

Treball de Fi de Màster

Máster en Ingeniería de l'Energia

PROPOSTES DE MILLORA D'EFICIÈNCIA ENERGÈTICA E INTEGRACIÓ D'ENERGIES RENOVABLES EN L'ENTORN URBÀ

MEMÒRIA

Autora: Maria Rotger Estarellas
Directora: Alba Ramos Cabal
Convocatòria: Juny 2020



Escola Tècnica Superior
d'Enginyeria Industrial de Barcelona



Resum

Actualment, a nivell global s'estan intentant proposar diferents mesures per combatre el canvi climàtic, reduint les emissions d'efecte hivernacle com el diòxid de carboni (CO₂) i mantenir l'augment de la temperatura mitja mundial durant aquest segle per davall de 1,5 °C amb respecte als nivells preindustrials.

Per aquesta raó, des de l'Ajuntament de Barcelona han impulsat diferents mesures per ajudar a aconseguir aquest objectiu global i arribar a ser una ciutat 100% renovable i energèticament independent. Per això, l'Ajuntament de Barcelona va llançar el "Programa d'impuls a la generació d'energia solar a Barcelona" per incrementar la generació energètica local a partir de recursos renovables; instal·lant plaques solars tèrmiques i fotovoltaïques en edificis municipals i invertint recursos en la rehabilitació d'espais privats per incorporar-hi elements de generació.

En aquest projecte s'ha realitzat l'anàlisi d'un edifici antic existent situat al centre de Barcelona per a millorar la seva eficiència energètica. Per això, ha estat necessari, primer fer un anàlisi d'inventaris i auditories energètiques de tot l'edifici, de les zones comuns i els habitatges. D'aquesta manera, s'ha determinat i analitzat el consum d'energia de tot l'edifici i l'eficiència dels diferents elements i dispositius que componen la construcció, com ara finestres, parets, il·luminació, etc. En segon lloc, s'ha analitzat la certificació energètica d'un habitatge de l'edifici, per obtenir més informació. Aquesta qualificació energètica s'ha realitzat mitjançant el programa CEXv2.3, que proporciona informació mitjançant l'etiqueta energètica. La qualificació obtinguda va ser una E, significa que el consum de l'edifici és relativament elevat i cal implementar mesures d'eficiència energètica per tal de reduir el consum d'energia de l'edifici i millorar el confort de les persones. Per això, s'ha optat per la millora de l'aïllament de l'edifici, millorant així, considerablement l'eficiència energètica global de l'edifici i el confort dels habitants.

Per aquests motius, s'han analitzat, des del punt de vista tècnic i econòmic, diferents maneres i mesures per millorar l'eficiència energètica de l'edifici. Primer, s'ha avaluat el sistema d'il·luminació tant de les àrees comuns com dels habitatges, implementant a les àrees comuns tubs LED i detectors de presència. Degut a que els habitatges ja tenien lluminàries d'alta eficiència energètica.

Per altra banda, s'ha avaluat la integració de diferents energies renovables, l'energia solar tèrmica per aigua calenta sanitària, energia solar fotovoltaica i mini-eòlica pel subministrament d'electricitat. Finalment, després de analitzar les diferents opcions, tenint en compte l'espai de la coberta de l'edifici i els recursos solars i eòlics de la zona, s'ha decidit que la millor opció seria la integració d'energia solar tèrmica pel retorn de la inversió.

Sumari

SUMARI	5
1. PREFACI	7
1.1. Origen del projecte	7
1.2. Motivació	7
2. INTRODUCCIÓ	8
2.1. Context	8
2.2. Objectius i abast del projecte	16
2.3. Estructura i metodologia del projecte	17
3. CAS D'ESTUDI	18
3.1. Emplaçament	18
3.2. Descripció de l'edifici	19
3.3. Descripció dels materials actuals de construcció i tancaments de l'edifici... 21	
3.3.1. Descripció del sistema envoltant.....	21
3.3.2. Descripció del sistema estructural.....	37
3.3.3. Descripció del sistema d'instal·lacions	38
4. DISCUSSIÓ RAONADA DE LA SITUACIÓ ACTUAL DE L'EDIFICI	41
4.1. Demanda elèctrica de l'edifici.....	41
4.1.1. Àrees comuns	41
4.1.2. Habitatges.....	42
4.1.3. Establiments comercials	48
4.1.4. Auditoria energètica	48
4.2. Certificació energètica	49
4.2.1. Anàlisi de l'eficiència energètica actual de l'edifici.....	52
5. IDENTIFICACIÓ DE POSSIBLES MILLORES DE L'EFICIÈNCIA ENERGÈTICA DE L'EDIFICI	57
5.1. Recomanacions per a la millora de l'eficiència energètica CEXv2.3	57
5.2. Millora del sistema d'il·luminació	59
6. DISCUSSIÓ I AVALUACIÓ DE LA INTEGRACIÓ D'ENERGIES RENOVABLES	65

6.1. Energia Solar Tèrmica	65
6.1.1. Aigua Calenta Sanitària (ACS).....	67
6.2. Energia solar fotovoltaica.....	77
6.2.1. Demanda elèctrica mensual.....	78
6.2.2. Dimensionament de la instal·lació.....	80
6.3. Mini-eòlica.....	85
7. IMPACTE MEDIAMBIENTAL	88
8. PRESSUPOST	89
CONCLUSIONS	91
AGRAÏMENTS	92
BIBLIOGRAFIA.....	93
Referències bibliogràfiques	93

1. Prefaci

1.1. Origen del projecte

Actualment, la introducció de les energies renovables a l'àrea metropolitana de Barcelona es minoritària. Per aquesta raó, l'Ajuntament de Barcelona va aprovar al 2016 la mesura "Transició cap a la sobirania energètica", on s'aspira que l'eficiència energètica i la generació a partir de recursos renovables i generació a partir d'energies renovables locals siguin els mitjans per assolir aquesta transició [1].

Per altra banda, l'Ajuntament de Barcelona ha posat en marxa un programa d'impuls a la generació d'energia solar, per tal d'arribar a ser una ciutat 100% renovable i energèticament independent; on es fomenti l'autoconsum, es consumeixi de manera eficient i s'asseguri el subministrament bàsic per a tothom. Per aquestes raons, l'Ajuntament de Barcelona llança el "Programa d'impuls a la generació d'energia solar a Barcelona" per incrementar la generació energètica local a partir de recursos renovables; instal·lant plaques solars tèrmiques i fotovoltaïques en Edificis municipals e invertint recursos en la rehabilitació d'espais privats per incorporar-hi elements de generació. A més, l'Ajuntament de Barcelona fomentarà l'autoconsum energètic en edificis residencials, facilitant mesures per a que la ciutadania pugui produir energia renovable. Una de les eines per fer créixer el nombre d'instal·lacions de generació és "Barcelona Energia", la comercialitzadora elèctrica pública de Barcelona. Des de l'Ajuntament i amb la col·laboració d'entitats públiques, privades i de tota la ciutadania una Barcelona 100% verda i renovable és possible [2].

1.2. Motivació

Arran de les diferents mesures fomentades per l'Ajuntament de Barcelona i degut a que la gran majoria d'edificis de l'àrea metropolitana de Barcelona són molt antics, en aquest projecte es realitzarà l'anàlisi d'un edifici d'habitatges situat al centre de Barcelona amb l'objectiu de millorar la seva eficiència energètica a través de millores tant a nivell de materials de construcció com els tipus de recursos energètics.

Mesures que es podran implementar a altres edificis amb característiques semblants de la zona, tenint en compte la seva viabilitat econòmica i l'impacte mediambiental de les diferents mesures a implementar.

2. Introducció

2.1. Context

La societat actual es caracteritza per fer un ús continuat de l'energia, en les seves diferents formes, per satisfer les seves necessitats. Des de que ens aixequem, sigui amb la dutxa d'aigua calenta, el microones per encalenticar el cafè o amb la ràdio, i posteriorment al llarg del dia, estem tan acostumats a consumir energia que ni siquiera ens donem compte de quan ho fem. L'ús i l'aplicació de l'energia ha millorat l'habitabilitat en les ciutats i ha augmentat el nivell de confort amb la calefacció o la il·luminació. L'energia ha donat la possibilitat de diferents transformacions fisicoquímiques que han donat lloc a l'origen d'uns efectes no desitjats i desconeguts que estan afectant seriosament a la sostenibilitat de la manera d'usar l'energia. La manera com utilitzem l'energia afecta a les possibilitats de mantenir el desenvolupament de la nostra societat. Si no consumim molta, tindrem que invertir massa esforços per cobrir les necessitats bàsiques i no podrem dedicar esforços a desenvolupar-nos. Però si consumim massa energia, el cost monetari, ambiental o de recursos d'aquest excés de consum obligarà a dedicar un esforç addicional que no podrem orientar cap el desenvolupament que perseguim. Les formes d'energia que s'han utilitzat per activitats bàsiques han anat evolucionant amb el temps. Des de la llenya, el carbó, el petroli, el gas o l'electricitat, fins l'energia solar tèrmica o fotovoltaica. Les situacions actuals són producte de les decisions preses al llarg de la història en quant al tipus i la qualitat de les prestacions, els costos econòmics, la salubritat, la contaminació i l'assignació dels recursos energètics [3].

Com es pot observar a la Figura 2.1, el consum energètic mundial ha augmentat de manera exponencial des de l'inici de l'explotació de recursos fòssils [4]. S'ha observat que en la última dècada el consum d'energia primària ha augmentat més d'un 25% i, a més, fa 40 anys es consumia la meitat que el que es consumeix actualment [4]. D'acord a [4], més del 80% de l'energia consumida prové dels recursos fòssils, com són el petroli, el carbó, l'energia nuclear, etc; és a dir, totes les fonts d'energia no renovables. Per altra banda, les principals regions d'extracció de combustibles fòssils no coincideixen amb el majors consumidors, lo que significa que hi ha grans fluxos internacionals de combustibles. Els derivats del petroli son, amb molta diferència, la forma d'energia final més utilitzada mundialment [4].

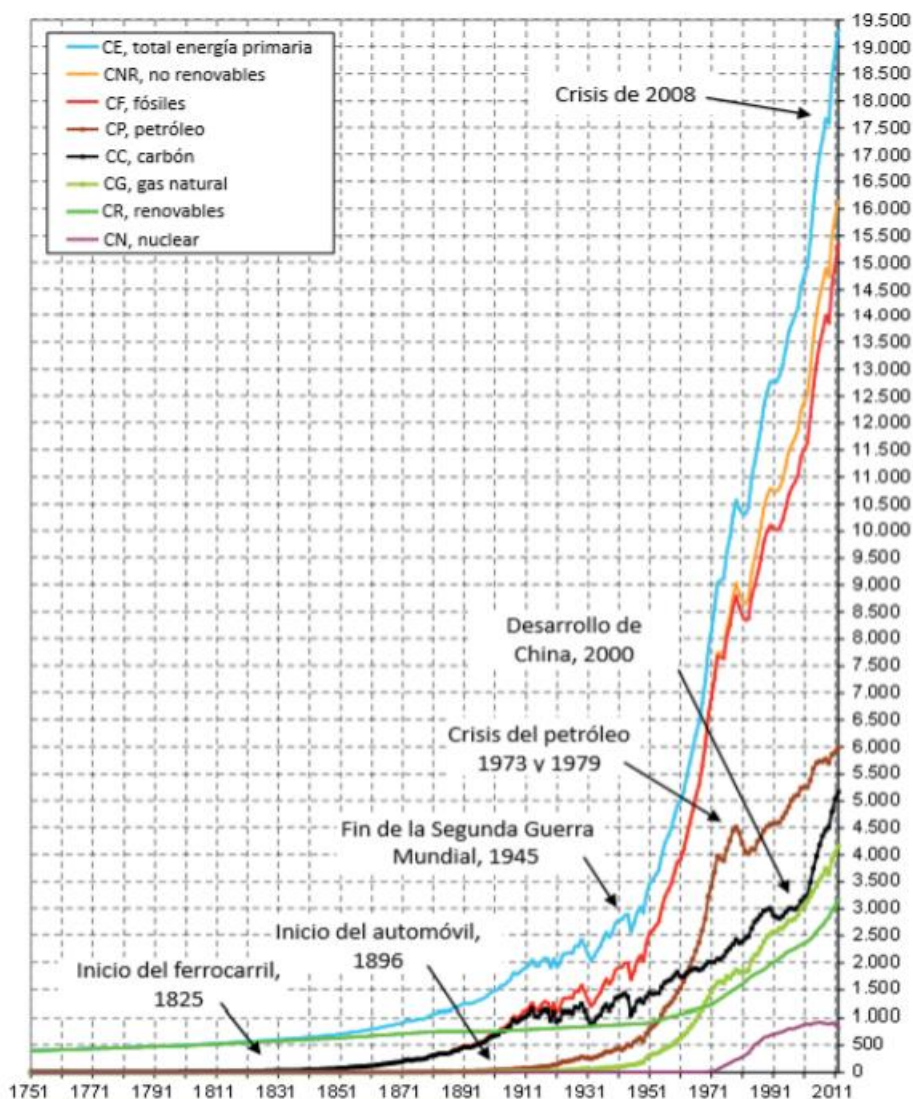
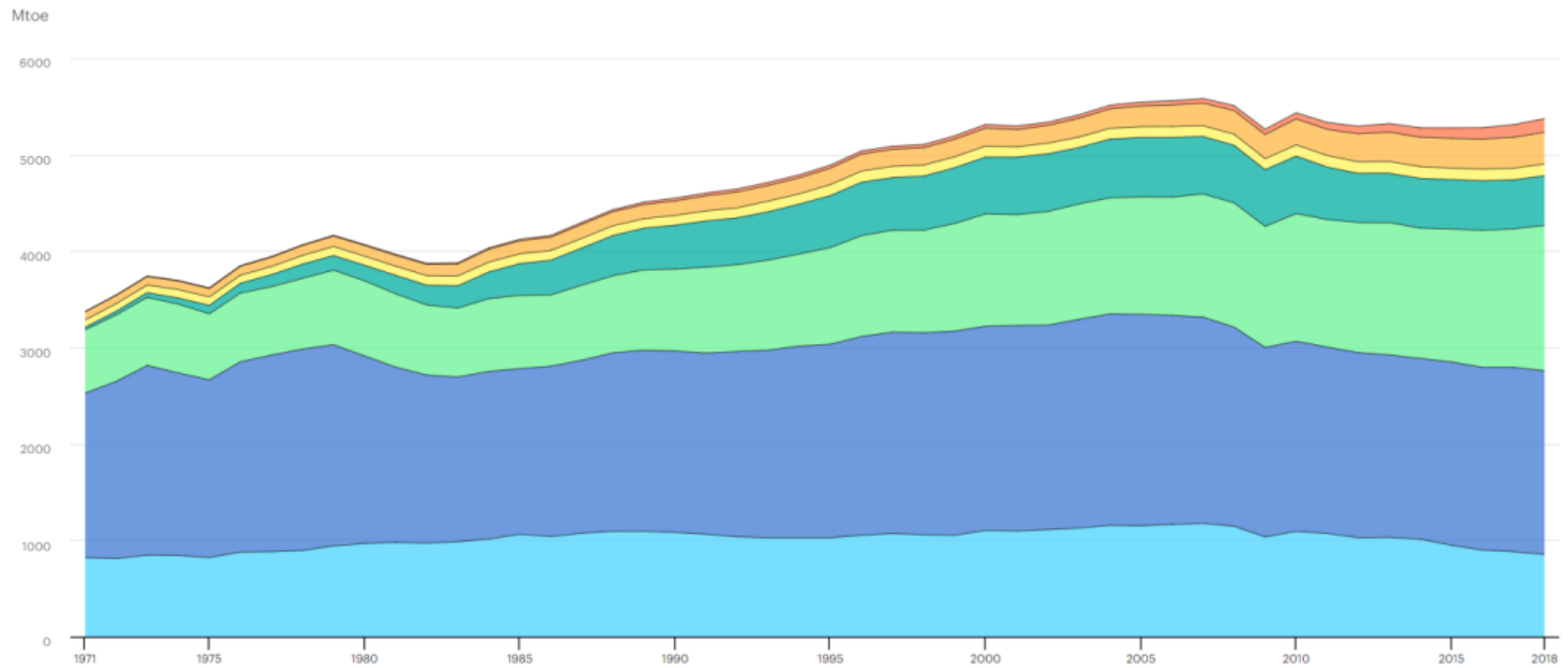


Fig 2.1. Evolució del consum d'energia primària mundial (unitats: GWT) [4].

A la Figura 2.2, es pot observar l'evolució dels darrers anys del consum d'energia primària dels països de la OECD (Organització per a la Cooperació i el Desenvolupament Econòmic). Es pot observar com a dia d'avui, l'energia prové principalment d'energies no renovables, com el carbó (~15,8%), el petroli (~35,4%), el gas natural (~28%), i l'energia nuclear (~9,5%). El percentatge d'energies renovables representa només un 11%. Es pot observar, que en els darrers anys ha augmentat la producció d'energia a partir de gas natural, i ha disminuït el consum de carbó i petroli. Augmentant també el consum d'energies renovables, encara que, com s'ha comentat anteriorment, representa un consum molt minoritari comparat amb els altres tipus de producció d'energia. A més, s'ha de tenir en compte que el consum d'energies d'origen fòssil, com el carbó i el petroli, són un dels principals responsables de les emissions de diòxid de carboni (CO₂). Per altra banda, com es pot observar a la Figura 2.3, l'electricitat prové bàsicament de recursos fòssils, el qual

representa quasi un 65% del consum d'electricitat total al 2017, segons les dades obtingudes de la IEA (Agència Internacional de l'Energia). La resta d'electricitat prové d'energia nuclear (~10%), hidroelèctrica (~16%) i altres renovables (~9%) [5]. Es pot observar a la Figura 2.3, com el consum d'electricitat ha augmentat de manera exponencial en els darrers anys degut a l'augment per part dels usuaris de màquines i equips elèctrics. A més, bàsicament ha augmentat la producció elèctrica provinent de recursos fòssils. Per últim, en els últims anys ha augmentat de manera molt poc perceptiva l'electricitat provinent d'energies renovables i residus.

Per últim, com es pot veure a la Figura 2.4, les emissions mundials de CO₂ han augmentat considerablement en els darrers 20 anys. Sobretot es pot observar a la gràfica que han augmentat les emissions de CO₂ als països del continent asiàtic, com Xina. En canvi, es pot veure com a Europa han disminuït una mica. Les emissions de CO₂ al 2017 van arribar a 32.840 Mt de CO₂ [5].

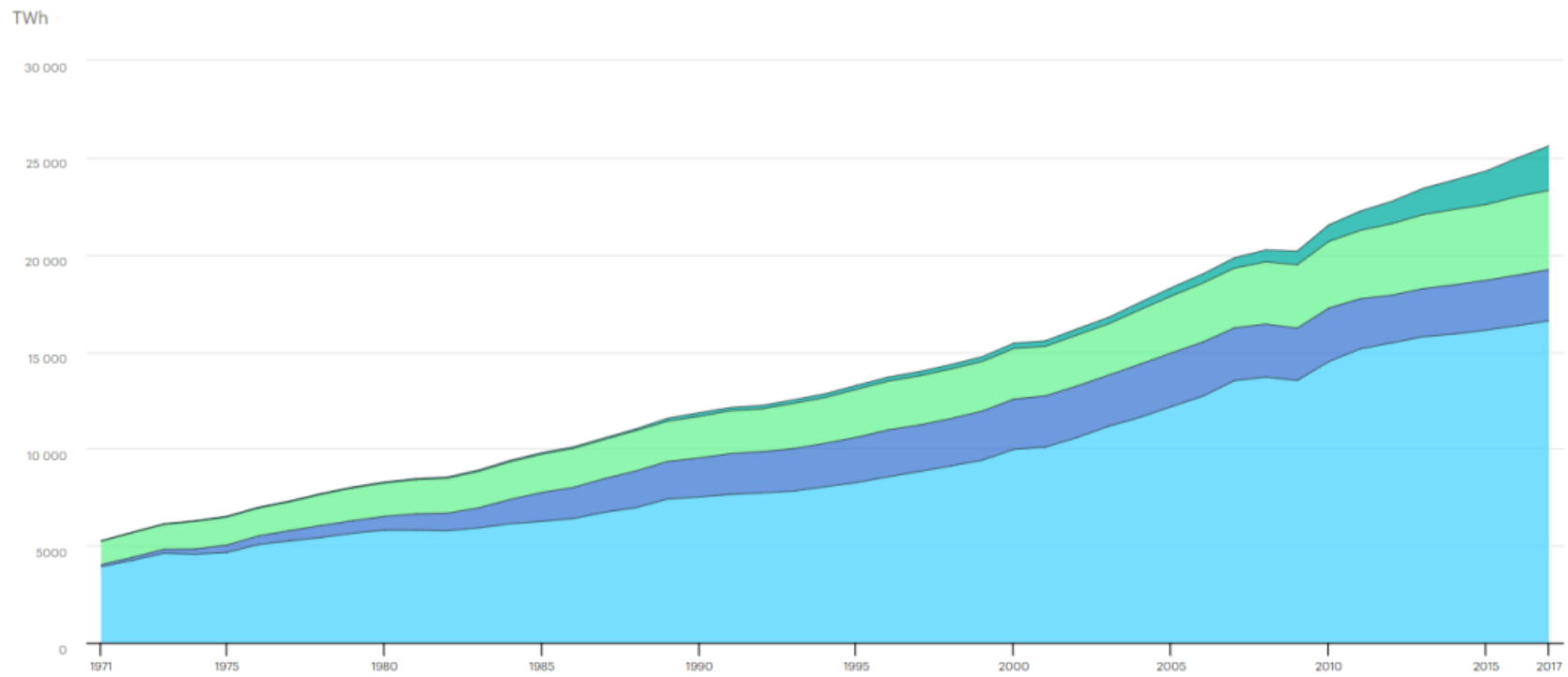


IEA. All Rights Reserved

● Coal ● Oil ● Natural gas ● Nuclear ● Hydro ● Biofuels and waste ● Other

Fig 2.2. Energia primària total subministrada OECD (TPES) per font, 1971-2018 [5].





IEA. All Rights Reserved

● Fossil thermal ● Nuclear ● Hydro ● Non-hydro renewables and waste

Fig 2.3. Generació mundial d'electricitat per combustible, 1917-2017 [5].



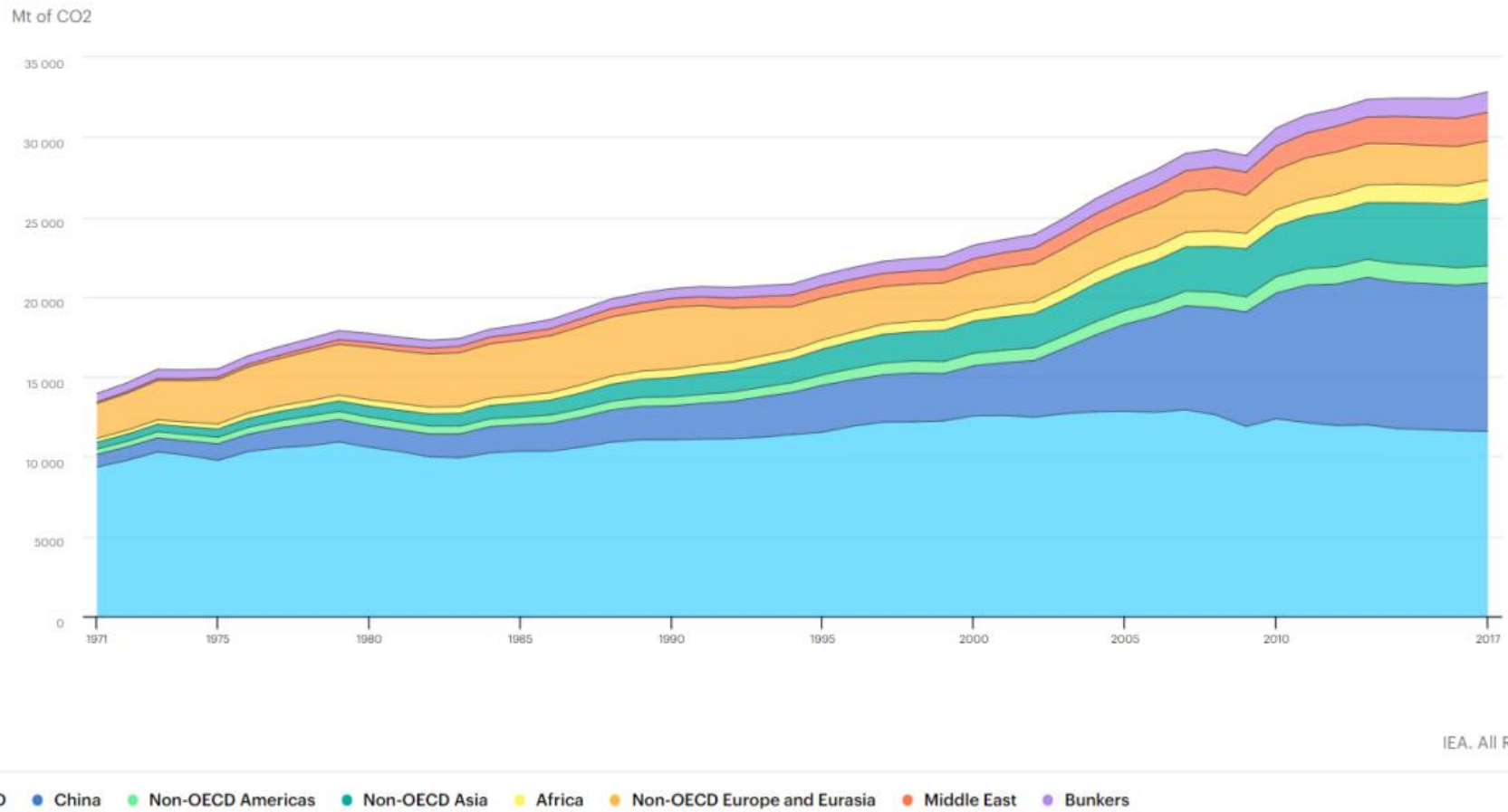


Fig 2.4. Emissions mundials de CO₂ de la combustió de combustible per regió, 1971-2017 [5].

Tenint en compte les dades mencionades anteriorment, és necessari la transformació del sector energètic, ja que es tracta d'un dels sectors que emet més gasos d'efecte hivernacle i un dels principals responsables del canvi climàtic [6]. A més, la IPCC (Grup Intergovernamental d'Experts sobre el Canvi Climàtic), adverteixen de l'escalfament global degut a l'activitat dels humans [6]. Per aquestes raons, és necessari la mitigació del canvi climàtic a través del compliment de l'Acord de Paris en la 21^a Conferència a Paris (COP21) al 2015, on es va arribar a un acord històric amb l'objectiu de combatre el canvi climàtic i intensificar les accions i inversions necessàries per a un futur sostenible amb baixes emissions de carbó. Un dels objectius principals acordats va ser la de mantenir l'augment de la temperatura mitja mundial durant aquest segle per davall de 2 °C amb respecte als nivells preindustrials i prosseguir amb els esforços per a limitar encara més l'augment de la temperatura a 1,5 °C [6] [7]. A més, al 2019 es va celebrar la Cimera del clima, on es va enfocar en sectors claus on l'acció pot generar una major diferència, com indústria pesada, solucions ecològiques, ciutats, energia, resiliència i finances pel canvi climàtic. En aquesta cimera els líders del món van informar sobre les accions que s'estan duent a terme i propostes que donarien a la pròxima Conferència de les Nacions Unides sobre el Clima al 2020, on es renovaran i augmentaran els compromisos [7]. Degut al COVID-19, la conferència de la ONU sobre el Canvi Climàtic (COP26), que anava a tenir lloc a Glasgow al Novembre del 2020, s'ha posposat al 2021 [8]. Per portar a terme l'objectiu de mantenir l'augment de temperatura a 1,5 °C, és necessari la mobilització de la societat al complet (països, regions, ciutats, empreses, inversors, organitzacions, etc.) i la col·laboració dirigida a reduir les emissions netes a zero per a 2050 [8].

Per totes aquestes raons, des de l'Ajuntament de Barcelona ha posat en marxa diferents mesures per ajudar a arribar als objectius mundials establerts, comentats anteriorment. El model energètic actual de Barcelona es basa, principalment, en l'ús d'energies d'origen fòssil. Els quals causen, tal i com s'ha observat en els darrers anys, efectes de tipus ambiental sobre el nostre planeta com la contaminació de l'aire i l'efecte hivernacle; de tipus social, desigualtat i pobresa energètica; i de tipus econòmic (preus elevats de l'energia i limitació existent dels recursos) [1].

Per últim, l'Ajuntament de Barcelona té un programa d'Ajuts i Subvencions per a la rehabilitació energètica exterior dels edificis. Aquests ajuts són per [9]:

- Generació d'energia renovable a partir de plaques solars tèrmiques (per produir aigua calenta sanitària) o fotovoltaïques (per produir energia elèctrica).
- Mesures de rehabilitació que impliquin una actuació de millora energètica global (col·locació d'aïllament en tot l'envolupant de l'edifici).
- Actuacions parcials de rehabilitació energètica (actuacions sobre façanes, cobertes i terrats, parets mitgeres i celoberts).

En els últims anys i la consciència social provoca que la tecnologia avanci de manera extraordinària posant a la disposició de tots eines i aparells que ajuden a millorar la qualitat de vida de l'usuari i que augmenti l'estalvi energètic en les ciutats, edificis i habitatges. Al principi, amb sistemes de control d'il·luminació, com el sistema DALI (Digital Addressable Lighting Interface – Interfície d'il·luminació amb adreçament digital), l'usuari d'un habitatge o els treballadors d'una oficina podien controlar la il·luminació d'una estància o sala segons l'ús en cada moment i, també, segons la il·luminació que arribava des de l'exterior. A partir del control d'escenes d'il·luminació es va anar avançant fins arribar a crear sistemes d'integració i control de tots els sistemes que constitueixen un edifici. A més, últimament es comença a parlar del terme "Smart City" (ciutat intel·ligent). Una Ciutat Intel·ligent és aquella ciutat que aplica les tecnologies de la informació i de la comunicació amb l'objectiu de proveir-la d'una infraestructura que garanteixi un desenvolupament sostenible, un increment de la qualitat de vida dels ciutadans, una major eficàcia dels recursos disponibles i una participació ciutadana activa. Per tant, són ciutats que són sostenibles econòmicament, social i mediambientalment [3]. Una "Smart City" està composta per diferents subsistemes com la generació distribuïda, "Smart Grids" (xarxes intel·ligents), "Smart Metering" (mesurament intel·ligent), "Smart Buildings" (edificis intel·ligents), "Smart Sensors" (sensores intel·ligents), eMobility (vehicles elèctrics), tecnologies de la informació i la comunicació (TIC) i "Smart Citizens" (ciutadans intel·ligents) [3].

En les últimes dècades s'han començat a realitzar projectes que estudien aquest ús racional de l'energia incrementant l'estalvi energètic per a que ciutats com Màlaga o Barcelona, entre altres, siguin "Smart Cities". En el cas de Màlaga, aquesta campanya està conduïda per la companyia *Endesa*, que pretén introduir "Smart Grids", generació distribuïda, "Smart Buildings", etc. Tot això és possible gràcies al "Internet of Things" i al "Big Data", ja que la idea és combinar els avanços tecnològics i la informació, que fan realitat el "Internet of Things", dins edificis d'habitatges. D'aquesta manera, es vol desenvolupar sistemes de bases de dades pel transport, gestió pèrdues, compliment de la llei i l'ús de l'energia per a que sigui un sistema més eficient [10].

Actualment, es comencen a dissenyar i construir alguns "Smart Buildings" arreu del món. Aquests són una part essencial per a la creació de ciutats intel·ligents i es poden definir com edificis que les seves instal·lacions i sistemes (de climatització, il·luminació, electricitat, seguretat, telecomunicacions, multimèdia, informàtiques, control d'accés, etc.) permeten una gestió i control integrada i automatitzada, amb la finalitat d'augmentar l'eficiència energètica, la seguretat, la usabilitat i l'accessibilitat [11]. D'aquesta manera, un edifici intel·ligent permet millorar la qualitat de vida de l'usuari, estalviar energia i aigua amb la integració de sistemes domòtics que controlen la llum segons la ocupació de l'habitatge o de l'edifici, estalviar diners en la factura d'electricitat als usuaris amb la instal·lació d'energies renovables i proporcionar seguretat a l'usuari amb la instal·lació de sensors.

Un exemple de Smart Building és l'edifici d'oficines que s'ha construït a Amsterdam anomenat "The edge" que, amb el sistema "Connected Lighting System" de *Philips*, permet saber l'ocupació de l'edifici, determinar la climatització necessària i tenir informació de l'entorn a través de transmissors i sensors col·locats a les lluminàries de cada planta els quals envien la informació al sistema "Connected Lighting" per a la toma de decisions intel·ligents. A més, els treballadors des del seus smartphones poden ajustar la il·luminació en funció de les seves preferències. Altres edificis intel·ligents que existeixen actualment són el Centre de Convencions de Los Angeles, el "Duke Energy Center" a Charlotte o "The Mirage" a Las Vegas. No només nous edificis poden ser "Smart Buildings", sinó que edificis existents poden incorporar de manera progressiva els sistemes domòtics per a que siguin edificis intel·ligents posteriorment. Dos exemples d'aquesta possibilitat són els edificis de la companyia Microsoft i el Providence St. Peter Hospital [12].

Per a que un edifici es consideri un "Smart Building" s'ha de tenir en compte dos termes que juguen papers importants com són la domòtica i la immòtica. La domòtica permet controlar i gestionar la eficiència energètica dels habitatges. En canvi, la immòtica es destina al control i gestió d'edificis, tant edificis d'habitatges com edificis destinats al sector serveis o terciari com Hotels. Per poder controlar i gestionar les instal·lacions i els sistemes d'un edifici s'ha de realitzar a partir de l'automatització o immòtica dels edificis. La immòtica permet monitoritzar el funcionament general d'un edifici, és a dir, permet un major control dels accessos i el seguiment continu de qui hagi ingressat al edifici, amb l'objectiu d'estalviar en el consum d'energia i augmentar el confort i seguretat dels usuaris. La immòtica integra la domòtica interna dins d'una estructura en xarxa. Entenent com domòtica l'automatització dels diferents sistemes i instal·lacions que componen els diferents habitatges de l'edifici [10].

2.2. Objectius i abast del projecte

En aquest projecte es realitzarà l'anàlisi d'un edifici d'habitatges existent, per tal d'estalviar el màxim d'energia possible i millora l'eficiència energètica. A més, es realitzarà l'estudi de la viabilitat d'integració d'energies renovables como solar (tèrmica i fotovoltaica) i mini-eòlica.

Els objectius d'aquest projecte són:

- Analitzar un edifici d'habitatges existent i identificar les possibles millores.
- Fer propostes de millora dels materials de construcció i tancaments per millorar l'eficiència energètica de l'edifici.
- Fer propostes d'il·luminació per a la millora de l'eficiència energètica de l'edifici.
- Estudi de la millora de l'eficiència energètica de forma quantitativa de les millores aplicades.

- Anàlisi i avaluació del potencial d'integració d'energies renovables com solar fotovoltaica, tèrmica i/o mini-eòlica.
- Càlcul quantitatiu de la integració d'energies renovables des del punt de vista energètic, econòmic i sostenibilitat mediambiental.

2.3. Estructura i metodologia del projecte

En primer lloc es portarà a terme, l'anàlisi dels materials, dispositius i consums d'un edifici situat al centre de Barcelona. Avaluant els tancaments de l'edifici, els materials de construcció de les façanes i cobertes, la il·luminació, el sistema elèctric, etc.

Posteriorment, s'ha avaluat el certificat energètic obtingut a través de l'eina ofimàtica CEXv2.3 i la millora d'eficiència energètica proposada.

Per altra banda, s'ha analitzat la il·luminació de les àrees comuns de l'edifici així com dels habitatges i les possibles millores.

Finalment, s'ha analitzat la viabilitat de la integració de diferents tipus d'energies renovables (solar tèrmica, solar fotovoltaica i mini-eòlica) per a la seva implementació per a la millora de l'eficiència energètica de l'edifici.

3. Cas d'estudi

3.1. Emplaçament

L'emplaçament del edifici d'habitatges es troba situat al centre de Barcelona, al Barri de Sant Antoni, concretament al Carrer Sepúlveda 45-47, (Figures 3.1. i 3.2.). L'edifici està orientat al sud-est. L'edifici es troba a la zona climàtica C2 [13], segons la "Taula B.1 – Zones climàtiques de la Península Ibèrica del Document Bàsic HE 1 "Condicions pel control de la demanda energètica", a l'Annex B. Segons aquest document, "a efectes de càlculs, s'estableix un conjunt de zones climàtiques per a les que s'especifica un clima de referència que defineix les sol·licitacions exteriors en termes de temperatura i radiació solar". "La zona climàtica de cada localitat, així com el clima de referència, es determina a partir de valors tabulats recollits en el Annex B, o de documents reconeguts elaborats per les Comunitats Autònomes".



Fig 3.1. Localització i façana l'edifici d'habitatges [13].

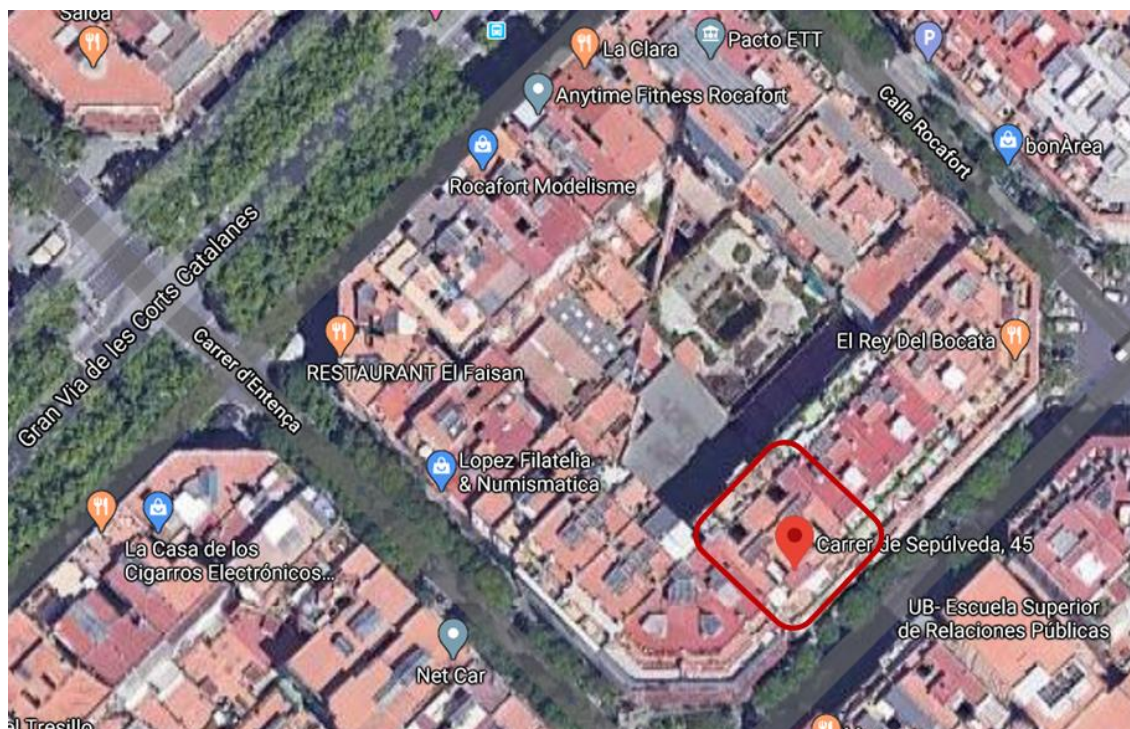


Fig 3.2. Localització de l'edifici d'habitatges (Font: Google Maps).

3.2. Descripció de l'edifici

L'edifici objecte d'aquest projecte presenta les següents característiques [13]:

- Any de construcció: 1967
- Direcció: Carrer Sepúlveda 45-47, 08015
- Població: Barcelona
- Província: Barcelona
- Referència Cadastral de l'Edifici:
 - Finca/Parcel·la: 9312806
 - Full de plànol: DF2891A

Es tracta d'un edifici plurifamiliar entre mitgeres format per dues escales, *A* i *B*, amb vestíbul comú, planta baixa i 9 plantes (inclou entresòl, 6 plantes de pisos, àtic i sobreàtic) amb 4 habitatges per replà a les plantes entresòl i plantes pis 1 al 6, àtic escala *A* format per 4 habitatges, àtic escala *B* format per 3 habitatges i 2 habitatges als sobreàtics. A la planta baixa hi ha dos locals units pel darrere de l'edifici, dins la mateixa parcel·la.

Tots els habitatges contenen amb balcó privat, els àtics i sobreàtics, degut a l'endarreriment de la façana compten amb terrassa privada.

Hi ha 5 patis comunitaris: P1, P2, P3 i P4 són interiors i P5 es descobert i dona al pati interior d'illa.

La coberta principal de l'edifici ocupa tot el sostre dels sobre àtics i es tracta d'una coberta plana transitable tradicional (accessible només per a manteniment d'instal·lacions).

Coberta dels locals (part posterior de l'edifici): plana transitable amb làmina impermeable auto protegida.

L'edifici té una superfície construïda de 5.996 m² a cadastre i una superfície de sòl de 1.285 m².

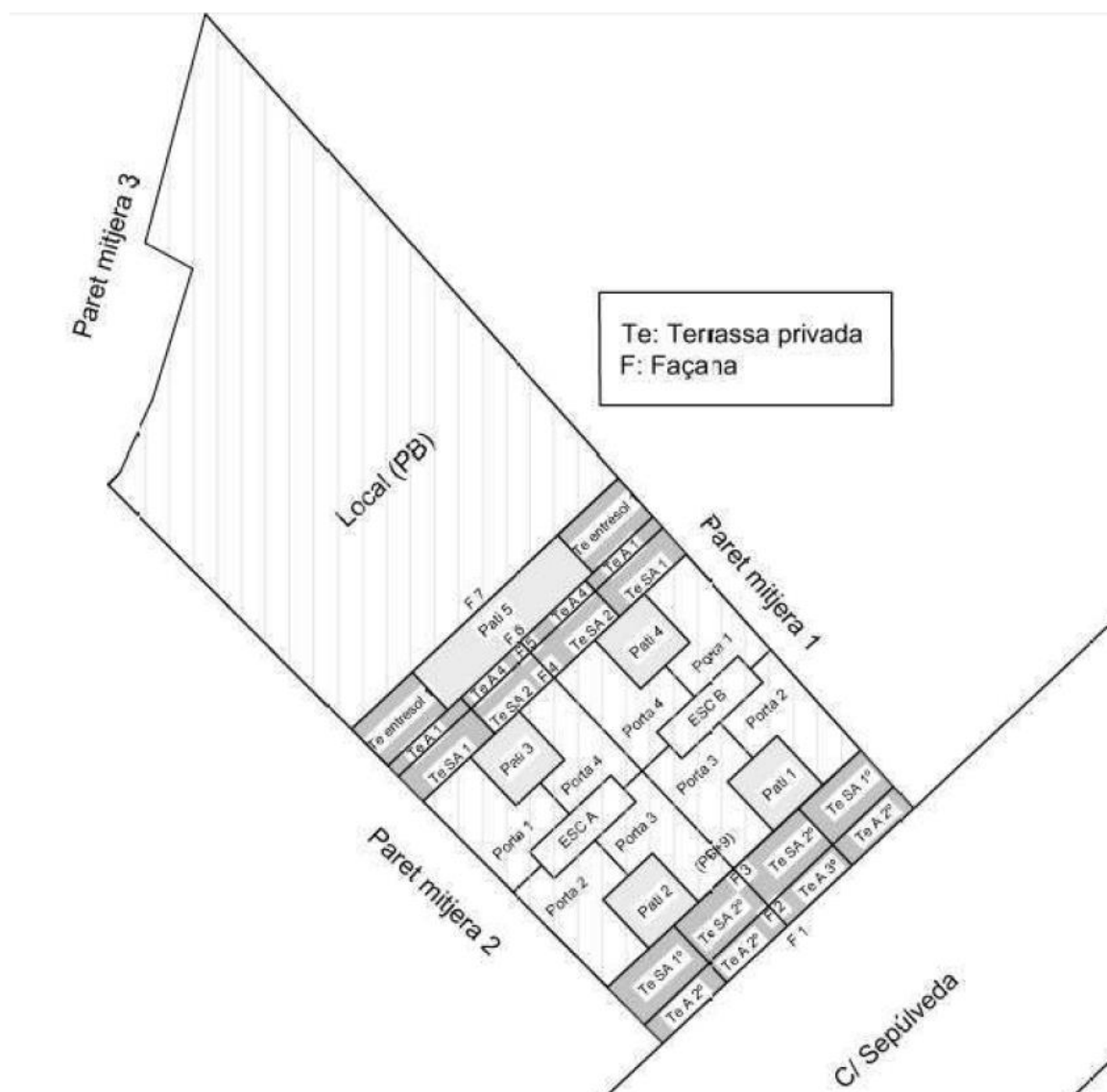


Fig 3.3. Croquis amb les diferents parts que componen l'edifici [13].

Taula 3.1. Taula resum dels habitatges i locals que componen l'edifici.

<i>Planta</i>	<i>Habitatges</i>	<i>Locals</i>
Planta 0		2
A Entresòl	4	
A Primer	4	
A Segon	4	
A Tercer	4	
A Quart	4	
A Cinquè	4	
A Sisè	4	
A Àtic	4	
A Sobreàtic	2	
B Entresòl	4	
B Primer	4	
B Segon	4	
B Tercer	4	
B Quart	4	
B Cinquè	4	
B Sisè	4	
B Àtic	3	
B Sobreàtic	2	
Total	67	2

3.3. Descripció dels materials actuals de construcció i tancaments de l'edifici

3.3.1. Descripció del sistema envoltant

Façana davantera (F1)

Façana de composició simètrica amb 4 balconeres i 4 finestres per planta (2 per escala), excepte als pisos entresòl, que no hi ha balcó.

La façana té un gruix de 20 cm, no és de càrrega i es compon d'una sola fulla de maó massís, sense aïllant tèrmic, amb un acabat de morter monocapa al exterior (rehabilitació

del 2001-2002) i enguixat a forjat i a façana per encastament.

Les baranes de les balconeres són d'acer amb acabat inoxidable i es subjecten a forjat i a façana per encastament.

La façana queda rematada per la part superior amb una cornisa/escopidor fet amb rajola ceràmica, i una barana d'obra. No hi ha presència d'instal·lacions.



Fig 3.4. Façana davantera [13].

Façana 2

Façana situada al carrer Sepúlveda. Es troba únicament als àtics. A diferència de la façana 1, aquesta té terrasses continues per l'exterior degut a un endarreriment de la façana. La façana té un gruix de 20 cm i s'ha construït amb maó calat. No es coneix l'existència de cambra d'aire. L'acabat exterior és un lliscat de morter monocapa pintat i a l'interior és un enguixat. Les obertures són les mateixes que en la façana 1. No té elements sortints. Disposa de instal·lació de baixants pluvials.



Fig 3.5. Façana 2 [13].



Fig 3.6. Façana 2 [13].

Façana 3

Façana situada al carrer Sepúlveda. Es troba únicament en els sobre àtics. A diferencia de la façana 1, aquesta té terrasses contínues per l'exterior degut a un endarreriment de la

façana. La façana té un gruix de 20 cm i s'ha construït amb maó calat. No es coneix l'existència de cambra d'aire. L'acabat exterior és un lliscat de morter monocapa pintat i a l'interior és un enguixat. Només compte amb un porta corredissa com obertura. No té elements sortints. Disposa d'instal·lació de baixants pluvials.



Fig 3.7. Façana 3 [13].

Façana 4

Façana situada al pati interior de l'illa. Es troba únicament als sobre àtics (SA). A diferència de la façana 6, aquesta té terrasses continues per l'exterior degut a un endarreriment de la façana. La façana té un gruix de 20 cm i s'ha construït amb maó calat. No es coneix l'existència de cambra d'aire. L'acabat exterior és un lliscat de morter monocapa pintat i a l'interior és un enguixat. Presenta com obertura únicament una porta corredissa. Al costat de la façana, des de la terrassa es pot observar el pati interior. Presenta una cornisa amb escopidor ceràmic. Disposa d'instal·lació de baixants pluvials.



Fig 3.8. Façana 4 [13].

Façana 5

Façana situada a l'interior de l'illa. Es troba únicament en els àtics. A diferència de la façana 6, aquesta té terrasses continues per l'exterior degut a un endarreriment de la façana. La façana té un gruix de 20 cm i s'ha construït amb maó calat. No es coneix l'existència de cambra d'aire. L'acabat exterior és un lliscat de morter monocapa pintat i a l'interior és un enguixat. Presenta les mateixes obertures que la façana 6. No presenta elements sortints. Disposa d'instal·lació de baixants pluvials.



Fig 3.9. Façana 5 [13].

Façana 6

Aquesta façana dona a un pati interior d'illa i va des de la planta baixa fins a la planta sisena. Façana de composició simètrica amb 4 balconeres i 4 finestres per planta (2 per escala). Elements sortints: cada habitatge disposa d'un balcó, i 7 d'ells han sigut tancats amb estructura d'alumini i vidre. La façana es portant, mesura 30 cm de gruix i està construïda amb maó massís. Es desconeix l'existència de cambra d'aire. No té aïllant tèrmic. L'acabat exterior és un morter monocapa i estucat, i l'interior és un enguixat. Presència de baixants d'aigües pluvials.



Fig 3.10. Façana 6 [13].

Façana 7

El local en qüestió té una façana que dona al pati comunitari. Aquest local es troba en obres i per tant no es pot especificar quin serà el resultat d'aquestes. La façana del local no és portant, consta d'unes obertures, encara no es troben tapades i no es coneix si es farà finestra o no. La façana està construïda amb maó foradat amb un gruix total de 15 cm. Està acabada amb un enfosquit de morter per l'exterior i un enguixat per l'interior. No s'observen instal·lacions ni cap element sortint.



Fig 3.11. Façana 7 [13].

Pati interior 1 (P1)

Pati interior de forma quadrada compostat per 4 façanes i una petita terrassa accessible (però no utilitzada). Les finestres que hi trobem pertanyen al bany, al safareig, a la cuina i a 2 habitacions. També hi trobem el fossat d'ascensor protegit amb una planxa de fibres de vidre. Façana portant, de 30 cm de gruix, feta de maó calat i sense aïllament tèrmic. No es preveu cambra d'aire per l'edat de l'immoble. Acabat de morter lliscat per la cara exterior i enguixat per la cara interior. No es troben elements sortints. Les façanes contenen instal·lacions de sanejament, muntants d'aigua, muntants de gas i algun cable de fibra òptica o d'antena. La terrassa es pot accedir des de l'entresòl 2B. Compte amb desaigües. Es preveu correctament impermeabilitzada i està acabada amb rajola ceràmica en espiga.



Fig 3.12. Patín interior 1 (P1) [13].

Pati interior 2 (P2)

Pati interior de forma quadrada compostat per 4 façanes i una petita terrassa accessible (però no utilitzada). Les finestres que hi trobem pertanyen al bany, al safareig, a la cuina i a 2 habitacions. També hi trobem el fossat d'ascensor protegit amb una planxa de fibres de vidre. Aquest pati es troba parcialment cobert però una coberta inclinada d'estructura metàl·lica lleugera i planxes de plàstics semitransparent. Façana portant, de 30 cm de gruix, feta de maó calat i sense aïllant tèrmic. No es preveu cambra d'aire per l'edat de l'immoble. Acabat de morter lliscat per la cara exterior i enguixat per la cara interior. No es troben elements sortints. Les façanes contenen instal·lacions de sanejament, muntants d'aigua, muntants de gas i algun cable de fibra òptica o d'antena. La terrassa es pot accedir des de l'entresòl 3A. Compte amb desaigües. Es preveu correctament impermeabilitzada i esta acabada amb rajola ceràmica en espiga.



Fig 3.13. Pati interior 2 (P2) [13].

Pati interior 3 (P3)

Pati interior de forma quadrada compostat per 4 façanes i una petita terrassa accessible (però no utilitzada). Aquest pati és visible des de les terrasses SA (F4). Les finestres que hi trobem pertanyen al bany, al safareig, a la cuina i a 2 habitacions. A diferència de P1 i P2 no hi trobem el fossat de l'ascensor. Façana portant, de 30 cm de gruix, feta de maó calat i sense aïllant tèrmic. No es preveu cambra d'aire per l'edat de l'immoble. Acabat de morter lliscat per la cara exterior i enguixat per la cara interior. No es troben elements sortints. Les façanes contenen instal·lacions de sanejament, muntants d'aigua, muntants de gas i algun cable de fibra òptica o d'antena. La terrassa es pot accedir des de l'entresòl 1A. Compte amb desaigües. Es preveu correctament impermeabilitzada i esta acabada amb rajola ceràmica en espiga.



Fig 3.14. Pati interior 3 (P3) [13].

Pati interior 4 (P4)

Pati interior de forma quadrada compostat per 4 façanes i una petita terrassa accessible (però no utilitzada). Aquest pati és visible des de les terrasses dels SA (F4). Les finestres que hi trobem pertanyen al bany, al safareig, ala cuina i a 2 habitacions. A diferencia de P1 i P2 no hi trobem el fossat de l'ascensor. Façana portant, de 30 cm de gruix, feta de maó calat i sense aïllament tèrmic. No es preveu cambra d'aire per l'edat de l'immoble. Acabat de morter lliscat per la cara exterior i enguixat per la cara interior. No es troben elements sortints. Les façanes contenen instal·lacions de sanejament, muntants d'aigua, muntants de gas i algun cable de fibra òptica o d'antena. La terrassa es pot accedir des de l'entresòl 1B. Compte amb desaigües. Es preveu correctament impermeabilitzada i està acabada amb rajola ceràmica en espiga.



Fig 3.15. Pati interior 4 (P4) [13].

Pati interior 5 (P5)

Pati comunitari que s'accedeix únicament des de l'espai dedicat al porter (que actualment es troba en desús). L'acabat del terra és formigó polit. S'imagina que disposa de làmina impermeable. Les boneres es troben en bon estat. Hi ha presència de baixants pluvials.

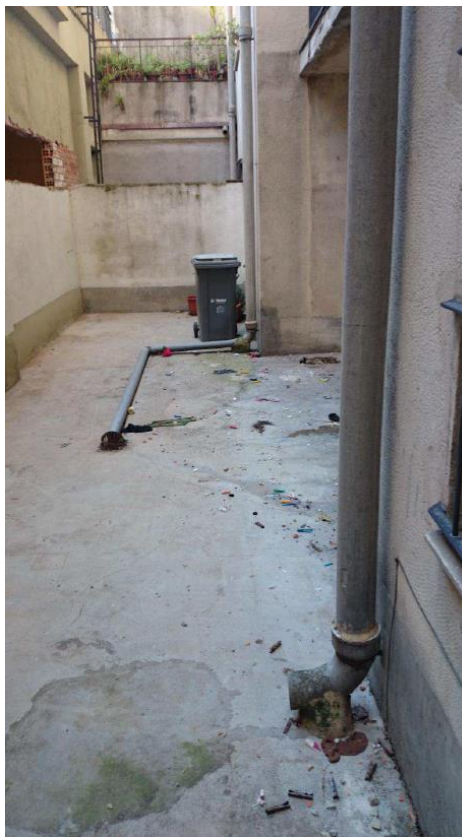


Fig 3.16. Pati interior 5 (P5) [13].

Badalot

Hi ha un sol badalot que uneix l'escala A i B a l'alçada del terra comunitari. El badalot compta amb parets d'obra, enfosquit amb morter i amb un sostre inclinat a una aigua format de bigues i panells de vidre.



Fig 3.17. Badalot [13].

Coberta local

La coberta del local (que es troba en obres) és només accessible pel magatzem del local. Està recentment impermeabilitzada amb una làmina auto protegida. Les boneres són de nova col·locació i sembla que estiguin operatives. No disposa de barana. (No s'hi accedeix en excepció de manteniment de la mateixa).



Fig 3.18. Coberta local [13].

Terrasses entresols 1ª

L'entresol 1ª de les dues escales compte amb una terrassa privada. L'acabat de la terrassa es compon de rajola ceràmica col·locada en espiga. S'imagina que estarà impermeabilitzada amb una làmina bituminosa. Les boneres es troben en bon estat.



Fig 3.19. Terrassa entresol 1ª [13].

Terrasses àtics F2 (Sepúlveda)

Terrasses privades accessible únicament des dels habitatges pertinents (àtics F2). Correctament impermeabilitzades i amb desaigües pluvials en bon estat. L'acabat de les terrasses és en la seva gran majoria un enrajolat de gres ceràmic. Les capes que la componen no s'han pogut inspeccionar visualment però s'entén que es tracta d'una coberta plana convencional (forjat, aïllament, impermeabilització, capa de compressió i enrajolat). Les terrasses disposen d'una barana metàl·lica d'alçada reglamentària i encastada als murs perimetrals així com a forjat. No hi ha presència d'instal·lacions.

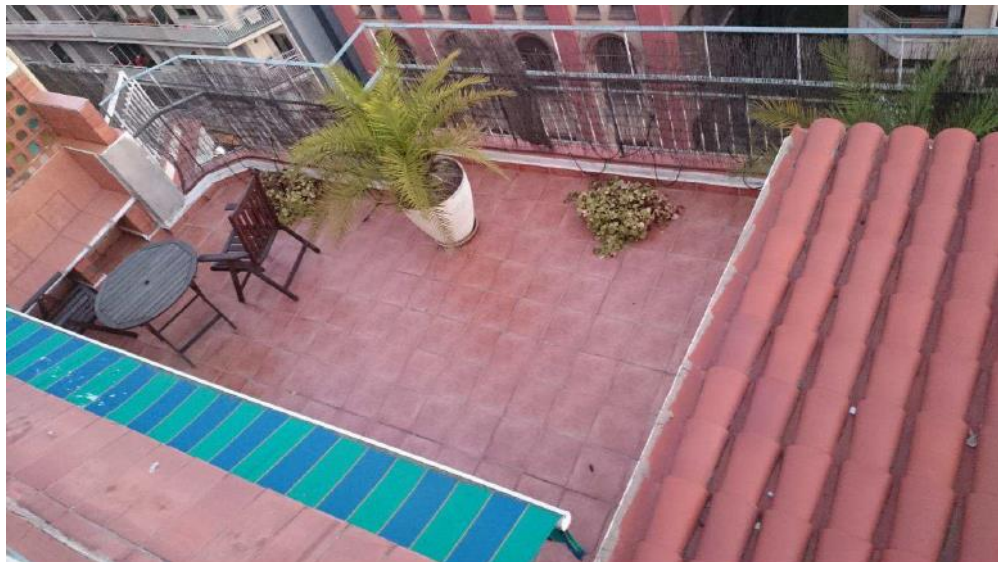


Fig 3.20. Terrassa àtic F2 [13].

Terrasses sobre àtics F3 (Sepúlveda)

Terrasses privades accessibles únicament des dels habitatges pertinents (sobre àtics F3). Correctament impermeabilitzades i amb desaigües pluvials en bon estat. La terrassa del sobre àtic 1 escala B es troba tancada amb una estructura metàl·lica lleugera. L'acabat de les terrasses és en la seva gran majoria un enrajolat de gres ceràmic. Les capes que la componen no s'han pogut inspeccionar visualment però s'entén que es tracta d'una coberta plana convencional (forjat, aïllament, impermeabilització, capa de compressió i enrajolat). Les terrasses disposen d'una barana metàl·lica d'alçada reglamentària i encastada als murs perimetrals així com a forjat. No hi ha presència d'instal·lacions.



Fig 3.21. Terrassa sobre àtic F3 [13].

Terrasses sobre àtics F4 (Pati interior d'illa)

Terrasses privades accessibles únicament des dels habitatges pertinents (sobre àtics F4). Correctament impermeabilitzades i amb desaigües pluvials en bon estat. L'acabat de les terrasses és en la seva gran majoria un enrajolat en gres ceràmic. Les capes que la componen no s'han pogut inspeccionar visualment però s'entén que es tracta d'una coberta plana convencional (forjat, aïllament, impermeabilització, capa de compressió i enrajolat). Les terrasses disposen d'una barana metàl·lica d'alçada reglamentària i encastada als murs perimetral així com a forjat. No hi ha presència d'instal·lacions.



Fig 3.22. Terrassa sobre àtic F4 [13].

Terrasses àtics F5 (Pati interior d'illa)

Terrasses privades accessibles únicament des dels habitatges pertinents (àtics F5). Correctament impermeabilitzades i amb desaigües pluvials en bon estat. L'acabat de les terrasses és en la seva gran majoria un enrajolat de gres ceràmic o de rajola ceràmica. Les capes que la componen no s'han pogut inspeccionar visualment però s'entén que es tracta d'una coberta plana convencional (forjat, aïllament, impermeabilització, capa de compressió i enrajolat). Les terrasses disposen d'una barana metàl·lica d'alçada reglamentària i encastada als murs perimetrals així com a forjat. No hi ha presència d'instal·lacions.



Fig 3.23. Terrassa àtic F5 [13].

Terrat comunitari

Coberta plana transitable (no accessible). Acabada amb una capa de rajola ceràmica col·locada en espiga. S'imagina que hi haurà una làmina bituminosa impermeable. En el costat corresponent de l'escala A s'aprecia que sigut pintada amb pintura a base de cautxú impermeabilitzant. No disposa de baranes (no és accessible pels veïns, només per a tècnics que hagin d'accedir a les instal·lacions de telecomunicacions i per a manteniment). Les boneres semblen en bon estat.



Fig 3.24. Terrat comunitari [13].

Parets mitgeres (M1, M2 i M3)

Es desconeix la composició de les parets mitgeres de l'edifici però s'intueix que són parets de càrrega de totxana tipus gero de 15 cm de gruix. L'acabat per la cara interior (pisos i local) és enguixat. La raó per la qual no s'ha pogut inspeccionar les mitgeres és que no són visibles a simple vista, estan acabades com una paret més i no són visibles des de l'altre costat (està en contacte amb altres edificis).

3.3.2. Descripció del sistema estructural

Estructura vertical

Estructura mixta. La part davantera de l'edifici consta de pilars de 40 cm de canto que pugen d'un vestíbul diàfan fins a l'última planta, la part posterior del local (el magatzem) està fet sencer a base de pilars octogonals de 40 cm de radi. La resta de l'edifici està construït mitjançant murs de càrrega.

Estructura horitzontal

Els forjats de l'edifici principal són unidireccionals amb revoltó ceràmic. Es desconeix el material de les bigues, però es sobreentén que seran de formigó. Aquestes bigues es recolzen sobre els murs de càrrega i sobre unes jàsseres de canto que es troben en la part davantera de l'edifici on hi ha pilars. El sostre del local és un forjat reticular de formigó armat.

Escala

L'escala està situada en zones comuns, accedint-se pel vestíbul. Hi ha 2 nuclis d'escals, i cada una dóna a replans comuns per accedir a 4 habitatges. Cada nucli d'escala consta de 11 trams d'escala amb 17 esglaons cada un. La mida de l'esglaó és de 28 cm de petjada i 17,5 cm de contra petjada. L'ample de l'escala és de 104 cm. La mida del replà és de 130x213 cm.



Fig 3.25. Escala [13].

3.3.3. Descripció del sistema d'instal·lacions

Xarxa de sanejament

Els baixants passen pels pati interior i els col·lectors soterrats (P1, P2, P3 i P4). Els baixants són vistos de PVC i els col·lectors estan enterrats i, per tant, es desconeix el tipus de material del mateix.

Instal·lació d'aigua

La instal·lació d'aigua prové de xarxa general. La bateria de comptadors es troba a la planta baixa, al vestíbul. Està dividida entre escala A (nº 45 segons cadastre) i escala B (nº 47 segons cadastre). La clau de pas general es troba al vestíbul, en arqueta. La canonada dels muntants és de coure i plàstic.



Fig 3.26. Bateria de comptadors de la instal·lació d'aigua [13].

Instal·lació electricitat

El quadre de protecció es troba ubicat al quartet de comptadors, que es troba soterrat a P-1 juntament amb la maquinària de l'ascensor. El quadre general de protecció compta amb ICP (Interruptor de Control de Potència) i interruptor diferencial. El comptadors estan centralitzats.



Fig 3.27. Quadre general de protecció de l'edifici [13].

Instal·lació de gas o altres fonts energètiques

El tipus de subministrament és gas natural. Els comptadors del gas natural es troben ubicats de manera individualitzada a cada habitatge.

Ascensor

Hi ha 2 ascensors, 1 ascensor per a cada nucli d'escala (Escala A i Escala B). De dimensions 125 cm de profunditat i 85 cm d'amplada.

L'obertura d'accés és de 66 cm, no permet l'entrada de cadires de rodes.

4. Discussió raonada de la situació actual de l'edifici

En el apartat anterior, s'ha explicat de manera detallada la situació actual de l'edifici, materials de construcció, tancaments, sistema de refrigeració i calefacció, sistema elèctric, etc. En aquest apartat s'analitzarà de manera més exhaustiva la informació detallada anteriorment. A continuació, es realitzarà l'anàlisi detallat de la demanda energètica de l'edifici, prenent com a referència les dades obtingudes de l'habitatge 3^o 1^a de l'Escala B.

4.1. Demanda elèctrica de l'edifici

4.1.1. Àrees comuns

L'objectiu d'aquest apartat és la de determinar els elements actius (equips elèctrics) i passius presents a les zones comuns de l'edifici.

En quant als elements passius, s'han d'analitzar les parts constructives de l'edifici, objecte d'estudi. En aquest apartat, només es descriuen les parts que corresponen a les zones comuns. Pel que fa al sostre, es tracta d'una coberta plana transitable (no accessible), com s'ha descrit en el apartat 3.3.1. Pel badalot, que uneix l'escala A amb la B deixa entrar claror al pati de llums de les diferents escales. Els elements passius de les zones comuns es troben descrites en el apartat 3.3.1 d'aquest mateix document.

Els dispositius amb consum energètic, a les zones comuns, es troben principalment aparells per a la il·luminació i els ascensors. A la taula següent, hi ha els diferents elements instal·lats a les escales i l'entrada amb la potència elèctrica de cadascuna.

Taula 4.1. Inventari dels aparells elèctrics.

Inventari Elèctric – Àrees Comuns		
Elements	Número	Potència [W]
IL·LUMINACIÓ		
Entrada		
Fluorescent	10	52
Escales		
Fluorescent	72	52
ASCENSORS		
Ascensors	2	13.500

Aquestes lluminàries estan sempre enceses, ja que l'edifici no té detectors de presència, per tant el consum d'aquest elements, excepte l'ascensor serà continua durant tot el dia.

4.1.2. Habitatges

L'objectiu d'aquest projecte és la d'analitzar l'edifici complet cas d'estudi. Tot i això, no es coneixen les dades reals de tots els apartaments. Per això, se suposa que tots els pisos de l'edifici tenen els mateixos sistemes instal·lats i els mateixos consums en quant a aigua, gas natural i electricitat. Com s'ha comentat anteriorment, l'edifici està compost per 67 habitatges distribuïts en 9 plantes.

Aquesta secció està dividida en dues subseccions. En el primer apartat, es descriu un inventari de tots els elements rellevants per a una auditoria donant una idea de la seva condició, edat, consum, etc. En el segon apartat, es descriuen els consums totals i pel cas d'electricitat, també el perfil de consum, ja que en aquest cas, és important conèixer quan es produeix el consum per raons de tributació.

4.1.2.1. Inventari

Primerament, es reporta informació relacionada amb els elements passius, però només es descriuen detalladament els elements específics de l'apartament, ja que els elements que pertanyen a les zones comuns ja s'ha explicat en el apartat anterior 4.1.1. Pel que fa a les finestres, a la següent figura, Fig. 4.1, es pot observar que les finestres tant exteriors com interiors son d'alumini blanques amb vidre doble.



Fig 4.1. Tipus de finestres a l'habitatge.

Les parets que separen les diferents habitacions o envans estan fetes de placa de guix laminat o conegut com "pladur", ja que eren els elements comuns de les divisions del període en què es va construir l'edifici. I maons a les parets divisòries entre pisos.

Altres elements passius importants són els diferents tipus d'aixetes instal·lades al sistema d'aigua, ja que són rellevants en quant a pèrdues i estalvi d'aigua. La següent figura mostra les aixetes actuals que s'utilitzen als apartaments de l'edifici.



Fig 4.2. Aixetes d'aigua actuals.

Pel que fa als elements actius, en aquesta secció també es descriuen els elements que tenen consum energètic. Per altra banda, els elements que tenen consum d'electricitat es poden observar a la següent taula, Taula 4.1, que també conté la potència associada a tots els elements.

Taula 4.2. Elements elèctrics.

	Número	Potència [W]	Potència Total [W]	Consum energètic	Classificació energètica
Cuina:					
Forn	1	1200	1200	0,79 kWh/cicle	A
Microones	1	800	800	-	-
Rentavaixelles	1	2400	2400	0,93 kWh/ 9,5 litres	A++
Extractor	1	100	100	45 kWh/any	C
Frigorífic	1	80	80	193 kWh/any	A+++
Focs	1	8000	8000	-	-
Thermomix	1	1000	1000	-	-
Caldera	1	135	135	-	-
Bany:					
Rentadora	1	2000	2000	196 kWh/any	A+++
Dormitori:					
PC	1	150	150	-	-
Unitat interior – Split	1	600	600	101 kWh/any	A+++
Saló-Menjador:					
Unitat interior – Split	1	600	600	101 kWh/any	A+++
TV	1	48	48	70 kWh/any	
Il·luminació					
LED	12	4,5	45	-	A++
Terrassa					
Unitat exterior	1	980	980	169 kWh/any	A+++

A més d'aportar informació més detallada sobre els elements informats a la Taula 4.2, la figures següents inclouen les imatges dels elements més rellevants dels apartaments per obtenir informació sobre l'edat i l'estat actual.



Fig 4.3. Frigorífic i rentavaixelles actual de l'habitatge.



Fig 4.4. Thermomix, extractor, microones i forn actuals de l'habitatge.



Fig 4.5. Microones, forn i rentadora actuals de l'habitatge.



Fig 4.6. Unitat exterior i interiors de la bomba de calor.

Els elements de la instal·lació de gas també són importants perquè la seva eficiència tenen un pes important en el consum total de gas natural. La definició anterior per als elements actius exclou als radiadors. No obstant això, els radiadors es descriuen en aquesta secció per la seva importància per a la instal·lació de gas natural. Bàsicament, els elements de la instal·lació de gas són: la caldera, els radiadors i els fogons, figura 4.7.



Fig 4.7. Elements més rellevants de consum de gas natural.

A continuació, Figura 4.8, es pot observar el plànol de l'habitatge estudiat. Per aquest projecte, s'ha considerat que tots el habitatges tenen la mateixa distribució i els mateixos consums.

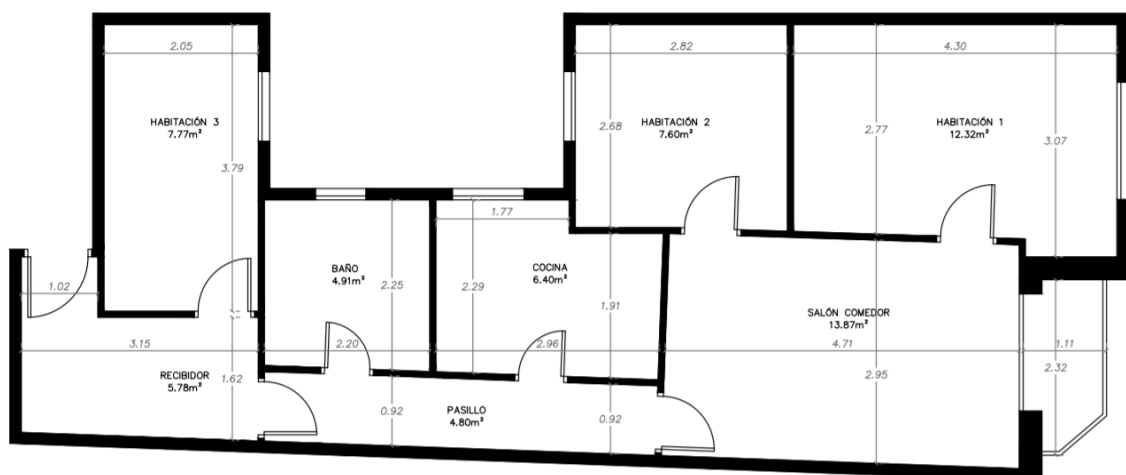


Fig 4.8. Plànol habitatge 3^o 1^a Escalera B.

4.1.2.2. Consum

En aquest apartat, es descriuen els consums associats a tots els sistemes. Per a tots els sistemes, es reporten els consums durant un any en aquesta secció. A més, per al sistema

elèctric es desenvolupen tres perfils diferents que representen diferents consums identificats al llarg de l'any perquè la imposició de l'electricitat fa que la simultaneïtat d'ús el període de consum siguin rellevants.

Pel que fa al consum de gas natural, el consum més gran coincideix amb els mesos més freds a causa del sistema de calefacció i les majors necessitats d'aigua calenta.

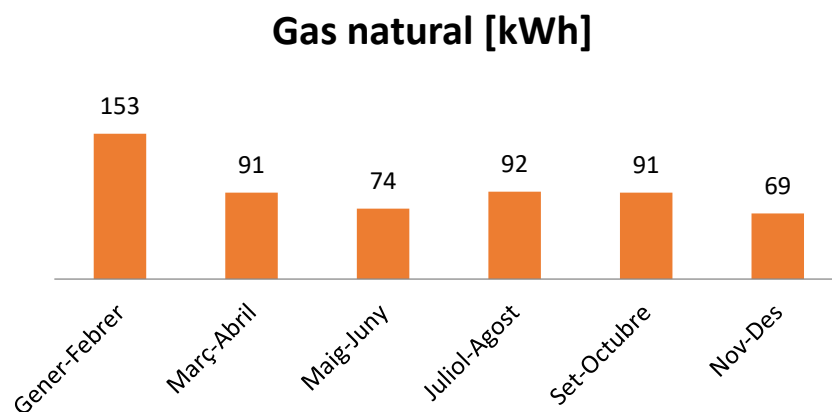


Fig 4.9. Consum gas natural.

Es pot considerar que el consum d'aigua és aproximadament constant al llarg de l'any i els períodes amb el consum no estan relacionats amb les condicions climatològiques externes.

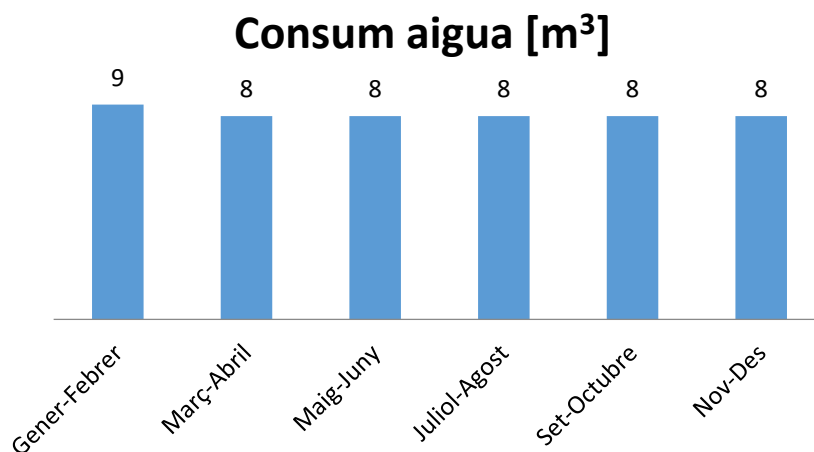


Fig 4.10. Consum d'aigua.

Finalment, el consum d'electricitat varia al llarg de l'any. El major consum s'identifica a en ple estiu i hivern per l'ús de la bomba de calor per refrescar l'habitatge durant l'estiu i encalenticar la vivenda durant l'hivern. Ja que degut al poc temps que s'està a la vivenda durant el dia a l'hivern, degut a que es treballa fóra de casa, durant l'hivern s'utilitza la bomba de calor en

comptes dels radiadors que tarden més en encaletir l'habitatge. El menor consum s'identifica durant la primavera i la tardor a causa de les temperatures suaus i l'augment d'hores de llum.

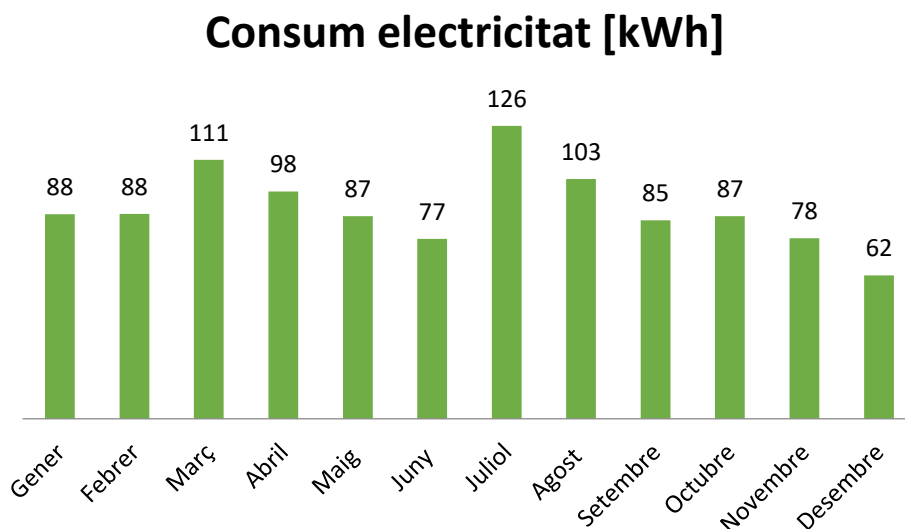


Fig 4.11. Consum electricitat.

4.1.3. Establiments comercials

En aquest apartat, es descriurien els establiments comercials presents a l'edifici d'estudi. Com s'ha comentat anteriorment, aquest edifici compta amb dos locals comercials que actualment l'utilitza el mateix propietari l'Àrea Metropolitana de Barcelona (AMB), un centre que s'anomena "Millor que nou!", on ofereixen diferents possibilitats per allargar la vida útil dels objectes i generar menys brossa.

L'objectiu principal d'aquesta part, seria identificar els elements actius i passius d'aquesta part de l'edifici, però degut a la situació d'estat d'alarma pel COVID-19 al 2020, no s'ha pogut accedir en aquesta part de l'edifici. Per tant, en aquest projecte no estarà inclòs l'estudi i anàlisi de l'establiment comercial de l'edifici.

4.1.4. Auditoria energètica

En els apartats anteriors, els consums s'han dividit per proporcionar informació més detallada. Encara que una auditoria energètica precisa també requereix una visió global del sistema. Per això, en aquest apartat s'informen de manera global els consums de tot l'edifici, excepte de l'establiment comercial, com s'ha indicat anteriorment. Aquesta agregació ha fet que es considerin les potències indicades a les seccions anteriors, les hores de funcionament següents per a cada element instal·lat.

Taula 4.3. Supòsits d'àrees comuns.

Inventari Electric- Àrees comuns			
Elements	Potència agregada [kW]	Hores/any	Total [kWh]
Fluorescent	4,784	876.	41.907,84
Ascensors	27	182,5	4.927,5

Com s'ha comentat anteriorment, actualment les lluminàries de les escales i l'entrada de l'edifici (àrees comuns) es troben enceses durant tot l'any.

A més, s'assumeixen a l'edifici 67 apartaments idèntics amb mateixos consums, el que resulta en el consum total:

Taula 4.4. Consum total dels habitatges de l'edifici.

AIGUA [m³]		ELECTRICITAT [kWh]		GAS NATURAL [kWh]	
Gener-Febrer	603	Gener	5.882	Gener-Febrer	10.251
Març-Abril	536	Febrer	5.899	Març-Abril	6.097
Maig-Juny	536	Març	7.451	Maig-Juny	4.958
Juliol-Agost	536	Abril	6.537	Juliol-Agost	6.164
Setembre- Octubre	536	Maig	5.833	Setembre- Octubre	6.097
Novembre- Desembre	536	Juny	5.175	Novembre- Desembre	4.623
TOTAL	3.283	Juliol	8.426	TOTAL	38.190
		Agost	6.899		
		Setembre	5.710		
		Octubre	5.830		
		Novembre	5.200		
		Desembre	4.124		
		TOTAL	72.967		

4.2. Certificació energètica

L'anàlisi de l'eficiència energètica de l'edifici s'ha portat a terme atenent la documentació existent sobre l'eficiència energètica de de l'edifici, el ITE [13], així com aspectes externs no contemplats en la documentació. Per a això s'ha utilitzat com a base la certificació energètica de l'edifici realitzada el Febrer del 2019 i que, a priori, ens dóna una estimació de la qualitat energètica de l'edifici.

Les certificacions energètiques són documents que analitzen el comportament energètic

dels edificis mitjançant la utilització d'un programa informàtic. Es realitzen atenent a quatre aspectes fonamentals: emissions globals de CO₂ (kg CO₂/m² any), demanda de calefacció (kWh/m² any), demanda de refrigeració (kWh/m² any) i consum d'energia primària (kg CO₂/m² any). Aquestes dades s'estimen introduint les característiques de l'edifici en el programa indicant les seves dimensions, característiques constructives i dels tancaments, número de plantes, ombres sobre façanes i qualitat de les instal·lacions. Si es coneixen les transmissibilitats de les façanes, cobertes i fusteries, o les dades reals de consum de les instal·lacions, podran ser utilitzats per a tenir uns resultats més rigorosos i pròxims a la realitat. En cas de no saber-los, el programa estima dades segons l'any de construcció i característiques de l'immoble. Els valors estimats podran ser presos com vàlids però no rigorosos.

En base a aquests aspectes, s'estableix una escala de qualificació que és variable segons l'ús de l'edifici. "Els edificis d'ús residencial presenten una escala diferent a aquells destinats a altres usos (terciari) les necessitats i exigències del qual son clarament diferents. Les escales sorgeixen de plantejar un indicador de l'eficiència, un escenari indicant amb quins edificis es compara el que s'analitza i finalment els límits de les lletres que representen l'eficiència de l'edifici." [14] Tot això queda recollit a la següent taula.

Taula 4.5. Factors d'anàlisi de les certificacions energètiques [14].

Factors d'anàlisi	Habitatge	Altres usos (terciari)
Indicador	Emissions específiques anuals (kg CO ₂ /any i m ² útils) derivades del consum energètic per a calefacció, refrigeració i aigua calenta sanitària (ACS).	Emissions específiques anuals (kg CO ₂ /any i m ² útils) derivades del consum energètic per a calefacció, refrigeració, aigua calenta sanitària (ACS) i il·luminació.
Escenari de comparació	Parc edificatori simulat representatiu dels projectes presentats en la mateixa localitat i el mateix tipus de habitatge (unifamiliar o habitatge en bloc) l'any 2016.	Edifici de referència: edifici amb la mateixa forma i orientació que compleix el Codi Tècnic de l'Edificació (CTE).
Límits de l'escala	Valors absoluts dependents de població i tipus d'habitatge (unifamiliar o en bloc).	Valors relatius en funció de l'edifici de referència.

Una vegada introduïdes les dades necessàries en el programa "es crea en cada cas un edifici de referència amb la mateixa forma i orientació, que complirà amb els mínims establerts pel Codi Tècnic de l'Edificació" [14]. Així, estableix una escala mitjançant un indicador per lletra que és la que ens indicarà com de bé o malament funciona l'edifici. El

rang va de la lletra A, que és el millor resultat, a la E en edificis de nova construcció i G en els existents seguint els següents paràmetres :

- A: exigeix mínim una reducció del 60% de les emissions de CO₂ respecte a l'edifici de referència.
- B: haurà de tenir una reducció de les emissions d'almenys un 35% respecte a l'edifici de referència.
- D, C: es podria obtenir una millora en la lletra, passant de la D a la C havent-hi una lleugera milloria respecte a les emissions de l'edifici de referència.
- E, F: la milloria de les emissions respecte a l'edifici de referència és mínima.
- G: pitjor resultat que pot tenir un edifici existent.

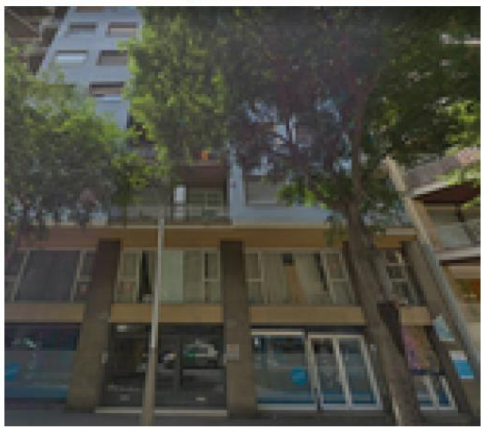

Encara així, els resultats reflectits segons aquesta escala no mostren informació sobre la compacitat, característiques geomètriques, superfícies, entorn, orientació o altres aspectes que influeixen en el seu consum, emissions i demanda. Finalment, s'emet una etiqueta amb els resultats generals i informació bàsica de l'edifici analitzat com la que es mostra a continuació.



Fig 4.12. Exemple Certificació Energètica [15].

4.2.1. Anàlisi de l'eficiència energètica actual de l'edifici

A continuació, es poden observar les característiques constructives del pis 3^o 1^a de l'Escala B, que serà l'objecte d'estudi; segons el Certificat d'Eficiència Energètica de l'Habitatge realitzada el 14 de Febrer del 2019. Per a la realització, del Certificat Energètic es va utilitzar l'eina ofimàtica CEXv2.3 [16].

Superfície habitable [m ²]	63.45
Imagen del edificio	Plano de situación
	

Taula 4.6. Dades constructives dels tancaments opacs [16].

Cerramientos opacos

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Modo de obtención
Mitgera	Fachada	80.39	0.00	
Façana 1	Fachada	1.89	1.69	Estimadas
Façana 2	Fachada	3.92	1.69	Estimadas
Façana 3	Fachada	5.75	1.69	Estimadas
Façana 4	Fachada	4.34	2.38	Estimadas
Façana 5	Fachada	9.07	2.38	Estimadas
Façana 6	Fachada	4.34	2.38	Estimadas

Taula 4.7. Dades constructives dels buits i lucernaris [16].

Huecos y lucernarios

Nombre	Tipo	Superficie [m ²]	Transmitancia [W/m ² ·K]	Factor solar	Modo de obtención. Transmitancia	Modo de obtención. Factor solar
Finestra 1	Hueco	3.88	3.44	0.61	Estimado	Estimado
Finestra 2	Hueco	2.71	3.44	0.61	Estimado	Estimado
Finestra 3	Hueco	1.43	3.44	0.49	Estimado	Estimado
Finestra 4	Hueco	1.17	3.44	0.45	Estimado	Estimado
Finestra 5	Hueco	0.88	3.44	0.40	Estimado	Estimado
Finestra 6	Hueco	1.43	3.44	0.61	Estimado	Estimado

4.2.1.1. Instal·lacions tèrmiques

A continuació, es poden observar les dades de les instal·lacions tèrmiques que componen l'habitatge 3º 1ª de l'Escala B de l'edifici. Serà l'objecte d'estudi, extrapolant la informació a la resta de pisos de l'edifici.

Generadors de calefacció

Taula 4.8. Característiques generadors de calefacció [16].

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y refrigeración	Bomba de Calor		143.7	Electricidad	Estimado
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	77.2	Gas Natural	Estimado
TOTALES	Calefacción				

Generadors de refrigeració

Taula 4.9. Característiques generadors de refrigeració [16].

Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y refrigeración	Bomba de Calor		137.7	Electricidad	Estimado
TOTALES	Refrigeración				

Instal·lacions d'Aigua Calenta Sanitària (ACS)

Taula 4.10. Característiques instal·lacions d'Aigua Calenta Sanitària [16].

Demanda diaria de ACS a 60° (litros/día)	88.0				
Nombre	Tipo	Potencia nominal [kW]	Rendimiento Estacional [%]	Tipo de Energía	Modo de obtención
Calefacción y ACS	Caldera Estándar	24.0	77.2	Gas Natural	Estimado
TOTALES	ACS				

En quant a l'equip de calefacció, se sap que la vivenda satisfà la seva necessitat de calefacció i aigua calenta sanitària (ACS) mitjançant caldera estàndard de gas natural amb una potència nominal de 24,0 kW i un rendiment estacional del 77,20%.

Taula 4.11. Característiques de la caldera.

Equip	Combustible	Marca	Model	Potència
Caldera Estándar	Gas Natural	Ferrolí	Domina F 24 E	24 kW

L'equip de climatització de la vivenda té les següents característiques tècniques.

Taula 4.12. Característiques de l'equip de la bomba de calor [17].

Equip		Bomba de calor
Marca	Mitsubishi	
Model	Unitat exterior	MXZ-2F42VF
	Unitats interiors	MSZ-AP20VF MSZ-AP20VF
Capacitat nominal fred	4,2 kW	
Capacitat nominal calor	4,5 kW	
Coefficient energètic – EER*	4,3	
Coefficient energètic – COP**	5,1	
Refrigerant	R410A	

*EER – “Energy Efficiency Ratio” o Índex d’Eficiència Energètica, és el rati entre la capacitat frigorífica i el consum d’energia utilitzat per obtenir-lo. Quan més alt és el EER, millor rendiment té la màquina [18].

**COP – “Coefficient Of Performance” o Coeficient d’Eficiència Energètica/Rendiment, és el rati entre la capacitat calorífica i el consum d’energia utilitzat per obtenir-lo. Quan més alt és el COP, millor rendiment té la màquina [18].

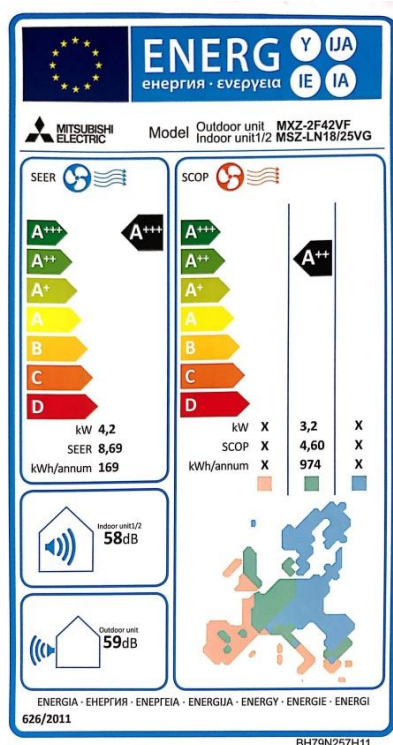


Fig 4.13. Etiqueta energètica bomba de calor.

A partir de les dades obtingudes a continuació es pot observar la qualificació energètica de l’habitatge 3º 1ª, que serà l’objecte d’estudi. Extrapolant la informació i característiques a

la resta de pisos que conformen l'edifici.

Taula 4.13. Qualificació energètica emissions l'habitatge 3^o 1^a de l'Escala B de l'Edifici [16].

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	33.8 E	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Emisiones calefacción [kgCO₂/m² año]</i>	E	<i>Emisiones ACS [kgCO₂/m² año]</i>	G
		23.92		8.82	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Emisiones globales [kgCO₂/m² año]</i>		<i>Emisiones refrigeración [kgCO₂/m² año]</i>	C	<i>Emisiones iluminación [kgCO₂/m² año]</i>	-
		1.03		-	

La qualificació global de l'habitatge d'estudi s'expressa en termes de diòxid de carboni alliberat a l'atmosfera com a conseqüència del consum energètic del mateix.

Taula 4.14. Qualificació global de l'edifici en emissions l'habitatge 3^o 1^a de l'Escala B de l'Edifici [16].

	kgCO ₂ /m ² año	kgCO ₂ /año
<i>Emisiones CO₂ por consumo eléctrico</i>	1.03	65.59
<i>Emisiones CO₂ por otros combustibles</i>	32.74	2077.08

A continuació, es pot observar els resultats obtinguts de la qualificació energètica de l'habitatge en consum d'energia primària no renovable. Tal i com indica el certificat energètic, "per energia primària no renovable s'entén l'energia consumida per l'edifici procedent de fonts no renovables que no ha sofert cap procés de conversió o transformació".

Taula 4.15. Qualificació energètica de l'edifici en consum d'energia primària no renovable l'habitatge 3^o 1^a de l'Escala B de l'Edifici [16].

INDICADOR GLOBAL		INDICADORES PARCIALES			
	160.7 E	CALEFACCIÓN		ACS	
		<i>Energía primaria calefacción [kWh/m² año]</i>	E	<i>Energía primaria ACS [kWh/m² año]</i>	G
		112.94		41.64	
		REFRIGERACIÓN		ILUMINACIÓN	
<i>Consumo global de energía primaria no renovable [kWh/m² año]</i>		<i>Energía primaria refrigeración [kWh/m² año]</i>	C	<i>Energía primaria iluminación [kWh/m² año]</i>	-
		6.10		-	

La següent taula, Taula 4.16, representa la qualificació parcial de la demanda energètica de

calefacció i refrigeració. La demanda energètica de calefacció i refrigeració és l'energia necessària per mantenir les condicions internes de confort de l'edifici.

Taula 4.16. Qualificació parcial de la demanda energètica de calefacció i refrigeració l'habitatge 3º 1ª de l'Escala B de l'Edifici [16].

DEMANDA DE CALEFACCIÓN		DEMANDA DE REFRIGERACIÓN	
<p>< 7.7 A</p> <p>7.7-17.9 B</p> <p>17.9-32.4 C</p> <p>32.4-54.2 D</p> <p>54.2-99.8 E</p> <p>99.8-108.8 F</p> <p>≥ 108.8 G</p>	<p>73.3 E</p>	<p>< 2.1 A</p> <p>2.1-3.9 B</p> <p>3.9-6.6 C</p> <p>6.6-10.6 D</p> <p>10.6-12.8 E</p> <p>12.8-15.7 F</p> <p>≥ 15.7 G</p>	<p>5.0 C</p>
<i>Demanda de calefacción [kWh/m² año]</i>		<i>Demanda de refrigeración [kWh/m² año]</i>	

Taula 4.17. Qualificació energètica obtinguda [16].

CONSUMO DE ENERGÍA PRIMARIA NO RENOVABLE [kWh/m² año]		EMISIONES DE DIÓXIDO DE CARBONO [kgCO2/ m² año]	
<p>< 26.8 A</p> <p>26.8-43.4 B</p> <p>43.4-67.3 C</p> <p>67.3-103.5 D</p> <p>103.5-212.9 E</p> <p>212.9-240.5 F</p> <p>≥ 240.5 G</p>	<p>160.7 E</p>	<p>< 6.1 A</p> <p>6.1-9.9 B</p> <p>9.9-15.3 C</p> <p>15.3-23.5 D</p> <p>23.5-49.0 E</p> <p>49.0-57.3 F</p> <p>≥ 57.3 G</p>	<p>33.8 E</p>

A la Figura 4.14. es pot observar el certificat energètic obtingut de l'habitatge del 3º 1ª a l'Escala B de l'edifici objecte d'estudi. Aquest certificat es pot extrapolar a la resta d'habitatges que componen l'edifici.

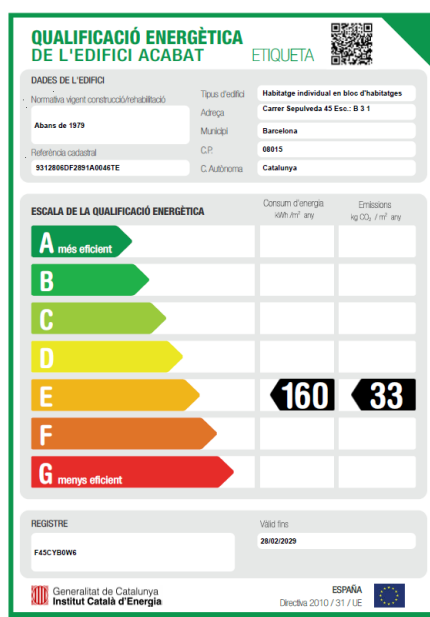


Fig 4.14. Certificat energètic de l'habitatge 3º 1ª de l'Escala B de l'Edifici [16].

5. Identificació de possibles millores de l'eficiència energètica de l'edifici

Considerant tota la informació prèvia, aquesta secció està dedicada a analitzar i identificar les possibles millores que es poden implementar a l'edifici objecte d'estudi. En aquest secció, s'analitzaran diferents mesures des del punt de vista tècnic i econòmic.

Per altra banda, s'analitzaran diferents mesures per a la millora de l'eficiència energètica de l'edifici, des dels materials de construcció que componen l'edifici actualment com els elements elèctrics i tèrmics que componen l'edifici com per exemple la il·luminació.

5.1. Recomanacions per a la millora de l'eficiència energètica CEXv2.3

En aquest apartat s'analitzarà la millora proposada en el certificat energètic de la vivenda 3^o 1^a de l'Escala B, que podria ser aplicable a la resta de vivendes.

Aquest document recomana el següent mesura de millora:

“Conjunt de MM1 consisteix en la col·locació per l'interior del tancament de plaques PER (3 cm de gruix) revestides de plaques de guix laminat, la col·locació de plaques PER (3 cm de gruix) a l'interior de les caixes de persiana [16].”

Segons [16], el cost estimat de la mesura serien 2.300,00 € per vivenda.

Aquesta mesura suposaria una millora tant en l'eficiència energètica de l'habitatge, en el consum d'energia primària no renovable, les emissions de CO₂ i la demanda tant de refrigeració com calefacció; com es pot observar a les següents figures.

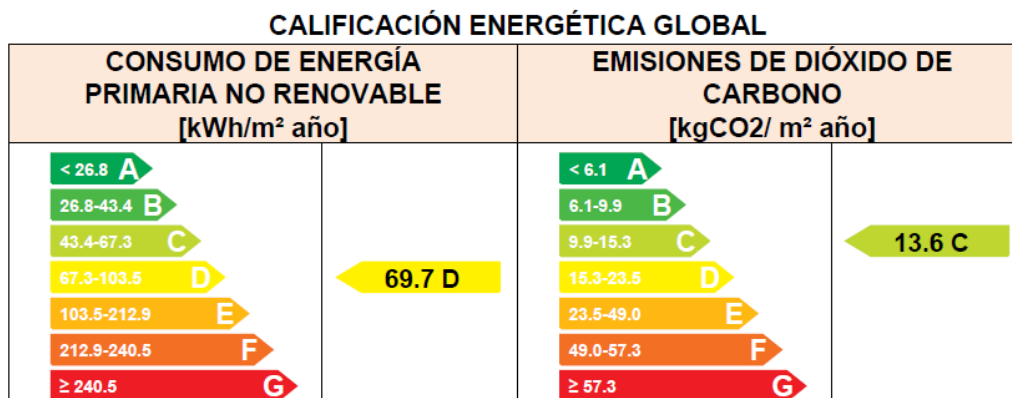


Fig 5.1. Qualificació energètica global l'habitatge 3^o 1^a de l'Escala B de l'Edifici [16].

CALIFICACIONES ENERGÉTICAS PARCIALES

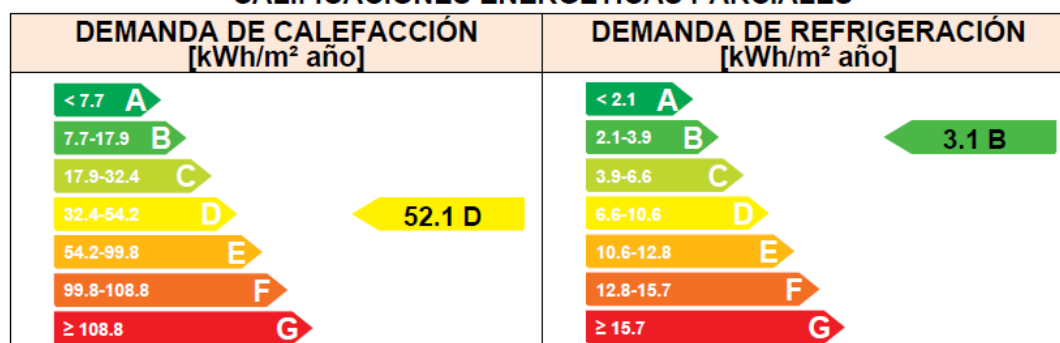


Fig 5.2. Qualificacions energètiques parcials l'habitatge 3^o 1^a de l'Escala B de l'Edifici [16].

A la següent taula es poden observar les millores de l'eficiència energètica només aplicant aquesta millora a l'habitatge.

Taula 5.1. Taula comparativa millora MM1 segons el certificat energètic [16].

	Valor actual	Valor post millora
Consum d'energia primària no renovable [kWh/m² any]	160.7 E	69.7 D
Emissions de CO₂ [kgCO₂/ m² any]	33.8 E	13.6 C
Demanda de calefacció [kWh/m² any]	73.3 E	52.1 D
Demanda de refrigeració [kWh/m² any]	5.0 C	3.1 B

Com es pot observar en la taula anterior, la col·locació de plaques PER revestides de plaques de guix laminat permet una millora substancial de l'eficiència energètica dels habitatges.

A continuació, en les següents taules es poden observar les millores en les diferents àrees que cobreix el certificat energètic per la millora de l'eficiència energètica de la vivenda.

Taula 5.2. Anàlisi tècnic de l'habitatge 3^o 1^a de l'Escala B de l'Edifici [16].

Indicador	Calefacció		Refrigeración		ACS		Iluminación		Total	
	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original	Valor	ahorro respecto a la situación original
Consumo Energía final [kWh/m² año]	12.40	86.9%	1.94	37.8%	34.99	0.0%	-	-%	49.34	62.9%
Consumo Energía primaria no renovable [kWh/m² año]	24.23 B	78.5%	3.79 B	37.8%	41.64 G	0.0%	-	-	69.67 D	56.6%
Emissiones de CO ₂ [kgCO ₂ /m² año]	4.10 B	82.8%	0.64 B	37.8%	8.82 G	0.0%	-	-	13.57 C	59.8%
Demanda [kWh/m² año]	52.08 D	28.9%	3.13 B	37.8%						

“Els indicadors energètics anteriors estan calculats en base a coeficients estàndard d'operació i funcionament de l'edifici, per lo que només son vàlids a efectes de la seva qualificació energètica. Per a l'anàlisi econòmic de les mesures d'estalvi i eficiència energètica, el tècnic certificador haurà d'utilitzar les condicions reals i dades històrics de consum de l'edifici [16].”

Taula 5.3. Valors de l'envolupant tèrmica tancament opacs post millora [16].

Nombre	Tipo	Superfície actual [m ²]	Transmitància actual [W/m ² K]	Superfície post millora [m ²]	Transmitància post millora [W/m ² K]
Mitgera	Fachada	80.39	0.00	80.39	0.00
Façana 1	Fachada	1.89	1.69	1.89	0.29
Façana 2	Fachada	3.92	1.69	3.92	0.29
Façana 3	Fachada	5.75	1.69	5.75	0.29
Façana 4	Fachada	4.34	2.38	4.34	0.29
Façana 5	Fachada	9.07	2.38	9.07	0.29
Façana 6	Fachada	4.34	2.38	4.34	0.29

Taula 5.4. Valors de l'envolupant tèrmica buits i claraboies post millora [16].

Nombre	Tipo	Superfície actual [m ²]	Transmitància actual del hueco [W/m ² K]	Transmitància actual del vidrio [W/m ² K]	Superfície post millora [m ²]	Transmitància a post millora [W/m ² K]	Transmitància a post millora del vidrio [W/m ² K]
Finestra 1	Hueco	3.88	3.44	3.30	3.88	3.44	3.30
Finestra 2	Hueco	2.71	3.44	3.30	2.71	3.44	3.30
Finestra 3	Hueco	1.43	3.44	3.30	1.43	3.44	3.30
Finestra 4	Hueco	1.17	3.44	3.30	1.17	3.44	3.30
Finestra 5	Hueco	0.88	3.44	3.30	0.88	3.44	3.30
Finestra 6	Hueco	1.43	3.44	3.30	1.43	3.44	3.30

Com s'ha comentat anteriorment, aquesta mesura es pot aplicar a la resta d'habitatges que componen l'edifici.

Per tant, aplicar aquesta mesura a tot l'edifici suposaria un cost aproximat de 154.100,00 €.

5.2. Millora del sistema d'il·luminació

El sistema d'il·luminació és avui en dia un element susceptible de millora. Malauradament, l'edifici analitzat en aquesta obra no és una excepció, en el cas de les zones comuns de l'edifici. En canvi, a l'interior dels habitatges les lluminàries són LED amb un nivell d'eficiència energètica bastant elevat, com s'ha comentat anteriorment en el apartat 4.1.2.1. Optimitzar el sistema d'il·luminació de les àrees comuns no només suposa una reducció del consum, sinó també una millora del confort, si és possible, o almenys un manteniment del confort.

A continuació, a la següent taula 5.5 es mostra el sistema d'il·luminació instal·lat a l'edifici

abans de qualsevol millora. En vermell, es ressalten els elements menys eficients i altament susceptibles de ser substituïts. Per determinar el cost anual de cada elements i el cost total anual, se suposa 0,15 €/kWh pel preu de l'electricitat. També s'assumeix, en el cas dels habitatges, que les lluminàries es troben enceses una mitja de 3 hores al dia.

Taula 5.5. Sistema actual d'il·luminació a l'edifici.

Àrees comuns						
Tipus	Número	Potència [W]	Potència Total [kW]	Hores/any	Energia consumida [kWh/any]	Cost [€]
Fluorescent	92	52	4,784	8.760	41.907,84	6.286,18
TOTAL [€]						6.286,18
Habitatges						
Tipus	Número	Potència [W]	Potència Total [kW]	Hores/any	Energia consumida [kWh/any]	Cost [€]
LED	804	4,5	3,618	1.095	3.961,71	594,26
TOTAL [€]						594,26
TOTAL [€]						6.880,44

Com s'ha mencionat anteriorment, en un estudi d'optimització d'il·luminació no es pot veure afectada la comoditat dels usuaris. Normalment, l'optimització del sistema d'il·luminació interior es pot realitzar fàcilment mitjançant el mètode lumen, que generalment són resultats fiables [19]. Aquest mètode es basa en l'optimització del flux lluminós, dit d'una altra manera, el poder percebut de la llum.

El flux lluminós es pot determinar fàcilment mitjançant l'equació següent:

$$\Phi_T = \frac{E \cdot S}{\eta \cdot f_m} \quad (\text{Ec. 5.1})$$

On:

Φ_T és el flux lluminós [lumens].

E és la luminància mitjana prevista a l'habitació [lx]. Aquest paràmetre depèn fortament del tipus d'activitat realitzada a cada zona.

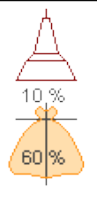
S és la superfície de l'espai d'estudi [m^2].

η és el factor d'utilització.

f_m és el factor de manteniment.

A causa de tenir diferents valors de luminància en diferents espais, també s'obté un flux lluminós diferent per a cada lloc.

Els valors del factor d'utilització, η , estan tabulats i donats pels diferents fabricants d'il·luminació, figura 5.3.

Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización (η)											
		Factor de reflexión del techo											
		0.8			0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes											
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.3	0.1	0
	0.6	.39	.35	.32	.38	.34	.32	.38	.34	.31	.33	.31	.30
	0.8	.48	.43	.40	.47	.42	.40	.46	.42	.39	.41	.38	.37
	1.0	.53	.49	.46	.52	.48	.45	.51	.47	.45	.46	.44	.41
	1.25	.58	.54	.51	.57	.53	.50	.55	.51	.49	.50	.48	.45
	1.5	.62	.58	.54	.61	.57	.54	.58	.55	.52	.53	.51	.48
	2.0	.66	.62	.59	.64	.61	.58	.61	.59	.57	.56	.55	.52
	2.5	.68	.65	.63	.67	.64	.62	.64	.61	.60	.59	.57	.54
3.0	.70	.67	.65	.69	.66	.64	.65	.63	.61	.60	.59	.56	
$D_{max} = 1.0 H_m$	4.0	.72	.70	.68	.70	.69	.67	.67	.66	.64	.63	.61	.58
f_m	5.0	.73	.71	.70	.71	.70	.68	.68	.67	.66	.64	.63	.59

H_m : altura luminaria-plano de trabajo

Fig 5.3. Factor d'utilització [19].

El factor d'utilització depèn tant del factor de reflexió com l'índex de l'habitació. L'índex de l'habitació es determina mitjançant l'equació següent, Ec. 5.2. Tot i que es poden obtenir valors superiors a 10, no es consideren a causa de la diferència d'utilitzar 10 o un número més elevat són insignificants.

$$K = \frac{a \cdot b}{h(a+b)} \quad (\text{Ec. 5.2})$$

On:

a és la amplitud de l'habitació. (Igualment els eixos X o Y)

b és la longitud de l'habitació. (Igualment els eixos X o Y)

h és l'altura entre el pla de treball i el sostre. (Eix Z)

Pel que fa al factor de reflexió, es poden considerar els materials de les parets, terres i sostres. Les parets i el sostre són actualment són blancs, es pot suposar un factor de reflexió de 0,7 per a sostres i 0,5 per a parets.

El factor de manteniment només pot tenir dos valors diferents, 0,8 si el sistema d'il·luminació és clar i ben cuidat i 0,6 si no. En aquest treball, s'assumeix un sistema ben cuidat, ja que l'edifici té un conserge que s'encarrega de la neteja i manteniment l'edifici.

La taula 5.6 resumeix tota la informació anterior i proporciona el flux lluminós ideal que s'espera a cada espai de les àrees comuns, que serà la il·luminació susceptible de canvi.

Taula 5.6. Flux lluminós previst a cada habitació.

	Em [LUX]	Sup [m ²]	a	b	h	Índex habitació [K]	Factor utilització [η]	Φ _T [Lumens]
Àrees comuns								
Entrada	75	40	5	8	1,5	1,53	0,39	9.615
Escales	100	360	2	180	1,5	1,32	0,33	136.363

Un cop conegut el flux lluminós, s'estudia la substitució de les lluminàries. En aquest treball es suggereix el següent tipus de lluminària, per la seva eficiència i consum baix, LED-tube 20 W. Per obtenir resultats comprensibles i clars, el nombre de lluminàries s'organitzen en dues zones diferents de les àrees comuns: entrada i escales. Als habitatges es mantenen les lluminàries, ja que ja tenen una elevada eficiència energètica. D'aquesta manera, el cost total de la inversió serà menor i conseqüentment l'amortització també.

La Taula 5.7. el nou sistema d'il·luminació recomanat per aquest edifici, això com el cost total associat i el percentatge d'estalvi.

Taula 5.7. Sistema millorat d'il·luminació a l'edifici.

<i>Àrees comuns</i>						
Tipus	Número	Potència [W]	Potència Total [kW]	Hores/any	Energia consumida [kWh/any]	Cost [€]
LED	92	20	1,84	8.760	16.118,4	2.417,76
TOTAL [€]						2.417,76
<i>Habitatges</i>						
Tipus	Número	Potència [W]	Potència Total [kW]	Hores/any	Energia consumida [kWh/any]	Cost [€]
LED	804	4,5	3,618	1.095	3.961,71	594,26
TOTAL [€]						594,26
TOTAL [€]						3.012,02
% Estalvis						56 %

El percentatge d'estalvi, ha resultat d'un 56% en comparació amb el consum abans d'aplicar la mesura que comportava un cost de 6.880,44 €, en front als 3.012,02 € que seria el cost després d'aplicar la mesura proposada.

Finalment, només queda l'estudi econòmic. Com s'ha mencionat anteriorment, aquest projecte considera d'igual importància la viabilitat tècnica i econòmica. En aquest context, la metodologia de retribució ha estat escollida per la seva senzillesa i fiabilitat.

Primer, tenint en compte l'anàlisi anterior, s'ha determinat la inversió inicial necessària per millorar el sistema d'il·luminació, com es pot observar a la Taula 5.8.

Taula 5.8. Inversió inicial sistema il·luminació. [20]

	Unitats	€/Unitat	€
LED tube-20W	92	9,95	915,40
TOTAL			915,40 €

L'amortització es determina mitjançant l'equació següent:

$$Payback = \frac{I}{S} \quad (Ec. 5.3)$$

On:

Payback és el número d'anys necessaris per recuperar la inversió inicial [anys]

I és el cost de la inversió inicial. [€]

S és l'estalvi anual. [€/any]

Finalment, s'obté que una amortització de 0,24 anys per aquesta mesura específica. És a dir, en menys de 3 mesos s'obtindria l'amortització inversió pel canvi del sistema d'il·luminació a les àrees comuns de l'edifici.

Per altra banda, com es va comentar en el apartat 4.1.2.1, la il·luminació es troba encesa durant totes les hores del dia. Per tant, a part de la millora de les lluminàries, es podrien col·locar detectors de presència a l'entrada de l'edifici i a les escales a cada planta. D'aquesta manera, es reduirà bastant el consum de les lluminàries.

S'haurien de col·locar en total 19 detectors de presència i el seu cost seria el següent.

Taula 5.9. Inversió inicial detector de presència. [21]

	Unitats	€/Unitat	€
Detector presència	19	9,95	189,05
TOTAL			189,05 €

Es com pot observar la inversió seria mínima però l'estalvi seria bastant elevat ja que les hores en funcionament de les lluminàries disminuirien bastant. S'assumeix que les hores en funcionament d'aquestes lluminàries disminuiria a la meitat, és a dir, a 4.380 hores a l'any [22]. Per tant, l'estalvi per l'ús de detectors de presència seria el següent.

Taula 5.10. Estalvis per la col·locació de detectors de presència.

<i>Àrees comuns</i>						
Tipus	Número	Potència [W]	Potència Total [kW]	Hores/any	Energia consumida [kWh/any]	Cost [€]
LED	92	20	1,84	4.380	8.059,2	1.208,88
TOTAL [€]						1.208,88
<i>Habitatges</i>						
Tipus	Número	Potència [W]	Potència Total [kW]	Hores/any	Energia consumida [kWh/any]	Cost [€]
LED	804	4,5	3,618	1.095	3.961,71	594,26
TOTAL [€]						594,26
TOTAL [€]						1.803,14
% Estalvis						40 %

El percentatge d'estalvis, ha resultat d'un 40% en comparació amb el consum abans d'aplicar la mesura dels detectors de presència, que comportava un cost de 3.012,02 €, en front als 1.803,14 € que seria el cost després d'aplicar la mesura proposada.

Per tant, l'amortització del sistema amb detectors de presència, utilitzant l'equació 5.3, seria de 0,15 anys, és a dir, menys de 2 mesos.

6. Discussió i avaluació de la integració d'energies renovables

En aquest apartat del projecte s'analitzaran i avaluaran la possible integració de diferents energies renovables, per tal d'aconseguir que amb la implementació d'aquestes energies renovables a l'edifici es disminueixi el consum d'energia provinent de materials fòssils i així disminuir les emissions de CO₂ a la ciutat de Barcelona i del planeta. D'aquesta manera, l'objectiu principal és ajudar amb diferents mètodes d'eficiència energètica i utilització d'energies renovables aconseguir l'objectiu del COP21 i, per tant, que la temperatura del planeta no augmenti més [6] [7]. És a dir, combatre el canvi climàtic. A més, d'aquesta manera, es redueix la dependència energètica de l'edifici i les emissions de gasos d'efecte hivernacle [23].

A més, com es va comentar a l'apartat 2.1, l'Ajuntament de Barcelona ha proposat una sèrie de subvencions i ajudes per a la millora de l'eficiència energètica global dels edificis, entre les quals inclou la rehabilitació dels materials de l'edifici (aïllament, façanes, mitgeres, etc.) i la integració d'energies renovables com plaques solars tèrmiques i/o fotovoltaiques [9].

Per altra banda, el sector de l'edificació a Espanya, i en general Europa, el seu consum prové principalment d'energies fòssils i, com s'ha comentat anteriorment, una significativa font d'emissions de CO₂, ja que representa aproximadament el 40% del consum final d'energia [23].

A més, actualment, els preus del gas natural estan augmentant, i com a conseqüència també les factures. Malgrat això, en una ciutat com Barcelona, és difícil trobar una altra tecnologia que substitueixi el gas natural amb les mateixes prestacions. En aquest context, aquesta secció pretén analitzar la implementació d'una instal·lació d'aigua calenta sanitària (ACS) a l'edifici a partir d'energia solar tèrmica, estudiant la viabilitat tècnica i econòmica.

Al igual que amb el gas natural ens trobem amb la mateixa situació amb l'electricitat. Per aquesta raó, en aquest apartat del projecte també s'avaluarà la viabilitat de la integració de plaques fotovoltaiques i una mini-eòlica per el subministrament d'energia elèctrica.

6.1. Energia Solar Tèrmica

L'energia solar és un recurs segur, abundant i autòcton. A més, és gratuït i es troba disponible en el mateix punt de consum. Per altra banda, la incorporació d'energia solar tèrmica en els edificis per abastir les diferents demandes tèrmiques, suposa sempre la millora de l'eficiència energètica dels edificis. És a dir, l'energia solar tèrmica és pot utilitzar

com a font d'energia per a produir aigua calenta sanitària (ACS), encaletir piscines i climatitzar edificis [23], com es pot observa a la Figura 6.1.

La tecnologia solar tèrmica és una tecnologia madura, que porta més de 40 anys a Espanya, que ha experimentat una considerable implementació en el sector de l'edificació durant els darrers anys. Degut al seu desenvolupament i l'alta fiabilitat de les instal·lacions solars permet que aquestes siguin integrades fàcilment en edificis i indústries [23].

A més, la tecnologia actual permet que les instal·lacions solars tèrmiques no necessitin de molt de manteniment i disposin de sistemes de control pel seu seguiment remot. D'aquesta manera, s'assegura la seguretat i comoditat del seu ús [23].

Els captadors solars tèrmics absorbeixen l'energia del Sol i la transformen en calor aprofitable per a múltiples aplicacions, tant en edificis (ACS, encaletir piscines, etc.) com indústries [23], com es pot observar a la següent figura. D'aquesta manera, els captadors solars absorbeixen l'energia solar per transformar-la en energia tèrmica, augmentant la temperatura del fluid que circula per la instal·lació. En aquest cas, al ser un sistema per a ACS s'emmagatzema l'energia calorífica en un dipòsit d'acumulació per a la seva posterior utilització [24].

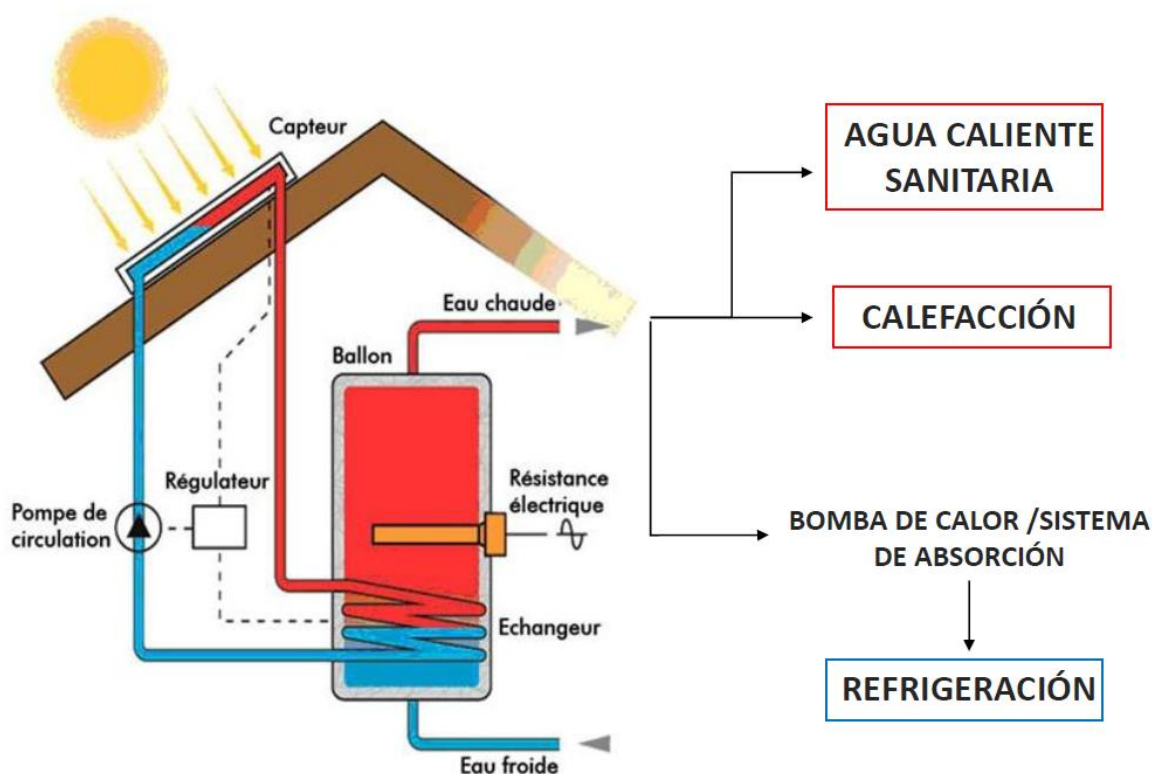


Fig 6.1. Sistema energia solar tèrmica [25].

6.1.1. Aigua Calenta Sanitària (ACS)

En aquest apartat s'estudiarà la integració d'energia solar tèrmica a l'edifici. Aquest apartat s'ha dividit en tres, primer es calcula tota la demanda, posteriorment es determina la instal·lació i finalment es fa l'anàlisi econòmica.

6.1.1.1. Demanda energètica mensual

En primer lloc, es necessari calcular la demanda energètica de l'edifici. Primer, s'han estudiat les característiques de l'edifici per obtenir una estimació de la demanda d'aigua calenta domèstica. Tal i com es mostra a la Fig 4.8. Plànol habitatge 3^o 1^a Escalera B., els apartaments disposen de tres dormitoris cadascun. Tal com s'explica al CTE, a la taula 6.1, es considera que en un apartament de tres habitacions hi viuen 4 persones. A més, segons la Taula 6.2, s'ha de tenir en compte el factor de centralització de 0,8, ja que es tracta d'un edifici amb 67 vivendes.

Taula 6.1. Valors mínims d'ocupació de càlcul en ús residencial privat CTE [26].

Número de dormitorios	1	2	3	4	5	6	≥6
Número de Personas	1,5	3	4	5	6	6	7

Taula 6.2. Valor del factor de centralització en vivendes multifamiliars [26].

Nº viviendas	N≤3	4≤N≤10	11≤N≤20	21≤N≤50	51≤N≤75	76≤N≤100	N≥101
Factor de centralización	1	0,95	0,90	0,85	0,80	0,75	0,70

A més, segons s'estableix en el CTE HE-4, es considera que una persona consumeix una mitjana de 28 litres d'aigua calenta domèstica a 60 °C [26]. A la taula 6.3, es poden observar les dades principals necessàries per als càlculs següents.

Taula 6.3. Dades de l'edifici pel càlcul d'ACS.

DADES EDIFICI	
Consum mínim [l/dia·persona]	28
Factor de centralització	0,8
Temperatura _{ACS} [°C]	60
Número de Habitacions/Apartament	3
Número de persones/ Apartament	4
Número de Apartaments	67
Número Total de Persones	268

A més, per determinar tota l'energia associada a l'aigua de calefacció, és necessari conèixer les temperatures d'entrada i de sortida de la instal·lació. En quant a la temperatura

d'entrada, s'ha considerat les dades publicades per l'Ajuntament de Barcelona a l'informe de regulació solar de Barcelona, mentre que per a la temperatura de sortida s'ha considerat 60 °C, establert per la IDEA. És important assolir aquests valors per prevenir el bacteri legionel·la.

Per tant, amb totes aquestes dades s'ha pogut calcular la demanda de cada mes. Per aquest càlcul s'ha utilitzat l'equació següent [27] i les dades que es mostren a la Taula 6.6.

$$D = 1.16 \cdot 10^{-3} \cdot N \cdot Q \cdot (T_{DHW} - T_{CW}) \quad (Ec 6.1)$$

6.1.1.2. Dimensionament de la instal·lació

El següent pas és el càlcul del nombre de panells necessaris per cobrir la demanda definida anteriorment. Per això, el primer pas és obtenir la radiació a la ubicació. Des de l'Atlas de Radiació Solar de Catalunya, s'ha pogut obtenir la radiació global per diferents vessants durant cada mes. Les dades s'adjunten a la Taula 6.4.

Taula 6.4. Radiació solar diària de Barcelona [28].

Radiació solar global diària de Barcelona – Orientació 0° - Superfície inclinada [MJ/m ² ·dia]													
Inclinació	Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Anual
0°	6.8	9.65	13.88	18.54	22.25	24.03	23.37	20.42	16.05	11.4	7.73	6.04	15.04
5°	7.7	10.56	14.72	19.15	22.58	24.21	23.63	20.93	16.85	12.32	8.66	6.94	15.71
10°	8.56	11.41	15.47	19.67	22.78	24.25	23.74	21.31	17.54	13.17	9.55	7.8	16.29
15°	9.37	12.19	16.14	20.07	22.84	24.13	23.7	21.59	18.13	13.95	10.38	8.61	16.78
20°	10.12	12.9	16.7	20.35	22.76	23.87	23.52	21.76	18.61	14.63	11.15	9.37	17.17
25°	10.81	13.52	17.17	20.51	22.6	23.48	23.24	21.8	18.98	15.23	11.85	10.07	17.46
30°	11.43	14.07	17.52	20.54	22.32	23.02	22.86	21.71	19.23	15.73	12.47	10.71	17.65
35°	11.97	14.52	17.77	20.45	21.9	22.43	22.34	21.48	19.36	16.13	13.01	11.28	17.73
40°	12.44	14.88	17.91	20.23	21.35	21.7	21.69	21.12	19.37	16.43	13.47	11.77	17.71
45°	12.83	15.15	17.94	19.89	20.67	20.84	20.9	20.63	19.26	16.63	13.85	12.19	17.58
50°	13.14	15.32	17.86	19.43	19.87	19.86	20	20.02	19.03	16.72	14.13	12.53	17.33
55°	13.36	15.4	17.67	18.85	18.95	18.77	18.97	19.29	18.68	16.71	14.32	12.78	16.98
60°	13.49	15.37	17.36	18.16	17.92	17.6	17.84	18.44	18.22	16.59	14.42	12.95	16.53
65°	13.53	15.25	16.95	17.36	16.83	16.41	16.71	17.48	17.65	16.36	14.42	13.04	16
70°	13.49	15.03	16.44	16.46	15.7	15.14	15.48	16.43	16.97	16.03	14.33	13.03	15.38
75°	13.35	14.72	15.83	15.47	14.48	13.78	14.18	15.35	16.19	15.6	14.14	12.94	14.67
80°	13.13	14.31	15.12	14.41	13.18	12.36	12.8	14.17	15.31	15.08	13.86	12.77	13.87
85°	12.82	13.81	14.32	13.29	11.82	10.93	11.35	12.93	14.34	14.45	13.5	12.51	13
90°	12.43	13.23	13.44	12.11	10.41	9.57	9.99	11.62	13.3	13.74	13.04	12.16	12.08

Un cop obtingudes aquestes dades, el següent pas és determinar la inclinació òptima per a les plaques solars. Tal i com s'estableix a [27], per a instal·lacions que funcionen tot l'any, com l'aigua calenta domèstica, la inclinació més adequada és de deu graus més que la latitud de la ubicació. En aquest cas Barcelona es troba a 41,4°, per la qual cosa s'han establert 50° d'inclinació per a les plaques solars.

Continuant amb les característiques de la instal·lació, és interessant veure l'orientació dels panells respecte al sud. Tal i com es mostra a la figura 6.2, l'orientació de l'edifici és sud-est, encara que seria possible orientar les plaques cap el sud, per tal d'optimitzar l'espai de la coberta. Tal i com s'observa, l'orientació seria de 45° en relació sud-oest. Això implica possibles pèrdues, que es calculen amb la següent expressió [27]. Per altra banda, a la Figura 6.2 es pot observar que la coberta es totalment plana, per tant, no hi ha limitacions per a la inclinació de les plaques.



Fig 6.2. Orientació de l'edifici.

$$k = 0.71 + [0.29 \cdot \cos(0.95 \cdot \beta \cdot \alpha^{0.3})] \quad (\text{Ec } 6.2)$$

On:

α és l'angle d'inclinació.

β és l'angle d'orientació respecte el sud.

Per tant, l'energia que reben les plaques solars es pot calcular de la següent manera, taula 6.6.

$$E = 0.94 \cdot k \cdot H \quad (\text{Ec } 6.3)$$

On:

H és la radiació de la inclinació escollida, obtinguda per les plaques solars [$\text{MJ}/\text{m}^2 \cdot \text{dia}$].

94% és el coeficient que té en compte l'energia solar no útil.

k són les pèrdues descrites anteriorment.

Una vegada calculada l'energia rebuda cada mes sobre les plaques, per tal de procedir a les característiques de la instal·lació, es necessita l'eficiència de les plaques solars. Per a aquest càlcul, un dels paràmetres necessaris és la intensitat de radiació solar incident a la superfície del panell. Per a la seva determinació es necessita el nombre de diari d'hores de sol de cada mes. Altra paràmetres necessaris són la temperatura mitjana del panell i l'ambient. Pel que fa a la temperatura mitjana del panell, s'ha considerat $60\text{ }^\circ\text{C}$, ja que és la temperatura ideal pel bon funcionament dels captadors solars plans [29]. La temperatura ambient s'ha obtingut a partir de les dades publicades per l'Ajuntament de Barcelona [30].

A més, per al càlcul de l'eficiència energètica es necessiten dos paràmetres del panell solar, el factor d'eficiència i el coeficient de pèrdues. Els dos valors es defineixen a les característiques del panell [31]. S'ha elegit un captador solar de tipus pla, ja que és el tipus més habitual per enlenteir aigua a no molt altes temperatures, solen ser d'ús domèstic i, a més, té una bona relació cost/efectivitat [32] [33].

Taula 6.5. Paràmetres del captador solar tèrmic [31].

Model	FMAX 2.0
Dimens. Ext. LxAxH [mm]	1980x1010x86
S. Total [m^2]	2,00
S. Apertura [m^2]	1,86
Rendiment Ap.	
n_0 (factor eficiència)	0,823
a_1 [$\text{W}/\text{m}^2/\text{K}$] (coef. pèrdues)	3,36

Un cop obtingudes totes aquestes dades, s'ha calculat l'eficiència dels captadors solars utilitzant la següent expressió [27]. Totes les dades es poden observar a la Taula 6.6.

$$\eta = n_0 - a_1 \cdot \frac{T_m - T_{\text{amb}}}{I} \quad (\text{Ec } 6.4)$$

Una vegada s'ha determinat l'eficiència del panell solar amb relació a la ubicació on es troba, és possible procedir a la determinació del nombre de panells necessaris. Aquest número es fixa durant tot l'any, per això, per al càlcul del nombre necessari s'utilitzen els valors mitjans, dels obtinguts a la taula 6.6. En primer lloc, cal calcular tota l'energia útil que

proporciona el sistema [27].

$$U = 0.25 \cdot N_{\text{year}} \cdot \eta_{\text{mean}} \cdot E_{\text{mean}} \quad (\text{Ec } 6.5)$$

Després s'ha establert un percentatge d'energia a cobrir, per tal de no sobredimensionar la instal·lació durant els mesos d'estiu i proporcionar una quantitat raonable d'energia durant l'hivern, s'ha establert que la instal·lació hauria de cobrir el 60% de la demanda. Aquest edifici al CTE correspon a la zona II i als edificis entre 6.000-7.000 l/dia de consum, la qual cosa el mínim establert és del 35% [34]. Amb tot això s'ha pogut calcular l'energia necessària per produir el consum mínim d'ACS [27].

$$P = f_m \cdot D_{\text{anual}} \quad (\text{Ec } 6.6)$$

Amb els dos valors calculats, s'ha pogut determinar tota la superfície necessària per a la col·locació de les plaques solars tèrmiques. D'altra banda, coneixent la superfície d'un panell s'ha pogut obtenir el nombre necessari, tal i com es mostra a la Taula 6.7.

Per últim, s'ha calculat la distància mínima entre plaques solars a partir de la següent equació [35].

$$d = \frac{h}{\tan(61 - \text{latitud})} \quad (\text{Ec } 6.7)$$

On:

d és la distància mínima entre plaques.

h és l'altura de la placa amb la inclinació.

Per calcular l'altura de la placa inclinada s'ha emprat la següent equació.

$$h = A \cdot \sin \alpha \quad (\text{Ec } 6.8)$$

On:

A és la longitud de la placa. En aquest cas serà 1,98 m, com s'ha pogut observar a la taula de les especificacions de la placa solar tèrmica.

α és l'angle d'inclinació de la placa amb el terra.

Finalment, la distància mínima entre les fileres de plaques ha de ser de 1,86 metres.

Taula 6.6. Demanda mensual d'energia.

Aigua Calenta Sanitaria – Demanda Energia					Energia rebuda per mes					
Mes	N [Dies]	Q (l/dia)	T _{DHW} [°C]	T _{CW} [°C] [36]	Demanda [kWh]	H[MJ/(m ² · dia)]	K (perd. orient.)	Coef. Energ. No Aprof.	E [MJ/m ² ·dia]	E [MJ/m ² · mes]
Gener	31	6003,2	60	10,27	10.735,47	13,14	93%	94%	11,47	355,61
Febrer	28	6003,2	60	10,72	9.608,81	15,32	93%	94%	13,37	374,49
Març	31	6003,2	60	12,39	10.277,81	17,86	93%	94%	15,59	483,35
Abril	30	6003,2	60	14,15	9.578,59	19,43	93%	94%	16,96	508,88
May	31	6003,2	60	16,63	9.362,50	19,87	93%	94%	17,35	537,75
Juny	30	6003,2	60	19,39	8.483,89	19,86	93%	94%	17,34	520,14
Juliol	31	6003,2	60	20,91	8.438,56	20	93%	94%	17,46	541,27
Agost	31	6003,2	60	20,44	8.540,02	20,02	93%	94%	17,48	541,81
Setembre	30	6003,2	60	21,53	8.036,82	19,03	93%	94%	16,61	498,40
Octubre	31	6003,2	60	19,07	8.835,77	16,72	93%	94%	14,60	452,50
Novembre	30	6003,2	60	14,95	9.411,46	14,13	93%	94%	12,34	370,07
Desembre	31	6003,2	60	11,7	10.426,77	12,53	93%	94%	10,94	339,10
Anual	365	6003,2	60	16.0125	111.736,45	17,33	93%	94%	15,13	5.520,88

Eficiència captador energia					
Mes	Hores de sol [27]	I [W/m ²]	T _{DHW} [°C]	T _{amb} [°C] [37]	η [%]
Gener	6	531,08	60	11	51,30%
Febrer	7	530,74	60	12	51,91%
Març	7,5	577,48	60	14	55,54%
Abril	8	588,98	60	17	57,77%
May	8,8	547,56	60	20	57,75%
Juny	9	535,13	60	24	59,70%
Juliol	9	538,90	60	26	61,10%
Agost	9	539,44	60	26	61,12%
Setembre	8,5	542,92	60	24	60,02%
Octubre	8	506,83	60	20	55,78%
Novembre	7	489,51	60	16	52,10%
Desembre	6	506,43	60	12	50,45%
Anual	7,82	536,25	60	18,50	56,21%

Taula 6.7. Número de panells necessaris.

N_{year}	365
η_{mean}	56,21%
E_{mean} [MJ/m ² ·dia]	15,13
Demanda total [kWh/m ² ·any]	111.736,45
f_m	60%
$D_{\text{anual}} (P)$ [kWh/any]	67.041,87
Energia produïda (U) [kWh/m ² ·any]	775,85
Superfície Total [m ²]	86,4
Superfície Panell [m ²]	2,00
Número d'unitats	43,21
Número d'unitats a instal·lar	44

Pel que fa tota la superfície ocupada per la instal·lació, ha resultat de 114,5 m². Tenint en compte també la distància necessària entre les diferents files, és possible instal·lar-la al terrat, com es pot observar a la figura 6.3.

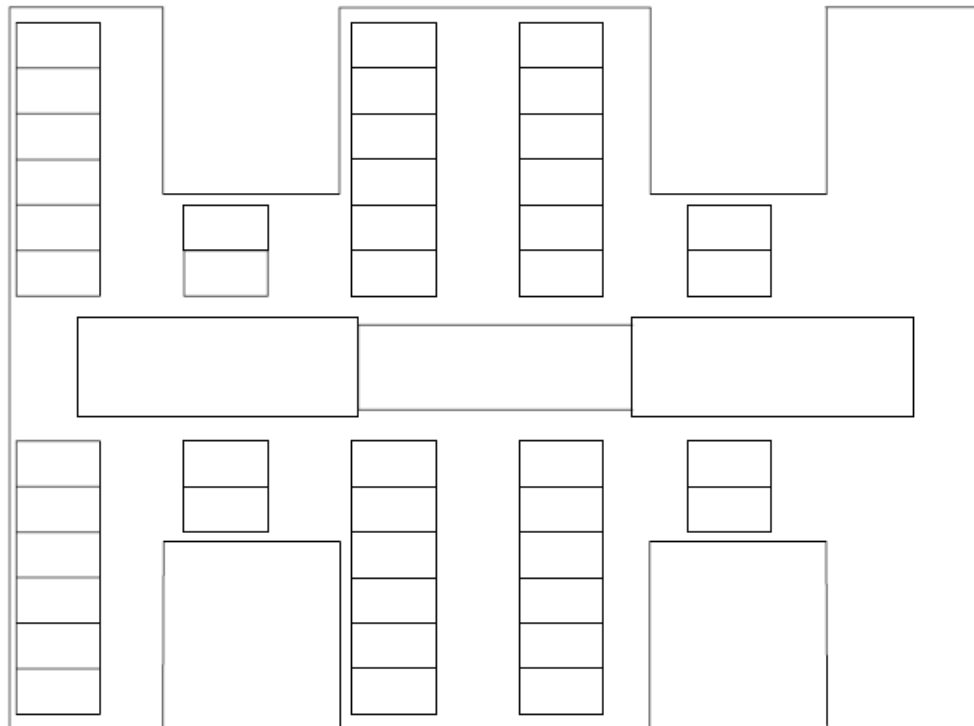


Fig 6.3. Disposició plaques solars tèrmiques al terrat de l'edifici.

Arribats en aquest punt, és interessant analitzar el comportament de la instal·lació durant tot

l'any. Per aquesta raó, s'ha calculat el percentatge de l'energia que es cobreix en cada mes, utilitzant les dades obtingudes anteriorment.

Taula 6.8. Cobertura de la demanda d'Aigua Calenta Sanitària.

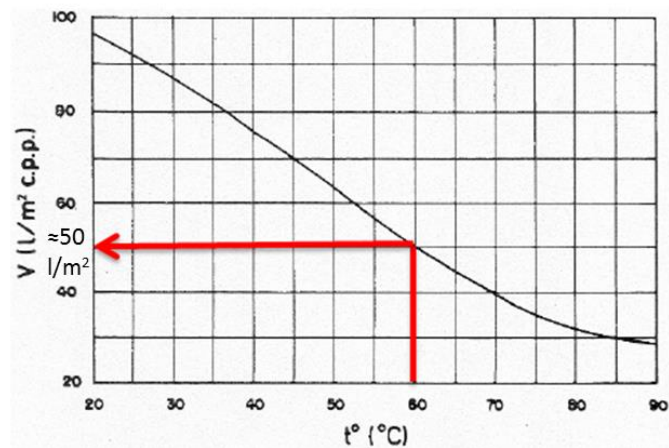
Mes	E [MJ/m ² · dia]	N [Dies]	E [MJ/m ² ·mes]	η [%]	E. Útil [MJ/m ²]	E. Útil [MJ]	E. Útil [kWh]	Demanda Total [kWh]	Cobertura Demanda [%]
Gener	11,47	31	355,61	51%	164,18	14448,22	4.013,39	10.735,47	37%
Febrer	13,37	28	374,49	52%	174,96	15.396,84	4.276,90	9.608,81	45%
Març	15,59	31	483,35	56%	241,59	21.259,87	5.905,52	10.277,81	57%
Abril	16,96	30	508,88	58%	264,58	23.283,01	6.467,50	9.578,59	68%
Maig	17,35	31	537,75	58%	279,52	24.597,70	6.832,69	9.362,50	73%
Juny	17,34	30	520,14	60%	279,45	24.591,88	6.831,08	8.483,89	81%
Juliol	17,46	31	541,27	61%	297,65	26.193,14	7.275,87	8.438,56	86%
Agost	17,48	31	541,81	61%	298,05	26.228,42	7.285,67	8.540,02	85%
Set.	16,61	30	498,40	60%	269,23	23.692,28	6.581,19	8.036,82	82%
Oct.	14,60	31	452,50	56%	227,17	19.991,32	5.553,14	8.835,77	63%
Nov.	12,34	30	370,07	52%	173,52	15.269,85	4.241,62	9.411,46	45%
Des.	10,94	31	339,10	50%	153,98	13.550,34	3.763,98	10.426,77	36%
								ANUAL	63%

Com es pot observar a la Taula 6.8, el factor de cobertura ha donat com a resultat un 63%, similar al valor definit abans del 60%. Aquesta variació es deu a l'arrodoniment del número de panells. Per tant, és lògic cobrir un percentatge més gran d'energia.

Pel que fa als percentatges mensuals, hi ha cinc mesos (gener, febrer, març, novembre i desembre) que la cobertura seria inferior a la definida, però és interessant subratllar que el valor mínim és del 36%, que és una bona relació qualitat-preu per als mesos d'hivern. Durant els mesos d'octubre i abril els resultats obtinguts són similars als definits del 60%.

Finalment, hi ha els mesos d'estiu, en que la demanada està gairebé coberta, sense superar mai el 100%. Per tant, aquesta instal·lació no seria sobredimensionada per a aquest edifici cap mes.

Una altra part important d'un sistema d'aigua calenta sanitària domèstica és l'acumulador. És possible determinar el volum necessari per a cada metre quadrat de plaques solars en funció de la temperatura de l'aigua. A la següent figura, es pot observar una gràfica que relaciona els tres valors [27].

Fig 6.4. Volum acumulador/m².

Se sap que la temperatura de l'aigua ha de ser de 60 °C, de manera que, com indiquen els fletxes vermelles, el volum necessari per a cada metre quadrat és de 50 l. Per tant el volum complet que cal és:

$$V_T = V \cdot S \quad (\text{Ec } 6.9)$$

Els resultats i acumulador escollit es mostren a la següent taula.

Taula 6.9. Volum acumuladors.

V [l/m ²]	50
Número de panells	44
Superfície Panell [m ²]	2
Superfície Total [m ²]	88
Volum de l'Acumulador[l]	4.400
Volum de 5 Acumuladors [l]	4.000
Volum d'un Acumulador [l]	500
Volum acumuladors instal·lats [l]	4.500
Coefficient V/S	62,5

Com es pot observar, s'ha calculat un coeficient que relaciona tot el volum amb la superfície. Segons l'IDAE, aquest coeficient ha d'estar entre 50 i 180, per tenir una mida adequada. En aquest cas és de 62,5.

6.1.1.3. Estudi econòmic

Una vegada demostrada la viabilitat tècnica de la instal·lació, el següent pas és analitzar si aquesta millora és viable econòmicament. Com s'ha fet en apartats anteriors, al metodologia d'amortització s'utilitza per la seva senzillesa.

En primer lloc, cal analitzar la inversió necessària per aconseguir l'estalvi de gas natural mitjançant el sistema d'aigua calenta sanitària domèstica.

Taula 6.10. Pressupost [31] [38].

Sistema solar tèrmic			
	Unitats	€/unitat	Total [€]
Panell solar	44	350	15.400
Estructura metàl·lica	22	185	4.070
Accessoris connexió (racor doble)	44	6,79	298,76
Accessoris connexió (racor recta)	44	5,24	230,56
Cargols	44	1,55	68,20
TOTAL [€]			20.067,52
Sistema Acumulador			
	Unitats	€/unitat	Total [€]
Acumulador 1000l	4	2.568	10.272
Acumulador 500l	1	1.630	1.630
Accessoris	5	393	1.965
TOTAL [€]			13.867
Instal·lació			
	Unitats	€/unitat	Total [€]
Canonades de coure	0	12,45	1.245
Derivació tipus colze	50	0,59	29,5
Derivació "T"	7	1,29	9,03
Vàlvula	2	12,5	25
Manòmetre	2	20,98	41,96
Dipòsit d'expansió	2	54,45	108,9
Aïllament per les canonades	120	0,63	75,6
Pintura per canonades exteriors	2	8,95	17,9
Sistema de regulació ALB 31082	2	517,14	1.034,28
TOTAL [€]			2.587,17
Costs Mà d'Obra			
	Unitats	€/unitat	Total [€]
Personal	3	1.800	5.400
TOTAL [€]			41.921,69

Un cop determinada la inversió, cal analitzar els estalvis associats a aquesta implementació. En primer lloc, és interessant analitzar que, en la situació actual, el perfil de demanda de cada pis demostra que el consum anual és superior a 5.000 kWh, de manera que els apartaments tenen la tarifa 3.2, mentre que amb la implementació d'aquest sistema, el consum total resultaria en menys consum, quedant a la tarifa 3.1. Per al càlcul de l'estalvi s'ha considerat aquest canvi en el peatge d'accés. A la taula 6.11, es poden observar els preus del gas natural i els costos fixos per a cada peatge d'accés i a la taula 6.12 l'estalvi associat, tenint en compte l'energia de les plaques solars.

Taula 6.11. Preus peatges d'accés [39].

3.2 (Consum > 5000kWh)	
Terme fixe/mes [€]	11,66
Preu NG [€/kWh]	0,056955
3.1 (Consum < 5000kWh)	
Terme fixe/mes [€]	5,74
Preu NG [€/kWh]	0,072951

Taula 6.12. Estalvi anual.

Mes	Energia Útil [kWh]	Demanda Total [kWh]	Estalvi [kWh]	Estalvi [€]
Gener	4.013,39	10.735,47	4.013,39	239,46
Febrer	4.276,90	9.608,81	4.276,90	276,70
Març	5.905,52	10.277,81	5.905,52	384,81
Abril	6.467,50	9.578,59	6.467,50	436,99
Maig	6832,69	9.362,50	6.832,69	467,09
Juny	6.831,08	8.483,89	6.831,08	481,03
Juliol	7.275,87	8.438,56	7.275,87	514,20
Agost	7.285,67	8.540,02	7.285,67	513,29
Setembre	6.581,19	8.036,82	6.581,19	469,95
Octubre	5.553,14	8.835,77	5.553,14	382,17
Novembre	4.241,62	9.411,46	4.241,62	277,29
Desembre	3.763,98	10.426,77	3.763,98	226,20
TOTAL	69.028,57	111.736,45	69.028,57	4.669,17

Finalment, amb totes les dades obtingudes en els apartats anteriors, s'estima la devolució d'aquesta mesura. La metodologia utilitzada és la mateixa utilitzada que en els apartats anteriors. A la taula 6.13, es poden observar els resultats.

Taula 6.13. Amortització energia solar tèrmica.

Inversió [€]	41.921,69
Estalvi [€]	4.669,17
Amortització [anys]	8,98

6.2. Energia solar fotovoltaica

En aquesta secció del treball s'estudiarà i analitzarà la implantació de plaques solars fotovoltaïques per al subministrament d'energia elèctrica a l'edifici. L'energia solar fotovoltaica és una font d'energia neta i renovable que utilitza la radiació solar per a produir

electricitat [40]. El funcionament dels sistemes d'energia solar fotovoltaica succeeix degut a l'anomenat efecte fotoelèctric, pel qual determinats materials són capaços d'absorbir fotons i alliberar electrons, generant una corrent elèctrica [40]. D'aquesta manera, a l'incidir la radiació solar sobre les cèl·lules fotoelèctriques, que componen els captadors solars, es produeix una diferència de potencial elèctric entre ambdues cares que fa que els electrons botin d'un lloc a l'altre, generant així corrent elèctrica [41]. A la següent figura es pot observar de que es compona un sistema d'energia fotovoltaic domèstic. Per altra banda, el cost d'instal·lació i manteniment dels panells solars ha disminuït considerablement en els darrers anys. A més, la vida útil mitja dels sistemes fotovoltaic és major als 30 anys [41].

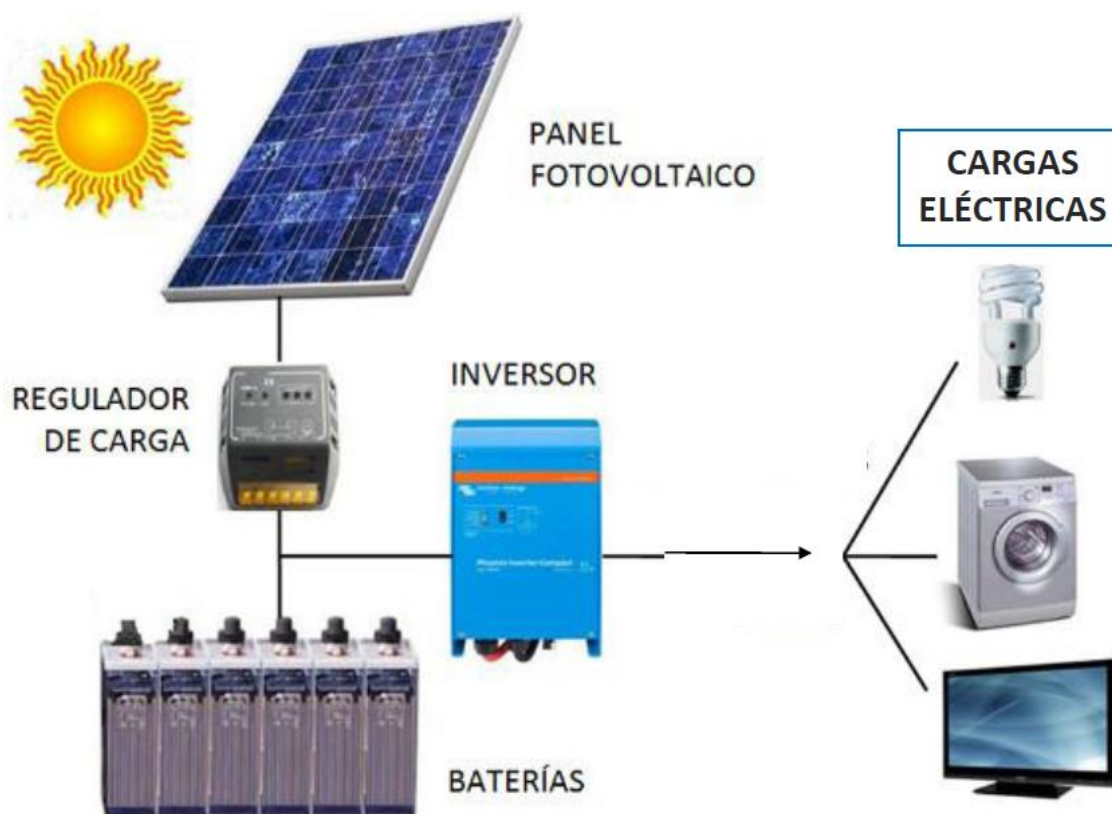


Fig 6.5. Sistema energía solar fotovoltaica [25].

Com en el apartat anterior, s'estudiarà primer el consum total de l'edifici. Posteriorment, es calcularà el dimensionament de la instal·lació i, per últim, s'analitzarà la viabilitat del sistema.

6.2.1. Demanda elèctrica mensual

Primer, es calcularà el consum elèctric de l'edifici total, tenint en compte els consums dels elements que componen de cada habitatge i de les zones comuns de l'edifici, que es va analitzar en el apartat 4.1.4 d'aquest mateix projecte, però amb les millores descrites en la secció 5.2.

Taula 6.14. Supòsits d'àrees comuns.

Elements	Potència agregada [kW]	Hores/any	Total [kWh/any]
LED	1,84	4.380	8.059,2
Ascensors	27	182,5	4.927,5

Taula 6.15. Consum total dels habitatges de l'edifici.

ELECTRICITAT [kWh]	
Gener	5.882
Febrer	5.899
Març	7.451
Abril	6.537
Maig	5.833
Juny	5.175
Juliol	8.426
Agost	6.899
Setembre	5.710
Octubre	5.830
Novembre	5.200
Desembre	4.124
TOTAL	72.967

Per tant, tenint en compte el consum mensual dels habitatges i el consum de les àrees comuns es pot observar a la següent taula, Taula 6.16, el consum diari segons el mes de l'any.

Taula 6.16. Consum diari estimat de l'edifici

ELECTRICITAT [kWh/dia]	
Gener	224,65
Febrer	249,33
Març	275,27
Abril	253,97
Maig	223,07
Juny	208,57
Juliol	306,72
Agost	257,46
Setembre	226,41
Octubre	222,98
Novembre	209,41
Desembre	167,94

A més, s'ha de tenir de compte el factor de rendiment del cablejat. És a dir, el factor que té en compte les pèrdues en el cablejat del sistema. Aquest factor pot variar des de 0,95 a 0,99. El cablejat, segons el REBT (Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió), s'ha de

seleccionar per a que les caigudes de tensió siguin menors del 3% (factor>0,97) en qualsevol dels circuits del sistema. En aquest projecte, s'ha considerat un factor de rendiment del cablejat per defecte de 0,98 [42].

Per altra banda, també s'ha de tenir en compte el factor de rendiment de la bateria. El rendiment de la bateria és igual als ampers-hora que es poden descarregar dividit pels que s'han utilitzat per a carregar. En aquest cas, s'ha considerat un factor de rendiment de bateria per defecte de 0,9 [42].

La següent taula, representa el consum necessari tenint en compte els factors de rendiment comentats anteriorment.

Taula 6.17. Consum diari estimat de l'edifici

ELECTRICITAT [kWh/dia]	
Gener	254,71
Febrer	282,69
Març	312,09
Abril	287,95
Maig	252,92
Juny	236,48
Juliol	347,75
Agost	291,90
Setembre	256,70
Octubre	252,81
Novembre	237,42
Desembre	190,41

6.2.2. Dimensionament de la instal·lació

En aquest apartat del projecte es realitzaran els càlculs necessaris pel dimensionament del sistema d'energia fotovoltaic pel subministrament del consum diari de l'edifici.

Primer, s'analitzarà la radiació solar incident a la localitat. La inclinació més adequada és la mateixa que la latitud de la ubicació [43]. En aquest cas Barcelona es troba a 41,4°, per la qual cosa s'han establert 40° d'inclinació per a les plaques solars.

Continuant amb les característiques de la instal·lació, és interessant veure l'orientació dels panells respecte al sud. Tal i com es mostra a la figura 6.2, l'orientació de l'edifici és sud-est, encara que seria possible orientar les plaques cap el sud-oest, per tal d'optimitzar l'espai de la coberta. Tal i com s'observa, l'orientació seria de 45° en relació sud. Això implica possibles pèrdues, que es calculen amb la següent expressió [27]. Per altra banda, a la Figura 6.6 es pot observar que la coberta es totalment plana, per tant, no hi ha limitacions

per a la inclinació de les plaques.



Fig 6.6. Orientació de l'edifici.

Taula 6.18. Radiació solar incident a Barcelona [44].

Mes	E_d [kWh/dia]	E_m [kWh/mes]	H_d [kWh/m ² /dia]	H_m [kWh/m ² /mes]
Gener	3,46	107,15	4,1	127,25
Febrer	3,91	109,41	4,7	131,57
Març	4,52	140,22	5,54	171,68
Abril	4,65	139,56	5,83	174,95
Maig	4,91	152,35	6,29	194,87
Juny	5,07	152,11	6,63	198,93
Juliol	5,08	157,59	6,72	208,47
Agost	4,96	153,67	6,52	202,22
Setembre	4,46	133,9	5,77	173,15
Octubre	3,81	117,97	4,78	148,15
Novembre	3,25	97,59	3,96	118,81
Desembre	3,22	99,84	3,82	118,39
Total	4,28	130,11	5,39	164,04

On:

E_d [kWh/dia] és la producció mitjana diària d'energia del sistema donat.

E_m [kWh/mes] és la producció mitjana mensual d'energia del sistema donat.

H_d [kWh/m²/dia] és la suma mitjana diària d'irradiació global per metre quadrat rebuda pels mòduls del sistema donat.

H_m [kWh/m²/mes] és la suma mitjana mensual d'irradiació global per metre quadrat rebuda pels mòduls del sistema donat.

Es pot observar que el mes més desfavorable és el mes de Desembre amb 3,82 kWh/m²/dia. De manera que es dimensionarà la instal·lació per a les condicions mensuals més desfavorables de insolació i així s'assegura que es cobreix la demanda durant tot l'any [45].

Una vegada es coneix la radiació solar incident, la dividim entre la radiació solar incident que s'utilitzarà per a calibrar els mòduls, 1 kW/m² i, d'aquesta manera, s'obtindrà la quantitat de hores solars pic (HSP). A efectes pràctics, en aquest cas aquest valor no canvia, però s'utilitzarà el concepte d'hores solars pic (HSP) que correspon la quantitat d'hores que s'hauria d'exposar el panell a la radiació constant de 1000 W/m² en l'espectre de 1,5 AM i a incidència normal, per tal d'obtenir la mateixa energia que si tinguéssim fix a l'angle indicat en la taula i amb la radiació mitjana diària indicada també a la taula [46].

$$HSP = H_d \cdot 1 \text{ kW/m}^2 \quad (\text{Ec 6.10})$$

Per tant, en aquest cas les HSP en el mes més desfavorable seran 3,82 HSP.

A continuació, es realitzarà els càlculs per a saber el número de panells solars fotovoltaics necessaris en funció de les condicions de irradiació més desfavorables. Per realitzar aquest càlcul s'ha elegit un mòdul amb les següents característiques.

Taula 6.19. Paràmetres del captador solar fotovoltaic [47].

Mòdul Fotovoltaic	400 W PERC monocristal·lí ERA
Modelo ESPSC	400M
Nº cèl·lules	72
Potència màxima - P_{mpp}	400 Wp
Voltatge màxima potència - V_{mpp}	41,7 V
Intensitat - I_{mpp}	9,60 A
Voltatge en circuit obert- V_{oc}	49,80 V
Corrent de curtcircuit - I_{sc}	10,36 A
Eficiència	20,17%
Mesures	1979x1002x40 mm

Per aquest projecte s'ha elegit un panell fotovoltaic monocristal·lí, ja que no ocupen tant d'espai com les plaques solars de capa fina. Presenten més variabilitat de mides de panells solars. Per altra banda, els panells solar policristal·lins solen ser menys eficients en el espai i els panells monocristal·lins produeixen més energia elèctrica. És a dir, els panells solars monocristal·lins són més eficients en quant a l'espai en comparació als policristal·lins. Encara que normalment els panells monocristal·lins són una mica més cars que els policristal·lins [48].

Primer, s'estimarà la demanda en amper-hora a partir del consums de la taula 6.17 [46].

$$Q_{demanda} = \frac{E_{consum}}{V_{consum}} \quad (Ec 6.11)$$

On:

$Q_{demanda}$ és la demanda de l'edifici [Ah]

E_{consum} és l'energia consumida diàriament per l'edifici [Wh]

V_{consum} és la tensió de consum [V], normalment 230 V.

Posteriorment, amb la informació tècnica del panell s'estimarà la càrrega aportada per un panell [46].

$$Q_{panell} = I_{max} \cdot h_{sp} \quad (Ec 6.12)$$

On:

Q_{panell} és la càrrega aportada per un panell [Ah]

I_{max} és la intensitat a màxima potència, també anomenat I_{sc} [A]

A més, es calcularà el número de panells en sèrie N_s i en paral·lel N_p . Per determinar el nombre de branques en paral·lel, cal dividir la càrrega diària de demandada per la càrrega aportada per panel en [Ah]. A més, es convenient afegir a la càrrega de demanda un factor corrector anomenat factor de pèrdues o de disseny o eficiència. Per tant, per calcular el nombre de panells en paral·lel, N_p , es calcularà amb la següent fórmula [46].

$$N_p = \frac{Q_{demanda}}{\eta \cdot Q_{panell}} \quad (Ec 6.13)$$

Per determinar el nombre de panells en sèries, N_s , cal dividir la tensió de consum per la tensió V_{max} o V_{mpp} del panell [46].

$$N_s = \frac{V_{consum}}{V_{mpp}} \quad (Ec 6.14)$$

Per últim, el nombre total de panells necessari per a completar el parc és [46]:

$$N = N_p \cdot N_s \quad (Ec 6.15)$$

A la següent taula, es pot observar el nombre de panells fotovoltaics necessaris per subministrar l'energia que consumeix tot l'edifici.

Taula 6.20. Nombre de panells fotovoltaic necessaris.

Mes	Q _{demanda} [Ah]	Q _{panell} [Ah]	N _p	N _s	N total
Gener	1.157,76	39,6	36,65	5,28	193,3
Febrer	1.284,94	39,6	40,67	5,28	214,6
Març	1.418,60	39,6	44,90	5,28	236,9
Abril	1.308,88	39,6	41,43	5,28	218,6
Maig	1.149,62	39,6	36,39	5,28	192,0
Juny	1.074,90	39,6	34,02	5,28	179,6
Juliol	1.580,69	39,6	50,03	5,28	264,0
Agost	1.326,83	39,6	42,00	5,28	221,6
Setembre	1.166,81	39,6	36,93	5,28	194,8
Octubre	1.149,12	39,6	36,37	5,28	191,9
Novembre	1.079,20	39,6	34,16	5,28	180,2
Desembre	865,51	39,6	27,40	5,28	144,5

Segons els resultats obtinguts, si es volgués subministrar tota l'electricitat consumida per l'edifici amb panells fotovoltaics no seria possible, ja que la superfície del terrat no hi ha espai suficient per la quantitat de panells necessaris obtinguts. Per altra banda, amb la superfície que hi ha al terrat i, tenint en compte, les dimensions de cada panell i la distància entre panells per ombres, es podrien col·locar 40 panells fotovoltaics. Això, suposaria l'aportació de al voltant del 20% d'electricitat que consumeix l'edifici. Això suposaria el subministrament d'aproximadament 14.593 kWh a l'any. Lo que implicaria aproximadament 2.189 € d'estalvi a l'any, tenint en compte que el preu de l'electricitat és d'aproximadament 0,15 €/kWh. Per tant, la integració d'energia solar fotovoltaica, l'estalvi seria menor que s'optés per l'energia solar tèrmica. Per tant, tenint en compte el poc consum que es podria subministrar a partir del mòduls fotovoltaics i que si es col·loqués plaques fotovoltaiques no es podrien col·locar les plaques solar tèrmiques, no es considera que l'opció d'energia renovable solar fotovoltaica ja que s'opta per la integració d'energia solar tèrmica a l'edifici. A més, en el cas de la integració d'energia fotovoltaica en consums connectats a la xarxa, s'han d'afegir els costos associats al peatge d'accés de la companyia elèctrica.

6.3. Mini-eòlica

En aquest apartat del projecte s'avaluarà la integració d'una mini turbina de vent per a la generació d'energia eòlica pel subministrament d'energia elèctrica a l'edifici. L'energia eòlica és l'energia obtinguda a través del vent. Es tracta d'un tipus d'energia cinètica produïda per l'efecte de les corrents d'aire. Aquestes corrents d'aire, si la velocitat és suficient, normalment per damunt d'uns 4 m/s (15 km/h), mouen les pales d'un aerogenerador elèctric. Aquesta energia cinètica es converteix en energia elèctrica a través d'un generador elèctric mogut per una turbina accionada pel vent [49] [50]. A la següent imatge es poden observar les parts que componen un aerogenerador.

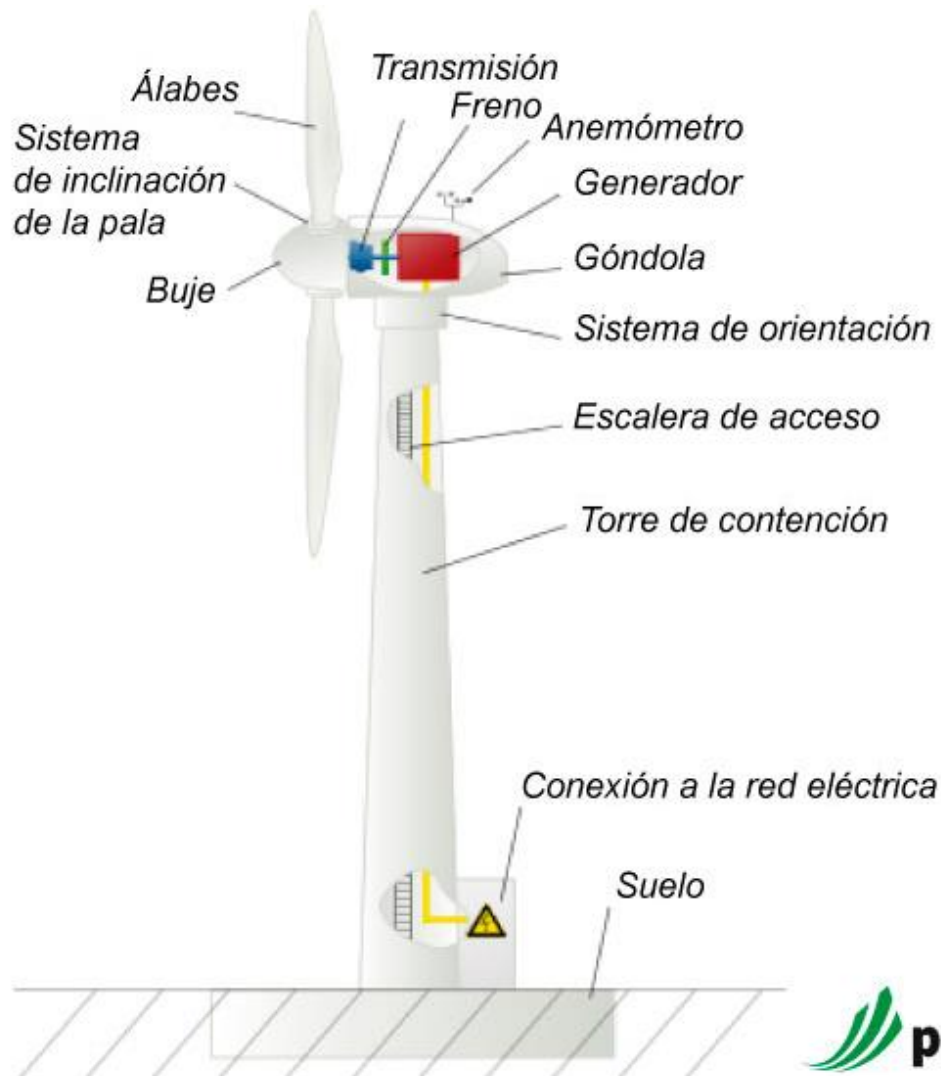


Fig 6.7. Esquema aerogenerador [51].

Per una banda, l'energia eòlica instal·lada augmenta cada any a nivell mundial, segons les dades del Global Wind Energy Council (GWEC). Espanya es troba entre els 5 primers productors mundials d'energia eòlica [52]. En la actualitat, podem trobar milers de parcs eòlics "onshore" (en terra) i "offshore" (al mar) arreu del món, compostat per grups d'aerogeneradors col·locats estratègicament en zones on el vent és més aprofitable. De cada vegada, trobem aerogeneradors més alts i grans, ja que normalment a més altura la velocitat del vent és major [50] [53].

L'energia eòlica, com s'ha comentat anteriorment, és una font d'energia renovable, té molt baix cost de generació, crea llocs de treball i proporciona independència energètica; són algunes de les avantatges que presenta l'energia eòlica.

Per altra banda, a part dels parcs eòlics, també s'està optant per la integració de aerogeneradors en edificis alts on és més ventós. D'aquesta manera, l'energia és generada on es necessita o es consumida. En aquest sentit, molt d'arquitectes i propietaris d'edificis volen integrar energia eòlica en el disseny de l'edifici, ja que la major part d'electricitat es utilitzada pels edificis i, a més, es reduirien les pèrdues per transmissió, així com els materials necessaris per a portar energia en aquests edificis. Encara que la integració d'energia eòlica als edificis reporti alguns beneficis, no té gaire sentit com a estratègia d'energies renovables. Això és degut, a que normalment les turbines han de superar diversos reptes per satisfer les expectatives de rendiment i ser amortitzades. Per una banda, on hi ha edificis molts alts normalment el flux de vent és altament turbulent i, malauradament, el millor rendiment dels aerogeneradors es produeix amb un vent laminar fort, en el qual flueix l'aire en una sola direcció. Per altra banda, el soroll i la vibració dels aerogeneradors són un dels principals obstacles per poder integrar els aerogeneradors als edificis. A part, normalment el rendiment que proporcionen aquests tipus d'aerogeneradors és molt menor a l'esperat. Per últim, un dels problemes que es troben a les ciutats és que una pala de les aspes poden volar i ferir persones o béns. Alguns exemples on es poden trobar aerogeneradors integrats a l'edifici són "The Bahrain World Trade Center" a Bahrain, "The Pearl River Tower" a Xina i "The Adventure Aquarium" a New Jersey [53].

L'Ajuntament de Barcelona al 2015, va presentar el "Plan Estratégico de la energía minieólica en Barcelona. El viento un recurso energético para la Ciudad", amb el que pretén impulsar la integració d'energia eòlica a les cobertes i terrats. A través, de la seva plana web, Barcelona Energia, dona accés als ciutadans per saber el recurs solar i eòlic dels diferents edificis de Barcelona [9] [54].

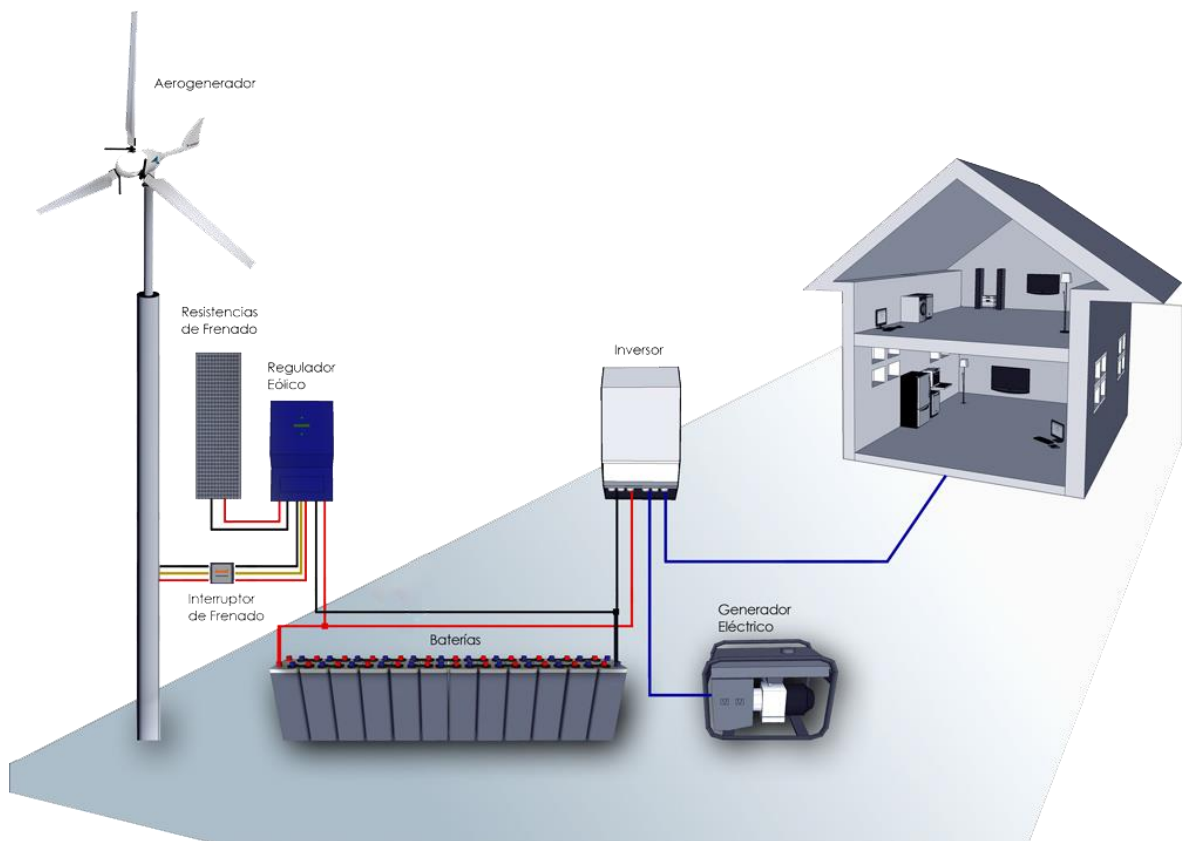


Fig 6.8. Esquema energia mini-eòlica [55].

Per una banda, un dels factors més importants per a la integració d'energia eòlica és el recurs eòlic de la zona. Segons, el mapa de recurs eòlic de l'Ajuntament de Barcelona, l'edifici objecte del projecte presenta un aprofitament d'energia moderat, tenint en compte la tecnologia actual. Les hores de recurs mini-eòlic seran entre 5.000 i 6.000 hores i a unes velocitats entre 1,5 i 11 m/s (5 i 40 km/h). Segons aquest mapa, l'energia generada podria ser de al voltant de 275 kWh/any i l'estalvi mig d'emissions seria de 99 kgCO₂/any [9]. Això suposaria el subministrament del 0,37% del consum elèctric anual de l'edifici. Tenint en compte, les desavantatges presentades anteriorment, el poc recurs eòlic que presenta l'edifici i el poc estalvi econòmic que suposaria per l'edifici no es considerarà la integració d'energia eòlica a l'edifici objecte d'aquest projecte.

7. Impacte mediambiental

En aquest apartat del projecte s'analitzarà l'impacte mediambiental de les diferents millores proposades durant tot el projecte. En aquesta secció del projecte s'avaluarà l'impacte mediambiental de mesures presentades anteriorment, tenint en compte la reducció de les emissions d'efecte hivernacle i reducció del consum de combustibles fòssils degut a aquestes mesures. A més, s'analitzarà si els nous material i elements proposat són reciclables i el seu impacte per a la seva producció. Com s'ha comentat durant tot el treball, l'objectiu principal del projecte és la reducció de l'impacte mediambiental de l'edifici, mitjançant la millora de l'eficiència energètica des de diferents perspectives.

En primer lloc, com es pot observar en el apartat 5.1 d'aquest mateix document, la integració de plaques PER (3 cm de gruix) revestides de plaques de guix laminat als diferents habitatges millora les emissions de CO₂ considerablement, passa d'emetre 33,8 kg CO₂/m²any a 13,6 kg CO₂/m²any [16]. Els residus de les plaques de guix laminat son 100% reciclables de manera indefinida [56].

Per altra banda, la millora del sistema d'il·luminació, canviant els fluorescents per lluminàries LED i detectors de presència, farà que el consum de l'edifici sigui molt menor i, per tant, disminuiran les emissions de CO₂ a l'atmosfera per la producció d'aquella energia. Tenint en compte que per kWh s'emet 321 g CO₂ [57], s'ha calculat que es disminuirien les emissions anuals de CO₂ aproximadament 10,8 tones de CO₂/any. Per altra banda, les lluminàries seleccionades del fabricant Philips, es preocupen pel medi ambient fent que els seus productes siguin respectuosos amb el medi ambient i dins dels procés de disseny innoven per a reduir l'impacte medi ambiental [58]. A més, les lluminàries LED són més segures i còmodes que els fluorescents, ja que en el cas del LED no existeix risc de trencament, encara que en el cas que ocorregués la seguretat no es veuria compromesa perquè no hi ha materials contaminants a l'interior. Addicionalment, els tubs LED són fàcilment desmuntables i reparables, cosa impensable en el cas dels fluorescents. Finalment, els tubs LED tenen una vida útil molt més llarga, fins a 50.000 hores de vida útil en front de les 6.000 hores de vida dels fluorescents [59].

Per últim, la mesura de millora incorporant l'energia solar tèrmica reduirà el consum de gas natural de l'edifici, reduint així de manera significativa les emissions de CO₂ a l'atmosfera aproximadament 5,8 tones de CO₂/any [57] i una millora de la qualitat de vida, augmentant els beneficis ambientals amb l'energia solar tèrmica. A més, els elements i materials triats provenen d'un comercial, Salvador Escoda, de proximitat, de Barcelona. Per altra banda, l'empremta de carboni d'un captador solar tèrmic és molt menor que un captador solar fotovoltaic [60].

8. Pressupost

A continuació, Taula 8.1, es pot observar el pressupost complet del projecte. Al llarg del treball s'ha anat analitzat el cost de les diferents propostes de millores per a l'eficiència energètica de l'edifici. Per tant, a continuació, es podrà observar el resum dels costos de les diferents millores a integrar a l'edifici objecte del projecte. A més, s'ha tingut en compte el cost de l'enginyer que ha portat a terme el projecte, tenint en compte les hores de treball i els mitjans necessaris per a la seva realització.

Taula 8.1. Pressupost.

Aïllament habitatges	Unitats	€/unitat	Total [€]
Col·locació de plaques PER (3 cm de gruix) revestides de plaques de guix laminat.	67	2.300	154.100,00
TOTAL [€]			154.100,00
Il·luminació Àrees Comuns	Unitats	€/unitat	Total [€]
LED tube-20W	92	9,95	915,40
Estructura metàl·lica	19	9,95	189,05
TOTAL [€]			1.104,45
Sistema solar tèrmic	Unitats	€/unitat	Total [€]
Panell solar	44	350	15.400
Estructura metàl·lica	22	185	4.070
Accessoris connexió (racor doble)	44	6,79	298,76
Accessoris connexió (racor recta)	44	5,24	230,56
Cargols	44	1,55	68,20
TOTAL [€]			20.067,52
Sistema Acumulador	Unitats	€/unitat	Total [€]
Acumulador 1000l	4	2.568	10.272
Acumulador 500l	1	1.630	1.630
Accessoris	5	393	1.965
TOTAL [€]			13.867
Instal·lació	Unitats	€/unitat	Total [€]
Canonades de coure	10	12,45	1.245
Derivació tipus colze	50	0,59	29,5
Derivació "T"	7	1,29	9,03
Vàlvula	2	12,5	25
Manòmetre	2	20,98	41,96
Dipòsit d'expansió	2	54,45	108,9
Aïllament per les canonades	120	0,63	75,6
Pintura per canonades exteriors	2	8,95	17,9
Sistema de regulació ALB 31082	2	517,14	1.034,28
TOTAL [€]			2.587,17
Costs Mà d'Obra	Unitats	€/unitat	Total [€]
Personal	3	1.800	5.400
Enginyer	Hores	€/h	Total [€]
Personal	285	25	7.125
TOTAL [€]			204.251,14

A la següent taula, es pot observar l'estalvi anual a partir de les mesures proposades anteriorment. L'estalvi de consum d'energia degut a l'aïllament de l'edifici es pot observar en el apartat 5.1 d'aquest mateix projecte i el de l'energia solar tèrmica en el punt 6.1.1.3 del projecte.

Taula 8.2. Estalvi total anual.

Estalvi per aïllament habitatges	Estalvi del consum d'electricitat [%]	Consum total inicial [kWh/any]	Cost electricitat [€/kWh]	Estalvi anual [€/any]
Col·locació de plaques PER (3 cm de gruix) revestides de plaques de guix laminat.	62,9	72.967	0,15	6.884,44
Estalvi per il·luminació	Estalvi consum [kW]	Hores ús [h]	Cost electricitat [€/kWh]	Estalvi anual [€/any]
Canvi il·luminació àrees comuns	2,944	8.760	0,15	3.868,41
Detectors de presència	2,944	4.380	0,15	1.934,21
Estalvi per energia solar tèrmica				Estalvi anual [€/any]
Energia solar tèrmica				4.669,17
ESTALVI TOTAL [€/any]				17.356,23

Per últim, l'amortització de la inversió total seria de 11,77 anys, és a dir, 11 anys i 9 mesos aproximadament. A més, la vida útil de les millores són majors al retorn de l'amortització. Per exemple, la vida útil del nou sistema d'aïllament amb plaques de guix laminat és de 50 anys [61]; les lluminàries i els detectors de presència tenen un vida útil de fins a 50.000 hores [59] [21]; i el sistema d'energia solar tèrmica té una vida útil mitja de 20 anys com a mínim [62].

Conclusions

En aquest projecte s'ha analitzat un edifici situat al barri de Sant Antoni a Barcelona per tal de proporcionar millores d'eficiència energètica, de manera que els edificis de l'Eixample i Sant Antoni siguin més sostenibles i eficients. Aquest tipus d'edificis solen ser vells i quan es van construir no es va preveure posar cap tipus d'aïllament tèrmic.

De l'anàlisi del certificat energètic obtingut amb l'eina ofimàtica CEXv2.3, s'obté que seria recomanable millorar l'aïllament dels habitatges, el qual suposa una inversió total de l'edifici de 154.100,00 €, reduint d'aquesta manera el consum final d'energia de l'edifici en un 62,9% i, per tant, de les emissions de gasos de l'efecte hivernacle.

De l'auditoria energètica realitzada s'ha identificat que era susceptible de millora les lluminàries de les àrees comuns de l'edifici, tant de l'entrada com de les escales de l'edifici. Únicament seria necessari canviar les lluminàries de les àrees comuns ja que els habitatges posseeixen lluminàries d'alta eficiència energètica. Canviant les lluminàries actuals per LED i col·locant detectors de presència. D'aquesta manera, es redueix el consum d'energia per a la il·luminació i augmenta la comoditat. Aleshores, per implementar aquesta mesura és necessari invertir 1.104,45 €, l'amortització serà de menys de 2 mesos i mig i l'estalvi energètic serà d'aproximadament del 73,8% en comparació al consum de la il·luminació actual.

Per últim, de l'anàlisi des del punt de vista tècnic i econòmic de la integració de diferents energies renovables a l'edifici (solar tèrmica, solar fotovoltaica i mini-eòlica), s'ha observat que la instal·lació d'aigua calenta sanitària (ACS) a l'edifici seria l'opció més viable i aprofitable pels ocupants de l'edifici, tenint en compte les característiques de la coberta de l'edifici i del recurs solar de la seva localització. Analitzant la demanda d'aigua de l'edifici i calculant el nombre de plaques solars per tal de dimensionar la instal·lació, s'ha obtingut que cal instal·lar 44 panells i 5 acumuladors. A més, s'ha realitzat l'anàlisi econòmic, que ha determinat que cal invertir 41,921,69 €, l'estalvi anual serà de 4,669,17 € i el retorn de la inversió serà en 8,98 anys, quasi 9 anys.

Finalment, s'ha demostrat que hi ha moltes maneres diferents i factibles de millorar l'eficiència energètica d'edificis antics, com ara l'analitzat en aquest projecte. Per exemple, als barris de l'Eixample i Sant Antoni a Barcelona hi ha molts d'edificis com aquests que necessiten millores per reduir el consum energètic i millorar el confort dels ocupants. Per tant, aquest projecte pot servir de guia i ajuda per establir millores adients en aquest tipus d'edificis per a la millora de la seva eficiència energètica.

Agraïments

En primer lloc, voldria agrair a la meva tutora de la Universitat Politècnica de Catalunya, Alba Ramos Cabal, que amb el seus comentaris i observacions de les diferents entregues parcials ha permès que s'hagi pogut completar aquest projecte.

També voldria fer extensiu aquest agraïment a la meva família i parella, que amb la seva gran paciència i comprensió han ajudat a que durant aquests mesos pogués dedicar el màxim de temps possible a finalitzar aquest projecte final de màster.

Bibliografia

Referències bibliogràfiques

- [1] Ajuntament de Barcelona, «Ajuntament de Barcelona,» 2017. [En línia]. Disponible a: <https://energia.barcelona/ca/programa-dimpuls-la-generacio-denergia-solar>. [Último acceso: 13 Marzo 2020].
- [2] Ajuntament de Barcelona, «Mesura de Govern: Programa d'impuls a la generació d'energia solar a Barcelona. L'increment de la generació renovable i local,» 10 Marzo 2017. [En línia]. Disponible a: <https://energia.barcelona/sites/default/files/documents/programa-impuls-generacio-energia-solar-barcelona.pdf>. [Últim accés: 13 Marzo 2020].
- [3] L. Jarauta Rovira i M. Morata Cariñena, «Termodinámica y Energía. Energía Renovables,» de *Termodinámica y Energía. Energía Renovables*, Barcelona, UOC; PID_00166264, 2013, p. 170.
- [4] DEM_ENERGÍA, «Contexto energético global y regional,» Diagnóstico: La primera transición energética de Menorca, [En línia]. Disponible a: http://www.ime.cat/WebEditor/Pagines/file/10_Contexto%20energetico%20global%20y%20regional.pdf. [Últim accés: 13 Marzo 2020].
- [5] IEA (International Energy Agency), «IEA,» September 2019. [En línia]. Disponible a: <https://www.iea.org/reports/key-world-energy-statistics-2019>. [Últim accés: 13 Marzo 2020].
- [6] ACCIONA, «Sostenibilidad para todos. 5 CLAVES PARA ENTENDER EL SECTOR ENERGÉTICO MUNDIAL,» 2019. [En línia]. Disponible a: <https://www.sostenibilidad.com/opinion/5-claves-para-entender-el-sector-energetico-mundial/>. [Últim accés: 13 Marzo 2020].
- [7] Naciones Unidas, «Naciones Unidas,» [En línia]. Disponible a: <https://www.un.org/es/sections/issues-depth/climate-change/index.html>. [Últim accés: 14 Marzo 2020].

- [8] Naciones Unidas, «Naciones Unidas. Acción Climática.,» [En línia]. Disponible a: <https://www.un.org/es/climatechange/>. [Últim accés: 14 Marzo 2020].
- [9] Ajuntament de Barcelona, «Energia Barcelona,» Ajuntament de Barcelona, 2019. [En línia]. Disponible a: <https://energia.barcelona/ca/ajuts-i-subvencions-convocatoria>. [Últim accés: 13 Marzo 2020].
- [10] Endesa, «Endesa Fundación,» Endesa, [En línia]. Disponible a: <https://www.fundacionendesa.org/es/recursos/a201908-smart-city>. [Últim accés: 13 Marzo 2020].
- [11] B. Marr, «How Big Data And The Internet Of Things Create Smarter Cities,» Forbes, 19 Mayo 2015. [En línia]. Disponible a: <https://www.forbes.com/sites/bernardmarr/2015/05/19/how-big-data-and-the-internet-of-things-create-smarter-cities/#38ca78f61767>. [Últim accés: 13 Marzo 2020].
- [12] Siemens, «Intelligent Infrastructure. How to Make a Smart Building.,» Siemens, 2016. [En línia]. Disponible a: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:396710f1-ea9e-4089-ae2f-8408528094c7/version:1560771253/cc-us-bt-cpp-intel-infrstrctr-wp.pdf>. [Últim accés: 13 Marzo 2020].
- [13] OSNA Arquitectura, «C/ Sepúlveda 45-47. ITE 101. Informe de Inspección Técnica.,» Barcelona, 2014.
- [14] I. Zabalza, S. Díaz i A. Díaz, Metodologías de análisis para la calificación energética de edificios., Zaragoza: PUZ (prensas Universitarias de Zaragoza), 2010.
- [15] IVACE, «Etiqueta de eficiencia energética,» IVACE (Institut Valencià Competitivitat Empresarial), [En línia]. Disponible a: <http://gcee.aven.es/es/etiqueta-energetica>. [Últim accés: 13 Marzo 2020].
- [16] F. S. García, «Certificado de Eficiencia Energética de Edificios. Registro: F45CYB0W6. Carrer de Sepúlveda 45. Vivienda individual 3r 1ª,» Generalitat de Catalunya., Barcelona, 2019.
- [17] MITSUBISHI, [En línia]. Disponible a: <https://www.mitsubishielectric.es/aire-acondicionado/series/multisplit/>. [Últim accés: 20 Abril 2020].
- [18] Carrier, [En línia]. Disponible a: <http://www.carrier.es/news/etiqueta.htm>. [Últim accés: 20

Abril 2020].

- [19] O. B. Javier Garcia Fernandez, «Cálculo de instalaciones de alumbrado,» CITCEA, [En línea]. Disponible a: <https://recursos.citcea.upc.edu/llum/interior/iluint2.html>. [Últim accés: 27 Abril 2020].
- [20] AMAZON, [En línea]. Disponible a: https://www.amazon.es/Philips-CorePro-LEDtube-Mains-20W/dp/B0717BMDJR/ref=sr_1_1?dchild=1&fst=as%3Aoff&keywords=led+tubo+20w&qid=1588098307&refinements=p_89%3APhilips&rnid=1692911031&s=lighting&sr=1-1. [Últim accés: 28 Abril 2020].
- [21] AMAZON, [En línea]. Disponible a: https://www.amazon.es/Movimiento-Superficie-Compatible-Interruptor-Movimiento/dp/B07H31LHXW/ref=sr_1_14?dchild=1&keywords=detector+de+presencia&qid=1588099418&sr=8-14. [Últim accés: 28 Abril 2020].
- [22] AG4 Gestión de Comunidades, [En línea]. Disponible a: http://www.ag4comunidades.es/blog/view_item/Luces+por+sensores+de+movimiento+y+ahorro+energ%C3%A9tico+en+comunidades+de+vecinos.+. [Últim accés: 01 Maig 2020].
- [23] IDAE. Energía Solar Térmica., [En línea]. Disponible a: <https://www.idae.es/tecnologias/energias-renovables/uso-termico/energia-solar-termica>. [Últim accés: 04 Maig 2020].
- [24] Energía Solar, [En línea]. Disponible a: <https://solar-energia.net/energia-solar-termica>. [Últim accés: 08 Maig 2020].
- [25] A. Ramos Cabal, «Energía Solar: Desarrollo Sostenible Global,» Salamanca, 7 de Junio de 2018.
- [26] CTE, [En línea]. Disponible a: <https://www.codigotecnico.org/images/stories/pdf/ahorroEnergia/DBHE.pdf>. [Últim accés: 29 Abril 2020].
- [27] H. Martínez, Aplicaciones y Dimensionado de Instalaciones de Energía Solar, Barcelona: UPC - Departament d'Enginyeria i Electrònica, 2012.
- [28] ICAEN (Institut Català d'Energia), «Atlas de Radiació Solar a Catalunya,» [En línea].

- Disponible a:
http://icaen.gencat.cat/web/.content/10_ICAEN/12_serveis/06_estrategia/enllacos_planificacioEnergetica/monografic12.pdf. [Último acceso: 04 Abril 2020].
- [29] Reforma Coruña, [En línia]. Disponible a: <https://reformacoruna.com/placas-solares-termicas/>. [Últim accés: 16 Maig 2020].
- [30] Ajuntament de Barcelona. Estadística i Difusió de Dades., [En línia]. Disponible a: <https://www.bcn.cat/estadistica/catala/dades/anuari/cap01/C0102010.htm>. [Últim accés: 04 Abril 2020].
- [31] Salvador Escoda. Tarifa paneles solares., [En línia]. Disponible a: http://www.salvadorescoda.com/tarifas/Energias_Renovables_Tarifa_PVP_SalvadorEscoda.pdf. [Últim accés: 01 Maig 2020].
- [32] Ecofener, [En línia]. Disponible a: <https://ecofener.com/blog/funcionan-los-captadores-solares-termicos-calentar-agua-piscinas/>. [Últim accés: 16 Maig 2020].
- [33] ENERGÍA SOLAR, [En línia]. Disponible a: <https://solar-energia.net/energia-solar-termica/colector-solar-termico/colector-solar-plano>. [Últim accés: 16 Maig 2020].
- [34] CTE Sección HE 4, [En línia]. Disponible a: <https://www.terra.org/data/cteseccionhe4.pdf>. [Últim accés: 04 Abril 2020].
- [35] Blog Tecnosol, [En línia]. Disponible a: <https://tecnosolab.com/noticias/distancia-entre-filas-de-paneles-solares/>. [Últim accés: 04 Maig 2020].
- [36] ORDENANZA SOLAR TÉRMICA. Informe enmarcado en el proyecto., [En línia]. Disponible a:
http://www.estif.org/fileadmin/estif/content/policies/STAP/BarcelonaSolarRegulation_FullReport_Spanish_includes_Fulltext_Newregulation_2006.pdf. [Últim accés: 04 Abril 2020].
- [37] Observatori fabra, «El clima de Barcelona.» Ajuntament de Barcelona, [En línia]. Disponible a: http://w1.bcn.cat/temps/es/climatologia/clima_barcelona. [Últim accés: 11 Abril 2017].
- [38] Salvador Escoda. Tarifa Acumuladores., [En línia]. Disponible a: http://www.salvadorescoda.com/tarifas/Agua_Caliente_Sanitaria_Tarifa_PVP_SalvadorEscoda.pdf. [Últim accés: 01 Maig 2020].

- [39] NATURGY. Tarifas gas., [En línia]. Disponible a: https://www.naturgy.es/mas_tarifas_naturgy#. [Últim accés: 01 Maig 2020].
- [40] Iberdrola. QUÉ ES LA ENERGÍA SOLAR FOTOVOLTAICA., [En línia]. Disponible a: <https://www.iberdrola.com/medio-ambiente/que-es-energia-fotovoltaica>. [Últim accés: 08 Maig 2020].
- [41] Acciona. Energía solar fotovoltaica., [En línia]. Disponible a: <https://www.acciona.com/es/energias-renovables/energia-solar/fotovoltaica/>. [Últim accés: 08 Maig 2020].
- [42] M. e. E. R. y. M. Energético, «Energía Solar Fotovoltaica,» [En línia]. Disponible a: http://calculationsolar.com/pdfs/Calculationsolar_module_GHSOLAR_GH250P30937.pdf. [Últim accés: 11 Maig 2020].
- [43] EnergíaSolar365, [En línia]. Disponible a: <https://www.energiasolar365.com/preguntas/que-inclinacion-deben-tener-las-placas-solares>. [Últim accés: 16 Maig 2020].
- [44] PHOTOVOLTAIC GEOGRAPHICAL INFORMATION SYSTEM, [En línia]. Disponible a: https://re.jrc.ec.europa.eu/pvg_tools/es/tools.html#MR. [Últim accés: 11 Maig 2020].
- [45] C. Renovables. [En línia]. Disponible a: <https://clickrenovables.com/blog/como-calcular-una-instalacion-solar-fotovoltaica-en-5-pasos/>. [Últim accés: 11 Maig 2020].
- [46] F. Arrando, «Capítol 7. ENERGIA SOLAR FOTOVOLTAICA,» Barcelona, 2015.
- [47] AutoSolar, [En línia]. Disponible a: <https://autosolar.es/panel-solar-24-voltios/panel-solar-400w-perc-monocristalino-era>. [Últim accés: 16 Maig 2020].
- [48] PANELES SOLARES, [En línia]. Disponible a: <https://www.panelessolaresbarcelona.com/que-tipo-de-panel-solar-es-el-mejor/#fotovoltaica-integrada-en-edificios-bipv>. [Últim accés: 16 Maig 2020].
- [49] Factor Energía, [En línia]. Disponible a: <https://www.factorenergia.com/es/blog/eficiencia-energetica/energia-eolica/>. [Últim accés: 16 Maig 2020].
- [50] Enérgya VM. Grupo Villar Mir., [En línia]. Disponible a: <https://www.energyavm.es/energia-eolica-definicion-como-funciona-y-ventajas/>. [Últim accés: 17 Maig 2020].

- [51] Proalt ingeniería, [En línia]. Disponible a: <https://www.proalt.es/mantenimiento-aerogeneradores/>. [Últim accés: 16 Maig 2020].
- [52] AEE (Asociación Empresarial Eólica), [En línia]. Disponible a: <https://www.aeeolica.org/sobre-la-eolica/la-eolica-en-el-mundo>. [Últim accés: 17 Maig 2020].
- [53] A. Wilson, «The Folly of Building-Integrated Wind,» Building Green, [En línia]. Disponible a: <https://www.buildinggreen.com/feature/folly-building-integrated-wind>. [Últim accés: 17 Maig 2020].
- [54] El Periódico de la Energía, [En línia]. Disponible a: <https://elperiodicodelaenergia.com/barcelona-crea-un-mapa-con-los-recursos-solares-y-eolicos-de-la-ciudad-para-fomentar-el-autoconsumo-en-las-viviendas/>. [Últim accés: 16 Maig 2020].
- [55] Enertra. Eficiencia Energética., [En línia]. Disponible a: <https://www.enertra.es/energias-renovables/eolica-hibrida>. [Últim accés: 18 Maig 2020].
- [56] PLACO SAINT-GOBAIN, [En línia]. Disponible a: <https://www.placo.es/sostenibilidad/reciclaje-de-placa-yeso-laminado>. [Últim accés: 25 Maig 2020].
- [57] GUIA PRÀCTICA PER AL CÀLCUL D'EMISSIONS DE GASOS AMB EFECTE D'HIVERNACLE (GEH), [En línia]. Disponible a: https://canviclimatic.gencat.cat/web/.content/04_ACTUA/Com_calcular_emissions_GEH/guia_de_calcul_demissions_de_co2/190301_Guia-practica-calcul-emissions_CA.pdf. [Últim accés: 25 Maig 2020].
- [58] Philips, [En línia]. Disponible a: https://www.lighting.philips.es/prof/led-lamparas-y-tubos/tubos-led/corepro-tubo-led-em-230v-t8/929001337902_EU/product. [Últim accés: 25 Maig 2020].
- [59] Greenlce, [En línia]. Disponible a: <https://greenlce.com/es/blog/tubos-led-vs-tubos-fluorescentes-por-que-nos-quedamos-con-los-primeros-n32>. [Últim accés: 20 Maig 2020].
- [60] Calor y Frío, [En línia]. Disponible a: <https://www.caloryfrio.com/energias-renovables/energia-solar/cual-huella-dicarbono-de-un-captador-solar-termico-y-de-un-panel-fotovoltaico.html>. [Últim accés: 25 Maig 2020].

- [61] MANUAL PLADUR. Normativa, productos y sistemas., [En línia]. Disponible a: https://www.interempresas.net/FeriaVirtual/Catalogos_y_documentos/104301/manual-pladur-ok.pdf. [Últim accés: 27 Maig 2020].
- [62] COINTRA, [En línia]. Disponible a: <https://www.cointra.es/blog-10-cosas-que-debes-saber-sobre-la-energia-solar-termica/>. [Últim accés: 27 Maig 2020].