



Escola Politècnica Superior
d'Edificació de Barcelona

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

DISSENY, CÀLCUL I PROJECTE D'ESTRUCTURES D'UN EDIFICI D'HABITATGES A TORREDEMBARRA

ANNEX B – MEMÒRIA DE CÀLCUL

ÍNDEX

| | | |
|-------|--------------------------------------------------------------------------------|----|
| 1 | DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE DE L'ESTRUCTURA..... | 3 |
| 1.1 | Estructura horitzontal..... | 3 |
| 1.2 | Estructura vertical..... | 3 |
| 1.3 | Fonamentació..... | 3 |
| 1.4 | Metodologia de treball..... | 4 |
| 1.5 | Contingut de la memòria..... | 4 |
| 1.5.1 | Justificació de la solució adoptada..... | 4 |
| 1.5.2 | Dimensionat..... | 4 |
| 1.5.3 | Característiques dels materials utilitzats..... | 4 |
| 1.5.4 | Coeficients de càlcul..... | 4 |
| 2 | JUSTIFICACIÓ DE LA SOLUCIÓ ADOPTADA..... | 5 |
| 2.1 | Justificació de l'estructura..... | 5 |
| 2.1.1 | Justificació de la fonamentació..... | 5 |
| 2.1.2 | Justificació dels murs..... | 5 |
| 2.1.3 | Justificació solera ventilada..... | 5 |
| 2.1.4 | Justificació dels forjats..... | 5 |
| 2.1.5 | Justificació de les escales..... | 5 |
| 3 | DIMENSIONAT..... | 7 |
| 3.1 | Relació de normes que afecten al projecte d'estructures..... | 7 |
| 3.2 | Mètodes de càlcul..... | 7 |
| 3.3 | Càlculs mitjançant el programa <i>Tricalc</i> | 7 |
| 3.4 | Protecció davant el foc..... | 7 |
| 3.5 | Criteris personals i càlculs manuals..... | 7 |
| 3.5.1 | Sostres..... | 7 |
| 3.5.2 | Pòrtics..... | 8 |
| 3.5.3 | Pilars..... | 10 |
| 3.5.4 | Llosa de l'escala..... | 11 |
| 3.5.5 | Estructura lleugera de la claraboia (Coberta del pati llums)..... | 14 |
| 4 | CARACTERÍSTIQUES DELS MATERIALS UTILITZATS..... | 15 |
| 4.1 | Característiques del formigó armat..... | 15 |
| 4.1.1 | Tipificació del formigó dels murs i la solera ventilada..... | 15 |
| 4.1.2 | Tipificació del formigó de les sabates..... | 15 |
| 4.1.3 | Tipificació del formigó dels pilars, les bigues, els forjats i les lloses..... | 15 |
| 4.1.4 | Acer de barres y malles de compressió..... | 15 |
| 4.2 | Assaigs a realitzar..... | 16 |
| 4.2.1 | Assaigs de docilitat del formigó..... | 16 |
| 4.2.2 | Assaig de resistència del formigó..... | 16 |
| 4.2.3 | Assaig per comprovar les característiques mecàniques de les barres d'acer.. | 16 |
| 4.3 | Assentaments admissibles i límits de deformació..... | 16 |
| 5 | COEFICIENTS DE CàLCUL..... | 17 |
| 5.1 | Accions..... | 17 |

| | | |
|-------|----------------------------------------------------------------------|----|
| 5.2 | Estats límits últims (ELU) segons la taula 12.1 de la EHE-08 | 17 |
| 5.2.1 | Estats Límits de Servei (ELS) segons la taula 12.2 de la EHE-08..... | 17 |
| 5.3 | Materials | 18 |
| 5.4 | Nivells de control | 18 |
| 5.4.1 | Materials | 18 |

1 DESCRIPCIÓ DEL PROJECTE DE L'ESTRUCTURA

La present memòria documenta tècnicament l'estructura prevista per la construcció d'un edifici entre mitgeres, per a habitatges, al municipi de Torredembarra.

El projecte consisteix en un bloc de 9 habitatges i un local comercial situat a una parcel·la que té un desnivell suau, entre l'avinguda Catalunya i el carrer Reus.

La planta baixa conté els accessos, vestíbul i zones comunes, un habitatge i un local comercial amb un magatzem i un moll de descarregà.

L'edifici conté cinc plantes, una planta baixa al nivell de l'avinguda i amb accés als dos carrers i quatre plantes sobre rasant. La planta baixa està realitzada mitjançant una solera ventilada i una recrescuda, per assolir la cota amb l'avinguda Catalunya i alhora aïllar-la del terreny i dotar-la d'un paviment, amb el sistema *Càviti*. La fonamentació s'ha resolt mitjançant sabates aïllades arriostrades amb bigues centradores.

Les plantes sobre rasant són tres plantes pis i una planta coberta. Aquestes quatre plantes es resolen mitjançant pòrtics, bigues i pilars de formigó armat amb forjats unidireccionals.

Les dos escales que conté l'edifici no són iguals entre elles, la primera es de dos trams amb un replà intermedi, i la segona es d'un tram. Estan resoltes mitjançant lloses de formigó. Es recolzen en els bigues dels pòrtics del forat d'escala, i una sabata de la fonamentació en el cas del primer tram escala que arrenca en planta baixa.

1.1 Estructura horitzontal

L'estructura horitzontal consta de:

- Forjat unidireccional de 25+5 cm, de la marca comercial Pujol, amb intereix de 73 cm i revoltó ceràmic en totes les plantes, badalot i voladissos, amb armat de negatiu en les semibiguetes de Ø12 i Ø16. Amb un graella a la capa de compressió de 150/300/6 mm.
- Solera ventilada amb encofrat perdut de polipropilè amb peces del sistema de la marca Càviti per a tota la planta baixa, menys el magatzem del local. Amb una capa de compressió de 10 cm i una graella incorporada en aquesta de 150/300/6. Aquesta solera recolzarà sobre una recrescuda amb la mateixa solució estructural per assolir la cota de la planta.
- Solera de formigó armat de 20 cm de cantell al magatzem del local, per a tràfic rodat. Amb una graella incorporada en aquesta de 150/300/6.

1.2 Estructura vertical

L'estructura vertical es realitzarà amb pilars i pòrtics de formigó armat. Els murs de la planta fonaments, faran de tancament de la solera ventilada i seran murs de formigó de 20 cm.

1.3 Fonamentació

Donada la poca resistència que té superficialment el terreny es realitza una fonamentació semiprofunda amb sabates aïllades i pous de fonamentació fins la cota resistent del terreny. Per tan els pous de fonamentació arribaran les capes més cimentades del terreny a una profunditat de 4 m, on la resistència es de 2Kg/cm².

No hi ha problemes de sisme a Torredembarra $ab \leq 0,04g$.

1.4 Metodologia de treball

Un cop estudiat el Projecte Bàsic i analitzat l'estudi geotècnic es va procedir al plantejament i disseny de l'estructura de l'edifici. A continuació es va realitzar el predimensionat de l'estructura i es van calcular les càrregues que actuen sobre l'edifici i les accions a les que està sotmesa l'estructura.

Seguidament es va procedir a introduir la geometria al programa Trical i es van introduir les càrregues i les accions. A mesura que es va anar introduint la geometria al programa es va anar comprovant que no donés error.

Un cop introduïda la geometria, les accions i les càrregues es va procedir al càlcul de l'estructura i es van anar solucionant tots els errors de càlcul. Un cop solucionats els errors i realitzats els canvis pertinents, es va homogeneïtzar l'estructura el màxim possible.

1.5 Contingut de la memòria

1.5.1 Justificació de la solució adoptada

En aquest apartat s'explica i es justifica el perquè de les solucions estructurals adoptades.

1.5.2 Dimensionat

S'expliquen els mètodes i els processos de càlcul que s'han seguit per dimensionar l'estructura.

1.5.3 Característiques dels materials utilitzats

Es defineixen els tipus de materials, les seves característiques, els assaigs a realitzar, així com els assentaments admissibles o els seus límits de deformació.

1.5.4 Coeficients de càlcul

S'han definit els coeficients de càlcul utilitzats per accions i materials. També es fixen els nivells de control exigits als materials i en l'execució.

2 JUSTIFICACIÓ DE LA SOLUCIÓ ADOPTADA

2.1 Justificació de l'estructura

S'ha optat per realitzar tota l'estructura de l'edifici de formigó armat perquè al treballar en alçada és més barat utilitzar formigó armat que no pas acer estructural. S'ha intentat reduir al màxim la quantitat d'acer ja que el cost energètic i les emissions generades per la seva fabricació son molt més grans que el formigó. A part, en cas d'incendi una estructura de formigó té un millor comportament que l'acer. A més a més, si realitzem tota l'estructura de formigó armat és més fàcil a l'hora d'executar-la en obra.

La estructura de la claraboia és l'única d'acer laminat amb la finalitat de reduir carregà sobre l'estructura de l'edifici i permetre el pas de ventilació i il·luminació natural.

2.1.1 Justificació de la fonamentació

Segons l'estudi geotècnic la fonamentació més idònia per els condicionants del terreny que té la seva cota resistent en els estrats més carbonatats a una profunditat entre 3,5 i 4,2 metres, es mitjançant sabates i pous de fonamentació. Una fonamentació profunda es descarta perquè el nivell freàtic es trobar a una profunditat de 6 metres i suposaria una complicació i problemàtica recórrer a una fonamentació mitjançant pilots o pantalles, a part que encariria molt la execució. Una fonamentació superficial mitjançant llosa seria possible però no s'optà per aquesta solució perquè resulta molt costosa degut a la gran quantitat de formigó i d'acer que requereix la seva execució.

2.1.2 Justificació dels murs

Com que tenim una planta fonaments molt a prop de la cota rasant, la solera ventilada necessita d'un tancament, i s'han de contenir les terres del desnivell en la part de l'avinguda Catalunya haurem de realitzar un mur a tot el perímetre de l'edifici.

2.1.3 Justificació solera ventilada

Es necessitava d'una solució que permetés assolir la cota de la planta baixa, que no fos molt costosa, i que permetés separa la planta del terreny. La seva execució es rapida mitjançant un encofrat perdut de polipropilè i consta de dues parts, una recrescuda i una solera ventilada.

2.1.4 Justificació dels forjats

S'ha escollit forjats unidireccionals perquè funcionen bé amb una estructura alineada amb pilars i pòrtics de formigó armat, i amb llums que no superen els 5,5 metres. A part es una solució més econòmica, amb menys cost energètic i d'emissions de CO₂ que altres en comparació. Al ser la majoria de les bigues planes facilitar molt la seva execució.

2.1.5 Justificació de les escales

Les escales seran solucionades mitjançant llosa inclinada de formigó armat arriostrada a les bigues dels pòrtics 7 i 8 del forat d'escala. S'ha pensat solucionar així, per facilitar la seva execució al ser tota l'estructura de l'edifici de formigó armat.

3 DIMENSIONAT

3.1 Relació de normes que afecten al projecte d'estructures.

- Accions: CTE DB SE-AE, NCSE-02
- Vent: CTE DB SE-AE
- Formigó: EHE-08
- Fonamentació: CTE DB SE-C
- Incendis: CTE DB SI
- Sisme: NCSE-02

3.2 Mètodes de càlcul

S'ha realitzat el predimensionat de l'estructura de forma manual per facilitar el plantejament de l'estructura i tenir suficients dades per a introduir al programa de càlcul.

El càlcul final de l'estructura s'ha realitzat mitjançant el programa *Tricalc*. S'han verificat els resultats mitjançant la revisió manual dels mateixos.

3.3 Càlculs mitjançant el programa *Tricalc*

Els càlculs executats i passos seguits amb el programa *Tricalc* s'expliquen detalladament en el capítol 3 de la memòria del projecte.

3.4 Protecció davant el foc

L'estructura ha estat comprovada davant el foc mitjançant el programa *Tricalc*, complint amb les condicions que estableix la normativa.

3.5 Criteris personals i càlculs manuals

S'han unificat els resultats en la mesura del possible, i sempre s'ha pres com a referència l'element més desfavorable a l'hora de fer els càlculs, amb la finalitat de facilitar la seva execució. A continuació es mostren els càlculs més rellevants realitzats.

3.5.1 Sostres

Per començar s'ha d'escollir un tram de sostre que doni una referència, per saber amb quin cantell mínim s'hauria de partir en el càlcul. Per això s'escollirà com a criteri, a priori, el que pot ser més desfavorable.

Aquest el trobem dintre de la vivenda o la coberta, i a continuació es detalla en la taula 3.1 els seus elements i els seus valors característics de càrrega.

Tots els valors faran servir les unitats de KN/m².

| Sostre Tipus | Accions Habitatge | Accions Coberta |
|-----------------------|-------------------|-----------------|
| Pes propis del sostre | 4 | 4 |
| Paviment + envans | 2 | 2,5 |
| Ús | 2 | 1 |
| Total | 8 | 7,5 |

Taula 2.11 Valor de les accions

Per tant, prenem com a carregà de càlcul la més desfavorable, que la trobem en la planta tipus de la vivenda, i que té un valor de 8 KN/m².

Per una altra banda prenem com a referència el tram de sostre amb més llum, que té un valor de 5,07 m.

El predimensionat del cantell mínim (h_{min}) del sostre es fa segons la normativa EHE-08, i s'aconsegueix segons l'expressió següent:

- $h_{min} = \delta_1 * \delta_2 * L / C$

on:

- δ_1 : factor que depèn de la càrrega total q (KN/m²) i es igual a $\left(\frac{qk}{7}\right)^{1/2}$
 $qk = 8$ KN/m²; $\delta_1 = 1,069$
- δ_2 : factor que té el valor de $\left(\frac{L}{6}\right)^{1/4}$
- **L**: Llum de càlcul del forjat en m
- **L** = 5,07 m; $\delta_2 = 0,9587$
- **C**: Constant segons els tipus de forjat, de carga i de tram segons la taula 50.2.2.1.b de la norma EHE-08. Escollirem aquesta per un forjat de biguetes prefabricades, amb un tipus de càrrega amb envans o murs, i amb un tipus de tram extrem.
- Per tan:
 $C = 23$; $h_{min} = 1,069 * 0,9587 * 5,07 / 23 = 0,2259m = \mathbf{22,59\ cm}$

El cantell mínim es de 22,59 cm. i descartarem tots el forjats amb un cantell més petit que aquest. Aquest podrà ser augmentat a fi de trobar un tipus de sostre que s'aproximi a la solució, i també per garantir més seguretat i monolítisme.

Així a priori tenim un tipus de sostre de semibiguetes prefabricades potencial de 20+5.

Tanmateix, després de fer els càlcul de les bigues planes aquestes han de ser d'un cantell de 30 cm, per tan els sostres hauran de ser del mateix cantell de 30 cm alhora d'introduir aquesta dada al programa *Tricalc*.

3.5.2 Pòrtics

Com ja s'ha comentat els pòrtics estan pensats mitjançant jàsseres planes per això el seu tanteig i posterior disseny condicionaran el cantell del forjat.

Per això s'agafaran les bigues planes més desfavorables, amb més carrega i més llum entre pilars, de la qual obtindrem el moment de disseny.

Partirem amb un cantell de sostre de 30 cm, que farem servir en un tanteig inicial i amb la combinació d'accions més desfavorable, que la trobem en la planta coberta amb un valor de 5,78 KN/m². Hem partit amb aquest cantell després de veure que les bigues no podien ser de menys, perquè en el programa *Tricalc* ens sortien errors de fletxa i fissuració excessiva.

Es planteja dos casos, en dues jàsseres del mateix pòrtic, a fi de donar més informació i tenir dos opcions, segons les llums i les càrregues, per tenir un millor criteri d'introducció de dades al programa. Per als càlculs s'utilitzaran les següents premisses:

$$HA-25; \gamma_c = 1,5; B500S; \gamma_s = 1,15$$

Obtindrem l'amplada d'aquestes jàsseres planes a partir de l'expressió següent:

$$M_d = F_c \cdot Z_{lim};$$

$$M_d = f_{cd} \cdot b \cdot \gamma_{lim} \cdot (d - (\gamma_{lim}/2));$$

on:

- $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$; $f_{cd} = 25 / 1,5 = 16,67 \text{ N/mm}^2$; $f_{cd} = 16667 \text{ KN/m}^2$
- $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$; $f_{yd} = 500 / 1,15 = 435 \text{ N/mm}^2$
- $b =$ amplada de la biga, no la sabem.
- $\gamma_{lim} = 0,8 \cdot X_{lim}$; $\gamma_{lim} = 13,07 \text{ cm}$
- $X_{lim} = d / (1 + (f_{yd}/700))$; $X_{lim} = 26,5 / (1 + (435/700))$; $X_{lim} = 16,34 \text{ cm}$
- d : cantell del predimensionat menys el recobriment, que es 3,5 cm

Abans de calcular el moment de disseny primer sumaré la càrrega de pes propi del forjat com a acció permanent, ja que s'ha de tenir en compte.

Forjat unidireccional per a llums fins a 5 m i un gruix total $\leq 0,30 \text{ m} \rightarrow 4 \text{ KN/m}^2$

Aplicant la combinació d'accions $\rightarrow \gamma_G \cdot G = 1,35 \cdot 4 = 5,4 \text{ KN/m}^2$

Càrrega repartida total de la coberta transitable = 5,78 + 5,4 = 11,18 KN/m²

Per tan ara es pot trobar el moment de disseny per als dos casos:

- Cas 1

Tenim una llum entre forjats de 4,41 m i una llum de jàssera, entre pilars de 3,30 m.

La càrrega lineal sobre la jàssera i el moment de disseny son els següent:

$$q = 11,18 \cdot 4,41 = 49,30 \text{ KN/m}; \quad M_d = (49,35 \cdot 3,30^2) / 8 = 67,11 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

- Cas 2

Tenim una llum entre forjats de 2,54 m i una llum de jàssera, entre pilars de 5,30 m.

La càrrega lineal sobre la jàssera i el moment de disseny son els següent:

“Se li haurà de sumar la càrrega lineal de la paret de la façana, amb un valor de 10,2 KN/m”

$$q = (11,18 \cdot 2,54) + 10,2 = 38,59 \text{ KN/m}; \quad M_d = (38,59 \cdot 5,30^2) / 8 = 135,52 \text{ KN} \cdot \text{m}$$

Prendrem com moment més desfavorable el Cas 2 per calcular l'amplada de jàssera:

$$M_d = f_{cd} \cdot b \cdot \gamma_{lim} \cdot (d - (\gamma_{lim}/2));$$

$$135,52 = 16667 \cdot b \cdot 0,1307 \cdot (0,265 - (0,1307/2));$$

$$b = 135,52 / 434,91 = 0,311 \text{ m} \sim 0,40 \text{ m}; \quad b = 40 \text{ cm}$$

Partirem com a referència una amplada de 40 cm d'amplada de jàsseres, com a dada per introduir al programa.

3.5.3 Pilars

Per al predimensionat dels pilars es farà un tanteig del pilar que es creu més desfavorable, que rebrà més càrrega que la resta. Es farà un descens de càrregues des de la planta coberta fins a la cota de fonament, calculant les càrregues en cada una de les plantes.

Amb el tanteig de l'àrea dels pilar ja es tindrà una dada important per poder introduir amb més criteri al programa. A continuació la figura 2.10 ens ho indica.

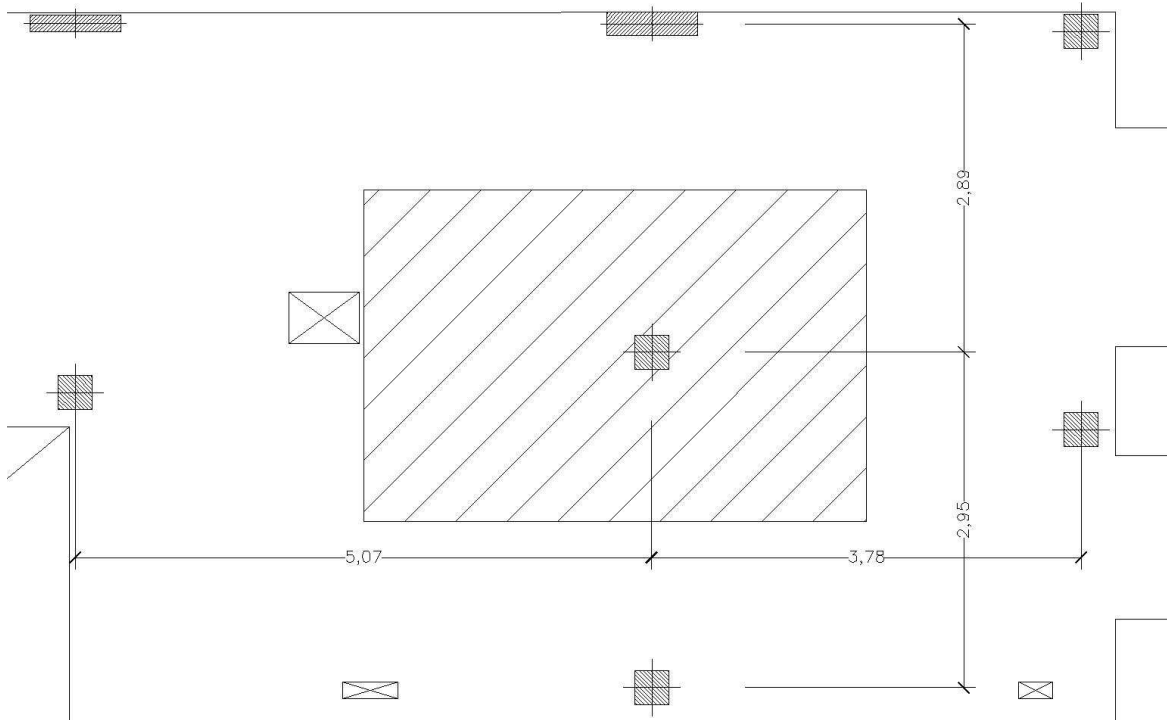


Figura 2.10 Àrea d'influència del pilar més desfavorable

Es comença calculant la tensió admissible del pilar.

$$A = (L1 + L2 / 2) (L3 + L4 / 2) = (5,07 + 3,78 / 2) (2,89 + 2,95 / 2) = 30,38\text{m}^2$$

A continuació es calcula el descens de càrregues en aquest pilar seguint la taula 2.12.

| Descens de càrregues | Càrrega superficial | Superfície | Càrrega total |
|----------------------|-------------------------|------------|---------------|
| Planta Coberta | 11,18 KN/m ² | 30,38 | 339,65 |
| Planta Tercera | 10,2 KN/m ² | 30,38 | 309,87 |
| Planta Segona | 10,2 KN/m ² | 30,38 | 309,87 |
| Planta Primera | 10,2 KN/m ² | 30,38 | 309,87 |
| Axil total | | | 1.269,26 KN |

Taula 2.12: Descens de càrregues en el pilar més desfavorable

Una vegada s'obté l'axil total es calculen les dimensions del pilar de la següent manera:

- El nostre axil total serà igual a 1.269.260 N
- Escollint un formigó HA-25, la resistència de càlcul del formigó (f_{cd}) = $25/1,5 = 16,67$ N/mm²
- Àrea pilar (A) = Axil total (Nd) / f_{cd} = $1.269.260 \text{ N} / 16,67 \text{ N/mm}^2 = 76.140,37 \text{ mm}^2$
- L'àrea del pilar serà igual a $761,40 \text{ cm}^2$
- Per tant, cada costat del pilar serà igual a $\sqrt{761,40 \text{ cm}^2} = 27,59 \text{ cm}$

Com no s'ha tingut en compte el vent a l'hora de predimensionar el pilar, per a major seguretat, s'optarà per augmentar les dimensions del pilar a 30 x 30cm.

3.5.4 Llosa de l'escala

Per al càlcul de la llosa de l'escala es tractarà aquesta com si fos una jàssera de formigó armat, partint d'un cantell de referència de 15 cm, suficient per garantir els recobriments mínims de les armadures, el monolitisme i la fletxa d'aquesta.

Primer es calcularà la seva longitud en verdadera magnitud, la seva combinació d'accions i totes les càrregues que actuen sobre d'aquesta, per així calcular el seu moment de disseny que ens servirà per calcular posteriorment el seu armat.

Amb tota la informació de les accions sense majora tindrem totes les dades suficients per introduir al programa i a les bigues on recolza la llosa de l'escala, per posteriorment calcular com afecta aquestes càrregues sobre l'estructura de l'edifici.

Per això el primer pas es definir la geometria de l'escala que segons els plànols del projecte bàsic aquesta a de fer un metre d'amplada en tots els seus trams i recorregut, i trobar la resta de cotes i alçades.

El primer tipus d'escala que definirem, es el tram senzill que va de la primera planta a la segona i que es repeteix el model a les plantes següents, amb una longitud de 4,48 m en planta i amb una alçada a salvar de 2,95 m. Mitjançant un simple càlcul matemàtic, utilitzant Pitàgores, obtindrem la longitud en verdadera magnitud.

$$a^2 + b^2 = c^2$$

$$c = \sqrt{a^2 + b^2}; \quad c = \sqrt{4,48^2 + 2,95^2} = 5,364 \text{ m}$$

El segon tipus d'escala que definirem, esta composta per dos trams amb replà intermig que va de la planta baixa a la planta primera, amb una longitud de 3,64 m en planta el primer tram, 1,28 en replà intermig i de 1,40 en planta el segon tram i amb una alçada a salvar en el primer tram de 2,42 m i de 1,13 m en el segon.

$$C_1 = \sqrt{3,64^2 + 2,42^2} = 4,37 \text{ m}$$

$$C_2 = \sqrt{1,40^2 + 1,13^2} = 1,80 \text{ m}$$

Longitud de l'escala en verdadera magnitud = $C_1 + C_2 + 1,28 = 7,45 \text{ m}$

Càlcul de les Accions sobre l'escala

Ara calcularem la càrrega repartida sobre la llosa de l'escala, per això es farà una combinació d'accions, definint les càrregues permanents i variables que actuen sobre d'aquesta.

Càrrega permanent (paviment) = 1 KN/ml

Càrrega variable (ús) = 3 KN/ml

Començarem per calcular el pes dels graons de cada un dels tipus d'escala, el pes propi de la llosa i les afegirem a la combinació d'accions, i tot seguit calcularem el moment de disseny:

- Tipus 1

$$22 \text{ (KN/m}^3\text{)} * 1 \text{ (m)} * 0,17 \text{ (m)} * 0,28 \text{ (m)} / 2 = 0,52 \text{ KN}; \quad 0,52 \text{ KN} / 0,28 \text{ m} = 1,9 \text{ KN/m}$$

Càrrega permanent dels graons $\rightarrow 1,9 \text{ KN/ml}$

$$\text{Llosa} = 15 \text{ cm de cantell} \rightarrow 1 \text{ (m)} * 0,15 \text{ (m)} * 25 \text{ (KN/m}^3\text{)} = 3,75 \text{ KN/ml}$$

$$3,75 \text{ (KN/ml)} * 5,36 \text{ (m)} / 4,50 \text{ (m)} = 4,47 \text{ KN/ml}$$

Càrrega permanent de la llosa $\rightarrow 4,47 \text{ KN/ml}$

$$q_{d1} = (4,47 + 1,9 + 1) * 1,35 + 3 * 1,5 = 14,45 \text{ KN/ml}$$

$$Md_1 = q * L^2 / 16; \quad Md_1 = 14,45 * 4,50^2 / 16 = 18,29 \text{ KN*m}$$

- Tipus 2

$$22 \text{ (KN/m}^3\text{)} * 1 \text{ (m)} * 0,18 \text{ (m)} * 0,28 \text{ (m)} / 2 = 0,55 \text{ KN}; \quad 0,55 \text{ KN} / 0,28 \text{ m} = 1,98 \sim 2 \text{ KN/ml}$$

Càrrega permanent dels graons $\rightarrow 2 \text{ KN/ml}$

$$\text{Llosa} = 15 \text{ cm de cantell} \rightarrow 1 \text{ (m)} * 0,15 \text{ (m)} * 25 \text{ (KN/m}^3\text{)} = 3,75 \text{ KN/ml}$$

$$3,75 \text{ (KN/ml)} * 7,45 \text{ (m)} / 6,32 \text{ (m)} = 4,42 \text{ KN/ml}$$

Càrrega permanent de la llosa $\rightarrow 4,42 \text{ KN/ml}$

$$q_{d2} = (4,42 + 2 + 1) * 1,35 + 3 * 1,5 = 14,52 \text{ KN/ml}$$

$$Md_2 = q * L^2 / 16; \quad Md_2 = 14,52 * 6,32^2 / 16 = 36,25 \text{ KN*m}$$

Càlcul de les armadures

Per al càlcul de les armadures utilitzarem el moment de disseny, les dimensions de la llosa, cantell i amplada d'aquesta, les dades del material de formigó armat que s'emprarà i els coeficients de seguretat. A part tindrem en compte que el moment de disseny no superi el moment en estat límit de la llosa.

- Tipus 1

$$Md_1 = 18,29 \text{ KN*m}; \quad b = 1 \text{ m}; \quad d = 0,12 \text{ m}; \quad \text{HA-25}; \quad \gamma_c = 1,5; \quad \text{B500S}; \quad \gamma_s = 1,15$$

- $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c; \quad f_{cd} = 25 / 1,5 = 16,67 \text{ N/mm}^2; \quad f_{cd} = 16667 \text{ KN/m}^2$

- $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s; \quad f_{yd} = 500 / 1,15 = 435 \text{ N/mm}^2; \quad f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$

- $0,85 * f_{cd} * b = 0,85 * 16667 * 1 = 14166,95 \text{ KN/m}$

- $Y_{Lim} = 0,8 * X_{Lim}; \quad Y_{Lim} = 5,92 \text{ cm}$

- $X_{Lim} = d / (1 + (f_{yd} / 700)); \quad X_{Lim} = 12 / (1 + (435 / 700)); \quad X_{Lim} = 7,40 \text{ cm}$

- $F_{cLim} = 14166,95 * 0,0592 = 838,68 \text{ KN}$

- $Z_{Lim} = d - (Y_{Lim} / 2); \quad Z_{Lim} = 0,12 - (0,0592 / 2) = 0,0904 \text{ m}$

$$M_{Lim} = F_{cLim} * Z_{Lim}; \quad M_{Lim} = 838,68 * 0,0904 = 75,82 \text{ KN*m}$$

$$Md = 18,29 \text{ KN*m} < M_{Lim} = 75,82 \text{ KN*m}$$

$$Y < Y_{Lim} = 0,0592 \text{ m} = 5,92 \text{ cm} \rightarrow \text{Dom 2 o 3}$$

$$18,29 = 14166,95 * (0,12 - 0,5 * y)$$

$$18,29 = 1700,03 * y - 7083,475 * y^2$$

$$y = \frac{1700,03 \pm \sqrt{(-1700,03)^2 - 4 * 7083,475 * 18,29}}{2 * 7083,475}$$

$$Y = 0,0113\text{m}$$

$$U_1 = 14166,95 * y = 14166,95 * 0,0113 = 160,09 \text{ KN} \rightarrow 5\emptyset 10 (170,74 \text{ KN})$$

- Tipus 2

$$Md_1 = 36,25 \text{ KN*m}; b = 1 \text{ m}; d = 0,12 \text{ m}; \text{HA-25}; \gamma_c = 1,5; \text{B500S}; \gamma_s = 1,15$$

- $f_{cd} = f_{ck} / \gamma_c$; $f_{cd} = 25 / 1,5 = 16,67 \text{ N/mm}^2$; $f_{cd} = 16667 \text{ KN/m}^2$
- $f_{yd} = f_{yk} / \gamma_s$; $f_{yd} = 500 / 1,15 = 435 \text{ N/mm}^2$; $f_{yd} = 435 \text{ N/mm}^2$
- $0,85 * f_{cd} * b = 0,85 * 16667 * 1 = 14166,95 \text{ KN/m}$
- $Y_{Lim} = 0,8 * X_{Lim}$; $Y_{Lim} = 5,92 \text{ cm}$
- $X_{Lim} = d / (1 + (f_{yd} / 700))$; $X_{Lim} = 12 / (1 + (435 / 700))$; $X_{Lim} = 7,40 \text{ cm}$
- $F_{cLim} = 14166,95 * 0,0592 = 838,68 \text{ KN}$
- $Z_{Lim} = d - (Y_{Lim} / 2)$; $Z_{Lim} = 0,12 - (0,0592 / 2) = 0,0904 \text{ m}$

$$M_{Lim} = F_{cLim} * Z_{Lim}; M_{Lim} = 838,68 * 0,0904 = 75,82 \text{ KN*m}$$

$$M_d = 36,25 \text{ KN*m} < M_{Lim} = 75,82 \text{ KN*m}$$

$$Y < Y_{Lim} = 0,0592 \text{ m} = 5,92 \text{ cm} \rightarrow \text{Dom 2 o 3}$$

$$36,25 = 14166,95 * (0,12 - 0,5 * y)$$

$$36,25 = 1700,03 * y - 7083,475 * y^2$$

$$y = \frac{1700,03 \pm \sqrt{(-1700,03)^2 - 4 * 7083,475 * 36,25}}{2 * 7083,475}$$

$$Y = 0,0236 \text{ m}$$

$$U_1 = 14166,95 * y = 14166,95 * 0,0236 = 335,11 \text{ KN} \rightarrow 7\emptyset 12 (344,21 \text{ KN})$$

Reaccions sense majorà per introduir *tricalc*:

- Càrregues permanents escala tipus 1 (tram simple):
 - Llosa $\rightarrow 4,47 \text{ KN/ml}$
 - Esgraons $\rightarrow 1,90 \text{ KN/ml}$
 - Acabat/Paviment + morter $\rightarrow 1 \text{ KN/ml}$
 - Suma de càrregues permanents = $4,47 + 1,90 + 1 = 7,37 \text{ KN/ml}$
 - Reacció càrregues permanents = $7,37 * 4,50 / 2 = 16,58 \text{ KN/ml}$
 - Càrregues variables escala tipus 1 (tram simple):
 - Ús $\rightarrow 3 \text{ KN/ml}$ projecció horitzontal
 - Reacció càrregues variables = $3 * 4,50 / 2 = 6,75 \text{ KN/m}$
- Càrregues permanents escala tipus 2 (dos trams amb replà entremig):
 - Llosa $\rightarrow 4,47 \text{ KN/ml}$
 - Esgraons $\rightarrow 2 \text{ KN/ml}$
 - Acabat/Paviment + morter $\rightarrow 1 \text{ KN/ml}$
 - Suma de càrregues permanents = $4,42 + 2 + 1 = 7,42 \text{ KN/ml}$
 - Reacció càrregues permanents = $7,42 * 6,32 / 2 = 23,45 \text{ KN/ml}$
 - Càrregues variables escala tipus 2 (dos trams amb replà entremig):

- Ús → 3 KN/ml projecció horitzontal
- Reacció càrregues variables = $3 \cdot 6,32/2 = 9,48 \text{KN/m}$

3.5.5 Estructura lleugera de la claraboia (Coberta del pati llums)

Reaccions sense majora per introduir al *tricalc*:

- Càrregues permanents:
 - Pilars: HEB 120 (0,267 KN/ml) → $0,30 \text{ (m)} \cdot 0,267 \text{ (KN/ml)} = 0,0801 \text{KN}$
 - 4 pilars → $0,0801 \cdot 4 = 0,3204 \text{KN}$
 - Bigues del pòrtic: HEB 120 (0,267 KN/ml) → $2,55 \text{ (m)} \cdot 2 = 5,10 \text{m}$
 - $5,10 \text{ (m)} \cdot 0,267 \text{ (KN/ml)} = 1,364 \text{KN}$
 - 2 pòrtics → $1,362 \cdot 2 = 2,724 \text{KN}$
 - Bigues de lligat: HEB 100 (0,204 KN/ml) → $3,40 \text{ (m)} \cdot 0,204 \text{ (KN/ml)} = 0,6936 \text{KN}$
 - 2 bigues → $0,694 \cdot 2 = 1,39 \text{KN}$
 - Corretges: IPE 100 (0,081 KN/ml) → $3,40 \text{ (m)} \cdot 0,081 \text{ (KN/ml)} = 0,2754 \text{KN}$
 - 8 Corretges → $0,2754 \cdot 8 = 2,2 \text{KN}$
 - Suport dels vidres: L 80x80x10 (0,119 KN/ml) → $2,90 \text{ (m)} \cdot 0,119 \text{ (KN/ml)} = 0,3451 \text{KN}$
 - 16 suports → $0,3451 \cdot 16 = 5,52 \text{KN}$
 - Vidres: Vidre armat (0,35 KN/m²) → $0,35 \text{ (KN/m}^2\text{)} \cdot 2,90 \text{ (m)} \cdot 0,59 \text{ (m)} = 0,598 \sim 0,6 \text{KN}$
 - 14 Vidres → $14 \cdot 0,60 = 8,4 \text{KN}$
 - Total = $0,3204 + 2,724 + 1,39 + 2,2 + 5,52 + 8,4 = 20,55 \text{KN}$
 - Total en cada reacció = $20,55/4 = 5,14 \text{KN}$
- Càrregues variables:
 - Per obtindre les cargues variables cal calcular l'àrea de la coberta:
 - $[(2,96 \cdot 3,96) \cdot 2] + [(0,25 \cdot 2,38) \cdot 2] = 24,63 \text{m}^2$
 - Neu → 0,40 KN/m² a la zona de Torredembarra:
 - Càrrega variable total de neu: $24,63 \text{ (m}^2\text{)} \cdot 0,4 \text{ (KN/m}^2\text{)} = 9,852 \text{KN}$
 - Càrrega variable de neu sobre el recolzament: $9,852/4 = 2,463 \text{KN}$
 - Ús per manteniment:
 - Sobrecàrrega d'ús per manteniment → $0,5 \text{KN/m}^2$
 - Càrrega variable total d'ús per manteniment: $24,63 \text{ (m}^2\text{)} \cdot 0,5 \text{ (KN/m}^2\text{)} = 12,315 \text{KN}$
 - Càrrega variable d'ús per manteniment en recolzament: $12,315/4 = 3,08 \text{KN}$

4 CARACTERÍSTIQUES DELS MATERIALS UTILITZATS

4.1 Característiques del formigó armat

4.1.1 Tipificació del formigó dels murs i la solera ventilada

HA-B/20/IIa

Tipus: Formigó armat

Resistència característica a compressió: 25 N/mm²

Consistència: Tova

Mida de l'àrid: 20 mm

Tipus d'ambient: IIa (classe normal, humitat alta)

Màxima relació A/C= 0,60

4.1.2 Tipificació del formigó de les sabates

HA-B/20/IIa

Tipus: Formigó armat

Resistència característica a compressió: 25 N/mm²

Consistència: Tova

Mida de l'àrid: 20 mm

Tipus d'ambient: IIa (classe normal, humitat alta)

Màxima relació A/C= 0,60

4.1.3 Tipificació del formigó dels pilars, les bigues, els forjats i les lloses

HA-B/20/IIa

Tipus: Formigó armat

Resistència característica a compressió: 25 N/mm²

Consistència: Tova

Mida de l'àrid: 20 mm

Tipus d'ambient: IIa (classe normal, humitat alta)

Màxima relació A/C= 0,60

4.1.4 Acer de barres y malles de compressió

B500S

Tipus d'acer: B (per formigó armat)

Límit elàstic nominal: 500MPa

Soldable

4.2 Assaigs a realitzar

Es realitzaran els assaigs conforme la normativa EHE-08

4.2.1 Assaigs de docilitat del formigó

Es realitzarà per mitjà de l'assaig d'assentament (con d'Abrams) amb el formigó fresc rebut a l'obra segons la norma UNE-EN 12350-2. Les diferents consistències i els valors límit d'assentament del con seran els següents:

| Tipus de consistència | Assentament en cm |
|-----------------------|-------------------|
| Seca (S) | 0 – 2 |
| Plàstica (P) | 3 – 5 |
| Tova (B) | 6 – 9 |
| Fluida (F) | 10 – 15 |
| Líquida (L) | 16 – 20 |

Taula 4.1: Tipus de consistències i valors límit d'assentament

4.2.2 Assaig de resistència del formigó

Es realitzaran als laboratoris acreditats pel control de qualitat del formigó. Es realitzaran provetes a l'obra i s'assajaran posteriorment al laboratori.

4.2.3 Assaig per comprovar les característiques mecàniques de les barres d'acer.

Es determinarà la resistència a tracció, el límit elàstic, l'allargament de trencament i el doblegat i desdoblegat d'una proveta d'acer amb característiques especials de ductilitat per armar formigons segons la norma UNE 36065 pels laboratoris acreditats.

4.3 Assentaments admissibles i límits de deformació

L'assentament màxim admissible per a les sabates aïllades és de 2,5 cm segons determina l'ampliació de l'estudi geotècnic.

5 COEFICIENTS DE CàLCUL

5.1 Accions

| Numero d'hipòtesis | Nom de la hipòtesis | Tipus de carregà | Descripció |
|--------------------|---------------------|------------------|------------|
| 0 | G | Permanent | Permanent |
| 1 | Q1 | Variable | Variable |
| 2 | Q2 | Variable | Variable |
| 3 | W1 | Vent | Vent |
| 4 | W2 | Vent | Vent |
| 22 | S | Neu | Neu |

Taula 5.1: Hipòtesis de càrrega

5.2 Estats límits últims (ELU) segons la taula 12.1 de la EHE-08

| Tipus d'acció | Situació persistent o transitòria | | Situació accidental | |
|--------------------------------|-----------------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| | Efecte favorable | Efecte desfavorable | Efecte favorable | Efecte desfavorable |
| Permanent | $\gamma_G = 1,00$ | $\gamma_G = 1,35$ | $\gamma_G = 1,00$ | $\gamma_G = 1,00$ |
| Pretensat | $\gamma_P = 1,00$ | $\gamma_P = 1,00$ | $\gamma_P = 1,00$ | $\gamma_P = 1,00$ |
| Permanent de valor no constant | $\gamma_G = 1,00$ | $\gamma_G = 1,50$ | $\gamma_G = 1,00$ | $\gamma_G = 1,00$ |
| Variable | $\gamma_Q = 0,00$ | $\gamma_Q = 1,50$ | $\gamma_Q = 0,00$ | $\gamma_Q = 1,00$ |
| Accidental | - | - | $\gamma_A = 1,00$ | $\gamma_A = 1,00$ |

Taula 5.2: Coeficients parcials de seguretat per a les accions, aplicables per a l'avaluació dels ELU

5.2.1 Estats Límits de Servei (ELS) segons la taula 12.2 de la EHE-08

| Tipus d'acció | | Efecte favorable | Efecte desfavorable |
|--------------------------------|------------------|-------------------|---------------------|
| Permanent | | $\gamma_Q = 1,00$ | $\gamma_Q = 1,00$ |
| Pretensat | Armadura pretesa | $\gamma_P = 0,95$ | $\gamma_P = 1,05$ |
| | Armadura postesa | $\gamma_P = 0,90$ | $\gamma_P = 1,10$ |
| Permanent de valor no constant | | $\gamma_G = 1,00$ | $\gamma_G = 0,00$ |
| Variable | | $\gamma_Q = 0,00$ | $\gamma_Q = 1,00$ |

Taula 5.3: Coeficients parcials de seguretat per a les accions, aplicables per a l'avaluació dels ELS

5.3 Materials

| Tipus | Hipòtesi | Formigó | Alumini/Altres /CTE |
|----------------------------------|----------|---------|---------------------|
| Càrregues permanents | 0 | 1,35 | 1,35 |
| Càrregues variables | 1 | 1,5 | 1,35 |
| | 2 | 1,5 | 1,35 |
| Càrregues de vent no simultànies | 3 | 1,5 | 1,35 |
| | 4 | 1,5 | 1,35 |
| Càrrega de neu | 22 | 1,5 | 1,35 |

Taula 5.4: Coeficients de majoració

5.4 Nivells de control

5.4.1 Materials

Per controlar la resistència del formigó a l'obra, el formigó de l'obra es dividirà en lots, prèviament al seu subministrament, d'acord amb el que indica la taula 86.5.4.1 de la EHE-08. Es controlaran, com a mínim, tres amasades per cada lot.

| Límit superior | Tipus d'elements estructurals | | |
|-----------------------|-------------------------------------|---------------------------------|--------------------|
| | Elements que treballen a compressió | Elements que treballen a flexió | Elements massissos |
| Volum de formigó | 100 m ³ | 100 m ³ | 100 m ³ |
| Temps de formigonat | 2 setmanes | 2 setmanes | 1 setmanes |
| Superfície construïda | 500 m ² | 1000 m ² | - |
| Nombre de plantes | 2 | 2 | - |

Taula 5.5: Mida màxima dels lots de control de la resistència, per a formigons sense distintius de qualitat oficialment reconeguts

La conformitat del lot en relació amb la resistència es comprovarà a partir dels valors mitjans dels resultats obtinguts sobre dues provetes preses per a cada una de les N pastades, d'acord amb la taula següent, la taula 86.5.4.2 de la EHE-08.

| Resistència característica especificada al projecte f_{ck} (N/mm ²) | Formigons amb distintius de qualitat oficialment reconeguts amb nivell de garantia conforme l'apartat 5.1 de l'annex nº19 | Altres casos |
|-----------------------------------------------------------------------------------|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|
| $f_{ck} \leq 30$ | $N \geq 1$ | $N \geq 3$ |
| $35 \leq f_{ck} \leq 50$ | $N \geq 1$ | $N \geq 4$ |
| $f_{ck} > 50$ | $N \geq 2$ | $N \geq 6$ |

Taula 5.6: Nombre d'amasades per lot segons la resistència característica del formigó

Quant a l'acer per a armadures passives, es realitzarà un control normal, prenent lots per cada 40 tones d'acer com a màxim segons indica la EHE-08. D'aquesta forma tindrem 5 lots, prenent dues provetes per cada lot, les quals sotmetrem a assaig per comprovar les característiques mecàniques i, també es comprovarà la secció equivalent i les característiques geomètriques segons indica la EHE-08.