel·la no pot excedir del sostre que resulti d'aplicar a la superfície de la parcel·la el coeficient de 0,9 m2st/m2s.

-Els volums d'edificació no poden excedir en cap punt l'alçada de 15 metres.

Amb aquesta informació els límits d'edificació es limiten a 1675 m^2 amb un màxim de 15 metres d'alçada.

Al tenir oficines i una zona d'emmagatzematge industrial, s'ha de veure que diu respecte a tenir dues activitats diferents (administrativa i industrial), en una mateixa parcel·la:

-La superfície mínima edificada que ocupi cada activitat no sigui inferior a 300 m2 en planta.

Ara ja es disposa de la informació necessària per saber els límits de geometria de les diferents estructures.

La posició geogràfica també afecta la construcció, a la figura 2.1 es veu com el riu Tenes passa al costat del solar, pot ser interessant fer un estudi d'inundabilitat a la zona per veure si cal prendre mesures al respecte. Es pot trobar la informació al Sistema d'Informació Geogràfica de l'Agència Catalana de l'Aigua.

Aquesta és la parcel·la actualment:

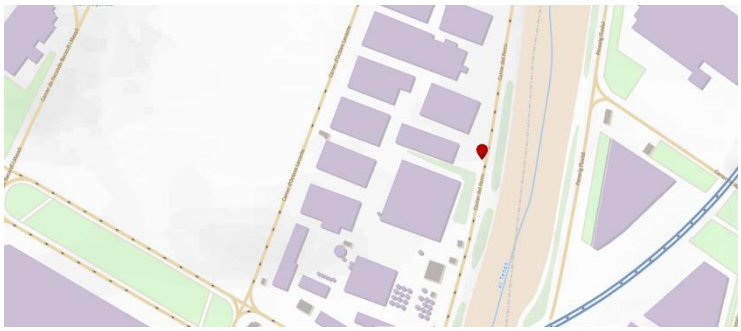

Figura 2.3: Mapa de la parcel·la a dia d'avui. Font: [3]

Mirem una predicció a t=10 anys:

Figura 2.4: Mapa de predicció a 10 anys. Font: [3]

Mirem una predicció a t=100 anys:

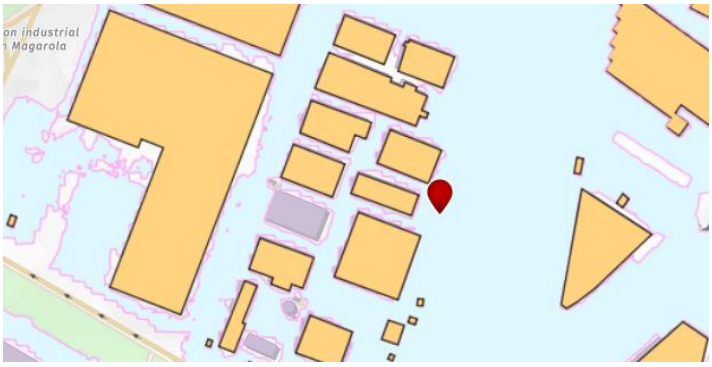

Figura 2.5: Mapa de predicció a 100 anys. Font: [3]

El que indiquen les figures són les prediccions del que pot arribar a passar cada 10 anys en cas de la figura 2.4 i cada 100 anys a la 2.5.

Es veu, per tant, que l'aigua arriba a entrar a l'interior de la parcel·la. Actualment, a Espanya no hi ha cap normativa que no permeti construir sota aquestes circumstàncies, per tant, en el cas del projecte no s'aplicarà cap mesura amb aquesta nova informació. És a tenir en compte pels projectistes si en un futur es volgués fer negoci amb el terreny, una zona inundable d'alta probabilitat pot ser un factor determinant.

També, gràcies a l'Institut Català d'Ornitologia podem fer una consulta per veure si a la zona hi pot haver nius d'aus impossibiliti construir en determinades zones de la parcel·la, ja que, segons el Reial Decret 139/2011 [4], queda totalment prohibida la destrucció o transport dels nius d'aus silvestres.

Figures 2.6 i 2.7: Vistes aèria de la parcel·la. Font: [5]

No hi ha cap niu el dia d'avui a la zona, es pot usar qualsevol zona de la parcel·la.

I per últim respecte a la GEO localització del terreny, és mirar si es troba a les zones d'operacions d'aeroports propers. Es pot consultar a la *Agencia Estatal de Seguridad Aérea* (ASEA).

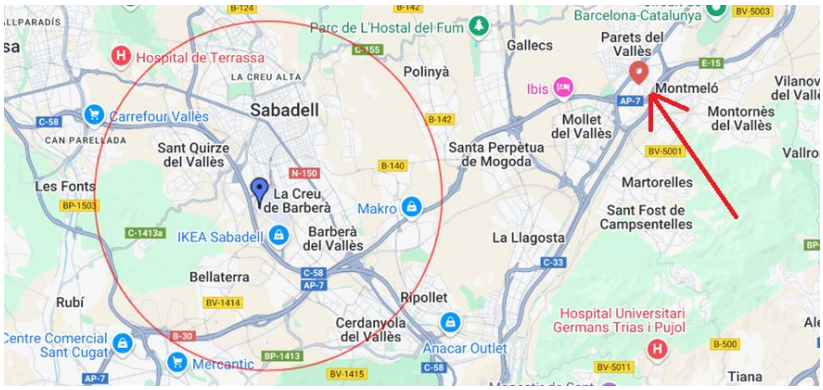

Figura 2.8: Mapa del rang servituds aeronàutiques de l'aeroport de Sabadell. Font: [6]

Com que no es troba en el rang de servituds aeronàutiques de cap aeroport no cal demanar permís a la AESA.

2.2. Sustentació del edifici

La **nau industrial** està formada per elements estructurals prefabricats de l'empresa Prefabricats Pujol, en aquesta part del projecte, per tant, els càlculs estructurals els fa la empresa dels prefabricats. En cas d'un projecte d'obra cal repassar aquests càlculs, per tant conèixer la metodologia de càlcul que empren l'empresa encarregada. En aquest projecte però, no s'inclourà la verificació dels càlculs del prefabricat.

L'ús de prefabricat per a naus ha experimentat un augment significatiu durant les últimes dècades gràcies a la seva flexibilitat de disseny, eficiència energètica, preus i sostenibilitat. Els elements estructurals ja arriben a l'obra preparada per al muntatge eliminant tots els processos de formigonatge o construcció in situ que s'havien fet sempre. Les estructures prefabricades també permeten tenir grans espais lliures sense pilars intermedis, permeten unes llums molt més grans que les que es podrien aconseguir amb construcció in situ. I en últim lloc, permeten fer un control de qualitat fàcilment, els elements es produeixen en entorns molt més controlats on els processos de producció es poden supervisar millor. També es minimitzen els residus, fabricant tots els elements estructurals segons les especificacions descrites al projecte, evitant d'aquesta manera els sobrants que poden aparèixer en construccions *in situ*.

Figura 2.9: Nau industrial. Font: [7]

Per un altra banda, l'**edifici d'oficines** és de formigó armat, un material excel·lent per aquest tipus de projectes que combina les propietats compressives del formigó amb la resistència a tracció de l'acer. Format per pilars, bigues, forjats i fonamentacions, en aquesta part del projecte si cal fer tot el càlcul de l'estructura amb les seves respectives càrregues, el càlcul de la resistència al foc, i complint amb les normatives de disseny, que al contrari que a la nau industrial, és completament lliure. Aquest és un dels avantatges, la flexibilitat en el disseny d'espais que es poden crear.

Figura 2.10: Formigó armat. Font: [8]

2.3. Indústria

En aquesta parcel·la hi haurà dues activitats en els dos edificis però de la mateixa indústria. La nau industrial tindrà la funció d'emmagatzematge i centre de distribució de folis de paper, i l'edifici d'oficines és la zona on es duran a terme les activitats de caràcter administratiu de l'empresa.

3. Compliment de la normativa

3.1. Seguretat en cas d'incendi

Al tenir dues zones d'ús diferents, s'ha de consultar tant el *Reglamento de seguridad contra incendios en los establecimientos Industriales* (RSCIEI) per a la nau d'emmagatzematge, com el *Documento Básico de Seguridad en caso de incendio* (CTE DB SI) per a l'edifici d'oficines.

3.1.1. Càrrega de foc

3.1.1.1. Nau d'Emmagatzematge

En el cas de la nau al RSCIEI divideix els establiments industrials segons la seva posició en relació amb el seu entorn, sobretot respecte a altres edificis. A l'estar construint en una parcel·la suficientment gran amb 1 sol establiment dins ella, és un edifici industrial de tipus C. Aquest es defineix com a aquell establiment que ocupa totalment un edifici o varis i es troba a una distància major a 3 metres de l'edifici més pròxim.

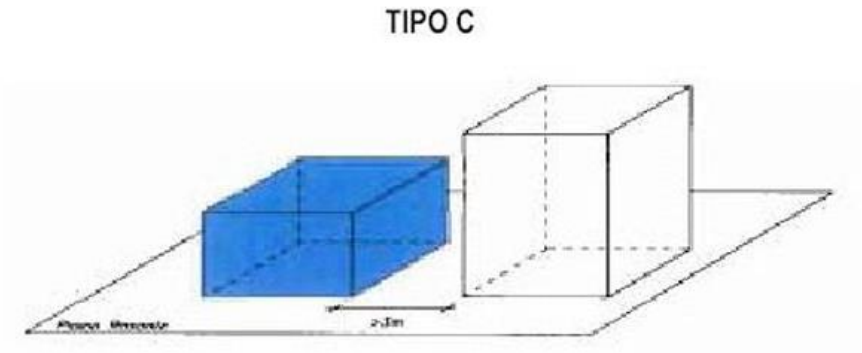

Figura 3.1: Esquema de la posició de l'edifici. Font: [9]

A la figura 3.1 ho veiem il·lustrat, l'edifici blau representa el d'estudi. En el cas d'aquest projecte la nau d'emmagatzematge.

Per saber la mida permesa del sector d'incendis s'ha de saber el risc intrínsec a la nau, per poder treure aquesta dada al RSCIEI s'avalua la densitat de càrrega de foc a l'establiment. En casos d'emmagatzematge, amb la següent expressió:

$$Q_s = \frac{\sum_i q_{v1} \cdot c_i \cdot h_i \cdot s_i}{A} \cdot R_a \qquad \text{(Eq. 1)}$$

On:

Q_s: Densitat de càrrega de foc. [MJ/m^2]

q_{v1}: Càrrega de foc aportada per cada m^3 de cada zona amb diferent tipus d'emmagatzematge. [MJ/m^3]

C_i: Coeficient adimensional que pondera el grau de perillositat de cadascun dels combustibles al sector d'incendi.

h_i: alçada ocupada per cadascun dels diferents combustibles [m]

s_i: Superfície ocupada en planta per cada zona amb diferent tipus d'emmagatzematge [m^2]

A: Superfície del sector d'incendi. [m^2]

R_a: Coeficient adimensional que corregeix el grau de perillositat tenint en compte l'activitat que es desenvolupa al sector d'incendi (producció, muntatge, emmagatzematge, etc.)

Per treure algun dels valors cal buscar a les taules del RSCIEI, els valors són els següents:

q_{v1}=10000 MJ/m^3

C_i=1,3

R_a=2

h_i=7 m

s_i= 500 m^2

A=819,75 m^2

De superfície útil d'emmagatzematge s'ha considerat un 60% de la superfície total de la nau per no perdre rendiment d'explotació, i 7 metres d'alçada útils.

Per tant, la nau té una càrrega de foc de valor: Q_s= 111000 MJ/m^2. Mirant la taula del RSCIEI d'on es dedueix el nivell de risc intrínsec del sector.

Nivel de riesgo intrínseco		Densidad de carga de fuego ponderada y corregida	
		Mcal/m²	MJ/m²
BAJO	1	$Q_S \leq 100$	$Q_S \leq 425$
	2	$100 < Q_S \leq 200$	$425 < Q_S \leq 850$
MEDIO	3	$200 < Q_S \leq 300$	$850 < Q_S \leq 1275$
	4	$300 < Q_S \leq 400$	$1275 < Q_S \leq 1700$
	5	$400 < Q_S \leq 800$	$1700 < Q_S \leq 3400$
ALTO	6	$800 < Q_S \leq 1600$	$3400 < Q_S \leq 6800$
	7	$1600 < Q_S \leq 3200$	$6800 < Q_S \leq 13600$
	8	$3200 < Q_S$	$13600 < Q_S$

Figura 3.2: Taula de nivell intrínsec. Font: [9]

En aquest cas nivell 8, el més alt. Tenint en compte el tipus d'emmagatzematge que hi ha a la nau és un resultat coherent.

En aquest apartat s'han considerat decisions de l'empresa que no es pot assegurar que siguin així, com bé pot ser l'ús del 60% de la superfície total, tot i que veiem que el risc intrínsec no variarà a l'estar tan lluny de baixar a nivell 7.

3.1.1.2. Edifici d'Oficines

En el cas de l'edifici d'oficines, cal fer us del *Documento Básico de Seguridad en caso de Incendio* del *Código Técnico de la Edificación* de sigles: *CTE DB-SI*. El procediment és diferent del d'usar el *RSCIEI*, no és necessari trobar la càrrega de foc de l'establiment, tot al document està preparat per a fer l'estudi en un edifici d'oficines d'ús administratiu. Inicialment, no cal, però tenim el valor de la càrrega de foc de l'establiment, el document la fixa a Q_s= 520 MJ/m^2.

També una dada important són els metres quadrats i l'ocupació a l'edifici, hi ha un total de 720 m^2 i a 10 m^2/persona que marca el CTE DB-SI, es tindran en compte un total de 72 persones a l'interior de l'edifici.

3.1.2. Resistència al foc

3.1.2.1. Nau d'Emmagatzematge

PROPAGACIÓ INTERIOR

Aquesta part fa referència a la protecció contra incendi que han de tenir els diferents elements estructurals a l'interior perquè, en cas d'incendi, no es propagui fàcilment entre sectors i no causi l'esfondrament del propi edifici.

Amb el valor del nivell de risc intrínsec 8 (nivell alt) el RSCIEI indica que l'estabilitat al foc dels elements estructurals portants ha de ser de *REI 120* per a la planta soterrani i *REI 90* per a les plantes sobre rasant. Com que no hi ha soterrani a la nau, només es tindrà en compte el valor de *REI 90*.

PROPAGACIÓ EXTERIOR

En aquest apartat es comenta com ha de ser la estabilitat al foc dels elements que es troben en contacte o a prop d'un altre edifici.

El RSCIEI indica que la resistència al foc de tot mur confrontat a un altre establiment ha de ser com a mínim, en un sector de risc alt, de *REI 240*.

COBERTA

NIVEL DE RIESGO INTRÍNSECO	Tipo B	Tipo C
	Sobre rasante	Sobre rasante
Riesgo bajo	R 15 (*EF-15*)	NO SE EXIGE
Riesgo medio	R 30 (*EF-30*)	R 15 (*EF-15*)
Riego alto	R 60 (*EF-60*)	R 30 (*EF-30*)

Figura 3.3: Taula 2.3 del RSCIEI. Font: [9]

Respecte a la coberta, a la taula 2.3 del RSCIEI indica que un sector de risc alt ha de tenir una coberta de resistència al foc *EI 30*.

3.1.2.2. Edifici d'Oficines

PROPAGACIÓ INTERIOR

No se superen els 15 metres d'alçada d'evacuació en tot l'edifici, per tant, tant les parets com els sostres de l'edifici tindran una resistència al foc de *REI 60*, inclosa la coberta.

PROPAGACIÓ EXTERIOR

El valor de la resistència al foc dels elements verticals separadors d'un altre edifici en qualsevol administratiu es fixa a *REI* 120

3.1.3. Evacuació dels ocupants

Tant al RSCIEI com al CTE DB-SI, la evacuació dels ocupants fa referència a la planificació i implementació de mesures per garantir una sortida ràpida i senzilla del edifici en cas d'incendi.

3.1.3.1. Nau d'Emmagatzematge

En ser un sector de risc alt és obligat tenir un mínim de dues sortides alternatives que no poden ser en cap moment a més de 25 metres de qualsevol punt de la nau i, al ser planta sobre rasant s'haurà d'il·luminar amb llums d'emergència. També s'han d'instal·lar uns sistemes de detecció d'incendis manuals i automàtics en tenir una superfície major a 800 m^2.

3.1.3.2. Edifici d'Oficines

Respecte a les sortides d'emergència, cada planta disposa d'una sola sortida d'emergència. En aquest cas, al CTE DB-SI no es permet superar les 100 persones d'ocupació ni 25 metres de recorregut d'emergència i no pot ser un edifici amb més de 28 metres d'alçada d'evacuació.

Es resum tot en la següent taula:

	NAU	OFICINES
Ús	Emmagatzematge de paper	Administratiu
Càrrega de foc [MJ/m^2]	111000	520
Nivell de risc intrínsec	8 (nivell alt)	-
Propagació interior	REI 90	REI 60
Propagació exterior	REI 240	REI 120
Coberta	REI 30	REI 60
Nº sortides d'emergència	2	1
Distància a sortida [m]	25	25

Taula 3.1: Resum de l'apartat de resistència al foc.

En el cas de la nau, els prefabricats ja s'obtenen amb la resistència amb foc que es requereixi indicant a la empresa responsable els diferents valors de resistència al foc que ha de tenir cada element. A l'edifici d'oficines caldrà assegurar aquesta resistència al foc mitjançant el recobriment suficient de l'armat a l'interior del formigó.

3.2. Seguretat d'utilització

L'objecte del projecte és l'estudi de l'estructura dels edificis, però si és veritat que hi ha elements de l'interior que poden afectar a la geometria de l'estructura portant. Per això és interessant veure que es diu respecte de la utilització dels dos edificis.

Del CTE DB SUA es fa referència a la seguretat en tota mena de casos i situacions: caigudes, impacte, il·luminació inadequada, alta ocupació, vehicles, etc. De tots aquests casos es tindrà del risc a caigudes provocades pels diferents elements que pot haver dins d'un edifici.

Dins de l'apartat de seguretat davant el risc de caigudes, al CTE DB SUA parla de la

resistència al lliscament dels paviments, de la protecció de diferents elements de l'edifici i de les dimensions de les escales entre altres. Així com el dimensionat de les escales sí que afecta a la geometria de l'estructura, els dos primers són part dels acabats de l'edifici i no afecten l'estructura d'aquest. Per tant, es farà el càlcul de la geometria de les escales.

Al document separa en escales d'ús restringit o d'ús general, a l'edifici d'oficines, l'únic dels dos que té escales, són d'ús general.

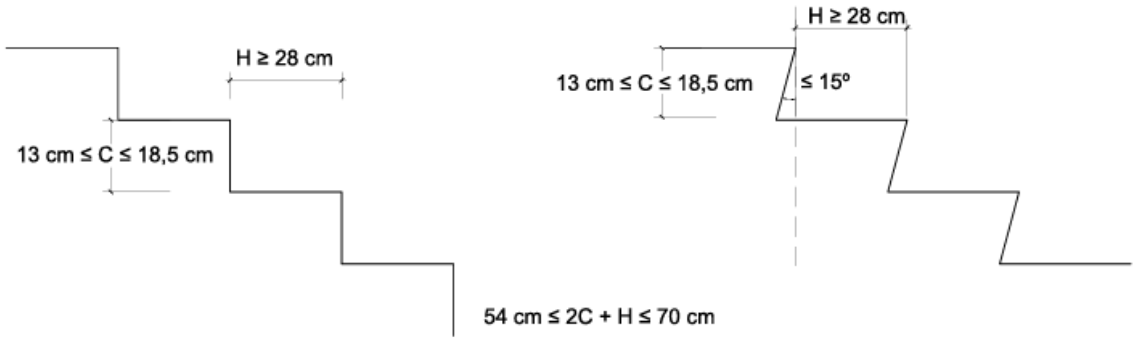

Figura 3.4: Esquema amb dimensions de les escales. Font: [10]

A la figura 3.4 indica la longitud mínima de les diferents parts de l'escala. L'estesa té un valor mínim de 28 centímetres, l'alçada està acotada entre 13 i 18,5 centímetres, i les dues han de complir la fórmula indicada a la part inferior de l'escala.

L'alçada de les plantes és de 3 metres a l'edifici, per tant, fixem els valors d'estesa a H=30 centímetres i de C=15 centímetres d'alçada per obtenir un nombre de graons enter. Aquests valors compleixen la fórmula:

$$2C + H = 60 \text{ cm.} \qquad \text{(Eq. 2)}$$

Per últim, l'amplada total de l'esglaó es calcula amb la taula 4.1 del document tècnic. Amb una ocupació de 72 persones es fixa a mínim 1 metre. En el cas del projecte es decideix una amplada d'1,5 metres.

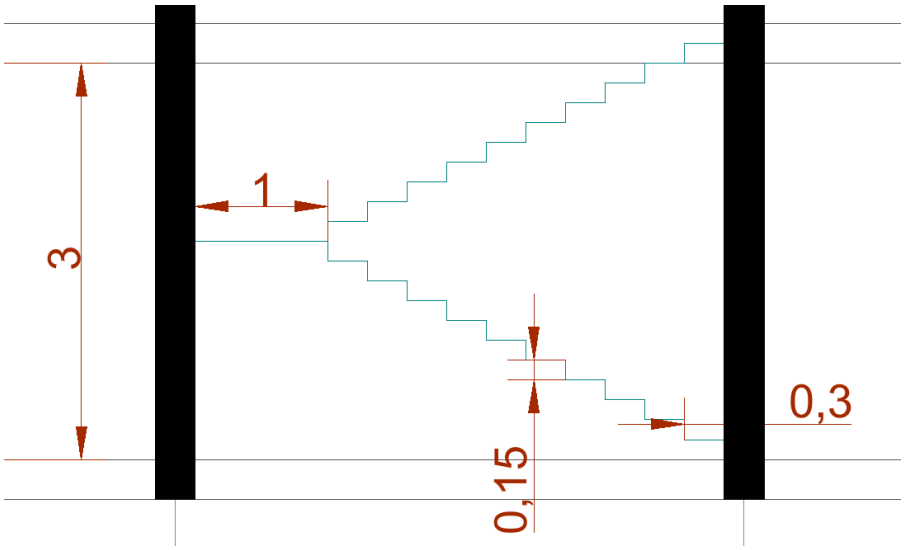

Figura 3.5: Vista en alçat de les escales.

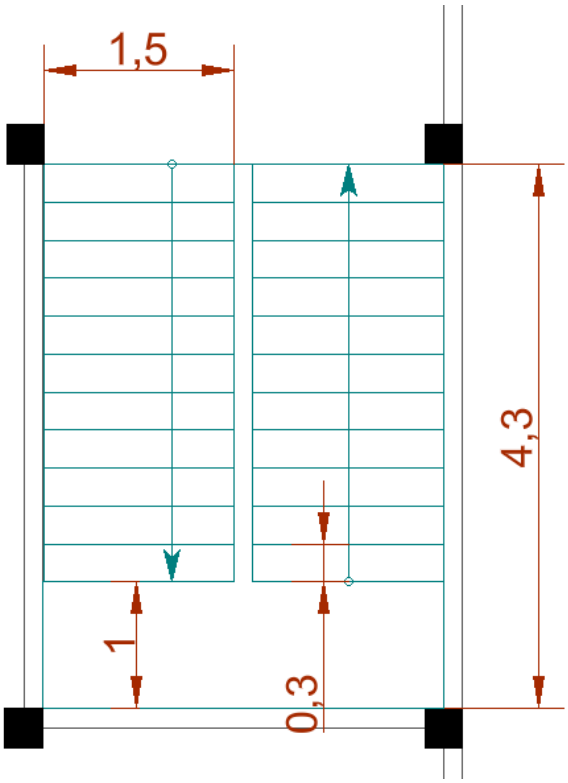

Figura 3.6: Vista en planta de les escales.

A les figures 3.5 i 3.6 podem veure com queden les escales en alçat i planta respectivament.

3.3. Accessibilitat

Es considera una societat accessible aquella que pot garantir que totes les persones puguin dur a terme les activitats de la vida quotidiana de manera autònoma.

En aquest projecte similar a l'apartat 3.3 de seguretat d'utilització, l'accessibilitat en molts casos és una part més aviat dels acabats d'arquitectura dels edificis, ja sigui amb rampes, places de pàrquing, acabats accessibles als serveis, etc. Per tant, com s'ha comentat anteriorment no es tindrà en compte a l'estudi tot allò que no formi part de l'estructura.

Però, a l'annex 3b del decret 209/2023 de 28 de novembre pel qual s'aprova el codi d'accessibilitat de Catalunya [11], exigeix als edificis d'oficines de més de 500 m^2 de superfície total, i susceptibles de rebre persones externes, a tenir un ascensor. Element que sí que afecta a les geometries finals de l'estructura. Perquè es consideri accessible ha de tenir unes dimensions d'1,1 x 1,4 metres com a mínim. Es decideix deixar una obertura als forjats de les plantes per a instal·lar un ascensor de 2 x 2 metres.

4. Arquitectura proposada

4.1. Plànols

Aquests són els plànols d'arquitectura amb les geometries de tal forma per complir amb tota la normativa vista fins ara.

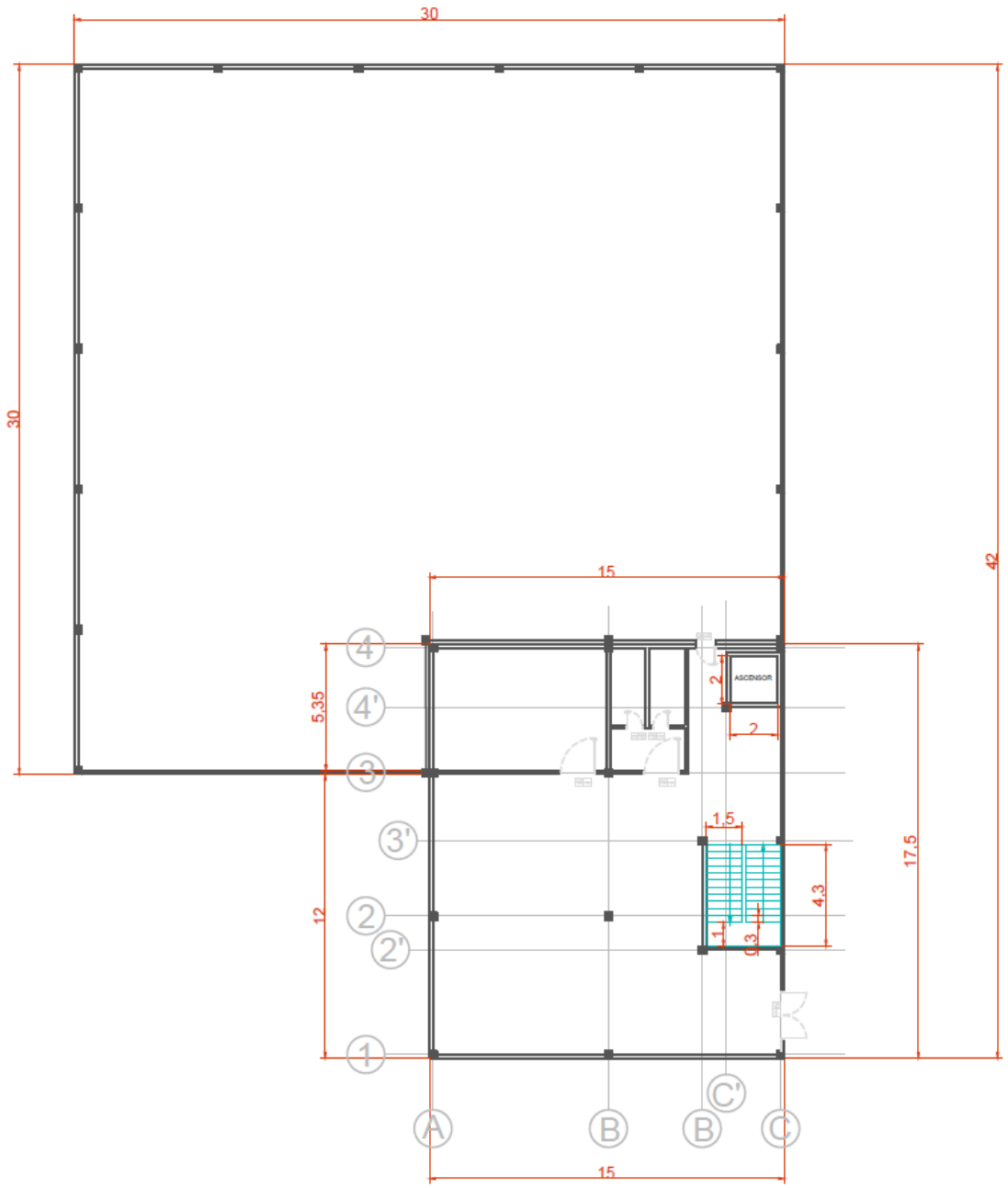

Figura 4.1: Plànol de planta baixa.

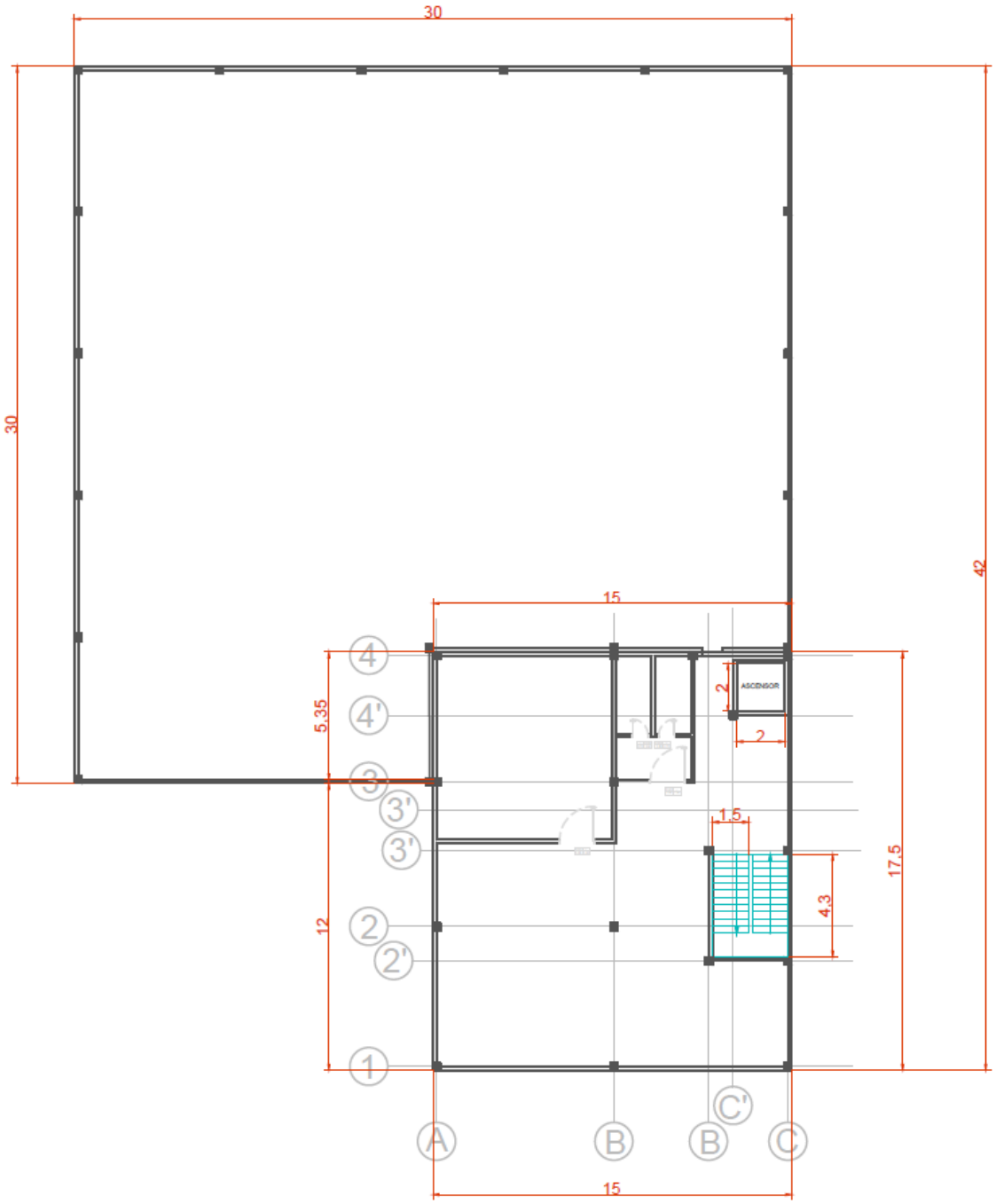

Figura 4.2: Plànol de planta primera.

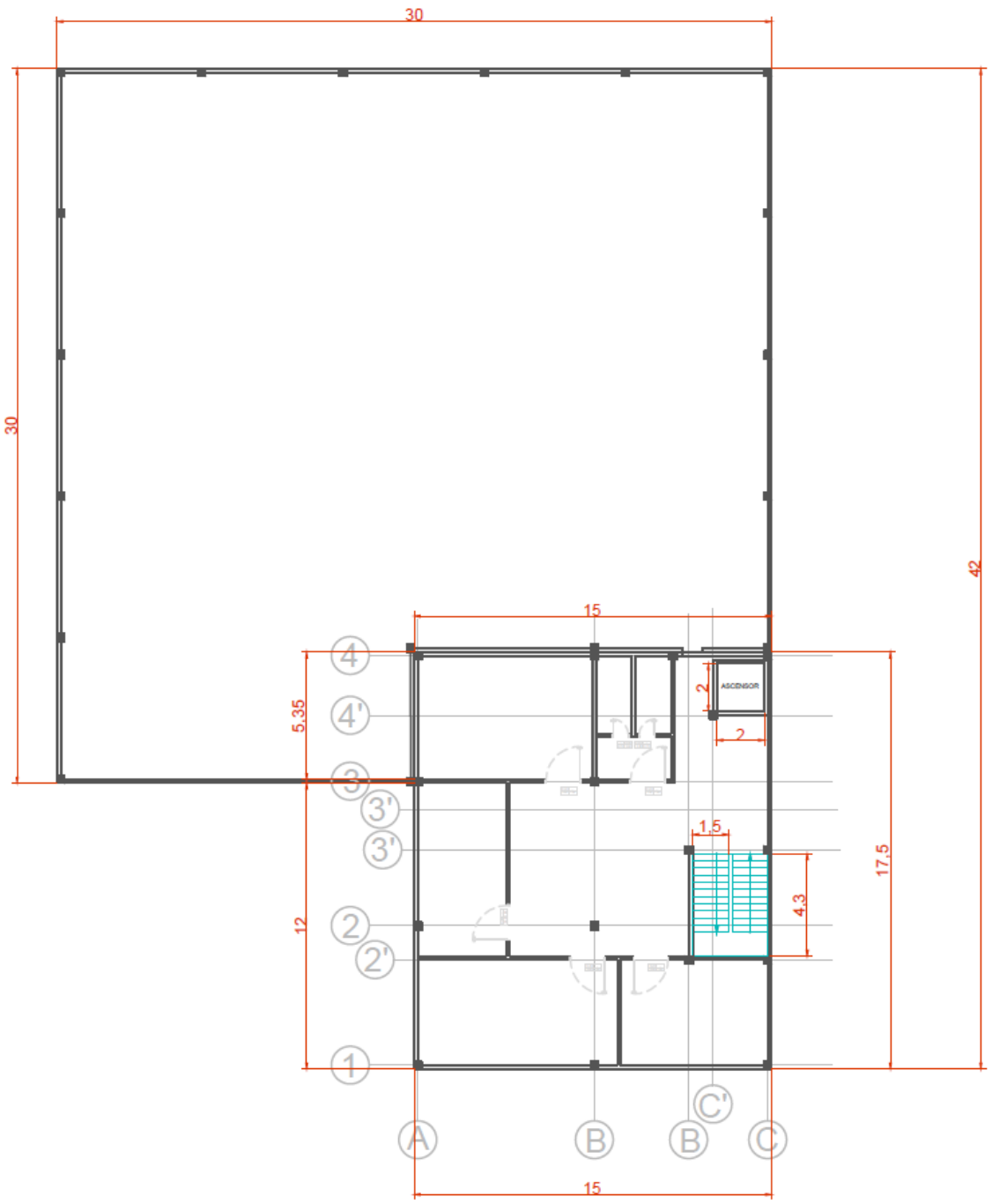

Figura 4.3: Plànol de planta segona.

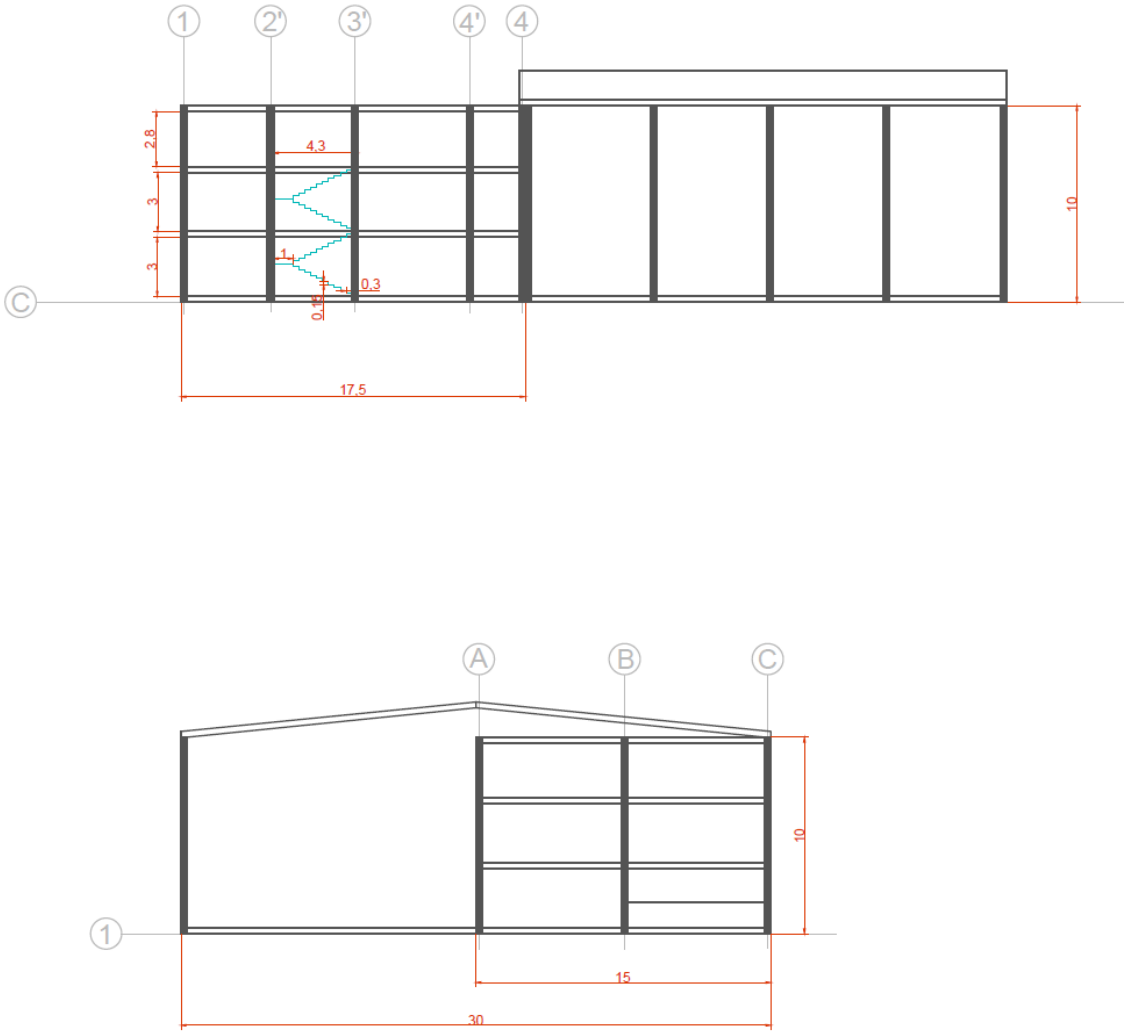

Figura 4.4: Plànols d'alçats.

4.2. Tancaments dels edificis

Per tal de donar una visió general sobre els tancaments i cobertes dels edificis es presenta una idea general, ja que aquest no és l'objecte principal del treball.

<u>Nau d'emmagatzematge</u>

Per als tancaments verticals es farà ús novament de la marca Pujol, presenten una solució ràpida i efectiva amb panells modulars. No tenen cap funció estructural com indica el fabricant, ja que van subjectats als elements estructurals.

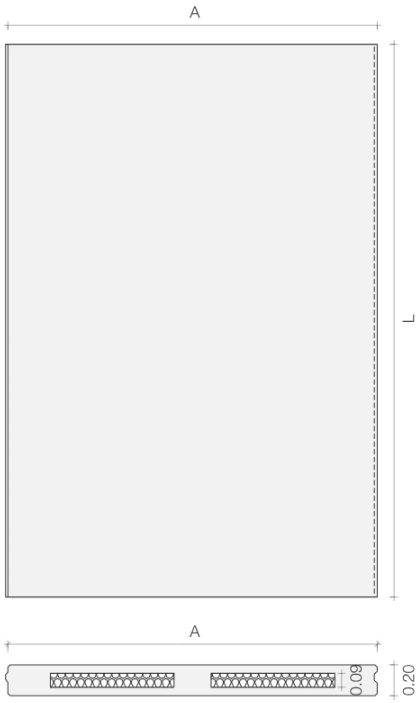

Figura 4.5: Panell alleugerit de 0.2 metres de gruix. Font: [7]

Si bé el panell mostrat a la figura 4.2.1 pot servir per a la majoria de les parets de la nau, no és una solució per a les parets confrontades amb l'edifici d'oficines, aquestes han de tenir un valor de resistència al foc de REI 240 i les plaques alleugerides tenen un valor de REI 120. Per tant, per a les parets confrontades a l'edifici d'oficines es farà us de panells massissos que sí que arriben a un REI 240.

Per a la coberta una opció seria usar xapa galvanitzada, molt usada en qualsevol mena de nau industrial.

Figura 4.6: Coberta de xapa galvanitzada. Font: [12]

Edifici d'oficines

Per a les parets de l'edifici d'oficines es pot usar un sistema de parets convencional que permeti un bon aïllament tant acústic com tèrmic. Formades per vàries capes, incloent-hi una capa exterior resistent, un aïllament tèrmic adequat, una solució pot ser amb aïllant de llana mineral que permet també tenir un bon aïllament acústic. Tot amb l'acabat amb resistència al foc corresponent REI 60 a totes les parets menys a les confrontades amb la nau que han de ser de REI 120.

Per a la coberta, uns panells de tipus sandvitx ofereixen una solució senzilla i eficient per aquest tipus d'edifici.

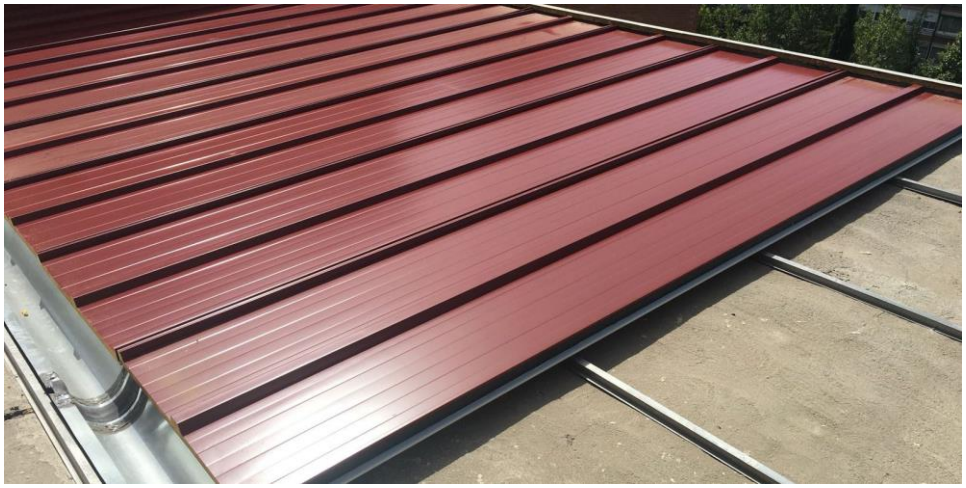

Figura 4.7: Coberta amb panells de tipus sandvitx. Font: [13]

5. Accions a la edificació

Les accions a una edificació son totes aquelles forces i càrregues a les que està sotmesa una estructura durant el seu ús. És important fer aquest estudi ja que és el que permetrà que tota la estructura portant estigui preparada per qualsevol acció en el seu cicle de vida.

El *Documento Básico de Seguridad Estructural Acciones en la edificación* [14], permet complir tots els requisits de seguretat estructural establerts pel *CTE*. Es divideixen les accions en tres grans grups:

-Accions permanents: Són aquelles que es mantenen invariables durant tota la vida útil de la estructura, així com el pes propi de tots elements estructurals, les forces del propi terreny com pot ser la expansivitat del sòl quan entra en contacte amb l'aigua.

-Accions variables: Es refereixen a les càrregues que varien en intensitat o presència al llarg del temps. En aquestes ja es tenen en compte els diferents usos que se li dona a la edificació, ja que això determinarà el nombre de persones, el tipus i la quantitat de mobiliari entre altres. També son les accions que depenen de factors externs com el vent o la neu.

-Accions accidentals: Són les menys freqüents de totes, inclouen esdeveniments puntuals i imprevisibles com sismes, incendis o impactes.

En aquest projecte es farà l'estudi de les accions permanents i les variables a l'edifici d'oficines amb el programari *Diamonds* de *BuildSoft*, de les accidentals es té en compte el comentat anteriorment de seguretat en cas d'incendi i la resistència al foc que han de tenir els elements estructurals.

El *Diamonds* ja té en compte el pes propi de la estructura, per tant caldrà fer l'estudi de quines càrregues variables estan presents a l'edifici.

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(7)	Cubiertas con inclinación inferior a 20º	1(4) (6)	2
			Cubiertas ligeras sobre correas (sin forjado) (5)	0,4(4)	1
		G2	Cubiertas con inclinación superior a 40º	0	2

Taula 5.1: Taula de valors característics de les sobrecàrregues d'ús. Font: *[14]*

L'edifici d'oficines és zona administrativa, per tant, veient la taula 5.1 es tindrà en compte una càrrega uniforme de 2 kN/m^2 a totes les plantes. També s'ha d'aplicar 1 kN/m^2 a totes les zones d'accés o d'evacuació a l'edifici. Per últim, a la coberta es tindrà en compte una sobrecàrrega de 1kN/m^2 per a possibles serveis de manteniment i 1kN/m^2 més per a la coberta de tipus panell sandvitx considerada com a lleugera.

Les accions de vent les calcula el propi *Diamonds*, s'ha d'indicar la velocitat del vent a la zona.

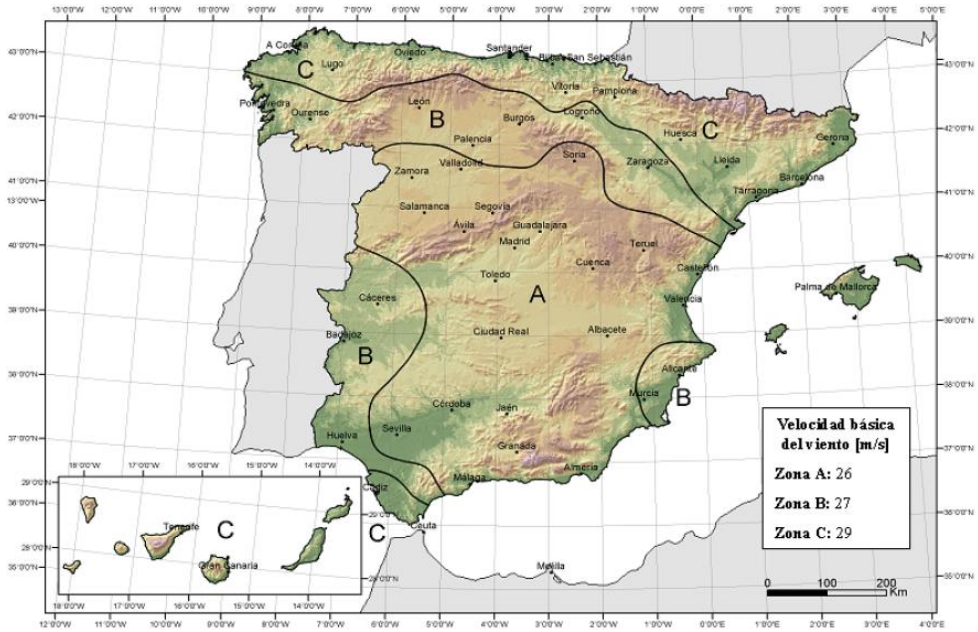

Figura 5.1: Mapa de les velocitats del vent a Espanya. Font: *[14]*

A Mollet del Vallès, per tant, es considera una velocitat del vent de 29 m/s.

I per últim a tenir en compte, la càrrega de neu. Al *DB SE-AE*, en cas de tenir coberta plana i una altitud de menys de 1000 metres respecte el nivell del mar, es permet simplificar a una càrrega superficial a tota la coberta de 1kN/m^2.

6. Càlcul de la estructura

En aquest apartat del projecte es farà l'estudi per determinar totes les seccions dels components estructurals del edifici. Per la nau industrial com s'ha comentat, es farà mitjançant elements prefabricats dels que no es fa el càlcul i es trauran les seccions dels diferents elements gràcies als resultats extrets del despatx *Other Structures*. Al edifici d'oficines per altra banda, s'utilitza el programari *Diamonds* per a calcular la estructura.

El *Diamonds* de *BuildSoft* és una eina que permet fer l'anàlisi estructural pel mètode d'elements finits. Dissenyada per enginyers estructurals permet un càlcul de la estructura molt intuïtiu amb una visualització constant del model.

6.1. Modelatge de l'edifici

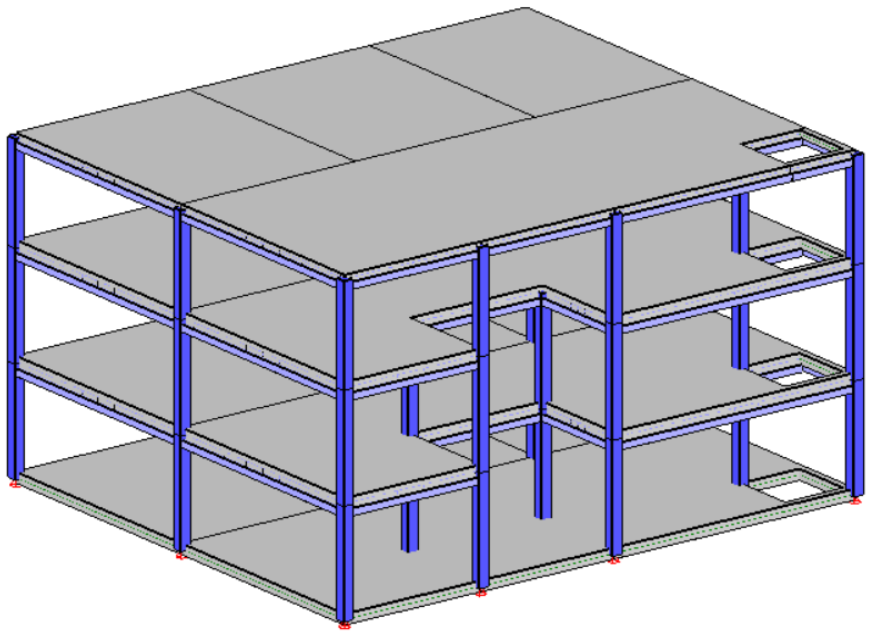

Figura 6.1: Model 3D de l'edifici d'oficines a *Diamonds*.

Per a totes les columnes s'ha escollit arbitràriament una secció de 30x30 centímetres de formigó armat, per les bigues una secció de 20x20 i cada planta amb plaques alveolars de 20 centímetres de gruix. Després del primer càlcul estructural es veurà si s'han de fer modificacions a aquests elements.

Els pilars que van a fonamentació s'han posat articulats, això vol dir que tots els moments de la estructura no es transmetran a la fonamentació, cosa que permetrà tenir unes sabates de menor superfície, ja que aquestes hauran de tenir en compte l'efecte de les forces verticals simplement.

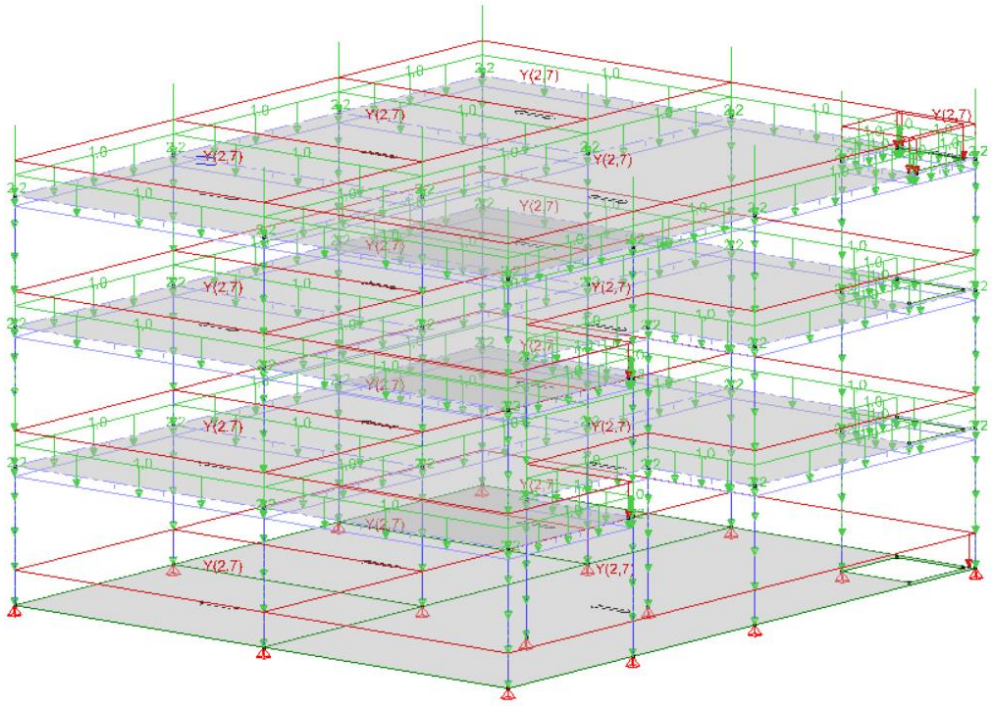

Figura 6.2: Valors de pes propi.

A la figura 6.2 es mostra els valors del pes propi de la estructura, valors calculats pel programa.

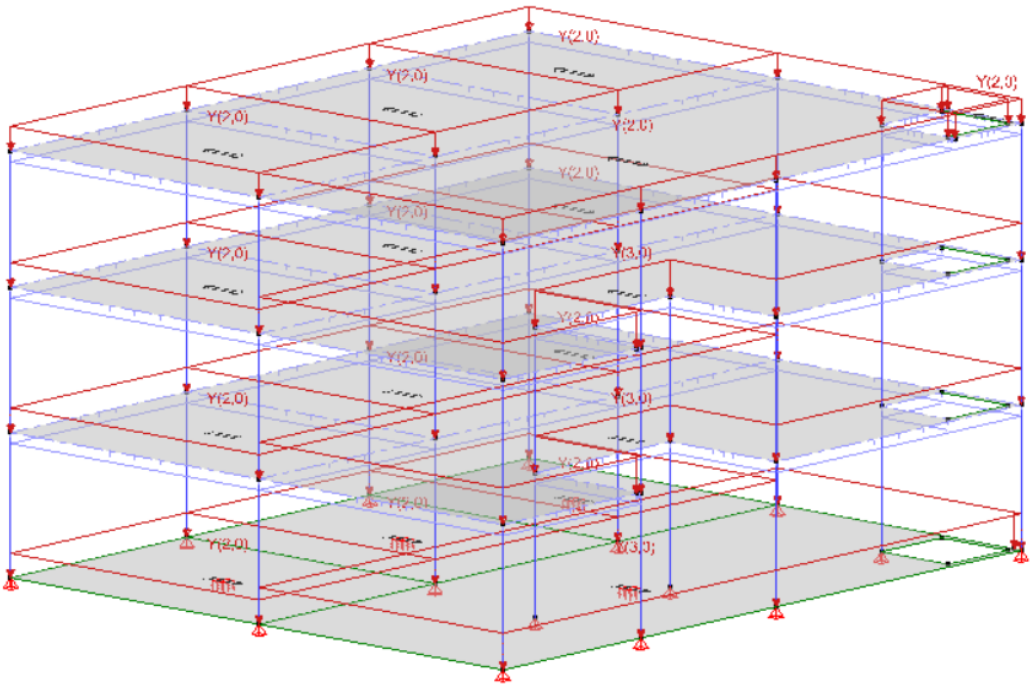

Figura 6.3: Valors de càrregues variables.

A la figura 6.3 es veuen aplicades les càrregues d'ús de la estructura.

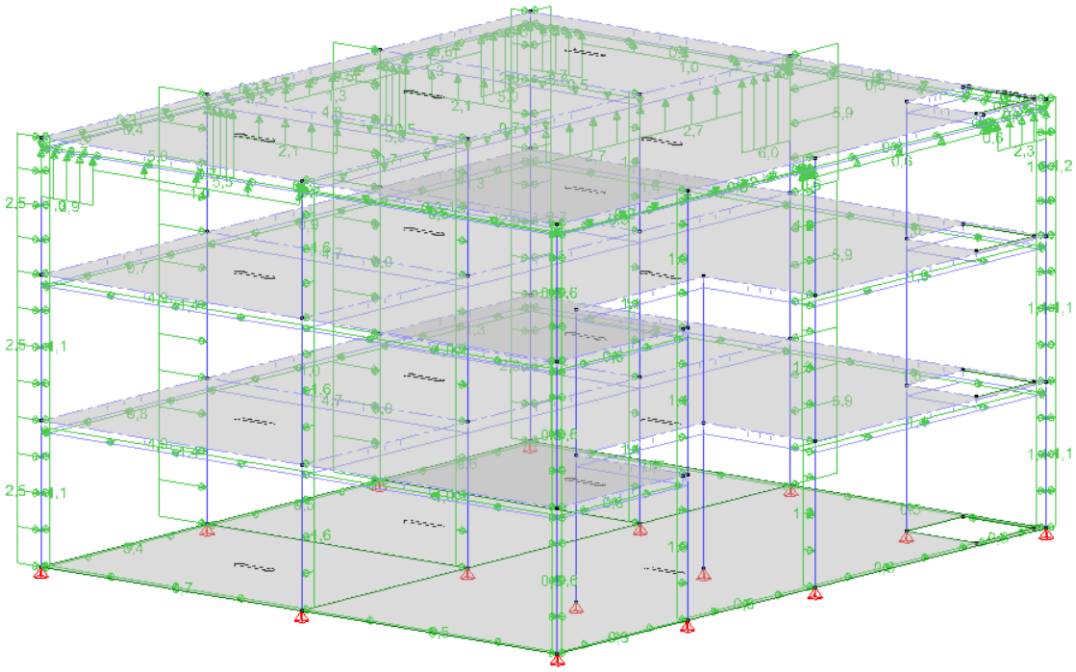

Figura 6.4: Valors de càrregues de vent.

Es veuen representats a cada pòrtic a la figura 6.4 un dels casos de vent que el programari aplica sobre la estructura, ja que fa combinacions de 20 casos de càrregues de vent.

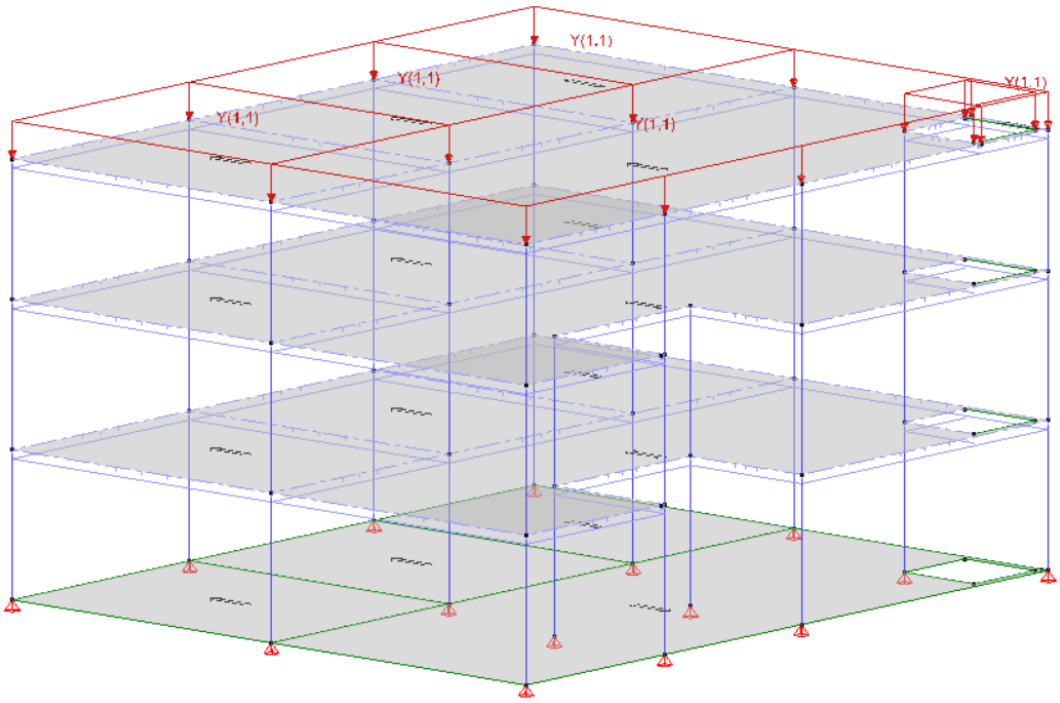

Figura 6.5: Valors de càrregues de neu.

Per últim, com s'ha comentat, s'aplica la càrrega de neu de 1 kN/m^2 a la coberta de la estructura.

Una vegada es tenen totes les condicions de contorn al model, com a tots els programaris que usen el mètode d'elements finits, es procedeix a fer el mallat d'aquest.

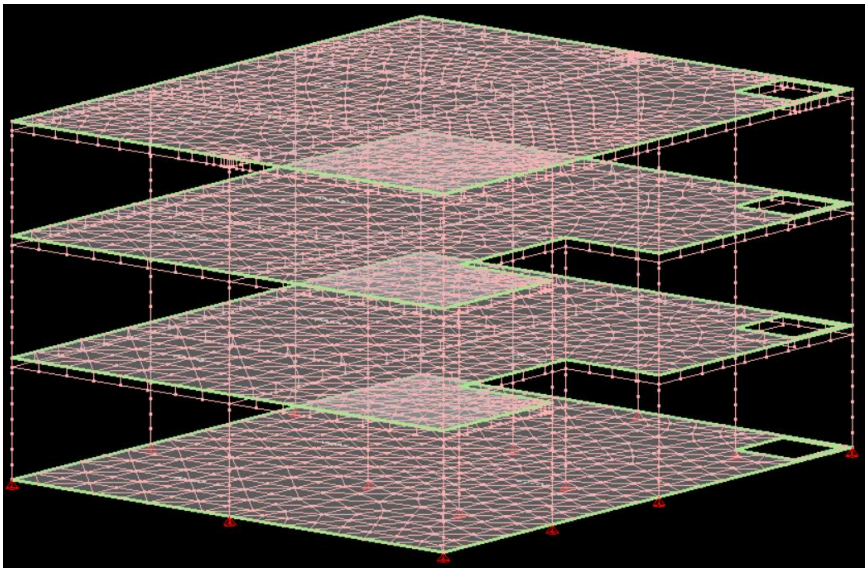

Figura 6.6: Mallat dels elements.

6.2. Anàlisis dels resultats

El *Diamonds* retorna molts resultats, deformacions de la estructura, tensions a barres, columnes i superfícies, les reaccions a la fonamentació entre altres.

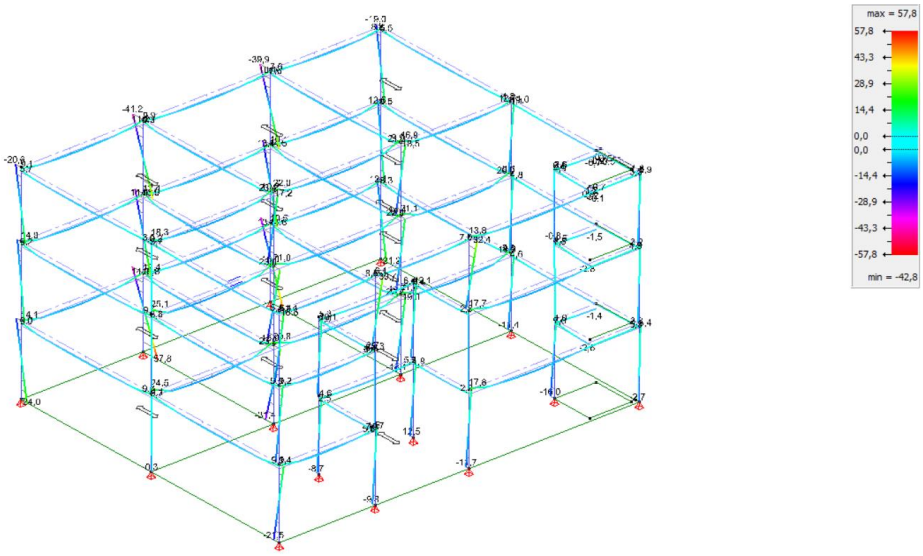

Figura 6.7: Esforços a les barres.

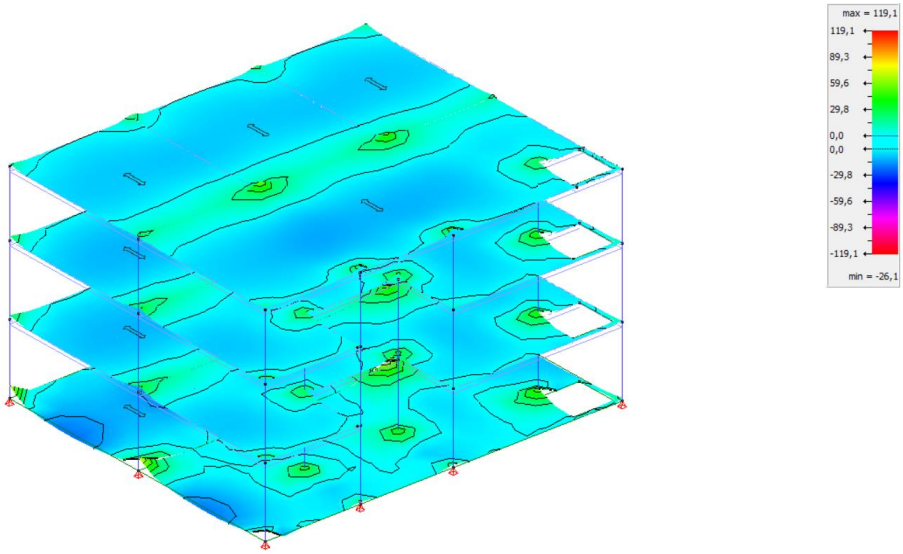

Figura 6.8: Esforços a les superfícies.

Al tenir una estructura de formigó armat però, el que ens permet saber la quantitat d'armat necessària o si les dimensions de les seccions son correctes és el càlcul de quanties d'armadures que té el programa. Es calcula.

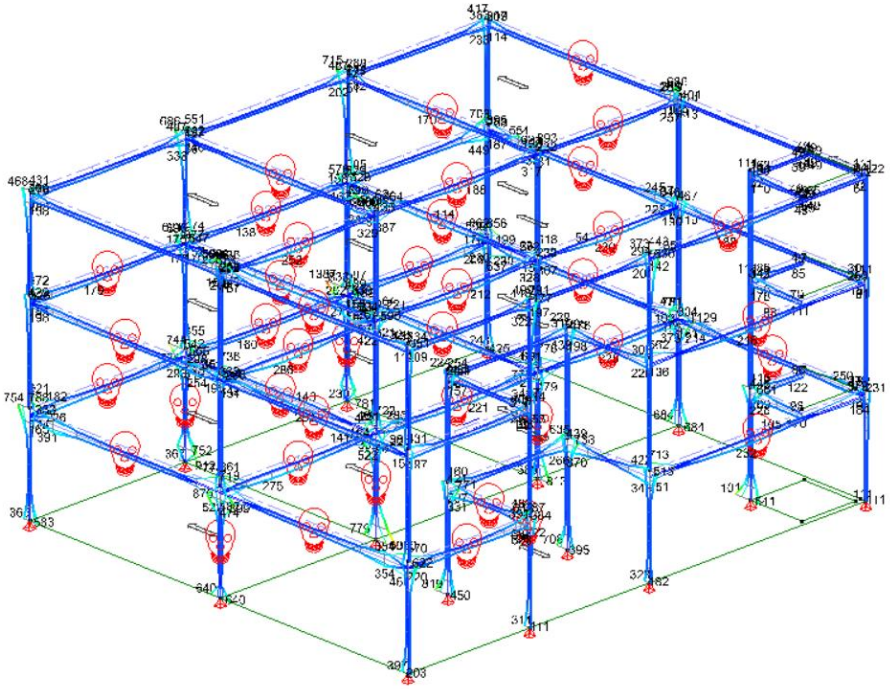

Figura 6.9: Armadura de barres.

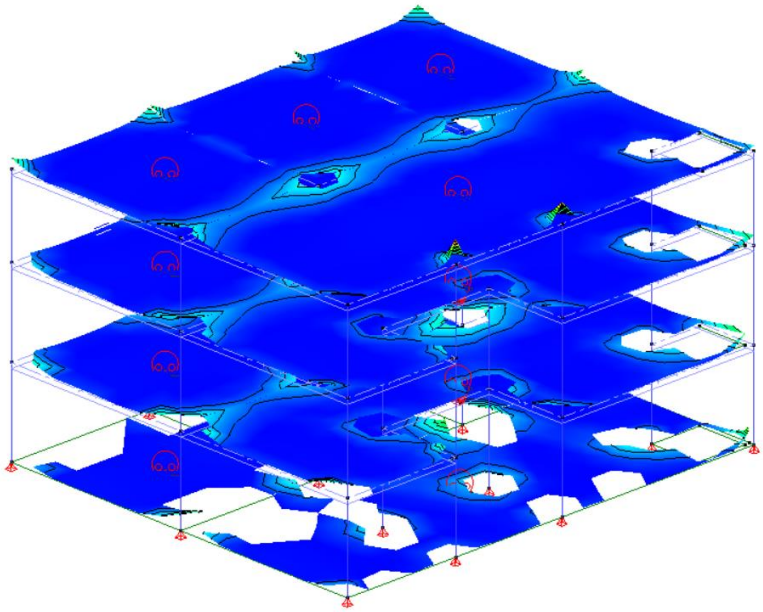

Figura 6.10: Armadura de superfícies

A les figures 6.2.3 i 6.2.4 apareixen en forma de calavera molts errors a la majoria de barres i superfícies. Aquestes calaveres es la manera que te el *Diamonds* que hi ha errors amb la secció o amb diferents estats de càrrega a la estructura, però en el cas de d'aquest estudi es sobretot de la primera opció. Es fan els canvis fins aconseguir que no apareguin els errors.

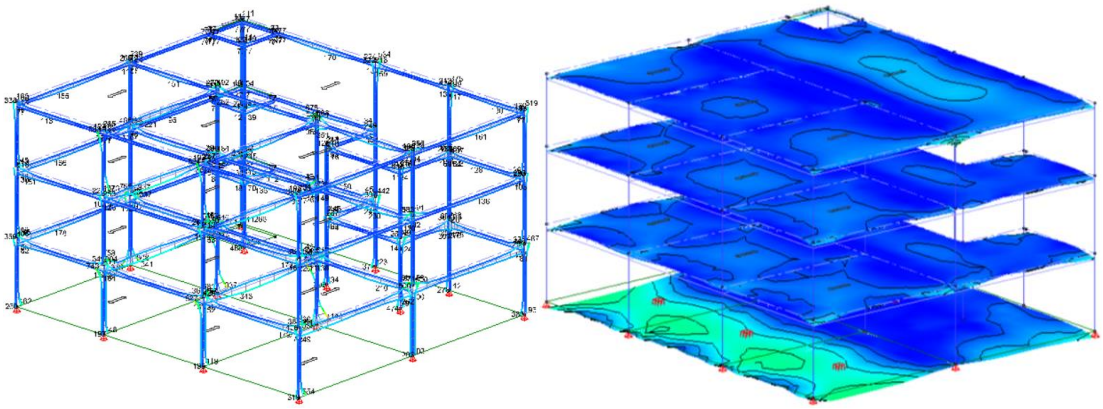

Figura 6.11: Càlcul de barres i superfícies sense error.

Les seccions i superfícies escollides s'explicaran detalladament més endavant.

Una vegada fet el càlcul de quanties d'armadura, es fa l'estudi de deformació després de fissuració del formigó. Aquest és l'estudi a tenir en compte al formigó que es troba sota esforços de tracció. Amb el formigó depenent del seu nivell d'exposició no es pot permetre un cert gruix d'esquerdes.

Classe d'exposició	w_{max}
X0-XC1	≤ 0.4 mm
XC2-XC3-XC4	≤ 0.3 mm
XD1- XD2- XD3 **XS1-XS2-XS3**	≤ 0.3 mm

Tabla 6.1: Valors recomanats de w_{max}. Font: [15]

Els formigons X0-XC1 son formigons sense cap mena d'armadura o formigons que es troben en zones de molt poca humitat, no és el cas del projecte, per tant, es fixa un gruix d'esquerda màxim admissible a 0,3 mil·límetres. Aquestes distàncies venen donades en el cas de càrregues quasi permanents, a tenir en compte quan es mira en el programari.

Després de les armadures necessàries els resultats són els següents.

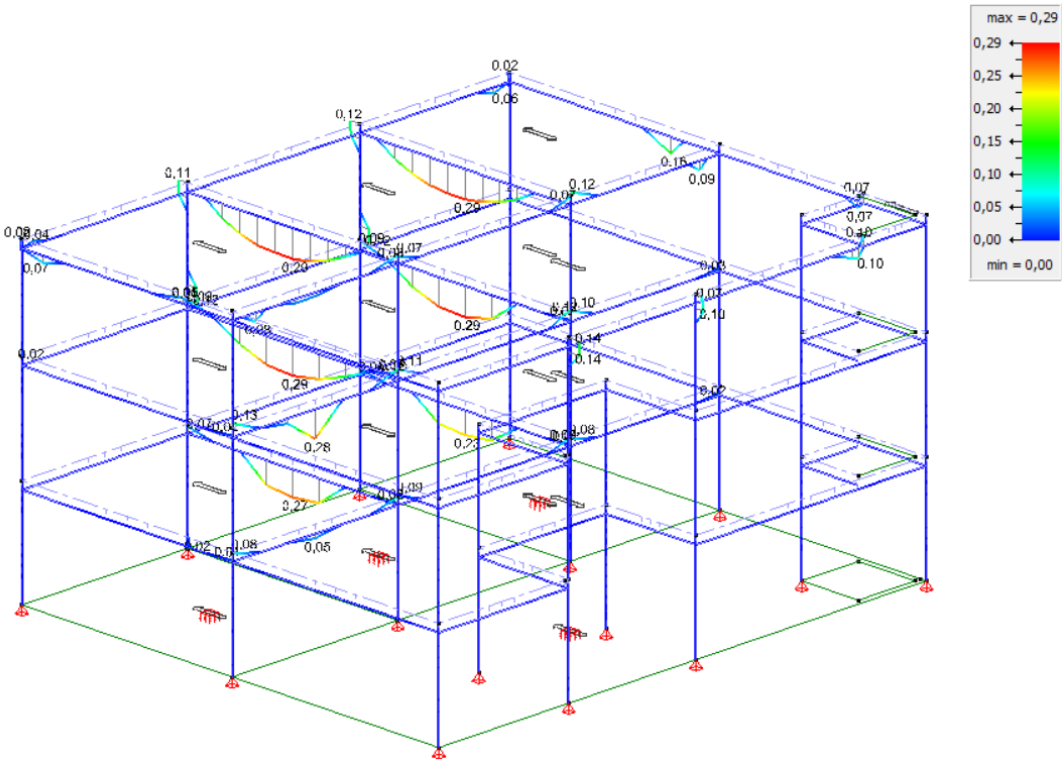

Figura 6.12: Esquerda màxima al eix vertical en barres.

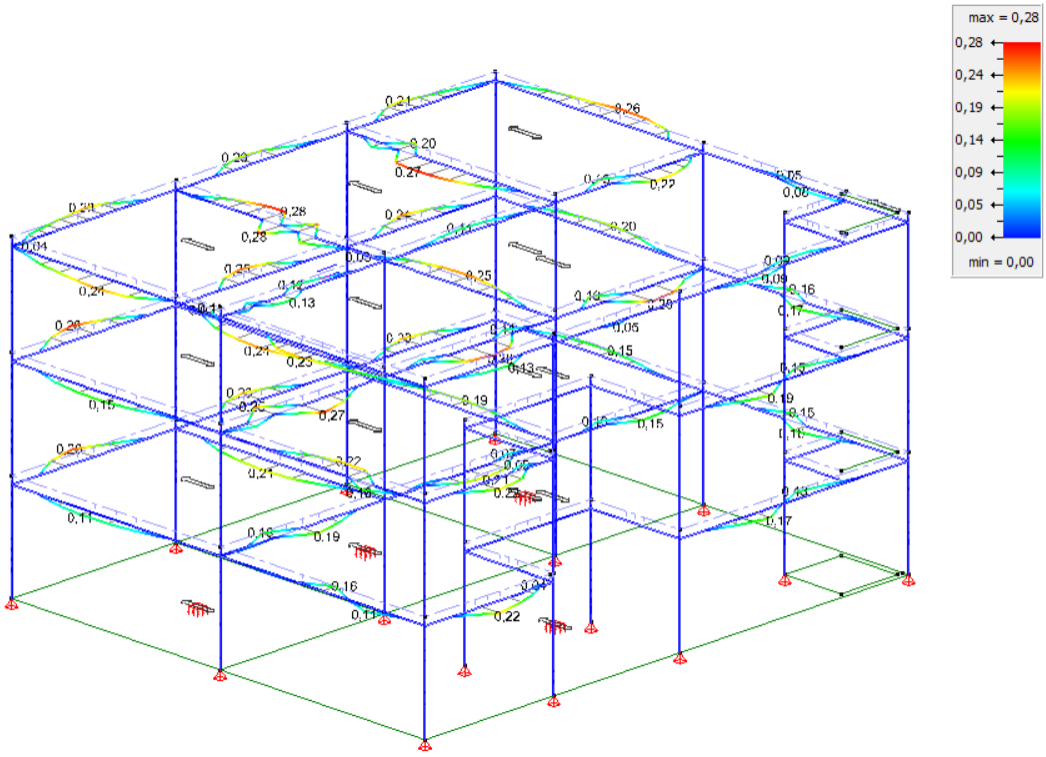

Figura 6.13: Esquerda màxima al eix horitzontal en barres.

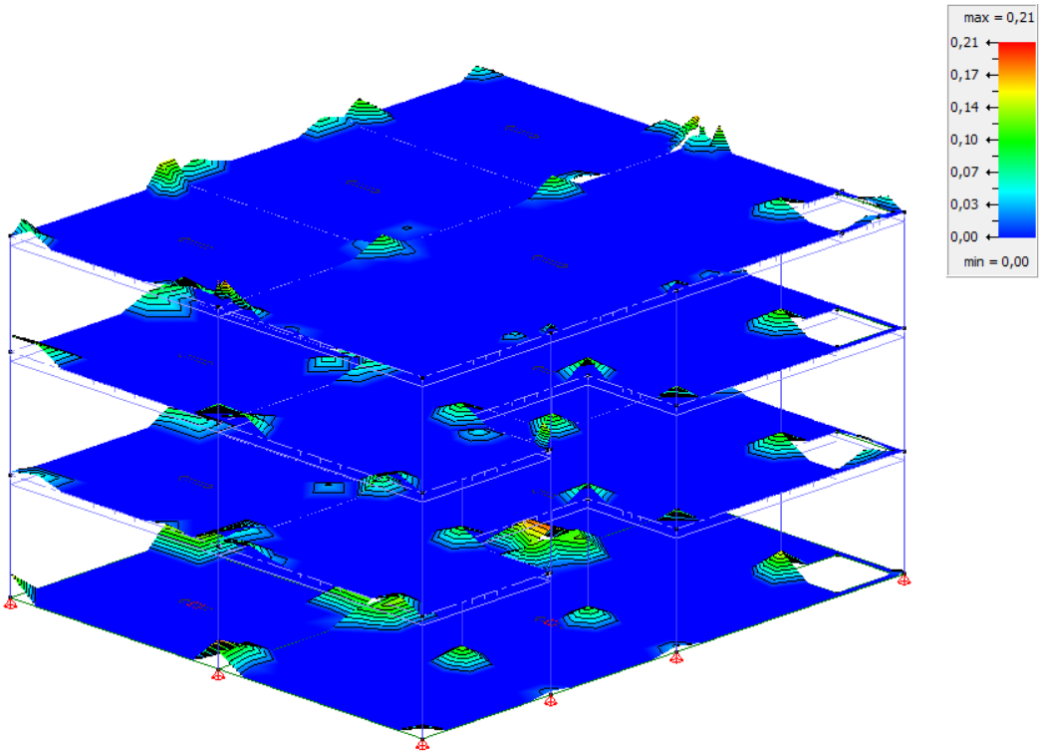

Figura 6.14: Esquerda màxima a la part superior de superfícies.

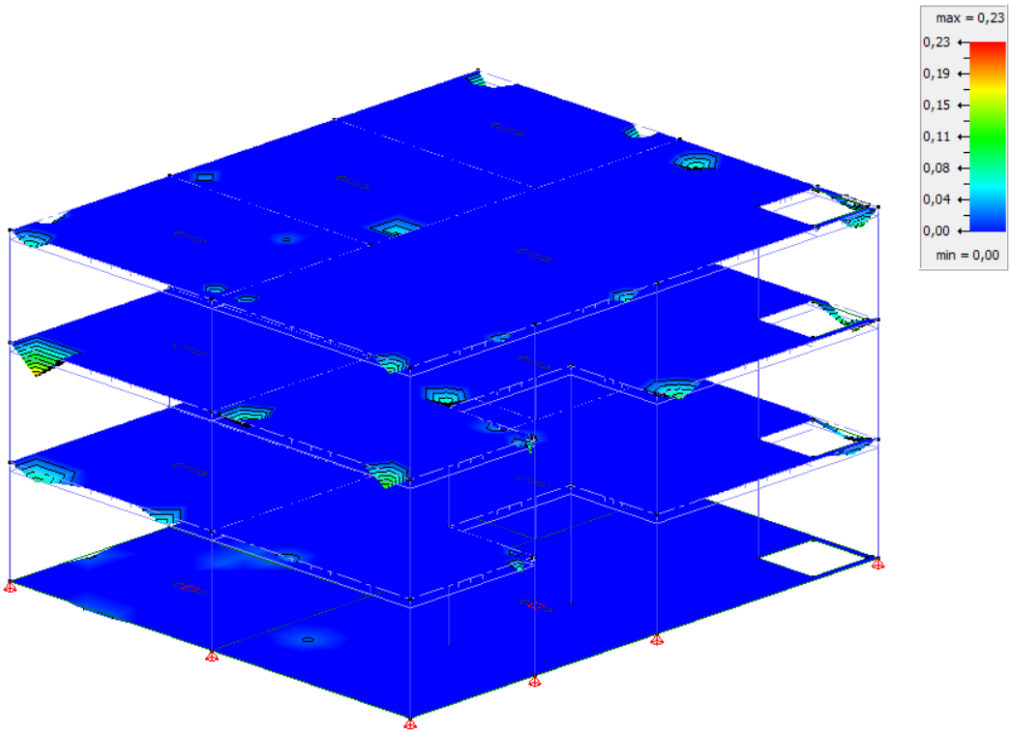

Figura 6.15: Esquerda màxima a la part inferior de superfícies.

No es supera en cap moment el màxim d'esquerda fixat, per tant, es considera el procés d'armat de la estructura acabat.

7. Plànols d'estructura finals

7.1. Edifici d'oficines

7.1.1. Plànols de geometries

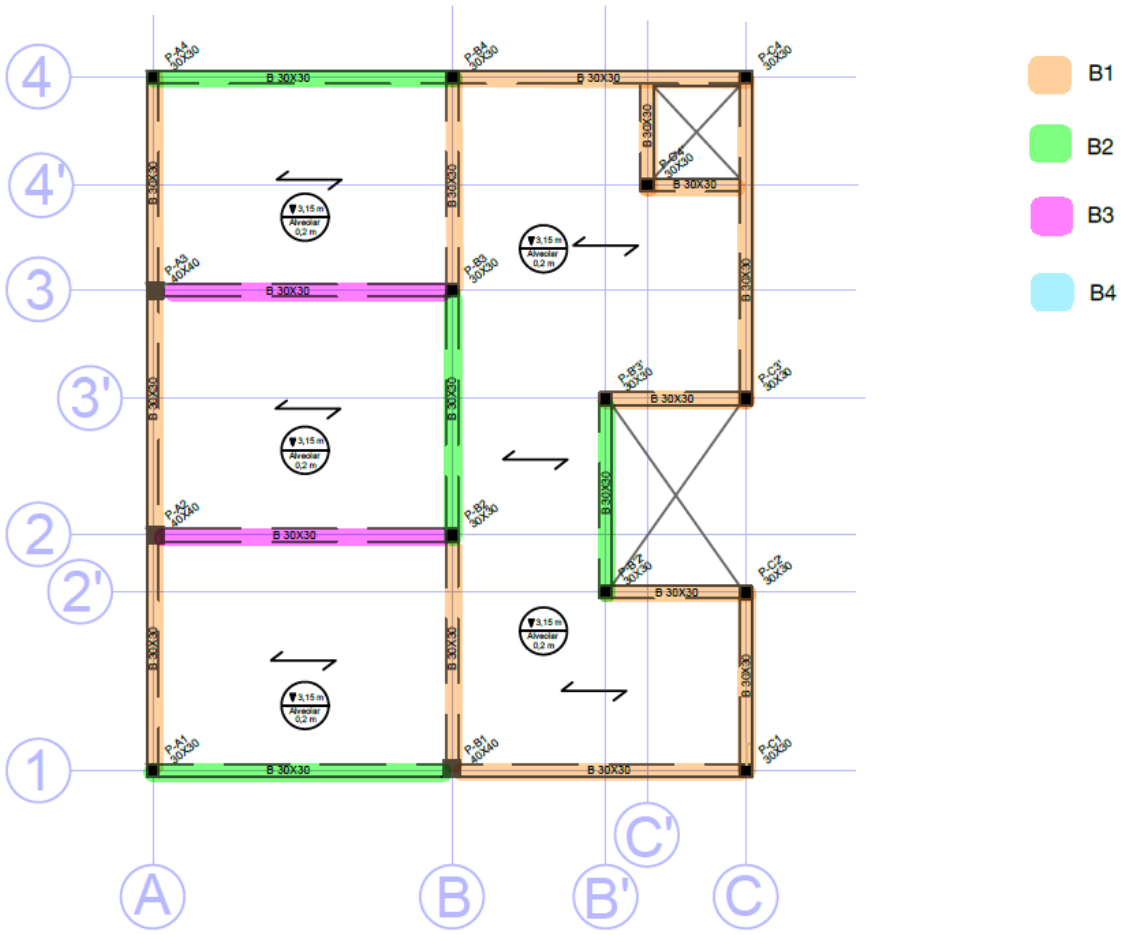

Figura 7.1: Plànol sostre planta baixa.

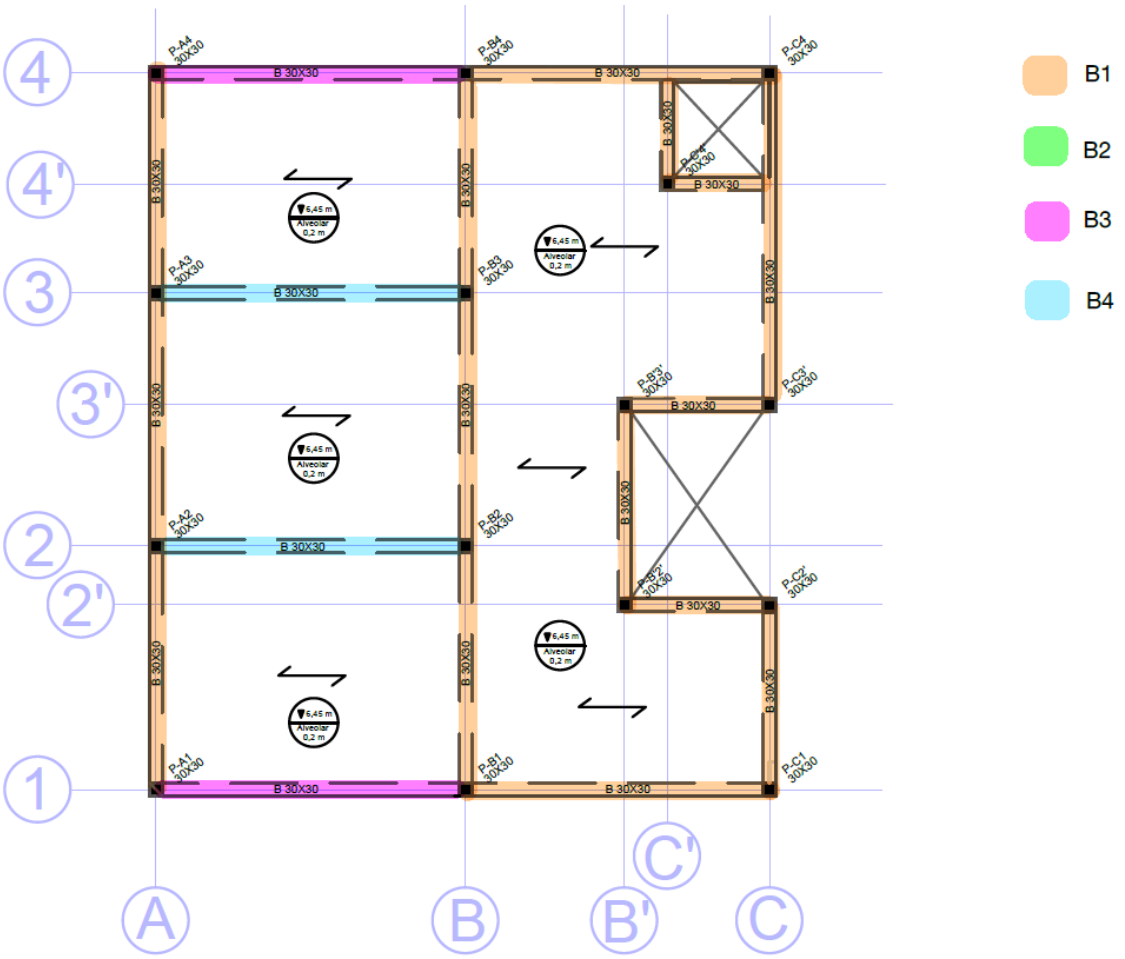

Figura 7.2: Plànol sostre primera planta.

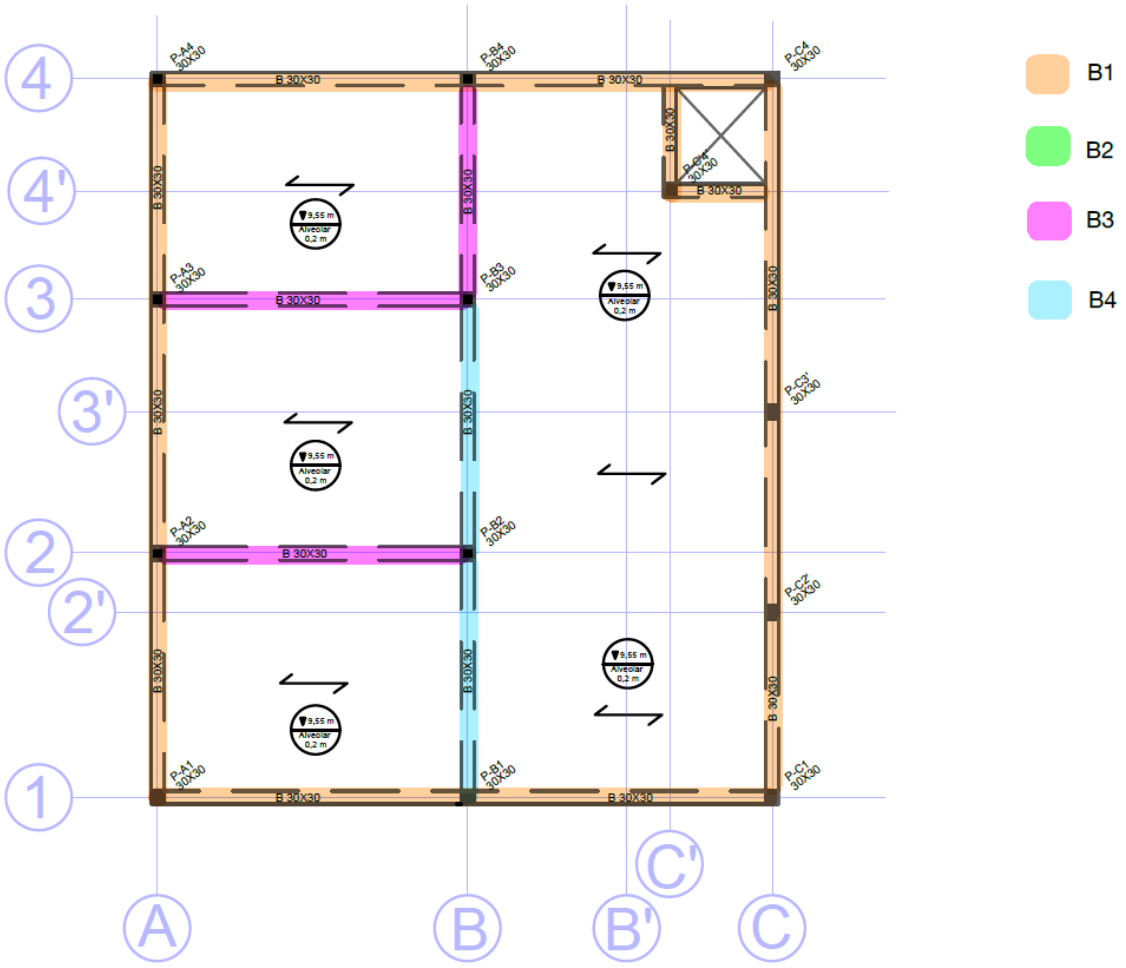

Figura 7.3: Plànol sostre segona planta.

Les dimensions dels pilars i de les plaques alveolars estan indicades als plànols. També està amb llegenda de colors els diferents tipus d'armats que tenen les bigues, es divideixen en 4 tipus, B1, B2, B3, B4. El nombre de barres s'ha fet a partir de l'àrea d'armat necessària calculada pel *Diamonds*. Les seccions de les quals són les següents.

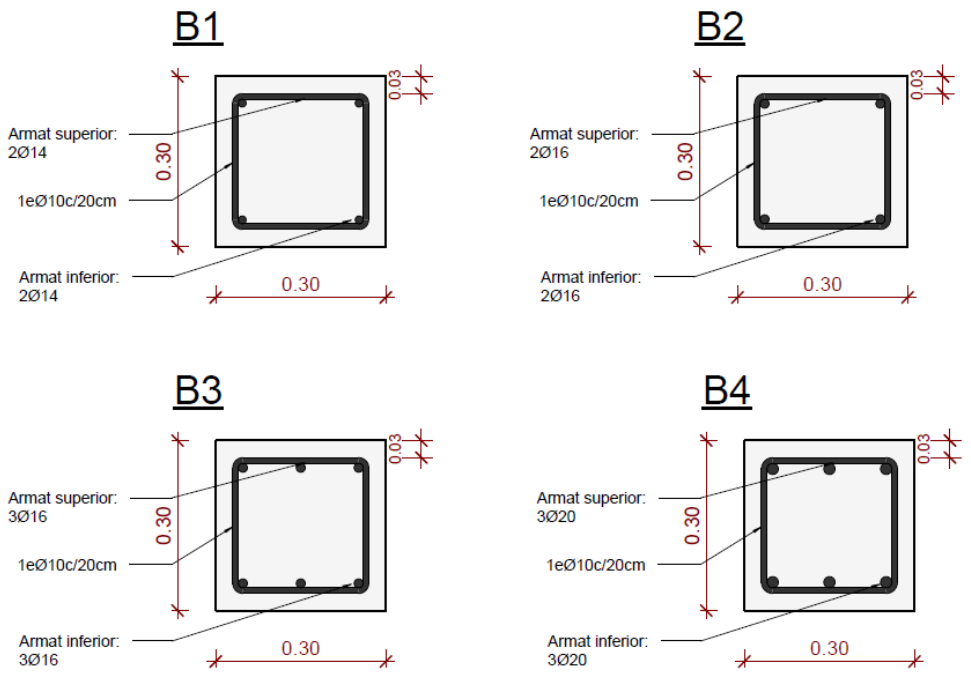

Figura 7.4: Seccions de les diferents bigues.

Les seccions dels diferents pilars les del següent quadre de pilars.

PILARS / PLANTA	A2, A4, B1	A1, A4, B'2', B'2', C1, C2', C3', C'4' C4	B2, B3, B4
P2 (Coberta)	300 x 300 4Ø14 1e(2R) Ø8 c/20cm	300 x 300 4Ø12 1e(2R) Ø8 c/20cm	300 x 300 4Ø20 1e(2R) Ø8 c/20cm
P1	300 x 300 4Ø16 1e(2R) Ø8 c/20cm	300 x 300 4Ø14 1e(2R) Ø8 c/20cm	300 x 300 4Ø20 1e(2R) Ø8 c/20cm
PB	400 x 400 4Ø20 1e(2R) Ø8 c/20cm	300 x 300 4Ø14 1e(2R) Ø8 c/20cm	300 x 300 8Ø20 1e(2R) Ø8 c/20cm

Figura 7.5: Quadre de pilars.

7.1.2. Armats

En aquest apartat del projecte s'ha decidit afegir els plànols d'armat que el *Diamonds* permet treure, on, afegint una graella d'armat i reforços on el programari indica que cal afegir-ne s'aconsegueix reforçar els forjats de cada planta. Però, com els forjats de cada planta són plaques alveolars això no s'utilitzarà per a la construcció real, al venir prefabricades el que es fa és afegir els valors de moments màxims a cada zona perquè l'empresa responsable construeixi les plaques amb l'armat actiu corresponent.

En els següents plànols, en verd està l'armat superior, i en vermell l'inferior.

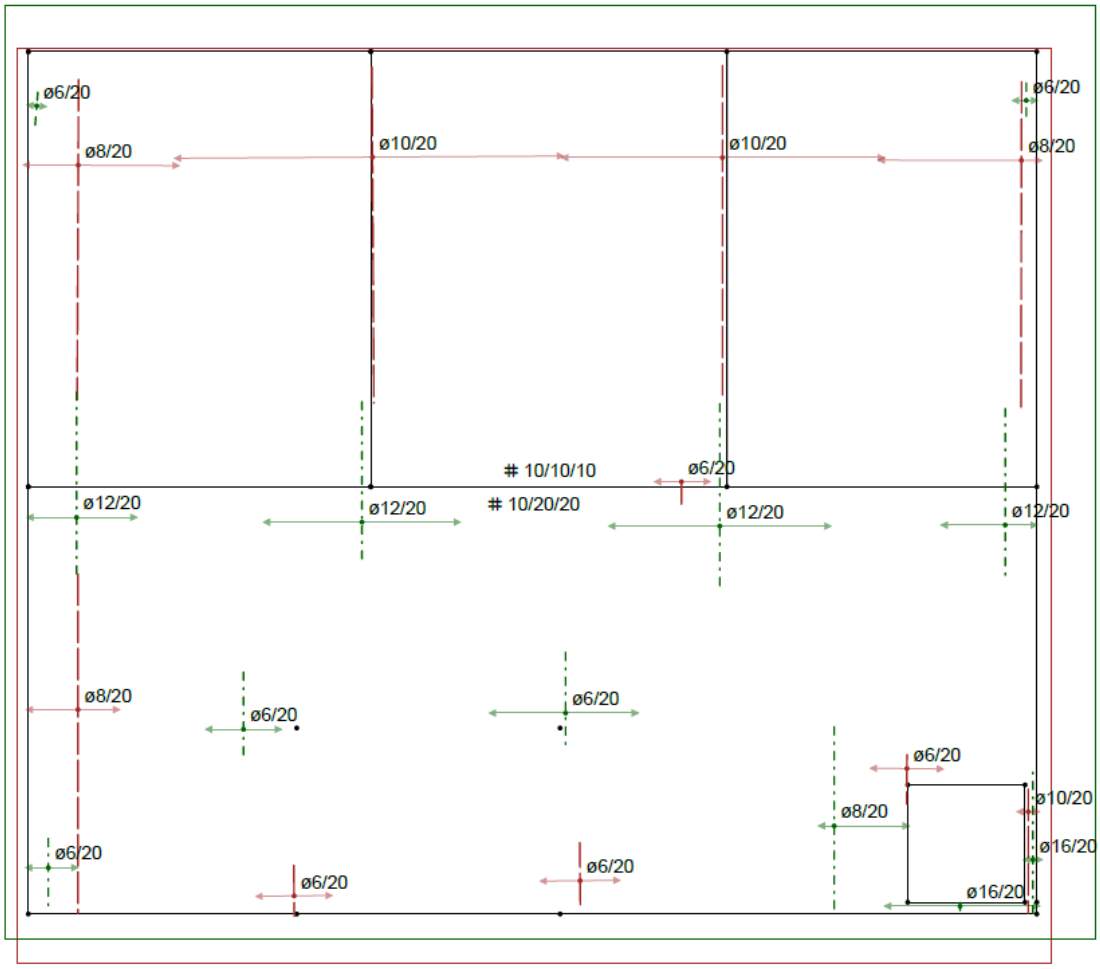

Figura 7.6: Armadura planta baixa.

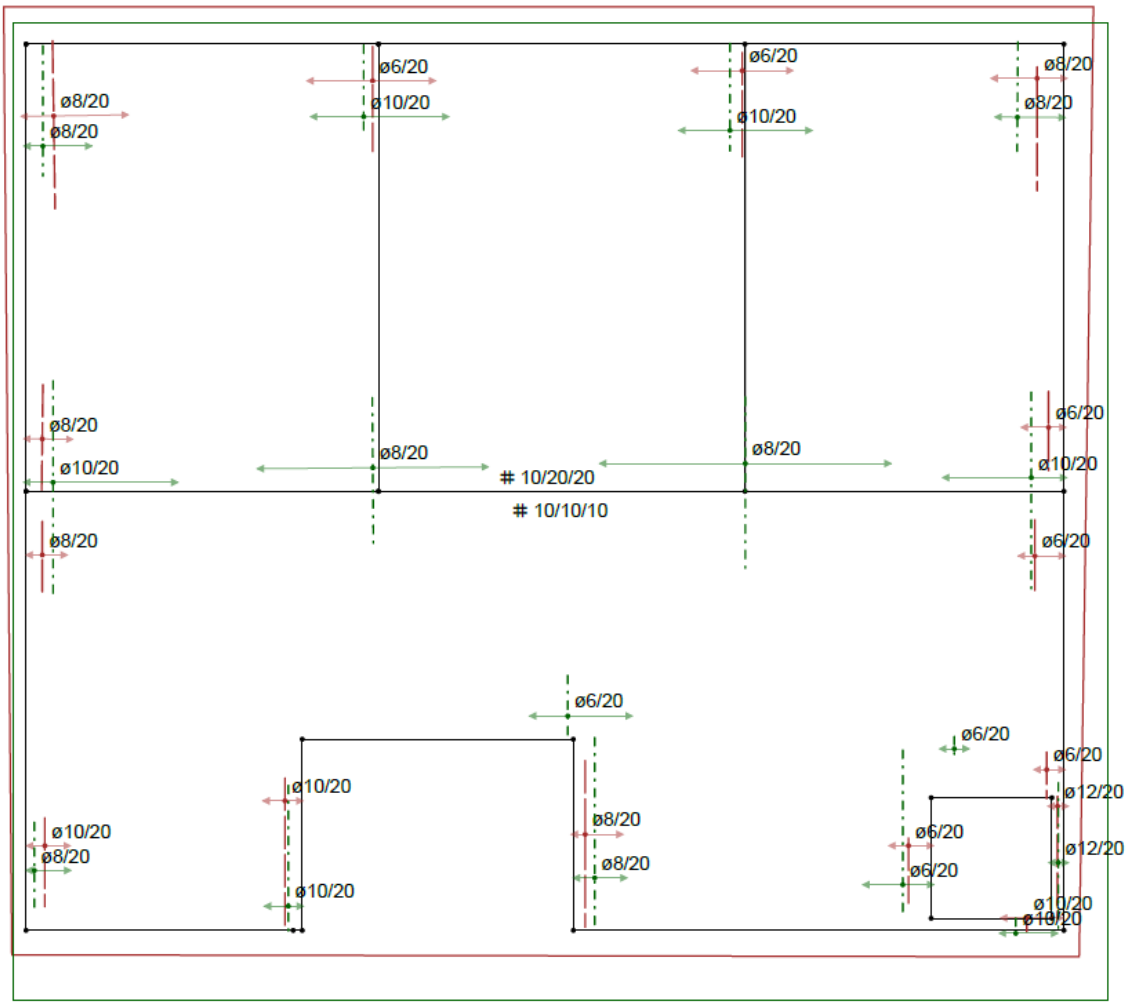

Figura 7.7: Armadura primera planta.

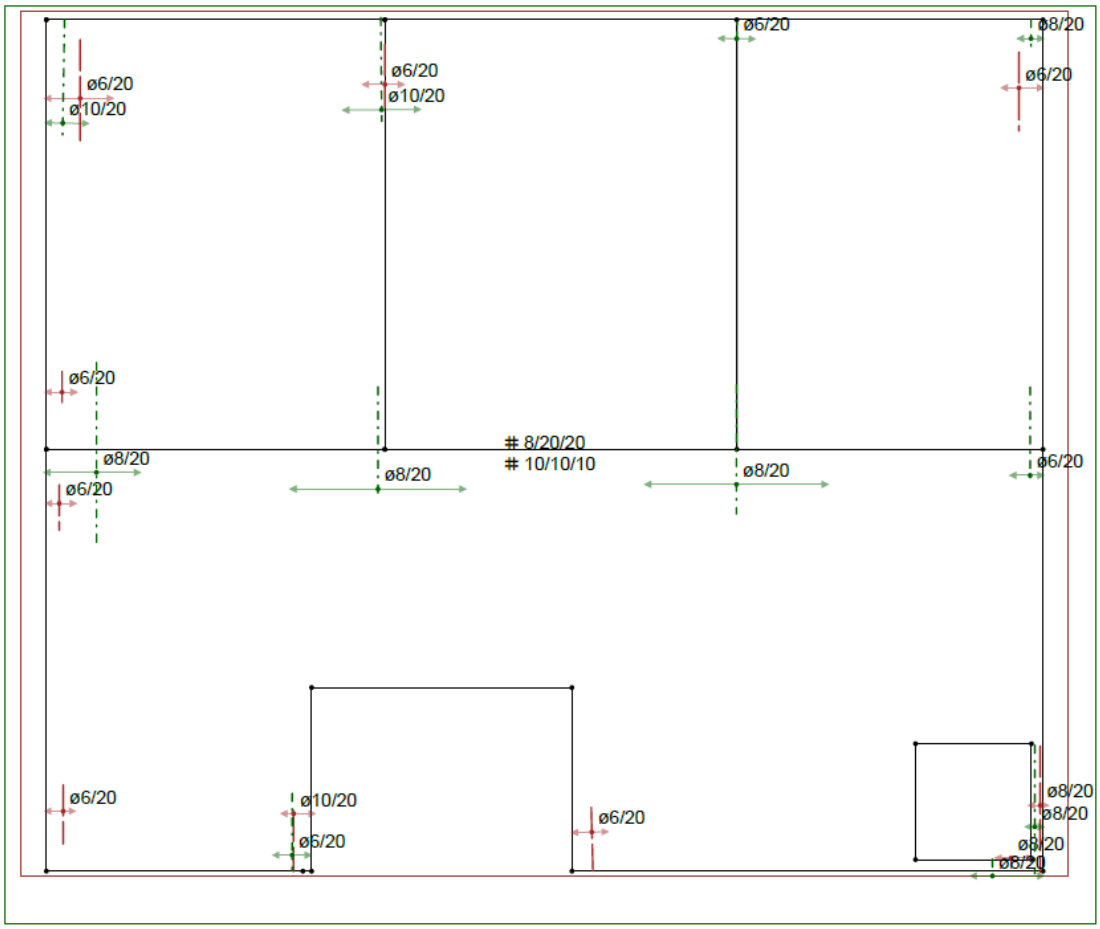

Figura 7.8: Armadura segona planta.

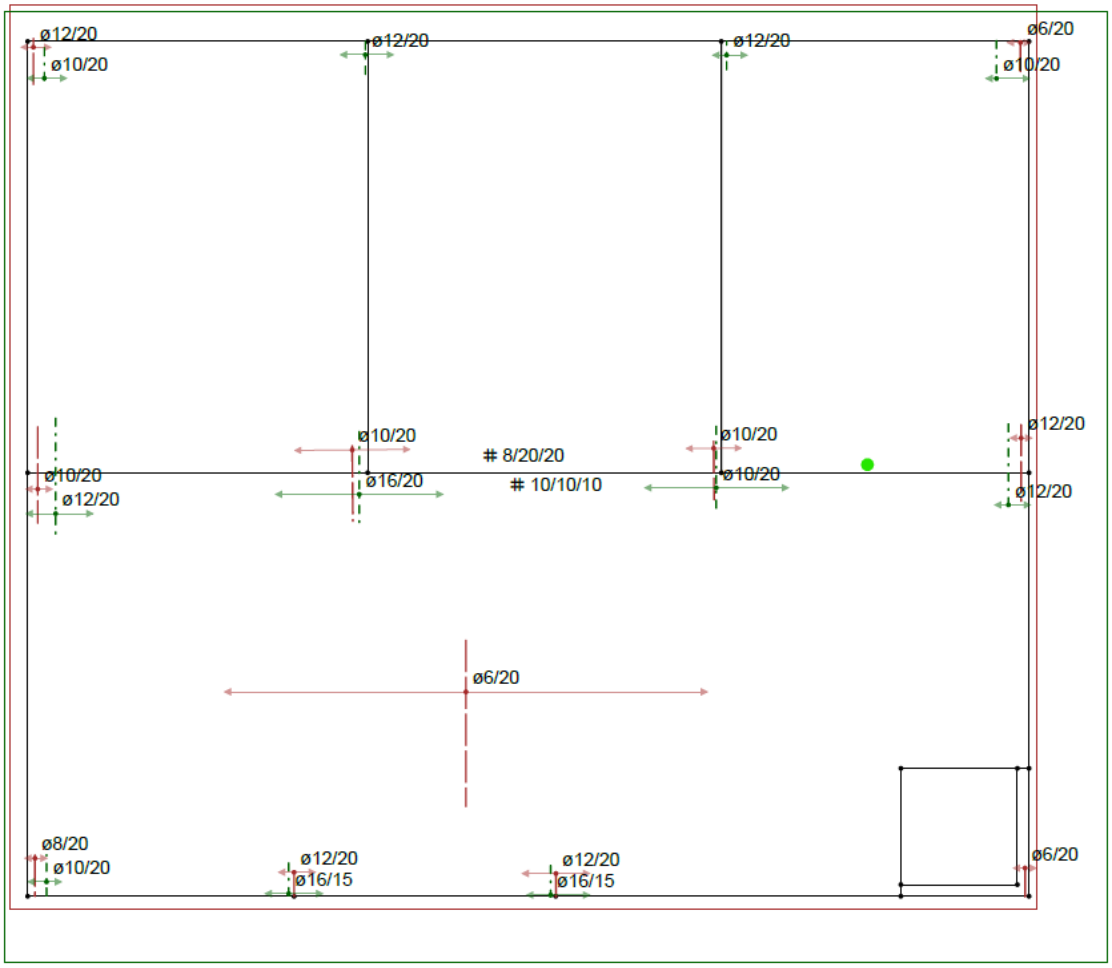

Figura 7.9: Armadura coberta.

7.1.3. Moments màxims

El que s'entrega a l'empresa responsable dels prefabricats és el següent. Els valors de les tensions estan en kNm/m.

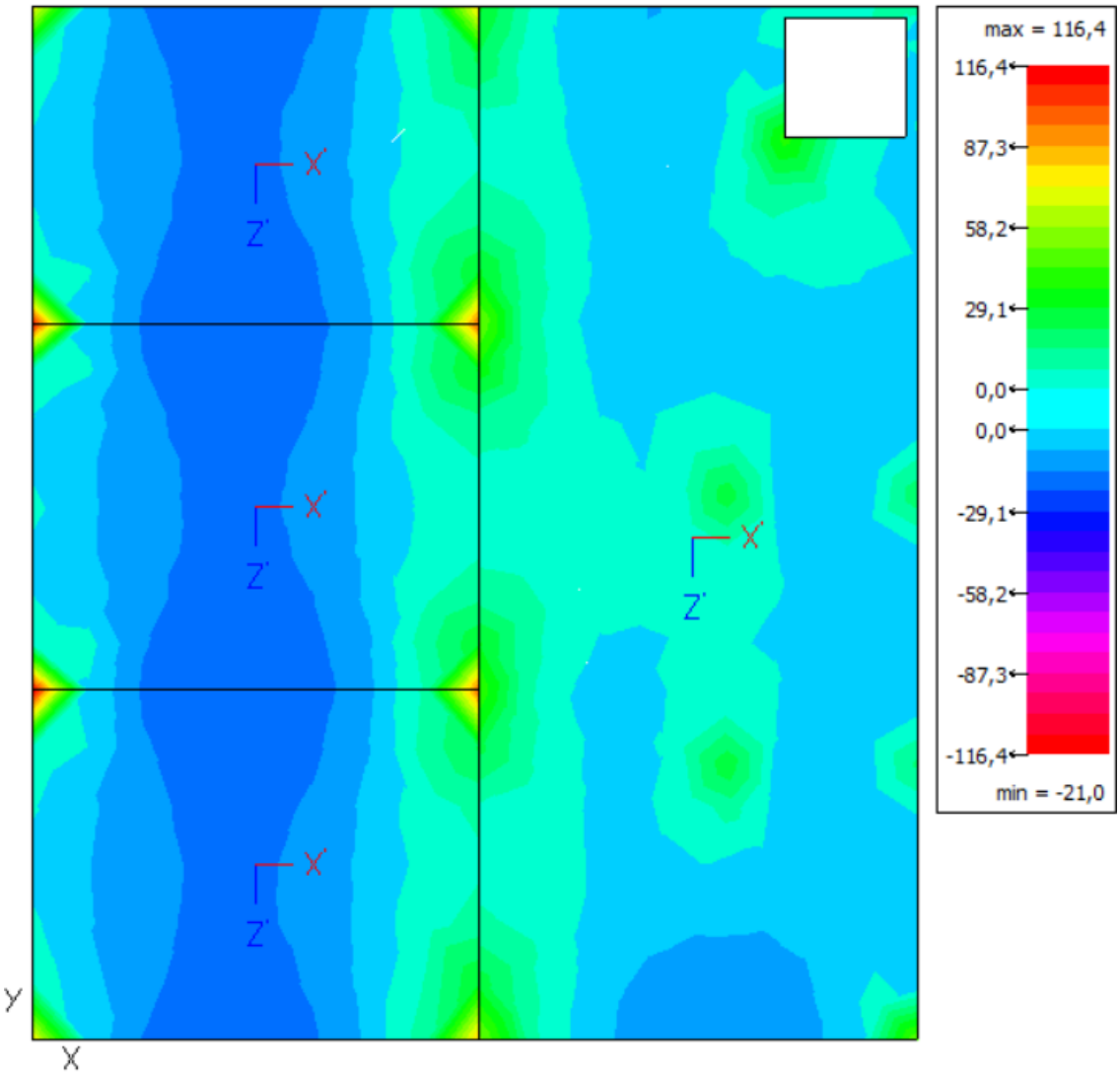

Figura 7.10: Mapa de moments a planta baixa.

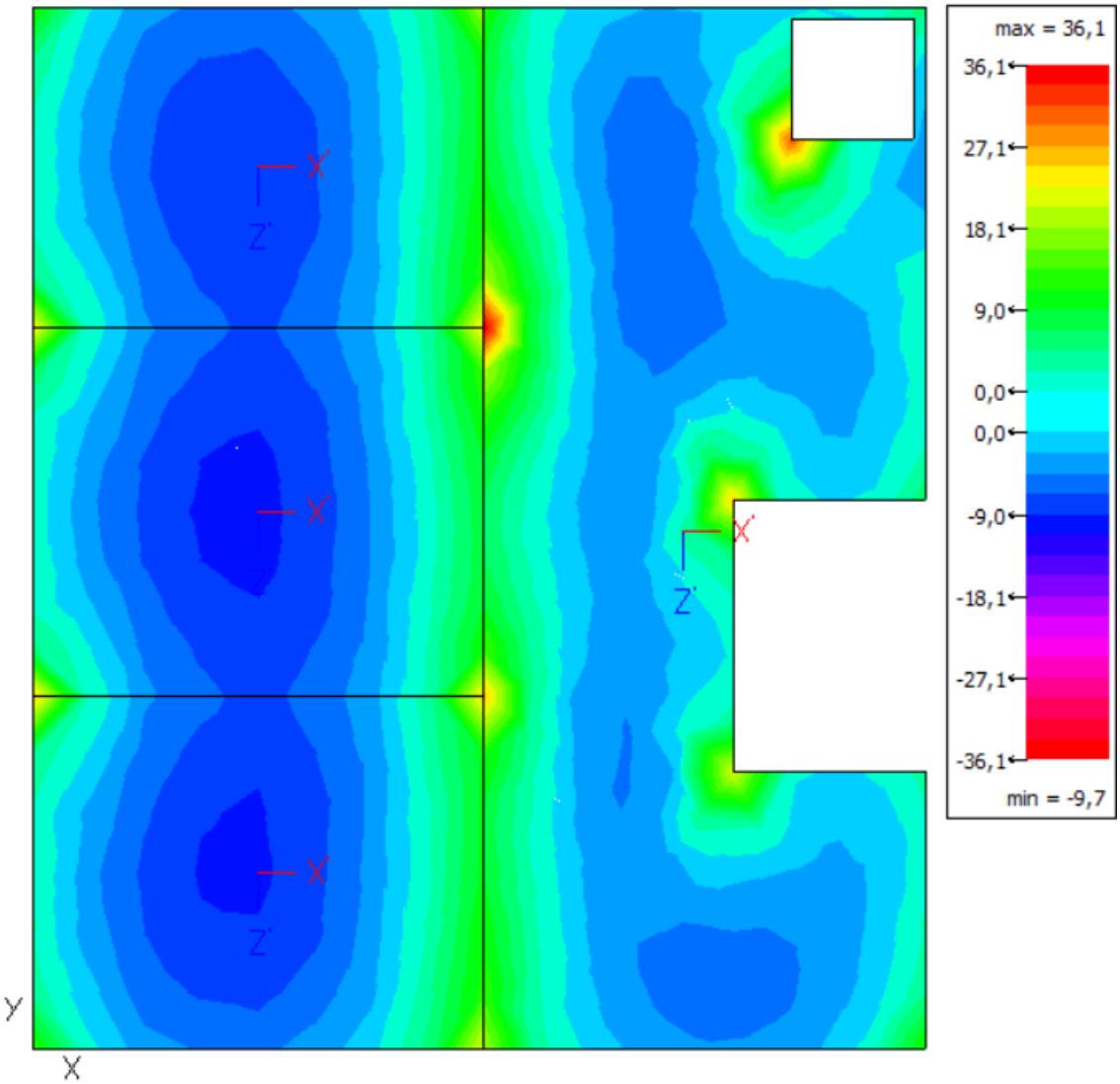

Figura 7.11: Mapa de moments a planta primera.

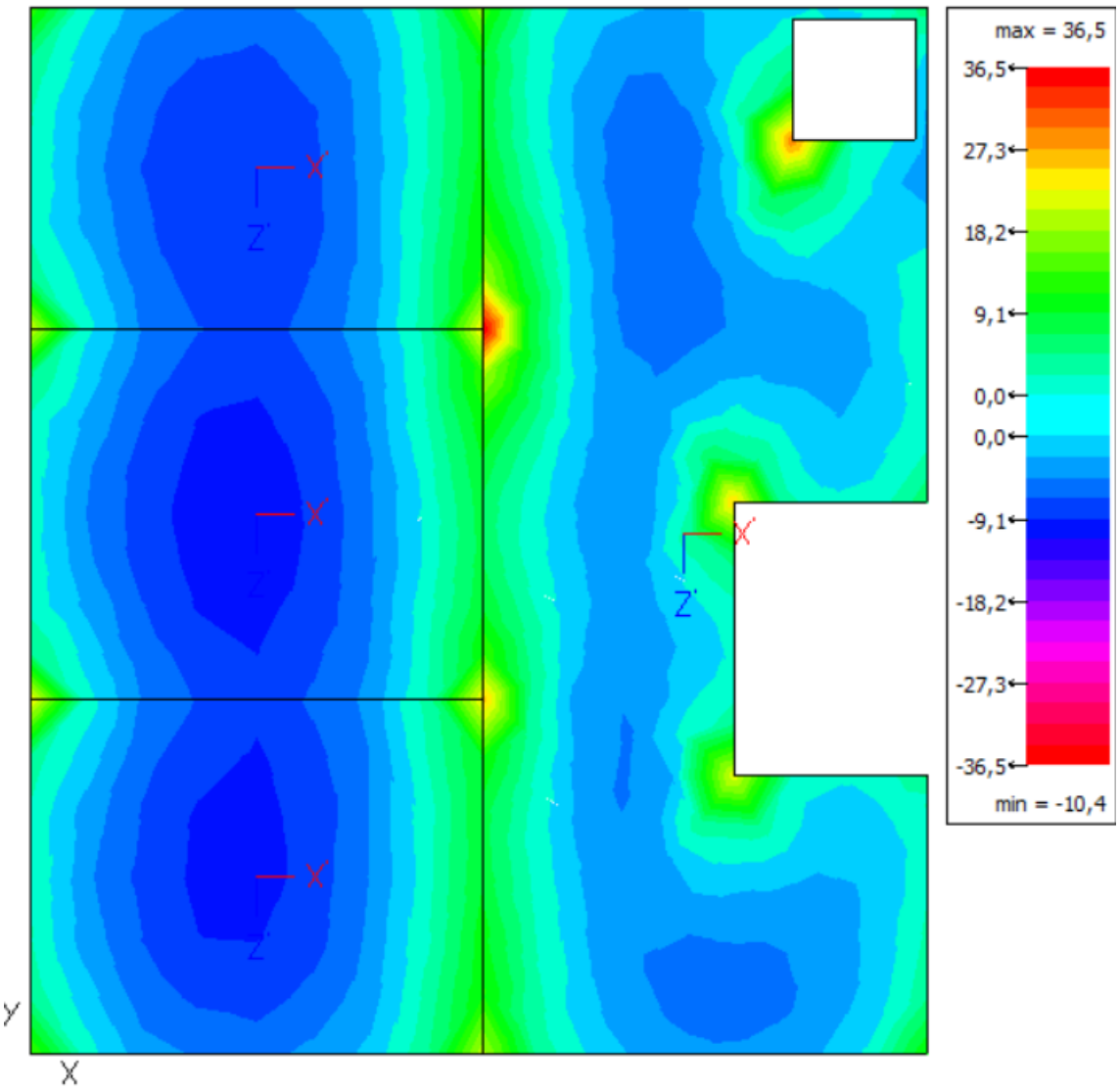

Figura 7.12: Mapa de moments a planta segona.

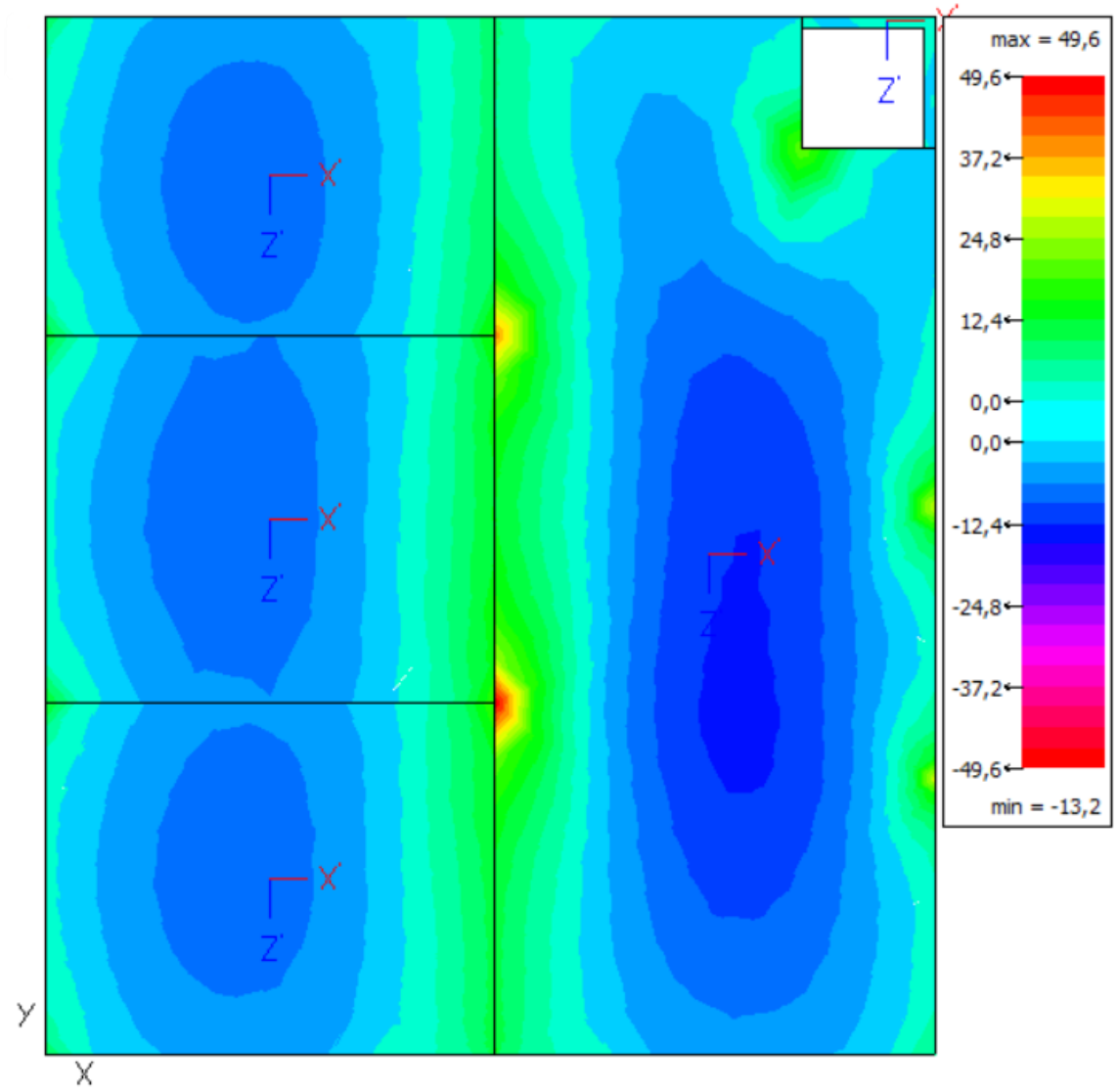

Figura 7.13: Mapa de moments a coberta.

7.2. Nau d'emmagatzematge

Com s'ha comentat anteriorment, per la nau d'emmagatzematge no es farà el càlcul estructural, es farà servir el catàleg de Prefabricats Pujol i els resultats ja obtinguts a l'estudi fet al projecte original del despatx *Other Structures SLP,* del que s'inspira aquest.

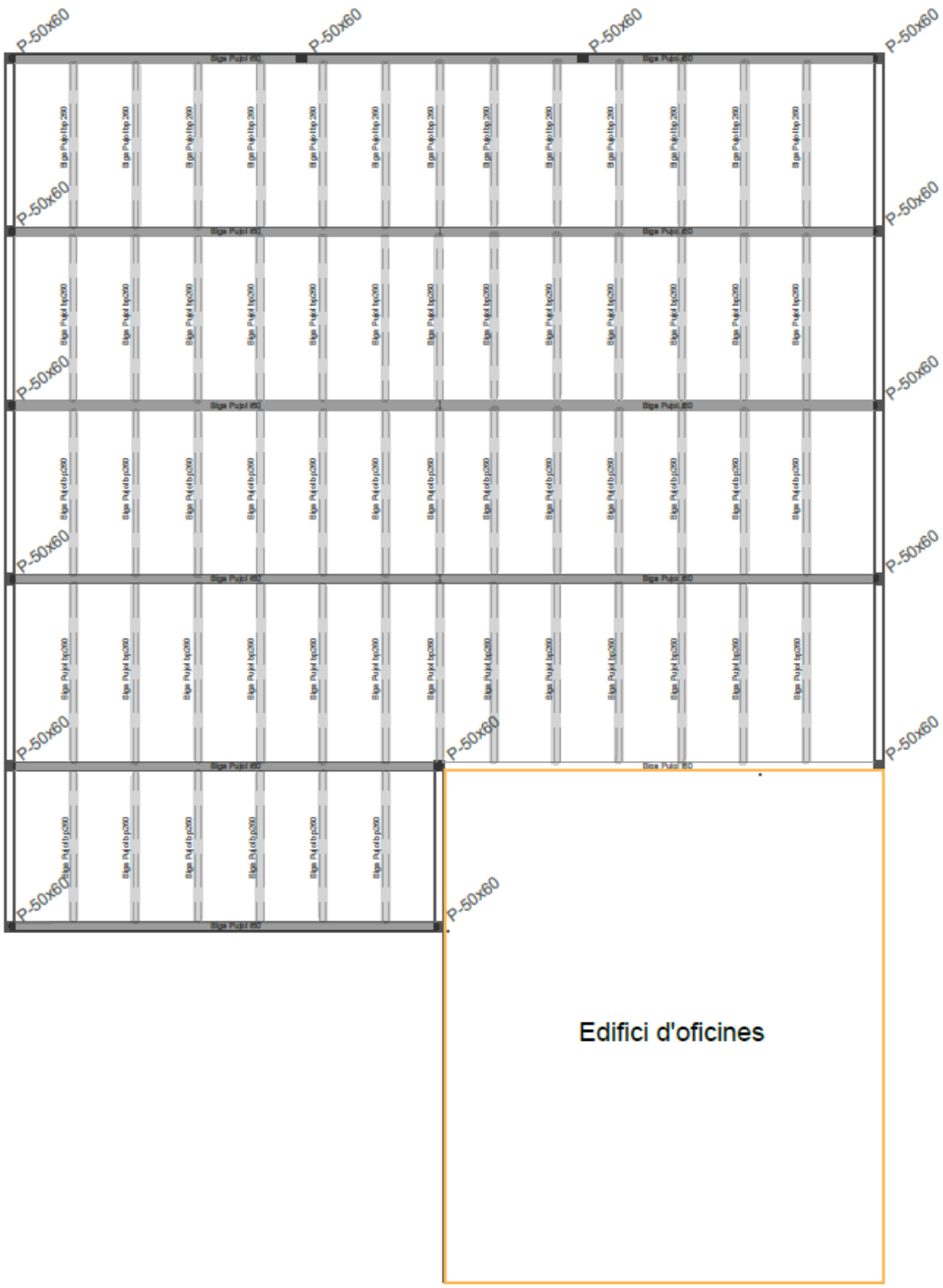

Figura 7.14: Plànol de sostre de la nau industrial.

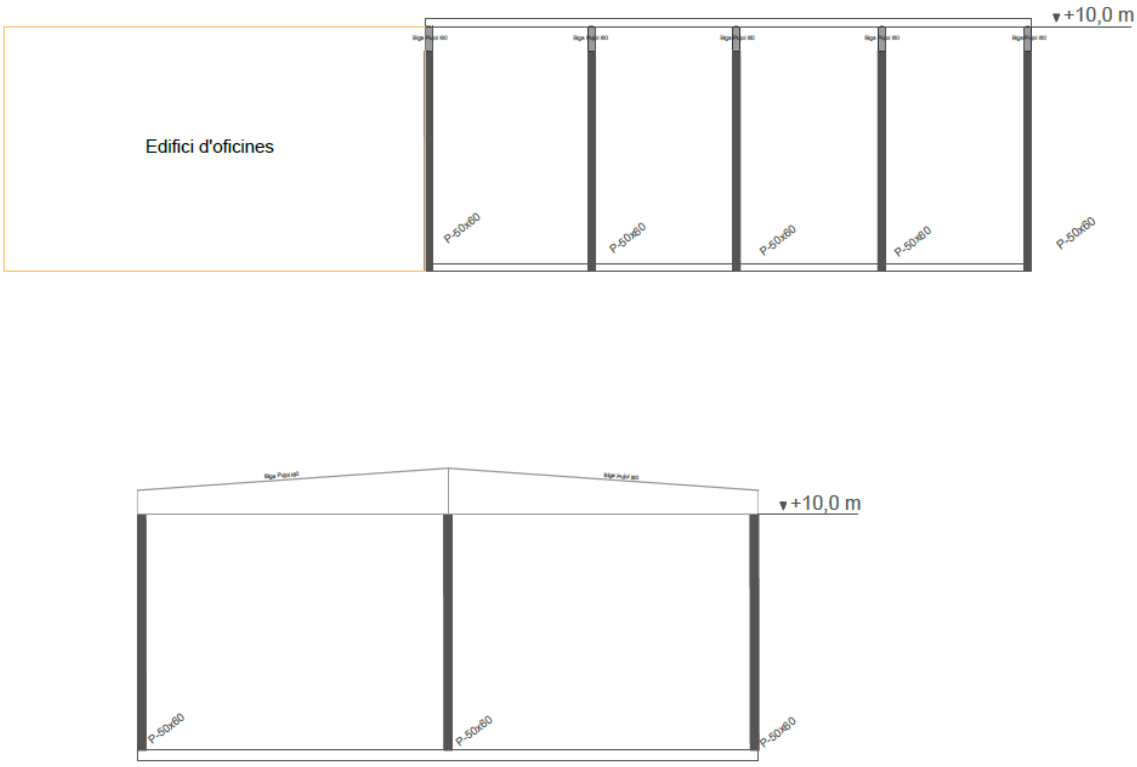

Figura 7.15: Plànol d'alçats de la nau industrial.

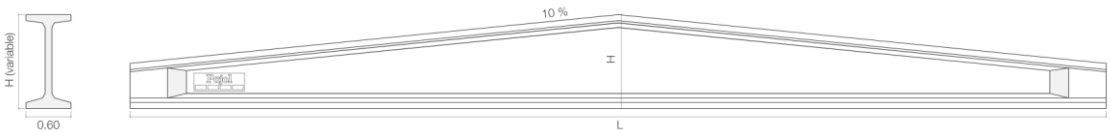

Figura 7.16: Secció i alçat de la biga peraltada i60. Font: [7]

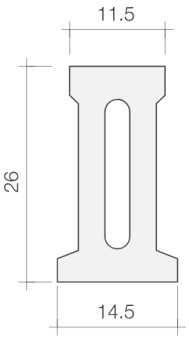

Figura 7.17: Secció de la bigueta bp260. Font: [7]

8. Càlcul de la fonamentació

8.1. Edifici d'Oficines

Per aquest apartat farem servir les reaccions a fonamentació calculades amb el *Diamonds*.

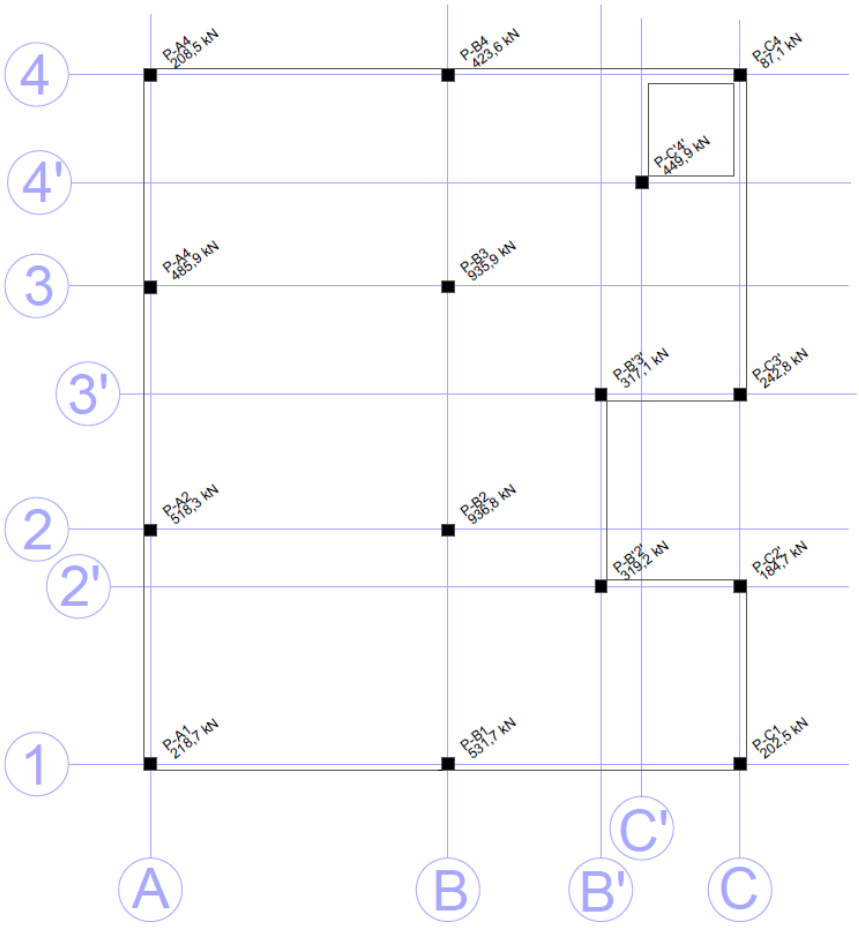

Figura 8.1: Reaccions de cada pilar.

Amb l'estudi geotècnic del terreny de l'Annex II podem calcular la pressió màxima admesa pel terreny i, per tant, poder saber la superfície de cada sabata de fonamentació. La càrrega vertical admissible màxima ve donada per la següent formula:

$$q_{adm} = 12 \cdot N_{SPT} \left(1 + \frac{D}{3 \cdot B}\right) \cdot \left(\frac{S_t}{25}\right) \qquad \text{(Eq. 3)}$$

On:

q_{adm}: Pressió màxima admesa al terreny

N_{SPT}: Resultat del assaig SPT

D: Profunditat de la fonamentació.

B: Gruix de la fonamentació

S_t: Assentament màxim admès.

Al estudi geotècnic es tindrà en compte el sondeig S-2R ja que és on es troba la zona de l'edifici d'oficines. Traiem els següents valors:

-L'assaig SPT es dona amb un rang de 18-35, s'agafa el valor més baix per assegurar que es compleix en tots els casos la càrrega màxima admesa.

-La profunditat de la fonamentació es trobarà aproximadament a 1 metre sota rasant, una vegada passades les terres menys fermes.

-El gruix de la fonamentació es fixarà a 0.6 metres

-L'assentament màxim admès, com es comenta a l'estudi, es fixa a 25 mm.

Queda un valor de q_{adm}= 336 kN/m^2. Amb aquest valor ja es pot calcular la superfície necessària de les sabates sota cada pilar. Es tindrà en compte un coeficient de seguretat de 1,6 a la càrrega admesa. [16]

Pilar	Superfície sabata [m^2]
A1	1.05
A2	2.5
A3	2.3
A4	1
B1	2.55
B2	4.5
B3	4.5

B4	2.1
B'2'	1.55
B'3'	1.55
C'4'	2.15
C1	1
C2'	0.9
C3'	1.16
C4	0.5

Tabla 8.1 Superfícies de cada sabata.

Fent totes les sabates quadrades, es divideix cadascuna en aquestes dimensions:

Pilar	Dimensions [m x m]
A1, C1, C2', C3'	1.1 x 1.1
B4, B'2', B'3'	1,5 x 1,5
A2, B1, C'4'	1,6 x 1,6
B2, B3	2.15 x 2.15

Tabla 8.2 Dimensions de les sabates.

Els pilars A3, A4 i C4 no s'inclouen en la taula 8.1 ja que al estar en contacte amb pilars de la nau es farà una sabata combinada per als dos pilars sumant els esforços.

8.2. Nau d'emmagatzematge

Com s'ha comentat anteriorment pel càlcul de la nau s'utilitza els resultats obtinguts al despatx de càlcul d'estructures. Les reaccions es mostren al plànol següent.

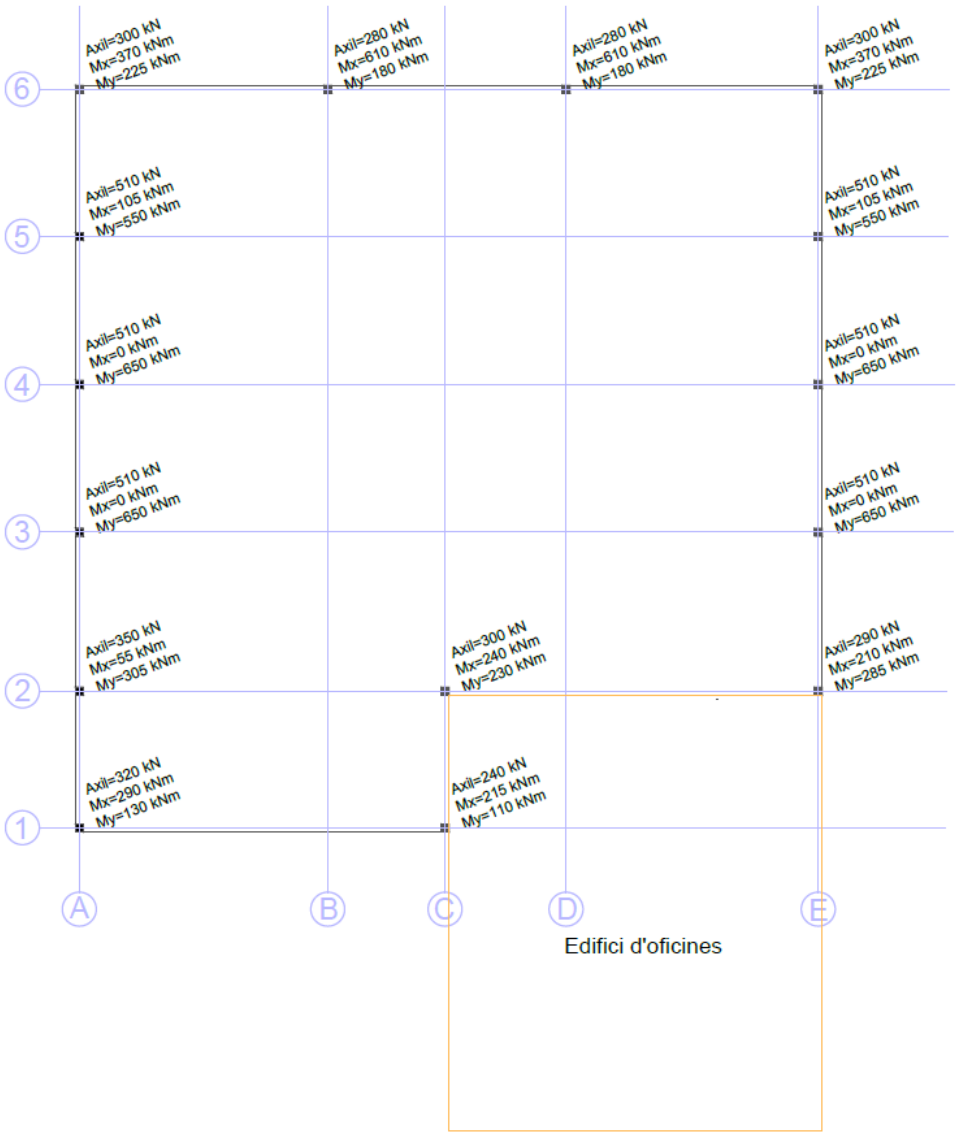

Figura 8.2 Reaccions a la nau.

Com es veu a la figura 8.2.1 en aquest cas sí que hi ha moment de reacció a la sabata, els pilars de prefabricat venen encastats i, per tant no podem evitar aquest esforç com s'ha fet a l'edifici d'oficines mitjançant un pilar articulat.

Es calcularà les dimensions de la sabata mitjançant la força perpendicular a la sabata.

Pilar	Superfície sabata [m^2]
A1, A2, A6, B6, D6, E6	1.6667
A3, A4, A5, E3, E4, E5	2.43
C1, C2, E2	1.381

Tabla 8.3 Superfícies de cada sabata.

Com abans, es fan totes les sabates quadrades. I s'afegeixen, als pilars C1, C2 i E2, les superfícies calculades als tres pilars que no s'han comptat a l'edifici d'oficines.

Pilar	Dimensions [m x m]
A1, A2, A6, B6, D6, E6	1.3x1.3
A3, A4, A5, C2, E2, E3, E4, E5	1.6x1.6
C1	2X2

Tabla 8.4 Dimensions de les sabates.

Pel càlcul de l'armat a la sabata es tenen en compte els moments aplicats a aquesta, el càlcul d'aquest armat no es tindrà en compte per aquest projecte, i se suposarà una sabata amb un armat de 30 kg/m^3 per tenir en compte als amidaments finals.

9. Impacte ambiental

L'impacte ambiental d'aquest projecte es pot dividir en dos apartats, l'impacte que ha tingut la redacció i càlcul del projecte i l'impacte de la mateixa construcció dels edificis.

9.1. Serveis d'enginyeria

Per calcular la petjada de carboni corresponent als serveis d'enginyeria del projecte es pot multiplicar la mitjana de consum dels components elèctrics del treball per la quantitat d'hores que s'han usat. En aquest cas es tindrà en compte l'ordinador, amb un consum de 0,1 kW i un ús de 300 hores, queda un total de 30 kWh.

$$CO_2 = 30\ kWh \cdot \frac{0.3\ kg\ CO_2}{kWh} = 9\ kg\ CO_2 \qquad \text{(Eq. 4)}$$

Per tant, s'han emès un total de 9 kg de CO_2 com a petjada de la redacció i càlcul del treball.

9.2. Construcció

La petjada de carboni del procés constructiu del projecte està detallat amb els diferents elements i amidaments de cada part de l'estructura a l'Annex II. Usant el programari TCQ on s'usen les dades actualitzades de les quantitats d'energia usades i la seva corresponent petjada de CO_2 per cada element.

00 - Moviment de terres

- 18 576,93 MJ
- 1 184,59 kg de CO_2

01 – Fonamentació

- 106 884,62 MJ
- 17 303,42 kg de CO_2

02 - Estructura Oficines

- 606 256,64 MJ
- 76 210,93 kg de CO_2

03 - Estructura Nau

- 87 247,.9 MJ
- 12 435,89 kg de CO_2

Petjada total

- 818 926,09 MJ
- 107 134,83 kg de CO_2

Per tant, la construcció dels dos edificis tindrà com a impacte ambiental un total de **107134,83** kg de CO_2.

10. Càlcul del pressupost

10.1. Serveis d'enginyeria

Per al càlcul del pressupost d'aquesta part del treball es tenen en compte les hores que s'ha dedicat durant el temps del treball, els preus de les diferents llicències, entre d'altres.

Es detallen a la taula següent.

	Cost	Temps	Cost total
Enginyer tècnic junior	15 €/hora	300	4500 €
Llicència Microsoft	10 €/mes	4 mesos	40 €
Llicència TCQ	60 €/mes	4 mesos	240 €
Llicència AutoCad	291 €/mes	4 mesos	1164 €
Llicència Diamonds	645 €/mes	4 mesos	2580 €
Ordinador Portàtil HP	900 €	-	900 €
Llum	0,2436 €/kWh	20 kWh	4,872 €

Taula 10.1: Taula de despeses de serveis d'enginyeria.

Donant un total de **9428,872 €** per a la part del pressupost de serveis d'enginyer.

10.2. Pressupost constructiu

El pressupost constructiu del projecte està detallat amb els diferents elements i amidaments de cada part de la estructura a l'Annex III.

00 - Moviment de terres

1 774,89 €

01 – Fonamentació

11 203,65 €

02 - Estructura Oficines

84 302,78 €

03 - Estructura Nau

95 061,80 €

Pressupost total

192 343,12 €

Sobre aquest total s'ha d'afegir 6% de despeses generals (seguint amb l'estàndard del despatx d'estructures, un 13% de benefici industrial i sobre aquest valor fina, el 21% d'IVA portant el total a **276 954,87** €.

11. Planificació

Les diferents parts del projecte es veuen representades en el següent diagrama de Gantt, amb la duració de cadascuna de les diferents fases.

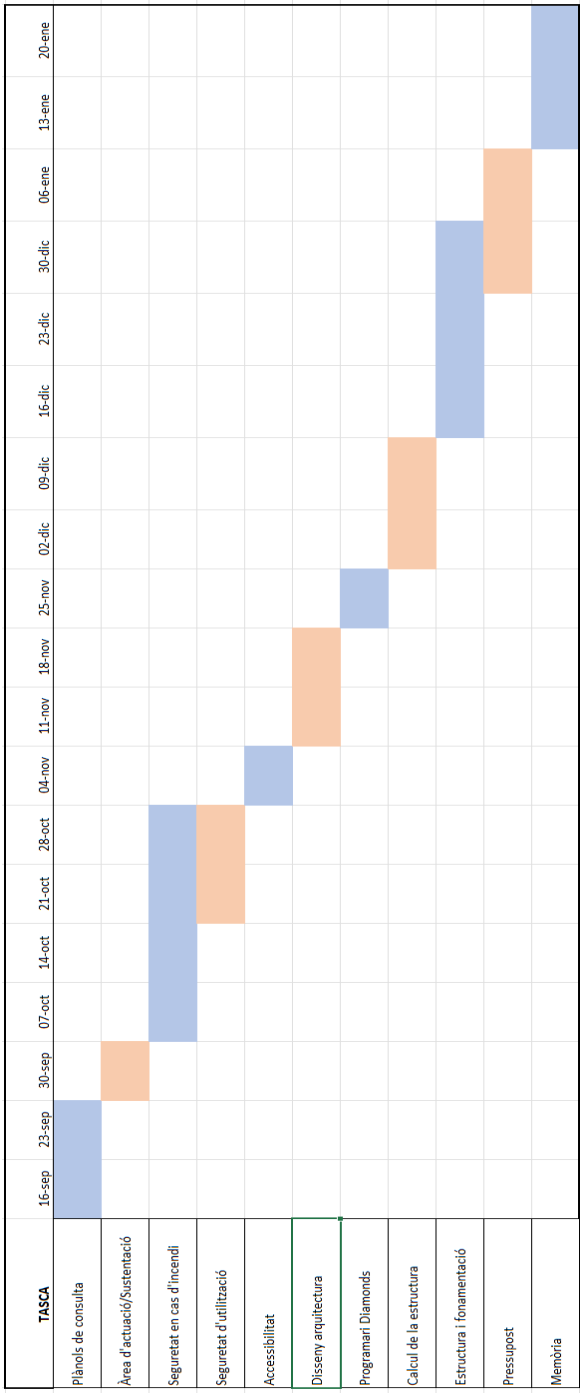

Figura 11.1: Diagrama de Gantt del projecte.

12. Estudi social i d'igualtat de gènere

Si bé és una empresa petita de no més de 25 treballadors i parlar de percentatges pot no ser el més il·lustratiu, al despatx d'estructures Other Structures, el percentatge d'homes i dones és equitatiu. No obstant això, actualment els dos càrrecs de directiu de l'empresa estan ocupats per homes, aquesta situació demostra que els professionals amb més experiència actualment són homes, ja que fa anys les carreres tècniques no tenien gaire presència de dones.

Si més no, aquesta tendència està canviant, amb un augment de quasi el 4% respecte fa deu anys de la presència de dones. Actualment, un 47,7% dels nous professionals que s'inscriuen al Col·legi Oficial d'Arquitectes de Catalunya són dones [17], per tant, s'espera que en els anys vinents s'equilibri també la representació en càrrecs de lideratge en el sector.

13. CONCLUSIONS

El desenvolupament del projecte ha estat satisfactori i es consideren assolits els objectius establerts al principi d'aquest. Les solucions estructurals són senzilles sense entrar en geometries complexes i es compleix tota la normativa establerta als primers apartats del projecte. Juntament amb el compliment de la normativa, les solucions obtingudes permeten que els dos edificis puguin tenir cabuda en una societat accessible.

Per a l'edifici d'oficines la solució de pilars articulats per no haver de tenir en compte els moments transmesos per part de l'estructura ha permès tenir un càlcul de sabata més senzill i una solució estructural de menor dimensió que com hagués sigut en cas de pilar encastat.

Respecte a la nau, si bé és veritat que la part de l'estudi de l'estructura no ha estat tan present al projecte, ha permès entendre el funcionament dels materials prefabricats, l'alta fiabilitat dels elements constructius i el disseny modular que permeten.

En general, els coneixements obtinguts durant el període de pràctiques a Other Structures han sigut de molta utilitat en aquest treball, la presentació dels plànols, dels pressupostos i la manera de resoldre els problemes estructurals presentats han estat fortament inspirats en la forma de treballar del despatx.

En conjunt, el projecte ha demostrat la dificultat d'un càlcul estructural, de totes les parts a tenir en compte i les que s'han obviat per tenir una aproximació més simplificada del que seria a la realitat.

14. Agraïments

En primer lloc, m'agradaria agrair enormement la implicació en el treball des del primer moment al director del projecte, en Xavier Figuerola. No només preocupant-se de guiar-me durant treball sinó en què els coneixements aplicats durant el projecte estiguin entesos. Sempre ha estat disposat a fer reunions en hores no convencionals i agraeixo molt la seva motivació pel tema escollit.

Als meus companys a Other Structures, gràcies per tota la informació i experiència que m'han aportat.

Els meus companys i amics de la universitat, que estant en situacions similars m'han ajudat en tot moment a tirar endavant amb el treball.

I finalment, com amb tot, gràcies als meus pares que, sense el seu suport constant des d'inicis del grau universitari, aquest treball no hauria existit.

15. Bibliografia

[1] Sede Electrónica del Catastro. https://www.sedecatastro.gob.es/

[2] Ajuntament De Mollet. https://www.molletvalles.cat/

[3] Agència Catalana De L'Aigua. https://aca.gencat.cat/ca/inici

[4] Real Decreto 139/2011, de 4 de febrero, para el desarrollo del Listado de Especies Silvestres en Régimen de Protección Especial y del Catálogo Español de Especies Amenazadas. https://www.boe.es/buscar/doc.php?id=BOE-A-2011-3582

[5] Insitut Català d'Ornitologia [2012] https://ornitologia.org/ca/

[6] Agencia Estatal de Seguridad Aérea https://www.seguridadaerea.gob.es/

[7] Prefabricados de hormigón | Prefabricados Pujol, S.A. https://www.prefabricatspujol.com/es/

[8] PUNTO FIJO - Ingeniería y Servicios [2024] https://dehormigon.com.ar/

[9] Real Decreto 2267/2004, de 3 de desembre. [2004]. Reglamento de Seguridad Contra Incendios en Establecimientos Industriales. https://industria.gob.es/Calidad-Industrial/seguridadindustrial/instalacionesindustriales/seguridad-incendios/informacionadicional/20190218-v2.pdf

[10] Real Decreto 314/2006 de 17 de març [2022] Documento Básico Seguridad de utilización y Accesibilidad https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SUA/DBSUA.pdf

[11] Decret 209/2023, de 28 de novembre, pel qual s'aprova el Codi d'accessibilitat de Catalunya. [2023] https://portaljuridic.gencat.cat/eli/es-ct/d/2023/11/28/209/cer

[12] Cubiertas Naves Industriales. http://www.mactorrijos.es/?page_id=485

[13] Comprar panell Sandvitx per a cobertes 30mm - DIATERM [2024]. https://www.diaterm.com/ca/comprar/panell-sandvitx-per-coberta/

[14] Documento Básico Seguridad Estructural Acciones en la edificación [2009] https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-AE.pdf

[15] Real Decreto 470/2021 de 29 de junio [2021] Código Estructural https://www.boe.es/boe/dias/2021/08/10/pdfs/BOE-A-2021-13681.pdf

[16] Real Decreto 314/2006, de 17 de marzo. Documento Básico Seguridad estructural Cimientos. [2019] https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-C.pdf

[17] Sólo un 23% de socios de despachos de arquitectura son mujeres | COL·LEGI D'ARQUITECTES DE CATALUNYA. https://www.arquitectes.cat/es/s%C3%B3lo-un-23-de-socios-de-despachos-de-arquitectura-son-mujeres