



**B** Universitat de Barcelona

# Anàlisi del consum en calefacció de l'edifici Mirador-Mercat i accions de millora

Autor: Oriol Escursell Jové

Tutor: Miguel Villarubia Lopez

Curs acadèmic: 2014-2015

Màster en Energies Renovables i  
Sostenibilitat Energètica

Dos Campus d'Excel·lència Internacional:



## **Agraïments**

Volia agrair a totes les persones que han fet possible aquest projecte.

Primer de tot al meu tutor de projecte Miguel Villarubia, pels consells i les idees per on fer avançar el treball.

Segon a l'Ajuntament de Castellar del Vallès, en particular al tècnic municipal Samuel Romero per aportar-me la informació que em feia falta i per tenir tanta paciència amb mi.

Tercer a l'investigador del CREAF Jordi Vayreda Duran per aconsellar-me sobre l'estimació de la biomassa.

Finalment, a la família i els amics pels ànims i l'energia. Sobretot a la Míriam per aguantar-me fins a l'últim moment.

**La Millor energia renovable és no consumir.**

## Índex

|   |    |
|---|----|
| 1. Introducció .....                                | 1  |
| 1.1. Contextualització del projecte .....           | 1  |
| 1.2. Edificis Municipals.....                       | 1  |
| 1.3. Condicions Climàtiques.....                    | 2  |
| 2. Caracterització del Mirador-Mercat.....          | 2  |
| 2.1. Característiques Arquitectòniques .....        | 2  |
| 2.2. Consums energètics .....                       | 3  |
| 2.3. Resultats Auditoria.....                       | 5  |
| 2.4. Mesures Correctores .....                      | 7  |
| 3. Estructura de la Demanda.....                    | 11 |
| 4. Biomassa Disponible .....                        | 13 |
| 5.1. Estudi del Puig de la Creu .....               | 13 |
| 5.2. Anàlisi necessitats Castellar .....            | 14 |
| 5. Proposta tecnològica.....                        | 15 |
| 6. Anàlisi econòmic de les accions de millora ..... | 15 |
| 6.1. Metodologia càlcul del VAN.....                | 15 |
| 6.2. Escenaris de Millora.....                      | 16 |
| 7. Conclusions.....                                 | 17 |

## Índex de Figures

|   |    |
|---|----|
| Figura 1: Consum d'energia primària de Catalunya l'any 2009 .....   | iv |
| Figura 2: Evolució 2010-2014 del Consum en Calefacció del Mirador-Mercat i del cost de la calefacció. ....                            | 4  |
| Figura 3: Pèrdues de calor per conducció: teulada, parets i finestres de les façanes. ....  | 5  |
| Figura 4: Situació sense cortina (esquerra) i amb cortina (dreta). Efectes estimats sobre la sensació de fred.....                    | 9  |
| Figura 5: Situació sense cortina ni persiana (sobre) i amb cortina i persiana (sota). Efectes estimats sobre la sensació de fred..... | 10 |
| Figura 6: Perfil Demanda Mirador-Mercat .....   | 11 |
| Figura 7: Perfil Demanda Mirador .....  | 12 |
| Figura 8: Perfil Demanda Mercat .....   | 12 |

## Índex de Taules

|  |    |
|--|----|
| Taula 1: Temperatures de Consigna del Mirador i del Mercat .....                         | 3  |
| Taula 2: Horaris i dies d'ús dels edificis. ....   | 4  |
| Taula 3: Comparativa consum real i estimacions.....                                      | 5  |
| Taula 4: Comparativa situació de referència i Millora vidres al Mirador i al Mercat..... | 7  |
| Taula 5: Resum estimació de reducció pèrdues.....  | 7  |
| Taula 6: Comparativa consum real, estimacions i propostes de Millora .....               | 8  |
| Taula 7: Superfície ocupació de les diferents espècies al Puig de la Creu. ....          | 13 |
| Taula 8: Productivitat màxima del Puig de la Creu, en pes sec, 0% humitat .....          | 14 |
| Taula 9: VAN millora vidres en funció del cost de la tona de CO2 eq.....                 | 16 |
| Taula 10: VAN caldera pèl·let local en funció del cost de la tona de CO2 eq .....        | 16 |
| Taula 11: VAN vidres + caldera pèl·let local en funció del cost de la tona de CO2 eq...  | 17 |

## Resum

L'estudi ha realitzat un anàlisi dels principals consums per calefacció d'un edifici municipal, estudiant propostes de millora arquitectòniques i tecnològiques. Realitzant sempre que ha sigut possible un anàlisi tècnic i econòmic de cada proposta.

Els resultats mostren que l'edifici estudiat té molt marge de millora en reducció de pèrdues de calor per conducció i per radiació.

Paral·lelament, s'ha analitzat la possibilitat d'utilitzar la biomassa forestal del bosc del Puig de la Creu per alimentar les necessitats d'energia tèrmica dels edificis municipals, per reduir la dependència de recursos energètics exteriors fòssils i els efectes negatius que se'n deriva. Per estimar la productivitat dels boscos s'han fet servir sistemes d'informació Geogràfics (SIG) combinats amb taxes de creixement del bosc.

L'estudi mostra que el bosc té prou producció per abastir tots els edificis municipals amb un 4.4% de la producció anual. Creixement que en no utilitzar-se passa de ser un recurs a un risc en forma de combustible per incendis.

L'anàlisi econòmic per separat de les dos accions és favorable a totes dues. En canvi, l'aplicació simultània de les dos accions: reducció de pèrdues i canvi tecnològic a biomassa, no és viable per la biomassa. Aquest fet es deu al baix cost i l'alta eficiència del Gas Natural i a l'elevat cost de la tecnologia de biomassa. Tot i això, la biomassa resulta un sistema preferible en cas de substitució d'un equip vell.

## JUSTIFICACIÓ

El model energètic actual, és plenament dependent dels combustibles fòssils. A nivell català aquesta dependència dels combustibles fòssils arriba al 72% de l'energia primària consumida l'any 2009 [Figura 1]. Aquesta situació implica unes problemàtiques ambientals associades a l'extracció, refinament, transport i ús d'aquestes fonts d'energia que contribueixen a l'efecte hivernacle, a la pèrdua de sòl, etc.

La dependència de fonts d'energia implica sobre costos econòmics i ambientals per això cal canviar el model actual i tendir a un model on les fonts d'energia locals i renovables guanyin pes. Per aquest motiu l'extracció i ús de fonts renovables com la biomassa o

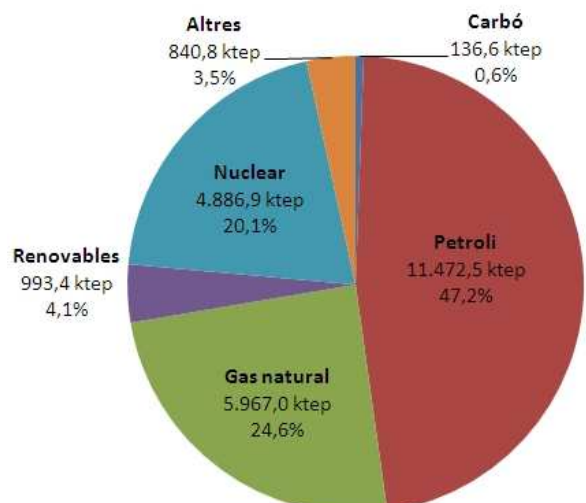


Figura 1: Consum d'energia primària de Catalunya l'any 2009.  
Font: ICAEN [19]

l'Energia solar han d'anar acompanyats de polítiques i accions per reduir el consum d'energia final. Tenint en ment el concepte que l'Energia més Renovables és la que **NO** es consumeix.

L'ús de la biomassa com a font local és beneficiós pel territori ja que genera ocupació i permet reduir riscos com el d'incendis. L'explotació sostenible d'un bosc és també un efecte molt positiu per la seva biodiversitat, que es veu incrementada, i per tant, guanya resiliència cap a fenòmens externs i plagues.

## **OBJECTIUS**

### Objectius generals

- A. Estudiar els consums de calefacció d'un edifici municipal de Castellar del Vallès i elaborar les propostes de millora adients.
- B. Estudiar la disponibilitat de la biomassa local com a font d'energia.

### Objectius específics

1. Estudiar la pell i el funcionament de l'edifici per poder establir les necessitats reals del mateix.
2. Elaborar propostes de millora bioclimàtica.
3. Estudiar la viabilitat econòmica de la substitució del Sistema de Climatització actual per un de Biomassa en els dos escenaris: situació amb millora i sense millora bioclimàtica.
4. Estudiar el Bosc del Puig de la Creu amb una metodologia reproduïble per analitzar teòricament la disponibilitat de biomassa i estimar els costos d'obtenció de la biomassa necessària per escalfar l'edifici d'estudi.

## 1. Introducció

Aquest projecte s'ha centrat en l'estudi d'un edifici municipal de Castellar del Vallès amb l'objectiu d'analitzar-ne el consum de calefacció, les seves causes i possibles accions de millora amb la finalitat d'optimitzar-lo. Paral·lelament s'estudia la biomassa forestal local com una font d'energia renovable alternativa a les existents (Gas Natural i Gasoil).

### 1.1. Contextualització del projecte

Castellar del Vallès és un municipi del Vallès Occidental de 23.455 habitants (Idescat 2013 [1]). És un poble situat a 10 km de Sabadell entre els municipis de Sentmenat, Terrassa i Sant Llorenç Savall.

Castellar del Vallès es troba situat a la falda del Puig de la Creu, una muntanya de 668 msnm[2], formada per un bosc de, majoritàriament, pi blanc amb algun alzinar.

Puig de la Creu, muntanya on hi ha el bosc d'estudi.

### 1.2. Edificis Municipals

Aquest projecte s'ha centrat en l'estudi d'un edifici municipal per dues raons principals:

- a. Deure de les administracions públiques de ser un exemple de comportament a seguir per la població.
- b. Pel cost que representa als ciutadans la mala gestió dels edificis públics.

Per tal de seleccionar l'edifici d'estudi s'ha realitzat un estudi previ on s'ha comparat les necessitats de calefacció de tots els edificis municipals i el combustible emprat. El resultat de la comparativa dóna lloc a tres possibles edificis d'especial interès.

En termes de consum d'energia, l'edifici Mirador-Mercat és el de major consum, en canvi, els edificis municipals Palau Tolrà i Auditori, presenten un menor consum energètic però utilitzen gasoil, un combustible molt més brut i contaminant.

Tot i que a primer cop d'ull l'edifici seleccionat hauria de ser el Palau Tolrà es selecciona l'edifici Mirador-Mercat pels següents motius:

- i. És el de major ús: és el mercat municipal i l'edifici administratiu principal.
- ii. El Palau Tolrà és un edifici catalogat i no accepta modificacions arquitectòniques, només de finestres.
- iii. L'Auditori és de consum molt menor i és molt pròxim al Mirador (des de la construcció del Mirador formen un sol edifici, però a nivell de clima l'Auditori conserva el sistema que ja tenia des del 1995).

En base aquests criteris es fa una caracterització detallada de l'edifici seleccionat Mirador-Mercat.

### **1.3. Condicions Climàtiques**

El clima de Castellar del Vallès i de la comarca del Vallès Occidental és suau, propi dels països mediterranis amb influència marítima de muntanya baixa i mitjana, amb temperatures suaus[3]. La Temperatura mitjana anual és de 15°C i el Gener és el mes més fred de l'any amb una temperatura mitjana de 7°C.

La pluja anual es situa al voltant dels 600mm concentrada als mesos de primavera i tardor.

## **2. Caracterització del Mirador-Mercat**

Conjunt de dos edificis que comparteixen sistema de climatització. Tots dos són de nova construcció, prèvia a que el Codi Tècnic de l'Edificació fos aprovat (CTE), el projecte es comença l'any 2005 i s'inaugura el 2010.

El Mirador és un equipament municipal situat a la plaça Major que té per objectiu potenciar l'accés i l'ús de les noves tecnologies, la innovació i la creativitat a Castellar. Té la funció de centre de coneixement, centre cultural i centre cívic. També és l'edifici administratiu principal del Consistori de Castellar del Vallès i de la diputació de Barcelona a Castellar[2].

El Mercat Municipal està format per varies botigues de comerciants locals, principalment de menjar, i un supermercat (Mercadona). Aquesta combinació d'establiments fa que sigui l'edifici municipal amb més moviment de persones, i per tant és un edifici de gran interès per l'estudi.

### **2.1. Característiques Arquitectòniques**

#### **2.1.1. El Mirador**

L'edifici del Mirador es va construir al costat de dos edificis ja existents, l'Auditori i els accessos del vell Mercat. La part que està climatitzada, conjuntament amb el Mercat, és la nova i és la que es presenta a continuació.

#### **a) Superfície**

El Mirador està format per tres plantes de superfície total 1590 m<sup>2</sup>. A la Taula Annexes 1 es detalla la superfície específica de cada planta.



## **b) Pell de l'edifici**

El Mirador té tres façanes en contacte amb l'aire i la quarta és una paret mitgera. La façana principal està encarada al Sud-Est i està formada principalment (70%) per finestres de vidre. Les altres dos façanes estan encarades al Sud-Oest i al Nord-Est, són molt més petites i hi predomina el formigó. La informació detallada de les façanes és a la Taula Annexes 2.

### **2.1.2. El Mercat**

#### **a) Superfície**

El Mercat està format per una planta de 1500 m<sup>2</sup> dividida en dos sales, el bar i les parades del mercat.

#### **b) Pell de l'edifici**

El "Sostre" del Mercat és una part de la plaça Major, és una zona que rep molta radiació solar i està aïllada en conseqüència. El mercat té dos façanes exteriors, una paret mitgera i una paret en contacte amb el terreny. Les dos façanes, SE i SO, tenen la mateixa superfície, però difereixen en la superfície final de vidre, la SO en té més.

## **2.2. Consums energètics**

Els consums energètics del Mirador-Mercat s'han analitzant a través de tres fonts: realitzant una pre-auditoria centrada en la climatització de l'edifici (a l'annex 2 hi ha el resultat), entrevistant-me amb el tècnic municipal sobre els aspectes més rellevants i analitzant les dades facilitades per l'ajuntament de Castellar.

### **2.2.1. Condicions que es demanen, T<sup>o</sup> de consigna, horaris de treball**

A la Taula 1, hi ha les temperatures de consigna pels dos edificis. Les temperatures de consigna que es marquen s'ajusten a la normativa. Tot i que pels comentaris rebuts durant l'entrevista, podria no estar-se aplicant la temperatura indicada o que aquesta fos excessiva per les necessitats del personal.

|                | <b>Temperatura de Consigna</b> |       |
|----------------|--------------------------------|-------|
|                | Hivern                         | Estiu |
| <b>Mirador</b> | 20°C                           | 25°C  |
| <b>Mercat</b>  | 20°C                           | 25°C  |

**Taula 1: Temperatures de Consigna del Mirador i del Mercat. Font: Elaboració pròpia a partir de l'auditoria.**

A la Taula 2 es pot veure que el Mirador permet una sectorització dels espais en funció de l'ús, ja que es força variable entre les plantes.

| Ocupació plantes (horaris de treball):                                 |                       |
|--|-----------------------|
| Mirador: 8-20h<br>-Baixa: 8-20h<br>-Primera: 17-20h<br>-Segon: Puntual | Mercat: 9-21 h        |
| De Dilluns a Divendres   | De Dilluns a Dissabte |

Taula 2: Horaris i dies d'ús dels edificis. Font: Elaboració pròpia a partir de l'auditoria.

### 2.2.2. Anàlisi dels consums

L'anàlisi de les dades proporcionades per l'Ajuntament ha permès elaborar la Figura 2, i calcular el consum promig que servirà de referència per tots els càlculs posteriors.

Consum promig del Mirador-Mercat de: 361.469 kWh/any.

L'any 2010 va ser un dels més freds de les dos últimes dècades, respecte el període 1961-90 l'anomalia arriba fins al  $-1^{\circ}\text{C}$  [4]. Aquestes temperatures, significativament menors al promig d'un hivern, expliquen aquest consum tant elevat respecte a la mitjana de consum. En canvi, la tendència que s'observa als altres anys és de variacions mínimes associades al temps.

La variació dels costos de la calefacció van lligats al consum i al preu del GN. Com es pot veure a la Figura 2 quan augmenta el consum el 2010 augmenta la despesa, en canvi l'augment de cost del 2013 està més associat al cost del GN que a l'augment de consum d'aquell any.

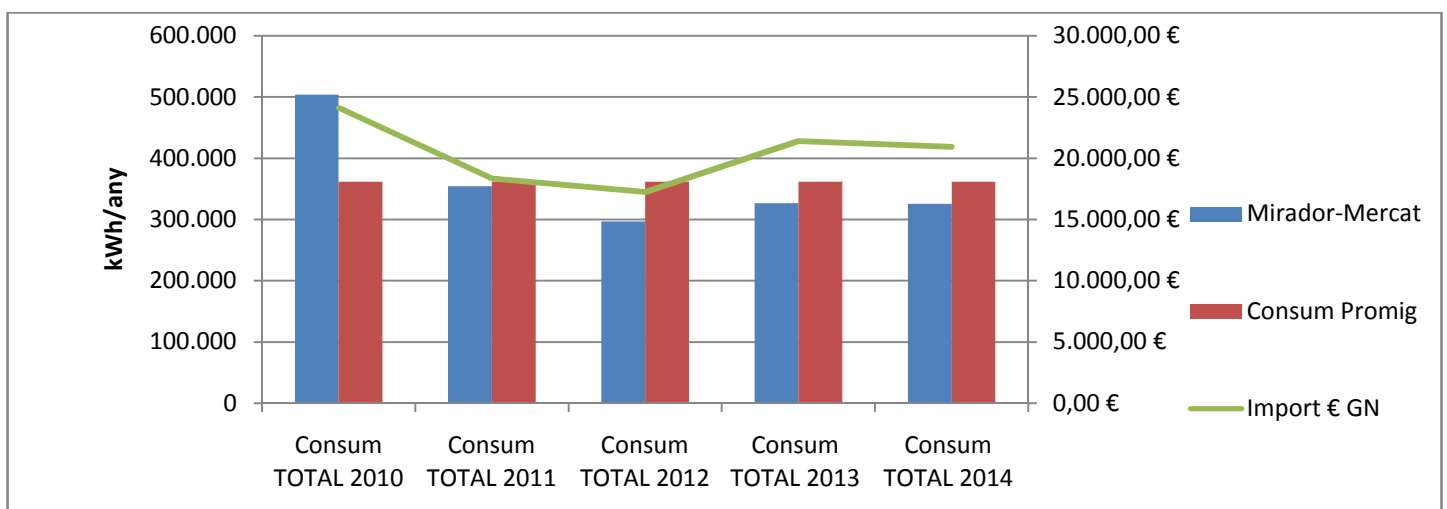


Figura 2: Evolució 2010-2014 del Consum en Calefacció del Mirador-Mercat i del cost de la calefacció. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades proporcionades per l'Ajuntament, taula Annexes 1.

### 2.3. Resultats Auditoria

El consum en calefacció dels dos edificis és de 361.469 kWh a l'any (mitjana de 2010-2014). D'aquest consum un 62% està associat al Mirador i un 38% al Mercat. Per calcular aquestes proporcions i estimar per on es perd més energia tèrmica, s'ha elaborat una taula de les transferències de calor amb l'ambient per conducció per cada edifici, Taula Annexes 7 i Taula Annexes 8. Les taules han permès identificar els punts principals on caldria aplicar mesures correctores.

La Figura 3 mostra les pèrdues de calor per conducció en cada punt de la pell de l'edifici. S'observa que a l'edifici del Mirador s'ha d'actuar sobre els vidres de la façana Principal (Sud-Est), ja que representen un 65,5% de les pèrdues totals per conducció. Al Mercat, també s'observa la necessitat d'actuar sobre els vidres Sud-Oest i Sud-Est, perquè conjuntament representen el 77% de les pèrdues.

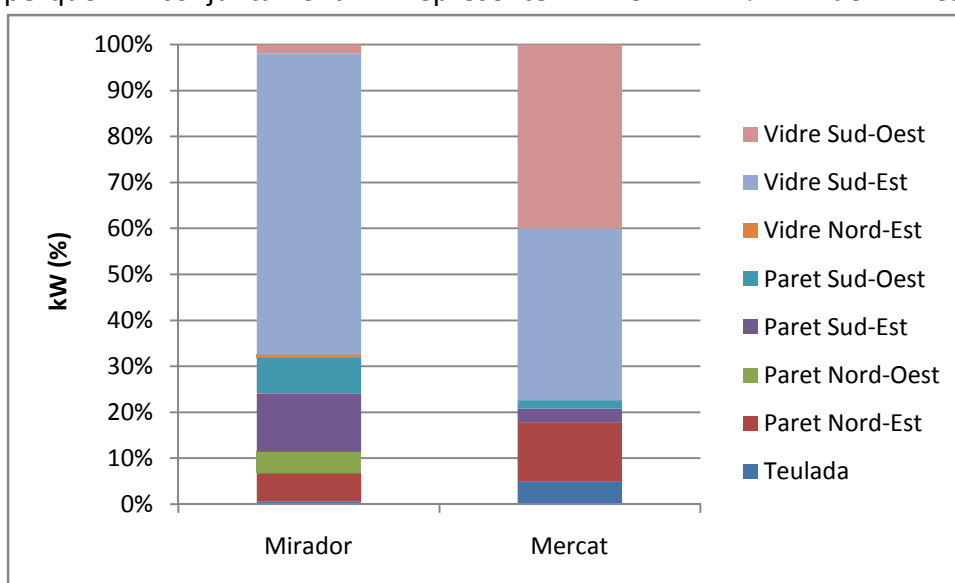


Figura 3: Pèrdues de calor per conducció: teulada, parets i finestres de les façanes. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades proporcionades per l'Ajuntament, taula Annexes 7 i 8.

| Calefacció            | kWh     | MWh | Respecte el real |
|-----------------------|---------|-----|------------------|
| Real promig 2010-2014 | 361.469 | 361 | 100,0%           |
| Estimat per conducció | 302.629 | 303 | 83,7%            |
| Segons Grau dia       | 262.321 | 262 | 72,6%            |

Taula 3: Comparativa consum real i estimacions. Font: Elaboració pròpia a partir de les taules annexes 7 i 8.

A la Taula 3, es mostra una comparativa entre el consum Real promig i les dos estimacions elaborades, per conducció i segons Grau dia, pel període de calefacció. Com es pot veure a la Taula 3, les dos estimacions no encerten el consum real, però s'aproximen, fet que ens indica que el model de la conducció no és erroni, sinó incomplet. Cal tenir en compte les càrregues internes i les pèrdues per radiació a la nit, per refinar-lo. Aquesta diferència ens podria estar indicant que la temperatura de consigna proposada pot no mantenir-se tot el període, incrementant-se per sensació de fred dels ocupants. Per aquests motius, s'han tingut els

següents aspectes en compte, relacionats a la sensació de fred i a les pèrdues de calor per radiació.

Els efectes de les pèrdues de calor per radiació depenen de la llei de Stefan-Boltzmann, on ens diu que el flux emissiu total ( $q_b$ ) d'un cos negre depèn de la temperatura elevada a la quarta potència.

$$\text{Llei de Stefan-Boltzmann } q_b = \sigma * T^4 \text{ [5]}$$

Aquesta potència de la temperatura té dos efectes molt importants sobre el consum d'energia per calefacció:

Primerament, la sensació de fred, ja que una persona a dins un edifici a 20°C pot "tenir" fred perquè està irradiant contra una paret, en aquest cas vidre, que es troba a 7-10°C. Per tant, tenim un salt de 36,5°C ( $T^\circ$  persona)  $\rightarrow$  8°C ( $T^\circ$  superfície), aplicat a la quarta potència. Aquesta situació provoca la sensació de fred en l'ocupant de l'edifici, fet que pot incitar a augmentar la temperatura interior per contrarestar l'efecte de la irradiació. Per tenir una idea aproximada dels efectes de la paret freda podem entendre la Temperatura sensible ( $T_s$ ), la que noten els ocupants, com:

$$T_s = \frac{T_a + T_v}{2}$$

On  $T_a$ = Temperatura ambient, i  $T_v$ = Temperatura del vidre o superfície sobre la que s'irradia (°C).

Per tant, independentment de si a l'interior està a 20 o 21°C la sensació de fred serà significativa, sempre i quan la superfície contra la que s'irradia està a menys de 10°C.

El segon efecte a tenir en compte, és la radiació nocturna de l'edifici cap a l'exterior, ja que al tenir un salt de temperatura de 15°C a l'interior (a l'inici de la nit) a 0-3°C (tot i que en dies sense núvols es considera l'ambient a -15°C) a l'exterior els efectes de la radiació tornen a ser molt significatius, perquè l'edifici emet des dels vidres contra un ambient infinit, provocant una pèrdua de calor molt més ràpida que si només es tingués en compte les fuites per conducció.

El consum de refrigeració del conjunt dels edificis va ser de 328.414 kWh l'any 2014. El consum en refrigeració s'estima que es reparteix entre el Mirador i el Mercat en 50%-50%. En aquest cas el Mercat té un consum més significatiu, respecte el de calefacció, degut a la gran càrrega interna, aportada per la gent, la il·luminació i la maquinària com les neveres.

## 2.4. Mesures Correctores

Les millores Arquitectòniques aplicables als dos edificis es divideixen en tres propostes:

### 2.4.1. Substitució dels vidres dobles actuals per vidres dobles amb cambra d'aire

Amb aquesta acció millorem la Resistència tèrmica del vidre, augmentant-la de 0,05 m<sup>2</sup> K/W a 0,8 m<sup>2</sup> K/W, Taula Annexes 10. Aquesta millora en la Resistència tèrmica aplicada al “model” de conducció previ sobre tota la superfície de vidre, permet reduir les pèrdues per conducció diàries en un 68% al Mirador i en un 73% al Mercat,

Taula 4 i Taula 5. Segons el “model” de la conducció, aquesta millora de la resistència tèrmica dels vidres ens permetria assolir estalvis en calefacció significatius, com es mostra a la Taula 6, associats a les reduccions de pèrdues de calor, en funció de l'acció executada, que van del 38% al 72%.

| kWh/dia         | Situació de referència | Opció      | Situació de referència | Opció      |
|-----------------|------------------------|------------|------------------------|------------|
| Zona            | Mirador                | Mirador    | Mercat                 | Mercat     |
| Teulada         | 10                     | 10         | 39                     | 39         |
| Paret Nord-Est  | 98                     | 98         | 98                     | 98         |
| Paret Nord-Oest | 74                     | 74         | 0                      | 0          |
| Paret Sud-Est   | 202                    | 202        | 23                     | 23         |
| Paret Sud-Oest  | 124                    | 124        | 14                     | 14         |
| Vidre Nord-Est  | 12                     | 1          | 0                      | 0          |
| Vidre Nord-Oest | 0                      | 0          | 0                      | 0          |
| Vidre Sud-Est   | 1048                   | 66         | 287                    | 18         |
| Vidre Sud-Oest  | 31                     | 2          | 308                    | 19         |
| <b>Total</b>    | <b>1600</b>            | <b>578</b> | <b>768</b>             | <b>211</b> |

Taula 4: Comparativa situació de referència i Millora vidres al Mirador i al Mercat. Font: Elaboració pròpia a partir de les taules annexes 7, 8, 11 i 12.

| Reducció pèrdues   | kWh/dia | Reducció |
|--------------------|---------|----------|
| Mirador Referència | 1600    | 0%       |
| Opció Mirador      | 578     | 64%      |
| Mercat Referència  | 768     | 0%       |
| Opció Mercat       | 211     | 73%      |

Taula 5: Resum estimació de reducció pèrdues. Font: Elaboració pròpia.

| Calefacció                   |                 | kWh     | MWh | Respecte el real |
|------------------------------|-----------------|---------|-----|------------------|
| <b>Real promig 2010-2014</b> |                 | 361.469 | 361 | 100%             |
| <b>Estimacions</b>           | Per conducció   | 302.629 | 303 | 84%              |
|                              | Segons Grau dia | 262.321 | 262 | 73%              |
| <b>Opcions de Millora</b>    | Mirador         | 179.949 | 180 | 50%              |
|                              | Mercat          | 222.345 | 222 | 62%              |
|                              | Conjunes        | 99.665  | 100 | 28%              |

Taula 6: Comparativa consum real, estimacions i propostes de Millora. Font: Elaboració pròpia a partir de les taules annexes 7, 8, 11 i 12.

Aquests estalvis són estimats i basats en un “model” de conducció que ja s’ha comentat que no és perfecte i que s’ha de complementar amb, com a mínim, els efectes de la irradiació, ja explicat a l’apartat anterior. Les accions de Millora sobre la radiació que es proposen, en el cas de les persianes, també tenen efectes positius en la reducció de les pèrdues per conducció, ja que augmenten la resistència tèrmica del conjunt. Les dos mesures següents són qualitatives, no es disposava de prou informació per quantificar els estalvis associats.

#### 2.4.2. Cortines interiors solució per l’horari de funcionament

Per reduir la sensació de fred, explicada a l’apartat anterior, es poden cobrir els vidres i les parets amb cortines, tapissos, etc. Al cobrir la superfície freda amb un cortina s’està variant la temperatura contra la que els ocupants de l’edifici irradien. Augmentant la temperatura de la superfície contra la que s’irradia es redueix la sensació de fred i per tant, s’evita augmentar la temperatura de consigna i no s’augmenta el consum d’energia. Com es pot veure a la Figura 4, les cortines augmenten aproximadament la temperatura que perceben els ocupants de l’edifici en 3,5°C, reduint així la necessitat d’augmentar la Temperatura ambient interior i per tant, evitant consumir més energia.

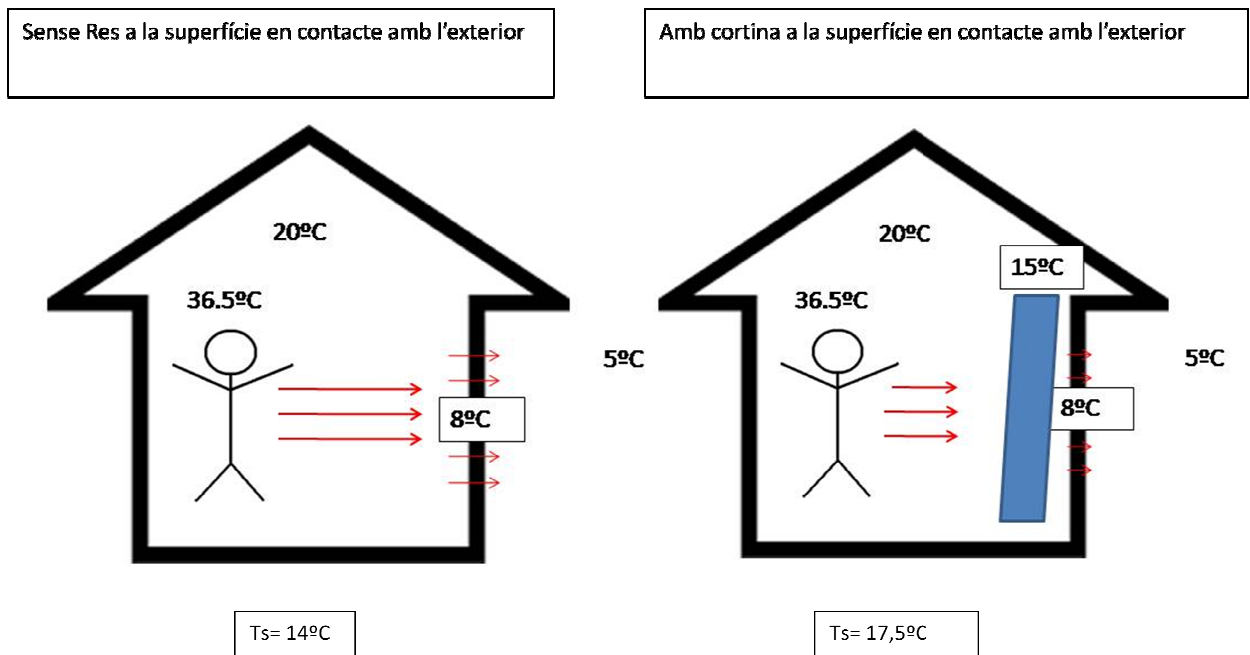


Figura 4: Situació sense cortina (esquerra) i amb cortina (dreta). Efectes estimats sobre la sensació de fred. Font Elaboració pròpia.

### 2.4.3. Persianes exteriors amb cortina o persiana interior

Per reduir la radiació cap a l'exterior, les cortines interiors ja ens serveixen com a primera "barrera", ja que fan de superfície calenta pels ocupants i freda respecte a l'exterior. Considerem freda respecte a l'exterior en comparació a la temperatura real de l'interior que seria la que ens marcaria la irradiació. Per tant, afegir les cortines a l'interior ja ens redueix les pèrdues de calor per radiació. Per reduir, però, les grans pèrdues per radiació del vidre cap a un cos fred i infinit com és l'ambient exterior a les nits d'hivern, cal tenir una altra barrera exterior, a una temperatura similar al vidre contra la qual aquest irradia (Figura 5). Aquesta barrera exterior consisteix en unes persianes una mica separades del vidre per evitar la conducció i permetre convecció. Al tenir-les una mica separades l'aire que queda al mig es comporta com un aïllant, reduint les pèrdues de calor per conducció-convecció.

Resumint les "barreres" per prevenir la irradiació ens evitarem la disminució excessiva de la Temperatura interior i per tant, reduirem l'energia necessària per recuperar els 20°C de consigna. És important destacar que les persianes han de ser mòbils amb facilitat per permetre que a l'Hivern no bloquegin la radiació incident de dia.

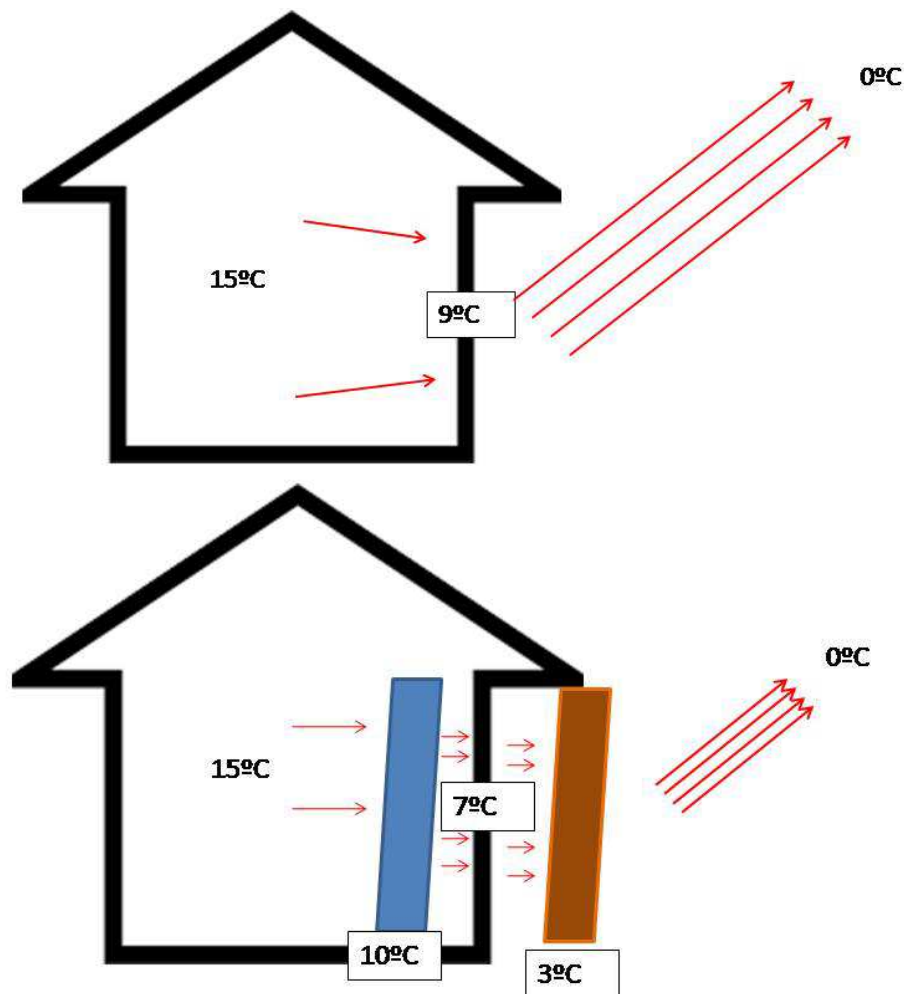


Figura 5: Situació sense cortina ni persiana (sobre) i amb cortina i persiana (sota). Efectes estimats sobre la sensació de fred. Font Elaboració pròpia.

Els efectes de les tres accions anteriors s'han descrit sobre calefacció perquè amb les dades disponibles era possible calcular o estimar els beneficis. En Refrigeració els càlculs es compliquen molt, al Mirador per la radiació incident que és molt important en quantitat, però que s'ha de calcular bé perquè disposa d'un sistema de prepersianes que n'aturen una part; i al Mercat per les grans càrregues internes de la gent, la il·luminació i sobretot dels equips elèctrics com les neveres. Tot i això, ara s'esmentarà els beneficis d'aplicar les tres accions anteriors per la climatització.

- **Substitució dels Vidres dobles actuals per vidres dobles amb cambra d'aire**

Reduirà les transferències de calor amb l'ambient exterior, a l'estiu es tradueix en que menys calor entrarà i per tant, caldrà gastar menys energia per refrigerar.

- **Cortines interiors solució per l'horari de funcionament**



En aquest cas l'efecte és mínim, ja que al ser interiors com a molt reflecteixen un 10% de la radiació incident, i per anar bé, les cortines de l'estiu han de ser de colors clars, oposats als d'hivern, s'haurien de canviar les cortines.

- **Persianes exteriors amb cortina o persiana interior**

La persiana exterior a l'estiu es farà servir de dia, no de nit. Té dos grans efectes postius, primer reflexa la radiació incident, s'estima que pot arribar al 90%[6]. Segon, permet cel·les convectives entre el vidre i la persiana evacuant l'aire més calent i renovant-lo, així es redueix la transferència per conducció pels vidres.

### 3. Estructura de la Demanda

L'anàlisi de l'estructura de la demanda per hores d'un dia tipus s'ha elaborat a partir de les respostes obtingudes, sense accés al programa de gestió de la demanda. Per tant, ens aporten una informació no precisa, però de molt valor, perquè ens permet veure millores de programació d'horaris dels equips, així es pot reduir les demandes pic, i en conseqüència, al moment de substitució dels equips evitar sobre dimensionar el sistema, estalviant en inversió i en manteniment.

A la Figura 6, es pot veure que el consum té el pic a primera hora del dia, i té un segon pic menys important a última hora de la tarda. Al migdia el consum és menor degut a que la temperatura exterior és major i a la radiació solar incident.

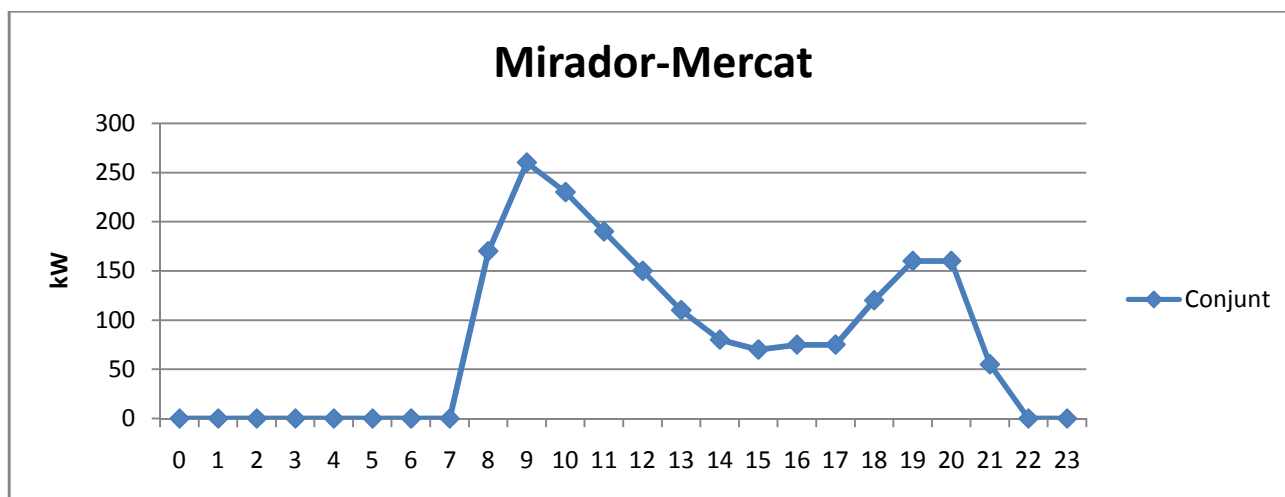


Figura 6: Perfil Demanda Mirador-Mercat. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Ajuntament.

Comparant la Figura 7 i la Figura 8, es pot veure que el perfil de consum és molt similar, varien les demandes màximes, però està tot mogut una hora de diferència entre els dos perfils. Aquest fet està associat a que el Mirador comença l'activitat una hora abans que el Mercat. Aquesta diferència horària és el que ens permet reduir els pics de demanda de potència, podent dimensionar més bé els equips en el futur. També podem veure que si la calefacció s'engega 1 o 2 hores abans de l'ocupació a una

temperatura menor a la de consigna a l'hora d'ocupació no caldria fer un salt tant gran, només 2 o 3 graus i per tant, s'evita un pic de demanda provocat per un intent d'escalfar l'interior ràpid fixant una consigna superior a l'estipulada, i per tant, gastant més del que tocaria per escalfar fins a la temperatura de consigna.

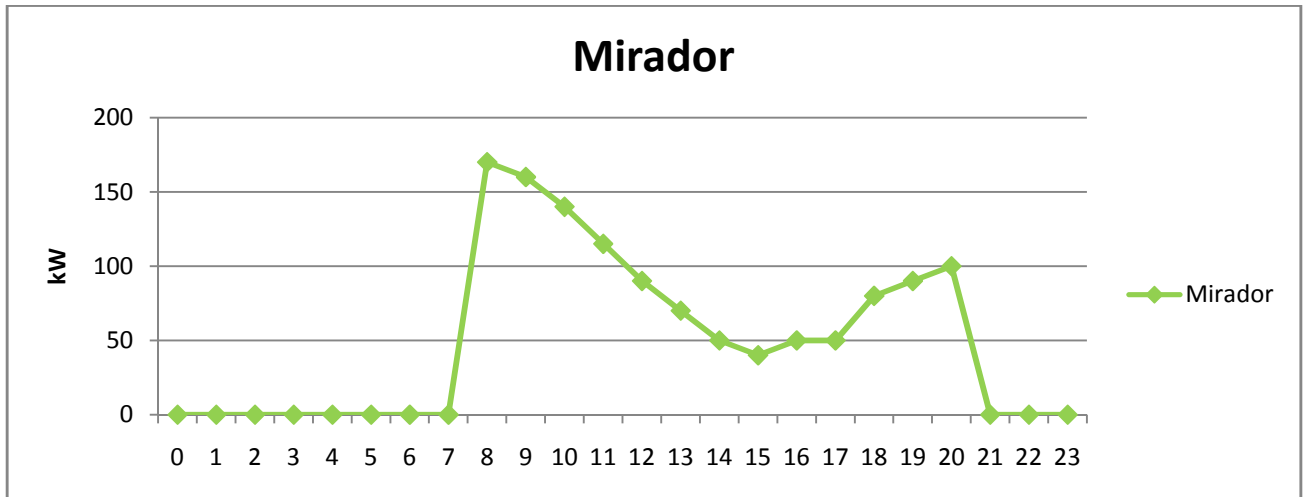


Figura 7: Perfil Demanda Mirador. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Ajuntament.

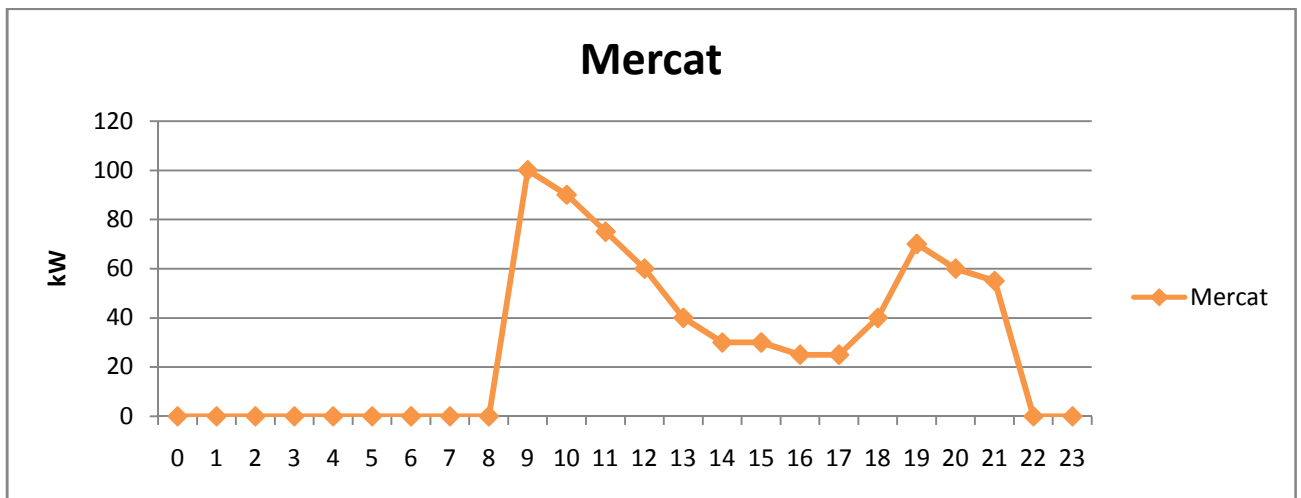


Figura 8: Perfil Demanda Mercat. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Ajuntament.

## 4. Biomassa Disponible

En aquest apartat s'ha analitzat per una banda el potencial màxim de biomassa disponible al Puig de la Creu. I després s'ha estudiat les necessitats de biomassa de tots els edificis municipals de Castellar del Vallès, ja que fer una estimació de la producció per només un edifici no té sentit, primer pels costos fixes associats a l'explotació forestal i segon perquè no s'eliminarà prou combustible per reduir el risc d'incendis i plagues.

### 5.1. Estudi del Puig de la Creu

La biomassa disponible en termes de sostenibilitat s'entén com aquella quantitat de biomassa forestal produïda per un bosc en un any, extracció de la qual no reduirà la biomassa del bosc respecte la de l'any anterior, ni afectarà negativament el funcionament del bosc. És a dir, s'extreu una quantitat igual o menor de biomassa respecte a la produïda de forma neta pel bosc.

Per calcular la biomassa disponible del Puig de la Creu, s'ha fet servir la base de dades del CREA: mapa de cobertes del Sòl, edició 2009[7]. Amb aquesta base de dades cartogràfica es pot delimitar les superfícies ocupades per cada espècie al Puig de la Creu.

Un criteri de selecció afegit és la superfície de capçada o de recobriment superior al 70%, via ortofoto o foto de satèl·lit es pot estimar. Aplicant aquest segon criteri, el bosc del puig, que es selecciona amb la base de dades, és pot explotar en la major part<sup>1</sup>.

A la Taula 7 podem veure la superfície total de cada espècie al Puig de la Creu. De tota la superfície de bosc susceptible de ser explotada de manera sostenible caldria començar per les zones més propoeres a pistes forestals i anar adequant els camins per permetre un accés pràctic a totes les zones del bosc que es vulgui mantenir com a explotació.

| <b>Espècie:</b>         | <b><i>Quercus ilex</i></b> | <b><i>Pinus halepensis</i></b> | <b><i>Pinus pinea</i></b> |
|-------------------------|----------------------------|--------------------------------|---------------------------|
| <b>Superfície [ha]:</b> | 500                        | 3988                           | 62                        |

Taula 7: Superfície ocupació de les diferents espècies al Puig de la Creu. Font: Elaboració pròpia a partir del mapa de cobertes del Sòl del CREA, Il·lustracions 1, 2, 3 i 4.

Per estimar la producció de biomassa del bosc d'un any per l'altre s'ha usat les dades de creixement per hectàrea de l'Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya: Regió Forestal V, corresponent al Vallès Occidental[8]. De les dades s'han agafat els valors promig per les tres espècies esmentades i s'han obtingut els següents resultats:

<sup>1</sup> Realment degut a la ventada de finals de l'any 2014, hi ha zones que ara no tenen prou capçada per arribar al 70%, són poques, però no surten a les ortofotos perquè són massa velles.

| Espècie             | <i>Quercus ilex</i> | <i>Pinus halepensis</i> | <i>Pinus pinea</i> |
|---------------------|---------------------|-------------------------|--------------------|
| <b>Total(T/any)</b> | 1400                | 13.559                  | 149                |

Taula 8: Productivitat màxima del Puig de la Creu, en pes sec, 0% humitat. Font: Elaboració pròpia a partir de les taules Annexes 14, 15 i 16.

Aquests valors són els màxims possibles si es pogués extreure tota la biomassa que s'afegeix cada any al bosc. Realment la producció anual serà menor perquè el bosc no és uniforme i hi ha zones de pedregar i molt pendent on la productivitat serà menor, però per tenir-les en compte cal fer un estudi detallat de camp.

## 5.2. Anàlisi necessitats Castellar

Per cobrir la demanda de Castellar s'ha fet servir les dades de PCI de la Taula Annexes 18 i la biomassa disponible comparant les dades de consum de tots els edificis municipals Taula Annexes 6 per comprovar la quantitat de la producció anual necessària.

En aquesta estimació no s'ha tingut en compte els rendiments dels equips i s'ha suposat que tots poden cremar biomassa forestal al mateix rendiment.

Primer s'ha calculat el consum promig dels edificis de Castellar: és de 2271 MWh l'any. Amb aquesta dada i els PCI de les diverses llenyes s'ha calculat quina fracció de la producció anual seria necessària per poder cobrir la demanda:

$$\text{Fracció de la producció} : \frac{2.271 \text{ MWh Consum}}{51.342 \frac{\text{MWh}}{\text{any}} \text{ de nova biomassa}} = 4,42\%$$

Només amb un 4,4% de la producció anual del bosc es podria cobrir la demanda total de Castellar, per tant, el bosc del Puig de la Creu té prou capacitat per assumir una explotació ben gestionada i planificada, com a mínim, per abastir els edificis municipals de les poblacions del voltant, ajudant així a reduir una mica la dependència energètica de l'exterior i a reduir el risc d'incendis al Puig de la Creu.

S'ha tenir en compte que aquesta aproximació s'ha calculat sense preveure cap millora arquitectònica, ni de pautes de comportament, ni de tecnologia sobre els edificis municipals. Totes accions imprescindibles si realment es vol tendir a una reducció de la dependència energètica.

## 5. Proposta tecnològica

S'ha escollit unes calderes okofen normal, Taula Annexes 14, de rendiment a plena càrrega 94% en promig i modulable. El rendiment a plena càrrega del model escollit és menor que els rendiments de les calderes de condensació actuals, però en canvi la capacitat de modulació de les noves calderes és molt major, fet que ens permet allargar la vida útil dels equips, reduir els costos del manteniment i si s'operen bé, obtenir un rendiment estacional igual o major al dels anteriors sistemes menys modulables.

En els anàlisis de les noves calderes s'ha suposat que el consum de l'Auditori, edifici annex al Mirador que funciona amb gasoil, també es cobreix amb els nous sistemes. Es pot cobrir aquest consum de l'auditori perquè el seu horari d'ús és invers als dels altres edificis, evitant així solapament de demandes pic.

## 6. Anàlisi econòmic de les accions de millora

L'anàlisi econòmic de les propostes de millora s'ha fet a través del Càlcul de VAN o Valor Actual Net tenint com a principi com més positiu millor, s'ha calculat sobre tres escenaris diferents:

- Substitució del doble vidre del Mirador per doble vidre amb cambra d'aire
- Caldera pèl·let local
- Vidre + caldera pèl·let local

### 6.1. Metodologia càlcul del VAN

El VAN es defineix com el valor actualitzat dels rendiments esperats, per prendre decisions només en criteris econòmics s'escullen aquells projectes que maximitzen el VAN.

El càlcul del VAN es fa segons la següent equació:

$$VAN = -A + \frac{Q_1}{1+k} + \frac{Q_n}{(1+k)^n}$$

On, A= Inversió inicial,

K= taxa de descompte,

Q<sub>n</sub>= flux de caixa a l'any n, i és la diferència entre Ingressos i Costos. En un projecte on la inversió es fa per obtenir estalvis els Ingressos són la diferència entre els Cost/Consum pre projecte i el cost/Consum post projecte. I els costos inclouen Manteniment, Impostos, dividends, però en un projecte d'eficiència es redueix al manteniment.

En els càlculs de VAN que s'han realitzat s'ha escollit una taxa de descompte del 5%.

Pels càlculs s'ha suposat que els preus de l'energia es mantenen constants, que el consum és el mateix i que no hi ha canvi d'hàbits a part de les accions proposades.

Pels càlculs també s'ha tingut l'estalvi en emissions de CO2 eq. tenint en compte 6 preus diferents: 0, 1, 8, 15, 20 i 26,86 €/tona de CO2 eq. El preu que representa el valor actual és 8€/t CO2 eq[9]. El preu de 26,86€/t CO2 eq. es deu a el màxim històric que s'ha trobat.

## 6.2. Escenaris de Millora

A continuació es presenten els resultats econòmics dels escenaris de Millora més favorables.

### 6.2.1. **Substitució del doble vidre del Mirador per doble vidre amb cambra d'aire**

L'estimació de costos de la substitució és de 83.92€/m<sup>2</sup>[10]. La superfície a substituir és de 454 m<sup>2</sup>, la inversió és de 38.133€. Estalvis anuals d'energia estimats 181.520 kWh i en combustible impliquen un estalvi de 11.680€.

|     | €/t CO2 eq |           |           |           |           |           |
|-----|------------|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| VAN | 0          | 1         | 8         | 15        | 20        | 26,86     |
|     | 107.444 €  | 107.900 € | 111.092 € | 114.285 € | 116.565 € | 119.693 € |

Taula 9: VAN millora vidres en funció del cost de la tona de CO2 eq. Font: Elaboració pròpia.

El projecte de substitució dels vidres és totalment aconsellable en criteris econòmics i energètics. No es presenta els VAN dels altres projectes de substitució de vidres ja que l'objectiu era demostrar els beneficis de la substitució, si es decideix posar en pràctica els resultats obtinguts és necessari fer un estudi més a fons.

### 6.2.2. **Caldera alimentada amb pèl·let local**

Suposant que es pacta amb una fàbrica de pèl·lets que el municipi li proporciona la llenya i la fàbrica retorna la meitat del pèl·let obtingut.

El cost del pèl·let seria de 0.0417€/kWh. Per suplir el consum de l'edifici Mirador-Mercat i de l'Auditori de 457.985 kWh l'any. Estalvis de 0,023 €/kWh respecte el Gas Natural i de 0,054 €/kWh respecte el Gasoil.

|     | €/t CO2 eq |          |          |          |          |         |
|-----|------------|----------|----------|----------|----------|---------|
| VAN | 0          | 1        | 8        | 15       | 20       | 26,86   |
|     | 49.602 €   | 50.529 € | 57.020 € | 63.511 € | 68.147 € | 74.508€ |

Taula 10: VAN caldera pèl·let local en funció del cost de la tona de CO2 eq. Font: Elaboració pròpia.

El projecte de substitució de les calderes i usar pèl·let del bosc del Puig és totalment aconsellable en criteris econòmics i energètics.

### 6.2.3. Vidre + caldera pèl·let local.

L'aplicació conjunta de les dos accions de millora anteriors redueix el VAN de la substitució de la caldera, per un efecte que es gasta menys. Tot i això, les dos accions conjuntes són aconsellable en criteris econòmics i energètics.

|            | €/t CO2 eq |         |          |          |          |          |
|------------|------------|---------|----------|----------|----------|----------|
|            | 0          | 1       | 8        | 15       | 20       | 26,86    |
| <b>VAN</b> | 5.540 €    | 6.141 € | 10.346 € | 14.551 € | 17.555 € | 21.676 € |

Taula 11: VAN vidres + caldera pèl·let local en funció del cost de la tona de CO2 eq. Font: Elaboració pròpia.

## 7. Conclusions

- L'edifici del Mirador-Mercat no es va fer sota cap criteri d'eficiència energètica, i des de les hores no s'ha actuat activament sobre els aspectes estructurals, que en edificis com aquest, façana principal de vidre, són crítics per poder racionalitzar el consum. Per tant, té un marge de millora en reducció de pèrdues de calor molt significatiu. Les accions de millora s'han d'aplicar ja, no hi ha cap motiu econòmic en contra d'executar-les.
- La combinació d'accions de millora bioclimàtica permet obtenir grans reduccions del consum, 50%, amb inversions baixes.
- La conducció és un fenomen que explica gran part del consum en els edificis, 80%, tot i això cal tenir altres aspectes en compte com les pèrdues per radiació i la sensació de fred del personal.
- El perfil de consum del dia tipus ens indica un sobre dimensionament dels equips de calefacció, fet que permet reduir la inversió en noves calderes a l'adequar correctament la potència necessària.
- Una encesa progressiva dels equips, una o dues hores abans de que s'ocupi els espais, reduiria els pics de demanda màxima de primera hora.
- Comparant el perfil de consum amb els horaris de l'Auditori podem veure que acoblar l'Auditori al sistema Mirador-Mercat de calefacció és completament viable, perquè les demandes pic no es solapen. I que és necessari per substituir el sistema de gasoil de l'Auditori.
- La producció anual de biomassa al Puig de la Creu és suficient per cobrir tota la demanda dels edificis municipals de Castellar del Vallès. Amb un 4,42% de la producció anual es cobriria la demanda de tots els edificis. La demanda del

Mirador-Mercat es cobriria amb un 0,89%. Per tant, com a combustible local és totalment viable en quantitat.

- L'estudi de la biomassa disponible s'hauria d'actualitzar amb les dades de la ventada del 12/2014, que va afectar una gran massa de bosc de Castellar.
- La correcta gestió del bosc implicaria l'ús d'un recurs local, generació de feina local i preservació del territori. Els avantatges de l'explotació forestal superen els estrictament econòmics, com són la reducció d'incendis i l'augment de la biodiversitat del bosc augmentant-ne la resiliència.
- L'aplicació conjunta de les dos accions de millora anteriors redueix el VAN de la substitució de la caldera, per la reducció de consum, tot i això continua sent molt recomanable, econòmicament i energèticament, aplicar les dos accions conjuntament.
- L'acció de millora que s'ha d'aplicar perquè econòmicament és molt favorable, màxim VAN, i energèticament molt interessant és la substitució del doble vidre per vidre doble amb cambra d'aire.
- Les reduccions d'emissions de CO<sub>2</sub> eq. són directament proporcionals als estalvis d'energia en la substitució dels vidres. Per tant, hi ha un potencial de reducció del 30 al 70% respecte l'actualitat. Per substitució del combustible, s'estima una reducció de 48 tones de CO<sub>2</sub> eq. a l'any.

#### Propostes de Millora

- Utilitzar un termòstat precintat regulable per evitar manipulacions de la temperatura de consigna. I conscienciar al personal de les bones pràctiques com no deixar la porta oberta, utilitzar roba adequada al temps, etc, són essencials pel bon funcionament de l'edifici.
- Revisió amb una càmera tèrmica del circuit d'aigua calenta i freda.
- Suposant que del consum elèctric per refrigeració el 50% és del Mercat, per les seves grans càrregues internes tèrmiques d'equips elèctrics com neveres, persones i il·luminació, es pot plantejar la possibilitat d'instal·lar un sistema de refrigeració adiabàtica[11][12].

#### **Abstract**

This work has been focused on the analysis of the main heating consumptions of a municipal building by studying architectural and technological corrective actions. If possible, an economical and technical analysis has been carried out for each proposal.

The results show that the building studied has a wide range of improvement in terms of lost heat reduction through conduction and convection.



In line with this, the use of forest biomass from 'El Puig de la Creu' as an alternative energetic source for the thermal energy needs of the building, in order to reduce the energetic dependence of fossils fuels and the deriving negative effects has been studied. In order to estimate the forest production, Geographic Information System (GIS) along with the growth forest rates have been used.

The study shows that the forest chosen has enough production to cover all the municipal buildings, with an annual production of 4.4%. It is noteworthy, that this forest production might become a fire risk, instead of an energetic resource, if it is not properly used.

The separated and simultaneously economical analysis of both actions, lost reduction and technological change to biomass, are favorable in all cases.

## Bibliografia

- [1] “Idescat. Institut d’Estadística de Catalunya. Pàgina principal.” [Online]. Disponible: <http://www.idescat.cat/>. [Última visita: 20-Jun-2015].
- [2] “Ajuntament de Castellar del Vallès.” [Online]. Disponible: <http://www.castellarvalles.cat/14374/equipament/466/>. [Última visita: 21-Jun-2015].
- [3] C. C. del V. Occidental, “el Vallès Occidental,” p. 8.
- [4] B. C. D. E. L. Any, “Butlletí climàtic de l’any 2010,” no. 93, pp. 38–48, 2011.
- [5] M. Villarubia, “Mecanismos de Transmisión de Calor.”
- [6] L. J. Banyeras, *GESTIÓN ENERGÉTICA EN SECTORES NO INDUSTRIALES : EDIFICACIÓN* . 2015.
- [7] “Mapa de Cobertes del Sòl de Catalunya.” [Online]. Disponible: <http://www.creaf.uab.es/mcsc/>. [Última visita: 24-Jun-2015].
- [8] “Inventari Ecològic i Forestal de Catalunya - IEFC.” [Online]. Disponible: <http://www.creaf.uab.cat/iefc/>. [Última visita: 20-Jun-2015].
- [9] “Emisiones co2 | Vender co2 | Comprar co2 | Bolsa co2 | Negociación derechos co2.” [Online]. Disponible: <http://www.sendeco2.com/>. [Última visita: 20-Jun-2015].
- [10] “Generador de precios de la construcción. España. CYPE Ingenieros, S.A.” [Online]. Disponible: <http://www.generadordeprecios.info/>. [Última visita: 24-Jun-2015].
- [11] P. Oc and I. Por, “Bioclimatización por técnicas evaporativas.” .
- [12] “Climatización Evaporativa: Ahorro energético en climatización.” [Online]. Disponible: <http://www.biocool.info/>. [Última visita: 24-Jun-2015].
- [13] M. Villarrubia, “Grados día y grados hora de calefacción y refrigeración.”
- [14] “FisicaNet - Tabla de Conductividad Térmica [Física - Termodinámica].” [Online]. Disponible: [http://www.fisicanet.com.ar/fisica/termodinamica/tb03\\_conductividad.php](http://www.fisicanet.com.ar/fisica/termodinamica/tb03_conductividad.php). [Última visita: 23-Jun-2015].
- [15] “Pellematic Maxi caldera de 56 kw | OkoFEN calderas de pellets.” [Online]. Disponible: [http://www.okofen.es/es/pellematic\\_maxi/](http://www.okofen.es/es/pellematic_maxi/). [Última visita: 24-Jun-2015].

- [16] "Biomassa forestal i principals combustibles."
- [17] "Inici. Centre de la Propietat Forestal. Generalitat de Catalunya." [Online]. Disponible: <http://cpf.gencat.cat/ca/>. [Última visita: 24-Jun-2015].
- [18] A. Mentrestant and B. Blanques, "Full Informatiu dels productes forestals a Catalunya," 2013.
- [19] "Inici. Institut Català d'Energia. Generalitat de Catalunya." [Online]. Disponible: <http://icaen.gencat.cat/ca/index.html>. [Última visita: 20-Jun-2015].

## Annexes

### Índex taules Annexes

|  |    |
|--|----|
| Taula Annexes 1: Superfície Mirador i Mercat.....  | 23 |
| Taula Annexes 2: Característiques de les 3 façanes del Mirador.....  | 23 |
| Taula Annexes 3: Característiques de les 2 façanes del Mercat i de la teulada.....   | 23 |
| Taula Annexes 4: Volum a climatitzar .....   | 23 |
| Taula Annexes 5: Estimació graus dia.....  | 25 |
| Taula Annexes 6: Consums en kWh dels Edificis Municipals .....   | 29 |
| Taula Annexes 7: Estimació transferència de calor amb l'ambient, El Mirador .....  | 31 |
| Taula Annexes 8: Estimació transferència de calor amb l'ambient, El Mercat.....  | 31 |
| Taula Annexes 9: Resistència tèrmica vidre doble instal·lat .....  | 32 |
| Taula Annexes 10: Resistència tèrmica vidre amb cambra d'aire, proposta de substitució .....                                   | 32 |
| Taula Annexes 11: Millora vidres Mirador. ....   | 33 |
| Taula Annexes 12: Millora vidres Mercat.....   | 33 |
| Taula Annexes 13: Equips de Climatització Mirador-Mercat .....   | 34 |
| Taula Annexes 14: Proposta equips de pèl·let. ....   | 34 |
| Taula Annexes 15: Estimació de biomassa total i de producció anual d'alzina .....  | 36 |
| Taula Annexes 16: Estimació de biomassa total i de producció anual de pi blanc.....  | 37 |
| Taula Annexes 17: Estimació de biomassa total i de producció anual de pi pinyoner ..   | 37 |
| Taula Annexes 18: PCI dels diferents combustibles en funció de la humitat .....  | 38 |
| Taula Annexes 19: Càlcul del Cash flow per la Millora dels vidres.....   | 39 |
| Taula Annexes 20: Càlcul del VAN a 20 anys, taxa de descompte ja aplicada .....  | 40 |
| Taula Annexes 21: Costos explotació bosc.....  | 40 |
| Taula Annexes 22: Càlcul del Cash flow per la substitució de les calderes.....   | 41 |
| Taula Annexes 23: Càlcul del VAN a 20 anys, taxa de descompte ja aplicada.....   | 41 |
| Taula Annexes 24: Càlcul del Cash flow per la substitució de les calderes amb la reducció de consum de canviar els vidres..... | 42 |
| Taula Annexes 25: Càlcul del VAN a 20 anys, taxa de descompte ja aplicada.....   | 43 |
| Taula Annexes 26: Factor d'emissió de les diferents fonts d'energia .....  | 43 |

## Annex 1: Característiques Arquitectòniques

| Planta  |               | Superfície<br>m <sup>2</sup> |
|---------|---------------|------------------------------|
| Mirador | Plaça (Accés) | 495                          |
|         | Primera       | 780                          |
|         | Segona        | 315                          |
|         | <b>Total</b>  | <b>1590</b>                  |
| Mercat  | Planta única  | 1500                         |

Taula Annexes 1: Superfície Mirador i Mercat. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades facilitades per l'Ajuntament de Castellar del Vallès.

| Façana       | Orientació | Llargada | Alçada<br>m | Pisos | Superfície<br>m <sup>2</sup> | Finestres i<br>portes | Paret  |
|--------------|------------|----------|-------------|-------|------------------------------|-----------------------|--------|
| Principal    | SE         | 65       | 3,2         | 3     | 624                          | 70,00%                | 30,00% |
| Carrer Colom | SO         | 20       | 3,2         | 2     | 128                          | 10,00%                | 90,00% |
| Plaça Major  | NE         | 15       | 3,2         | 2     | 96                           | 5,00%                 | 95,00% |

Taula Annexes 2: Característiques de les 3 façanes del Mirador. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades facilitades per l'Ajuntament de Castellar del Vallès.

| Façana                       | Orientació | Llargada | Alçada<br>m | Superfície<br>m <sup>2</sup> | Finestres i<br>portes | Paret   |
|------------------------------|------------|----------|-------------|------------------------------|-----------------------|---------|
| Carretera Sabadell-Sentmenat | SE         | 44       | 3,2         | 140,8                        | 85,00%                | 15,00%  |
| Carrer Colom                 | SO         | 44       | 3,2         | 140,8                        | 91,00%                | 9,00%   |
| Teulada                      | -          | 39       | -           | 1500                         | 0,00%                 | 100,00% |

Taula Annexes 3: Característiques de les 2 façanes del Mercat i de la teulada. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades facilitades per l'Ajuntament de Castellar del Vallès.

| Edifici | Volum<br>m <sup>3</sup> |
|---------|-------------------------|
| Mirador | 5085                    |
| Mercat  | 4500                    |

Taula Annexes 4: Volum a climatitzar. Font: Elaboració pròpia a partir de les taules de característiques arquitectòniques: taula 1 i taules annexes 1 i 2.

## Annex 2: Model auditoria Climatització dels edificis

### A) Edifici

Tota la informació de l'auditoria és el resultat de la visita als edificis i les respostes obtingudes, conjuntament amb la informació facilitada pel tècnic municipal Samuel Romero.

#### Fitxa tècnica

Nom: Mirador-Mercat

Localització: Castellar del Vallès

#### Característiques Edifici:

|                     |                         |                 |
|---------------------|-------------------------|-----------------|
| Superfície total:   | Plantes:                | Altura plantes: |
| 3100 m <sup>2</sup> | Mirador: 3<br>Mercat: 1 | 3.2 m           |

#### Característiques Pell

|                              |                   |   |
|------------------------------|-------------------|---|
| Façanes exteriors:*          | Façanes mitgeres: | Superfície vidre(%):                        |
| 3 el mirador.<br>2 el mercat | 1                 | *Observacions hi ha la taula on es defineix |

#### Tipologia finestres

|                |              |                       |   |
|----------------|--------------|-----------------------|---|
| Vidre senzill: | Vidre doble: | Marc(Material):       | Altres: Com doble vidre amb cambra d'aire? No |
| No             | Sí           | inexistent<br>Alumini |   |

#### Observacions:

|         | Façana                       | Finestres i portes | Paret  |
|---------|------------------------------|--------------------|--------|
| Mirador | Principal                    | 70,00%             | 30,00% |
|         | Carrer Colom                 | 10,00%             | 90,00% |
|         | Plaça Major                  | 5,00%              | 95,00% |
| Mercat  | Carretera Sabadell-Sentmenat | 85,00%             | 15,00% |
|         | Carrer Colom                 | 91,00%             | 9,00%  |

#### B) Condicions Climàtiques

Temperatura mitjana hivern(període de calefacció): 10°C

Graus Dia: 1391

### Observacions:

El càlcul dels Grau dia s'ha elaborat seguint la metodologia proposada pel Miguel Villarubia en el document [13]. Dades de l'AEMET estació BCN Fabra dels anys 1926 al 2012, per manca de dades més fiables. Al ser dades de Barcelona s'ha de tenir en compte que hi ha un error associat a la variabilitat climàtica respecte Castellar, aproximadament la Temperatura promig de Castellar s'estima que és 0.5-1°C menor, i la humitat 20-30% menor.

| Calefacció             |          | T base °C |        |           |            |
|------------------------|----------|-----------|--------|-----------|------------|
| Tmd                    | Tmd      | nd        | 18     | Graus dia |            |
| Inferior               | Superior | °C        | Dies   | 18-Tm     | nd*(18-Tm) |
| -6,5                   | -5,5     | -6        | 0      | 24        | 0          |
| -5,5                   | -4,5     | -5        | 3      | 23        | 69         |
| -4,5                   | -3,5     | -4        | 4      | 22        | 88         |
| -3,5                   | -2,5     | -3        | 7      | 21        | 147        |
| -2,5                   | -1,5     | -2        | 17     | 20        | 340        |
| -1,5                   | -0,5     | -1        | 27     | 19        | 513        |
| -0,5                   | 0,5      | 0         | 64     | 18        | 1152       |
| 0,5                    | 1,5      | 1         | 106    | 17        | 1802       |
| 1,5                    | 2,5      | 2         | 147    | 16        | 2352       |
| 2,5                    | 3,5      | 3         | 267    | 15        | 4005       |
| 3,5                    | 4,5      | 4         | 396    | 14        | 5544       |
| 4,5                    | 5,5      | 5         | 576    | 13        | 7488       |
| 5,5                    | 6,5      | 6         | 824    | 12        | 9888       |
| 6,5                    | 7,5      | 7         | 1125   | 11        | 12375      |
| 7,5                    | 8,5      | 8         | 1470   | 10        | 14700      |
| 8,5                    | 9,5      | 9         | 1709   | 9         | 15381      |
| 9,5                    | 10,5     | 10        | 1698   | 8         | 13584      |
| 10,5                   | 11,5     | 11        | 1461   | 7         | 10227      |
| 11,5                   | 12,5     | 12        | 1237   | 6         | 7422       |
| 12,5                   | 13,5     | 13        | 1034   | 5         | 5170       |
| 13,5                   | 14,5     | 14        | 855    | 4         | 3420       |
| 14,5                   | 15,5     | 15        | 691    | 3         | 2073       |
| 15,5                   | 16,5     | 16        | 633    | 2         | 1266       |
| 16,5                   | 17,5     | 17        | 636    | 1         | 636        |
| 17,5                   | 18,5     | 18        | 603    | 0         | 0          |
| <b>Total (86 anys)</b> |          |           | 15.590 | 119.642   |            |
|                        |          |           | GDCTb  | 1391      |            |

Taula Annexes 5: Estimació graus dia. Font: Elaboració pròpia amb les dades de BCN Fabra.

### C)Ús: gent

#### Característiques Generals

| Hores dia ús:                    | Dies setmana ús:        | Ocupació sales:   | Ocupació plantes: (Si és diferent)   |
|----------------------------------|-------------------------|---|--|
| Mirador: 8-20h<br>Mercat: 9-21 h | Mirador: 5<br>Mercat: 6 | Mirador:Parcial,<br>sobretot pis inferior.<br>Mercat: Total | Mirador: 8-20h<br>-Baixa: 8-20h<br>-Primera: 17-20h<br>-Segon: Puntual<br>Mercat: 9-21 h |

#### Observacions:

#### CaracterístiquesTèrmiques

| Control de Temperatura***(Si o No) | Termòstat(manual, automàtic) | Temperatura de consigna:        | Sistema de climatització: (radiadors, terra..): | Altres: |
|------------------------------------|------------------------------|---------------------------------|---|---------|
| Sí                                 | Sí per sistema de telegestió | Mirador: 20/25<br>Mercat: 20/25 | Fan coils                                       |         |

#### Observacions:

El comentaris rebuts indiquen que a l'estiu no es segueix la temperatura de consigna i realment es treballa a una de menor, ja que el personal ha de portar roba per escalfar-se; o que 25°C és una temperatura massa baixa tenint en compte el caràcter d'oficines administratives del Mirador on el personal no es mou.



## D)Tipus de calefacció

### Equip de climatització:

| Sistema de climatització:<br>(radiadors, terra..) | Fuel:       | Model:   | Especificacions<br>tècniques:                                 | Potència Nominal:                  |
|---|-------------|--|---|------------------------------------|
| Fan coils   | Gas Natural | Alt rendiment<br>ACV<br>2 calderes en<br>cascada Ferroli | Rendiment promig del<br>100%. Són sistemes<br>de condensació. | ACV de 150 kW<br>Ferroli de 125 kW |

### Observacions:

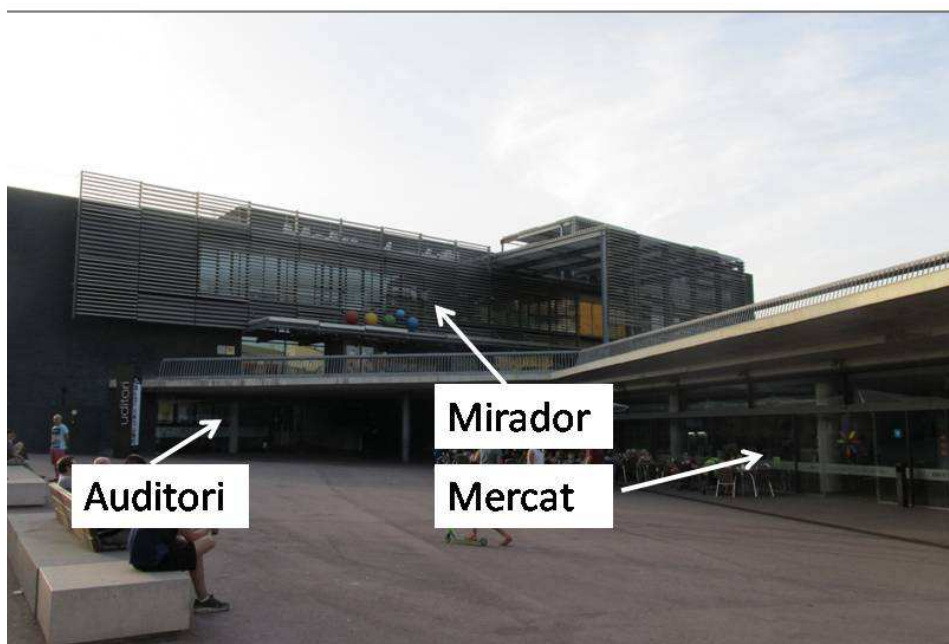
Mesos de Consum de calefacció:

Gener a Maig 1-5

Octubre a Desembre 10-12

Total: 8/12

Foto on es poden veure el Mirador i el Mercat. A la fotografia també es pot veure que l'Auditori és un edifici annex al Mirador-Mercat. Font: Elaboració pròpia.





### Annex 3: Taula Resum Consums Edificis Municipals

| Denominació                        | Consum TOTAL 2010 | Consum TOTAL 2011 | Consum TOTAL 2012 | Consum TOTAL 2013 | Consum TOTAL 2014 |
|------------------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|
|                                    | kWh               | kWh               | kWh               | kWh               | kWh               |
| Escola Emili Carles Tolrà          | 173.611           | 123.633           | 147.431           | 122.764           | 60.122            |
| Prat de la Riba, 17 - Casal d'avis | 85.427            | 59.015            | 65.234            | 86.132            | 31.024            |
| Prat de la Riba 19                 | 369.438           | 178.905           | 162.727           | 161.602           | 121.229           |
| Jutjat de Pau                      | 27.475            | 13.628            | 12.587            | 20.623            | 7.565             |
| Camp Futbol                        | 65.552            | 60.493            | 60.477            | 72.188            | 66.850            |
| Sant Llorenç, 7                    | 57.913            | 35.315            | 41.930            | 61.480            | 28.726            |
| C.E.I.P Mestre Plà                 | 366.063           | 226.647           | 213.533           | 184.272           | 169.066           |
| Pav. Joaquim Blume                 | 64.453            | 57.084            | 56.150            | 49.333            | 52.942            |
| Pistes Atletisme                   | 134.287           | 98.815            | 84.377            | 112.653           | 85.203            |
| CEIP Joan Blanquer                 | 223.083           | 156.048           | 167.499           | 145.285           | 108.153           |
| Caldes 56 - Esc. Música            | 75.240            | 60.775            | 63.923            | 89.980            | 27.953            |
| Pavelló -Pedrosa                   | 179.177           | 113.816           | 132.185           | 176.951           | 133.716           |
| Mercat                             | 504.040           | 354.223           | 296.989           | 326.586           | 325.508           |
| Pav. Puigvert                      | 171.617           | 187.875           | 244.457           | 412.201           | 201.140           |
| CEIP Bonavista                     | 148.876           | 106.051           | 114.094           | 103.279           | 74.576            |
| Escola Sol i Lluna                 |                   | 215.045           | 232.360           | 208.921           | 221.149           |
| Parvulari Sant Esteve              |                   | 42.736            | 46.346            | 51.549            | 35.416            |
| Escola taller                      |                   |                   | 17.202            | 31.959            | 7.635             |
| Escola tallers 2                   |                   |                   | 26.195            | 29.707            | 30.274            |
| Auditori (Gasoil)                  |                   |                   |                   |                   | 83.433            |
| Palau Tolrà (Gasoil)               |                   |                   |                   |                   | 114.721           |
| <b>Total</b>                       | <b>2.646.252</b>  | <b>2.090.252</b>  | <b>2.185.696</b>  | <b>2.447.465</b>  | <b>1.788.247</b>  |
| <b>Amb gasoil</b>                  | <b>2.646.252</b>  | <b>2.090.252</b>  | <b>2.185.696</b>  | <b>2.447.465</b>  | <b>1.986.401</b>  |

Taula Annexes 6: Consums en kWh dels Edificis Municipals. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades proporcionades per l'Ajuntament.

## El Mirador

### **Annex 4: Taules conducció**

Per calcular les pèrdues de calor per conducció s'ha fet servir els següents càlculs[5]:

$$Q = A * \frac{(T_i - T_e)}{R}, \text{ on } R = \frac{L}{k} \text{ (*Resistència Tèrmica*)}$$

Els valors de A, L, Ti i Te s'ha obtingut de les taules Taula Annexes 2, Taula Annexes 3 i de la Taula 1.

K= Conductivitat tèrmica, específica de cada material [W/m K].

Els valors de k són[14]:

- Vidre: 0.8 W/m K
- Formigó: 1.8 W/ m K

A= àrea de cada paret o superfície de vidre [m<sup>2</sup>].

Ti i Te= Temperatura interior (de consigna) i exterior (Promig període de calefacció) [°C].

L= Gruix capa del material [m].

Q= potencial de transferència de calor [W].

**El Mirador:** 120 dies l'any de període de calefacció

| Orientació     | Tipologia |              | Rt                 | Potència         | Superfície     | Q    | Q       | %    | $\Delta T$ |    |
|----------------|-----------|--------------|--------------------|------------------|----------------|------|---------|------|------------|----|
|                | Material  | Gruix        |                    |                  |                |      |         |      |            |    |
|                |           | m            | m <sup>2</sup> K/W | W/m <sup>2</sup> | m <sup>2</sup> | W    | kWh/dia |      | K          |    |
| <b>Teulada</b> |           | Teula argila | 0,15               | 3,75             | 2,7            | 315  | 840     | 10   | 0,6%       | 10 |
| <b>Paret</b>   | Nord-Est  | Formigó      | 0,2                | 0,11             | 90             | 91   | 8208    | 98   | 6,2%       | 10 |
|                | Nord-Oest | Formigó      | 0,2                | 0,11             | 90             | 69   | 6178    | 74   | 4,6%       | 10 |
|                | Sud-Est   | Formigó      | 0,2                | 0,11             | 90             | 187  | 16848   | 202  | 12,6%      | 10 |
|                | Sud-Oest  | Formigó      | 0,2                | 0,11             | 90             | 115  | 10368   | 124  | 7,8%       | 10 |
| <b>Vidre</b>   | Nord-Est  | Doble        | 0,04               | 0,05             | 200            | 5    | 960     | 12   | 0,7%       | 10 |
|                | Nord-Oest | Doble        | 0,04               | 0,05             | 200            | 0    | 0       | 0    | 0,0%       | 10 |
|                | Sud-Est   | Doble        | 0,04               | 0,05             | 200            | 437  | 87360   | 1048 | 65,5%      | 10 |
|                | Sud-Oest  | Doble        | 0,04               | 0,05             | 200            | 13   | 2560    | 31   | 1,9%       | 10 |
|                |           |              |                    |                  | 1163           | 1232 | 133322  | 1600 | 100%       |    |

Taula Annexes 7: Estimació transferència de calor amb l'ambient, El Mirador. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades proporcionades per l'Ajuntament i les taules annexes 1,2,3,4 de característiques arquitectòniques.

**El Mercat:** 144 dies l'any de període de calefacció

| Orientació     | Tipologia |              | Rt                 | Potència         | Superfície     | Q    | Q       | %   | $\Delta T$ |    |
|----------------|-----------|--------------|--------------------|------------------|----------------|------|---------|-----|------------|----|
|                | Material  | Gruix        |                    |                  |                |      |         |     |            |    |
|                |           | m            | m <sup>2</sup> K/W | W/m <sup>2</sup> | m <sup>2</sup> | W    | kWh/dia |     | K          |    |
| <b>Teulada</b> |           | Teula argila | 1                  | 4,65             | 2,2            | 1500 | 3228    | 39  | 5,0%       | 10 |
| <b>Paret</b>   | Nord-Est  | Formigó      | 0,2                | 0,16             | 63             | 131  | 8200    | 98  | 12,8%      | 10 |
|                | Nord-Oest | Formigó      | 0,2                | 0,11             | 90             | 0    | 0       | 0   | 0,0%       | 10 |
|                | Sud-Est   | Formigó      | 0,2                | 0,11             | 90             | 21   | 1901    | 23  | 3,0%       | 10 |
|                | Sud-Oest  | Formigó      | 0,2                | 0,11             | 90             | 13   | 1140    | 14  | 1,8%       | 10 |
| <b>Vidre</b>   | Nord-Est  | Doble        | 0,04               | 0,05             | 200            | 0    | 0       | 0   | 0,0%       | 10 |
|                | Nord-Oest | Doble        | 0,04               | 0,05             | 200            | 0    | 0       | 0   | 0,0%       | 10 |
|                | Sud-Est   | Doble        | 0,04               | 0,05             | 200            | 120  | 23936   | 287 | 37,4%      | 10 |
|                | Sud-Oest  | Doble        | 0,04               | 0,05             | 200            | 128  | 25626   | 308 | 40,0%      | 10 |
|                |           |              |                    |                  | 1135           | 1913 | 64031   | 768 | 100%       |    |

Taula Annexes 8: Estimació transferència de calor amb l'ambient, El Mercat. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades proporcionades per l'Ajuntament i les taules annexes 1,2,3,4 de característiques arquitectòniques.

| <b>Vidre doble</b> |      |       |                    |
|--------------------|------|-------|--------------------|
| <b>Material</b>    | L    | k     | Rt                 |
|                    | m    | W/m K | m <sup>2</sup> K/W |
| <b>Vidre</b>       | 0,02 | 0,8   | 0,025              |
| <b>Vidre</b>       | 0,02 | 0,8   | 0,025              |
| <b>Total</b>       | 0,04 |       | 0,05               |

Taula Annexes 9: Resistència tèrmica vidre doble instal·lat. Font: Elaboració pròpia a partir de les característiques arquitectòniques.

| <b>Vidre doble amb cambra d'aire</b> |       |       |                    |
|--------------------------------------|-------|-------|--------------------|
| <b>Material</b>                      | L     | k     | Rt                 |
|                                      | m     | W/m K | m <sup>2</sup> K/W |
| <b>Vidre</b>                         | 0,012 | 0,8   | 0,02               |
| <b>Aire</b>                          | 0,02  | 0,026 | 0,77               |
| <b>Vidre</b>                         | 0,012 | 0,8   | 0,02               |
| <b>Total</b>                         | 0,044 |       | 0,8                |

Taula Annexes 10: Resistència tèrmica vidre amb cambra d'aire, proposta de substitució. Font: Elaboració pròpia.

| Orientació     | Tipologia    |         | Rt     | Potència | Superfície | Q    | Q       | %    | $\Delta T$ |    |
|----------------|--------------|---------|--------|----------|------------|------|---------|------|------------|----|
|                | Material     | Gruix   |        |          |            |      |         |      |            |    |
|                |              | m       | m2 K/W | W/m2     | m2         | kW   | kWh/dia |      | K          |    |
| <b>Teulada</b> | Teula argila | 0,15    | 3,75   | 2,67     | 315        | 840  | 10      | 1,7% | 10         |    |
| <b>Paret</b>   | Nord-Est     | Formigó | 0,2    | 0,11     | 90,0       | 91   | 8208    | 98   | 17,1%      | 10 |
|                | Nord-Oest    | Formigó | 0,2    | 0,11     | 90,0       | 69   | 6178    | 74   | 12,8%      | 10 |
|                | Sud-Est      | Formigó | 0,2    | 0,11     | 90,0       | 187  | 16848   | 202  | 35,0%      | 10 |
|                | Sud-Oest     | Formigó | 0,2    | 0,11     | 90,0       | 115  | 10368   | 124  | 21,5%      | 10 |
| <b>Vidre</b>   | Nord-Est     | Doble   | 0,04   | 0,80     | 12,5       | 5    | 60      | 1    | 0,1%       | 10 |
|                | Nord-Oest    | Doble   | 0,04   | 0,80     | 12,5       | 0    | 0       | 0    | 0,0%       | 10 |
|                | Sud-Est      | Doble   | 0,04   | 0,80     | 12,5       | 437  | 5465    | 66   | 11,4%      | 10 |
|                | Sud-Oest     | Doble   | 0,04   | 0,80     | 12,5       | 13   | 160     | 2    | 0,3%       | 10 |
|                |              |         |        |          | 1163       | 1232 | 48127   | 578  | 100%       |    |

Taula Annexes 11: Millora vidres Mirador. Font: Elaboració pròpia a partir de les taules annexes 7 i 11.

| Orientació     | Tipologia    |         | Rt     | Potència | Superfície | Q    | Q       | %   | $\Delta T$ |    |
|----------------|--------------|---------|--------|----------|------------|------|---------|-----|------------|----|
|                | Material     | Gruix   |        |          |            |      |         |     |            |    |
|                |              | m       | m2 K/W | W/m2     | m2         | W    | kWh/dia |     | K          |    |
| <b>Teulada</b> | Teula argila | 1       | 4,65   | 2,2      | 1500       | 3228 | 39      | 23% | 10         |    |
| <b>Paret</b>   | Nord-Est     | Formigó | 0,2    | 0,16     | 63         | 131  | 8200    | 98  | 57%        | 10 |
|                | Nord-Oest    | Formigó | 0,2    | 0,11     | 90         | 0    | 0       | 0   | 0%         | 10 |
|                | Sud-Est      | Formigó | 0,2    | 0,11     | 90         | 21   | 1901    | 23  | 13%        | 10 |
|                | Sud-Oest     | Formigó | 0,2    | 0,11     | 90         | 13   | 1140    | 14  | 8%         | 10 |
| <b>Vidre</b>   | Nord-Est     | Doble   | 0,04   | 0,05     | 200        | 0    | 0       | 0   | 0%         | 10 |
|                | Nord-Oest    | Doble   | 0,04   | 0,05     | 200        | 0    | 0       | 0   | 0%         | 10 |
|                | Sud-Est      | Doble   | 0,04   | 0,80     | 12,51      | 120  | 1497    | 18  | 10%        | 10 |
|                | Sud-Oest     | Doble   | 0,04   | 0,80     | 12,51      | 128  | 1603    | 19  | 11%        | 10 |
|                |              |         |        |          | 1135       | 1913 | 14342   | 211 | 100%       |    |

Taula Annexes 12: Millora vidres Mercat. Font: Elaboració pròpia a partir de les taules annexes 8 i 10.

| Equips                     | Funció       | Unitats | Potència Nominal<br>kW | Rendiment | Font d'Energia |
|----------------------------|--------------|---------|------------------------|-----------|----------------|
| Caldera alt rendiment ACV  | Calefacció   | 1       | 150                    | 100%      | GN             |
| Caldera en cascada Ferroli | Calefacció   | 2       | 125                    | 100%      | GN             |
| <b>Potència Calefacció</b> |              |         | 400                    |           |                |
| Refrigeradora de 4 etapes  | Refrigeració | 2       | 160                    | ?         | Electricitat   |

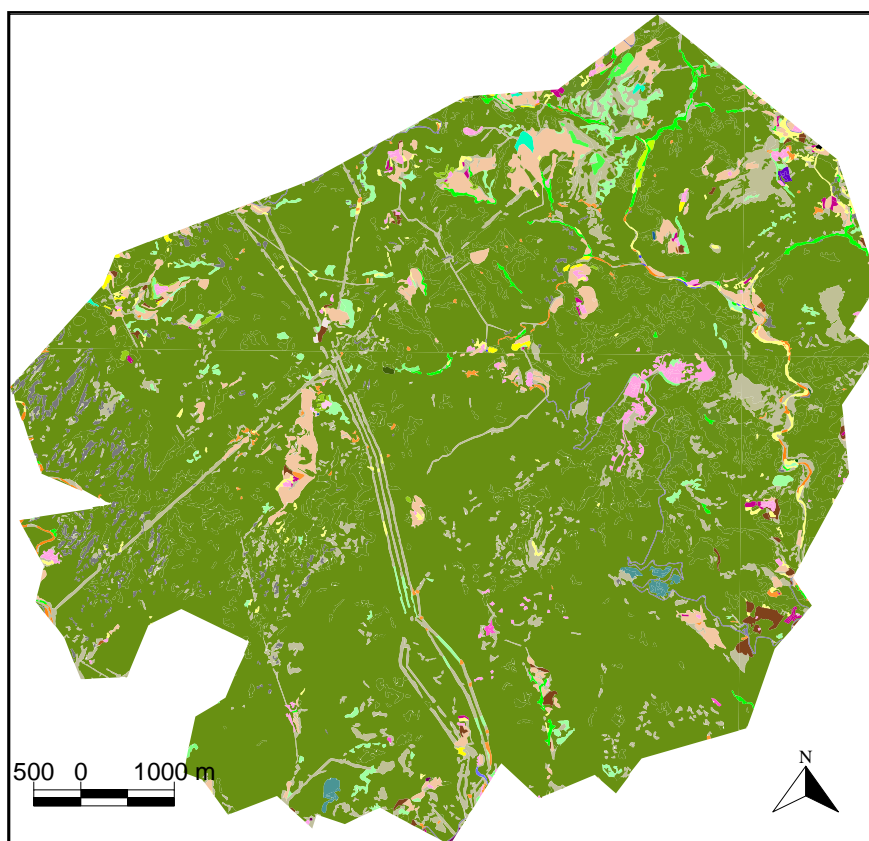
Taula Annexes 13: Equips de Climatització Mirador-Mercat. Font: Elaboració pròpia a partir de les dades de l'Ajuntament.

| Equips      | Unitats | Potència Nominal<br>kW | Rendiment | Càrrega Parcial<br>kW | Rendiment | Preu<br>€ |
|-------------|---------|------------------------|-----------|-----------------------|-----------|-----------|
| ÖkoFen maxi | 1       | 224                    | 95%       | 17                    | 91,1%     | 49.562 €  |
| ÖkoFen maxi | 1       | 96                     | 93%       | 15                    | 91,1%     | 24.003 €  |
| ÖkoFen maxi | 1       | 48                     | 92,5%     | 20                    | 91,1%     | 12.975 €  |

Taula Annexes 14: Proposta equips de pèl·let. Font: Elaboració pròpia [15].

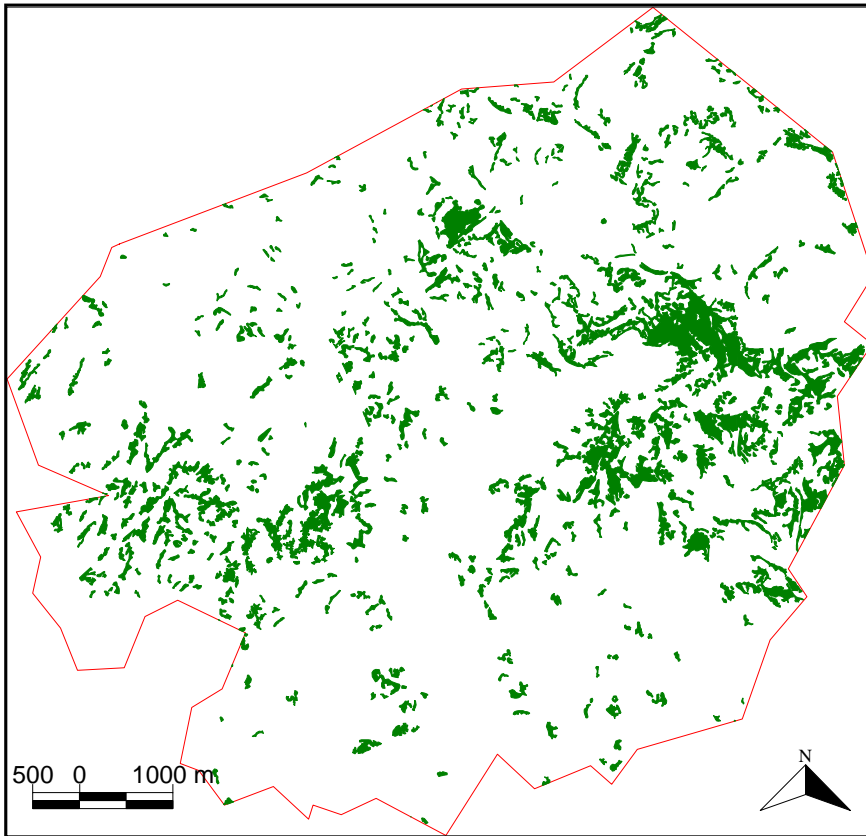
## Annex 5: Biomassa Disponible:

Mapes

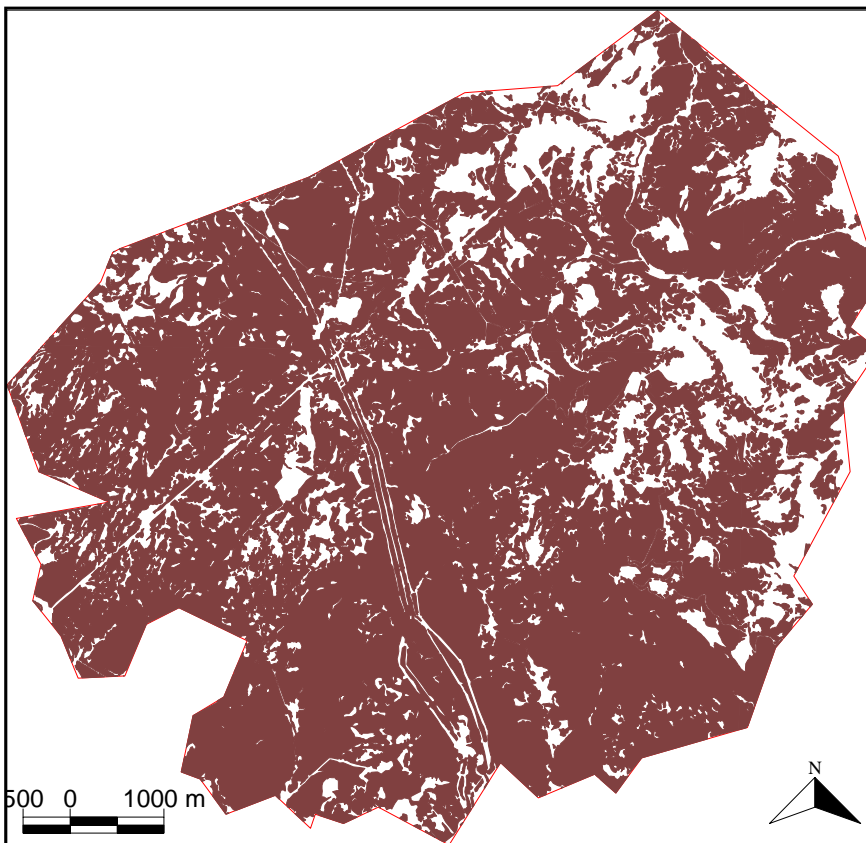


Il·lustració 1: Mapa de cobertes del Sòl del Puig de la Creu. Font: Elaboració pròpia a partir de la base de dades cobertes del Sòl 2009 del CREA.

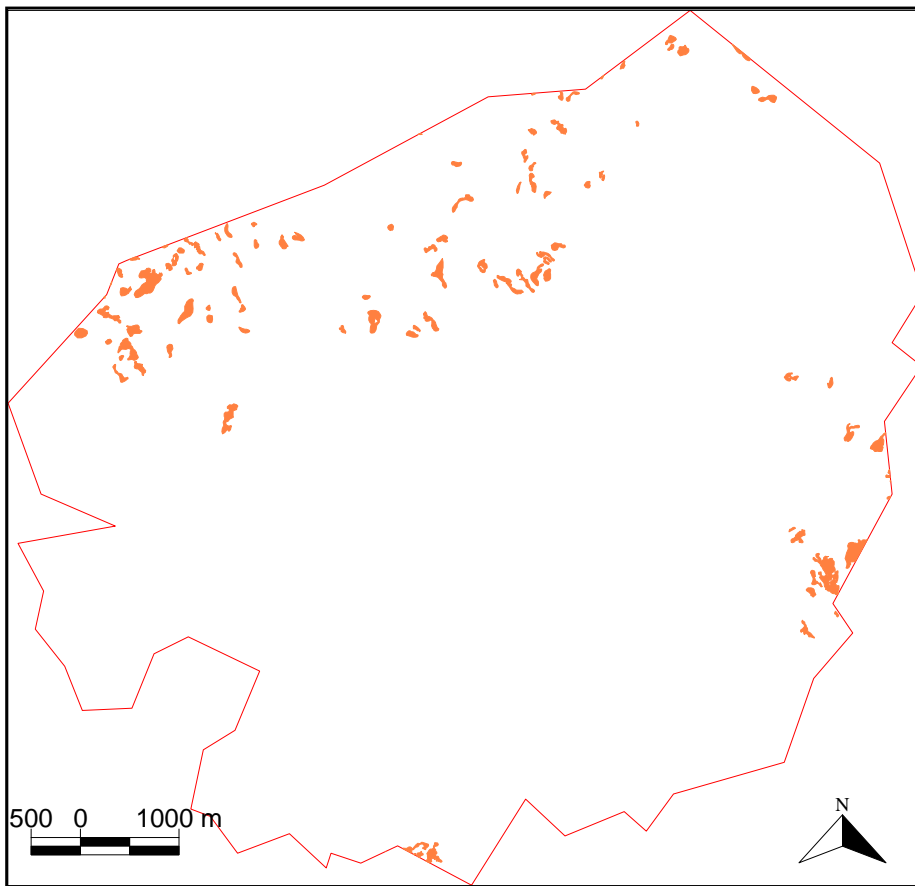




Il·lustració 2: Alzinars del Puig de la Creu. Font: Elaboració pròpia partir de la base de dades cobertes del Sòl 2009 del CREAF.



Il·lustració 3: Pinedes de Pi Blanc del Puig de la Creu. Font: Elaboració pròpia partir de la base de dades cobertes del Sòl 2009 del CREAF.



Il·lustració 4: Pinedes de Pi pinyer del Puig de la Creu. Font: Font: Elaboració pròpia partir de la base de dades cobertes del Sòl 2009 del CREA.

## Taules

*Quercus ilex*= Alzina

*Pinus halepensis*= Pi blanc

*Pinus pinea* = Pi pinyoner

| <i>Quercus ilex</i>            |                             |                     |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| Hectàrea                       | 500                         |                     |
| Volum(T/ha)                    | <b>Valors de referència</b> | <b>Total (T)</b>    |
| <b>Fusta</b>                   | 46,7                        | 23350,0             |
| <b>Escorça</b>                 | 7,8                         | 3900,0              |
| <b>branques</b>                | 19                          | 9500,0              |
| <b>llenyosa aèria total</b>    | 73,6                        | 36800,0             |
| <b>fulles</b>                  | 4,6                         | 2300,0              |
|                                |                             |                     |
| Producció(T/ha*any)            | <b>Valors de referència</b> | <b>Total(T/any)</b> |
| <b>Fusta</b>                   | 1,8                         | 900,0               |
| <b>Escorça</b>                 | 0,3                         | 150,0               |
| <b>Branques</b>                | 0,7                         | 350,0               |
| <b>Llenyosa aèria total</b>    | 2,8                         | 1400,0              |
| <b>Total biomassa produïda</b> |                             | <b>1400,0</b>       |

Taula Annexes 15: Estimació de biomassa total i de producció anual d'alzina. Font: Elaboració pròpia a partir de la taula 7 i l'inventari forestal del CREA.

| <b><i>Pinus halepensis</i></b> |                             |                     |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| <b>Hectàrea</b>                | 3988                        |                     |
| <b>Volum(T/ha)</b>             | <b>Valors de referència</b> | <b>Total (T)</b>    |
| <b>Fusta</b>                   | 47,3                        | 188632,4            |
| <b>Escorça</b>                 | 14,4                        | 57427,2             |
| <b>branques</b>                | 12,7                        | 50647,6             |
| <b>llenyosa aèria total</b>    | 74,4                        | 296707,2            |
| <b>fulles</b>                  | 2,3                         | 9172,4              |
|                                |                             |                     |
| <b>Producció(T/ha*any)</b>     | <b>Valors de referència</b> | <b>Total(T/any)</b> |
| <b>Fusta</b>                   | 2,2                         | 8773,6              |
| <b>Escorça</b>                 | 0,7                         | 2791,6              |
| <b>Branques</b>                | 0,5                         | 1994                |
| <b>Llenyosa aèria total</b>    | 3,5                         | 13958               |
| <b>Total biomassa produïda</b> |                             | <b>13559</b>        |

Taula Annexes 16: Estimació de biomassa total i de producció anual de pi blanc. Font: Elaboració pròpia a partir de la taula 7 i l'inventari forestal del CREAM.

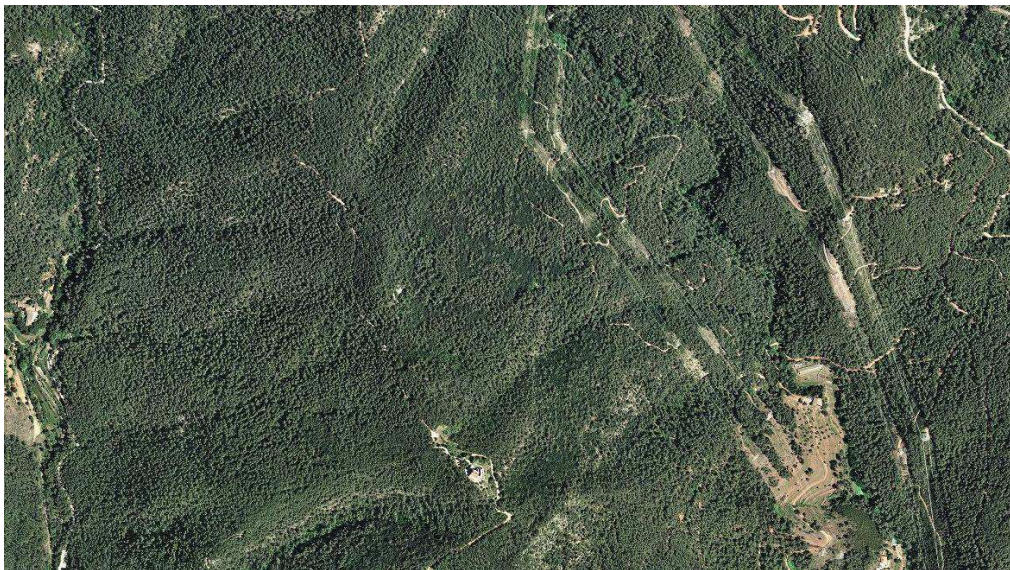
| <b><i>Pinus pinea</i></b>      |                             |                     |
|--------------------------------|-----------------------------|---------------------|
| <b>Hectàrees</b>               | 62                          |                     |
| <b>Volum(T/ha)</b>             | <b>Valors de referència</b> | <b>Total (T)</b>    |
| <b>Fusta</b>                   | 42,2                        | 2616,4              |
| <b>Escorça</b>                 | 12,5                        | 775                 |
| <b>branques</b>                | 20,6                        | 1277,2              |
| <b>llenyosa aèria total</b>    | 75,2                        | 4662,4              |
| <b>fulles</b>                  | 3,5                         | 217                 |
|                                |                             |                     |
| <b>Producció(T/ha*any)</b>     | <b>Valors de referència</b> | <b>Total(T/any)</b> |
| <b>Fusta</b>                   | 1,6                         | 99,2                |
| <b>Escorça</b>                 | 0,4                         | 24,8                |
| <b>Branques</b>                | 0,7                         | 24,8                |
| <b>Llenyosa aèria total</b>    | 2,7                         | 167,4               |
| <b>Total biomassa produïda</b> |                             | <b>149</b>          |

Taula Annexes 17: Estimació de biomassa total i de producció anual de pi pinyoner. Font: Elaboració pròpia a partir de la taula 7 i l'inventari forestal del CREAM.

|         | PCI              |             | kWh/t        |  |
|---------|------------------|-------------|--------------|--|
| Humitat | Pinus halepensis | Pinus pinea | Quercus ilex |  |
| 0%      | 5082             | 5374        | 5307         |  |
| 30%     | 3354             | 3558        | 3811         |  |

Taula Annexes 18: PCI dels diferents combustibles en funció de la humitat. Font: Elaboració pròpia a partir de [16] i [17].

## Ortofotos



Il·lustració 5: Exemple ortofoto usada per determinar la cobertura del bosc. Font: Institut Cartogràfic i Geològic de Catalunya.

## Annex 7: VAN

- Substitució del doble vidre del Mirador per doble vidre amb cambra d'aire

| €/t CO2 eq   | Inversió | Ingressos(Estalvi) | Ingressos CO2 | Cash Flow explotació | Reserves |
|--------------|----------|--------------------|---------------|----------------------|----------|
| 0            | 38.133 € | 11.681             | 0 €           | 11.681               | 11.681 € |
| 1            | 38.133 € | 11.681             | 37 €          | 11.718               | 11.718 € |
| 8            | 38.133 € | 11.681             | 293 €         | 11.974               | 11.974 € |
| 15           | 38.133 € | 11.681             | 549 €         | 12.230               | 12.230 € |
| 20           | 38.133 € | 11.681             | 732 €         | 12.413               | 12.413 € |
| <b>26,86</b> | 38.133 € | 11.681             | 983 €         | 12.664               | 12.664 € |

Taula Annexes 19: Càlcul del Cash flow per la Millora dels vidres. Font: Elaboració pròpia.

|            | €/t CO2 eq |          |          |          |          |          |
|------------|------------|----------|----------|----------|----------|----------|
|            | 0          | 1        | 8        | 15       | 20       | 26,86    |
| <b>A</b>   | 38.133 €   | 38.133 € | 38.133 € | 38.133 € | 38.133 € | 38.133 € |
| <b>Q1</b>  | 11.125     | 11.160   | 11.404   | 11.648   | 11.822   | 12.061   |
| <b>Q2</b>  | 10.595     | 10.629   | 10.861   | 11.093   | 11.259   | 11.487   |
| <b>Q3</b>  | 10.091     | 10.123   | 10.344   | 10.565   | 10.723   | 10.940   |
| <b>Q4</b>  | 9.610      | 9.640    | 9.851    | 10.062   | 10.213   | 10.419   |
| <b>Q5</b>  | 9.153      | 9.181    | 9.382    | 9.583    | 9.726    | 9.923    |
| <b>Q6</b>  | 8.717      | 8.744    | 8.935    | 9.127    | 9.263    | 9.450    |
| <b>Q7</b>  | 8.302      | 8.328    | 8.510    | 8.692    | 8.822    | 9.000    |
| <b>Q8</b>  | 7.906      | 7.931    | 8.105    | 8.278    | 8.402    | 8.572    |
| <b>Q9</b>  | 7.530      | 7.554    | 7.719    | 7.884    | 8.002    | 8.164    |
| <b>Q10</b> | 7.171      | 7.194    | 7.351    | 7.508    | 7.621    | 7.775    |
| <b>Q11</b> | 6.830      | 6.851    | 7.001    | 7.151    | 7.258    | 7.405    |

|            |                |                |                |                |                |                |
|------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|----------------|
| Q12        | 6.505          | 6.525          | 6.668          | 6.810          | 6.912          | 7.052          |
| Q13        | 6.195          | 6.214          | 6.350          | 6.486          | 6.583          | 6.716          |
| Q14        | 5.900          | 5.918          | 6.048          | 6.177          | 6.270          | 6.396          |
| Q15        | 5.619          | 5.637          | 5.760          | 5.883          | 5.971          | 6.092          |
| Q16        | 5.351          | 5.368          | 5.486          | 5.603          | 5.687          | 5.802          |
| Q17        | 5.097          | 5.113          | 5.224          | 5.336          | 5.416          | 5.525          |
| Q18        | 4.854          | 4.869          | 4.976          | 5.082          | 5.158          | 5.262          |
| Q19        | 4.623          | 4.637          | 4.739          | 4.840          | 4.912          | 5.012          |
| Q20        | 4.403          | 4.416          | 4.513          | 4.610          | 4.678          | 4.773          |
| <b>VAN</b> | <b>107.444</b> | <b>107.900</b> | <b>111.092</b> | <b>114.285</b> | <b>116.565</b> | <b>119.693</b> |

Taula Annexes 20: Càlcul del VAN a 20 anys, taxa de descompte ja aplicada. Font: Elaboració pròpia a partir de taula annexes 19.

- Caldera pèl·let local

| Costos explotació bosc | €/dia | Total   |
|------------------------|-------|---------|
| Tractorista            | 94,4  | 4.720 € |
| Encarregat             | 98,9  | 4.945 € |
|                        | €/t   |         |
| Transport fins a 75 km | 13    | 3.550 € |
| Tallar i carregar      | 21,5  | 5.872 € |

Taula Annexes 21: Costos explotació bosc. Font: Elaboració pròpia[18].

| €/t CO2 eq | Inversió | Ingressos(Estalvi) | Ingressos CO2 | Cash Flow explotació | Amortització contable | Reserves |
|------------|----------|--------------------|---------------|----------------------|-----------------------|----------|
| 0          | 89.040 € | 12.175             | 0 €           | 11.125               | 4.452 €               | 6.673 €  |
| 1          | 89.040 € | 12.175             | 74 €          | 11.199               | 4.452 €               | 6.747 €  |
| 8          | 89.040 € | 12.175             | 595 €         | 11.720               | 4.452 €               | 7.268 €  |
| 15         | 89.040 € | 12.175             | 1.116 €       | 12.241               | 4.452 €               | 7.789 €  |
| 20         | 89.040 € | 12.175             | 1.488 €       | 12.613               | 4.452 €               | 8.161 €  |

|              |          |        |         |        |         |         |
|--------------|----------|--------|---------|--------|---------|---------|
| <b>26,86</b> | 89.040 € | 12.175 | 1.999 € | 13.124 | 4.452 € | 8.672 € |
|--------------|----------|--------|---------|--------|---------|---------|

Taula Annexes 22: Càlcul del Cash flow per la substitució de les calderes. Font: Elaboració pròpia.

| €/t CO2 eq |          |          |          |          |          |         |
|------------|----------|----------|----------|----------|----------|---------|
|            | 0        | 1        | 8        | 15       | 20       | 26,86   |
| <b>A</b>   | 89.040 € | 89.040 € | 89.040 € | 89.040 € | 89.040 € | 89.040€ |
| <b>Q1</b>  | 10.595   | 10.666   | 11.162   | 11.658   | 12.012   | 12.499  |
| <b>Q2</b>  | 10.091   | 10.158   | 10.631   | 11.103   | 11.440   | 11.903  |
| <b>Q3</b>  | 9.610    | 9.674    | 10.124   | 10.574   | 10.896   | 11.337  |
| <b>Q4</b>  | 9.153    | 9.214    | 9.642    | 10.071   | 10.377   | 10.797  |
| <b>Q5</b>  | 8.717    | 8.775    | 9.183    | 9.591    | 9.883    | 10.283  |
| <b>Q6</b>  | 8.302    | 8.357    | 8.746    | 9.134    | 9.412    | 9.793   |
| <b>Q7</b>  | 7.906    | 7.959    | 8.329    | 8.700    | 8.964    | 9.327   |
| <b>Q8</b>  | 7.530    | 7.580    | 7.933    | 8.285    | 8.537    | 8.883   |
| <b>Q9</b>  | 7.171    | 7.219    | 7.555    | 7.891    | 8.131    | 8.460   |
| <b>Q10</b> | 6.830    | 6.875    | 7.195    | 7.515    | 7.743    | 8.057   |
| <b>Q11</b> | 6.505    | 6.548    | 6.853    | 7.157    | 7.375    | 7.673   |
| <b>Q12</b> | 6.195    | 6.236    | 6.526    | 6.816    | 7.023    | 7.308   |
| <b>Q13</b> | 5.900    | 5.939    | 6.215    | 6.492    | 6.689    | 6.960   |
| <b>Q14</b> | 5.619    | 5.656    | 5.920    | 6.183    | 6.370    | 6.628   |
| <b>Q15</b> | 5.351    | 5.387    | 5.638    | 5.888    | 6.067    | 6.313   |
| <b>Q16</b> | 5.096    | 5.131    | 5.369    | 5.608    | 5.778    | 6.012   |
| <b>Q17</b> | 4.854    | 4.886    | 5.114    | 5.341    | 5.503    | 5.726   |
| <b>Q18</b> | 4.623    | 4.654    | 4.870    | 5.086    | 5.241    | 5.453   |
| <b>Q19</b> | 4.403    | 4.432    | 4.638    | 4.844    | 4.991    | 5.193   |
| <b>Q20</b> | 4.193    | 4.221    | 4.417    | 4.614    | 4.754    | 4.946   |
| <b>VAN</b> | 49.602   | 50.529   | 57.020   | 63.511   | 68.147   | 74.508  |

Taula Annexes 23: Càlcul del VAN a 20 anys, taxa de descompte ja aplicada. Font: Elaboració pròpia a partir de taula annexes 22.

- Vidres + Caldera pèl·let local

| €/t CO2 eq   | Inversió | Ingressos(Estalvi) | Ingressos CO2 | Cash Flow explotació | Amortització contable | Reserves |
|--------------|----------|--------------------|---------------|----------------------|-----------------------|----------|
| <b>0</b>     | 89.040 € | 8.639              | 0 €           | 7.589                | 4.452 €               | 7.589 €  |
| <b>1</b>     | 89.040 € | 8.639              | 48 €          | 7.638                | 4.452 €               | 7.638 €  |
| <b>8</b>     | 89.040 € | 8.639              | 386 €         | 7.975                | 4.452 €               | 7.975 €  |
| <b>15</b>    | 89.040 € | 8.639              | 723 €         | 8.312                | 4.452 €               | 8.312 €  |
| <b>20</b>    | 89.040 € | 8.639              | 964 €         | 8.553                | 4.452 €               | 8.553 €  |
| <b>26,86</b> | 89.040 € | 8.639              | 1.295 €       | 8.884                | 4.452 €               | 8.884 €  |

Taula Annexes 24: Càlcul del Cash flow per la substitució de les calderes amb la reducció de consum de canviar els vidres. Font: Elaboració pròpia.

|            | €/t CO2 eq |          |          |          |          |         |
|------------|------------|----------|----------|----------|----------|---------|
|            | 0          | 1        | 8        | 15       | 20       | 26,86   |
| <b>A</b>   | 89.040 €   | 89.040 € | 89.040 € | 89.040 € | 89.040 € | 89.040€ |
| <b>Q1</b>  | 7.228      | 7.274    | 7.595    | 7.917    | 8.146    | 8.461   |
| <b>Q2</b>  | 6.884      | 6.927    | 7.234    | 7.540    | 7.758    | 8.058   |
| <b>Q3</b>  | 6.556      | 6.598    | 6.889    | 7.181    | 7.389    | 7.674   |
| <b>Q4</b>  | 6.244      | 6.283    | 6.561    | 6.839    | 7.037    | 7.309   |
| <b>Q5</b>  | 5.946      | 5.984    | 6.249    | 6.513    | 6.702    | 6.961   |
| <b>Q6</b>  | 5.663      | 5.699    | 5.951    | 6.203    | 6.383    | 6.629   |
| <b>Q7</b>  | 5.394      | 5.428    | 5.668    | 5.907    | 6.079    | 6.314   |
| <b>Q8</b>  | 5.137      | 5.169    | 5.398    | 5.626    | 5.789    | 6.013   |
| <b>Q9</b>  | 4.892      | 4.923    | 5.141    | 5.358    | 5.514    | 5.727   |
| <b>Q10</b> | 4.659      | 4.689    | 4.896    | 5.103    | 5.251    | 5.454   |



|            |       |       |        |        |        |        |
|------------|-------|-------|--------|--------|--------|--------|
| <b>Q11</b> | 4.437 | 4.466 | 4.663  | 4.860  | 5.001  | 5.194  |
| <b>Q12</b> | 4.226 | 4.253 | 4.441  | 4.629  | 4.763  | 4.947  |
| <b>Q13</b> | 4.025 | 4.050 | 4.229  | 4.408  | 4.536  | 4.711  |
| <b>Q14</b> | 3.833 | 3.857 | 4.028  | 4.198  | 4.320  | 4.487  |
| <b>Q15</b> | 3.651 | 3.674 | 3.836  | 3.998  | 4.114  | 4.273  |
| <b>Q16</b> | 3.477 | 3.499 | 3.653  | 3.808  | 3.918  | 4.070  |
| <b>Q17</b> | 3.311 | 3.332 | 3.479  | 3.627  | 3.732  | 3.876  |
| <b>Q18</b> | 3.154 | 3.174 | 3.314  | 3.454  | 3.554  | 3.692  |
| <b>Q19</b> | 3.003 | 3.022 | 3.156  | 3.290  | 3.385  | 3.516  |
| <b>Q20</b> | 2.860 | 2.879 | 3.006  | 3.133  | 3.224  | 3.348  |
| <b>VAN</b> | 5.540 | 6.141 | 10.346 | 14.551 | 17.555 | 21.676 |

Taula Annexes 25: Càlcul del VAN a 20 anys, taxa de descompte ja aplicada. Font: Elaboració pròpia a partir de taula annexes 24.

| Font energètica          | KgCo2eq./kWh |
|--------------------------|--------------|
| <b>Gasoil</b>            | 0,317        |
| <b>GN</b>                | 0,2016       |
| <b>Biomassa forestal</b> | 0,056        |

Taula Annexes 26: Factor d'emissió de les diferents fonts d'energia. Font: Elaboració pròpia a partir de dades proporcionades per l'ICTA.