Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa

UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

Titulació:

Grau d'Enginyeria en Tecnologies Industrials

Títol del TFG:

Estudi de millores energètiques en una vivenda construïda abans de les NBE.

Alumne:

Álvaro Robles Narbona

Director del TFG:

Joan Carles Fernández Vallés

Document:

Memòria del Treball de Fi de Grau

Data d'entrega:

22 de Juny de 2016

ETSEIAT
Grau en tecnologies industrials

Estudi de millores energètiques en una vivenda constuïda abans de les NBE.

Memòria

Realitzat per:

Álvaro Robles Narbona

Director del TFG:

Joan Carles Fernández Vallés

[22 de Juny del 2016]

Abans de començar la memòria del projecte, voldria donar les gràcies al meu director del TFG Joan Carles Fernández Vallés.

Gràcies per la confiança que m'ha demostrat durant tots aquests mesos que he estat realitzant aquest estudi, pels seus consells i recomanacions, per guiar-me en els moments on tenia dubtes i per la sempre disposició a fer reunions, en persona o via *Skype*.

El desenvolupament del projecte no hauria estat possible sense els recursos que la UPC posa a disposició dels estudiants. També donar les gràcies a tots els mestres que m'han anat acompanyant durant aquests anys.

Índex de continguts

1. Objecte de l'estudi 5
2. Justificació 5
3. Abast 6
4. Especificacions bàsiques del projecte 7
5. Dades i situació actual dels habitatges a Catalunya 8
6. Evolució de la normativa de edificació 11
7. Situació del habitatge en l'actualitat 12
7.1 Característiques de l'entorn i del clima 12
7.2 Característiques de l'habitatge. 14
7.3 Materials emprats en la construcció de l'habitatge 18
7.4 Reformes ja començades en l'habitatge 19
8. Certificació energètica actual 21
9. Càlcul de pèrdues energètiques 23
10. Informació i comparativa entre els possibles aïllants tèrmics i finestres 28
10.1 Façana 31
10.1.1 Llana mineral 32
10.1.2 Poliestirè expandit 34
10.1.3 Poliestirè extrudit 35
10.1.4 Suro i fibres naturals 36
10.1.5 Reflexiu 38
10.2 Terres 42
10.3 Finestres 44
11. Càlcul de pèrdues energètiques un cop realitzada la reforma 47
12. Calefacció i refrigeració 50
13. Certificació energètica final 63
14. Càlcul econòmic 64
15. Seguretat en la construcció 67
16. Anàlisi i valoració de l'impacte mediambiental 67
17. Planificació del treball 69
18. Conclusions finals 71
19. Bibliografia 72

Índex de taules

TAULA 1: NÚMERO D'EDIFICIS CONSTRUÏTS A CATALUNYA DES D'ABANS DEL 1900. FONT: DEPARTAMENT DE TERRITORI I SOSTENIBILITAT 8
TAULA 2: COMPARATIVA ENTRE LES DIFERENTS QUALIFICACIONS ENERGÈTIQUES. FONT: DEPARTAMENT DE TERRITORI I SOSTENIBILITAT 10
TAULA 3: PÈRDUES DE CALOR SENSE AÏLLANTS 27
TAULA 4: TRANSMITÀNCIA TÈRMICA EN FUNCIÓ DE LA ZONA CLIMÀTICA 29
TAULA 5: GRUIX DE L'AÏLLANT TÈRMIC EN FUNCIÓ DE LA ZONA CLIMÀTICA 30
TAULA 6: RESISTÈNCIA TÈRMICA I PREU EN FUNCIÓ DEL GRUIX DE LA LLANA DE ROCA 32
TAULA 7: RESISTÈNCIA TÈRMICA I PREU EN FUNCIÓ DEL GRUIX DE LA LLANA DE VIDRE 32
TAULA 8: RESISTÈNCIA TÈRMICA I PREU EN FUNCIÓ DEL GRUIX DEL POLIESTIRÈ EXPANDIT 35
TAULA 9: RESISTÈNCIA TÈRMICA I PREU EN FUNCIÓ DEL GRUIX DEL POLIESTIRÈ EXPANDIT 36
TAULA 10: RESISTÈNCIA TÈRMICA I PREU EN FUNCIÓ DEL GRUIX DEL SURO 37
TAULA 11: RESISTÈNCIA TÈRMICA I PREU EN FUNCIÓ DEL GRUIX I DEL NUMERO DE CAPES DEL REFLEXIU 39
TAULA 12: TAULA EXPLICATIVA DE LES CARACTERÍSTIQUES A VALORAR 40
TAULA 13: TAULA DE PONDERACIÓ DELS AÏLLANTS DE LES PARETS 41
TAULA 14: TAULA EXPLICATIVA DE LES CARACTERÍSTIQUES A VALORAR 43
TAULA 15: TAULA DE PONDERACIÓ DELS AÏLLANTS DEL TERRA 44
TAULA 16: TRANSMITÀNCIA TÈRMICA EN FUNCIÓ DE LA COMPOSICIÓ DE LA FINESTRA 45
TAULA 17: TAULA COMPARATIVA DELS 4 PERFILS DE FINESTRES 46
TAULA 18: PÈRDUES DE CALOR DESPRÉS DE LA REFORMA 48
TAULA 19: RESULTATS DE LA POTENCIA DE RENOVACIÓ 49
TAULA 20: PÈRDUES DE CALOR TOTALS PER ESTANÇA 50
TAULA 21: DEMANDA DE CALOR EN FUNCIÓ DE L'ESTANÇA 51
TAULA 22: FACTOR DE ORIENTACIÓ. FONT: OBRAS EN CASA 51
TAULA 23: NOMBRE D'ELEMENTS NECESSARIS 51
TAULA 24: TAULA COMPARATIVA DE CALDERES 55
TAULA 25: TAULA COMPARATIVA DELS DIFERENTS TIPUS DE CANONADES 58
TAULA 26: CÀLCUL DE LA CAPACITAT FRIGORÍFICA DE CADA DORMITORI 62
TAULA 27: ESTIMACIÓ DEL COST DE LA INSTAL·LACIÓ D'AÏLLANTS I FINESTRES. 64
TAULA 28: ESTIMACIÓ DEL COST DE LA CALEFACCIÓ I LA REFRIGERACIÓ 65
TAULA 29: ESTIMACIÓ DEL COST DE LA MÀ D'OBRA 65
TAULA 30: ESTIMACIÓ DEL COST TOTAL 66
TAULA 31: DIAGRAMA DE GANTT 69

TAULA 32: DESCRIPCIÓ DE LES ACTIVITATS I RELACIÓ ENTRE ELLES 70

Índex d'il·lustracions

IL·LUSTRACIÓ 1: MAPA DE LA PROVÍNCIA DE BARCELONA 13
IL·LUSTRACIÓ 2: SITUACIÓ DE L'HABITATGE 14
IL·LUSTRACIÓ 3: VISTA EN PLANTA DE L'HABITATGE 15
IL·LUSTRACIÓ 4: VISTA LATERAL DE L'HABITATGE 15
IL·LUSTRACIÓ 5: PARET DE L'HABITATGE EN L'ESTAT ACTUAL 19
IL·LUSTRACIÓ 6: BIGUES I SOSTRE DESPRÉS DE LA REFORMA ESTRUCTURAL 20
IL·LUSTRACIÓ 7: QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA DE L'HABITATGE 21
IL·LUSTRACIÓ 8: PERCENTATGE DE PÈRDUES DE CALOR EN L'HABITATGE. FONT: HQH .. 23
IL·LUSTRACIÓ 9: MAPA DE LES ZONES CLIMÀTIQUES D'ESPANYA. FONT: ANDIMAT 29
IL·LUSTRACIÓ 10: VISTA EN DETALL D'UNA PARET AMB AÏLLANT TÈRMIC. FONT: PLADUR-BARCELONA 31
IL·LUSTRACIÓ 11: LLANA DE ROCA. FONT: DANPLAC 33
IL·LUSTRACIÓ 12: LLANA DE VIDRE. FONT: DANPLAC 33
IL·LUSTRACIÓ 13: POLIESTIRÈ EXPANDIT. FONT: PASARLAITE 34
IL·LUSTRACIÓ 14: POLIESTIRÈ EXTRUDIT. FONT: PASARLAITE 36
IL·LUSTRACIÓ 15: PLACA DE SURO. FONT: LEROY MERLIN 37
IL·LUSTRACIÓ 16: AÏLLANT REFLEXIU MULTICAPA, FONT: GROUP UNAMACOR 39
IL·LUSTRACIÓ 17: DIFERENTS CAPES EN EL TERRA. FONT: LEROY MERLIN 42
IL·LUSTRACIÓ 18: FINESTRA AMB DOBLE VIDRE I CAMBRA D'AIRE. FONT: ARTIINDEX ... 45
IL·LUSTRACIÓ 19: FINESTRA DEL CATÀLEG DE *BRICO DEPOT ANY 2016* 47
IL·LUSTRACIÓ 20: ESQUEMA D'UN SISTEMA DE CALEFACCIÓ 56
IL·LUSTRACIÓ 21: CANONADA DE COURE. FONT: LEROY MERLIN 57
IL·LUSTRACIÓ 22: PARTS D'UNA CANONADA DE MULTICAPA. FONT: REHADEX 57
IL·LUSTRACIÓ 23: CANONADA DE POLIBUTILÈ. FONT: LEROY MERLIN 58
IL·LUSTRACIÓ 24: DISSENY DE L'INSTAL·LA CIO DE LES CANONADES 59
IL·LUSTRACIÓ 25: ESQUEMA PALIA. FONT: IGUREN 60
IL·LUSTRACIÓ 26: XEMENEIA THERMOFIRE DE EDILKAMIN 61
IL·LUSTRACIÓ 27: AIRE CONDICIONAT CONFORTE DE JUNKERS 62
IL·LUSTRACIÓ 28: QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA DE L'HABITATGE REFORMAT 63

Índex de gràfics

GRÀFIC 1: COMPARACIÓ DE LA QUALIFICACIÓ ENERGÈTICA EN FUNCIÓ DE LA NORMATIVA DE L'ANY DE CONSTRUCCIÓ. FONT: L'INSTITUT CATALÀ D'ENERGIA 9
GRÀFIC 2: GRÀFIC HISTÒRIC DE LA VARIACIÓ DE TEMPERATURA A BARCELONA L'ANY PASSAT 13
GRÀFIC 3: PERCENTATGE DE COSTOS 66

1. Objecte de l'estudi

El propòsit d'aquest projecte és estudiar i definir les millores energètiques d'un habitatge unifamiliar situat a Barcelona construït abans de les NBE (Normativa Bàsica de l'Edificació). L'objectiu prioritari és poder condicionar l'habitatge per viure mitjançant una sèrie d'elements constructius, com aïllants tèrmics, sistema de calefacció i refrigeració.

2. Justificació

Aquest projecte se centrarà en estudiar les possibles millores energètiques d'un habitatge recentment adquirit en la ciutat de Barcelona, en el barri d'El Guinardó.

A Espanya existeixen 25,2 milions d'habitatges, el 21% (uns 5,3 milions d'habitatges) d'aquests edificis tenen més de 50 anys. El 55% (uns 13 milions d'habitatges) té una antiguitat superior a 1980 i consumeixen una tercera part de l'energia del nostre país. Actualment un habitatge espanyol consumeix uns 10.500 kWh de mitjana l'any. A causa del poc estalvi energètic que tenien las cases en aquella època es va crear el Real Decret de La Normativa Bàsica d'Edificació, el qual havien de complir tots els habitatges construïts posteriorment a l'any 1980. Per aquest motiu els habitatges a Espanya anteriors a aquest any manquen de bones condicions energètiques, - tant en els aïllaments tèrmics en les parets, terres i sostres; com d'aprofitament de la posició respecte al sol - i de maquinària (calefacció, refrigeració, etc.) que aprofiti de manera sostenible els recursos naturals. D'altra banda, en tots aquests anys s'han fet molts avenços respecte a la millora de l'eficiència de les instal·lacions energètiques, que aquests habitatges no tenen instal·lats.

L'habitatge en qüestió es va construir al voltant de l'any 1950, com que és anterior a la NBE els requisits d'aïllament energètic, consum de les instal·lacions de calefacció i refrigeració, i mediambientals no estaven regulats. L'estat actual del pis és força dolent pel que fa a termes d'estalvi energètic, per la qual cosa el propietari ha sol·licitat un estudi per dotar de totes les millores possibles l'habitatge estudiat amb l'objectiu de reduir el consum energètic i d'ajudar a estalviar.

El projecte pretén poder dotar l'habitatge de totes les comoditats pel que fa al confort i benestar dins, sense deixar de mirar pel medi ambient, pel qual es valorarà d'igual manera les instal·lacions i els materials de tal manera que a més a més de tenir una finalitat d'estalvi energètic també siguin sostenibles pel mediambient.

Per poder fer tot això es farà ús de diversos programes d'estudi energètic i certificació energètica com per exemple el *CE3X*, i el *SketchUp* per poder fer un model 3D de l'habitatge.

És possible que es mostrin dificultats a l'hora de trobar els valors del les pèrdues de calor en les parets i en el terral, atès que hi ha molts detalls a tenir en compte. És per això es farà una aproximació de les pèrdues en les parets, terra i finestres.

3. Abast

L'abast del present treball de fi de grau inclou:

- L'evolució de l'habitatge a Catalunya durant els últims anys.
- L'obtenció d'informació sobre la normativa vigent en matèria d'edificació i de com ha anat evolucionant al llarg dels anys.
- La recopilació de totes les dades de l'habitatge en l'actualitat com el tipus de material utilitzat en la construcció de l'habitatge, les finestres, les dimensions de l'habitatge.
- La recopilació de les despeses energètiques actuals en calefacció i refrigeració.
- El dibuix amb el programa *SketchUp* el plànol de la casa en 2D i 3D.
- L'obtenció de la certificació energètica de la casa en l'estat actual amb el programa *CE3X*.
- Els càlculs de pèrdues energètiques actuals en les parets, sostre, finestres i terra.
- L'obtenció d'informació dels diferents tipus d'aïllants tèrmics, finestres i l'elaboració d'una taula comparativa per l'elecció del més eficient.
- Els càlculs de pèrdues energètiques en les parets, sostre, terra i finestres un cop realitzada la reforma.
- L'estudi de diversos tipus de climatització tant calefacció com aire condicionat.
- La obtenció de la certificació energètica de la casa després de la reforma amb el programa *CE3X*.
- El càlcul de costos de la reforma per evitar superar el límit pactat.

El present treball no inclou:

- L'estudi del procediment de la instal·lació de finestres i aïllants.
- L'adquisició d'informació sobre noves instal·lacions, només s'utilitzaran les que es puguin instal·lar sense ser prototips.
- L'estudi d'estalvi en elements electrònics.

- L'estudi de mercat dels diferents proveïdors dels materials per escollir el més econòmic.

4. Especificacions bàsiques del projecte

Per poder realitzar aquest treball s'ha arribat a un acord amb el propietari respecte a unes certes especificacions:

- No es redissenyarà cap estança de l'habitatge.
- Es donarà prioritat a aquells materials aïllants en les parets que suposin una menor pèrdua de superfície habitable.
- El pressupost màxim destinat a reforma no pot ser superior a 30.000 €.
  Dins del pressupost considerarem:
    - Aïllants tèrmics i remodelació de les parets (totxanes, possibles variacions en finestres, etc.).
    - Noves finestres.
    - Costos de obra.
    - Instal·lació de calefacció i aire condicionat.
    - Mà d'obra.
    - Eines vàries.
    - Benefici industrial
    - Costos generals.

5. Dades i situació actual dels habitatges a Catalunya

Al llarg dels anys la normativa de construcció ha evolucionant i s'han aplicant diverses mesures, amb la conseqüència que a Catalunya hi hagin diferents tipus d'edificis amb una normativa diferent.

L'any de construcció de l'habitatge és molt important, perquè depenent de quina normativa tèrmica es va aplicar en el moment de la seva construcció, es pot determinar el comportament tèrmic dels diferents tancaments que el componen.

L'any 2014 hi havien censats 2.944.944 habitatges a Catalunya, segons dades del Departament de Territori i Sostenibilitat. De tots aquests habitatges, 1.823.177 (un 62%), són anteriors a la NBE-CT-79, això vol dir que varen ser construït abans de l'any 1980. Tots aquests habitatges, en ser anteriors a la normativa, manquen de condicions d'estalvi energètic i d'aïllaments tèrmics. Això provoca que el consum d'energia sigui molt elevat, per la qual cosa, s'està consumint més energia de la necessària.

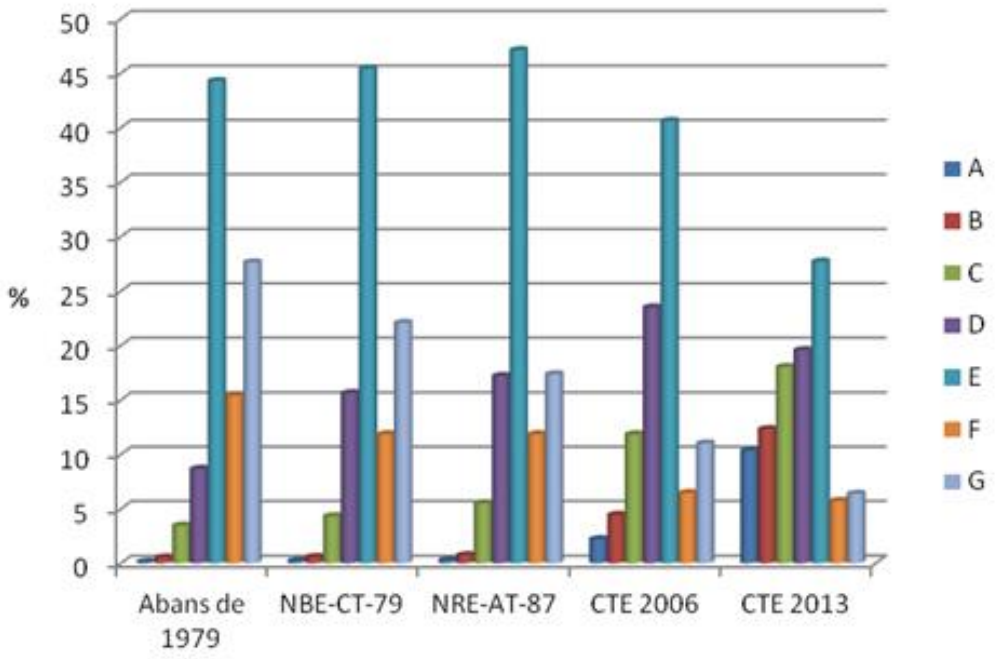
A continuació es representen mitjançant una taula els edificis construïts a Catalunya segons la població i l'any en que es van edificar.

Taula 1: Número d'edificis construïts a Catalunya des d'abans del 1900. Font: Departament de Territori i Sostenibilitat

	Barcelona	Girona	Lleida	Tarragona	Catalunya
Any de construcció					
Abans de 1900	82.482	20.116	13.102	19.967	135.667
De 1900 a 1920	68.736	6.157	4.373	7.035	86.301
De 1921 a 1940	87.675	6.027	5.505	7.149	106.356
De 1941 a 1950	70.731	7.075	7.016	8.352	93.174
De 1951 a 1960	178.123	15.872	10.533	12.657	217.185
De 1961 a 1970	432.880	34.617	18.206	34.078	519.781
De 1971 a 1980	508.009	61.256	31.230	64.218	664.713
De 1981 a 1990	185.052	39.917	18.681	40.317	283.967
De 1991 a 2001	274.580	38.869	25.330	55.758	394.537
De 2002 a 2011	210.220	54.179	30.538	47.827	342.764
No hi consta	70.120	7.969	6.667	15.744	100.500
Total	**2.168.608**	**292.054**	**171.181**	**313.102**	**2.944.944**

Segons l'any d'edificació, l'habitatge adquireix una qualificació energètica diferent. Aquestes estan etiquetades amb unes lletres que van des de la A, que és la millor qualificació energètica possible, fins a la lletra G, la pitjor qualificació possible.

A continuació es pot veure, en el gràfic, com, en funció de l'any de construcció, s'obté una quantia de qualificacions diferents.



Gràfic 1: Comparació de la qualificació energètica en funció de la normativa de l'any de construcció. Font: l'Institut Català d'Energia

Cada normativa comporta unes millores respecte a l'estalvi energètic i per tant una millor qualificació energètica, és per això que és important explicar les característiques de cada normativa i l'època en la qual es va aprovar.

- **Anterior al 1980:** Abans del 1980 els edificis no estaven regulats per cap normativa específica sobre l'envolupant tèrmic.
- **NBE[1]-CT-79 (1980-2006):** Amb la creació d'aquesta normativa es van regular transmitàncies tèrmiques màximes dels diferents tancaments.
- **NRE-AT-87 (1989-2007):** Pretenia millorar alguns aspectes respecte a la normativa anterior. Aquesta normativa només es va aplicar a Catalunya.
- **CTE[2] 2006 (2007-2014):** Nou codi que substitueix tota la normativa anterior i requereix per primer cop que els edificis utilitzin materials i tècniques que

[1] Normativa Bàsica de l'Edificació

contribueixin a l'estalvi energètic. Tanmateix introdueix l'obligatorietat d'utilitzar sistemes d'energia solar.

- **CTE 2013 (2014-actual):** Els edificis de nova construcció han d'aplicar el nou codi tècnic de 2013, més restrictiu que l'anterior.

Com es pot observar en la taula anterior, els habitatges anteriors al 1980, tenen una qualificació energètica molt baixa, perquè no estan regulats per cap normativa. En aquella època no hi havia consciència dels beneficis que s'obtenien d'un bon aïllament tèrmic, una bona situació respecte al sol i/o un bon sistema de calefacció i refrigeració de l'habitatge.

La diferència entre un habitatge amb una certificació energètica superior i amb una de deficient és bastant important. La taula següent proporciona els valors i les diferencies de les despeses energètiques i el consum d'energia primària en relació a cadascuna de les qualificacions energètiques i les diferències entre una i una altra.

A banda de l'estalvi energètic i econòmic que suposa l'optimització del consum i la reducció de les despeses, una qualificació energètica superior implica també una major qualitat de vida amb la disminució del soroll i l'augment del confort i de la qualitat dels materials de l'habitatge o edifici.

Taula 2: Comparativa entre les diferents qualificacions energètiques. Font: Departament de Territori i Sostenibilitat

Qualificació energia primària (EP)	Consum mitjà EP CEE (kWh/m^{2}any)	Consum mitjà EP TOTAL (kWh/m^{2}any)	Estalvi respecte anterior (%)	Estalvi respecte G (%)
A	33.80	56	26 %	89 %
B	45.94	77	36 %	85 %
C	71.57	119	21 %	77 %
D	91.10	152	39 %	71 %
E	149.14	249	31 %	52 %
F	215.83	360	30 %	30 %
G	309.56	516	0 %	0 %

Com es pot observar en la taula anterior, obtenir una certificació enèrgica del rang C-B, proporciona un gran estalvi energètic i econòmic. És per aquest motiu que aquest projecte pretén millorar les condicions d'estalvi energètic de l'habitatge estudiat.

[2] Codi Tècnic de l'Edificació

6. Evolució de la normativa de edificació

El Ministeri de l'Habitatge, va començar a regular les normes tècniques de l'edificació l'any 1957, aquestes normes eren conegudes amb les inicials MV (Ministerio de la Vivienda).

L'any 1977, el Govern central d'Espanya va decidir que la millor manera de regular tota la normativa sobre l'edificació era unificar-la. Aquesta normativa unificada es va anomenar, Normativa Bàsica de l'Edificació, també coneguda amb les inicials NBE. L'aplicació d'aquesta normativa era de caràcter obligat per tot aquell que es dediqués al sector de la construcció. Més endavant a la NBE se li van afegir les Normes Tecnològiques de l'Edificació (NTE) per completar el marc regulador. Aquestes especificacions no eren obligatòries i servien com al desenvolupament de les NBE.

L'any 1999 es va publicar la Llei 38/1999 d'Ordenació de l'Edificació, que tenia com a principal objectiu regular tot el sector de l'edificació de manera uniforme. Després de tants anys amb la mateixa normativa reguladora, aquesta es va quedar obsoleta i és per aquest motiu que el Govern aprova un nou Codi Tècnic de l'Edificació mitjançant el Reial decret que estableix les exigències que han de complir els edificis en relació amb els requisits bàsics de seguretat i habitabilitat.

El fet que cada cop el sector de l'edificació anés prenent més rellevància i fos un sector principal pel seu caràcter econòmic, feia que cada cert temps calgués una revisió general de cada apartat. Cada cop els edificis requereixen més prestacions i per poder obtenir un major confort pels habitants. L'any 2006 mitjançant el Reial decret de 214/2006, es va aprovar un nou Codi Tècnic de l'Edificació, el qual derogava totes les anteriors Normatives Bàsiques de l'Edificació i dotava la normativa d'un nou caràcter enfront de l'evolució social i de les necessitats.

En els següents anys, el CTE va anar variant en diversos articles però mantenint les bases sobre les quals es va crear. No va ser fins l'any 2013, que aquest codi es va modificar en la seva totalitat. A partir del març de 2014 va entrar en vigor l'actual CTE, el qual és molt més restrictiu que l'anterior i dota de majors mesures.

Aquest CTE és el que regularà tot l'estudi i en el qual es basarà.

7. Situació del habitatge en l'actualitat

Per a la realització de l'estudi energètic s'ha comptat amb documentació prèvia com alçats i plantes en paper, d'altra banda, també s'ha comptat amb accés a detalls de fusteries i instal·lacions.

S'ha contrastat aquesta informació amb la realitat. El fet de poder tenir total accés a l'habitatge ha permès realitzar càlculs durant el període d'aixecament de dades i observar detalladament els materials emprats en la construcció de l'habitatge.

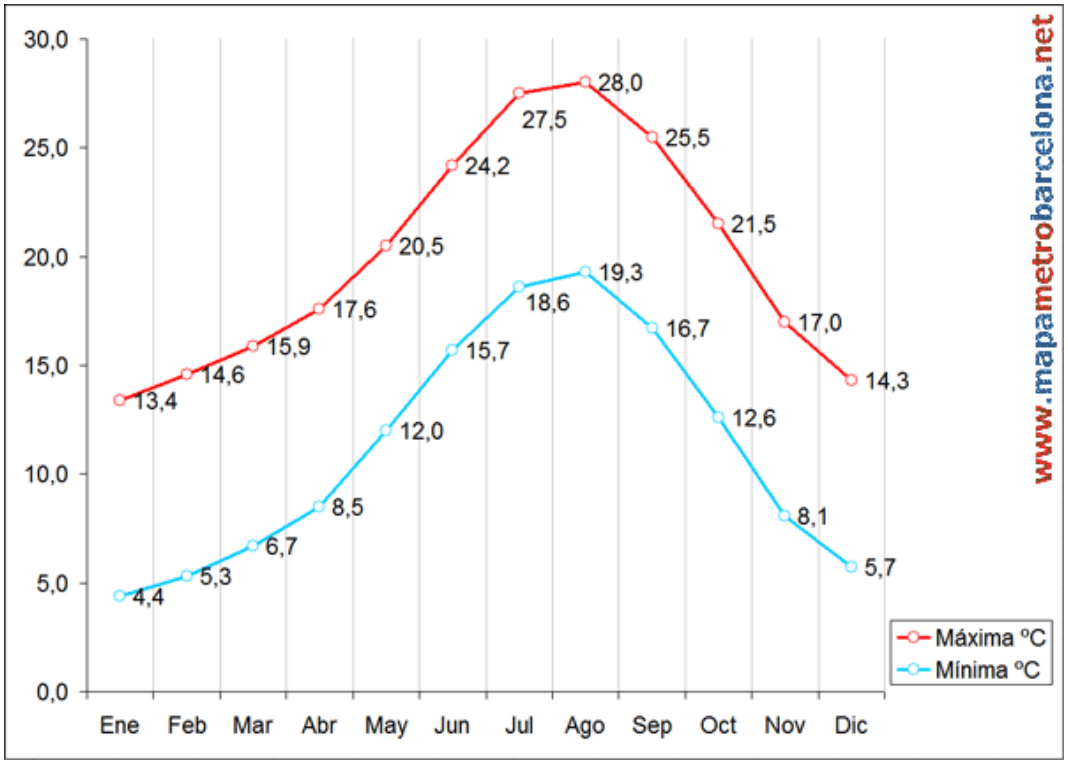
Abans de començar aquest projecte es van realitzar certes reformes en l'habitatge al llarg de la vida útil de l'edifici. Gràcies a l'arquitecte que va fer aquesta reforma, s'han pogut obtenir tots els materials emprats i el procediment seguit.

La resta de dades sobre instal·lacions d'aigua, gas i calefacció es van recollir in situ mitjançant les factures de consum.

En posteriors visites es va poder observar l'entorn, els usuaris, l'ús, el manteniment i el comportament tèrmic del mateix habitatge.

7.1 Característiques de l'entorn i del clima

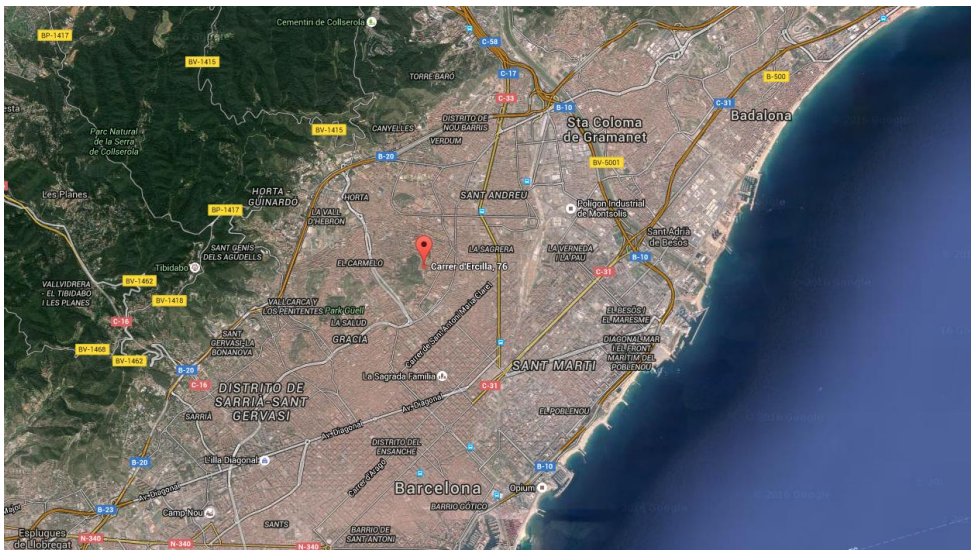
El clima a Barcelona és del tipus mediterrani. El clima mediterrani es dóna entre els 30º i els 45º de latitud i en l'oest dels continents. Els hiverns són curts, frescs i relativament secs. Els mesos de gener i febrer les temperatures mínimes mitjanes ronden els 5 ºC i les màximes mitjanes freguen els 13 ºC. Els estius són relativament secs però amb humitat mitjana de l'aire elevada, llargs i càlids, hi ha pocs dies amb temperatures extremes, de fred o calor, per això les mitjanes anuals màximes i mínimes a Barcelona són moderades, pròpies d'un clima mediterrani suau.



Gràfic 2: Gràfic històric de la variació de temperatura a Barcelona l'any passat

L'habitatge està situat en la ciutat de Barcelona, en el barri d'El Guinardó. La zona climàtica de Barcelona és C2.

El fet d'estar situat en la part alta de Barcelona, al costat d'una muntanya, fa variar lleugerament el clima, ja que és una mica més humit i les temperatures són 3 o 4 graus menors que en el centre de la ciutat.



Il·lustració 1: Mapa de la província de Barcelona

Il·lustració 2: Situació de l'habitatge

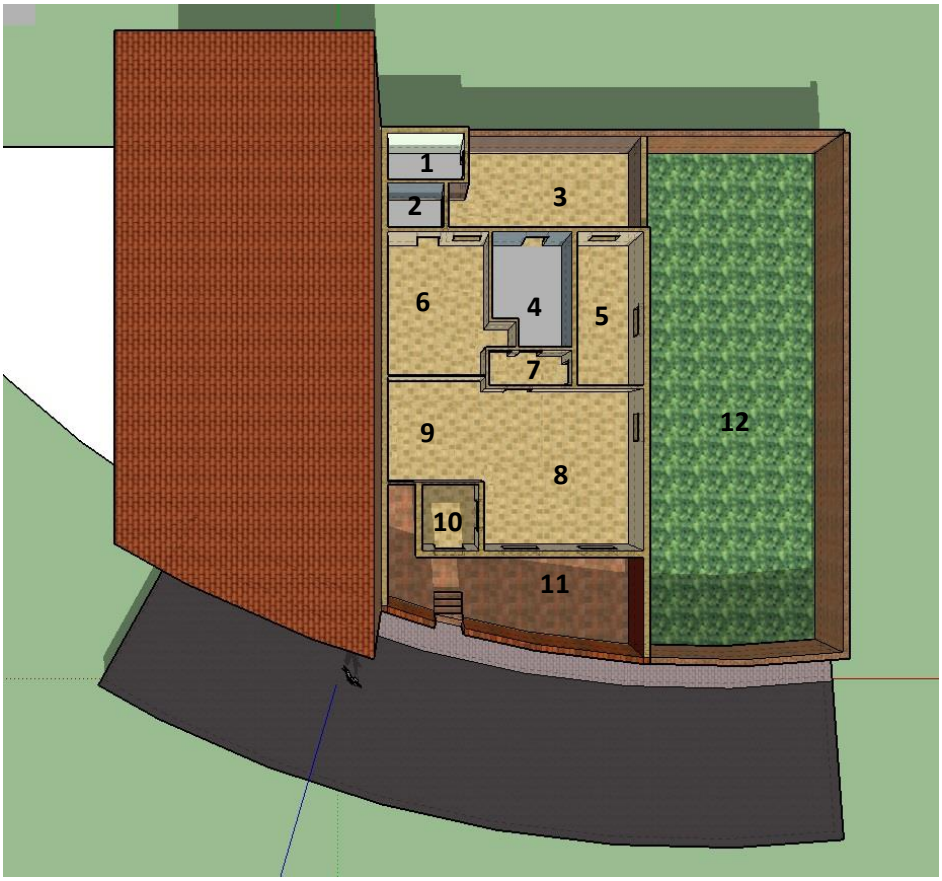
7.2 Característiques de l'habitatge.

L'habitatge estudiat és una casa unifamiliar d'una sola planta orientada cap al Sud-est, amb un petit jardí en la part davantera i un altre en la part posterior. A l'esquerra té confrontant un bloc de pisos de 3 plantes d'alçada. D'altra banda, a la part dreta de l'habitatge hi ha un terreny, també propietat del propietari de l'habitatge, sense cap mena d'edificació que queda per sota del nivell del carrer.

S'ha de destacar que a causa de la localització de l'habitatge, el terreny és muntanyós i té una certa inclinació, aquesta inclinació va ser esmenada en el moment de la construcció anivellant el terreny per mitjà de runes i pedres.

El pis va ser construït al voltant de l'any 1950, i mai es van fer cap mena de reformes, és per això que no compleix cap normativa tècnica de l'edificació.

Per poder valorar la distribució de les habitacions, i així calcular la necessitat d'energia necessària per a mantenir una temperatura de confort, mitjançant el programa de disseny Sketch-Up, s'ha realitzat un dibuix 3D, a partir dels plànols de l'habitatge i les preses de mesures necessàries in situ.



Il·lustració 3: Vista en planta de l'habitatge

Il·lustració 4: Vista lateral de l'habitatge

L'habitatge té 83.5m^2 edificats i l'alçada de les parets és de 3m.

La paret que està en contacte amb l'edifici veí té una peculiaritat a causa del desnivell provocat per la muntanya i és el fet de que hi ha 1 metre d'alçada en contacte amb el terreny i fonaments, d'altra banda, tenim 2 metres d'alçada en contacte amb l'edifici. A causa de la diferència de temperatura i de condicions d'humitat, s'ha d'analitzar per separat.

El propietari va demanar i especificar que no es modifiqués la distribució de la casa, per tant es fa servir el plànol obtingut sense rectificacions.

La distribució de l'habitatge és la següent:

1- Habitació destinada a la rentadora i assecadora.
2- Lavabo petit.
3- Pati exterior.
4- Lavabo gran.
5- Dormitori petit.
6- Dormitori gran.
7- Distribuïdor.
8- Menjador i sala d'estar.
9- Cuina oberta.
10- Rebedor.
11- Pati exterior.
12- Terreny sense edificació.

No totes les estances de la casa seran necessàries per a l'estudi energètic, atès que no tenen interacció, és per això que l'estudi se centrarà en les següents estances:

Lavabo petit

El lavabo petit està situat en el pati de darrere, orientat al Sud-est.

Per fer el càlcul de pèrdues s'han analitzat les dues parets que tenen interacció amb elements exteriors.

- Mur de façana orientat al Sud-est amb una superfície de 3.99 m^2 lliures i una finestra de 0.85x0.95 m amb un vidre simple a 1 m d'alçada respecte al terra.
- Mur confrontant amb l'edifici veí. La part en contacte amb el terreny té una superfície de 1.33 m^2, i la part en contacte amb el bloc de pisos té una superfície de 2.66 m^2.

Lavabo gran

El lavabo gran està situat en la part de darrere de l'habitatge, entre les dues habitacions. Només té una paret en contacte amb l'exterior i per tant l'única a analitzar.

- Mur de façana orientat al Nord-est amb una superfície de 7.2 m^2.

Dormitori petit

El dormitori petit està situat en la façana dreta de la casa. Té dues parets exteriors on s'han de calcular les pèrdues.

- Mur de façana orientat al Sud-est amb una superfície de 13.8 m^2 lliure i una finestra de 0.85x0.95 m amb un vidre simple a 1 m d'alçada respecte al terra.
- Mur de façana orientat al Nord-est amb una superfície de 6 m^2 lliures i una finestra de 0.85x0.95 m amb un vidre simple a 1 m d'alçada respecte a terra.

Dormitori gran

El dormitori gran està situat en la façana esquerra de la casa. Té dues parets en contacte amb elements exteriors on s'han de calcular les pèrdues.

- Mur de façana orientat al Nord-est amb una superfície de 3.09 m^2 lliures i una finestra de 0.85x0.95 m amb un vidre simple a 1 m d'alçada respecte al terra.
- Mur confrontant amb l'edifici veí. La part en contacte amb el terreny té una superfície de 4.3 m^2, i la part en contacte amb el bloc de pisos té una superfície de 8.6 m^2.

Menjador, sala d'estar i cuina

Aquesta estança és més complicada de valorar. Per fer el càlcul més aproximant a la realitat s'ha analitzat el conjunt de la cuina el menjador i no per separat, pel fet que com que no hi ha cap element constructiu que separi les estances tenen la mateixa temperatura i es poden analitzar les pèrdues energètiques conjuntament.

Per realitzar els càlculs s'han analitzat les 3 parets en contacte amb elements exteriors.

- Mur de façana orientat al Sud-oest amb una superfície de 16.95 m^2 lliures i dues finestres de 0.95x1.1 m amb un vidre simple a 1m d'alçada respecte al terra.

- Mur de façana orientat al Sud-oest amb una superfície de 14.64 m^2 lliures i una finestra de 0.85x0.95 m amb un vidre simple a 1m d'alçada respecte al terra.
- Mur confrontant amb l'edifici del veí. La part en contacte amb el terreny té una superfície de 3.16 m^2, i la part en contacte amb el bloc de pisos té una superfície de 6.32 m^2.

Rebedor

El rebedor està situat a la façana de davant de la casa. Té dues parets en contacte amb l'exterior on s'han de calcular les pèrdues.

- Mur de façana orientat al Nord-oest amb una superfície de 5.91 m^2.
- Mur de façana orientat al Sud-est amb una superfície de 5.1 m^2.

Totes aquestes estances són necessàries pel càlcul de pèrdues. Aquestes dades són les que s'utilitzen en el programa de certificació energètica *CE3X*.

7.3 Materials emprats en la construcció de l'habitatge

En aquest apartat es parlarà dels materials actuals que té l'habitatge, ja que com s'ha mencionat anteriorment no s'ha fet cap reforma important d'ençà que es va construir, a banda de la reforma que més endavant es comentarà del sostre, i encara té els mateixos materials inicials i no disposa de cap mena d'aïllant tèrmic ni cambra d'aire per evitar les pèrdues energètiques.

Totes les parets exteriors de l'habitatge tenen un gruix de 20 cm i van ser construïdes amb totxanes bàsiques, en l'exterior només té una pintura decorativa sense cap mena d'aïllant, i internament la majoria de parets tenen unes rajoles.

Les parets interiors tenen diferents gruixos, la majoria tenen 10 cm. N'hi ha dues de diferent gruix, la paret que divideix el dormitori gran amb la cuina té un gruix molt baix i és de tan sols 5 cm, d'altra banda, la paret que separa el dormitori petit amb el lavabo té un gruix de 15 cm, aquesta té un gruix més gran, ja que és un mur de càrrega, i les bigues transversals del dormitori gran i del lavabo es recolzen en aquest mur.

Totes les parets interiors també són de totxanes bàsiques i no posseeixen cap mena d'aïllant tèrmic.

Il·lustració 5: Paret de l'habitatge en l'estat actual

7.4 Reformes ja començades en l'habitatge

Com ja s'ha comentat anteriorment, des de la construcció de l'habitatge no s'ha realitzat cap reforma important de caràcter energètic en les parets ni en qüestió de finestres i portes. Tot i això, quan el propietari va adquirir l'habitatge, va ser necessari escometre un obra de reforma estructural en el sostre.

El sostre antigament es recolzava en unes bigues de fusta transversals, aquestes bigues amb els anys i la humitat s'han anat deteriorant fins al punt de tenir petites esquerdes que posaven en perill la integritat estructural de l'habitatge. A més a més, per l'obra d'una habitació es va tirar una petita part d'una paret que ajudava a fer de puntal a les bigues, deixant-les així en voladís. Amb el pas del temps, les bigues a poc a poc van anar cedint i això va provocar que en el sostre hi apareixien esquerdes en les totxanes, fet que va causar que un dia de pluja l'aigua, filtres i provoques petites goteres.

Un cop vist tot el problema, es va decidir que un expert fes una avaluació de l'estructura i amb l'informe es va decidir fer una reforma del sostre i de les bigues.

Primer de tot es va reforçar tota l'estructura situant a sota de les bigues en perill una UPN d'acer, també es va decidir treure finalment la paret antiga i fer que totes les bigues es recolzessin en una nova HPN perpendicular, finalment també es va situar un pilar d'acer. La biga HPN es recolza en una paret i en el pilar.

Il·lustració 6: Bigues i sostre després de la reforma estructural

Amb això es va solucionar el problema estructural. El següent pas va ser solucionar el problema de les filtracions i goteres. Per tal d'evitar tot això es va decidir fer una reforma exterior, substituint el terra del sostre actual.

Un cop ja es va començar l'obra es va decidir que en la mateixa obra també es podria aïllar tèrmicament el sostre de la casa aprofitant l'avinentesa de tenir tot el sostre aixecat.

Primer de tot es va retirar la rajola actual que hi havia. Sobre els fonaments del sostre es va col·locar poliestirè extrudit, com a aïllant tèrmic per evitar la pèrdua d'energia pel sostre. Seguidament sobre el poliestirè es va col·locar formigó armat amb una malla metàl·lica, amb això es va aconseguir donar la inclinació necessària per poder portar l'aigua cap a l'embornal. Després es va recobrir tot amb una tela asfàltica de butil juntament amb el geotèxtil que serveix com a adherent. I finalment es va fer una capa de morter i es van posar les rajoles.

8. Certificació energètica actual

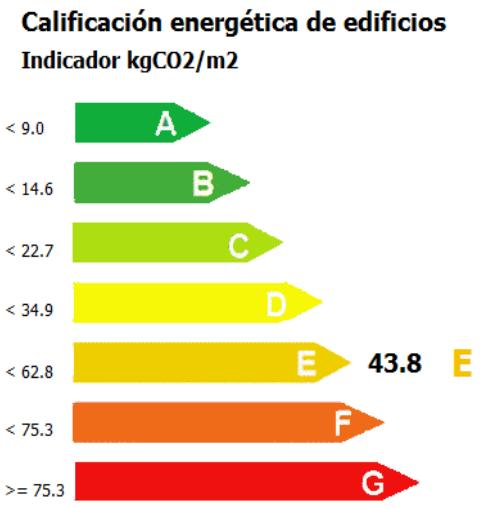
Per poder valorar com és la situació actual de l'habitatge: si te moltes deficiències energètiques, si es perden molts diners per no tenir les instal·lacions adequades i també per poder valorar la situació solar cap a on esta encarada la casa mitjançant el patró d'ombres, s'ha fet servir el programa de certificació energètica CE3X.

Aquest programa és el més fiable en quant a la certificació energètica, a més a més, durant el quadrimestre anterior a l'assignatura optativa d'*Enviroment Building* es va fer servir aquest programa i això ha permès poder obtenir totes les dades amb més facilitat.

Per fer la certificació energètica actual, s'han obtingut les dades de consum de l'habitatge actual del propietari, atès que el consum d'aigua calenta sanitària (ACS) i l'energètic seran molt semblants al consum actual i es pot importar a l'habitatge estudiat.

L'estudi se centra en les estàncies esmentades anteriorment.

A continuació es pot veure la qualificació final de la certificació energètica actual.



Edificio objeto

Demanda de calefacción (kWh/m2)	114.6	E
Demanda de refrigeración (kWh/m2)	6.9	C
Emisiones de calefacción (kg CO2/m2)	36.3	E
Emisiones de refrigeración (kg CO2/m2)	1.1	B
Emisiones de ACS (kg CO2/m2)	6.4	E

Il·lustració 7: Qualificació energètica de l'habitatge

Com es pot observar la lletra de la qualificació energètica és una E, amb un indicador d'emissions de 43.8 $kgCO^2/m^2$, indicador del gran impacte mediambiental que té el consum d'energia per poder satisfer les necessitats tèrmiques de l'habitatge i que provoca un gran volum d'emissions.

La demanda de calefacció és de 114.6 kWh/m^2, això indica, com era d'esperar, que l'habitatge consumeix una gran quantitat d'energia, ja que per mancança d'aïllants tèrmics, la majoria d'aquesta calor es perd innecessàriament i és necessària més energia calorífica per poder compensar aquestes pèrdues i arribar a la temperatura desitjada.

Com que l'habitatge no té cap mena d'aïllament tèrmic en parets i sostres, que les finestres són antigues i no estan preparades per evitar la pèrdua de calor, els materials precaris de la construcció i l'antiguitat dels elements de calefacció, comporta una lletra molt baixa en quant a la recomanació del CTE.

Tot i que la certificació és molt dolenta, en relació a les dades esmentades anteriorment de les qualificacions energètiques en funció de l'any de construcció de l'habitatge, es pot observar com esta dins de la mitjana dels habitatges de la mateixa època de construcció a Catalunya.

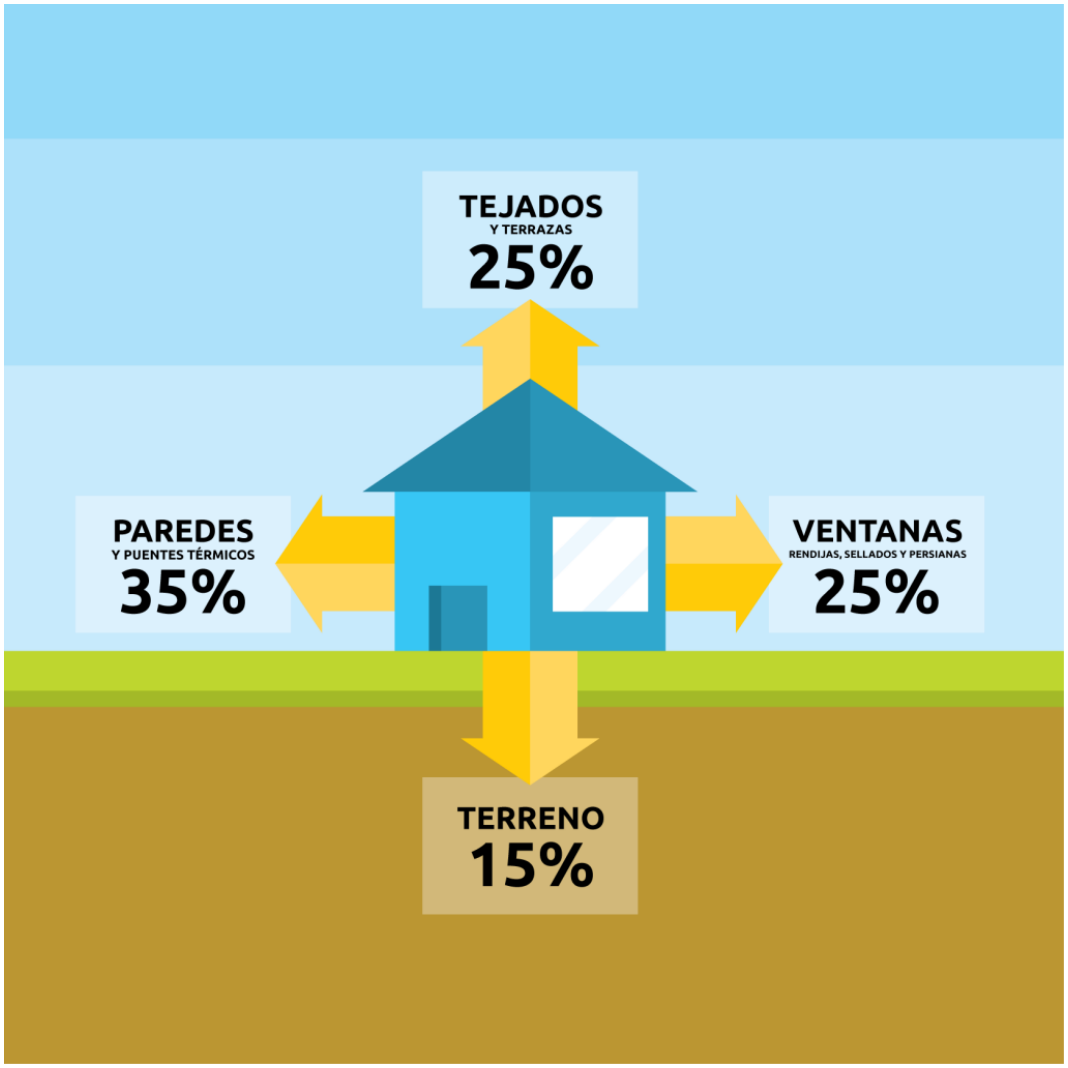
En els annexos s'adjunta l'informe complet on es detallen i es mencionen totes les dades de la certificació energètica.

Unes de les finalitats d'aquest estudi és millorar la nota de la qualificació energètica mitjançant la instal·lació d'aïllants tèrmics i la substitució de les instal·lacions de calefacció. És per això que un cop realitzades aquestes millores, es tornarà a certificar l'habitatge per poder qualificar les millores realitzades.

9. Càlcul de pèrdues energètiques

En general els habitatges perden energia per tot element que estigui en contacte amb l'exterior. Es per això que és molt important tenir un bon aïllament per poder reduir aquestes pèrdues.

Com es pot veure a continuació la majoria d'energia es perd per la façana, la coberta, les finestres, les caixes de persiana, el terreny i altres ponts tèrmics.



Il·lustració 8: Percentatge de pèrdues de calor en l'habitatge. Font: HQH

Com podem observar la part més critica són les parets, que perden fins a un 35% de tota l'energia de l'habitatge. Un bon aïllant tèrmic ens pot fer estalviar fins a un 70% de la factura de la calefacció o de l'aire condicionat.

L'elecció de quin és l'aïllant més adequat per l'habitatge depèn de la transferència de calor, és per això que primer s'ha de conèixer quines són les pèrdues que tenen les parets amb l'exterior.

Per fer aquests càlculs s'empraran els coneixements adquirits a l'assignatura de Termotècnia.

Una paret en contacte amb dues temperatures diferents, l'exterior i l'interior, fa de pont tèrmic. És per això que s'ha de calcular l'energia de conducció del material, l'energia de convecció amb l'aire exterior i l'aire interior. Com que el càlcul es basa en el moment més crític, pel fet que si a l'exterior la temperatura és la mínima possible, les pèrdues de calor seran màximes, el càlcul es fa a la nit. Aquest fet fa que no només no hi hagi radiació solar, sinó que el mateix habitatge fa de forn i emet radiació cap a l'exterior pel fet que la temperatura interior és més elevada que l'exterior.

A continuació s'expliquen les fórmules utilitzades en els càlculs. Com que les pèrdues es basen en el principi termodinàmic, en aquest cas es tenen en compte les pèrdues de conducció, convecció i radiació. Per facilitar el càlcul s'ha fet una similitud amb un circuit elèctric on hi ha un flux de calor constant, i les resistències són les resistències tèrmiques pròpies de cada element.

Fent tots els càlculs de fórmules, substituint i aplicant els conceptes s'obté aquesta fórmula.

$$q = \frac{\dot{Q}}{A} = \frac{T_i - T_e}{\frac{1}{h_{ci}} + \frac{L_A}{K_A} + \frac{1}{h_{ce} + h_{re}}}$$

Q: Flux de calor

A: Àrea de la paret

T_i: Temperatura interior

T_e: Temperatura exterior

h_{ci}: Coeficient de transmitància tèrmica interior per convecció

L_A: Espessor del material

K_A: Coeficient de transmitància tèrmica per conducció

h_{ce}: Coeficient de transmitància tèrmica exterior per convecció

h_{re}: Coeficient de transmitància tèrmica exterior per radiació

A continuació s'expliquen els valors de cada coeficient i com s'han obtingut.

Pel que fa a les temperatures, a l'interior s'ha buscat una temperatura de confort que no tingui un cost energètic massa elevat per poder adquirir-la. El RITE (Reglament d'instal·lacions tèrmiques als edificis) al punt IT 1.1.4.1.2. taula 1.4.1.1 estableix que en situacions normals d'hivern la temperatura interior ha d'estar entre 21 i 23ºC. El més habitual és prendre 22ºC com a temperatura d'estudi.

La temperatura exterior és la mínima anual a Barcelona l'any passat, aquest valor serveix com a referència per poder calcular el valor màxim de pèrdua de calor, ja que és la temperatura més crítica i la que crea una major diferència respecte a l'interior.

Els coeficients de transmitància tèrmica per convecció s'han obtingut mitjançant càlculs de Nusselt, Grashof i Prandtl com es pot veure a continuació.

Coeficient de transmitància tèrmica interior per convecció:

$$Tfilm = 22ºC = 295K$$

Un cop es té la temperatura film, a les taules de termotècnia "*Table B-4 Propety value of gases at atmospheric pressure*", s'obtenen els valors de les propietats dels gasos per la temperatura de 295ºK. Es pot fer una aproximació i obtenir els valors de 300ºK.

$$\rho = 1.774\frac{Kg}{m^3}\ ;\ C_p = 1.0057 \cdot 10^3 \frac{W_s}{Kg \cdot K}\ ;\ \mu = 1.847 \cdot 10^{-5}\frac{Kg}{m \cdot s}\ ;$$

$$k = 0.02624\frac{W}{m \cdot K}\ ;\ \alpha = 0.2216 \cdot 10^{-4}\frac{m^2}{s}\ ; Pr = 0.708$$

Amb tots els valors de les propietats es procedeix a fer el càlcul del coeficient. Primer de tot s'ha de definir que s'estudia una convecció natural. Les fórmules de Grashof i Nusselt s'obtenen de les Taules "*C1. Convecció natural*".

$$Gr = \frac{g\rho^2 \Delta T X^3 \beta}{\mu^2} = \frac{1}{300ºK} \cdot \frac{\frac{9.81m}{s^2} \cdot 1.774^2 \cdot (24 - (-4.7))ºC \cdot 3^3 m}{(1.847 \cdot 10^{-5})^2} = 2.34 \cdot 10^{11}$$

Aquest valor de Grashof es superior a 10^9, això vol dir que és una convecció turbulenta. En les taules es poden trobar els valors de C, n i K per calcular el Nusselt.

$$C = 0.0246\ ;\ n = \frac{2}{5}\ ; K = \left[\frac{Pr^{\frac{1}{6}}}{1 + 0.494 \cdot Pr^{\frac{2}{3}}}\right]^{\frac{2}{5}} = 0.856$$

$$\bar{N}u = \frac{h_{ci} \cdot X}{k} = C(Gr \cdot Pr)^n K \rightarrow h_{ci} = k \cdot \frac{C(Gr \cdot \mathrm{Pr})^n K}{X}$$

$$h_{ci} = \frac{0.02624 \cdot 0.0246 \cdot (2.34 \cdot 10^{11} \cdot 0.708)^{\frac{2}{5}} \cdot 0.856}{3} = 5.66 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

El coeficient de transmissió tèrmica interior per convecció és: $5.66 \frac{W}{m^2 \cdot K}$.

El següent coeficient que es calcularà és el de transmissió tèrmica exterior. El procediment és el mateix amb la diferència de la temperatura.

$$Tfilm = -4.7ºC = 268ºK$$

Com en el cas anterior s'obtenen els valors de les propietats de l'aire en les taules "*Table B-4 Propety value of gases at atmospheric pressure*". Per facilitar el càlcul es fa una aproximació a 265ºK, la diferència de resultats és tan petita que es por considerar negligible.

$$\rho = 1.5934 \frac{Kg}{m^3} \; ; \; C_p = 1.0055 \cdot 10^3 \frac{W_s}{Kg \cdot K} \; ; \; \mu = 1.7235 \cdot 10^{-5} \frac{Kg}{m \cdot s} \; ;$$

$$k = 0.02425 \frac{W}{m \cdot K} \; ; \; \alpha = 0.2599 \cdot 10^{-4} \frac{m^2}{s} \; ; Pr = 0.715$$

Amb tots els valors de les propietats es procedeix a fer el càlcul del coeficient. Primer de tot s'ha de definir que s'estudia una convecció natural. Les fòrmules de Grashof i Nusselt s'obtenen de les Taules "*C1. Convecció natural*".

$$Gr = \frac{g\rho^2 \Delta T X^3 \beta}{\mu^2} = \frac{1}{268ºK} \cdot \frac{\frac{9.81m}{s^2} \cdot 1.5937^2 \cdot (24 - (-4.7))ºC \cdot 3^3 m}{(1.7235 \cdot 10^{-5})^2} = 2.42 \cdot 10^{11}$$

Aquest valor de Grashof es superior a 10^9, això vol dir que es una convecció turbulenta. En les taules es poden trobar els valors de C, n i K per calcular el Nusselt.

$$C = 0.0246 \; ; \; n = \frac{2}{5} \; ; K = \left[\frac{Pr^{\frac{1}{6}}}{1 + 0.494 \cdot Pr^{\frac{2}{3}}} \right]^{\frac{2}{5}} = 0.856$$

$$\bar{N}u = \frac{h_{ci} \cdot X}{k} = C(Gr \cdot Pr)^n K \rightarrow h_{ci} = k \cdot \frac{C(Gr \cdot \mathrm{Pr})^n K}{X}$$

$$h_{ci} = \frac{0.02425 \cdot 0.0246 \cdot (2.42 \cdot 10^{11} \cdot 0.715)^{\frac{2}{5}} \cdot 0.856}{3} = 5.32 \frac{W}{m^2 \cdot K}$$

El coeficient de transmissió tèrmica exterior per convecció és: $5.32\frac{W}{m^2 \cdot K}$.

Per últim es calcula el coeficient de transmissió tèrmica de radiació. Aquest coeficient s'obté de la formula següent obtinguda dels apunts de l'assignatura de termotècnia. Es considera que la temperatura de la paret exterior és de 5ºC.

$$h_{re} = 4\sigma\epsilon T^3$$

On:

$$\sigma = Constant\ de\ Stefan - Boltzmann\ \frac{W}{m^2 \cdot K^4} = 5.67 \cdot 10^{-8}$$

$$\varepsilon = emissivitat\ del\ maho = 0.93$$

$$h_{re} = 4 \cdot 5.67 \cdot 10^{-8} \cdot 0.93 \cdot 278ºK = 4.53\frac{W}{m^2 \cdot K}$$

Un cop ja es tenen tots els coeficients de transmissió tèrmica, es poden calcular les pèrdues de calor en les parets, en les finestres i en el terra de l'habitatge.

En els annexos es pot veure a la taula d'Excel els càlculs de totes les parets individualment amb les seves constants i coeficients, de la mateixa manera que també hi han els càlculs de pèrdues del sòl i també el càlcul de les finestres.

Els valors finals de les pèrdues de calor sense aïllants en l'habitatge són els següents:

Taula 3: Pèrdues de calor sense aïllants

Part estudiada	Pèrdues de calor total a l'habitatge (W)
Parets	4646
Finestres	441
Terra	14028

Si se sumen els tres valors, s'obtenen les pèrdues totals de calor en el moment més crític de l'habitatge.

Pèrdues totals de calor en l'habitatge sense aïllants: 19415 W

10. Informació i comparativa entre els possibles aïllants tèrmics i finestres

Els aïllants de parets d'un habitatge són fonamentals per a evitar pèrdues de calor durant l'època hivernal. Per mantenir controlada la temperatura en l'habitatge, es necessita un aïllament eficaç. En moltes ocasions, una gran part de l'energia consumida en calefacció es perd innecessàriament a causa d'un mal aïllament tèrmic, a causa de les pèrdues de calor per un mal tancament de portes i finestres, etc. Un habitatge ben aïllat pot suposar entre altres coses, un estalvi energètic i econòmic considerable.

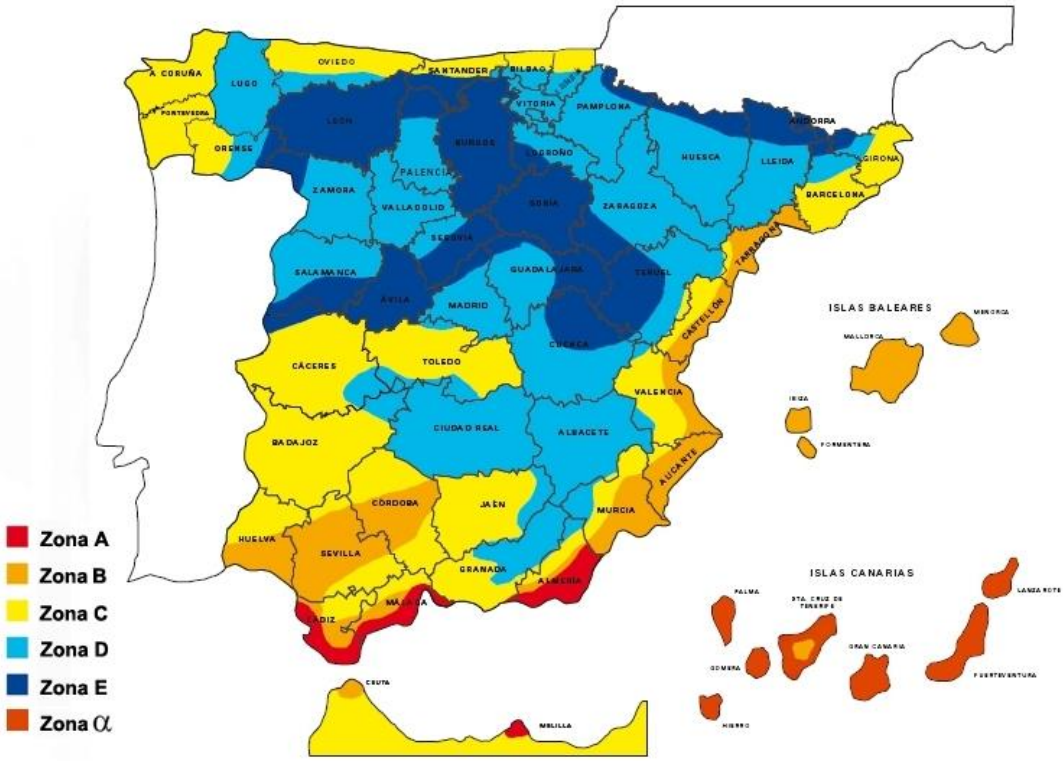
Els aïllants tèrmics són materials dissenyats per disminuir la transferència d'energia calorífica entre els objectes en dos ambients diferents, caracteritzats per la seva alta resistència tèrmica.

Gràcies a la seva baixa conductivitat tèrmica i al seu baix coeficient d'absorció de la radiació, el material que pot aïllar millor és l'aire. Hi ha tres tipus bàsics d'aïllants que es dissenyen per evitar que la calor passi per conducció, convecció o radiació. La majoria dels aïllants tèrmics estan dissenyats per evitar la conducció de transferència de la calor a través del contacte entre objectes sòlids. Els aïllants es fan servir per evitar la pèrdua de calor que s'origina en les cambres d'aire pel fenomen de convecció. Estan dissenyats per limitar el moviment d'aire mentre que les barreres de radiació estan dissenyades per reflectir l'energia emanada.

Un dels documents del CTE (Codi Tècnic d'Edificació), que va entrar en vigor el juny de 2014, especifica l'aïllament mínim necessari per protegir-nos de les oscil·lacions tèrmiques, depenent aquesta dada de la zona climàtica.

El nou codi tècnic d'Edificació, augmenta les característiques mínimes i els elements mínims o bàsics d'aïllament que una edificació ha de tenir per zona geogràfica i segons al lloc d'instal·lació en els habitatges. Aquesta nova norma d'obligat compliment, posa de manifest que dissenyar l'envolupant amb el gruix òptim d'aïllament és l'estratègia de major benefici i menor cost.

En la imatge inferior es troben representades en un mapa les diferents zones d'Espanya en funció del clima. Aquesta divisió permet agrupar geogràficament i establir els requisits mínims recomanats.



Il·lustració 9: Mapa de les zones climàtiques d'Espanya. Font: Andimat

Aquestes dades dels nous gruixos d'aïllament s'obtenen de l'Apèndix E del DB-HE1 "Limitació de la demanda energètica".

Aquest Apèndix E conté els "Valors orientatius dels paràmetres característics de l'envolupant tèrmica" i aporta valors pel redimensionat de solucions constructives en els habitatges en funció de la zona climàtica.

Taula 4: Transmitància tèrmica en funció de la zona climàtica

	Zona climàtica					
Transmitància de l'element (W/m^2K)	**α**	**A**	**B**	**C**	**D**	**E**
U_M	0.94	0.50	0.38	0.29	0.27	0.25
U_S	0.53	0.53	0.46	0.36	0.34	0.31
U_C	0.50	0.47	0.33	0.23	0.22	0.19

U_M: Transmitància tèrmica de murs de façana i tancaments en contacte amb el terreny
U_S: Transmitància tèrmica de terres (forjats en contacte amb l'aire exterior)
U_C: Transmitància tèrmica de cobertes

Taula 5: Gruix de l'aïllant tèrmic en funció de la zona climàtica

Zona climàtica	Coberta	Façana	Terra
α	4 a 6 mm	2 a 4 mm	4 a 6 mm
A	5 a 7 mm	6 a 8 mm	5 a 7 mm
B	7 a 11 mm	9 a 12 mm	5 a 8 mm
C	11 a 16 mm	13 a 17 mm	7 a 11 mm
D	11 a 17 mm	16 a 21 mm	8 a 11 mm
E	13 a 20 mm	16 a 21 mm	8 a 13 mm

Aquests gruixos són merament orientatius, ja que podran reduir-se o incrementar-se en funció del disseny de l'edifici, l'orientació, el grau de permeabilitat a l'aire dels tancaments, el material aïllant, etc. Per al càlcul s'ha utilitzat un material d'aïllament estàndard mitjà amb una conductivitat de 0.036 (W/mK). Es considera una façana sense cambra i són tractats els ponts tèrmics, i terres en contacte amb el terreny.

Un bon aïllament és un dels secrets no solament d'un habitatge eficient sinó també d'un habitatge confortable, ja que redueix les pèrdues de calor i les filtracions a l'hivern, així com el reescalfament i l'entrada d'aire calent a l'estiu. L'elecció depèn de la zona que es vulgui aïllar (parets interiors, façanes, sostres o sota cobertes) i del tipus d'instal·lació.

De totes les parets on es poden fer millores en l'aïllament energètic, aquest estudi se centra en les més critiques. Com ja s'ha vist anteriorment el sostre està completament aïllat tèrmicament. En aquesta ocasió serà necessari fer les millores tant en les façanes com en el terra, les dues parts de l'habitatge que encara no tenen cap mena d'aïllament tèrmic.

A continuació s'analitza detalladament quins són els aïllants de façanes i terres, les característiques principals, la seva transmitància tèrmica en funció del gruix de l'aïllant.

També s'explica quines són les propietats més importants per les quals es valorarà quin és el més recomanable per l'habitatge. Un cop detallats aquestes propietats mitjançant una taula de valors ponderats es determinarà quin és l'aïllant més adient per l'habitatge estudiat, i finalment s'escollirà el que compleixi aquests requisits.

10.1 Façana

L'aïllament en les façanes és el més significant, com s'ha esmenat anteriorment, el 35% de les pèrdues d'energia és per les façanes. Per aquest motiu s'ha de donar una gran importància a aïllar correctament aquesta part de l'habitatge.

En el cas de les façanes es pot optar per millorar l'aïllament des de l'exterior, des de l'interior de l'habitatge, o injectant una solució aïllant a l'interior del mur.

Les solucions d'aïllament per l'interior, es realitzen sense modificar la façana, són molt més senzilles de realitzar i no requereixen obres o personal especialitzat. S'aprofiten les cambres de ventilació sense aïllament, o bé amb un nou envà amb l'afegit d'un aïllant.

Les solucions des de l'exterior requereixen un material inalterable a l'aigua, com el poliestirè extrudit o expandit, o en defecte d'això una cambra d'aire que permeti el drenatge i ventilació de l'aïllant; aquest material va dins d'una estructura i cobert amb panells, aquesta solució és més complicada, ja que exigeix mà d'obra qualificada.

L'aïllant que es tria per la paret ha de ser l'adequat perquè es mantingui la temperatura desitjada.

Il·lustració 10: Vista en detall d'una paret amb aïllant tèrmic. Font: pladur-barcelona

Els aïllants d'estudi són els següents:

- Llana mineral
- Poliestirè extrudit
- Poliestirè expandit
- Suro i fibres naturals
- Reflexiu

10.1.1 Llana mineral

Material flexible de fibres inorgàniques constituït per un entrellaçat de filaments de materials petris que formen un feltre que conté i manté l'aire en estat immòbil. Aquesta estructura permet aconseguir productes molt lleugers amb alt nivell de protecció i aïllament tèrmic, acústic i resistent contra el foc. N'hi ha de dos tipus:

Llana de roca: Els panells de llana de roca estan composts gairebé de roca d'origen volcànic amb un petit percentatge de lligant orgànic. S'obté fonent la roca volcànica a altes temperatures, sotmetent a moviment per fiblar-la i aplicant aglomerants i olis impermeables.

Taula 6[3]: Resistència tèrmica i preu en funció del gruix de la llana de roca

Gruix (mm)	Resistència Tèrmica ($m^2 \cdot K/W$)	Preu (€/m^2)[4]
50	1.30	20.07
60	1.55	22.50
100	2.60	31.53
120	3.15	34.68

La conductivitat tèrmica de la llana de roca és: 0.037 W/m·K, segons la norma EN 12667 i EN 12939.

Llana de vidre: La llana de vidre és un producte d'origen natural, mineral i inorgànic. Fabricada a partir de composts principalment per sorra de sílice i carbonat de calci i de magnesi que li confereix resistència a la humitat. S'obté per un procés similar a la llana de roca.

Taula 7[5]: Resistència tèrmica i preu en funció del gruix de la llana de vidre

Gruix (mm)	Resistència Tèrmica ($m^2 \cdot K/W$)	Preu (€/m^2)[6]
40	1.05	3.58
50	1.35	5.28
60	1.6	6.66

[3] Taula realitzada segons la norma EN 823 per el espessor i EN 12667, EN 12939 per la resistència tèrmica.
[4] Preu segons catàleg de La casa de la construcción, maig de 2016 (sense IVA).
[5] Taula realitzada segons la norma EN 823 per el espessor i EN 12667, EN 12939 per la resistència tèrmica.
[6] Preu segons catàleg de La casa de la construcción, maig de 2016 (sense IVA).

La conductivitat tèrmica de la llana de vidre és: 0.038 W/m·K, segons la norma EN 12667 i EN 12939.

Avantatges: Facilitat i rapidesa d'instal·lació, seguretat en cas d'incendi (és ignífug), químicament inert, no hidròfil ni higroscòpic i respectuós amb el medi ambient.

Il·lustració 11: Llana de Roca. Font: Danplac

Il·lustració 12: Llana de vidre. Font: Danplac

10.1.2 Poliestirè expandit

El poliestirè expandit (EPS) és un material plàstic escumejat d'origen sintètic. És rígid, blanc i escumejat. És un material inert i innocu que no ataca el medi ambient ni la salut de les persones.

Per la seva versatilitat i facilitat de conformat es pot manipular sense mesures de protecció, a més de les seves excel·lents qualitats i propietats, el poliestirè expandit presenta un ampli ventall d'aplicacions.

El poliestirè expandit comparteix moltes característiques amb l'extrudit. Aproximadament un 98% del volum d'aquest material és aire i només un 2% matèria sòlida (poliestirè). Malgrat això, el procés de fabricació determina una diferència fonamental: l'extrudit té estructura tancada, per la qual cosa és un aïllament tèrmic que pot mullar-se sense perdre les seves propietats.

Avantatges: És un material extraordinàriament lleuger però resistent, econòmic, amortidor d'impactes, resistent a l'aigua però no al vapor, resistent a l'envelliment, aïllant acústic, higiènic, no rovella, imputrescible, amb facilitat d'instal·lació i facilitat de manipulació.

Il·lustració 13: Poliestirè expandit. Font: Pasarlaite

Taula 8[7]: Resistència tèrmica i preu en funció del gruix del poliestirè expandit

Gruix (mm)	Resistència Tèrmica ($m^2 \cdot K/W$)	Preu ($€/m^2$)[8]
20	0.45	1.64
30	0.70	2.80
40	0.95	3.60
50	1.20	4.78

La conductivitat tèrmica del poliestirè expandit és: 0.041 W/m·K, segons la norma EN 13163:2009.

10.1.3 Poliestirè extrudit

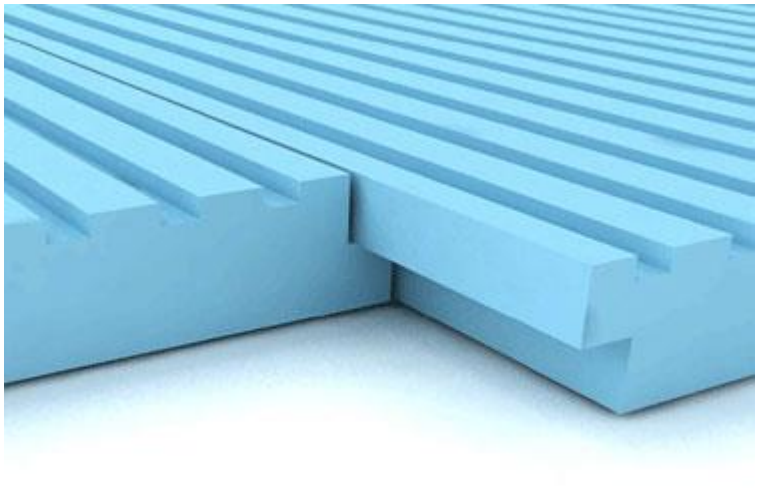
El poliestirè extrudit (XPS) és una escuma rígida, aïllant, de caràcter termoplàstic i d'estructura cel·lular tancada.

És un material, com ja s'ha esmentat abans, idèntic en termes de composició a l'EPS però amb altres característiques de rellevància. Comparteix moltes característiques, j la seva composició química és idèntica. La diferència radica únicament en el procés de conformació; però és una diferència crucial, ja que l'extrusió produeix una estructura de bombolla tancada, la qual cosa el converteix en l'únic aïllant tèrmic capaç de mullar-se sense perdre les seves propietats.

Avantatges: És impermeable, té una alta resistència al pes i a la deformació, és immune a la humitat, té una major capacitat aïllant i de resistència pel que fa a l'expandit, amb facilitat d'instal·lació i facilitat de manipulació.

És molt habitual el seu ús en zones amb humitats.

[7] Taula realitzada segons la norma EN 13163:2009.
[8] Preu segons catàleg de Leroy Merlin, maig de 2016 (sense IVA).



Il·lustració 14: Poliestirè extrudit. Font: Pasarlaite

Taula 9[9]: Resistència tèrmica i preu en funció del gruix del poliestirè expandit

Gruix (mm)	Resistència Tèrmica ($m^2 \cdot K/W$)	Preu (€/m^2)[10]
30	0.9	3.17
40	1.20	4.87
50	1.50	6.38

La conductivitat tèrmica del poliestirè expandit és: 0.034 W/m·K, segons la norma EN 12667/12939.

10.1.4 Suro i fibres naturals

El panell de suro aglomerat és un aïllant tèrmic i sonor molt eficaç que, a més, té una producció molt sostenible i, una vegada instal·lat, requereix molt poc manteniment.

És un producte de suro natural que ha sofert un procés tèrmic de torrat sense necessitat de cap additiu químic. El procés de torrat incrementa les prestacions aïllants del suro. La cèl·lula expandeix, augmenta de volum i en millora les característiques tèrmiques i acústiques.

[9] Taula realitzada segons la norma EN 12667/12939.
[10] Preu segons catàleg de Leroy Merlin, maig de 2016 (sense IVA).

Avantatges: 100% natural, reciclable i reutilitzable, amb alta resistència mecànica, material molt lleuger, la seva densitat i el seu pes són molt baixos, amb facilitat i rapidesa d'instal·lació i químicament inert.

Aquest material té un gran desavantatge, el suro és un material natural molt confortable que es pot emprar en condicions òptimes de sequedat. No obstant això, és un material hidròfil i per tant absorbeix la humitat que l'envolta, actuant com una esponja, podent potenciar els problemes d'humitat que té.

Pel fet que l'habitatge està en contacte directe amb el terreny, es podrien patir problemes d'humitat, és per això que es descarta aquest material.

Il·lustració 15: Placa de suro. Font: Leroy Merlin

Taula 10[11]: Resistència tèrmica i preu en funció del gruix del suro

Gruix (mm)	Resistència Tèrmica ($m^2 \cdot K/W$)	Preu ($€/m^2$)[12]
10	0.2	13.90
50	1.1	43.95

La conductivitat tèrmica del poliestirè expandit és: 0.036 W/m·K, segons dades de Leroy Merlin.

[11] Taula realitzada segons dades de Leroy Merlin.
[12] Preu segon catàleg de Leroy Merlin, maig de 2016 (sense IVA).

10.1.5 Reflexiu

L'aïllant reflexiu és un material compost per una o diverses capes. També anomenat l'aïllant multicapa. Aquest material està compost per làmines d'alumini, amb làmines de plàstic, làmines de bombolles d'aire sec de diverses dimensions, làmines de polièster, etc.

Actualment es comercialitzen 3 tipus d'aïllants reflexius, depenent del nombre de capes. Podem trobar aïllants mono-capes, tri-capes (format per dues lamines exteriors d'alumini i làmina interna d'un material aïllant) i multicapa (format per diverses capes).

Els aïllants "tradicionals" són efectius únicament quan actuen sobre la calor rebuda per conducció i convecció, però no actuen davant la transferència de calor per radiació. Els aïllants reflexius són efectius davant els tres tipus de transferència de calor.

Mitjançant les làmines exteriors d'alumini pur, s'aconsegueix reflectir el 97% de la calor rebuda per radiació, mentre que amb les làmines d'aire sec interiors s'evita que hi hagi canvis de temperatura entre ambdues cares de l'aïllant i per tant, transferència de calor per conducció/convecció. La capacitat d'aïllament està lligada principalment a l'existència d'una cambra d'aire en contacte amb la làmina.

Un dels seus principals avantatges és el reduït gruix que el converteix en una solució ideal per col·locar per sota de panells de Pladur.

Avantatges: Gruix reduït respecte als aïllants "tradicionals". Això suposa un increment en la superfície habitable, barrera de vapor, no absorbeix aigua ni humitat, no conté gasos tòxics, fibres ni amiant, fàcil instal·lació, no produeix irritacions de pell, al·lèrgies, material no inflamable, evita la creació de fongs i bacteris, gran durabilitat, no perd eficàcia amb el temps, estabilitat dimensional i química, alta resistència mecànica, sostenibilitat. Alumini 100% reciclable.

Il·lustració 16: Aïllant reflexiu multicapa, Font: Group Unamacor

Taula 11[13]: Resistència tèrmica i preu en funció del gruix i del numero de capes del reflexiu

Gruix (mm)	Numero de capes	Resistència Tèrmica ($m^2 \cdot K/W$)	Preu (€/m^2)[14]
3	3	1.2	5.00
12	8	3.5	12.86
20	14	5	20.83
24	14	6.1	20.67

Cal destacar que les capes no sempre són del mateix material i el preu pot variar en funció del numero de capes i dels materials que les componen. Per fer la comparativa s'utilitzarà la de 8 capes.

Un cop explicat quins són els possibles aïllants, les seves característiques i composicions, es valorarà quin és l'aïllant que més s'ajusta a los nostres necessitats mitjançant una sèrie de paràmetres i una ponderació.

Els paràmetres que es valoraran per escollir el material són els següents: Espessor, preu de compra, resistència tèrmica, facilitat de manipulació, respectuós amb el medi ambient.

[13] Taula realitzada segons la norma EN 13162:2009 i el catàleg de ACTIS.
[14] Preu segons el pressupost de ACTIS, Gener de 2015 (sense I.V.A.).

Taula 12: Taula explicativa de les característiques a valorar

Característica	Explicació	Necessitat per l'habitatge
Gruix	El gruix és un paràmetre molt important, atès que no es vol reduir els metres habitables.	Quant més reduït sigui el gruix millor.
Preu	Es va acordar un preu màxim per a elaborar tota la reforma. Aquest és bastant ajustat, és per això que es vol intentar reduir al màxim els costos dels materials per així poder destinar-los a altres necessitats.	Com més baix sigui el preu millor.
Resistència tèrmica	La resistència tèrmica és el paràmetre més important, quanta més resistència tèrmica menys pèrdues de calor hi haurà en l'habitatge, és la base de tot l'estudi.	És preferible una resistència tèrmica elevada.
Manipulació	La manipulació és un paràmetre a tenir en compte. L'obra la realitzarà un paleta i és per això que no pot ser gaire dificultosa la instal·lació, ja que no gaudirà de maquinaria especialitzada ni d'altres operaris.	Com més senzilla sigui la instal·lació millor.
Medi ambient	Sempre és molt important cuidar el nostre medi ambient i és per això que és molt important no utilitzar cap material que sigui perjudicial per l'entorn.	Com més ecològic sigui el material millor. S'ha de valorar l'emissivitat de CO_2 en la fabricació i el reciclatge.

Un cop definits els paràmetres més importants a valorar, se li han donat uns valors ponderats en funció de la seva repercussió. Aquests multiplicats per una nota de cada material en funció de la seva valoració, s'obtindrà quin és el millor aïllant tèrmic per les parets.

A continuació s'adjunta la taula de ponderació per poder fer la valoració de cada material.

Taula 13: Taula de ponderació dels aïllants de les parets

		Llana de roca		Llana de vidre		Poliestirè extrudit		Poliestirè Expandit		Suro i fibres naturals		Reflexiu	
Paràmetre	Pes	Qualif.	Nota	Qualif.	Nota	Qualif.	Nota	Qualif.	Nota	Qualif.	Nota	Qualif.	Nota
Espessor	0.15	2	0.3	3	0.45	4	0.6	5	0.75	6	0.9	10	1.5
Preu	0.25	2	0.5	8	2	7	1.75	7	1.75	1	0.25	4	1
Resistència tèrmica	0.35	5	1.75	6	2.1	7	2.45	5	1.75	4	1.4	9	3.15
Manipulació	0.15	4	0.6	2	0.3	8	1.2	8	1.2	7	1.05	7	1.05
Medi ambient	0.1	8	0.8	8	0.8	3	0.3	3	0.3	9	0.9	7	0.7
Qualificació total			3.95		5.65		6.3		5.75		4.5		7.4

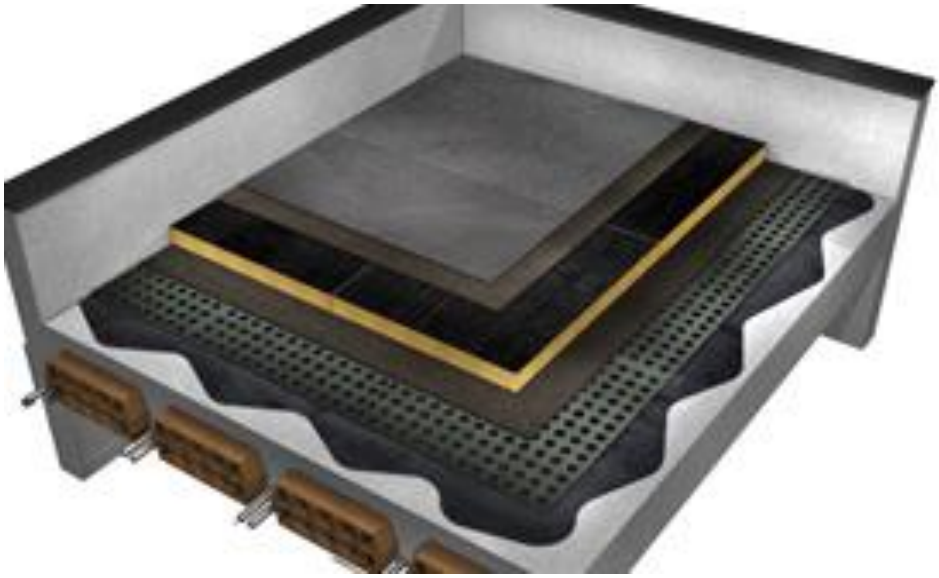
Després de fer la ponderació i valorar cada element tèrmic, es pot observar com el més adient o més eficaç és el reflexiu o multicapa.

Aquest material té molts factors positius, gràcies a la possibilitat de variar el nombre de capes podem obtenir una resistència tèrmica i unes característiques diferents en funció de les nostres necessitats. La gran resistència tèrmica del material amb un gruix tan reduït fa que aquest aïllant sigui ideal per les característiques de l'habitatge estudiat.

10.2 Terres

En el cas dels terres l'aïllament tèrmic es col·loca sobre el forjat de formigó. Entre l'aïllant i el morter és necessari col·locar una làmina de geotèxtil que actua com a barrera impermeable. En terres radiants també fa falta col·locar la làmina de polietilè entre l'aïllant i el sistema de calefacció per conductes.

En aquest cas s'estudiaran els aïllants del terra sense calefacció radiant, és per això que es valoraran els aïllants mes típics i els més eficients com s'ha fet en el cas anterior amb les façanes.



Il·lustració 17: Diferents capes en el terra. Font: Leroy Merlin

Els aïllants que estudiarem són els següents:

- Llana mineral
- Poliestirè extrudit

Les característiques són les mateixes esmenades anteriorment en les façanes, per tant es valorarà directament quin és el més adequat pel terra.

Com anteriorment els paràmetres que es valoraran són els següents:

Taula 14: Taula explicativa de les característiques a valorar

Característica	Explicació	Necessitat per l'habitatge
Impermeabilitat	Com que l'habitatge està edificat en la muntanya, la humitat és un gran problema, és per això que cal reduir-la o evitar-la.	Com més impermeable sigui el material millor.
Preu	Es va acordar un preu màxim per a elaborar tota la reforma. Aquest és bastant ajustat, és per això que es vol intentar reduir al màxim els costos dels materials per així poder destinar-los a altres necessitats.	Com més baix sigui el preu millor.
Resistència tèrmica	La resistència tèrmica és el paràmetre més important, quanta més resistència tèrmica menys pèrdues de calor hi haurà en l'habitatge, és la base de tot l'estudi.	És preferible una resistència tèrmica elevada.
Manipulació	La manipulació és un paràmetre a tenir en compte. L'obra la realitzarà un paleta i és per això que no pot ser gaire dificultós la instal·lació, ja que no gaudirà de maquinaria especialitzada ni d'altres operaris.	Com més senzilla sigui la instal·lació millor.
Medi ambient	Sempre és molt important cuidar el nostre medi ambient i és per això que és molt important no utilitzar cap material que sigui perjudicial per l'entorn.	Com més ecològic sigui el material millor, s'ha de valorar l'emissivitat de CO_2 en la fabricació i el reciclatge.

En la següent taula es pot veure les notes que obtenen cadascun dels materials respecte als seus paràmetres i a la nota de ponderació estimada.

Taula 15: Taula de ponderació dels aïllants del terra

		Llana de roca		Llana de vidre		Poliestirè extrudit	
Paràmetre	Pes	Qualif.	Nota	Qualif.	Nota	Qualif.	Nota
impermeabilitat	0.15	2	0.3	3	0.45	10	1.5
Preu	0.25	4	1	7	1.75	6	1.5
Resistència tèrmica	0.35	5	1.75	6	2.1	7	2.45
Manipulació	0.15	4	0.6	2	0.3	8	1.2
Medi ambient	0.1	8	0.8	8	0.8	3	0.3
Qualificació total			4.45		5.4		6.95

Com es pot observar el millor aïllant pel terra és el poliestirè extrudit. El factor més important en aquest cas és la seva fàcil col·locació i sobretot la capacitat de mantenir la humitat i el seu factor d'aïllament tèrmic, ja que pot aïllar completament tot l'habitatge pel terra.

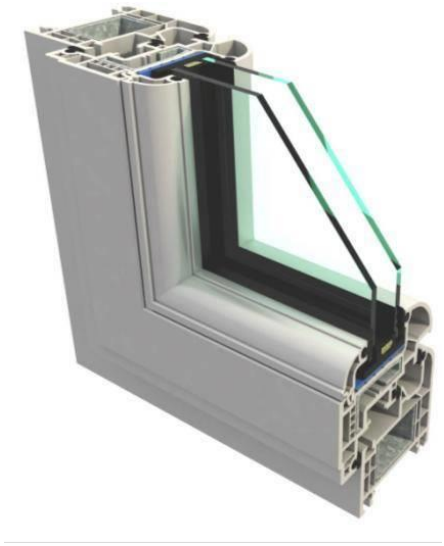
En aquest cas el gruix no és un factor a valorar, ja que l'habitatge té una gran alçada de paret (3 metres) no hi ha cap inconvenient en pujar el terra.

10.3 Finestres

El procés de triar les noves finestres de l'habitatge és complicat i resulta molt confús.

És important tenir clar el que es vol aconseguir, per poder triar la finestra més adequada. A l'hora d'adquirir una finestra s'ha de triar el material del perfil (alumini, fusta o PVC), el tipus d'obertura, i el vidre.

No obstant això, és important començar pels factors bàsics d'aïllament. El més important en l'aïllament de la finestra és adquirir-ne una de doble vidre que evita les pèrdues, tant del fred com de la calor i el soroll. El vidre doble està compost per dues fulles de vidre separades per una cambra d'aire deshidratat o gas.



Il·lustració 18: Finestra amb doble vidre i cambra d'aire. Font: Artiindex

L'aïllament no depèn solament de les capes de vidre sinó que també hi influeix el gruix i el tipus de vidre. Per norma general a més grossor dels vidres i més espai entre les dues capes, major aïllament i per tan major eficiència energètica.

La cambra entre les fulles de cristall oscil·la entre els 6 i els 25 mm de gruix, mentre que el vidre en aquest estudi sempre és de 4 mm. Podem trobar combinacions de doble vidre 4-6-4 (dos vidres de 4mm amb una cambra de 6 mm), 4-8-4, 4-12-4, 4-16-4, etc. A major gruix de la cambra major aïllament tèrmic.

Taula 16[15]: Transmitància tèrmica en funció de la composició de la finestra

Composició	Transmitància tèrmica (W/m^2K)
4-6-4	3.28
4-8-4	3.01
4-12-4	2.85
4-16-4	2.70

D'altra banda, un factor també molt important són els marcs de les finestres, que poden ser de fusta, de PVC, d'alumini i d'alumini amb ruptura de pont tèrmic (RPT).

Fusta: La fusta és ideal per a estils rústics, però amb prou feines ofereix aïllament i estanquitat. Un altre problema de la fusta és la necessitat del manteniment, ja que requereix un tractament periòdicament.

[15] Taula realitzada segons dades de Leroy Merlin.

PVC: És el que ofereix un millor aïllament tèrmic, una condició que millora l'eficiència energètica, el PVC amb prou feines requereix manteniment. És un material que permet gran insonorització. Contràriament al que en general es creu és un material que no esgrogueeix ni canvia de color amb el sol. És ignífug.

Alumini: És el material amb la pitjor resistència tèrmica, pel fet que l'alumini té un gran coeficient de transmitància tèrmica i fa de pont tèrmic. D'altra banda és molt rígid cosa que el converteix en òptim per a finestres de gran grandària. No necessita manteniment. És un material completament reciclable.

Perfils d'alumini amb trencament de pont tèrmic (RPT): Aquests tipus de finestres milloren els perfils d'alumini, ja que entre la part interior i exterior inclouen un material aïllant (resina o poliamida) que evita pèrdues de calor o fred i aconsegueix una alta eficiència energètica. Amb aquest sistema la part externa de la finestra no entra en contacte directe amb la interna. D'igual manera que el perfil d'alumini és un material molt rígid i completament reciclable.

Taula 17[16]: Taula comparativa dels 4 perfils de finestres

Característiques	Fusta	PVC	Alumini	Alumini amb RPT
Aïllament tèrmic	**	****	**	***
Aïllament acústic	****	***	***	***
Seguretat	****	***	***	****
Vida útil del material	****	****	***	****
Resistència	***	***	****	***
Manteniment	***	****	**	***
Preu	*	***	****	**

Un cop ja s'ha vist que el perfil de PVC és el més adequat per les nostres necessitats, ja que com a aïllant tèrmic és el millor, i en els altres aspectes és igual o millor que tots els altres, s'ha de valorar, en funció del preu, quina és la millor combinació de doble finestra per veure la seva resistència tèrmica.

A causa de que el pressupost és bastant ajustat, és important trobar un punt confortable entre preu i resistència tèrmica.

[16] Taula realitzada segons dades de Leroy Merlin.

Il·lustració 19: Finestra del catàleg de *Brico Depot any 2016*

Aquesta finestra compleix totes les característiques. Té un aïllament tèrmic molt bo amb una transmitància tèrmica de 1.8 W/m^2K, i el preu entra dins de les possibilitats reals del pressupost estipulat. En els annexos hi ha una taula de referència amb les diferents mesures i el preu corresponent, tanmateix s'adjunta en els annexos una taula comparativa de *Brico Depot*, amb els diferents models de perfil i les seves respectives característiques.

11. Càlcul de pèrdues energètiques un cop realitzada la reforma

En els anteriors apartats s'han fet els càlculs avaluant les pèrdues de calor actuals de l'habitatge, per així poder valorar quina és la millor solució quant a la reforma a realitzar. En funció d'aquests valors, s'ha trobat quin és l'aïllant més adient per instal·lar en les parets i el terra de l'habitatge per així evitar al màxim possible les pèrdues de calor. També s'ha valorat quina és la millor finestra dintre del pressupost per substituir les actuals i així evitar les pèrdues pels ponts tèrmics.

En aquest apartat es valorarà quines són les millores que comporten totes aquestes reformes en l'habitatge, per poder obtenir una referència de la reducció de les pèrdues

de calor. Es tornaran a calcular aquestes pèrdues, però aquest cop amb els valors de la transmitància també dels aïllants.

De la mateixa manera que s'ha fet en l'apartat anterior dels càlculs, aquests es realitzaran també en la situació més crítica possible, mateixa temperatura exterior, radiació solar nul·la, etc.

Els valors de les transmitàncies tèrmiques de parets, aire, terra, etc. són els mateixos, ja que aquests no han variat. Els resultats obtinguts del càlcul de pèrdues de calor en les parets i terra de l'habitatge són els següents.

A més a més de les pèrdues de calor en aquests llocs, també hi ha pèrdues en el sostre, que no s'han calculat en la taula abans de l'aïllament tèrmic pel fet que ja va ser reformat com s'ha explicat anteriorment. Tot i així s'han considerat aquestes pèrdues per als càlculs següents utilitzant els mateixos criteris.

Taula 18: Pèrdues de calor després de la reforma

Part estudiada	Pèrdues de calor total a l'habitatge (W)
Parets	415
Finestres	240
Terra	788
Sostre	1362

En els annexos estan tots els càlculs detallats amb una taula d'Excel.

Com a tota instal·lació, es poden observar certs defectes de fabricació o a causa d'una instal·lació defectuosa dels aïllants per part de l'operari o paleta. Poden haver-hi petites fuites entre les plaques d'aïllants, també en petits ponts tèrmics com per exemple unions de parets o paret i sostre, etc. És per això que com a tota instal·lació es calcula un marge d'error, en aquest cas el nostre serà d'un 30%. Això vol dir que per fer els càlculs posteriors del dimensionament de la calefacció es considerarà les pèrdues calculades més un 30%, per així no haver de forçar la caldera i tenir un gran marge.

També hi ha un altre factor molt important en el càlcul de les pèrdues, i és la renovació de l'aire de l'habitatge. El fet d'aïllar tan bé l'habitatge causa que no hi hagi transferència d'aire i això pot arribar a provocar un efecte de bombolla de plàstic, on l'aire sempre és el mateix i pot arribar a ser perjudicial, és per això que cada dia s'ha de renovar l'aire. El fet de renovar l'aire fa que es redueixi la temperatura adquirida, ja que l'aire calent surt i entra aire més fred. Un cop s'ha renovat l'aire, aquest s'ha de tornar a

escalfar i això provoca unes pèrdues. Aquestes pèrdues també s'han calculat per obtenir un valor més aproximat a la realitat d'un habitatge.

El càlcul de les pèrdues per la renovació de l'aire s'ha fet mitjançant la següent fórmula.

$$Pr = 0.335 * n * V * (T_e - T_i)$$

Pr: Potencia de renovació (W)

0.335: Calor específic de l'aire (W·h/m^3·ºC)

n: Nombre de renovacions d'aire horàries (1/h)

V: Volum de l'estança (m^3)

Te: Temperatura exterior

Ti: Temperatura interior

En els Annexos es poden comprovar els càlculs amb la taula d'Excel. En aquest cas el estudi no s'ha fet general per l'habitatge, sinó que s'ha fet per cada estança, ja que les dimensions són diferents i la renovació és particular per cada cas.

Els resultats són els següents:

Taula 19: Resultats de la potencia de renovació

Estança	Potencia de renovació (W)
Menjador i cuina	869
Dormitori gran	366
Dormitori petit	247
Lavabo gran	204
Lavabo petit	60
Rebedor	106

Un cop ja es tenen tots els càlculs realitzats, cal sumar totes les pèrdues per saber quina és la pèrdua total de l'habitatge i també quines són les pèrdues de calor per cada estança estudiada.

En la següent taula es poden veure les pèrdues detallades de cada estança de l'habitatge i la suma total de les pèrdues a l'habitatge.

Taula 20: Pèrdues de calor totals per estança

Estança	Parets (W)	Finestres (W)	Terra (W)	Sostre (W)	Renovació (W)	Pèrdues totals (W)	Pèrdues +30% (W)
Menjador i cuina	166	120	306	529	869	1990	2587
Hab. Gran	65	30	129	222	366	812	1056
Hab. Petita	80	60	87	150	247	624	811
Lavabo gran	29	-	72	124	204	429	558
Lavabo petit	32	30	21	37	60	180	234
Rebedor	44	-	37	64	106	251	326
Altres	-	-	137	236	-	373	485
TOTAL	**416**	**240**	**789**	**1362**	**1852**	**4659**	**6057**

12. Calefacció i refrigeració

La calefacció és la despesa energètica més important de molts habitatges espanyols, especialment a les zones més fredes. En els mesos d'hivern les factures del gas, o electricitat pugen desmesuradament per culpa de la calefacció, però si s'escull una opció encertada, pot ser que el cost no es dispari massa.

No tots els sistemes de calefacció són iguals. Un són més eficients que uns altres, alguns impliquen costos d'instal·lació molt alts i uns altres generen enormes costos mes a mes. Els sistemes de calefacció estan adequats a una situació o una altra, aquesta situació depèn de molts factors externs, com la grandària de l'habitatge, si es un habitatge unifamiliar o un bloc de pisos, el clima de la zona o el temps que es passi a casa.

Per això és important conèixer cadascun dels tipus de calefacció que existeixen al mercat perquè es pugui triar el que millor s'adapta a les característiques de l'habitatge i el seu ús.

En aquest estudi la decisió ja estava pactada amb antelació amb el propietari i per facilitat econòmica i d'instal·lació, el sistema de calefacció serà mitjançant una caldera de gas natural.

És per això que l'estudi s'ha centrat en quina caldera és la més adient per l'habitatge, també la distribució dels radiadors en les estances en funció dels metres quadrats i de les pèrdues calculades anteriorment.

Taula 21: Demanda de calor en funció de l'estança

Estança	Pèrdues (W)	Demanda de calor ($kW/h \cdot m^3$)	Demanda de calor ($kcal/h \cdot m^3$)
Menjador i cuina	2587	0.0266	22.89
Hab. gran	1056	0.0258	22.21
Hab. petita	811	0.0294	25.27
Lavabo gran	558	0.0245	21.05
Lavabo petit	234	0.0347	29.81
Rebedor	326	0.0276	23.72

Cal destacar que prèviament s'han estipulat uns certs valors en funció de l'orientació de l'habitació, la temperatura recomanable a l'interior de cada una i la demanda de calor en funció d'aquest valor. Els càlculs finals s'han multiplicat per un factor de correcció en funció de la zona climàtica de la ciutat de Barcelona, en aquest cas es multiplica per 0.8.

Taula 22: Factor de orientació. Font: Obras en casa

Orientació	Factor
Nord o sempre ombra	1.15
Qualsevol altre	1

En la següent taula es poden veure el nombre d'elements necessaris per aconseguir la temperatura desitjada amb una potència per element de 138.5 W.

Taula 23: Nombre d'elements necessaris

Estança	Numero de elements
Menjador i cuina	15
Dormitori gran	7
Dormitori petit	5
Lavabo gran	4
Lavabo petit	2
Rebedor	2

Com es pot observar el nombre total d'elements al menjador i a la cuina és de 15, com que el màxim per radiador és de 12 elements, la millor solució és comprar dos radiadors de 7 i 8 elements cadascun. A L'habitació gran són necessaris 7 elements, d'altra banda a l'habitació petita es necessiten 5 elements.

En el lavabo gran és necessari un radiador compost per 4 elements. En els casos del lavabo petit i del rebedor es necessiten 2 elements, com que no existeixen radiadors amb menys de 3 elements, és obligatori instal·lar un radiador amb aquest nombre d'elements a cada estança.

El total d'elements necessaris per escalfar l'habitatge fins a la temperatura de confort és de 35.

Un cop ja se sap el nombre d'elements que es necessiten per poder mantenir la temperatura desitjada a l'habitatge i les pèrdues que hi ha, s'ha de mirar quina caldera és la més adient per poder escalfar l'habitatge i fer circular l'aigua calenta sanitària (ACS) de la casa. N'hi ha de molts tipus i han canviat bastant en els últims anys. A més, diverses modificacions de les regulacions han limitat bastant les calderes que es poden instal·lar, ja que moltes s'han considerat perilloses o massa contaminants.

No totes les calderes produeixen la mateixa potència. Depenent de les característiques de l'habitatge, en farà falta una que produeixi més o menys energia. La potència de les calderes convencionals que es venen per instal·lar al domicili oscil·la entre els 24 i els 35 KW.

Per saber quin és la més adequada s'ha de tenir en compte l'ús que es vol donar a la caldera, el nombre de radiadors, la superfície de l'habitatge, així com el nombre de banys i la necessitat d'aigua calenta.

Per a habitatges com el que s'ha estudiat, de fins a 100 metres quadrats i amb 2 banys, és suficient amb una caldera de 24 KW.

A més de mirar quina potència es necessita, un altre factor molt important és el tipus de caldera, ja que n'hi ha de diferents.

Les calderes es poden classificar en funció de la seva combustió.

1. **Caldera atmosfèrica:** Es caracteritza per tenir una cambra de combustió oberta, és a dir, agafa l'aire per a la combustió de l'estança en la qual es troba. Aquest tipus de caldera de gas és potencialment perillosa. Si la combustió és deficient o l'evacuació de fums no funciona correctament, podrien produir-se intoxicacions, ja que els gasos es barregen amb l'ambient. La seva instal·lació està prohibida

des de l'1 de gener de 2010, ja que la normativa vigent determina que solament poden instal·lar-se calderes estanques i que expulsin un baix nivell de substàncies contaminants, això no significa que calgui canviar-les immediatament, simplement que si es vol reemplaçar, per una altra de nova no podrà ser una altra d'atmosfèrica sinó que s'haurà de fer el pas a una d'estanca.

2. **Caldera estanca:** Són totes les calderes que es comercialitzen actualment. Les calderes estanques permeten agafar l'aire de l'exterior a través d'una canonada a partir dels gasos de combustió amb un extractor que força l'entrada i la sortida. Gràcies a això, són més segures que les calderes atmosfèriques, a més de ser també més eficients. En limitar-se la pèrdua de calor a l'exterior, generen més energia calorífica amb la mateixa quantitat de gas.

   Des de setembre de 2015 està vigent la normativa ErP (Energy related Products) que regula els requisits que han de complir les calderes.

   Dins de les calderes estanques hi ha les següents varietats:

   2.1 Caldera convencional: Les calderes convencionals són calderes ja en desús. Tenen unes altes emissions de gasos i, per això, la normativa vigent des d'abril del 2013, amb l'aprovació del Reial decret d'Instal·lacions Tèrmiques d'Edificis (RITE) les ha prohibit. A partir de llavors, només es poden instal·lar en habitatges unifamiliars aïllats o en aquells blocs de cases en els quals l'extracció de gasos es faci a través de la teulada.

   2.2 Caldera estanca de baixa emissió de NOx (òxid de nitrogen): Les calderes estanques de baix NOx són també un tipus de caldera estanca, però a diferència de les primitives, aquestes són més eficients, per la qual cosa l'emissió d'òxids de nitrogen (NOx) és menor. No obstant això, aquest tipus de calderes segueix emetent una bona quantitat de gasos i la seva fabricació ja ha estat també restringida per la Unió Europea.
   Des del passat 26 de setembre de 2015, aquest tipus de calderes de gas ja no es poden fabricar, encara que es poden vendre totes aquelles que ja estiguessin al mercat. Per això, pot ser que encara n'ofereixin alguna en el mercat, però ja no té massa sentit comprar un equip que està desfasat en rendiment i emissions.

2.3 Caldera estanca de condensació: Aquest tipus són les que major eficiència ofereixen i estalvien entre un 20% i un 30% en combustible respecte als altres tipus. Això es deu al fet que en lloc de desaprofitar la calor, s'aprofita per escalfar l'aigua del circuit produint un estalvi d'aproximadament un 25% en gas. El rendiment energètic que ofereixen pot arribar fins al 109%, en funció del model instal·lat.

Per a aquest tipus de caldera cal tenir en compte que en refredar-se els gasos de la combustió, aquests condensen (passen d'estat gasós a estat líquid), per la qual cosa serà necessària la instal·lació d'un desguàs per a aquests condensats.

Des de setembre de 2015, les de condensació són les úniques calderes acceptades per a ús domèstic

Les calderes també es poden classificar segons els seu ús, nomes calefacció o calefacció i aigua calenta sanitària (ACS):

1. **Caldera de calefacció:** Solament genera aigua calenta per al circuit primari (calefacció), encara que es pot instal·lar un acumulador extern per a la producció d'ACS.

2. **Caldera mixta instantània:** Produeix aigua calenta tant per al circuit primari com pel d'ACS. La producció d'aigua calenta és al moment en funció de la demanda.

3. **Caldera mixta amb acumulació:** Incorpora un microacumulador, que manté l'aigua calenta a una temperatura constant, aquest micró-acumulador consisteix en un petit dipòsit d'entre 3-5 litres d'aigua preescalfada. Al moment de la demanda se subministra primer l'aigua preescalfada, amb això es minimitza l'espera i s'estalvia aigua, ja que no és necessari deixar córrer l'aigua perquè aquesta arribi calenta.

Després de veure els diferents tipus de calderes que hi ha en el mercat actual, s'ha de valorar quina es la més adient per les nostres necessitats.

Com s'ha vist l'única possibilitat que hi ha al mercat segons la normativa actual vigent són les calderes estanques de condensació. Com que es vol subministrar tant calefacció com ACS, la caldera serà mixta. També un factor a valorar es l'estalvi d'aigua, ja que repercuteix en l'estalvi de la factura i en el consum energètic, la millor opció és escollir-ne una amb microacumulació. Un cop ja es té definida el tipus de caldera, l'últim factor és la potencia, ja que l'habitatge està molt ben aïllat i les pèrdues de calor són molt reduïdes la potencia necessària per escalfar no haurà de ser molt excessiva. Segons s'ha

calculat anteriorment la demanda no supera els 5000 kW, és per això que amb la mínima potència, 24kW, és suficient per escalfar l'habitatge.

Un cop ja s'ha definit la caldera, el següent pas es comparar els proveïdors més habituals per valorar quina és la millor elecció. A continuació és comparen les calderes de Saunierduval, Junkers i BAXI.

Taula 24: Taula comparativa de calderes

	Saunierduval	Junkers	BAXI
Nom de la caldera	Themafast Condens 25	CerapurComfort	Platinium MAX PLUS 28/28 F
Pot. Calefacció/ACS (kW)	19.6/25.5	24/24	24/28
Eficiència	A	A	A
Microacumulador	SI	SI	SI
Cabal (l/min)	14.6	14.3	16.1
Preu[17]	1300 €	1050 €	1265.45 €

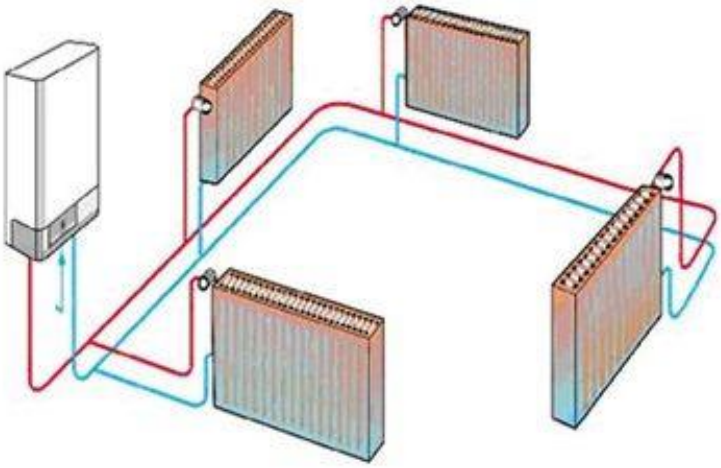
Com que totes tres compleixen els requisits mínims de potència i de cabal mínim i a més a més les tres tenen una eficiència energètica bona i microacumulador, l'únic factor diferencial és el preu, i com ja s'ha vist anteriorment, és un factor molt decisiu.

És per això que la caldera escollida és la CerapurComfort de Junkers.

Un cop ja s'ha trobat la caldera ideal i els números d'elements a cada radiador de cada estança, falta dissenyar el sistema de canonades que recorrerà l'habitatge i escollir quin és el diàmetre i el material adequat.

Les canonades d'alimentació d'aigua són imprescindibles per conduir l'aigua a qualsevol punt on calgui. Per a la correcta instal·lació es necessiten els tubs adequats. El diàmetre, si la instal·lació és interior o exterior, si ha de conduir aigua freda, calenta o ambdues, són alguns dels aspectes que s'ha de tenir en compte en l'elecció.

[17] Preu segons catàleg de cada companyia sense IVA, Maig de 2016 (sense IVA).



Il·lustració 20: Esquema d'un sistema de calefacció

En aquest estudi s'ha decidit amb el propietari que les canonades quedin amagades darrere de les parets de pladur.

A l'hora de l'elecció, s'ha de tenir en compte el tipus de dificultat per a la unió entre canonades i eines necessàries per a aquesta unió. De la mateixa manera que s'ha d'escollir el diàmetre en funció de la quantitat d'aigua a transportar.

Es poden dividir les canonades en tres grans grups: termoplàstiques, de coure i de polietilè. Les termoplàstiques són les més versàtils, el coure és el material més usat i robust, el polietilè és millor per a petites instal·lacions d'aigua freda i exterior.

Les canonades més adients per a l'estudi són les de coure, multicapa i polibutilè, a continuació es valorarà quina és la més adient per l'habitatge mitjançant una taula comparativa.

Coure: Les canonades de coure són les més convencionals per a instal·lacions interiors de subministrament d'aigua, freda i calenta, de la mateixa manera que per a calefacció. A causa de la seva elevada rigidesa, la seva instal·lació requereix una gran quantitat d'accessoris. Per facilitar la instal·lació els accessoris necessaris també són de coure o de llautó, per a la unió d'aquests amb els tubs es requereix un soldador i estany, la qual cosa fa que la instal·lació sigui una mica més tècnica. Com a principal avantatge el coure és molt resistent.

Il·lustració 21: Canonada de coure. Font: Leroy Merlin

Multicapa: Les canonades multicapa estan compostes per diverses capes. La combinació més típica són quatre exteriors de plàstic i una interior d'alumini, la qual cosa li dóna major resistència i mal·leabilitat, es pot corbar el material sense necessitat d'una eina especialitzada. Es poden instal·lar en sistemes d'aigua freda i calenta i en calefaccions. Les capes exteriors són molt resistents tant a la corrosió com a les agressions de productes químics, per altra banda en tenir les capes llises impedeixen la sedimentació en el seu interior. Una característica molt important és la seva facilitat d'instal·lació, únicament amb una clau i tisores per tallar el tub. Existeixen accessoris amb terminació roscada que permeten fer la transició a un altre tipus de canonada.

Il·lustració 22: Parts d'una canonada de multicapa. Font: Rehadex

Polibutilè (PB): Les canonades de polibutilè són canonades de termoplàstic flexible. També són aptes per a instal·lacions de calefacció i de conducció d'aigua freda i calenta. El plàstic que composa la canonada actua d'aïllant amb l'exterior evitant que la calor de l'aigua es perdi. És molt flexible, donant així una gran facilitat en la seva instal·lació. No requereix d'eines especialitzades.

Il·lustració 23: Canonada de polibutilè. Font: Leroy Merlin

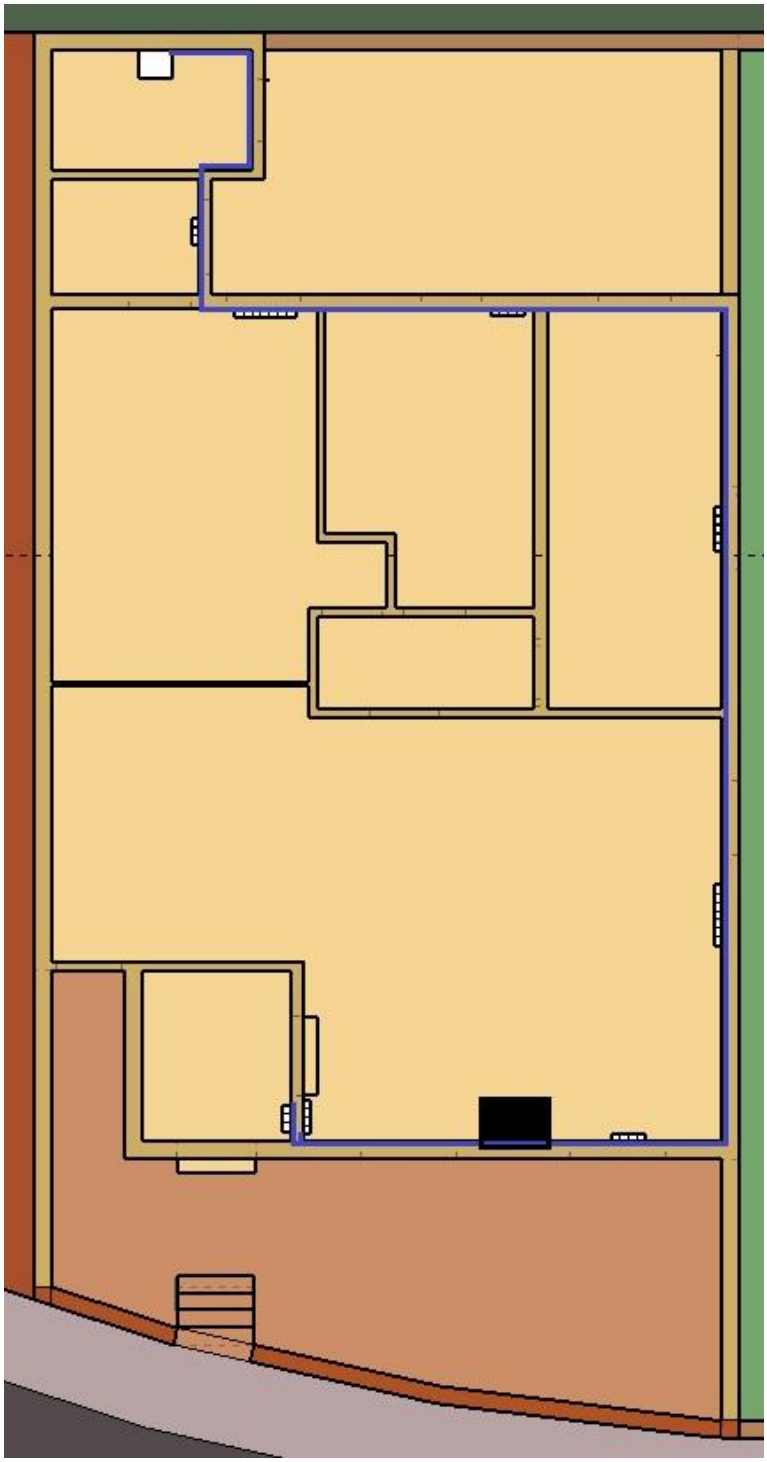
Taula 25[18]: Taula comparativa dels diferents tipus de canonades

Característiques	Coure	Multicapa	Polibutilè
Aigua calenta i calefacció	Si/Si	Si/Si	Si/Si
Tipus de connexió	Soldar	Roscar	Roscar
Facilitat en la connexió	3/5	3/5	2/5
Flexible o rígid	Rígid	Flexible	Flexible
Aïllament tèrmic	No	Si	No
Cost econòmic de la instal·lació	5/5	3/5	3/5
Preu[19] (25 metres de longitud per 15mm de diàmetre)	84.95 €	16.45 €	32.50 €

Com es pot observar en la taula anterior, el material més adient pel nostre sistema de canonades d'aigua calenta pels radiadors és el multicapa de 20 mm de diàmetre.

Un cop ja s'ha trobat quin és el material, falta fer el disseny en el plànol per poder fer la distribució de les canonades i obtenir el nombre de metres necessaris per poder proveir tota la calefacció.

[18] Dades obtingudes de Leroy Merlin.
[19] Preu segons el catàleg de Leroy Merlin, Maig de 2016 (sense IVA).



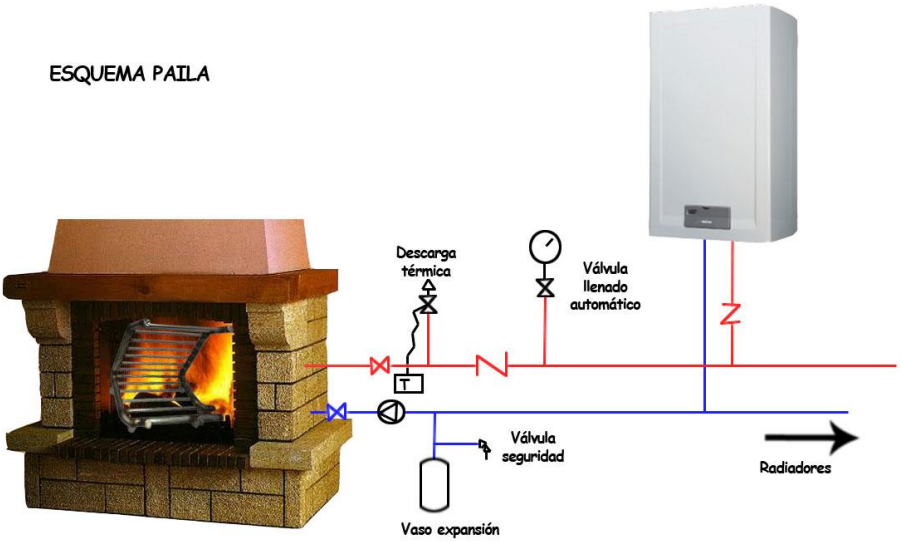
Il·lustració 24: Disseny de l'instal·la cio de les canonades

Com es pot observar la línia blava és el recorregut de les canonades d'aigua calenta i freda, el quadrat blanc a la part del fons de l'habitatge és la caldera que estarà instal·lada en l'habitació de la rentadora i l'assecadora. Per maximitzar el rendiment dels radiadors, s'han situat en les parets més fredes i si és possible sota les finestres per evitar la pèrdua d'espai per mobles.

D'altra banda el quadrat negre que es veu en la il·lustració correspon a una xemeneia tèrmica o també coneguda com a termoxemeneies. Aquest tipus de xemeneies es connecten al circuit de canonades del sistema de calefacció ajudant així a mantenir la temperatura de l'aigua en el sistema.

Les termoxemeneies, són xemeneies convencionals de llenya o de gas que tenen en el seu interior un sistema de serpentí el qual es connecta a les canonades d'aigua de la calefacció, quan l'aigua freda, en el cas de l'habitatge estudiat, retorna a la caldera, passa per la termoxemeneia i aquesta escalfa l'aigua amb els fums de la combustió de la llenya que recorren un intercanviador, quan l'aigua arriba un altre cop a la caldera, com que està a una temperatura major, la caldera no requereix tanta potència per escalfar l'aigua per tornar-la a enviar un altre cop al sistema de calefacció. Aquesta reducció de la potència de la caldera, redueix el seu consum de gas natural i per correlació, estalvia diners en la factura del gas.

Dins d'aquesta situació hi ha un cas concret que és el sistema Palia. La particularitat d'aquest sistema resideix en un termòstat de calor, quan aquest detecta que l'aigua que surt de la xemeneia està a la mateixa temperatura que pot arribar a escalfar la caldera, desconnectant-la del circuit de calefacció fent un *bypass*. D'aquesta manera s'aprofita la calor de la xemeneia i estalvia energia, ja que no fem ús de la caldera.



Il·lustració 25: Esquema Palia. Font: iguren

El mercat actual de les termoxemeneies no és gaire extens, és per això que no hi ha molts proveïdors d'aquest tipus de xemeneies. La pagina web Roca Chimeneas, ofereix xemeneies de diverses empreses del sector i es pot fer una recerca detallada en funció de les necessitats.

A l'hora d'escollir la xemeneia, és necessari valorar la potència d'aigua calenta que pots recuperar i les dimensions, però en aquest cas, com que la xemeneia és vista i serà part del menjador, l'estètica es un factor molt important. Per l'elecció s'ha consultat amb el client les característiques que ha de tenir la xemeneia en quant a forma. Segons el client la xemeneia ha de tenir una forma circular i alimentar-se mitjançant fusta. Amb aquests criteris s'ha escollit el model Thermofire de Edilkamin.

Il·lustració 26: Xemeneia Thermofire de Edilkamin

Aquesta xemeneia té una potència útil d'aigua calenta de 9kW i un preu de mercat de 2.200 € sense IVA, la instal·lació no entra en el preu.

Per finalitzat tot el sistema de condicionament climàtic de l'habitatge, a més a més d'escalfar-lo en els mesos més freds de l'any, també s'ha de refredar en els mesos de més calor. Quant aquest aspecte, l'habitatge té una gran facilitat en tenir una òptima orientació respecte al sud i el fet de tenir unes grans finestres pot fer que es refresqui fàcilment. No obstant això s'instal·larà un sistema de refrigeració bàsic mitjançant uns aparells d'aire condicionat en les estances més importants com són els dormitoris, ja que el menjador en obrir les finestres ja es pot refrescar.

Per escollir quin és el més adequat, primer que s'ha de valorar l'estança on ho anem a col·locar. En aquest cas com ja s'ha dit, els dormitoris. Així com el nivell d'eficiència energètica de l'aparell, que ens permetrà saber quin és el que menys consumeix i menys impacte té sobre el medi ambient.

Segons la relació de metres quadrats de cada habitació, les parets que donen a l'exterior i el nombre de persones que ocupen el dormitori, amb l'ajuda d'un càlcul bàsic obtingut de la pàgina web de Leroy Merlin, s'ha escollit l'aparell més adequat.

Taula 26[20]: Càlcul de la capacitat frigorífica de cada dormitori

	Dormitori gran	Dormitori petit
Metres quadrats (m^2)	13.63	9.2
Metres lineals de paret exterior (m)	1.3	4.6
Nombre de persones	2	1
Capacitat frigorífica (W)	1123	1012

S'ha escollit el model CONFORT de Junkers, ja que és el més econòmic i dóna potència més que suficient per a ambdues estances.

Il·lustració 27: Aire condicionat CONFORTE de Junkers

[20] Dades obtingudes de Leroy Merlin.

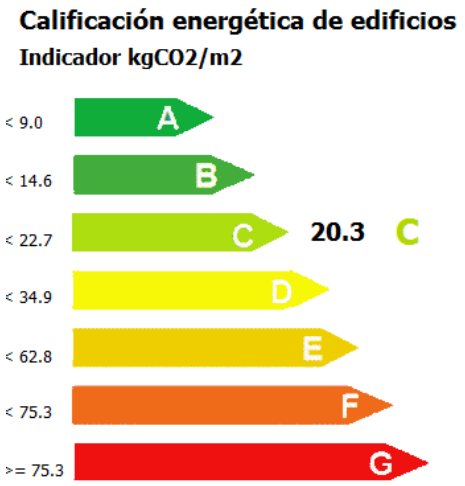
13. Certificació energètica final.

Al principi de l'estudi, mitjançant el programa informàtic Ce3X, es va fer una certificació energètica per valorar com era l'estat actual de l'habitatge i poder valorar un cop rehabilitat si aquestes mesures eren eficaces o no.

En la primera certificació energètica el resultat va ser molt dolent, i es va obtenir una lletra de qualificació E, amb una emissió de CO^2 de 43.8 $kgCO^2/m^2$.

Un cop fet l'estudi energètic de l'habitatge, tant amb els càlculs dels aïllants tèrmics en el sostre, el terra i les parets, com amb els càlculs respecte a la calefacció i la refrigeració per poder obtenir un habitatge correctament condicionat, sense pèrdues innecessàries de calor i el seu respectiu cost econòmic, només queda per finalitzar valorar mitjançant la certificació energètica, la validesa d'aquestes reformes, les millores en quant a reducció d'emissions de CO_2 i demanda de calefacció.

Per obtenir aquesta qualificació s'ha fet servir la mateixa plantilla que en anteriorment, actualitzant les dades per a la situació actual de l'estudi.



Edificio objeto

Demanda de calefacción (kWh/m2)	52.1	D
Demanda de refrigeración (kWh/m2)	2.4	A
Emisiones de calefacción (kg CO2/m2)	15.2	C
Emisiones de refrigeración (kg CO2/m2)	0.4	A
Emisiones de ACS (kg CO2/m2)	4.7	D

Il·lustració 28: Qualificació energètica de l'habitatge reformat

Com es pot veure a la il·lustració de la qualificació energètica, amb les reformes a l'habitatge s'ha aconseguit una lletra C de qualificació, amb una emissió de 20.3 $kgCO^2/m^2$. Comparant els valors obtinguts abans i després de l'estudi es pot veure com tots s'han reduït a la meitat. Tant l'emissió de CO_2 com la demanda de calefacció està dins dels valors mitjans per un habitatge que compleix la normativa de Codi Tècnic de l'Edificació.

La qualificació no ha estat millor pel fet que s'ha instal·lat una caldera de gas natural i no un element més respectuós amb el medi ambient i més ecològic com podria ser una caldera de biomassa o uns panells d'energia fotovoltaica. Dins de la certificació es valora el factor mediambiental en les característiques mediambientals dels elements de l'habitatge. A causa de les restriccions econòmiques i de la necessitat d'obtenir uns resultats positius econòmics en el moment i la impossibilitat de fer una inversió de futur, no s'ha pogut instal·lar cap d'aquestes propostes.

Tot i no ser una qualificació espectacular, per ser un habitatge tan antic, comparat amb els habitatges construïts en l'actualitat, el resultat és superior i l'aïllament tèrmic i la demanda energètica de calefacció té uns valors més bons. Com es pot veure en la taula comparativa de la lletra qualificativa respecta de l'any de construcció, els edificis que compleixen la normativa CET 2013 tenen una mitja de lletra D.

14. Càlcul econòmic

En aquest punt es fa un pressupost estimat del cost total de la reforma. Abans de començar aquest estudi, es va pactar amb el client un pressupost màxim de 30.000€ totals en les despeses per la rehabilitació de l'habitatge.

Dins d'aquest pressupost s'inclou en els materials necessaris per a la reforma estructural per la millora de les condicions tèrmiques de l'habitatge, com els aïllants tèrmics, les finestres.

Taula 27: Estimació del cost de la instal·lació d'aïllants i finestres.

Descripció	Preu ud. (€)[21]	Import (€)
103.5 m^2 Aïllant multicapa TRISO-LAINE max de ACTIS	20.67[22]	2139.35
83.5 m^2 Poliestirè extrudit XPS CHOVOFOAM T-III	4.87	406.65
7 Finestres de PVC	339.00	2373.00
Varis (30% del cost total)		
Import total		**6394.70 €**

Aquest és el preu de mercat dels aïllants tèrmics i les finestres, a més a més s'ha de valorar el preu de les eines necessàries per a la seva col·locació, el morter i les totxanes, i altres varis (30%).

[21] Preu sense IVA.
[22] Preu per m^2.

En el pressupost també s'inclou tot el material necessari per escometre la instal·lació de la calefacció i la refrigeració de l'habitatge.

Taula 28: Estimació del cost de la calefacció i la refrigeració

Descripció	Preu ud. (€)[23]	Import (€)
2 rotllos canonades multicapa de 20 mm de diàmetre	21.15	42.30
1 Caldera Junkers CerapuComfort	1050.00	1050.00
2 Aires condicionat Junkers CONFORTE	449.00	898.00
35 Elements dels radiadors BAXI Astral 70	15.70	549.50
Instal·lació i posada en marxa		1000.00
Varis (15% del cost total)		
Import total		**4070.80 €**

Total pressupost de execució del material sense IVA	**10465.50 €**
IVA (21 %)	**2197.80 €**

Total pressupost de execució del material	**12664.30 €**

Costos Generals (13 %)	**1646.40 €**
Benefici Industrial (6 %)	**759.90 €**

Un altre factor molt important a incloure en el pressupost és la mà d'obra. En aquest cas ja s'ha contractat a un equip que reformarà l'habitatge. L'equip està format per un paleta que farà tota la reforma estructural amb els aïllants, un ajudant per a les feines mes complicades, un fontaner per a la instal·lació de les canonades dels radiadors i ACS, i un electricista. El preu estipulat és de 20 €/hora amb una jornada de 8 hores diàries.

Taula 29: Estimació del cost de la mà d'obra

Descripció	Duració de la reforma	Import (€)
Sou mà d'obra paleta	1 mes	3200.00
Sou mà d'obra ajudant	2 setmana	1600.00
Sou mà d'obra fontaner	2 setmanes	1600.00
Sou mà d'obra electricista	1 setmana	800.00
Import total		**7200 €**

[23] Preu sense IVA.

En el sou de la mà d'obra no s'ha inclòs el cost de la S.S. ni el I.R.P.F.

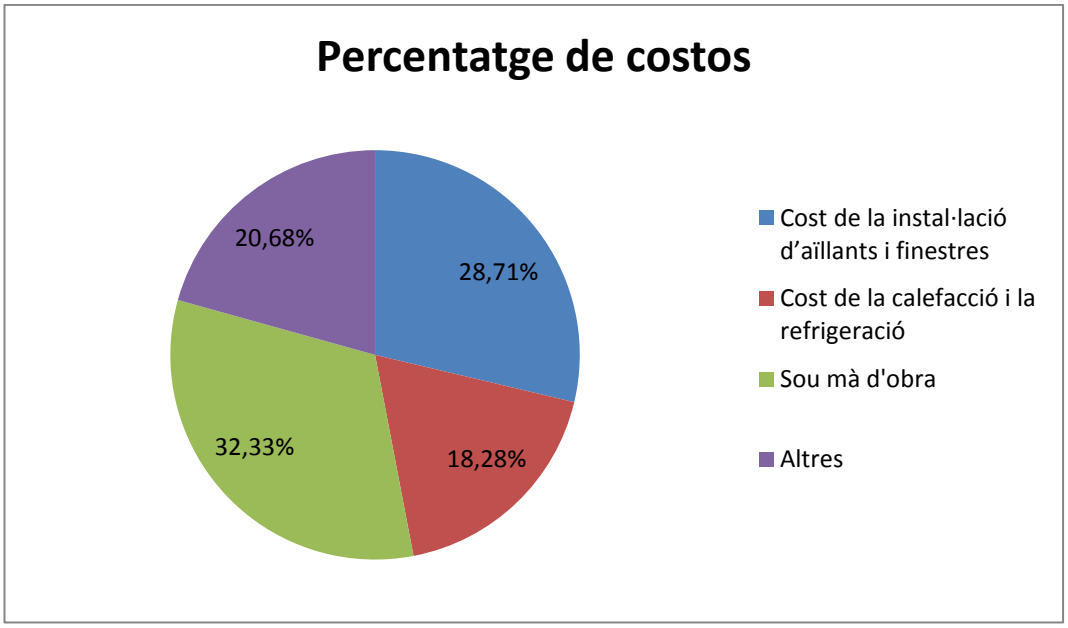
Taula 30: Estimació del cost total

TOTAL PRESSUPOST	**22266.80 €**

Aquest pressupost no inclou:

- Llicencies per l'Ajuntament (4 %)
- Ocupació de voreres
- Taxa per prestació de serveis urbans
- Tramitació
- Projecte visat (en cas necessari)

Per poder valorar com s'ha distribuït els costos, s'ha fet un gràfic amb els percentatges de cadascun.



Gràfic 3: Percentatge de costos

Com es pot observar, els costos estan distribuïts quasi d'igual manera, no hi ha cap que sigui molt més elevat que cap altra.

Aquest pressupost es una estimació, però es pot comprovar que en cap moment es supera el límit de 30000 € marcat pel client.

15. Seguretat en la construcció

Tot i ser una obra de petita escala d'un habitatge, com qualsevol obra, requereix unes mesures de seguretat per tal d'evitar possibles lesions en els operaris.

Per poder garantir el benestar de la gent que treballa, hi ha certes mesures que són d'obligat compliment per part de l'operari com per part nostre. És per això que el present Reial Decret (773/1997, del 30 de Maig) estableix que en el marc legal de la Llei 31/1995, de Prevencions de riscos laborals, obliga a complir de la seguretat mínima i de salut, la utilització per part dels treballadors dels equips de protecció individual.

Aquest decret determina que tot operari dins d'una obra ha d'utilitzar els EPI's (Equips de Protecció Individual) per poder garantir que en tot moment estan protegits adequadament contra aquells riscos per la seva salut o la seva seguretat. En aquesta obra es farien uns de cascos, guants, ulleres de protecció, maquinaria per assegurar treballar en certa alçada com podria ser una bastida, etc.

El client en tot moment ha d'exigir als seus treballadors el compliment de la normativa i assegurar-se que no hi ha problemes.

16. Anàlisi i valoració de l'impacte mediambiental

Cada projecte detona, per petit que sigui, un impacte al medi ambient. A més avui en dia és indiscutible l'acceleració de la consciència ambiental, gestada des de les ultimes dècades. Per això aquest treball s'ha realitzat des d'una mentalitat que busca protegir el medi ambient, tant pel que fa a la fabricació, l'ús i el desmantellament.

El mateix estudi es basa en l'impacte mediambiental que té l'habitatge, ja que com s'ha pogut veure en l'evolució del projecte, la finalitat és reduir el consum energètic i conseqüentment com menys consum energètic, menys necessitats de producció d'energia i menys emissions de CO_2 en l'atmosfera.

Tots els materials emprats en la reforma energètica de l'habitatge han estat escollits sempre valorant el seu impacte mediambiental. En la taula de ponderació era un factor a valorar. D'igual manera l'elecció de la caldera va estar determinada dins de les possibilitats econòmiques pel seu impacte en el medi ambient, tot i ser una caldera de gas natural, es busca la mínima emissió de CO_2 possible.

El problema més gran ve a l'hora del desmantellament dels aïllants. El poliestirè és un material que es pot reciclar amb els mitjans adequats, però la falta d'inversió en el sector i la mancança d'eines com a compactadores dificulten el procediment, és per això que la millor solució és la reutilització a fibres de poliestirè expandit o com a aglomerant d'altres materials.

D'altra banda, l'aïllant reflexiu està compost en gran part per alumini, un material 100% reciclable. El procés de reciclat només requereix un 5% de l'energia necessària per produir el metall primari inicial. El residu de l'alumini és de fàcil manejar, ja que és lleuger, no és inflamable, no s'oxida i és fàcil de transportar. L'alumini reciclat és un material cotitzat i rentable.

Les canonades de la calefacció són d'alumini i plàstic, dos materials fàcilment reciclables que no presenten cap problema, el plàstic es fon per la seva reutilització en qualsevol altre àmbit industrial.

Aquest estudi millora l'impacte mediambiental de l'habitatge com es pot comprovar en les certificacions energètiques. En la segona certificació es pot veure que es redueix en tant les emissions de $kgCO_2/m^2$ com la demanda energètica fins a un 50% en comparació amb la primera.

17. Planificació del treball

Tot seguit es mostra el diagrama de Gantt on es pot veure la data d'inici i la durada de cadascuna de les activitats per tal d'establir una idea molt aproximada del temps que portarà realitzar el projecte.

Taula 31: Diagrama de Gantt

ID	Activitats	Data inici	Data final	Duració (setmanes)	2016																	
					Febrer		Març					Abril				Maig			Juny			
					Setmanes																	
					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
1	Recopilar informació de l'habitatge	15-feb	06-març	3																		
2	Dibuixar plànol	22-feb	28-feb	1																		
3	Project Charter	22-feb	04-març	2																		
4	Dibuixar patró d'ombres	05-març	06-març	1																		
5	Càlcul de pèrdues actuals	07-març	03-abr	4																		
6	Certificació energètica actual	14-març	16-març	1																		
7	Recopilar informació sobre aïllants tèrmics	28-març	24-abr	4																		
8	Recopilar informació sobre instal·lacions	28-març	24-abr	4																		
9	Estudiar possibles millores	18-abr	08-maig	4																		
10	Certificació energètica final	16-maig	22-maig	1																		
11	Discussió de resultats	23-maig	05-juny	2																		
12	Redactat del document	28-març	12-juny	11																		
13	Revisió i correcció	13-juny	21-juny	2																		
14	Preparació de la defensa	23-juny	05-jul	2																		

Per entendre millor les activitats s'ha fet una taula enumerant-les i s'ha adjuntat una descripció breu i concreta de cadascuna.

Taula 32: Descripció de les activitats i relació entre elles

ID	Activitat	Descripció	Relació
1	Recopilar informació de l'habitatge	Cerca i selecció de la informació necessària per a realitzar el projecte tal com (mesures de la casa, gruixos de les parets, materials, etc.)	-
2	Dibuixar plànol	Dibuix en 2D i 3D de l'habitatge amb el programa *SketchUp*	1
3	Project Charter	Realització del Project Charter	-
4	Dibuixar patró d'ombres	Realització del patró d'ombres amb el programa *CE3X*	1
5	Càlcul de pèrdues actuals	Càlcul de les pèrdues d'energia en les parets, finestres i portes en la situació actual.	1
6	Certificació energètica actual	Realització la certificació energètica amb el programa *CE3X* amb les dades actuals	1,4,5
7	Recopilar informació sobre aïllants tèrmics	Cerca i selecció de la informació necessària per a diferents elements aïllants	-
8	Recopilar informació sobre instal·lacions	Cerca i selecció de la informació necessària per a diferents instal·lacions	-
9	Estudiar possibles millores	Càlcul de l'estalvi energètic amb diverses opcions i escollir la més adequada	7,8
10	Certificació energètica final	Realització de la certificació energètica amb el programa *CE3X* un cop aplicades les millores	4,9
11	Discussió dels resultats	Raonar les causes dels resultats i la seva coherència amb el treball	9,10
12	Redactat del document	Redacció dels documents necessaris per a l'entrega del projecte, la memòria i el pressupost	-
13	Revisió i correcció	Revisió i correcció del document	12
14	Preparació de la defensa	Preparació de la defensa de l'estudi davant del tribunal	13

18. Conclusions finals

Amb la realització d'aquest treball final de grau s'ha assolit l'objectiu que es plantejava a l'inici. S'ha aconseguit millorar l'eficiència energètica de l'habitatge sense superar el límit pressupostat.

La primera fita important era aconseguir una bona valoració de les pèrdues energètiques que planteja l'habitatge en la situació en que es va comprar, per així poder obtenir uns valors de guia per després escollir el millor aïllant tèrmic. Per poder valorar les pèrdues i comparar amb la situació dels habitatges a Catalunya, s'ha fet una certificació energètica en l'estat inicial de l'habitatge on s'ha obtingut una qualificació E, molt superior a la mitja a Catalunya.

Per poder reduir aquestes emissions de CO_2 i millorar les pèrdues energètiques s'han comparat diversos aïllants tèrmics, finestres, sistemes de calefacció i refrigeració, i s'han escollit els més adients. Com es pot comprovar, les pèrdues es van reduir quasi 4 vegades menys que sense els aïllants, aconseguint una situació de confort ideal en l'habitatge.

Els càlculs han resultat força complicats per les dificultats d'obtenir els valors tèrmics dels elements. S'ha fet ús de les fórmules termodinàmiques, plantejant unes certes hipòtesis inicials per a la simplificació del treball, ja que algunes variables requerien un estudi exhaustiu i un coneixement elevat de la matèria.

Amb la instal·lació de la calefacció i la refrigeració es van donar per finalitzades les millores energètiques. Per poder valorar si les millores han resultat satisfactòries, s'ha tornat a qualificar l'habitatge un cop realitzada la reforma obtenint un valor de C. Comparant aquest resultat amb les situacions dels habitatges a Catalunya es pot veure que s'ha aconseguit millorar la mitjana actual que és de D.

El aspecte econòmic era un factor molt important, és per això, tot i escollint elements aïllants d'una elevada resistència tèrmica i el seu corresponent cost, que s'ha aconseguit no superar el límit pactat, donant validesa a l'estudi i a la seva posterior implantació.

Un cop finalitzat el treball també es pot fer una valoració personal, ja que aquest treball m'ha ajudat a valorar l'esforç que requereix realitzar un estudi, analitzar tots els detalls que s'han de tenir en compte i buscar en diferents proveïdors l'oferta més adient. Tot això serà de molta ajuda el dia de demà en l'àmbit professional.

19. Bibliografia

Codigo Tecnico. "Documentos CTE". [En línia] Disponible a: <http://www.codigotecnico.org/index.php/menu-documentoscte> [Recerca: 20 Març 2016]

Departament de Territori i Sostenibilitat. "Habitatges segons l'any de construcció a Catalunya". [En línia] Disponible a: <http://territori.gencat.cat/ca/01_departament/06_estadistica/05_indicadors_i_estadistiques_dhabitatge/censos_d_habitatges_i_edificis/cens_de_de_poblacio_i_habitatge/habitatges_segons_any_de_construccio_a_catalunya/> [Recerca: 20 Març 2016]

Institut Català d'Energia. "informació útil per al ciutadà". [En línia] Disponible a: <http://icaen.gencat.cat/ca/pice_ambits_tematics/pice_l_energia_als_edificis_i_serveis/pice_certificacio_edificis/pice_informacioutilciutada/index.html> [Recerca: 20 Març 2016]

Ecobservatorio. "El observatorio de la certificación energética de edificios". [En línia] Disponible a: <https://ecobservatorio.certicalia.com/> [Recerca: 20 Març 2016]

High Quality Homes. "Dónde están los sumideros energéticos en nuestras casa". [En línia] Disponible a: <http://hqhconsultora.com/ahorro-energetico/donde-estan-los-sumideros-energeticos-en-nuestras-casas-3/> [Recerca: 27 Març 2016]

Andimat. "El nuevo CTE multiplica por dos el aislamiento". [En línia] Disponible a: <http://www.andimat.es/el-nuevo-cte-multiplica-por-dos-el-aislamiento> [Recerca: 27 Març 2016]

Wiki eoi "La rehabilitación de los espacios urbanos en construcción sostenible". [En línia] Disponible a: <http://www.eoi.es/wiki/index.php/La_rehabilitaci%C3%B3n_de_los_espacios_urbanos_en_Construcci%C3%B3n_sostenible> [Recerca: 27 Març 2016]

Ehus. "aislamientos termicos". [En línia] Disponible a: <http://www.ehu.eus/mmtde/materiala/aislamtoedificios/> [Recerca: 27 Març 2016]

Testo. "Tabla de emisividad" [En línia] Disponible a: <https://www.testo.com.ar/es/home/formacion/curso_online_de_termografia_/tabla_de_emisividades/3_1__emissivity_table_mastercontent.jsp> [Recerca: 2 Abril 2016]

Miliarium. "Propiedades térmicas de materiales" [En línia] Disponible a: <http://www.miliarium.com/Prontuario/Tablas/Quimica/PropiedadesTermicas.asp> [Recerca: 2 Abril 2016]

Instalaciones y eficiencia energètica. "Energía geotèrmica. La energía renovable del suelo" [En línia] Disponible a: <http://instalacionesyeficienciaenergetica.com/energia-geotermica-la-energia-renovable-del-suelo/> [Recerca: 7 Abril 2016]

Unamanacor. "Aislamiento térmico, tipos y recomendaciones (actualizado)". [En línia] Disponible a: <http://www.grupounamacor.com/?p=1147> [Recerca: 7 Abril 2016]

Espaciohogar. "Aislantes termicos para techos, paredes y ventanas". [En línia] Disponible a: < http://espaciohogar.com/aislantes-termicos-para-techos-paredes-y-ventanas/> [Recerca: 7 Abril 2016]

Pasarlaite. "Aislamiento térmico, tipos y características". [En línia] Disponible a: < http://www.pasarlaite.com/aislamiento-termico-tipos-y-caracteristicas/> [Recerca: 7 Abril 2016]

Arquigrafico. "Poliestireno Expandido – Ventajas de su uso en la Construccion". [En línia] Disponible a: < http://www.arkigrafico.com/poliestireno-expandido-ventajas-de-su-uso-en-la-construccion/> [Recerca: 7 Abril 2016]

Leroy Merlin. [En linea] Disponible a: <http://www.leroymerlin.es/productos.html> [Recerca: 7 Abril 2016]

Brico Depot [En línia] Disponible a: <http://www.bricodepot.es/consejos-utiles> [Recerca: 7 Abril 2016]

Iguren. "Paila para aprovechar el fuego bajo para la calefacción". [En línia] Disponible a: <https://iguren.es/blog/paila-para-aprovechar-el-fuego-bajo-para-la-calefaccion/> [Recerca: 15 Maig 2016]

Mimbrea. "¿Se pueden reciclar los materiales que aíslan nuestros edificios?". [En línia] Disponible a: < http://www.mimbrea.com/se-pueden-reciclar-los-materiales-que-aislan-nuestros-edificios/> [Recerca: 15 Maig 2016]

Preverlab. "EPI's". [En línia] Disponible a: < http://www.preverlab.com/epis/ [Recerca: 21 Maig 2016]