



# Estudi de viabilitat pel reaprofitament de contenidors marítims per a la reconversió en habitatges, focalitzat en la part de normativa i d'obra civil

Document:

Annex C – Verificacions estructurals

Autor/Autora:

Helena Garrido Gaya

Director/Directora - Codirector/Codirectora:

David Vives Gene

Titulació:

Grau en Enginyeria en Tecnologies Industrials

Convocatòria:

Primavera, 2022

TREBALL DE FI D'ESTUDIS





## Índex de continguts

<b>ÍNDEX DE CONTINGUTS</b> .....	<b>I</b>
<b>ÍNDEX DE TAULES</b> .....	<b>II</b>
<b>ÍNDEX DE FIGURES</b> .....	<b>III</b>
<b>1 DIMENSIONAMENT DE LES FONAMENTACIONS</b> .....	<b>1</b>
1.1 CÀLCUL DE LES CÀRREGUES DE LA PLANTA BAIXA.....	1
1.1.1 <i>Pes propi</i> .....	2
1.1.2 <i>Sobrecàrrega d'ús</i> .....	6
1.1.3 <i>Neu</i> .....	7
1.1.4 <i>Vent</i> .....	8
1.2 CÀLCUL DE LES CÀRREGUES DEL PRIMER PIS .....	9
1.2.1 <i>Pes propi</i> .....	9
1.2.2 <i>Sobrecàrrega d'ús</i> .....	13
1.2.3 <i>Neu</i> .....	13
1.2.4 <i>Vent</i> .....	14
<b>2 DIMENSIONAMENT DELS PILARS DE REFORÇ</b> .....	<b>16</b>
<b>3 DIMENSIONAMENT DELS MUNTANTS DE REFORÇ</b> .....	<b>19</b>
3.1 CÀLCUL DE CÀRREGUES .....	19
3.1.1 <i>Pes propi</i> .....	19
3.1.2 <i>Sobrecàrrega d'ús</i> .....	23
3.1.3 <i>Neu</i> .....	24
3.2 VERIFICACIÓ ESTRUCTURAL DEL MUNTANT .....	24
<b>4 DIMENSIONAMENT DE LES BIGUES DE REFORÇ</b> .....	<b>28</b>
4.1 CÀLCUL DE CÀRREGUES .....	28
4.1.1 <i>Pes propi</i> .....	28
4.1.2 <i>Sobrecàrrega d'ús</i> .....	31
4.1.3 <i>Neu</i> .....	32
4.2 CÀLCUL DEL MOMENT FLECTOR .....	33
4.3 SELECCIÓ DE LA TIPOLOGIA DE BIGA .....	34
<b>5 REFERÈNCIES</b> .....	<b>35</b>

## Índex de taules

TAULA 1. CÀRREGUES DEGUDES AL PES DELS ELEMENTS CONSTRUCTIUS DEL TERRA – PLANTA BAIXA.....	2
TAULA 2. SUPERFÍCIES A AÏLLAR DE TANCAMENTS DE FAÇANES I PARTICIONS INTERIORS – PLANTA BAIXA.....	3
TAULA 3. CÀRREGUES DEGUDES AL PES DE L'ÀÏLLANT DEL SOSTRE – PLANTA BAIXA.....	4
TAULA 4. SUPERFÍCIES A REVESTIR DE TANCAMENTS DE FAÇANES I PARTICIONS INTERIORS – PLANTA BAIXA .....	5
TAULA 5. CÀRREGUES DEGUDES AL PES DEL REVESTIMENT DEL SOSTRE – PLANTA BAIXA .....	5
TAULA 6. CÀRREGUES DEGUDES A LA SOBRECÀRREGA D'ÚS – PLANTA BAIXA.....	6
TAULA 7. CÀRREGUES DEGUDES A LA NEU – PLANTA BAIXA .....	7
TAULA 8. CÀRREGUES DEGUDES AL VENT – PLANTA BAIXA .....	8
TAULA 9. CÀRREGUES DEGUDES AL PES DELS ELEMENTS CONSTRUCTIUS DEL TERRA – PRIMER PIS .....	10
TAULA 10. SUPERFÍCIES A AÏLLAR DE TANCAMENTS DE FAÇANES I PARTICIONS INTERIORS – PRIMER PIS .....	11
TAULA 11. CÀRREGUES DEGUDES AL PES DE L'ÀÏLLANT DEL SOSTRE – PRIMER PIS .....	11
TAULA 12. SUPERFÍCIES A REVESTIR DE TANCAMENTS DE FAÇANES I PARTICIONS INTERIORS – PRIMER PIS .....	12
TAULA 13. CÀRREGUES DEGUDES AL PES DEL REVESTIMENT DEL SOSTRE – PRIMER PIS.....	12
TAULA 14. CÀRREGUES DEGUDES A LA SOBRECÀRREGA D'ÚS – PRIMER PIS .....	13
TAULA 15. CÀRREGUES DEGUDES A LA NEU.....	13
TAULA 16. CÀRREGUES DEGUDES AL VENT – PRIMER PIS .....	14
TAULA 17. DADES SOBRE EL PERFIL HEB 140 .....	16
TAULA 18. RESUM DE LES CÀRREGUES DEL PRIMER PIS .....	18
TAULA 19. CÀRREGUES DEGUDES AL PES DELS ELEMENTS CONSTRUCTIUS DEL TERRA.....	20
TAULA 20. SUPERFÍCIES A AÏLLAR DE TANCAMENTS DE FAÇANES I PARTICIONS .....	21
TAULA 21. CÀRREGUES DEGUDES AL PES DE L'ÀÏLLANT DEL SOSTRE .....	21
TAULA 22. SUPERFÍCIES A REVESTIR DE TANCAMENTS DE FAÇANES I PARTICIONS INTERIORS .....	22
TAULA 23. CÀRREGUES DEGUDES AL PES DEL REVESTIMENT DEL SOSTRE.....	22
TAULA 24. CÀRREGUES DEGUDES A LA SOBRECÀRREGA D'ÚS.....	23
TAULA 25. CÀRREGUES DEGUDES A LA NEU.....	24
TAULA 26. DADES SOBRE EL MUNTANT DE PARET PRIMA .....	25
TAULA 27. RESUM DE LES CÀRREGUES A SUPORTAR PELS MUNTANTS.....	27
TAULA 28. CÀRREGUES DEGUDES AL PES DELS ELEMENTS CONSTRUCTIUS DEL TERRA.....	29
TAULA 29. SUPERFÍCIES A AÏLLAR DE TANCAMENTS DE FAÇANES I PARTICIONS .....	29
TAULA 30. CÀRREGUES DEGUDES AL PES DE L'ÀÏLLANT DEL SOSTRE .....	30
TAULA 31. SUPERFÍCIES A REVESTIR DE TANCAMENTS DE FAÇANES I PARTICIONS INTERIORS .....	30
TAULA 32. CÀRREGUES DEGUDES AL PES DEL REVESTIMENT DEL SOSTRE .....	31
TAULA 33. CÀRREGUES DEGUDES A LA SOBRECÀRREGA D'ÚS.....	31
TAULA 34. CÀRREGUES DEGUDES A LA NEU.....	32
TAULA 35. RESUM DE CÀRREGUES DEL PRIMER PIS .....	32
TAULA 36. LLEIS D'ESFORÇOS INTERNS .....	34

## Índex de figures

FIGURA 1. ESQUEMA DE LA FONAMENTACIÓ DE LA PLANTA BAIXA .....	1
FIGURA 2. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DEL CONTENIDOR – PLANTA BAIXA .....	2
FIGURA 3. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES ALS ELEMENTS CONSTRUCTIUS DEL TERRA – PLANTA BAIXA.....	3
FIGURA 4. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DE L'ÀÏLLAMENT DELS TANCAMENTS DE FAÇANA I PARTICIONS INTERIORS – PLANTA BAIXA.....	4
FIGURA 5. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DE L'ÀÏLLAMENT DEL SOSTRE – PLANTA BAIXA .....	4
FIGURA 6. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DEL REVESTIMENT DELS TANCAMENTS DE FAÇANA I PARTICIONS INTERIORS – PLANTA BAIXA.....	5
FIGURA 7. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DEL REVESTIMENT DEL SOSTRE – PLANTA BAIXA .....	6
FIGURA 8. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES A LA SOBRECÀRREGA D'ÚS – PLANTA BAIXA .....	6
FIGURA 9. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES A LA NEU – PLANTA BAIXA .....	7
FIGURA 10. CÀRREGA TOTAL DEL VENT SOBRE ELS EDIFICIS .....	8
FIGURA 11. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL VENT – PLANTA BAIXA .....	8
FIGURA 12. ESQUEMA DE LA FONAMENTACIÓ DEL PRIMER PIS .....	9
FIGURA 13. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DEL CONTENIDOR – PRIMER PIS.....	9
FIGURA 14. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DE L'XPS – PRIMER PIS .....	10
FIGURA 15. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DE L'ÀÏLLAMENT DELS TANCAMENTS DE FAÇANA I PARTICIONS INTERIORS – PRIMER PIS .....	11
FIGURA 16. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DE L'ÀÏLLAMENT DEL SOSTRE – PRIMER PIS .....	11
FIGURA 17. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DEL REVESTIMENT DELS TANCAMENTS DE FAÇANA I PARTICIONS INTERIORS – PRIMER PIS .....	12
FIGURA 18. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DEL REVESTIMENT DEL SOSTRE – PRIMER PIS.....	12
FIGURA 19. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES A LA SOBRECÀRREGA D'ÚS – PRIMER PIS.....	13
FIGURA 20. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES A LA NEU – PRIMER PIS.....	14
FIGURA 21. CÀRREGA TOTAL DEL VENT SOBRE ELS EDIFICIS – PRIMER PIS .....	14
FIGURA 22. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL VENT – PRIMER PIS.....	15
FIGURA 23. ESQUEMA ÀREES TRIBUTÀRIES DE LA PLANTA BAIXA .....	19
FIGURA 24. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DEL CONTENIDOR.....	19
FIGURA 25. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES ALS ELEMENTS CONSTRUCTIUS DEL TERRA .....	20
FIGURA 26. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DE L'ÀÏLLAMENT DELS TANCAMENTS DE FAÇANA I PARTICIONS INTERIORS.....	21
FIGURA 27. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DE L'ÀÏLLAMENT DEL SOSTRE .....	21
FIGURA 28. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DEL REVESTIMENT DELS TANCAMENTS DE FAÇANA I PARTICIONS INTERIORS.....	22
FIGURA 29. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DEL REVESTIMENT DEL SOSTRE – PLANTA BAIXA .....	23
FIGURA 30. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES A LA SOBRECÀRREGA D'ÚS.....	23
FIGURA 31. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES A LA NEU .....	24
FIGURA 32. ESQUEMA ÀREES TRIBUTÀRIES DEL PRIMER PIS.....	28
FIGURA 33. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DEL CONTENIDOR.....	28
FIGURA 34. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES ALS ELEMENTS CONSTRUCTIUS DEL TERRA .....	29
FIGURA 35. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DE L'ÀÏLLAMENT DELS TANCAMENTS DE FAÇANA I PARTICIONS INTERIORS.....	30
FIGURA 36. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DE L'ÀÏLLAMENT DEL SOSTRE .....	30
FIGURA 37. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DEL REVESTIMENT DELS TANCAMENTS DE FAÇANA I PARTICIONS INTERIORS.....	31
FIGURA 38. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES AL PES DEL REVESTIMENT DEL SOSTRE – PLANTA BAIXA .....	31
FIGURA 39. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES A LA SOBRECÀRREGA D'ÚS.....	32
FIGURA 40. DISTRIBUCIÓ DE LES CÀRREGUES DEGUDES A LA NEU .....	32
FIGURA 41. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓ DE CÀRREGUES.....	33
FIGURA 42. ESQUEMA DE DISTRIBUCIÓ DE CÀRREGUES AMB LES REACCIONS .....	33
FIGURA 43. CRITERI DE SIGNES .....	34

## 1 Dimensionament de les fonamentacions

Aquest annex de la memòria està destinat a l'explicació detallada i als càlculs referents al dimensionament de les fonamentacions de l'habitatge construït a partir de contenidors marítims.

Per tal de poder fer un bon dimensionament de la fonamentació, s'han de tenir en compte les càrregues tant dels contenidors que conformen la planta baixa com les del primer pis, tot i que el punt d'aplicació d'aquestes sigui diferent.

Les càrregues a tenir en compte seran les següents:

- Pes propi: són les càrregues degudes al pes del mateix contenidor, del paviment, dels aïllaments i dels revestiments.
- Sobrecàrrega d'ús: és el pes de tot el que pot gravitar sobre l'edifici per raons del seu ús. En general, es poden simular per l'aplicació d'una càrrega distribuïda uniformement.
- Neu: s'ha de tenir en compte l'altitud per sobre del mar en la qual està situat l'habitatge per tal d'evitar una sobrecàrrega en el sostre dels contenidors deguda al pes de la neu.
- Vent: les fonamentacions han de poder suportar les càrregues generades per la força del vent, tot tenint també en compte l'altitud a la qual es troba l'habitatge.

Tot seguit, s'analitzarà per separat les càrregues que afecten als contenidors que conformen la planta baixa i posteriorment, les del primer pis. Un cop determinades totes les càrregues, es procedirà amb el dimensionament de les fonamentacions.

### 1.1 Càlcul de les càrregues de la planta baixa

En aquest apartat, es calculen les càrregues de la planta baixa de l'habitatge. Degut a que les fonamentacions són bigues contínues, es treballarà amb la següent distribució d'àrees tributàries. Els punts de color blau representen els punts de transmissió de les càrregues cap a les fonamentacions.

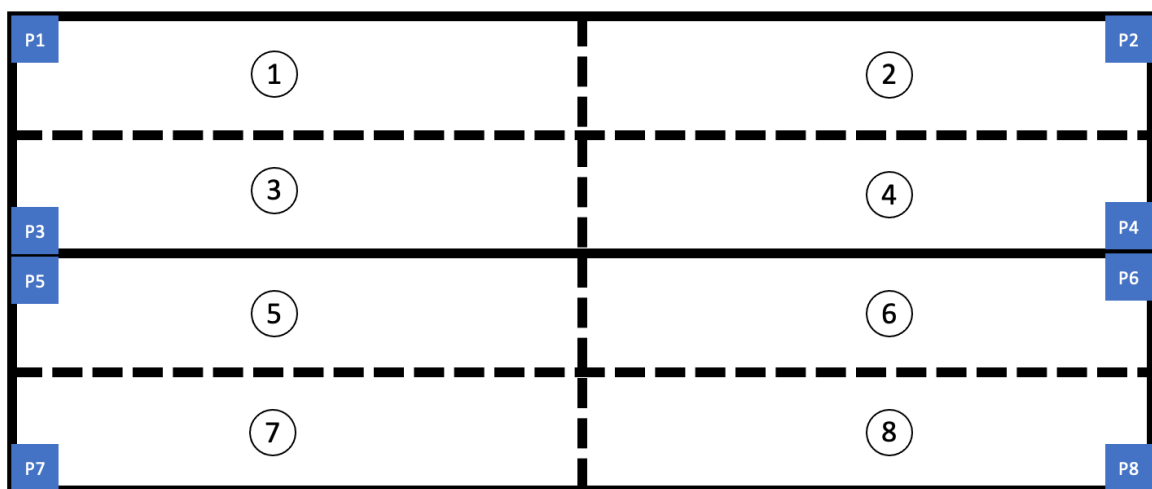


Figura 1. Esquema de la fonamentació de la planta baixa

### 1.1.1 Pes propi

#### PES PROPI DEL CONTENIDOR

Primer de tot, es calcularan les càrregues corresponents al pes del mateix contenidor. Degut a que cada contenidor té un pes de 3.800 kg, és a dir, 38 kN, es considera que aquest es distribueix d'igual manera en tota la seva superfície i per tant, la distribució de les càrregues serà la següent:

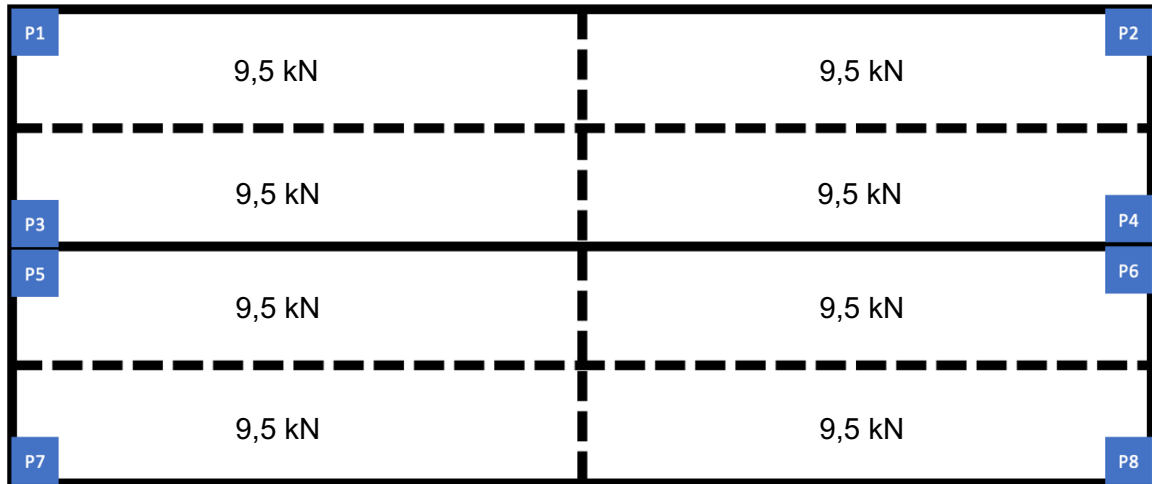


Figura 2. Distribució de les càrregues degudes al pes del contenidor – planta baixa

Tot seguit, es procedeix a estudiar les càrregues corresponents als elements constructius del paviment de l'habitatge. És a dir, s'haurà de tenir en compte el pes de tots els materials que component l'estructura del terra, és a dir, les planxes d'XPS, la capa de morter i l'enrajolat del terra. Per tal de facilitar els càlculs, es treballarà com si fos un únic element encara que s'han tingut en compte tots els pesos específics corresponents.

#### ELEMENTS CONSTRUCTIUS DEL TERRA

Taula 1. Càrregues degudes al pes dels elements constructius del terra – planta baixa

<b>PES ESPECÍFIC XPS</b>	0,018 kN/m <sup>2</sup>
<b>PES ESPECÍFIC MORTER</b>	0,14 kN/m <sup>2</sup>
<b>PES ESPECÍFIC RAJOLES</b>	0,8 kN/m <sup>2</sup>
<b>PES ESPECÍFIC TOTAL</b>	0,958 kN/m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE A RECOBRIR D'UN CONTENIDOR</b>	12 · 2,35 = 28,2 m <sup>2</sup>
<b>CÀRREGA</b>	27,0156 kN

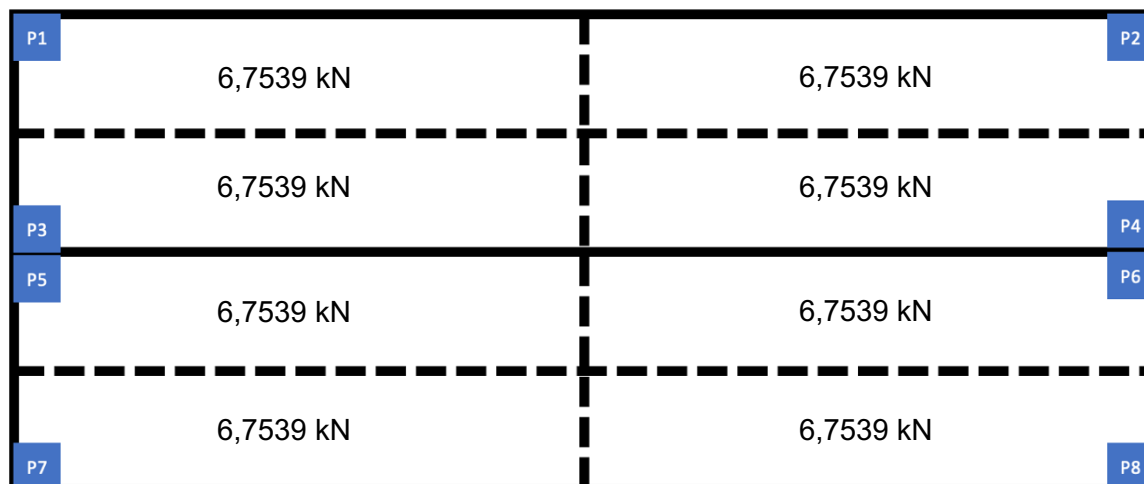


Figura 3. Distribució de les càrregues degudes als elements constructius del terra – planta baixa

A continuació, es procedeix a repetir el mateix procediment però pel cas de l'aïllament. Es tindran en compte totes les capes d'aïllament esmentades en la memòria a excepció de l'aïllant tèrmic reflexiu degut a que el seu gruix és molt petit i és un material amb molt baixa densitat i per tant, es consideren menyspreables les càrregues degudes al seu pes. Per tant, s'analitzarà el pes de la llana de roca tant en el cas dels tancaments de façana, de les particions interiors i del sostre.

### TANCAMENTS DE FAÇANA I PARTICIONS INTERIORS

Degut a la distribució de les estances i la col·locació de les portes i finestres no és la mateixa per a cadascuna de les seccions, caldrà estudiar-les i analitzar-les per separat. Tot i això, el pes per unitat de superfície de la llana de roca serà el mateix per a tots els casos.

Taula 2. Superfícies a aïllar de tancaments de façanes i particions interiors – planta baixa

<b>PES PER UNITAT DE SUPERFÍCIE</b>	<b>0,14 kN/m<sup>2</sup> (0,07 m de gruix)</b>
<b>SUPERFÍCIE 1 A RECOBRIR</b>	17,33 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 2 A RECOBRIR</b>	21,52 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 3 A RECOBRIR</b>	5,25 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 4 A RECOBRIR</b>	8,44 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 5 A RECOBRIR</b>	4,50 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 6 A RECOBRIR</b>	7,36 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 7 A RECOBRIR</b>	17,33 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 8 A RECOBRIR</b>	16,89 m <sup>2</sup>



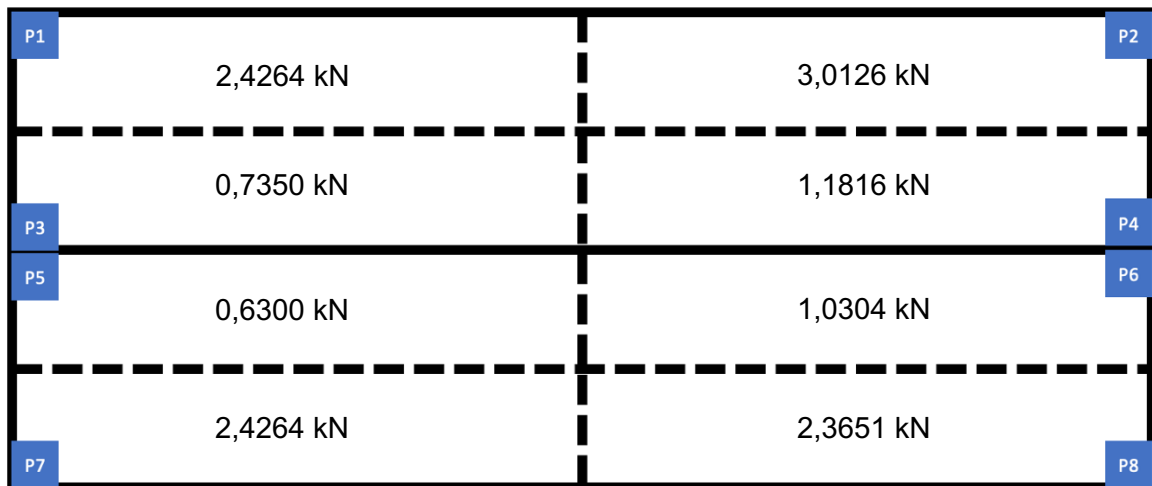


Figura 4. Distribució de les càrregues degudes al pes de l'aïllament dels tancaments de façana i particions interiors – planta baixa

## SOSTRE

Taula 3. Càrregues degudes al pes de l'aïllant del sostre – planta baixa

<b>PES PER UNITAT DE SUPERFÍCIE</b>	0,2 kN/m <sup>2</sup> (0,1 m de gruix)
<b>SUPERFÍCIE A RECOBRIR D'UN CONTENIDOR</b>	12 · 2,35 = 28,2 m <sup>2</sup>
<b>CÀRREGA</b>	5,64 kN

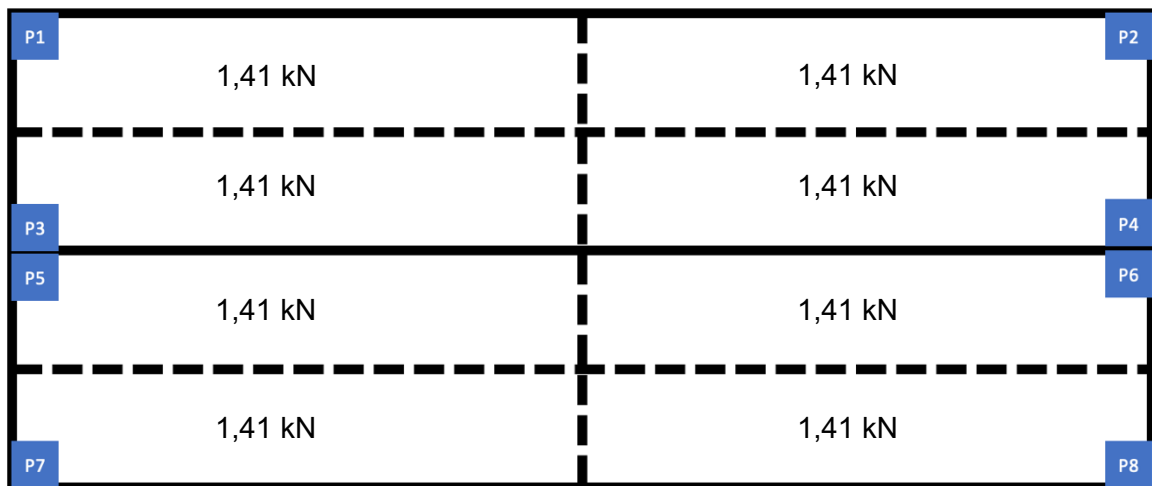


Figura 5. Distribució de les càrregues degudes al pes de l'aïllament del sostre – planta baixa

A continuació, es procedeix a repetir el mateix procediment que l'anterior però pel cas dels revestiments.

## TANCAMENTS DE FAÇANA I PARTICIONS INTERIORS

Cal destacar que en el cas dels tancaments de façana només es considerarà una superfície a recobrir mentre que pel cas de les particions interiors, s'ha de tenir en compte que hi haurà una placa de guix laminat a cadascun dels costats de la paret.

Taula 4. Superfícies a revestir de tancaments de façanes i particions interiors – planta baixa

<b>PES PER UNITAT DE SUPERFÍCIE</b>	0,087 kN/m <sup>2</sup> (0,0125 m de gruix)
<b>SUPERFÍCIE 1 A RECOBRIR</b>	20,02 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 2 A RECOBRIR</b>	26,89 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 3 A RECOBRIR</b>	7,56 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 4 A RECOBRIR</b>	13,94 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 5 A RECOBRIR</b>	6,06 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 6 A RECOBRIR</b>	11,79 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 7 A RECOBRIR</b>	20,02 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 8 A RECOBRIR</b>	19,12 m <sup>2</sup>

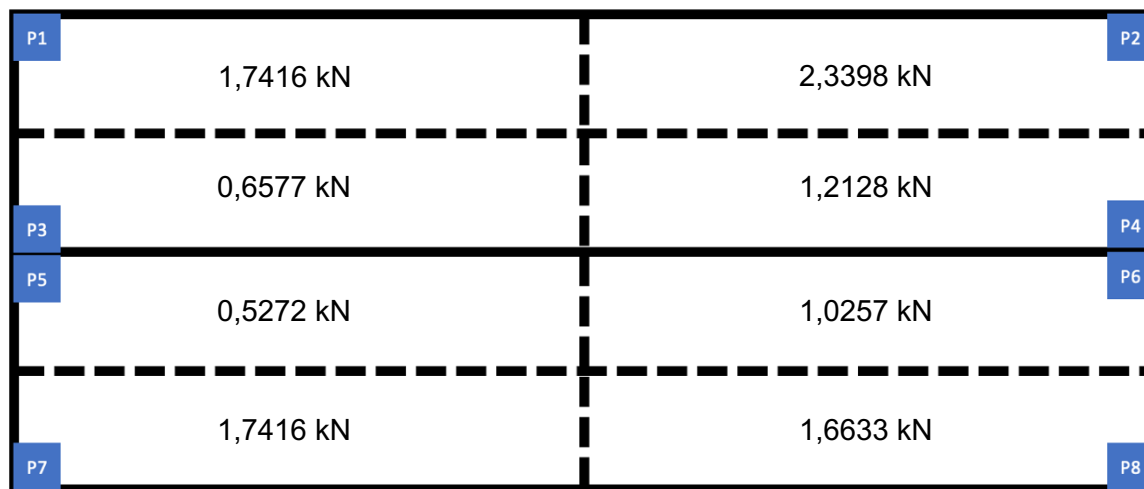


Figura 6. Distribució de les càrregues degudes al pes del revestiment dels tancaments de façana i particions interiors – planta baixa

## SOSTRE

Taula 5. Càrregues degudes al pes del revestiment del sostre – planta baixa

<b>PES PER UNITAT DE SUPERFÍCIE</b>	0,087 kN/m <sup>2</sup> (0,0125 m de gruix)
<b>SUPERFÍCIE A RECOBRIR D'UN CONTENIDOR</b>	12 · 2,35 = 28,2 m <sup>2</sup>
<b>CÀRREGA</b>	2,4534 kN

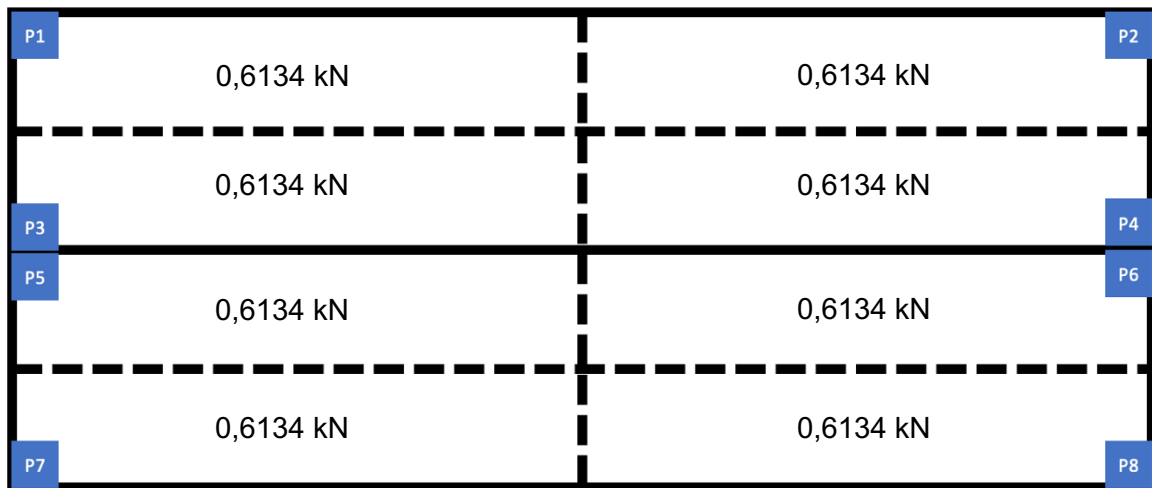


Figura 7. Distribució de les càrregues degudes al pes del revestiment del sostre – planta baixa

### 1.1.2 Sobrecàrrega d'ús

Pel que respecta a la sobrecàrrega d'ús, aquesta té un valor constant el qual depèn de la categoria d'ús de l'habitatge. Aquest valor es pot obtenir de la normativa del CTE ja esmentada.

En aquest cas, l'edifici a construir és un habitatge i per tant, forma part de la categoria "A zones residencials" i més com a subcategoria, és "A1 habitatges i zones d'habitacions en, hospitals i hotels". De la classificació esmentada, podem obtenir les següents dades:

Taula 6. Càrregues degudes a la sobrecàrrega d'ús – planta baixa

<b>CÀRREGA UNIFORME</b>	$2 \text{ kN/m}^2$
<b>SUPERFÍCIE A RECOBRIR D'UN CONTENIDOR</b>	$12 \cdot 2,35 = 28,2 \text{ m}^2$
<b>CÀRREGA</b>	$56,4 \text{ kN}$



Figura 8. Distribució de les càrregues degudes a la sobrecàrrega d'ús – planta baixa

### 1.1.3 Neu

En aquest apartat, es calcularà la càrrega generada pel pes de la neu. Cal tenir en compte que part de la coberta dels contenidors que conformen la planta baixa és on es col·loca el contenidor del primer pis i que per tant, la corresponent superfície no es tindrà en compte ja que no s'hi podrà dipositar la neu.

Per altra banda, també cal tenir present el requeriment descrit en la memòria, el qual estableix que l'habitatge es localitzarà, com a màxim, a una altitud de 1.000 metres. En conseqüència, el càlcul de les càrregues es durà a terme suposant aquesta cota d'altitud ja que suposarà el pitjor cas possible.

Segons la normativa del CTE, Catalunya forma part de la zona 2 i per una altitud màxima de 1.000 metres, la sobrecàrrega de neu a tenir en compte és:

Taula 7. Càrregues degudes a la neu – planta baixa

<b>SOBRECÀRREGA DE NEU</b>	$1,5 \text{ kN/m}^2$
<b>SUPERFÍCIE 1</b>	$6 \cdot 1,175 = 7,05 \text{ m}^2$
<b>SUPERFÍCIE 2</b>	$(0,825 + 2,825) \cdot 1,175 = 4,29 \text{ m}^2$
<b>SUPERFÍCIE 3</b>	$6 \cdot 1,175 = 7,05 \text{ m}^2$
<b>SUPERFÍCIE 4</b>	$(0,825 + 2,825) \cdot 1,175 = 4,29 \text{ m}^2$
<b>SUPERFÍCIE 5</b>	$6 \cdot 1,175 = 7,05 \text{ m}^2$
<b>SUPERFÍCIE 6</b>	$(0,825 + 2,825) \cdot 1,175 = 4,29 \text{ m}^2$
<b>SUPERFÍCIE 7</b>	$6 \cdot 1,175 = 7,05 \text{ m}^2$
<b>SUPERFÍCIE 8</b>	$(0,825 + 2,825) \cdot 1,175 = 4,29 \text{ m}^2$



Figura 9. Distribució de les càrregues degudes a la neu – planta baixa

### 1.1.4 Vent

Finalment, es calcularà la càrrega generada pel vent. En aquest cas, es farà servir la normativa NTE ECV, en canvi de la del CTE, pel tal de facilitar els càlculs. Segons aquesta normativa, Catalunya forma part de la zona X i Y i per tant, es farà l'estudi amb la que suposi unes condicions de vent més fortes per tal d'assegurar que en qualsevol cas, l'habitatge podria suportar la càrrega deguda al vent. Segons l'argument descrit, es treballarà amb la zona geogràfica Y:

Taula 8. Càrregues degudes al vent – planta baixa

<b>CÀRREGA TOTAL DE VENT</b>	0,66 kN/m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE CONTRA EL VENT</b>	4,7 · 2,5 = 11,75 m <sup>2</sup>
<b>ALÇADA SOBRE EL NIVELL DEL TERRA</b>	3 m
<b>CÀRREGA</b>	7,755 kN

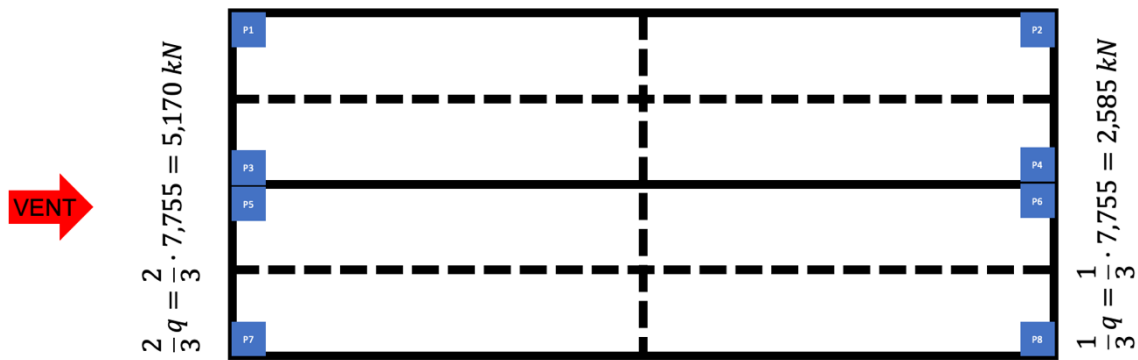


Figura 10. Càrrega total del vent sobre els edificis

Degut a la pressió a sobrevent i a sotavent anteriors, la distribució de càrregues degudes al vent queda de la següent manera. Cal destacar que aquestes no tenen un efecte directe en les fonamentacions ja que actuen contra les parets de l'habitatge provocant que aquest pugui lliscar en canvi d'exercir un esforç contra el terreny.

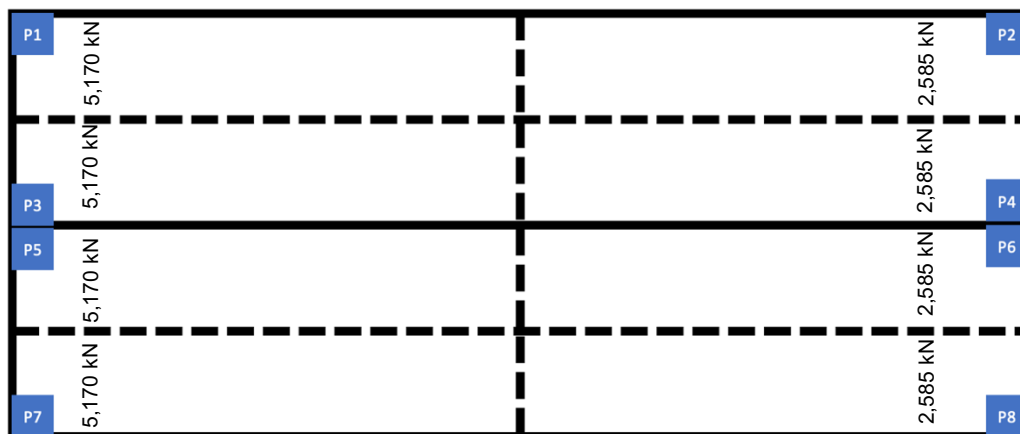


Figura 11. Distribució de les càrregues degudes al vent – planta baixa

## 1.2 Càlcul de les càrregues del primer pis

En aquest apartat, es calculen les càrregues del primer pis de l'habitatge. Degut a que aquest pis no està en contacte directe amb les fonamentacions, les càrregues es transmetran fins a aquestes mitjançant uns pilars. Aquests estaran disposats en les cantonades de la intersecció entre els dos pisos de l'habitatge, tal i com es mostra en la següent imatge.

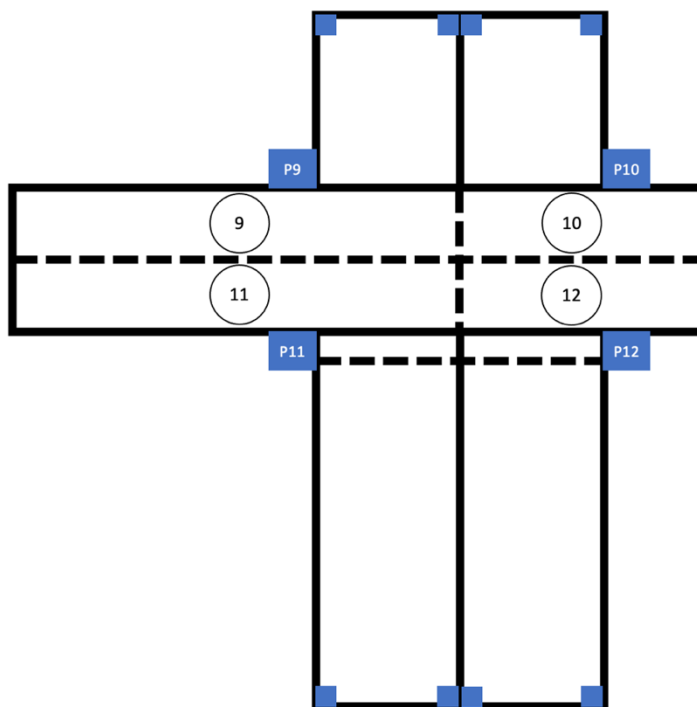


Figura 12. Esquema de la fonamentació del primer pis

### 1.2.1 Pes propi

#### PES PROPI DEL CONTENIDOR

Primer de tot, es calcularan les càrregues corresponents al pes del mateix contenidor. Degut a que cada contenidor té un pes de 3.800 kg, és a dir, 38 kN, es considera que aquest es distribueix d'igual manera en tota la seva superfície i per tant, la distribució de les càrregues serà la següent:

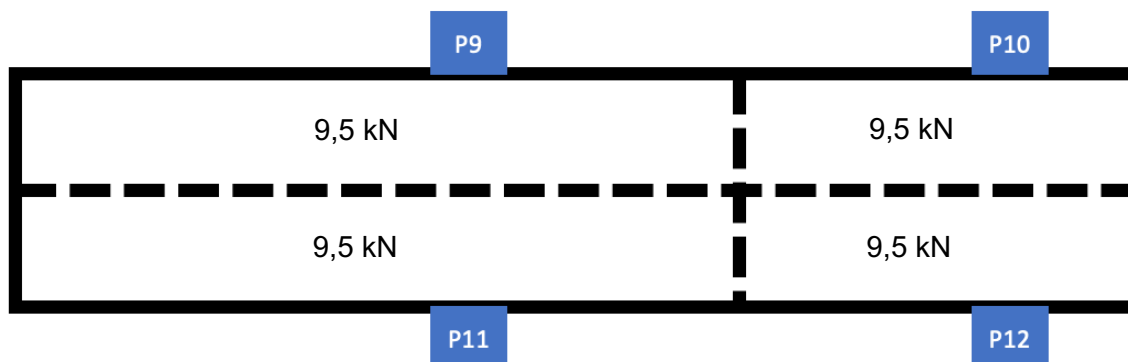


Figura 13. Distribució de les càrregues degudes al pes del contenidor – primer pis

Tot seguit, es procedeix a estudiar les càrregues corresponents als elements constructius del paviment de l'habitatge. És a dir, s'haurà de tenir en compte el pes de tots els materials que component l'estructura del terra, és a dir, les planxes d'XPS, la capa de morter i l'enrajolat del terra. Per tal de facilitar els càlculs, es treballarà com si fos un únic element encara que s'han tingut en compte tots els pesos específics corresponents.

### ELEMENTS CONSTRUCTIUS DEL TERRA

Taula 9. Càrregues degudes al pes dels elements constructius del terra – primer pis

<b>PES ESPECÍFIC XPS</b>	0,018 kN/m <sup>2</sup>
<b>PES ESPECÍFIC MORTER</b>	0,14 kN/m <sup>2</sup>
<b>PES ESPECÍFIC RAJOLES</b>	0,8 kN/m <sup>2</sup>
<b>PES ESPECÍFIC TOTAL</b>	0,958 kN/m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 9 I 11 A RECOBRIR</b>	7,65 · 1,175 = 8,9888 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 10 I 12 A RECOBRIR</b>	4,35 · 1,175 = 5,1113 m <sup>2</sup>

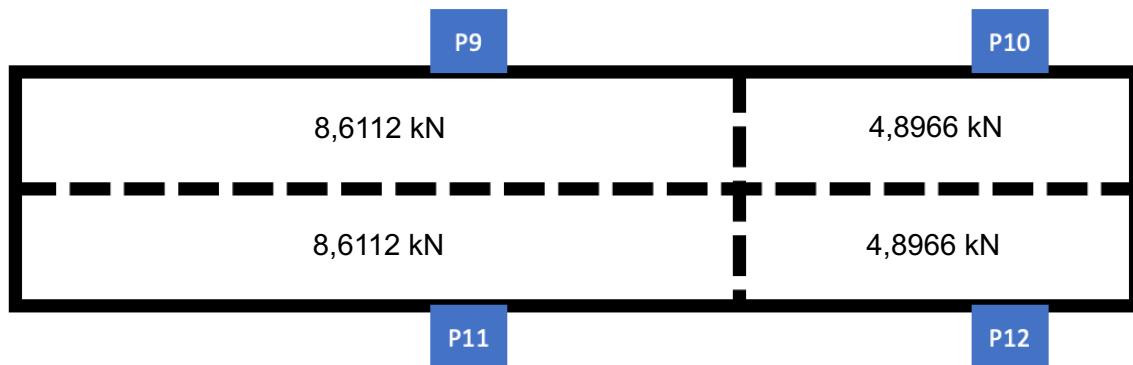


Figura 14. Distribució de les càrregues degudes al pes de l'XPS – primer pis

A continuació, es procedeix a repetir el mateix procediment però pel cas dels aïllament. Es tindran en compte totes les capes d'aïllament esmentades en la memòria a excepció de l'aïllant tèrmic reflexiu degut a que el seu gruix és molt petit i és un material amb molt baixa densitat i per tant, es consideren menyspreables les càrregues degudes al seu pes. Per tant, s'analitzarà el pes de la llana de roca tant en el cas dels tancaments de façana, de les particions interiors i del sostre.

### TANCAMENTS DE FAÇANA I PARTICIONS INTERIORS

Degut a la distribució de les estances i la col·locació de les portes i finestres no és la mateixa per a cadascuna de les seccions, caldrà estudiar-les i analitzar-les per separat. Tot i això, el pes per unitat de superfície de la llana de roca serà el mateix per a tots els casos.

Taula 10. Superfícies a aïllar de tancaments de façanes i particions interiors – primer pis

<b>PES PER UNITAT DE SUPERFÍCIE</b>	0,14 kN/m <sup>2</sup> (0,07 m de gruix)
<b>SUPERFÍCIE 9 A RECOBRIR</b>	24,5 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 10 A RECOBRIR</b>	15,3 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 11 A RECOBRIR</b>	18,3 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 12 A RECOBRIR</b>	14,6 m <sup>2</sup>

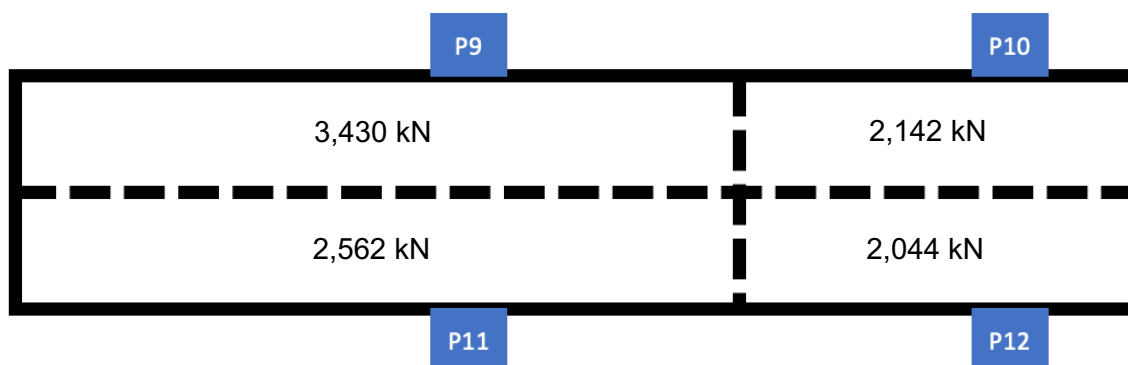


Figura 15. Distribució de les càrregues degudes al pes de l'aïllament dels tancaments de façana i particions interiors – primer pis

## SOSTRE

Taula 11. Càrregues degudes al pes de l'aïllant del sostre – primer pis

<b>PES PER UNITAT DE SUPERFÍCIE</b>	0,2 kN/m <sup>2</sup> (0,1 m de gruix)
<b>SUPERFÍCIE 9 I 11 A RECOBRIR</b>	7,65 · 1,175 = 8,9888 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 10 I 12 A RECOBRIR</b>	4,35 · 1,175 = 5,1113 m <sup>2</sup>

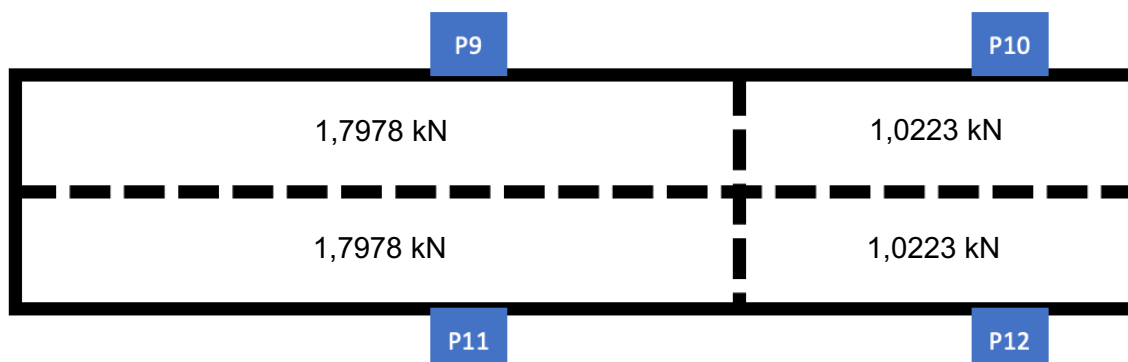


Figura 16. Distribució de les càrregues degudes al pes de l'aïllament del sostre – primer pis

A continuació, es procedeix a repetir el mateix procediment que l'anterior però pel cas dels revestiments.



## TANCAMENTS DE FAÇANA I PARTICIONS INTERIORS

Cal destacar que en el cas dels tancaments de façana només es considerarà un superfície a recobrir mentre que pel cas de les particions interiors, s'ha de tenir en compte que hi haurà una placa de guix laminat a cadascun dels costats de la paret.

Taula 12. Superfícies a revestir de tancaments de façanes i particions interiors – primer pis

<b>PES PER UNITAT DE SUPERFÍCIE</b>	0,087 kN/m <sup>2</sup> (0,0125 m de gruix)
<b>SUPERFÍCIE 9 A RECOBRIR</b>	27,1875 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 10 A RECOBRIR</b>	17,9875 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 11 A RECOBRIR</b>	19,3875 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 12 A RECOBRIR</b>	15,6875 m <sup>2</sup>

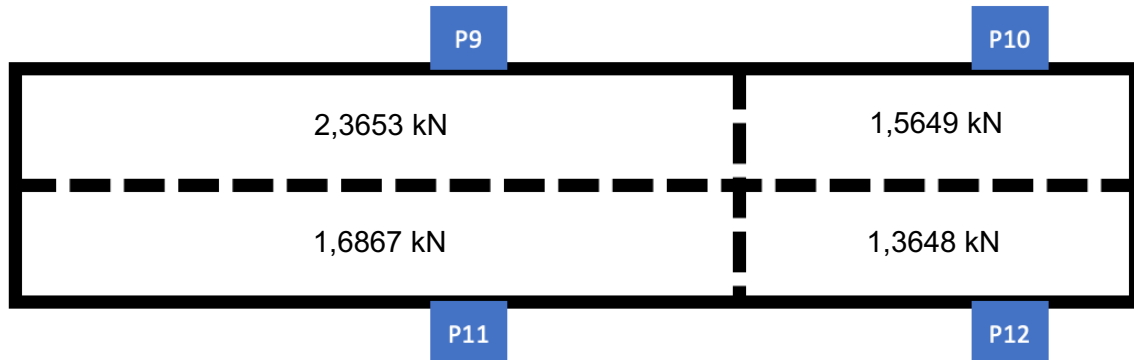


Figura 17. Distribució de les càrregues degudes al pes del revestiment dels tancaments de façana i particions interiors – primer pis

## SOSTRE

Taula 13. Càrregues degudes al pes del revestiment del sostre – primer pis

<b>PES PER UNITAT DE SUPERFÍCIE</b>	0,087 kN/m <sup>2</sup> (0,0125 m de gruix)
<b>SUPERFÍCIE 9 I 11 A RECOBRIR</b>	7,65 · 1,175 = 8,9888 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 10 I 12 A RECOBRIR</b>	4,35 · 1,175 = 5,1113 m <sup>2</sup>

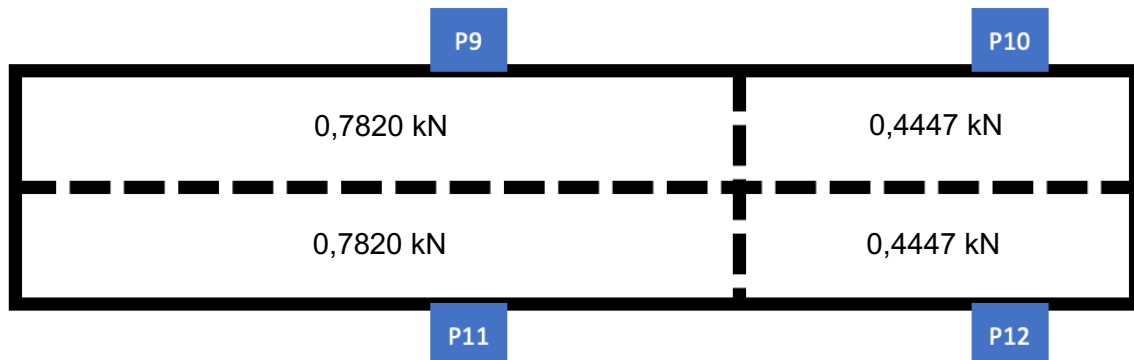


Figura 18. Distribució de les càrregues degudes al pes del revestiment del sostre – primer pis

### 1.2.2 Sobrecàrrega d'ús

Pel que respecta a la sobrecàrrega d'ús, aquesta té un valor constant el qual depèn de la categoria d'ús de l'habitatge. Aquest valor es pot obtenir de la normativa del CTE ja esmentada.

En aquest cas, l'edifici a construir és un habitatge i per tant, forma part de la categoria "A zones residencials" i més com a subcategoria, és "A1 habitatges i zones d'habitacions en, hospitals i hotels". De la classificació esmentada, podem obtenir les següents dades:

Taula 14. Càrregues degudes a la sobrecàrrega d'ús – primer pis

<b>CÀRREGA UNIFORME</b>	$2 \text{ kN/m}^2$
<b>SUPERFÍCIE 9 I 11 A RECOBRIR</b>	$7,65 \cdot 1,175 = 8,9888 \text{ m}^2$
<b>SUPERFÍCIE 10 I 12 A RECOBRIR</b>	$4,35 \cdot 1,175 = 5,1113 \text{ m}^2$

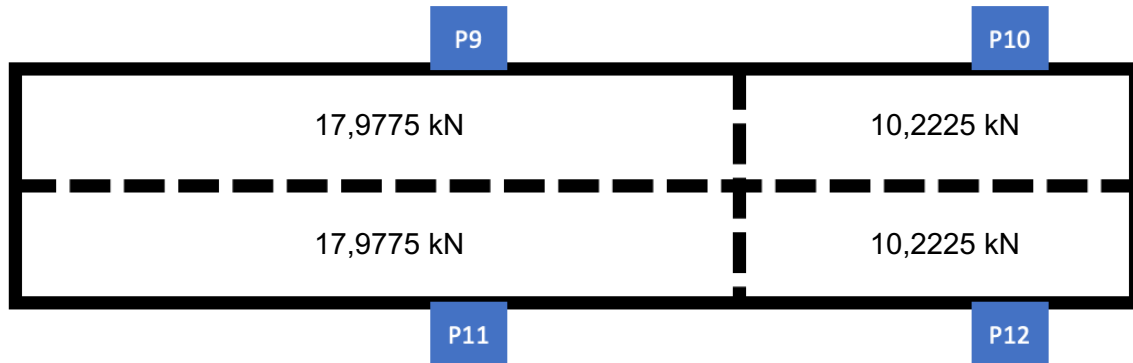


Figura 19. Distribució de les càrregues degudes a la sobrecàrrega d'ús – primer pis

### 1.2.3 Neu

En aquest apartat, es calcularà la càrrega generada pel pes de la neu. Cal tenir en compte que part de la coberta dels contenidors que conformen la planta baixa és on es col·loca el contenidor del primer pis i que per tant, la corresponent superfície no es tindrà en compte ja que no s'hi podrà dipositar la neu.

Per altra banda, també cal tenir present el requeriment descrit en la memòria, el qual estableix que l'habitatge es localitzarà, com a màxim, a una altitud de 1.000 metres. En conseqüència, el càlcul de les càrregues es durà a terme suposant aquesta cota d'altitud ja que suposarà el pitjor cas possible.

Segons la normativa del CTE, Catalunya forma part de la zona 2 i per una altitud màxima de 1.000 metres, la sobrecàrrega de neu a tenir en compte és:

Taula 15. Càrregues degudes a la neu – primer pis

<b>SOBRECÀRREGA DE NEU</b>	$1,5 \text{ kN/m}^2$
<b>SUPERFÍCIE 9 I 11 A RECOBRIR</b>	$7,65 \cdot 1,175 = 8,9888 \text{ m}^2$
<b>SUPERFÍCIE 10 I 12 A RECOBRIR</b>	$4,35 \cdot 1,175 = 5,1113 \text{ m}^2$

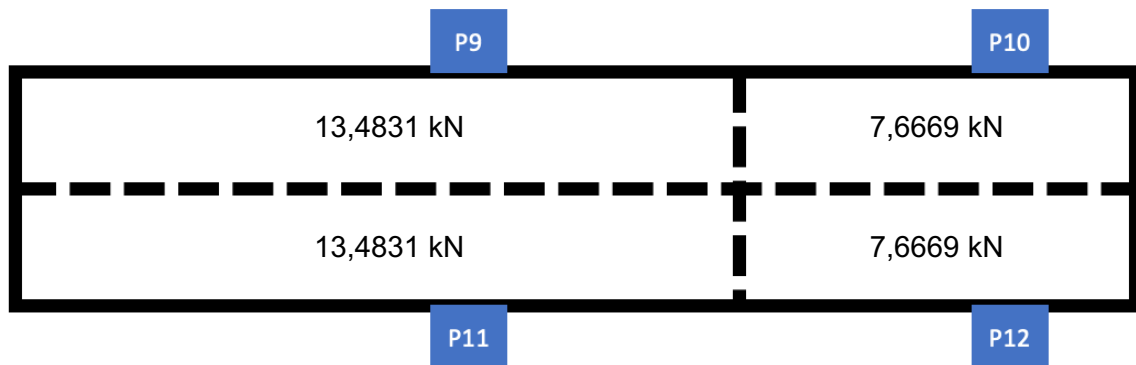


Figura 20. Distribució de les càrregues degudes a la neu – primer pis

### 1.2.4 Vent

Finalment, es calcularà la càrrega generada pel vent. En aquest cas, es farà servir la normativa NTE ECV, en canvi de la del CTE, pel tal de facilitar els càlculs. Segons aquesta normativa, Catalunya forma part de la zona X i Y i per tant, es farà l'estudi amb la que suposi unes condicions de vent més fortes per tal d'assegurar que en qualsevol cas, l'habitatge podria suportar la càrrega deguda al vent. Segons l'argument descrit, es treballarà amb la zona geogràfica Y:

Taula 16. Càrregues degudes al vent – primer pis

<b>CÀRREGA TOTAL DE VENT</b>	0,74 kN/m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE CONTRA EL VENT</b>	12 · 2,5 = 30 m <sup>2</sup>
<b>ALÇADA SOBRE EL NIVELL DEL TERRA</b>	6 m
<b>CÀRREGA</b>	22,2 kN

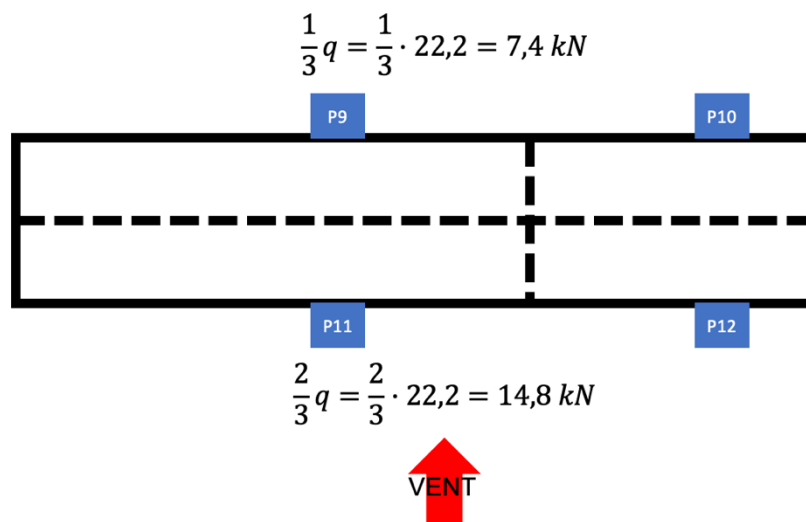


Figura 21. Càrrega total del vent sobre els edificis – primer pis

Degut a la pressió a sobrent i a sotavent anteriors, la distribució de càrregues degudes al vent queda de la següent manera.

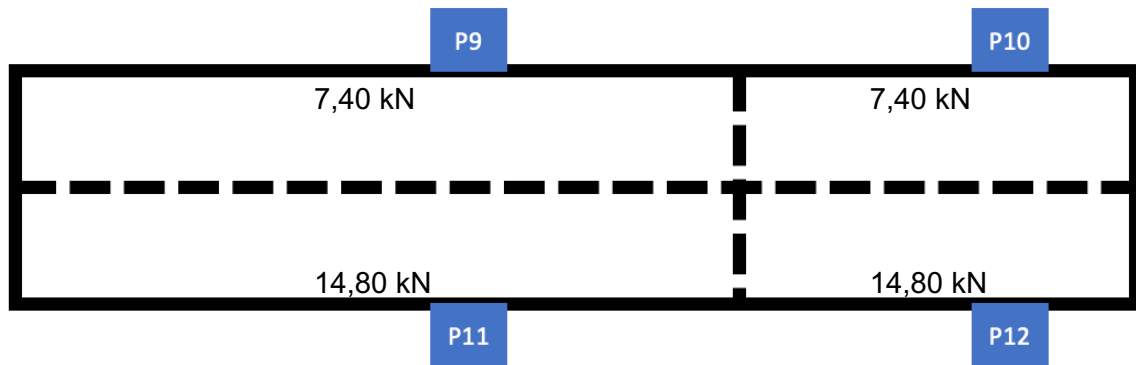


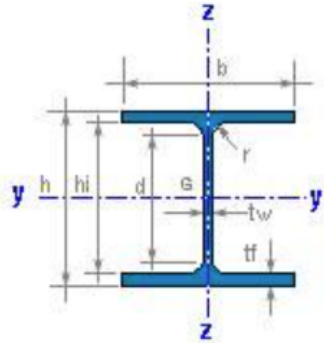
Figura 22. Distribució de les càrregues degudes al vent – primer pis

## 2 Dimensionament dels pilars de reforç

Aquest apartat està destinat a la realització dels càlculs que permetran verificar que els pilars HEB 140 seran capaços de suportar les càrregues del contenidor que conforma el primer pis de l'habitatge.

Primer de tot, es presenta una taula amb les principals dades d'aquesta tipologia de perfil.

Taula 17. Dades sobre el perfil HEB 140

	$h = 140 \text{ mm}$	$r = 12 \text{ mm}$
	$b = 140 \text{ mm}$	$d = 92 \text{ mm}$
	$tw = 7 \text{ mm}$	$hi = 116 \text{ mm}$
	$tf = 12 \text{ mm}$	$f_y = 275 \text{ N/mm}^2$
	$A = 43 \text{ cm}^2$	$M = 33,7 \text{ kg/m}$
	$I_{yy} = 1509 \text{ cm}^4$	$I_{zz} = 550 \text{ cm}^4$

Un cop conegudes les característiques del perfil, es procedeix a realitzar els càlculs.

Aquests pilars treballaran a compressió simple i per tant, caldrà analitzar la resistència plàstica i la resistència a vinclament dels pilars i la menor d'ambdues, serà la que s'haurà de comparar amb les càrregues del contenidor per tal de determinar si les suportaran o no.

A continuació, es procedeix a calcular la resistència plàstica:

$$N_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{MO}}$$

On  $A$  representa la secció del perfil,  $f_y$  és el límit elàstic i  $\gamma_{MO}$  és el coeficient de seguretat. Si es substitueixen els valors en l'equació anterior, s'obté el següent valor de resistència plàstica:

$$N_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{MO}} = 43 \cdot 10^2 \cdot \frac{275}{1,05} = 1.126.190,476 \text{ N}$$

Tot seguit, es procedeix a calcular la resistència a vinclament:

$$N_b = \frac{\chi_{min} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

On  $\chi_{min}$  representa el coeficient reductor per vinclament,  $A$  és la secció del perfil,  $f_y$  és el límit elàstic i  $\gamma_{MO}$  és el coeficient de seguretat.

Abans de calcular la resistència a vinclament, prèviament cal calcular els termes de l'expressió que són desconeguts.

Primerament, cal calcular la longitud de vinclament,  $L_k$ , la qual és equivalent a la distància entre punts d'inflexió de la deformació de vinclament. El seu valor s'obté com el producte entre la longitud real de la barra,  $L$ , pel coeficient  $\beta$ , el valor del qual depèn de les condicions d'enllaç de la barra. En aquest cas, el coeficient  $\beta = 2$  ja que el contenidor està en voladís. Addicionalment, caldrà calcular la longitud de vinclament pels dos possibles plans de vinclament.

$$L_k = L \cdot \beta$$

Pel vinclament perpendicular a l'eix y, obtenim el següent:

$$L_{k,y} = L \cdot \beta = 2,7 \cdot 2 = 5,40 \text{ m}$$

Pel vinclament perpendicular a l'eix z, obtenim el següent:

$$L_{k,z} = L \cdot \beta = 2,7 \cdot 2 = 5,40 \text{ m}$$

Tot seguit, cal calcular l'esveltesa mecànica, la qual representa el coeficient entre la longitud de vinclament,  $L_k$ , i el radi de gir,  $i$ :

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

El radi de gir es troba mitjançant la següent expressió:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}}$$

Pel cas dels dos eixos obtenim el següent:

$$i_y = \sqrt{\frac{I_{yy}}{A}} = \sqrt{\frac{1509}{43}} = 5,923 \text{ cm} \quad i_z = \sqrt{\frac{I_{zz}}{A}} = \sqrt{\frac{550}{43}} = 3,576 \text{ cm}$$

Per tal de trobar l'esveltesa mecànica, cal estudiar els dos possibles plans de vinclament.

Pel vinclament perpendicular a l'eix y, obtenim el següent:

$$\lambda_y = \frac{L_{k,y}}{i_y} = \frac{5,40}{5,923 \cdot 10^{-2}} = 91,17$$

Pel vinclament perpendicular a l'eix z, obtenim el següent:

$$\lambda_z = \frac{L_{k,z}}{i_z} = \frac{5,40}{3,576 \cdot 10^{-2}} = 151,01$$

A continuació, cal estudiar l'esveltesa reduïda, la qual és el quocient entre l'esveltesa mecànica i l'esveltesa límit del material que, en el cas de l'acer S275 és 86,8.

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_R}$$

Igual que en els casos anteriors, analitzem els dos possibles plans de vinclament.

Pel vinclament perpendicular a l'eix y, obtenim el següent:

$$\bar{\lambda}_y = \frac{\lambda_y}{\lambda_R} = \frac{91,17}{86,8} = 1,05$$

Pel vinclament perpendicular a l'eix z, obtenim el següent:

$$\bar{\lambda}_z = \frac{\lambda_z}{\lambda_R} = \frac{151,01}{86,8} = 1,74$$

Tot seguit, cal fer servir la normativa del CTE per tal de conèixer quina corba de vinclament cal emprar en cada cas. Aquesta corba permetrà obtenir el valor del coeficient reductor de vinclament. La normativa a utilitzar és el DB-SE-A, és a dir, el document bàsic sobre la seguretat estructural de l'acer (1).

De la taula 6.2 de la normativa esmentada, obtenim que pel vinclament perpendicular a l'eix y, la corba és la "a" i per l'eix z, és la corba "b".

De la taula 6.3 de la normativa esmentada, obtenim que pel vinclament perpendicular a l'eix y, el coeficient reductor és 0,6 i per l'eix z, és de 0,25.

$$\left. \begin{array}{l} \chi_y = 0,6 \\ \chi_z = 0,25 \end{array} \right\} \chi_{min} = 0,25$$

Un cop trobats tots els termes necessaris, ja es pot trobar el valor de la resistència a vinclament:

$$N_b = \frac{\chi_{min} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,25 \cdot 43 \cdot 10^2 \cdot 275}{1,05} = 281.547,619 \text{ N}$$

Tal i com es pot observar, el valor de la resistència a vinclament és menor al de la resistència plàstica i per tant, serà aquest valor el que compararem amb les càrregues del primer pis.

De l'apartat anterior, podem obtenir el valor de les càrregues totals que han de suportar els pilars, els quals es resumeixen en la següent taula.

Taula 18. Resum de les càrregues del primer pis

<b>CÀRREGA P9</b>	57.946,93 N	<b>CÀRREGA P11</b>	56.400,33 N
<b>CÀRREGA P10</b>	37.459,79 N	<b>CÀRREGA P12</b>	37.161,69 N

Tal i com es pot observar, la càrrega màxima que suporten els pilars HEB 140 és sempre major a les càrregues calculades per a cada pilar i per tant, els pilars seleccionats són els adients.

### 3 Dimensionament dels muntants de reforç

Aquest apartat està destinat a la realització dels càlculs que permetran verificar que els muntants de secció quadrada de 6x6 centímetres i 3 mil·límetres de gruix seran capaços de suportar les càrregues dels contenidors que conformen la planta baixa de l'habitatge que, degut a l'eliminació d'una de les parets per tal d'obtenir un espai diàfan, ha estat necessari afegir uns muntants de reforç.

#### 3.1 Càlcul de càrregues

Primer de tot, es faran els càlculs de les càrregues corresponents a cada àrea tributària.

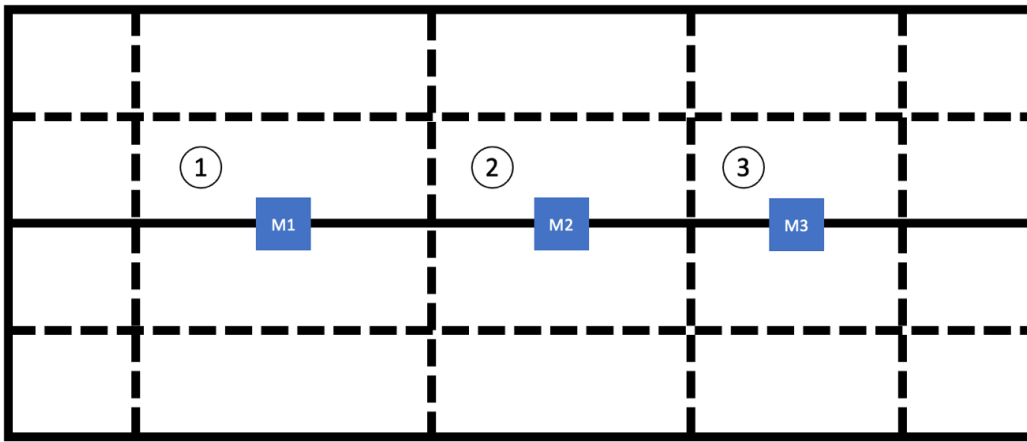


Figura 23. Esquema àrees tributàries de la planta baixa

##### 3.1.1 Pes propi

###### PES PROPI DEL CONTENIDOR

Primer de tot, es calcularan les càrregues corresponents al pes del mateix contenidor. Degut a que cada contenidor té un pes de 3.800 kg, és a dir, 38 kN, es farà l'aproximació que aquest es distribueix d'igual manera en tota la seva superfície i per tant, la distribució de les càrregues serà la següent:

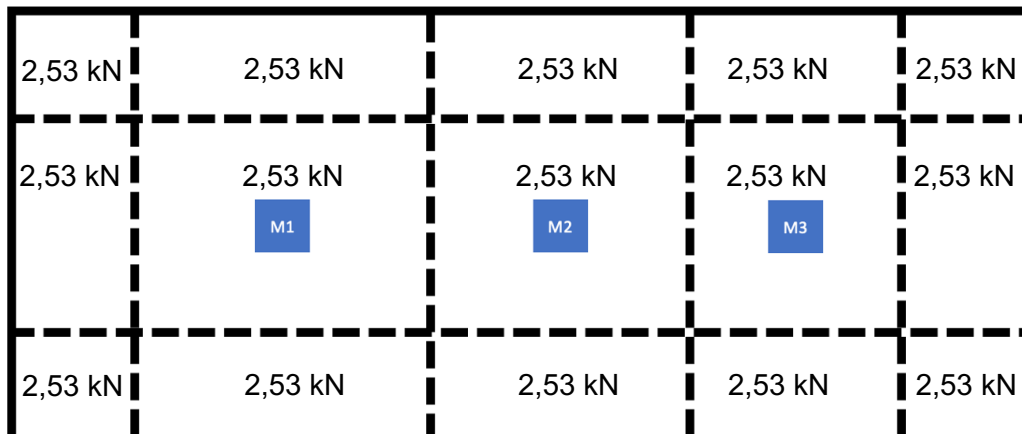


Figura 24. Distribució de les càrregues degudes al pes del contenidor



Tot seguit, es procedeix a estudiar les càrregues corresponents als elements constructius del paviment de l'habitatge. És a dir, s'haurà de tenir en compte el pes de tots els materials que component l'estructura del terra, és a dir, les planxes d'XPS, la capa de morter i l'enrajolat del terra. Per tal de facilitar els càlculs, es treballarà com si fos un únic element encara que s'han tingut en compte tots els pesos específics corresponents.

### ELEMENTS CONSTRUCTIUS DEL TERRA

Taula 19. Càrregues degudes al pes dels elements constructius del terra

<b>PES ESPECÍFIC XPS</b>	0,018 kN/m <sup>2</sup>
<b>PES ESPECÍFIC MORTER</b>	0,14 kN/m <sup>2</sup>
<b>PES ESPECÍFIC RAJOLES</b>	0,8 kN/m <sup>2</sup>
<b>PES ESPECÍFIC TOTAL</b>	0,958 kN/m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 1</b>	3,475 · 2,35 = 8,166 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 2</b>	3,035 · 2,35 = 7,132 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 3</b>	2,475 · 2,35 = 5,816 m <sup>2</sup>

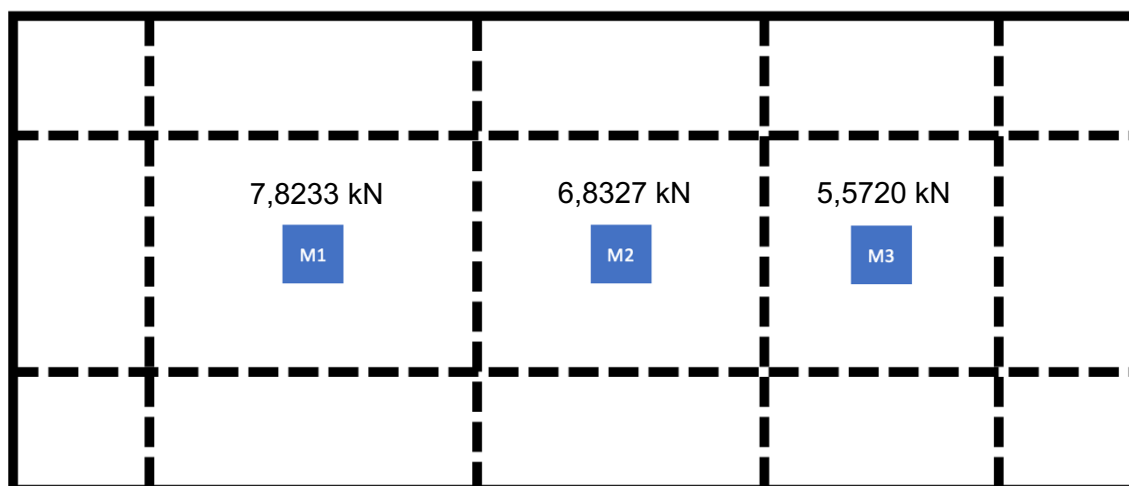


Figura 25. Distribució de les càrregues degudes als elements constructius del terra

A continuació, es procedeix a repetir el mateix procediment però pel cas de l'aïllament. Es tindran en compte totes les capes d'aïllament esmentades en la memòria a excepció de l'aïllant tèrmic reflexiu degut a que el seu gruix és molt petit i és un material amb molt baixa densitat i per tant, es consideren menyspreables les càrregues degudes al seu pes. Per tant, s'analitzarà el pes de la llana de roca tant en el cas dels tancaments de façana, de les particions interiors i del sostre.

### TANCAMENTS DE FAÇANA I PARTICIONS INTERIORS

Degut a la distribució de les estances i la col·locació de les portes i finestres no és la mateixa per a cadascuna de les seccions, caldrà estudiar-les i analitzar-les per separat. Tot i això, el pes per unitat de superfície de la llana de roca serà el mateix per a tots els casos.

Taula 20. Superfícies a aïllar de tancaments de façanes i particions

<b>PES PER UNITAT DE SUPERFÍCIE</b>	0,15 kN/m <sup>2</sup> (0,075 m de gruix)
<b>SUPERFÍCIE 1 A RECOBRIR</b>	4,275 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 2 A RECOBRIR</b>	3,350 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 3 A RECOBRIR</b>	6,400 m <sup>2</sup>

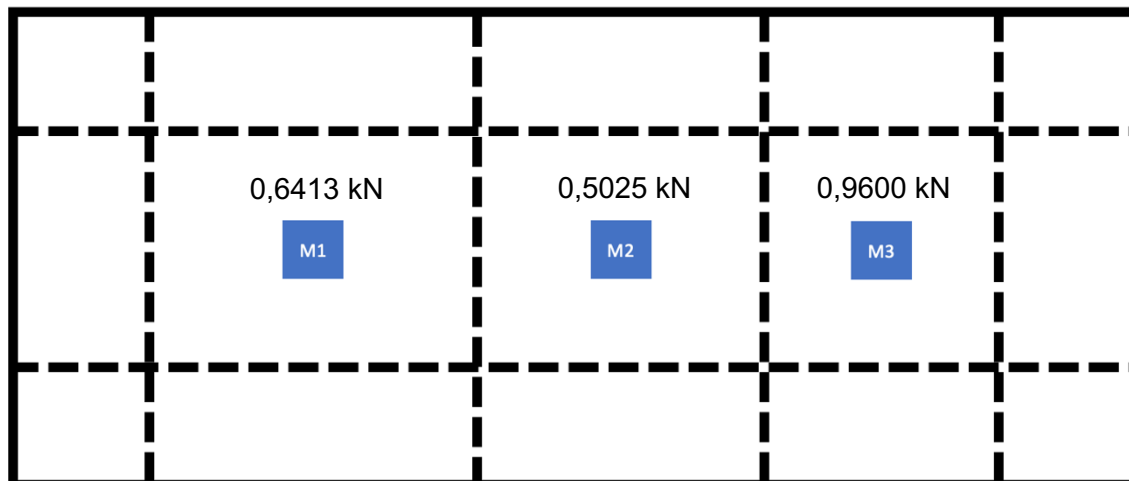


Figura 26. Distribució de les càrregues degudes al pes de l'aïllament dels tancaments de façana i particions interiors

## SOSTRE

Taula 21. Càrregues degudes al pes de l'aïllant del sostre

<b>PES PER UNITAT DE SUPERFÍCIE</b>	0,2 kN/m <sup>2</sup> (0,1 m de gruix)
<b>SUPERFÍCIE 1 A RECOBRIR</b>	8,166 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 2 A RECOBRIR</b>	7,132 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 3 A RECOBRIR</b>	5,816 m <sup>2</sup>

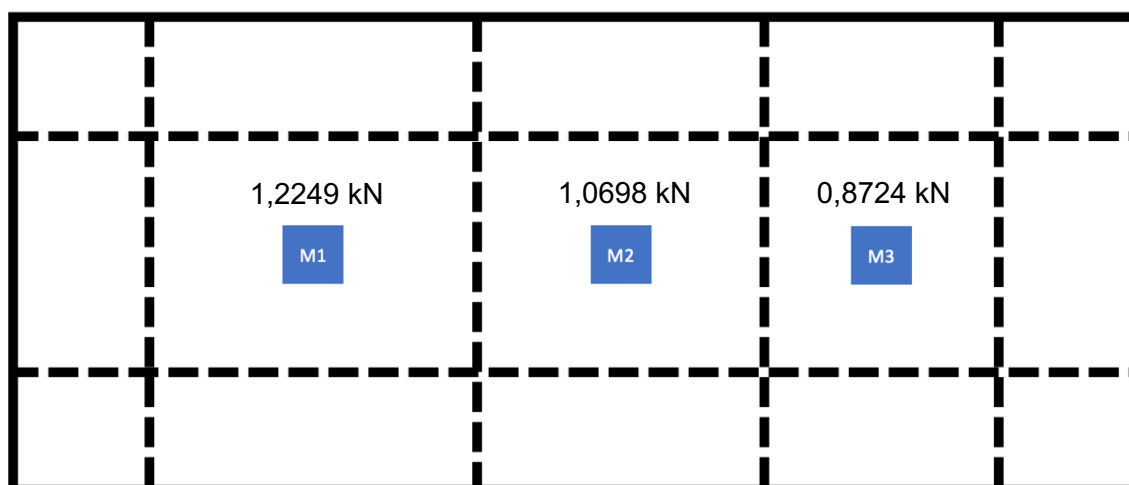


Figura 27. Distribució de les càrregues degudes al pes de l'aïllament del sostre

A continuació, es procedeix a repetir el mateix procediment que l'anterior però pel cas dels revestiments.

### TANCAMENTS DE FAÇANA I PARTICIONS INTERIORS

Cal destacar que en el cas dels tancaments de façana només es considerarà un superfície a recobrir mentre que pel cas de les particions interiors, s'ha de tenir en compte que hi haurà una placa de guix laminat a cadascun dels costats de la paret.

Taula 22. Superfícies a revestir de tancaments de façanes i particions interiors

<b>PES PER UNITAT DE SUPERFÍCIE</b>	0,087 kN/m <sup>2</sup> (0,0125 m de gruix)
<b>SUPERFÍCIE 1 A RECOBRIR</b>	8,550 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 2 A RECOBRIR</b>	6,700 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 3 A RECOBRIR</b>	12,800 m <sup>2</sup>

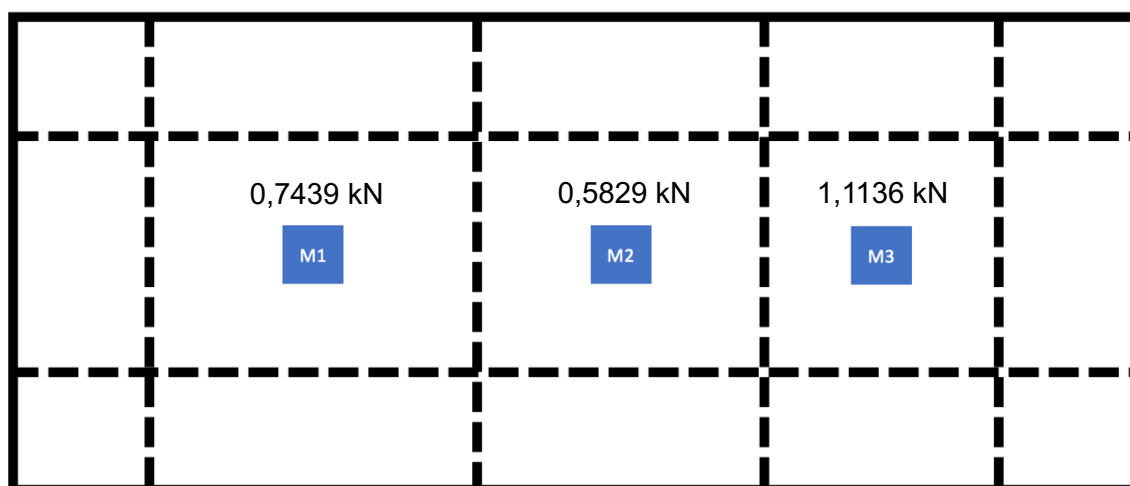


Figura 28. Distribució de les càrregues degudes al pes del revestiment dels tancaments de façana i particions interiors

### SOSTRE

Taula 23. Càrregues degudes al pes del revestiment del sostre

<b>PES PER UNITAT DE SUPERFÍCIE</b>	0,087 kN/m <sup>2</sup> (0,0125 m de gruix)
<b>SUPERFÍCIE 1 A RECOBRIR</b>	8,166 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 2 A RECOBRIR</b>	7,132 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 3 A RECOBRIR</b>	5,816 m <sup>2</sup>

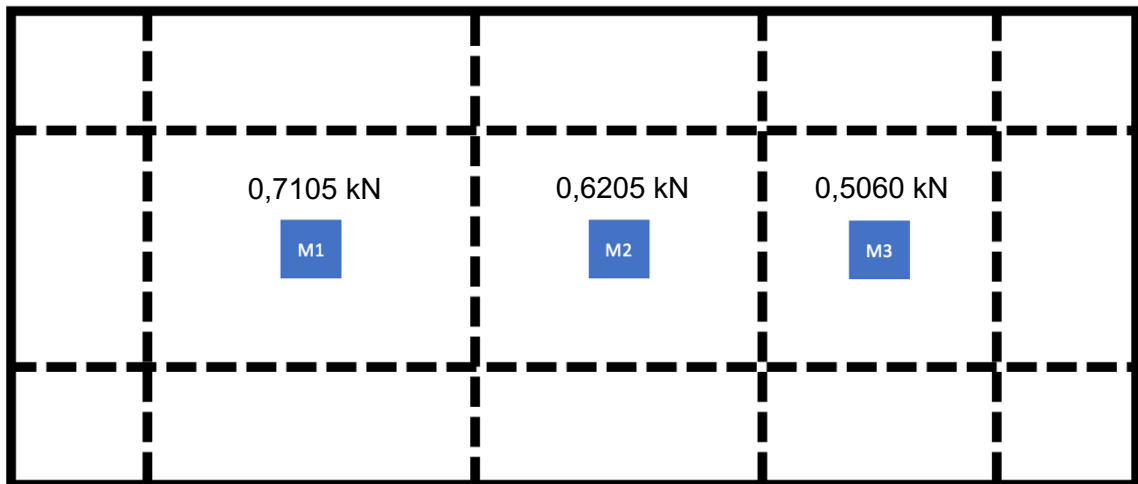


Figura 29. Distribució de les càrregues degudes al pes del revestiment del sostre – planta baixa

### 3.1.2 Sobrecàrrega d'ús

Pel que respecta a la sobrecàrrega d'ús, aquesta té un valor constant el qual depèn de la categoria d'ús de l'habitatge. Aquest valor es pot obtenir de la normativa del CTE ja esmentada.

En aquest cas, l'edifici a construir és un habitatge i per tant, forma part de la categoria "A zones residencials" i més com a subcategoria, és "A1 habitatges i zones d'habitacions en, hospitals i hotels". De la classificació esmentada, podem obtenir les següents dades:

Taula 24. Càrregues degudes a la sobrecàrrega d'ús

<b>CÀRREGA UNIFORME</b>	$2 \text{ kN/m}^2$
<b>SUPERFÍCIE 1 A RECOBRIR</b>	$8,166 \text{ m}^2$
<b>SUPERFÍCIE 2 A RECOBRIR</b>	$7,132 \text{ m}^2$
<b>SUPERFÍCIE 3 A RECOBRIR</b>	$5,816 \text{ m}^2$

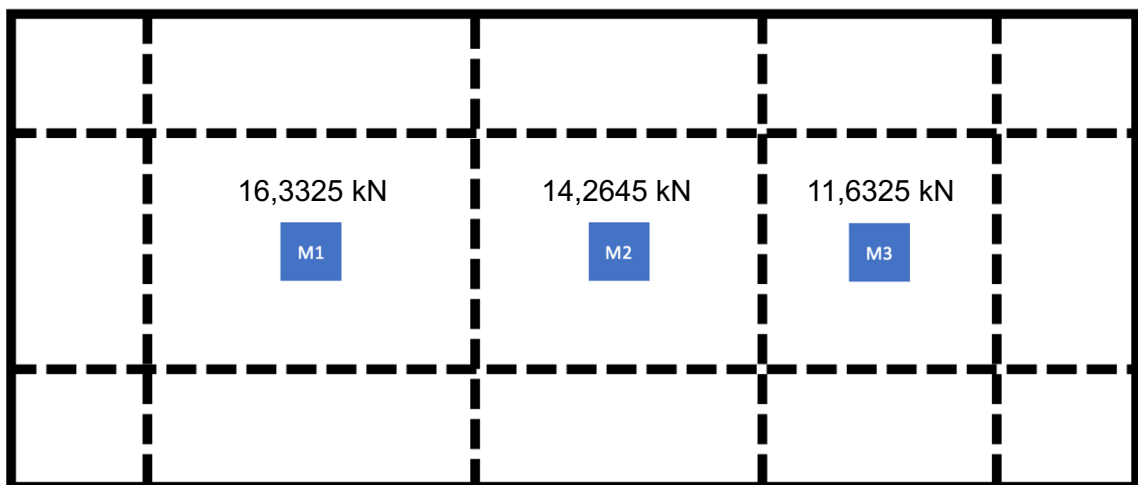


Figura 30. Distribució de les càrregues degudes a la sobrecàrrega d'ús

### 3.1.3 Neu

En aquest apartat, es calcularà la càrrega generada pel pes de la neu. Cal tenir en compte que part de la coberta dels contenidors que conformen la planta baixa és on es col·loca el contenidor del primer pis i que per tant, la corresponent superfície no es tindrà en compte ja que no s'hi podrà dipositar la neu.

Per altra banda, també cal tenir present el requeriment descrit en la memòria, el qual estableix que l'habitatge es localitzarà, com a màxim, a una altitud de 1.000 metres. En conseqüència, el càlcul de les càrregues es durà a terme suposant aquesta cota d'altitud ja que suposarà el pitjor cas possible.

Segons la normativa del CTE, Catalunya forma part de la zona 2 i per una altitud màxima de 1.000 metres, la sobrecàrrega de neu a tenir en compte és:

Taula 25. Càrregues degudes a la neu

<b>SOBRECÀRREGA DE NEU</b>	1,5 kN/m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 1</b>	3,475 · 2,35 = 8,166 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 2</b>	1,825 · 2,35 = 4,289 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 3</b>	1,335 · 2,35 = 3,137 m <sup>2</sup>

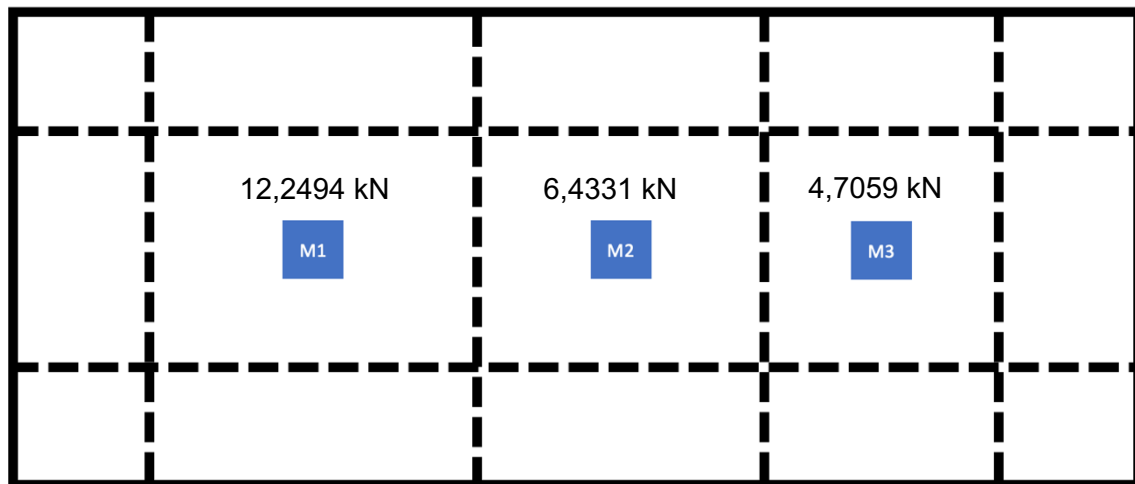
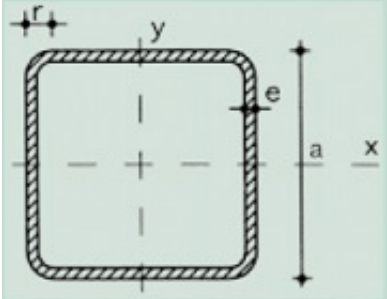


Figura 31. Distribució de les càrregues degudes a la neu

### 3.2 Verificació estructural del muntant

Un cop calculades les càrregues que hauran de suportar els muntants de secció quadrada de 6x6 centímetres i 3 mil·límetres de gruix, es presenta una taula amb les principals dades d'aquesta tipologia de perfil.

Taula 26. Dades sobre el muntant de paret prima

	$a = 60 \text{ mm}$	$A = 6,53 \text{ cm}^2$
	$e = 3 \text{ mm}$	$I = 34,4 \text{ cm}^4$

Un cop conegudes les característiques del perfil, es procedeix a realitzar els càlculs.

Aquests pilars treballaran a compressió simple i per tant, caldrà analitzar la resistència plàstica i la resistència a vinclament dels pilars i la menor d'ambdues, serà la que s'haurà de comparar amb les càrregues del contenidor per tal de determinar si les suportaran o no.

A continuació, es procedeix a calcular la resistència plàstica:

$$N_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{MO}}$$

On  $A$  representa la secció del perfil,  $f_y$  és el límit elàstic i  $\gamma_{MO}$  és el coeficient de seguretat. Si es substitueixen els valors en l'equació anterior, s'obté el següent valor de resistència plàstica:

$$N_{pl,Rd} = A \cdot \frac{f_y}{\gamma_{MO}} = 6,53 \cdot 10^2 \cdot \frac{275}{1,05} = 171.023,81 \text{ N}$$

Tot seguit, es procedeix a calcular la resistència a vinclament:

$$N_b = \frac{\chi_{min} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}}$$

On  $\chi_{min}$  representa el coeficient reductor per vinclament,  $A$  és la secció del perfil,  $f_y$  és el límit elàstic i  $\gamma_{MO}$  és el coeficient de seguretat.

Abans de calcular la resistència a vinclament, prèviament cal calcular els termes de l'expressió que són desconeguts.

Primerament, cal calcular la longitud de vinclament,  $L_k$ , la qual és equivalent a la distància entre punts d'inflexió de la deformació de vinclament. El seu valor s'obté com el producte entre la longitud real de la barra,  $L$ , pel coeficient  $\beta$ , el valor del qual depèn de les condicions d'enllaç de la barra. En aquest cas, el coeficient  $\beta = 1$  ja que és una vinculació articulada en ambdós extrems. En aquest cas, no caldrà calcular la longitud de vinclament pels dos possibles plans de vinclament ja que el muntant té ambdós costats iguals.

$$L_k = L \cdot \beta = 2,5 \cdot 1 = 2,5 \text{ m}$$

Tot seguit, cal calcular l'esveltesa mecànica, la qual representa el coeficient entre la longitud de vinclament,  $L_k$ , i el radi de gir,  $i$ :

$$\lambda = \frac{L_k}{i}$$

El radi de gir es troba mitjançant la següent expressió:

$$i = \sqrt{\frac{I}{A}} = \sqrt{\frac{34,4}{6,53}} = 2,295 \text{ cm}$$

Un cop conegut el radi de gir, ja es pot trobar l'esveltesa mecànica:

$$\lambda = \frac{L_k}{i} = \frac{2,5}{2,295 \cdot 10^{-2}} = 108,93$$

A continuació, cal estudiar l'esveltesa reduïda, la qual és el quocient entre l'esveltesa mecànica i l'esveltesa límit del material que, en el cas de l'acer S275 és 86,8.

$$\bar{\lambda} = \frac{\lambda}{\lambda_R} = \frac{108,93}{86,8} = 1,25$$

Tot seguit, cal fer servir la normativa del CTE per tal de conèixer quina corba de vinclament cal emprar en cada cas. Aquesta corba permetrà obtenir el valor del coeficient reductor de vinclament. La normativa a utilitzar és el DB-SE-A, és a dir, el document bàsic sobre la seguretat estructural de l'acer (1).

De la taula 6.2 de la normativa esmentada, obtenim que per tubs de xapa simple laminats en calent, els hi correspon la corba "a" i pels conformats en fred, la corba "c"

De la taula 6.3 de la normativa esmentada, obtenim que per la corba "a", el coeficient reductor és 0,47 i per la corba "c", és de 0,39.

$$\left. \begin{array}{l} \chi = 0,47 \\ \chi = 0,39 \end{array} \right\} \chi_{min} = 0,39$$

Un cop trobats tots els termes necessaris, ja es pot trobar el valor de la resistència a vinclament:

$$N_b = \frac{\chi_{min} \cdot A \cdot f_y}{\gamma_{M1}} = \frac{0,39 \cdot 6,53 \cdot 10^2 \cdot 275}{1,05} = 66.699,29 \text{ N}$$

Tal i com es pot observar, el valor de la resistència a vinclament és menor al de la resistència plàstica i per tant, serà aquest valor el que compararem amb les càrregues del primer pis.

En la següent taula, es resumeixen els valors obtinguts de les càrregues totals que han de suportar els muntants.

Taula 27. Resum de les càrregues a suportar pels muntants

<b>CÀRREGA M1</b>	42.255,64 N
<b>CÀRREGA M2</b>	32.836,06 N
<b>CÀRREGA M3</b>	27.892,39 N

Tal i com es pot observar, la càrrega màxima que suporten els muntants de secció quadrada és sempre major a les càrregues calculades per a cada muntant i per tant, els muntants seleccionats són els adients.



## 4 Dimensionament de les bigues de reforç

Aquest apartat està destinat a la realització dels càlculs que permetran seleccionar la tipologia i dimensions de les bigues de reforç, les quals es col·loquen entre el sostre dels contenidors que conformen la planta baixa i el contenidor del primer pis.

La funció principal d'aquestes bigues és evitar que els contenidors de la planta baixa es deformin. Degut a la geometria dels contenidors, aquests són més resistents pels seus extrems però en aquest cas, el voladís està situat al mig i en conseqüència, les zones menys reforçades dels contenidors han de resistir les càrregues.

### 4.1 Càlcul de càrregues

Primer de tot, es faran els càlculs de les càrregues corresponents a cada àrea tributària.

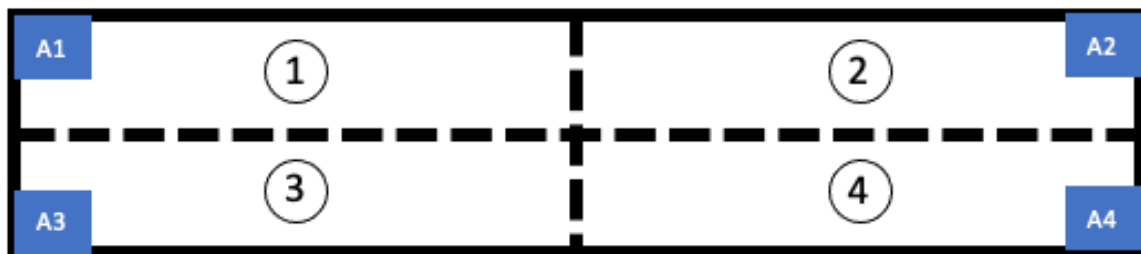


Figura 32. Esquema àrees tributàries del primer pis

#### 4.1.1 Pes propi

##### PES PROPI DEL CONTENIDOR

Primer de tot, es calcularan les càrregues corresponents al pes del mateix contenidor. Degut a que cada contenidor té un pes de 3.800 kg, és a dir, 38 kN, es farà l'aproximació que aquest es distribueix d'igual manera en tota la seva superfície i per tant, la distribució de les càrregues serà la següent:

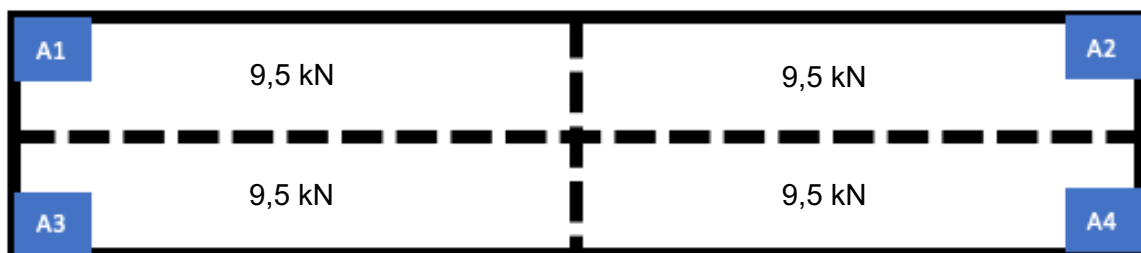


Figura 33. Distribució de les càrregues degudes al pes del contenidor

Tot seguit, es procedeix a estudiar les càrregues corresponents als elements constructius del paviment de l'habitatge. És a dir, s'haurà de tenir en compte el pes de tots els materials que component l'estructura del terra, és a dir, les planxes d'XPS, la capa de morter i l'enrajolat del terra. Per tal de facilitar els càlculs, es treballarà com si fos un únic element encara que s'han tingut en compte tots els pesos específics corresponents.

## ELEMENTS CONSTRUCTIUS DEL TERRA

Taula 28. Càrregues degudes al pes dels elements constructius del terra

<b>PES ESPECÍFIC XPS</b>	0,018 kN/m <sup>2</sup>
<b>PES ESPECÍFIC MORTER</b>	0,14 kN/m <sup>2</sup>
<b>PES ESPECÍFIC RAJOLES</b>	0,8 kN/m <sup>2</sup>
<b>PES ESPECÍFIC TOTAL</b>	0,958 kN/m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 1</b>	6 · 1,175 = 7,05 m <sup>2</sup>

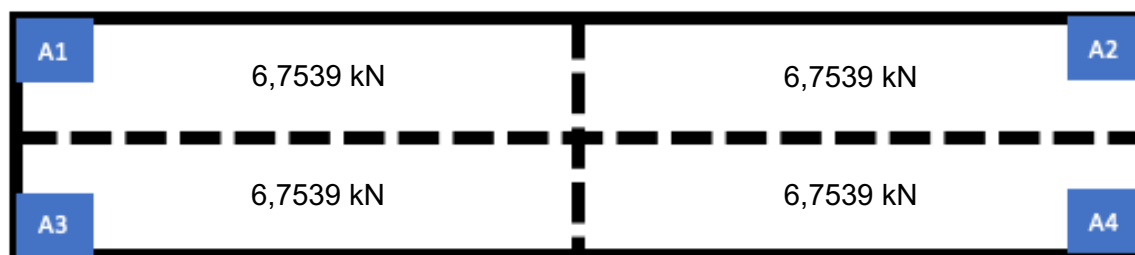


Figura 34. Distribució de les càrregues degudes als elements constructius del terra

A continuació, es procedeix a repetir el mateix procediment però pel cas de l'aïllament. Es tindran en compte totes les capes d'aïllament esmentades en la memòria a excepció de l'aïllant tèrmic reflexiu degut a que el seu gruix és molt petit i és un material amb molt baixa densitat i per tant, es consideren menyspreables les càrregues degudes al seu pes. Per tant, s'analitzarà el pes de la llana de roca tant en el cas dels tancaments de façana, de les particions interiors i del sostre.

## TANCAMENTS DE FAÇANA I PARTICIONS INTERIORS

Degut a la distribució de les estances i la col·locació de les portes i finestres no és la mateixa per a cadascuna de les seccions, caldrà estudiar-les i analitzar-les per separat. Tot i això, el pes per unitat de superfície de la llana de roca serà el mateix per a tots els casos.

Taula 29. Superfícies a aïllar de tancaments de façanes i particions

<b>PES PER UNITAT DE SUPERFÍCIE</b>	0,14 kN/m <sup>2</sup> (0,07 m de gruix)
<b>SUPERFÍCIE 1 A RECOBRIR</b>	20,375 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 2 A RECOBRIR</b>	19,375 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 3 A RECOBRIR</b>	15,775 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 4 A RECOBRIR</b>	17,175 m <sup>2</sup>

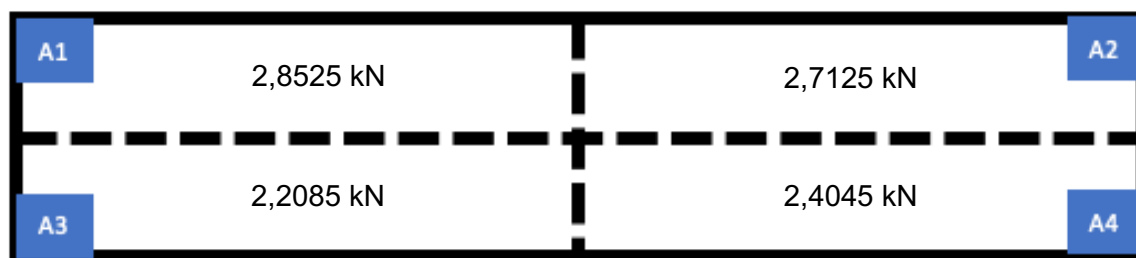


Figura 35. Distribució de les càrregues degudes al pes de l'aïllament dels tancaments de façana i particions interiors

## SOSTRE

Taula 30. Càrregues degudes al pes de l'aïllant del sostre

<b>PES PER UNITAT DE SUPERFÍCIE</b>	0,2 kN/m <sup>2</sup> (0,1 m de gruix)
<b>SUPERFÍCIE A RECOBRIR</b>	7,05 m <sup>2</sup>

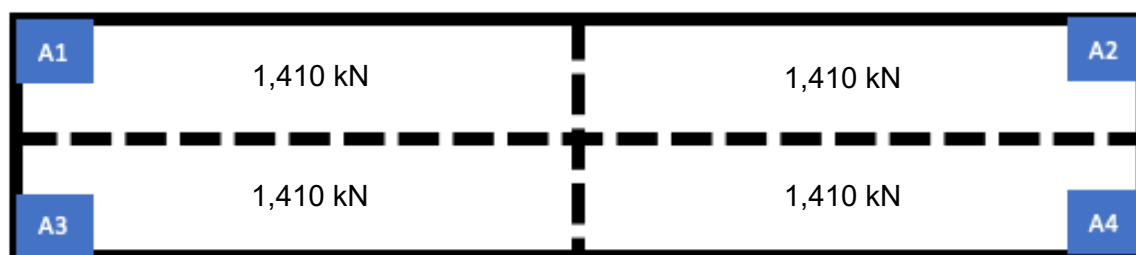


Figura 36. Distribució de les càrregues degudes al pes de l'aïllament del sostre

A continuació, es procedeix a repetir el mateix procediment que l'anterior però pel cas dels revestiments.

## TANCAMENTS DE FAÇANA I PARTICIONS INTERIORS

Cal destacar que en el cas dels tancaments de façana només es considerarà un superfície a recobrir mentre que pel cas de les particions interiors, s'ha de tenir en compte que hi haurà una placa de guix laminat a cadascun dels costats de la paret.

Taula 31. Superfícies a revestir de tancaments de façanes i particions interiors

<b>PES PER UNITAT DE SUPERFÍCIE</b>	0,087 kN/m <sup>2</sup> (0,0125 m de gruix)
<b>SUPERFÍCIE 1 A RECOBRIR</b>	23,0625 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 2 A RECOBRIR</b>	21,0625 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 3 A RECOBRIR</b>	13,8625 m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE 4 A RECOBRIR</b>	16,6625 m <sup>2</sup>

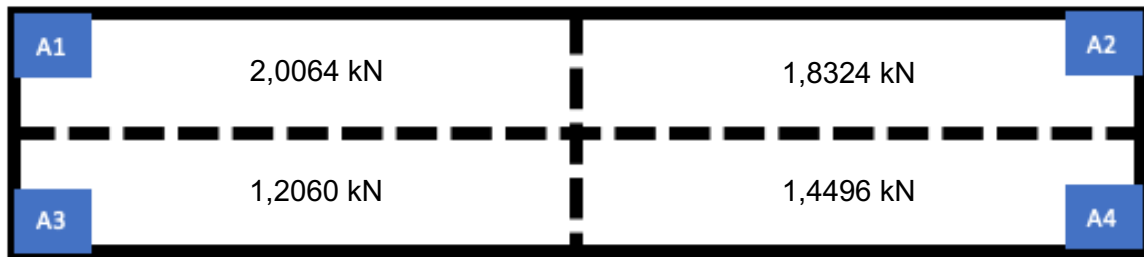


Figura 37. Distribució de les càrregues degudes al pes del revestiment dels tancaments de façana i particions interiors

## SOSTRE

Taula 32. Càrregues degudes al pes del revestiment del sostre

<b>PES PER UNITAT DE SUPERFÍCIE</b>	0,087 kN/m <sup>2</sup> (0,0125 m de gruix)
<b>SUPERFÍCIE A RECOBRIR</b>	7,05 m <sup>2</sup>

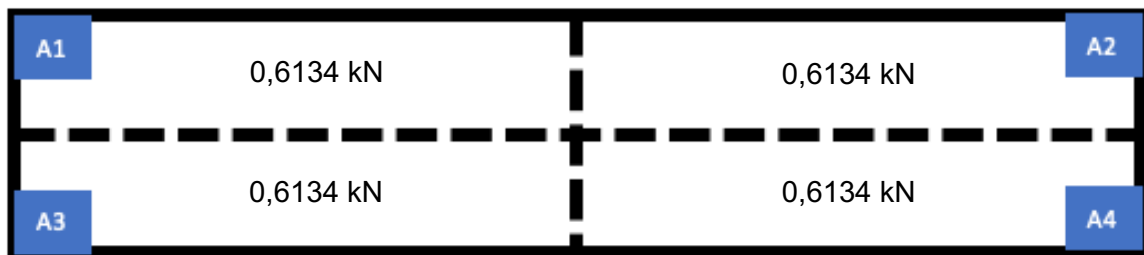


Figura 38. Distribució de les càrregues degudes al pes del revestiment del sostre – planta baixa

### 4.1.2 Sobrecàrrega d'ús

Pel que respecta a la sobrecàrrega d'ús, aquesta té un valor constant el qual depèn de la categoria d'ús de l'habitatge. Aquest valor es pot obtenir de la normativa del CTE ja esmentada.

En aquest cas, l'edifici a construir és un habitatge i per tant, forma part de la categoria "A zones residencials" i més com a subcategoria, és "A1 habitatges i zones d'habitacions en, hospitals i hotels". De la classificació esmentada, podem obtenir les següents dades:

Taula 33. Càrregues degudes a la sobrecàrrega d'ús

<b>CÀRREGA UNIFORME</b>	2 kN/m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE A RECOBRIR</b>	7,05 m <sup>2</sup>

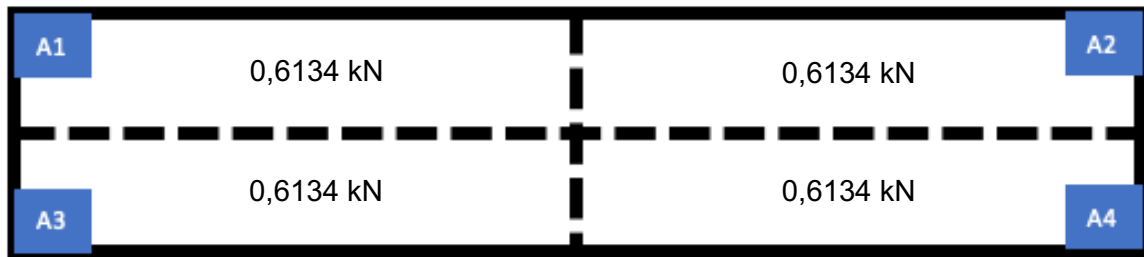


Figura 39. Distribució de les càrregues degudes a la sobrecàrrega d'ús

#### 4.1.3 Neu

En aquest apartat, es calcularà la càrrega generada pel pes de la neu. Cal tenir en compte que part de la coberta dels contenidors que conformen la planta baixa és on es col·loca el contenidor del primer pis i que per tant, la corresponent superfície no es tindrà en compte ja que no s'hi podrà dipositar la neu.

Per altra banda, també cal tenir present el requeriment descrit en la memòria, el qual estableix que l'habitatge es localitzarà, com a màxim, a una altitud de 1.000 metres. En conseqüència, el càlcul de les càrregues es durà a terme suposant aquesta cota d'altitud ja que suposarà el pitjor cas possible.

Segons la normativa del CTE, Catalunya forma part de la zona 2 i per una altitud màxima de 1.000 metres, la sobrecàrrega de neu a tenir en compte és:

Taula 34. Càrregues degudes a la neu

<b>SOBRECÀRREGA DE NEU</b>	1,5 kN/m <sup>2</sup>
<b>SUPERFÍCIE</b>	7,05 m <sup>2</sup>

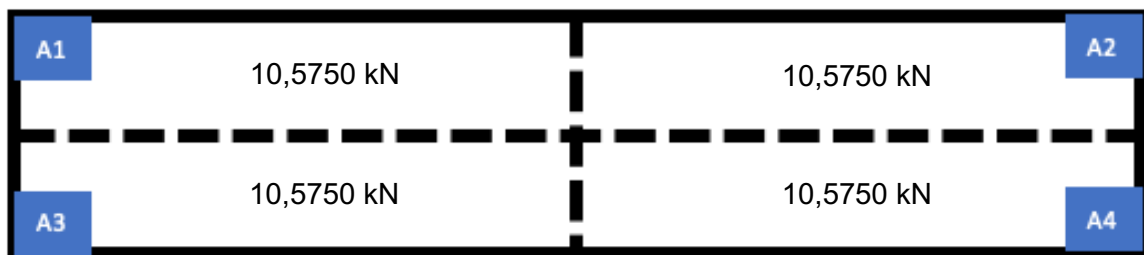


Figura 40. Distribució de les càrregues degudes a la neu

Finalment, es presenta una taula resum amb el total de les càrregues de cadascuna de les àrees tributaries.

Taula 35. Resum de càrregues del primer pis

<b>CÀRREGA A1</b>	47,8112 kN	<b>CÀRREGA A2</b>	47,4972 kN
<b>CÀRREGA A3</b>	47,3668 kN	<b>CÀRREGA A4</b>	46,8064 kN

Per posteriors apartats de càlculs, es considerarà que la càrrega en els quatre extrems és la mateixa i serà la major de totes per tal d'estudiar la situació més perjudicial possible.

## 4.2 Càlcul del moment flector

Un cop calculades les càrregues que hauran de suportar les bigues, cal trobar el moment flector que generen. Per a aquest motiu, a continuació, es trobaran les reaccions de les bigues i així com les lleis d'esforços interns per tal de, posteriorment, poder caracteritzar les bigues.

Es disposarà una biga a cada lateral de 12 metres de longitud i per sota del contenidor i per tant, la representació de les càrregues és la següent, tot tenint en compte que el valor de la càrrega  $Q$  és de 47,8112 kN. Tal i com es podrà observar a continuació, les bigues treballaran a flexió.

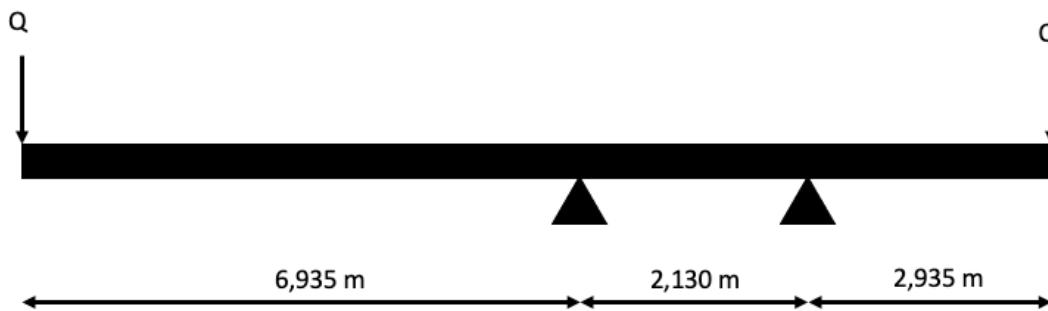


Figura 41. Esquema de distribució de càrregues

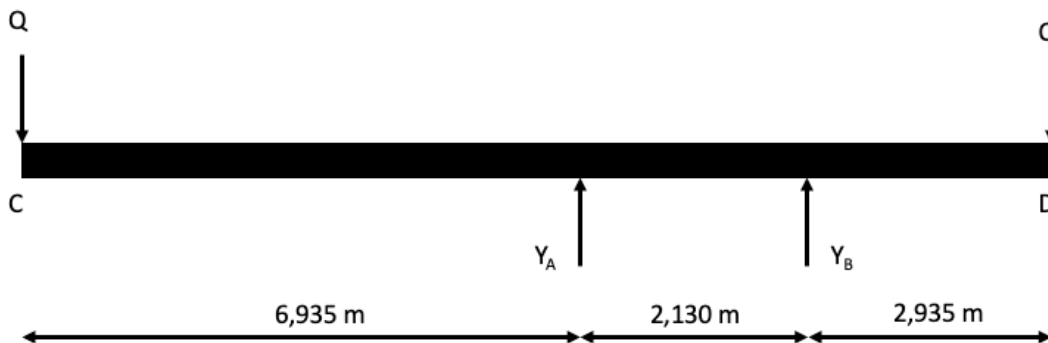


Figura 42. Esquema de distribució de càrregues amb les reaccions

Per tal de trobar el valor de les reaccions, cal fer sumatori de forces i de moments

$$\left. \begin{aligned} \sum F_y = 0 &\rightarrow Y_A + Y_B - Q - Q = 0 \\ \sum M_A = 0 &\rightarrow Q \cdot 6,935 + Y_B \cdot 2,130 - Q \cdot 5,065 = 0 \end{aligned} \right\} \begin{aligned} Y_A &= 137.597 \text{ N} \\ Y_B &= -41.975 \text{ N} \end{aligned}$$

Tot seguit, es procedeix a calcular les lleis d'esforços interns, tot tenint en compte el següent criteri de signes i la distribució de càrregues de la figura 42.

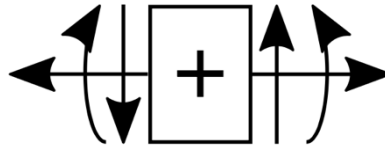


Figura 43. Criteri de signes

Taula 36. Lleis d'esforços interns

TRAM	$N_x$	$T_y$	$M_z$
C-A $0 < x < 6,935$	0	$T_y = Q$	$M_z = Q \cdot x$ $M_z = 0 (x = 0)$ $M_z = -331,57 \text{ kN} (x = 6,935 \text{ m})$
A-B $6,935 < x < 9,065$	0	$T_y = Q - Y_A$	$M_z = -Q \cdot x + Y_A(x - 6,935)$ $M_z = -331,57 \text{ kN} (x = 6,935 \text{ m})$ $M_z = -140,33 \text{ kN} (x = 9,065 \text{ m})$
B-D $9,065 < x < 12$	0	$T_y = Q - Y_A - Y_B$	$M_z = -Q \cdot x + Y_A(x - 6,935) + Y_B(x - 9,065)$ $M_z = -140,33 \text{ kN} (x = 9,065 \text{ m})$ $M_z = 0 \text{ kN} (x = 12 \text{ m})$

De la taula anterior s'obté que el valor màxim del moment flector és de -331,57 kN.

### 4.3 Selecció de la tipologia de biga

Un cop conegut el valor del moment flector màxim, mitjançant la llei de Navier es pot trobar el mòdul resistent  $W_x$ , el qual permetrà dimensionar la biga.

$$\|\sigma_{max}\| \leq \sigma_{adm}$$

La tensió màxima és el moment flector dividit entre el mòdul resistent i la tensió admissible és el límit elàstic entre el respectiu coeficient de seguretat que, en el cas de l'acer és:

$$\sigma_{max} = \frac{M_{z,max}}{W_x} \quad \sigma_{adm} = \frac{275 \text{ MPa}}{1,05}$$

Per tant, el valor del mòdul resistent és:

$$\frac{331,57 \cdot 10^3 \text{ N} \cdot \text{m}}{W_x} \leq \frac{275 \cdot 10^6 \text{ N/m}^2}{1,05}$$

$$W_x = 0,001265 \text{ m}^3 = 1.265 \text{ cm}^3$$

A partir de les taules ja tabulades dels perfils, podem obtenir les característiques de la biga a utilitzar. En aquest cas, s'ha decidit emprar una biga HEB i per tant, segons les taules aquesta ha de ser una HEB 280.



## 5 Referències

1. España. Ministerio de Fomento. *Documento Básico SE-A: Seguridad Estructural - Acero* [en línia]. [Consulta: 17 juny 2022]. Disponible a:  
<https://www.codigotecnico.org/pdf/Documentos/SE/DBSE-A.pdf>.