

Anàlisi d'escenaris de **qualificació energètica** d'edificis a Barcelona

Estudi en edificacions
de nova planta d'ús residencial

Anàlisi d'escenaris de qualificació energètica d'edificis a Barcelona.
Estudi en edificacions de nova planta d'ús Residencial.
DL: B.10282-2017
Redacció: Febrer 2016
Publicació: Gener 2017
Estudi realitzat per: Societat Orgànica +10 sccl
Coordinació: Agència d'Energia de Barcelona
Revisió i maquetació: Xevi Prat Navarro



Els continguts d'aquesta publicació estan subjectes a una llicència de Reconeixement (by). Es permet qualsevol explotació de l'obra, incloent-hi una finalitat comercial, així com la creació d'obres derivades, la distribució de les quals també està permesa sense cap restricció, sempre que se'n citi la font. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ca>

Índex

Glossari	4
Introducció/presentació	5
Síntesi, resum executiu	6
Principals conclusions i reflexions	7
1. Objectius	10
2. Metodologia	11
2.1. Tasques i fases desenvolupades	11
2.2. Eina de càlcul	12
3. Selecció d'edificis a estudiar	13
3.1. Identificació de tipologies a partir de dades estadístiques	13
3.2. Justificació de les tipologies estudiades	17
3.3. Presentació dels casos estudiats	18
4. Anàlisi dels criteris energètics a les normatives existents i futures	23
4.1. Anàlisi dels criteris a les normatives d'àmbit estatal i autonòmic	23
4.2. Criteris de futur en eficiència energètica d'àmbit europeu	24
5. Simulacions i resultats obtinguts	25
5.1. Escenaris simulats	25
5.2. Resultats Tipologia 1: Bloc d'habitatges	27
5.3. Resultats Tipologia 2. Edifici entre mitgeres	35
5.4. Resultats Tipologia 3. Remunta	42
5.5. Repercussió econòmica dels escenaris simulats	48
5.6. Anàlisis socioeconòmic	51
6. Conclusions i recomanacions	55
6.1. Síntesi de resultats	55
6.2. Conclusions respecte de l'Ordenança	57
6.3. Conclusions respecte de les normatives futures	58
6.4. Conclusions sobre l'anàlisi socioeconòmic	60
Annexes	62
Annex 1. Descripció detallada dels edificis estudiats	62
Annex 2: Anàlisi dels criteris normatius	72
Annex 3: Anàlisi econòmic de les opcions simulades	79

Glossari

ACS	Aigua Calenta Sanitaria.
AEB	Agència d'Energia de Barcelona.
BdC	Bomba de Calor.
BE	Vidres de Baixa Emissivitat.
BPIE	Building Performance Institute Europe.
CALENER	Herramienta de Calificación Energética de Edificios.
COP	Coeficient d'eficiència energètica en mode calefacció.
CTE	Codi Tècnic de l'Edificació.
EER	Coeficient d'Eficiència Energètica en mode Refrigeració.
EP	Energia Primària.
EP _{nr}	Energia Primària No Renovable.
FC	Factor de Correcció pel càlcul de SPF en base a COP i EER.
FP	Factor de Ponderació representatiu pel càlcul de SPF en base a COP i EER.
FV	FotoVoltaica.
HULC	Herramienta Unificada Lider-Calener.
IDAE	Instituto para la Diversificación y el Ahorro de la Energía.
LIDER	Herramienta de Limitación de la demanda Energética.
nZEB	Edifici de consum gairebé nul.
OMA	Ordenança de Medi Ambient de Barcelona.
PT	Pont Tèrmic.
RITE	Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques dels Edificis.
TPT	Trencament de Pont Tèrmic.
SEER	Coeficient d'Eficiència Energètica en mode Refrigeració per equips que treballen amb refrigerants i no condensen per aigua.
SCOP	Coeficient d'eficiència energètica en mode calefacció per equips que treballen amb refrigerants i no condensen per aigua.
SPF	Coeficient de rendiment estacional net en mode actiu (SCOPnet).
VEEI	Valor d'Eficiència Energètica de la instal·lació d'Il·luminació.
VRV	Sistema de bomba de calor de Volum de Refrigerant Variable.

Introducció/presentació

L'evolució i la tendència futura dels indicadors de consum d'energia, eficiència energètica i impacte ambiental de l'edificació, dibuixen escenaris que requereixen en qualsevol cas d'una intervenció necessàriament urgent i continuada, així s'ha entès des dels organismes responsables a l'àmbit europeu que venen impulsant directives d'eficiència energètica relacionades amb el consum final d'energia a l'edificació.

Des de la EPBD (Directiva de Eficiència energètica als Edificis) de 2002, s'han establert directrius per millorar l'eficiència energètica dels edificis que obliguen als Estats membres a incorporar exigències tant a la qualitat constructiva dels edificis com a l'eficiència energètica dels sistemes energètics que s'empren, juntament amb els sistemes de classificació d'aquesta eficiència que permetin traduir al ciutadà la situació dels seus edificis.

L'horitzó normatiu europeu plasmat a la revisió de la EPBD de 2010 estableix l'objectiu de l'eficiència energètica en edificació: la consecució d'un edifici de consum energètic gairebé nul, el nZEB (Nearly Zero Energy Building), un estàndard que ha d'acabar de concretar cada estat europeu en funció de les seves pròpies condicions de context, que acabarà incorporant exigències d'eficiència energètica i ús d'energies renovables que han de ser necessàriament molt ambicioses.

Conseqüent amb aquests objectius, Barcelona s'esforça per contribuir a la lluita contra el canvi climàtic introduint mesures i actuacions que permetin millorar l'eficiència energètica i reduir la dependència dels combustibles fòssils, així com les emissions de gasos d'efecte hivernacle. Han passat més de 15 anys des de l'aprovació de l'ordenança solar que ha impulsat l'aprofitament de l'energia solar als habitatges. Les successives revisions i actualitzacions de l'ordenança cerquen incorporar nous criteris energètics a l'edificació que complementin i millorin les que s'estableixen des de la normativa estatal i autonòmica.

A l'actualitat, des de l'Agència d'Energia, es planteja sota quins criteris caldria que la normativa energètica municipal adequés els seus objectius per tal d'alinejar-se a l'estàndard que s'està promovent des d'Europa i facilitar el compliment dels compromisos de Barcelona envers la lluita contra el canvi climàtic. Aquest treball forma part dels estudis que permetran valorar els criteris energètics que hauria de recollir la normativa municipal.

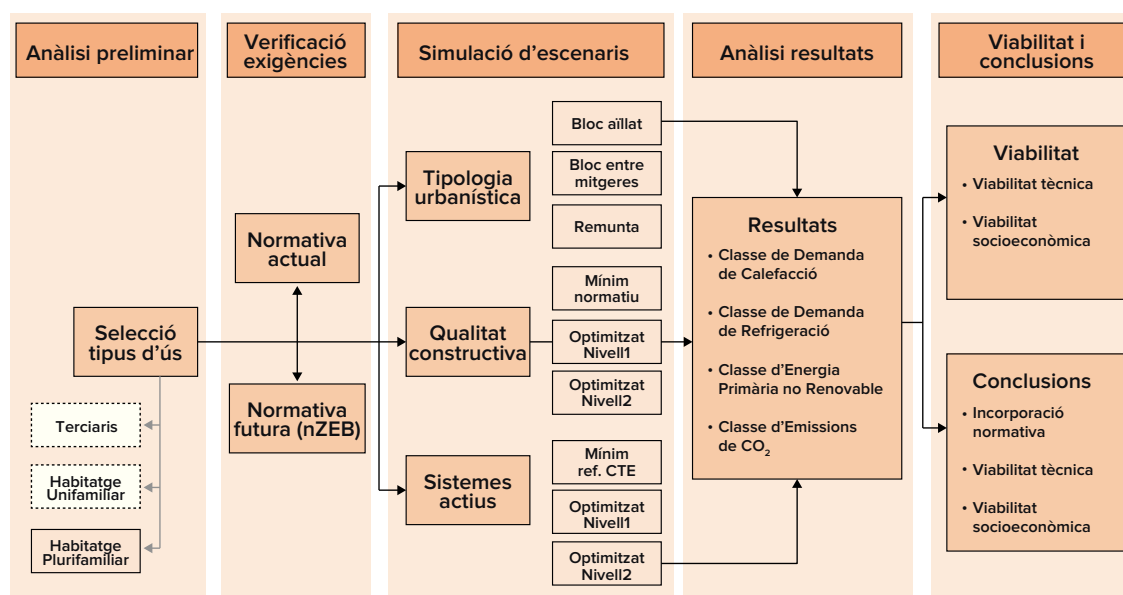
En aquest context, l'objectiu d'aquest estudi és el d'analitzar la viabilitat d'incorporar nous criteris energètics als edificis de nova construcció que es construeixin a la ciutat. El treball es centra a l'anàlisi de la tipologia edificatòria de més presència i previsió de desenvolupament futur com és l'habitatge, situant la possibilitat d'incorporar nous criteris energètics en el disseny i execució d'edificis en el context normatiu actual i futur. L'estudi pretén també verificar que aquests criteris son assumibles respecte a la dificultat tècnica que puguin suposar, a les tecnologies disponibles, al sobrecost econòmic associat i a les eines de validació i justificació que els tècnics tenen a la seva disposició.

La situació socioeconòmica dels usuaris des de la perspectiva de vulnerabilitat a situacions com la pobresa energètica mereixen una consideració prioritària al disseny de qualsevol política energètica futura. Des d'aquesta perspectiva, s'ha proposat en aquest treball una primera aproximació a la temàtica, a partir de l'estudi dels edificis de nova construcció destinats a habitatge, que necessàriament haurà de ser ampliada al futur, quan s'abordi l'estudi d'altres topologies edificatòries i es contrastin els resultats amb la situació del parc d'edificis existents.

Síntesi, resum executiu

L'estudi ha utilitzat una metodologia de treball que es sintetitza en l'esquema 1. Tal i com s'explica a l'[apartat 1](#) de l'informe, l'aplicació de la metodologia comença per identificar les tipologies edificatòries de major desenvolupament actual i previsió de desenvolupament futur a la ciutat. Agafant com a referència diferents fonts de dades, des de la base de dades de la pròpia AEB en quant a projectes que tramiten la seva llicència de nova construcció, estadístiques del ministeri de foment o de la Generalitat, els edificis destinats a l'ús d'habitatge tenen el pes més gran a les estadístiques de projectes en desenvolupament i en previsió futura, per la qual cosa l'estudi que aquí es presenta se centra a l'anàlisi detallat d'aquesta tipologia.

Esquema 1. Esquema metodologia estudi residencial



Tal i com s'explica al mateix [apartat 3](#) de l'estudi, en revisar el potencial de desenvolupament de projectes d'habitatge a la ciutat per districtes i sectors, s'identifica que la construcció de blocs d'habitatge suposa el potencial més alt. Dins d'aquesta tipologia les possibilitats se centren als blocs aïllats, seguida d'actuacions a solars entre mitgeres a districtes i barris ja consolidats, i per últim es considera rellevant estudiar el potencial d'actuacions que busquen esgotar l'edificabilitat d'alguns edificis (remuntes), ja que tenen un potencial significatiu i als darrers temps s'observa una dinàmica important al seu desenvolupament.

La metodologia contempla l'anàlisi de les exigències normatives en vigor, tant a l'àmbit estatal, autonòmic i local, així com la consideració de la referència normativa imminent a l'àmbit europeu com és l'edifici de consum gairebé nul nZEB per les seves sigles de l'anglès (Nearly Zero Energy Building). La identificació de les exigències mínimes i la referència futura són fonamentals a la hora de contextualitzar les possibles noves exigències que es vulguin incorporar a la OMA.

Un cop identificades les tipologies objecte d'estudi i el context normatiu de referència, s'han definit diferents models o escenaris d'anàlisi sobre els quals s'han dut a terme simulacions del seu comportament energètic. L'objectiu d'aquestes simulacions és el d'identificar les demandes d'energia per a cobrir els serveis de calefacció, refrigeració i ACS, així com el consum final d'energia associat a diferents opcions de sistemes actius i les emissions de CO₂ derivades d'aquests consum.

Tal i com s'explica a l'[apartat 2](#) de l'informe, la simulació del comportament tèrmic dels models estudiats s'ha dut a terme utilitzant una eina que s'ajusta a les condicions de càlcul establertes al marc de les directives d'eficiència energètica, que compleix amb la condició de ser d'ús obert i reconeguda pels organismes de control i revisió dels processos de justificació i compliment normatiu.

La definició dels models a simular parteix de la consideració d'un escenari denominat "BASE" que es correspon amb un edifici que es limita a complir amb les exigències mínimes de la normativa per als elements que determinen el consum final d'energia a l'edifici, és a dir, un edifici les característiques constructives del qual s'ajusten a les exigències mínimes de demanda energètica anual d'energia que garanteixi les condicions de confort reglamentàries tan a l'hivern com a l'estiu, i per a cobrir les necessitats mínimes d'aigua calenta sanitària. Aquest escenari considera també les exigències mínimes de la normativa respecte la cobertura solar per a l'ACS.

A partir del model BASE s'han establert opcions que milloren les prestacions finals de l'edifici en termes de necessitats a cobrir (demanda energètica) com de consum final d'energia. A la definició d'aquestes possibles millores s'ha considerat la viabilitat tan tècnica com econòmica de les opcions estudiades. A l'anàlisi s'ha valorat l'esforç que per al promotor i per a l'equip redactor d'un projecte suposen les diferents opcions plantejades, que se centren tan a l'optimització del nivell d'aïllament general de l'edifici (parts massisses, buits, particions, etc) com al rendiment dels sistemes actius que cobreixen les demandes (Rendiment d'equips de producció de calefacció, refrigeració i ACS).

Les opcions de millora proposades i estudiades han tingut en consideració també tan les "pràctiques habituals" com les "bones pràctiques", a partir de l'experiència de la pròpia AEB segons els expedients tramitats i de l'equip redactor del document per la seva participació a la redacció de projectes.

A partir dels resultats obtinguts pels diferents escenaris simulats, s'han identificat els conjunts de millora o paquets d'actuació que permetrien assolir objectius més ambiciosos d'eficiència energètica respecte dels que contempla la normativa d'obligat compliment i que permetrien fer un pas cap a l'objectiu comú europeu de l'edifici de consum gairebé nul nZEB. Tal i com s'explica a l'[apartat 4](#) els models simulats plantegen escenaris d'optimització de diferent nivell d'intensitat a les actuacions que plantegen.

Un cop obtinguts i comparats els resultats de les simulacions de cada model, s'han identificat aquells que obtenen les millors prestacions, sobre les que s'ha fet una quantificació econòmica específica i una anàlisi de la seva repercussió sobre el pressupost global tal i com s'explica a l'[apartat 5.5](#).

L'estudi ha volgut incloure una aproximació a la problemàtica de la vulnerabilitat dels usuaris a la pobresa energètica, problemàtica d'actualitat i malauradament de tendència futura desfavorable. A l'[apartat 5.6](#) s'ha inclòs una estimació del que suposa en termes de despesa energètica anual per a una família, habitar un edifici que d'entrada ofereix unes determinades prestacions energètiques, en funció de la seva qualitat constructiva, de l'eficiència dels sistemes previstos i de les fonts energètiques emprades. Si bé aquesta temàtica mereix en un futur una aproximació detallada i contrastada amb la situació del parc d'edificis existents a la ciutat, sí que permet tenir un element de reflexió important a la validació final de nous criteris energètics a l'edificació que s'haurien d'incorporar a la normativa municipal.

Principals conclusions i reflexions

A partir dels resultats obtinguts, a l'[apartat 6](#) de l'estudi es plantegen les conclusions i reflexions finals a tres àmbits específics:

- Conclusions respecte l'actual títol 8 sobre energia Solar de l'Ordenança de Medi Ambient de Barcelona (OMA)
- Conclusions sobre escenaris normatius en matèria energètica futurs.
- Conclusions sobre l'impacte socioeconòmic de mesures energètiques als edificis.

Respecte als possibles criteris energètics de la normativa municipal que permetessin adaptar-la a les directrius europees, les principals conclusions de l'estudi posen de manifest la necessitat d'identificar quin és l'indicador que serviria com a objectiu prestacional en el disseny i construcció d'edificis. La certificació energètica en vigor que s'ajusta a les directrius de la Unió Europea utilitza 2 indicadors principals: emissions anuals en termes de $\text{kg de CO}_2/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ i consum anual d'energia primària no renovable EP_{nr} $\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$, però considera per a la seva obtenció indicadors parcials de demanda energètica de calefacció i refrigeració.

L'estudi conclou que, per a les tipologies estudiades d'habitatges de nova construcció, l'obtenció de nivells màxims de classe energètica (Classe A) als indicadors principals és viable sense necessitat d'esforços més grans en qualitat constructiva, des de la "promesa" de sistemes d'elevada eficiència i funcionament òptim. Malauradament aquesta condició augmenta l'incertesa del benefici real per a l'usuari quan les condicions econòmiques del preu dels combustibles o de la renda disponible li puguin afectar i no li permetin fer ús dels sistemes, per òptims que aquests siguin.

En aquest sentit l'estudi demostra que l'exigència de qualitat constructiva que promou l'actual CTE, o el que és el mateix, de demanda energètica baixa, servirà per assegurar que, amb independència de la bondat dels sistemes actius i de les seves prestacions, l'usuari tindrà unes necessitats per cobrir menors i estarà menys compromès el seu potencial confort. Des d'aquesta perspectiva prenen rellevància els indicadors parcials de demanda anual d'energia per calefacció i refrigeració com a eines de comprovació del compliment d'aquest objectiu. Si el conjunt d'exigències mínimes normatives actuals per les diferents tipologies situen un edifici de referència a una classe C per aquest indicador, un criteri energètic mínim assumible a la vista dels resultats de l'estudi serien el d'una classe B com a mínim en aquest indicador.

L'estudi posa també de manifest la importància de la cobertura solar mínima de la demanda d'ACS dels edificis com a instrument de millora de la qualificació energètica final. Cal tenir en compte que la millora de les envoltants i la disminució de la demanda tèrmica farà incrementar el percentatge de demanda imputable a l'ús d'ACS respecte el global de demanda de l'edifici.

L'estudi conclou també que és fonamental mantenir l'exigència de cobertura solar mínima per ACS actualment vigent a la normativa per a les tipologies estudiades. Concretament l'exigència de cobertura solar mínima de la OMA que supera per Barcelona l'exigència del CTE, ja que permet garantir nivells d'eficiència elevats a tots els indicadors si redueix la dependència dels usuaris de l'ús de combustibles a preu variable i amb tendència a l'alça constant. La possible utilització com a criteri de disseny, l'objectiu de Classe B mínima als indicadors de EP_{nr} i CO_2 per aquesta tipologia d'habitatge es veuria seriosament compromesa si es relaxés l'exigència de cobertura solar. En aquest cas augmentaria el compromís d'eficiència dels sistemes i la incertesa sobre la repercussió econòmica pels usuaris.

Les conclusions remarquen també la incidència molt elevada que sobre el resultat final té la qualitat constructiva associada a la resolució de ponts tèrmics a l'envoltant de l'edifici. En augmentar la exigència de demanda i els nivells d'aïllament dels tancaments que componen un edifici, pren especial rellevància als resultats la consideració o no de la debilitat o discontinuïtat de l'envoltant als ponts tèrmics que es poden generar. Es conclou que és necessari tenir molt present l'eliminació o reducció màxima possible dels ponts tèrmics a l'hora de dissenyar i d'executar els edificis a un nivell més rigorós que el de la pròpia normativa estatal (CTE), que només incorpora exigències específiques de cara a l'eliminació del risc de condensacions.

Respecte a les normatives futures, les conclusions situen l'edifici de consum gairebé nul com a objectiu de referència. En aquest sentit l'indicador d'energia primària no renovable EP_{nr} és la referència que a nivell europeu s'està considerant. Els resultats demostren que pels escenaris de millora viables, els valors d'aquest indicador permetrien millorar els valors mitjans dels edificis que s'ajusten al compliment del CTE que se situa a $50 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$. Els escenaris estudiats se situen al voltant dels $30 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$ d' EP_{nr} i permetria apropar-se a valors de referència com els $25 \text{ kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{a}$

de països com ara Dinamarca, que es consideren una bona referència per a assolir els objectius de nZEB al 2020.

Finalment, respecte a l'aproximació de l'estudi des de la perspectiva socioeconòmica, es demostra que la simple consideració de nivells mínims de la normativa en vigor, no garanteix que la població més vulnerable pugui cobrir les seves necessitats bàsiques de confort que acaben afectant indirectament a la seva salut. Es requereix llavors un esforç de les ciutats que superi significativament els nivells mínims establerts per la normativa en termes de qualitat constructiva i eficiència energètica.

L'esforç requerit per a generar condicions de confort que no afectin la salut dels usuaris s'haurà d'analitzar en detall en futurs estudis. Des de la perspectiva de l'aproximació feta en aquest treball, s'adverteix que necessàriament estarà associat a uns criteris d'edificació que permetin situar l'edifici en prestacions elevades que (en el llenguatge dels indicadors de referència coneguts) suposarien un edifici de classe A a tots els indicadors, amb especial consideració dels indicadors de demanda, que de ser òptims, garanteixen que la incidència final del consum energètic dels usuaris serà assumible a les condicions socioeconòmiques més vulnerables.

A mode de síntesi, l'estudi demostra que, per les tipologies estudiades, si es pren com a referència el desenvolupament habitual de la redacció d'un projecte, és fonamental incorporar des del disseny inicial, el grau més alt d'exigència associada a la qualitat constructiva de l'edifici. És a dir, preveure el funcionament passiu que aprofiti la captació solar i es beneficiï de la inèrcia tèrmica dels materials, els nivells d'aïllament òptims, assegurant la continuïtat dels mateixos (o eliminant els ponts tèrmics), la protecció solar dels buits i l'estanquitat de l'edifici, entre d'altres. En aquest sentit, es considera que les normatives, els mecanismes de control i seguiment, o l'autocontrol que el propi equip redactor s'apliqui a aquest nivell, han de permetre assegurar un edifici de baixes necessitats a cobrir (baixes demandes) i disminuirà la seva dependència del consum energètic associat als sistemes amb independència de la bondat o limitació de les seves prestacions.

Un cop s'hagi esgotat la via de la reducció de les demandes a cobrir, tot l'esforç s'hauria de bolcar a la selecció dels sistemes actius que les cobreixin de la manera més eficient. En aquest sentit entren en joc dos conceptes fonamentals: El rendiment dels sistemes seleccionats i els combustibles que s'emprin per a tal fi. Sistemes amb elevat rendiment mitjà estacional podrien compensar la ineficiència de les fonts energètiques que emprin (Aerotèrmia, Geotèrmia, per exemple). Igualment, de forma indirecta s'hauran de considerar estratègies com prioritzar la centralització per davant de la individualització, l'adequació de la font energètica als serveis que es prestin, el disseny dels sistemes que minimitzi les pèrdues en generació, distribució, emissió i regulació.

Amb independència de la qualitat o l'eficiència dels sistemes a emprar, ocupa un paper decisiu considerar l'aportació de renovables en serveis com ara l'aigua calenta sanitària o l'aportació fotovoltaica general per a qualsevol ús dins de l'edifici, o per l'intercanvi amb la xarxa. L'escenari de futur imminent amb edificis de consum gairebé nul, demana necessàriament tenir en compte l'aportació d'energies renovables al balanç energètic final. És aquí on es requereix un esforç addicional per part de tots els agents implicats per incorporar l'aportació d'energies renovables per sobre dels mínims exigits per la normativa.

1. Objectius

Anàlisi dels criteris energètics a l'edificació de nova planta a Barcelona amb la finalitat de validar el grau d'exigència que impliquen aquests criteris, les opcions de justificació i la viabilitat de la seva implementació.

L'actual CTE HE i la proposta de modificació dels Ministeris de Foment i Indústria, ja considera els objectius de qualitat energètica en la construcció dels edificis en termes de Classe energètica per a l'indicador d'emissions de CO₂ de la certificació energètica d'edificis. També proposa eines per a la justificació del compliment d'aquests objectius.

L'objectiu del treball es concreta doncs en analitzar la viabilitat de nous criteris energètics, dins l'àmbit de l'edificació en el sector residencial, la seva pertinència respecte a la normativa vigent i futura, i contrastar les opcions de justificació i compliment per als usuaris.

2. Metodologia

L'estudi es desenvolupa a partir de l'anàlisi d'alguns edificis seleccionats tenint en compte les característiques del parc edificatori de Barcelona i el contrast dels resultats respecte de les exigències mínimes vigents en la normativa. Les tasques previstes i les eines emprades s'expliquen a continuació.

2.1. Tasques i fases desenvolupades

El treball realitzat ha comportat el desenvolupament de les següents fases i tasques:

1. Selecció d'edificis objecte d'estudi

Amb la finalitat d'estudiar la viabilitat dels criteris energètics que pugui incorporar la normativa municipal d'edificació, es proposa seleccionar com a objecte d'estudi, edificis que pertanyin a les tipologies edificatòries més representatives dels edificis d'obra nova que tramiten expedients davant l'AEB.

Per realitzar aquesta selecció s'han estudiat els registres i les dades de projeccions del desenvolupament urbanístic, que poden veure's afectades per posteriors modificacions del planejament.

2. Anàlisi de nous criteris energètics d'edificació respecte dels mínims normatius vigents

S'estudien les exigències de la normativa en curs, amb l'objectiu de situar i valorar els criteris energètics d'edificació que s'haurien d'implementar en un futur pròxim a la normativa municipal.

A l'àmbit estatal i autonòmic, s'han analitzat les exigències mínimes de la següent normativa:

- Codi Tècnic de l'Edificació - CTE: S'estudien els documents:
 - DB HE Document d'energia
 - DB HS Document de Salubritat
- Ordenança Solar AEB
- Decret d'Ecoeficiència Generalitat de Catalunya

Pel què fa a les exigències futures, tot i que no hi ha una definició específica a l'àmbit estatal de l'abast i les exigències específiques dels edificis de consum gairebé nul o nZEB, donada la proximitat de compliment d'aquesta exigència (2020 per a tots els edificis d'obra nova i 2018 pels edificis públics), s'ha considerat oportú per a aquest treball, realitzar una comparativa respecte a l'estat de la qüestió de la transposició a nivell europeu del que fan altres països i les tendències dels principals indicadors associats a aquesta exigència futura.

L'anàlisi de les exigències de cadascun d'aquests documents es realitza tenint en compte les característiques dels edificis seleccionats com a objecte d'estudi.

3. Comprovació de viabilitat de l'utilització de nous criteris energètics

Sobre les tipologies seleccionades com a objecte d'estudi, es realitzaran les comprovacions necessàries sobre l'impacte que tindria l'utilització de nous criteris energètics en l'edificació en el sector residencial a la ciutat de Barcelona.

Les tasques realitzades han estat:

- Simulació de la demanda, el consum i les emissions associades. Amb l'objectiu de validar, d'un costat el compliment normatiu de la legislació vigent, així com l'esforç d'assumir uns criteris energètics més exigents. La simulació, tal com s'explica al següent apartat, es realitza amb eines d'ús públic, gratuït i reconegudes oficialment per a la verificació normativa.
- Avaluació preliminar de la viabilitat tècnica-econòmica. A partir de valors de referència de bases de dades com el banc BEDEC de l'ITeC, el generador de preus de Cype, estimacions pròpies i

d'estudis de referència com: L'Estudi T- NZEB del CENER, i els Estudis de "Coste óptimo" del Ministeri de Foment, entre d'altres.

2.2. Eina de càlcul

Considerant que la justificació del compliment dels objectius energètics en el disseny i construcció d'edificis hauria d'estar a l'abast de qualsevol usuari, s'ha treballat en l'estudi dels criteris i la seva verificació utilitzant eines de caràcter públic, gratuïtes i que tinguin el reconeixement oficial per a aquesta tasca.

L'eina escollida és l'Eina Unificada LIDER CALENER desenvolupada pels Ministeris de Foment, Indústria, Energia i Turisme d'Espanya. Aquesta eina inclou la unificació en una sola plataforma dels anteriors programes generals oficials emprats per a l'avaluació de la demanda energètica i del consum energètic i dels Procediments Generals per a la certificació energètica d'Edificis (LIDER-CALENER), així com els canvis necessaris per a la convergència de la certificació energètica amb el Document Bàsic d'Estalvi d'Energia (DB-HE) del Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) i el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques dels Edificis (RITE), tots dos actualitzats l'any 2013.



Eina de càlcul HULC escollida per desenvolupar aquest estudi.

Si bé existeix a nivell estatal una altra eina que permetria justificar les mateixes exigències com és el programari CERMA, es tracta d'una eina simplificada, que limitaria l'anàlisi i les conclusions d'aquest Treball. S'ha treballat amb la versió oficial de l'eina unificada HULC 20151113 (0.9.1431.1016).

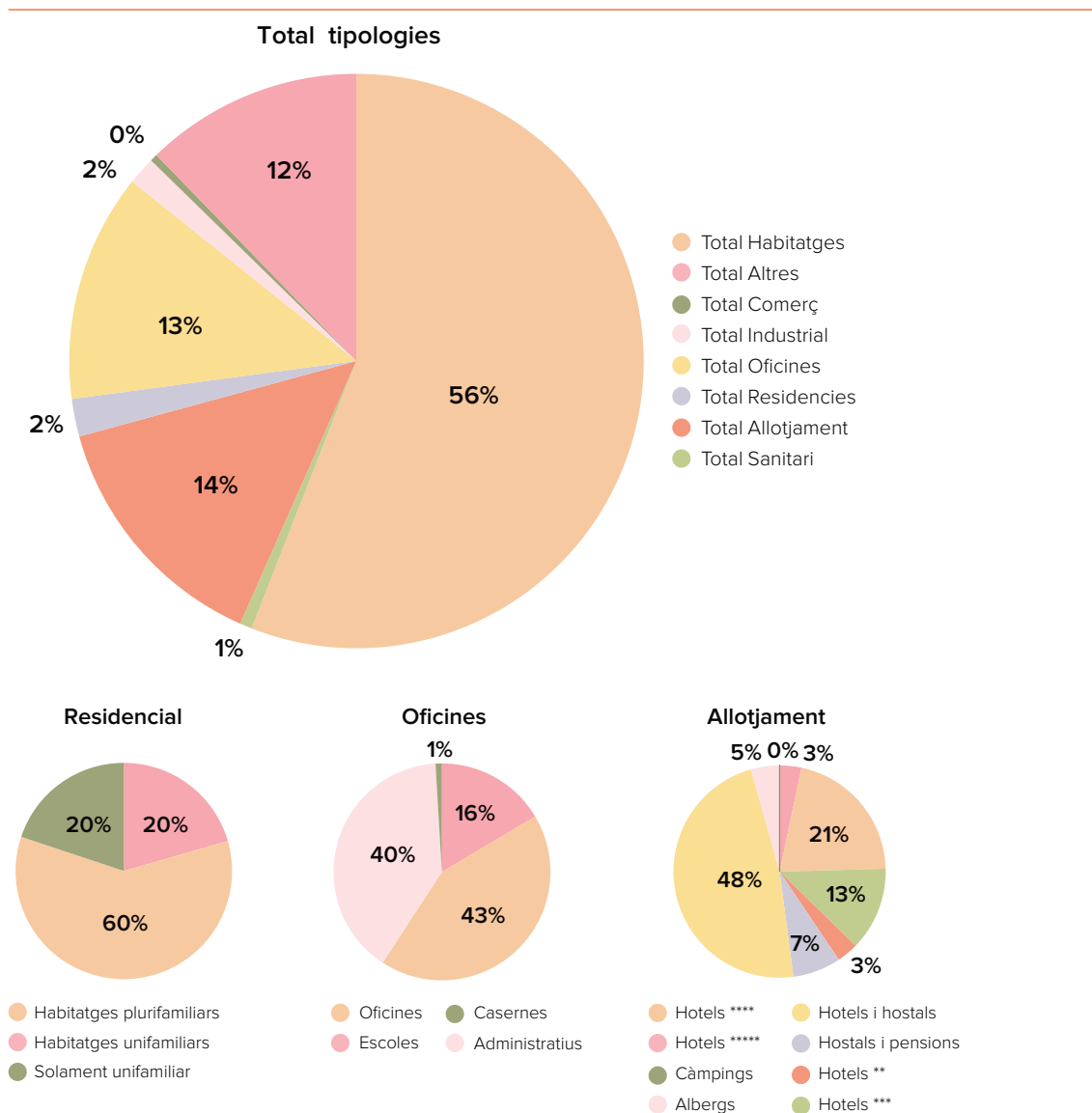
3. Selecció d'edificis a estudiar

3.1. Identificació de tipologies a partir de dades estadístiques

S'han consultat diferents fonts estadístiques de referència com són:

- Las bases de dades de la Mateixa AEB respecte del expedients tramitats
- Dades estadístiques de projectes visats del Ministerio de Fomento de España
- Dades estadístiques de la Generalitat de Catalunya GENCAT
- Dades del Departament d'Estadística de l'Ajuntament de Barcelona

S'han realitzat consultes a las Bases de dades de la AEB sobre una mostra de 5.665 expedients, per al període 2007-2014. A partir d'aquesta mostra s'han identificat les tipologies de major pes per als casos d'expedients d'Obra nova tal com es representa al següent gràfic:

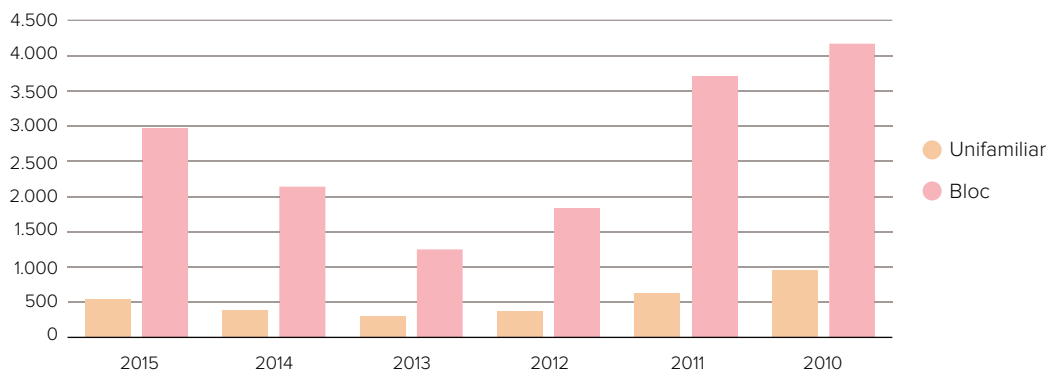


Dades obtingudes en expedients d'obra nova totals per tipologia (part superior) i detallat per les principals tipologies (part inferior).

S'identifica clarament que la tipologia més significativa és la d'habitatge, amb un major pes en el total de les estadístiques, amb un 56%, que si ho sumem als usos més semblants com poden ser les residències i almenys una part d'allotjaments, augmentaria i s'aproparia al 60% del total.

També s'han analitzat les estadístiques de visat d'obra nova a la Ciutat en els últims anys mitjançant consulta de les bases de dades del Ministeri de Foment d'Espanya. Els resultats d'aquesta consulta es presenten en el següent gràfic:

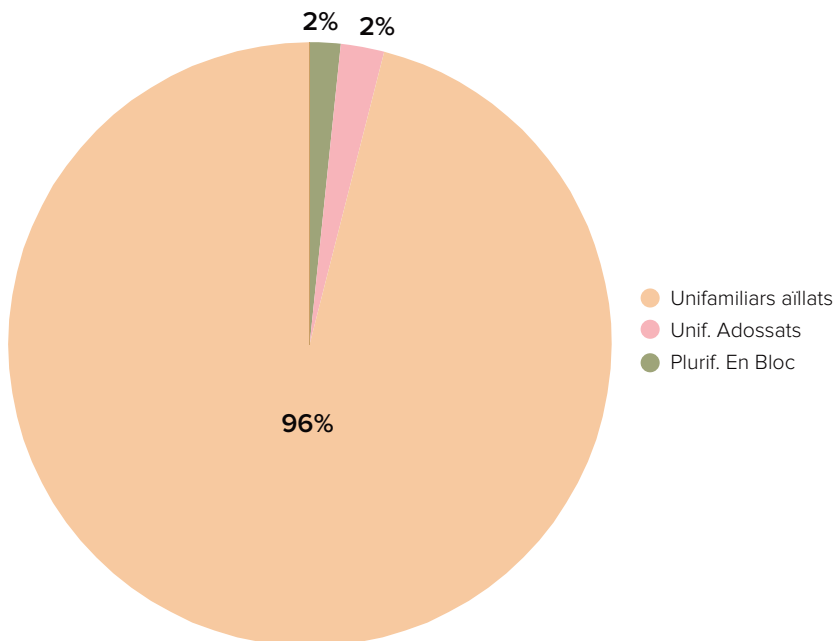
Estadístiques visats de Direcció d'obra nova a Barcelona



Evolució dels visats d'obra nova a Barcelona pel període 2010-2015. Ministerio de Fomento. Boletín estadístico ON-Line.

A les bases de dades de la Generalitat també s'ha pogut identificar el pes de cadascuna de les tipologies dels edificis d'habitatges segons estadístiques de construcció a Barcelona el 2014:

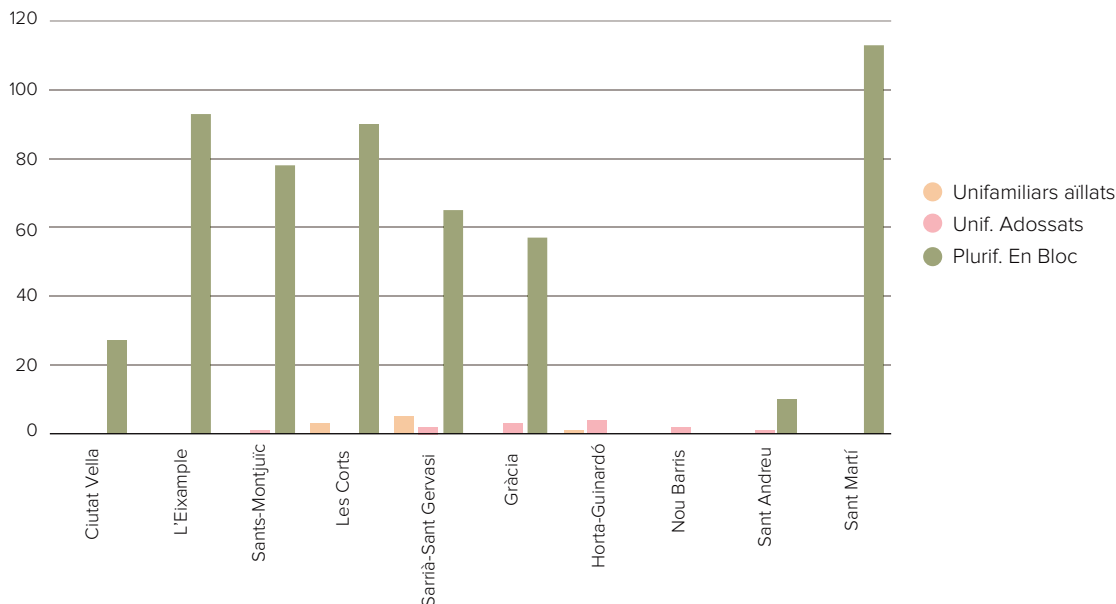
Any 2014 Habitatges acabats segons tipologia edificatòria



Estadístiques d'edificis d'habitatge segons tipologia a Barcelona. Font. GENCAT Departament de Territori i Sostenibilitat.

Si aquesta darrera estadística es segrega per districtes de la ciutat s'obté el següent gràfic:

Habitatges acabats segons tipologia per districte - 2014



Estadístiques d'edificis d'habitatge acabats per districte. Font GENCAT. Departament de Territori i Sostenibilitat.

Les estadístiques de l'Ajuntament respecte de les llicències d'obres permeten identificar el pes de les actuacions d'obra nova respecte de les reformes i ampliacions tal com es pot apreciar al següent gràfic:

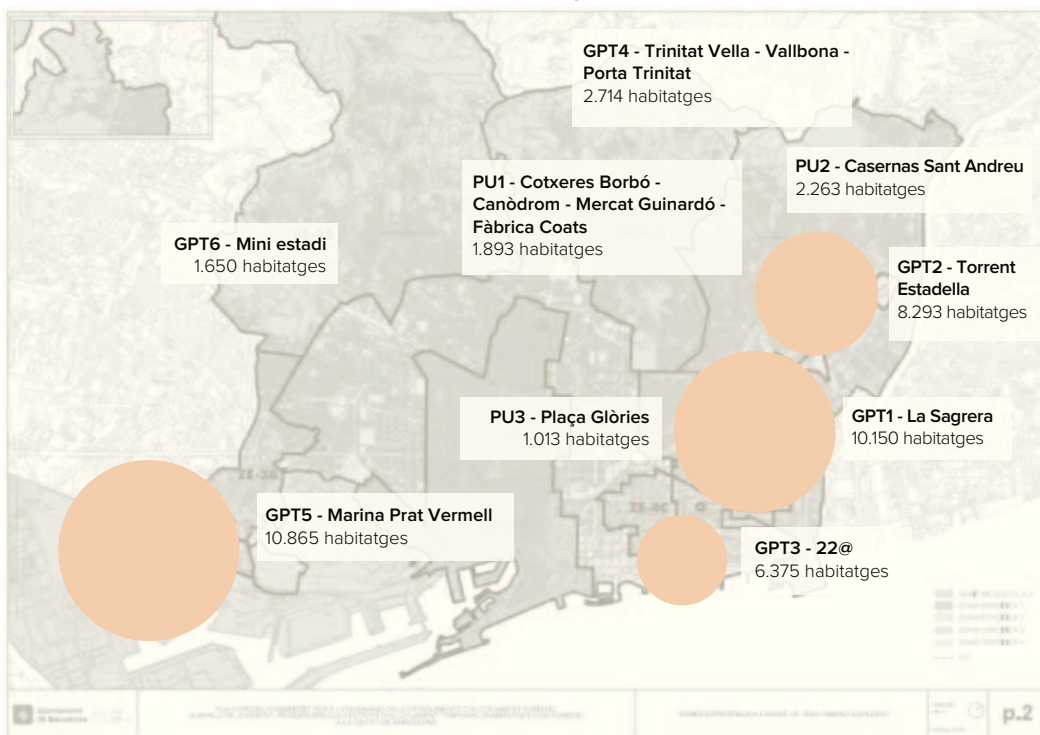
Llicències d'obres majors. Barcelona



Evolució de les llicències per tipologies a Barcelona. Departament d'Estadística. Ajuntament de Barcelona.

Finalment s'han analitzat les projeccions fetes des del PECQ 2011-2020 per al desenvolupament futur de projectes d'habitatge a la ciutat de Barcelona. Es poden observar a la següent gràfica els principals punts de desenvolupament previst i les unitats habitacionals estimades.

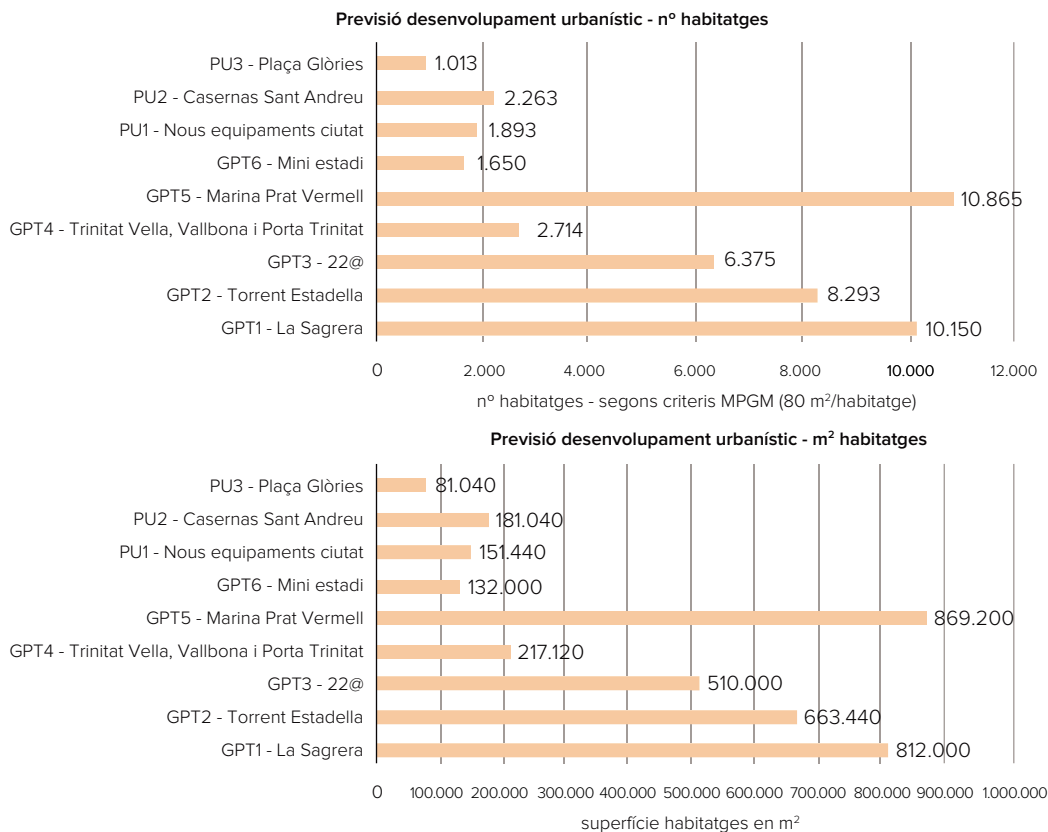
Previsió desenvolupament urbanístic - ús habitatge



Font: Pla d'energia, canvi climàtic i qualitat de l'aire de Barcelona (PECQ 2011-2020).

Si s'analitza de forma detallada (tal i com es presenta a les següents gràfiques), es poden identificar per districtes i projectes els habitatges a desenvolupar i els m² construïts previstos que si es considera el potencial d'actuació de cada projecte permeten predir el tipus d'edificació a desenvolupar (Aïllada, entre mitgeres, etc.).

Previsió desenvolupament urbanístic - ús habitatge



Font: Pla d'energia, canvi climàtic i qualitat de l'aire de Barcelona (PECQ 2011-2020).

Les principals conclusions extretes de la documentació consultada són:

- La tipologia d'Habitatge és la de major pes sobre el total d'expedients de tràmit de la AEB.
- Els blocs d'habitatge plurifamiliar són la tipologia de major desenvolupament a la ciutat segons les estadístiques recents.
- L'habitatge unifamiliar té un desenvolupament menor en les estadístiques, però podria tenir un pes major si es té en compte el desenvolupament de projectes que esgoten edificabilitat d'edificis existents i proposen incorporació de nous habitatges tipus "remuntes".
- Segons les estadístiques més recents (2014) d'obres noves acabades, els districtes de major pes en els nous desenvolupaments són Sant Martí, L'Eixample i Les Corts. Si s'analitzen les tipologies edificatòries que es podrien desenvolupar en aquests districtes predominaria el bloc aïllat i els blocs plurifamiliars entre mitgeres.

3.2. Justificació de les tipologies estudiades

A partir dels resultats de la consulta a les dades estadístiques i de referència, es decideix treballar sobre la tipologia d'habitatge, ja que representa el 60% del total d'edificis d'obra nova. Dins d'aquesta tipologia es seleccionen els següents objectes d'estudi que permetran representar les tipologies de major desenvolupament actualment i en el futur de la ciutat:

- **Un Bloc d'habitatges aïllat**

Es considera que aquesta tipologia té un potencial de desenvolupament en zones com el districte de Sant Martí, o en desenvolupaments futurs com el barri de la Marina de la Zona Franca. S'ha previst una tipologia amb locals comercials en Planta Baixa i 5 plantes dedicades a habitatge.

- **Bloc d'habitatges entre Mitgeres**

Es considera que aquesta és una tipologia prou significativa i representativa de la ciutat de Barcelona que té una tendència d'evolució futura a tots els districtes de la ciutat.

- **Esgotament d'edificabilitat amb intervencions tipus Remunta**

Aquest tipus d'intervenció representa un tipus d'edificació en desenvolupament a la ciutat de Barcelona i una opció que, en funció de la limitació de sol disponible a la ciutat, està anant en augment.¹

3.3. Presentació dels casos estudiats

Les principals característiques dels edificis seleccionats es resumeixen a continuació i s'expliquen de forma detallada a l'Annex 2.

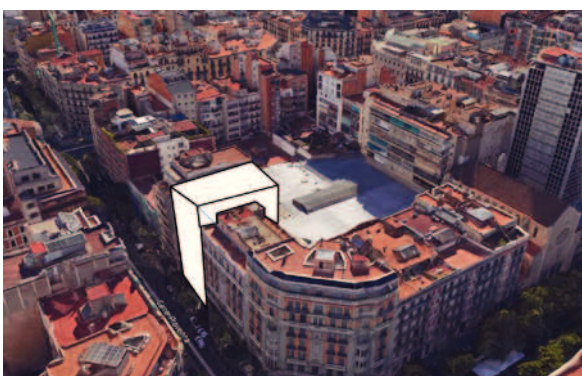
Tipologia 1: Edifici Plurifamiliar en bloc



S'ha definit un Bloc Aïllat de Planta Baixa + 5, en ser una edificació aïllada té façanes en totes les orientacions. A la Planta baixa s'ubiquen locals comercials i l'accés a l'edifici. La part corresponent a habitatges consta de 5 plantes tipus de 4 habitatges per planta d'identiques característiques de 70 m² aprox per habitatge (1.750 m² de superfície total d'habitatges). A la part central existeix la zona de circulació (accessos, ascensors i escales).

S'han considerat edificacions veïnes de la mateixa alçada, a 15 m de distància de les façanes del bloc.

Tipologia 2: Edifici Plurifamiliar entre mitgeres

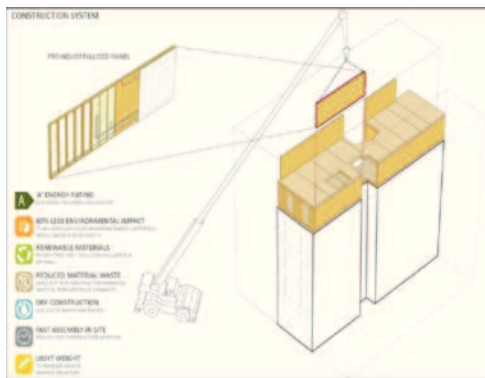


Edifici d'habitatges entre mitgeres situat a Barcelona amb planta Baixa + 5, a la Planta baixa s'ubiquen locals comercials i l'accés a l'edifici. A les cinc plantes d'habitatges hi ha 2 habitatges per planta d'identiques característiques de 129 m² aprox cadascú, (1.290 m² de superfície total d'habitatges). A la part central existeix la zona de circulació (accessos, ascensors i escales).

S'ha considerat l'orientació de l'Eixample (Nord a 45°) i edificacions veïnes de la mateixa alçada, a 15 m de distància a ambdues façanes.

1. Recentment s'ha incrementat notablement el nombre d'intervencions d'aquest tipus. L'empresa "La casa por el tejado" ha estimat que només a la zona de l'Eixample hi ha uns 800.000 m² edificables vacants repartits en unes 2.500 finques.

Tipologia 3: Remunta



Consisteix en una remunta sobre un edifici d'habitatges entre mitgeres situat a Barcelona, per tant una sola planta, sota aquesta es suposa l'existència d'habitatges existents de l'edifici. Es considera un sol habitatge de 91,24 m² aprox. A la part central existeix la zona de circulació (accessos, ascensors i escales).

S'ha considerat l'existència d'edificacions veïnes a banda i banda de l'edifici.

3.3.1. Característiques arquitectòniques constructives i perfil d'ús

Característiques Constructives

S'han creat els tancaments amb composicions dels tancaments de l'edifici de referència que proposa el document "Condiciones de aceptación de Procedimientos alternativos a LIDER y CALENER", pàg. 63 i successives.

S'ha ajustat la Transmissió U dels tancaments tenint en compte que es compleixin els requisits mínims per evitar la descompensació de l'envoltant segons l'establert a la taula 2.3 del CTE HE "Transmissió tèrmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente". I amb la quantitat d'aïllament que li permet complir amb l'exigència mínima de demanda segons CTE HE1.

Condicions de Operativitat i Funcionament

Per a l'ús Residencial, l'eina adopta les condicions que es corresponen amb el perfil d'ocupació, carregues internes i condicions de confort segons l'Annex C del CTE HE1. Pel què fa a la Planta Baixa de Locals Comercials, aquests s'han definit com a espais "No habitables" amb nivell d'estanquitat 3. Els espais de safareig també s'han definit com a "No habitables", amb nivell d'estanquitat 2.

S'han calculat segons el document CTE-HS3 les renovacions d'aire a considerar (veure l'annex 1) i segons els resultats obtinguts s'ha optat per acceptar el valor per defecte de 0,63 renovacions per hora a complir segons el HS3.

Sistemes de condicionament

S'han previst en el model de simulació els sistemes de referència descrit en el CTE.

Taula 2.2 Eficiències dels sistemes de referència

Tecnologia	Vector energètic	Rendiment
Producció de calor	Gas natural	0,92
Producció de fred	Electricitat	2,00

Sistemes de referència: característiques segons CTE HE0.

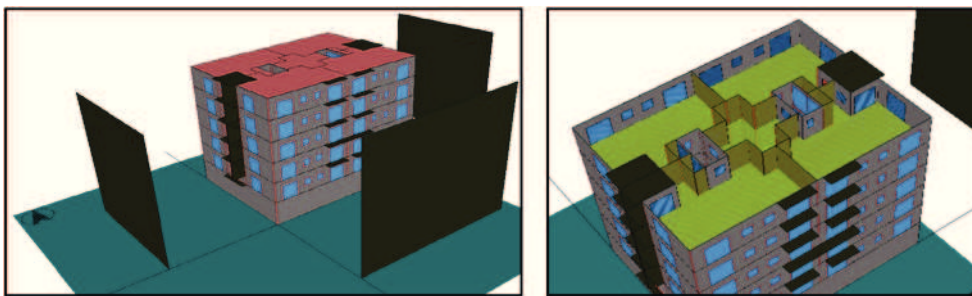
S'han definit com a sistemes que compleixen amb aquestes característiques, en el cas de la producció d'ACS i calefacció un sistema mixt individual amb una caldera de condensació de rendiment nominal 92% i s'ha suposat que l'edifici compleix amb l'exigència de cobertura solar més restrictiva de la normativa que li correspon que en aquest cas es la de l'Ordenança Solar de Barcelona que estableix un mínim d'aportació solar del 60%.

Per al servei de refrigeració s'ha suposat un sistema també individual per habitatge tipus Split elèctric amb un rendiment de 200%.

Donades les característiques de la modelització dels sistemes que permet l'eina de simulació HULC, quan es consideren els sistemes mixts d'ACS i calefacció a partir de caldera de condensació, s'assumeix l'ús d'emissors tipus radiadors d'aigua calenta en els habitatges i quan es tracta de sistemes individuals de fred o combinats de calefacció i refrigeració tipus bomba de calor s'assumeix que els emissors són reixetes amb un cabal aproximat a les necessitats d'un habitatge.

En les següents fitxes es resumeixen les característiques definides per a cadascuna d'aquestes tipologies que es considerarà el "Model Base" per a cada cas. A l'annex 1 es detalla la informació corresponent.

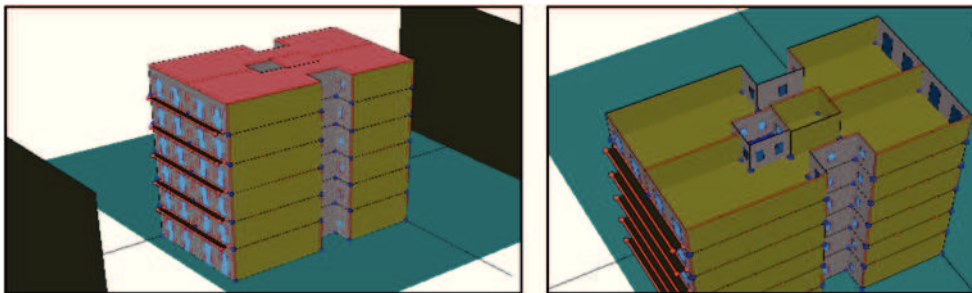
Edifici Plurifamiliar Aïllat de Pb (locals) + 5



Característiques Generals	Localització			Orientació principal				
	Zona Climàtica C2			Aïllat				
	Superfície total: 1750 m ²							
Geometria de l'Edifici	Ample x Llarg x Alçada (m)		Nombre de Plantes	Rati de Superfície / Volum		Rati finestres / l'envoltant % (N/S/E/W)		
	23 x 17 x 18,5		PB + 5	0,37		34	34	23
Guany Interns	Perfil de l'Edifici Guany Tèrmics (W/m ²)							
	Ocupació sensible		Ocupació latent		Il·luminació		Equipament	
	2,15		1,36		1,32		1,32	
Elements de l'Edifici	Transmitància Tèrmica (W/m ² k)							
	Murs (W/m ² k)	Coberta (W/m ² k)	Forjats (W/m ² k)	Finestres (W/m ² k)	Factor Solar del vidre (g)	Factor Solar del vidre (g) + Ombreig	Infiltració n50 (l/h)	
	0,29	0,29	1,34	2,12	0,56-0,62	Segons Orientació	3,81	
Sistemes de l'Edifici	Ventilació		Sistema de calefacció	Sistema de refrigeració	Sistema ACS	Cobertura Solar		
	Hivern 0,63 ren/h	Estiu + 4 ren/h	Sis. Gas natural - Rend 0,92	Electric amb Rend 2	Sis. Gas - Rend 0,92	Segons Ordenança AEB 60%		
Temperatures de consigna - Horaris de l'Edifici								
Temperatures de Consigna Baixa				Temperatures de Consigna Alta				
Horari de Funcionament	1 a 7 (hores)	8 a 23 (hores)	24 (hores)	Horari de Funcionament	1 a 7 (hores)	8 a 23 (hores)	24 (hores)	
Gener-Maig	17°	20°	17°	Gener-Maig	-	-	-	
Juny-Setembre	-	-	-	Juny-Setembre	27°	25°	27°	
Octubre-Desembre	17°	20°	17°	Octubre-Desembre	-	-	-	

Fitxa resum de les característiques principals dels models simulats a la tipologia edifici Plurifamiliar Aïllat de Pb (locals) + 5.

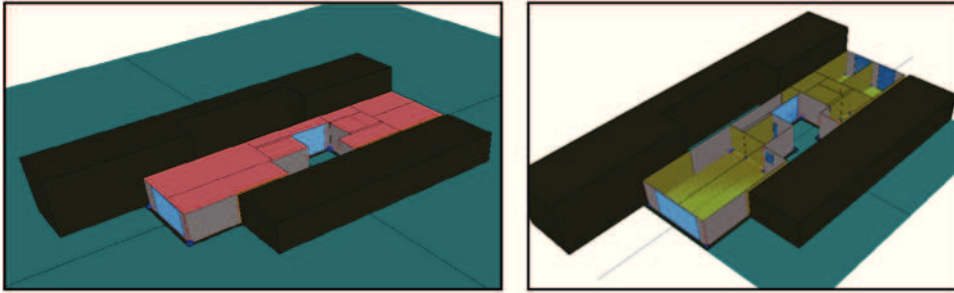
Edifici Plurifamiliar entre Mitgeres de Pb (locals) + 5



Característiques Generals	Localització			Orientació principal			
	Zona Climàtica C2			Entre Mitgeres			
	Superfície total: 1.355 m ²						
Geometria de l'Edifici	Ample x Llarg x Alçada (m)		Nombre de Plantes	Rati de Superfície / Volum		Rati finestres / l'envoltant % (N/S/E/W)	
	13 x 23 x 22		PB + 5	0,28		24	24
Guany Interns	Perfil de l'Edifici Guany Tèrmics (W/m ²)						
	Ocupació sensible		Ocupació latent		Il·luminació		Equipament
	2,15		1,36		1,32		1,32
Elements de l'Edifici	Transmitància Tèrmica (W/m ² k)						
	Murs (W/m ² k)	Coberta (W/m ² k)	Forjats (W/m ² k)	Finestres (W/m ² k)	Factor Solar del vidre (g)	Factor Solar del vidre (g) + Ombreig	Infiltració n50 (1/h)
	0,29	0,29	1,34	2,12	0,56-0,62	Segons Orientació	3,81
Sistemes de l'Edifici	Ventilació		Sistema de calefacció	Sistema de refrigeració	Sistema ACS	Cobertura Solar	
	Hivern 0,63 ren/h	Estiu + 4 ren/h	Sis. Gas natural - Rend 0,92	Electric amb Rend 2	Sis. Gas - Rend 0,92	Segons Ordenança AEB 60%	
Temperatures de consigna - Horaris de l'Edifici							
Horari de Funcionament	Temperatures de Consigna Baixa			Temperatures de Consigna Alta			
	1 a 7 (hores)	8 a 23 (hores)	24 (hores)	Horari de Funcionament	1 a 7 (hores)	8 a 23 (hores)	24 (hores)
Gener - Maig	17°	20°	17°	Gener - Maig	-	-	-
Juny-Setembre	-	-	-	Juny-Setembre	27°	25°	27°
Octubre-Desembre	17°	20°	17°	Octubre-Desembre	-	-	-

Fitxa resum de les característiques principals dels models simulats a la tipologia edifici Plurifamiliar entre Mitgeres de Pb (locals) + 5.

Habitatge en Remunta



Característiques Generals	Localització			Orientació principal				
	Zona Climàtica C2			Entre Mitgeres				
	Superfície total: 91,24 m ²							
Geometria de l'Edifici	Ample x Llarg x Alçada (m)		Nombre de Plantes	Rati de Superfície / Volum		Rati finestres / l'envoltant % (N/S/E/W)		
	5,9 x 21 x 3,8		P Tipus	0,26		43	43	-
Guany Interns	Perfil de l'Edifici Guany Tèrmics (W/m ²)							
	Ocupació sensible		Ocupació latent		Il·luminació		Equipament	
	2,15		1,36		1,32		1,32	
Elements de l'Edifici	Transmitància Tèrmica (W/m ² k)							
	Murs (W/m ² k)	Coberta (W/m ² k)	Forjats (W/m ² k)	Finestres (W/m ² k)	Factor Solar del vidre (g)	Factor Solar del vidre (g) + Ombreig	Infiltració n50 (1/h)	
	0,33	0,29	1,34	2,04	0,56-0,62	Segons Orientació	3,81	
Sistemes de l'Edifici	Ventilació		Sistema de calefacció	Sistema de refrigeració	Sistema ACS	Cobertura Solar		
	Hivern 0,63 ren/h	Estiu + 4 ren/h	Sis. Gas natural - Rend 0,92	Electric amb Rend 2	Sis. Gas - Rend 0,92	Segons Ordenança AEB 60%		
Temperatures de consigna - Horaris de l'Edifici								
Horari de Funcionament	Temperatures de Consigna Baixa			Temperatures de Consigna Alta				
	1 a 7 (hores)	8 a 23 (hores)	24 (hores)	Horari de Funcionament	1 a 7 (hores)	8 a 23 (hores)	24 (hores)	
Gener - Maig	17°	20°	17°	Gener - Maig	-	-	-	
Juny-Setembre	-	-	-	Juny-Setembre	27°	25°	27°	
Octubre-Desembre	17°	20°	17°	Octubre-Desembre	-	-	-	

Fitxa resum de les característiques principals dels models simulats a la tipologia Habitatge en Remunta.

4. Anàlisi dels criteris energètics a les normatives existents i futures

4.1. Anàlisi dels criteris a les normatives d'àmbit estatal i autonòmic

S'han estudiat les diferents exigències normatives que haurien de complir els edificis objecte d'estudi en funció de la seva tipologia. L'anàlisi detallat de cadascuna de les normatives estudiades i la seva exigència s'explica en l'Annex 2 d'aquest document.

S'analitzen les exigències mínimes de la següent normativa:

- **Código Técnico de la Edificación - CTE**

DB HE Document d'energia: D'aquest document s'han analitzat les exigències parcials de demanda límit de calefacció i refrigeració del document HE1, les exigències de cobertura solar mínima per ACS del document HE4 i les exigències de consum límit d'energia primària no renovable del document HE0.

DB HS Document de Salubritat: D'aquest document s'han estudiat les exigències mínimes de renovació d'aire que es defineixen en el document HS3 de Qualitat de l'Aire interior.

- **Títol 8, sobre energia solar, de l'Ordenança de Medi Ambient de Barcelona (OMA)**

S'ha calculat la cobertura solar que li correspon a cadascuna de les tipologies.

- **Decret d'Ecoeficiència Generalitat de Catalunya**

S'han estudiat les exigències associades a la demanda energètica (transmitàncies d'elements de l'envoltant), i cobertura solar per ACS.

A partir de l'anàlisi realitzat a continuació es presenta la síntesi de les exigències més restrictives i els resultats de compliment que s'esperaria en el cas de limitar-se a complir els mínims de cada normativa.

Tipologia	CTE: Docs HE0, HE1, HE3				Ordenança AEB Contrib Solar ACS	Certificació Energètica	
	Demanda Calef kWh/m ² a	Demanda Refrig kWh/m ² a	Consum EP _{nr} kWh/m ² a	HS3 ren/h		Classe EP _{nr}	Classe kgCO ₂
Bloque de Viviendas	20,57	15,00	50,86	0,63	60%	C	B
Bloque entre Medianeras	20,78	15,00	51,16	0,63	60%	C	B
Remonta	30,96	15,00	66,44	0,63	60%	C	C

Tal com es comenta a L'annex 1, a partir dels valors que s'observen en la taula anterior, es pot concloure que un bloc d'habitatge, ja sigui aïllat o entre mitgeres, que es limiti a complir amb els mínims de demanda exigits per CTE HE1, que compleixi amb la cobertura solar de l'Ordenança de Barcelona i que cobreixi aquestes demandes amb sistemes de referència com els que estableix el propi CTE, s'esperaria que obtingui una qualificació energètica B per a l'indicador d'emissions de CO₂, qualificació C per a l'indicador d'energia primària no renovable i indicadors parcials de demanda energètica Classe C i D per a les demandes de calefacció i refrigeració respectivament. Per a la tipologia de remunta, els resultats esperats són els mateixos excepte per a l'indicador global d'emissions de CO₂ que s'esperaria una classe C.

4.2. Criteris de futur en eficiència energètica d'àmbit europeu

Com ja s'ha comentat, tot i que no hi ha una definició específica a l'àmbit estatal de l'abast i les exigències específiques dels edificis de consum gairebé nul nZEB, donada la proximitat de compliment d'aquesta exigència (2020 per tots els edificis d'obra nova i 2018 pels edificis públics), s'ha considerat oportú per a aquest treball, realitzar una comparativa respecte a l'estat de la qüestió de la transposició a nivell europeu del que fan altres països i les tendències dels principals indicadors associats a aquesta exigència futura.

La transposició d'aquesta exigència és controlada per les autoritats de la comissió europea que sol·licita informació periòdica als estats membres de la Unió europea sobre l'avenç en la transposició. En l'Annex 2 es presenta l'anàlisi realitzada al document "Nearly Zero Energy Buildings, Definitions across Europe" elaborat pel Building Performance Institute Europe (BPIE).

Aquest document resumeix l'estat de l'art (a l'abril 2015) dels diferents enfocaments i indicadors utilitzats pels Estats Membres (i Noruega) per a la definició dels edificis de consum gairebé nul (nZEB) de nova planta i existents. Assenyala la relació entre aquesta definició i la seva implementació gradual i promoció al mercat. El document es basa en els resultats del projecte EPISCOPE finançat per la UE. Les principals conclusions del document són:

- En la majoria de països, s'ha escollit l'Energia Primària no renovable EP_{nr} com a principal indicador.
- Per a edificis residencials, l'objectiu de la majoria de les regulacions és un consum de EP no major de 50 kWh/m² any. Sovint, s'estableixen diferències respecte a edificis unifamiliars.
- A Espanya es pren com a referència del concepte nZEB la classe A de certificació Energètica.
- El document de referència a nivell estatal és el RD 235/2013 que regula la certificació energètica d'edificis.
- Per a edificis no residencials, les exigències poden tenir un ventall més ampli al mateix país en funció del tipus d'edifici. En general, pel què fa a la diferent metodologia de càlcul, les condicions climàtiques i la tipologia d'edificis, el ventall de límit màxim de consum d'energia primària per a edificis no residencials a Europa s'estableix de moment entre 0 i 270 kWh/m² any.

Pel què fa als procediments de càlcul, la justificació d'exigències, el control i seguiment en l'aplicació futura d'aquest estàndard, la Norma EN 15603 (actualment en revisió) s'encarregarà de regular com es farà el balanç energètic que permeti concretar la definició de nZEB en tota Europa, per la qual cosa cada país haurà de concretar una sèrie de respostes a preguntes que aquest document planteja sobre temes específics com: Límits de la producció energètica (On-site, Nearby, distant), zonificació dels edificis, usos a considerar, etc.

5. Simulacions i resultats obtinguts

5.1. Escenaris simulats

S'ha realitzat la següent seqüència de simulació de cadascuna de les tipologies que ens ha permet obtenir els resultats que posteriorment s'analitzen:

Pas 1. Obtenció del model "Base" de cada tipologia

Es tracta d'obtenir les característiques de l'edifici, en termes de qualitats constructives, que li permetrien obtenir el compliment mínim normatiu del CTE HE1. Es verifica el compliment dels valors de demanda per a calefacció i refrigeració i la seva comparació respecte als valors límit definits en el CTE HE1. Els resultats que s'obtenen són els següents:

Característiques	Cas Base (Mínim CTE)	
	W/m ² K	Valors
Mur exterior	0,29	12,0
Coberta	0,29	12,0
Forjats / Locals Comercials	0,54	6,0
Obertures (Vidres)	2,10	BE 4/9/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/PVC
Transmitància Obertures	2,12	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m ³ /hm ²	
Ventilació de l'edifici	0,63 rev/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m ² any)	Calef.	Refrig.
	20,04	8,18
Límits CTE (kWh/m ² any)	20,57	15,00

Característiques dels elements constructius

Demandes límits CTE HE1

Resultats obtinguts a partir del Pas 1. Edifici "Base".

Pas 2. Definició de sistemes i obtenció de la qualificació energètica

Aquests resultats permeten conèixer el compliment del CTE HE0 en termes de consum d'energia primària no renovable EP_{nr}, així com la qualificació energètica que permet conèixer la Classe energètica de l'edifici per als següents indicadors:

- Classe de demanda de calefacció
- Classe de demanda de refrigeració
- Classe d'energia primària no Renovable
- Classe d'emissions de CO₂

Totes aquestes classes energètiques estan referides a l'Escala de certificació Energètica², expressada en lletres de la A (més eficient) a la G (menys eficient), que li correspon a cada cas en funció de la tipologia edificatòria, el clima i la superfície dels edificis.

Característiques	Cas Base (Mínim CTE)	
	W/m²K	Valors
Mur exterior	0,29	12,0
Coberta	0,29	12,0
Forjats / Locals Comercials	0,54	6,0
Obertures (Vidres)	2,10	BE 4/9/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/PVC
Transmitància Obertures	2,12	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²	
Ventilació de l'edifici	0,63 rev/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m² any)	Calef.	Refrig.
	20,04	8,18
Límits CTE (kWh/m² any)	20,57	15,00
EP _{nr} HEO (kWh/m² any)	45,00	
Límits HEO EP _{nr} (kWh/m² any)	47,00	
Classe demanda CEE	Calef.	Refrig.
	C	D
Qualificació energètica CEE	EP _{nr}	CO ₂
	C	B

Indicadors HEO

Indicadors certificació Energètica

Resultats obtinguts a partir del Pas 2.

Una vegada obtinguts aquest resultat, es simulen diferents escenaris a partir del cas "Base" sobre el que es modifiquen o be les característiques de l'envoltant o dels sistemes energètics que cobreixen les demandes. La comparativa de les diferents opcions simulades es podrà comparar amb l'escenari Base a partir de taules com la que es presenta com a exemple a continuació.

2. L'Escala de la certificació s'explica en detall al Document: I.D.A.E. Calificación de la eficiencia energética de los edificios versión 1.1/noviembre 2015.

Característiques	Tipologia									
	Cas Base (Mínim CTE)		Opció 1		Opció 2		Opció 3		Opció 4	
	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors
Mur exterior	0,29	12,0	0,40	15,0	0,29	12,0	0,29	12,0	0,20	18,0
Coberta	0,29	12,0	0,29	12,0	0,29	12,0	0,26	12,0	0,29	12,0
Forjats / Locals Comercials	0,54	6,0	0,54	6,0	0,60	8,0	0,54	6,0	0,54	6,0
Obertures (Vidres)	2,10	BE 4/9/4	2,10	BE 4/9/4	2,10	BE 4/16/6	2,10	BE 4/9/4	2,10	BE 4/9/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/PVC	2,20	Fusta/PVC	2,50	Metal	2,20	Fusta/PVC	2,20	Fusta/PVC
Transmitància Obertures	2,12		2,12		2,12		3,50		2,12	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²		C4 = 3 m³/hm²	
Ventilació de l'edifici	0,63 rev/h		0,5 ren/h		0,63 rev/h		0,63 rev/h		0,5 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots		No resultats		Amb PT		Eliminats tots		Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m² any)	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
	20,04	8,18	29,45	8,29	20,04	8,18	20,04	8,18	20,04	8,18
Límits CTE (kWh/m² any)	20,57	15,00	20,57	15,00	20,57	15,00	20,57	15,00	20,57	15,00
EP _{nr} HEO (kWh/m² any)	45,00		45,00		35,00		32,00		30,00	
Límits HEO EP _{nr} (kWh/m² any)	47,00		47,00		47,00		47,00		47,00	
Classe demanda CEE	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
	C	D	C	D	C	D	C	D	A	D
	97,42%	54,53%	143,17%	55,27%	97,42%	54,53%	97,42%	54,53%	97,42%	54,53%
Qualificació energètica CEE	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂
	C	B	A	C	A	B	A	A	B	B

Comparativa de resultats de les diferents opcions simulades sobre el cas "Base".

Sobre la taula resum, per a cadascuna de les opcions que es simulen, es podrà identificar en color vermell i negreta, les qualitats constructives o els paràmetres de simulació que s'hagin modificat.

5.2. Resultats Tipologia 1: Bloc d'habitatges

En primer lloc s'ha definit el model "Base" a partir d'unes característiques constructives que li permeten complir amb la demanda energètica límit definida en el CTE HE1 per a aquesta tipologia:

Característiques	Cas Base (Mínim CTE)	
	W/m²K	Valors
Mur exterior	0,29	12,0
Coberta	0,29	12,0
Forjats / Locals	0,54	6,0
Obertures (Vidres)	2,10	BE 4/9/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	2,12	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m² any)	Calef.	Refrig.
	20,04	8,18
Límits CTE (kWh/m² any)	20,57	15,00

El model que compleix amb aquesta condició tindria les següents característiques: 12 cm d'aïllament incorporat en els elements de façana i coberta, balconeres i finestres amb vidres de baixa emissivitat i cambra d'aire de 9 mm, marcs de balconeres i finestres de fusta o PVC per evitar el Pont tèrmic.

Les fusteries haurien de tenir una baixa permeabilitat a l'aire (Classe 3). S'ha considerat la taxa de ventilació de 0,63 ren/h que compleix amb les exigències de CTE HS3.

Amb aquestes característiques aconseguim, en el cas de la demanda de calefacció, el compliment normatiu de forma ajustada (2% millor) i per a la demanda de refrigeració té una reducció significativa respecte a la demanda límit (46%).

Característiques	Cas Base (Mínim CTE)	
	W/m²K	Valors
Mur exterior	0,29	12,0
Coberta	0,29	12,0
Forjats / Locals Comercials	0,54	6,0
Obertures (Vidres)	2,10	BE 4/9/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	2,12	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m² any)	Calef.	Refrig.
	20,04	8,18
Límits CTE (kWh/m² any)	20,57	15,00
	EP _{nr} HEO (kWh/m² any)	
47,40		
Límits HEO EP _{nr} (kWh/m² any)		
50,86		
Classe demanda CEE	Calef.	Refrig.
	C	D
Qualificació energètica CEE	EP _{nr}	CO ₂
	C	B

Una vegada definits els sistemes de climatització i ACS, que com ja s'ha esmentat es limiten a complir amb les característiques dels sistemes de referència del CTE, s'obtenen la resta de resultats i indicadors tant del CTE-HEO com de la certificació energètica.

Aquest model es pot observar que en termes d'energia primària no renovable compleix amb l'exigència de no superar el límit establert per CTE HEO encara que de forma ajustada.

En termes de certificació energètica s'obté una classe C en l'indicador d'energia primària no renovable i una B en emissions de CO₂, amb indicadors parcials de demanda de calefacció i refrigeració classe C i D respectivament.

A continuació es simulen els següents escenaris com a opcions o variants que permetin validar els resultats de classe energètica sobre el mateix model "Base":

Opció 1: Model Base amb ponts tèrmics

S'ha volgut comprovar la incidència de la qualitat constructiva de l'edifici relacionada amb la solució o eliminació dels ponts tèrmics associats a les trobades entre els diferents elements de l'envoltant: Forjats i façanes, Façanes i cobertes, Pilars, Caixes de Persiana, etc.

En aquest escenari es pren el model base i es suposa que les solucions constructives no garanteixen la continuïtat de l'aïllament pel que es generarien aquestes debilitats en l'envoltant.

Opció 2: Model Base amb sistemes de referència millorats

El model "Base" s'ha simulat amb sistemes que s'ajusten a les característiques de referència definides en el CTE: producció de calor amb un sistema alimentat per Gas natural i Rendiment del 92% i producció de fred amb un sistema elèctric amb rendiment de 200%. Considerant que l'oferta tecnològica a disposició actualment, ofereix sistemes de prestacions millors per a tots dos serveis, sense incórrer en sobre costos significatius per al promotor (com es comentarà en detall posteriorment), es proposa en aquest escenari que la producció d'ACS (de suport a l'aportació solar del 60%) i la calefacció, s'atenguin amb un sistema mixt individual per habitatge, en el qual la producció la faci una caldera de Gas natural amb un rendiment de 106% que es correspondria amb una caldera de condensació de bones prestacions que ofereix el mercat.

Per al Servei de refrigeració se simula un equip equivalent a un sistema de compressió elèctric amb un rendiment (EER) nominal del 250%, també a l'abast en el mercat sense grans sobre costos.

Opció 3: Model Base amb sistemes òptims

En aquest escenari es vol simular la incidència d'atendre els serveis de calefacció, refrigeració i ACS amb sistemes d'elevades prestacions en termes d'eficiència energètica. Per a això s'ha suposat que la calefacció i refrigeració s'atenen de forma conjunta amb un sistema individual per habitatge, a partir d'una Bomba de Calor de rendiment nominal (COP, EER) 350% per a ambdós serveis³. També es considera que es mantindria l'aportació solar del 60% i que el sistema de suport a l'ACS seria una caldera de condensació de rendiment 106%.

Els resultats obtinguts en cadascuna d'aquestes opcions simulades i la seva comparació respecte a l'escenari "Base", es poden observar en la següent taula:

3. Tot i que existeixen sistemes com els d'Aerotèrmia que poden aconseguir valors de COP i/o EER millors, associats a marques i equips específics, s'ha optat per aquesta consideració que suposa un escenari intermedi a partir de les tecnologies disponibles.

Característiques	Cas Plurifamiliar Aïllat							
	Cas Base (Mínim CTE)		Cas Base (Mínim CTE - Amb PT)		Cas Base (Mínim CTE) Sist. Op. 1		Cas Base (Mínim CTE) Sist. Op. 2	
	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors
Mur exterior	0,29	12,0	0,29	12,0	0,29	12,0	0,29	12,0
Coberta	0,29	12,0	0,29	12,0	0,29	12,0	0,29	12,0
Forjats / Locals Comercials	0,54	6,0	0,54	6,0	0,54	6,0	0,54	6,0
Obertures (Vidres)	2,10	BE 4/9/4	2,10	BE 4/9/4	2,10	BE 4/9/4	2,10	BE 4/9/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	2,12		2,12		2,12		2,12	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h		0,63 ren/h		0,63 ren/h		0,63 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots		No resultats		Eliminats tots		Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m² any)	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
	20,04	8,18	29,45	8,29	20,04	8,18	20,04	8,18
Límits CTE (kWh/m² any)	20,57	15,00	20,57	15,00	20,57	15,00	20,57	15,00
EP _{nr} HEO (kWh/m² any)	47,40		56,10		41,50		39,50	
Límits HEO EP _{nr} (kWh/m² any)	50,86		50,86		50,86		50,86	
Classe demanda CEE	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
	C	D	C	D	C	D	C	D
Qualificació energètica CEE	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂
	C	B	C	C	B	B	B	B

Resultats obtinguts per a la Tipologia de Bloc d'Habitatges aïllat a partir de l'escenari "Base".

A partir dels resultats que es presenten en la taula anterior, es plantegen els següents comentaris i conclusions preliminars:

- Excepte en l'opció que suposa una disminució de qualitat en l'envoltant en permetre l'existència de ponts tèrmics, la resta d'opcions simulades parteixen de la mateixa qualitat constructiva i per tant de la mateixa demanda de calefacció i refrigeració a cobrir. Les classes de demanda energètica obtingudes (lletres C i D respectivament) no varien en cap dels casos simulats.
- És important destacar que si la qualitat constructiva no es garanteix en termes de ponts tèrmics, per al cas de la demanda de major incidència com és la de calefacció, es produeix un empitjorament significatiu (47%) respecte a l'escenari "Base" addicionalment li impediria complir amb la demanda límit del CTE HE1.
- El valor de EP_{nr} que dona compliment a l'exigència del CTE HEO, també serveix de referència per situar-se en l'horitzó futur dels nZEB. Aquest indicador es redueix en els escenaris de "Sist. Opt. 1" en un 18% i en l'escenari "Sist. Opt. 2" en un 22%.
- Respecte als indicadors de la certificació energètica, considerant que l'edifici "Base" ja obté una Classe B en l'indicador d'emissions totals de CO₂, l'única variació que aporten les opcions de sistemes millorats 1 i 2 és que aconseguen la Classe B també en l'indicador d'energia primària no renovable EP_n.

A partir de l'escenari Base es proposa crear un segon escenari de referència a partir d'un model que permeti que l'edifici obtingui una millora en el principal indicador de demanda com és el de demanda de calefacció que en l'escenari base es situa en una Classe C.

Aquest nou escenari de referència “Model Classe B en demanda de calefacció” es planteja considerant que és aquesta demanda, la de calefacció, la de major pes en el global de l’edifici i que l’exigència normativa futura imminent com és el nZEB precisament parteix d’una necessitat gairebé nul·la d’energia (Demanda gairebé nul·la).

A continuació s’expliquen les característiques que permeten a l’edifici situar-se en aquest escenari i sobre el mateix es faran les simulacions d’opcions iguals a les realitzades sobre el model “Base”.

5.2.1. Resultats “Model Classe B en demanda de calefacció”

Igual que en el model “Base” en primer lloc s’identifiquen les característiques constructives que li permeten complir amb la condició de demanda de calefacció Classe B per aquesta tipologia:

Característiques	Classe B	
	W/m²K	Valors
Mur exterior	0,27	13,0
Coberta	0,29	12,0
Forjats / Locals Comercials	0,54	6,0
Obertures (Vidres)	1,80	BE 4/15/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	1,89	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m² any)	Calef.	Refrig.
	17,45	8,60
Límits CTE (kWh/m² any)	20,57	15,00

El model que compleix amb aquesta condició tindria les següents característiques: 13 cm d’aïllament incorporat en els elements de façana, manté els 12 cm a coberta, Balconeres i finestres amb vidres de baixa emissivitat i cambra d’aire de 15 mm, marcs de balconeres i finestres de fusta o PVC per evitar el Pont tèrmic amb una transmitància total de l’obertura de 1,89 W/m²K.

La resta de característiques es mantenen respecte del model “Base” pel què fa a la permeabilitat i la taxa de ventilació de 0,63 ren/h.

Amb aquestes característiques s’aconsegueix que la demanda de calefacció sigui un 3% per sota del límit de Classe B (17,90 kWh/m²·a). La demanda de refrigeració augmenta lleugerament (5%) respecte de l’escenari “Base”.

Característiques	Classe B	
	W/m²K	Valors
Mur exterior	0,27	13,0
Coberta	0,29	12,0
Forjats / Locals Comercials	0,54	6,0
Obertures (Vidres)	1,80	BE 4/15/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	1,89	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m² any)	Calef.	Refrig.
	17,45	8,60
Límits CTE (kWh/m² any)	20,57	15,00
EP _m HEO (kWh/m² any)	45,30	
Límits HEO EP _m (kWh/m² any)	50,86	
Classe demanda CEE	Calef.	Refrig.
	B	D
Qualificació energètica CEE	EP _m	CO ₂
	C	B

Incorporant els mateixos sistemes de climatització i ACS, de referència del CTE, s'obtenen la resta de resultats i indicadors tant del CTE-HEO com de la certificació energètica.

Aquest model es pot observar que en termes d'energia primària no renovable compleix amb escreix l'exigència de no superar el límit establert per CTE HEO reduint-lo gairebé un 11%.

En termes de certificació energètica manté els mateixos resultats que el cas "Base" es a dir, una classe C en l'indicador d'energia primària, tot i que es situa més a prop de millorar de classe i una B en emissions de CO₂. Sobre aquest model es simulen els escenaris que s'expliquen a continuació.

A diferència del model "Base", en aquest cas no s'ha considerat necessari tornar a provar la presència de ponts tèrmics en conèixer-se ja la seva repercussió sobre el global.

S'ha simulat l'efecte d'una reducció de la taxa de ventilació un 25% (a 0,5 ren/h) per efecte de l'estanquitat assolida amb la qualitat constructiva, o bé per efecte d'una ventilació amb control higrotèrmic i agenda ajustada a la presència dels usuaris o bé per l'ús d'un recuperador de calor⁴. La resta d'escenaris simulats són els mateixos que en el cas "Base".

4. L'efecte d'un recuperador de calor podria ser més alt depenen de l'equip seleccionat i les seves condicions de funcionament. Com que aquesta es una incertesa difícil de resoldre, en aquest estudi es treballa amb la reducció del 25% de la taxa de ventilació com escenari "conservador". Es tracta d'una tecnologia el benefici global de la qual en instal·lacions residencials almenys en l'àmbit de Barcelona (mes enllà de la reducció de la demanda tèrmica, sinó quant a ús, gestió i manteniment), necessita encara ser aprofundit. L'eina HULC de justificació normativa no preveu la possibilitat de simular un recuperador de calor. Es pot reflectir el seu efecte actuant sobre les taxes de ventilació de l'edifici, però és una solució que, si no és correctament calculada, pot portar a models tèrmics poc creïbles.

Característiques	Classe B Plurifamiliar Aïllat							
	Classe B		Classe B Sist. Op. 1		Classe B Sist. Op. 2		Classe B Sist. Referència (RC)	
	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors
Mur exterior	0,27	13,0	0,27	13,0	0,27	13,0	0,27	13,0
Coberta	0,29	12,0	0,29	12,0	0,29	12,0	0,29	12,0
Forjats / Locals Comercials	0,54	6,0	0,54	6,0	0,54	6,0	0,54	6,0
Obertures (Vidres)	1,80	BE 4/15/4	1,80	BE 4/15/4	1,80	BE 4/15/4	1,80	BE 4/15/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	1,89		1,89		1,89		1,89	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h		0,63 ren/h		0,63 ren/h		0,5 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots		Eliminats tots		Eliminats tots		Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m² any)	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
	17,45	8,60	17,45	8,60	17,45	8,60	14,06	8,65
Límits CTE (kWh/m² any)	20,57	15,00	20,57	15,00	20,57	15,00	20,57	15,00
EP _{nr} HEO (kWh/m² any)	45,30		39,20		37,50		41,39	
Límits HEO EP _{nr} (kWh/m² any)	50,86		50,86		50,86		50,86	
Classe demanda CEE	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
	B	D	B	D	B	D	B	D
Qualificació energètica CEE	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂
	C	B	B	B	B	B	B	B

Resultats de les simulacions sobre l'escenari "Classe B en demanda de calefacció".

A partir dels resultats que es presenten a la taula anterior, es plantegen els següents comentaris i conclusions preliminars:

- Respecte de l'escenari "Base" les millors qualitats que permeten assolir l'objectiu de la Classe B en demanda de calefacció, amb independència del sobre cost econòmic que puguin suposar (que es comentarà més endavant en aquest document) són menors. Es necessitaria incrementar 1 cm en l'aïllament de façana passant de 12 a 13 cm i en el cas de les fusteries suposa reduir la transmissió tèrmica de 2,10 W/m²K a 1,90 W/m²K. La resta de característiques podrien mantenir-se iguals respecte a l'escenari que compleix amb els mínims normatius.
- Si bé l'escenari que aconsegueix la Classe B en demanda de calefacció no suposa variació en cap dels indicadors de la certificació energètica, ni els indicadors de EP_{nr} ni en CO₂, tampoc en els parcials de calefacció i refrigeració respecte de l'escenari "Base", però si apropa els valors de cada indicador de manera que amb qualsevol de les combinacions de millora en els sistemes energètics que es van provar a continuació l'edifici aconseguiria una classe B en els indicadors de certificació energètica.
- Pel que fa al valor de EP_{nr}, aquest indicador es redueix en els escenaris de "Sist. Opt. 1" en un 23 % i en l'escenari "Sist. Opt. 2" en un 26%. En l'escenari de reducció del cabal de ventilació, com que actua sobre els sistemes de referència el seu percentatge de reducció és molt similar a el "Sist. Opt. 1". Redueix un 22% el valor de EP_{nr}.

Finalment, a la vista de les característiques de l'edifici que li permeten aconseguir la classe B en demanda de calefacció, s'observa que pràcticament compleix amb les recomanacions de l'Apèndix I del CTE HE1 que suggereix unes qualitats constructives que podrien assegurar el compliment normatiu per la via prescriptiva.

E 2. Paràmetres característics de l'envoltant tèrmic

Tabla E.1. Transmissió de l'element [W/m²K]						
Transmissió de l'element [W/m²K]	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 : Transmissió tèrmica de murs de façana en contacte amb el terreny
 U_S : Transmissió tèrmica de terres (sostres en contacte amb l'aire exterior)
 U_C : Transmissió tèrmica de cobertes

Tabla E.2. Transmissió tèrmica d'obertures [W/m²K]							
Transmissió de l'element [W/m²K]		α	A	B	C	D	E
Captació solar	Alta	5,5-5,7	2,6-3,5	2,1-2,7	1,9-2,1	1,8-2,1	1,9-2,0
	Mitjana	5,1-5,7	2,3-3,1	1,8-2,3	1,6-2,0	1,6-1,8	1,6-1,7
	Baixa	4,7-5,7	1,8-2,6	1,4-2,0	1,2-1,6	1,2-1,4	1,2-1,3

Nota: Pel factor solar modificat es podrà prendre com a referència, per zones climàtiques amb estius tipus 4, un valor inferior a 0,57 en orientació sur/surest/suroest, i inferior a 0,55 en orientació est/oest.

Apèndix E CTE HE1 característiques dels elements de l'envoltant.

S'ha simulat el Cas "Base" amb els sistemes de referència del CTE i adoptant les característiques de l'Apèndix E CTE HE1 i a continuació es comparen els resultats obtinguts.

Característiques	Classe B		Apèndix E	
	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors
Mur exterior	0,27	13,0	0,27	13,0
Coberta	0,29	12,0	0,22	16,5
Forjats / Locals Comercials	0,54	6,0	0,54	6,0
Obertures (Vidres)	1,80	BE 4/15/4	1,80	BE 4/15/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT
Transmissió Obertures	1,89		1,89	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h		0,63 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots		Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m² any)	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
	17,45	8,60	17,03	8,61
Límits CTE (kWh/m² any)	20,57	15,00	20,57	15,00
	EP _{nr} HEO (kWh/m² any)		44,80	
Límits HEO EP _{nr} (kWh/m² any)		50,86		
Classe demanda CEE	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
	B	D	B	D
Qualificació energètica CEE	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂
	C	B	C	B

Comparativa de resultats Model "Classe B" i Model amb Valors del Apèndix E CTE HE1.

Tal com es pot observar els dos models obtenen resultats molt semblants en termes de Classe energètica per als diferents indicadors de certificació energètica.

Les mínimes variacions en les qualitats constructives (Valor en vermell en les cel·les) permeten concloure que el model que adopti els valors de l'Apèndix E assoliria l'objectiu de la Classe B en demanda de calefacció i per tant totes les possibles variacions sobre els sistemes energètics que suposin una millora respecte dels sistemes de referència del CTE li permetrien assolir la Classe B en tots els indicadors de certificació energètica.

5.3. Resultats Tipologia 2. Edifici entre mitgeres

En primer lloc s'ha definit el model "Base" a partir d'unes característiques constructives que li permeten complir amb la demanda energètica límit definida en el CTE HE1 per aquesta tipologia:

Característiques	Cas Base (Mínim CTE)	
	W/m²K	Valors
Mur exterior	0,29	12,0
Coberta	0,29	12,0
Forjats / Locals Comercials	0,54	6,0
Obertures (Vidres)	2,10	BE 4/9/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	2,12	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m² any)	Calef.	Refrig.
	19,73	5,31
Límits CTE (kWh/m² any)	20,74	15,00

El model que compleix amb aquesta condició tindria les mateixes característiques que a la tipologia de Bloc Aïllat, es a dir: 12 cm d'aïllament incorporat en els elements de façana i coberta, Balconeres i finestres amb cristalls de baixa emissivitat i cambra d'aire de 9 mm, marcs de balconeres i finestres de fusta o PVC per evitar el Pont tèrmic.

Les fusteries haurien de tenir una baixa permeabilitat a l'aire (Classe 3).

S'ha considerat la taxa de ventilació de 0,63 ren/h que compleix amb les exigències de CTE HS3.

Amb aquestes característiques aconseguim, en el cas de la demanda de calefacció, s'obté el compliment normatiu de forma ajustada (5% millor) i per a la demanda de refrigeració té una reducció significativa respecte a la demanda límit (65%).

Característiques	Cas Base (Minim CTE)	
	W/m²K	Valors
Mur exterior	0,29	12,0
Coberta	0,29	12,0
Forjats / Locals Comercials	0,54	6,0
Obertures (Vidres)	2,10	BE 4/9/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	2,12	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m² any)	Calef.	Refrig.
	19,73	5,31
Límits CTE (kWh/m² any)	20,74	15,00
EP _m HEO (kWh/m² any)	39,17	
Límits HEO EP _{nr} (kWh/m² any)	51,11	
Classe demanda CEE	Calef.	Refrig.
	C	C
Qualificació energètica CEE	EP _{nr}	CO ₂
	B	B

Una vegada definits els sistemes de climatització i ACS, que com s'ha esmentat ja es limiten a complir amb les característiques dels sistemes de referència del CTE, s'obtenen la resta de resultats i indicadors tant del CTE-HEO com de la certificació energètica.

Aquest model es pot observar que en termes d'energia primària no renovable compleix amb l'exigència de no superar el límit establert per CTE HEO encara que de forma ajustada.

En termes de certificació energètica s'obté una classe B als indicadors d'energia primària no renovable i emissions de CO₂, amb indicadors parcials de demanda de calefacció i refrigeració classe C.

A continuació se simulen els següents escenaris com a opcions o variants que permetin validar els resultats de classe energètica sobre el mateix model "Base":

Opció 1: Model Base amb ponts tèrmics

S'ha volgut comprovar la incidència de la qualitat constructiva de l'edifici relacionada amb la solució o eliminació dels ponts tèrmics associats a les trobades entre els diferents elements de l'envoltant: Forjats i façanes, Façanes i cobertes, Pilars, Caixes de Persiana, etc.

En aquest escenari es pren el model "Base" i se suposa que les solucions constructives no garanteixen la continuïtat de l'aïllament pel que es generarien aquestes debilitats en l'envoltant.

Opció 2: Model Base amb sistemes de referència millorats

El model "Base" s'ha simulat amb sistemes que s'ajusten a les característiques de referència definides en el CTE: producció de calor amb un sistema alimentat per Gas natural i Rendiment del 92% i producció de fred amb un sistema elèctric amb rendiment de 200%. Considerant que l'oferta tecnològica a disposició actualment permet obtenir amb facilitat sistemes de prestacions millors per a

tots dos serveis, sense incórrer en sobre costos significatius per al promotor (Com es comentarà en detall posteriorment).

Es proposa en aquest escenari que la producció d'ACS (de suport a l'aportació solar del 60%) i la calefacció, s'atenguin amb un sistema mixt individual per habitatge, en el qual la producció la faci una caldera de Gas natural amb un rendiment de 106% que es correspondria amb una caldera de condensació de bones prestacions que ofereix el mercat.

Per al Servei de refrigeració se simula un equip equivalent a un sistema de compressió elèctric amb un rendiment nominal del 250%, també a l'abast en el mercat sense grans sobre costos.

Opció 3: Model Base amb sistemes òptims

En aquest escenari es vol simular la incidència d'atendre els serveis de calefacció, refrigeració i ACS amb sistemes d'elevades prestacions en termes d'eficiència energètica. Per a això s'ha suposat que la calefacció i refrigeració s'atenen de forma conjunta amb un sistema individual per habitatge, a partir d'una Bomba de Calor de rendiment nominal (COP, EER) 350% per a ambdós serveis⁵. També es considera que es mantindria l'aportació solar del 60% i que el sistema de suport a l'ACS seria una caldera de condensació de rendiment 106%.

Els resultats obtinguts en cadascuna d'aquestes opcions simulades i la seva comparació respecte a l'escenari "Base", es poden observar en la següent taula:

Característiques	Cas Plurifamiliar entre Mitgeres							
	Cas Base (Mínim CTE)		Cas Base (Mínim CTE - Amb PT)		Cas Base (Mínim CTE) Sist. Op. 1		Cas Base (Mínim CTE) Sist. Op. 2	
	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors
Mur exterior	0,29	12,0	0,29	12,0	0,29	12,0	0,29	12,0
Coberta	0,29	12,0	0,29	12,0	0,29	12,0	0,29	12,0
Forjats / Locals Comercials	0,54	6,0	0,54	6,0	0,54	6,0	0,54	6,0
Obertures (Vidres)	2,10	BE 4/9/4	2,10	BE 4/9/4	2,10	BE 4/9/4	2,10	BE 4/9/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	2,12		2,12		2,12		2,12	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h		0,63 ren/h		0,63 ren/h		0,63 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots		No resolts		Eliminats tots		Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m² any)	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
	19,73	5,31	28,09	5,48	19,73	5,31	19,73	5,31
Límits CTE (kWh/m² any)	20,74	15,00	20,74	15,00	20,74	15,00	20,74	15,00
EP _{ir} HE0 (kWh/m² any)	39,17		47,17		33,95		29,29	
Límits HE0 EP _{ir} (kWh/m² any)	51,11		51,11		51,11		51,11	
Classe demanda CEE	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
	C	C	C	C	C	C	C	C
Qualificació energètica CEE	EP _{ir}	CO ₂	EP _{ir}	CO ₂	EP _{ir}	CO ₂	EP _{ir}	CO ₂
	B	B	C	B	B	B	B	A

Resultats obtinguts per a la Tipologia de Bloc d'Habitatges entre Mitgeres a partir de l'escenari "Base".

5. Tot i que existeixen sistemes com els de Aerotermia que poden aconseguir valors de COP i/o EER millors, associats a marques i equips específics, s'ha optat per aquesta consideració que suposa un escenari intermedi a partir de les tecnologies disponibles.

A partir dels resultats que es presenten en la taula anterior, es plantegen els següents comentaris i conclusions preliminars:

- Excepte en l'opció que suposa una disminució de qualitat en l'envoltant en permetre la existència de ponts tèrmics, la resta d'opcions simulades parteixen de la mateixa qualitat constructiva i per tant de la mateixa demanda de calefacció i refrigeració a cobrir. Les classes de demanda energètica obtingudes (lletres C) no varien en cap dels casos simulats.
- És important destacar que si la qualitat constructiva no es garanteix en termes de ponts tèrmics, per al cas de la demanda de major incidència com és la de calefacció, es produeix un empitjorament significatiu (42%) respecte a l'escenari "Base" addicionalment li impediria complir amb la demanda límit del CTE HE1.
- El valor de EP_{nr} que dona compliment a l'exigència del CTE HE0, també serveix de referència per situar-se en l'horitzó futur dels nZEB. Aquest indicador es redueix en els escenaris de "Sist. Opt. 1" en un 33 % i en l'escenari "Sist. Opt. 2" en un 42%.
- Respecte als indicadors de la certificació energètica, considerant que l'edifici "Base" ja obté una Classe B en l'indicador d'emissions totals de CO_2 , s'observa que amb sistemes d'elevades prestacions com els simulats a la opció "Sist. Opt. 2" s'assoliria una Classe A en el indicador de emissions de CO_2 .

De la mateixa manera que la tipologia anterior es proposa crear un segon escenari de referència a partir d'un model que permeti que l'edifici obtingui una millora en el principal indicador de demanda com és el de demanda de calefacció que en l'escenari basi se situa en una Classe C.

Aquest nou escenari de referència "Model Classe B en demanda de calefacció" es planteja considerant que és aquesta demanda, la de calefacció, la de major pes en el global de l'edifici i que l'exigència normativa futura imminent com és el nZEB precisament parteix d'una necessitat gairebé nul·la d'energia (Demanda gairebé nul·la).

A continuació s'expliquen les característiques que permeten a l'edifici situar-se en aquest escenari i sobre el mateix es faran les simulacions d'opcions iguals a les realitzades sobre el model "Base".

5.3.1. Resultats "Model Classe B en demanda de calefacció"

Igual que en el model "Base" en primer lloc s'identifiquen les característiques constructives que li permeten complir amb la condició de demanda de calefacció Classe B per aquesta tipologia:

Característiques	Classe B	
	W/m²K	Valors
Mur exterior	0,25	14,0
Coberta	0,29	12,0
Forjats / Locals Comercials	0,54	6,0
Obertures (Vidres)	1,80	BE 4/15/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	1,89	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m² any)	Calef.	Refrig.
	17,65	5,45
Límits CTE (kWh/m² any)	20,74	15,00

A diferència de la tipologia anterior, el model que compleix amb aquesta condició tindria les següents característiques: 14 cm d'aïllament incorporat en els elements de façana, es manté el mateix aïllament a cobert. Les balconeres i finestres milloren la seva qualitat amb cristalls de baixa emissivitat i cambra d'aire de 15 mm. Es mantenen els marcs de balconeres i finestres de fusta o amb trencament de pont tèrmic per evitar el Pont tèrmic amb una transmitància total de l'obertura de 1,89 W/m²K, així com la resta de característiques respecte del model "Base" pel que fa a la permeabilitat i la taxa de ventilació de 0,63 ren/h.

Amb aquestes característiques s'aconsegueix que la demanda de calefacció sigui un 1% per sota del límit de Classe B (17,90 kWh/m²·a). La demanda de refrigeració augmenta lleugerament (2%) respecte de l'escenari "Base".

Característiques	Classe B	
	W/m ² K	Valors
Mur exterior	0,25	14,0
Coberta	0,29	12,0
Forjats / Locals Comercials	0,54	6,0
Obertures (Vidres)	1,80	BE 4/15/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	1,89	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m ³ /hm ²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m ² any)	Calef.	Refrig.
	17,65	5,45
Límits CTE (kWh/m ² any)	20,74	15,00
	EP _{nr} HEO (kWh/m ² any)	
36,89		
Límits HEO EP _{nr} (kWh/m ² any)	51,11	
	Calef.	Refrig.
Classe demanda CEE	B	C
	EP _{nr}	CO ₂
Qualificació energètica CEE	B	B

Incorporant els mateixos sistemes de climatització i ACS, de referència del CTE, s'obtenen la resta de resultats i indicadors tant del CTE-HEO com de la certificació energètica.

Aquest model es pot observar que en termes d'energia primària no renovable compleix amb escriure l'exigència de no superar el límit establert per CTE HEO per sobre del 28%.

En termes de certificació energètica l'edifici pot arribar a la Classe B als dos indicadors de Certificació, energia primària no renovable EP_{nr} i emissions de CO₂.

Sobre aquest model es simulen els escenaris que s'expliquen a continuació.

També s'ha inclòs la simulació de l'efecte d'una reducció de la taxa de ventilació un 25% (a 0,5 ren/h) per efecte de l'estanquitat assolida amb la qualitat constructiva, o bé per efecte d'una ventilació amb control higrotèrmic i agenda ajustada a la presència dels usuaris o bé per l'ús d'un recuperador de calor⁶. La resta d'escenaris simulats són els mateixos que el cas "Base".

Característiques	Classe B Plurifamiliar entre Mitgeres							
	Classe B		Classe B Sist. Op. 1		Classe B Sist. Op. 2		Classe B Sist. Referència (RC)	
	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors
Mur exterior	0,25	14,0	0,25	14,0	0,25	14,0	0,25	14,0
Coberta	0,29	12,0	0,22	16,5	0,22	16,5	0,22	16,5
Forjats / Locals Comercials	0,54	6,0	0,54	6,0	0,54	6,0	0,54	6,0
Obertures (Vidres)	1,80	BE 4/15/4	1,80	BE 4/15/4	1,80	BE 4/15/4	1,80	BE 4/15/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	1,89		1,89		1,89		1,89	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h		0,63 ren/h		0,63 ren/h		0,5 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots		Eliminats tots		Eliminats tots		Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m² any)	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
	17,65	5,45	17,65	5,45	17,65	5,45	13,24	5,45
Límits CTE (kWh/m² any)	20,74	15,00	20,74	15,00	20,74	15,00	20,74	15,00
EP _{nr} HE0 (kWh/m² any)	36,89		31,95		27,93		31,70	
Límits HE0 EP _{nr} (kWh/m² any)	51,11		51,11		51,11		51,11	
Classe demanda CEE	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
	B	C	B	C	B	C	B	C
Qualificació energètica CEE	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂
	B	B	B	B	B	A	B	B

Resultats de les simulacions sobre l'escenari "Classe B en demanda de calefacció" Bloc entre mitgeres.

A partir dels resultats que es presenten en la taula anterior, es plantegen els següents comentaris i conclusions preliminars:

- Respecte de l'escenari "Base" d'aquesta tipologia, les millors qualitats que permeten assolir l'objectiu de la Classe B en demanda de calefacció, tot i que cal introduir més gruix d'aïllament, igualment com a la tipologia de Bloc aïllat, també són canvis menors. Es necessitaria incrementar 2 cm en l'aïllament de façana passant de 12 a 14 cm, a coberta de 12 cm a 16,5 cm i en el cas de les fusteries suposa reduir la transmitància tèrmica de 2,10 W/m²K a 1,80 W/m²K. La resta de característiques podrien mantenir-se iguals respecte a l'escenari que compleix amb els mínims normatius.
- Al mateix que l'escenari "Base" de mínims CTE, l'edifici obté la Classe B als indicadors de la certificació energètica. Addicionalment aquest escenari apropa els valors de cada indicador de manera que es viable assolir la Classe A amb alguna de les opcions de millora en sistemes que es simulen com el cas de l'opció "Sist. Op. 2".

6. L'efecte d'un recuperador de calor podria ser més elevat depenen de l'equip seleccionat i les seves condicions de funcionament. Com que aquesta es una incertesa difícil de resoldre, en aquest estudi es treballa amb la reducció del 25% de la taxa de ventilació com escenari "conservador".

- Pel que fa al valor de EP_{nr} , aquest indicador es redueix en els escenaris de “Sist. Opt. 1” en un 32% i en l’escenari “Sist. Opt. 2” un 38%. En l’escenari de reducció del cabal de ventilació, com que actua sobre els sistemes de referència el seu percentatge de reducció és molt similar a el “Sist. Opt. 1”. Redueix un 38% el valor de EP_{nr} . En ambdós casos el valor de EP_{nr} es situa al voltant dels 30 kWh/m²·a molt a prop de referents Europeus en aquest tema com Dinamarca, que fixa aquest mateix valor com a objectiu des de 2015, com a escenari de transició per arribar als 25 kWh/m²·a d’objectiu final al 2020.
- Es verifica també que en aquest cas, i pel que fa a la qualificació energètica per emissions de CO₂, és més avantatjós invertir en sistemes de millor eficiència que no en sistemes de reducció del cabal de ventilació pel que això pot suposar de forma complementària en termes de gestió dels usuaris i adaptació a la variabilitat d’un clima tan bonadós com el de Barcelona.
- Respecte als indicadors de la certificació energètica, es manté la tendència observada a l’edifici “Base” ja que s’obté una Classe B en l’indicador d’emissions totals de CO₂, s’observa que amb sistemes d’elevades prestacions com els simulats a la opció “Sist. Opt. 2” s’assoliria una Classe A en el indicador de emissions de CO₂.

Finalment, es fa la mateixa comparativa respecte de les recomanacions de l’Apèndix E del CTE HE1 que suggereix qualitats constructives que podrien assegurar el compliment normatiu per la via prescriptiva. S’ha simulat el Cas “Base” amb els sistemes de referència del CTE i adoptant les característiques de l’Apèndix E CTE HE1 i a continuació es comparen els resultats obtinguts.

Característiques	Classe B		Apèndix E	
	W/m ² K	Valors	W/m ² K	Valors
Mur exterior	0,25	14,0	0,25	14,0
Coberta	0,29	12,0	0,22	16,5
Forjats / Locals Comercials	0,54	6,0	0,54	6,0
Obertures (Vidres)	1,80	BE 4/15/4	1,80	BE 4/15/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	1,89		1,89	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m ³ /hm ²		C3 = 9 m ³ /hm ²	
Ventilació de l’edifici	0,63 ren/h		0,63 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots		Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m ² any)	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
	17,65	5,45	17,05	5,48
Límits CTE (kWh/m ² any)	20,74	15,00	20,74	15,00
EP _{nr} HEO (kWh/m ² any)	36,89		36,22	
Límits HEO EP _{nr} (kWh/m ² any)	51,11		51,11	
Classe demanda CEE	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
	B	C	B	C
Qualificació energètica CEE	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂
	B	B	B	B

Comparativa de resultats Model “Classe B” i Model amb Valors del Apèndix E CTE HE1.

Tal com es pot observar els dos models obtenen resultats molt semblants en termes de Classe energètica per als diferents indicadors de certificació energètica.

La mínima variació a la qualitat constructiva (Valor en vermell en les cel·les) que es correspon amb l'augment de 4,5 cm d'aïllament a coberta, suposaria una variació mínima respecte del model que assoleix la Classe B. Amb aquesta consideració es podria concloure que el model que adopti els valors de l'Apèndix E, estaria en condicions d'assolir la Classe B en demanda de calefacció i per tant totes les possibles variacions sobre els sistemes energètics que suposin una millora respecte dels sistemes de referència del CTE li permetrien assolir la Classe B en tots els indicadors de certificació energètica.

5.4. Resultats Tipologia 3. Remunta

Es defineix el model "Base" a partir d'unes característiques constructives que li permeten complir amb la demanda energètica límit definida en el CTE HE1 per aquesta tipologia. Es importat aclarir, que els límits de demanda que estableix l'HE1 varien en funció de la superfície de l'edifici. En aquest cas en tractar-se de només un habitatge, el límit de compliment normatiu és menys exigent en termes de kWh/m²·a i la exigència de qualitat constructiva en conseqüència també és menor.

Característiques	Cas Base (Mínim CTE)	
	W/m ² K	Valors
Mur exterior	0,40	8,0
Coberta	0,38	9,0
Forjats / Resta Edifici	1,34	1,5
Obertures (Vidres)	2,10	BE 4/9/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	2,12	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m ³ /hm ²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m ² any)	Calef.	Refrig.
	30,77	7,22
Límits CTE (kWh/m ² any)	30,96	15,00

El model que compleix amb aquesta condició tindria les següents característiques: 8 cm d'aïllament incorporat en els elements de façana, 9 cm a coberta, Balconeres i finestres amb cristalls de baixa emissivitat i cambra d'aire de 9 mm, marcs de balconeres i finestres de fusta o PVC per evitar el Pont tèrmic.

Les fusteries haurien de tenir una baixa permeabilitat a l'aire (Classe 3). S'ha considerat la taxa de ventilació de 0,63 ren/h que compleix amb les exigències de CTE HS3.

Amb aquestes característiques aconseguim, en el cas de la demanda de calefacció, s'obté el compliment normatiu de forma ajustada (1% millor) i per a la demanda de refrigeració té una reducció significativa respecte a la demanda límit (52%).

Característiques	Cas Base (Mínim CTE)	
	W/m²K	Valors
Mur exterior	0,40	8,0
Coberta	0,38	9,0
Forjats / Resta Edifici	1,34	1,5
Obertures (Vidres)	2,10	BE 4/9/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	2,12	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m² any)	Calef.	Refrig.
	30,77	7,22
Límits CTE (kWh/m² any)	30,96	15,00
EP _{nr} HEO (kWh/m² any)	60,69	
Límits HEO EP _{nr} (kWh/m² any)	66,44	
Classe demanda CEE	Calef.	Refrig.
	C	D
Qualificació energètica CEE	EP _{nr}	CO ₂
	C	C

Una vegada definits els sistemes de climatització i ACS, que com s'ha esmentat ja es limiten a complir amb les característiques dels sistemes de referència del CTE, s'obtenen la resta de resultats i indicadors tant del CTE-HE0 com de la certificació energètica. També en aquest cas, els límits de EP_{nr} són menys exigents que a les altres tipologies.

Aquest model es pot observar que en termes d'energia primària no renovable compleix amb l'exigència de no superar el límit establert per CTE HE0 encara que de forma ajustada (-8,7%).

En termes de certificació energètica s'obté una classe C als indicadors d'energia primària no renovable i emissions de CO₂, amb indicadors parcials de demanda de calefacció i refrigeració classe C i D respectivament.

A continuació es simulen els següents escenaris com a opcions o variants que permetin validar els resultats de classe energètica sobre el mateix model "Base":

Opció 1: Model Base amb ponts tèrmics

S'ha volgut comprovar la incidència de la qualitat constructiva de l'edifici relacionada amb la solució o eliminació dels ponts tèrmics associats a les trobades entre els diferents elements de l'envoltant: Forjats i façanes, Façanes i cobertes, Pilars, Caixes de Persiana, etc.

En aquest escenari es pren el model base i se suposa que les solucions constructives no garanteixen la continuïtat de l'aïllament pel que es generarien aquestes debilitats en l'envoltant.

Opció 2: Model Base amb sistemes de referència millorats

El model "Base" s'ha simulat amb sistemes que s'ajusten a les característiques de referència definides en el CTE: producció de calor amb un sistema alimentat per Gas natural i Rendiment del 92%

i producció de fred amb un sistema elèctric amb rendiment de 200%. Considerant que l'oferta tecnològica a disposició actualment permet obtenir amb facilitat sistemes de prestacions millors per a tots dos serveis, sense incórrer en sobre costos significatius per al promotor (Com es comentarà en detall posteriorment). Es proposa en aquest escenari que la producció d'ACS (de suport a l'aportació solar del 60%) i la calefacció, s'atenguin amb un sistema mixt individual per habitatge, en el qual la producció la faci una caldera de Gas natural amb un rendiment de 106% que es correspondria amb una caldera de condensació de bones prestacions que ofereix el mercat.

Per al Servei de refrigeració se simula un equip equivalent a un sistema de compressió elèctric amb un rendiment nominal del 250%, també a l'abast en el mercat sense grans sobre costos.

Opció 3: Model Base amb sistemes òptims

En aquest escenari es vol simular la incidència d'atendre els serveis de calefacció, refrigeració i ACS amb sistemes d'elevades prestacions en termes d'eficiència energètica. Per a això s'ha suposat que la calefacció i refrigeració s'atenen de forma conjunta amb un sistema individual per habitatge, a partir d'una Bomba de Calor de rendiment nominal (COP, EER) 350% per a ambdós serveis⁷. També es considera que es mantindria l'aportació solar del 60% i que el sistema de suport a l'ACS seria una caldera de condensació de rendiment 106%.

Els resultats obtinguts en cadascuna d'aquestes opcions simulades i la seva comparació respecte a l'escenari base, es poden observar en la següent taula resum:

Característiques	Cas Remunta (Obra Nova)							
	Cas Base (Mínim CTE)		Cas Base (Mínim CTE - Amb PT)		Cas Base (Mínim CTE) Sist. Op. 1		Cas Base (Mínim CTE) Sist. Op. 2	
	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors
Mur exterior	0,40	8,0	0,40	8,0	0,40	8,0	0,40	8,0
Coberta	0,38	9,0	0,38	9,0	0,38	9,0	0,38	9,0
Forjats / Resta Edifici	1,34	1,5	1,34	1,5	1,34	1,5	1,34	1,5
Obertures (Vidres)	2,10	BE 4/9/4	2,10	BE 4/9/4	2,10	BE 4/9/4	2,10	BE 4/9/4
Obertures (Marcs)	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	2,12		2,12		2,12		2,12	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h		0,63 ren/h		0,63 ren/h		0,63 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots		No resultats		Eliminats tots		Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m² any)	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
	30,77	7,22	39,70	7,81	30,77	7,22	30,77	7,22
Límits CTE (kWh/m² any)	30,96	15,00	30,96	15,00	30,96	15,00	30,96	15,00
EP _{nr} HEO (kWh/m² any)	60,69		71,15		55,82		45,05	
Límits HEO EP _{nr} (kWh/m² any)	66,44		66,44		66,44		66,44	
Classe Demanda CEE	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
	C	D	D	D	C	D	C	D
Qualificació Energètica CEE	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂
	C	C	D	C	C	C	C	B

Resultats obtinguts per a la Tipologia de Remunta a partir de l'escenari "Base".

7. Tot i que existeixen sistemes com els de Aerotèrmia que poden aconseguir valors de COP i/o EER millors, associats a marques i equips específics, s'ha optat per aquesta consideració que suposa un escenari intermediari a partir de les tecnologies disponibles.

A partir dels resultats que es presenten en la taula anterior, es plantegen els següents comentaris i conclusions preliminars:

- Excepte en l'opció que suposa una disminució de qualitat en l'envoltant en permetre la existència de ponts tèrmics, la resta d'opcions simulades parteixen de la mateixa qualitat constructiva i per tant de la mateixa demanda de calefacció i refrigeració a cobrir. Les classes de demanda energètica obtingudes (lletres C i D) no varien en cap dels casos simulats.
- Al mateix que a les altres tipologies estudiades, val la pena destacar que si la qualitat constructiva no es garanteix en termes de ponts tèrmics, per al cas de la demanda de major incidència com és la de calefacció, es produeix un empitjorament significatiu (29%) respecte a l'escenari "Base" addicionalment li impediria complir amb la demanda límit del CTE HE1.
- Pel que fa al valor de EP_{nr} que dona compliment a l'exigència del CTE HE0, es redueix en els escenaris de "Sist. Opt. 1" en un 16 % i en l'escenari "Sist. Opt. 2" en un 32%.
- Respecte als indicadors de la certificació energètica, considerant que l'edifici "Base" te una Classe C als l'indicador d' EP_{nr} i d'emissions totals de CO_2 , s'observa que només amb sistemes d'elevades prestacions com els simulats a la opció "Sist. Opt. 2" s'assoliria una Classe B i només en el cas del indicador de emissions de CO_2 .

Igual que la tipologia anterior es proposa crear un segon escenari de referència a partir d'un model que permeti que l'edifici obtingui una millora en el principal indicador de demanda com és el de demanda de calefacció que en l'escenari base se situa en una Classe C.

Aquest nou escenari de referència "Model Classe B en demanda de calefacció" es planteja considerant que és aquesta demanda, la de calefacció, la de major pes en el global de l'edifici i que l'exigència normativa futura imminent com és el nZEB precisament parteix d'una necessitat gairebé nul·la d'energia (Demanda gairebé nul·la).

A continuació s'expliquen les característiques que permeten a l'edifici situar-se en aquest escenari i sobre el mateix es faran les simulacions d'opcions iguals a les realitzades sobre el model "Base".

5.4.1. Resultats "Model Classe B en demanda de calefacció"

Igual que en el model "Base" en primer lloc s'identifiquen les característiques constructives que li permeten complir amb la condició de demanda de calefacció Classe B per aquesta tipologia.

Característiques	Classe B	
	W/m²K	Valors
Mur exterior	0,22	18,0
Coberta	0,18	20,0
Forjats / Resta Edifici	0,42	8,0
Obertures (Vidres)	1,40	Plus6/15/6
Obertures (Marcs)	1,40	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	1,40	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m² any)	Calef.	Refrig.
	17,43	7,03
Límits CTE (kWh/m² any)	30,96	15,00

L'esforç de qualitat constructiva es major que a les tipologies anteriors. Es requereix incorporar:

- 18 cm d'aïllament incorporat en els elements de façana.
- 20 cm a coberta.
- Obertures amb vidres de baixa emissivitat i cambra d'aire de 15 mm.
- Marcs de balconeres i finestres de fusta o PVC per evitar el Pont tèrmic amb una transmitància total de l'obertura de 1,89 W/m²K.
- Forjat separador de la resta de l'edifici amb 8 cm d'aïllament.

La resta de característiques es mantenen respecte del model "Base" pel que fa a la permeabilitat i la taxa de ventilació de 0,63 ren/h. Amb aquestes característiques s'aconsegueix que la demanda de calefacció sigui un 3% per sota del límit de Classe B (17,90 kWh/m²·a). La demanda de refrigeració augmenta lleugerament (3%) respecte de l'escenari "Base".

Característiques	Classe B	
	W/m ² K	Valors
Mur exterior	0,22	18,0
Coberta	0,18	20,0
Forjats / Resta Edifici	0,42	8,0
Obertures (Vidres)	1,40	Plus6/15/6
Obertures (Marcs)	1,40	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	1,40	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m ³ /hm ²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m ² any)	Calef.	Refrig.
	17,43	7,03
Límits CTE (kWh/m ² any)	30,96	15,00
	EP _{nr} HEO (kWh/m ² any) 42,84	
Límits HEO EP _{nr} (kWh/m ² any) 66,44		
Classe demanda CEE	Calef.	Refrig.
	B	D
Qualificació energètica CEE	EP _{nr}	CO ₂
	B	B

Incorporant els mateixos sistemes de climatització i ACS, de referència del CTE, s'obtenen la resta de resultats i indicadors tant del CTE-HEO com de la certificació energètica.

Aquest model es pot observar que en termes d'energia primària no renovable compleix amb escriure l'exigència de no superar el límit establert per CTE HEO per sobre del 36%.

En termes de certificació energètica l'edifici pot arribar a la Classe B als dos indicadors de Certificació, energia primària no renovable EP_{nr} i emissions de CO₂.

Sobre aquest model es simulen els escenaris que s'expliquen a continuació.

De la mateixa manera que per les altres tipologies, s'ha inclòu la simulació de l'efecte d'una reducció de la taxa de ventilació un 25% (a 0,5 ren/h). La resta d'escenaris simulats son els mateixos que el cas "Base".

Característiques	Classe B Remunta (Obra Nova)							
	Classe B		Classe B Sist. Op. 1		Classe B Sist. Op. 2		Classe B Sist. Referència (RC)	
	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors	W/m²K	Valors
Mur exterior	0,22	18,0	0,25	14,0	0,25	14,0	0,25	14,0
Coberta	0,18	20,0	0,22	16,5	0,22	16,5	0,22	16,5
Forjats / Resta Edifici	0,42	8,0	0,54	6,0	0,54	6,0	0,54	6,0
Obertures (Vidres)	1,40	Plus 6/15/6	1,80	BE	1,80	BE	1,80	BE
Obertures (Marcs)	1,40	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT	2,20	Fusta/TPT
Transmitància Obertures	1,40		1,89		1,89		1,89	
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²		C3 = 9 m³/hm²	
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h		0,63 ren/h		0,63 ren/h		0,5 ren/h	
Ponts Tèrmics	Eliminats tots		Eliminats tots		Eliminats tots		Eliminats tots	
Demanda Edifici Objecte (kWh/m² any)	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
	17,43	7,03	17,43	7,03	17,43	7,03	16,70	7,00
Límits CTE (kWh/m² any)	30,96	15,00	30,96	15,00	30,96	15,00	30,96	15,00
EP _{rr} HE0 (kWh/m² any)	42,84		38,69		33,74		41,79	
Límits HE0 EP _{rr} (kWh/m² any)	66,44		66,44		66,44		66,44	
Classe demanda CEE	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
	B	D	B	D	B	D	B	D
Qualificació energètica CEE	EP _{rr}	CO ₂	EP _{rr}	CO ₂	EP _{rr}	CO ₂	EP _{rr}	CO ₂
	B	B	B	B	B	B	B	B

Resultats de les simulacions sobre l'escenari "Classe B en demanda de calefacció" Remunta

A partir dels resultats que es presenten en la taula anterior, es plantegen els següents comentaris i conclusions preliminars:

- En aquest cas també es importat aclarir, que com que els límits de demanda que estableix l'HE1 són menys exigents per a aquesta tipologia i l'exigència de qualitat constructiva en conseqüència també és menor, assolir l'objectiu de classe B suposa un esforç en qualitat constructiva molt major. És necessari incrementar 10 cm l'aïllament de façana passant de 8 a 18 cm, a coberta de 11 cm passant de 9 cm a 20 cm i en el cas de les fusteries suposa reduir la transmitància tèrmica de 2,10 W/m²K a 1,40 W/m²K mantenint les característiques de cambra per sobre de 15 mm i vidre amb Baixa emissivitat. La resta de característiques podrien mantenir-se iguals respecte a l'escenari que compleix amb els mínims normatius.
- Al mateix que l'escenari "Base" de mínims CTE, l'edifici obté la Classe B als indicadors de la certificació energètica, tot i això aquest escenari no arriba a assolir la Classe A en cap dels escenaris simulats.

- Pel que fa al valor d'EP_{nr}, aquest indicador es redueix de forma significativa en els escenaris de "Sist. Opt. 1" en un gairebé 42% i en l'escenari "Sist. Opt. 2" gairebé 50%. En l'escenari de reducció del cabal de ventilació, com que actua sobre els sistemes de referència el seu percentatge de reducció és molt similar a el "Sist. Opt. 1". Redueix un 37% el valor de EP_{nr}. Cal considerar que en tots casos parteixen d'un valor de EP_{nr} inicialment més alt.

Pel què fa a la comparativa respecte de les recomanacions de l'Apèndix E del CTE HE1, que suggereix qualitats constructives que podrien assegurar el compliment normatiu per la via prescriptiva, assoleix la Classe B i supera amb escreix les prescripcions d'aquest document.

5.5. Repercussió econòmica dels escenaris simulats

A continuació es presenten les principals conclusions de l'anàlisi econòmic de les diferents opcions i escenaris simulats sobre els edificis objecte d'estudi i que s'explica de forma detallada a l'Annex 3.

Aquest anàlisi s'ha elaborat a partir de valors de referència de bases de dades BEDEC de l'ITeC i el generador de preus de Cype, estimacions pròpies i d'estudis de referència com: L'Estudi T-NZEB del CENER, i els Estudis de "Coste óptimo" del Ministeri de Foment, entre d'altres.

L'anàlisi es fa en primer lloc per a la repercussió econòmica de les millores sobre l'envoltant tèrmica que permeten que les diferents tipologies aconseguixin la Classe B en l'indicador de demanda de calefacció. Per realitzar aquesta anàlisi s'identifica en primer lloc la variació en característiques i qualitats constructives que ha suposat per cada tipologia, tal com s'aprecia a la següent Taula (en color vermell les variacions).

Característiques	Tipologia 1. Bloc Aïllat			Tipologia 2. Bloc entre mitgeres			Tipologia 3. Remunta		
	Cas Base (Mínim CTE)	Classe B	Diferència	Cas Base (Mínim CTE)	Classe B	Diferència	Cas Base (Mínim CTE)	Classe B	Diferència
	Valors Aïllat / Caract			Valors Aïllat / Caract			Valors Aïllat / Caract		
Mur exterior	12,0	13,0	1,0	14,0	14,0	0,0	8	18	10
Coberta	12,0	12,0	0,0	12,0	16,5	4,5	9	20	11
Forjats / Locals Comercials	6,0	6,0	0,0	6,0	6,0	0,0	1,5	8	6,5
Obertures (Vidres)	BE 4/9/4	BE 4/15/4	=	BE 4/15/4	BE 4/15/4	BE Plus	BE 4/9/4	BE Plus6/15/6	BE Plus
Obertures (Marcs)	Fusta/PVC/ TPT	Fusta/PVC/ TPT	=	Fusta/PVC/ TPT	Fusta/PVC/ TPT	=	Fusta/PVC/ TPT	Fusta/PVC/ TPT	=
Transmitància Obertures	2,1	1,9	-0,2	1,9	1,9	=	2,12	1,4	-0,72
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²	C3 = 9 m³/hm²	=	C3 = 9 m³/hm²	C3 = 9 m³/hm²	=	C3 = 9 m³/hm²	C3 = 9 m³/hm²	=
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h	0,63 ren/h	=	0,63 ren/h	0,63 ren/h	=	0,63 ren/h	0,63 ren/h	=
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	Eliminats tots	=	Eliminats tots	Eliminats tots	=	Eliminats tots	Eliminats tots	=

Resum de variacions d'elements de l'envoltant respecte del model "Base" de cada tipologia per assolir la Classe B en demanda de calefacció. En color vermell les diferències a valorar econòmicament.

En segon lloc s'estudien les modificacions que suposen els escenaris de millora en els sistemes energètics que cobreixen les demandes dels Serveis de calefacció, refrigeració i ACS.

	Servei	Vector Energètic	Rendiment	Tecnologia
Sistema de Referència	Producció Calor i ACS	Gas natural	0,92	Caldera de Condensació Bàsica
	Producció Fred	Electricitat	2,00	Tipus "Split" individual
	Aportació Solar	Solar/Ren	60% cobert	Captadors solars tèrmics
Sistema Op. 1	Producció Calor i ACS	Gas natural	1,06	Caldera de condensació Plus
	Producció Fred	Electricitat	2,50	Bomba de calor
	Aportació Solar	Solar/Ren	60% Cobert	Captadors solars tèrmics
Sistema Op. 2	Producció Calor i Fred	Electricitat	3,50	Bomba de calor
	Producció ACS	Gas natural	1,06	Caldera de condensació Plus
	Aportació Solar	Solar/Ren	60% cobert	Captadors solars tèrmics
Rec. de Calor	Ventilació	Electricitat	> 50%	Recuperació de calor

Resum de les opcions de sistemes simulades als escenaris a valorar econòmicament.

A les següents taules resum es presenten els resultats de l'avaluació econòmica tant de les millores passives sobre l'envoltant com actives sobre els sistemes:

Característiques	Tipologia 1. Bloc Aïllat					Tipologia 2. Bloc entre mitgeres					Tipologia 3. Remunta					
	Classe B (Mínim CTE)		Diferència	m ²	€	Classe B		Diferència	m ²	€	Classe B		Diferència	m ²	€	
	Valors Allam / Caract.	Valors Allam / Caract.				Valors Allam / Caract.	Valors Allam / Caract.									
Mur exterior	12,0	13,0	1,0	3,58	1.830,4	6.552,83 €	14,0	14,0	0,0		8	18	10	22,71	40,6	922,03 €
Coberta	12,0	12,0	0,0				16,5	300,37	9,28	300,37	2.787,43 €	20	26,29	110,91	2.915,82 €	
Fojars / Locals Comercials	6,0	6,0	0,0				6,0		0,0		15	8	6,5	20,95	110,91	2.323,56 €
Obertures (Vàries)	BE 4/B/4	BE 4/B/4	=				BE 4/B/4				BE 4/B/4	BE Plus/5/5/6	BE Plus			
Obertures (Marcs)	Fusta/PVC/TPT	Fusta/PVC/TPT	=				Fusta/PVC/TPT				Fusta/PVC/TPT	Fusta/PVC/TPT	=			
Transmissió Obertures	2,1	1,9	-0,2	28,24	429,36	12,05,13 €	1,9	1,9	=	28,24	212	14	-0,72	34,59	25,5	887,0 €
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m ³ /hm ²	C3 = 9 m ³ /hm ²	=				C3 = 9 m ³ /hm ²				C3 = 9 m ³ /hm ²	C3 = 9 m ³ /hm ²	=			
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h	0,63 ren/h	=				0,63 ren/h				0,63 ren/h	0,63 ren/h	=			
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	Eliminats tots	=				Eliminats tots				Eliminats tots	Eliminats tots	=			
				Subtotal		18.677,96 €				Subtotal						7.045,11 €
				Benef Ind (19%)		3.548,81 €				Benef Ind (19%)						1.350,9 €
				IVA (21%)		3.922,37 €				IVA (21%)						1.479,05 €
				Total PEC		26.149,14 €				Total PEC						9.860,36 €
				€/m ²		14,94 €				€/m ²						108,07 €
				€/Vv		1.045,97 €				€/Vv						9.860,36 €

Sistema de Referència	Servei	Vector Energ	Rendim	Tecnologia	Unitat	Cost	Total	Df/Hab	€/m ²
Sistema Op. 1	Producció Calor i ACS	Gas natural	92%	Caldera de Condensació Bàsica	Un/Habitatge	1575,72 €	3.870,52 €		
	Producció Fred	Electricitat	200%	Tipus "Split" individual	Un/Habitatge	1.309,99 €			
	Aportació Solar	Solar/Ren	60% cobert	Captadors solars tèrmics	Un/Habitatge	984,90			
Sistema Op. 2	Producció Calor i ACS	Gas natural	106%	Caldera de condensació Plus	Un/Habitatge	1.909,96 €	4.507,11 €	636,59 €	9,09 €
	Producció Fred	Electricitat	250%	Bomba de calor	Un/Habitatge	1612,25 €			
	Aportació Solar	Solar/Ren	60% Cobert	Captadors solars tèrmics	Un/Habitatge	984,90			
Rec. Calor	Producció Calor i Fred	Electricitat	350%	Bomba de calor	Un/Habitatge	2.440,15 €	5.335,01 €	1464,49 €	20,92 €
	Producció ACS	Gas natural	106%	Caldera de condensació Plus	Un/Habitatge	1.909,96 €			
	Aportació Solar	Solar/Ren	60% cobert	Captadors solars tèrmics	Un/Habitatge	984,90			
	Ventilació	Electricitat	> 50%	Recuperació de calor	Un/Habitatge	2.337,46 €	2.337,46 €	2.337,46 €	33,39 €

Taula 3. Quadre d'estimació de sobre costos associats a les millores en qualitat constructiva. A la part superior els sobre costos per assolir la classe B actuant sobre tancaments i elements de l'envoltant. A la part inferior el sobre cost dels sistemes actius simulats.

S'observa a les taules anteriors que la repercussió de les actuacions en l'envoltant per habitatge es situa al voltant dels 1.000 € per als blocs d'habitatges i fins a prop dels 10.000 € de la remunta. En aquest darrer cas al tractar-se d'un sol habitatge la repercussió es molt més significativa.

Les millores en sistemes actius se situen per qualsevol tipologia entre els 600 € aprox. corresponents a les millores de l'opció 1 de millora, fins als 1.500 € aprox., de les millores corresponents a l'opció 2. La millora associada a la reducció de la taxa de renovació d'aire que s'assimila a un sistema de recuperació de calor suposaria un cost proper als 2.400 €/habitatge.

5.6. Anàlisi socioeconòmic

A continuació es plantegen algunes reflexions sobre la repercussió econòmica del consum d'energia al voltant del que es denomina "Pobresa energètica". Aquestes reflexions es fan en el context del treball de recerca, encara en desenvolupament, que realitzen conjuntament els autors: Fabian López, Societat Orgànica; Albert Cuchí, Barcelona-Tech, José Manuel Salmerón; Servando Álvarez Domínguez, Grupo de Termotecnia AICIA Universidad de Sevilla.

La 'pobresa energètica' es defineix⁸ com la situació en la que es troba una llar que ha de destinar una part que es considera excessiva de la seva renda a satisfer la factura energètica dels consums que realitza en el seu habitatge. Determinar quin percentatge de la renda s'ha de considerar és una discussió clau, però acceptat aquest percentatge, la renda de la llar, els preus de l'energia en les seves diferents formes, i l'eficiència energètica de l'habitatge i dels seus equips són els factors que determinen l'existència de la pobresa energètica.

Es podria suposar que si l'usuari que té menys recursos pot pagar les despeses que li permetin cobrir les seves necessitats, la resta de la població ho podrà fer. És necessari llavors identificar com és la renda d'un usuari que se situa en les condicions mínimes respecte a recursos disponibles.

Diversos estudis intenten descobrir quin és aquest percentatge de despesa energètica que no sobrepassi les possibilitats de les llars (Boardman 1991, Healy, 2004; Healy i Clinch, 2004, entre uns altres), aquests treballs de recerca treballen a partir de metodologies i fonts d'informació diferents; a partir de les despeses familiars, de les temperatures de confort, de l'opinió dels usuaris, etc. L'informe "Pobresa energètica a Espanya" del projecte REPEX, fa una anàlisi dels resultats obtinguts aplicant algunes d'aquestes aproximacions metodològiques i demostra la important variació de resultats que s'obtenen.

A partir de les conclusions de l'informe REPEX, per a aquest treball es pren com a referència –de les metodologies estudiades– la que es basa en les despeses en energia i ingressos anuals de les llars emprada en el Regne Unit, que a Espanya es pot analitzar a partir de l'Enquesta de Pressupostos Familiars EPF de l'INE⁹. Segons aquesta metodologia, una llar està en situació de pobresa energètica quan el pes de la despesa en energia sobre els ingressos anuals és desproporcionat: més del doble de la mitjana.

Prenent com a referència les dades de la EPF de l'INE per a l'evolució del percentatge de despesa energètica d'una llar mitjana a Espanya del període 2010-2013 aquest percentatge se situaria en 6,15%, per la qual cosa l'indicador del doble de la mitjana passaria a ser de 12,30%. Això vol dir que si una família dedica més del 12,3% de la seva renda mitjana "equivalitzada"¹⁰ estaria en risc de pobresa energètica.

8. Tirado Herrero, S. López Fernández, J.L., Martín García, P. 2012. Pobreza energética en España, Potencial de generación de empleo directo de la pobreza derivado de la rehabilitación energética de viviendas. Asociación de Ciencias Ambientales, Madrid.

9. Instituto Nacional de Estadística. Encuesta de Presupuestos Familiares. Base 2013.

10. Ingreso equivalente en unidades de consumo. S'utilitza l'escala d'equivalència de l'OCDE modificada, que valora a la primera persona de la llar com 1 unitat de consum, als restants adults amb 0,5 unitats de consum cadascun i als menors amb 0,3 unitats de consum cadascun. Per exemple, una llar amb dos adults i dos nens té $1 + 0,5 + 2 * 0,3 = 2,1$ unitats de consum equivalent.

Pel què fa a la renda disponible es pren com a referència les dades estadístiques del Sistema d'Indicadors Metropolitans de Barcelona SIMBA BCN 2011, específicament es prenen la renda mitjana equivalent més recent, de l'any 2011 i es prenen també el Llindar de pobresa calculat per a la Ciutat de Barcelona per al mateix any. Aquest llindar es compara amb l'obtingut per a Espanya calculat a partir de la renda equivalent per llar i aplicant un percentatge del 60% segons documents de referència per a aquesta estimació com l'informe EAPN¹¹, de l'Estat de la Pobresa en Espanya. A la següent taula es resumeixen aquests resultats.

		Espanya 2013	BCN 2011 AMB*
Renda mitjana equivalent		13.523,70 €	17.748,50 €
Llindar de la pobresa	60%	8.114,22 €	1.0649,10 €
Renda disponible per energia	12,3%	998,05 €	1.309,84 €
Pis tipus (m ²)	70	14,26 €	18,71 €
Llindar de pobresa severa	30%	4.057,11 €	5.324,55 €
Renda disponible per energia	12,3%	499,02 €	654,92 €
Pis tipus (m ²)	70	7,13 €	9,36 €
Dades del sistema d'Indicadors Metropolitans de Barcelona SIMBA BCN 2011 amb lloguer imputat			

Dades de referència de renda disponible a partir d'estadístiques AMB.

A la taula anterior es presenta la deducció de renda disponible per a dos tipus d'usuaris, aquells que estan sota el llindar de la pobresa i aquells que estan sota el llindar de la pobresa severa. Aquesta última condició es basa en les consideracions del ja citat informe EAPN que estableix: "d'altra banda, l'ampli grup de persones que està en risc de pobresa i/o exclusió social presenta una varietat de situacions que fa aconsellable separar el grup que està en pobresa severa, en el que la situació és clarament insostenible".

Les persones que estan en pobresa severa són aquelles que viuen en llars la renda de les quals per unitat de consum és igual al 30% de la mitjana dels ingressos de la població. S'ha deduït a la taula anterior per a un habitatge de 70 m² com a referència, a partir de l'anàlisi tipològic i de la grandària dels habitatges realitzat pel Ministeri de Foment de Espanya¹², com seria la renda disponible anual per a despesa energètica i com seria la seva repercussió per m² de superfície tant per a llars sota el llindar de la pobresa com per a llars en situació de pobresa severa.

Pel que fa als costos de l'energia, en primer lloc per al cas de l'electricitat, es consideren els costos totals de la factura. De las tarifes fixades per l'I.D.A.E (abril de 2015), per a aquest treball s'ha pres el preu de terme d'energia establert per a la potència contractada més baixa (< 10 kW), sense discriminació horària, que és de 0,124107 €/kWh. Considerant que aquest preu representa el 38% de la factura final¹³, s'extrapola el preu total que se situa al voltant de 0,33 €/kWh.

Pel que fa l'altre combustible habitualment emprat a les llars, el Gas natural, les tarifes també es fixen en els butlletins periòdics de l'I.D.A.E. En el corresponent a Gener de 2015 per a la tipologia d'usuari els costos eren de 0,0553 €/kWh la part variable que amb les parts fixes, impostos i peatges passa a ser aproximadament de 0,12€/kWh.

11. "El estado de la pobreza" Juan Carlos Llano Ortiz European Anti Poverty Network EAPN-España.

12. Ministerio de fomento de España 2014: Estrategia a largo plazo para la rehabilitación energética en el sector de la edificación en España en desarrollo del artículo 4 de la directiva 2012/27/UE.

13. Es pren com a referència l'estructura de costos de la comercialitzadora Iberdrola que s'explica en aquest enllaç: <https://www.iberdrola.es/clientes/hogar/info/factura/factura-electricidad>.

Una vegada fixada la renda de referència i els costos dels combustibles, queda pendent conèixer el consum de referència dels habitatges per, a partir d'aquest, intentar estudiar escenaris en què es puguin suposar determinades qualitats constructives i sistemes energètics. En l'àmbit estatal l'estudi de referència sobre aquesta temàtica és el informe SPAHOUSE¹⁴ de l'I.D.A.E. A partir dels consums de referència identificats en aquest estudi per a un bloc d'habitatges a la zona mediterrània s'obté la següent taula de consums extrapolats per a un bloc de 20 habitatges (70 m² cadascú) a Barcelona.

Repartiment consums segons I.D.A.E. SPAHOUSEC				Despesa anual		Indicadors
Ús energètic	%	kWh-any	kWh/m ²	€/any Bloc sencer	€/habitatge any	Límits
Equipament	25,6%	31.356,50	22,40	7.839,13 €	391,96 €	18,71 Llíndar POB
Il·luminació	5,7%	6.981,72	4,99	1.745,43 €	87,27 €	9,36 Llíndar PSEV
ACS	19,6%	24.007,32	17,15	2.880,88 €	144,04 €	Despesa anual
Calefacció	40,9%	50.096,91	35,78	6.011,63 €	300,58 €	
Refrigeració	1,10 %	1.347,35	0,96	336,84 €	16,84 €	€/m ²
Cocció	7,1%	8.696,53	6,21	2.174,13 €	108,71 €	
Totals	100%	122.486,33	87,49	20.988,03 €	1.049,40 €	14,99

Consum i despesa energètica anual calculada a partir de dades SPAHOUSEC – I.D.A.E per un bloc de 20 habitatges a Barcelona.

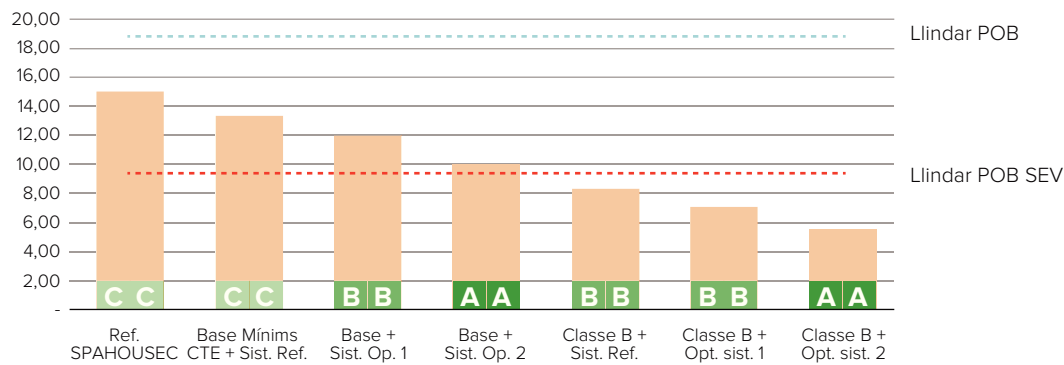
L'estimació de costos de la taula anterior permet identificar que per a un habitatge de 70 m² en un Bloc a Barcelona el consum se situa en 1.049 € aprox., gairebé 15 €/m².a. Aquest resultat suposa que els usuaris situats en el líndar de la pobresa que disposen de 18,71 € per a aquest consum podrien assumir-ho, però els usuaris en situació de pobresa severa que només disposen de 9,36 €/m².a, no podrien assumir-ho ja que aquest valor solament cobriria el 62% de les seves necessitats energètiques.

A la següent taula es comparen els resultats obtinguts per a la tipologia de Bloc d'habitatges aïllat, a partir de l'escenari anterior sobre el qual s'han estimat els consums dels mateixos casos que s'han calculat per a les tipologies de l'estudi com són:

- Model de referència segons dades SPAHOUSEC.
- Model Base (mínims de CTE HE1) amb sistemes de referència CTE.
- Model Base amb sistemes de referència millorats.
- Model Base amb sistemes òptims.
- Model Classe B en demanda de calefacció amb sistemes de referència CTE.
- Model Classe B amb sistemes de referència millorats.
- Model Classe B amb sistemes "millorats nivell 1" i "millorats nivell 2" respectivament.

14. Instituto para la Diversificación y Ahorro Energético I.D.A.E Proyecto SECH-SPAHOUSEC.

Anàlisi consum energètic en €/m² · a vs renda disponible i llindars de pobresa



Resultats de l'anàlisi de la despesa per habitatge en bloc Aillat respecte dels llindars de renda associats a la pobresa energètica. S'inclouen les Classes obtingudes pels indicadors de EP_{nr} i CO₂.

Els resultats de la taula anterior permeten extreure les següents conclusions:

- L'escenari de referència SPAHOUSEC s'ha fet a partir d'estadístiques i monitoratge. No es pot garantir que aquest escenari suposi confort tèrmic per als usuaris.
- Les despeses anuals d'energia estimats per a tots els casos, podrien ser coberts per una llar que se situï en el "líndar de pobresa" ja que el cost associat no supera en cap cas el percentatge de referència de 18,71 €/m²·a definit com a límit (línia blava discontinua de la gràfica).
- Les llars en situació de "pobresa severa", necessitarien que l'edifici que habiten tingui una qualitat constructiva Classe B per a l'indicador de demanda de calefacció, en termes de certificació energètica. Només sota aquesta condició podran assumir els costos energètics anuals de 9,36 €/m²·a establerts com a límit (línia vermella discontinua de la gràfica), amb independència dels sistemes energètics que disposin que fins i tot podrien ser de qualitat igual als sistemes de referència del CTE HE0.
- Les llars en situació de pobresa severa que habitin edificis que es limitin a complir amb els mínims de qualitat constructiva definida pel CTE HE1 no podran assumir les despeses energètiques anuals ni tan sols en el cas que el seu edifici disposi dels sistemes més eficients possibles de les opcions simulades.
- Assolir una Classe A en EP_{nr} i CO₂ no garanteix per als usuaris en situació de pobresa severa possibilitat de cobrir la seva despesa energètica amb la renda disponible, solament partint d'una Classe B en l'indicador de demanda de calefacció garanteix poder cobrir aquesta demanda amb independència de la classe obtinguda en EP_{nr} i CO₂.

Els resultats obtinguts en aquesta aproximació a aquest tema, justifiquen la necessitat d'ampliar en el futur l'estudi en aquest camp, de manera que es puguin simular altres variables i opcions, algunes de les quals poden ser:

- Escenaris amb preus de l'energia diferents.
- Escenaris amb major aportació d'energies renovables.
- Escenaris amb optimització de tots els consums energètics de la llar, no solament els consums tèrmics que s'han estudiat en aquest cas.

6. Conclusions i recomanacions

6.1. Síntesi de resultats

Els resultats assolits en els diferents models i escenaris simulats es resumeixen en les següents taules per als indicadors principals:

Característiques	Cas Plurifamiliar Aïllat						Classe B Plurifamiliar Aïllat							
	Cas Base (Mínim CTE)		Cas Base (Mínim CTE - Amb PT)		Cas Base (Mínim CTE) Sist. Op. 1		Cas Base (Mínim CTE) Sist. Op. 2		Classe B Sist. Op. 1		Classe B Sist. Op. 2		Classe B Sist. Referència (RC)	
	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
Classe Demanda CEE	C	D	C	D	C	D	C	D	B	D	B	D	B	D
Qualificació energètica CEE	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂
	C	B	C	C	B	B	B	B	B	B	B	B	B	B

Característiques	Cas Plurifamiliar entre Mitgeres						Classe B Plurifamiliar entre Mitgeres							
	Cas Base (Mínim CTE)		Cas Base (Mínim CTE - Amb PT)		Cas Base (Mínim CTE) Sist. Op. 1		Cas Base (Mínim CTE) Sist. Op. 2		Classe B Sist. Op. 1		Classe B Sist. Op. 2		Classe B Sist. Referència (RC)	
	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
Classe Demanda CEE	C	C	C	C	C	C	C	C	B	C	B	C	B	C
Qualificació energètica CEE	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂
	B	B	C	B	B	B	B	B	B	B	B	A	B	B

Característiques	Cas Remunta (Obra Nova)						Classe B Remunta (Obra Nova)							
	Cas Base (Mínim CTE)		Cas Base (Mínim CTE - Amb PT)		Cas Base (Mínim CTE) Sist. Op. 1		Cas Base (Mínim CTE) Sist. Op. 2		Classe B Sist. Op. 1		Classe B Sist. Op. 2		Classe B Sist. Referència (RC)	
	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
Classe Demanda CEE	C	D	D	D	C	D	C	D	B	D	B	D	B	D
Qualificació energètica CEE	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂	EP _{nr}	CO ₂
	C	C	D	C	C	C	C	C	B	B	B	B	B	B

Cas Base (Mínim CTE): (Equivalent a Cas Base); Envoltament de mínims de CTE, sense Ponts tèrmics resolts i Sistema de Referència CTE HE0.
 Cas Base (Mínim CTE amb PT resolts): Envoltament de mínims de CTE amb Ponts tèrmics resolts i Sistema de Referència CTE HE0.
 Apendix E: Envoltament amb valors orientats de l'Annex E del CTE HE1, amb Ponts tèrmics resolts i Sistema de Referència CTE HE0.
 Sist Op. 1: Generació de calefacció i ACS mitjançant producció amb gas natural amb rendiment 92%, Producció de refrigeració mitjançant electricitat amb rendiment 200%, Aportació de solar tèrmica per a IACS d'un 60%.
 Sist Op. 2: Generació de calefacció i ACS mitjançant producció amb gas natural amb rendiment 102%, (Calefiteria de Condensació), Producció de refrigeració mitjançant electricitat amb rendiment 250%, Aportació de solar tèrmica per a IACS d'un 60%.
 Sist Op. 3: Sistema millorat (Producció de calefacció i refrigeració amb equip de rendiment const. SPF=3,5 respectivament, ACS amb Bomba de Calor Aire-Aigua amb el rendiment equivalent al SPF de 3,5 (amb suport de producció solar del 60%).

Taula resum 1. Síntesi de resultats indicadors de certificació energètica CEE: Classes energètiques en lletres per EP_{nr}, kgCO₂ i Demandes calefacció i refrigeració.

Característiques	Cas Plurifamiliar Aïllat					
	Classe B (Mínim CTE)		Cas Base (Mínim CTE) Sist. Op. 1		Cas Base (Mínim CTE) Sist. Op. 2	
	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
Demanda Edifici Objecte (kWh/m ² any)	20,04	8,18	29,45	8,29	20,04	8,18
Límits CTE (kWh/m ² any)	20,57	15,00	20,57	15,00	20,57	15,00
EP _{nr} HE0 (kWh/m ² any)	47,40		56,10		41,50	39,50
Límits HE0 EP _{nr} (kWh/m ² any)	50,86		50,86		50,86	50,86

Característiques	Classe B Plurifamiliar Aïllat					
	Classe B		Classe B Sist. Op. 1		Classe B Sist. Op. 2	
	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
Demanda Edifici Objecte (kWh/m ² any)	17,45	8,60	17,45	8,60	17,45	8,60
Límits CTE (kWh/m ² any)	20,57	15,00	20,57	15,00	20,57	15,00
EP _{nr} HE0 (kWh/m ² any)	45,30		39,20		37,50	41,39
Límits HE0 EP _{nr} (kWh/m ² any)	50,86		50,86		50,86	50,86

Característiques	Cas Plurifamiliar entre Mitgeres					
	Cas Base (Mínim CTE)		Cas Base (Mínim CTE) Sist. Op. 1		Cas Base (Mínim CTE) Sist. Op. 2	
	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
Demanda Edifici Objecte (kWh/m ² any)	19,73	5,31	28,09	5,48	19,73	5,31
Límits CTE (kWh/m ² any)	20,74	15,00	20,74	15,00	20,74	15,00
EP _{nr} HE0 (kWh/m ² any)	39,17		47,17		33,95	29,29
Límits HE0 EP _{nr} (kWh/m ² any)	51,11		51,11		51,11	51,11

Característiques	Classe B Plurifamiliar entre Mitgeres					
	Classe B		Classe B Sist. Op. 1		Classe B Sist. Op. 2	
	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
Demanda Edifici Objecte (kWh/m ² any)	17,65	5,45	17,65	5,45	17,65	5,45
Límits CTE (kWh/m ² any)	20,74	15,00	20,74	15,00	20,74	15,00
EP _{nr} HE0 (kWh/m ² any)	36,89		31,95		27,93	31,70
Límits HE0 EP _{nr} (kWh/m ² any)	51,11		51,11		51,11	51,11

Característiques	Cas Remunta (Obra Nova)					
	Cas Base (Mínim CTE)		Cas Base (Mínim CTE) Sist. Op. 1		Cas Base (Mínim CTE) Sist. Op. 2	
	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
Demanda Edifici Objecte (kWh/m ² any)	30,77	7,22	39,70	7,81	30,77	7,22
Límits CTE (kWh/m ² any)	30,96	15,00	30,96	15,00	30,96	15,00
EP _{nr} HE0 (kWh/m ² any)	60,69		71,15		55,82	45,05
Límits HE0 EP _{nr} (kWh/m ² any)	66,44		66,44		66,44	66,44

Característiques	Classe B Remunta (Obra Nova)					
	Classe B		Classe B Sist. Op. 1		Classe B Sist. Op. 2	
	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.	Calef.	Refrig.
Demanda Edifici Objecte (kWh/m ² any)	17,43	7,03	17,43	7,03	17,43	7,03
Límits CTE (kWh/m ² any)	30,96	15,00	30,96	15,00	30,96	15,00
EP _{nr} HE0 (kWh/m ² any)	42,84		38,69		33,74	41,79
Límits HE0 EP _{nr} (kWh/m ² any)	66,44		66,44		66,44	66,44

Cas Base (Mínim CTE): (Equivalent a Cas Base); Envolvent de mínims de CTE, sense Pons tèrmics resolts i Sistema de Referència CTE HE0.
 Cas Base (Mínim CTE) amb PT resolts: Envolvent de mínims de CTE, amb Pons tèrmics resolts i Sistemes de Referència CTE HE0.
 Apendix E: Envolvent amb valors orientats de l'apendix E del CTE HE1, amb Pons tèrmics resolts i Sistemes de Referència CTE HE0.
 Sist. Op. 1: Generació de calefacció i ACS mitjançant producció amb gas natural amb rendiment 92%. Producció de refrigeració mitjançant electricitat amb rendiment 200%. Aportació de solar tèrmica per a l'ACS d'un 60%.
 Sist. Op. 2: Generació de calefacció i ACS mitjançant producció amb gas natural amb rendiment 106% (Caldera de Condensació). Producció de refrigeració mitjançant electricitat amb rendiment 250%. Aportació de solar tèrmica per a l'ACS d'un 60%.
 Sist. Op. 3: Sistema millorat (Producció de calefacció i refrigeració amb equip de rendiment const. SPF 3:5 respectivament, ACS amb Bomba de Calor Aire-Aigua amb el rendiment equivalent al SPF de 3,5 (amb suport de producció solar del 60%).

Taula resum 2. Síntesi de resultats indicadors de compliment CTE: Demandes calefacció i refrigeració i EP_{nr} en kWh/m²·a.

Abans d'entrar a comentar les conclusions del treball, val la pena remarcar que aquestes conclusions estaran referides a l'àmbit d'anàlisi que s'ha escollit per desenvolupar el mateix, és a dir, les tipologies seleccionades i les condicions en què les mateixes van ser simulades i estudiades.

Aquesta consideració repercuteix en les conclusions del treball en que les mateixes poden tenir matisos o reinterpretacions al moment en què es considerin variables que l'estudi no ha considerat com poden ser:

- Modificacions en l'orientació de cadascuna de les tipologies.
- Modificacions significatives en els perfils d'ús dels edificis.
- Consideració d'altres tipologies no avaluades (Unifamiliar aïllat, adossats, entre d'altres).

En qualsevol cas, es considera que l'àmbit definit i els edificis objecte d'estudi seleccionats permeten arribar a conclusions de gran valor i utilitat de cara a la presa de decisions de la AEB de cara a una possible adequació de la normativa municipal en matèria energètica.

6.2. Conclusions respecte de l'Ordenança

A la vista dels resultats de la Taula resum 1, s'extreuen les següents conclusions de cara a definir els possibles objectius prestacionals d'una normativa municipal en matèria energètica:

- Es fonamental definir l'indicador que es vol escollir com a objectiu energètic prestacional a la normativa municipal sobre edificació. La normativa referida a la certificació energètica ofereix al menys 4 indicadors visibles i verificables des de la documentació d'obligat compliment. Aquests indicadors son:
 - Classe de demanda de calefacció
 - Classe de demanda de refrigeració
 - Classe d'energia primària no Renovable
 - Classe d'emissions de CO₂

Els dos últims indicadors són els que apareixen a l'etiqueta energètica que emet ICAEN però la seva obtenció implica la valoració prèvia dels altres dos indicadors.

- Si l'objectiu prestacional normatiu es planteja en termes de Qualificació energètica per l'indicador d'emissions de CO₂ l'estudi demostra que el simple compliment normatiu de les exigències del CTE HE1, permet al menys en les tipologies 1 de Bloc aïllat i 2 de Bloc entre mitgeres, obtenir una Classe B en emissions de CO₂ sense més. Però una Classe B en l'indicador de CO₂, no garanteix la mateixa qualificació en la resta d'indicadors, de fet prenent com a base l'edifici que simplement compleix les exigències mínimes de qualitat constructiva fa que la resta d'indicadors siguin de menor lletra.
- Si l'objectiu fos d'una Classe B tant en emissions de CO₂ com en EP_{nr}, l'estudi demostra que per a totes les tipologies aquesta exigència es podria complir amb un edifici amb mínimes qualitats constructives, les que li permetin complir amb el CTE HE1, però, li exigiria disposar de sistemes energètics amb millors prestacions que els considerats de referència.
- Pel que fa als indicadors de demanda energètica, el compliment de mínims de demanda del CTE garanteix una Classe C a l'indicador de demanda de calefacció i una Classe C i D segons la tipologia en el cas de la demanda de refrigeració.
- Dels indicadors referits a la Demanda, és el de calefacció el que es converteix en la referència per tenir un pes per sobre del 60% respecte a la refrigeració en tots els escenaris. Es pot concloure que la demanda de refrigeració, per més que el seu indicador sobrepassi la Classe C no és un problema significatiu per l'edifici en termes de demanda absoluta, consum energètic o emissions associades. Si es recomana que aquest indicador en cap cas sobrepassi la Classe D ja que es

convertiria en un problema a resoldre que a priori no existeix. Dit d'una altra manera, si la reducció de la demanda de calefacció suposa un empitjorament significatiu de la demanda de refrigeració es podrà interpretar com una resposta desequilibrada i desproporcionada.

- Es planteja, a la vista dels resultats de l'estudi, que l'esforç que suposa en qualitat constructiva i sobre cost econòmic, complir amb el criteri energètic de classificació B en l'indicador de demanda de calefacció implica un esforç raonable que permet uns resultats complementaris molt interessants:
 - Si la demanda de calefacció és Classe B, en tots els escenaris es comprova que la classe per l'indicador CO₂ seria també una B amb sistemes de referència. Qualsevol esforç complementari en sistemes de major rendiment que els de referència permetria obtenir fàcilment una Classe B també en l'indicador de EP_{nr}.
 - Fins i tot en tipologies com la 2 de Bloc entre mitgeres, es podria aconseguir la Classe A en l'indicador de CO₂ amb sistemes d'òptim rendiment.
 - Un edifici amb demanda de calefacció Classe B en qualsevol de les tipologies estudiades, pràcticament deixa de dependre de la bondat dels sistemes actius per tenir una prestació que li permeti obtenir la Classe B en els indicadors de EP_{nr} i CO₂.
- Resulta fonamental pels objectius recomanats mantenir el grau de contribució renovable que aporta la solar tèrmica, especialment en edificis on el pes de la demanda d'ACS és important en el balanç energètic global. Si és reduït aquesta condició, es comprometria l'obtenció de la Classe B ja que el pes del consum d'energia associat a l'ACS que es redueix amb aquesta exigència es traslladarà a l'eficiència dels sistemes, el que produirà una dependència de la qualitat de les màquines i de les condicions de funcionament que permetin la seva compensació. Aquesta es converteix en una situació del tot fràgil des de la perspectiva dels usuaris de menys recursos.
- Las exigències de mínims del CTE-HE 2013, han suposat un augment en la qualitat constructiva important referida, entre d'altres, a la reducció de transmitàncies (augment de la capacitat aïllant) dels diferents elements de l'envoltant. En la mesura que això ha anat millorant, les febleses constructives expressades en termes de discontinuïtats de l'envoltant o ponts tèrmics, prenen una rellevància significativa.
 - S'ha demostrat en els resultats de totes les tipologies estudiades, aquesta elevada incidència que va des d'un 47% en la Tipologia 1, 42% en la Tipologia 2 fins a 29% en la Tipologia 3, sempre avaluada sobre el cas "Base" que compleix amb les demandes mínimes de CTE-HE1, si aquest càlcul es fa sobre els models que aconseguixen la Classe B en l'indicador de demanda de calefacció, la incidència augmentaria significativament (a pitjor es clar!).
 - A la vista d'aquests resultats s'hauria de plantejar l'eliminació de ponts tèrmics com una exigència de compliment normatiu, al mateix nivell que qualsevol de les exigències ja en vigor. Aquesta exigència comptaria amb la condició a favor que les eines públiques de justificació permeten ja identificar i validar el seu compliment. En tot cas es vol transmetre que és fonamental que des dels organismes públics de control, es faci un seguiment sobre els projectes i la qualitat en l'execució de les obres, que garanteixi el control d'aquest paràmetre. De no ser així, bona part de l'esforç per augmentar la qualitat constructiva dels edificis podria desvirtuar-se i perdre la seva efectivitat.

6.3. Conclusions respecte de les normatives futures

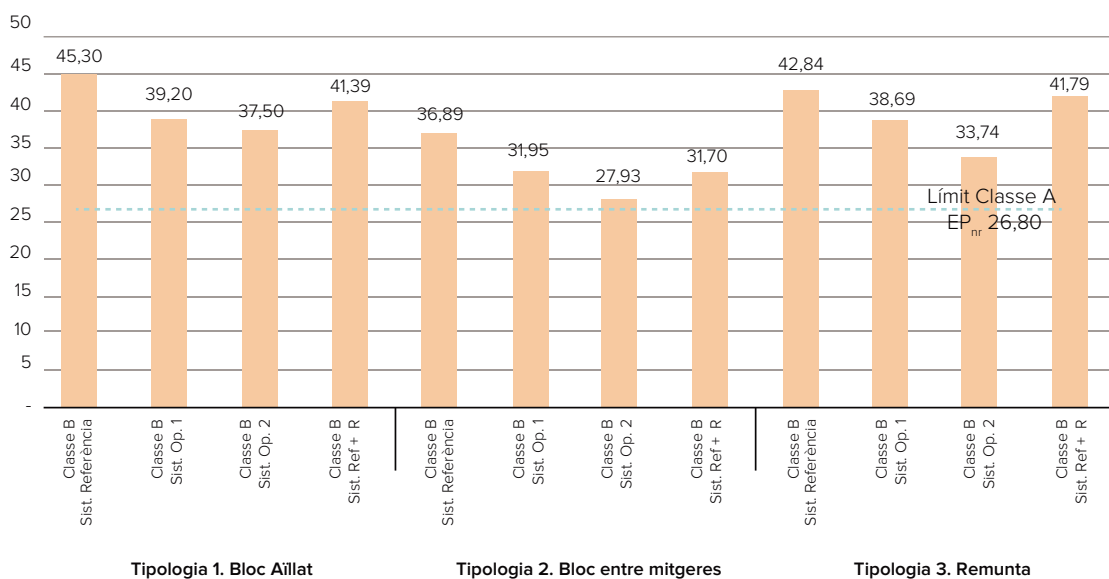
Els resultats de la Taula resum 2 referits al compliment del HE0 i els valors d' EP_{nr} permeten extreure les següents conclusions referides a l'estàndard europeu nZEB.

- En alguns casos es comprova que l'indicador d' EP_{nr} es situa al voltant dels 30 kWh/m²·a i s'ha comentat que això suposa apropar-se a valors de referència Europeus en aquest tema com els

definita a Dinamarca, que fixa aquest mateix valor com a objectiu des de 2015, com a escenari de transició per arribar als 25 kWh/m²·a d'objectiu final al 2020. Aquesta reducció de l'indicador EP_{nr} només s'assoleix partint dels models que obtenen la classe B en demanda de calefacció com condició.

- A l'àmbit estatal l'estàndard nZEB sembla associar-se des dels organismes de l'administració a l'obtenció compliment d'una Classe A en els indicadors de certificació energètic¹⁵. Tal com es pot apreciar a la pròpia escala de certificació vigent el valor de EP_{nr} associat a aquest nivell d'exigència és < 26,8 kWh/m²·a. A la següent gràfica es pot apreciar la distància de les millors opcions simulades en aquest treball respecte d'aquest objectiu, totes parteixen de la Classe B en l'indicador de la demanda de calefacció com a condició.

Resultats EP_{nr} en kWh/m²·a vs Límit Classe A



Comparativa de resultats dels escenaris basats en demanda Classe B en calefacció per l'indicador EP_{nr}

- Els resultats de la gràfica anterior demostren que encara estem lluny d'apropar-nos al valor de referència de la Classe A. Si la definició d'edifici de consum gairebé nul o nZEB acaba traslladant-se en una exigència de classe A per a aquest indicador d'aquí a 4 anys quan sigui una exigència d'obligat compliment (2 anys abans per a edificis públics) suposarà llavors un gran esforç a assumir que podria fer-se gradual si ja des d'ara es donen passos intermedis per aconseguir-ho. Exigir una classe B en els indicadors de demanda pot ser una decisió que coincideix amb aquest plantejament.
- La Ciutat de Barcelona es planteja assumir un rol capdavanter en temes com les "Smart Cities" o la sostenibilitat urbana. Aquesta actitud hauria de ser un estímul per donar passos més enllà en l'exigència de mínims d'eficiència respecte de les exigències de l'àmbit estatal que han estat analitzades en aquest document.
- L'estructura molt densificada de la ciutat requereix abordar el problema de la contaminació atmosfèrica amb particular vigor, per disminuir entre d'altres, la concentració de contaminants derivats en una part important també per la calefacció dels habitatges. Seria important lligar els requeriments normatius de l'Ordenança municipal a accions, estímuls i ajudes econòmiques per part de

15. Segons s'estableix al document "Nearly Zero Energy Buildings, Definitions across Europe" elaborat pel Building Performance Institute Europe (BPIE).

l'Ajuntament. D'aquesta forma no solament s'exigeix més eficiència, sinó que es fomenta, en favor d'una millora comuna.

6.4. Conclusions sobre l'anàlisi socioeconòmic

Dels tres factors que determinen la vulnerabilitat de les llars a la pobresa energètica –renda disponible, preus de l'energia i eficiència energètica de l'habitatge– és aquest últim, l'eficiència energètica dels edificis, el factor clau per ser el més estable i sobre el qual podem actuar des de l'àmbit de l'edificació. A llarg termini, reduir la vulnerabilitat de les llars a la pobresa energètica implica millorar l'eficiència energètica dels habitatges i, en última instància, dotar-les de la captació d'energia necessària per cobrir les seves necessitats, d'aquesta manera es podran reduir la seva dependència de la variabilitat dels costos comercials d'aquesta energia i de la situació econòmica de la llar.

En aquest sentit, l'aproximació inicial sobre aquesta temàtica realitzada en aquest treball, suposa un diagnòstic inicial sobre la relació entre l'eficiència energètica dels edificis a Barcelona i la vulnerabilitat a la pobresa energètica, mentre que tracta de definir les variables que han de servir de base per a la discussió en l'àmbit de l'eficiència energètica.

L'anàlisi aquí realitzat encara que de forma preliminar, pretén posar de manifest que la regulació normativa actual en temes de l'eficiència energètica dels edificis és incompatible amb la salvaguarda de situacions de vulnerabilitat cap a la pobresa energètica, ja que –al no haver estat considerada aquesta qüestió en la concepció de la normativa- pot 'condemnar' a una part de la població a la pobresa energètica. També s'adverteix que els instruments d'anàlisi i les eines de justificació es poden prendre com a referència i sobre ells mateixos establir límits més exigents que ajudin a resoldre aquesta situació a futur.

A partir d'aquestes reflexions, la definició del que ha de ser un edifici de consum energètic gairebé nul –nZEB–, ha de considerar la pobresa energètica com un factor clau en el seu desenvolupament normatiu, establint quina pot ser la seva relació amb els altres factors, amb l'objectiu d'assegurar que un habitatge en un edifici nZEB tindrà unes condicions d'habitabilitat que no atemptaran contra la salut o les oportunitats dels seus usuaris.

La principal conclusió d'aquest treball en aquest sentit, és que l'habitatge públic de protecció oficial HPO, que pretén donar aixopluc a les llars en situacions econòmiques més compromeses, hauria d'establir uns criteris energètics de qualitat constructiva tal, que permeti als usuaris habitar en ell i assumir les despeses energètiques que garanteixin el seu benestar sense comprometre la seva salut. Aquesta consideració es tradueix en l'exigència que els **edificis HPO haurien de ser com a mínim Classe A per l'indicador global d'emissions de CO₂ i Classe B en la resta dels indicadors de certificació i eficiència energètica**. Aquest criteri de disseny i execució en edificis residencials hauria d'acompanyar-se des dels organismes de control i seguiment del màxim rigor en la verificació i inspecció que garanteixi aquesta qualitat.

Una classificació A a l'indicador principal d'emissions de CO₂ i una Classe B per a la resta, constitueix un escenari de mínims per a aquesta tipologia d'usuaris, a la vista dels resultats exposats en aquest document, i seria un petit pas endavant en la transició cap al estàndard de consum gairebé nul –nZEB– que en el breu termini de 4 anys haurà d'estar implantat (2 anys abans als edificis públics).

Els mitjans de comunicació a poc a poc van col·locant en la primera línia d'opinió aquesta temàtica¹⁶. El risc de malalties greus derivades d'ambients massa freds segueix sent molt elevat en el nostre context. Tal com es demostra en els resultats d'aquest treball, l'estratègia d'actuar sobre la demanda de major pes, la de calefacció, respecte d'actuar sobre l'eficiència energètica dels sistemes, que

16. Serveixin d'exemple els següents articles:

<http://www.lavanguardia.com/local/barcelona/20160125/301643412328/edificios-aislamiento-termico-frio.html>

http://elpais.com/elpais/2016/01/13/ciencia/1452690548_509441.html

moltes vegades no es poden encendre pel cost que suposa, permetria assegurar un ambient interior més saludable i confortable fins i tot amb un ús reduït o nul de les instal·lacions de calefacció.

Finalment, cal remarcar que és necessari el màxim rigor en el compliment normatiu per part de tots els agents que participen en el procés. Es requereix de part de l'administració que es posin a disposició els mitjans i recursos necessaris per dur a terme les accions de vigilància i control necessaris. S'ha esmentat en el desenvolupament del treball que les exigències normatives incorporades en el CTE des de 2013 ja han suposat un gran avenç en la línia de l'eficiència energètica, i són una bona base per, en el futur, abordar temes tan substancials com la vulnerabilitat a la pobresa energètica. Només si garantíssim que les exigències normatives vigents es compleixen estariem caminant en la direcció correcta.

Barcelona, febrer 2016
Societat Orgànica +10 SCCL

Annexes

Annex 1. Descripció detallada dels edificis estudiats

A continuació es fa una descripció detallada de les característiques dels edificis objecte d'estudi. En primer lloc es farà una descripció de les característiques comunes des del punt de vista constructiu, de condicions d'operació i funcionament i definició de sistemes de referència.

Característiques Constructives

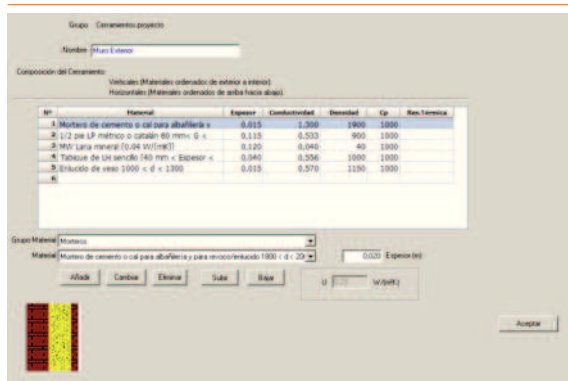
S'han definit els tancaments amb composicions que es corresponen amb les de l'edifici de referència que proposa el document "Condiciones de aceptación de Procedimientos alternativos a LIDER y CALENER", pàg. 63 i successives.

A partir d'aquestes composicions genèriques, s'ha ajustat la transmitància mitjançant la col·locació d'aïllament (llana mineral amb $\lambda 0,04$) amb el gruix d'aïllament que li permet complir amb l'exigència mínima de demanda segons CTE HE1. Finalment s'han comprovat les transmitàncies tenint en compte que es compleixin els requisits mínims per evitar la descompensació de l'envoltant segons l'establert a la taula 2.3 del CTE HE "Transmitancia térmica máxima y permeabilidad al aire de los elementos de la envolvente".

Amb aquestes consideracions, s'han creat els diferents tancaments que formaran l'envoltant dels diferents models:

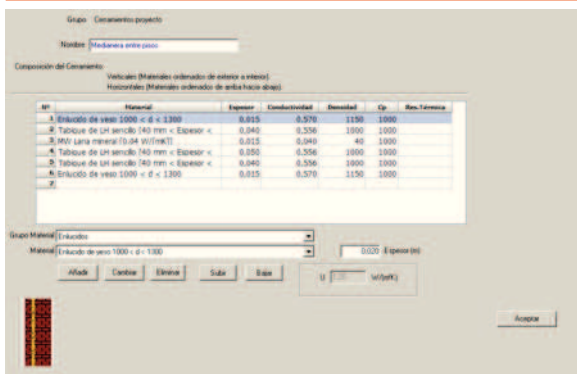
- Mur Exterior
- Mitgera entre els habitatges
- Coberta
- Forjats entre els habitatges
- Envans
- Forjat amb el espai de PB
- Mitgera amb l'escala
- Finestres Tipus
- Balconeres

Es detallen a continuació els diferents tancaments descrits anteriorment:



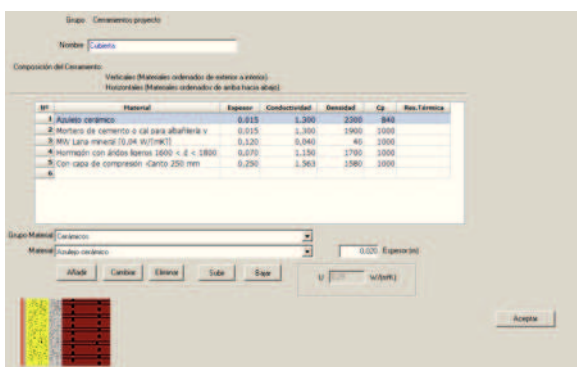
Composició Mur Exterior: $U = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Mur de façana compost amb doble fulla ceràmica, amb aïllament interior, s'ha ajustat la U del tancament mitjançant la col·locació d'aïllament (llana mineral amb $\lambda 0,04$) amb gruix de $e = 0,12 \text{ m}$ que ha permès obtenir la transmitància tèrmica màxima de $0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$.



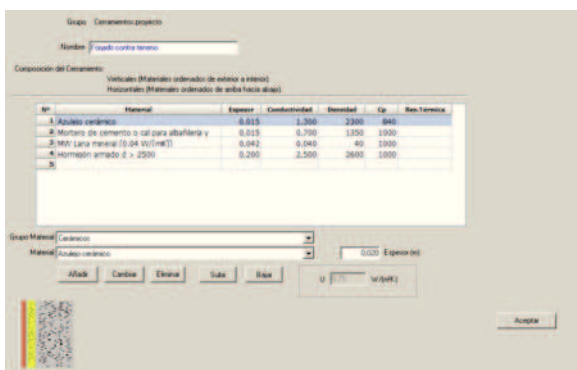
Composició de Mitgeres entre habitatges: $U = 1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$.

S'ha ajustat la U del tancament mitjançant la col·locació d'aïllament (llana mineral amb $\lambda = 0,04$) amb gruix de $e = 0,015 \text{ m}$ que ha permès obtenir la transmitància tèrmica màxima de $1,20 \text{ W/m}^2\text{K}$.



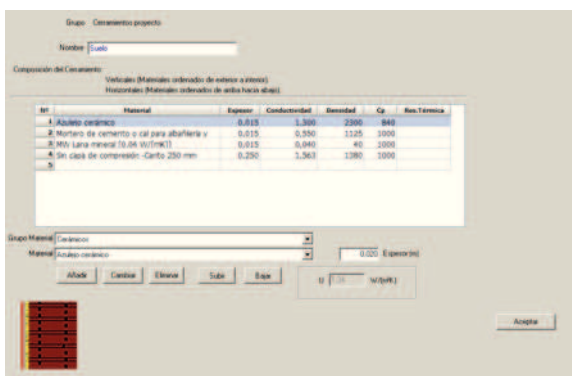
Composició Coberta Plana: $U = 0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Coberta transitable acabada amb rajola, s'ha ajustat la U del tancament mitjançant la col·locació d'aïllament (llana mineral amb $\lambda = 0,04$) amb gruix de $e = 0,12 \text{ m}$ que ha permès obtenir la transmitància tèrmica màxima de $0,29 \text{ W/m}^2\text{K}$.



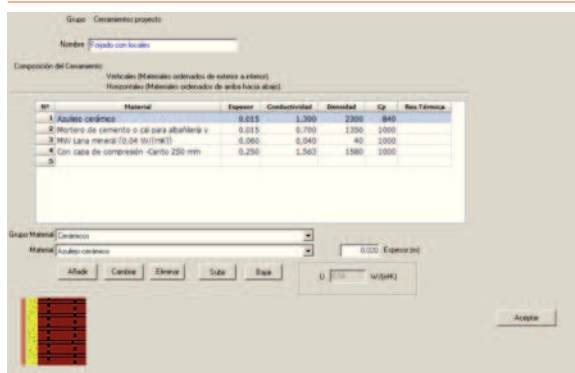
Forjat en contacte amb el terreny: $U = 0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Tancament en contacte amb el terreny de formigó armat amb adhesió d'aïllament, s'ha ajustat la U del tancament mitjançant la col·locació d'aïllament (llana mineral amb $\lambda = 0,04$) amb gruix de $e = 0,042 \text{ m}$ que ha permès obtenir la transmitància tèrmica màxima de $0,75 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Forjat Interiors entre habitatges: $U = 1,34 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Forjats entre habitatges, al ésser considerats espais del mateix ús, per tant menys restrictiu. S'ha ajustat la U del tancament mitjançant la col·locació d'aïllament (llana mineral amb $\lambda = 0,04$) amb gruix de $e = 0,015 \text{ m}$ que ha permès obtenir la transmitància tèrmica màxima de $1,34 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Forjat Interior amb locals comercials: $U = 0,54 \text{ W/m}^2\text{K}$.

El Forjat entre els habitatges i els locals de planta baixa, al ésser espais considerats de diferent ús la transmissió és més restrictiva. S'ha ajustat la U del tancament mitjançant la col·locació d'aïllament (llana mineral amb $\lambda = 0,04$) amb gruix de $e = 0,06 \text{ m}$ que ha permès obtenir la transmissió tèrmica màxima de $0,54 \text{ W/m}^2\text{K}$.

Composició de les parts traslluides; finestres i balconeres:

- Forats (Finestres i Balconeres): $U = 2,11 \text{ W/m}^2\text{K} - 2,12 \text{ W/m}^2\text{K}$.
- Permeabilitat al aire dels forats; com a màxima Classe 3 de $9 \text{ m}^3/\text{hm}^2$.

Per a l'obtenció de la Transmissió U dels forats s'ha considerat la següent relació:

	U Marc	% marc	Marc	U Vidre	% Vidre	Vidre	TOTAL U
Finestra Tipus Balconera	2,20	0,22	0,23	2,10	0,78	1,64	2,12
	2,20	0,12	0,23	2,10	0,88	1,85	2,11

Proporció vidre/marc de les diferents obertures i transmissió tèrmica.

A continuació es presenta el resum de la relació que extreu l'eina de simulació per als diferents forats introduïts al model (Cas Tipologia 1).

Nom	Tipus	Superfície (m^2)	Transmissió ($\text{W/m}^2\text{K}$)	Factor Solar	Mode d'obtenció de la transmissió	Mode d'obtenció del factor solar
Finestra tipus	Obertura	27,45	2,12	0,56	Usuari	Usuari
Finestra tipus	Obertura	15,50	2,12	0,56	Usuari	Usuari
Finestra tipus	Obertura	24,20	2,12	0,56	Usuari	Usuari
Finestra tipus	Obertura	12,05	2,12	0,56	Usuari	Usuari
Balconera	Obertura	142,34	2,11	0,62	Usuari	Usuari
Balconera	Obertura	74,66	2,11	0,62	Usuari	Usuari
Balconera	Obertura	139,48	2,11	0,62	Usuari	Usuari
Balconera	Obertura	48,40	2,11	0,62	Usuari	Usuari

Característiques de les obertures definides a l'eina HULC

Permeabilitat al aire dels forats; com a màxima Classe 3 de $9 \text{ m}^3/\text{hm}^2$.

Condicions de Operativitat i Funcionament

En tractar-se d'un edifici Residencial, l'eina adopta les condicions que es corresponen amb el perfil d'ocupació, càrregues internes i condicions de confort establertes al CTE HE1 Annex C.

Ús residencial	(24 h, baixa)				
	1-7	8	9-15	16-23	24
Temp Consigna Alta (°C)					
Gener a Maig	-	-	-	-	-
Juny a Setembre	27	-	-	25	27
Octubre a Desembre	-	-	-	-	-
Temp Consigna Baixa (°C)					
Gener a Maig	17	20	20	20	17
Juny a Setembre	-	-	-	-	-
Octubre a Desembre	17	20	20	20	17
Ocupació sensible (W/m²)					
Laboral	2,15	0,54	0,54	1,08	2,15
Dissabte i Festiu	2,15	2,15	2,15	2,15	2,15
Il·luminació (W/m²)					
Feiner, Dissabte i Festiu	0,44	1,32	1,32	1,32	2,2
Equips (W/m²)					
Feiner, Dissabte i Festiu	0,44	1,32	1,32	1,32	2,2
Ventilació estiu					
Feiner, Dissabte i Festiu	4,00	4,00	*	*	*
Ventilació hivern					
Feiner, Dissabte i Festiu	*	*	*	*	*

1 En règim d'estiu, durant el període comprès entre la 1 i les 8 hores, ambdues incloses, se suposarà que els espais habitables dels edificis destinats a habitatge presenten una infiltració originada per l'obertura de finestres de 4 renovacions per hora. La resta del temps, indicat amb * a la taula, serà constant i igual al calculat mínim exigint pel DB HS.

2 El nombre de renovacions hora, indicat amb * a la taula, serà constant i igual al calculat mínim exigint pel DB HS.

Perfil d'ús residencial segons CTE HE1 annex C.

A les dues tipologies de plurifamiliars s'han considerat i definit en la planta Baixa del model com a Locals Comercials, per tant com a espais "No habitables", amb nivell d'estanquitat 3. S'ha considerat 5 plantes, on es situaran els habitatges, en el cas del plurifamiliar aïllat, per a cada planta s'han descrit 4 habitatges i pel que fa al model entre mitgeres, només dos habitatges per planta. L'espai central dels diferents models, on s'hi ubiquen els espais de circulació d'escales s'ha definit com a "Habitables", (segons indica L'Apèndix A referent a Terminologia del Document Bàsic HE 2013), així també, en el cas que existeixen safarets s'han definit com a "No habitables", nivell d'estanquitat 2.

Ventilació: Renovació d'aire segons criteris de salubritat

S'ha calculat segons el document CTE-HS3 les renovacions d'aire a considerar a partir de les consideracions de la tabla.

Taula 2.1. Caudals de ventilació mínims exigits				
		Caudal de ventilació mínim exigít q_v en l/s		
		Per ocupant	Per m ² útil	En funció d'altres paràmetres
Locals	Dormitoris	5		
	Salons i menjadors	3		
	Lavabos i banys			15 per local
	Cuines		2	50 per local ¹
	Trasters i les seves zones comunes		0,7	
	Aparcaments i garatges			120 per plaça
	Magatzems de residus		10	

¹ Aquest és el cabal corresponent a la ventilació addicional específica de la cuina (vegeu el paràgraf 3 de l'apartat 3.1.1).

Extracció					
	m ²	m ³	nº pers.	m ³ /h	ren/h
Cuina	5,94	17,82	cuina	42,768	
Bany 1	4,17	12,51	1	54	
Total				96,77	0,6

Admissió					
	m ²	m ³	nº pers.	m ³ /h	ren/h
Dormitori 1	12,72	38,16	2	36	
Dormitori 2	6,55	19,65	1	18	
Dormitori 3	6,64	19,92	1	18	
Estar-menjador	19,79	59,37	3	32,4	
Total				104,40	0,62

Estimació de renovacions/hora per complir amb els mínims de CTE-HS3

A partir dels resultats obtinguts s'ha optat per acceptar el valor per defecte de 0,63 que proposa l'eina HULC renovacions per hora a complir amb les exigències de CTE-HS3.

Sistemes de condicionament

Com a sistemes energètics para los escenaris "Base" de cada tipologia, s'han previst en el model de simulació els sistemes de referencia descrit en el CTE.

S'han definit com a sistemes que compleixen amb aquestes característiques, en el cas de la producció d'ACS i calefacció un sistema mixt individual amb una caldera de condensació de rendiment nominal del 92% i s'ha suposat que l'edifici compleix amb l'exigència de cobertura solar mes restrictiva de la normativa que li correspon que en aquest cas es la de la Ordenança Solar de AEB que estableix un mínim d'aportació solar del 60%.

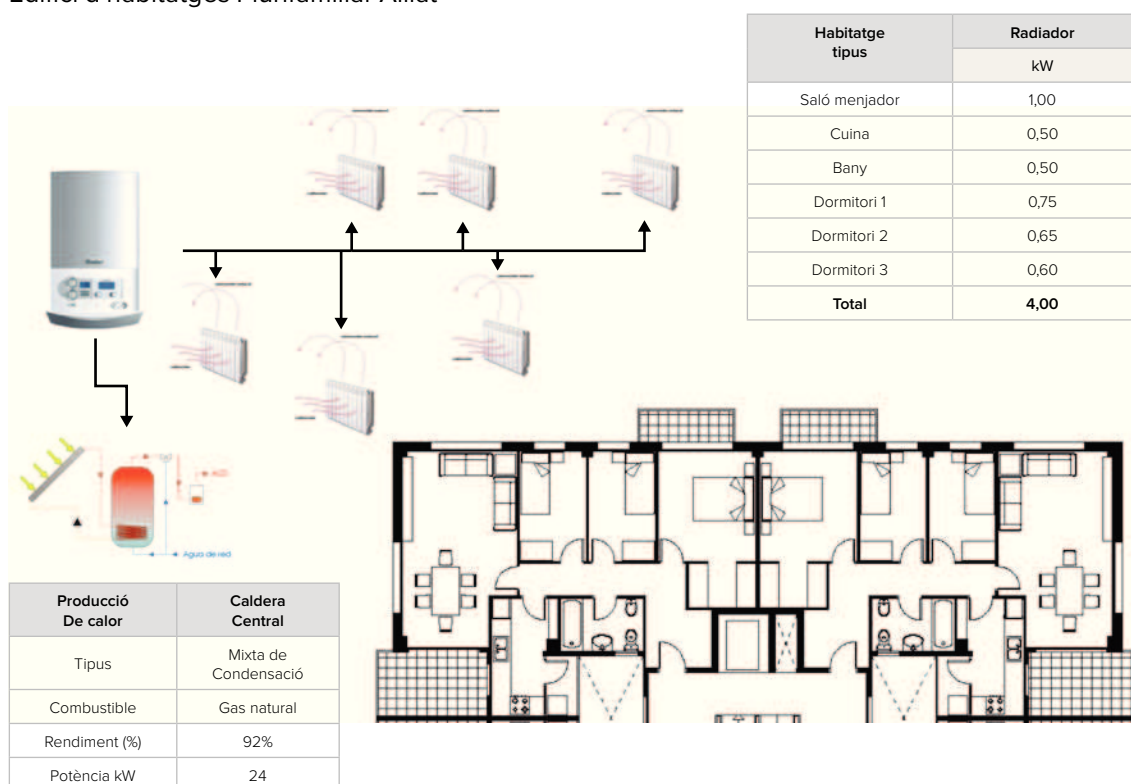
Per al servei de refrigeració s'ha suposat un sistema també individual per habitatge tipus Split elèctric amb un rendiment de 200%.

	Servei	Vector Energ	Rendim	Tecnologia
Sistemes de Referència	Producció Calor i ACS	Gas natural	92%	Caldera de Condensació bàsica
	Producció Fred	Electricitat	200%	Tipus "Split" individual
	Aportació Solar	Solar/Ren	60% cobert	Captadors solars tèrmics

Sistemes de referència Models "Base" de cada tipologia.

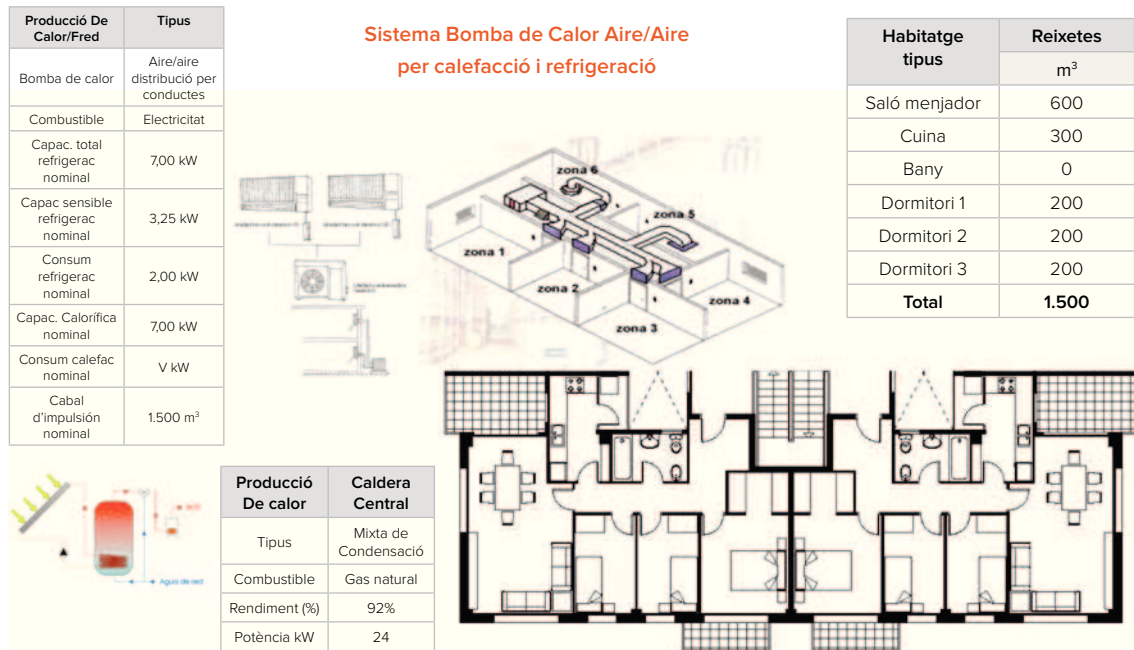
La definició d'aquests sistemes al model de simulació s'ha fet d'acord amb les possibilitats que ofereix l'eina quant a sistemes, equips de producció i emissors. A les següents imatges i esquemes s'explica com s'ha fet aquesta definició:

Edifici d'habitatges Plurifamiliar Aïllat



Definició a HULC del sistema mixt de calefacció i ACS a un habitatge tipus.

Edifici d'habitatges Plurifamiliar Aïllat

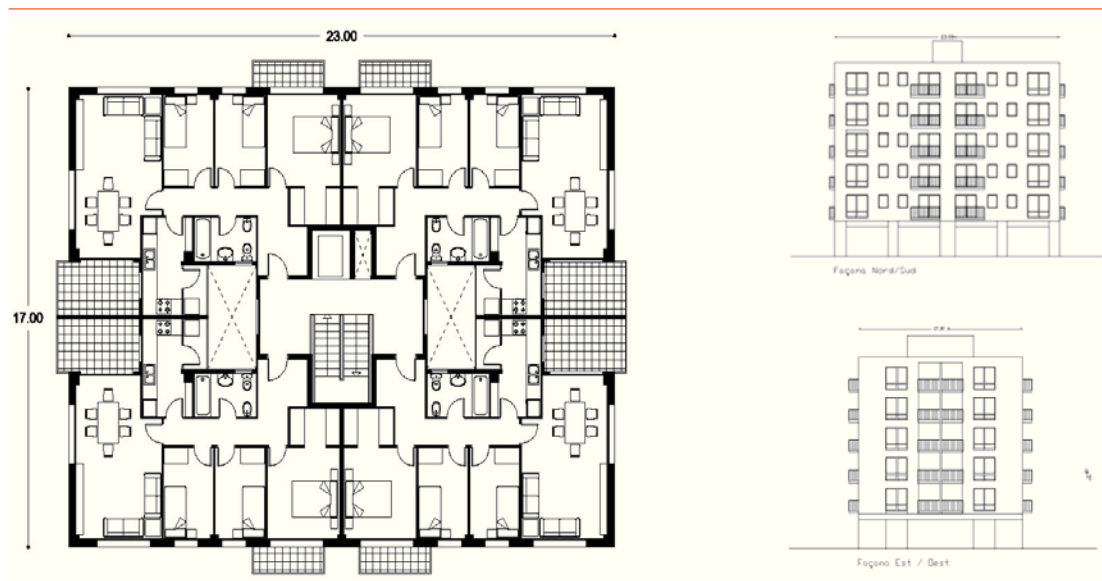


Definició a HULC del sistema de climatització a partir de Bomba de Calor amb conductes.

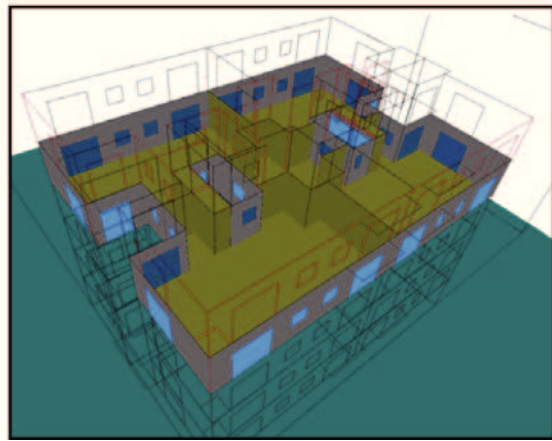
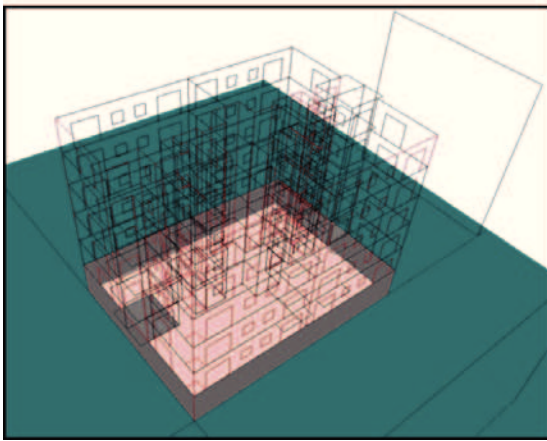
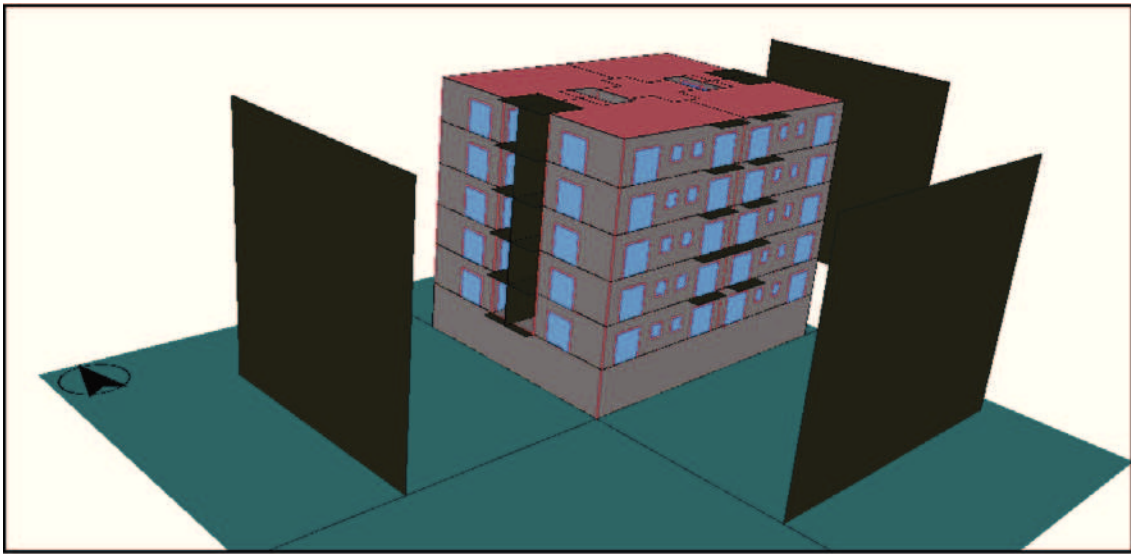
A continuació es fa una breu descripció de les característiques arquitectòniques dels tres edificis i es presenten algunes imatges de la modelització en l'eina HULC.

Tipologia 1: Edifici Plurifamiliar en bloc: Dades generals

Edifici d'habitatges ubicat a Barcelona de Planta Baixa + 5. A la Planta baixa s'ubiquen locals comercials i l'accés a l'edifici. La part corresponent a habitatges consta de 5 plantes tipus de 4 habitatges per planta d'identiques característiques de 70 m² aprox., per habitatge (1.750 m² de superfície total d'habitatges). A la part central existeix la zona de circulació (accessos, ascensors i escales).



Característiques arquitectòniques de l'edifici corresponent a la tipologia Bloc d'habitatges aïllat.



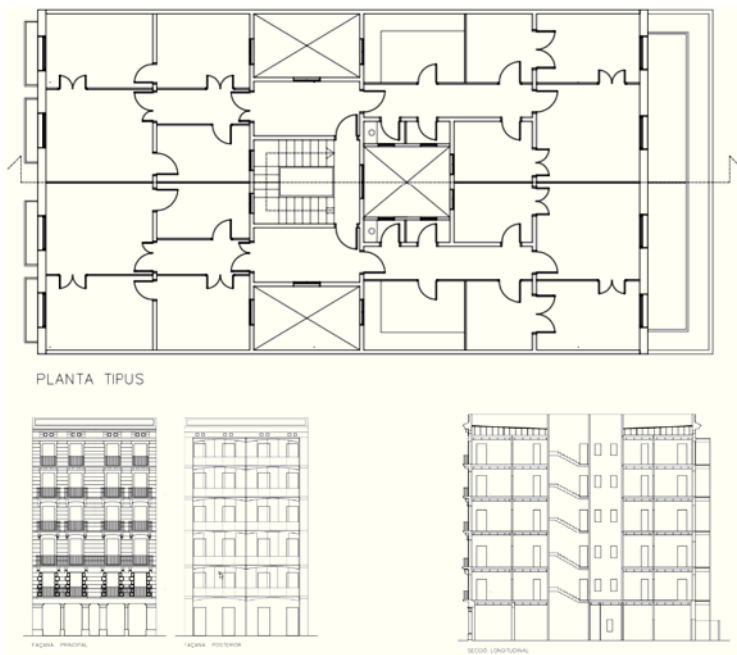
Modelització a l'eina HULC del Bloc Aïllat.

Tipologia 2: Edifici Plurifamiliar entre mitgeres

Aquest edifici es correspon amb una de les tipologies estudiades al Pla d'energia, canvi climàtic i qualitat de l'aire de Barcelona (PECQ 2011-2020). S'ha pres la seva definició arquitectònica i d'emplaçament però adaptat a les qualitats constructives i condicions de funcionament de la resta de tipologies.

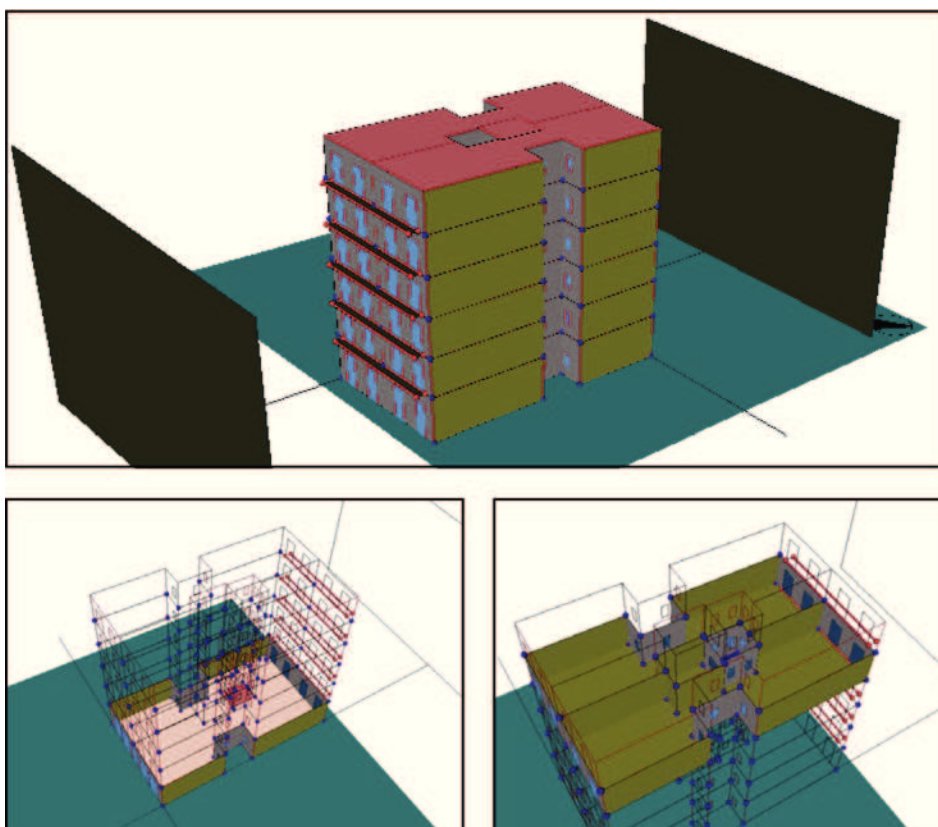
Es tracta d'un edifici d'habitatges entre mitgeres situat a Barcelona amb planta Baixa + 5. A la Planta baixa s'ubiquen locals comercials i l'accés a l'edifici. A les cinc plantes d'habitatges hi ha 2 habitatges per planta d'identiques característiques de 129 m² aprox., cadascú, (1.290 m² de superfície total d'habitatges). A la part central existeix la zona de circulació (accessos, ascensors i escales).

S'han considerat edificacions veïnes de la mateixa alçada, a 15 de distància a ambdues façanes.



Característiques arquitectòniques de l'edifici corresponent a la tipologia Bloc d'habitatges aïllat.

Pel que fa a la modelització a la següent taula es presenten algunes imatges representatives del model.

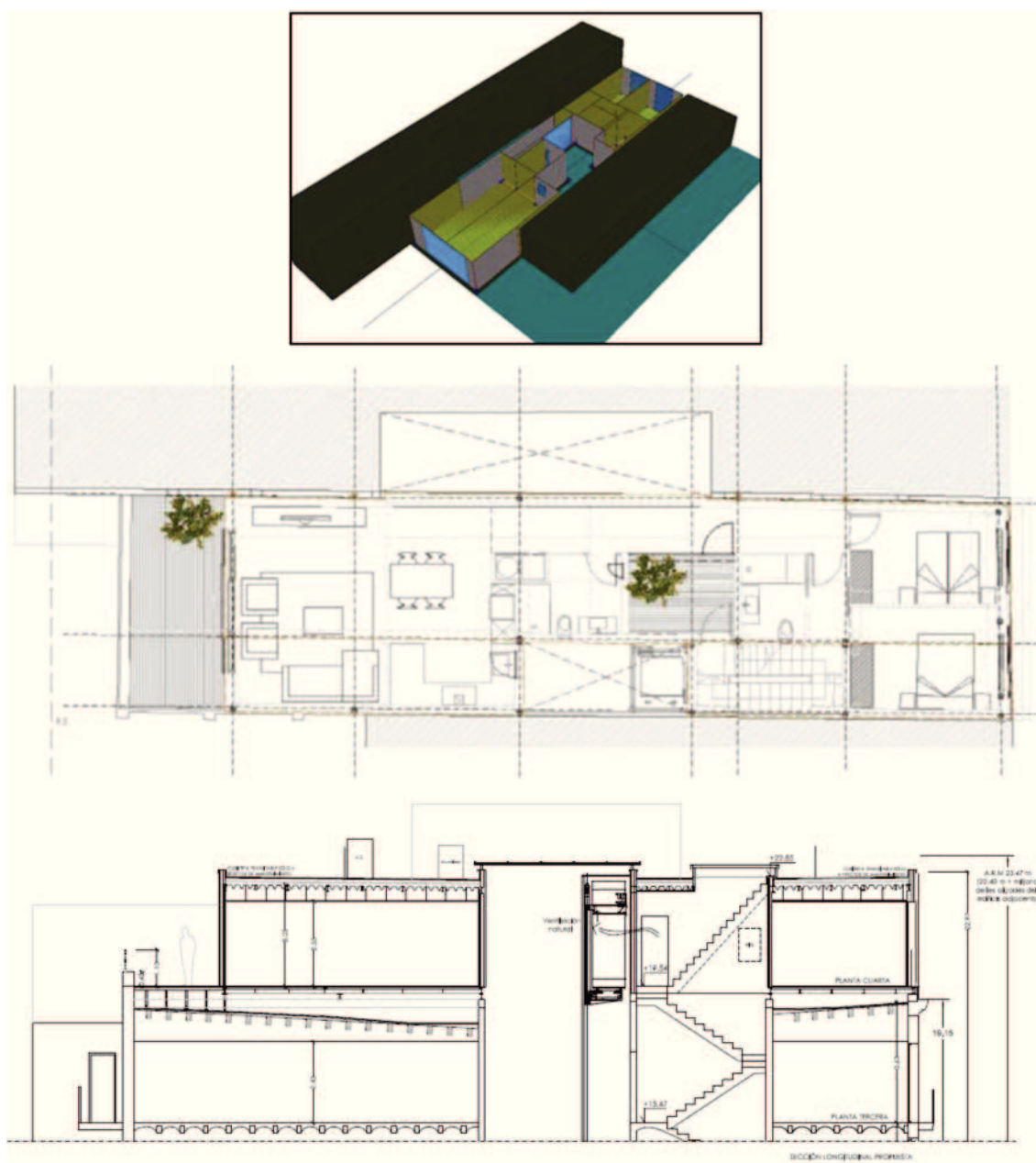


Característiques arquitectòniques de l'edifici corresponent al tipus Bloc d'habitatges entre mitgeres.

Tipologia 3: Remunta d'un habitatge

Consisteix en una remunta sobre un edifici d'habitatges entre mitgeres situat a Barcelona, per tant d'una sola planta, sota la qual se suposa l'existència d'habitatges existents de l'edifici preexistent. Es considera un sol habitatge de 91,24 m² aprox. A la part central existeix la zona de circulació (accessos, ascensors i escales).

S'ha considerat l'existència d'edificacions veïnes de la mateixa alçada, a 15 de distància a ambdues façanes.



Característiques arquitectòniques de l'habitatge corresponent al tipus Remunta entre mitgeres

Annex 2: Anàlisi dels criteris normatius

Código Técnico de la Edificación CTE

a. Exigències sobre la demanda CTE HE1

L'exigència d'aquest document limita la demanda energètica tant de calefacció com de refrigeració. Pel que fa a la calefacció limita la demanda obtinguda mitjançant una expressió que resulta del valor base i el factor corrector per superfície de la demanda energètica de calefacció. Amb aquestes consideracions, les demandes límit són les següents:

Tipologia	Superfície	Demanda calefacció	Demanda refrigeració
Bloc d'habitatges	1.746 m ²	20,57 kWh/m ² ·a	15 kWh/m ² ·a
Bloc entre mitgeres	1.290 m ²	20,78 kWh/m ² ·a	15 kWh/m ² ·a
Remunta	91,24 m ²	30,96 kWh/m ² ·a	15 kWh/m ² ·a

Demandes de calefacció i refrigeració màximes segons CTE HE1 per cada tipologia estudiada.

b. Exigències sobre el Consum d'energia primària CTE HE0

Aquesta exigència limita el consum d'energia primària procedent de fonts d'energia no renovable (EP_{nr}) dels edificis en funció de la zona climàtica i de l'ús previst, que resulta del valor base i el factor corrector per superfície de la limitació energètica del consum. Amb aquestes consideracions, els consums límit d'energia primària no renovable pels edificis objecte d'estudi són les següents:

Tipologia	Superfície	Consum EP _{nr} (Calef + Refrig + ACS)
Bloc d'habitatges	1.746 m ²	50,86 kWh/m ² ·a
Bloc entre mitgeres	1.290 m ²	51,16 kWh/m ² ·a
Remunta	91,24 m ²	66,44 kWh/m ² ·a

Consum d'energia primària no renovable màxim segons CTE HE0 per cada tipologia.

c. Exigència d'aportació solar segons CTE-HE4

Segons aquest document, per a les tipologies d'edifici d'habitatges estudiats, situades totes a Barcelona, s'estima la demanda en litres/dia d'ACS i es dedueix la cobertura solar mínima en la següent taula:

Tipologia	Habitatges	Persones (segons N° dormitoris)	Demanda ACS lt/dia a 60°	Cobertura Solar mínima
Bloc d'habitatges	20	80	1.904	40%
Bloc entre mitgeres	10	40	1.008	40%
Remunta	1	4	112	40%

Cobertura solar Mínima per ACS segons CTE HE4 per cada tipologia.

Exigències Decret d'Ecoeficiència de la Generalitat

Tot i que es troba en vigor, aquest document no fa una exigència concreta en termes de demandes límit de calefacció o refrigeració. Defineix valors límit pels paràmetres que condicionen la demanda: Transmissió tèrmica dels elements de l'envoltant i el Factor solar d'obertures en les orientacions més exposades.

Les exigències d'aquest document per la demanda energètica es consideren superades per les exigències del CTE, per la qual cosa no es faran verificacions específiques del seu compliment en els treballs de simulació i anàlisi d'aquest Treball.

Pel que fa a la cobertura solar mínima, aquest document parteix d'una zonificació climàtica diferent a la del CTE. La cobertura solar mínima que es dedueix de la seva aplicació és la següent.

Tipologia	Habitatges	Persones (segons N° dormitoris)	Demanda ACS l/dia a 60°	Cobertura Solar mínima < 5.000 l
Bloc d'habitatges	20	80	1.904	50%
Bloc entre mitgeres	10	40	1.008	50%
Remunta	1	4	112	50%

Cobertura solar Mínima per ACS segons Decret d'Ecoeficiència per cada tipologia.

Ordenança solar de Barcelona AEB

Pel que fa a la cobertura solar mínima, aquest document parteix d'una consideració de litres/persona (22 l/dia · p) diferent a la del CTE i Ecoeficiència (28 l/dia · p). La cobertura solar mínima que es dedueix de la seva aplicació és la següent.

Tipologia	Habitatges	Persones (CTE HE4)	Demanda ACS l/dia a 60°	Cobertura Solar mínima < 10.000 l
Bloc d'habitatges	20	80	1.760	60%
Bloc entre mitgeres	10	40	880	60%
Remunta	1	4	88	60%

Tal com es pot comprovar aquest document estableix la contribució solar més restrictiva i per tant es pren com a referència per a les simulacions a realitzar en aquest treball.

Exigències certificació Energètica

Per a l'ús residencial privat, la normativa relacionada amb la certificació energètica RD235/2013, no defineix cap exigència concreta respecte a la classe energètica a obtenir per als indicadors principals (Consum d'energia primària no renovable EP_{nr} o emissions de Diòxid de Carboni CO_2).

Només en el cas dels edificis terciaris s'estableix que el compliment de l'HE0 es verifica obtenint com a mínim una Classe B en l'indicador d'energia primària.

Per tal d'establir una referència d'aquests paràmetres, s'han calculat les qualificacions energètiques que teòricament obtindrien els edificis estudiats a partir de les demandes màximes establertes pel

CTE HE1¹⁷ i considerant que aquestes demandes es cobriren amb els sistemes de referència definits pel CTE HE0. Val la pena esmentar que el rendiment d'aquests sistemes es considera "constant" tal com ho aplica l'eina unificada HULC en el seu procediment de càlcul com a sistemes de substitució.

Per obtenir la qualificació energètica per als indicadors d'energia primària no renovable i emissions de CO₂ s'han pres com a referència els límits de classe establerts per I.D.A.E¹⁸ per a la zona climàtica corresponent a Barcelona i per a la tipologia habitatge en Bloc de nova construcció.

A partir d'aquestes consideracions s'estableixen les referències mínimes de certificació que es resumeixen en la següent taula.

Límit superior de la classe	Demanda [kWh/m ² -any]		Consum EP _{nr} [kWh/m ² -any]				Emissions [kg _{co₂} /m ² -any]			
	cal.	ref.	cal.	ref.	ACS	total	cal.	ref.	ACS	total
Zona C2										
A	7,7	2,1	11,2	2,1	9,6	26,8	3,3	0,5	2,3	6,1
B	17,9	3,9	26,0	4,0	11,3	43,4	6,2	1,0	2,7	9,9
C	32,4	6,6	46,9	6,7	13,8	67,3	10,5	1,7	3,3	15,3
D	54,2	10,6	78,5	10,8	17,3	103,5	16,8	2,6	4,2	23,5
E	99,8	12,8	179,6	13,0	20,3	212,9	40,9	3,2	4,9	49,0
F	108,8	15,7	210,1	16,0	22,1	240,5	47,9	3,9	5,7	57,3

Tipus	Demandes kWh/m ² -a					Consum EP _{nr} kWh/m ² -a					Emissions kg _{co₂} /m ² -a				
	Cal	Classe	Ref	Classe	ACS	Cal	Ref	ACS	Total	Classe	Cal	Ref	ACS	Total	Classe
Bloc d'habitatges	20,57	C	8,23	D	9,73	26,61	8,04	12,58	47,23	C	5,63	1,36	2,66	9,66	B
Bloc entre mitgeres	20,78	C	8,31	D	6,83	26,88	8,12	8,84	43,84	C	5,69	1,38	1,87	8,94	B
Remunta	30,96	C	12,38	D	11,12	40,05	12,10	14,39	66,53	C	8,48	2,05	3,05	13,58	C

Càlcul dels indicadors de energia primària no renovable i emissions de CO₂ a partir de la Escala de certificació energètica I.D.A.E.

A partir dels valors que s'observen en la taula anterior, es pot concloure que un bloc d'habitatge, ja sigui aïllat o entre mitgeres, que es limiti a complir amb els mínims de demanda exigits per CTE HE1, que compleixi amb la cobertura solar de l'Ordenança de Barcelona i que cobreixi aquestes demandes amb sistemes de referència com els que estableix el propi CTE, s'esperaria que obtingui una qualificació energètica B per a l'indicador d'emissions de CO₂, qualificació C per a l'indicador d'energia primària no renovable i indicadors parcials de demanda energètica Classe C i D per a les demandes de calefacció i refrigeració respectivament. Per a la tipologia de remunta, els resultats esperats són els mateixos excepte per a l'indicador global d'emissions de CO₂, on s'esperaria una classe C.

17. En el cas de la demanda de refrigeració, la referència del CTE HE1 de 15 kWh/m²-a sembla un valor excessivament conservador a la vista de resultats de simulacions habituals en edificis d'aquesta tipologia. Per aquesta raó es pren un valor més baix que es correspon amb un 40% de la demanda de calefacció i que es fixa a partir de la tendència que estableix la mateixa escala del I.D.A.E entre demandes de calor i fred així com de simulacions i estudis propis que indiquen que encara es un valor conservador però més ajustat respecte del clima de Barcelona.

18. I.D.A.E. Calificación de la eficiencia energética de los edificios versión 1.1/noviembre 2015.

Anàlisi Normativa futura nZEB

Tal i com s'ha avançat al començament d'aquest document, tot i que no hi ha una definició específica a l'àmbit estatal de l'abast i les exigències específiques dels edificis de consum gairebé nul nZEB, donada la proximitat de compliment d'aquesta exigència (2020 per tots els edificis d'obra nova i 2018 pels edificis públics), per a aquest treball s'analitza l'estat de la qüestió de la transposició a nivell europeu del que fan altres països i les tendències dels principals indicadors associats a aquesta exigència futura.

El document “Nearly Zero Energy Buildings, Definitions across Europe” elaborat pel Building Performance Institute Europe (BPIE) resumeix l'estat de l'art (a l'abril 2015) dels diferents enfocaments i indicadors utilitzats pels Estats Membres (i Noruega) per a la definició dels edificis de consum gairebé nul (nZEB) de nova planta i existents.

En la següent taula es resumeix l'estat de transposició d'aquesta exigència pels diferents països de la UE:

Country	Status of the definition	Main reference(s)	Year of enforcement		nZEB definition for new buildings				nZEB definition for existing buildings				
			Public	Non-public	EPRD scope of nZEB definition [1]	Numerical indicator	Maximum primary energy [kWh/m ²]		Share of renewable energy	Other indicators	States of the definition	Maximum primary energy [kWh/m ²]	
							Residential buildings	Non-residential buildings				Residential buildings	Non-residential buildings
Austria	✓	OIB Guidelines 6	10/2019	10/2021	✓ [7]	✓	160	170 (from 2021)	Minimum share proposed in the draft of OIG guidelines for all buildings	EP, CO ₂	✓	200	250 (from 2021)
Belgium-Bussets	✓	Amended Decree of 21/12/2007	10/2015	10/2015	✓	✓	45	~ 90 [2]	Qualitative	EP, OH	✓	54	~108 [2]
Belgium-Flanders	✓	Regulation of 25/11/2013	10/2019	10/2021	✓	✓	30% PE [5]	40% PE [5]	Quantitative [4]	EP, OH	Under development		
Belgium-Walonia	Under development	Consolidated report to EC	10/2019	10/2019	✓	Under development			Quantitative	EP	Under development		
Bulgaria	Still to be approved	National nZEB Plan, BPE study	10/2019	10/2021	✓	Still to be approved	~ 30-50	~ 40-60	Quantitative	EP	As for new buildings	~ 30-50	~ 40-60
Croatia	✓	Regulation OG 67/14, National nZEB Plan	10/2019	10/2021	✓	✓	33-41 [3]	Under development	Minimum share in current requirements for all buildings	EP	ND		
Cyprus	✓	Decrease 366/2014, Law 210(I)/2012	10/2019	10/2021	✓	✓	100	125	Quantitative	EP	As for new buildings	100	125
Czech Republic	✓	Regulation 78/2013 Coll.	2016-2018 depending on size	2018-2020 depending on size	✓	✓	75-90% [2,5]	90% [5]	Quantitative	EP, TS	As for new buildings	75-90% [2,5]	90% [5]
Denmark	✓	Building Regulations 2010	10/2019	10/2021	✓	✓	20	25	Qualitative	EP, OH, TS	As for new buildings	20	25
Estonia	✓	Regulation 68/2012	10/2019	10/2021	✓ [7]	✓	50/100 [2]	90/270 [2]	Qualitative		✗		
Finland	Under development	Consolidated report to EC	10/2018	10/2021	✓ [7]	ND			ND		ND		
France	Definition of Positive Energy Building under development [8]	Thermal Regulation 2012, National nZEB Plan	28/10/2011	10/2013	✓	✓	40-85 [2,3]	70-100 [2,3]	Quantitative [4]	EP, OH, TS	✓	80 [3]	60% PE [2]
Germany	Under development	KfW Efficiency House, National nZEB Plan	10/2019	10/2021	✓	Under development	40% PE [5]		Minimum share in current requirements for all buildings	EP	Under development	55% PE [5]	
Greece	Under development	Law 4722/2013	10/2019	10/2021	ND	ND			Minimum share in current requirements for all buildings		Under development		
Hungary	Under development	Amended decree 7/2006, study by University of Debrecen	10/2019	10/2021	✓	Under development	50-72 [2]	60-115 [2]	Quantitative	EP	Under development		
Ireland	✓	Draft definition in National nZEB Plan	10/2019	10/2021	✓	✓	45	~ 60% PE [5]	Quantitative [4]	CO ₂	Under development	75-150	

Country	Status of the definition	Main reference(s)	Year of enforcement		EPBD scope of nZEB definition [1]	Numerical indicator	nZEB definition for new buildings		Share of renewable energy	Other indicators	Status of the definition	nZEB definition for existing buildings	
			Public	Non-public			Residential buildings	Non-residential buildings				Residential buildings	Non-residential buildings
Italy	Still to be approved (under publication)	Draft of the new EPBD decree	10/1/2019	10/1/2021	✓	Still to be approved	Included in the upcoming updated version of the National nZEB Plan [2,3]	Quantitative	EP, TS	✓	As for new buildings	Included in the upcoming updated version of the National nZEB Plan [2,3]	
Latvia	✓	Regulation 383/2013	10/1/2019	10/1/2021	✓	✓	95	Quantitative	EP	✓	As for new buildings	95	
Lithuania	✓	Regulation STR-20105-2012	10/1/2019	10/1/2021	✓	✓	Included in the calculation; building needs to comply with class A++	Quantitative	EP	✓	As for new buildings	Included in the calculation; building needs to comply with class A++	
Luxembourg	✓ Details to be fixed	National nZEB Plan	10/1/2019	10/1/2021	✗ [6]	✓	Included in the calculation; building needs to comply with class A-A-A	Qualitative	EP, CO ₂	ND	ND		
Malta	Under development	National nZEB Plan	10/1/2019	10/1/2021	✓	Current values to be revised	40	Qualitative	EP	ND	ND		
Netherlands	✓	National nZEB Plan	10/1/2019	10/1/2021	✓	✓	Included in the calculation; building needs to comply with energy performance coefficient = 0	✗	EP	ND	ND		
Norway	Under development	Presentation by Research Centre on Zero Emission Buildings	10/1/2021	10/1/2021	✓	Under development		Minimum share in current requirements for all buildings	CO ₂ (main indicator), EP, TS	ND	ND		
Poland	Under development	Consolidated report to EC	10/1/2019	10/1/2021	✓	Under development	60-75 [2]	✗		ND	ND		
Portugal	Under development	Law 118/2013	10/1/2019	10/1/2021	✓	In current requirements for buildings		✗		ND	ND		
Romania	✓	National nZEB Plan	10/1/2019	10/1/2021	✓	✓	93-27 [2,3]	Quantitative	CO ₂	ND	ND		
Slovakia	✓	Decree 364/2012	10/1/2019	10/1/2021	✗ [6]	✓	32-54 [2]	Quantitative	EP	ND	ND		
Slovenia	Still to be approved	Official Journal 17/14, National nZEB Plan	10/1/2019	10/1/2021	✓	Still to be approved	45-50 [2]	Under development	EP	Still to be approved	70-90 [2]	100	
Spain	Under development	Decree 235/2013	10/1/2019	10/1/2021	✓	Under development	Included in the calculation; it is foreseen that buildings will need to comply with class A	Minimum share in current requirements for all buildings	CO ₂ (main indicator)	Under development			
Sweden	Under development	National nZEB Plan	10/1/2019	10/1/2021	✓	Under development	30-75 [2,3]	✗		ND	ND		
UK (England)	✓ Details to be fixed	National nZEB Plan, presentation by Zero Carbon Hub	10/1/2018 (from 2016 for residential buildings) [9]	10/1/2019 (from 2016 for residential buildings) [9]	✓	✓	ND	Qualitative	CO ₂ (main indicator), EP, TS	ND	ND		

Pel que fa a Espanya, des d'aquest document es pot extreure l'estat en el que es troba i les respostes que a la data s'han donat a les diferents qüestions associades a aquesta implementació. A la següent taula es resumeix l'estat d'implementació a Espanya:

País	Estat de la definició	Referències principals	Data d'aplicació		Definició nZEB per a edificis de nova planta				Definició nZEB per a edificis existents						
			Publics	No públics	Abast de la Directiva 2010/21 a la definició nZEB	Indicador numèric	Energia primària màxima (kWh/m² any)	Quota d'energies renovables	Altres indicadors	Estat de la definició	Energia primària màxima (kWh/m² any)				
Espanya	En desenvolupament	Decret 235/2013	01/10/2019	01/10/2021	OK	En desenvolupament	Inclusa al càlcul, es preveu que els edificis compleixin amb la classe A	Residencials	No residencials	Quota mínima al càlcul, es preveu que els edificis compleixin amb la classe A	CO ₂ (principal indicador)	En desenvolupament	Residencials	No residencials	Segons CTE HE0

A partir d'aquesta informació es poden remarcar els següents aspectes:

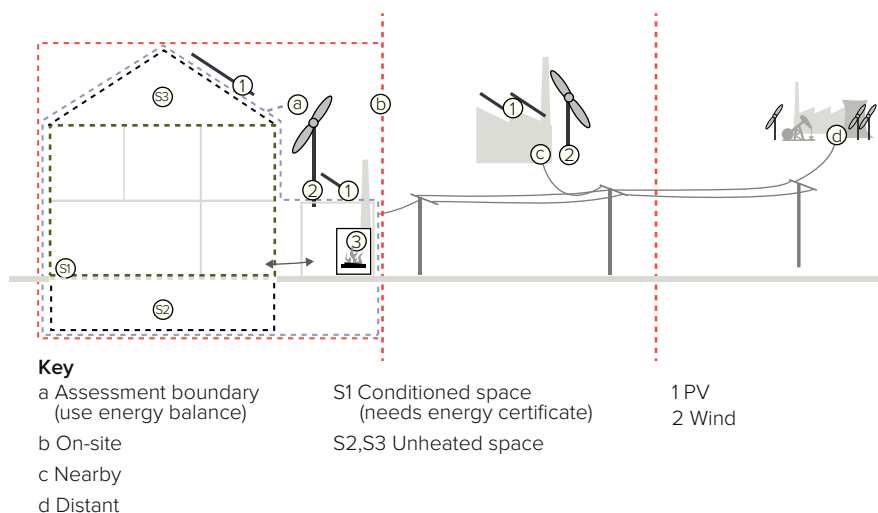
- S'aplica la consideració de l'Energia Primària no renovable EP_{nr} com a principal indicador, tot i que les emissions de CO_2 es prenen com a indicador complementari.
- A Espanya es pren com a referència del concepte nZEB la classe A de certificació Energètica.
- El document de referència a nivell estatal és el RD 235/2013 que regula la certificació energètica d'edificis.
- No hi ha concreció d'objectius i avançament en el cas d'edificis existents.

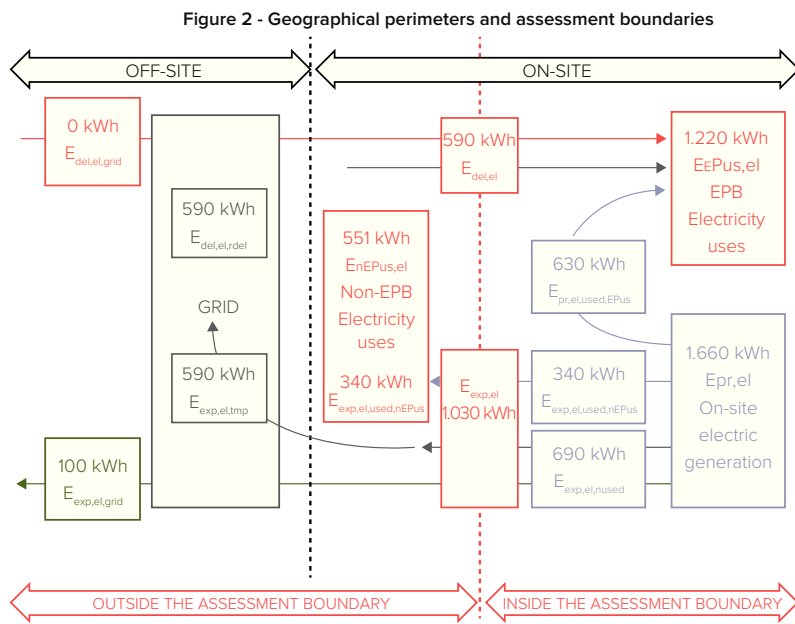
Adicionalment, la Norma EN 15603 (actualment en revisió) s'encarregarà de regular com es farà el balanç energètic que permeti concretar la definició de nZEB en tota Europa. Espanya com tots els estats membres haurà de concretar en l'imminent futur compromisos i definicions relacionades amb temes específics com: Límits de la producció energètica (On-site, Nearby, distant), zonificació dels edificis, usos a considerar, etc.

Una síntesi dels principals temes desenvolupats en aquesta norma son:

- Dona un marc general per a l'avaluació de l'ús total d'energia d'un edifici, i el càlcul de l'eficiència energètica.
- És una eina de suport a les opcions de definició a nivell nacional.
- L'avaluació no es limita a l'edifici sinó que té en compte l'impacte ambiental més ampli de la cadena de subministrament d'energia.
- Estableix definicions i conceptes sobre els límits d'avaluació: distinció entre on-site, nearby i distant per exemple.
- Inclou una referència d'estructura modular explícita per als diferents sistemes.
- Anàlisi de la possible zonificació de l'edifici.

A manera de síntesi a continuació es presenten els principals esquemes que resumeixen els conceptes i definicions que es definiran en el marc d'aquesta norma:





Norma EN 15603: esquema de referència per a l'avaluació de l'energia exportada amb xifres d'exemple.

Annex 3: Anàlisi econòmic de les opcions simulades

Anàlisi d'opcions d'envoltant tèrmica

Aquest anàlisi es fa a partir de les variacions que suposa a cadascuna de les tipologies l'obtenció d'una Classe B a l'indicador de demanda energètica de calefacció. Aquestes variacions es resumeixen a la següent Taula.

Característiques	Tipologia 1. Bloc Aïllat					Tipologia 2. Bloc entre mitgeres					Tipologia 3. Remunta							
	Cas Base (Mínim CTE)	Classe B	Diferència	€/m ²	m ²	€/m ²	Cas Base (Mínim CTE)	Classe B	Diferència	€/m ²	m ²	€/m ²	Cas Base (Mínim CTE)	Classe B	Diferència	€/m ²	m ²	€/m ²
	Valors Aïllat / Caract						Valors Aïllat / Caract						Valors Aïllat / Caract					
Mur exterior	12,0	13,0	1,0	3,58	1.830,4	6.552,83 €	14,0	14,0	0,0			8	18	10	22,71	40,6	922,03 €	
Coberta	12,0	12,0	0,0				12,0	16,5	4,5	9,28	300,37	2.787,43 €	9	20	11	26,29	110,91	2.915,82 €
Forjats / Locals Comercials	6,0	6,0	0,0				6,0	6,0	0,0				1,5	8	6,5	20,95	110,91	2.323,56 €
Obertures (Vidres)	BE 4/9/4	BE 4/15/4	=				BE 4/15/4	BE 4/15/4	=				BE 4/9/4	BE Plus6/15/6	BE Plus			
Obertures (Marcs)	Fusta/PVC/TPT	Fusta/PVC/TPT	=				Fusta/PVC/TPT	Fusta/PVC/TPT	=				Fusta/PVC/TPT	Fusta/PVC/TPT	=			
Transmitància Obertures	2,1	1,9	-0,2	28,24	429,36	12.125,13 €	1,9	1,9	=	28,24	214,68	6.062,56 €	2,12	1,4	-0,72	34,59	25,5	881,70 €
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m ³ /hm ²	C3 = 9 m ³ /hm ²	=				C3 = 9 m ³ /hm ²	C3 = 9 m ³ /hm ²	=				C3 = 9 m ³ /hm ²	C3 = 9 m ³ /hm ²	=			
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h	0,63 ren/h	=				0,63 ren/h	0,63 ren/h	=				0,63 ren/h	0,63 ren/h	=			
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	Eliminats tots	=				Eliminats tots	Eliminats tots	=				Eliminats tots	Eliminats tots	=			
				Subtotal		18.677,96 €				Subtotal		8.850,00 €				Subtotal		7.043,11 €
				Benef Ind (19%)		3.548,81 €				Benef Ind (19%)		1.681,50 €				Benef Ind (19%)		1.338,19 €
				IVA (21%)		3.922,37 €				IVA (21%)		1.858,50 €				IVA (21%)		1.479,05 €
				Total PEC		26.149,14 €				Total PEC		12.390,00 €				Total PEC		9.860,36 €
				€/m²		14,94 €				€/m²		9,14 €				€/m²		108,07 €
				€/vív		1.045,97 €				€/vív		1.005,83 €				€/vív		9.860,36 €

Síntesis de variacions sobre l'envoltant per assolir la classe B a les diferents tipologies.

Per a la valoració econòmica del que suposa l'augment de característiques, s'ha consultat la base de preus de referència BEDEC de l'ITeC i el generador de preus de Cype. També s'han tingut en consideració les valoracions d'estudis com el PECQ i el T-nZEB del CENER, en aquests darrers casos les consideracions eren referides principalment a accions de rehabilitació.

Per al cas del Bloc aïllat

Per obtenir la Classificació B, s'ha d'augmentar en 1 cm l'aïllament als murs exteriors i cal millorar la transmitància dels vidres d'un baix emissiu de 4/9/4 a 4/15/4.

Per tal de repercutir la diferència econòmica que suposa l'increment d'un centímetre d'aïllament, s'ha extret la diferència que suposa entre dos partides d'aïllament que difereixen 1 cm, així doncs es conclou que l'adhesió d'un cm més d'aïllament representa 3,58 €/m² de PEC.

Tipologia 1. Bloc Aïllat			
Banc BEDEC			Increment
E7C9G5Q4	Aïllament de llana de roca densitat 126 a 160 kg/m ³ de e = 40 mm amb $\lambda \leq 0,04$ W/mK	9,85 €/m ²	
E7C9G684	Aïllament de llana de roca densitat 126 a 160 kg/m ³ de e = 50 mm amb $\lambda \leq 0,04$ W/mK	13,43 €/m ²	3,58 €/m ²

El mateix s'ha realitzat per a obtenir la diferència que suposa millorar la transmitància de les obertures, en aquest cas utilitzant el generador de preus de Cype. S'ha realitzat una aproximació amb composicions de vidres similars a les que permeten obtenir les transmitàncies simulades al no disposar de les característiques exactes del tipus d'envidrament.

Tipologia 1. Bloc Aïllat			
Banc BEDEC			Increment
LVC010	Doble envidrament estàndard, 4/6/4, Estàndard U = 2,5 W/(m ² K)	109,91 €/m ²	
LVC010	Doble envidrament de baixa emissivitat tèrmica 6/20/6+6, amb calçs i segellat. U 1,4	138,15 €/m ²	28,24 €/m ²

La descripció detallada d'aquestes partides es la següent:

LVC010 m ² Doble envidrament					
Doble envidrament temprat de baixa emissivitat tèrmica 4/6/6 color blau amb calçs i segellat continu. U = 2,5 W/(m ² K)					
Descomposat	Ud	Descomposició	Rend.	Preu unitari	Preu partida
mt21veg01xadc	m ²	Doble envidrament temprat, de baixa emissivitat tèrmica, conjunt format per vidre exterior de baixa emissivitat tèrmica de 4 mm, cambra d'aire deshidratada amb perfil separador d'alumini i doble segellat perimetral, de 6 mm, i vidre interior temprat, de color blau de 6 mm de gruix.	1,006	89,03	89,56
mt21va015	Ud	Cartutx de silicona sintètica incolora de 310 ml (rendiment aproximat de 12 m por cartutx).	0,580	2,42	1,40
mt21va021	Ud	Material auxiliar para la col·locació de vidres.	1,000	1,26	1,26
mo055	h	Oficial 1ª vidrier.	0,344	18,62	6,41
mo110	h	Ajudant vidrier.	0,344	17,42	5,99
	%	Mitjans auxiliars.	2,000	104,62	2,09
	%	Costos indirectes.	3,000	106,71	3,20
Cost de manteniment desenat: 23,08 € als primers 10 anys.				Total	109,91

LVC010 m ² Doble envidrament.					
Doble envidrament temprat de baixa emissivitat tèrmica i seguretat (lam inat), de color blau 6/20/6+6, amb calçs i segellat continu. U = 1,4 W/(m ² K)					
Descomposat	Ud	Descomposició	Rend.	Preu unitari	Preu partida
mt21veg025icvd	m ²	Doble envidrament temprat, de baixa emissivitat tèrmica i seguretat (laminar), conjunt format per vidre exterior temprat de color blau 6 mm cambra d'aire deshidratada amb perfil separador d'alumini i doble segellat perimetral, de 20 mm, i vidre interior laminar de baixa emissivitat tèrmica 6+6 mm compostat per dues llunes de vidre de 6 mm, unides mitjançant una làmina incolora de butiral de polivinil.	1,006	115,75	116,44
mt21va015	Ud	Cartutx de silicona sintètica incolora de 310 ml (rendiment aproximat de 12 m por cartutx).	0,580	2,42	1,40
mt21va021	Ud	Material auxiliar para la col·locació de vidres.	1,000	1,26	1,26
mo055	h	Oficial 1 ^a vidrier.	0,344	18,62	6,41
mo110	h	Ajudant vidrier.	0,344	17,42	5,99
	%	Mitjans auxiliars.	2,000	131,50	2,63
	%	Costos indirectes.	3,000	134,13	4,02
Cost de manteniment desenal: 29,01 € als primers 10 anys.				Total	138,15

A la taula següent es mostra la valoració econòmica que suposaria, en el cas del edifici aïllat, obtenir la Classe B. S'ha repercutit la totalitat de les façanes i la totalitat de les finestres. Això dona un total PEC 26.149,14 €, que suposaria uns 14,94 €/m² de repercussió el que suposa uns 1.045,97 € per habitatge.

Característiques	Tipologia 1. Bloc Aïllat					
	Cas Base (Mínim CTE)	Classe B	Diferència	€/m ²	m ²	€
	Valors Aïllat / Caract					
Mur exterior	12,0	13,0	1,0	3,58	1.830,4	6.552,83 €
Coberta	12,0	12,0	0,0			
Forjats / Locals Comercials	6,0	6,0	0,0			
Obertures (Vidres)	BE 4/9/4	BE 4/15/4	=			
Obertures (Marcs)	Fusta/PVC/TPT	Fusta/PVC/TPT	=			
Transmitància Obertures	2,1	1,9	-0,2	28,24	429,36	12.125,13 €
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m ³ /hm ²	C3 = 9 m ³ /hm ²	=			
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h	0,63 ren/h	=			
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	Eliminats tots	=			
Subtotal						18.677,96 €
Benef Ind (19%)						3.548,81 €
IVA (21%)						3.922,37 €
Total PEC						26.149,14 €
€/m²						14,94 €
€/viv						1.045,97 €

Resum dels costos associats a les millores en l'envoltant per assolir una Classe B en demanda de calefacció.

Per al cas del Bloc entre mitgeres

Per tal d'obtenir la Classe B s'ha d'augmentar en 4,5 cm l'aïllament a les cobertes.

Per tal de repercutir la diferència econòmica que suposa l'increment de 4,5 cm d'aïllament, s'ha procedit de la mateixa manera fent la diferència entre dos partides d'aïllament que difereixen uns 5 cm, al no disposar de partides que difereixen concretament els 4,5 cm. Així doncs es conclou que la incorporació de quatre cm més d'aïllament representen 9,14 €/m² de PEC.

Tipologia 2. Bloc entre mitgeres			
Banc BEDEC			Increment
E7C9G684	Aïllament de llana de roca densitat 126 a 160 kg/m ³ de e = 50 mm amb $\lambda \leq 0,04$ W/mk	13,43 €/m ²	
E7C9GE84	Aïllament de llana de roca densitat 126 a 160 kg/m ³ de e = 100 mm amb $\lambda \leq 0,04$ W/mk	22,71 €/m ²	9,28 €/m ²

Pel que fa a les fusteries, tot i que aquest escenari no suposa la variació de la qualitat constructiva de finestres s'ha volgut mantenir un cost associat a una modificació de qualitats semblant a la de la tipologia anterior, tot i que reflectida sobre una superfície de finestres menor. Aquesta consideració es fa tenint en compte que s'ha estimat que la millora constructiva de l'escenari que obté la classe B es centra en l'augment d'aïllament de coberta (a efectes de simulació), però pot ser que a la realitat s'intervengui en altres elements de l'envoltant (com finestres) que puguin repercutir en benefici de tots els veïns, i no tan sol dels de sota coberta.

A la taula següent es mostra la valoració econòmica que suposaria, en el cas del edifici entre mitgeres, l'obtenció de la Classe B. Això dona un total PEC 12.390,00 €, que suposaria uns 9,14 €/m² de repercussió, el que suposa uns 1.005,83 € per habitatge.

Característiques	Tipologia 2. Bloc entre mitgeres					
	Cas Base (Mínim CTE)	Classe B	Diferència	€/m ²	m ²	€
	Valors Aïllam / Caract					
Mur exterior	14,0	14,0	0,0			
Coberta	12,0	16,5	4,5	9,28	300,37	2.787,43 €
Forjats / Locals Comercials	6,0	6,0	0,0			
Obertures (Vidres)	BE 4/15/4	BE 4/15/4	=			
Obertures (Marcs)	Fusta/PVC/TPT	Fusta/PVC/TPT	=			
Transmitància Obertures	1,9	1,9	=	28,24	214,68	6.062,56 €
Permeabilitat Finestres	C3= 9 m ³ /hm ²	C3= 9 m ³ /hm ²	=			
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h	0,63 ren/h	=			
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	Eliminats tots	=			
Subtotal						8.850,00 €
Benef Ind (19%)						1.681,50 €
IVA (21%)						1.858,50 €
Total PEC						12.390,00 €
€/m²						9,14 €
€/viv						1.005,83 €

Resum dels costes associats a les millores en l'envoltant per assolir una Classe B en demanda de calefacció.

Cas d'habitatge en Remunta

Per tal d'obtenir la Classificació B es el cas que suposa un esforç més gran: S'ha d'augmentar en 10 cm l'aïllament a les façanes, 11 cm a la coberta, 6,5 cm al terra i una millora significativa a les transmissió dels vidres d'un baix emissiu de 4/9/4 a 6/15/6. S'ha realitzat el mateix exercici per tal d'obtenir els valors econòmics.

Tipologia 3. Remunta			
Banc BEDEC			Increment
E7C9GE84	Aïllament de llana de roca densitat 126 a 160 kg/m ³ de e = 100 mm amb $\lambda \leq 0,04$ W/mK	22,71 €/m ²	
E7C9GE84	Aïllament de llana de roca densitat 126 a 160 kg/m ³ de e = 110 mm amb $\lambda \leq 0,04$ W/mK	26,29 €/m ²	
E7C9XQL1	Aïllament de llana de roca densitat 106 a 115 kg/m ³ de e = 160 mm amb $\lambda \leq 0,036$ W/mK	43,66 €/m ²	20,95 €/m ²

El mateix s'ha realitzat per a obtenir la diferència que suposa millorar la transmissió de les obertures, també a partir de les dades del generador de preus de Cype. S'ha realitzat una aproximació amb composicions de vidres similars a les que permeten obtenir les transmissió simulades en no disposar de les característiques exactes del tipus d'envidrament.

Tipologia 3. Remunta			
Banc BEDEC			Increment
LVC010	Doble envidrament estàndard, 4/6/4, Estàndard U = 2,5 W/(m ² K)	109,91 €/m ²	
LVC010	Doble acristalament de baixa emissivitat tèrmica 6/20/8+8, amb calçs i segellat continu. U = 1,1 W/(m ² K)	144,50 €/m ²	34,59 €/m ²

La descripció detallada d'aquesta opció de fusteries considerada es la següent:

LVC010 m ² Doble envidrament.					
Doble envidrament trepat de baixa emissivitat tèrmica i seguretat (laminat) de color blau 6/20/8+8, amb calçs i segellat continu. U = 1,1 W/(m ² K)					
Descomposat	Ud	Descomposició	Rend.	Preu unitari	Preu partida
mt21veg025idve	m ²	Doble envidrament trepat de baixa emissivitat tèrmica i seguretat (laminar), conjunt format per vidre exterior trepat de color blau 6 mm cambra de gas deshidratada amb perf il separador d'alumini i doble segellat perimetral, de 20 mm, omplert de gas argó i vidre interior laminar de baixa emissivitat tèrmica 8+8 mm compost per dos llunes de vidre de 8 mm, unides mitjançant una làmina incolora de butiral de polivinil.	1,006	121,75	122,48
mt21va015	Ud	Cartutx de silicona sintètica incolora de 310 ml (rendiment aproximat de 12 m por cartutx).	0,580	2,42	1,40
mt21va021	Ud	Material auxiliar para la col·locació de vidres.	1,000	1,26	1,26
mo055	h	Oficial 1 ^a vidrier.	0,344	18,62	6,41
mo110	h	Ajudant vidrier.	0,344	17,42	5,99
	%	Mitjans auxiliars.	2,000	137,54	2,75
	%	Costos indirectes.	3,000	140,29	4,21
Cost de manteniment desenat: 30,35 € als primers 10 anys.				Total	144,50

La valoració global de la repercussió per a aquesta tipologia es resumeix a continuació:

Característiques	Tipologia 3. Remunta					
	Cas Base (Mínim CTE)	Classe B	Diferència	€/m²	m²	€
	Valors Aïllam / Caract					
Mur exterior	8	18	10	22,71	40,6	922,03 €
Coberta	9	20	11	26,29	110,91	2.915,82 €
Forjats / Locals Comercials	1,5	8	6,5	20,95	110,91	2.323,56 €
Obertures (Vidres)	BE 4/9/4	BE Plus6/15/6	BE Plus			
Obertures (Marcs)	Fusta/PVC/TPT	Fusta/PVC/TPT	=			
Transmitància Obertures	2,12	1,4	-0,72	34,59	25,5	881,70 €
Permeabilitat Finestres	C3 = 9 m³/hm²	C3 = 9 m³/hm²	=			
Ventilació de l'edifici	0,63 ren/h	0,63 ren/h	=			
Ponts Tèrmics	Eliminats tots	Eliminats tots	=			
Subtotal						7.043,11 €
Benef Ind (19%)						1.338,19 €
IVA (21%)						1.479,05 €
Total PEC						9.860,36 €
€/m²						108,07 €
€/viv						9.860,36 €

Resum dels costos associats a les millores en l'envoltant per assolir una Classe B en demanda de calefacció.

Aquesta valoració suposa un total de PEC 9.860,36 €, que en tractar-se d'un sol habitatge queda repercutit tot a aquesta unitat.

Anàlisi d'opcions amb sistemes eficients

En primer lloc es calculen els costos dels sistemes corresponents a l'escenari base a partir de les característiques de cadascun dels sistemes que cobreixen les diferents demandes de calor, fred i ACS:

Opció	Font dades	Descripció	Preu €/un	Total	
Sistemes de referència	Calefacció + ACS	BEDEC / ITEC EE226N5M	Caldera estanca de condensació, mural de 23 a 28 kW de potència calorífica, de planxa d'acer per a calefacció aigua calenta sanitària de 3 bar de pressió, producció d'aigua calenta sanitària amb microacumulador, per a gas natural, amb vàlvules, vas d'expansió i conjunt d'accessoris, col·locat.	1.575,72 €	3.870,52 €
	Refrigeració	BEDEC / ITEC EEG13179	Condicionador partit d'expansió directa amb condensació per aire de tipus mural, unitat exterior amb ventiladors axials, 1 unitat interior amb ventilador centrífug, comandament a distància i termòstat, de 7,5 kW de potència frigorífica, de EER de 2,00 a 2,20, amb alimentació monofàsica de 230 V, amb 1 compressor hermètic rotatiu i fluid frigorífic R407 o R410a, col·locat.	1.309,90 €	
	Renovables Cobertura 60% ACS	BEDEC / ITEC 1EA1U010	Instal·lació de sistema de captació solar amb 15 captador, incloent la base de recolzament sobre teulada, connexions del camp de col·lectors amb tub de coure amb aïllament d'escuma elàstica amb recobriments d'alumini, 25 m de canonada per a connectar els col·lectors amb sala de calderes o dipòsit acumulador amb tub de coure amb aïllament d'escuma elàstica, bomba acceleradora, vàlvules de bola, de retenció i de seguretat, i dipòsit d'expansió, termòmetre i manòmetre per control de circuit. Es calcula el cost reflectit proporcionalment per habitatge.	984,90 €/habitatge	

Estimació de costos sistemes de referència. Repercussió per habitatge.

Els escenaris considerats en les opcions 1 i 2 de sistemes són els següents:

Sistemes Optimitzats 1

Es proposa en aquest escenari que la producció d'ACS (de suport a l'aportació solar del 60%) i la calefacció s'atenguin amb un sistema mixt individual per habitatge, en el que la producció la faci una caldera de Gas natural amb un rendiment de 106%, que es correspondria amb una caldera de condensació de bones prestacions que ofereix el mercat.

Per al Servei de refrigeració se simula un equip equivalent a un sistema de compressió elèctric amb un rendiment (EER) nominal del 250%, també a l'abast en el mercat sense grans sobre costos. L'estimació de costos a partir de dades ITEC són:

Opció	Font dades	Descripció	Preu €/un	Total	
Sistema OPT. 1	Producció Calor + ACS	BEDEC / ITEC EE227N6A	Caldera estanca de condensació, mural de 28 a 33 kW de potència calorífica, de planxa d'alumini per a calefacció aigua calenta sanitària de 3 bar de pressió, producció d'aigua calenta sanitària amb acumulació dinàmica, per a gas natural, amb vàlvules, vas d'expansió i conjunt d'accessoris, col·locat.	1.909,96 €	4.507,11 €
	Producció Fred	BEDEC / ITEC EEGB129E	Bomba de calor partida d'expansió directa amb condensació per aire de sostre, unitat exterior amb ventiladors axials, 1 unitat interior amb ventilador centrífug, comandament a distància i termòstat, de 4,5 a 5,5 kW de potència tèrmica aproximada tan en fred com en calor, de EER de 2,40 a 2,60, amb alimentació monofàsica de 230 V, amb 1 compressor hermètic rotatiu i fluid frigorífic R407 o R410a, col·locat.	1.309,90 €	
	Renovables Cobertura 60% ACS	BEDEC / ITEC 1EA1U010	Instal·lació de sistema de captació solar amb 15 captador, incloent la base de recolzament sobre teulada, connexions del camp de col·lectors amb tub de coure amb aïllament d'escuma elastomèrica amb recobriments d'alumini, 25 m de canonada per a connectar els col·lectors amb sala de calderes o dipòsit acumulador amb tub de coure amb aïllament d'escuma elastomèrica, bomba acceleradora, vàlvules de bola, de retenció i de seguretat, i dipòsit d'expansió, termòmetre i manòmetre per control de circuit. Es calcula el cost reflectit proporcionalment per habitatge.	984,90 €/habitatge	

Estimació de costes sistemes de referència. Repercussió per habitatge.

Sistemes Optimitzats 2

En aquest escenari s'ha suposat que la calefacció i refrigeració s'atenen de forma conjunta amb un sistema individual per habitatge a partir d'una Bomba de Calor de rendiment nominal (COP, EER) 350% per a ambdós serveis¹⁹. També es considera que es mantindria l'aportació solar del 60% i que el sistema de suport a l'ACS seria una caldera de condensació de rendiment 106%. L'estimació de costos a partir de dades ITEC son:

Opció	Font dades	Descripció	Preu €/un	Total	
Sistema OPT. 2	Producció Calor/Fred	BEDEC / ITEC EEGB149A	Bomba de calor partida d'expansió directa amb condensació per aire de sostre, unitat exterior amb ventiladors axials, 1 unitat interior amb ventilador centrifug, comandament a distància i termòstat, de 6,5 a 7,5 kW de potència tèrmica aproximada tan en fred com en calor, de EER > 3,20, amb alimentació monofàsica de 230 V, amb 1 compressor hermètic rotatiu i fluid frigorífic R407 o R410a, col·locat.	2.022,25 €	5.335,01 €
		BEDEC / ITEC E841C50	Cel ras de plaques d'escaiola per a revestir, de 600 x 1.200 mm sistema sifx i suspensió amb filferro galvanitzat fixat amb tacs i cargols a l'estructura.	417,90 €	
	Producció ACS	BEDEC / ITEC EE227N6A	Caldera estanca de condensació, mural de 28 a 33 kW de potència calorífica, de planxa d'alumini per a calefacció aigua calenta sanitària de 3 bar de pressió, producció d'aigua calenta sanitària amb acumulació dinàmica, per a gas natural, amb vàlvules, vas d'expansió i conjunt d'accessoris, col·locat.	1.909,96 €	
	Renovables Cobertura 60% ACS	BEDEC / ITEC 1EA1U010	Instal·lació de sistema de captació solar amb 15 captador, incloent la base de recolzament sobre teulada, connexions del camp de col·lectors amb tub de coure amb aïllament d'escuma elastomèrica amb recobriments d'alumini, 25 m de canonada per a connectar els col·lectors amb sala de calderes o dipòsit acumulador amb tub de coure amb aïllament d'escuma elastomèrica, bomba acceleradora, vàlvules de bola, de retenció i de seguretat, i dipòsit d'expansió, termòmetre i manòmetre per control de circuit. Es calcula el cost reflectit proporcionalment per habitatge.	984,90 €/habitatge	

Estimació de costes sistemes de referència. Repercussió per habitatge.

Finalment, com a opció a incorporar en qualsevol escenari, es va avaluar la repercussió d'un sistema de recuperació de calor que permetés reduir la taxa de ventilació en almenys un 25% respecte dels mínims de CTE HS3. L'estimació de costos a partir de dades del Banc Cype és:

IVM025 Ud recuperador de calor estàtic.					
Recuperador de calor estàtic, de baixa silueta, muntatge horitzontal, cabal màxim 300 m³/h, recuperació de calor de fins el 90%, de 760 x 620 x 240 mm, amb bypass per a free-cooling, per a ventilació mecànica.					
Descomposat	Ud	Descomposició	Rend.	Preu unitari	Preu partida
mt20svi600a	Ud	Recuperador de calor estàtic, de baixa silueta, muntatge horitzontal, cabal màxim 300.	1,000	989,80	989,80
mt20svi610a	Ud	Bypass per a free-cooling, per a recuperador de calor estàtic, de 430 x 620 x 240 mm.	1,000	625,65	625,65
mo011	h	Oficial 1ª muntador.	0,251	17,82	4,47
mo080	h	Ajudant muntador.	0,251	16,13	4,05
	%	Mitjans auxiliars.	2,000	1.623,97	32,48
	%	Costos indirectes.	3,000	1.656,45	49,69
Cost de manteniment desenal: 290,04 € als primers 10 anys.				Total	1.706,14

¹⁹ Tot i que existeixen sistemes com els d'Aerotèrmia que poden aconseguir valors de COP i/o EER millors, associats a marques i equips específics, s'ha optat per aquesta consideració que suposa un escenari intermediari a partir de les tecnologies disponibles.

RTA010 m² Fals sostre continu de plaques d'escaiola.					
Fals sostre continu per revestir, situat a una alçada menor de 4 m, de plaques nervades d'escaiola, de 100 x 60 cm, amb cantell recte i acabat llis, suspeses del sostre mitjançant estopades penjants.					
Descomposat	Ud	Descomposició	Rend.	Preu unitari	Preu partida
mt12fpe010b	m²	Placa d'escaiola, nervada, de 100 x 60 cm i de 8 mm de gruix (20 mm de gruix total, incloent les nervadures), amb cantell recte i acabat llis, sense revestir, per falsos sostres.	1,050	3,11	3,27
mt12fac010	kg	Fibres vegetals en rotllos.	0,220	1,35	0,30
mt09pes010	m³	Pasta d'escaiola, segons UNE-EN 13279-1.	0,006	124,50	0,75
mo035	h	Oficial 1ª guixaire.	0,213	17,24	3,67
mo117	h	Peó guixaire.	0,213	15,92	3,39
	%	Mitjans auxiliars.	2,000	11,38	0,23
	%	Costos indirectes.	3,000	11,61	0,35
Cost de manteniment desenat: 2,03 € als primers 10 anys.				Total	11,96
				Total 30 m²	358,80

IVM023 Ud Reixeta per a interiors.					
Reixeta d'alumini anoditzat, amb lamel·les horitzontals fixes, sortida d'aire perpendicular a la reixeta, color natural, per ventilació mecànica.					
Descomposat	Ud	Descomposició	Rend.	Preu unitari	Preu partida
mt20sva150a	Ud	Reixeta d'alumini anoditzat, amb lamel·les horitzontals fixes d'alumini extruït, sortida d'aire perpendicular a la reixeta, color natural, per a conducte d'admissió o extracció, de 125 mm de diàmetre.	1,000	59,76	59,76
mo011	h	Oficial 1ª muntador.	0,150	17,82	2,67
mo080	h	Ajudant muntador.	0,150	16,13	2,42
	%	Mitjans auxiliars.	2,000	64,85	1,30
	%	Costos indirectes.	3,000	66,15	1,98
Cost de manteniment desenat: 3,41 € als primers 10 anys.				Total	68,13
				Total 4 Ud	272,52
				Total partida	2.337,46

Estimació de costes sistemes de referència. Repercussió per habitatge.

A la següent taula es sintetitzen els costos dels diferents sistemes avaluats:

	Servei	Vector Energ	Rendim	Tecnologia	Unitat	Cost	Total	Dif/Hab	€/m ²
Sistema de Referència	Producció Calor i ACS	Gas natural	92%	Caldera de Condensació Bàsica	Un/Habitatge	1.575,72 €	3.870,52 €		
	Producció Fred	Electricitat	200%	Tipus Split individual	Un/Habitatge	1.309,90 €			
	Aportació Solar	Solar/Ren	60% cobert	Captadors solars tèrmics	Un/Habitatge	984,90 €			
Sistema OP. 1	Producció Calor i ACS	Gas natural	106%	Caldera de condensació Plus	Un/Habitatge	1.909,96 €	4.507,11 €	636,59 €	9,09 €
	Producció Fred	Electricitat	250%	Bomba de calor	Un/Habitatge	1.612,25 €			
	Producció Solar	Solar/Ren	60% Cobert	Captadors solars tèrmics	Un/Habitatge	984,90 €			
Sistema OP. 2	Producció Calor i Fred	Electricitat	350%	Bomba de calor	Un/Habitatge	2.440,15 €	5.335,01 €	1.464,49 €	20,92 €
	Producció ACS	Gas natural	106%	Caldera de condensació Plus	Un/Habitatge	1.909,96 €			
	Producció Solar	Solar/Ren	60% cobert	Captadors solars tèrmics	Un/Habitatge	984,90 €			
Rec. Calor	Ventilació	Electricitat	> 50%	Recuperació de calor	Un/Habitatge	2.337,46 €	2.337,46 €	2.337,46 €	33,39 €

Resum estimació de costes sistemes de referència dels diferents escenaris. Repercussió per habitatge.

