




Escola Universitària d'Enginyeria  
Tècnica Industrial de Barcelona  
Consorci Escola Industrial de Barcelona

UNIVERSITAT POLIT CNICA DE CATALUNYA

Memòria

A background image of a classical building facade with a central tower and many windows.

# "METODOLOGIA PER A UNA AVALUACIÓ ENERG TICA COMPARATIVA EN L' S DELS EDIFICIS"

TFG presentat per optar al títol de GRAU en  
ENGINYERIA DE L'ENERGIA  
per **Laia Duran Mestre**

Barcelona, 8 de Gener de 2014

Director: Roberto Villaf fila Robles  
Departament d'Enginyeria El ctrica (709)  
Universitat Polit cnica de Catalunya (UPC)

# ÍNDEX MEMÒRIA

Resum .....	4
Resumen .....	4
Abstract .....	5
Índex de figures .....	6
Índex de taules .....	8
CAPÍTOL 1. Introducció .....	10
1.1. Objectius .....	12
CAPÍTOL 2. Normativa.....	14
CAPÍTOL 3. Estat de l'art de la certificació energètica.....	17
3.1. Estàndards mundials.....	17
3.2. Eines de certificació a Europa .....	18
3.2.1. Dinamarca .....	21
3.2.2. Alemanya .....	22
3.2.3. Anglaterra .....	22
3.2.4. Noruega .....	22
3.3. Aspectes a destacar dels models europeus.....	23
CAPÍTOL 4. Càlcul del rendiment energètic d'edificis existents.....	25
4.1. Especificacions tècniques de la metodologia de càlcul de la qualificació d'eficiència energètica .....	26
4.1.1. Indicadors energètics .....	27
4.1.2. Condicions normals de funcionament i ocupació de l'edifici .....	27
4.1.3. Càlcul de la demanda energètica i del rendiment .....	27
4.1.4. Abast i característiques dels programes informàtics ....	28
4.2. Procediments informàtics de qualificació energètica.....	28

4.2.1.	General o Prestacional.....	30
4.2.2.	Simplificada o Prescriptiva .....	31
4.3.	Debitats generals .....	32
CAPÍTOL 5. Indicadors per comparar edificis residencials segons l'ús .....		34
5.1.	Indicador kWh/any·m <sup>2</sup> ·persona.....	35
5.1.1.	Contextualització .....	35
5.1.2.	Càlcul indicador kWh/any·m <sup>2</sup> ·persona.....	37
5.2.	Indicador consum diferents electrodomèstics.....	39
5.2.1.	Contextualització .....	39
5.2.2.	Càlcul indicador consum diferents electrodomèstics.....	41
5.2.3.	Despesa energètica electrodomèstics .....	46
5.3.	Indicador calefacció i refrigeració.....	53
5.3.1.	Contextualització .....	53
5.3.2.	Càlcul indicador calefacció i refrigeració.....	56
5.4.	Indicador il·luminació .....	59
5.4.1.	Contextualització .....	59
5.4.2.	Comparativa dels diferents tipus de il·luminació.....	60
CAPÍTOL 6. Conclusions.....		63
6.1.	Treballs futurs .....	65
Referències bibliogràfiques .....		67
Bibliografia de consulta .....		74
Annex .....		77
Annex 1.	Informes de certificació a Europa.....	78
Annex 2.	Etiqueta energètica dels diferents electrodomèstics.....	80
Annex 3.	Pressupost .....	82

## RESUM

A aquest projecte s'analitza alguns paràmetres que el model de certificació actual no contempla, per tal de fer-lo més precís a la realitat de l'ús que es fa de l'habitatge. Es centra en edificis residencials existents degut al gran percentatge que suposen respecte el total del parc d'habitatges.

En primer lloc s'analitza la normativa referent a la certificació d'edificis i la seva aplicació a diferents països europeus. Posteriorment s'estudia el funcionament del procediment informàtic utilitzat a Espanya per la certificació d'edificis. Per últim, a partir de les mancances trobades, s'obtenen un seguit d'indicadors aplicables al model de certificació actual amb la finalitat de poder comparar i equiparar vivendes amb usos diferents.

**Paraules clau:** Normativa; Certificació energètica; Avaluació rendiment energètic; Edificis residencials existents; Etiqueta energètica

## RESUMEN

En este proyecto se analiza algunos parámetros que el modelo de certificación actual no tiene en cuenta, para poder hacerlo más preciso al uso real que se hace del habitáculo. Se centra en edificios residenciales existentes debido al alto porcentaje que suponen respecto al total del parque de viviendas.

En primer lugar se analiza la normativa referente a la certificación de edificios y su aplicación a diferentes países europeos. Posteriormente se estudia el funcionamiento del procedimiento informático utilizado en España para la certificación de edificios. Finalmente, a partir de las debilidades encontradas, se obtiene una serie de indicadores aplicables al modelo de certificación actual para poder comparar y equiparar viviendas con usos diferentes.

**Palabras clave:** Normativa; Certificación energética; Evaluación rendimiento energético; Edificios residenciales existentes; Etiqueta energética

## **ABSTRACT**

This project analyzes some parameters that the current certification model does not consider, to make it more accurate to the real use of the dwelling. It focuses on existing residential buildings due to the high percentage of the total housing park.

Firstly, is analyzed the regulation concerning the certification of buildings and their application to different European countries. Subsequently, the operation of the computer procedure used in Spain for the certification of buildings is studied. Finally, based on the weaknesses identified, a set of indicators applicable to the current certification model is obtained to compare and equate homes with different uses.

**Keywords:** Regulation; Energy certification; Energy performance assessment; Existing residential buildings; Energy labelling

# ÍNDEX DE FIGURES

<b>Figura 1</b> Diferents metodologies per el compliment dels requisits de demanda energètica .....	29
<b>Figura 2</b> Procediments informàtics de qualificació energètica d'edificis existents .....	29
<b>Figura 3</b> Rangs de qualificació energètica d'emissions en kg CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> ·any per la zona climàtica C2.....	33
<b>Figura 4</b> Estructura de consum d'energia al sector domèstic per usos (kWh/any).....	36
<b>Figura 5</b> Esquema de càlcul de l'indicador kWh/any·m <sup>2</sup> . ....	38
<b>Figura 6</b> Percentatge d'habitatges amb frigorífics. Resultats per al global de Catalunya. ....	42
<b>Figura 7</b> Tipus de rentadores. Resultats per al global de Catalunya. ....	43
<b>Figura 8</b> Habitatges principals amb rentaplats. Resultats per al conjunt de Catalunya. ....	45
<b>Figura 9</b> Percentatge d'habitatges amb calefacció. Resultats segons zona climàtica. ....	54
<b>Figura 10</b> Percentatge d'habitatges segons tipologia de calefacció. Resultats per al global de Catalunya respecte a tots els habitatges. ....	55
<b>Figura 11</b> Habitatges amb algun sistema de refrigeració o aire condicionat. Resultats per al global de Catalunya.....	56

<b>Figura 12</b> Moment del dia en què es posa en funcionament la calefacció. Resultats per al global de Catalunya respecte als habitatges amb calefacció.....	57
<b>Figura 13</b> Mesos d'utilització habitual de l'aire condicionat. Resultats per al conjunt de Catalunya. ....	58
<b>Figura 14</b> Moment del dia en què es posa en funcionament el sistema d'aire condicionat. Resultats per al global de Catalunya. ....	58
<b>Figura 15</b> Tipus de làmpades presents als habitatges. Resultats per al global de Catalunya.....	60
<b>Figura 16</b> Etiqueta energètica danesa per a grans edificis.....	78
<b>Figura 17</b> Etiqueta energètica alemanya. ....	79
<b>Figura 18</b> Etiqueta energètica anglesa. ....	79
<b>Figura 19</b> Prototip d'etiqueta d'electrodomèstics .....	80
<b>Figura 20</b> Diferents pictogrames segons tipus d'electrodomèstic ...	81

# ÍNDEX DE TAULES

<b>Taula 1</b>	Energia final consumida per sectors l'any 2011.....	11
<b>Taula 2</b>	Comparació diferents estàndards mundials.....	19
<b>Taula 3</b>	Revisió eines de certificació europees. ....	20
<b>Taula 4</b>	Consum d'energia final a Catalunya per sectors consumidors. Any 2007.....	36
<b>Taula 5</b>	Aplicació del factor corrector segons ocupabilitat de la llar.	38
<b>Taula 6</b>	Taxa d'equipaments a les llars catalanes.....	40
<b>Taula 7</b>	Escalat consums nevera en funció de la classe energètica.	42
<b>Taula 8</b>	Escalat consums rentadora en funció de la classe energètica. .....	44
<b>Taula 9</b>	Escalat consums rentaplats en funció de la classe energètica. .....	45
<b>Taula 10</b>	Càlcul cost energia anual per diferents classes energètiques de neveres.....	47
<b>Taula 11</b>	Compensació costos nevera classe A <sup>+++</sup> versus nevera classe A <sup>+</sup> .....	48
<b>Taula 12</b>	Compensació costos nevera classe A <sup>+++</sup> versus nevera classe D .....	48
<b>Taula 13</b>	Compensació costos rentadora classe A <sup>+++</sup> versus rentadora classe A <sup>+</sup> .....	50
<b>Taula 14</b>	Compensació costos rentadora classe A <sup>+++</sup> versus rentadora classe D.....	50



<b>Taula 15</b> Compensació costos rentaplats classe A <sup>+++</sup> versus rentaplats classe A <sup>+</sup> .....	52
<b>Taula 16</b> Compensació costos rentaplats classe A <sup>+++</sup> versus rentaplats classe D .....	52
<b>Taula 17</b> Comparativa diferents tipus de bombetes.....	61

# CAPÍTOL 1.

## INTRODUCCIÓ

Durant els últims anys, la Comunitat Europea ha posat molt d'èmfasi en la necessitat de reduir les emissions de gasos d'efecte hivernacle, en gran part relacionades amb l'augment del consum energètic a nivell mundial. Tal com es pot veure a la Taula 1, gairebé el 40% del consum final d'energia de la Unió Europea està lligat al sector residencial i terciari. Tenint en compte que aquest és un sector en expansió, sembla evident que el consum, i en conseqüència les emissions de CO<sub>2</sub>, tendiran a augmentar. És per això que l'eficiència energètica en aquest sector és de vital importància. Hi ha una necessitat imperiosa de reduir i racionalitzar els consums energètics imputables a la gestió dels edificis.

**Taula 1** Energia final consumida per sectors l'any 2011. Font: [1]

<b>2011</b>	<b>Mtep</b>	<b>% de la demanda final</b>
<b>Edificis (sector residencial i terciari)</b>	413,27	37,5%
<b>Indústria</b>	287,06	26,0%
<b>Transport</b>	364,08	33,0%
<b>Agricultura i forestal</b>	23,64	2,1%
<b>Altres</b>	14,325	1,3%
<b>Demanada final per sectors</b>	1102,38	100,0%

L'energia consumida en els edificis serveix per satisfer necessitats diverses, tals com la calefacció, la climatització d'estiu, la producció d'ACS, la ventilació i la il·luminació entre d'altres.

Al sector de l'edificació, gran part de l'energia és consumida pels edificis existents mentre que la taxa de construcció de nova edificació en comparació amb els existents és al voltant de 1-3% [2]. És per això que la millora de l'eficiència energètica en edificis existents és essencial per una oportuna reducció en l'ús global de l'energia i promoció de la sostenibilitat ambiental.

La certificació energètica proporciona informació útil a l'usuari final sobre el comportament energètic de l'edifici o vivenda que vol comprar o llogar. Alhora, també serveix per oferir opcions al consumidor de com millorar-ne l'eficiència energètica, mitjançant les recomanacions presents en els certificats d'eficiència energètica d'edificis existents. Tot i així, el sistema de certificació actual no té en compte l'ús que se'n fa dels edificis. Centrant-nos amb edificis residencials existents, no es té present el nombre d'habitants de l'immoble, les hores que hi estan o el tipus d'electrodomèstics que tenen.... És per això que la certificació actualment és bastant poc precisa a l'hora d'afinar el comportament real dels edificis. Aquest fet és un punt que preocupa a l'Institut d'Energia de Catalunya(ICAEN), i

per aquest motiu vol intentar trobar mètodes per poder afinar i acorar el model de certificació actual.

Per altra banda, la certificació és un concepte molt actual degut al Reial Decret 235/2013, que s'explicarà mes endavant, on s'indica l'obligatorietat d'obtenir el certificat amb els següents terminis:

- Edificis o parts d'edificis existents que es venguin o lloguin a un nou arrendatari: a partir de l'1 de juny de 2013.
- Edificis o parts d'edificis propietat d'una entitat pública amb una superfície total superior a 500 m<sup>2</sup> i que siguin freqüentats habitualment pel públic: a partir de l'1 de juny de 2013.
- Edificis o parts d'edificis propietat d'una entitat pública amb una superfície total superior a 250 m<sup>2</sup> i que siguin freqüentats habitualment pel públic: a partir del 9 de juliol de 2015.
- Edificis o parts d'edificis llogats d'una entitat pública amb una superfície total superior a 250 m<sup>2</sup> i que siguin freqüentats habitualment pel públic: a partir del 31 de desembre de 2015.

És per aquest motiu que degut al fet que una bona qualificació energètica a una vivenda és beneficiós de cara a poder llogar-la o vendre-la, aquest projecte es centrarà en habitatges existents.

## 1.1. Objectius

L'objectiu principal d'aquest projecte és trobar indicadors que ens permetin avaluar energèticament els edificis comparant-los entre ells segons l'ús que se'n fa. Això s'assolirà a partir dels diferents objectius específics:

- Estudi del marc normatiu al qual està subjecte el projecte.
- Avaluació de l'estat de l'art de la certificació a nivell europeu i mundial ja siguin amb estàndards fets per organismes

independents com els propis de cada país per complir la normativa europea. Aquests tenen en compte uns aspectes de l'eficiència energètica d'edificis que cal tenir en compte a l'hora de millorar el sistema actual de certificació.

- Estudi dels diferents mètodes de càlcul del rendiment energètic dels edificis destacant els avantatges i inconvenients de cadascun d'ells.
- Proposta d'indicadors que es puguin aplicar al model actual per tal de millorar la comparació d'edificis segons 'ús que se'n faci.

# CAPÍTOL 2.

# NORMATIVA

Al marc normatiu [3], [4], [5], [6] que cal tenir present a l'hora de parlar d'eficiència energètica d'edificis és el següent:

Les Directives europees en el marc de l'edificació van ser les següents:

- Directiva **SAVE 97/76/CEE**, de 13 de setembre del 1993 relativa a la limitació de les emissions de CO<sub>2</sub> mitjançant la millora de l'eficiència energètica.
- Pel que fa a la certificació energètica dels edificis pròpiament dita, és una exigència derivada de la **Directiva 2002/91/CE** referent a l'eficiència energètica dels edificis. La Directiva troba el seu origen en el Protocol de Kyoto, emès per la CEE, pel qual es regulen les emissions de CO<sub>2</sub> dels Estats implicats. S'escull el sector residencial i terciari donat que és el que té un major potencial per a l'estalvi i l'eficiència energètica.

- La EPBD **Directiva 2010/31/UE** del Parlament Europeu i del Consell de 19 de maig de 2010 relativa a la proposta (20,20,20). L'objectiu és aconseguir un 20% d'estalvi d'energia, un 20% de reducció de les emissions de CO<sub>2</sub> i el 20% producció de energia total, amb sistemes de producció d'energies renovables, i també de dissenyar edificis amb consum energètic quasi zero, (el 2018 pel edificis de l'administració).
- La nova Directiva sobre eficiència energètica és la **Directiva 2012/27/UE** del Parlament Europeu i del Consell de 25 d'octubre de 2012.

A nivell espanyol la situació legislativa és la següent:

- El nou **Codi Tècnica de l'Edificació (CTE)** (Reial Decret 314/2006) respon a algunes de les necessitats anteriorment descrites. Aquest inclou el Document Bàsic d'Habitabilitat i Energia (HE), que fa referència a l'estalvi energètic en l'edificació. Estableix les regles i els procediments que permetran complir les exigències bàsiques d'estalvi energètic, així com establir una metodologia de càlcul per comprovar si es compleixen els requisits de limitació de la demanda energètica (descrits en el mateix document).
- La transposició de la Directiva Europea 2002/91/CE de millora d'eficiència energètica dels edificis a l'ordre jurídic espanyol es planteja a través del Reial Decret 47/2007 el qual aprova el procediment bàsic per la certificació d'eficiència energètica d'edificis de nova construcció. Aquest ja ha estat derogat pel nou **Reial Decret 235/2013** el qual fa referència a la certificació energètica d'edificis de nova construcció i existents.

A l'autonomia de Catalunya hi ha la següent normativa:

- **Decret d'Ecoeficiència.** L'objectiu és incorporar paràmetres d'ecoeficiència en els edificis de nova construcció, el procedents de

reconversió d'antiga edificació i els resultats d'obres de gran rehabilitació. La manera d'aconseguir-ho és integrant criteris, sistemes constructius, tecnologies i mesures que facin possible un desenvolupament sostenible del sector de l'edificació. Els paràmetres que es tenen en compte són l'aigua, l'energia, els materials i sistemes constructius i residus. Aquest decret és d'aplicació a habitatges, residencial col·lectiu, administració, docència, àmbit hospitalari i edificis esportius, piscines i gimnasos.

- A nivell de municipis poden existir les anomenades **Ordenances Solars**. Pel què fa a Barcelona ciutat (Ordenança solar tèrmica), s'ocupa de regular la incorporació de sistema de captació i utilització d'energia solar activa de baixa temperatura per a la producció d'aigua calenta sanitària. És d'aplicació a noves construccions o reformes integrals d'edificis.



# **CAPÍTOL 3.**

## **ESTAT DE L'ART DE LA**

### **CERTIFICACIÓ**

#### **ENERGÈTICA**

Hi ha diverses metodologies, amb indicadors, usos i escales de qualificació diferents. A nivell mundial hi ha sistemes de certificació promoguts per entitats privades però amb gran renom mundial. Per altra banda cada país europeu té la seva metodologia de certificació degut a l'entrada en vigor de la normativa de certificació europea.

### **3.1. Estàndards mundials**

A l'entorn constructiu, a més a més de les mesures legislatives comentades anteriorment, han anat sorgint una sèrie d'estàndards desenvolupats per organismes independents. A l'hora d'avaluar el rendiment energètic d'un edifici hi ha diferents maneres d'entendre

quin és l'objectiu a tractar. Els estàndards mundials tenen com a principal preocupació el medi ambient. Els sistemes d'etiquetatge més utilitzats alternativament als propis de cada estat per normativa, són el desenvolupat per Regne Unit, BREEAM (Building Research Establishment – Environmental Assessment Method) i el realitzat per Estats Units, LEED (Leadership in Energy and Environmental Design). Un altre sistema de certificació que va agafant força és el DGNB procedent d'Alemanya. A nivell espanyol hi ha la certificació VERDE creada per GBC (Green Building Council). La Taula 2 mostra un resum de les diferents etiquetes amb les seves característiques principals.

Tots aquests certificats tenen un caire més ambiental. Cal tenir-los en compte ja que tenen un reconeixement i una reputació, tot i que al tema que ocupa aquest projecte és més de tipus energètic.

### 3.2. Eines de certificació a Europa

A nivell de certificació oficial a Europa, els països que ja disposen de processos de certificació energètica de caire obligatori pel què fa a nova construcció són Dinamarca, Alemanya, Regne Unit i Noruega.

El projecte europeu IMPACT (Ecofys, 2005) va dur a terme una revisió de les diferents metodologies de certificació existents a nivell europeu quan va entrar en vigor la normativa de certificació europea. A la Taula 3 es mostra un resum d'aquesta avaluació.

**Taula 2** Comparació diferents estàndards mundials. Fonts: [7], [8], [9], [10]

	<b>BREEAM</b>	<b>LEED</b>	<b>DGNB</b>	<b>VERDE</b>
<b>Certificadora</b>	BRE – British Research Establishment	USGBC – U.S. Green Building Council	DGNB	GBCe – Green Building Council España
<b>Any creació</b>	U.K., 1990	U.S.A., 2000	Germany, 2008	Spain, 2010
<b>Objectiu principal</b>	Reducció emissions anuals de CO <sub>2</sub> .	Reducció cost anual de l'energia.	Avaluació del grau de sostenibilitat de l'edifici.	Reducció impacta ambiental de l'edifici comparant-lo amb un edifici de referència.
<b>Edificis acreditats</b>	Més de 200.000 edificis.	Prop de 45.000 edificis comercials, 94.000 edificis residencials.		
<b>Àmbit d'aplicació</b>	Edificis de nova construcció i edificis en ús.	Edificis de nova construcció i edificis en ús.	Edificis de nova construcció i edificis en ús.	Edificis de nova construcció i edificis en ús.
<b>Categories avaluades</b>	Gestió, Salut, Benestar, Energia, Transport, Aigua, Materials, Residus, Us ecològic del sol, Contaminació i Innovació.	Lloc sostenible, eficiència de l'aigua, energia i atmosfera, materials i recursos, qualitat espai interior i innovació i disseny.	Aspectes ambientals, econòmics, socioculturals i funcionals, tecnologia, processos i lloc.	Lloc sostenible, energia i atmosfera, recursos naturals, qualitat espai interior, qualitat del servei i impacte socioeconòmic.
<b>Nivells de certificació (%)</b>	Outstanding > 85 Excellent 70 Very good 55 Good 45 Pass 30 Unclassified < 30	Platinum > 80 Gold 60 – 79 Silver 50 – 59 Certified 40 - 49	Bronze Des de 50 Plata Des de 65 Or Des de 80	5 hojas VERDE 4,5 – 5,0 4 hojas VERDE 3,5 – 4,5 3 hojas VERDE 2,5 – 3,5 2 hojas VERDE 1,5 – 2,5 1 hoja VERDE 0,5 – 1,5 0 hojas VERDE 0 – 0,5

**Taula 3** Revisió eines de certificació europees. Font: [11]

País	Àustria	Bèlgica	Dinamarca	França	Alemanya	Espanya	Suïssa	Noruega	Regne Unit
<b>Nom</b>	BEC	Be 450	SBi	3CL	EnEV	CALENER	Minergie	EPC (Edificis nous) EPA (Edificis existents)	SAP
<b>Indicador</b>	Demanda de calefacció	Demanda de calefacció	Consum energètic/m <sup>2</sup>	Consum energia primària	Consum energia primària	Emissions CO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup> /any	Consum energia primària	Consum energia primària	Cost energètic
<b>Aspectes Inclosos</b>	Calefacció Ventilació	Calefacció Ventilació	Calefacció ACS Ventilació II·luminació	Calefacció Refrigeració ACS Ventilació II·luminació	Calefacció ACS Ventilació	Calefacció Refrigeració ACS Ventilació II·luminació (edifici terciari)	Calefacció ACS Ventilació	Calefacció ACS Ventilació II·luminació	Calefacció Refrigeració ACS Ventilació II·luminació (només parts comunes dels edificis residencials)
<b>Aspectes no inclosos</b>	Equips de calefacció, ACS. II·luminació Energia solar tèrmica i fotovoltaica	II·luminació Energia solar tèrmica i fotovoltaica	Solar fotovoltaica	Superfície i orientació de finestres Energia solar tèrmica i fotovoltaica	II·luminació Energia solar fotovoltaica	II·luminació per edificis residencials	II·luminació Energia solar tèrmica i fotovoltaica	Ponts tèrmics Equips de calefacció, ACS II·luminació Energia solar tèrmica i fotovoltaica	Ponts tèrmics II·luminació a l'habitatge
<b>Zones climàtiques</b>	4	1	1	5		12		1	

A continuació es farà una descripció més detallada de les metodologies de certificació més rellevants a Europa que són la danesa, l'alemanya, l'anglesa i la noruega [11],[12]. A l'Annex 1 es mostra els diferents informes de certificació energètica.

### 3.2.1. *Dinamarca*

És l'estat membre amb més tradició en certificació energètica d'edificis. Té dos processos de certificació energètica, un per a edificis de més de 1500 m<sup>2</sup> (ELO) i un altre per a més petits de 1500 m<sup>2</sup> (EM). Ambdós casos fan una valoració energètica de l'edifici i proposen un pla de millores energètiques. La certificació energètica és obligatòria per a edificis residencials, públics, comercials i de servei privat.

Per a grans edificis, la certificació ELO és anual, tant pel procés d'etiquetatge com per les propostes de millora de l'edifici. És responsabilitat del venedor de l'immoble tenir aquest document a l'hora de vendre'l. La certificació es dur a terme a partir de les mesures de consums realitzades pel propietari de l'edifici. El tècnic certificador homologat processa les dades amb les eines que disposa, incorporant diferents mesures energètiques de millora tenint en compte els costos econòmics d'aquestes. Degut al fet que el certificat es repeteix anualment, el propietari pot implementar una mesura de millora proposada i veure els resultats obtinguts a curt termini. Aquesta metodologia proporciona tant a l'usuari com al tècnic, una monitorització de l'estat energètic de l'edifici i la seva evolució.

Per a petits edificis la certificació EM té una validesa de 3 anys. Aquest certificat, en comparació amb l'anterior, està basat en l'estat actual de l'habitatge. El càlcul de les actuacions energètiques es fan mitjançant un software desenvolupat per l'administració. És un mètode molt simplificat, la qual cosa és contraproductiu degut a la

seva poca reputació i en conseqüència a la baixa aplicació d'aquesta certificació malgrat sigui de caire obligatori.

### 3.2.2. *Alemanya*

A Alemanya existeixen dues eines de certificació energètica dinàmiques [13] per determinar el seu nivell energètic i proposar sistemes de millora de disseny i operació. En primer lloc hi ha el certificat Passiv Haus [14] que permet consumir un total de 30 kWh/m<sup>2</sup>/any en energia primària. Aquest límit no té en compte ni la capacitat de l'edifici ni la zona climàtica.

Per altra banda, també disposen d'un sistema de certificació encara més exigent anomenat Plus Energy Haus. Està enfocada a habitatges que compleixen la certificació Passiv Haus i que tenen excedent de producció energètica a partir de fonts d'energia renovable o cogeneració.

### 3.2.3. *Anglaterra*

S'anomena SAP (Standard Assessment Procedure) [15]. És d'obligatorietat per als nous edificis i té com a principi el cost anual d'energia de calefacció i aigua calenta per metre quadrat de superfície. Es realitza mitjançant un programa produït pels òrgans del govern per calcular la qualificació d'energia d'edificis residencials.

Cal destacar que el sistema SAP no té en compte la ubicació de l'edifici, la il·luminació ni els electrodomèstics. Tanmateix, tampoc inclou recomanacions de millora energètica. És d'obligatorietat per edificis nous residencials o amb grans reformes.

### 3.2.4. *Noruega*

La metodologia implementada a noruega es diu EPA-ED (Energy Performance Assessment of Existing Dwellings) [16], [17]. Es basa en un procés complet d'assessorament al propietari de la casa o edifici existent. Tot això es fa amb el suport d'unes eines que faciliten

auditar i avaluar-ho amb uns criteris uniformes. Primerament el consultor realitza una visita per tal d'inspeccionar i recollir les dades necessàries. Per realitzar-ho hi ha un protocol a seguir establert pel pateix sistema. Amb un software que disposen els consultors es realitza l'informe. Cal destacar una característica que és el fet que permet simular diferents escenaris d'eficiència i calcular els estalvis aconseguits i el temps de retorn de la inversió per poder ajudar a la presa de decisions del propietari.

### 3.3. Aspectes a destacar dels models europeus

Veient els diferents tipus de certificació es pot extreure aspectes importants de cadascun. En primer lloc pel que fa als estàndards europeus cal comentar que són rellevants i cal tenir-los presents, tot i que es basen en aspectes molt més de caire ambiental i actualment la normativa europea es centra molt més en temes energètics.

Pel que fa a l'aplicació de la directiva europea a cada país, cadascú ho ha fet a la seva manera i sempre hi ha aspectes dels quals es pot aprendre.

- En primer lloc tenir com a indicador de consum d'energia primària com ho fan Dinamarca, França, Alemanya, Suïssa i Noruega. És un aspecte més fàcil d'avaluar a l'hora de proposar millores d'eficiència energètica.
- Un altre aspecte interessant és el fet d'incloure la il·luminació dins la certificació. A Espanya actualment només es té en compte per edificis terciaris, i per edificis residencials també seria molt interessant tal com ho fan Dinamarca, França, Noruega i Regne Unit.

- Pel que fa a les zones climàtiques, Espanya ha dividit el país en 12 franges en canvi els altres països en moltes menys i en algun cas no es té en compte les diferents zones. En aquest aspecte, la certificació espanyola estaria un pas per davant, ja que és més precisa a l'hora de determinar el clima exacte de cada regió.
- Un altre tema interessant a comentar és la periodicitat en que és obligatori realitzar l'informe. A Dinamarca per exemple, el fet que s'hagi de realitzar anualment fa que es pugui fer un control molt més proper de l'edifici. Malgrat ser una bona iniciativa, Espanya està una mica lluny de la conscienciació que hi ha a Dinamarca respecte la certificació energètica. És per això que segurament no seria una mesura eficaç d'implantació.



# **CAPÍTOL 4. CÀLCUL DEL RENDIMENT ENERGÈTIC D'EDIFICIS EXISTENTS**

A nivell espanyol, la certificació energètica està promoguda per IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía), un organisme adscrit al Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme (MINETUR). A nivell català hi ha l'ICAEN (Institut Català d'Energia) el qual s'encarrega d'aplicar la normativa promoguda per l'estat espanyol a més a més de crear i fer complir la seva pròpia reglamentació.

Per tal de calcular el rendiments d'un edifici existent, primerament cal aclarir dos conceptes claus:

- **Qualificació:** Procediment tècnic de càlcul per a determinar el comportament energètic de l'edifici o part d'edifici i les possibles millores energètiques mitjançant qualsevol de les eines considerades com a documents reconeguts pel Ministeri (CE3, CE3X i CALENER). La qualificació energètica ha d'estar realitzada per un tècnic competent. Al finalitzar el procés de qualificació energètica es generarà un informe que haurà d'incloure les recomanacions de millora que estableix el Reial Decret. Aquest informe no es considerarà un certificat d'eficiència energètica vàlid si no té l'aprovació de l'ICAEN que emetrà l'etiqueta energètica corresponent.
- **Certificació:** És el tràmit administratiu pel qual s'atorga una qualificació energètica a un edifici mitjançant el certificat, l'etiqueta d'eficiència energètica i la inscripció al Registre de certificats d'eficiència energètica d'edificis de Catalunya. L'ICAEN, com a òrgan competent en matèria de certificació energètica, gestiona les sol·licituds d'inscripció al Registre de certificats de Catalunya, i fa la revisió administrativa i tècnica per verificar la correcta aplicació de la metodologia.

L'últim pas serà l'obtenció de **l'etiqueta d'eficiència energètica**.

## 4.1. Especificacions tècniques de la metodologia de càlcul de la qualificació d'eficiència energètica

L'eficiència energètica d'un edifici es determina calculant o mesurant el consum d'energia necessària per satisfer anualment la demanda energètica dels edificis en condicions normals d'ús. És per això que el Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme, ha posat una metodologia de càlcul comuna per tal de que la qualificació energètica expressi d'una

forma clara la informació rellevant per l'usuari final de l'edifici. Segons el Reial Decret 235/2013 s'estableix aquesta metodologia de càlcul [18].

#### *4.1.1. Indicadors energètics*

L'indicador energètic principal o global al qual farà referència la certificació energètica serà la corresponent a les emissions anuals de CO<sub>2</sub> expressades en kg/m<sup>2</sup> de superfície útil de l'edifici.

#### *4.1.2. Condicions normals de funcionament i ocupació de l'edifici*

Es consideren diferents categories d'edificis: ús residencial, administratiu, docent, sanitari, esportiu, comercial, cultural, religió, etc.

#### *4.1.3. Càlcul de la demanda energètica i del rendiment*

Contemplarà el càlcul del consum d'energia final hora a hora, mitjançant el càlcul de la demanda horària i el càlcul del rendiment mig horari. Aquest últim inclou:

- a) Càlcul consum horari de tots els equips que intervenen en les necessitats energètiques (calderes, ventiladors, bombes, sistemes condensació, plantes, refrigeradores, etc.).
- b) Càlcul consum horaris equips, tenint en compte el comportament en càrrega parcial.
- c) Càlcul consum horari equips, tenint en compte la variació horària dels paràmetres d'operació (Temperatura distribució, Temperatura aire exterior, etc.).
- d) Càlcul dels consums horaris associats a les demandes sensibles i latents.

#### 4.1.4. *Abast i característiques dels programes informàtics*

Els sistemes de càlcul, ja siguin de forma simplificada o general, han de considerar els aspectes següents:

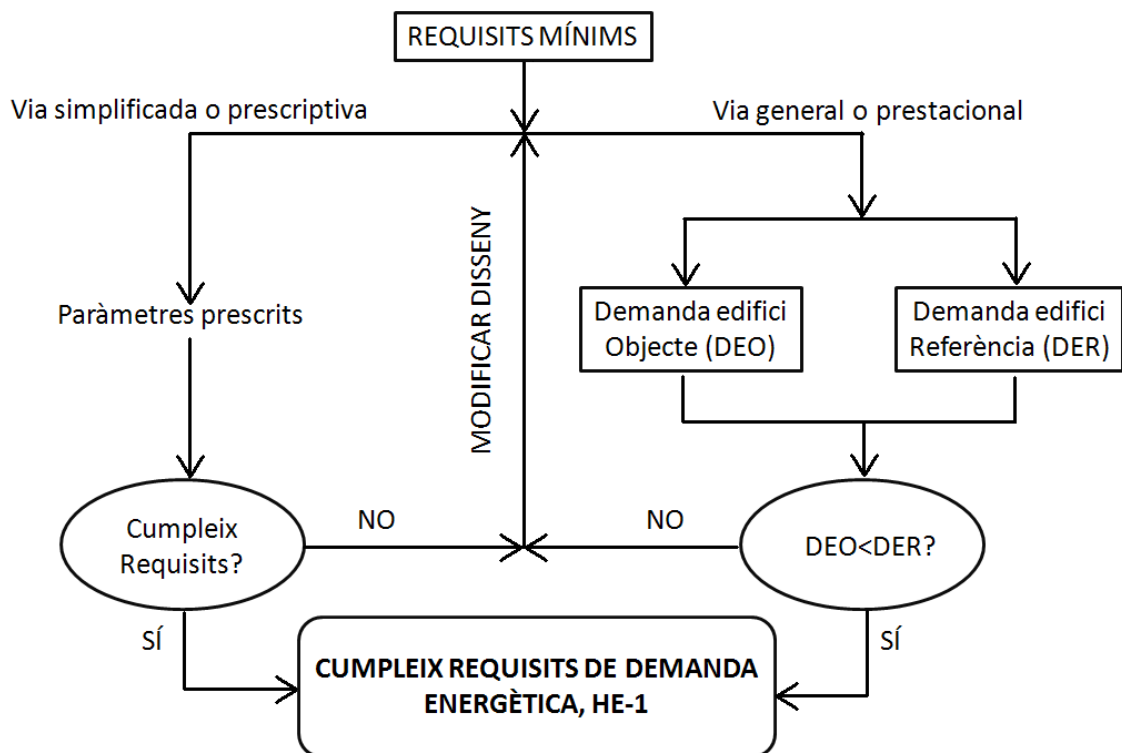
- a) Disposició i orientació de l'edifici.
- b) Condicions ambientals interiors.
- c) Característiques tèrmiques dels tancaments de l'edifici.
- d) Sistemes solars passius i protecció solar.
- e) Instal·lacions tèrmiques de l'edifici.
- f) Ventilació natural i mecànica.
- g) Instal·lació d'il·luminació interior artificial.
- h) Il·luminació natural.
- i) Sistemes solars actius i altres sistemes de calefacció o producció d'electricitat basats en fonts d'energia renovables.
- j) Electricitat produïda per cogeneració.

Degut a l'enorme complexitat de la metodologia de càlcul del rendiment energètic seran necessaris procediments informàtics específics per desenvolupar-ho de forma ràpida i fiable. Les eines informàtiques compliran la metodologia establerta en el Reial Decret de Certificació energètica (RD 235/2013).

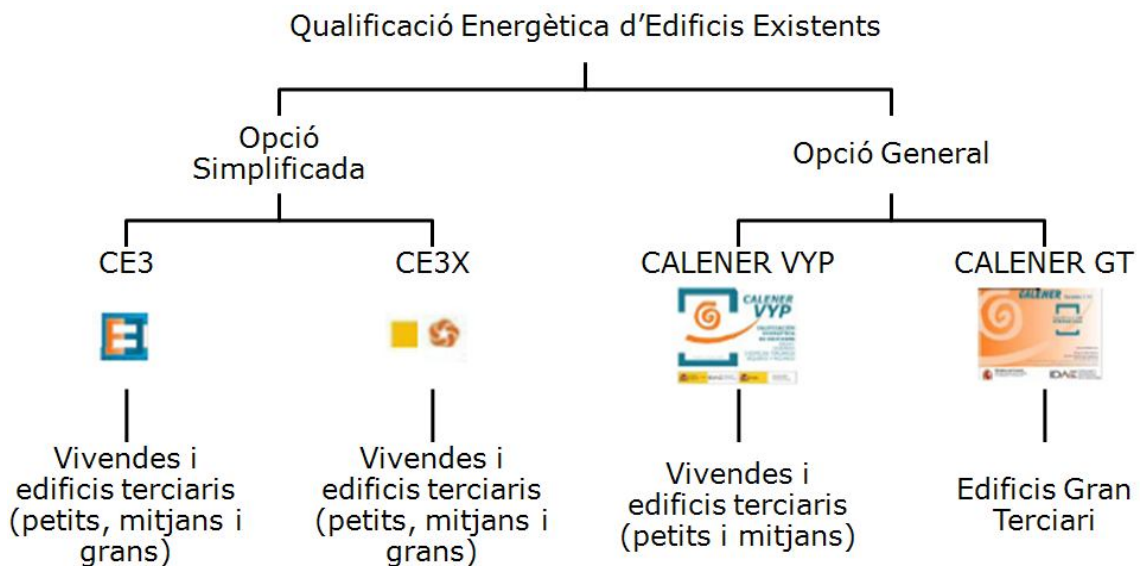
## 4.2. Procediments informàtics de qualificació energètica

El CTE [19] permet la verificació amb dos metodologies diferents. Cadascuna té unes eines informàtiques de suport per tal de facilitar, organitzar i agilitzar el procés de limitació de demanda, estalvi energètic i certificació energètica d'edificis. Es basen en un sistema d'avaluació diferent tal com mostra la Figura 1. La Figura 2 mostra

els diferents programes que s'explicaran a continuació segons el tipus de sistema d'avaluació.



**Figura 1** Diferents metodologies per el compliment dels requisits de demanda energètica [elaboració pròpia] Font: [19]



**Figura 2** Procediments informàtics de qualificació energètica d'edificis existents [elaboració pròpia]

#### 4.2.1. *General o Prestacional*

Cal demostrar que l'edifici proposat demana menys energia que un altre amb les mateixes característiques construït amb elements que verifiquen les prescripcions. En aquest cas s'utilitza el LIDER i CALENER. Són programes complementaris entre ells destinats a la qualificació energètica. El primer és una aplicació informàtica que permet complir amb l'opció general de verificació de l'exigència de Limitació de Demanada Energètica establerta al Document Bàsic de la Habitabilitat i Energia del Codi Tècnic de l'Edificació (CTE-HE1).

Com a procediment general de referència per a la qualificació energètica d'edificis existents hi ha el CALENER, tot i que inicialment va ser creat per edificis de nova construcció. És d'aplicació per vivendes, edificis terciaris petits, mitjans i grans. Considera quatre àmbits diferents a l'hora d'avaluar l'edifici:

- Localització geogràfica i geomètrica de l'edifici.
- Condicions climàtiques externes i condicions internes de benestar termohigromètric.
- Materials de construcció utilitzats.
- Instal·lacions tècniques de climatització (ACS, calefacció, refrigeració i il·luminació).

Com a resultat s'obté un document on consta les emissions de CO<sub>2</sub> de l'edifici estudiant (en Tones CO<sub>2</sub>/any), el valor comparatiu (en percentatge) entre l'edifici estudiant i el de referència i uns gràfics de demanda energètica per sistema, demanda per tancaments i estudis comparatius d'edificis.

El programa informàtic té unes certes avantatges a destacar:

- Té un sistema de càlcul molt acurat de les necessitats tèrmiques i d'ús públic.

- La definició per separat dels sistemes permet estudiar la influència de cada element sobre la demanda energètica.
- Els informes gràfics que s'obtenen faciliten la interpretació dels resultats.

Per altra banda, també cal destacar que el programa demana una quantitat de dades immensa de les quals moltes no són conegudes o són difícils de trobar. Per altra banda una mancança que també es troba amb aquest programa és el fet que no es poden introduir les propostes de millora amb l'anàlisi econòmic corresponent, la definició de sistemes eficients innovadors o la incorporació d'energies renovables.

#### 4.2.2. *Simplificada o Prescriptiva*

El dissenyador s'encarregarà d'escollir els paràmetres dels elements característics que compleixin les prescripcions per situació geogràfica i tipus d'ús. S'usen els procediments i metodologies establerts en el Document 2 del CTE. Degut a la complexitat i limitacions comentades amb el programa CALENER, ha sigut aconsellable el desenvolupament de procediments específics per tal de simplificar la metodologia. Hi ha dues eines homologades per IDAE, el CE3X i el CE3. Ambdós són aplicables a vivendes, edificis terciaris (petits, mitjans i grans). Tenen diferències substancials a l'hora d'introduir les dades però amb uniformitat a la sortida.

- **CE3X:** Ha sigut creat per UTE-MIYABI i la fundació CENER. Parteix d'indicadors d'emissions de CO<sub>2</sub> procedents dels consums de calefacció, refrigeració, escalfament d'ACS, ventilació i il·luminació. Com a resultat l'edifici queda qualificat amb una lletra que va de la G a la A (més eficient). L'eina també permet definir les mesures de millora de l'eficiència energètica amb un anàlisi econòmic d'aquestes a partir dels costos d'inversió, els estalvis d'energia aconseguits i les factures reals d'energia de l'edifici.

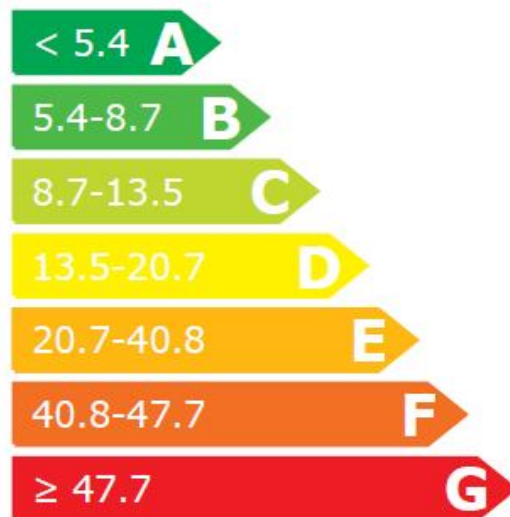
- **CE3:** Ha sigut creat per l'empresa Applus Norcontrol S.L.U. Aquesta eina té algunes avantatges respecte el CE3X. Per exemple, a l'hora de definir la part constructiva de l'edifici hi ha l'opció d'importar plànols DXF o l'arxiu CTE del CALENER. Pel que fa a la definició geomètrica, permet escollir entre 4 opcions en funció de la forma i tipus d'edifici. També té algunes deficiències que cal tenir en compte. A l'hora de definir les instal·lacions, no contempla la possibilitat que hi hagi una instal·lació generadora d'energia amb fonts renovables. Pel que fa als patrons d'obra és molt deficient tenint en compte que és imprecisa i molt complicada.

### 4.3. Debilitats generals

Com s'ha pogut veure, tant al sistema simplificat com al general tenen certes mancances que cal tenir ben presents pel què fa al format del programari.

Per altra banda, també hi ha certs aspectes a tenir en compte del sistema de certificació en general els quals es poden millorar. Primerament un tema important a comentar seria els intervals que ocupen cada lletra de la certificació. La Figura 3 mostra la franja d'emissions de CO<sub>2</sub> representa cada lletra.





**Figura 3** Rangs de qualificació energètica d'emissions en kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·any per la zona climàtica C2.

Tal com es pot observar, el tram de la lletra E és molt més ample que la resta. Això a efectes pràctics fa que segons quin valor obtinguis a la certificació, proposar mesures de millora econòmicament viables molt possiblement no faci saltar de lletra.

Un altra punt que també cal comentar és respecte l'informe de certificació final realitzat per el programari. La certificació energètica d'un edifici o vivenda s'obté a partir de les emissions de CO<sub>2</sub> emeses. Seria possible plantejar que la certificació enlloc d'anar en funció de les emissions globals calculades amb kg CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>·any, es fes a partir l'energia consumida en kWh/m<sup>2</sup>·any. Això permetria tenir una unitat de mesura més tangible i més fàcil de trobar sistemes de millora a partir dels consums de l'habitatge.

Per últim, un aspecte que no té en compte la certificació energètica d'un edifici residencial, és la il·luminació o els electrodomèstics. Són dos termes del consum amb una rellevància molt important. Tot i així l'actual model de certificació ho omet.

# **CAPÍTOL 5. INDICADORS PER COMPARAR EDIFICIS RESIDENCIALS SEGONS L'ÚS**

Dins el model de certificació actual hi ha aspectes que no es tenen en compte a l'hora d'avaluar un edifici o vivenda residencial. Són aspectes relacionats amb l'ús que se'n fa d'aquests edificis. És per això que a continuació se'n desglossaran uns quants amb més detall per analitzar la importància que haurien de tenir dins del model de certificació actual.

## 5.1. Indicador kWh/any·m<sup>2</sup>·persona

Un aspecte molt important dins el sector residencial, és el nombre de persones que habiten a cada llar. És evident que els consums variaran substancialment en funció dels habitants. És per això que es buscarà un factor corrector per aplicar a la certificació energètica actual.

### 5.1.1. Contextualització

Segons les últimes dades facilitades per l'Institut Català d'Energia (ICAEN), l'any 2007 el consum total d'energia primària i final a Catalunya es va situar en 26.755,2 ktep i 15.929,6 ktep respectivament [20]. El diferencial entre l'energia primària i el consum final es deu a les pèrdues de transformació elèctrica produïdes per la generació elèctrica, a les refineries i plantes d'olefines. Tanmateix, també existeixen pèrdues degudes al transport i distribució de l'energia, consums propis del sector energètic i finalment també per a usos no energètics.

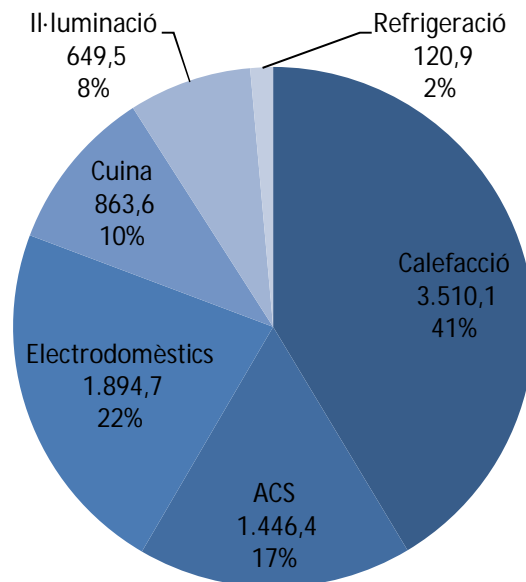
El consum anual d'energia primària a Catalunya se situa en els 26.755,2 ktep, que equival a un consum unitari anual de 3,71 tep/habitant, tenint en compte que la població a Catalunya l'any 2007 era de 7.210.508 persones [21].

Pel que fa al consum d'energia final, Catalunya va consumir un total de 15.929,6 ktep l'any 2007. Tal com mostra la Taula 4, el sector residencial o domèstic representa aproximadament el 13,9% del consum d'energia final.

**Taula 4** Consum d'energia final a Catalunya per sectors consumidors.  
Any 2007. Font: [22]

Sector	Consum d'energia final (ktep)	Percentatge sobre el total(%)
Transport	6.446,9	40,5%
Indústria	4.933,0	31,0%
Domèstic	2.219,9	13,9%
Serveis	1.758,0	11,0%
Primari	571,8	3,6%
<b>TOTAL</b>	<b>15.929,6</b>	<b>100%</b>

La distribució del consum d'energia de la llar a Catalunya, segons dades estadístiques de l'any 2007 és la mostrada a la Figura 4. Tal com s'observa, el 43% de la despesa energètica a les llars catalanes es consumeix en climatització, principalment en calefacció.



**Figura 4** Estructura de consum d'energia al sector domèstic per usos (kWh/any). Font: [23]

### 5.1.2. Càlcul indicador kWh/any·m<sup>2</sup>·persona

El primer pas seria trobar l'energia que necessita una persona per viure a una llar.

Com s'ha exposat anteriorment, el sector domèstic a Catalunya consumeix 2.219,9 ktep l'any. Per altre banda, cal tenir en compte el nombre de llars que hi ha a Catalunya. Les últimes dades que es tenen són de l'any 2007 on consta que hi havia 2.782,3 milers de llars [24]. A partir d'aquí es pot estimar que el consum d'energia per habitatge a Catalunya és de 0,798 tep/any, que és el mateix que 9.066,6 kWh/any per cada habitatge.

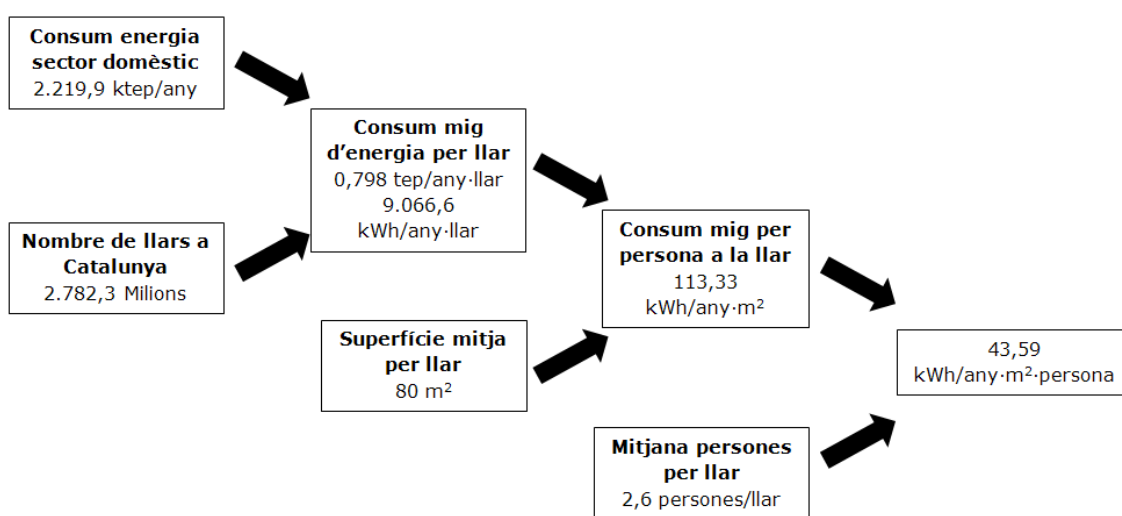
El primer valor significatiu com a indicador passa per unificar-ho a la mínima unitat de superfície que seria 1 m<sup>2</sup>. Segons IDESCAT, la superfície d'un habitatge a Catalunya està al voltant dels 80 m<sup>2</sup> [25]. És per això que s'obté el valor de 113,33 kWh/any·m<sup>2</sup>.

Per saber l'energia necessària per càpita dins l'habitatge, es necessita saber la mitjana de persones per llar. Segons l'Institut d'Estadística de Catalunya (IDESCAT), l'any 2007 era de 2,6 persones [26]. És per això que el resultat és de 43,59 kWh/any·m<sup>2</sup>·persona.

Fins ara s'ha determinat l'energia necessària per persona associada a 1 m<sup>2</sup>. Seria un error considerar que a una llar que hi viuen 5 persones, l'energia consumida és 5 vegades més que una llar d'una persona. És a dir, la calefacció per exemple, no es posa 5 vegades més alta ni la nevera consumeix més energia quan hi ha 5 persones a la llar. És per això que s'ha aplicat uns factors correctors per equiparar els consum en funció de l'ocupació. Un cop aplicat aquest factor corrector, s'ha tornat a unificar per una persona tal com mostra la Taula 5.

**Taula 5** Aplicació del factor corrector segons ocupabilitat de la llar

Núm. de persones	Consum energia (kWh/m <sup>2</sup> )	Factor de correcció	Consum energia (kWh/m <sup>2</sup> )	Consum energia (kWh/m <sup>2</sup> ·persona)
1	43,59	-	43,59	43,59
2	87,18	-	87,18	43,59
3	130,77	10%	117,69	39,23
4	174,36	20%	139,49	34,87
5	217,95	25%	163,46	32,69



**Figura 5** Esquema de càlcul de l'indicador kWh/any·m<sup>2</sup>. [elaboració pròpia]

$$\begin{aligned}
 2.219,9 \frac{\text{ktep}}{\text{any}} \cdot \frac{1}{2.782,3 \cdot 1000 \text{ llars}} &= 0,798 \frac{\text{tep}}{\text{any} \cdot \text{llar}} \cdot \frac{1 \text{ kWh}}{0,88 \cdot 10^{-4} \text{ tep}} \\
 &= 9.066,6 \frac{\text{kWh}}{\text{any} \cdot \text{llar}} \\
 9.066,6 \frac{\text{kWh}}{\text{any} \cdot \text{llar}} \cdot \frac{1}{80 \text{ m}^2} &= 113,33 \frac{\text{kWh}}{\text{any} \cdot \text{m}^2} \\
 113,33 \frac{\text{kWh}}{\text{any} \cdot \text{m}^2} \cdot \frac{1}{2,6 \text{ persona}} &= 43,59 \frac{\text{kWh}}{\text{any} \cdot \text{m}^2 \cdot \text{persona}}
 \end{aligned}$$

Càlculs realitzats per trobar l'indicador kWh/any·m<sup>2</sup>·persona

## 5.2. Indicador consum diferents electrodomèstics

Un altre aspecte a destacar i que es podria incloure dins del model de certificació actual, és el tipus d'electrodomèstics que hi ha dins d'una llar. Els consums són molts diferents en funció de la classe energètica que tenen. A continuació s'analitzarà una mica aquest aspecte.

### 5.2.1. *Contextualització*

Tal com mostra la Figura 4, els electrodomèstics conformen un 22,3% del consum energètic d'una llar. És per això que té un pes bastant significatiu com perquè es tingui en compte a l'hora de realitzar la certificació.

L'any 2005, ICAEN va publicar un estudi sobre el consum domèstic d'energia a Catalunya (ECEDOM) a partir d'enquestes elaborades a la població catalana, les quals van determinar els percentatges d'equipament que disposa la gent a les seves llars.

Segons els resultats obtinguts, les úniques utilitzacions d'energia que s'han detectat a tots els habitatges enquestats són la il·luminació i els fogons. D'altres com la calefacció, l'aigua calenta sanitària, el forn, el frigorífic i la rentadora presenten taxes superiors al 95%.

Centrant-nos en electrodomèstics, els percentatges d'ús dels habitatges catalans és el mostrat a la Taula 6.

**Taula 6** Taxa d'equipaments a les llars catalanes. Font: [27]

<b>Nevera</b>	99,9 %
<b>Congelador</b>	7,7 %
<b>Rentadora</b>	98,3 %
<b>Rentaplats</b>	36,9 %
<b>Televisió</b>	99,9 %
<b>Assecadora</b>	17,7 %
<b>Forn</b>	95,8 %
<b>Microones</b>	77,2 %

Com s'observa, els electrodomèstics que es disposen a les llars amb més abundància són la televisió, la nevera, la rentadora, el forn, el microones i el rentaplats.

Per altra banda, dins de cada tipologia d'electrodomèstic poden haver-hi aparells que consumeixin nivell molt diferents d'energia. És per això, que per posar-ho en coneixement dels compradors, es fa servir les etiquetes energètiques.

El seu àmbit d'aplicació és europeu i constitueix una eina informativa al servei dels compradors dels aparells consumidors d'electricitat. És d'obligatorietat que els aparells domèstics disposin d'una fitxa informativa la qual se n'explica amb més detall l'estructura a l'Annex 2. Els electrodomèstics que n'han de disposar són les neveres, els congeladors, els rentaplats, les rentadores, les assecadores, els forns elèctrics, les fonts de llum domèstiques i els aires condicionats [28], [29].

Tenint en compte les dades obtingudes de l'estudi de consums d'ICAEN esmentat anteriorment i la normativa europea referent a l'etiquetatge energètic dels electrodomèstics, es considera oportú centrar-se amb els següents electrodomèstics: nevera, rentadora i rentaplats. El forn també té un impacte a considerar dins de les llars, però actualment els forns tots tenen uns consums bastant similars i



de classe A. És per això que no s'ha considerat com a element que pugui variar substancialment tenint en compte que la gran majoria de llars en disposa.

### *5.2.2. Càlcul indicador consum diferents electrodomèstics*

Els electrodomèstics són un factor a tenir en compte el qual la certificació energètica no contempla. És per això que s'ha considerat oportú, incloure-ho dins del model actual.

Cada electrodomèstic considerat serà un punt diferent, ja que cadascú té un nivell de consum en funció de la lletra i dins d'una llar els electrodomèstics no tots tenen la mateixa qualificació energètica.

Com a informació rellevant per calcular-ho, cal tenir present els nivells de consum de cada classe energètica en comparació amb els electrodomèstics menys eficients que serien els corresponents a fa 10 o 15 anys [30], [31].

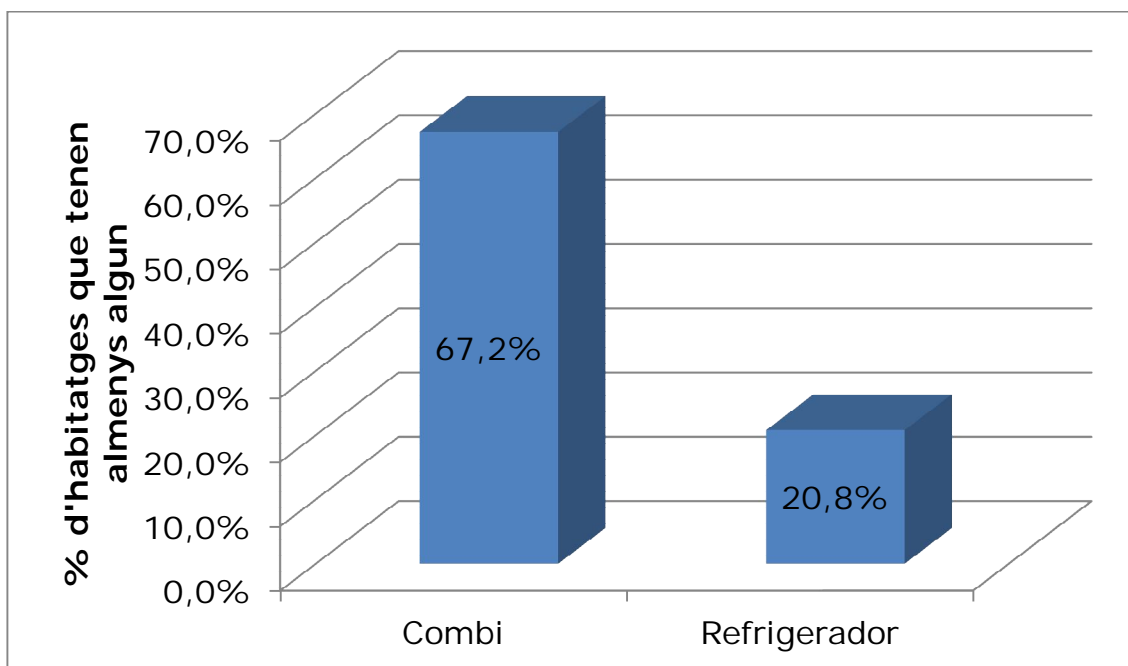
De cada tipologia d'electrodomèstic que s'estudiarà, s'ha mirat els diferents models que hi ha al mercat actualment. De cada aparell s'ha considerat les mateixes característiques de funcionament per poder-les equiparar equitativament. D'aquesta manera, s'ha fet un escalat de consums de les diferents classes energètiques.

- **Nevera**

És l'electrodomèstic que consumeix més energia donat que funciona contínuament, tenint així una rellevant importància a l'hora de tenir en compte el seu consum a la factura elèctrica i les emissions de CO<sub>2</sub> que emet.

Com a concepte de nevera s'engloba les combis i els refrigeradors. A l'hora de fer l'escalat de consum d'una nevera, s'ha considerat com a estàndard una nevera combi (nevera+congelador) de 300 Litres de capacitat [32], [33], [34], [35], [36]. S'ha escollit el model combi

com a prototip perquè segons l'estudi efectuat per ICAEN [27], és el més comú entre la població catalana.



**Figura 6** Percentatge d'habitatges amb frigorífics. Resultats per al global de Catalunya. Font: [27]

**Taula 7** Escalat consums nevera en funció de la classe energètica. Font: Elaboració pròpia

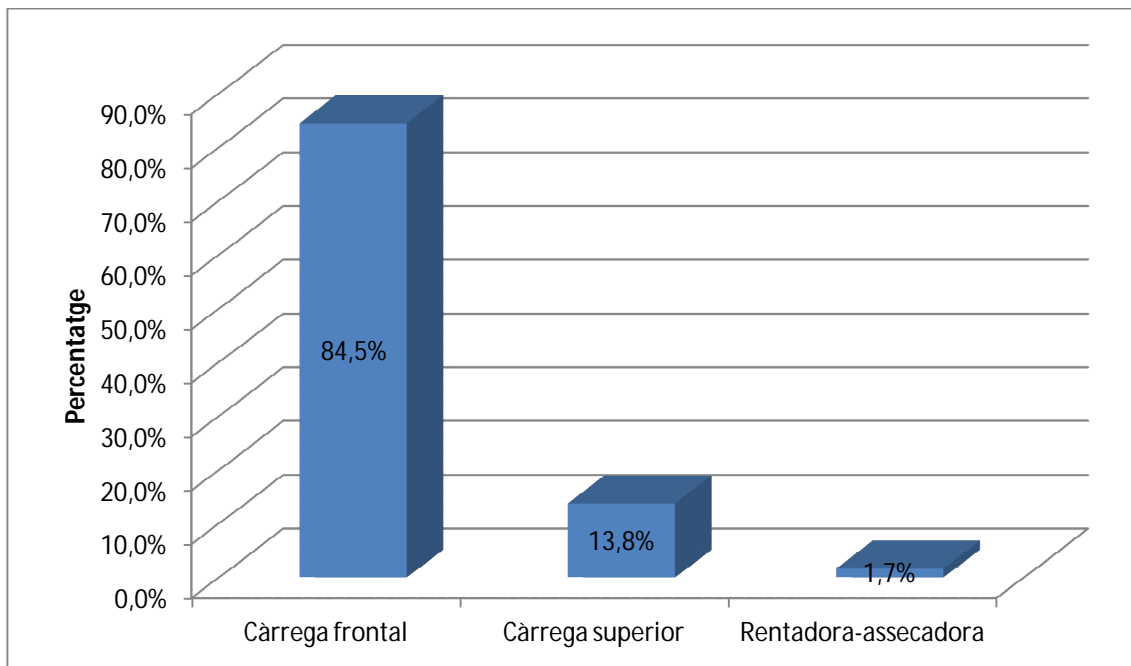
Classe energètica	Estalvi	Consum	kWh/any <sup>1</sup>
<b>A<sup>+++</sup></b>	80 %	20 %	140
<b>A<sup>++</sup></b>	68 %	32 %	210
<b>A<sup>+</sup></b>	55 %	45 %	290
<b>A</b>	45 %	55 %	355
<b>B</b>	35%	65 %	422
<b>C</b>	20 %	80 %	520
<b>D</b>	0 %	100 %	650

<sup>1</sup> Basat en test estàndard. A més a més és important saber que el principal consum es produeix durant el seu ús i que a més a més s'ha de col·locar correctament l'aparell segons les indicacions d'instal·lació del fabricant. [36]

Com s'observa, els consums de les classes més altes és molt baix comparat amb les classes energètiques menys eficients. És per això que una vivenda que disposa d'aquests electrodomèstics és més sostenible que una que té una nevera de fa 10 o 15 anys que seria de classe D. Actualment les classes B, C i D ja no es fabriquen degut a l'elevat consum que tenen.

- **Rentadora**

A l'estudi d'ICAEN s'ha detectat alguna situació puntual d'habitatges sense rentadora tot i que són situacions aïllades. Les rentadores poden ser de càrrega frontal o superior. Per altra banda, l'ús de rentadora-assecadora és força minoritari als habitatges principals.



**Figura 7** Tipus de rentadores. Resultats per al global de Catalunya.  
Font: [27]

És per aquests motius pels quals a l'hora de fer l'escalat de consum d'una rentadora, s'ha considerat com a estàndard una rentadora de càrrega frontal amb una capacitat de rentat de 7 kg i que centrifuga a 1200 rpm. A partir de diferents fabricants s'ha fet un promig dels consums de cada classe energètica [33], [34], [35], [37].

**Taula 8** Escalat consums rentadora en funció de la classe energètica.

Font: Elaboració pròpia

Classe energètica	Estalvi	Consum	KWh/cicle	KWh/any <sup>2</sup>
<b>A<sup>+++</sup></b>	50 %	50 %	0,77	169
<b>A<sup>++</sup></b>	47 %	53 %	0,87	192
<b>A<sup>+</sup></b>	43 %	57 %	0,98	216
<b>A</b>	34 %	66 %	1,15	253
<b>B</b>	24 %	76 %	1,33	293
<b>C</b>	11 %	89 %	1,56	343
<b>D</b>	0 %	100 %	1,75	385

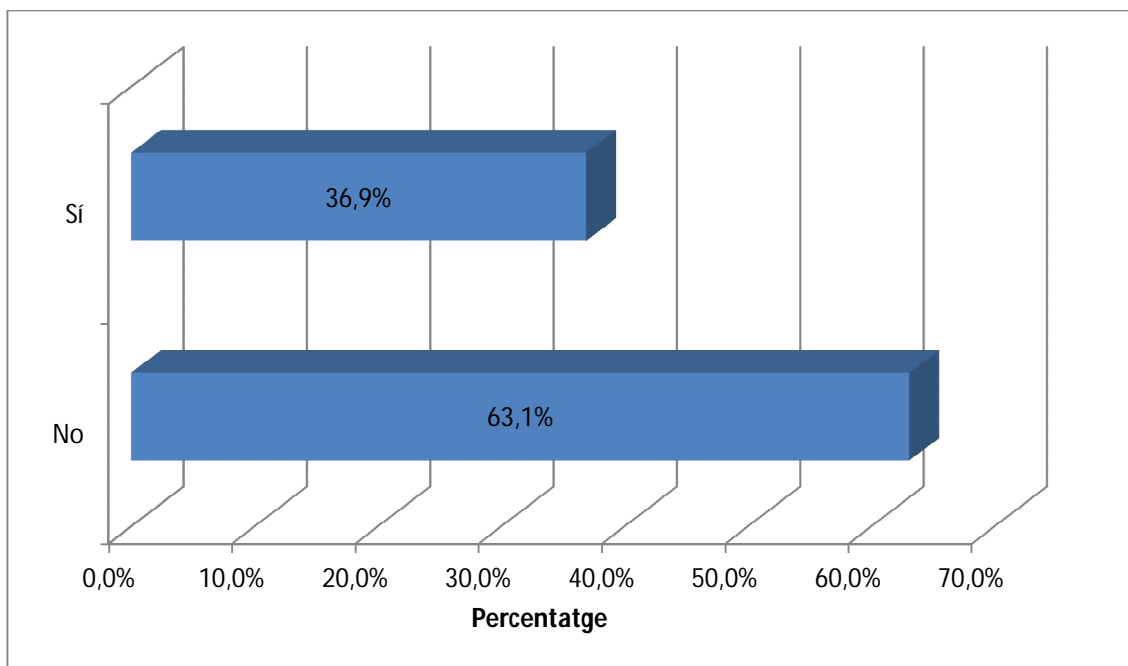
Després de la recerca de diferents marques i models s'ha obtingut la taula anterior. Es pot observar que els nivell d'eficiència en el cas de les rentadores arriben fins a un 50% d'estalvi. Tot i així, hi ha marques que tenen a la venda aquest electrodomèstic amb un nivell molt més alt d'eficiència que el marcat per la lletra A<sup>+++</sup>, fins a un 30% més d'estalvi que un altre de la mateixa classe.

- **Rentaplats**

És l'electrodomèstic que més ha augmentat la seva taxa de possessió en els últims anys vinculat a l'augment del nivell de vida dels habitatges.

---

<sup>2</sup> Basat en 220 cicles estàndards i calculat de la següent manera: Es té en compte el consum energètic del programa cotó estàndard a 60°C a plena càrrega i mitja i el programa de cotó estàndard a 40°C a mitja càrrega. També s'inclou com a novetat el consum energètic en mode stand-by dins del consum energètic anual. [36]



**Figura 8** Habitatges principals amb rentaplats. Resultats per al conjunt de Catalunya. Font: [27]

**Taula 9** Escalat consums rentaplats en funció de la classe energètica. Font: Elaboració pròpia

Classe energètica	Estalvi	Consum	kWh/cicle	kWh/any <sup>3</sup>
A <sup>+++</sup>	47%	53%	0,85	237
A <sup>++</sup>	42%	58%	0,94	262
A <sup>+</sup>	36%	64%	1,02	285
A	29%	71%	1,14	320
B	17%	83%	1,33	372
C	9%	91%	1,46	408
D	0%	100%	1,60	448

Per fer l'escalat de consums, s'ha fet a partir de rentaplats amb les mateixes característiques de funcionament per poder equiparar consums.

<sup>3</sup> Basat en 280 cicles normalitzats. S'inclou com a novetat el consum energètic en mode stand-by i és important utilitzar els electrodomèstics de manera eficient per consumir el mínim. [36]

### 5.2.3. *Despesa energètica electrodomèstics*

Tenir en compte l'eficiència energètica dels electrodomèstics pot suposar un gran estalvi a la factura energètica. Per comprovar-ho, per a cada tipologia d'electrodomèstic es calcularà quan es recupera la diferència de preu invertit mitjançant la diferència de cost de l'energia. Es realitzarà una comparació entre electrodomèstics de les classes més eficients i un altre que podria ser de marca blanca que és més econòmica (classe A<sup>+</sup>). Com a classe energètica menys eficient s'ha considerat la A<sup>+</sup>, ja que actualment no es comercialitzen models amb més baixa classificació energètica. Tanmateix, també s'analitzarà el cas de tenir un electrodomèstic vell de fa 10 o 15 anys i substituir-lo per el més eficient possible

Tenint com a referència els valors mig de consum obtinguts anteriorment a l'apartat 5.2.2, primerament es buscarà un model comercial real per treballar a partir de dades contrastades. Posteriorment es realitzarà el càlcul per trobar el cost anual referent a cada classe energètica de l'electrodomèstic.

Segons la companyia elèctrica Endesa, el preu del kWh elèctric a la tarifa d'últim recurs del desembre de 2013 és de 0,1260 €/kWh[38].

$$\text{Cost energia anual} = \text{consum anual} \cdot 0,1260 \text{ €/kWh}$$

- **Nevera**

Per realitzar la comparativa numèrica de les diferents classes energètiques de les neveres, s'ha partit dels valors de consum anual d'aquests electrodomèstics. S'ha optat per aquesta opció ja que és el valor que és d'obligatorietat que consti a l'etiqueta energètica.

Els models d'electrodomèstics més eficients que s'han escollit, són de la casa Siemens [39], [40]. Pel què fa al consum específic de la classificació D, s'ha obtingut a partir de la mitjana de 3 electrodomèstics de característiques similars comprats entre 10 i 15 anys enrere.

**Taula 10** Càlcul cost energia anual per diferents classes energètiques de neveres

Classe Combi	Consum anual mig (kWh)	Consum anual específic (kWh)	Cost energia (€/kWh)	Cost energia anual
A <sup>+++</sup>	140	159	0,1260	20,03
A <sup>++</sup>	210	219	0,1260	27,59
A <sup>+</sup>	290	293	0,1260	36,92
D	650	625	0,1260	78,75

Com s'observa, el cost anual d'energia per a cada model incrementa de forma lineal com menys eficient és l'aparell.

A continuació s'analitzarà la recuperació de la diferència de preu dels electrodomèstics més consumidor (classe A<sup>+</sup>) enlloc d'un més eficient. En aquest cas s'estudiarà la classe A<sup>+++</sup>.

La diferència de cost d'energia entre un i altre frigorífic és:

$$36,92 - 20,03 = 16,88 \text{ € d'estalvi l'any}$$

Una nevera classe A<sup>+++</sup> amb unes prestacions determinades, actualment costa uns 1000€. Tanmateix, una nevera amb les mateixes prestacions però de classe A<sup>+</sup> costa 500€. La diferència de preu és del doble. Una diferència prou significativa com perquè molta gent no arribi a comprar l'electrodomèstic més eficient i al mateix temps el més car.

Tot i així, si es mira en perspectiva de futur, la Taula 11 mostra que, tenint en compte que la vida útil de la nevera és de aproximadament 12 anys, l'adquisició d'un electrodomèstic classe A<sup>+++</sup> té un preu més elevat que el de classe A<sup>+</sup> però per contra el cost energètic és inferior. No obstant això aquest últim no és suficientment petit com per apreciar un veritable estalvi econòmic.

**Taula 11** Compensació costos nevera classe A+++ versus nevera classe A+

		Anys												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>CLASSE A+++</b>	Cost nevera	1000												
	Cost energia anual (€)		20,03	20,03	20,03	20,03	20,03	20,03	20,03	20,03	20,03	20,03	20,03	20,03
	Fluxos acumulats (€)	1000	1020,03	1040,07	1060,10	1080,14	1100,17	1120,20	1140,24	1160,27	1180,31	1200,34	1220,37	1240,41
<b>CLASSE A+</b>	Cost nevera	500												
	Cost energia anual (€)		36,92	36,92	36,92	36,92	36,92	36,92	36,92	36,92	36,92	36,92	36,92	36,92
	Fluxos acumulats (€)	500	536,92	573,84	610,75	647,67	684,59	721,51	758,43	795,34	832,26	869,18	906,10	943,02
<b>A+++ vs. A+</b>	Fluxos diferencials acumulats (€)	-500	-483,12	-466,23	-449,35	-432,46	-415,58	-398,70	-381,81	-364,93	-348,04	-331,16	-314,28	-297,39

**Taula 12** Compensació costos nevera classe A+++ versus nevera classe D

		Anys												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>CLASSE A+++</b>	Cost nevera	1000												
	Cost energia anual (€)		20,03	20,03	20,03	20,03	20,03	20,03	20,03	20,03	20,03	20,03	20,03	20,03
	Fluxos acumulats (€)	1000	1020,03	1040,07	1060,10	1080,14	1100,17	1120,20	1140,24	1160,27	1180,31	1200,34	1220,37	1240,41
<b>CLASSE D</b>	Cost nevera	600												
	Cost energia anual (€)		78,75	78,75	78,75	78,75	78,75	78,75	78,75	78,75	78,75	78,75	78,75	78,75
	Fluxos acumulats (€)	600	678,75	757,5	836,25	915	993,75	1072,5	1151,25	1230	1308,75	1387,5	1466,25	1545
<b>A+++ vs. D</b>	Fluxos diferencials acumulats (€)	-400	-341,28	-282,57	-223,85	-165,14	-106,42	-47,70	11,01	69,73	128,44	187,16	245,88	304,59



Per altra banda, si es compara un electrodomèstic classe A<sup>+++</sup> amb un de classe D que seria un electrodomèstic de fa 10 o 15 anys, s'observa que els fluxos diferencials s'inverteixen entre els 6 i els 7 anys. Això significa que la diferència de preu dels electrodomèstics es veu compensada pel diferencial del cost anual d'energia.

Per saber d'una manera més precisa, quan les despeses acumulades d'un nou electrodomèstic són inferiors a les despeses d'un de vell, s'ha realitzat el càlcul del mes exacte.

Per calcular-ho es fa de la següent manera:

$$\text{mesos} = \frac{|\text{lux diferencial acumulat}| \text{ any negatiu}}{(\text{cost energia anual}_{\text{sup}} - \text{cost energia anual}_{\text{inf}})} \cdot 12$$

$$\text{mesos} = \frac{|-47,70|}{(78,75 - 20,03)} \cdot 12 = 9,75 \text{ mesos}$$

Per tant el canvi de tendència de les despeses energètiques de la substitució d'electrodomèstic és de 6 anys i gairebé 10 mesos.

- **Rentadora**

Per realitzar la prova numèrica de l'estalvi energètic, es farà a partir del consum anual, amb el mateix procediment empleat per la nevera. Els electrodomèstic escollit són de la casa LG [41] i de la marca Samsung [42].

Com s'observa a la Taula 13, a la fila de fluxos diferencials acumulats, la diferència d'inversió realitzada per un electrodomèstic classe A<sup>+++</sup> enfront d'un classe A<sup>+</sup> no es recupera en la vida útil d'aquest amb la diferència de cost d'energia de cadascú. Per altra banda, tal com passa amb el cas de la nevera, la substitució d'un electrodomèstic més vell (classe D), sí que justificaria la relació entre el cost dels electrodomèstics i el diferencial del cost d'energia dins la vida útil del nou electrodomèstic. Tenint en compte la fórmula del càlcul dels mesos exactes exposada anteriorment, seria de 6 anys i 11 mesos.

**Taula 13** Compensació costos rentadora classe A+++ versus rentadora classe A+

		Anys												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>CLASSE A+++</b>	Cost rentadora	700												
	Cost energia anual (€)		21,55	21,55	21,55	21,55	21,55	21,55	21,55	21,55	21,55	21,55	21,55	21,55
	Fluxos acumulats (€)	700	721,55	743,09	764,64	786,18	807,73	829,28	850,82	872,37	893,91	915,46	937,01	958,55
<b>CLASSE A+</b>	Cost rentadora	500												
	Cost energia anual (€)		27,72	27,72	27,72	27,72	27,72	27,72	27,72	27,72	27,72	27,72	27,72	27,72
	Fluxos acumulats (€)	500	527,72	555,44	583,16	610,88	638,60	666,32	694,04	721,76	749,48	777,20	804,92	832,64
<b>A+++ vs. A+</b>	Fluxos diferencials acumulats (€)	-200	-193,83	-187,65	-181,48	-175,30	-169,13	-162,96	-156,78	-150,61	-144,43	-138,26	-132,09	-125,91

**Taula 14** Compensació costos rentadora classe A+++ versus rentadora classe D

		Anys												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
<b>CLASSE A+++</b>	Cost rentadora	700												
	Cost energia anual (€)		21,55	21,55	21,55	21,55	21,55	21,55	21,55	21,55	21,55	21,55	21,55	21,55
	Fluxos acumulats (€)	700	721,55	743,09	764,64	786,18	807,73	829,28	850,82	872,37	893,91	915,46	937,01	958,55
<b>CLASSE D</b>	Cost rentadora	500												
	Cost energia anual (€)		50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4	50,4
	Fluxos acumulats (€)	500	550,4	600,8	651,2	701,6	752	802,4	852,8	903,2	953,6	1004	1054,4	1104,8
<b>A+++ vs. D</b>	Fluxos diferencials acumulats (€)	-200	-171,15	-142,29	-113,44	-84,58	-55,73	-26,88	1,98	30,83	59,69	88,54	117,39	146,25

- **Rentaplats**

El procediment utilitzat és el mateix que pels altres dos electrodomèstics. De la mateixa manera, els resultats són molt semblants als anteriors.

La diferència de preu entre un electrodomèstic classe A<sup>+++</sup> i un A<sup>+</sup> no s'arriba a invertir degut a la poca diferència entre el cost d'energia dels electrodomèstics. Per altra banda, la substitució d'un classe D per un classe A<sup>+++</sup> sí que sortiria rentable, ja que la diferència de cost d'energia entre classes és més elevat.

*Taula 15 Compensació costos rentaplats classe A+++ versus rentaplats classe A+*

		ANY												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CLASSE A+++	Cost rentaplats	600												
	Cost energia anual (€)		29,23	29,23	29,23	29,23	29,23	29,23	29,23	29,23	29,23	29,23	29,23	29,23
	Fluxos acumulats (€)	600	629,23	658,46	687,70	716,93	746,16	775,39	804,62	833,86	863,09	892,32	921,55	950,78
CLASSE A+	Cost rentaplats	500												
	Cost energia anual (€)		35,66	35,66	35,66	35,66	35,66	35,66	35,66	35,66	35,66	35,66	35,66	35,66
	Fluxos acumulats (€)	500	535,66	571,32	606,97	642,63	678,29	713,95	749,61	785,26	820,92	856,58	892,24	927,90
A+++ vs. A+	Fluxos diferencials acumulats (€)	-100	-93,57	-87,15	-80,72	-74,30	-67,87	-61,44	-55,02	-48,59	-42,17	-35,74	-29,31	-22,89

*Taula 16 Compensació costos rentaplats classe A+++ versus rentaplats classe D*

		ANY												
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
CLASSE A+++	Cost rentaplats	600												
	Cost energia anual (€)		29,23	29,23	29,23	29,23	29,23	29,23	29,23	29,23	29,23	29,23	29,23	29,23
	Fluxos acumulats (€)	600	629,23	658,46	687,70	716,93	746,16	775,39	804,62	833,86	863,09	892,32	921,55	950,78
CLASSE D	Cost rentaplats	450												
	Cost energia anual (€)		56,95	56,95	56,95	56,95	56,95	56,95	56,95	56,95	56,95	56,95	56,95	56,95
	Fluxos acumulats (€)	450	506,95	563,90	620,86	677,81	734,76	791,71	848,66	905,62	962,57	1019,52	1076,47	1133,42
A+++ vs. D	Fluxos diferencials acumulats (€)	-150	-122,28	-94,56	-66,84	-39,12	-11,40	16,32	44,04	71,76	99,48	127,20	154,92	182,64

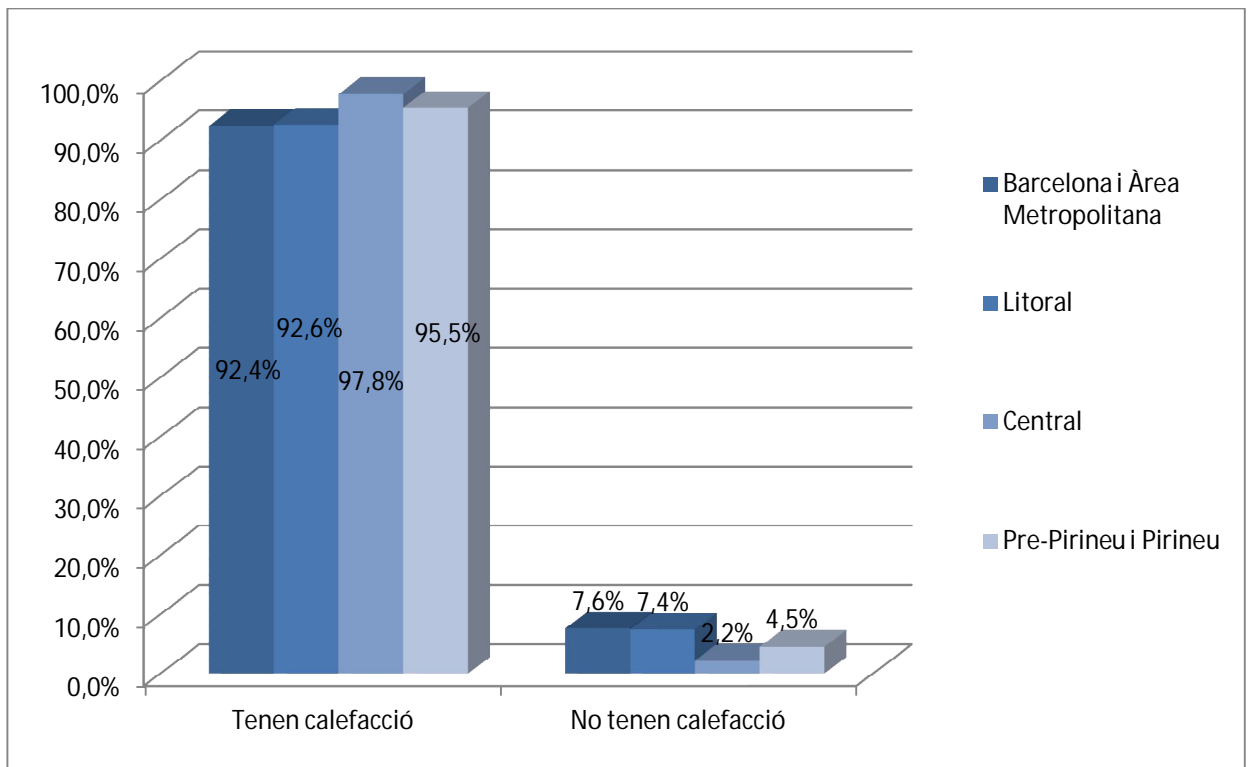
## 5.3. Indicador calefacció i refrigeració

### 5.3.1. *Contextualització*

Segons l'estudi sobre el consum domèstic d'energia a Catalunya [27], l'any 2005 la calefacció abastia el 93,3% de la població i la refrigeració el 28%. Tot i que ambdós conceptes estan inclosos dins la certificació energètica, aquesta no contempla les hores de funcionament relacionades amb les hores d'estança dels habitants de la llar. És per això que cal analitzar quin consum real es té de cada aparell per tal d'ajustar encara més la certificació actual.

- **Calefacció**

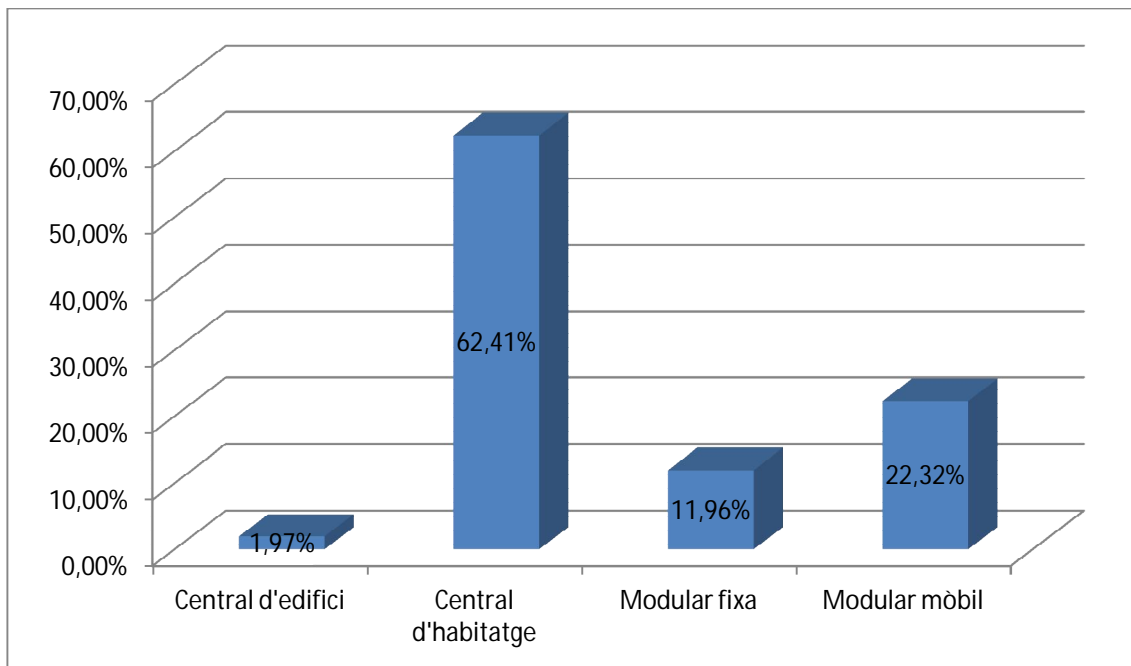
Es pot observar a la que els habitatges que no tenen cap sistema de calefacció estan situats a l'àrea metropolitana de Barcelona o bé a la zona litoral. Mentre la taxa d'utilització més important es troba a la regió central i a la zona pirinenca motivat per les condicions climatològiques.



**Figura 9** Percentatge d'habitatges amb calefacció. Resultats segons zona climàtica. Font: [27]

El model de certificació actual ja contempla el tipus de calefacció que hi ha a l'habitatge (central d'edifici, central d'habitatge, modular fixa, modular mòbil). Això es reflexa a la Figura 10.

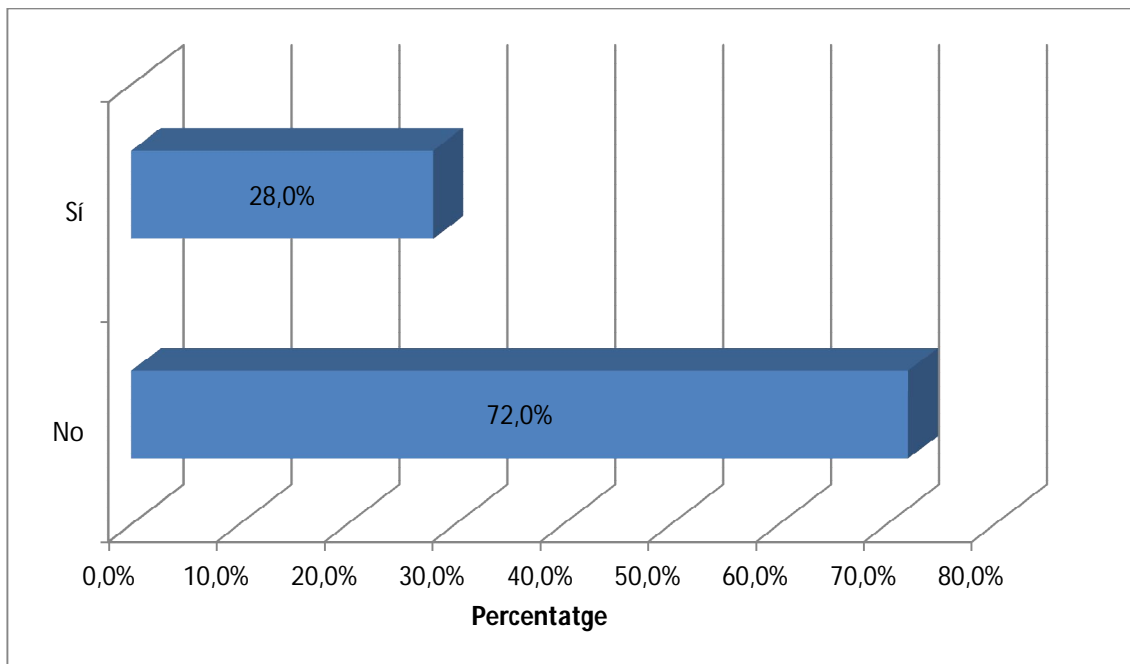
Com s'observa, a Catalunya predomina el tipus de calefacció centralitzada a l'habitatge. Aquest sistema distribueix a totes les dependències de l'habitatge la mateixa temperatura de consigna. Diferents exemples d'aquests sistema serien les calderes mixtes, els fils radiants, els termos elèctrics...



**Figura 10** Percentatge d'habitatges segons tipologia de calefacció. Resultats per al global de Catalunya respecte a tots els habitatges.  
Font: [27]

- **Refrigeració**

La penetració dels sistemes de refrigeració a les llars catalanes ha augmentat significativament respecte l'any 1997. D'un 7,6% a un 28%, gairebé quatre vegades més.



**Figura 11** Habitatges amb algun sistema de refrigeració o aire condicionat. Resultats per al global de Catalunya. Font: [27]

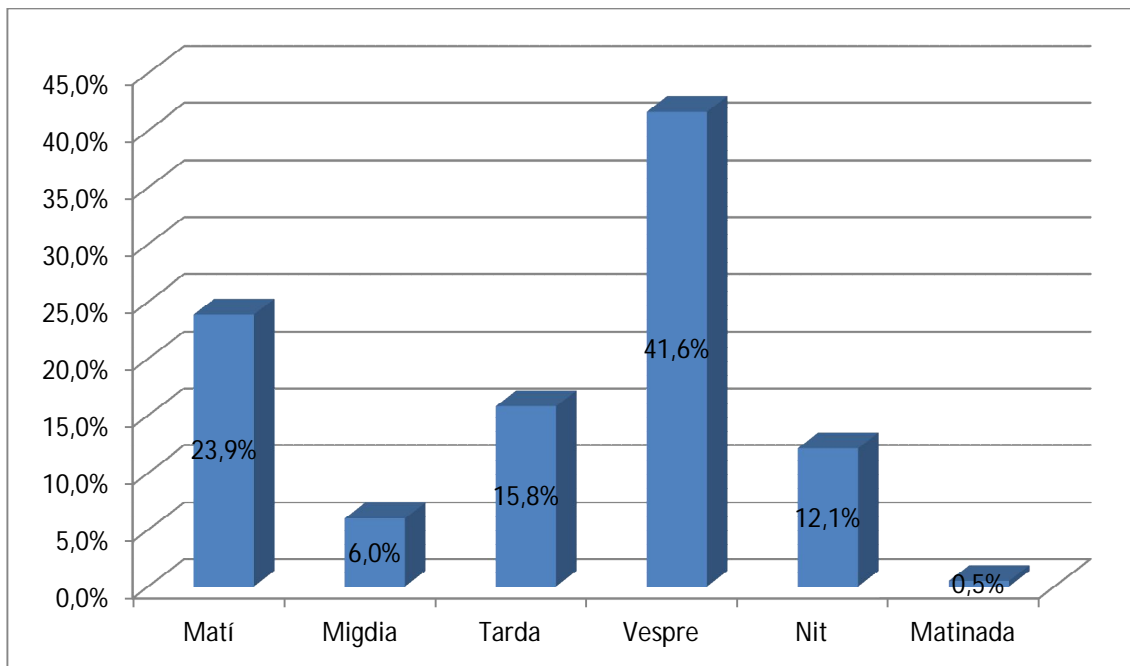
### 5.3.2. Càlcul indicador calefacció i refrigeració

S'entén que els sistemes de refrigeració o aire condicionat es posen en ús durant l'estiu i la calefacció durant els mesos d'hivern. Si es mira els informes generats per IDAE[43], [44] del que els programes de certificació energètica entenen per hivern i estiu, és defineix de la següent manera: *"Es considerarà règim d'estiu des de l'últim diumenge de març a l'últim dissabte d'octubre. La resta de l'any es considerarà règim d'hivern"*. Per altra banda, també acota els períodes dia i nit de la següent manera: *"Es considerarà nit des de la hora 1 a la hora 8 ambdues incloses"*.

Si es tenen en compte els resultats de l'enquesta realitzada per ICAEN [27], es pot observar l'ús real d'aquests sistemes a les llars.

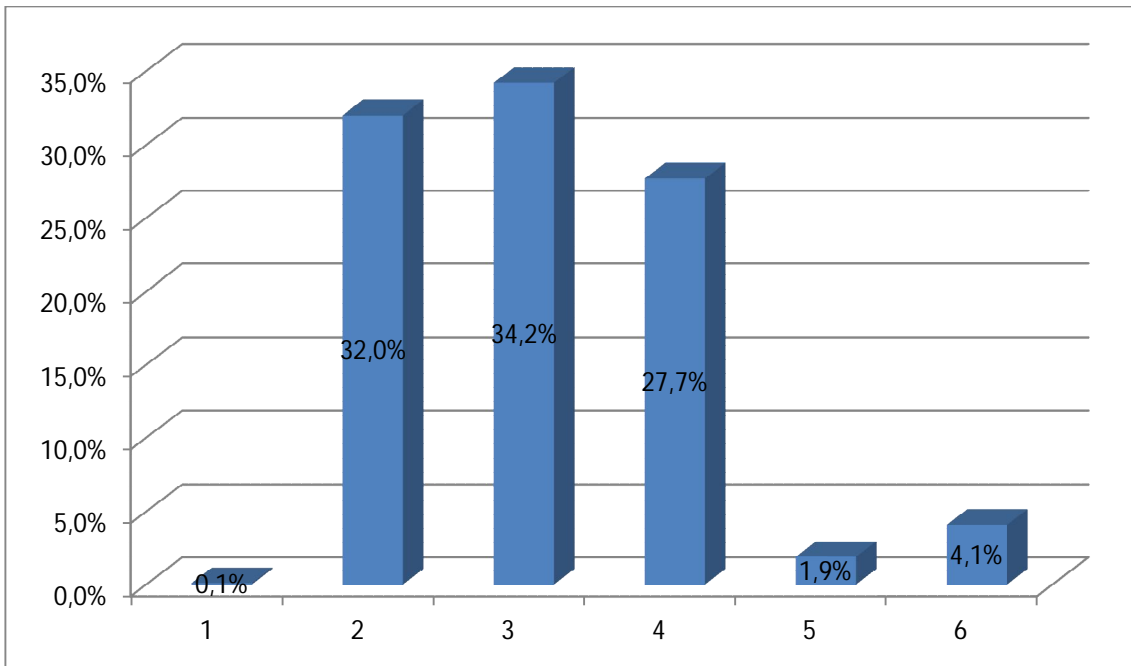
Primerament, pel què fa a la calefacció, és rellevant saber en quin moment del dia es posa el sistema. Veient la Figura 12 s'observa que predomina el vespre, i es corrobora que el sistema no està permanentment encès com considera el programa de certificació actual.



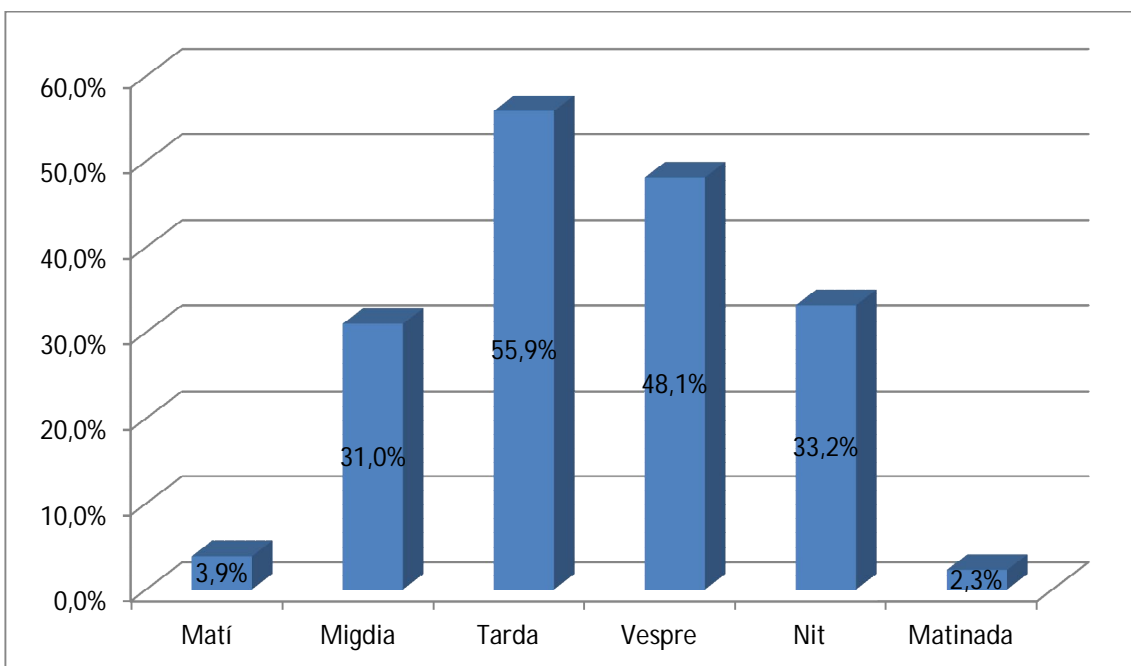


**Figura 12** Moment del dia en què es posa en funcionament la calefacció. Resultats per al global de Catalunya respecte als habitatges amb calefacció. Font: [27]

Pel què fa a l'aire condicionat, a la Figura 13 i Figura 14 es mostra el període de temps que es té amb més funcionament i a més a més en quines franges horàries. Com s'observa, el programa considera que els mesos d'estiu són 6, en canvi l'ús principal dels sistemes només s'usa entre 2 i 4 mesos. Per altra banda, el factor del moment en què es posa l'aparell en marxa, no és menys rellevant per saber les hores de funcionament i en conseqüència el seu consum real.



**Figura 13** Mesos d'utilització habitual de l'aire condicionat. Resultats per al conjunt de Catalunya. Font: [27]



**Figura 14** Moment del dia en què es posa en funcionament el sistema d'aire condicionat. Resultats per al global de Catalunya. Font: [27]

## 5.4. Indicador il·luminació

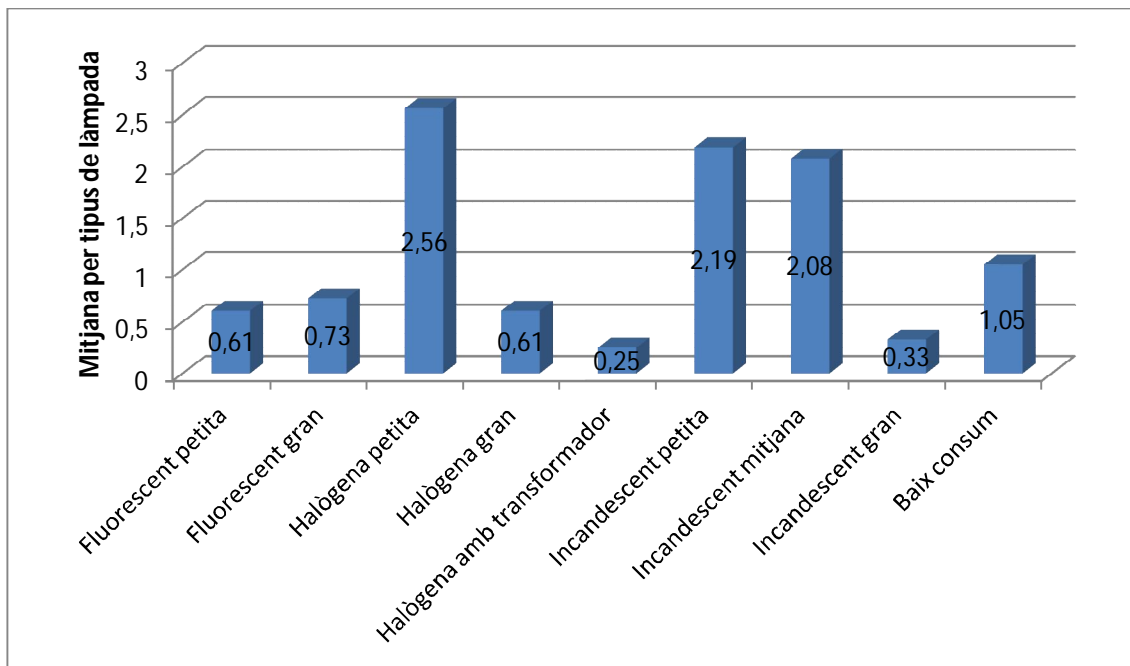
La il·luminació és un tema pendent del model de certificació actual per a vivendes d'àmbit residencial. Així com als edificis del sector terciari sí que es contempla i es pot fraccionar per franges horàries, a les vivendes no hi ha l'opció. Si mirem la Figura 4, se sap que la il·luminació suposa el 8% del consum d'una vivenda. És per això que cal tenir-ho present per afinar al màxim el model de certificació.

### 5.4.1. Contextualització

A l'estudi efectuat per ICAEN [27], es pregunta als enquestats quin tipus d'il·luminació tenen a la llar i la quantitat. Es divideixen entre:

- Làmpades incandescents: petites (<60W), mitjanes (entre 60 i 100W) i grans (>100W).
- Làmpades fluorescents: petites (600mm de longitud) i grans (més de 1200mm de longitud o circulars).
- Làmpades halògenes: petites ("ulls de bou") i grans (altres)
- Làmpades de baix consum

Com s'observa a la Figura 15, destaquen les bombetes halògenes petites. Per altra banda, l'any 1997 destacava considerablement l'ús majoritari de làmpades incandescent (al voltant del 70%). Com s'observa, segueixen tenint una força considerable dins del parc total de punts de llum en els habitatges, però l'halògena ha despuntat en els últims anys. També cal destacar l'augment de les làmpades de baix consum en referència a l'any 1997. De mitjana les llars catalanes tenen 1 bombeta d'aquest tipus.



**Figura 15** Tipus de làmpades presents als habitatges. Resultats per al global de Catalunya. Font: [27]

Per altra banda, últimament ha sortit al mercat les bombetes LED. Aquests es caracteritzen pel seu cost elevat però la seva llarga durada i el seu baix consum.

#### 5.4.2. Comparativa dels diferents tipus de il·luminació

Per veure que realment tenir en compte el tipus de lluminària que hi ha a les llars, sí que influeix al consum, es realitzarà una comparativa de les diferents tipologies de bombeta [45], [46]. S'ha considerat com a referent la bombeta incandescent de 100W que és l'estàndard dins les llars. Per altra banda, s'ha agafat com a premissa que una bombeta està encesa 8 hores diàries de mitjana per tal de poder calcular el consum elèctric (de 07:00 a 09:00 i de 17:00 a 23:00). Per últim, el preu del kWh elèctric és de 0,1260 €/kWh segons la tarifa d'últim recurs del desembre de 2013 [38].

**Taula 17** Comparativa diferents tipus de bombetes. Font: Elaboració pròpia

	Làmpada Incandescent	Làmpada Halògena	Làmpada Baix Consum	Làmpada Fluorescent	Làmpada LED
<b>Potència (W)</b>	100	70	22	20	18,8
<b>Vida útil de la làmpada (hores)</b>	1.000	3.000	3.000	9.000	40.000
<b>Consum per hora (kWh)</b>	0,1	0,07	0,022	0,020	0,0188
<b>Consum per any (kWh)</b>	292	204,4	64,24	58,4	54,896
<b>Cost energètic anual</b>	36,79 €	25,75 €	8,09 €	7,36 €	6,92 €
<b>Cost energètic 10 anys</b>	367,92 €	257,54 €	80,94 €	73,58 €	69,17 €
<b>Cost inicial per unitat</b>	1,33 €	4,09 €	17,05 €	10,72 €	35,99 €
<b>Núm. substitucions cada 10 anys</b>	29	10	10	3	0
<b>Cost de substitució</b>	38,84 €	39,81 €	165,95 €	34,78 €	0,00 €
<b>Cost total cada 10 anys</b>	408,09 €	301,44 €	263,95 €	119,08 €	105,16 €

Hores enceses al dia = 8 hores

Preu TUR = 0,1260 €/kWh

Consum per any(kWh) = Consum per hora (kWh) · hores enceses al dia · 365

Cost energètic anual (€) = Consum per any(kWh) · Preu TUR

Núm. de substitucions cada 10 anys =  $\frac{365 \cdot \text{hores enceses}}{\text{vida útil de la làmpada}} \cdot 10 \text{ anys}$

Cost de substitució cada 10 anys

= cost inicial per unitat · núm de substitucions cada 10 anys

Cost total cada 10 anys

$$\begin{aligned} &= \text{Cost de substitució cada 10 anys} + \text{Cost inicial per unitat} \\ &+ \text{Cost energètic 10 anys} \end{aligned}$$

*Fórmules aplicades per realitzar la comparativa de bombetes*

Es pot concloure que realment sí que té una forta influència el tipus de bombeta de la qual es disposa a les llars. Les bombetes de baix consum, els fluorescents i els LED realment tenen un impacte d'estalvi molt considerable i gens menyspreable.

Si aquest aspecte s'incloués al model de certificació actual, es podria beneficiar als usuaris amb una millor qualificació energètica i com a conseqüència augmentar el valor de la vivenda. A més a més, seria una possible proposta de millora dins de la certificació per aquells habitatges que tinguessin un consum alt en aquest punt.

# CAPÍTOL 6.

## CONCLUSIONS

Al present treball de final de grau es va plantejar a partir de la preocupació que té ICAEN respecte el model de certificació actual, en especial pel què fa a l'ajust de l'ús real de l'habitable. L'objectiu principal era analitzar el sistema de certificació per establir les debilitats que tenia per tal de poder-les millorar. Per altra banda també hi havia l'objectiu que aquest model de millora servís per poder comparar edificis en funció de l'ús que se'n fa.

Primerament s'ha estudiat l'estat de l'art de la certificació energètica d'edificis a partir de la normativa que en fa referència i la seva aplicació als diferents països europeus. Posteriorment s'ha analitzat amb més detall el model de certificació espanyol trobant les seves debilitats i els seus punts forts. A partir d'aquí s'ha buscat indicadors que permetin modificar el model actual per poder millorar-lo i comparar edificis entre ells en funció de l'ús.

Als indicadors analitzats, la principal dificultat que s'ha trobat és la falta de dades actualitzades. És per això que al treball hi ha un decalatge important entre les dades utilitzades i les necessitats més

actuals. Tot i així per veure la importància de la implementació d'aquests al model actual de certificació ja és suficient.

Un cop analitzats, es pot concloure que realment són aspectes que sí que poden modificar l'etiqueta energètica de la vivenda per fer-la més precisa a l'ús real.

En primer lloc el factor del nombre de persones que habiten és molt significatiu per saber les necessitats energètiques que requereix. Com s'ha pogut analitzar, quan hi ha més persones dins d'una vivenda, l'energia per càpita requerida és menor, i aquest punt la certificació actual no ho contempla. A l'hora d'intentar implementar aquest indicador dins del programari de certificació s'ha topat amb la complexitat d'aquest. Es tracta d'uns programaris basats en un *cluster* de simulacions que mitjançant un sistema de similituds respecte el cas estudiat, s'obté el resultat de certificació. Això provoca que a l'hora de saber les dades base utilitzades per cada model de certificació sigui impossible obtenir-les.

Pel que fa a l'indicador de calefacció i refrigeració s'ha trobat la mateixa dificultat que al cas anterior. Un cop analitzades les dades i considerant que és un aspecte important a tenir en compte a la certificació, és de gran dificultat poder accedir a les dades que el programari considera premissa per tal de treballar sobre aquestes. Tot i així, el fet d'haver analitzat aquest punt ha fet denotar que és de rellevant importància per profunditzar més al model de certificació per tal de poder concretar més l'etiqueta energètica.

Per altra banda, incloure els electrodomèstics dins del model de certificació és un aspecte clau. Com s'ha pogut observar ens els diferents electrodomèstics considerats, l'adquisició d'un d'aquests fa variar substancialment el cost anual d'energia. Aquest aspecte és força important a l'hora de tenir en compte l'etiquetatge energètic. A l'hora de justificar les diferents classes energètiques s'ha observat que entre la classe A<sup>+++</sup> i la classe A<sup>+</sup> la diferència de preu és



considerable en tots els electrodomèstics però que la diferència de cost energètic no és suficientment petita com per apreciar un veritable estalvi econòmic. Per contra, la substitució d'un electrodomèstic classe D per la classe energètica més eficient que hi ha al marcat actualment, sí que s'observa un estalvi energètic.

Per últim, l'indicador d'il·luminació és bastant significatiu. El programari de certificació només té en compte aquest aspecte als edificis terciaris. És per això que es creu realment necessari la seva incorporació dins del model actual d'etiquetatge de vivendes. Per justificar-ho, s'ha analitzat els diferents tipus de bombeta empleades a les llars amb el cost associat. És per això que tot fa indicar que tenir-ho en compte dins del model de certificació beneficiaria als usuaris que utilitzen una lluminària més eficient en contra dels que n'utilitzen una de més consumidora.

## 6.1. Treballs futurs

Hi ha diferents aspectes susceptibles de ser un possible treball de continuació de la feina feta a aquest projecte

En primer lloc intentar aplicar els indicadors trobats als diferents programaris que hi ha actualment per realitzar certificacions energètiques. A partir de la modificació dels programes informàtics seria possible incloure aquests aspectes i comprovar si realment el canvi entre aplicar-los o no fa que el model de certificació sigui més ajustat a la realitat.

Per altra banda, dins dels indicadors estudiats, encara es podria profunditzar més. Pel què fa a l'indicador kWh/m<sup>2</sup>·persona, un tema important és el tipus de persones que viuen dins la llar. Una possible classificació segons les necessitats de cada etapa seria la següent: nadons, nens (entre 3 i 9 anys), adolescents (entre 10 i 17 anys),

joves (entre 18 i 24 anys), adults (entre 25 i 64 anys) i majors de 65 anys. Cada etapa té unes necessitats de consum d'energia diferent, és per això que segurament és un factor que també interfereix a l'hora de determinar la quantitat d'energia necessària per persona.

Pel que fa a l'indicador de electrodomèstics o il·luminació, un altre aspecte a tenir en compte són els ingressos familiars de les llars. Es pot preveure que el fet de tenir uns ingressos no molt elevats fa que, per exemple, la inversió en electrodomèstics o il·luminació de baix consum no sigui possible degut al seu cost més elevat. D'aquesta manera el consum energètic s'eleva considerablement.

Un altre aspecte a estudiar seria l'ACS (aigua calenta sanitària). Dins de les llars suposa un 17% de l'energia consumida. És per això que tot fa pensar que profunditzar-hi més seria una altra manera d'ajustar encara més el model actual de certificació.

# REFERÈNCIES

## BIBLIOGRÀFIQUES

- [1] Eurostat, «Energia final consumida per sectors,» [ec.europa.eu/eurostat](http://ec.europa.eu/eurostat), 2011.
- [2] Z. Ma, P. Cooper, D. Daly i L. Ledo, «Existing building retrofits: Methodology and state-of-art,» *Energy & Buildings*, núm. 55 , pp. 889-902, 2012.
- [3] I. Z. Bribián, A. A. Usón i S. Scarpellini, «Life cycle assessment in buildings: State-of-art and simplified LCA methodology as a complement for building certification,» *Building & Environment*, núm. 44, pp. 2510-2520, 2009.
- [4] L. Pérez-Lombard, J. Ortiz, R. González i I. R. Maestre, «A review of benchmarking rating and labelling concepts within the framework of building energy certification schemes,» *Energy & Buildings*, núm. 41, pp. 272-278, 2009.

- [5] IDAE, «Procedimientos de certificación energética para edificios existentes,» Gobierno de España, 2012.
- [6] A. L. d. Barcelona, «Butlletí oficial de la Província de Barcelona,» núm. 181, pp. 25-27, 1999.
- [7] Y. Schwartz i R. Raslan, «Variations in results of building energy simulations tools, and their impact on BREEAM and LEED ratings: A case study,» *Energy & Buildings*, núm. 62, pp. 350-359, 2013.
- [8] G. S. B. Council, «Deutsche Gesellschaft für Nachhaltiges Bauen e.V.,» [En línia]. Available: <http://www.dgnb.de/en/>. [Últim accés: 2 Octubre 2013].
- [9] E. Green Building Council. [En línia]. Available: <http://www.gbce.es/es/pagina/certificacion-verde>. [Últim accés: 2 Octubre 2013].
- [10] S. Wang, C. Yan i F. Xiao, «Quantitative energy performance assessment methods for existing buildings,» núm. 55, pp. 873-888, 2012.
- [11] Ecofys, «IMPACT (Improving energy Performance Assessment and Certification schemes by Test),» 2005.
- [12] N. Garrido Soriano, «Tesi Doctoral: Eficiència i certificació energètica d'edificis residencials,» UPC, 2010.
- [13] X. Garcia Casals, «Analysis of building energy regulation and certification in Europe: Their role, limitations and differences,» núm. 38, pp. 381-392, 2006.
- [14] P. Institute, «Passiv Haus,» [En línia]. Available: <http://www.passiv.de>. [Últim accés: 28 Octubre 2013].
- [15] «SAP (Standard Assessment Procedure),» [En línia].

- Available: <https://www.gov.uk/standard-assessment-procedure>. [Últim accés: 28 Octubre 2013].
- [16] B. Poel, G. Van Cruchten i C. A. Balaras, «Energy performance assessment of existing dwellings,» *Energy & Buildings*, núm. 29, pp. 393-403, 2007.
- [17] «EPA-ED (Energy Performance Assessment of Existing Dwellings),» [En línia]. Available: [www.epa-ed.org](http://www.epa-ed.org). [Últim accés: 4 Novembre 2013].
- [18] MINETUR, «Metodología de Cálculo de la Calificación de Eficiencia Energética,» Gobierno de España, 2013.
- [19] M. d. Fomento, «Código Técnico de la Edificación: Documento Básico HE. Ahorro de energía,» Gobierno de España, 2009.
- [20] ICAEN, «Balanz energètic 1990-2009,» Generalitat de Catalunya, 2009.
- [21] IDESCAT, « Població. 1900-2013 Províncies,» [En línia]. Available: <http://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=245>. [Últim accés: 7 Novembre 2013].
- [22] IDESCAT, «Consum final d'energia. 2003-2007. Per sectors,» [En línia]. Available: <http://www.idescat.cat/pub/?id=aec&n=505&t=2007>. [Últim accés: 7 Novembre 2013].
- [23] ICAEN, «Pla Renova't de Finestres 2011,» Generalitat de Catalunya, 2011.
- [24] IDESCAT, «Llars segons el nombre i tipus de nucli a Catalunya. Any 2007,» [En línia]. Available: <http://www.idescat.cat/dequavi/?TC=444&VO=3&V1=4>. [Últim accés: 13 Novembre 2013].

- [25] IDESCAT, «Llars segons tipus i superfície de l'habitatge a Catalunya. Any 2007,» [En línia]. Available: <http://www.idescat.cat/territ/BasicTerr?TC=5&V0=3&V1=3&V3=3304&V4=2680&ALLINFO=TRUE&PARENT=1&CTX=B>. [Últim accés: 13 Novembre 2013].
- [26] IDESCAT, «Enquesta demogràfica 2007. Principals resultats,» Generalitat de Catalunya, 2010.
- [27] ICAEN, «Estudi sobre el consum domèstic d'energia a Catalunya,» Generalitat de Catalunya, 2005.
- [28] IDAE, «La etiqueta energètica,» [En línia]. Available: <http://www.idae.es/index.php/idpag.57/relcategoria.1161/relmenu.67/mod.pags/mem.detalle>. [Últim accés: 4 Desembre 2013].
- [29] IDAE, «Guía práctica de la energía,» Gobierno de España, 2011.
- [30] B. C. a. c. d. c. l. Electrodomésticos, «¿Se amortiza el mayor coste de compra de los electrodomésticos de ALTA EFICIENCIA ENERGETICA? (I),» [En línia]. Available: <http://ahorrarcadadiaconloselectrodomest.blogspot.com.es/2011/11/1-2-3-4-5-6-tipo-clase-ahorro-consumo.html>. [Últim accés: 4 Desembre 2013].
- [31] Holaluz. [En línia]. Available: <https://www.holaluz.com/blog/la-etiqueta-energetica-una-aliada-muy-eficiente/>. [Últim accés: 4 Desembre 2013].
- [32] C. Electricidad, «Consumo de Artefactos eléctricos,» [En línia]. Available: [http://www.coopelesca.co.cr/index.php?option=com\\_content&view=article&id=106&Itemid=137](http://www.coopelesca.co.cr/index.php?option=com_content&view=article&id=106&Itemid=137). [Últim accés: 16 Desembre

- 2013].
- [33] D. ". país", «Los nuevos electrodomésticos buscan el ahorro energético,» [En línea]. Available: [http://elpais.com/diario/2011/11/17/radiotv/1321484402\\_850215.html](http://elpais.com/diario/2011/11/17/radiotv/1321484402_850215.html). [Últim accés: 16 Desembre 2013].
- [34] I. c. y. e. Agencia Analuza de la Energía. Consejería de Economía, «¿Cuánto puedo ahorrar con un electrodomñestico eficiente?,» [En línea]. Available: <http://www.agenciaandaluzadelaenergia.es/ciudadania/subvenciones/hogar/ahorrar/plan-renove-electro/ahorrar-electro>. [Últim accés: 16 Desembre 2013].
- [35] IDAE, «Búsqueda de electrodomésticos,» [En línea]. Available: <http://www.idae.es/ProductosEficientes/BusquedaProductos.aspx>. [Últim accés: 16 Desembre 2013].
- [36] «La etiqueta energética,» [En línea]. Available: <http://www.etiquetaenergetica.com>. [Últim accés: 17 Desembre 2013].
- [37] G. d. Catalunya, «Estalvi d'energia a la llar,» [En línea]. Available: [http://www.gencat.cat/web/multimedia/cas/estalvi/index\\_hmtm.htm](http://www.gencat.cat/web/multimedia/cas/estalvi/index_hmtm.htm). [Últim accés: 16 Desembre 2013].
- [38] Endesa, «Precio del kWh 2013 Endesa,» [En línea]. Available: <http://tarifasgasluz.com/faq/endesa/precio-kwh-2013>. [Últim accés: 23 Desembre 2013].
- [39] Siemens, «Nevera combi A+++ . Model: KG36NAI40,» [En línea]. Available: <http://www.siemens-home.es/KG36NAI40.html>. [Últim accés: 23 Desembre 2013].
- [40] Siemens, «Nevera combi A+ . Model: KG36NNW20,» [En línea].

- Available: <http://www.siemens-home.es/KG36NNW20.html>.  
[Últim accés: 23 Desembre 2013].
- [41] LG, «Rentadora A+++ . Model: F1296QDP7,» [En línia].  
Available: <http://www.lg.com/es/lavado-y-secado/lg-F1296QDP7>. [Últim accés: 23 Desembre 2013].
- [42] Samsung, «Rentadora A+ . Model: WF1702NHW,» [En línia].  
Available: <http://tiendas.mediamarkt.es/p/lavadora-samsung-wf1702nhw-7-kg-1200-r.p.m-clase-energetica-a-1156288>.  
[Últim accés: 23 Desembre 2013].
- [43] IDAE, «Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER,» Gobierno de España, 2009.
- [44] A. Garcia Lastra, A. Garcia Laespada, V. Soto Francés i J. M. Pinazo Ojer, «Documentos técnicos de instalaciones en edificación DTIE. Entrada de Datos a los programas LIDER i CALENER VyP,» 2009.
- [45] Algesa, «Preus i tipologia de bombetes,» [En línia]. Available: <http://www.bombillasytubos.com>. [Últim accés: 27 Desembre 2013].
- [46] RS-Online, «Preus i tipologia de bombetes,» [En línia]. Available: <http://es.rs-online.com>. [Últim accés: 27 Desembre 2013].
- [47] J. H. Laustsen, «Energy Labelling of Buildings. Existing Experience with Certification of Buildings in Denmark. Implementation of Directive on Energy Performance in Buildings,» *Danish Energy Authority*, 2005.
- [48] «DENA (Deutsche Energie-Agentur),» [En línia]. Available: <http://www.dena.de/en/projects/building/energy-performance-certificate-for-buildings.html>. [Últim accés: 28



Octubre 2013].

- [49] J. Míguez, J. Porteiro, L. López-González, J. Vicuña, S. Murillo, J. Morán i E. Granada, «Review of the energy rating of dwellings in the European Union as a mechanism for sustainable energy,» *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, núm. 10, pp. 24-45, 2006.

# BIBLIOGRAFIA DE CONSULTA

- [50] B. R. Establishment, «Building Reserach Establishment Environmental Assessment Method (BREEAM),» [En línia]. Available: <http://www.breeam.org/>. [Últim accés: 2 Octubre 2013].
- [51] U. G. B. Council, «Leadership in Energy and Environmental Design (LEED),» [En línia]. Available: <http://www.usgbc.org/leed/certification>. [Últim accés: 2 Octubre 2013].
- [52] M. García Roderó, «Treball de Fi de Grau: Certificació energètica d'edifici existent i proposta de millora energètica d'un edifici de protecció oficial a Taradell dins del projecte de cooperació RELS,» UPC, 2012.
- [53] N. Barriuso i S. Boned, «Treball de Fi de Grau: Estudio térmico del Edificio de la EPSEB mediante certificación con CALENER y estudio de eficiencia energética mediante LIDER,» UPC, 2010.

- [54] «ScienceDirect,» [En línia]. Available: [www.sciencedirect.com](http://www.sciencedirect.com). [Últim accés: 30 Desembre 2013].
- [55] «Diccionari Català,» [En línia]. Available: [www.diccionari.cat](http://www.diccionari.cat). [Últim accés: 3 Gener 2014].
- [56] «Wordreference,» [En línia]. Available: [www.wordreference.com](http://www.wordreference.com). [Últim accés: 3 Gener 2014].
- [57] «Bibliotècnica UPC,» [En línia]. Available: [bibliotecnica.upc.edu](http://bibliotecnica.upc.edu). [Últim accés: 30 Desembre 2013].
- [58] «Aranzadi,» [En línia]. Available: <http://aranzadi.aranzadidigital.es>. [Últim accés: 27 Setembre 2013].
- [59] «Organización de Consumidores y Usuarios (OCU),» [En línia]. Available: <http://www.ocu.org/vivienda-y-energia/gas-luz/noticias/cuanta-energia-consume-una-casa-571584>. [Últim accés: 7 Novembre 2013].
- [60] J. M. Hernández Sánchez, «Tesi Doctoral: Metodología basada en ACV para la evaluación de sostenibilidad en edificios,» UPC, 2013.
- [61] I. Abós Diez, «Tesina: Propuesta de Ataque a la Pobreza energética: Banco Cooperativo de Energía,» UPC, 2013.
- [62] ICAEN, «Taller de Comptabilitat energètica domèstica,» Generalitat de Catalunya, 2012.
- [63] LAVOLA, «Informe del sector de l'energia,» Generalitat de Catalunya, 2009.
- [64] MINETUR i ICAEN, «Informe Ejecutivo: Procedimientos de certificación energética para edificios existentes,» Gobierno de España i Generalitat de Catalunya, 2012.

- [65] IDESCAT, «Habitatges segons superfície útil en m2 a Catalunya,» [En línia]. Available: <http://www.idescat.cat/territ/BasicTerr?TC=5&V0=3&V1=3&V3=3767&V4=2553&ALLINFO=TRUE&PARENT=1&CTX=B>. [Últim accés: 7 Novembre 2013].
- [66] MINETUR, «Análisis del consumo energético del sector residencial en España,» Gobierno de España, 2011.
- [67] Mediamarkt, «Botiga electrodomèstics,» [En línia]. Available: <http://tiendas.mediamarkt.es/>. [Últim accés: 16 Desembre 2013].
- [68] B. electrodomésticos, «Fabricant Bosch,» [En línia]. Available: <http://www.bosch-home.es/>. [Últim accés: 16 Desembre 2013].
- [69] S. electrodomésticos, «Fabricant Siemens,» [En línia]. Available: <http://www.siemens-home.es/>. [Últim accés: 16 Desembre 2013].
- [70] L. Electrodomésticos, «Fabricant LG,» [En línia]. Available: <http://www.lg.com/es>. [Últim accés: 16 Desembre 2013].

# **ANNEX**

# Annex 1. Informes de certificació a Europa.

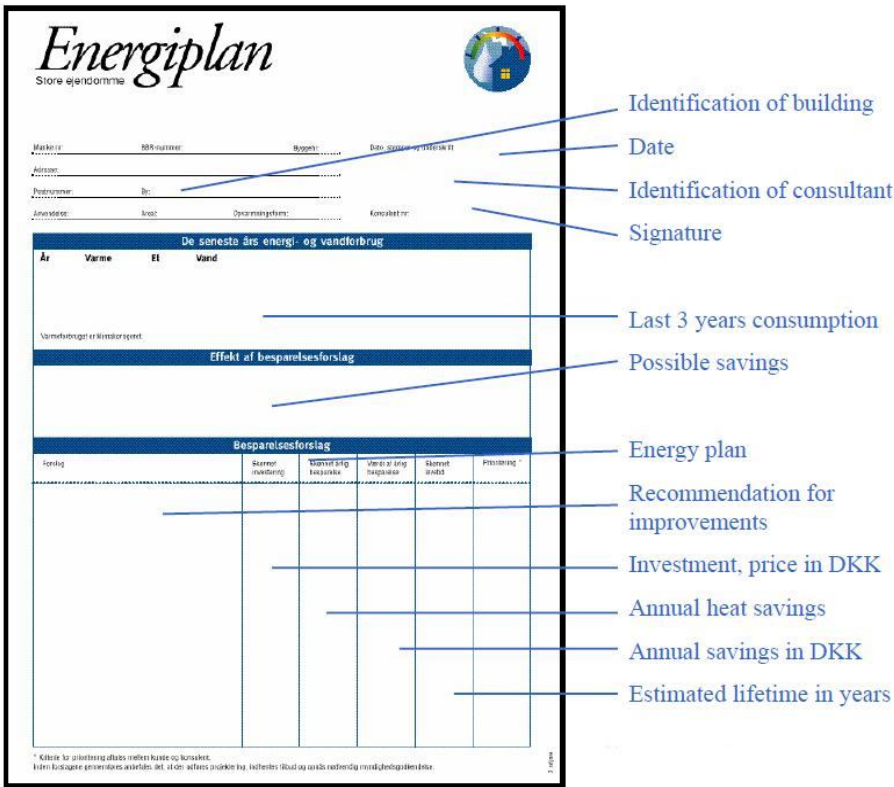
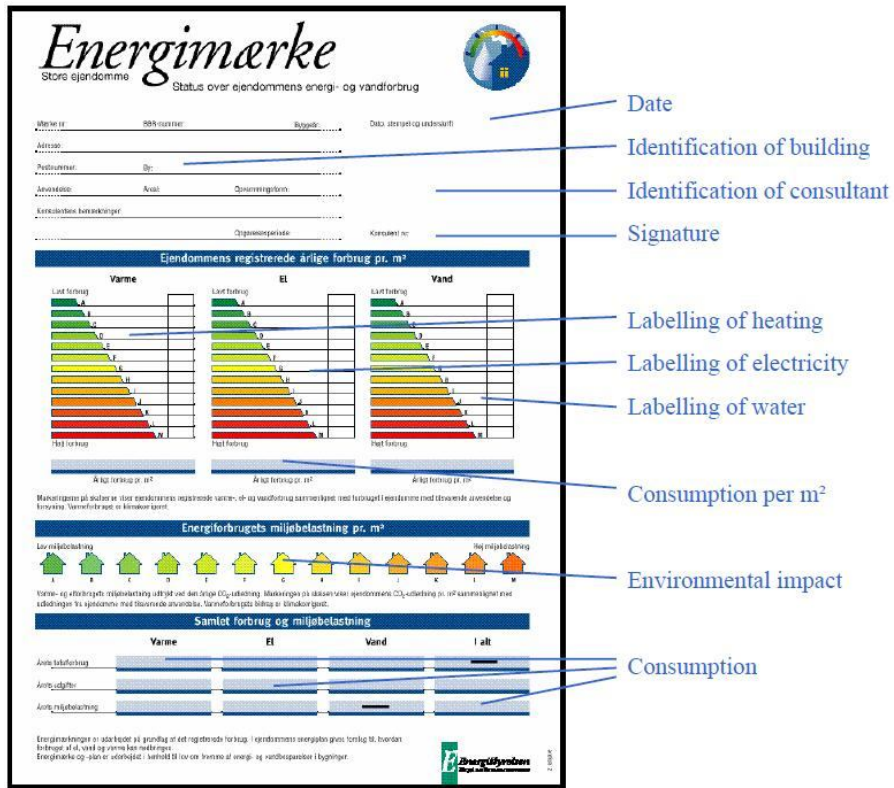


Figura 16 Etiqueta energètica danesa per a grans edificis. Font: [47]

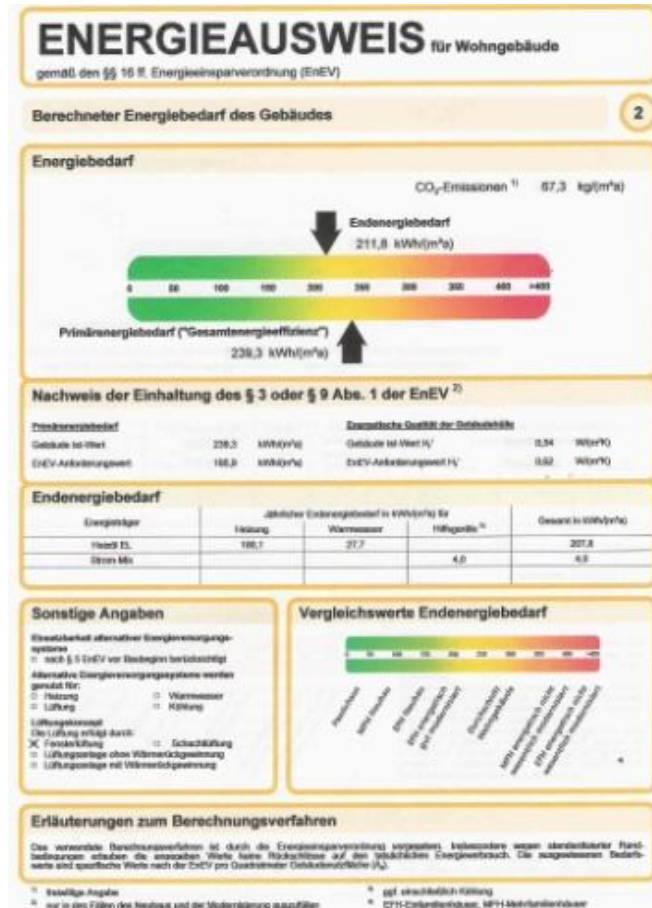


Figura 17 Etiqueta energètica alemanya. Font: [48]

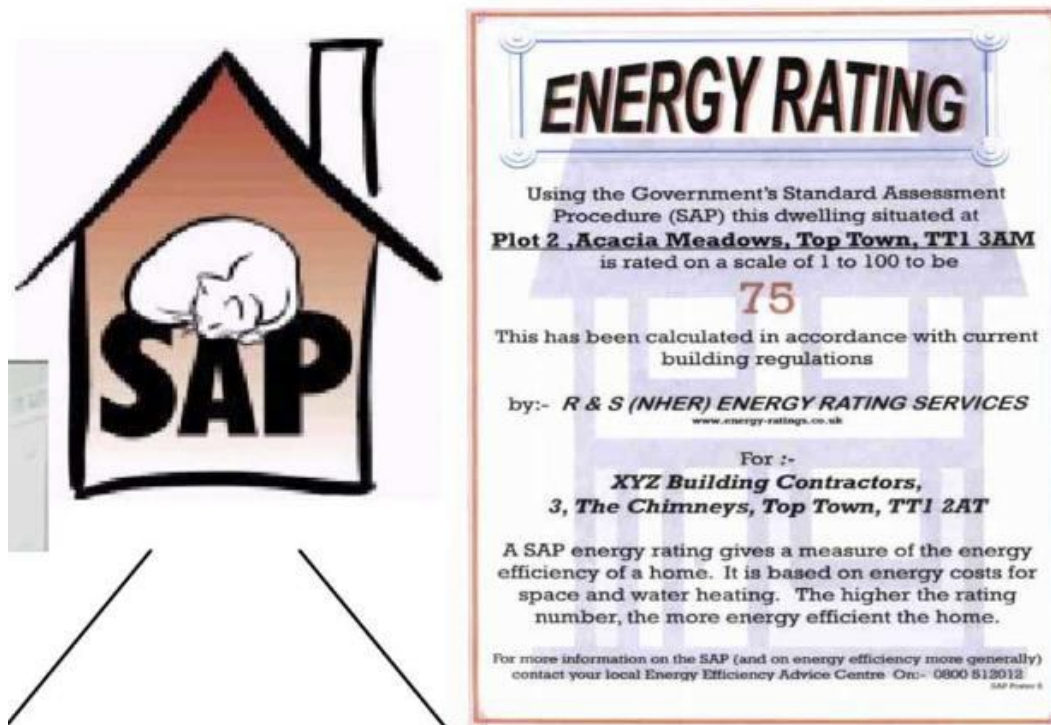
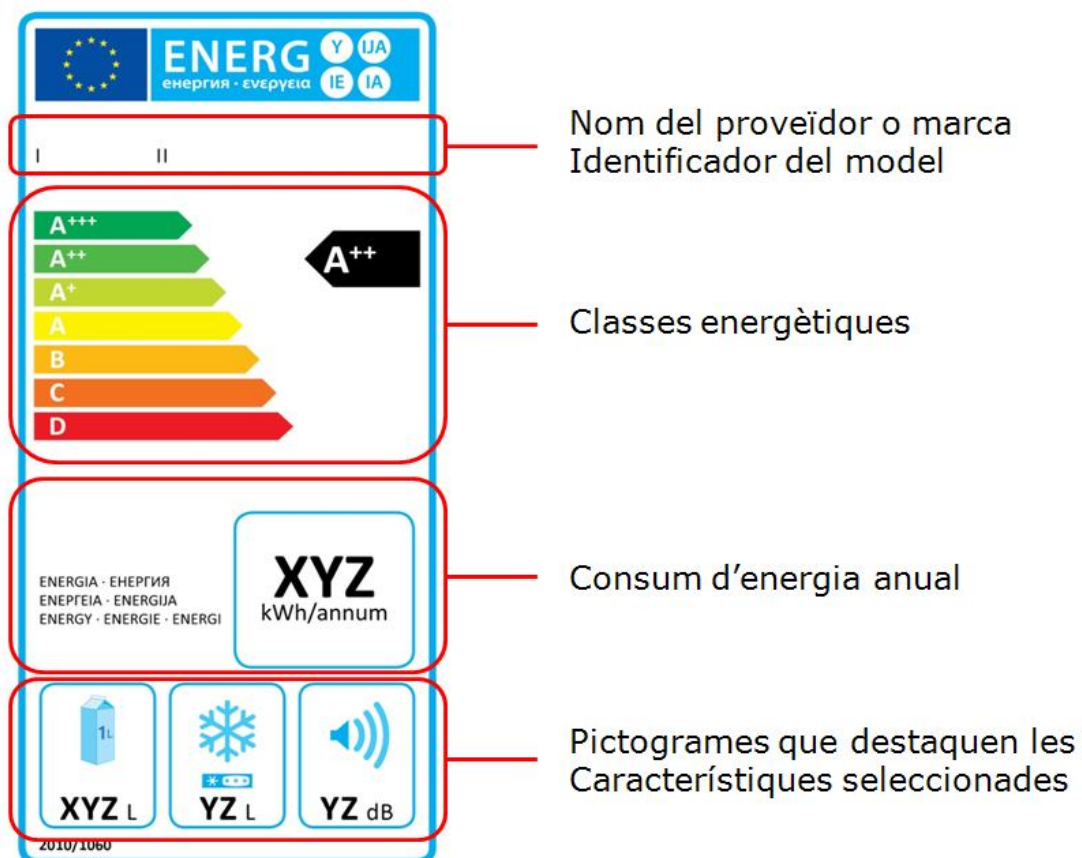


Figura 18 Etiqueta energètica anglesa. Font: [49]

## Annex 2. Etiqueta energètica dels diferents electrodomèstics.

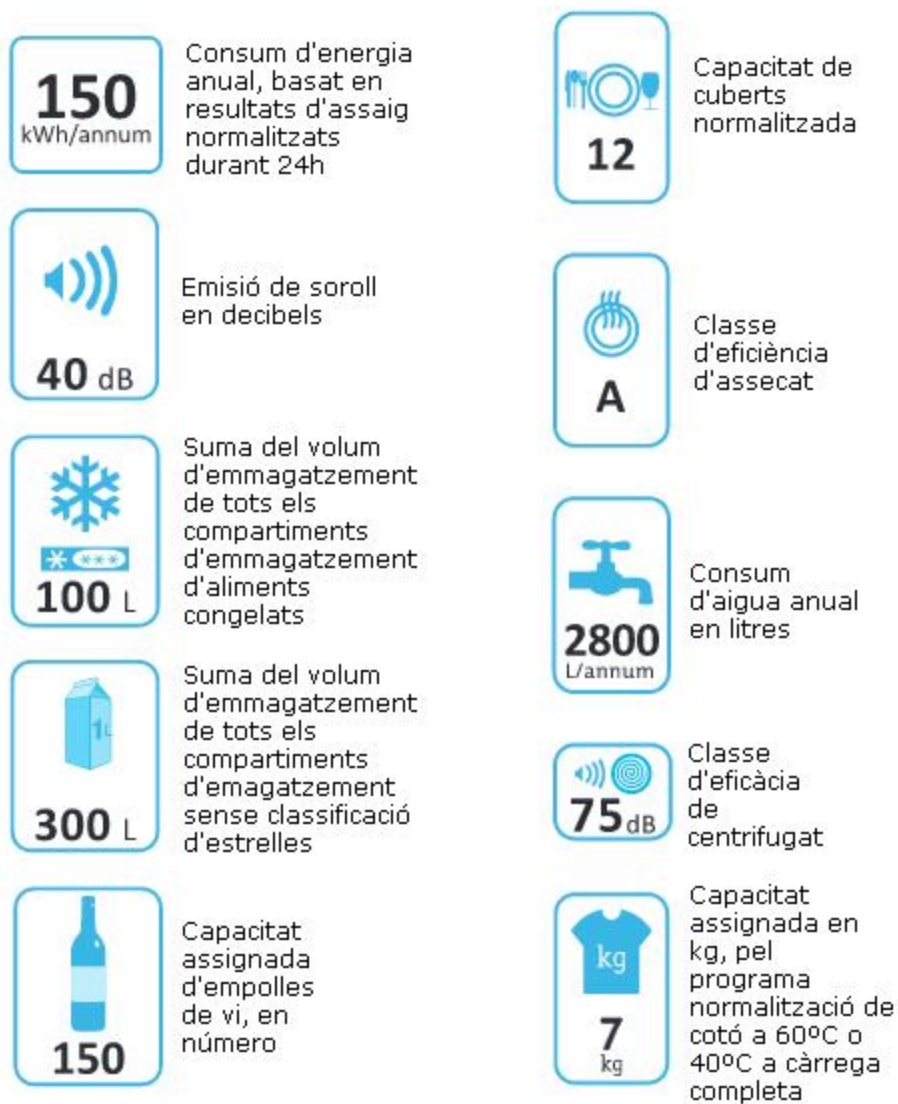
L'àmbit d'aplicació de l'etiqueta energètica és europeu i constitueix una eina informativa al servei dels compradors d'aparells consumidors d'electricitat. El model d'etiqueta és el mostrat a la Figura 19. És d'obligatorietat per rentadores, assecadores, rentaplats, neveres, congeladors, fonts de llum domèstiques, forn elèctric i aire condicionat.



**Figura 19** Prototip d'etiqueta d'electrodomèstics

L'etiqueta té una part comú que fa referència a la marca, denominació de l'aparell i les diferents classes energètiques. L'altra part és variable en funció del tipus d'electrodomèstic i a les característiques segons la funcionalitat. Els pictogrames mostrats a la Figura 20 són les diferents especificacions dels electrodomèstics.





**Figura 20** Diferents pictogrames segons tipus d'electrodomèstic

## Annex 3. Pressupost

El pressupost desglossat del projecte a data 8 de Gener de 2014 i amb validesa de 3 mesos a partir de la data esmentada és el següent:

Concepte	Unitats	Preu unitari	Total
<b>Recursos humans</b>			
Contextualització	60 h	20 €	1.200 €
Curs eines certificació energètica	16 h	8,75 €	140 €
Definició i elaboració del model	120 h	20 €	2.400 €
Preparació i redacció de l'informe	250 h	20 €	5.000 €
<b>Recursos tecnològics</b>			
Amortització material		75 €	75 €
Repercussió cost subministrament		22,50 €	22,50 €
Subtotal			8.837,50 €
IVA 21%			1.855,88 €
<b>TOTAL (€)</b>			<b>10.693,38 €</b>

Signat:

Laia Duran Mestre

Barcelona, 8 de Gener de 2014