



ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA I CIÈNCIES  
EXPERIMENTALS  
MÀSTER EN EFICIÈNCIA ENERGÈTICA I  
SOSTENIBILITAT

**PROPOSTA D'ALTERNATIVES BASADES EN LA BIOMASSA  
PER AL COL·LEGI I EL CENTRE DE DIA D'ATZENETA DEL  
MAESTRAT.**

**TREBALL FINAL DE MÀSTER**

AUTOR

*Vicent Escrig Rovira*

DIRECTORA

*Leonor Hernández López*

Castelló, octubre del 2018



## ÍNDEX GENERAL

---

	<b>MEMÒRIA.....</b>	<b>3</b>
1.	Introducció.....	7
2.	Objecte del projecte .....	9
3.	La biomassa .....	11
4.	Instal·lacions actuals.....	39
5.	càrregues tèrmiques i energia .....	48
6.	Estudi tècnic d'alternatives .....	65
7.	Alternativa escollida .....	110
8.	Emmagatzematge de la biomassa .....	111
9.	Viabilitat econòmica .....	123
10.	Bibliografia.....	126
	<b>PRESSUPOST.....</b>	<b>127</b>

# MEMÒRIA

---

## ÍNDEX DE LA MEMÒRIA

---

ÍNDEX GENERAL.....	2
1. Introducció.....	7
2. Objecte del projecte .....	9
3. La biomassa .....	11
3.1 Introducció.....	11
3.1.1 Energies renovables.....	11
3.1.2 Definició de biomassa.....	12
3.2 Situació de la biomassa.....	12
3.2.1 Situació a nivell global .....	12
3.2.2 Situació a nivell europeu .....	14
3.2.3 Situació a nivell espanyol.....	17
3.3 Fonts de biomassa .....	19
3.3.1 Estella.....	20
3.3.2 Pèl·let.....	21
3.3.3 Altres combustibles .....	23
3.3.4 Comparativa .....	25
3.4 Subministrament de biomassa .....	28
3.4.1 Pèl·let.....	30
3.4.2 Crosta d'ametlla.....	33
3.4.3 Estella de pi.....	37
3.4.4 Pinyol d'oliva.....	38
3.4.5 Comparació de subministraments .....	38

4.	Instal·lacions actuals.....	39
4.1	Col·legi públic.....	39
4.1.1	Descripció del col·legi .....	39
4.1.2	Descripció de la instal·lació actual.....	40
4.2	centre de dia .....	44
4.2.1	Descripció del centre de dia .....	44
4.2.2	descripció de la instal·lació actual .....	45
5.	càrregues tèrmiques i energia.....	48
5.1	Condicions climàtiques .....	48
5.2	Càlcul de les càrregues tèrmiques dels edificis .....	49
5.2.1	Càrregues tèrmiques del col·legi .....	51
5.2.2	Càrregues tèrmiques del centre de dia .....	54
5.3	Càlcul del consum d'energia en calefacció .....	57
5.3.1	Energia al col·legi .....	59
5.3.2	ENERGIA AL CENTRE DE DIA .....	63
6.	Estudi tècnic d'alternatives .....	65
6.1	Canvi del cremador .....	65
6.1.1	cremador del col·legi .....	68
6.1.2	Cremador del Centre de DIA .....	71
6.2	Canvi de la caldera .....	74
6.2.1	Caldera del col·legi.....	75
6.2.2	Caldera del Centre de Dia .....	83
6.3	Canvi de caldera amb un dipòsit d'inèrcia.....	87
6.3.1	El dipòsit d'inèrcia .....	87
6.3.2	Càlculs per al col·legi .....	89

6.3.3	Càlculs per al centre de dia.....	96
6.3.4	Caldera per al col·legi.....	102
6.3.5	Caldera per al centre de dia .....	104
6.3.6	Dipòsits d'inèrcia escollits .....	106
6.3.7	Cost de la instal·lació al col·legi.....	108
6.3.8	Cost de la instal·lació al Centre de Dia .....	109
7.	Alternativa escollida .....	110
8.	Emmagatzematge de la biomassa .....	111
8.1	Consideracions.....	111
8.2	Tipus d'emmagatzemament .....	113
8.2.1	Emmagatzematges prefabricats.....	113
8.2.2	Magatzem d'obra .....	116
8.3	Opció escollida.....	121
9.	Viabilitat econòmica .....	123
10.	Bibliografia.....	126

## 1. INTRODUCCIÓ

---

La consciència en la societat sobre la necessitat d'una disminució de l'ús de combustibles fòssils en la mesura d'allò possible i la creixent competitivitat de la tecnologia de la biomassa fan que aquesta comence a ser una opció cada dia més demandada en el sector de la climatització i, especialment, en l'entorn rural. L'enginyeria adquireix un gran valor afegit quan aquesta és un instrument per a millorar la qualitat de vida de les persones, el que inclou la protecció del medi ambient i la disminució dels costos de l'energia destinada a produir calor en l'àmbit de les famílies, empreses o institucions públiques i privades.

Les calderes de biomassa han arribat ja als nivells d'eficiència energètica i comoditat en l'ús dels que disposen les calderes de gas o gasoil, i el handicap continua sent la major necessitat d'espai per a l'emmagatzemament de combustible en forma de biomassa sòlida, que supera de llarg a l'espai necessari per emmagatzemar gasoil. En el cas del gas natural, és on la competitivitat de la biomassa es veu més compromesa degut al preu inferior de l'energia respecte el gasoil i la comoditat de no necessitar emmagatzemament.

D'una altra banda, cal tenir en compte que la dependència energètica dels països que no posseeixen petroli en el seu subsòl respecte dels països productors és un llast important per a l'economia dels primers. El petroli és una matèria necessària per a la composició de materials molt comuns en la nostra vida quotidiana i una font d'energia que, en moltes aplicacions, encara no ha trobat un substitut competitiu. L'objectiu dels països importadors de petroli ha de ser el de reduir el consum d'aquest en totes aquelles aplicacions que tinguen una alternativa factible, i l'objectiu de l'enginyeria en aquest camp ha de ser el d'eixamplar el nombre d'aplicacions amb aquesta alternativa factible més enllà de la climatització. En el cas del gas, també estem parlant d'un combustible fòssil el subministrament del qual es pot veure compromès per conflictes geopolítics que es produeixen al planeta.

La globalització de l'economia fins als nivells actuals ha amenaçat l'equilibri de l'economia local en moltes poblacions de l'entorn rural on els productes locals no poden competir amb el preu de les importacions. Amb el sector de la climatització s'obre una oportunitat per a aquest entorn rural l'economia del qual necessita reinventar-se. La biomassa és un producte local que guanya competitivitat com menys transport necessita des del punt de producció/extracció fins al punt de consum, i que en molts casos es tracta del subproducte d'una activitat que es duu a terme en la



mateixa zona i al qual se li dóna un valor o el producte de la neteja d'un entorn natural. L'energia d'aquesta biomassa haurà generat llocs de treball i activitat econòmica en la zona, a banda de calor. És també aquesta contribució a la dinamització del teixit social de les comarques interiors del País Valencià el que li dóna un valor afegit a aquest projecte.

## 2. OBJECTE DEL PROJECTE

---

L'objecte d'aquest projecte és optimitzar els recursos públics que l'Ajuntament d'Atzeneta destina a la climatització de l'escola i el centre de DIA (residència de dia, sense pernoctacions, per a les persones majors) durant el període hivernal aprofitant el menor cost de l'energia obtinguda a partir de biomassa sòlida respecte del gasoil. Així, s'analitzaran les diverses alternatives per adaptar les instal·lacions de calefacció actuals, que funcionen amb gasoil C, a l'ús de la biomassa sòlida.

A més a més, es farà un estudi de les fonts de biomassa disponibles a les comarques de Castelló que puguen ser utilitzades a les instal·lacions estudiades d'Atzeneta. L'objectiu no és més que donar un retorn sobre el territori a partir d'una inversió de diners públics de l'Ajuntament d'Atzeneta i que pugui repercutir en millorar la qualitat de vida dels seus ciutadans: donar un valor afegit a l'agricultura i ramaderia, crear llocs de treball en l'àmbit forestal, etc.

Amb aquest objectiu, es realitza una anàlisi de les càrregues tèrmiques de tot l'edifici del col·legi mitjançant el programa de càlcul tèrmic ClimaV2 per estimar la potència real necessària i es realitza un càlcul del consum d'energia anual mitjà amb el mètode dels graus-dia, que es compara amb el consum actual de gasoil de la instal·lació. Es fa un estudi detallat de les alternatives a l'hora del canvi de combustible, de gasoil C a biomassa, en les seues vessants tècnica i econòmica:

1. Canvi de les calderes de gasoil C per unes noves calderes de biomassa amb capacitat per a cobrir la potència real punta calculada amb el ClimaV2.
2. Canvi del cremador de gasoil C per un cremador de biomassa capaç de cobrir la potència real punta, mantenint el cos de la caldera actual.
3. Canvi de les calderes actuals per unes de biomassa amb una potència nominal més baixa que la potència punta demandada i un dipòsit d'inèrcia per a, amb una determinada estratègia de gestió, cobrir tota la demanda tèrmica.

Amb qualsevol de les opcions, plantejament tècnic i econòmic de diferents instal·lacions d'emmagatzematge de la biomassa i del sistema per fer arribar el combustible fins la caldera o el cremador de biomassa a l'interior de la sala de calderes. L'objectiu és tenir una instal·lació que necessite el menor manteniment possible i màxima automatització.

Per últim, es dissenya la solució òptima d'entre les opcions estudiades amb la viabilitat econòmica de cada part i es realitza el pressupost detallat d'aquella opció que resulta escollida.

### 3. LA BIOMASSA

---

#### 3.1 INTRODUCCIÓ

---

##### 3.1.1 ENERGIES RENOVABLES

---

Actualment, la utilització de combustibles fòssils ( principalment gas natural i gasoil ) per a la generació de calor en habitatges o edificis públics esdevé un problema de creixent importància, tant des d'un punt de vista econòmic com mediambiental. Les administracions ja fa alguns anys que han començat a legislar sobre aquest tema. Exemple clar n'és l'últim Codi Tècnic de l'Edificació, que determina l'obligatorietat d'utilitzar energies renovables a les instal·lacions d'aigua calenta sanitària de tots els edificis residencials, tant d'obra nova com rehabilitades. En paral·lel, les noves polítiques de protecció mediambiental tendeixen a eliminar gradualment la utilització d'energies no renovables i la disminució de l'aportació global de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera. Malgrat tot, cal destacar que la crisi econòmica que afecta l'Estat espanyol des de l'any 2008 ha ocasionat un important retrocés en la implantació de noves energies renovables al nostre territori i ha esdevingut una font d'inseguretat per als inversors en renovables, que han vist perdre gran part de l'amortització en mesures retroactives que va promulgar el Govern espanyol.

El Protocol de Kyoto obligava a la reducció del 8% de les emissions de gasos hivernacle en el període 2008-2012 respecte al 1990. L'Estat espanyol l'ha incomplert segons l'Inventari Espanyol de gasos d'efecte hivernacle que inclou l'enviament oficial a la Comissió Europea, atès que ha augmentat l'emissió de gasos hivernacle en més d'un 47% durant aquest període i s'havia compromès a una pujada màxima del 15 % fins al 2012. Cal continuar treballant en la reducció de les emissions.

El Pla de Foment d'Energies Renovables (2011-2020) té com a objectiu cobrir amb fonts renovables almenys el 20% en el consum final brut d'energia de la Unió Europea, el mateix objectiu establert per l'Estat espanyol, i una quota mínima del 10% d'energia procedent de fonts renovables en el consum d'energia en el sector del transport en cada Estat membre per a l'any 2020. En aquest Pla es fa una anàlisi del sector, estudiant la situació actual a nivell estatal i internacional, les diferents perspectives

d'evolució tecnològica, barreres i potencials, anàlisi de costos, proposta de mesures, objectius i mesures de subvenció i finançament. Entre les tecnologies analitzades en aquest Pla figuren: biocarburants, biogàs, biomassa, energies del mar, eòlica, geotèrmia, hidroelèctrica, fotovoltaica, tèrmica i termoelèctrica. A l'Estat espanyol també va quedar temporalment paralitzat a partir de les decisions que va prendre el Govern amb l'escenari de crisi econòmica especialment dura per als països del sud d'Europa.

### 3.1.2 DEFINICIÓ DE BIOMASSA

---

Biomassa és un terme molt ampli que, segons defineix l'Institut Català de l'Energia (ICAEN), es refereix al conjunt de tota la matèria orgànica d'origen vegetal o animal, que inclou els materials que procedeixen de la transformació natural o artificial. L'energia que es pot obtenir de la biomassa prové de la llum del sol. Gràcies al procés de fotosíntesi, les plantes verdes transformen la llum solar en energia que queda acumulada a l'interior de les seves cèl·lules. Aquesta energia emmagatzemada es pot alliberar sotmetent-la a diversos processos d'aprofitament energètic.

## 3.2 SITUACIÓ DE LA BIOMASSA

---

### 3.2.1 SITUACIÓ A NIVELL GLOBAL

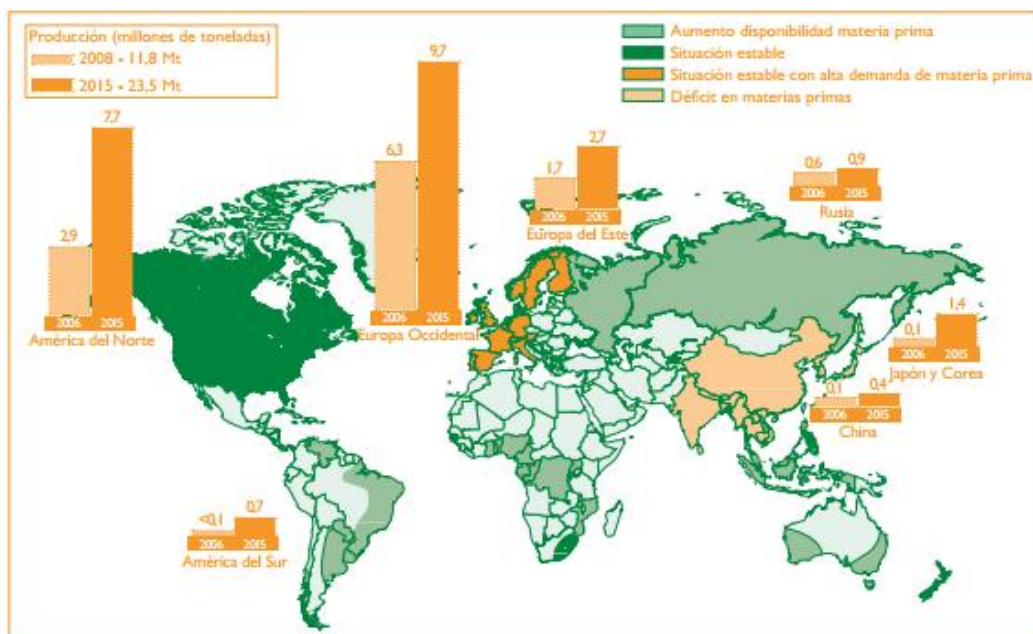
---

Segons dades del Fons de les Nacions Unides per a l'Alimentació i l'Agricultura (FAO), alguns països pobres obtenen el 90% de la seua energia de la llenya i altres biocombustibles. Aquesta font d'energia suposa un terç del consum energètic a l'Àfrica, Àsia i Llatinoamèrica sent la principal font d'energia en les llars de 2.000 milions de persones. L'inconvenient derivat de la pobresa de la biomassa és la seua falta de desenvolupament tecnològic i d'eficiència energètica, situant-se fóra d'una planificació sostenible del seu aprofitament.

Pel que fa a les aplicacions, la implantació de tecnologies modernes per a la biomassa tèrmica en edificis i els desenvolupaments tecnològics en gasificació i cicles ORC

(Organic Rankine Cicles) per a la implantació de cogeneracions fan preveure , per als propers anys , una important expansió de la biomassa en el sector tèrmic en edificis i instal·lacions industrials. Per tant, a més d'avançar en una major aportació quantitativa de la biomassa , es produirà un canvi qualitatiu a tecnologies actualitzades i eficients.

El potencial disponible de biomassa forestal a nivell internacional s'arregla en la imatge següent, on poden consultar-se a escala mundial aquelles àrees en les quals hi ha un creixement de la disponibilitat de matèries primeres (verd fosc), o bé una situació estable de les mateixes (verd clar), situació estable amb alta demanda de matèries primeres (taronja), i dèficit del recurs (taronja clar), i al costat d'aquesta classificació la producció de pèl·lets en les diferents regions en milions de tones que hi havia l'any 2008 i l'evolució fins l'any 2015.



Potencial de biomassa internacional. Font: Andreas Teir, PÖRY (2016)

Les previsions establides pel Panell Intergovernamental sobre Canvi Climàtic estableixen que abans de 2100 la quota de participació de la biomassa en la producció mundial d'energia hauria d'estar entre el 25 i el 46%.

Segons dades de l'Agència Internacional de l'Energia en l'informe sobre la biomassa realitzat l'any 2016, la contribució de la biomassa (incloent usos tradicionals no eficients) a nivell mundial aconseguia els 1.186 Mtep d'energia primària, la qual cosa suposava un 10,1 % del total mundial. Si descomtem la biomassa mitjançant usos

tradicionals, la contribució de totes les energies renovables a nivell mundial baixa significativament, situant-se al voltant del 7 % del consum d'energia primària mundial.

L'AIE estableix la següent divisió per aplicacions:

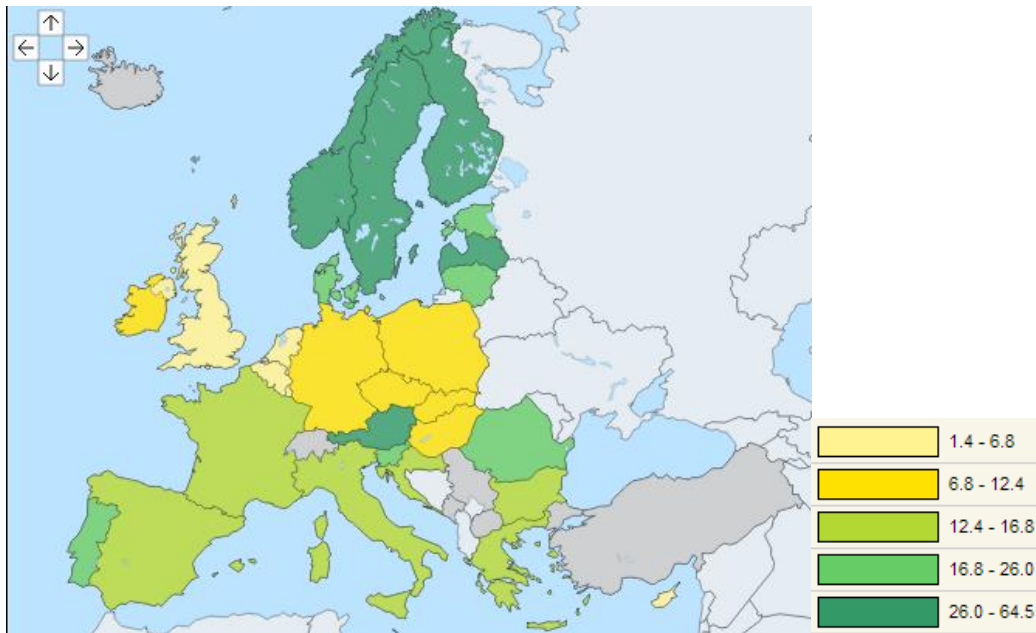
- Usos tradicionals (calefacció i cuina): 724 Mtep
- Usos moderns: 462 Mtep
  - Biocarburants: 24,4 Mtep.
  - Calor utilitzada directament: 293 Mtep (188,6 Mtep industrials i 104,4 Mtep en edificis).
  - Electricitat i xarxes de calefacció: 80,7 Mtep (239 TWh).
  - Pèrdues: 63,9 Mtep.

Dels 239 TWh elèctrics generats amb biomassa el 2016, l'AIE indica que aproximadament el 44,4 % corresponien a plantes de generació elèctrica exclusiva amb un rendiment mitjà que volta el 20 %. La resta eren plantes de cogeneració amb ús de l'energia tèrmica tant en la indústria com en xarxes de calefacció centralitzada.

### 3.2.2 SITUACIÓ A NIVELL EUROPEU

---

A la Unió Europea, l'ús de les energies renovables ha augmentat de forma considerable en els últims anys. Segons les últimes dades que es poden consultar a Eurostat (2016) es pot configurar el mapa colorit de la imatge de baix, que classifica els estats de la UE segons el percentatge de consum final d'energia provinent de renovables.

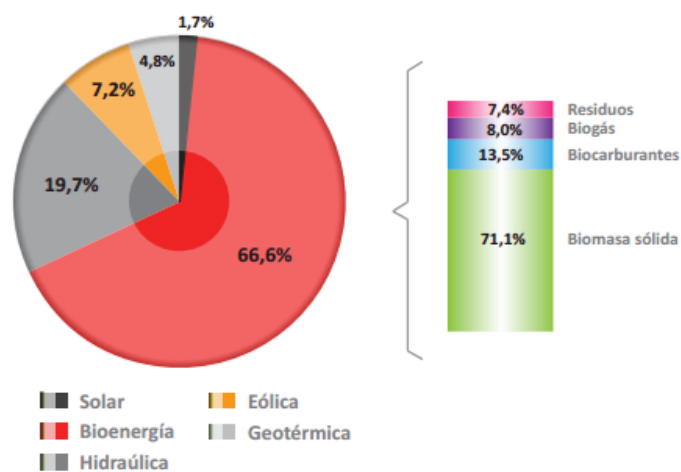


Consum final d'energia provinent de renovables. Llegenda (% sobre el total del consum energètic).

Font: Eurostat

Les diferències són evidents entre el 64.5% de Noruega i l'1.4% de Malta, amb un 14.1% de mitjana en el conjunt de la Unió Europea. L'Estat espanyol se situa en un 12%.

En el gràfic de sectors següent, extret de l'*Eurobserv'Er* 2017, es pot veure la mitjana de la procedència de l'energia renovable de consum final a la Unió Europea-27:

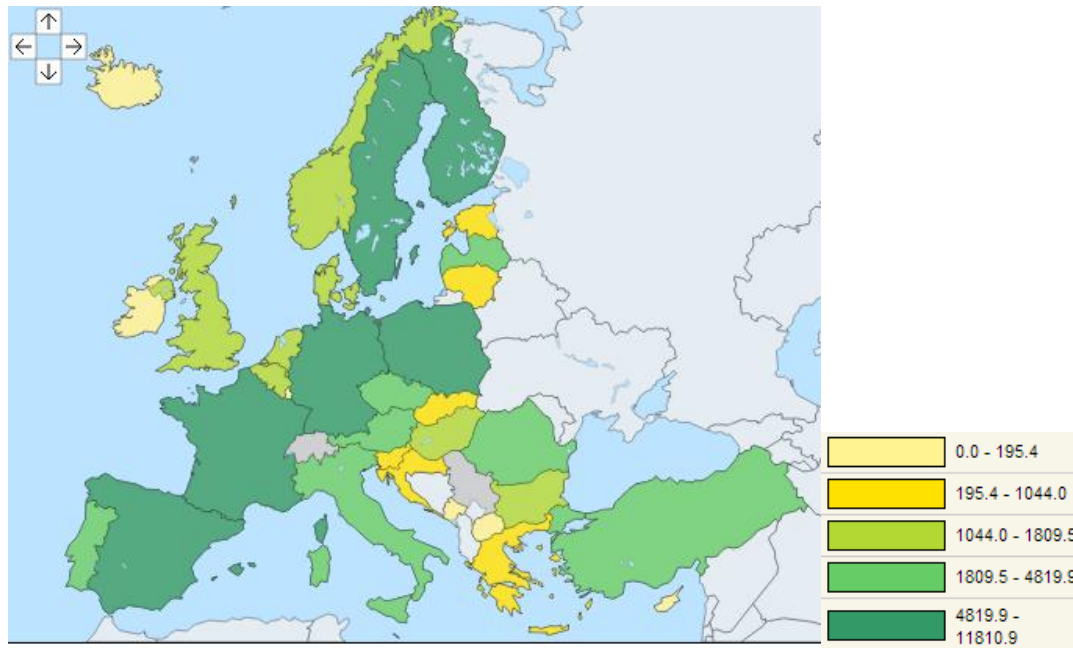


Mix d'energies renovables UE-27. Font: Eurobserv'Er 2017



Veiem que la bioenergia és la més aprofitada a la UE d'entre les fonts renovables, i dins d'aquesta destaca la biomassa sòlida per sobre de la resta amb un 71,1%.

Pel que fa a la producció d'energia mitjançant l'ús de biomassa sòlida, el mapa de la Unió Europea configurat amb les últimes dades fetes públiques per Eurostat (2016) seria el següent:



**Producció d'energia a partir de biomassa sòlida. Llegenda: rang de producció en ktep. Font: Eurostat.**

El total de la Unió Europea és de 83,73 Mtep. La major consumidora d'energia mitjançant la biomassa sòlida és Alemanya amb 11,9 Mtep (6% sobre el total d'Alemanya) i França amb 9,7 (5% sobre el total) o Suècia amb 9,6 Mtep (21% sobre el total, el percentatge més elevat) la segueixen. L'Estat espanyol va produir el 2012 4,94 Mtep (4,8% sobre el total), valor molt semblant als 4.85 Mtep d'Àustria (14% sobre el total).

Si ens fixem en els llocs de treball que genera la biomassa sòlida, aquesta està en el primer lloc a tota la UE. EurObserv'ER determina que són 352.500 els llocs de treball directes i indirectes que, al 2016, tenia la biomassa sòlida com el seu mode de vida (346.100 al 2015). A més a més, hi ha un creixent volum de negoci de la indústria a escala europea que ja és de més de 31.900 milions d'euros. Els cinc primers països en termes de potència instal·lada són Alemanya, França, Itàlia, Finlàndia i Polònia.

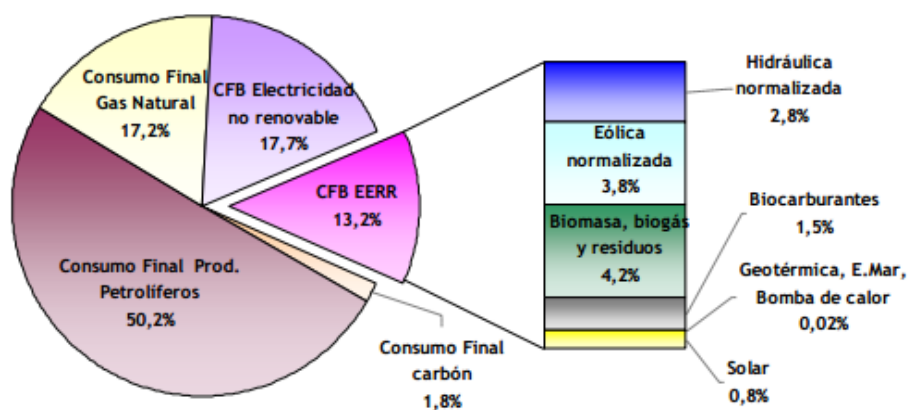
### 3.2.3 SITUACIÓ A NIVELL ESPANYOL

---

En l'apartat anterior ja es comenten les dades sobre utilització d'energies renovables i equivalència en tep de l'energia consumida a partir de biomassa sòlida.

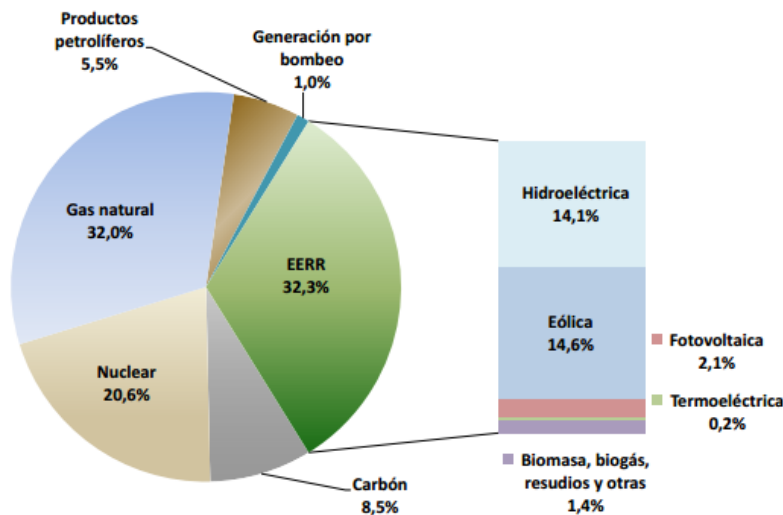
En l'actualitat la major part de consum tèrmic final de biomassa que es produeix a l'Estat espanyol prové del sector forestal, utilitzant-se en el sector domèstic, mitjançant sistemes tradicionals poc eficients (ús de llenyes en equips obsolets ) i en indústries forestals per a consum tèrmic o cogeneració. En els últims anys s'està iniciant el desenvolupament dels cultius energètics i de la mecanització específica per a la recollida , extracció i tractament de biomassa.

Si analitzem el consum final brut d'energia, amb dades del 2010 extretes del PER 2011-2020, tenim que:



Consum final brut d'energia 2010 a l'Estat espanyol. Font:IDAE

El 4,2% que ocupa la biomassa en aquest aspecte contrasta amb l'1,4% d'ús de biomassa en producció elèctrica de l'any 2010, tres vegades inferior. En el gràfic següent, podem veure les dades de l'estructura de la producció elèctrica de l'any 2010 segons el mateix PER 2011-2020:



Estructura de la producció elèctrica a l'Estat espanyol. Font:IDAE

El potencial de biomassa disponible a l'Estat espanyol , agafant les hipòtesis més conservadores de l'IDAE en el pla d'energies renovables 2011-2020 [2], se situa entorn a 88 milions de tones de biomassa primària en verd , incloent restes de masses forestals existents, restes agrícoles , masses existents sense explotar i cultius energètics a implantar segons el Pla d'Energies Renovables 2011-2020 . A aquest potencial se sumen més de 12 milions de tones de biomassa secundària seca obtinguda de residus d'indústries agro-forestals.

Per assolir els objectius fixats en l'àrea de biomassa del Pla d'Energies Renovables 2011-2020 s'han definit una sèrie de propostes dirigides a cada fase de l'aprofitament de la mateixa. Les propostes per al desenvolupament d'un mercat madur de subministrament de biomassa se centren principalment en la mobilització del recurs. Segons aquest pla el suport al desenvolupament d'aplicacions tèrmiques , especialment en edificis ,es realitzarà mitjançant campanyes de difusió , desenvolupaments normatius i nous sistemes de suport financer , d'incentius i d'ajudes públiques a la inversió. El creixement de la producció elèctrica amb biomassa es preveu aconseguir mitjançant la generació distribuïda a través de petites cogeneracions i centrals elèctriques en l'entorn dels 15 MW , per al que s'hauran d'establir nous programes de finançament i millores en el sistema de retribució de l'energia elèctrica renovable ( especialment per instal·lacions amb menys de 2 MW ). Si no es donen aquestes millores, en l'actualitat no és rendible generar electricitat a partir de biomassa.

Pel que fa als llocs de treball que genera la biomassa sòlida, EurObserv'ER determina que són 22.100 (directes i indirectes) al 2016, i una repercussió en el PIB de l'Estat de poc més de 1.120 milions d'euros.

### 3.3 FONTS DE BIOMASSA

---

Els productes que es consideren dins del terme genèric de biomassa poden ser de tipus forestal, procedent de la indústria de transformació de la fusta, de tipus agrícola, del sector ramader i agroalimentari o residual. També hi ha els residus municipals i els cultius energètics.

*Biomassa d'origen forestal.* Es considera en aquest grup tots els productes i restes que provenen dels treballs de manteniment i millora de les masses forestals. En el marc del projecte europeu de cooperació interregional *Enersilva*, la biomassa d'origen forestal es va definir com la biomassa forestal primària (BFP). En són alguns exemples els productes i restes que provenen de les podes, les tallades i les aclarides.

*Biomassa procedent de la indústria de transformació de la fusta.* La indústria de transformació de la fusta, inclosa dins el sector forestal, genera subproductes que també són susceptibles de ser utilitzats energèticament. És el cas dels costers, les serradures, les escorces i els encenalls. També s'hi poden considerar els licors negres de la indústria paperera.

*Biomassa d'origen agrícola.* Les restes que es generen de les activitats agrícoles i agroalimentàries i que es poden utilitzar de forma directa com a combustible o com a matèria primera per obtenir altres combustibles –com poden ser els biocarburants– es consideren biomassa d'origen agrícola. Inclou les restes que provenen de conreus llenyosos (com les branques obtingudes de les podes d'arbres fruiters) i de conreus herbacis (com la palla dels cereals i la canyota de blat de moro).

*Biomassa procedent del sector ramader i agroalimentari.* Es refereix a tots aquells residus i subproductes orgànics que poden ser valorats energèticament a través del procés de digestió anaeròbia. Els purins de porc, els fems, els residus d'escorxador, els greixos animals i les restes de polpes de fruites, entre d'altres, són exemples d'aquest tipus de biomassa.

*Cultius energètics.* Són aquells conreus de plantes de creixement ràpid que es destinen de forma específica a obtenir energia. Entre aquests tipus de conreus cal destacar:

- Els conreus productors de biomassa lignocel·lulòsica d'espècies llenyoses – l'eucaliptus (*Eucalyptus sp*) i el pollancre (*Populus sp*)– i herbàcies –l'herbacol o card (*Cynara cardunculus*)– entre d'altres.
- Els conreus d'oleaginoses -la colza (*Brassica napus*) i el gira-sol (*Helianthus annuus*)- destinats a obtenir olis vegetals aptes per ser utilitzats com a carburants en el sector de l'automoció.

*Residus municipals.* Es consideren residus municipals les restes de poda i jardineria i els residus voluminosos (fusta neta provinent de la recollida selectiva i de la petita activitat industrial).

*Biomassa de tipus residual.* És aquella que prové d'un procés de transformació artificial. La fracció orgànica dels residus sòlids urbans (RSU), els fangs generats a les estacions depuradores d'aigües residuals (EDAR) o els olis vegetals ja utilitzats poden transformar-se en biomassa de tipus residual.

Tot i que una part important dels biocombustibles sòlids es fan servir de forma directa, com per exemple és el cas de la llenya a les llars i per a les xemeneies, la utilització energètica moderna dels biocombustibles sòlids requereix condicionar-los de forma especial per poder-los utilitzar com a combustible. Les formes més utilitzades després de processar són l'estella i el pèl·let.

### 3.3.1 ESTELLA

---

L'estella és un material orgànic que procedeix de la fragmentació de la biomassa forestal (estellat), formada generalment per fusta i escorça. El seu poder calorífic, quan la humitat és inferior al 30% (b.h.), pot oscil·lar entre els 3,5 i els 3,9 kWh/kg, en funció de l'espècie utilitzada. Pel que fa a les dimensions, la longitud i l'amplitud predominen per sobre el gruix. Concretament, la longitud d'una estella pot oscil·lar entre els 2 cm i els 10 cm, mentre que d'ample pot mesurar entre 2 cm i 6 cm. El seu gruix no acostuma a superar els 2 cm.

A banda d'utilitzar-se com a combustible i/o com a matèria prima per fabricar altres biocombustibles (com pèl·lets i briquetes), les estelles de fusta es poden destinar a obtenir taulers de partícules, de fibres o de qualsevol altre tipus, així com a obtenir fibres per fabricar paper.

### *Particularitats*

L'estellat és una operació que es pot realitzar al mateix bosc o a la mateixa planta de valorització de la biomassa. La mida d'una estella la fixa la posició del ganivet respecte al disc o tambor estellador (gruix) i el garbell estellador (longitud i amplitud).

La humitat i la granulometria pot ser variable, però com més uniformes són les estelles la seva qualitat en conjunt és millor.

Com més petita és una estella més car és el procés per obtenir-les, però per contra la seva superfície específica i la seva densitat aparent són més grans.

Les estelles procedents d'explotacions forestals esdevenen un combustible net des del punt de vista de l'emissió dels gasos contaminants.

### *Normativa de classificació*

L'estella se sol definir segons dues normes: la UNE-CEN/TS 14961 (normativa espanyola) i la ÖNORM 7133 (normativa austríaca). Aquestes normes fan referència a la humitat, la granulometria, la densitat i el contingut en cendres. De totes maneres, el Comitè Europeu de Normalització (CEN) ha aprovat recentment la norma EN 14961, amb el títol *Biocombustibles sòlids. Especificacions i classes de combustibles*. Aquesta norma consisteix en 6 parts, sent la part 1 la que fa referència a Requisits generals i la part 4 la que fa referència a estelles de fusta per a ús no industrial.

Donat que un cop el CEN aprova una norma aquesta ha de ser adoptada pels diferents països europeus, al febrer de 2011 es va publicar la norma espanyola UNE-EN 14961-1, corresponent a la part 1. Aquesta norma anul·la la UNE-CEN/TS 14961:2007. Pel que fa a la part 4, tot i que a Europa es va publicar al juny de 2011, encara no està adoptada en l'àmbit espanyol. Aquesta norma és la que definirà diferents qualitats d'estella, classificant-la amb la categoria A1, A2, B1 i B2.

### **3.3.2 PÈL·LET**

---

Els pèl·lets són petits cilindres que s'obtenen de triturar i assecar la fusta o altres elements vegetals tot premsant-los i comprimint-los, posteriorment. Es distingeixen per tenir una forma cilíndrica i homogènia, una humitat d'entre el 8 i el 10% en base humida, una densitat elevada i un poder calorífic que pot oscil·lar entre els 4,7 i 5,3

kWh/kg. Les seves dimensions són molt discretes: oscil·len entre 1 cm i 6 cm de longitud i entre els 0,6 cm i els 2 cm de diàmetre. El pèl·let, com també és el cas de la briqueta, està pensat per a ús domèstic en xemeneies o calderes individuals, per a calderes d'una comunitat de veïns o per a calderes de petites i grans indústries.

#### *Particularitats*

L'inconvenient del pèl·let és que resulten més cars que les estelles ja que requereixen un procés industrial de fabricació en el qual s'ha de triturar, homogeneïtzar la mida, assecar a una humitat prefixada i compactar la matèria primera. Per fabricar-lo, no és necessari utilitzar coles ni additius, ja que la pressió i la temperatura del mateix procés garanteixen la cohesió del material.

Pot servir per automatitzar instal·lacions de mida petita o mitjana, i és apte per a les calderes de combustible únic o policombustible.

El pèl·let es pot trobar al mercat en sacs i a granel i requereix poc espai d'emmagatzematge.

#### *Normativa de classificació*

A la majoria de països europeus no hi ha normes específiques per a pèl·lets, i sovint, aquests estan sota la jurisdicció de les normes de biomassa en general. Només Àustria, Suècia i Alemanya disposen de normes oficials específiques per al pèl·let. Aquestes normes són:

Àustria: ÖNORM M7135

Suècia: SS 187120

Alemanya: DIN 51 731

A principis del 2011 es va posar en marxa un segell de qualitat pels pèl·lets: el segell ENPlus. Fins a l'actualitat, la diversitat en marques de qualitat del mercat i les experiències de fabricants de calderes i usuaris amb diferents tipus de pèl·lets, han portat a la indústria a crear aquesta marca de qualitat única, senzilla i eficient. La certificació ENPlus busca assolir l'objectiu d'unificar la qualitat del pèl·let a Europa de manera que es pugui garantir la qualitat al consumidor final. Segons aquest segell de qualitat el pèl·let es classifica en qualitat A1 (pèl·lets de fusta verge i restes sense tractament químic, amb baixos continguts en cendres, nitrogen i clor), la qualitat A2

(combustibles amb majors continguts de cendres, nitrogen i/o clor) i la qualitat B on es permet fusta amb tractaments químics, restes industrials i fusta reciclada i amb restriccions molt estrictes pel que fa al contingut en metalls pesats.

### 3.3.3 ALTRES COMBUSTIBLES

---

Malgrat no tenir una classificació ni garantia establerta com en els casos anteriors, existeixen diversos tipus de biomassa amb excel·lents característiques per al seu ús en una caldera de qualsevol potència i que poden resultar més barates degut a la seva condició de subproducte o residu d'una activitat principal. Destaquen:

#### CROSTA D'AMETLLA

Es tracta de la crosta d'ametlla directament extreta de la planta trencadora d'ametlles o després de sotmetre a la mateixa a un procés de trituració per disminuir la grandària de gra. Malgrat no existir regulació, es tracta d'un combustible molt homogeni i amb un longitud de gra que mai podrà superar els 3 cm abans de ser triturada.

La trencadora d'ametlles Frutos secos del Maestrazgo (FSDM), amb seu a Albocàsser, va encarregar recentment una anàlisi sobre una mostra representativa de les diverses varietats d'ametlla que existeixen. Els resultats, amb crosta sense triturar, són els de la taula següent:

	Base seca	Base humida
Humitat total (%)	-	15.02
Cendres (%)	1.22	1.04
Densitat aparent (kg/m <sup>3</sup> )	-	345
Carboni (%)	50.51	42.92
Hidrogen (%)	5.81	6.61
Nitrogen (%)	0.21	0.18
Sofre (%)	0.02	0.02
Clor (%)	0.02	0.02
Oxigen (%)	42.21	49.21
PCS (kWh/kg)	5.64	4.83
PCI (kWh/kg)	5.31	4.56

Anàlisi d'una mostra de crosta d'ametlla. Font: FSDM



Podem observar que el poder calorífic inferior en base humida és alt, 4.56 kWh/kg, molt semblant al del pèl·let. A més a més, els baixos continguts en clor i altres elements fan de la crosta d'ametlla un combustible segur per a les instal·lacions. Cal assegurar-se que no hi ha restes de pell d'ametlla entre la crosta utilitzada per a combustible, ja que augmentarien els nivells de clor i podria causar problemes al cremador i l'intercanviador de la caldera.

#### PINYOL D'OLIVA

El pinyol d'oliva és un element molt abundant a l'Estat espanyol degut a les grans plantacions d'olivars a la comunitat andalusa i, en menor mesura, la conca mediterrània. En la taula següent es poden consultar les característiques d'una mostra representativa de pinyol d'oliva triturat i extret de la indústria de l'oli:

	Base humida
Humitat total (%)	14.02
Cendres (%)	1.62
Densitat aparent (kg/m <sup>3</sup> )	660
Carboni (%)	50.79
Hidrogen (%)	5.95
Nitrogen (%)	0.48
Sofre (%)	0.04
Clor (%)	0.02
Oxigen (%)	42.74
PCS (kWh/kg)	5.58
PCI (kWh/kg)	5.23

**Anàlisi del pinyol d'oliva. Font: OPEP 2002.**

Com es pot observar, destaca l'alt PCI, només comparable als pèl·lets de més alta qualitat. La granulometria del producte triturat, tal i com s'extreu de la pinyolada a la indústria de l'oli, varia entre 2 i 8 mm, el que facilita el seu transport i l'automatització per mitjans hidràulics. Pot substituir el pèl·let en calderes de qualsevol potència.

### 3.3.4 COMPARATIVA

---

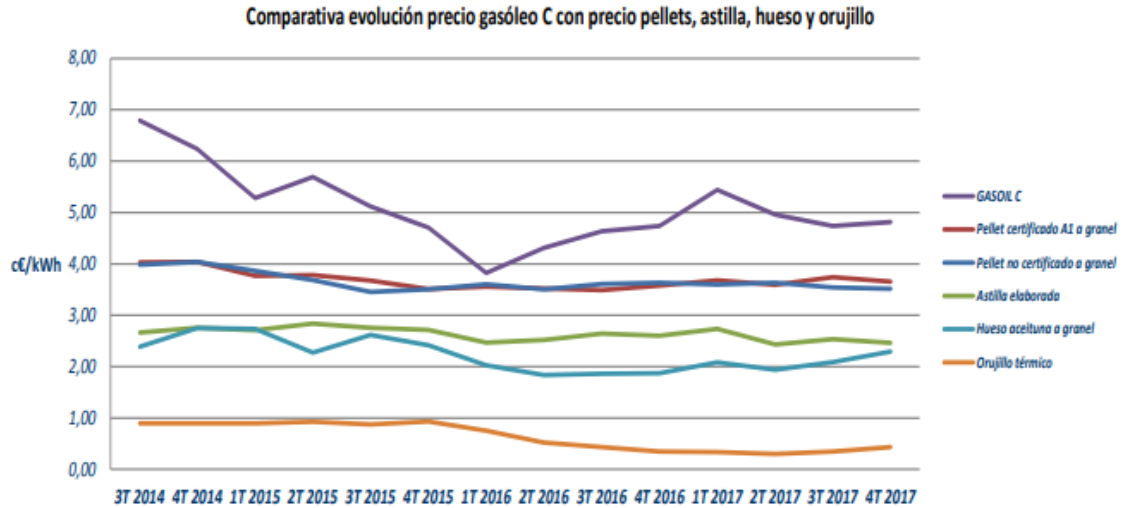
En aquest punt del projecte és interessant fer una comparativa entre el cost de l'energia entre els diversos combustibles que es poden utilitzar en una instal·lació de calefacció, sempre en una visió general dels preus mitjans a l'Estat espanyol per a que servisca de referència i sense entrar en els preus concrets de cada tipus de biomassa portat fins la caldera, que s'estudiaran en el punt següent. Així, agafant les dades mitjanes de l'Estat espanyol per a desembre del 2013 dels preus, i tenint el poder calorífic inferior (PCI) de cada combustible, tenim:

<b>Combustible</b>	<b>Cost c€/kWh</b>
GLP canalitzat	8,12
GLP Butà-propà 11kg	10,51
Fueloil	6,66
Gasoil	9,25
Gas natural	5,93 + cost fix mensual
Electricitat	15 + terme de potència
Pèl·lets sac 15 kg	4,51
Pèl·lets granel	3,38
Crosta d'ametlla	2,22
Estella de pi	1,39
Pinyol d'oliva	2,78

**Cost de l'energia amb diversos combustibles. Font: IDAE**

Cal tenir en compte que, en el preu dels combustibles de biomassa no incorporen el preu de transport fins a la instal·lació, que caldria sumar-lo a la quantitat que es mostra i que depèn de la distància entre la font de biomassa i la instal·lació a alimentar. A més a més, la comparació en el cas d'Atzeneta només es podria fer amb els combustibles disponibles amb que podria funcionar la calefacció: electricitat, gasoil, butà o propà. Veiem que les diferències són importants.

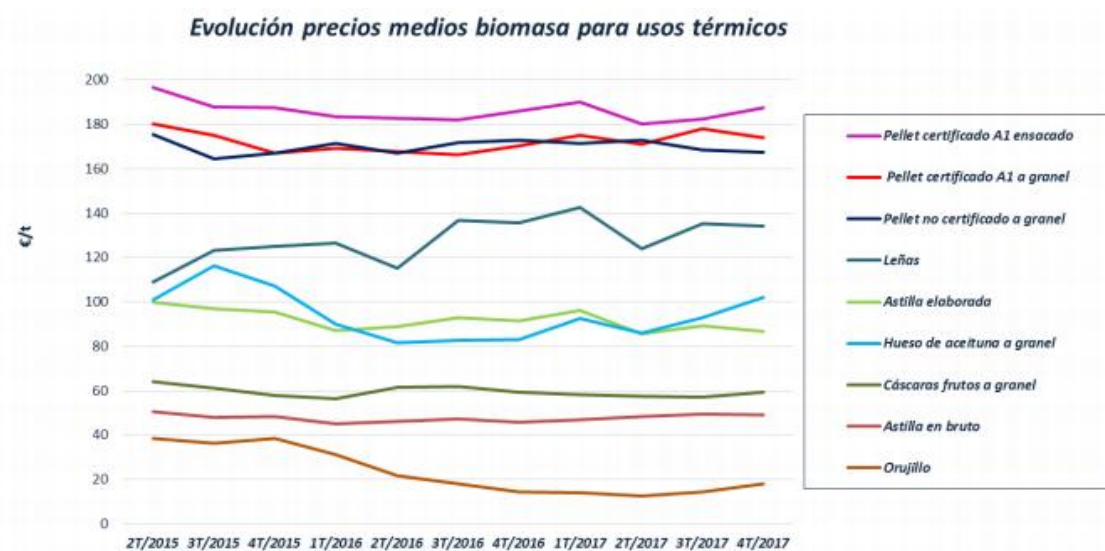
També és interessant veure la variació de diversos combustibles entre els anys 2014 i 2017, on es compara l'evolució del combustible fòssil més utilitzat amb distintes formes de biomassa sòlida:



**Evolució del cost de l'energia. Font: IDAE**

L'evolució dels preus de combustibles fòssils depèn de factors externs i poden ser molt inestables; malgrat no haver-hi una tendència clara en els últims anys, les previsions dels organismes internacionals són de continuació del creixement dels preus durant els propers anys. El 2018 no està inclòs al gràfic, però ja hem tingut una repuntada del 20% en el preu del gasoil respecte l'últim trimestre del 2017.

D'una altra banda, l'evolució del preu de la biomassa depèn de la seua procedència. Si analitzem la variabilitat del preu amb les formes de biomassa més utilitzades, tenim:



**Preu de distintes fonts de biomassa sòlida. Font: IDAE**

Com es pot observar, el pèl·let no té un augment de preu estacionalitzat amb l'inici del fred sinó que cada any fluctua lleugerament segons l'oferta i la demanda. En els últims anys, el preu del pèl·let s'ha mantingut molt estable, i només trobem una baixada de preu important en els subproductes derivats de la indústria de l'oli degut a la gran collita de l'any 2017 a Andalusia, principal productor d'Europa.

L'estella també es manté estable, ja que el seu preu no ha variat significativament en els últims anys. Els pins són un recurs abundant i l'estella s'utilitza més per a grans calderes industrials que per a calderes de poca potència degut a l'encariment de la inversió inicial necessària per adaptar la instal·lació a l'estella. Una caldera de pèl·lets funciona amb pinyol d'oliva i crosta d'ametla, que són elements substitutius d'aquests al mercat, però no amb estella.

Els preus de pinyol d'oliva i crosta d'ametla van lligats a la demanda, ja que l'oferta està definida per la producció agrícola de cada any. La variabilitat de les collites pot fer fluctuar el preu d'aquests combustibles, que seran vasos comunicants entre ells i el pèl·let dependent del preu.

Per últim, a la figura següent es mostren els quatre combustibles estudiats preparats per al seu ús.



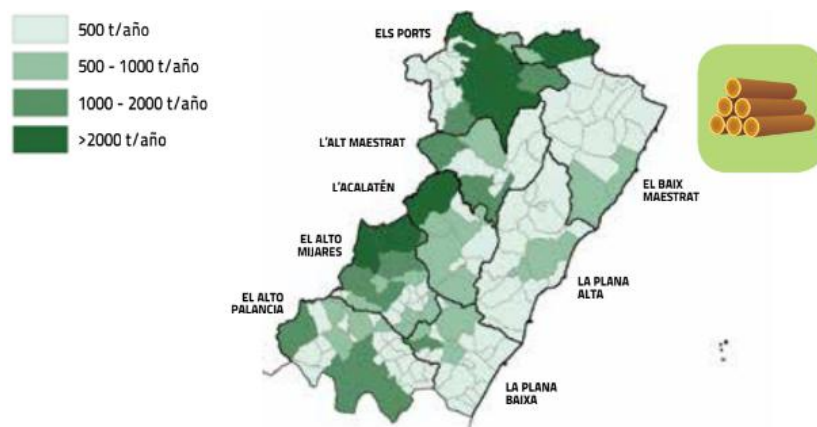
**Pèl·lets, estelles i crosta d'ametlla i pinyol d'oliva triturats**

### 3.4 SUBMINISTRAMENT DE BIOMASSA

---

Tenir el subministrament de biomassa el màxim a l'abast possible és un dels condicionants principals per a l'optimització de la instal·lació. Tenint en compte la situació geogràfica d'Atzeneta, on se situa el consum final de la biomassa, i els possibles tipus de biomassa existents, es realitza un estudi sobre preus, quantitats i disponibilitats de masses de biomassa que podrien ser utilitzades directament en l'alimentació de les calderes del projecte.

Per a fer primer un enquadrament més genèric, s'han consultat els estudis tècnics inclosos dins del *Pla per a una estratègia provincial de biomassa* editat per la Diputació de Castelló i on podem trobar les quantitats d'aprofitament anual que existeix als municipis de les comarques de Castelló a l'hora d'obtenir biomassa sòlida per al seu aprofitament tèrmic. En el següent mapa, trobem la quantitat aprofitable de biomassa forestal de qualitat, agafant només els arbres aprofitables amb un diàmetre de tronc superior als 8 cm.

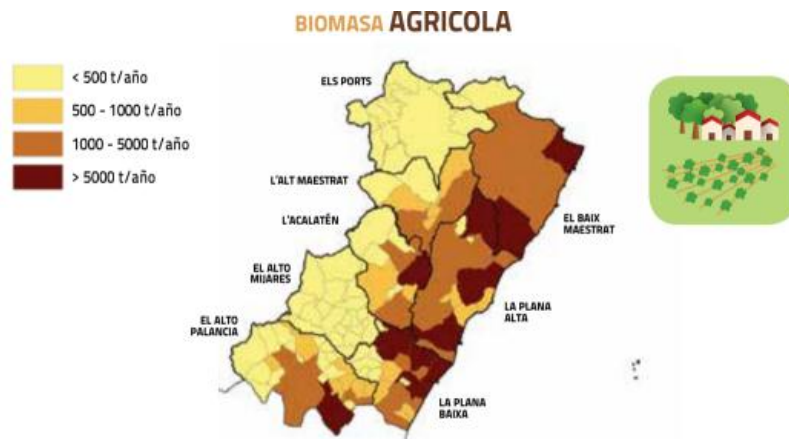


**Biomassa forestal disponible al territori. Font: Pla provincial Diputació de Castelló.**

Atzeneta té un potencial d'entre 1000 i 2000 T l'any de biomassa forestal aprofitable, i pobles veïns com Vistabella tenen més de 2000 T l'any.

A més de la biomassa forestal, també tenim un sector agrícola fort a les comarques de Castelló, la qual cosa permetria obtenir una important quantitat d'energia. Aquesta presenta més problemes degut a la heterogeneïtat dels cultius (sobretot a l'hora d'aprofitar les restes de poda, d'on s'obté una biomassa de baixa qualitat), però

obtenim biomassa de qualitat a partir de les crostes dels fruits secs (principalment ametlla) i el pinyol d'oliva de les nostres almàsseres. A continuació, s'observa la quantitat aprofitable de biomassa sòlida procedent del sector agrícola als municipis castellonencs:



**Biomassa agrícola disponible al territori. Font: Pla provincial Diputació de Castelló.**

En aquest cas, Atzeneta es troba situada en la franja d'entre 1000 a 5000 tones l'any de biomassa, i pobles veïns com Les Useres superen les 5000 tones l'any.

Així, sembla ser que les possibilitats d'abastiment a partir de biomassa local o provincial són altes i, per tant, complim amb un dels requisits del projecte.

En el mapa següent podem veure una part de la província de Castelló per a poder situar Atzeneta del Maestrat i la resta de municipis als que es fa referència a continuació.



Situació de diversos municipis. Font: Google

A continuació, estudiarem més específicament les fonts de biomassa sòlida ja existents per poder posar en marxa les instal·lacions. Cal remarcar que les quantitats potencials de biomassa esmentades en els mapes anteriors no estan sent explotades en la seva majoria; especialment en la part de biomassa forestal i la biomassa agrícola procedent de restes de poda, on se segueix amb la tradició de cremar directament les restes a les parcel·les o triturar-les.

### 3.4.1 PÈL·LET

---

#### *Leñas Oliver (Vilafamés)*

Es tracta d'una empresa familiar situada als afores de Vilafamés que s'havien dedicat durant vint-i-cinc anys a la venda de llenya procedent de restes agrícoles i poda. Des de fa aproximadament 5 anys es dediquen a la fabricació i venda de pèl·let com un servei complementari de la seua empresa.

La capacitat del camió (cisterna) per al transport de pèl·let de l'empresa és d'11.000 kg. Entre 1 i 11.000 kg, el preu eixirà més baix quan més elevada serà la comanda, evidentment, per la disminució del cost de transport.

El tipus de descàrrega que realitzen és pneumàtica i es pot accedir directament mitjançant un tub elàstic fins a qualsevol lloc per on puga passar el tub i a una distància màxima de 50 metres aproximadament.



**Descàrrega pneumàtica de pèl·lets**

El preu a febrer de 2017 amb transport fins Atzeneta (25 km) seria de **0.236 €/kg** de pèl·let amb una comanda d'11.000 kg i 0.24€/kg + 150 € fixos pel transport com a preu general.

Amb envàs plàstic de 15 Kg sense transport inclòs: 3,95 € (0,263€/kg)

#### *Forestal del Maestrazgo (Cinctorres)*

Forestal del Maestrazgo és una empresa del sector forestal de la comarca dels Ports que es dedica a fer estelles i distribuir-les, a més de fabricar i distribuir pèl·lets.

El tipus de descàrrega del combustible pot ser pneumàtica o a granel.





**Descàrrega a granel de biomassa**

El preu a febrer de 2017 és de 240 €/t de pèl·let més 1,3€ per quilòmetre de transport fins al lloc de descàrrega. Per a Atzeneta (65 km de distància) i una comanda d'11.000 kg obtindríem un preu d'uns **0.247€/kg** de pèl·let.

#### *Energy pellet (Vilafranca)*

Es tracta d'una empresa que fabrica els seus pèl·lets a la població de Vilafranca, tant a partir de subproductes obtinguts d'una indústria relacionada amb la fusta que existeix a la població com de vegetació forestal.

Disposen, fins al moment, de palets de sacs individuals de 15 kg (70 sacs, un total de 1050 kg de pèl·let per palet) o de big bags de 1000 kg.

El big bag és l'opció més econòmica, amb un preu de 225 € per unitat més el transport, valorat en 50€ per viatge del camió lleuger. En un viatge, el camió pot descarregar 10 big bags (és a dir, 10.000 kg de pèl·let). Assumint que omplim el camió, el preu final per kg de pèl·let descarregat seria de **0,230 €/Kg**.

### 3.4.2 CROSTA D'AMETLLA

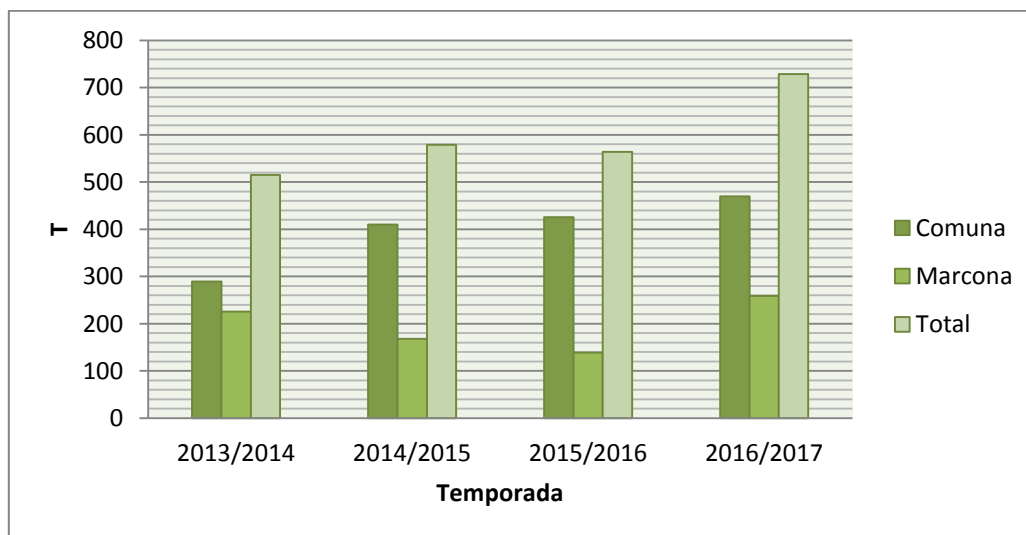
---

#### *Cooperativa Sant Bertomeu d'Atzeneta*

La cooperativa Sant Bertomeu d'Atzeneta compra i emmagatzema gran part de la producció d'ametlla dels seus socis. Una part molt minsa es dedica a l'autoconsum de la indústria local del torró, 100% ametlla de varietat *marcona*. La resta es ven als mercats nacionals i internacionals, sent un producte que es pot emmagatzemar durant tota la campanya sense perdre la qualitat del mateix.

Els últims anys i, especialment, a partir del 2010, s'han renovat moltes plantacions d'ametllers antigues que ja existien, canviant l'ametlla mediterrània tradicional *marcona* per altres varietats creades a l'Institut de recerca tecnològica agrícola (IRTA) que produeixen més quantitat i disminueixen el risc de gelada per la seva floració més tardana. Això ha produït un augment significatiu en la quantitat d'ametlla produïda en les últimes dues dècades.

A continuació podem veure la quantitat d'ametlla que compra als agricultors la cooperativa cada any, amb la distinció que es fa entre els dos grans grups de varietat d'ametlla i que tenen dos preus diferents al mercat, en els últims 4 exercicis:



**Producció d'ametlla de la cooperativa d'Atzeneta**

El rendiment de les ametlles fluctua segons la varietat d'aquestes, que poden variar entre el 20 i el 40% de massa de la llavor respecte el total, amb una mitjana d'un 26% segons la pròpia Cooperativa. Si agafem la producció mitjana de les últimes 4 campanyes, obtenim una producció anual de **596,5 tones**. Agafant el rendiment del 26% de l'ametlla ja pelada i amb baixa humitat (la cooperativa no compra les ametlles amb una humitat superior al 9%), la quantitat de crosta d'ametlla que s'obté de mitjana se situa en les **441 tones**.

La cooperativa no processa, envasa ni transporta la crosta; per tant, aquestes operacions van, de moment, a càrrec del comprador.

El preu del transport es pot considerar la feina d'una hora d'un operari de l'ajuntament amb tractor, estimable en uns 14€ i es transporten fins a 6 tones.

El preu de venda durant el 2017 és de 0.06€/kg, per tant ix a uns **0.0623 €/kg**.

Aquest és, sens dubte, un preu molt competitiu per aquest producte.

#### *Frutos secos del Maestrazgo (Albocàsser)*

Es tracta de l'empresa més potent del sector a la zona de Castelló i de les més importants de tot l'Estat. El volum d'ametlla que trenquen volta les 10.000 t anuals, bé siga de la zona o bé importada d'altres llocs, quasi tota dels EEUU mitjançant el port de Castelló. Aquesta empresa ja fa anys que es dedica al sector de la biomassa, i totes les seues instal·lacions tèrmiques també funcionen amb crosta d'ametlla.

Amb aquestes dades, la quantitat disponible mitjana és d'unes 7.500 t anuals de crosta d'ametlla que pot subministrar aquesta empresa.

La crosta d'ametlla ja és un altre producte per a la comercialització de l'empresa i n'exporten mitjançant camions a totes les parts de l'Estat espanyol i inclús amb contenidors pel port de Castelló cap a d'altres parts del món. Aquesta última demanda és difícil de cobrir perquè no existeix suficient quantitat de crosta i els responsables de l'empresa prefereixen abastir el mercat interior abans que l'exportació.

El producte el presenten amb diversos formats i els preus d'aquesta temporada passada, sense transport, són:

Sac de 20 kg crosta triturada: 145 €/t

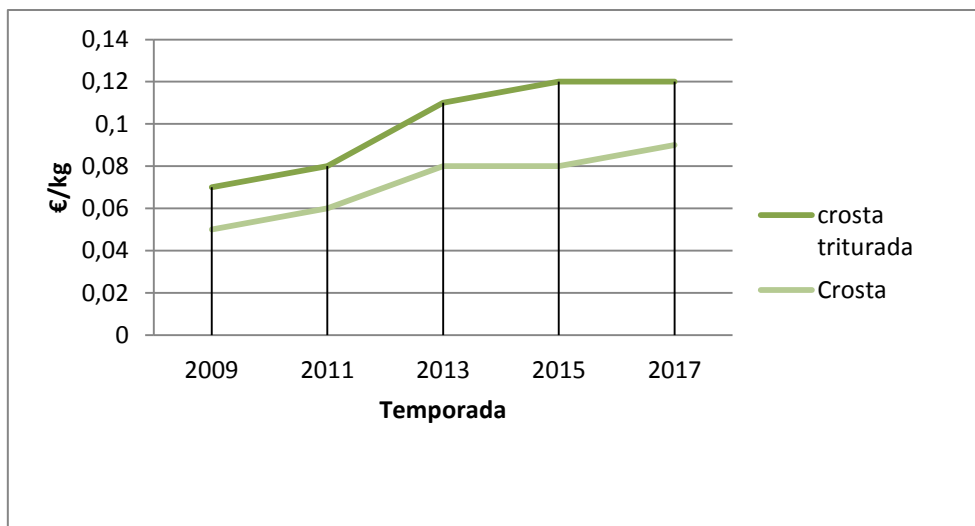
Sac big-bag crosta triturada 600-1000 kg: 130€/t

Crosta triturada a granel: 120 €/t

Crosta sense processar a granel: 90 €/t

La crosta a granel més el transport fins a Atzeneta (20 km) amb un camió amb descàrrega mecànica i capacitat de 15 tones té un cost de 80€. Així obtindríem un preu final de **0,095€/kg** de crosta sense processar.

L'evolució dels preus en les últimes anys en aquesta gran empresa mostra el canvi de consideració de la crosta d'ametla: de subproducte residual a producte comercial valoritzat.



Gràfica preu crosta d'ametlla a Albocàsser (€/kg)

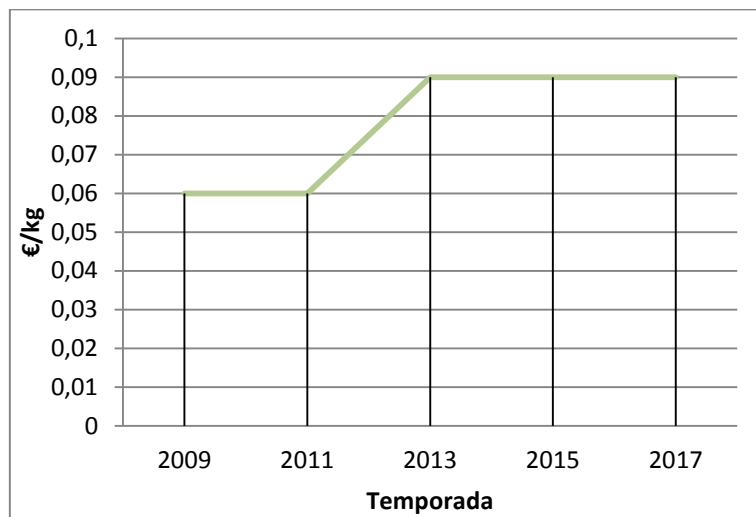
També s'ha de tenir en compte que el preu pot variar en funció de la producció de la temporada. S'espera que el preu es pugui estabilitzar amb els 0,10 €/kg a mitjà i llarg termini.

### *Intercoop (Cabanes)*

Aquesta trencadora rep l'ametlla de la gran majoria dels agricultors dels pobles que l'envolten i deixa a les cooperatives de cada poble una tasca de simple gestió i transport fins a aquesta gran trencadora centralitzada. Durant la dècada dels 2000 es van anar tancant trencadores per a reduir els costos de producció i centralitzar la venda del producte, el gra de l'ametlla, des d'un gran distribuïdor.

La variabilitat de la collita anual de producte a la zona de Castelló (degut sobre tot a les glaçades tardanes de l'interior) i el menor número d'importacions americanes fa que el total anual d'ametlla trencada siga molt més variable que a la trencadora *Frutos secos del Maestrazgo*. Parlem d'una mitjana de 6 milions de quilograms d'ametlla trencada cada any durant els últims 5 anys, amb un rendiment mitjà del 26% segons el grup *Intercoop* que aboca la quantitat de 4,44 milions de quilograms de crosta d'ametlla disponible cada any. Aquesta no es processa ni s'envasa, tan sols es pot comprar a granel mitjançant camions amb remolc.

En el gràfic de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** podem observar la variació del preu de la crosta d'ametlla durant les últimes temporades:



**Preu de la crosta d'ametlla Intercoop (€/kg)**

Com podem observar, la tendència del preu ha estat la mateixa que l'anterior però amb algunes variacions de preu dependent de l'any.

El preu del transport és el mateix que des d'Albocàsser, per tant obtindríem el mateix preu unitari de **0.095 €/kg** de crosta sense triturar.

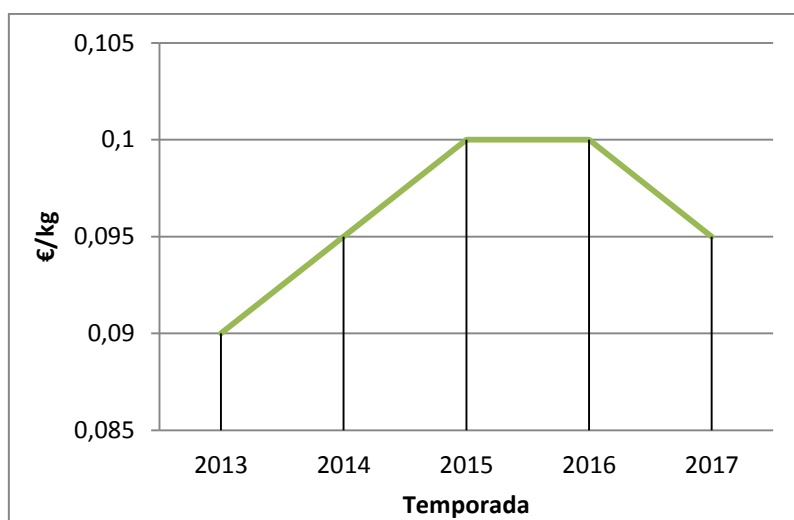
### 3.4.3 ESTELLA DE PI

---

#### *Forestal del Maestrazgo.*

Aquesta empresa, com s'ha dit abans, fabrica la seua pròpia estella de pi mitjançant processos de neteja i esclariment de montes de les poblacions limítrofes de la província de Terol amb la comarca dels Ports majoritàriament. El tipus de transport és mitjançant camió amb descàrrega mecànica de remolc sempre, ja que les estelles no es poden servir amb un equipament pneumàtic.

Amb aquesta empresa, per a l'any 2017, serviria al dipòsit de l'escola l'estella de pi a 95€ + IVA per tona amb un PCI garantit mínim de 3,5 kWh/kg, és a dir, uns **0.115 €/Kg**. A continuació podem observar la variació anual del preu de l'estella en els últims 4 anys de la qualitat esmentada anteriorment i sense l'IVA imputat:



**Preu de l'estella Forestal del Maestrazgo (€/kg)**

Com podem observar, el preu es manté en una mitjana de 95€ per tona i les variacions són poc importants. Això és degut a que el recurs és constant i no depèn de la collita anual ni importacions com en el cas de la crosta.

Tal com s'explica a l'apartat 2.3.1, quan la normativa europea s'adopte a l'Estat espanyol, l'estella s'haurà de classificar en un dels grups A1, A2, B1, B2 depenent de la seva qualitat.

### 3.4.4 PINYOL D'OLIVA

---

#### *Molí Cova de la Palla (Culla)*

Fins al moment, aquest és l'únic molí d'oli de la zona que ja extrau el pinyol d'oliva i el comercialitza a granel o amb format de sacs plàstics de 15 kg, però cal destacar que molts dels municipis de la zona tenen una indústria més o menys potent de l'oli d'oliva.

El preu a gener de 2018 és de 0.18 €/kg de pinyol d'oliva amb una humitat màxima del 15% i sense transport inclòs. Els sacs de 15 kg es venen a 4 € la unitat. Estimant amb 75€ el cost del transport amb camió mecànic la distància que separa aquest molí i Atzeneta, d'uns 20 km, i la capacitat del camió de 15 t, obtindríem un preu unitari de **0.184 €/kg** de pinyol d'oliva triturat. La producció és baixa i no quedaria garantit el subministrament per al col·legi si disposem només d'aquesta font.

Cal observar que no es pot obtenir la variació del preu perquè és el primer any que s'ofereix aquest producte.

### 3.4.5 COMPARACIÓ DE SUBMINISTRAMENTS

---

Amb les dades dels punts 2.4.1 a 2.4.4 estem en condicions de configurar una taula on poder fer la comparativa dels preus dels diversos combustibles que es podrien adquirir i el preu del kWh utilitzant el PCI que garanteix el fabricant. Si no es té la dada del PCI del fabricant, s'agafa un valor dels estudiats en el punt 3.3

Biomassa	Lloc de procedència	Preu unitari (€/kg)	Preu aproximat (c€/kWh)	Cobreix demanda?
Pèl-let	Vilafamés	0,236	4,63	Sí
	Cinctorres	0,249	4,88	Sí
	Vilafranca	0,230	4,51	Sí
Crosta d'ametlla	<b>Atzeneta</b>	<b>0,062</b>	<b>1,38</b>	<b>Sí</b>
	Albocàsser	0,095	2,11	Sí
	Cabanes	0,095	2,11	Sí
Estella	Cinctorres	0,115	3,28	Sí
Pinyol d'oliva	Culla	0,184	3,34	No

Comparativa de subministraments amb biomassa autòctona.

## 4. INSTAL·LACIONS ACTUALS

---

En aquest punt, es descriuran els dos edificis que són objecte del present projecte i les seves respectives instal·lacions actuals pel que puguen tenir d'interès en referència a la calefacció dels mateixos.

### 4.1 COL·LEGI PÚBLIC

---

#### 4.1.1 DESCRIPCIÓ DEL COL·LEGI

---

El col·legi públic El Castell d'Atzeneta del Maestrat té una superfície construïda d'aproximadament 2150 m<sup>2</sup>. Consta d'un edifici que ubica principalment el menjador, cuina i sala d'usos múltiples i comunica amb la zona docent, on es poden diferenciar la zona infantil a la planta baixa i zona primària entre planta baixa i primera planta. De forma annexa es troba la zona d'activitats esportives construïda en planta baixa. La suma de la superfície total que es calefacta és de 1321 m<sup>2</sup>.



Porta d'entrada al Col·legi d'Atzeneta



Per al curs 2017-2018 el número total d'alumnes matriculats va ser de 91, i el seu claustre el formaven 14 mestres d'educació infantil, primària i especialitats. Des del curs 2013/2014 el col·legi està englobat dintre d'un CRA (Col·legi Rural Agrupat) d'infantil i primària juntament amb els col·legis de Les Useres i Vistabella. Les prediccions a mitjà termini són de manteniment de les unitats escolars, o podrien fis i tot augmentar degut a la possible escolarització dels xiquets de 2 anys a partir del curs 2018/2019.

Com tots els entorns rurals, el col·legi públic El Castell ha perdut alumnes i mestres des de la dècada dels 90 fins ara, amb l'afegit que els xiquets de 1r i 2n d'ESO van deixar d'estar escolaritzats a Atzeneta per emportar-se'ls a l'institut de la Vall d'Alba l'any 2009. Així, des d'aquell any fins a l'actualitat el col·legi ha passat de tenir 160 alumnes matriculats a 91.

#### 4.1.2 DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ ACTUAL

---

La caldera d'aigua per calefactar l'edifici principal està equipada amb un cremador de gasoil C per a calefacció que utilitza aigua com a fluid caloportador amb temperatures d'anada i retorn de 90°C/70°C.

També existeix un generador d'ACS que alimenta també els radiadors dels vestuaris de la zona esportiva i una caldera d'aigua independent per a l'habitatge del conserge. El generador d'ACS escalfa l'aigua fins, almenys, 60°C abans de distribuir-la mitjançant una vàlvula termostàtica regulable. D'aquest generador ix un circuit per alimentar els radiadors que calefacteren els vestuaris.

Per a l'habitatge del conserge hi ha instal·lada una caldera de calefacció i ACS de marca ROCA i model LAIA GTI-R amb una potència calorífica útil de 29 kW i un cremador de gasoil C. Aquesta instal·lació és totalment independent de l'escola ja que es fa un ús privat d'ella i no entra dins del present projecte.

El sistema de canonades de l'edifici principal és bitubular i consta de tres circuits: radiadors del menjador, radiadors del centre i radiadors dels vestuaris. Els radiadors del centre estan instal·lats amb retorn invertit. Són d'acer negre soldat i recorren pel fals sostre amb suports ancorats al sostre i escuma elastòmera de 20 a 30mm de grossor com aïllant.

El gasoil C s'emmagatzema en un dipòsit soterrat de 10.000 litres de capacitat màxima situat sota la sala de la caldera.

Els radiadors són de ferro colat amb purgador automàtic. El número d'elements de cada radiador va ser calculat en el projecte d'instal·lació de la calefacció del col·legi per a poder proporcionar una determinada potència a cada espai calefactat per a contrarestar les càrregues tèrmiques de cadascun.

El col·legi està dividit en quatre zones, que representen:

- Zona 1: Ala de l'edifici en forma ovalada on estan situats el menjador, la cuina i el saló d'usos múltiples. Està unida a l'edifici central per un passadís.
- Zona 2: Ala de l'edifici on es troba situada la zona d'educació infantil. Està també unida a l'edifici central mitjançant un altre passadís.
- Zona 3: Abarca la planta baixa de l'edifici central del col·legi, on estan la biblioteca, taller, aula d'informàtica, etc. És la única part del col·legi amb dues plantes construïdes.
- Zona 4: Correspon a la primera planta de l'edifici central. És on es troben situades les aules de primària i educació especial.

Aquestes zones són també les que es defineixen al ClimaV2 per al càlcul de les càrregues tèrmiques.

Col·legi públic d'Atzeneta del Maestrat		
Element	Superfície calefactada (m <sup>2</sup> )	Volum calefactat (m <sup>3</sup> )
<b>Zona 1</b>		
Menjador	190	551
Cuina	52	150,8
Saló d'usos múltiples	204	714
<b>Zona 2</b>		
Aula infantil 2	58	168,2
Aula infantil 3	58	168,2
Aula infantil 4	58	168,2
Aula infantil 5	58	168,2
<b>Zona 3</b>		
Biblioteca	74	214,6
Taller	62	179,8
Aula d'informàtica	55	159,5

Sala de professorat	47	136,3
Secretaria	9	26,1
Direcció	12	34,8
Despatx de reunió	12	34,8
<b>Zona 4</b>		
Aula primària 1	62	179,8
Aula primària 2	62	179,8
Aula primària 3	62	179,8
Aula primària 4	62	179,8
Aula primària 5	62	179,8
Aula primària 6	62	179,8
<b>TOTAL</b>	<b>1321</b>	<b>3953,3</b>

#### Zones calefactades del col·legi d'Atzeneta

El control de la instal·lació general es duu a terme amb dos reguladors electrònics, sectoritzat en centre i menjador, que actuen sobre dues vàlvules de tres vies, les bombes que fan circular l'aigua i que relacionen la temperatura externa i la temperatura d'impulsió de l'aigua. Existeix un circuit més menut que abasteix els radiadors de la zona 1 i un altre circuit més gran que abasteix la resta de les quatre zones.

Per una altra banda, la potència elèctrica necessària segons el projecte per al funcionament de tota la instal·lació completa és de 2600 W.

Per a la calefacció central, a l'edifici principal, hi ha instal·lada una caldera YGNIS PY-195 amb una potència nominal de 212 kW i un rendiment teòric del 90% que podem consultar les seves característiques a la taula 1.1. El cremador que incorpora és de marca Monarch-Weishaupt i model WL 30Z-A a dues marxes, és a dir, pot funcionar amb una flama encesa o dues flames enceses, i que podem consultar les seves característiques a la Característiques del cremador. Cada flama es pot programar amb una temperatura diferent; quan la temperatura de l'aigua de l'interior de la caldera supera la temperatura 1 s'apaga la flama 2, i quan la temperatura de l'interior de la caldera supera la temperatura 2 s'apaga la flama 1. La potència del cremador pot oscil·lar entre 72 i 330 kW.

<b>CALDERA GASOIL C</b>	
<b>Marca</b>	YGNIS
<b>Tipus</b>	PY-195
<b>Potència nominal</b>	195 kW
<b>Pressió de disseny</b>	4 bar
<b>Pressió màxima de servei</b>	4 bar
<b>Temperatura màxima de servei</b>	105 °C
<b>Potència calorífica nominal</b>	212 kW
<b>Rendiment</b>	90%
<b>Volum d'aigua</b>	0,204 m <sup>3</sup>
<b>Data registre</b>	16/07/1997

**Característiques de la caldera**

<b>CREMADOR</b>	
<b>Marca</b>	MAX WEISHAUPT
<b>Tipus</b>	WL30Z-C
<b>Protecció</b>	IP 42
<b>Any de fabricació</b>	2000
<b>Potència mínima</b>	72 kW
<b>Potència màxima</b>	330 kW
<b>Gasoil mínim</b>	6.1 kg/h
<b>Gasoil màxim</b>	27.9 kg/h
<b>Pressió màxima</b>	2 bar
<b>Potència elèctrica</b>	0.5 kW

**Característiques del cremador**

## 4.2 CENTRE DE DIA

---

### 4.2.1 DESCRIPCIÓ DEL CENTRE DE DIA

---

El centre de Dia per a l'atenció de persones majors i dependents d'Atzeneta del Maestrat va ser construït per la Generalitat Valenciana l'any 2004 i cedit a l'Ajuntament d'Atzeneta del Maestrat l'any 2011. Es tracta d'un edifici d'aspecte modern, amb 1502 m<sup>2</sup> construïts dels quals es calefacteren 731 m<sup>2</sup>. L'aspecte exterior de l'edifici és de formigó amb grans tancaments de vidre i acabats de fusta, i compta amb una jardineria central interna que és visible des de qualsevol punt de l'edifici a través de grans vidres que substitueixen les parets.



**Façana del Centre de Dia d'Atzeneta**

Durant l'any 2017 hi ha hagut 37 usuaris fixos (persones dependents que necessiten ajuda per menjar, anar al lavabo, etc. ) que van tots els dies de l'any més un número variable d'usuaris que només van a fer certes activitats amb un horari preestablert. Fins a 26 usuaris més han estat matriculats a algunes de les activitats que allí s'hi realitzen, amb un total de 63 usuaris màxims. Hi ha 4 treballadors fixos que fan les tasques d'atenció a les persones i cuina i 2 treballadors a temps parcial que només s'encarreguen de fer algunes activitats.

## 4.2.2 DESCRIPCIÓ DE LA INSTAL·LACIÓ ACTUAL

Tot l'edifici està calefactat per una caldera que utilitza gasoil per escalfar l'aigua com a fluid caloportador. Es tracta d'una caldera DE DIETRICH model GT 335 amb una potència nominal de 115 kW. Està equipada amb un cremador de gasoil C amb temperatures d'anada i retorn que poden ser seleccionades de: 90°C/70°C; 70°C/50°C i 60°C/40°C.

Només hi ha instal·lada aigua calenta sanitària (ACS) a la cuina i als lavabos. Per a donar aquest servei hi ha instal·lat un escalfador d'aigua que funciona amb gas GLP. Es tracta del model VAILLANT turboMAG de 24 kW de potència nominal i un rendiment nominal del 88%. La potència és modulable entre els 7'5 kW i els 24 kW i, segons dades del fabricant, és capaç de treure fins a 14 litres per minut d'aigua a màxima temperatura (60°C).

El sistema de canonades de l'edifici principal és bitubular i consta de dos circuits diferenciats que recorren ancorats pel sostre de formigó i sense cap tipus d'aïllant: radiadors de les zones comunes (hall, recepció i passadissos) i radiadors de les diverses estances (menjador, gimnàs, saló d'estar, sales d'activitats, lavabos, despatx). Els radiadors estan instal·lats amb retorn invertit i són de ferro colat pintat amb pintura anticalòrica de color blanc.

El gasoil C s'emmagatzema en un dipòsit soterrat de 6.000 litres de capacitat màxima situat sota la sala de la caldera.

En la següent taula, es classifiquen les estances del centre de Dia calefactades amb els dos circuits definits en dues zones diferenciades:

Centre de DIA d'Atzeneta del Maestrat		
Element	Superfície calefactada (m <sup>2</sup> )	Volum calefactat (m <sup>3</sup> )
<b>Zona 1</b>		
Passadissos	98	294
Recepció	31	93
Hall	135	405
<b>Zona 2</b>		
Menjador	85	255
Gimnàs	96	288
Sala cinema	68	204
Lavabo homes	11	33

<b>Lavabo dones</b>	11	33
<b>Saló d'estar</b>	48	144
<b>Despatx</b>	12	36
<b>Sala d'activitats 1</b>	68	204
<b>Sala d'activitats 2</b>	68	204
<b>TOTAL</b>	731	2193

**Zones calefactades del Centre de Dia**

El control automatitzat de la instal·lació es duu a terme mitjançant el control de la temperatura d'impulsió de l'aigua cap als emissors tèrmics en funció de condicions exteriors de temperatura. Consta de: centralita electrònica; sonda termomètrica exterior; sonda termomètrica d'impulsió i vàlvula motoritzada de 3 vies.

Per una altra banda, la potència elèctrica necessària segons fabricants són 2610 W, tenint en compte les bombes de circulació de l'aigua (2200 W), centralita (10 W) i caldera (400 W).

El cremador amb el que està equipat la caldera és un model DE DIETRICH M 301-2S d'una sola marxa, amb una potència nominal d'entre 77 i 166 kW

<b>CALDERA GASOIL C</b>	
<b>Marca</b>	DE DIETRICH
<b>Model</b>	GT-335
<b>Potència nominal</b>	115 kW
<b>Pressió màxima de servei</b>	6 bar
<b>Temperatura màxima de servei</b>	90 °C
<b>Potència calorífica nominal</b>	115 kW
<b>Rendiment</b>	91,6%
<b>Volum d'aigua</b>	0,116 m <sup>3</sup>
<b>Data registre</b>	16/07/1997

**Característiques de la caldera del Centre de DIA**

---

<b>CREMADOR</b>	
<b>Marca</b>	DE DIETRICH
<b>Model</b>	M 301-2S
<b>Potència mínima</b>	77 kW
<b>Potència màxima</b>	166 kW
<b>Gasoil mínim</b>	6.5 kg/h
<b>Gasoil màxim</b>	14.0 kg/h
<b>Pressió màxima</b>	2 bar
<b>Potència elèctrica</b>	0.260 kW

---

**Característiques del cremador del Centre de DIA**



## 5. CÀRREGUES TÈRMiques I ENERGIA

---

En aquest punt, es calcularan les càrregues tèrmiques dels dos edificis estudiats en aquest projecte. Aquestes fan referència a la potència tèrmica que intercanvia cada edifici amb l'exterior degut a les condicions climàtiques externes (optant per les més desfavorables). El seu càlcul permet dimensionar correctament els equips de calefacció per poder compensar-les. Així, podrem comprovar si els actuals equips de Gasoil estan correctament dimensionats i podrem plantejar les alternatives basades en el nostre propi càlcul.

A més a més també es farà un càlcul de l'energia que es preveu serà necessària per a calefatar els edificis en qüestió durant un any natural. En cadascun dels casos, es tindran en compte diverses hipòtesis amb el mètode dels grau-dia, com tenir en compte el calendari escolar per a determinar les necessitats energètiques del col·legi, aplicar un coeficient per refredament nocturn de les instal·lacions, etc. Després es podrà comparar l'actual consum energètic (factures de gasoil C dels dos edificis) amb el previst.

### 5.1 CONDICIONS CLIMÀTIQUES

---

En primer lloc situem l'edifici en les condicions climatològiques de la zona.

Les temperatures de la zona on es troba situat el col·legi, al nucli urbà d'Atzeneta del Maestrat, porten sent mesurades ininterrompudament des de l'any 1944 per l'observatori número 8492, coordenades 0° 10' 17" W i 40° 13' 00" N a 402m d'altitud. Per als càlculs es prenen les dades de la sèrie històrica 1944-2012 ja que no s'observa un factor determinant d'augment de les temperatures pel canvi climàtic a l'hivern (2006, 2009, 2010 i 2011 estan per baix de la mitjana de la sèrie històrica).

Es produeixen una mitjana de 54 dies de glaçada per any, és a dir, 54 dies a l'any on la temperatura baixa dels 0°C. També són freqüents glaçades moderades, amb temperatures inferiors als -5°C que es poden donar durant diversos dies consecutius en situacions anticiclòniques de l'hivern. La temperatura mínima de la sèrie històrica és -11°C. Així amb tot es considera que -4°C és la referència de temperatura que

superarem durant el 99% del temps, i que coincideix amb la que es pren al projecte original d'instal·lació de calefacció del col·legi.

MES	Gen	Feb	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Oct	Nov	Des
T. MITJANA °C	7,66	8,71	10,97	13,06	16,52	20,50	23,58	23,59	20,48	16,06	11,26	8,43
MITJANA T. MÍNIMES °C	1,18	1,67	3,70	5,95	9,21	12,94	15,61	16,03	13,30	9,29	4,73	2,12

Resum temperatures d'Atzeneta. Font: Observatori 8492 AEMET

## 5.2 CÀLCUL DE LES CÀRREGUES TÈRMiques DELS EDIFICIS

---

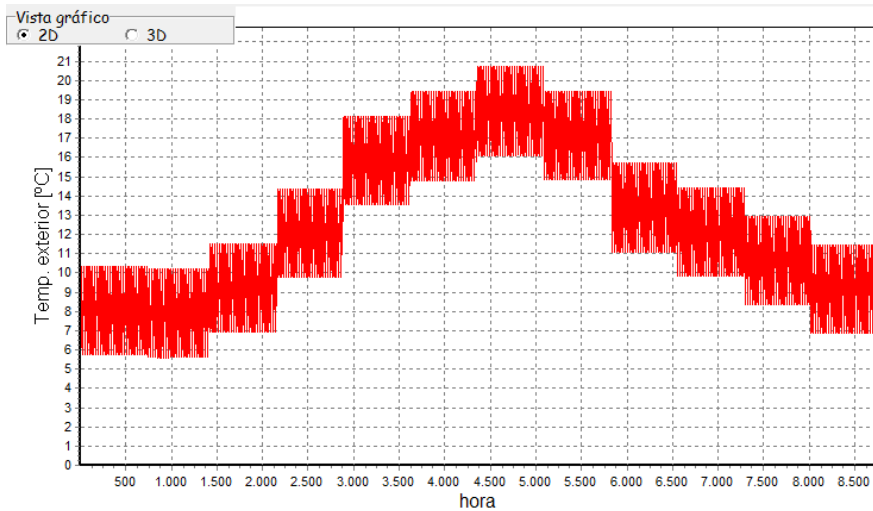
Pel que fa al càlcul de les càrregues tèrmiques dels edificis s'utilitza el programa *Clima V2*, ja que és el programa més ajustat per a les dades que es pretenen obtenir. Es tracta d'un programa per al dimensionament d'instal·lacions de climatització, amb el qual es pot determinar la càrrega tèrmica màxima (estiu i hivern) de l'edifici per determinar la potència tèrmica necessària dels equips. Tenim l'opció de treure totes les dades discriminades per zones, tipus de càrregues tèrmiques, gràfics...

El programa realitza els càlculs mitjançant funcions de transferència, la qual cosa permet una major exactitud en els càlculs.

Els càlculs es poden presentar per locals, zones, etc ... la qual cosa permet dimensionar tant equips com unitats terminals. En aquest cas, les unitats terminals no seran objecte de cap canvi però.

D'aquesta manera podrem dimensionar la instal·lació amb una aproximació a la realitat calculant la càrrega màxima de calefacció necessària.

Es creem dos projectes diferents ubicats a Atzeneta i es defineixen les condicions climàtiques i geogràfiques ajustades a les dades reals del punt anterior. Òbviament, les dades climàtiques són les mateixes per a tots dos projectes.



**Rang de temperatures utilitzat per al càlcul del climaV2**

L'organització jeràrquica que té el programa sobre un edifici és:

Edifici → Zona → Local → Tancaments → Buits (finestres, portes...)

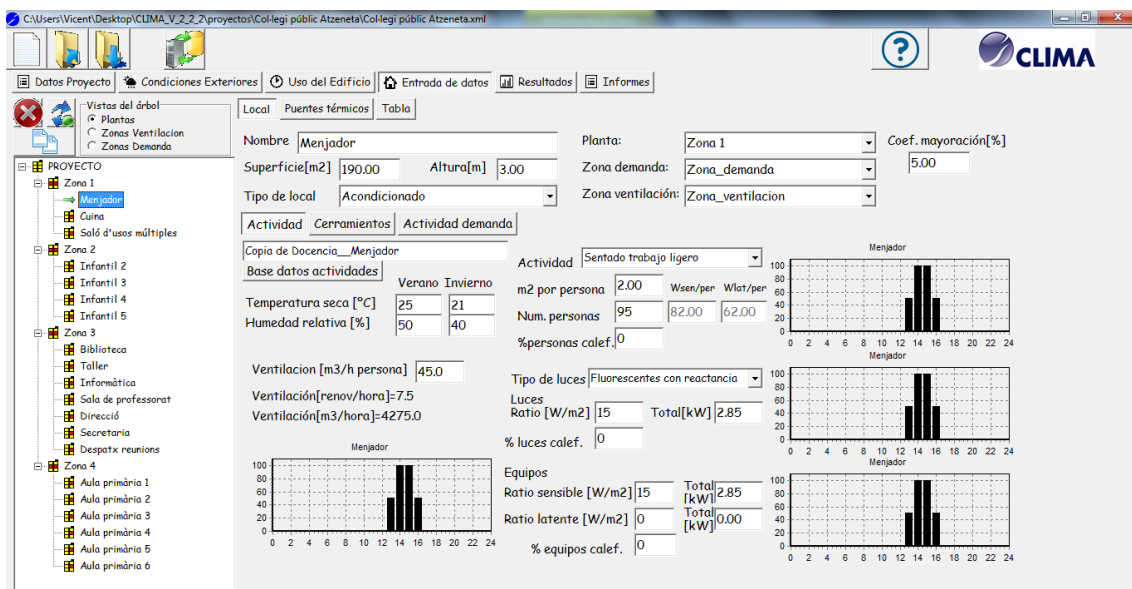
A cada local se li defineixen els materials i espessors de les parets, sòl i sostre (la base de dades del programa és molt àmplia i es troben fàcilment els materials utilitzats). Es defineixen també les portes i les finestres, la situació de cada element, orientació, les dimensions i la situació de l'element adjacent. Així es calcula la transmissió del calor.

A cada local se li assigna la potència d'il·luminació, d'altres càrregues, número de persones que s'espera que l'ocupen i un factor d'utilització durant les 24 hores del dia. La potència d'il·luminació ve donada pels elements instal·lats a cada local, essent per a cada local la suma de tots els elements instal·lats. L'estimació global d'altres càrregues es fa tenint en compte els aparells que poden funcionar a cada local (ordinadors sobre tot).

Pel que fa al factor d'utilització, depèn en gran mesura de l'ús que té cada local. Aquest és un aspecte molt important a l'hora de definir-lo perquè d'aquest depèn després el valor per a cada hora que tindran algunes de les càrregues tèrmiques que fan la suma del total. S'ha de tenir en compte que es vincula la ventilació en funció de l'ocupació de cada local degut a que és necessari un caudal de ventilació superior quan més alta és l'ocupació d'un local, i viceversa. A més a més, també les càrregues d'il·luminació i les englobades en "altres càrregues" estan definides amb el mateix factor d'ocupació de cada local, ja que es considera que hi ha una proporcionalitat directa entre aquests valors.

## 5.2.1 CÀRREGUES TÈRMiques DEL COL·LEGI

L'edifici s'ha dividit en 4 zones diferenciades que agrupen els locals de característiques similars i formen un mateix conjunt dins de l'edifici. Així, es considera la planta baixa i la primera planta de l'edifici principal com dues zones diferenciades; educació infantil com una tercera zona diferenciada i, per últim, una quarta zona que correspon amb la part de cuina, menjador i sala d'usos múltiples, i que també està separada físicament de l'edifici principal. Cadascuna d'aquestes zones s'ha subdividit en els locals que integra. A l'esquerra de la pantalla es mostra en tot moment la distribució de l'edifici i la pertinença de cada element dins del conjunt superior.



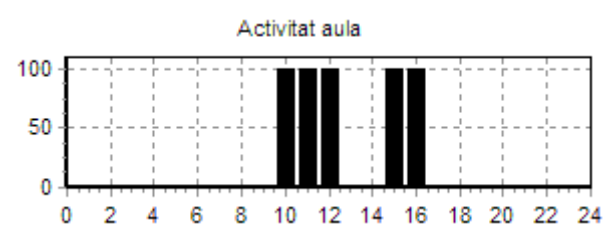
Captura de pantalla del ClimaV2

Cal dir que les dimensions dels locals i zones s'han obtingut a partir del projecte de construcció del col·legi, així com els materials i els espessors d'aquests (els coeficients de transmissió s'extrauen a partir de la base de dades del programa). Pel que fa a les dimensions de finestres, portes i altres elements de zones i locals corresponen a dades extretes de la campanya de mesures pròpies feta al col·legi.

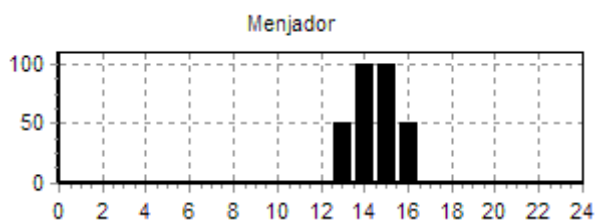
TANCAMENT	COEFICIENT K (W/ m <sup>2</sup> °C)
Mur exterior	0,66
Vidre exterior	2,5
Murs interior	0,99
Cobertes	0,57
Forjat superior	0,65
Forjat inferior	0,65
Sòl exterior	0,98

#### Materials constructius del col·legi

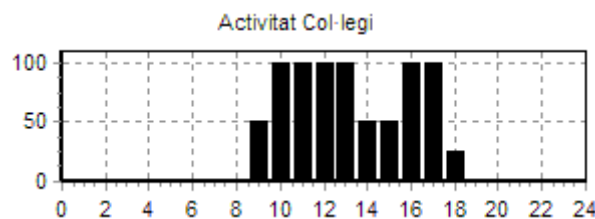
Les ocupacions dels locals s'han definit a partir del seu ús real, veient els horaris de les aules. Per exemple, una aula de primària o infantil tindrà un perfil d'ús d'entre les 10h i les 13h pel matí i entre les 15h i les 17h per la vesprada del 100%, i la resta de les hores serà nul.



En canvi, el menjador tindrà un ús assignat del 100% durant les hores del dinar dels alumnes, de 13h a 15h durant tots els dies del calendari escolar i una ocupació del 50% durant l'hora anterior i posterior a aquesta mentre es prepara el menjador.



En els locals on no hi ha un horari tan definit s'ha de realitzar una hipòtesi d'ocupació més genèrica, a la que hem anomenat "activitat col·legi". Aquí s'ha de tenir en compte que els mestres tenen un horari diferent als alumnes i que alguns alumnes no estan durant les dues hores de dinar al col·legi.

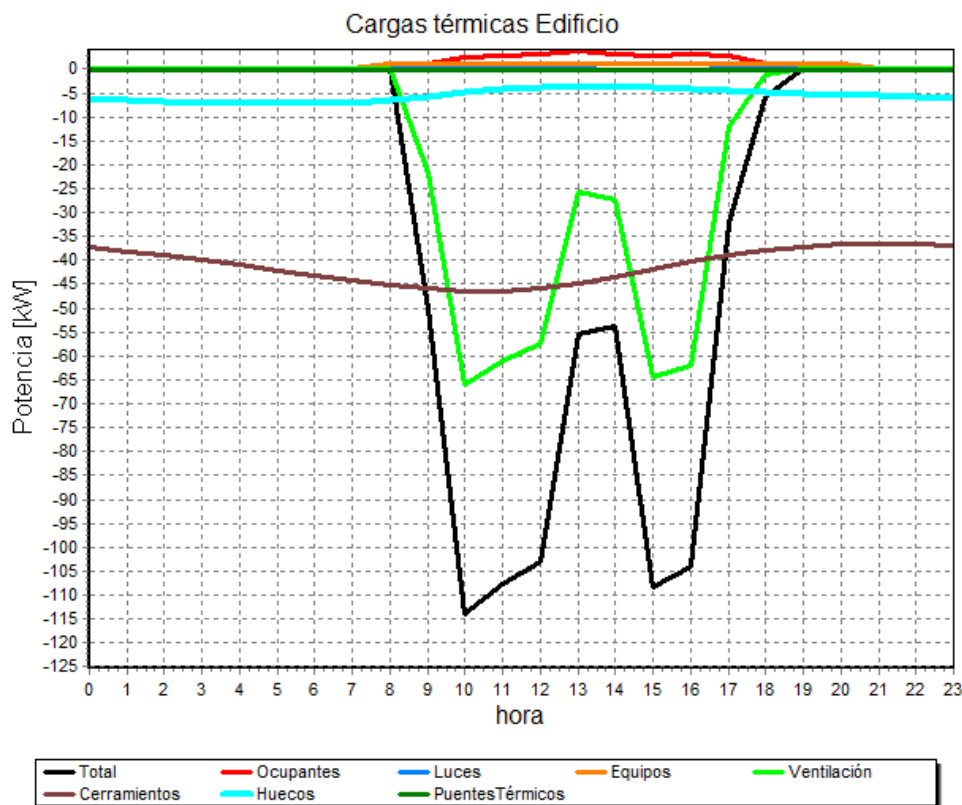


També s'assigna un caudal necessari de ventilació, definit per la norma *UNE-EN 13779* (base de dades del propi programa), i que queda definit en 45 m<sup>3</sup> per hora i per persona per a qualsevol centre docent.

CARGAS EDIFICIO	Total	Sensible
Total[kW]	-113.75	-86.66
Ratio[W/m2]	-86.11	-65.60
Ocupantes [kW]	3.42	2.45
Luces [kW]	0.93	0.93
Equipos [kW]	1.16	1.16
Ventilación [kW]	-65.62	-38.85
Cerramientos [kW]	-44.47	-44.47
Huecos [kW]	-3.68	-3.68
Puentes térmicos [kW]	-0.08	-0.08
Mayoracion [kW]	-5.42	-4.13

LOCALES	Total	Sensible
Local:Menjador[ef095345] [kW]	-10.00	-7.72
Local:Cuina[bc0c22e5] [kW]	-4.13	-3.51
Local:Saló d'usos múltiples[934e9d84] [kW]	-10.63	-8.19
Local:Infantil 2[d5f4b66d] [kW]	-5.39	-4.00
Local:Infantil 3[d3885da] [kW]	-5.53	-4.14
Local:Infantil 4[3f3ae9b7] [kW]	-5.54	-4.15
Local:Infantil 5[87955c05] [kW]	-5.53	-4.14
Local:Biblioteca[1417a538] [kW]	-8.49	-6.36
Local:Taller[caebe232] [kW]	-7.13	-5.41
Local:Informàtica[871eb968] [kW]	-5.70	-4.17
Local:Sala de professorat[6540e512] [kW]	-5.16	-3.85
Local:Direcció[cdcdd089] [kW]	-1.60	-1.44
Local:Secretaria[90f6f95] [kW]	-1.76	-1.54
Local:Despatx reunions[6bacd1c] [kW]	-1.76	-1.54
Local:Aula primària 1[dd4e216d] [kW]	-6.15	-4.66
Local:Aula primària 2[664e49a] [kW]	-6.15	-4.67
Local:Aula primària 3[b8ec8a9c] [kW]	-6.15	-4.66
Local:Aula primària 4[fe89c210] [kW]	-5.65	-4.17
Local:Aula primària 5[63b2ada6] [kW]	-5.90	-4.41
Local:Aula primària 6[26f84da8] [kW]	-5.40	-3.92

### Resultats ClimaV2 per al col·legi



Gràfic dels resultats finals Clima V2

El programa determina que la càrrega tèrmica és de 113,75 kW i es dona en un dia de Gener a les 10h. Cal comentar també que s'aplica un coeficient de seguretat del 5% sobre el global de la instal·lació, que als resultats apareix com a "mayoración[kW]" .

### 5.2.2 CÀRREGUES TÈRMIQUES DEL CENTRE DE DIA

Per a calcular les càrregues tèrmiques del centre de DIA, s'han seguit les mateixes premisses que en l'edifici del col·legi. S'ha definit completament l'edifici al programa Clima V2 després de la inspecció visual de tot l'edifici. Tots els murs exteriors son de formigó armat i el sostre compta amb una coberta polimèrica aïllant recoberta de grava.

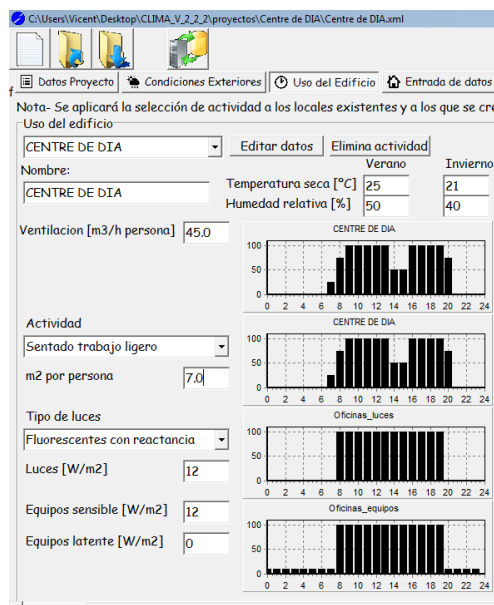
L'edifici és d'una única planta, i així es defineix al programa. Per a cada sala, es defineixen els murs interiors i exteriors, finestres, portes, sostre i sòl. Es tenen també en compte les orientacions dels murs exteriors, sabent que l'entrada de l'edifici està orientada al nord-est. Algunes parets són pràcticament totes de doble vidre (la qual

cosa augmentarà les pèrdues tèrmiques d'aquestos locals). Aquestes no estan incloses en l'apartat de "buits", sinó en el de tancaments. Només les finestres i portes es consideren "buits". Els coeficients de transmissió aplicats són els següents:

TANCAMENT	COEFICIENT K (W/ m <sup>2</sup> °C)
Mur exterior	1,60
Vidre exterior	2,5
Murs interior	0,99
Cobertes	0,38
Sòl exterior	0,98

#### Materials constructius del Centre de Dia

En aquest cas, el centre de DIA té uns horaris específics que introduïrem a l'ús de cada estança. Es considera una ocupació màxima de 7 m<sup>2</sup> per persona (basant-nos en les dades actuals d'ocupació) i la ventilació es defineix amb el valor de 45 m<sup>3</sup>/h per persona, degut a que és considerat un recinte hospitalari (atenció a persones dependents).

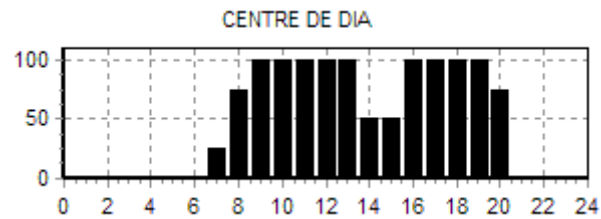


Captura de pantalla Clima V2

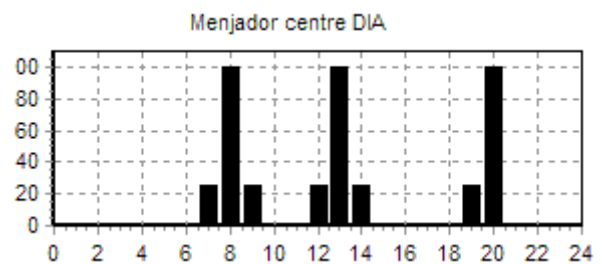


Les temperatures i humitats interiors també venen definides per la base de dades interna del programa (21°C i 40% d'humitat a l'hivern), ajustada a la normativa actual sobre seguretat en edificis públics.

Seguint els horaris del centre de DIA, l'ocupació genèrica dels locals es determina del 100% entre les 8h i les 20h (horari habitual) disminuint al migdia al 50% degut a que mai es fan activitats en aquesta franja horària i només hi són els dependents que dinen al centre. De 07 a 08h i de 20h a 21h tenen activitats menors.



El menjador, sabem que té un ús diferent. Només s'utilitza de 8h a 9h per esmorzar, de 13h a 14h per dinar i de 20h a 21h per sopar.



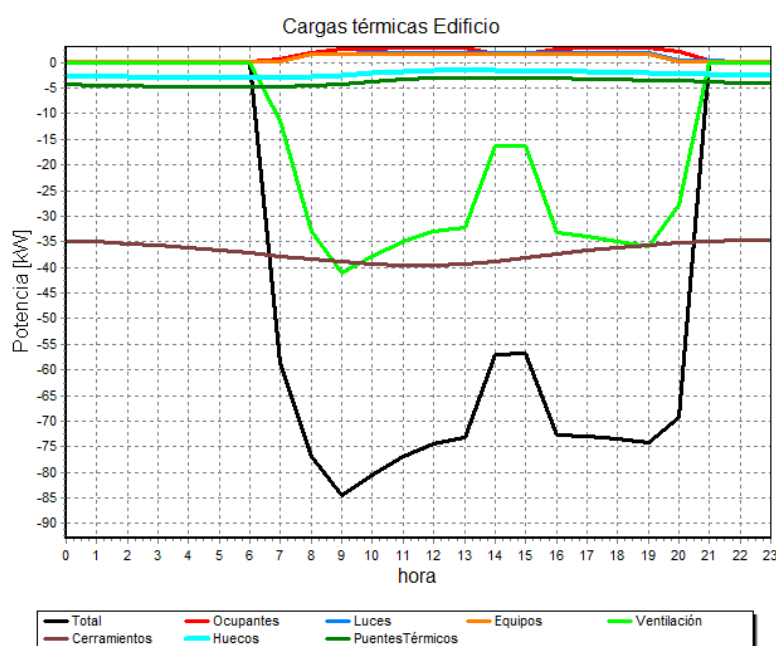
Amb tot, el càlcul resulta el següent:

CARGAS EDIFICIO	Total	Sensible
Total[kW]	-84.41	-71.01
Ratio[W/m2]	-119.39	-100.44
Ocupantes [kW]	2.63	1.86
Luces [kW]	1.72	1.72
Equipos [kW]	1.70	1.70
Ventilación [kW]	-41.01	-27.48
Cerramientos [kW]	-38.88	-38.88
Huecos [kW]	-2.41	-2.41
Puentes térmicos [kW]	-4.13	-4.13
Mayoracion [kW]	-4.02	-3.38

LOCALES		
Local:Recepció[399eb51c] [kW]	-7.26	-6.78
Local:sala d'estar[d0d773a1] [kW]	-4.76	-4.01
Local:sala d'activitats 1[2a613b7f] [kW]	-7.17	-5.55
Local:Menjador[b9283da2] [kW]	-7.84	-5.82
Local:Sala Cinema[1d92551d] [kW]	-4.27	-3.21
Local:Despatx[12b885a1] [kW]	-1.71	-1.42
Local:Gimnàs[15319499] [kW]	-11.87	-9.58
Local:Hall[d8b23556] [kW]	-14.47	-11.26
Local:Passadís[4b414f95] [kW]	-5.89	-5.46
Local:Lavabo H[6c19a41a] [kW]	-5.53	-5.50
Local:Lavabo D[c87ab4cc] [kW]	-5.53	-5.50
Local:Sala d'activitats 2[22794eeb] [kW]	-8.11	-6.92

### Resultats Clima V2 per al Centre de Dia

El moment més desfavorable és un dia de Gener a les 9 del matí, i la càrrega tèrmica que hem de poder contrarestar són 84,41 kW.



Gràfic dels resultats del Centre de Dia del ClimaV2

## 5.3 CÀLCUL DEL CONSUM D'ENERGIA EN CALEFACCIÓ

El mètode dels graus-dia proporciona un càlcul aproximat de l'energia necessària per a calefacció a partir de la potència tèrmica màxima estimada en l'apartat anterior mitjançant *ClimaV2* i que anomenarem  $P$ . La càrrega instantània de calefacció variarà amb la temperatura exterior. Així, l'energia consumida en un dia pot dividir-se en  $N$  intervals de temps en que la temperatura exterior,  $T_{ext}$ , és diferent i podria calcular-se

com la suma de cada interval a la potència corresponent. Si ho escrivim en funció de la càrrega màxima  $P$ , la temperatura exterior mitjana de cada dia ( $T_{ext.dia}$ ) i agafem l' hora com a interval, tenim que:

$$E_{calef.dia} = \frac{P}{T_{confort} - T_{ext.mín}} \cdot 24 \cdot \sum_{dia} (T_{confort} - T_{ext.dia})$$

On  $\sum_{dia}(T_{confort} - T_{ext.dia})$  són els graus-dia.

Per a fer-ho més simple es pot calcular l'energia consumida en calefacció durant un mes,  $E_{calef.mes}$ , amb la mateixa expressió:

$$E_{calef.mes} = \frac{P}{T_{confort} - T_{ext.mín}} \cdot 24 \cdot \sum_{mes} (T_{confort} - T_{ext.mes})$$

On  $\sum_{mes}(T_{confort} - T_{ext.mes})$  són els GD que té un mes. Es tracta de multiplicar els dies que té el mes que es calcula per la diferència entre la temperatura de confort i la temperatura mitjana d'aquest mes.

La temperatura base que es sol utilitzar per als càlculs és de 15°C ja que es considera que la diferència entre la temperatura desitjada (que com a màxim pot ser de 21°C segons el RITE) i aquesta s'obté amb la insolació i altres aportacions de calor. En aquest cas, parlem de GD en base 15,  $GD_{15}$ . La norma UNE 100.002 fixa els  $GD_{15}$  per a algunes ciutats de l'Estat espanyol.

Per al cas d'Atzeneta, la diferència entre la temperatura base i la mitjana de cada mes és:

MES	GEN	FEB	MAR	ABR	MAI	JUN	JUL	AGO	SET	OCT	NOV	DEC
DIF 15º	7,34	6,29	4,03	1,94	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	3,74	6,58

Diferència entre 15 i la temperatura mitjana

Cal tenir en compte que, quan la diferència és un valor negatiu, aquesta no es té en compte i li assignem un valor 0.

Així, per a cada mes, obtenim un  $GD_{15}$  amb la diferència anterior i els dies de cada mes:

MES	$GD_{15}$
ANUAL	915,52
DECEMBRE	203,83
NOVEMBRE	112,10
OCTUBRE	0
SETEMBRE	0
AGOST	0
JULIOL	0
JUNY	0
MAIG	0
ABRIL	58,32
MARÇ	124,87
FEBRER	188,82
GENER	227,58

$GD_{15}$  Atzeneta del Maestrat

El  $GD_{15}$  anual d'Atzeneta és la suma dels valors per a cada mes.

### 5.3.1 ENERGIA AL COL·LEGI

Amb aquests valors de  $GD_{15}$  i, aplicant la fórmula que s'ha exposat anteriorment, podem estimar l'energia que necessitem cada mes ( $E_{calef.mes}$ ):

MES	ENERGIA (kWh)
ANUAL	110.941
DECEMBRE	24.699
NOVEMBRE	13.585
OCTUBRE	0
SETEMBRE	0
AGOST	0
JULIOL	0
JUNY	0
MAIG	0
ABRIL	7.068
MARÇ	15.131
FEBRER	22.881
GENER	27.577

Energia necessària per al col·legi

Sumant l'energia necessària per a cada mes obtenim l'energia anual estimada: 110.941 kWh.

Així, ja podem saber quin consum aproximat de gasoil C hauríem de tenir durant l'any per escalfar l'escola. Si considerem el rendiment de la caldera d'un 90% (dades tècniques de la caldera) i el rendiment de tota la instal·lació en global del 80% (aplicant un coeficient general de pèrdues per canonades) tenim que, assumint un poder calorífic inferior (PCI) del gasoil C de 10,4 kWh/l:

$$\text{Consum gasoil C} = \frac{110941 \text{ kWh}}{0,8 \cdot 10,4 \text{ kWh/l}} = 13.334,3 \text{ l}$$

1

Amb el mateix procediment, calculem la resta de combustibles considerats:

COMBUSTIBLE	PCI	QUANTITAT
Gasoil C	10,4 kWh/l	13.334,3 l
Crosta d'ametlla	4.6 kWh/kg	30.160 kg
Estella	3.1 kWh/kg	44.733 kg
Pèl·let	5,0 kWh/kg	27.735 kg
Pinyol d'oliva	5,2 kWh/kg	26.669 kg

**Resultats per a diversos combustibles**

És evident que el consum de més de 13.000 litres anuals de gasoil C queda per sobre del consum real, on la mitjana està al voltant dels 8.132 litres anuals. Això és degut a que la instal·lació no té un ús continu durant tots els mesos on el GD<sub>15</sub> dona un valor positiu. Aquí podem veure el consum de gasoil actual:

Any	Consum (l)
2014	7.856
2015	8.535
2016	8.613
2017	7.524
<b>Mitjana</b>	<b>8.132</b>

**Taula consum real de gasoil al col·legi**

Amb tot, es decideix fer un càlcul més aproximat a la realitat degut a l'ús que se'n fa de l'edifici en estudi adaptant el mètode dels graus-dia. Al tractar-se d'un col·legi d'educació primària, el seu ús majoritari es restringeix als dies que figuren com a lectius en el calendari escolar de cada curs. Atenent aquest criteri i consultant el calendari lectiu de la Conselleria d'Educació de la Generalitat Valenciana per al curs 2017-2018, es calcula la quantitat de graus-dia de cada mes ( $GD_{15e}$ ) tenint en compte només aquests dies que es posarà en funcionament la caldera:

MES	$GD_{15e}$
ANUAL	538,21
DECEMBRE	98,63
NOVEMBRE	78,47
OCTUBRE	0,00
SETEMBRE	0,00
AGOST	0,00
JULIOL	0,00
JUNY	0,00
MAIG	0,00
ABRIL	29,16
MARÇ	88,61
FEBRER	125,88
GENER	117,46

$GD_{15}$  adaptat al calendari escolar 2017/2018

Amb el  $GD_{15e}$  es calcula, com s'ha fet abans, l'energia que es necessita per a calefactar l'edifici:

MES	ENERGIA (KWh)
ANUAL	65.220
DECEMBRE	11.951
NOVEMBRE	9.509
OCTUBRE	0
SETEMBRE	0
AGOST	0
JULIOL	0
JUNY	0
MAIG	0
ABRIL	3.534
MARÇ	10.738
FEBRER	15.254
GENER	14.234

Energia necessària tenint en compte el calendari escolar

En aquest cas, i degut a la intermitència de la caldera (durant els dies no lectius l'edifici es refreda més que quan només es refreda per les nits) s'aplica un coeficient

d'intermitència que es correspon amb el 20% de l'energia necessària calculada. El RITE 2013 ens orienta en quins valors de correcció ens haurem de moure:

- Per reducció de temperatura nocturna: Un 5%.
- Per parada de la instal·lació de 7 a 9 hores: Un 10%.
- Per parada de més de 12 hores: A considerar entre un 20 i un 30%.

$$65.220 \times 1,20 = 78.264 \text{ kWh}$$

Amb aquesta nova aproximació, i repetint els càlculs dels consums anteriors, el consum anual de gasoil C per la caldera ascendiria a 9407 l, número més semblant al consum real que l'anterior calculat. A continuació veiem la comparació amb els altres combustibles considerats:

COMBUSTIBLE	PCI	QUANTITAT
Gasoil C	10,4 kWh/l	9407 l
Crosta d'ametlla	4,6 kWh/kg	21.267 kg
Estella	3,1 kWh/kg	31.558 kg
Pèl·let	5,0 kWh/kg	19.566 kg
Pinyol d'oliva	5,2 kWh/kg	18.814 kg

**Resultats per a diversos combustibles**

Com es pot comprovar, la potència instal·lada supera amb escreix les necessitats calculades mitjançant el programa *ClimaV2*, i el consum de gasoil C real anual és inferior al que s'ha calculat amb aquesta última aproximació.

Segons els nostres càlculs amb *ClimaV2*, la caldera està un 53% sobredimensionada si comparem la potència instal·lada de 212 kW amb la necessària. I segons l'estimació de consum de gasoil, el consum real és un 15% inferior al calculat tenint en compte les factures de gasoil de que es disposa, dels anys 2016 i 2017, per al col·legi de l'Ajuntament d'Atzeneta.

### 5.3.2 ENERGIA AL CENTRE DE DIA

---

Seguint el mateix procediment per al segon edifici, traiem els resultats per al consum d'energia del centre de DIA utilitzant la mateixa taula de graus-dia (les condicions climàtiques no canvien).

MES	ENERGIA (kWh)
GENER	18.442
FEBRER	15.301
MARÇ	10.119
ABRIL	4.726
MAIG	0
JUNY	0
JULIOL	0
AGOST	0
SETEMBRE	0
OCTUBRE	0
NOVEMBRE	9.084
DECEMBRE	16.517
ANUAL	74.188

Energia necessària al Centre de Dia

Com ja s'ha comentat, el centre de DIA obre tots els dies de l'any (també diumenges i festius), per tant, en aquest cas, no té sentit fer una reducció dels graus-dia per adaptar-lo a la situació concreta del centre.

A més a més, només haurem d'aplicar el factor corrector per disminució de la temperatura nocturna (per la nit sí que roman tancat el centre) i que, segons el RITE, el valorarem en un 5% de l'energia:

$$74.188 \times 1,05 = 77.897 \text{ kWh}$$

Com podem comprovar, malgrat tenir unes càrregues tèrmiques que són un 26% inferiors respecte del col·legi, la despesa energètica en calefacció és molt similar (a penes un 0,5% inferior). Òbviament, la causa la trobem en l'augment d'hores que funciona la caldera del centre de DIA respecte el col·legi durant l'any.

Fent el mateix càlcul que abans per a quantificar el combustible necessari, obtenim la taula de combustibles per al centre de DIA:



COMBUSTIBLE	PCI	QUANTITAT
Gasoil C	10,4 kWh/l	9363 l
Crosta d'ametlla	4,6 kWh/kg	21.168 kg
Estella	3,1 kWh/kg	31.410 kg
Pèl·let	5,0 kWh/kg	19.474 kg
Pinyol d'oliva	5,2 kWh/kg	18.725 kg

**Quantitats de cada combustible necessària**

Si comparem el consum de gasoil calculat (9363 l) amb el consum real de la instal·lació, tenim que:

Any	Consum (l)
2014	10.163
2015	9.875
2016	10.070
2017	10.852
<b>CÀLCUL</b>	<b>9.363</b>

**Consum real de gasoil al Centre de Dia**

El consum mitjà dels últims 4 anys disponibles se situa en els 10.240 litres anuals, un 8,5% superior al nostre càlcul (al contrari que a l'escola). Cal recordar que, en aquest cas, la caldera instal·lada és d'una potència un 27% superior a la calculada en aquest projecte, la qual cosa podria fer augmentar de manera lleugera el consum de combustible.

## 6. ESTUDI TÈCNIC D'ALTERNATIVES

---

En aquest punt es mostren amb detall les opcions que s'estudien per a complir les necessitats expressades en aquest projecte.

Les opcions que a continuació s'estudiaran són:

- Canvi del cremador de la caldera actual per un de biomassa
- Canvi de la caldera actual per una caldera de biomassa nova
- Càlcul de la instal·lació d'un dipòsit d'inèrcia per a abaixar la potència necessària a instal·lar

A partir de l'exposició de totes les opcions, s'escollirà la més adient seguint criteris tant tècnics com econòmics per al col·legi públic i el centre de DIA d'Atzeneta.

### 6.1 CANVI DEL CREMADOR

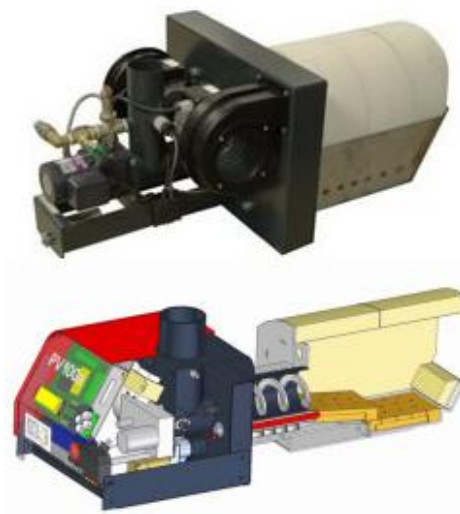
---

El canvi del cremador de la caldera és evidentment l'opció més econòmica a nivell d'inversió inicial necessària per al canvi de combustible de la instal·lació, des del gasoil C actual a la biomassa. La inversió inicial esdevé en moltes ocasions l'escull principal que desincentiva el canvi a combustible de biomassa en moltes instal·lacions; per tant és una bona opció a considerar tenint en compte algunes consideracions:

- Els cremadors de biomassa són molt interessants en aquelles instal·lacions o equips on la màquina és independent del cremador que incorpora. Açò permet en molts casos la substitució del cremador de gasoil o de gas per un de biomassa, amb poca o nul·la necessitat de modificació de l'equip. Normalment es dona aquesta casuística en calderes relativament grans, amb potències de l'ordre dels 100 kW o superior.
- L'accés a l'interior del cos de la caldera ha de ser fàcil, ja que l'intercanviador de calor té unes necessitats de neteja superior amb la combustió dels tipus de biomassa que s'utilitzen respecte el gasoil o el gas. A més, haurem de traure les cendres de l'interior de la caldera de forma manual o amb una aspiradora de cendres. Aquest és un dels principals inconvenients.

- El cremador de biomassa té unes dimensions superiors al cremador de gasoil per a un mateix rang de potències, ja que ha d'incorporar la graella on es produeix la combustió, l'entrada de biomassa, etc.
- La caldera ha d'estar en bon estat, per evitar perdre eficiència global en l'equip. La idea és amortitzar el preu del nou cremador amb els anys de funcionament que li queden a la caldera i, al final d'aquest cicle de vida, poder canviar l'equip sencer per una caldera de biomassa amb l'equipament vell amortitzat. Una caldera de gas o gasoil utilitzada amb un cremador de biomassa té un deteriorament superior a l'ús per al que va ser dissenyada.
- La caldera perdreà qualsevol garantia possible amb la modificació física d'aquesta que es fa necessària. Si l'aparell té més de 10 anys és probable que ja no compte amb ninguna garantia.
- El canvi de cremador l'ha de dur a terme un tècnic experimentat per evitar possibles danys a l'equip i acoblar-lo correctament.

En la figura següent podem observar com és un cremador de biomassa per fora i per dins:



**Cremador de biomassa. Font: Catàleg Biodrac**

En el cas de les calderes que s'estudien en aquest projecte, després d'una inspecció visual de les mateixes, podem fer un resum de les característiques necessàries per al canvi de cremador.

CARACTERÍSTICA	SITUACIÓ
Cremador independent	Si
Fàcil accés a l'intercanviador	Si
Fàcil recollida de cendres	Si
Espai suficient	Si
Caldera en bon estat	Si
Garantia vigent	No

#### Condicions actuals de les calderes

Existeixen, en general per als cremadors de biomassa, tres sistemes de neteja opcionals:

- Sistema de neteja manual, que incorpora una graella de combustió de fàcil accés, intercanviable, i que permet tornar a muntar el cremador en pocs segons.
- Sistema automàtic de neteja per aire comprimit. Sistema totalment automatitzat.
- Sistema automàtic per graella mòbil. És capaç de netejar-se de forma automàtica mentre està en funcionament, mantenint així el màxim rendiment de la combustió.

Per a poder utilitzar crosta d'ametlla com a combustible, és recomanable que el cremador conste d'una graella mòbil pel simple fet de l'augment dels residus sòlids produïts en la combustió. Aquí es mostra un exemple de cremador de biomassa amb graella mòbil (que s'observa a l'interior):



**Cremador amb graella mòbil**

### 6.1.1 CREMADOR DEL COL·LEGI

---

Atenent a les característiques reflectides a l'apartat anterior, podem concloure que el canvi del cremador de gasoil MAX WEISHAUP T WL30Z-C per un de biomassa seria una opció tècnicament viable.

El primer pas després de confirmar la viabilitat de l'operació és escollir un cremador que pugui substituir l'instal·lat actualment. A la taula següent es disposa de les característiques tècniques del cremador actual, on podem veure que el rang de potències entre les quals treballa és de 72 a 330 kW; i està acoblat a la caldera de 195 kW de potència nominal. Amb aquesta premissa i amb diversos fabricants trobem múltiples opcions que es comparen en la taula de baix.

<b>Cremador</b>	<b>Fabricant</b>	<b>Potència nominal</b>	<b>Rang de potències</b>	<b>Eficiència</b>	<b>Consum</b>
<b>Y-100</b>	Naturalfire	100 kW	modulant	95%	10 – 29 kg/h
<b>Y-200</b>	Naturalfire	200 kW	100 – 250 kW	95%	20 – 50 kg/h
<b>BIO ECO-150</b>	Biodrac	150 kW	modulant	>92%	10 – 30 kg/h
<b>BIO ECO-250</b>	Biodrac	250 kW	modulant	>92%	20 – 60 kg/h
<b>SPL-200</b>	Eneragro	200 kW	100 – 200 kW	>92%	20 – 40 kg/h
<b>SPL-350</b>	Eneragro	350 kW	150 – 350 kW	>92%	30 – 70 kg/h
<b>ECO-150</b>	Ecobiotèrmica	150 kW	40 – 150 kW	96%	9 – 30 kg/h
<b>ECO-250</b>	Ecobiotèrmica	250 kW	70 – 250 kW	96%	15 – 60 kg/h

**Cremadors de biomassa estudiats**

Tots els models de la taula compten amb un grau d'automatització total, el que no exclou de realitzar neteges periòdiques als cremadors tal i com recomana el fabricant en cada cas. Aquesta característica es fa indispensable per a l'aplicació que s'estudia, ja

que la caldera d'un col·legi necessita autonomia a l'hora d'engegar-la i modular la seva potència segons les necessitats de calor de cada moment.

#### CREMADOR ESCOLLIT

---

Per una altra banda, s'escollirà el cremador més econòmic d'entre els seleccionats a l'apartat anterior i que supere els 114 kW de potència. S'utilitzen els preus de venda al públic que han estat pressupostats per diversos distribuïdors, on sempre va inclòs amb els preus dels cremadors de la taula els elements d'adaptació a la caldera com també tots allò necessari per al seu correcte funcionament.

Cremador	Fabricant	Preu €
Y-100	Naturalfire	3.516,0
Y-200	Naturalfire	5.900,0
BIO ECO-150	Biodrac	4.529,0
BIO ECO-250	Biodrac	5.702,0
SPL-200	Eneragro	4.364,0
SPL-350	Eneragro	6.388,0
ECO-150	Ecobiotèrmica	3.850,0
ECO-250	Ecobiotèrmica	4.901,0

Preus de cremadors de biomassa

Com podem observar a la taula, el cremador més econòmic d'entre els pressupostos rebuts seria el model Y-100. Aquest cremador té una potència de 100 kW, inferior als 114 kW necessaris per a calefacterar el col·legi, per tant quedarà descartat.

El model ECO-150 d' *Ecobiotèrmica* amb 150 kW de potència nominal, compleix tots els requisits que s'han esmentat anteriorment.

Cremador	Fabricant	Potència nominal	Rang de potències	Eficiència	Consum
ECO-150	Ecobiotèrmica	150 kW	40 – 150 kW	96%	9 – 30 kg/h

Cremador de biomassa escollit

Altres característiques tècniques d'interès són:

- Tecnologia d'alta pressió de combustió
- Funcionament automàtic de l'inici de la combustió
- Funcionament automàtic de neteja per aire comprimit
- Graella extraïble
- Ajustament de la potència automàtic de forma continua
- Control de la temperatura del cremador
- Re-inici de la combustió automàtic després d'una caiguda de tensió, amb memòria de l'última regulació
- Càmera de combustió en acer d'alta resistència al calor
- Detector de flama molt precís per a controlar el seu nivell
- Resistència d'inici de la combustió 170 W
- Potència de ventilació 69 W
- Potència sense-fi d'arrossegament 25 W
- Potència sense-fi d'alimentació 25W
- Voltatge 230 V
- Consum d'intensitat elèctrica: entre 0,01 i 1,26 A

Dimensions:

- Cos (Alt x Ample x Llarg): 380 x 290 x 767 mm
- Boca (diàmetre) 200 mm
- Longitud de boca 350 mm
- Pes 33,5 kg

I a continuació s'inclou la imatge del cremador que es mostra al catàleg del distribuïdor:

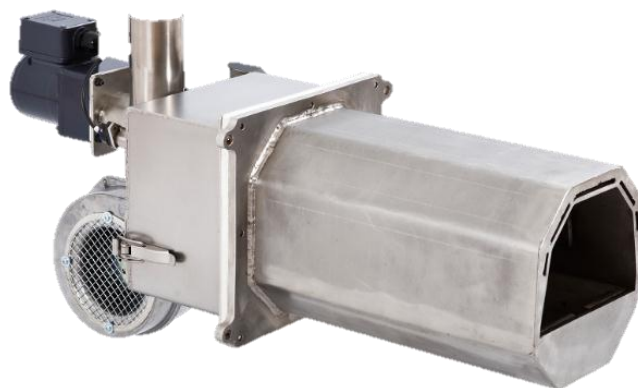


Figura Cremador de biomassa ECO-150. Font: Catàleg *Ecobiotèrmica*

## COST

---

### Pressupost

- Cremador de biomassa ECO-150 són 3.850 €
- Kit de tir forçat són 1.280 €
- Acoblament a la caldera són 125 €
- Aspirador de cendres per a l'intercanviador són 90 €

El preu final són **6.467,45 €** inclòs el muntatge, transport, centraleta de control i un IVA del 21%.

### 6.1.2 CREMADOR DEL CENTRE DE DIA

---

En aquest cas, es tracta de fer un canvi del cremador DE DIETRICH M 301-2S, ja que atenent als mateixos arguments que en el cas anterior, es tracta també d'una operació tècnicament viable.

En aquest cas, recordem que el rang de potències del cremador va dels 77 als 166 kW i està acoblat a la caldera de 115 kW. Amb aquestes dades, busquem possibles cremadors del mercat que puguin ser utilitzats per al Centre de Dia:

Cremador	Fabricant	Rang de potències (kW)	Eficiència	Consum Kg/h
Y-100C	Naturalfire	15 – 140	95%	3 – 28
X - 100	PellasX	40 – 120	93%	8 – 25
BIO ECO-100	Biodrac	modulant	>93%	5 – 30
SPL-100	Eneragro	50 – 100	>94%	10 – 22
SUN P 15	Ferrolí	25 – 100	97%	4 – 25
ECO-140	Ecobiotèrmica	40 – 140	96%	9 – 30
TBC 100	Tubocas	35 – 100	94%	6 – 22

Cremadors de biomassa estudiats



Com abans, només hem posat a la taula aquells cremadors totalment automàtics i amb unes potències similars a la nominal de la caldera. Com ja hem calculat les càrregues tèrmiques de l'edifici, sabem que la caldera ha de ser capaç d'intercanviar fins a 84,4 kW de potència tèrmica, per tant, el cremador escollit ha de superar aquesta potència en la seva part més alta de l'interval de modulació.

### CREMADOR ESCOLLIT

---

Amb els pressupostos dels aparells, escollirem el cremador més adient:

Cremador	Fabricant	Preu €
Y-100	Naturalfire	3.516,0
X - 100	PellasX	3.589,0
BIO ECO-100	Biodrac	4.429,0
SPL-100	Eneragro	5.507,0
SUN P 15	Ferrolí	4.454,0
ECO-140	Ecobiotèrmica	5.289,25
TBC 100	Tubocas	3.313,92

Preus de cremadors de biomassa per al Centre de DIA

Com podem observar a la taula, el cremador més econòmic d'entre els pressupostos rebuts seria el model TBC 100. Aquest cremador té una potència màxima de 100 kW, superior als 85 kW necessaris per a calefactar el Centre de DIA, per tant, podem escollir directament la primera opció en aquest cas.

Cremador	Fabricant	Rang de potències	Eficiència	Consum
TBC 100	Tubocas	35 – 100 kW	94%	6 – 22 kg/h

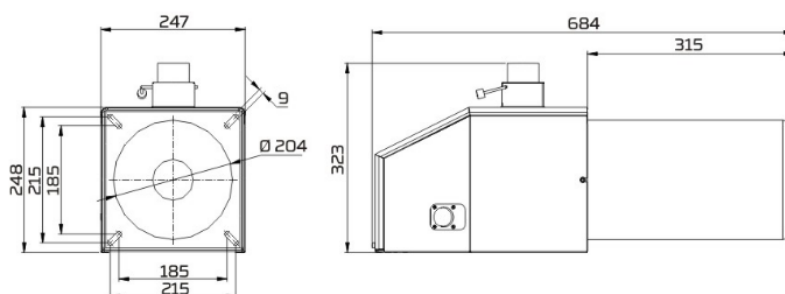
Cremador de biomassa escollit

Altres característiques tècniques d'interès són:

- Sistema de combustió en sobrepressió

- Funcionament automàtic de l'inici de la combustió i activació automàtica en cas de tall d'electricitat.
- Funcionament automàtic de neteja per graella mòbil
- Ajustament de la potència electrònic de forma continua
- Control de la temperatura del cremador
- Re-inici de la combustió automàtic després d'una caiguda de tensió, amb memòria de l'última regulació
- Càmera de combustió en acer refractari
- Detector de flama i control antiretrocés
- Resistència d'inici de la combustió 250 W
- Voltatge 230 V
- Massa: 24 kg

Dimensions:



**Dimensions del cremador de biomassa TBC 100**

I a continuació s'inclou la imatge del cremador que es mostra al catàleg del distribuïdor:



**Cremador de biomassa TBC 100**

## COST

---

### Pressupost

- Cremador de biomassa TBC 100 són 3.313,92 €
- Kit de tir forçat són 1.280 €
- Acoblament a la caldera són 125 €
- Aspirador de cendres per a l'intercanviador són 90 €

El preu final són **5.818,79 €** inclòs el muntatge, transport, centraleta de control i un IVA del 21%.

## 6.2 CANVI DE LA CALDERA

---

La instal·lació necessària per a l'aprofitament de biomassa en calefacció no difereix substancialment de la utilitzada amb combustibles convencionals com el gasoil o gas natural. De fet, és quasi idèntica si exceptuem el cremador de la caldera i el sistema de subministrament a la caldera.

El cremador de les calderes de biomassa porta incorporada una graella sobre la qual es produeix la combustió de la biomassa i a partir de la qual es recullen les cendres resultants de la combustió. Existeixen diversos models amb diferents graus d'automatització, acceptació de diferents combustibles, etc. En el cremador, i mitjançant unes resistències elèctriques, es produeix l'encès automàtic de la biomassa, iniciant-se la seua combustió, que produeix la calor que es transmet al cos de la caldera, on es produeix l'intercanvi de calor amb el circuit primari d'aigua.

El sistema de subministrament al cremador sol ser un caragol sense fi que va introduint la biomassa a la càmera de combustió de forma programada segons la necessitat de potència de cada moment.

Es tracta de calderes molt semblants en grandària i funcionament a les calderes de gasoil, encara hui en dia una mica més grans. Encara que inicialment aquestes calderes oferien rendiments molt baixos, en l'actualitat han evolucionat molt, aconseguint en

molts casos rendiments propers al 95%, i un manteniment mínim, així com sistemes automàtics de neteja de les cendres resultants de la combustió.

És important assenyalar que les calderes dissenyades per a funcionar amb pèl·lets poden ser utilitzades també amb pinyol d'oliva o crosta d'ametla però no amb estelles de fusta; en canvi, les calderes dissenyades per a cremar estelles de fusta si que poden funcionar amb la resta de combustibles sòlids de biomassa. Això és degut bàsicament a la grandària i forma de cada combustible, ja que l'estella ocasionaria problemes a l'entrada del cremador amb el caragol sense fi per la seua grandària superior i la irregularitat en la seua forma.

En aquest apartats s'estudiaran dues opcions: canviar les calderes actuals de gasoil per unes altres de biomassa amb la potència màxima requerida segons els càlculs realitzats, o canviar les calderes actual per unes de biomassa amb menys potència de la màxima calculada i afegint un dipòsit d'inèrcia a cada instal·lació per gestionar les demandes punta de potència que es produïsquen.

L'opció de substituir la caldera existent per una nova caldera que utilitze biomassa com a combustible s'adaptarà als càlculs realitzats en el present projecte per veure quina potència es requeria per calefactar els edificis, i no una mera substitució de calderes amb la mateixa potència.

A banda de la potència, es necessita un equip amb un grau d'automatització alt per a no incrementar de forma significativa les despeses per personal necessari a l'hora del manteniment de la instal·lació.

Amb aquestes premisses, es busquen models de calderes que siguen compatibles amb la instal·lació, distribuïdors per a la zona i preus per a poder comparar entre totes les opcions i trobar la més adient i que més s'ajuste en el pressupost.

### 6.2.1 CALDERA DEL COL·LEGI

---

L'actual caldera YGNIS PY-195 amb 195 kW de potència nominal es substituiria per una caldera de biomassa que garantitze els 113,8 kW de potència punta necessària segons els resultats del programa dpClima, acabant així amb el sobre-dimensionament actual de la instal·lació.

Mitjançant la següent taula, es mostra la tasca de recerca duta a terme mitjançant catàlegs de fabricants i contacte amb distribuïdors. Cal destacar que només es mostren

els models de calderes que, com a mínim, tinguen les funcions de neteja automàtiques de graella i intercanviador de calor, a més de la potència màxima aproximada als 113 kW necessaris, i que s'haja pogut traure un preu final de l'aparell. Cada aparell té altres característiques addicionals que també s'estudien finalment per decidir l'opció a escollir.

Fabricant/Model	Potència Nominal kW	Potència calorífica màx. kW	Càrrega Parcial kW	Rendiment pel·let %	Accepta estella	Rendiment estelles %	Preu €
<b>KWB/TDS 130</b>	130	141,5	39	91,9	Si	91,0	21.302
<b>Hargassner/WTH 110 Astilla</b>	110	116,6	30	92,1	Si	92,6	23.716
<b>Hargassner/WTH 110</b>	110	116,2	29	93,6-95,1	No	—	20.650
<b>Biocalora/S2000 B-Two</b>	200	—	100	89,2-91,1	No	—	17.864
<b>Froling/T4-110</b>	110	—	24	92	Si	—	20.085
<b>Gilles/HPK-RA 120</b>	120	127,8	36	92	Si	92	24.545
<b>Tatano/Kalorina 22 EPA K2210</b>	110	—	34	—	No	—	17.689
<b>Tatano/Kalorina 23 EPA K2310</b>	110	—	34	—	Si	—	19.645

#### Característiques i preu de calderes per al col·legi

El primer que s'ha de decidir és si es considera necessari que la caldera pugue funcionar amb estelles de fusta, ja que aquesta característica, com es pot observar a la taula, augmenta el preu de forma considerable. Com que el combustible principal amb el que es farà funcionar la caldera és la crosta d'ametlla de la cooperativa, es considera que no és necessària l'admissió d'estelles.

Així, es descriu en la següent taula el llistat de les característiques importants que es tenen en compte per escollir la caldera a instal·lar al col·legi públic i es comparen les

tres calderes amb els preus més baixos de la **¡Error! No se encuentra el origen de la referencia.** per a calderes de pèl·let policombustibles:

CARACTERÍSTICA	Hargassner WTH 110	Kalorina 22 EPA K2210	Biocalora S2000 B-Two
Neteja automàtica de l'intercanviador de calor	✓	✓	✓
Descàrrega automàtica de les cendres	✓	x	✓
Potència calorífica útil màxima >114 kW	✓	—	✓
Sonda Lambda inclosa	✓	x	x
Ignició automàtica	✓	✓	✓
Rendiment energètic més elevat	✓	x	x
Alta modulació de la potència	✓	x	x
100% programable de forma electrònica	✓	✓	✓
Garantia del fabricant més elevada	✓	x	x
Sistemes de seguretat antiincendis	✓	✓	✓

#### Comparativa de característiques entre calderes

Amb garantia del fabricant màxima no es refereix només als anys de durada de la garantia, sinó també a si la garantia cobreix la caldera amb l'ús de combustibles acceptats però no homologats com el pinyol d'oliva o la crosta d'ametla.

La incorporació de la sonda Lambda, que analitza els fums de la combustió, determinen un rendiment energètic més elevat amb cada tipus de combustible que s'utilitza i cada potència instantània, és a dir, del combustible i comburent aportats al cremador.

Tenint en compte aquestes premisses, la caldera escollida és del fabricant austríac **Hargassner**, model **WTH 110 pellet**, que es considera millor sobre la resta en tots els requisits que es demanen.

## DESCRIPCIÓ DE LA CALDERA ESCOLLIDA

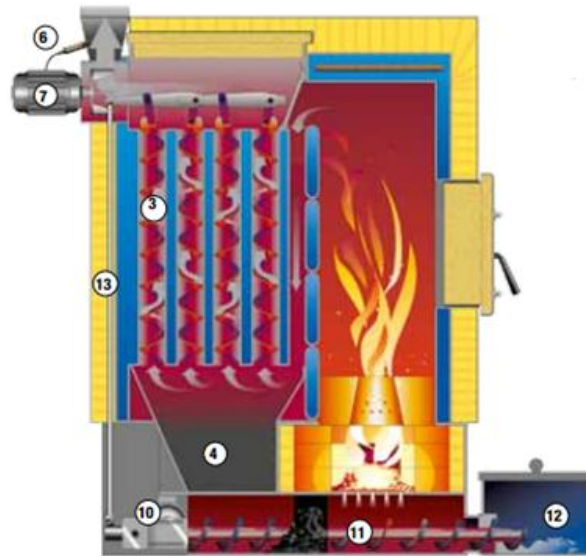
---

En la imatge següent podem observar la caldera escollida, model WTH 110 de la gama de calderes de pèl·let de Hargassner, en la seua aparença exterior:



**Caldera WTH 110 de Hargassner. Font: Catàleg Hargassner**

I en la imatge de baix extreta del catàleg de Hargassner de l'any 2017 es representa un tall transversal de l'intercanviador de calor i cremador de la caldera fins al dipòsit de les cendres. S'observa molt bé quin és el funcionament intern d'aquesta, el flux de calor des de la graella del cremador fins a l'intercanviador i la mecànica de les hèlices espirals de l'interior dels tubs de l'intercanviador que augmenten la transferència de calor i a l'hora s'encarreguen de netejar l'intercanviador de les cendres que allí quedarien adherides. També s'observa com, mitjançant un caragol sense fi, es deposita tota la cendra generada, tant en el cremador com en la neteja de l'intercanviador, fins al dipòsit de les cendres.



Interior de la caldera. Font: Catàleg Hargassner 2017

Per últim, es representa un tall longitudinal de la caldera que representa tot el sistema del transport i dosificació del combustible fins a la graella del cremador, així com el funcionament de la càmera de combustió.



Tall longitudinal de la caldera. Font: Catàleg Hargassner 2017



A continuació es detalla el llistat dels elements numerats en les il·lustracions anteriors:

1. Càrrega inferior amb revestiment refractari
2. Intercanviador de calor
3. Turbuladors helicoïdals
4. Separador de cendres volàtils
5. Eixida de fums superior
6. Sonda Lambda
7. Ventilador de tir forçat modulant
8. Regulació de depressió
9. Volta doble amb maons centradors
10. Motor de transport de cendres
11. Sense fi de cendres volàtils i de graella
12. Caixó de les cendres
13. Accionament automàtic de la neteja de la caldera
14. Serpentí per a protecció tèrmica
15. Ventilador d'aire de combustió
16. Aire primari
17. Aire secundari
18. Ignició automàtica
19. Caragol d'alimentació
20. Graella d'inserció mòbil
21. Graella d'eliminació de cendres
22. Motor de la graella d'inserció
23. Motor de la graella de cendres
24. Graella escalonada
25. Agitador de cendres volàtils
26. Motor agitador de cendres volàtils
27. Dipòsit de combustible
28. Sistema d'aspiració estanc
29. Avisador de nivell
30. Dosificador doble de combustible
31. Turbina d'aspiració de combustible

També es fa una breu descripció d'alguns elements que es consideren rellevants:

Transport pneumàtic fins a 20 metres: La turbina d'aspiració de pèl·lets Hargassner aspira els pèllets des del dipòsit de biomassa fins al dipòsit de la caldera. És possible

superar sense problemes els obstacles entre la caldera i el dipòsit (amb una mànega de fins a 20 metres).

Dispositiu automàtic de neteja de la caldera: es connecta en funció del temps de calefacció i neteja les parets de la caldera i intercanviador de les restes de cendres volàtils.

El dosificador de pellets doble fa que els pellets caiguin de forma constant al sense fi d'alimentació, que els transporta directament a la càmera de combustió.

La sonda lambda regula la quantitat d'aire i de combustible a entrar dins la càmera de combustió a partir de l'anàlisi dels fums de la combustió. Així s'aconsegueix augmentar la eficiència de forma considerable sense dependre tant del tipus de combustible.

Característiques tècniques de la caldera WTH 110:

<b>Dades tècniques</b>	<b>unitat</b>	<b>WTH 110</b>
<b>Rang de potència</b>	kW	30 – 110
<b>Rendiment a plena càrrega</b>	%	93,6
<b>Potència calorífica màxima</b>	kW	116,4
<b>Diàmetre fums</b>	Mm	200
<b>Capacitat d'aigua</b>	L	190
<b>Temp. màxima de servei</b>	°C	95
<b>Rang de temperatura caldera</b>	°C	69 – 78
<b>Augment de temp. de retorn</b>	°C	58
<b>Pressió màx. de servei</b>	Bar	3
<b>Eixida</b>	Polzada	2
<b>Retorn</b>	Polzada	2
<b>Pes</b>	kg	1135
<b>Altura</b>	mm	1780
<b>Amplada</b>	mm	1450
<b>Fondària</b>	mm	1920
<b>Connexió elèctrica</b>	---	400 V CA, 50 Hz, fusible 13 A

Característiques tècniques WTH 110. Font: Catàleg Hargassner 2017

L'Institut Wieselburg d'Àustria ha realitzat una prova de funcionament de la caldera per a mesurar una sèrie de paràmetres de diversos fabricants de calderes de biomassa, i el resultat és el següent:

HARGASSNER WTH 100		Càrrega màxima	Càrrega Parcial	Combustible
Potència	kW	116,2	12,3	PÈL·LET
Temperatura	°C	70	70	
Eficiència	%	93,8	92,6	
CO <sub>2</sub>	%	15,3	11	
CO	mg/MJ	11	44	
Pols	mg/MJ	13	n.g.	

Característiques tècniques. Font: Institut Wieselburg

Així, es comprova que les característiques detallades pel fabricant no difereixen en els resultats obtinguts en les proves de l'institut Wieselburg.

COST

---

#### Pressupost

- Caldera WTH 110 HSV 100S són 20.650 €
- Sistema de control són 475 €
- Tub d'aspiració són 13 €
- Regulador de tir diàmetre 200 per a muntatge en conducte d'eixida de fums són 195 €
- Posada a punt són 260 €
- Transport de tots els equipaments i mà d'obra són 1.000 €

Total **27.337,53 €** amb un IVA del 21 % inclòs

## 6.2.2 CALDERA DEL CENTRE DE DIA

Seguint els mateixos passos que amb la caldera del col·legi, fem l'estudi de mercat sobre les possibles opcions per substituir la caldera del Centre de Dia. En aquest cas, hem de substituir la caldera DE DIETRICH model GT-335 de potència nominal 115 kW per una caldera de biomassa capaç d'entregar els 85 kW de potència.

Fabricant/Model	Potència Nominal kW	Potència calorífica màx. kW	Càrrega Parcial kW	Rendiment pèl·let %	Accepta estella	Rendiment estelles %	Preu €
<b>KWB/MULTIFIRE</b>	100	110,5	32	91,9	Si	91,0	19.103
<b>Hargassner/ECO-HK 90</b>	90	94	27	-	Si	95,2-96	21.716
<b>Hargassner/ECO-PK 90</b>	90	95,4	27	94,1-95,3	No	—	17.538
<b>Froling/T4-90</b>	90	94	24	93,6-94,3	Sí	—	22.685
<b>Froling/P4-90</b>	90	94,6	24	93,6-94,3	No	—	17.625
<b>Tatano/Kalorina K 2208 E</b>	90	93	35	—	No	—	16.289
<b>Tatano/Kalorina K 2308 E</b>	90	93	35	—	Sí	—	18.670

Estudi de calderes per al centre de Dia

Hem escollit calderes de 90 kW de potència nominal, ja que amb alguns fabricants podíem optar per models de 80 kW de potència nominal però seria inferior a les càrregues tèrmiques a contrarestar.

Basant-nos amb el mateix que abans, escollirem una caldera que no hagi d'admetre estelles com a combustible. Fent la mateixa comparativa, obtenim que:

CARACTERÍSTICA	Hargassner/ECO- PK 90	Tatano/Kalorina K 2208 E	Froiling/P4- 90
Neteja automàtica de l'intercanviador de calor	✓	✗	✓
Descàrrega automàtica de les cendres	✓	✗	✓
Potència calorífica útil màxima >85 kW	✓	✓	✓
Sonda Lambda inclosa	✓	✗	✓
Ignició automàtica	✓	✓	✓
Rendiment energètic més elevat	✓	✗	✗
Alta modulació de la potència	✓	✗	✓
100% programable de forma electrònica	✓	✓	✓
Garantia del fabricant més elevada	✓	✗	✗
Sistemes de seguretat antiincendis	✓	✓	✓

#### Comparativa de característiques entre calderes possibles

Veient la comparativa, podríem escollir el model de Fröling o Hargassner, tenint ambdues un cost similar i més elevat que la caldera del fabricant italià Tatano. Igual que en el cas anterior, ens decantarem pel model de Hargassner, per tenir les millors condicions i característiques tècniques, tal i com s'observa a la comparativa duta a terme.

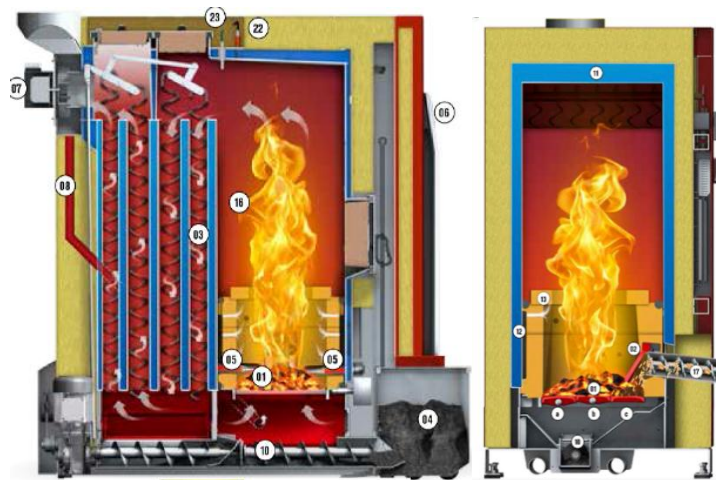
#### DESCRIPCIÓ DE LA CALDERA ESCOLLIDA

La caldera ECO-PK 90 és la més gran de la seva sèrie, amb models que van des dels 25 fins als 90 kW de potència nominal. A la figura següent podem observar el seu aspecte exterior:



Caldera ECO-PK 90 de Hargassner. Font: Catàleg Hargassner

En la següent figura, veiem com és l'interior de la caldera. Com el nom dels elements no difereixen respecte el model exposat per al col·legi, ens limitarem a posar la imatge per notar el canvi d'aspecte respecte el model anterior.



Les característiques tècniques principals d'aquest model de caldera són:

- Ventilador de fums EC amb regulació de velocitat i de depressió
- Encesa de baix consum (300W)
- Control del nivell de brases
- Graella escalonada i trituradora
- Cambra de combustió totalment refractària
- Placa concentradora de flama de fosa d'alta qualitat
- Neteja de l'intercanviador

- Aspiració de pellets durant la combustió
- Aspiració de pellets en distàncies de fins a 20 metres
- Sistema d'aspiració aïllat acústicament
- Control Touch. Possibilitat d'App amb smartphone
- Indicador del consum de pèl·lets
- Recirculació de fums integrada per evitar la generació de crostes
- No requereix vàlvula de descàrrega tèrmica
- Doble vàlvula rotatòria, 100% antiretorn de flama
- Sistema d'eliminació de cendres de graella i volàtils patentat
- Aspiració de cendres - capacitat anual
- Sistema anticondensats integrable

En la següent taula, es resumeixen les principals característiques tècniques:

<b>Dades tècniques</b>	<b>unitat</b>	<b>ECO-PK 90</b>
<b>Rang de potència</b>	kW	27 – 90
<b>Rendiment a plena càrrega</b>	%	95,3
<b>Potència calorífica màxima</b>	kW	95,4
<b>Diàmetre fums</b>	mm	180
<b>Capacitat d'aigua</b>	L	180
<b>Temp. màxima de servei</b>	°C	95
<b>Rang de temperatura caldera</b>	°C	75 – 78
<b>Augment de temp. de retorn</b>	°C	58
<b>Pèrdua màxima de càrrega</b>	mbar	112,9
<b>Eixida</b>	Polzada	6
<b>Retorn</b>	Polzada	4
<b>Pes</b>	kg	865
<b>Altura</b>	mm	1610
<b>Amplada</b>	mm	745
<b>Fondària</b>	mm	1335
<b>Connexió elèctrica</b>	---	230 V CA, 50 Hz, fusible 13 A

Característiques tècniques ECO-PK 90. Font: Catàleg Hargassner

## COST

---

### Pressupost

- Caldera ECO-PK 90 són 17.538 €
- Sistema de control són 405 €
- Tub d'aspiració són 13 €
- Regulador de tir diàmetre 180 per a muntatge en conducte d'eixida de fums són 175 €
- Posada a punt són 260 €
- Transport de tots els equipaments i mà d'obra són 1.000 €

Total **23.463,11 €** amb un IVA del 21 % inclòs

## 6.3 CANVI DE CALDERA AMB UN DIPÒSIT D'INÈRCIA

---

### 6.3.1 EL DIPÒSIT D'INÈRCIA

---

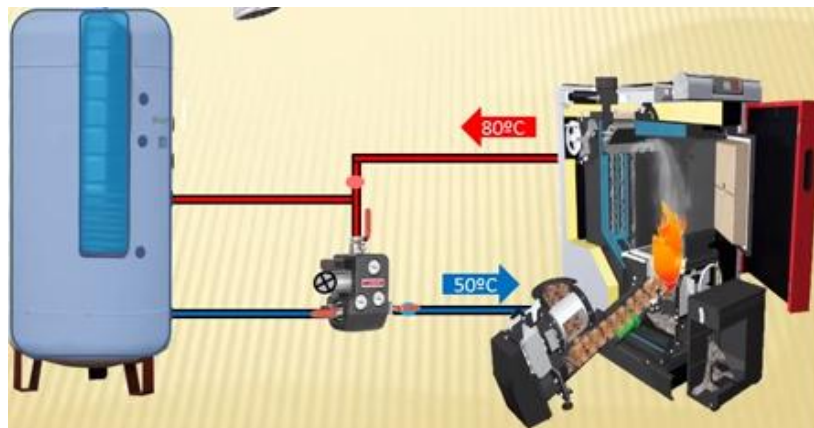
La funció principal del dipòsit d'inèrcia és la d'acumular una quantitat determinada d'energia per poder subministrar-la en moments d'alta demanda tèrmica, per tant pot permetre una reducció de la potència nominal de la caldera a instal·lar si tenim en compte que aquesta ja no haurà de ser dimensionada per a cobrir la punta màxima de demanda tèrmica que s'hagi calculat. Es tracta d'emmagatzemar energia durant els períodes de temps amb una demanda tèrmica inferior, fent treballar a la caldera per damunt de les necessitats d'eixos períodes, per a poder utilitzar-la en els moments en que la caldera podria quedar curta de potència per a cobrir les necessitats tèrmiques de la instal·lació.

Una altra funció és la d'evitar un apagat i encès freqüent de la caldera. Això ocorre quan la demanda tèrmica és menor de la potència mínima que dóna la caldera, és dir, menys d'aproximadament el 30% de la potència nominal de la caldera, en el millor dels casos. Cal dir que aquest percentatge de modulació varia entre diferents models de caldera, i que en les calderes més senzilles no es pot arribar al 30% de modulació.



També és important tenir en compte que el rendiment de la caldera serà màxim quan aquesta treballa a la seua potència nominal i que, evitant endegaments i apagades contínues, es millora l'eficiència i s'allarga la vida útil de la caldera.

En la següent imatge es representa una connexió típica entre una caldera de biomassa i un dipòsit d'inèrcia mitjançant una vàlvula mescladora per evitar sempre que l'aigua torne massa freda a la caldera (en aquest cas es considera 50°C) i així evitar problemes de condensació a l'intercanviador.



**Caldera de biomassa amb dipòsit d'inèrcia. Font: Formatec**

El dipòsit d'inèrcia disposarà de, com a mínim, dues sondes tèrmiques connectades al comandament de la caldera; una situada a la part superior del dipòsit i l'altra situada a la part inferior del mateix. Degut a l'estratificació de la temperatura per la diferència de densitats a l'interior del dipòsit d'inèrcia, l'aigua estarà més calenta a la part superior del dipòsit. Així, la sonda de la part superior del dipòsit indicarà quan s'ha de posar en marxa la caldera, al baixar la temperatura d'un valor establert determinat. La sonda de la part inferior de la caldera indicarà quan ha de deixar de funcionar la caldera, una volta la temperatura supere un valor determinat a la part de baix del dipòsit.

Des del dipòsit d'inèrcia es faran les connexions per distribuir l'aigua calenta cap a la instal·lació de radiadors i retornar-la al dipòsit.

Per a dimensionar un dipòsit d'inèrcia necessitem saber quanta energia hem d'emmagatzemar al mateix abans de que aquesta siga requerida per a calefactar els edificis i així poder dissenyar una estratègia de gestió que inclourà la caldera, que

treballarà sempre contra dipòsit, i el dipòsit, que serà d'on eixirà i on arribarà l'aigua calenta que recorrerà els circuits de l'edifici.

Per a fer el dimensionament, agafarem el dia més desfavorable calculat mitjançant el programa de càlculs tèrmics ClimaV2 com a referència i així assegurar que la nostra estratègia de gestió serà vàlida per a tot el període d'ús de la calefacció. Cal recordar que, un cop el dipòsit arriba a la temperatura de consigna, la caldera deixarà de funcionar i, per tant, els dies més càlids, tindrem simplement un menor ús de la caldera, ja que el dipòsit podrà disposar de l'energia que es demandarà durant més temps.

### 6.3.2 CÀLCULS PER AL COL·LEGI

---

Del ClimaV2, obtenim la gràfica de les potències necessàries durant el dia més desfavorable per a cadascun dels dos edificis. Com ja he observat, les potències demandades són, lògicament, les hores de més ús de l'edifici, malgrat que en algunes d'estes hores la temperatura exterior sigui superior a la de la nit, on les càrregues tenen una lleugera variació depenent únicament de la temperatura exterior. Això és degut a que les càrregues de ventilació són molt importants en una escola, i el càlcul de la ventilació en el programa és proporcional a l'ús de l'edifici. Per tant, durant la nit només es consideren les infiltracions i la càrrega tèrmica a través dels tancaments. Cal recordar que l'horari per als xiquets comença a les 10:00 hores i només els mestres entren a les 09:00 hores, el que fa que l'ocupació siga del 0% a tots els locals excepte despatxos o sala de professors; així s'entén que el moment amb més càrrega tèrmica siga les 10h i no, com seria lògic pensar, les 9h (quan la temperatura externa és més baixa).

El ClimaV2 treballa amb un valor de càrrega tèrmica per hora, és a dir, 24 valors per a cada dia. Per a fer el càlcul el més acurat possible, traurem els valors exactes per a cada una de les hores en les que el centre té algun tipus d'ús, és a dir, l'interval de temps en el que s'ha de donar el servei de calefacció a l'edifici durant el dia més desfavorable de 09:00 a 17:00 hores.

L'energia demandada durant un període de temps és, matemàticament, l'àrea baix la corba entre les hores a estudiar. Si es tractés d'una corba complexa es calcularia la integral definida en l'interval que ens interessa de la potència en un diferencial de temps, però com es tracta d'una aproximació que fa el ClimaV2 unint les potències demandades de cada hora mitjançant rectes, és més senzill calcular l'àrea baix la corba

geomètricament, per triangulació. Per a veure-ho millor es representa la corba amb els punts extrems del programa per al dia més desfavorable i es divideix l'àrea a calcular amb un interval per cada hora:

Hora	Càrrega tèrmica (kW)
09:00	76,314
10:00	113,873
11:00	111,079
12:00	108,492
13:00	104,571
14:00	101,115
15:00	74,984
16:00	103,105
17:00	104,975

Taula Càrregues tèrmiques horàries del dia més desfavorable

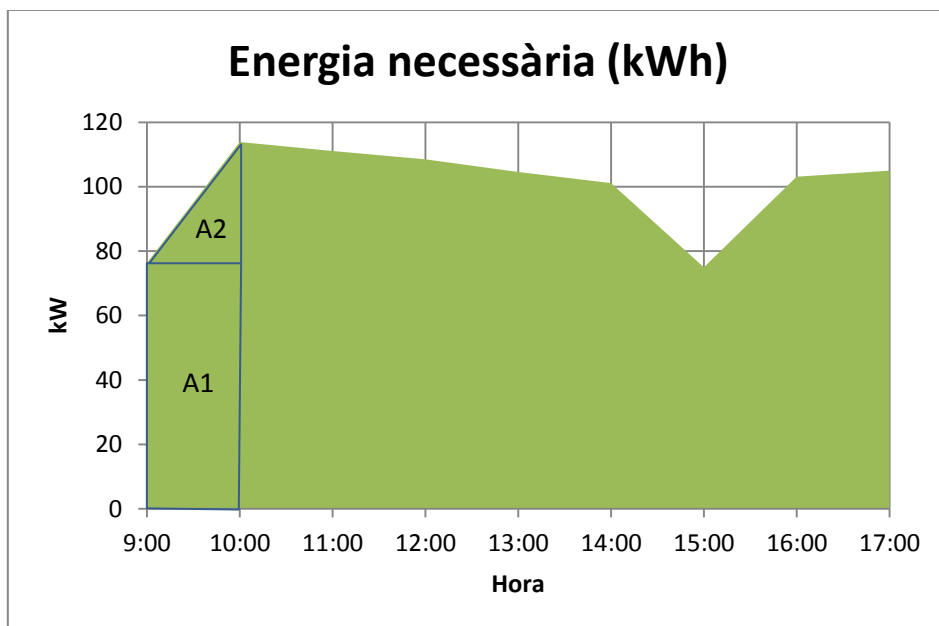


Figura Gràfica de les càrregues horàries entre les 09h i les 17h

Així, com és una simplificació del ClimaV2, l'energia total necessària per al dia en concret es pot calcular com l'àrea ombrejada, la suma de les 8 àrees que representen les 8 hores de demanda energètica per part de l'edifici. Per exemple, l'àrea del primer període (09h a 10h) serà la suma de l'àrea d'un rectangle (A1) més l'àrea d'un triangle rectangle (A2):

$$55,314 \times 1 + \frac{(113,873 - 55,314) \times 1}{2} = 95,094$$

Com que tenim kW a l'eix vertical i hores a l'eix horitzontal, l'energia calculada vindrà expressada en unitats de kWh. Realitzem els càlculs per a totes les superfícies:

<b>Període</b>	<b>Energia (kWh)</b>
<b>09 a 10</b>	95,094
<b>10 a 11</b>	112,476
<b>11 a 12</b>	109,786
<b>12 a 13</b>	106,532
<b>13 a 14</b>	102,843
<b>14 a 15</b>	88,050
<b>15 a 16</b>	89,045
<b>16 a 17</b>	104,040
<b>TOTAL</b>	<b>807,864</b>

**Energia necessària de 09 a 17 h el dia més desfavorable**

És a dir, el dia més desfavorable necessitarem aportar al sistema de calefacció 807,864 kWh d'energia.

Ara ens hem de plantejar quina potència tindrà la nostra caldera, inferior als 114 kW necessaris per a cobrir la punta de les 10:00h del dia més desfavorable. Es realitzaran els càlculs per a una caldera d'entre un rang de 60 kW de potència i 100 kW, i després s'escollirà la millor opció. Plantejarem hipòtesis amb valors nominals de 60 kW, 80 kW, 90 kW i 100 kW en el rang de potències que s'ha definit.

### **Caldera de 60 kW**

En aquest cas el càlcul és simplement restar els 60 kWh que obtindrem a cada un dels 8 trams amb la caldera:

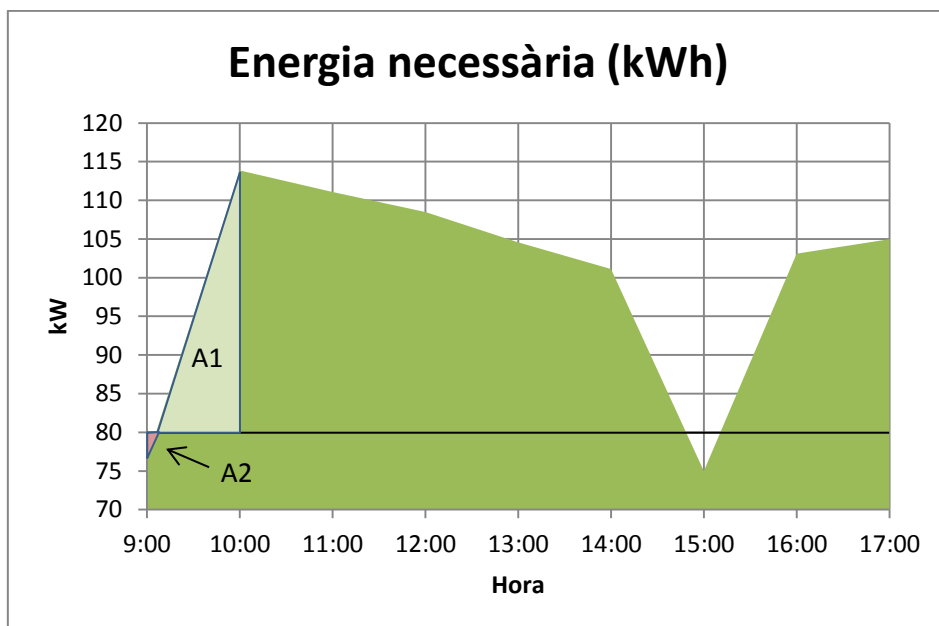
$$60 \times 8 = 480 \text{ kWh}$$

Així, l'energia a emmagatzemar abans de les 09h i, assumint que la caldera treballa al 100%, seria:

$$807,864 - 480 = 327,864 \text{ kWh}$$

### Caldera de 80 kW

Amb una caldera de 80 kW assumim que el dia més desfavorable treballarà al 100% de potència durant totes les hores de funcionament, per tant s'ha de calcular l'àrea baix la corba entre les 09:00 i les 17:00 de l'eix horitzontal i superior a 80 en l'eix vertical:



**Càrregues tèrmiques horàries amb el límit de 80 kW**

Per exemple, per al període de 09h a 10h haurem de calcular l'àrea del triangle A1 i restar-li l'àrea del triangle A2, ja que aquesta àrea en blanc representa ja un emmagatzemament d'energia per al sistema (la caldera aporta més energia de la necessària durant aquest petit període de temps).

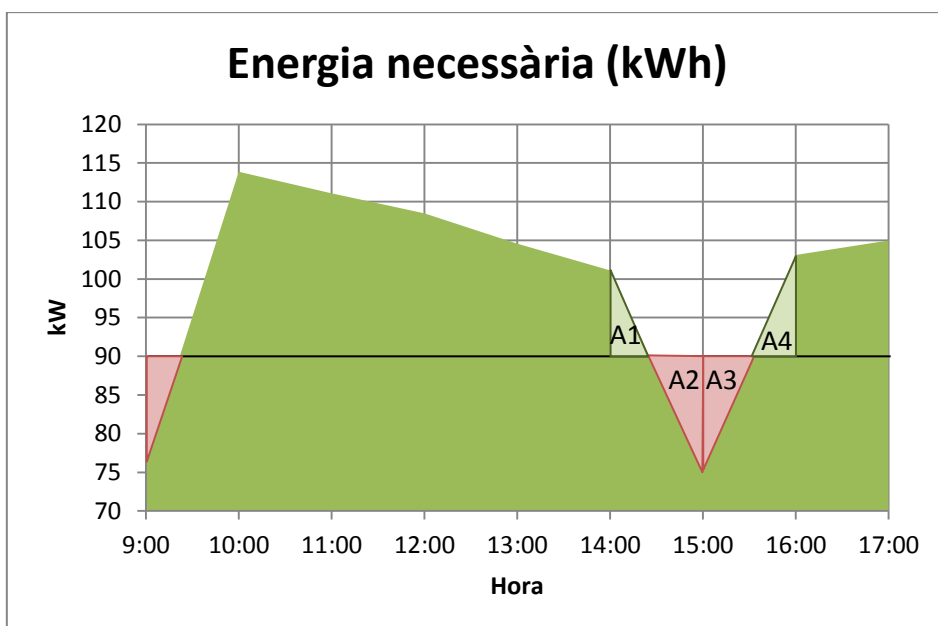
I realitzant els càlculs per als 8 períodes i fent la suma d'aquests obtindrem l'energia que haurem d'emmagatzemar abans de la demanda d'energia (09 h), del que resulta que hauríem d'emmagatzemar 167,860 kWh per poder disposar d'ells durant el període de funcionament de la calefacció.

Període	Energia (kWh)
09 a 10	15,094
10 a 11	32,476
11 a 12	29,786
12 a 13	26,532
13 a 14	22,843
14 a 15	8,050
15 a 16	9,045
16 a 17	24,040
<b>TOTAL</b>	<b>167,860</b>

Taula Energia necessària de 09 a 17 h amb 80 kW de potència

### Caldera 90 kW

Si en lloc de 80 s'instal·len 90 kW de potència, l'energia que s'hauria d'emmagatzemar per al dia més desfavorable seria, evidentment, inferior. Calculem també de forma geomètrica l'àrea baix la corba entre les 09:00 h i les 17:00 h però ara per sobre de la línia de 90 kW.



Càrregues tèrmiques horàries amb el límit de 90 kW

Per a realitzar els càlculs es procedeix exactament de la mateixa manera que en el cas anterior. Aquesta vegada cal tenir en compte que en els períodes entre les 14:00h i les 16:00h ens eixiran dos valors negatius (durant aquestes dues hores s'emmagatzema

energia treballant la caldera a 90 kW) ja que l'àrea dels triangles A2 i A3 són superiors a l'àrea dels triangles A1 i A4.

Procedint així, es calculen les àrees per als 8 trams i la suma total:

<b>Període</b>	<b>Energia (kWh)</b>
<b>09 a 10</b>	5,094
<b>10 a 11</b>	22,476
<b>11 a 12</b>	19,786
<b>12 a 13</b>	16,532
<b>13 a 14</b>	12,843
<b>14 a 15</b>	-1,951
<b>15 a 16</b>	-0,956
<b>16 a 17</b>	14,040
<b>TOTAL</b>	<b>87,860</b>

**1Energia necessària de 09 a 17 h amb 90 kW de potència**

Així, amb una caldera de 90 kW instal·lada hauríem d'emmagatzemar 87,86 kWh d'energia prèviament per a poder donar servei en les condicions més desfavorables.

### **Caldera 100 kW**

El càlcul és exactament igual a l'anterior, els resultats del qual són:

<b>Període</b>	<b>Energia (kWh)</b>
<b>09 a 10</b>	-4,907
<b>10 a 11</b>	12,476
<b>11 a 12</b>	9,786
<b>12 a 13</b>	6,531
<b>13 a 14</b>	2,843
<b>14 a 15</b>	-11,951
<b>15 a 16</b>	-10,956
<b>16 a 17</b>	4,040
<b>TOTAL</b>	<b>7,863</b>

**Energia necessària de 09 a 17 h amb 100 kW de potència**

Com veiem, amb 100 kW disponibles ja emmagatzemaríem energia durant el primer període, de 09h a 10h.

### **Volum del dipòsit d'inèrcia necessari**

Suposem que les temperatures de consigna del dipòsit són de 50°C per a l'endegament de la caldera i 90°C per a la parada de la mateixa. Això significa que el dipòsit d'inèrcia treballa amb un salt tèrmic  $\Delta T$  de 40°C.

El rendiment tèrmic del dipòsit d'inèrcia  $\eta$  el considerem de 0,95. Si, una vegada escollit el dipòsit difereix substancialment d'aquest valor, es faran les correccions oportunes.

Així, sabent que la energia emmagatzemada es calcula com:

$$Eem = \frac{m \times Cp \times \Delta T}{\eta}$$

Per a 60 kW:

$$327,864 = \frac{m \times 4,18 \times 40}{0,95 \times 3600}$$

$$m = 7430,81 \text{ kg}$$

En el cas de 80 kW:

$$167,86 = \frac{m \times 4,18 \times 40}{0,95 \times 3600}$$

$$m = 3804,43 \text{ kg}$$

I el temps necessari per a emmagatzemar l'energia en aquestes condicions és:



$$t = \frac{Eem}{P} = \frac{167,86}{80} = 2,098 \text{ hores}$$

En cas de 90 kW:

$$87,86 = \frac{m \times 4,18 \times 40}{0,95 \times 3600}$$

$$m = 1991,29 \text{ kg}$$

$$t = \frac{Eem}{P} = \frac{87,86}{90} = 0,976 \text{ hores}$$

A continuació es resumeixen en una taula els resultats:

Potència caldera (kW)	Energia (kWh)	Volum necessari (l)	Temps necessari (h)
60	327,86	7430,81	5,46
80	167,86	3804,51	2,10
90	87,86	1991,37	0,98
100	7,86	178,22	0,08

Resum càlculs per al dipòsit d'inèrcia

### 6.3.3 CÀLCULS PER AL CENTRE DE DIA

Per a l'edifici del Centre de Dia, s'utilitza el mateix procediment que acabem de veure amb el col·legi. En aquest cas, les hores de funcionament de la instal·lació són superiors, i la distribució horària de les càrregues tèrmiques ve determinada pels resultats del ClimaV2:

En aquest cas, el pic de demanda energètica el tenim a les 9 del matí, i trobem també un període vall al migdia, quan l'ocupació és més baixa i la radiació solar més important. Si traiem els valors horaris del programa, obtenim la següent taula:

Hora	Càrrega tèrmica (kW)
7:00	59,25
8:00	77,85
9:00	84,41
10:00	81,08
11:00	77,02
12:00	74,85
13:00	73,92
14:00	57,12
15:00	56,18
16:00	72,78
17:00	73,52
18:00	74,02
19:00	74,87
20:00	69,56

Taula Càrregues tèrmiques horàries del dia més desfavorable

I si les representem en un gràfic de superfícies, podem calcular, per triangulació de nou, l'àrea sota la corba.

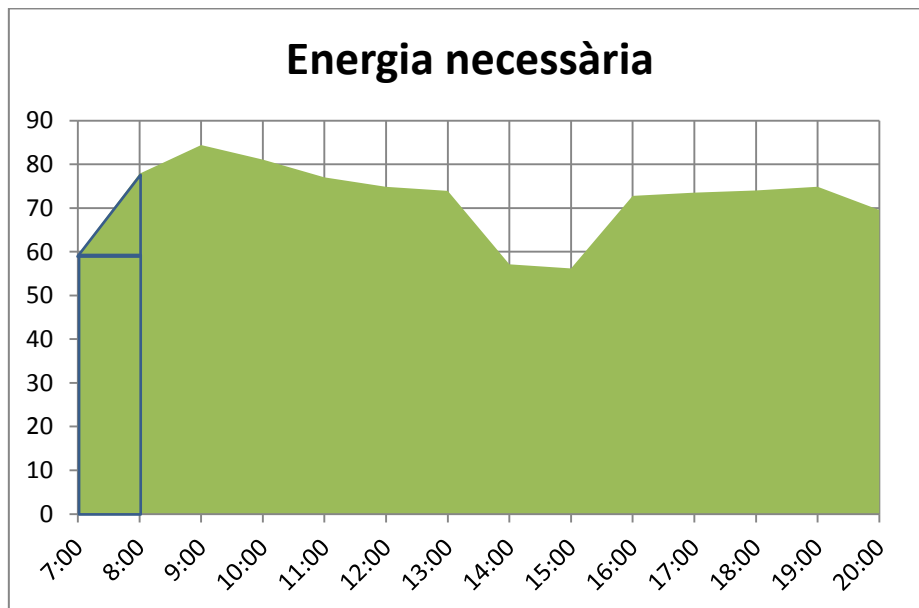


Figura Gràfica de les càrregues horàries entre les 07h i les 20h

L'energia obtinguda, per períodes horaris, seria:

Període	Energia (kWh)
7 a 8	68,55
8 a 9	81,13
9 a 10	82,75
10 a 11	79,05
11 a 12	75,94
12 a 13	74,39
13 a 14	65,52
14 a 15	56,65
15 a 16	64,48
16 a 17	73,15
17 a 18	73,77
18 a 19	74,45
19 a 20	72,22
<b>TOTAL</b>	<b>942,03</b>

Taula Energia necessària de 07 a 20 h el dia més desfavorable

És a dir, el dia més desfavorable necessitarem aportar al sistema de calefacció 942,03 kWh d'energia.

A partir d'aquestes dades, tornem a formular distintes hipòtesis de calderes de biomassa a instal·lar al Centre de Dia. Al igual que hem fet abans amb els càlculs del col·legi, calcularem la quantitat d'energia necessària a emmagatzemar amb les distintes potències :

#### **Caldera de 40 kW**

En aquest cas el càlcul és simplement restar els 40 kWh que obtindrem a cada un dels 13 trams amb la caldera:

$$40 \times 13 = 520 \text{ kWh}$$

Així, l'energia a emmagatzemar abans de les 07 h i assumint que la caldera treballa al 100% seria:

$$942,03 - 520 = \mathbf{422,03 \text{ kWh}}$$

### Caldera de 50 kW

Exactament amb el mateix procediment, obtenim que:

$$50 \times 13 = 650 \text{ kWh}$$

$$942,03 - 520 = \mathbf{292,03 \text{ kWh}}$$

### Caldera de 60 kW

Amb una caldera de 60 kW ja hem de tenir en compte algun petit període d'emmagatzematge d'energia durant el període de servei:

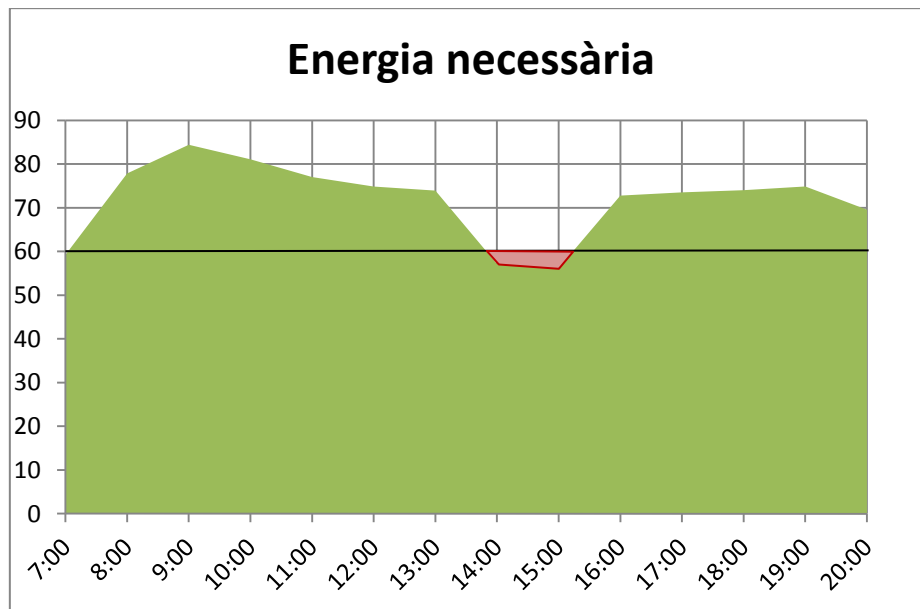


Figura Càrregues tèrmiques horàries amb el límit de 60 kW

Entre les 14h i les 15h s'emmagatzema una petita porció d'energia, que haurem de tenir en compte a l'hora de calcular el global. Amb això, obtenim els següents resultats:

Període	Energia (kWh)
7 a 8	8,55
8 a 9	21,13
9 a 10	22,75
10 a 11	19,05
11 a 12	15,94
12 a 13	14,39
13 a 14	6,96
14 a 15	-3,35
15 a 16	4,81
16 a 17	13,15
17 a 18	13,77
18 a 19	14,45
19 a 20	12,22
<b>TOTAL</b>	<b>163,80</b>

Energia necessària de 09 a 17 h amb 60 kW de potència

### Caldera 70 kW

Amb la caldera de 70 kW, les energies a compensar queden de la següent manera:

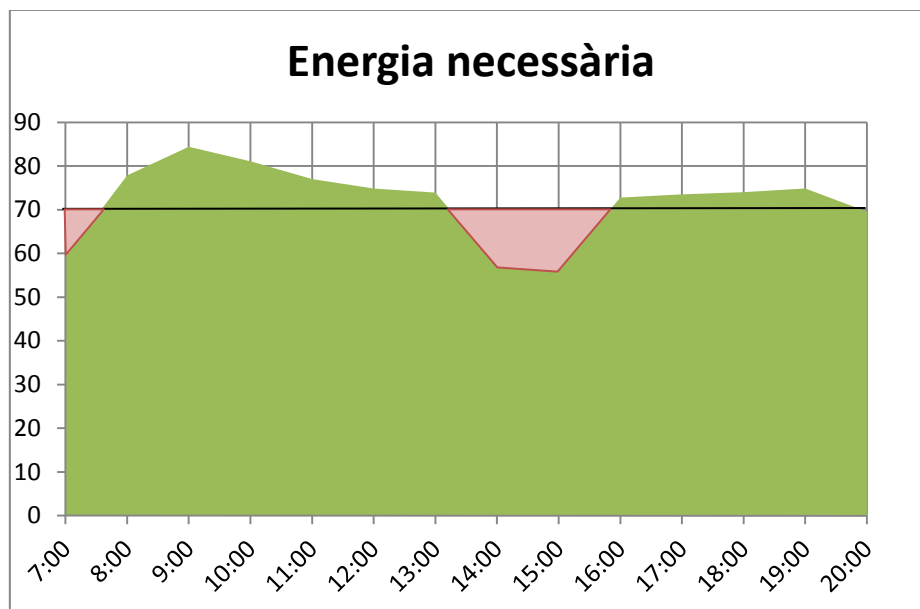


Figura Càrregues tèrmiques horàries amb el límit de 70 kW

Per a realitzar els càlculs es procedeix exactament de la mateixa manera.

Període	Energia (kWh)
7 a 8	-1,44
8 a 9	11,13
9 a 10	12,75
10 a 11	9,05
11 a 12	5,94
12 a 13	4,38
13 a 14	-4,48
14 a 15	-13,38
15 a 16	-5,52
16 a 17	3,15
17 a 18	3,77
18 a 19	4,44
19 a 20	2,22
<b>TOTAL</b>	<b>32,01</b>

Energia necessària de amb 70 kW de potència

Així, amb una caldera de 70 kW instal·lada hauríem d'emmagatzemar 32,01 kWh d'energia prèviament per a poder donar servei en les condicions més desfavorables.

### **Volum del dipòsit d'inèrcia necessari**

Suposant les mateixes condicions que en els càlculs del col·legi (  $\Delta T$  de 40°C i pèrdues tèrmiques del 5%), i utilitzant les mateixes expressions, obtenim que:

Per a 40 kW:

$$422,03 = \frac{m \times 4,18 \times 40}{0,95 \times 3600}$$

$$m = 8632,43 \text{ kg}$$

I el temps necessari per a emmagatzemar l'energia en aquestes condicions és:

$$t = \frac{422,03}{40} = 10,55 \text{ hores}$$

Fent el mateix per a les altres tres potències proposades i resumint els resultats en una taula, obtenim el següent:

Potència caldera (kW)	Energia (kWh)	Volum necessari (l)	Temps necessari (h)
40	422,03	8632,43	10,55
50	292,03	5973,34	5,84
60	163,80	3350,45	2,73
70	32,01	654,75	0,46

Taula Resum càlculs per al dipòsit d'inèrcia

#### 6.3.4 CALDERA PER AL COL·LEGI

És evident que, automàticament, queda descartada la caldera de 100 kW de potència nominal, ja que instal·lar un dipòsit d'inèrcia de 178 litres per a endegar la caldera 5 minuts abans de les 09 h és totalment inoperatiu i econòmicament no viable.

També s'ha de descartar la caldera de 60 kW, ja que un volum d'inèrcia de quasi 7.500 litres que s'hauria d'endegar la caldera a les 3h tampoc resulta operativament viable. El sobrecost d'un dipòsit tan gran o diversos dipòsits no seria assumible, i les pèrdues tèrmiques podrien superar l'estalvi per millora de l'eficiència de la caldera durant gran part de l'hivern, quan la demanda energètica és inferior a la del dia més desfavorable.

Així, s'ha d'escollir entre 90 i 80 kW de potència nominal de caldera. L'endegament de la caldera dues hores abans de les 09 h es pot assumir, i el volum del dipòsit d'inèrcia és raonable, amb 3.800 litres de capacitat per a poder emmagatzemar 167 kWh d'energia. Així, agafarem la potència inferior (80 kW), que sempre treballarà més pròxima a la seva potència nominal i, per tant, tindrà una major eficiència i un millor comportament.

Així, s'escollirà una caldera policombustible de pèl·let, 80 kW de potència i els mateixos requisits tècnics que s'han utilitzat per escollir la caldera en l'opció de substitució de caldera. En aquest cas, ja no es tenen en compte les calderes d'altres

fabricants ni d'altres combustibles, que ja han estat comparats al punt anterior, i ens portarien a ser redundants perquè s'exigeixen les mateixes condicions que abans, i els preus estan escalats en funció de la potència dintre de la mateixa sèrie de calderes de cada fabricant.

La caldera escollida és el model WTH 80 de Hargassner. En tractar-se del mateix fabricant i model que la caldera descrita anteriorment però de menor potència nominal, les característiques de disseny i elements que la formen són exactament iguals i, per tant, ens remetem a ell per a consultar-ho, on queda tot explicat amb detall.

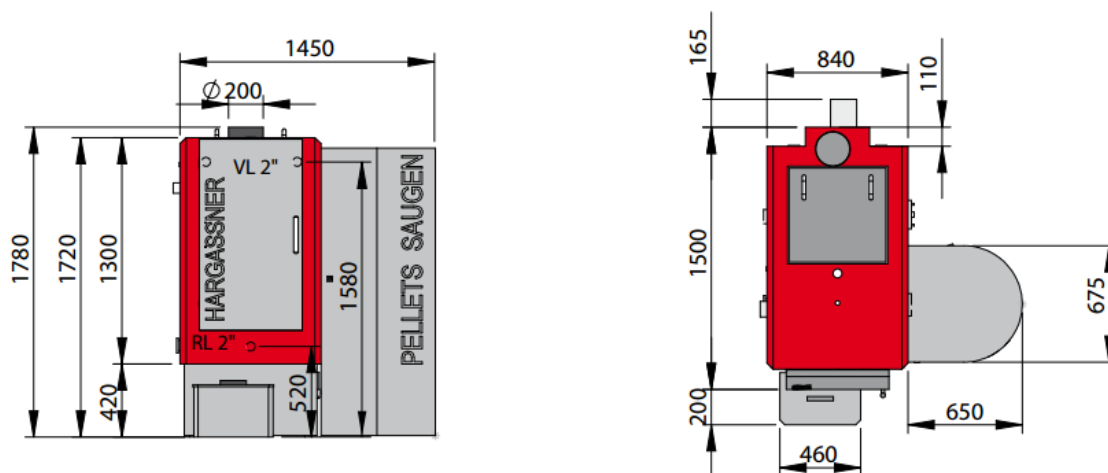
Les dades tècniques del model WTH 80 es mostren a continuació:

<b>Dades tècniques</b>	<b>unitat</b>	<b>WTH 80</b>
<b>Rang de potència</b>	kW	25 – 80
<b>Rendiment a plena càrrega</b>	%	95,1
<b>Potència calorífica màxima</b>	kW	85
<b>Diàmetre fums</b>	mm	200
<b>Capacitat d'aigua</b>	L	190
<b>Temp. màxima de servei</b>	°C	95
<b>Rang de temperatura caldera</b>	°C	69 – 78
<b>Augment de temp. de retorn</b>	°C	58
<b>Pressió màx. de servei</b>	Bar	3
<b>Eixida</b>	Polzada	2
<b>Retorn</b>	Polzada	2
<b>Pes</b>	kg	1135
<b>Altura</b>	mm	1780
<b>Amplada</b>	mm	1450
<b>Fondària</b>	mm	1920
<b>Connexió elèctrica</b>	---	400 V CA, 50 Hz, fusible 13 A

**Característiques tècniques de la caldera WTH 80 de Hargassner**



I la caldera acotada es representa a continuació:



Caldera WTH 80 de Hargassner acotada

### 6.3.5 CALDERA PER AL CENTRE DE DIA

---

Si fem una anàlisi dels resultats apuntats a la taula resum dels càlculs per al Centre de Dia, la caldera de 40 kW queda automàticament descartada. Un volum d'acumulació de 9.000 litres no seria viable i, a més a més, no es disposaria del suficient espai a la sala de calderes. A més a més, el temps necessari per acumular aquesta energia a potència màxima és de 10 hores i mitja; que, a la pràctica, significaria no poder parar mai la caldera.

Els 6.000 litres necessaris d'acumulació amb la caldera de 50 kW tampoc serien assumibles, tant per falta d'espai com per no ser operativament viable ni econòmicament rendible. Necessitem una solució que, en cap cas, supere els 4.000 litres de volum d'acumulació.

Entre 60 i 70 kW, escollim l'opció de 60, ja que és la caldera amb menor potència nominal necessària que pot treballar amb un volum d'inèrcia operatiu (3.350 litres). Com ja hem apuntat, escollirem el model adequat a la potència necessària i el combustible a utilitzar del mateix fabricant, Hargassner.

En aquest cas, podem escollir el model més potent de la gama CLASSIC LAMBDA de Hargassner, la *Classic 60*. Les característiques tècniques d'aquesta venen resumides en la següent taula:

<b>Dades tècniques</b>	<b>unitat</b>	<b>Classic 60</b>
<b>Rang de potència</b>	kW	17 – 58
<b>Rendiment a plena càrrega</b>	%	94,6
<b>Potència calorífica màxima</b>	kW	61,3
<b>Diàmetre fums</b>	mm	150
<b>Capacitat d'aigua</b>	L	124
<b>Temp. màxima de servei</b>	°C	95
<b>Rang de temperatura caldera</b>	°C	69 – 85
<b>Augment de temp. de retorn</b>	°C	58
<b>Pèrdua màxima de càrrega</b>	mbar	56,4
<b>Eixida</b>	Polzada	5
<b>Retorn</b>	Polzada	4
<b>Pes</b>	kg	480
<b>Altura</b>	mm	1480
<b>Amplada</b>	mm	1210
<b>Fondària</b>	mm	1290
<b>Connexió elèctrica</b>	---	230 V CA, 50 Hz, fusible 13 A

**Característiques tècniques de la caldera Classic 60 de Hargassner**

### 6.3.6 DIPÒSITS D'INÈRCIA ESCOLLITS

Per a cadascuna de les calderes, escollirem un dipòsit d'inèrcia amb el volum calculat a l'apartat anterior, ajustat al valor comercial més pròxim disponible. A la figura següent s'observen els dipòsits acumuladors del fabricant *Lapesa*:

Características técnicas /Conexiones /Dimensiones		MV2000l	MV2500l	MV3000l	MV3500l	MV4000l
Capacidad depósito de inercia	l	2000	2500	3000	3500	4000
Temperatura máx. depósito de inercia	°C	100	100	100	100	100
Presión máx. depósito de inercia (*)	bar	6	6	6	6	6
Peso en vacío aprox.	Kg	353	503	540	576	893
Cota A: diámetro exterior	mm	1360	1660	1660	1660	1910
Cota B: longitud total	mm	2280	2015	2305	2580	2310
Cota C:	mm	155	175	175	175	175
Cota D:	mm	720	835	835	835	900
Cota E:	mm	1060	590	880	1165	755
Cota F:	mm	1537	1359	1552	1732	1543
p: conexión superior	*GAS/H	2	2	2	2	2
s: conexión lateral	*GAS/H	4	4	4	4	4
k: conexión lateral	*GAS/H	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4	1-1/4
eh: conexión lateral	*GAS/H	2	2	2	2	2
tm: conexión sensores laterales	*GAS/H	1/2	1/2	1/2	1/2	1/2

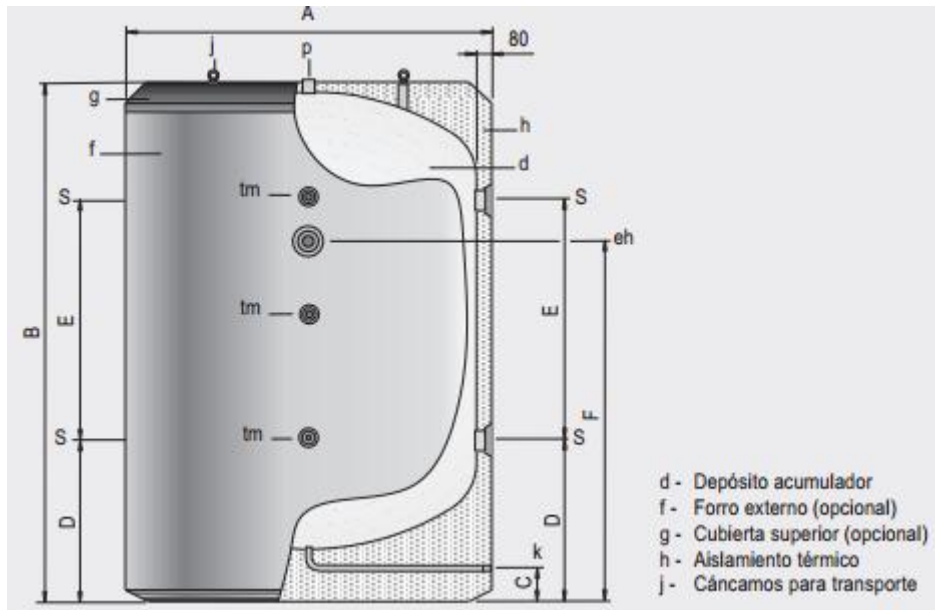
**Característiques del dipòsit d'inèrcia. Font: catàleg Lapesa**

En el cas del col·legi, els volums dels dipòsits d'inèrcia comercials que més s'aproximen als 3.804,5 litres que serien necessaris són 3.500 litres i 4.000 litres. Per a garantir que es podrà proporcionar sempre la potència necessària, inclús durant totes les hores del dia més desfavorable, com s'ha calculat, s'ha d'instal·lar el dipòsit de 4.000 litres d'inèrcia (MV4000l).

En el cas del Centre de Dia, s'ha calculat un volum d'acumulació necessari de 3350,5 litres; per tant, escollirem el model de 3.500 litres de capacitat (MV3500l).

Com es tracta d'un circuit tancat, es pot instal·lar un dipòsit fabricat en acer al carboni que estiga ben aïllat, per a minimitzar les pèrdues de calor.

A la figura de baix es pot observar un dibuix acotat del catàleg de Lapesa dels dipòsits d'inèrcia fabricats en acer al carboni.



**Dipòsit d'inèrcia. Font: catàleg Lapesa**

Per últim, cal veure quines pèrdues tindran els dipòsits d'inèrcia quan estaran plens d'aigua calenta i, si s'escau, modificar el càlcul del punt anterior on s'han considerat unes pèrdues del 5%.

Per als models MV tenim que el material d'aïllament és escuma rígida de poliuretà injectada de  $50 \text{ kg/m}^3$  de densitat ( $K = 0,025 \text{ W/m}^2 \cdot \text{°k}$ ) i l'espessor del mateix és de 80 mm. Amb aquestes condicions les pèrdues tèrmiques màximes són de 6,548 kWh cada 24 hores per al model MV4000 i 6,235 kWh en 24h per al model MV3500, segons assegura el fabricant.

Així, en el cas del col·legi, si es considera que s'emmagatzemen 167,86 kWh les pèrdues tèrmiques suposen:

$$Pèrdues tèrmiques (\%) = \frac{6,584}{167,86} \times 100 = 3,92\%$$

I en cas del Centre de Dia, tenim:

$$Pèrdues tèrmiques (\%) = \frac{6,235}{163,80} \times 100 = 3,81\%$$

Per tant, es poden donar com a vàlides per al càlcul les pèrdues del 5% que s'han tingut en compte en els càlculs de l'energia a emmagatzemar.

### 6.3.7 COST DE LA INSTAL·LACIÓ AL COL·LEGI

---

#### *Dipòsit d'inèrcia*

El preu del dipòsit d'inèrcia MV4000 és de 3.314,87 € distribuït per l'empresa *Salvador Escoda S.A*

El conjunt hidràulic per al circuit primari que inclou una bomba de circulació per al circuit caldera-dipòsit d'inèrcia i una vàlvula de seguretat anti-condensacions (per a calderes de fins a 100 kW) són 1.050,00 €

La mà d'obra més el transport ascendeix a 320 €

Així, el total d'aquestos conceptes seran **5.668,70 €** amb un IVA del 21% inclòs.

#### *Caldera*

El preu de la caldera Hargassner WTH 80 és de 16.180 €

A aquest preu cal sumar

- Sistema de control són 475 €
- Tub d'aspiració són 13 €
- Regulador de tir diàmetre 180 per a muntatge en conducte d'eixida de fums són 195 €
- Posada a punt són 260 €
- Transport de tots els equipaments i mà d'obra són 1.000 €

El total d'aquests conceptes ascendeix a **21.928,8 €** amb un 21% d'IVA inclòs.

#### *Total*

El preu total de la instal·lació ascendeix a **27.597,5 €**.

### 6.3.8 COST DE LA INSTAL·LACIÓ AL CENTRE DE DIA

---

#### *Dipòsit d'inèrcia*

El preu del dipòsit d'inèrcia MV3500 és de 2.834,65 € distribuït per l'empresa *Salvador Escoda S.A*

El conjunt hidràulic per al circuit primari que inclou una bomba de circulació per al circuit caldera-dipòsit d'inèrcia i una vàlvula de seguretat anti-condensacions (per a calderes de fins a 70 kW) són 825,00 €

La mà d'obra més el transport ascendeix a 320 €

Així, el total d'aquests conceptes seran **4.815,37 €** amb un IVA del 21% inclòs.

#### *Caldera*

El preu de la caldera Hargassner Classic 60 és de 12.138 €

A aquest preu cal sumar

- Sistema de control són 415 €
- Tub d'aspiració són 13 €
- Regulador de tir diàmetre 150 per a muntatge en conducte d'eixida de fums són 165 €
- Posada a punt són 260 €
- Transport de tots els equipaments i mà d'obra són 1.000 €

El total d'aquests conceptes ascendeix a **16.929,11 €** amb un 21% d'IVA inclòs.

#### *Total*

El preu total de la instal·lació ascendeix a **21.744,5 €**.

## 7. ALTERNATIVA ESCOLLIDA

---

Per a escollir una de les alternatives descrites i estudiades, caldrà tenir en compte tant criteris econòmics com tècnics i de gestió. En primer lloc, veiem quin seria el cost d'implantar cadascuna de les alternatives:

Alternativa	Col·legi	Centre de Dia	Total
Canvi del cremador	6.467,00 €	5.818,79 €	<b>12.285,79 €</b>
Canvi de la caldera	27.337,53 €	23.463,11 €	<b>50.800,64 €</b>
Canvi de caldera + dipòsit d'inèrcia	27.597,50 €	21.744,5 €	<b>49.342,0 €</b>

Taula Costos de les tres alternatives descrites

Evidentment no es pot fer una comparació directa, en termes de cost, entre l'opció del canvi dels cremadors i les altres dues, ja que el canvi dels cremadors té un cost que no representa ni el 25% de les opcions de canvi de la caldera, i és una opció temporal. Malgrat ser tècnicament viable, com s'ha estudiat anteriorment, i econòmicament molt avantatjós, l'Ajuntament d'Atzeneta prefereix fer el canvi de la caldera degut a les importants ajudes econòmiques que diverses institucions públiques ofereixen als ajuntaments per a fer el canvi a energies renovables.

Així, es comparen les dues opcions que comportarien un canvi de la caldera de gasoil per una nova de biomassa. La diferència del cost entre aquestes dues opcions no arriba al 3% del cost, però resulta més econòmica l'opció d'instal·lar calderes amb dipòsits d'inèrcia. El sobrecost que representa la instal·lació dels dipòsits es veu compensat per l'abaratiment de les calderes de menor grandària i potència necessàries.

Tècnicament, l'opció de caldera menys potent i dipòsit d'inèrcia té molts avantatges respecte la instal·lació d'una caldera amb més potència. Les pèrdues tèrmiques que introdueix el dipòsit d'inèrcia (inferiors al 4%, com s'ha calculat) són inferiors a l'augment del rendiment energètic de la caldera que s'obté al treballar aquesta sempre a càrrega nominal i disminuir els cicles de parada-endegament (cada colp que la caldera s'endega es perd el calor residual de la càmera de combustió). A més a més s'allarga la vida útil de la caldera i es redueixen les operacions de manteniment de la mateixa. Per tant, l'opció d'instal·lar una caldera de menor potència amb dipòsit d'inèrcia és la que es durà a terme.

## 8. EMMAGATZEMATGE DE LA BIOMASSA

---

### 8.1 CONSIDERACIONS

---

És evident que tota instal·lació de biomassa ha de tenir un espai per emmagatzemar el combustible. Com ja s'ha vist en el desenvolupament d'aquest projecte, l'espai necessari per a emmagatzemar energia en forma de combustible sòlid de biomassa és gran en comparació amb els derivats del petroli que necessiten d'emmagatzemament. Això és evidentment degut al menor poder calorífic de la biomassa per unitat de volum, ja que la biomassa té una densitat més baixa i un menor poder calorífic específic.

El RITE (Reglament per a les instal·lacions tèrmiques en els edificis) defineix com han de ser les condicions de l'espai d'emmagatzematge de biocombustibles sòlids. A continuació es detallen les que seran d'obligatori compliment en aquest projecte:

1. Les instal·lacions alimentades amb biocombustibles sòlids han d'incloure un lloc d'emmagatzematge dins o fora de l'edifici, destinat exclusivament per a aquest ús.
2. Si el magatzem està situat fora de l'edifici es podrà construir en superfície o subterrani, podent utilitzar-se també contenidors específics de biocombustible, havent de preveure un sistema adequat de transport.
3. La capacitat mínima d'emmagatzematge de biocombustible serà la suficient per cobrir el consum de dues setmanes.
4. En instal·lacions tèrmiques existents que es reformin, on no es pugui fer una divisió en dos locals diferents, el dipòsit d'emmagatzematge estarà situat a una distància de la caldera superior a 0,7 m i hi ha d'haver entre el generador de calor i l'emmagatzematge una paret amb resistència davant el foc d'acord amb la reglamentació vigent de protecció contra incendis.
5. Les parets, terra i sostre del magatzem no permetran filtracions d'humitat.
6. No estan permeses les instal·lacions elèctriques dins del magatzem.

Les dues sales de calderes (Col·legi i Centre de Dia) estan separades, en línia recta, per una distància de 59 metres. Tenint en compte la situació de l'espai proposat per l'ajuntament per a poder instal·lar el magatzem de biomassa, les distàncies queden de



19,41 metres fins a la caldera del Centre de Dia i 21,91 metres fins la caldera del col·legi. Amb la situació sobre el terreny i la distància esmentada, es projecta un únic magatzem de biomassa per a abastir les dues calderes. El magatzem es construirà dintre del recinte del col·legi (dintre de la tanca) i es farà una rasa de 30 cm de profunditat per 20 cm d'ample per fer passar el tub flexible alimentador des del magatzem fins a la sala de calderes del Centre de Dia i del Col·legi. A la figura següent es mostra la situació descrita:



Figura situació de la zona on s'actua.

A continuació, s'ha de calcular el volum necessari útil que ha de tenir el dipòsit de biomassa.

Durant el mes de gener es produeix la major necessitat d'energia que, segons hem calculat en aquest projecte, correspondrien a 14.234 kWh del col·legi i els 18.442 kWh del Centre de Dia, un total de 32.676 kWh. El RITE diu que la capacitat mínima ha de ser de dues setmanes, per tant seria la meitat de l'energia del mes de gener la que hauria d'estar garantida amb el volum de biocombustible emmagatzemat: 16.338 kWh.

La crosta d'ametla sense triturar és el combustible amb menor poder calorífic per unitat de volum d'entre els que es podran utilitzar a la instal·lació. Queden excloses les estelles, degut a que els equipaments escollits no admeten aquest combustible per a ajustar el preu de la instal·lació.

Assumint un PCI de 4.6 kWh/kg i una densitat de 345 kg/m<sup>3</sup>, per a emmagatzemar 16.338 kWh es necessiten **10,29 m<sup>3</sup>** de crosta d'ametla sense triturar.

Com que es tracta d'un combustible local que està emmagatzemat a la trencadora d'Atzeneta, son els propis treballadors de l'ajuntament que, amb els vehicles municipals (tractor amb pala davantera) carregaran el dipòsit de crosta d'ametlla quan siga necessari i sabent que, com a mínim, la crosta durarà 15 dies.

## 8.2 TIPUS D'EMMAGATZEMAMENT

---

Bàsicament, els tipus d'emmagatzematge poden dividir-se en emmagatzematges prefabricats i emmagatzematges d'obra, ja siguin de nova construcció o habitacions existents prèviament adaptades per al seu nou ús. Aquesta última opció no està disponible al col·legi públic d'Atzeneta, per tant s'haurà d'escollir una de les altres dues opcions.

### 8.2.1 EMMAGATZEMATGES PREFABRICATS

---

Aquest sistema és l'opció més raonable a l'hora d'aprofitar poc espai, ja que es pot instal·lar un contenidor cilíndric amb una base relativament menuda. Gràcies a la dimensió del contenidor es poden aconseguir llargs períodes d'autonomia de la caldera. Se situen al costat l'edifici i la caldera, i permeten un transport modular senzill. Aquests sistemes són de fàcil instal·lació i no exigeixen realitzar una obra important. El seu ompliment es realitza mitjançant un sistema pneumàtic o un caragol sense fi, ja que no existeix la possibilitat de descàrrega directa a tanta altura. L'alimentació pot ser directa a la caldera mitjançant un caragol sense fi.

En requerir-se una situació exterior, es descarten directament les sitges prefabricades de tela que s'utilitzen en molts casos de petites instal·lacions de biomassa. Aquest

tipus de dipòsits no protegeixen suficientment contra la humitat i es veuen afectats per la radiació solar, quedant malmesos en un període curt de temps.

Per tant, s'analitzen diverses sitges: capacitat, dimensions, nombre d'ancoratges, pressupostos...

L'empresa espanyola *Silos Morales* ofereix els preus més competitius d'entre els pressupostos que ens han estat enviats, on inclouen el servei de transport fins al punt de col·locació i la posada en peu del mateix. A continuació es mostra en una imatge genèrica acotada de la sitja escollida, on varien les dimensions segons el model:

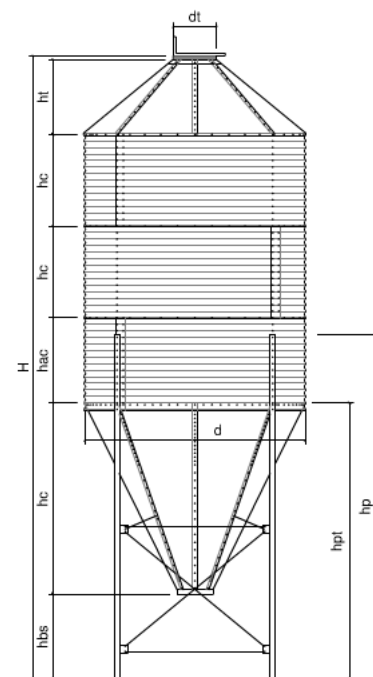


Figura Sitja escollida. Font: Catàleg *Silos Morales*

I les característiques tècniques del model apropiat tenint en compte el volum requerit que s'ha calculat, **25501C**, són les següents:

MODELO	CAPACIDAD			ALTURA TOTAL (H)	Nº PATAS				
	m <sup>3</sup>	Coef.	Ton.						
25501C	11,30	0,65	7,35	5,13	4				
25502C	16,72	0,65	10,87	6,19	4				
25503C	22,14	0,65	14,39	7,26	4				
25504C	27,56	0,65	17,91	8,32	4				
25505C	32,98	0,65	21,44	9,38	4				
DIMENSIONES m									
MODELO	D	Db	Dt	Hp	Hc	Hac	Ha	Ht	Hbs
25501C	2,547	0,415	0,50	4,000	2,215	0,988		0,859	0,987

Taula de característiques de la sitja. Font: Catàleg *Silos Morales*

El material de que està construïda la sitja és acer estructural S 350 GD Z600 amb galvanització. És de descàrrega central i xapa ondulada.

El fabricant garanteix la estanqueïtat de la sitja per a conservar la biomassa sense filtracions d'humitat.

El que anomena Coef a la taula anterior es refereix a la densitat del producte emmagatzemat per a calcular la massa que hi cap, amb t/m<sup>3</sup>. En el cas de la crosta d'ametla sense triturar estaríem parlant d'una capacitat d'unes 3,9 t en el pitjor dels casos; unes 7 t en cas de pinyol d'oliva triturat i unes 6,8 t en cas de la crosta triturada. Òbviament sempre seran valors orientatius, ja que depèn de la granulometria de cada càrrega de combustible. Mai se superaran les 7,35 t que recomana el fabricant.

### Càrrega de la sitja

El caragol sense fi per a carregar la sitja ha de tenir una longitud que, amb un angle adequat per al seu funcionament, supere els 5,13 metres d'alçada on es troba situada la boca de la sitja. Es contacta amb l'empresa *Sinfimasa* i es demana un pressupost d'un elevador sense-fi tubular, que és l'opció més econòmica que es pot escollir per a carregar el combustible descarregat directament amb un tractor.

Les característiques més important que ens dona el fabricant són:

- Fabricat amb acer al carboni i inoxidable
- Longitud 6,5 metres

- Diàmetre de 210 mm
- Angle de càrrega 52º respecte l'horitzontal
- Sitja de recepció de 1000 litres
- Càrrega (en condicions de 700 kg/m<sup>3</sup>) de 12 tones per hora
- Consum motor 1,2 kW, 220V, 50 Hz

### Cost

El preu de la sitja model 25501C és de 1.086,00 €.

Dins del pressupost queda inclòs el transport fins a Atzeneta del Maestrat i la seva posada en peu, si bé no s'inclouen les cimentacions dels 4 recolzaments de la sitja. Aquestes tindrien un cost aproximat de 470 € per realitzar els 4 forats, el formigó i la mà d'obra.

El preu del caragol sense-fi de càrrega és de 920 €.

El preu del caragol sense fi flexible fins a les respectives calderes és de 1.750 €

Així, el total resultaria en **5.113,6 €** inclòs un IVA del 21%.

## 8.2.2 MAGATZEM D'OBRA

---

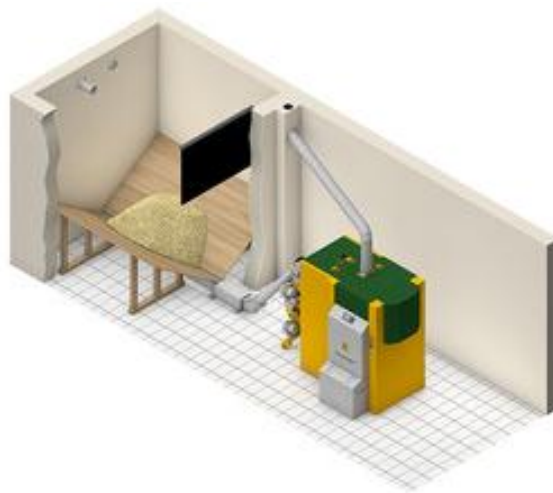
El magatzem d'obra és una opció que ha de ser presa amb consciència de que, un colp ubicat, ja no es podrà canviar mai. Malgrat tot, té molts avantatges, començant per la flexibilitat de poder fer el magatzem exactament amb les dimensions i forma desitjades.

El disseny del magatzem és essencial per a evitar que el preu pugui pujar més enllà d'allò estrictament necessari, escollint correctament els materials a utilitzar.

A més a més, cal dissenyar correctament el fons del magatzem, donant-li un pendent adequat a la superfície o superfícies d'aquest cap a la direcció en que quedarà ubicat el caragol sense-fi, evitant que es formen cavitats de buit entre el combustible o que es quede part d'aquest sense poder ser trasbalsat pel caragol sense-fi sense la necessitat del treball d'un operari o de la instal·lació d'un rascador, que també encariria el magatzem.

- Sòl inclinat a dues cares

Aquesta solució és recomanable en magatzems rectangulars en què un rascador no podria escombrar tota l'àrea de la magatzem. Es col·loquen dos falsos sòls inclinats perquè el combustible emmagatzemat entre ells llisque per gravetat fins el cargol sense-fi que transporta el combustible a la caldera. El cargol sense fi, en colze, consta al seu torn d'un cargol rígid d'extracció, que és el que està al magatzem pròpiament dit, i, si és necessari, d'un elevador, que salva el desnivell entre el final del cargol d'extracció i l'entrada de biomassa a la caldera. És recomanable una inclinació de les rampes d'entre 35° i 45° per facilitar el buidatge del magatzem. El desavantatge principal d'aquest sistema rau en els espais morts existents sota les rampes inclinades, el que fa que només al voltant de 2/3 del total del volum de la sitja sigui útil com a emmagatzematge.



**Sòl inclinat a dues cares en emmagatzemament de biomassa. Font: Catàleg KWB**

- Sòl horitzontal

És l'opció més encertada quan es disposa de poc espai disponible o el combustible té poca densitat. El sòl pla necessita de rascadors horitzontals hidràulics, la qual cosa implica un major cost però optimitza el volum del magatzem. Els rascadors giratoris són més econòmics i poden utilitzar-se amb una gran varietat de combustibles (pinya trosjada, estelles de fusta, etc.). El sistema d'alimentació de la caldera pot ser tant per cargol sense fi com mitjançant un sistema pneumàtic. Convé que el magatzem sigui rodó per evitar espais morts.



**Sòl horitzontal en emmagatzemament de biomassa. Font: Catàleg KWB**

En el nostre cas, com l'espai no és, a priori, un factor limitant, adoptarem el sistema amb sòl inclinat a dues cares, evitant la inversió i manteniment d'un rascador i facilitant el treball de construcció del magatzem, de planta rectangular vers la planta circular.

El RITE només exigeix com a mesura de seguretat quan el magatzem d'obra es troba situat fora de la sala de la caldera que no hi hagi cap instal·lació elèctrica a l'interior, a més a més que els elements estiguin dissenyats per a aguantar la pressió del combustible, i recomana que estiga ben aïllat de la humitat i de la pols per mantenir el combustible en bon estat.

### **Disseny**

El magatzem, com ja s'ha vist, anirà situat a la part interna del mur que delimita el recinte del col·legi.

La planta serà rectangular, tenint en compte que, a major quocient entre el costat major i el menor, menor espai mort quedarà baix del fals sòl i més llarg haurà de ser el caragol sense-fi de la base.

L'altura màxima a la que pot estar la trapa per on s'omplirà el magatzem és de 1,6 metres, ja que és l'altura on descarrega el remolc hidràulic d'un tractor habitual. Així,

evitarem sistemes per a omplir el magatzem que encareixen el procés i dificulten la tasca.

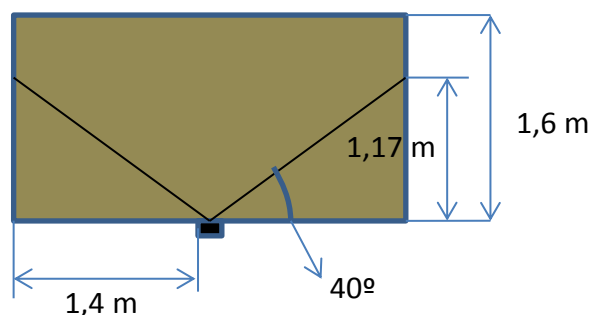
Una bona relació es considera 3 x 4 metres de planta, que suposarà 4 metres de caragol sense fi i un volum mort sota el fals sòl assumible.

Amb aquestes dimensions (3 x 4 x 1,6) el volum de combustible que es podria emmagatzemar seria de 19,2 m<sup>3</sup>, és a dir, com a màxim poden quedar inutilitzats 7,6 m<sup>3</sup>. Ara s'ha de calcular el volum que quedarà sota el fals sòl, tenint en compte que el canal on es situa el caragol sense-fi té una amplada de 20 cm centrat, s'han de cobrir 1,4 metres per cada costat i amb una inclinació d'entre 35 i 45°:

$$\tan 40 = \frac{h}{1,4}; h = 1,17 \text{ metres}$$

I el volum inutilitzat seria:

$$V_{inut} = \frac{1,17 \times 1,40}{2} \times 4 \times 2 = 6,55 \text{ m}^3$$



**Vista lateral del magatzem amb mesures**

Així, resulta un magatzem amb una capacitat efectiva de 12,65 m<sup>3</sup>, complint el requisit marcat dels 10,29 m<sup>3</sup> de magatzem mínim.



El fals sòl es realitzarà amb fusta, 2 taulons tallats amb mesures de 1,82 x 4 metres i 25 mm d'espessor i un escaire de llistons de fusta (40 x 40 mm) cada 50 cm a cada costat del magatzem, amb l'angle de 40º, per a assegurar bé el fals sòl i repartir la càrrega. Seran necessaris 18 escaires, 9 per a cada costat.

Els tancaments laterals es realitzaran amb maons de ceràmica buits dobles de 24 x 11,5 x 10 cm units amb morter més una capa interior i exterior d'aproximadament 10 mm de ciment monocapa.

El tancament superior es realitzarà amb plaques de fibrociment d'ona gran, de dimensions de 300 x 110 cm, 4 peces col·locades transversalment que cobriran tot el tancament superior. Es tallaran dues peces per a col·locar el marc de la trapa superior i es cobriran amb una capa d'uns 10 mm de ciment monocapa per a protegir completament contra infiltracions d'humitat. Se subjectaran sobre els tancaments laterals i 3 perfils T-50.6 d'acer laminat S275 de 3,40 metres cadascun, col·locats un cada 100 cm de tancament lateral.

La trapa superior per on s'omple el magatzem es realitzarà amb una xapa d'acer al carboni negra (64 kg/m<sup>2</sup>) de 8 mm d'espessor i dimensions de 80 x 150 cm recoberta amb pintura per a exteriors a base de polímers antioxidant. El marc i ancoratges del mateix seran platines per a marc de dimensions 35 x 10 mm d'acer batut i temperat.

Els tubs flexibles de caragol sense fi s'instal·laran soterrats, practicant una rasa de 30 cm de profunditat per 20 d'amplada. Com hem vist abans, la rasa per arribar al Centre de Dia tindrà 19,5 metres, i per l'altre costat, fins la caldera del col·legi, 22. La rasa es reomplirà amb la mateixa terra per a la part sense formigó, i amb formigó a la part adjacent al Centre de Dia.

Seran necessaris 42 metres de caragol sense fi flexible per a soterrar més 8 metres per arribar fins a les calderes sense problemes, a l'interior de les sales de calderes. Per tant, 50 metres de tub, dividits en dos trams independents que funcionaran amb el respectiu motor de cada caldera. El diàmetre escollit és de 75 mm, per a no tenir problemes d'enganxades amb la crosta d'ametlla.



**Figura caragol sense fi flexible**

## Cost

En la següent taula es pressuposta el preu que tindrà la construcció del magatzem:

Concepte	Preu unitari	Quantitat	Preu €
Taulons fusta (m2)	11,22	14,56	163,36
Escaires fusta (unitat)	0,79	18	14,22
Maons (unitat)	0,19	650	123,5
Morter i additius (kg)	0,51	90	45,9
Morter monocapa (kg)	0,49	150	73,5
Plaques fibrociment (unitat)	13,21	4	52,84
Perfils T (kg)	2,18	45,288	98,73
Xapa acer (kg)	0,78	76,8	59,9
Pintura xapa (kg)	36	0,1	3,6
Platines marc (m)	3,66	4,6	16,84
Formigó (m <sup>3</sup> )	73,13	1,5	109,7
Caragol sense fi (m)	35	50	1.750
Mà d'obra (hora)	18,35	72	1321,2
<b>TOTAL</b>			<b>3.833,29</b>
<b>I.V.A</b>			<b>804,99</b>
<b>TOTAL + IVA</b>			<b>4.638,28</b>

Taula Preus per al magatzem d'obra

### 8.3 OPCIÓ ESCOLLIDA

Per a escollir el magatzem adequat es tindran en compte criteris tècnics i econòmics.

El magatzem d'obra requereix una inversió total de 4.638,28 € contra els 5.113,6 € de la sitja metàl·lica. Inversió més menuda per al magatzem d'obra amb una diferència de 475,32 €.

A més a més, la instal·lació de la sitja podria portar algun problema amb l'autorització per part de la Conselleria d'educació, degut a que la sitja podria ser accessible per als alumnes de l'col·legi i podria resultar perillós. El magatzem d'obra no comporta cap perill per als alumnes del col·legi.

També es considera que una sitja de més de 5 metres d'alçada compromet l'estètica de l'edifici, mentre que el magatzem d'obra no comporta ningun impacte visual.

Per últim, és molt més ràpid i fàcil omplir el magatzem d'obra amb descàrrega directa des del remolc del tractor o camió a través de la trapa que no anar omplint a poc a poc la sitja del sense-fi per a recarregar la sitja del combustible. Es considera operativament molt més adequat que la sitja.

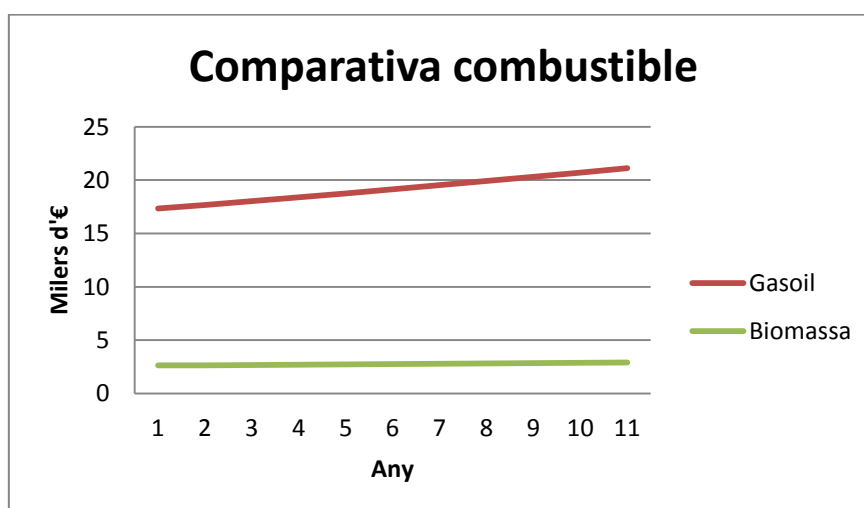
Per aquestes raons que s'exposen, l'opció escollida és el magatzem d'obra.

## 9. VIABILITAT ECONÒMICA

Per a estudiar la viabilitat econòmica d'aquest projecte, es tindrà en compte com a inversió inicial aquella corresponent a la instal·lació del col·legi, instal·lació del centre de dia i magatzem de biomassa. En total, tenim una inversió inicial de

En aquest cas cal tenir en compte l'estalvi en el cost del gasoil C de calefacció que es deixarà de consumir amb la nova instal·lació, amb un preu actual de 0,956 €/litre i aplicant un augment anual del 2 % en el preu del gasoil. El preu del combustible actual és la suma dels dos consums de gasoil (10.240 litres per al Centre de Dia i 8.132 litres per al col·legi), un total de 18.372 litres que suposen 17.334,2 €.

La biomassa que s'utilitzarà per al càlcul serà crosta d'ametlla a un preu de 0,062 €/kg i considerant un augment anual del preu de l'1%. El consum esperat, tal i com s'ha calculat, és la suma dels consums del col·legi i Centre de Dia (21.267 i 21.168 kg respectivament), un total de 42.435 kg, que suposaria una despesa de 2.631,0 €. A la figura següent es pot observar la comparació del cost del combustible de la instal·lació durant els pròxims 10 anys amb els dos combustibles.



Evolució del preu del combustible per a la instal·lació

També es tindrà en compte l'augment del consum d'energia elèctrica pels motors dels caragols sense fi i de les pròpies calderes, bomba dels dipòsits d'inèrcia... estimant en una mitjana de 800 hores/any el funcionament de la instal·lació (1000 hores per al

Centre de Dia i 600 hores respecte el col·legi) amb un augment de la potència elèctrica demandada d'uns 3.000 W són 2.850 kWh/any. Assumint 0,125 €/kWh resulta un cost de 356,25 €/any amb un augment del 2% anual.

En el cas del cost de personal de la nova instal·lació, superior a l'actual, s'estima en 1.728 €/any (96 hores de feina anuals, sobretot, per la càrrega de la crosta d'ametlla, ja que necessita hores de dedicació d'un operari municipal). Es considera un augment anual del 3% en el cost de personal, derivat de l'augment de salaris i major manteniment.

A la taula següent, es resumeix l'estudi de viabilitat econòmica pe als primers 10 anys de la instal·lació.

Any	Augment consum elèctric	Augment mà d'obra	Cost biomassa	Despesa	Estalvi Gasoil	Cash-flow	Cash-flow acumulat	Payback
<b>0</b>				59.950		-59.950		
<b>1</b>	356,3	1728	2631	4.715	17.334	12.619	12.619	-47.331
<b>2</b>	363,4	1780	2657	4.801	17.681	12.880	25.499	-34.451
<b>3</b>	370,6	1833	2684	4.888	18.035	13.147	38.646	-21.304
<b>4</b>	378,1	1888	2711	4.977	18.395	13.418	52.064	-7.886
<b>5</b>	385,6	1945	2738	5.068	18.763	13.695	65.759	5.809
<b>6</b>	393,3	2003	2765	5.162	19.138	13.977	79.736	19.785
<b>7</b>	401,2	2063	2793	5.257	19.521	14.264	93.999	34.049
<b>8</b>	409,2	2125	2821	5.355	19.912	14.556	108.556	48.605
<b>9</b>	417,4	2189	2849	5.455	20.310	14.854	123.410	63.460
<b>10</b>	425,8	2255	2877	5.558	20.716	15.158	138.568	<b>78.618</b>

#### Anàlisi 10 primers anys amb la nova instal·lació

Com s'observa a la taula, el període de retorn de la inversió no arriba als cinc anys (4,5 anys), dada que fa la inversió econòmicament atractiva. Amb 10 anys de funcionament, haurem obtingut un estalvi net de 78.618 €, suficients per a fer front a possibles reparacions o operacions de manteniment importants que es puguin derivar del propi funcionament de la instal·lació.

Per a fer el càlcul del VAN es pren un període de 5 anys, l'interès real del 4% i s'obté un valor actual net de:

$$\text{VAN} = 108.669,90 \text{ €}$$

Així, s'obté la Taxa de Rendibilitat Interna que correspon a un valor de:

$$\text{TIR} = 31\%$$

El valor obtingut és molt superior a l'interès normal del diner, per tant estem davant d'una inversió econòmicament molt rendible.

## 10. BIBLIOGRAFIA

---

- [1] *Proyecto de instalación de calefacción en el colegio de Atzeneta*. Rafael Prats Sabater. 1999
- [2] *Anàlisi de la instal·lació de calefacció del col·legi públic d'Atzeneta del Maestrat i proposta d'alternatives basades en la biomassa*. Vicent Escrig Rovira. 2014
- [3] *Estudio de prospectiva y necesidades formativas en el mercado de las energías renovables para el desarrollo local en España: Estudio de caso de la provincia de Castellón*. Leonor Hernández López. 2017
- [4] *Pla d'energies renovables 2011-2020*. Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme
- [5] *Norma UNE-EN 13779, Ventilación de edificios no residenciales*.
- [6] *Norma UNE 100.002-88 Climatización. Grados-día base 15°C*
- [7] *Reglament d'instal·lacions tèrmiques en els edificis*. Ministeri d'Indústria, Energia i Turisme. 2007
- [8] *Mapa Tecnológico: Calor y Frío Renovables*. Observatorio Tecnológico de la Energía. 2012
- [9] *Aprofitament energètic de la biomassa*. Carles Vilaseca i Padrós. 2013
- [10] *Biomasa: Cultivos energéticos*. IDAE. 2007
- [11] *Biomasa: Edificios*. IDAE. 2007
- [12] *Guía técnica de instalaciones de biomasa térmica en edificios*. IDAE. 2009
- [13] *Energía de la biomasa*. IDAE. 2007
- [14] *Plan de Implementación a 2015 del sector español de la bioenergía*. BIOPLAT. 2011
- [15] European Statistics (Eurostat) <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/>
- [16] International Energy Agency (IEA) <http://www.iea.org/>
- [17] Observatoire des énergies renouvelables (Euroserv'Er) <http://www.euroserv-er.org/>
- [18] Asociación Española de Valorización Energética de la Biomasa (AVEBIOM) <http://www.avebiom.org/>
- [19] *Bases para una estrategia provincial de biomassa*. Diputació de Castelló. 2013





# **PRESSUPOST**

---

El pressupost del projecte es divideix en diversos capítols:

- Capítol A: Instal·lació del col·legi
- Capítol B: Instal·lació del Centre de Dia
- Capítol C: Magatzem de biomassa

Referència	Element i descripció	Unitats	Preu	Total
<b>A.1</b>	Caldera de biomassa Hargassner WTH 80	1	16.180,0	16.180,0
<b>A.2</b>	Regulador de tir diàmetre 180 per a muntatge en conducte d'eixida de fums	1	195,0	195,0
<b>A.3</b>	Sistema de control amb sonda lambda segons temperatura exterior	1	480,0	480,0
<b>A.4</b>	Sonda per a circuit de calefacció. Sonda de contacte	2	49,0	98,0
<b>A.5</b>	Dipòsit d'inèrcia MV4000	1	3314,87	3314,87
<b>A.6</b>	Conjunt hidràulic de circuit primari, inclou bomba de circulació al dipòsit d'inèrcia, vàlvula de tres vies, accionadors per a vàlvules i vàlvula de seguretat anticondensats.	1	1050,00	1050,0
<b>A.7</b>	Especialista fontaneria (hora)	8	18,18	145,44
<b>A.8</b>	Oficial 1a fontaneria (hora)	16	18,91	302,56
<b>A.8</b>	Transport convencional	1	168,72	168,72
<b>A.9</b>	Transport hidràulic	1	613,26	613,26
<b>A.10</b>	Posada a punt instal·lació	1	260,0	260,0
<b>SUBTOTAL A</b>				<b>22.807,85</b>
<b>B.1</b>	Caldera de biomassa Hargassner Classic 60	1	12.138,0	12.138,0

<b>B.2</b>	Regulador de tir diàmetre 150 per a muntatge en conducte d'eixida de fums	1	165,0	165,0
<b>B.3</b>	Sistema de control amb sonda lambda segons temperatura exterior	1	415,0	415,0
<b>B.4</b>	Sonda per a circuit de calefacció. Sonda de contacte	2	49,0	98,0
<b>B.5</b>	Dipòsit d'inèrcia MV3500	1	2.834,65	2.834,65
<b>B.6</b>	Conjunt hidràulic de circuit primari, inclou bomba de circulació al dipòsit d'inèrcia, vàlvula de tres vies, accionadors per a vàlvules i vàlvula de seguretat anticondensats.	1	825,00	825,0
<b>B.7</b>	Especialista fontaneria (hora)	8	18,18	145,44
<b>B.8</b>	Oficial 1a fontaneria (hora)	16	18,91	302,56
<b>B.8</b>	Transport convencional	1	168,72	168,72
<b>B.9</b>	Transport hidràulic	1	613,26	613,26
<b>B.10</b>	Posada a punt instal·lació	1	260,0	260,0
<b>SUBTOTAL B</b>			<b>17.970,66</b>	
<b>C.1</b>	Taulons fusta de carrasca tractada (m <sup>2</sup> )	14,56	11,22	163,36
<b>C.2</b>	Escaires fusta (unitat) tractada	18	0,79	14,22
<b>C.3</b>	Maons (unitat) 12x10x25 cm	650	0,19	123,5
<b>C.4</b>	Morter i additiu (kg)	90	0,51	45,9
<b>C.5</b>	Morter monocapa (kg)	150	0,49	73,5
<b>C.6</b>	Placa fibrociment (unitat)	4	13,21	52,84
<b>C.7</b>	Perfil T (kg) d'acer estructural	45,29	2,18	98,73

<b>C.8</b>	Xapa acer (kg) al C	76,8	0,78	59,90
<b>C.9</b>	Pintura xapa (kg) anticorrosiva	0,1	36	3,6
<b>C.10</b>	Platines marc (m) Acer al C	4,6	3,66	16,84
<b>C.11</b>	Caragol sense fi flexible 75 mm (m)	50	35	1.750,0
<b>C.12</b>	Formigó acabat de rasa (m <sup>3</sup> )	1,5	73,13	109,7
<b>C.13</b>	Oficial 1a Construcció (h)	16	19,20	307,2
<b>C.14</b>	Peó Construcció	56	17,11	1014,0
<b>SUBTOTAL C</b>				<b>4.638,28</b>
<b>Total A+B+C</b>				<b>45.416,79</b>
<b>Benefici industrial 6%</b>				<b>2.725,01</b>
<b>Despeses generals 5%</b>				<b>2.270,84</b>
<b>I.V.A 21%</b>				<b>9.537,53</b>
<b>TOTAL</b>				<b>59.950,17</b>

