



INSTAL·LACIÓ DE CALDERES DE BIOMASSA EN EDIFICIS

JULIOL 2011

Índex

Índex	2
Pròleg.....	6
Presentació.....	7
1 Aspectes generals de la biomassa per a usos tèrmics	8
1.1. Definició de biomassa.....	8
1.2. Tipus de biomassa llenyosa per a aplicacions tèrmiques	8
1.2.1. Classificació de la biomassa segons l'origen	9
1.2.2. Classificació de la biomassa segons el tipus de producte.....	10
1.3. Aplicacions tèrmiques de la biomassa	12
1.4. Avantatges i limitacions de la biomassa.....	14
1.5. Empreses de serveis energètics i de biomassa	15
1.6. Afectació de la biomassa a la qualificació energètica	16
2 Combustibles.....	18
2.1. Caracterització dels biocombustibles	18
2.1.1. Granulometria	18
2.1.2. Contingut d'humitat	18
2.1.3. Poder calorífic inferior (PCI)	20
2.1.4. Contingut en cendres.....	21
2.1.5. Contingut en fins	23
2.1.6. Altres aspectes remarcables	23
2.2. Descripció dels biocombustibles sòlids	24
2.2.1. Pèl·let de fusta	24
2.2.2. Estella forestal.....	29
2.2.3. Subproductes agroindustrials	31
2.2.4. Llenya i briquetes.....	35
2.3. Comparativa general dels diferents biocombustibles sòlids	37
2.4. Logística dels biocombustibles	37
2.4.1. Disposició i formats.....	38
2.4.2. Transport i descàrrega.....	40
2.4.3. Costos	42
3 Característiques generals dels equips que generen calor amb biomassa.....	44
3.1. Estufes	44

3.2.	<i>Calderes domèstiques</i>	47
3.3.	<i>Calderes mitjanes i grans</i>	48
3.4.	<i>Instal·lacions col·lectives</i>	50
3.5.	<i>Cremadors autònoms</i>	52
3.6.	<i>Altres generadors de calor per biomassa</i>	54
3.6.1.	<i>Llars de foc amb aprofitament energètic</i>	54
3.6.2.	<i>Cuines de llenya</i>	56
4	<i>Especificacions dels equips generadors segons tipus de combustible</i>	58
4.1.	<i>Especificacions de les calderes de pèl·let</i>	58
4.1.1.	<i>Instal·lació</i>	61
4.1.2.	<i>Consideracions tècniques</i>	61
4.2.	<i>Especificacions de les calderes d'estelles</i>	62
4.2.1.	<i>Instal·lació</i>	63
4.2.2.	<i>Consideracions tècniques</i>	63
4.3.	<i>Especificacions de les calderes clàssiques de llenya</i>	64
4.3.1.	<i>Instal·lació</i>	64
4.3.2.	<i>Consideracions tècniques</i>	65
4.4.	<i>Especificacions de les calderes de llenya amb flama invertida</i>	65
4.4.1.	<i>Instal·lació</i>	66
4.4.2.	<i>Consideracions tècniques</i>	67
5	<i>Sistemes d'emmagatzematge i alimentació</i>	68
5.1.	<i>Tipologies de sitges segons material constructiu</i>	68
5.1.1.	<i>Sitja prefabricada tèxtil</i>	68
5.1.2.	<i>Sitja prefabricada rígida</i>	68
5.1.3.	<i>Sitja d'obra</i>	69
5.2.	<i>Dimensionament de sitges</i>	71
5.3.	<i>Sistemes d'alimentació</i>	75
5.3.1.	<i>Tremuja adjunta</i>	75
5.3.2.	<i>Sitja amb vis sens fi</i>	76
5.3.3.	<i>Sitja amb ballestes</i>	78
5.3.4.	<i>Sitja amb terra mòbil</i>	79
5.3.5.	<i>Sitja amb sistema pneumàtic</i>	80
5.4.	<i>Exemples de locals tècnics</i>	83
5.4.1.	<i>Local tècnic 1</i>	83

5.4.2.	<i>Local tècnic 2</i>	84
6	Subsistemes de les calderes de biomassa.....	85
6.1.	<i>Sistemes d'encesa</i>	85
6.1.1.	<i>Encesa manual</i>	85
6.1.2.	<i>Encesa per brases</i>	85
6.1.3.	<i>Encesa automàtica</i>	86
6.2.	<i>Sistemes automàtics de neteja</i>	88
6.2.1.	<i>Neteja del bescanviador</i>	88
6.2.2.	<i>Neteja del cremador</i>	89
6.2.3.	<i>Recollida de cendres</i>	90
6.3.	<i>Sistemes de control de cremadors</i>	91
6.3.1.	<i>Control tot o res</i>	91
6.3.2.	<i>Control per etapes</i>	92
6.3.3.	<i>Control modulant</i>	93
7	Sistemes hidràulics amb calderes de biomassa.....	94
7.1.	<i>Dipòsit d'inèrcia</i>	94
7.2.	<i>Consideracions de seguretat al circuit hidràulic</i>	95
7.3.	<i>Circuits oberts</i>	96
7.4.	<i>Circuits tancats</i>	99
7.5.	<i>Exemples hidràulics</i>	100
7.5.1.	<i>Instal·lació domèstica amb ACS i calefacció per radiadors</i>	100
7.5.2.	<i>Instal·lació domèstica amb ACS i calefacció per terra radiant</i>	101
7.5.3.	<i>Instal·lació domèstica amb biomassa i energia solar tèrmica</i>	103
7.5.4.	<i>Instal·lació de biomassa amb suport de fonts convencionals</i>	104
7.5.5.	<i>Instal·lació central de biomassa</i>	106
8	Normativa en instal·lacions de biomassa	107
8.1.	<i>Rendiments i potències a les instal·lacions de biomassa</i>	108
8.2.	<i>Especificacions de seguretat per a sistemes a partir de biomassa</i>	109
8.3.	<i>Dimensions de les sales de màquines</i>	109
8.4.	<i>Sistemes de tractament de fums i xemeneies</i>	111
8.5.	<i>Especificacions per a l'emmagatzematge de biocombustible sòlid</i>	113
8.6.	<i>Emissions contaminants</i>	115
8.7.	<i>Ventilació de la sala de calderes</i>	117
8.7.1	<i>Ventilació natural directa</i>	117

8.7.2 Ventilació natural indirecta.....	117
8.7.3 Ventilació forçada.....	118
8.8. Soroll	118
8.9. Manteniment de sistemes de biomassa	120
Annex I: cas pràctic	125
Annex II: glossari	131
Annex III: normes per a consulta.....	137

Pròleg

L'esgotament progressiu dels recursos energètics fòssils i l'impacte ambiental que provoquen, obliguen a fer un canvi vers un model nou que es basi en un creixement més sostenible. En aquest context, l'aposta per les energies renovables té un caràcter estratègic de futur; són netes, es restitueixen gratuïtament, representen el recurs energètic autòcton més important de Catalunya, i poden ser part de la solució al problema energètic a llarg termini.

D'acord amb els eixos de la política energètica catalana, la Generalitat de Catalunya va aprovar el Pla de l'energia de Catalunya 2006-2015. Un dels seus àmbits principals és el Pla d'energies renovables, que proposa desenvolupar i promoure les energies renovables considerant-ne el potencial tècnic i econòmic. En el context d'aquest Pla, és especialment rellevant el paper de l'aprofitament energètic de la biomassa sòlida, principalment d'origen agrícola i forestal. L'aprofitament d'aquest recurs renovable autòcton aporta per a Catalunya tot un seguit de beneficis d'àmbit energètic, ambiental, econòmic i social.

La recent eclosió del sector de la biomassa per a usos tèrmics (aplicacions de calefacció, producció d'aigua calenta sanitària, assecatge de productes agrícoles, processos industrials...), s'ha traduït en un augment significatiu, tant del nombre d'instal·lacions de calderes, estufes i altres equipaments tèrmics, com del nombre d'empreses que treballen en aquest àmbit (principalment distribuïdors i instal·ladors de calderes). En un sector incipient com aquest, i per tal d'assegurar que les instal·lacions es dissenyin i s'executin amb una qualitat òptima, és molt important incidir en la formació dels professionals.

En aquest sentit, l'Institut Català d'Energia publica aquest nou quadern, amb l'objectiu d'ajudar els professionals del sector a aprofundir en els aspectes tècnics i particulars de la instal·lació en edificis de calderes alimentades amb biomassa, i de posar a disposició de tots els agents implicats una publicació de referència per a cursos i activitats de formació que faciliti la difusió dels coneixements en aquest àmbit.

Presentació

Aquest document pretén ser una guia pràctica, adreçada a professionals del sector de les instal·lacions tèrmiques, on es detallen els punts més destacats i les particularitats que són pròpies dels sistemes i equips que conformen les instal·lacions de calderes de biomassa en edificis.

Tot i que, mitjançant equips generadors alimentats amb biomassa sòlida es pot donar servei de calor, fred i electricitat (sistemes de cogeneració i trigeneració), crear aplicacions industrials i, en resum, les mateixes aplicacions que es poden fer amb els combustibles fòssils convencionals, aquest quadern se centra en la tipologia d'instal·lacions per a produir aigua calenta sanitària (ACS) i calefacció, amb l'objectiu d'ampliar els coneixements dels professionals que ja treballen en l'àmbit de les instal·lacions tèrmiques en edificis.

El quadern s'inicia amb un capítol introductor per al sector. En el segon capítol, s'aprofundeix en les característiques dels biocombustibles ja que és l'aspecte més rellevant i diferenciador d'aquestes instal·lacions. Els capítols tercer i quart tracten de les particularitats de totes les tipologies d'equips generadors de calor, des de la llar de foc a les calderes de gran potència, diferenciant-les segons el rang de potència i l'ús, i segons el tipus de biocombustible que utilitzen. El cinquè capítol tracta de les sitges d'emmagatzematge del biocombustible i dels sistemes d'alimentació. El sisè capítol analitza els sistemes propis de les calderes, com l'encesa, la neteja i el control. Al setè capítol es tracten les particularitats dels circuits hidràulics en locals tècnics amb generadors de biomassa, i al vuitè capítol, els aspectes referents a la normativa i al manteniment d'aquests equips.

Finalment, als annexos, es facilita un cas pràctic, en què s'especifica el càlcul dels paràmetres principals d'una instal·lació amb caldera de biomassa, un glossari tècnic, i una relació de les principals normes per a consulta.

1 Aspectes generals de la biomassa per a usos tèrmics

Aquest capítol té com a objectiu fer una breu introducció al conjunt de coneixements generals del sector de la biomassa per a usos tèrmics. Així, es presenten els conceptes, les definicions i les consideracions generals comuns al sector per tal que el lector es faci una idea del conjunt i pugui afrontar els capítols posteriors, on es transmeten les particularitats i els detalls concrets de cada tema.

1.1. Definició de biomassa

La definició més genèrica de la biomassa engloba tot el conjunt de la matèria orgànica renovable d'origen vegetal o animal, o procedent de la seva transformació natural o artificial i que es pot utilitzar per a finalitats energètiques. Atès que, en el context d'aquest quadern, la biomassa s'entén com a font d'energia per a equips generadors de calor per a produir calefacció i aigua calenta sanitària (calderes, estufes, etc.), aquesta definició queda delimitada als combustibles sòlids orgànics d'origen renovable del tipus llenyós.

1.2. Tipus de biomassa llenyosa per a aplicacions tèrmiques

Són diverses les tipologies de biomassa que es poden adquirir per a aplicacions tèrmiques per a produir calor i ACS, i diverses les maneres en què es poden classificar. A continuació es presenten dues classificacions de la biomassa llenyosa; segons l'origen d'obtenció i segons els tipus de producte de biomassa final disponible.

1.2.1. Classificació de la biomassa segons el seu origen

Origen forestal

És la biomassa que procedeix de l'aprofitament forestal. La gestió forestal genera, a més de productes de fusta per a les indústries forestals, subproductes utilitzables com a combustibles com, per exemple:

- Arbres no valoritzables en l'activitat de la indústria forestal, com poden ser els arbres de diàmetre petit, bifurcats, morts en peu i torts.
- Serradures i capçades, branques, escorça, soques i arrels que les activitats de les indústries forestals no aprofiten.

Fig. 1.1. i 1.2 Trinxat de soques per aprofitar-les com a biocombustible



Fig. 1.1



Fig. 1.2

Origen agrícola

Són subproductes provinents d'activitats agroalimentàries i explotacions i processos agrícoles:

- Rebuig de la indústria agroalimentària com, per exemple, la brisa del raïm, el pinyol o la sansa de l'oliva, les closques dels fruits secs, les pellofes, etc.
- Subproductes de l'explotació agrícola com, per exemple, la palla dels cereals, el canyís (canya del blat de moro), o les branques i les tiges d'espècies agrícoles.

Cultius energètics

Deixant de banda els cultius oleaginosos i industrials per a produir biocombustibles líquids o biocarburants, hi ha un aprofitament de la

biomassa sòlida derivada de l'explotació de cultius energètics llenyosos com, per exemple, els pollancre, les acàcies, les salicàcies o les paulònies.

Residus de fusta

També es poden aprofitar com a biocombustibles llenyosos els residus de fusta que generen la indústria del moble o el reciclatge d'activitats com la construcció. No totes les fustes són aptes ja que, en alguns casos, poden tenir altres elements adherits com les pintures o els tractaments que incorporen elements i això fa que variï el comportament i les característiques com a combustible.

Fig. 1.3. Trinxat de rebuig de producte en fusta.



Fig. 1.4. Detall de la trinxadora



Fig. 1.3

Fig. 1.4

1.2.2. Classificació de la biomassa segons tipus de producte

El mercat de la biomassa ha anat evolucionant i actualment hi ha tot un conjunt de biocombustibles sòlids elaborats i preparats per a ser utilitzats com a combustibles en equips generadors de calor. Els principals biocombustibles sòlids que ens podem trobar al mercat són:

Pèl·let de fusta

El pèl·let de fusta és un biocombustible sòlid format per la compactació de subproductes provinents de la indústria de la fusta, majoritàriament serradures i encenalls. La compactació es dona com a resultat d'una aplicació combinada de calor i alta pressió en una màquina que força el pas de la matèria primera, prèviament homogeneïtzada, a través d'un motlle amb forats de la mida que es vulgui (matriu). Aquest és un procés de densificació, amb el qual incrementem el valor energètic per unitat de volum. La seva homogeneïtat i característiques físiques permeten una manipulació i emmagatzematge fàcil, donant-li unes característiques ideals com a combustible per a calderes i estufes de biomassa.

El mercat del pèl·let de fusta és un mercat emergent a Catalunya, encara que fa més de trenta anys que es coneix al món. Nascut als Estats Units durant la primera crisi energètica als anys setanta, va ser als països escandinaus, juntament amb Àustria, Suïssa i Alemanya, on es va establir una indústria molt avançada en la fabricació de pèl·lets de fusta i en el disseny de calderes de biomassa.

Estella forestal

L'estella forestal prové de la trituració de material llenyós procedent del bosc o bé del subproducte de l'activitat de les serradores i altres indústries forestals. La qualitat de l'estella forestal ve determinada principalment per l'espècie, la humitat, la granulometria i el contingut en cendres.

Llenya i briquetes

La llenya és un combustible poc utilitzat en les calderes de biomassa actuals per la necessitat d'alimentació manual. És una bona opció per als usuaris que tenen fusta a l'abast i, alhora, espai per a instal·lar un sistema d'emmagatzematge.

Hi ha calderes que combinen la possibilitat de treballar amb llenya i altres biocombustibles com, per exemple, el pèl·let de fusta.

Les briquetes són cilindres de fusta compactada amb dimensions més grans que el pèl·let de fusta. Són poc conegudes al mercat actual i sovint una solució a problemes d'emmagatzematge de serradures i encenalls a les fusteries.

Subproductes agroindustrials

Provinents de l'activitat industrial, al mercat actual hi ha una gran varietat de subproductes agrícoles. Els més destacats són el pinyol d'oliva, la closca dels fruits secs i, en l'àmbit més industrial, hi ha el granet i la brisa del raïm, el marro del cafè, la palla dels cereals o el canyís.

Fig. 1.5. Pèl·let normalitzat



Fig. 1.6. Estella



Fig. 1.5

Fig. 1.6

Fig. 1.7. Clofolles d'ametlla



Fig. 1.8. Clofolles de pinyes



Fig. 1.7

Fig. 1.8

1.3. Aplicacions tèrmiques de la biomassa

La biomassa és un combustible que, mitjançant calderes i equips adequats per a fer-lo servir, pot substituir qualsevol aplicació tèrmica convencional alimentada per fonts no renovables (gas, gasoil, butà, GLP). La diferència més important respecte a un equip que s'alimenti de gas és que, tal com passa amb el gasoil o el GLP, cal un magatzem (una sitja) on acumular una reserva energètica de matèria primera (estella, pèl·let o altres productes de biomassa sòlida), ja que no s'està connectat a cap xarxa energètica contínua. A la taula següent es desglossen les aplicacions tèrmiques més habituals amb biomassa en funció de la seva potència i el tipus d'aplicació o edifici al qual donen servei.

Fig. 1.9. Taula d'aplicacions tèrmiques amb equips de biomassa

Equip	Potència	Aplicacions	Observacions
Estufes	De 5 a 20 kW aprox.	Habitatges i espais petits segons rang de potència.	Porten tremuja adjunta amb capacitat per a unes hores d'autonomia. Accepten circuits per a distribuir la calor per diferents espais tancats.
Calderes petites	De 10 a 70 kW aprox.	Habitatges unifamiliars i edificis de serveis de mida petita.	Necessiten espai per a emmagatzemar el biocombustible. Alta versatilitat de disseny i capacitat dels sistemes d'emmagatzematge.
Calderes mitjanes	De 70 a 500 kW aprox.	Comunitats de veïns (edificis plurifamiliars). Edificis de serveis i del sector terciari (hotels, edificis municipals, poliesportius, col·legis). Explotacions ramaderes i agrícoles.	Hi ha una gran varietat de qualitats i particularitats entre els equips disponibles al mercat. És important que les comunitats de propietaris resolguin la logística de subministrament del biocombustible.
Calderes grans	Superior a 500 kW	Xarxes de calefacció de barri. Generació de calor per a la indústria.	Projectes complexes amb gran demanda de biocombustible.

Tot i que hi ha equips de biomassa que funcionen per piròlisi o gasificació (calderes de llenya de flama invertida), la combustió és el procés habitual utilitzat per a generar energia tèrmica. La combustió és la reacció termoquímica d'un combustible (en aquest cas, la biomassa) amb un comburent que, en la majoria de casos, és l'oxigen.

Fig. 1.10. Interior d'una caldera en ple procés de combustió.



1.4. Avantatges i limitacions de la biomassa

El fet d'aprofitar la biomassa dels nostres boscos i de les activitats vinculades a la fusta i la indústria agroalimentària, no aporta solament els avantatges mediambientals evidents relacionats amb la utilització de fonts renovables. L'activitat vinculada a la biomassa també saneja els nostres boscos i, pel fet de ser una tecnologia nova que està en una fase creixent al nostre país, té un gran potencial en la creació de llocs de treball. Tanmateix, la biomassa inclou una sèrie de particularitats diferents a les vinculades a les fonts convencionals com el gasoil o el gas natural.

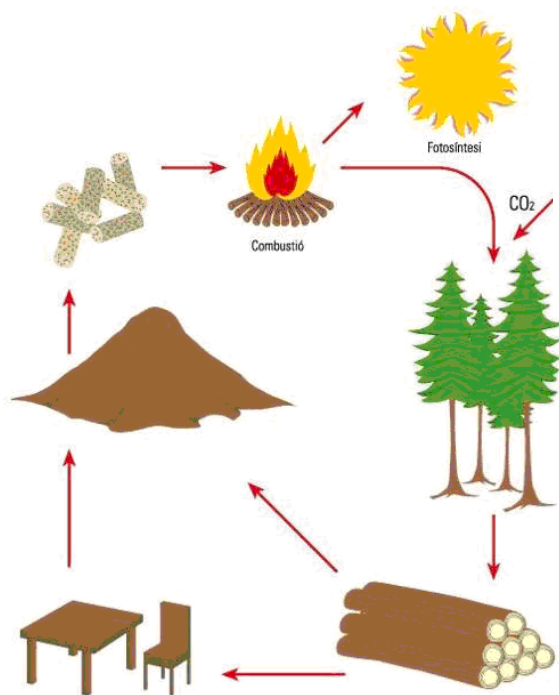


Fig. 1.11. Cicle de la biomassa. El cicle de la biomassa és neutre en emissions de CO₂ sempre que l'explotació forestal es realitzi de manera sostenible.

Fig. 1.11

A la figura 1.12 es presenten aquestes particularitats, diferenciant si són una millora respecte a la utilització de fonts energètiques convencionals, o si comporten una limitació que cal tenir en consideració.

Fig. 1.12. Taula d'avantatges i limitacions en l'ús de biomassa

Avantatges	Limitacions
Estalvi energètic de fonts d'origen fòssil i diversificació energètica.	La instal·lació d'equips de biomassa té un cost superior a la d'equips convencionals de potència equivalent.
Balanç de CO ₂ neutre perquè es considera que es tanca el cicle natural del carboni que es basa en el procés de la fotosíntesi.	L'usuari no està connectat a una xarxa de subministrament de combustible, com la xarxa elèctrica o la de gas i, per tant, cal gestionar l'aprovisionament del combustible.
Emissions de SO ₂ (causant de la pluja àcida) molt inferiors a les emeses pels combustibles fòssils. Baix contingut en clor, sofre i nitrogen en comparació als combustibles fòssils.	Es necessita un espai per a emmagatzemar el biocombustible.
Incentiva la gestió forestal sostenible econòmica i mediambientalment, cosa que disminueix el risc d'incendis i plagues forestals, i dinamitza el mercat forestal valoritzant els seus productes i subproductes.	Cal preveure la logística de subministrament del biocombustible i validar l'accessibilitat dels camions subministradors fins al punt de càrrega de la siïja.
Els preus dels biocombustibles estan subjectes a mercats locals i no als internacionals, i no estan sotmesos a la volatilitat de preus que tenen les fonts d'origen fòssil.	Tot i l'existència de nombroses normatives europees referents a les qualitats de la biomassa, encara manca normativa i reglamentació específica estatal per a l'ús i la producció de biomassa per a usos energètics.
La despesa en combustible es produeix al territori mateix. L'aprofitament d'un recurs autòcton ajuda a enriquir el teixit productiu i a generar riquesa al territori.	La baixa densitat energètica de la biomassa comparada amb la dels combustibles fòssils en dificulta sovint la manipulació i fa que augmentin els costos derivats del transport i emmagatzematge (cal més espai per a acumular la mateixa energia).
Crea activitat industrial i llocs de treball en àmbits rurals.	L'heterogeneïtat d'algunes biomasses és un fet difícil de controlar per la seva influència en les condicions climàtiques i el seu origen.
Davant les fuites en l'emmagatzematge o en el transport, la biomassa no genera fluids contaminants.	Sovint, l'elevat cost associat a l'assecatge de la biomassa és una limitació per a produir biocombustibles sòlids de qualitat.
La biomassa té una nul·la o baixa emanació de gasos quan està emmagatzemada i una baixa volatilitat si es compara amb els combustibles fòssils.	En molts casos, l'absència de pretractaments dels productes i subproductes forestals i agrícoles provoca una minva de la qualitat del biocombustible.
Construir edificis amb instal·lacions tèrmiques alimentades per biomassa millora dràsticament les emissions de CO ₂ vinculades a l'explotació de l'edifici i, per tant, millora la Qualificació Energètica atorgada a la nova construcció.	Els preus dels productes i subproductes agrícoles estan marcats pel seu caràcter estacional i per la seva dispersió espacial.

1.5. Empreses de serveis energètics i de biomassa

Una empresa de serveis energètics (ESE) proporciona serveis energètics i de millora de l'eficiència energètica a qualsevol usuari que ho sol·liciti. L'usuari que contracta una ESE paga per l'energia consumida però, a diferència de les empreses que subministren energia convencional (gas i electricitat), que proporcionen una quantitat determinada d'energia sense

preocupar-se de l'ús o de la quantitat que es consumeix, l'ESE es basa en la racionalització i en l'optimització del consum, detectant els processos o les aplicacions susceptibles de millorar i proposant mesures correctores.

Tot i incloure un agent més dins la cadena del subministrament d'energia, l'usuari final percep una reducció en els costos i, a més, es produeix una reducció en el consum d'energia.

En el sector residencial, una ESE assumirà les despeses vinculades al manteniment dels aparells i al subministrament de la matèria energètica primera (per exemple, el gas natural o la biomassa), la transformarà en energia preparada per a fer-la servir (normalment un fluid caloportador), i la subministrarà als usuaris, a uns preus inferiors als quals el mateix usuari pagaria en el cas de tenir un sistema individual a casa (per exemple, una caldera modular mixta a gas).

Característiques

- L'empresa de serveis energètics pot aconseguir preus molt competitius de subministrament de biomassa, amb una estabilitat en el temps que els combustibles d'origen fòssil no poden garantir. Això permet estimar, amb menys riscos, els fluxos de caixa de la seva activitat i garantir preus estables als usuaris.
- Del rendiment òptim i continu del sistema durant tot el procés de vida en depèn la rendibilitat de l'empresa de serveis energètics, que procurarà fer un bon manteniment de les instal·lacions.
- L'empresa de serveis energètics ofereix energia preparada per al consum, és a dir, passades les pèrdues de transformació i distribució del conjunt de la instal·lació, i obté el seu marge de beneficis amb la diferència de costos entre la biomassa i el combustible convencional.
- Per a l'usuari final, l'energia resulta més barata i fiable.

1.6. Afectació de la biomassa a la qualificació energètica

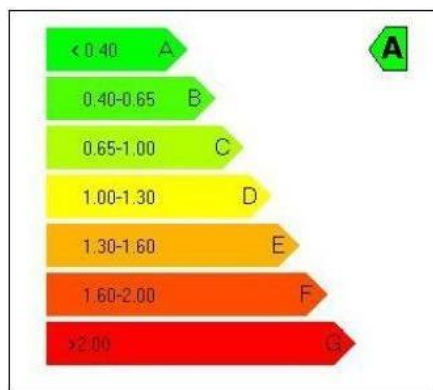
Quan es qualifica energèticament un edifici, la variable que regeix la nota obtinguda és el CO_2/m^2 i any que es preveu que emetrà l'edifici en règim d'exploració normal (l'eficiència energètica del procés constructiu o l'anàlisi del cicle de vida dels materials constructius no incideixen en la qualificació).

Aquesta quantitat de CO₂ es compara amb la que emet un edifici igual però amb consideracions energètiques segons els mínims establerts per la normativa (CTE DB HE). Quan el comportament d'un edifici és millor si es compara amb el comportament de l'edifici estàndard, la qualificació energètica també és millor.

Així, la qualificació energètica d'un edifici residencial depèn bàsicament del disseny arquitectònic que tingui, de l'envolupant i de les instal·lacions tèrmiques per a produir ACS i calefacció/climatització. L'envolupant de l'edifici limita la quantitat d'energia que serà necessària per a arribar a les condicions de confort preteses; quan el disseny és millor, cal menys energia per a mantenir el confort.

Les instal·lacions han de proporcionar aquesta energia necessària per a arribar al confort que es vulgui; quant més eficients són, menys CO₂ emetran. En fer servir biomassa, les emissions associades a la producció d'ACS i de calefacció es considera que són zero, i s'obté la màxima qualificació energètica.

Fig. 1.13. Qualificació energètica classe A d'un CEIP amb sistema de biomassa per a calefacció i ACS. L'energia final necessària s'ha reduït un 39% i les emissions associades un 78%



Concepte	Edif. Obj.	Edif. Ref.
Energia final (kWh/(m ² .any))	177,6	286,6
Emissions (kg CO ₂ /(m ² .any))	20,6	95,0

2 Combustibles

El present capítol aprofundeix en les característiques particulars de cada biocombustible, se'ls compara, i es tracten els aspectes relacionats amb els formats de subministrament i la logística de transportar-los.

2.1. Caracterització dels biocombustibles

La caracterització dels biocombustibles sòlids ve determinada, de manera general, per un seguit d'aspectes que els són propis. La qualitat i la caracterització dels biocombustibles és un aspecte de vital importància, especialment en el moment actual d'introducció d'aquesta tecnologia. Això ens permet tenir clar quin serà el comportament del nostre combustible, prendre decisions amb coneixement de causa en el moment d'adquirir-lo i evitar sorpreses en el futur.

2.1.1. Granulometria

La dimensió del producte és un paràmetre important que especifica el fabricant de la caldera i del sistema d'alimentació. En productes com l'estella forestal, és un dels aspectes més importants. El fet de garantir unes dimensions d'estella és necessari per a evitar problemes d'alimentació en els equips, i això passa per utilitzar un procés de garbellament per pèl·let i per estella.

La granulometria del producte també és un aspecte important per a preveure'n la disposició i la capacitat de fer piles piramidals. El producte pot afectar la capacitat real de la sitja i per això cal aplicar els factors correctors segons el tipus de biomassa.

2.1.2. Contingut d'humitat

El contingut d'humitat dels biocombustibles és un aspecte fonamental que marca la qualitat energètica del producte. Les calderes tenen un límit d'acceptació de percentatge màxim d'humitat. En calderes d'estella forestal aquest límit és habitualment del 30%, encara que alguns equips de gran potència arriben a tolerar fins a un 50% d'humitat.

Per aconseguir biomassa amb percentatges d'humitat sobre base humida per sota del 20% cal fer servir sistemes d'assecatge forçats amb diferents tecnologies (sistemes de bandes, de garbell rotatiu –Trommel–, o bé integrats en processos industrials aprofitant calors residuals).

El pèl·let és un exemple de biomassa assecada forçadament. L'assecatge és indispensable per a garantir una fusta d'un alt poder calorífic i aconseguir una compactació adequada (el pèl·let amb humitat per sobre del 12% en base humida es desfà i queda esquerdat).

La humitat també és un factor que té incidència en els problemes d'auto ignició. En l'emmagatzematge d'estella i serradures humides es pot arribar a temperatures tan elevades que s'encengui la fusta. També és un procés que afavoreix la descomposició de la biomassa (formació de compost). Aquesta activitat dels fongs sobre la fusta no solament implica la degradació de la lignina i, per tant, la disminució del PCI, sinó també un augment de la concentració d'espores en l'ambient.

Càlcul de la humitat

Humitat sobre base humida:

$$H_b = \frac{m_a}{m_s + m_a}$$

En què:

- H_b , és la humitat absoluta sobre base humida en tant per u de massa.
- m_a , és la massa d'aigua absorbida pel sòlid.
- m_s , és la massa del sòlid sec en què està absorbida l'aigua.

Humitat sobre base seca:

$$H_s = \frac{m_a}{m_s}$$

En què:

- H_s , és la humitat absoluta sobre base seca en tant per u de massa.
- m_a , és la massa d'aigua absorbida pel sòlid.

- m_s , és la massa del sòlid sec en què està absorbida l'aigua.

2.1.3. Poder calorífic inferior (PCI)

El poder calorífic determina la quantitat d'energia tèrmica per unitat de massa d'un combustible, tenint en compte el seu contingut d'aigua.

El poder calorífic superior (PCS) és la quantitat d'energia obtinguda de la combustió completa d'una unitat de massa, tenint en compte la calor despresada de la condensació del vapor d'aigua originat.

El poder calorífic inferior (PCI) és la quantitat d'energia obtinguda de la combustió completa d'una unitat de massa, sense tenir en compte la calor latent del vapor d'aigua.

De manera genèrica, s'acostuma a expressar aquest valor en watts, calories o joules, per unitat de massa (kW/kg, kcal/kg, MJ/kg)

A la pràctica s'utilitza habitualment el PCI, ja que la calor de condensació no s'acostuma a aprofitar (excepte en el cas de les calderes de condensació).

La fórmula següent relaciona el PCI amb el PCS:

$$PCI = PCS - 600 \times \frac{G_{aigua}}{G_{combustible}}$$

- G_{aigua} , és el pes total de l'aigua que hi ha en el combustible (kg aigua).
- $G_{combustible}$, és el pes total del combustible (kg combustible).

La taula següent compara el PCI d'una biomassa sòlida genèrica en funció del seu grau d'humitat en base humida:

Humitat (% bh)	PCI (kWh/kg)
60	1,6
55	1,9
50	2,2
45	2,5
40	2,8

Fig. 2.1. Taula de PCI en funció del percentatge d'humitat

35	3,1
30	3,4
25	3,7
20	4
15	4,3
10	4,6
8	4,8

2.1.4. Contingut en cendres

El contingut en cendres és un paràmetre limitant que determina el manteniment i la periodicitat en la neteja de la caldera i també l'eficiència que té. Els equips que no disposen d'un sistema eficient de neteja dels seus bescanviadors acostumen a ser menys eficients a causa dels dipòsits de cendres, que disminueixen la capacitat de transmissivitat tèrmica del bescanviador.

La composició química de les cendres també és un aspecte molt important, a més de la temperatura de fusibilitat de les cendres, que és la temperatura a la qual les cendres es fonen i formen elements minerals, podent produir incrustacions que a vegades cal treure amb martell i escarpa. Aquest fenomen està estretament lligat a la quantitat d'àlcalis que té la fusta juntament amb altres elements problemàtics com són el clor i el sofre.

La formació d'incrustacions i dipòsits sobre la graella i els bescanviadors de calor de les calderes en fa disminuir el rendiment, pel fet que hi ha menys bescanvi de calor. També redueix el pas dels gasos sobre els conductes afectats per les incrustacions i és la causa de fenòmens de corrosió.



Fig. 2.2. Detall d'incrustacions extretes d'un cremador generades per la mineralització de cendres de pèllet.

L'emissió de partícules en suspensió està lligada al contingut en cendres dels biocombustibles. És important ressenyar que les cendres estan formades per minerals, en la majoria dels casos adients per a ser utilitzats com a adobs en horts domèstics. A escala industrial, la gestió de les cendres passa per una anàlisi que determina la possibilitat de retornar-les al bosc o a terres agrícoles. Aquesta gestió és inviable només en casos particulars de concentracions de materials pesants.

En la majoria dels casos, les cendres es podran utilitzar com a fertilitzant, en funció de la composició que tinguin. Només en els casos en què les cendres continguin elements químics que siguin perjudicials per als cultius, caldrà tractar-les com un residu i fer-ne la gestió o el tractament adient.

La taula següent mostra els principals components de les cendres d'estella de fusta.

Component	SiO ₂	CaO	MgO	K ₂ O	Na ₂ O	P ₂ O
(% sobre el pes)	24,5	46,6	4,8	6,9	0,5	3,8

Fig.2.3. Taula de composició de cendres d'estella de fusta.

2.1.5. Contingut en fins

Tal com passa amb el contingut de cendres, el contingut en fins és un paràmetre determinant en calderes i estufes d'alta eficiència que treballin amb combustible de qualitat elevada.

Els continguts alts en pols afecten la combustió perquè les partícules petites i disgregades cremen més ràpidament en tenir un major contacte amb el carburant. Això també fa augmentar el risc d'explosió, ja que la caldera pot vaporitzar ràpidament i arribar a concentracions explosives de gasos combustibles.

2.1.6. Altres aspectes remarcables

Densitat a granel

Aquest paràmetre relaciona l'energia del combustible amb el volum que ocupa. Per tant, és important per a calcular el disseny de la sitja i també els costos i la capacitat de transport.

Fig. 2.4. Taula de densitats dels biocombustibles llenyosos.

Biocombustible	Densitat (kg/m ³)
Pèl·let de fusta	>650
Estella forestal (30% humitat b.h.)	300
Pinyol d'oliva	600
Closca d'ametlla	350
Llenya (30% humitat b.h.)	300 - 450
Briquetes	>650

Contingut en clor i sofre

El clor i el sofre són elements corrosius que poden malmetre la caldera. Les altes temperatures, el vapor d'aigua i aquests elements formen reaccions àcides que corroeixen els components interns i externs que estan en contacte amb el fum de combustió.

- Pel que fa al clor, poden sorgir formacions d'HCl i emissions de dioxines i furans que provoquin fenòmens de corrosió.
- L'efecte del sofre fa augmentar les emissions de SOx.

Durabilitat

La durabilitat és important en combustibles pel·letitzats, ja que és garantia de qualitat, de manteniment de les dimensions i de les quantitats en pols que genera el biocombustible.

Elements minoritaris

Els elements minoritaris més destacats són els àlcals (causants d'incrustacions) i altres elements com el Mg, Ca i P (augmenten el punt de fusibilitat de les cendres i tenen un efecte de retenció de contaminants en les cendres). La fusta provinent de sòls contaminats en elements pesants (cadmi, arseni o crom) conté aquests elements, això és un fet que s'haurà de tenir en compte a l'hora de gestionar les cendres produïdes.

Tanmateix, el combustible pot portar terres o sorres que han arribat amb la maquinària que carrega el combustible, cosa que fa augmentar la problemàtica d'incrustacions.

2.2. Descripció dels biocombustibles sòlids

A continuació es presenta una descripció de les característiques de cadascuna de les tipologies de biocombustibles sòlids actuals.

2.2.1. Pèl·let de fusta

La qualitat del pèl·let de fusta ve determinat per les seves característiques fisicoquímiques. Aquestes característiques es determinen amb paràmetres més o menys exigents depenent de l'ús final.

El diàmetre i longitud del pèl·let de fusta és un factor a tenir en compte en els sistemes d'alimentació del cremador. El pèl·let de 6 mm s'ha establert com el producte estàndard per a tot tipus d'instal·lacions. Els diàmetres i les longituds superiors a 6 mm i 30 mm, respectivament, poden crear problemes en estufes o en calderes amb sistemes pneumàtics d'alimentació. Els diàmetres de 8 mm solen ser habituals per a calderes industrials o de mitjana-alta potència.

La introducció d'additius naturals en el pèl·let de fusta per a millorar les seves característiques mecàniques és acceptat sempre i quan aquests no superin el 2% sobre el pes en sec. Aquests additius han de ser naturals, de

procedència agrícola (per exemple, farina de blat de moro o patata) o forestal.

La quantitat de cendres afecta tant el manteniment de la caldera com el seu rendiment. La composició química de les cendres també és un factor que influeix en el rendiment de la caldera per la formació d'escòria (cagaferro). Per evitar aquest tipus de problemes, el fabricant ha de garantir una temperatura mínima de fusibilitat de cendres, normalment de 1.050 °C.

Un percentatge d'humitat inferior al 10 % és una característica del pèl·let d'alta qualitat. Aquest paràmetre determina el poder calorífic inferior i també la qualitat mecànica del pèl·let. Un pèl·let granulats per sobre de certs percentatges d'humitat pot quedar reflectit en forma d'esquerdes longitudinals i aspecte esponjós i això produirà un augment de la quantitat de fins.

Les qualitats mecàniques del pèl·let són molt importants per a evitar-ne el desgranament durant la manipulació, el transport i la descàrrega. La humitat en percentatges moderats desgrana el pèl·let i és per això que els sistemes d'emmagatzematge han d'estar adequadament aïllats. Les quantitats de fins i de pols superiors a les especificades poden crear problemes de manipulació, creant pols durant les descàrregues pneumàtiques, un contingut més alt de cendres i volàtils, problemes en l'alimentador del cremador i menor eficiència de la caldera.

Les recomanacions principals per a evitar la formació de fins són:

- Sistemes d'emmagatzematge ben aïllats de la humitat.
- Implantar filtres i sistemes d'aspiració.
- Evitar les descàrregues pneumàtiques a llargues distàncies.
- Emprar una lona amortidora que absorbeixi l'impacte del pèl·let quan entra de manera pneumàtica dins la cisterna.
- Evitar la col·locació de colzes i, en general, d'elements que obstaculitzin la lliure circulació del pèl·let.

Fig. 2.5. Detall de l'interior d'una sitja on s'aprecia la lona amortidora juxtaposada a l'entrada del pèl-let i que evita que impacti contra la paret de formigó.



Uns processos bàsics d'identificació del pèl-let poden ajudar a saber-ne la qualitat:

- Veure si el pèl-let presenta, a primer cop d'ull, qualsevol cos estrany o punts de color diferent, que indiquin heterogeneïtat i elements estranys a l'hora d'haver-lo elaborat.
- Olor: el pèl-let d'alta qualitat fa olor de fusta acabada de tallar.
- Provar de cremar-lo per la punta. El pèl-let crema fàcilment i s'hi pot reconèixer l'olor de fusta cremada.
- Si se submergeix en aigua, el pèl-let no sura perquè la seva densitat és més alta que la de l'aigua (densitat unitària de $1-1,4 \text{ g/cm}^3$). En el cas que el pèl-let suri, es tracta d'un pèl-let poc densificat.
- En qüestió de pocs minuts, el pèl-let submergit en l'aigua ha d'inflar-se, absorbint-la, i desfer-se en serradures. El fet d'observar aquestes serradures sobre un fons blanc pot ajudar a reconèixer elements estranys.

Fig. 2.6. Taula de dades generals del pèl·let de fusta

Dades generals del pèl·let de fusta	
Descripció	Granulat de fusta que prové de l'extrusió de serradures i encenalls de subproductes de la indústria de la fusta.
Aplicacions	Estufes i calderes en tot el rang de potències.
Avantatges	<ul style="list-style-type: none"> - Combustible estable amb paràmetres definits que eviten la necessitat de reajustar la caldera per variacions de les característiques del combustible. - Soluciona problemes d'espai gràcies a la seva alta densitat. - Permet descàrrega pressuritzada. - Fàcil manipulació i sistemes d'emmagatzematge diversos (sitges tèxtils, sitges d'obra, sitges de pinso). - Absència d'olors.
Limitacions	<ul style="list-style-type: none"> - Es deteriora amb la humitat. - Els sistemes actuals d'assecatge fan que els costos de producció siguin elevats.
Certificacions	<ul style="list-style-type: none"> - Europa: EN 14961-2. - Àustria: ÖNORM M 7135 – fusta o escorça comprimida en estat natural. Pèl·lets i briquetes. Requisits i especificacions. - Suècia: Norma sueca SS 18 71 20. - Alemanya: DIN 51731. DIN plus: al 2002 DIN CERTCO va oferir un certificat de pèl·lets de fusta per a cremar en calderes específiques de pèl·lets. La nova certificació combina la certificació alemanya DIN 51731 i l'austriaca ÖNORM M 7135. - Itàlia: CTI.R 04/5.

Pel que fa referència a la normalització, les especificacions dels pèl·lets estan sotmeses a la normativa europea estàndard EN 14961-2, que estableix tres nivells de qualitat diferenciats.

	Caracterització del pèl·let de fusta			
Propietat/Mètode d'anàlisi	Unitat	Classe A ₁	Classe A ₂	Classe B
Origen i font de la matèria EN 14961-1		1.1.3 Fusta del tronc 1.2.1 Residu fuster no tractats químicament	1.1.1 Arbre sencer sense arrels 1.1.3 Residu de tallada 1.1.6. Escorça 1.2.1 Residu fuster no tractat químicament	1.1 Forestal, plantacions i altres tipus de fusta no usades ni tractades 1.2 Subproductes i residus de la indústria de transformació 1.3 Fusta reciclada
Diàmetre, D ^a , prEN16127	mm	D6 ± 1 D8 ± 1	D6 ± 1 D8 ± 1	D6 ± 1 D8 ± 1
Longitud, L ^b , prEN16127	mm	3,15 ≤ L ≤ 40	3,15 ≤ L ≤ 40	3,15 ≤ L ≤ 40
Humitat, M, EN14774-1, EN14774-2	as received, p-% - base humida	M ≤ 10	M ≤ 10	M ≤ 10
Cendres, A, EN14775	p-% - seca	A ≤ 0,7	A ≤ 1,5	A ≤ 3
Durabilitat mecànica, DU, EN15210-1	as received, p-%	DU ≥ 97,5	DU ≥ 97,5	DU ≥ 96,5
Fins a la porta de fàbrica en el transport a granel (en el moment de la càrrega) i en bosses petites (fins 20 kg) i grans (a l'hora d'envasar-lo o lliurar-lo a l'usuari final), F, prEN15210-1	p-% as received	F ≤ 1	F ≤ 1	F ≤ 1
Additius ^c	p-% - seca	≤ 2 p-% Especificar tipus i quantitat	≤ 2 p-% Especificar tipus i quantitat	≤ 2 p-% Especificar tipus i quantitat
Poder calorífic net, Q, EN14918	as received, MJ/kg kWh/kg	16,5 ≤ Q ≤ 19 4,6 ≤ Q ≤ 5,3	16,3 ≤ Q ≤ 19 4,5 ≤ Q ≤ 5,3	16 ≤ Q ≤ 19 4,4 ≤ Q ≤ 5,3
Densitat aparent, BD, EN15103 (kg/m ³)	kg/m ³	BD ≥ 600	BD ≥ 600	BD ≥ 600
Nitrogen, N, prEN15104	p-% seca	N ≤ 0,3	N ≤ 0,5	N ≤ 1,0
Sulfur, S, prEN15289	p-% seca	S ≤ 0,03	S ≤ 0,03	S ≤ 0,04
Clor, Cl, prEN15289	p-% seca	Cl ≤ 0,02	Cl ≤ 0,02	Cl ≤ 0,03

Arsènic, As, prEN15297	mg/kg seca	≤1	≤1	≤1
Cadmi, Cd, prEN15297	mg/kg seca	≤0,5	≤0,5	≤0,5
Crom, Cr, prEN15297	mg/kg seca	≤10	≤10	≤10
Coure, Cu, prEN15297	mg/kg seca	≤10	≤10	≤10
Plom, Pb, prEN15297	mg/kg seca	≤10	≤10	≤10
Mercuri, Hg, prEN15297	mg/kg seca	≤0,1	≤0,1	≤0,1
Níquel, Ni, prEN15297	mg/kg seca	≤10	≤10	≤10
Zinc, Zn, prEN15297	mg/kg seca	≤100	≤100	≤100
Informativa: Fusibilitat de les cendres ^d , prEN15370	°C	Especificar	Especificar	Especificar

^a S'ha d'indicar la classe diamètrica real dels pèl-lets (D6, D8)

^b S'admet 1 p-% de la quantitat de pèl-lets més grans de 40 mm de longitud. La longitud màxima ha de ser < 45 mm

^c Tipus d'additiu per millorar la producció, entrega o combustió (ej., agents aglomerants, inhibidors d'escòries i altres additius com l'almidó, la farina de blat, la farina de patata, l'oli vegetal, etc.) També s'han d'indicar de la mateixa manera els additius emprats després de la producció, abans de la descàrrega en els dipòsits d'emmagatzematge de l'usuari final (tipus i quantitat).

^d S'ha d'especificar totes les temperatures característiques (temperatura d'inici de la contracció (SST), temperatura de deformació (DT), temperatura hemisfèrica (HT) y temperatura de fluència (FT) en condicions d'oxidació.

*Les abreviatures de les propietats s'indiquen d'acord a la versió en anglès.

Fig. 2.7. Taula de caracterització del pèl-let de fusta segons la normativa europea EN 14961-2

2.2.2. Estella forestal

La humitat és una de les característiques més controvertides de l'estella forestal, per la seva heterogeneïtat. L'estella de qualitat té una humitat inferior al 30% sobre base humida. Per tal d'arribar a aquest percentatge necessita una bona logística i un procés d'assecatge natural (els sistemes industrials d'assecatge encareixen el producte).

La fusta verda acabada de tallar pot tenir fins a un 55% d'humitat sobre base humida. L'assecatge natural del tronc apilat en un ambient mediterrani

pot fer disminuir la humitat fins a un 35% el primer any, i un 25% el segon. Aquest assecatge de l'estella de forma natural s'accelera amb l'ajuda de sistemes de ventilació i transpiració.

L'estella forestal de qualitat manté una granulometria constant gràcies a un procés de garbellament. Les estelles amb dimensions superiors a les especificades poden col·lapsar i avariar els sistemes d'alimentació de la caldera.

L'estella forestal és més econòmica que els combustibles d'origen fòssil. Per contra, la seva densitat baixa en limita l'ús, per un cost de transport alt, la necessitat de més espai per a emmagatzemar-la i sistemes especials per a evitar problemes d'alimentació entre la sitja i la caldera.

Un cop emmagatzemades, les estelles poden formar un efecte de volta entre elles que en dificulta el moviment formant cabanes i espais d'aire. Per tal d'evitar aquest efecte de volta, cal dotar la sitja de remenadors que agitin les estelles i desfacin les voltes.

És recomanable evitar que l'estella contingui fulles i parts verdes, ja que això pot fer augmentar els nivells de cendres, volàtils i emissions de NOx (en les fulles i parts verdes es concentra la major part del nitrogen).

Fig. 2.8 Taula de dades generals de l'estella forestal

Dades generals de l'estella forestal	
Descripció	Provinent de l'explotació forestal o com a subproducte de la indústria de primera transformació.
Aplicacions	Calderes en tot el rang de potències.
Avantatges	<ul style="list-style-type: none"> - Abundància en el mercat català. - Producte que ha sofert menys transformació/adequació i, per tant, més econòmic. - Possibilitat d'autogestió en clients particulars amb bosc forestal.
Limitacions	<ul style="list-style-type: none"> - Baixa densitat i, per tant, necessitat de més volum d'emmagatzematge. - Necessitat de remenador o graella mòbil a la sitja per a evitar l'efecte "volta". - Limitació en transport i logística (les descàrregues pressuritzades no estan tan esteses com en el cas del pèl-let). - Falta de normativa estatal. - Lleugera pèrdua de rendiment amb la humitat.
Certificacions	Certificació europea CEN/TS 14961:2005.

2.2.3. Subproductes agroindustrials

Els preus d'aquests combustibles acostumen a estar subjectes a les produccions anuals i són més sensibles a l'oferta i la demanda.

Molts d'aquests combustibles fan olor quan cremen; aquest és un fet que s'ha de tenir en compte en instal·lacions situades en centres urbans i llocs sensibles a les olors.

En molts casos, s'aconsella que els combustibles passin per un procés de refinació per a millorar-ne la qualitat. Per exemple, el pinyol d'oliva, net de la pel·lofa i de fins, fa augmentar el rendiment de la caldera i en disminueix el manteniment. La trituració de la closca de fruits secs facilita el subministrament en sistemes d'alimentació que són més limitats.

Fig. 2.9. Taula de dades generals del pinyol d'oliva

Dades generals del pinyol d'oliva	
Descripció	Subproducte agrícola format únicament per la part llenyosa de l'oliva una vegada s'ha extret l'oli i s'ha assecat i netejat.
Aplicacions	Calderes policombustibles en tot el rang de potències.
Avantatges	<ul style="list-style-type: none"> - Alta quantitat d'energia per unitat de volum. - Subproducte procedent de l'extracció de l'oli. - Preus econòmics en temporada.
Limitacions	<ul style="list-style-type: none"> - Producció subjecta a collites anyals. - Preus subjectes a la producció de la collita. - Quantitat limitada. - Alts continguts en clor. - Fusibilitat de cendres baixes (possible formació d'incrustacions i cagaferro). - Segons el procés de què provingui, pot portar restes d'olis o altres substàncies perjudicials per a la caldera.
Certificacions	-----

Caracterització del pinyol d'oliva	
Granulometria	De 0,1 a 8 cm
PCI	De 4,6 a 4,9 kW/kg
Humitat	Del 6 al 10%
Densitat	600 kg/m ³
Cendres	Del 2 al 3%

Fig. 2.10. Taula de caracterització del pinyol d'oliva

Fig. 2.11. Taula de dades generals de la pinyola d'oliva

Dades generals de la pinyola d'oliva	
Descripció	Subproducte assecat i netejat provinent de l'extracció de la pinyola. Format pel pinyol d'oliva i restes de la pell i de la polpa de l'oliva.
Aplicacions	Calderes policombustibles en tot el rang de potències amb indicació explícita del fabricant.
Avantatges	<ul style="list-style-type: none"> - Alta quantitat d'energia per unitat de volum. - Subproducte procedent de l'extracció de l'oli. - Preus econòmics.
Limitacions	<ul style="list-style-type: none"> - Producció subjecta a collites anyals. - Preus subjectes a la producció de la collita. - Quantitat limitada. - Alts continguts en clor i en cendres. - Fusibilitat de cendres baixes (possible formació d'incrustacions i cagaferro). - Pot provocar problemes en el cremador i els pirotubs si no es fa una neteja adient.
Certificacions	----

Caracterització de la pinyola d'oliva	
Granulometria	De 0,1 a 8 cm
PCI	De 4,2 a 4,5 kW/kg
Humitat	Del 6 al 10%
Densitat	600 kg/m ³
Cendres	Del 4 al 5%

Fig. 2.12. Taula de caracterització de la pinyola d'oliva

Fig. 2.13. Taula de dades generals de la clofa d'ametlla

Dades generals de la closca d'ametlla	
Descripció	Subproducte agrícola format per la closca de l'ametlla.
Aplicacions	Calderes policombustibles en tot el rang de potències amb indicació explícita del fabricant.
Avantatges	<ul style="list-style-type: none"> - Alta quantitat d'energia per unitat de volum. - Granulometria amb una certa homogeneïtat. - Preus econòmics en temporada.
Limitacions	<ul style="list-style-type: none"> - Producció subjecta a collites anyals. - Preus subjectes a la producció de la collita. - Quantitat limitada. - Fusibilitat de cendres baixes (possible formació d'incrustacions i cagaferro).
Certificacions	-----

Fig. 2.14. Taula de caracterització de la closca d'ametlla

Caracterització de la closca d'ametlla	
Granulometria	De 1 a 3,5 cm
PCI	De 4 a 4,5 kW/kg
Humitat	Del 10 al 20%
Densitat	350 kg/m ³
Cendres	Del 2 al 3%

2.2.4. Llenya i briquetes

La llenya és el combustible que l'ésser humà ha utilitzat, i continua utilitzant, de manera més massiva. La llenya no es pot caracteritzar de manera generalista. Cal tenir en consideració que les fustes més concentrades com l'alzina, el roure i l'olivera contenen més energia en el mateix volum de càrrega i que la combustió és més lenta si no s'augmenta la temperatura del cremador. Les fustes menys denses com el pollancre, el pi i d'altres arbres de creixement ràpid, a igualtat de volum, contenen menys energia i la combustió és més ràpida.

Les briquetes avui en dia estan bastant en desús, tot i que són un bon biocombustible. De manera generalista, podem dir que són pèl·lets d'una mida més gran.

Fig. 2.15. Taula de dades generals de la llenya

Dades generals de la llenya (coníferes o frondoses)	
Descripció	Producte forestal.
Aplicacions	Calderes preparades per a llenya.
Avantatges	- Possibilitat d'auto abastiment. - Alt nombre de punts de venda.
Limitacions	- Alimentació manual, no automatitzada. - Poques calderes en el mercat que combinin llenya i altres biocombustibles.
Certificacions	Certificació europea CEN/TS 14961:2005.

Fig. 2.16. Taula de caracterització de la llenya

Caracterització de la llenya (coníferes o frondoses)	
Diàmetre	De 5 a 30 cm
PCI	De 2,5 a 3,7 kW/kg
Humitat	Del 25 al 45%
Densitat	de 300 a 450 kg/m ³
Cendres	De l'1,5 al 2%

Fig. 2.17. Taula de dades generals de les briquetes

Dades generals de les briquetes	
Descripció	Procedent de la compactació de serradures i encenalls.
Aplicacions	Calderes especials.
Avantatges	- Utilitzable en llars de foc convencionals. - Millors condicions fisicoquímiques que la llenya.
Limitacions	- Alimentació manual, no automatitzada. - Poques calderes en el mercat que combinin llenya i altres biocombustibles.
Certificacions	Certificació europea CEN/TS 14961:2005.

Fig. 2.18. Taula de caracterització de les briquetes

Caracterització de les briquetes	
Dimensions	Variable segons fabricant (estàndard Ø:9,5 cm, llargada: 30 cm)
PCI	>4,8 kW/kg
Humitat	>10 %
Densitat	>1000 kg/m ³
Cendres	< 0,7 %

2.3. Comparativa general dels diferents biocombustibles sòlids

A continuació es presenta una taula comparativa amb les dades energètiques més significatives pels diferents tipus de biocombustibles.

Fig. 2.19. Taula comparativa de combustibles

Combustible	Humitat bh	PCI	Densitat	Cendres
	%	kWh/kg	kg/m ³	%
Pèl·let de fusta	10	4,8	650	< 0,5
Estella forestal	25	4,0	250	1 - 2
Escorça forestal	25	4,2	200	1 - 2
Closca de fruits secs	10	4,2	350	2 - 3
Pinyol d'oliva	8	4,2	630	2 - 3
Pinyola	8	4,3	610	3 - 4
Granet de raïm	8	4,7	600	1 - 2
Farina de polpa de raïm	8	4,3	600	2 - 3
Gasoil	-	11,8	850	-
Gas natural	-	13,5	0,74	-
Propà	-	12,0	8	-

2.4. Logística dels biocombustibles

Actualment, el mercat de biomassa per a usos tèrmics passa per la divisió de dos sectors diferenciats per la qualitat i les característiques del biocombustible: el mercat domèstic i el mercat de grans consumidors. També influeix en la logística i la disposició dels biocombustibles fòssils si aquests són granulats o no, ja que els primers es poden subministrar amb

sistemes pneumàtics i d'altres, com l'estella, s'han de subministrar mitjançant camions bolquet.

2.4.1. Disposició i formats

D'una banda, el mercat domèstic, liderat per calderes i estufes de biomassa de baixa potència, s'abasteix de pèl·let de fusta d'alta qualitat. La seva distribució es fa amb sacs de 15 kg i a granel, mitjançant camions cisterna amb sistemes pneumàtics. Els sacs de 15 kg arriben a l'usuari per mitjà de punts de venda, donant comoditat de subministrament i oferint una alternativa raonable a problemes de manipulació i emmagatzematge. Per a quantitats de sacs superiors (quan són tones), el transport es fa amb palets que acostumen a portar 70 sacs cadascun (una tona de biocombustible per palet, aproximadament).

Fig. 2.20 i 2.21. Sac de pèl·let normalitzat i sacs preparats per a poder distribuir-los en palets



Fig. 2.20



Fig. 2..21

La distribució a granel de biocombustibles granulats passa pel transport i les descàrregues amb camions cisterna que tenen sistemes de càrrega pneumàtica. Aquest transport és possible gràcies a les dimensions i a l'homogeneïtat del pèl·let de fusta. La distribució és similar a la de combustibles líquids com el gasoil. Mitjançant les mànegues de càrrega dels camions cisterna es pot arribar a sitges situades a distàncies de fins a 30 metres del camió.

Fig. 2.22. Taula de formats de subministrament de pèl-lets

Format	Pes	Dimensions	Observacions
Sacs	15 kg	23 litres	Fàcil manipulació i grau baix de desgranament.
Palet de sacs	1.000 kg	11 x 10 x 17 (cm)	Manipulació amb maquinària (transpalet, toro, tractor). Grau baix de desgranament.
Big bags	500 a 1.000 kg	11 x 10 x 16 (cm)	Manipulació amb maquinària (transpalet, toro, tractor).

La resta de biocombustibles no es poden subministrar mitjançant sistemes pneumàtics i, habitualment, es fa mitjançant camions bolquets. Per aquest motiu, cal dissenyar les sitges de manera que un camió d'aquestes característiques pugui descarregar el biocombustible sòlid. La disposició i els formats al detall dels biocombustibles no granulats varia en funció de la densitat que tinguin. Segons s'indica a l'apartat següent, el tipus de transport també és un condicionant important en el subministrament dels biocombustibles a granel.



Fig. 2.24. Detall del sistema d'alimentació - anada i retorn- de la sitja per càrrega pneumàtica.

Fig. 2.23. Local tècnic d'una caldera de biomassa en un institut amb sitja a la part superior.

2.4.2. Transport i descàrrega

Hi ha una clara diferenciació entre els camions amb sistema de càrrega pressuritzada, que faciliten el subministrament de biocombustibles granulats, i els camions preparats per a descarregar el biocombustible bolcant-lo directament a la sitja (camió bolquet).

Dels camions amb sistemes pressuritzats cal considerar que:

- S'utilitzen per al transport a granel de qualsevol producte granulat o amb granulometries homogènies. És més inusual trobar camions que puguin subministrar estella forestal pneumàticament (aquests disposen d'un diàmetre de sortida de 125 mm, que és diferent dels estàndards que hi ha actualment de 100 mm).
- Poden descarregar el combustible per sobre de la cota "0" fins a distàncies totals màximes de 50 m. Per al subministrament de pèl·let és aconsellable no superar els 30 m de distància, ja que les friccions amb les juntes de les mànegues i les pressions necessàries per a vèncer la pèrdua de càrrega que ofereix la mànega poden fer augmentar la creació de fins.



Fig. 2.25. Càrrega pneumàtica de pèl·lets

- La pressió de subministrament és de 0,2 a 0,8 bar. En el cas de les sitges tèxtils cal revisar la pressió que toleren segons especifiqui el fabricant (es recomana una pressió màxima de 0,2 bar en aquests

casos), o bé utilitzar un sistema de succió de l'aire per a evitar les pressions altes.

- El subministrament es fa mitjançant mànegues que es connecten als ràcords d'alimentació de la sitja. Tot i que hi ha adequacions per a diversos tipus de ràcords, és aconsellable utilitzar ràcords Storz de 4 polsades de diàmetre, perquè són els habituals dels camions.
- En fer la càrrega es genera molta electricitat estàtica. Per tant, és imprescindible que tant les boques d'alimentació de la sitja com les del camió i el dipòsit del camió tinguin presa de terra.
- Quan fem una càrrega amb pressió, cal que es faci una extracció forçada a través de la boca de sortida de la sitja. Aquesta sortida haurà de portar un filtre per als fins.
- El sistema de succió de la pols s'ha d'empalmar sobre les boques de sortida amb sistemes que tinguin descàrrega d'electricitat estàtica.

El subministrament de biocombustibles que no tinguin una granulometria homogènia, requereixen una logística més complexa, lligada al disseny, dimensions i accessibilitat de la sitja i del magatzem. Les descàrregues d'aquests biocombustibles es fan habitualment per gravetat amb un camió bolquet, en sitges que es troben soterrades, o bé aprofiten un talús.

En funció del disseny de la sitja i de la posició que tinguin en relació amb l'emplaçament destinat al camió en el moment de fer la descàrrega, s'hauran d'estudiar els aspectes següents:

- Sitges a cota "0" respecte del camió o inferiors; es podrà utilitzar qualsevol tipus de transport.
- Sitges fins a 6 metres d'alçada respecte el camió; camió pressuritzat o tremuja de pinso amb descàrrega superior.
- Sitges a més de 6 m d'alçada respecte al camió; camió pressuritzat.



Fig. 2.26. Sitja a cota "0" amb alimentació preparada per a camió bolquet.

A continuació, es presenta una taula on es classifiquen els tipus de transport, la seva capacitat de transportar biocombustibles i el format de subministrament:

Fig. 2.27. Taula de transport de biocombustibles

Tipus de transport		Volum	Format de combustible
Camió articulat	Pis mòbil	90 m ³	Granel / paletitzat
	Tauliner	50 m ³	Paletitzat
	Banyeres	40 -60 m ³	Granel
	Tancs	50 m ³	Granel
Camió rígid	3 eixos	26 – 40 m ³	Granel / paletitzat
	2 eixos	10 – 40 m ³	Granel / paletitzat
	Cubes – 3 eixos	25 m ³	Granel

2.4.3. Costos

Un dels avantatges principals vinculats a l'ús dels biocombustibles sòlids és el seu preu competitiu i estable en el temps. A l'hora de projectar un sistema, és important saber si l'emplaçament de la instal·lació, a causa d'aspectes com l'accessibilitat o la distància a punts de subministrament, pot representar un encariment del preu dels biocombustibles.

A continuació es detallen les variables generals que incideixen en la variació del cost de subministrament de biocombustibles, a banda del cost de la matèria primera:

- Temps que triga el transport en arribar al client (hores).
- Distància que s'ha de recórrer (km).
- Accessibilitat a la instal·lació (hores).
- Necessitat de disponibilitat (urgent o amb previsió per a poder combinar viatges).
- Tipus de transport utilitzat.

3 Característiques generals dels equips que generen calor amb biomassa

A continuació es presenten les tipologies d'equips que generen calor per a calefacció i/o ACS en edificis mitjançant biomassa, a més de les seves característiques i particularitats més rellevants.

3.1. Estufes

Una estufa és un aparell tancat que produeix calor, generalment en forma d'aire calent, i que l'emet per a calefactar algun local. El combustible a utilitzar pot ser qualsevol de les tipologies de biomassa que s'han esmentat anteriorment, encara que les més avançades tecnològicament són les que funcionen amb pèl·let.

Estan pensades per a situar-les a l'interior de la casa, en un lloc visible, de manera que es pugui gaudir de calefacció i de la visió del foc alhora. Si no es vol perdre la visió a causa de l'ús, cal netejar el vidre amb productes especials per a vitroceràmiques, no amb els productes habituals de netejar vidres.

La cendra s'extreu mitjançant un calaix i/o amb un aspirador gran (si és de bossa, cal intercalar un separador de cendres per a evitar que s'ompli de seguida).

Les estufes que funcionen amb pèl·let acostumen a tenir diversos rangs de potència o a ser modulants segons la demanda. La modulació es regula automàticament en funció de la temperatura ambient on està instal·lada, tot i que també hi ha models en què es pot fixar la potència. També se'n pot automatitzar el funcionament segons uns programes horaris i fer la gestió amb un termòstat extern.

Les estufes de pèl·let incorporen internament una tremuja per al combustible que es carrega manualment cada cert període de temps, en funció de l'ús i la potència (típicament, a l'hivern, cada un o dos dies).



Fig. 3.1.
Imatge de dos
models
d'estufes
domèstiques
de pèl-let.

El rang de potència de les estufes està comprès habitualment entre els 5 i els 13 kW. El ventall de rendiments és ampli, en funció de la qualitat de producte, però típicament es troba entre el 75 i el 90%.

Hi ha estufes que, mitjançant un bescanviador intern, cedeixen la calor a un circuit d'aigua i, per tant, funcionen de manera similar a una caldera. El rang de potència d'aquestes estufes està comprès entre els 10 i els 20 kW. El rendiment directe del sistema tancat per aigua acostuma a estar comprès entre el 55 i 75%, depenent del producte i les qualitats. La resta d'energia, fins arribar al 90% de rendiment, s'emet a través del vidre i del cos de l'estufa, o sigui que, a afectes pràctics, aquesta energia, tot i que no es controla, s'aprofita per a escalfar la sala.

Les estufes poden instal·lar-se en llocs on hi hagi una demanda de calefacció moderada. Com que no cal fer grans inversions, pot resultar una solució ideal per a segones residències. Poden escalfar espais diàfans de mides adequades a la seva potència. Si la sala a calefactar està dividida en sectors, als espais tancats no hi arribarà bé la calor. Si aquest requisit resulta un handicap, l'estufa ha de ser d'aigua, amb unitats terminals calefactores.

Si ja es disposa de calefacció normal amb radiadors o terra radiant amb una caldera clàssica, tota la calor que generi l'estufa, s'estalviarà de l'altre combustible. En aquest cas és recomanable que l'habitació on hi ha l'estufa

sigui un circuit de calefacció independent, per a evitar interferències amb la regulació de temperatura de la resta d'espais.

Les estufes que funcionen per aigua són més aconsellables que les que ho fan per aire quan tenim espais diàfans grans que necessiten més d'un punt de calor o quan aquests espais estant dividits i no es pot garantir que arribi l'aire calent que genera l'estufa per aire. Aquestes són també més adients com a suport o substitució de sistemes anteriors de calefacció, ja que permeten aprofitar la instal·lació original d'unitats terminals i s'estabilitza i redueix el preu del combustible.

Característiques

- Tenen una tremuja adjunta que acostuma a tenir una autonomia que volta entre les 10 i les 30 hores de funcionament depenent de si l'estufa treballa a potència màxima o mínima.
- Cal recollir les cendres un cop a la setmana aproximadament.
- Requereixen xemeneia a l'exterior amb dimensions segons les especificacions del fabricant (acostuma a ésser de 80 mm de diàmetre).
- S'ha de preveure un espai de seguretat lliure d'obstacles al voltant de l'equip. No es poden encastar ni pel darrere ni pels costats, tret que siguin models dissenyats expressament per a fer-ho (del tipus inserible).
- La majoria de fabricants disposen de models de no gaire potència i senzills d'estètica a un preu econòmic; per tant, pot ser una opció interessant en pressupostos reduïts.
- Les estufes d'aigua, amb els complements adequats externs, poden produir, totalment o parcial, l'aigua calenta sanitària de l'habitatge a partir del circuit de calefacció i, per tant, poden substituir una caldera mural mixta amb radiadors. A efectes pràctics i normatius les estufes per aigua són calderes i, per tant, cal complir tot el que especifica el RITE (Reglamento de Instalaciones Térmicas en Edificios) per a aquests equips.
- Si s'instal·la una estufa d'aigua per a donar calefacció a una habitació de mida gran, per a evitar punts freds i calents, cal considerar la instal·lació de radiadors, independentment de la

potència de l'estufa. A efectes pràctics, l'estufa és l'equip de generació i unitat terminal calefactora, és a dir, substitueix un únic radiador. Per a millor difusió de la calor, pot caldre instal·lar unitats terminals addicionals.

3.2. Calderes domèstiques

La caldera és l'evolució tecnològica de l'estufa per aigua. La diferència més important entre una estufa i una caldera de biomassa és el rang de potència i que les calderes no estan habilitades perquè l'usuari pugui gaudir de la visió de la flama de combustió. Això és així perquè les calderes estan dissenyades per a maximitzar el seu rendiment i evitar les fuites no controlades de calor que tenen les estufes. Les calderes incorporen més tecnologia mecànica i hidràulica, cosa que també en millora els rendiments i la durabilitat. A més, les calderes poden tenir els sistemes electrònics de control dels circuits de calefacció internalitzats.



Fig. 3.2. Calderes domèstiques amb tremuja adjunta. A la imatge de l'esquerra es pot apreciar l'interior de la tremuja, i el sistema d'alimentació i el cremador amb alimentació per floració.

Per especificacions del RITE (IT-1.2.4.1.2.1), les calderes hauran de tenir un rendiment mínim del 75%. A banda de no massa excepcions, el rang de rendiments de les calderes que hi ha al mercat està comprès entre el 80% i el 92%.

Característiques

- A diferència de les estufes, són elements per a instal·lar a la sala de les calderes, el garatge o similars.

- El rang de potència disponible és superior als de les estufes, típicament entre 10 kW i 70 kW.
- Poden atendre diversos sectors de calefacció d'un habitatge i també la producció d'ACS.
- Al mercat hi ha models que necessiten actuacions directes contínues (com la neteja, l'encesa i la càrrega de combustible) i models 100% automatitzats, on l'única actuació periòdica necessària és buidar el calaix de cendres en intervals de diverses setmanes.
- Hi ha un ampli ventall de possibilitats en sistemes d'alimentació. A les instal·lacions petites és bastant habitual que no hi hagi sitja, només una tremuja adjunta a l'equip que dona autonomia per a uns dies, mentre la reserva es té en sacs.
- Són freqüents els sistemes pneumàtics d'alimentació entre la sitja i la caldera, ja que aporten una gran flexibilitat d'instal·lació.
- Una gran part dels models actuals són per a cremar pèl·let exclusivament, però hi ha models que permeten diversos tipus de biomassa granulada. Sempre cal consultar els catàlegs tècnics dels fabricants, perquè la qualitat de la biomassa utilitzada pot estar vinculada a les particularitats de la garantia de la caldera.

3.3. Calderes mitjanes i grans

En general, totes les especificacions donades per a les calderes domèstiques són extensibles a les calderes mitjanes o grans; la diferència és la potència i, per tant, el volum de l'edifici al qual poden proporcionar servei. D'altra banda, quan augmentem la potència dels generadors de calor, a partir de 70 kW, hi ha tot un seguit d'obligatorietats tècniques i de qualitat del servei que s'han de considerar en el disseny de la sala de calderes. A més, en aquests rangs de potència és obligatori que un facultatiu competent participi en la legalització de projectes i certificats finals propis de la instal·lació.

Quan es planteja una caldera de certa potència, no es pot estudiar exclusivament el rendiment propi de la caldera (aquest acostuma a ser, com a mínim, del 80%) sinó que cal estudiar el conjunt del rendiment de la

instal·lació. Resulta evident que quan més gran és la demanda de l'edifici al qual s'està donant servei, més importància adquireix l'estudi dels costos d'explotació. Així, a l'efecte del rendiment, entren en joc altres variables com els sistemes de control avançat i modulats a les particularitats del servei, filtratge de fums o sistemes d'inèrcia que redueixen la variabilitat del consum. En resum, es necessita un estudi tècnic previ que optimitzi la relació entre la inversió inicial i els costos d'explotació del conjunt generador que dona servei a l'edifici.

Fig. 3.3. Local tècnic d'un edifici de serveis, amb dues calderes de biomassa en paral·lel de 85 kW cadascuna, prou per a cobrir fins a un 70% de la punta de demanda tèrmica de l'edifici.



En general, les calderes de potència mitjana i gran es poden instal·lar en qualsevol edifici amb necessitats energètiques elevades. En utilitzar un combustible amb preus baixos i estables, quan més gran és la demanda energètica millor és l'amortització de la inversió en sistemes de biomassa. En edificis de serveis (edificis municipals, escoles, poliesportius) és més fàcil aconseguir espai per a la sitja i, com ja acostumen a disposar d'encarregats mantenidors, la servitud que comporta dependre del subministrament puntual de combustible no significa un esforç extra en l'operativitat habitual de l'edifici.

També cal destacar que, en edificis de nova construcció, el fet d'utilitzar sistemes de biomassa millora molt la qualificació energètica de la promoció, cosa que proporciona un valor afegit atractiu per a la propietat o el promotor.

Una altra possibilitat és combinar calderes de biomassa, que absorbeixen gran part de la càrrega, amb calderes de combustibles fòssils convencionals per a absorbir les puntes de demanda.

Pel seu rang de potència, aquests equips també poden donar servei a processos industrials amb requisits d'escalfament de fins a 90°C.

Característiques

- Necessiten sistemes d'emmagatzematge de més volum. Aquest fet deriva en que ja no és habitual trobar sitges incorporades a la màquina i cal dissenyar la sitja i el sistema d'alimentació per separat.
- El temps d'engegada del sistema i el procediment de posada en servei és més complexa que el que cal per a les calderes domèstiques.
- Necessiten un espai d'instal·lació que compleixi amb les consideracions de local tècnic segons les especificacions del RITE per a potències iguals o superiors als 70 kW.
- Planejament de la logística de subministrament. Cal estudiar l'arribada de camions per a carregar la biomassa. Aquest aspecte està relacionat amb el disseny i la ubicació de la sitja.
- A mesura que augmenta la potència també ho fa el volum de biomassa que es queda cremant a la caldera quan es talla la demanda. Així, amb l'augment de potència augmenta també la importància de considerar l'evacuació adequada d'aquesta energia restant.

3.4. Instal·lacions col·lectives

Aquestes instal·lacions poden ser xarxes de distribució de calor (calefacció de barri o *district heating* en terminologia anglosaxona) amb un generador d'energia tèrmica que proporciona servei a diversos edificis o, a una escala més reduïda, pot tractar-se d'una comunitat de propietaris que comparteix un generador de calor. La particularitat radica en la servitud energètica i econòmica del conjunt del sistema, és a dir: d'una banda, hi ha un únic local tècnic generador que té una despesa econòmica a causa del manteniment i del consum de combustible i, d'altra banda, hi ha múltiples usuaris que consumiran aquesta energia. Aquestes instal·lacions habitualment les gestionen empreses de serveis energètics; disposen d'un sistema de distribució de l'energia generada i d'un sistema de comptatge, control i

facturació individualitzat d'aquesta energia amb l'objectiu que cada usuari pagui en funció del consum que tingui.

Fig. 3.4. Sistema d'acumulació i distribució de l'energia d'una instal·lació de calefacció de barri.

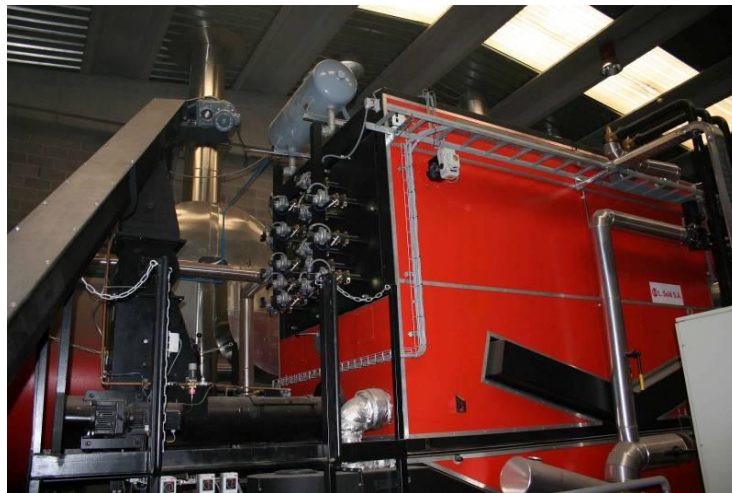


Fig. 3.5. Vista del local tècnic d'una instal·lació de calefacció de barri de 2 MW amb biomassa, a Molins de Rei.

Característiques

- Hi ha una xarxa de distribució de l'energia tèrmica que connecta el local tècnic central (on es genera l'energia tèrmica) amb els edificis o habitatges als quals dona servei de calefacció i/o ACS.
- Mitjançant un bescanviador, es transfereix l'energia calorífica al circuit intern de l'usuari concret. Cada usuari té un sistema de cessió, comptatge i gestió de l'energia que permet adequar les característiques de subministrament a les seves necessitats concretes i que comptabilitza l'energia consumida real.
- Centralitzar els sistemes generadors fa que els usuaris no necessitin els seus equips individuals (per exemple, la caldera mixta habitual en un habitatge d'un bloc de pisos).
- En aquesta tipologia de sistemes es poden aconseguir rendiments més elevats que en sistemes individuals, ja que en tractar-se de sistemes grans, s'acostumen a seleccionar els equips per la seva fiabilitat i rendiments més que pel seu cost inicial. Això fa que normalment es triïn els sistemes disponibles al mercat amb millors rendiments i fiabilitat.
- La centralització obre la porta a ampliar el sistema generador més enllà del que és obligatori, donant-li suport amb més energies renovables, aprofitant les energies residuals o amb sistemes de cogeneració.

3.5. Cremadors autònoms

Es tracta de cremadors autònoms, normalment de pèl·lets, que permeten substituir els cremadors de gas o de gasoil en moltes aplicacions. A l'efecte de la instal·lació, s'acoblen a equips preexistents per a produir la flama, sense que el cremador sigui part integrant de l'aparell mateix.

Els rendiments d'aquests cremadors depenen del fabricant, però poden ser de més del 90% a la flama, no a l'ús, ja que hi ha pèrdues per bescanvi i per temperatura de fums no aprofitable. Així, cal considerar que el rendiment final mai no és exclusivament el rendiment del cremador sinó el rendiment del conjunt del sistema generador.

Els cremadors es poden instal·lar en antigues calderes de carbó o llenya difícils de substituir o en calderes específicament dissenyades o

modificades per la seva instal·lació i, per tant, adequades a les seves característiques. Normalment, s'instal·len en equips que són molt cars en comparació amb el preu del cremador (per exemple, un forn de pa) i que no tenen problemes amb les cendres. També poden funcionar de manera autònoma en processos industrials que ho requereixin.



Fig. 3.6. Al mercat hi ha una àmplia gamma de cremadors especials per a biomassa. A la imatge es poden veure tres cremadors, de 7.000 kW, 1.000 kW i 35 kW.

Característiques

- Els cremadors normalment s'acoblen al cos d'una caldera preexistent.
- Els cremadors són més voluminosos (la boca del cremador acostuma a doblar el diàmetre dels cremadors habituals) i requereixen més espai a la cambra de combustió que els cremadors de gas i de gasoil. També necessiten més superfície de bescanvi, o sigui que si els acoblem sense augmentar-la, baixarà la producció.
- La cambra de combustió s'haurà d'adequar a un espai que reculli les cendres generades al cremador. A més, aquest espai s'haurà de poder netejar fàcilment (aquesta neteja es fa sovint i és manual).
- A diferència del que succeeix en molts cremadors de gas o de gasoil, que poden produir una sobrepressió a la cambra de combustió, el cremador de biomassa necessita depressió i, per tant, caldrà afegir un ventilador per a forçar el tiratge a la xemeneia.
- Per a evitar que el cremador s'embruti en excés, és aconsellable utilitzar pèl·let de qualitat.

3.6. Altres generadors de calor per biomassa

3.6.1. Llars de foc amb aprofitament energètic

Les llars de foc clàssiques obertes són un sistema de calefacció poc eficient, perquè no es regula l'entrada d'aire de combustió i no es recupera una gran part de la calor que acaba sortint per la xemeneia en forma de fums. No acostuma a ser habitual que l'edifici (normalment un habitatge unifamiliar) només disposi de la llar de foc com a sistema de calefacció, i habitualment són sistemes plantejats en habitatges com a un valor afegit que ens permet gaudir de la llar de foc i fer un escalfament pràctic de l'habitatge alhora, produint un estalvi de combustibles fòssils.

En canvi, hi ha llars de foc preparades per a fer un aprofitament de l'energia continguda en els fums de combustió, traslladant-la a un circuit d'aire o a un d'aigua.

Llars de foc amb aprofitament per aire calent

Les llars de foc amb sistema d'aprofitament d'aire calent són elements tancats, normalment amb un comporta transparent que permet gaudir del foc i amb possibilitat d'obertura, que disposen d'un sistema d'aprofitament de l'escalfor generada per les flames, que està connectat a un sistema de canonades de distribució d'aire que ajuden a distribuir l'escalfor pels espais a calefactar. Si es manté la comporta oberta, a efectes pràctics, les consideracions són les pròpies d'una llar de foc oberta.

Aquest sistema d'aprofitament de l'aire pot ser per convecció natural o, en la majoria dels casos, mitjançant un ventilador per a forçar l'aire de calefacció i millorar l'eficiència del sistema. Això ens permet distribuir l'energia de manera més uniforme i més enllà del lloc on es troba la llar de foc, evitant la concentració dels punts calents i punts freds a l'habitatge. La majoria porten un ventilador, controlat per un termòstat. En les més petites o senzilles, aquest és tot o res. En les més avançades, aquest termòstat regula la velocitat del ventilador en funció de la potència en la combustió per a tenir un confort millor.

Al mercat hi ha models amb rendiments per sobre del 75% (amb comportes tancades) i fins al 80% i el 90% en els sistemes amb més incidència tecnològica. El rendiment és important a l'hora de triar el producte, perquè del rendiment en dependrà la quantitat de llenya que caldrà per a arribar a

les condicions de confort, a més de la quantitat de cendres que es generaran.

A les llars amb aprofitament per aire, cal una entrada d'aire exterior a la caixa on està ubicat l'aparell, per a compensar la sortida d'aire de la combustió. Cal que aquesta entrada d'aire es pugui tancar quan no es fa servir el sistema per a evitar l'entrada no volguda d'aire exterior.

Llars de foc amb aprofitament per aigua calenta

Aquests equips traslladen gran part de la calor que genera la llar de foc a un sistema de bescanvi aire/aigua, cosa que ens permet fer una distribució mitjançant canonades de l'energia produïda als diferents espais a calefactar on hi haurà unitats terminals calefactores per aigua (radiadors). Aquest sistema també ens permet, amb la instal·lació dels equips hidràulics necessaris, la preparació d'ACS. Així, a efectes pràctics, aquestes llars de foc exerceixen de calderes, amb el valor afegit que la flama queda vista a través de la comporta transparent. La seva potència pot ser de fins a 30 kW i, en qualsevol cas, han de complir totes les exigències especificades al RITE per a calderes.

Els rendiments globals (tenint en compte l'aigua escalfada, l'aire al voltant de la llar i la radiació pel vidre) són, en models de bona qualitat, entre el 75 i el 90%.

A l'hora d'instal·lar una llar de foc amb aprofitament per aigua caldrà considerar els punts següents:

- És necessari instal·lar un sistema d'expansió obert, o sistema de serpentí de refrigeració d'emergència, tal com demana el RITE a IT-1.3.4.4.4.c. També cal instal·lar una vàlvula de seguretat per pressió el més propera possible a la connexió a la sortida calenta del fluid caloportador.
- El control del sistema de bombament ha de tenir un sensor de temperatura dins la llar, si aquesta disposa de beina per a aquest afer, o el més proper possible a la sortida del fluid ja escalfat si no en disposa.
- Per a optimitzar la transferència de calor i evitar punts que refrigeren malament és recomanable creuar les connexions d'entrada i sortida d'aigua a la llar de foc, de manera que l'aigua entri per la part baixa i

surti per la part alta de la banda oposada del sistema de bescanvi aire/aigua.

3.6.2. Cuines de llenya

Les cuines de llenya tradicionals amb cos de fosa, habitualment amb forn i, a vegades, amb sistema addicional per a escalfar aigua, també es pot considerar que són productores de calor mitjançant biomassa (també es fa servir com a combustible el carbó). Fins que no va aparèixer el petroli i, més tard, el gas, aquestes cuines eren típiques a la majoria de llars, encara que fos en versions senzilles sense forn.

Les cuines de llenya permeten calefactar la cuina o sala on estan ubicades. A efectes pràctics funcionen com una estufa típica de llenya, amb la possibilitat de cuinar-hi. Fins i tot hi ha models amb la possibilitat de fer anar radiadors escalfant aigua en circuit tancat (en aquest cas caldria incorporar al circuit un sistema d'expansió obert).

Els rendiments són més elevats que en les llars de foc obertes, però sensiblement més baixos que en les llars de foc tancades, podent arribar fins a percentatges entorn del 70%.

Els models que escalfen aigua poden tenir potències reals de més de 20 kW, però no és recomanable fer una instal·lació per a escalfar grans superfícies ja que, atès que la cambra de llenya és petita i necessita llenya de dimensions reduïdes, cal estar molt pendent del subministrament del combustible.

Aquestes cuines són adients quan es vol escalfar un únic espai no molt gran com, per exemple, la típica cuina d'un habitatge aïllat en zona de muntanya. També en cases de fusta, ja que en ser el cos de la cuina de fosa, s'obté certa inèrcia tèrmica addicional a la de la casa.

Fig. 3.7. Cuina de llenya amb cos de fosa.



4 Especificacions dels equips generadors segons tipus de combustible

A continuació es puntualitzen les especificacions que són pròpies de les calderes preparades per a treballar amb pèl·let, estella o llenya, al marge de la mida que tinguin.

4.1. Especificacions de les calderes de pèl·let

Les calderes de pèl·let disposen d'una tremuja incorporada o sitja propera, on hi ha el biocombustible que alimenta el cremador i que normalment fa també de dosificador del biocombustible. El més habitual és una tremuja adjunta o vis sens fi de la caldera mateixa, que recull el biocombustible d'una sitja més gran que s'alimenta mitjançant un altre vis sens fi auxiliar o mitjançant un sistema pneumàtic de càrrega.

Pel fet que hi hagi un pas addicional entre sitja i cremador, augmenta la seguretat del conjunt. També acostuma a haver-hi sistemes addicionals de seguretat per tal d'evitar el pas del foc (detectors que aturen el sistema o vàlvules que deixen anar aigua per a evitar la propagació del foc en el cas que es produeixi).

Per a evitar que hi hagi comunicació del foc entre el cremador i el vis sens fi, el combustible cau per una rampa, fins al gresol del cremador. Aquest gresol consta d'una sèrie de forats per on entra l'aire necessari per a la combustió, de manera que l'aire travessi la pila de pèl·let. A més, típicament per un d'aquests forats, entra l'aire escalfat per la resistència del sistema d'encesa automàtica, si n'hi ha.

El flux d'aire a través del cremador, normalment s'aconsegueix mitjançant un ventilador a la sortida de fums que crea un buit a la cambra de combustió. Aquest buit provoca l'entrada d'aire de l'exterior per la presa d'entrada.

El recorregut de l'aire pel procés de combustió és el següent:

- Entrada d'aire per la presa d'aire exterior.

- Entrada al gresol de combustió.
- Barreja de l'aire amb els gasos combustibles generats per la fusta pel fet d'estar calenta i, per tant, inici del procés de combustió.
- La combustió genera la flama i s'inicia la producció de calor.
- Aquesta combustió genera gasos calents, que cedeixen la calor a través del bescanviador intern aire-aigua.
- Els gasos ja refredats, passen per un ventilador controlat en velocitat pel sistema de control. En funció de les revolucions del ventilador, provoca més o menys succió, regulant d'aquesta manera el flux d'aire de combustió.
- Els gasos surten per la xemeneia.

En equips senzills, l'encesa és manual. Hi ha un únic termòstat que posa en marxa i atura el conjunt del motor del vis sens fi i del ventilador, en funció de la temperatura. Per tant, és un sistema de tot o res.

En equips més avançats, hi ha sistemes d'encesa automàtica per mitjà d'una resistència o d'un bufador d'aire calent. El ventilador i el funcionament del vis es regulen de manera contínua o per etapes, per a adequar la potència a la demanda, amb certs marges.

Fig. 4.1. Interior d'una caldera de pèl·lets de potència mitjana. Es pot observar el dipòsit intern que, per gravetat, serveix el pèl·let a un vis sense fi que en modula el subministrament al cremador. Per sota d'aquest, s'hi col·loca el cendrer, que recull les cendres del cremador, també mitjançant vis sense fi. A sobre la cambra de combustió hi ha el bescanviador que recull l'energia dels fums al seu pas cap a la xemeneia de sortida.



El vis sense fi s'acostuma a regular per temps de funcionament/temps d'espera. Quant més temps de funcionament, més cessió d'energia.

Els models de més qualitat també incorporen una sonda Lambda que mesura l'oxigen residual al fum, per ajudar a ajustar els paràmetres de la combustió i fer augmentar el rendiment. Si hi ha excés d'oxigen, l'equip baixa l'aire secundari o puja lleugerament la càrrega de combustible. Si hi ha dèficit, actua de manera contrària. D'aquesta manera es poden corregir automàticament petites variacions de les característiques del combustible sense perdre rendiment i sense necessitat que hi intervingui l'usuari.

La neteja de l'equip és molt important a les calderes de biomassa. Alguns models tenen sistemes de rascadors, vibradors i similars per a mantenir net el cremador. També poden incorporar sistemes que netegen de manera automàtica el bescanviador. El sistema més típic és el d'unes molles que

s'agiten amb un balancí, ja sigui manualment o amb un motor automàtic. N'hi ha d'altres de més grans, que tenen bufadors d'aire comprimit incorporats per a fer aquesta neteja. També hi ha sistemes amb rascadors giratoris.

Hi ha models que incorporen un vis sens fi que extreu la cendra del cremador de manera automàtica. La cendra va a parar a un calaix o contenidor proper o adossat. Depenent de les mides, potència i combustible usat, variarà el temps entre buidades.

4.1.1. Instal·lació

La caldera s'ubicarà en un local o sala de calderes. Cal preveure la connexió amb el sistema d'emmagatzematge i d'alimentació, ja sigui per vis sens fi o per sistema pneumàtic, i preparar la sortida de fums, com en qualsevol altre sistema de combustió.

És molt important respectar les distàncies mínimes al perímetre de la caldera que demana el fabricant, ja que si no es fa, ens podem trobar amb problemes per a fer segons quines reparacions, a més de sobreescalfar elements delicats per falta de ventilació.

Cal tenir cura de la xemeneia. Per a evitar riscos innecessaris és important garantir el tiratge que demani el fabricant, especialment en calderes que no porten ventilador d'extracció de fums. A més, s'ha de preveure la possibilitat de netejar tota la xemeneia de manera fàcil. Com més vertical i menys accessoris millor, i sempre amb una figura en "T" abans de la connexió a la caldera per a evitar que els condensats i altres substàncies acumulades puguin anar a parar a l'interior de l'equip.

En la configuració del local tècnic o sala de calderes és important respectar les ventilacions reglamentàries, ja que pot haver-hi risc d'intoxicació i la caldera pot funcionar incorrectament si el cabal d'aire del local no és prou gran.

4.1.2. Consideracions tècniques

- El combustible de mala qualitat embruta ràpidament el gresol i disminueix el rendiment de l'equip.
- Les calderes tenen inèrcia tèrmica que se soluciona mitjançant sistemes d'evacuació de la calor.

- Es pot embussar l'orifici del gresol on hi ha la resistència d'encesa, cosa que impedeix l'encesa del sistema.
- Si el gresol o els passos de fums del bescanviador estan bruts perquè falta manteniment o bé per fallada o bloqueig dels mecanismes automàtics de neteja, es redueix el rendiment del sistema.
- La xemeneia ha de garantir l'estanquitat del conjunt i ha d'instal·lar-se de manera que se'n faciliti la neteja i eviti que els condensats i altres substàncies acumulades puguin anar a parar a l'interior de la caldera.

4.2. Especificacions de les calderes d'estelles

Les calderes d'estelles són pràcticament iguals a les de pèl·let, però acostumen a tenir sistemes d'alimentació i cremadors de dimensions més grans, atesa la baixa densitat i la mida més gran de les estelles.

A més, tindran sempre sistemes per a remoure el fons de la sitja, com ballestes, braços mòbils o terres mòbils. Si no hi són, l'estella tendeix a fer voltes al vis sens fi i, encara que aquest giri, el biocombustible no avança de manera adequada i no omple el cremador. Els sistemes pneumàtics d'alimentació, en aquest cas, no són d'aplicació i l'alimentació de la caldera es fa mitjançant vis sens fi amb més amplada de pas.

A causa d'aquests fets, les calderes d'estelles sempre tenen dimensions superiors, estan més reforçades i necessiten elements addicionals que acostumen a fer-les més cares en el seu conjunt.

El pèl·let té una humitat molt baixa, en canvi l'estella pot tenir una humitat molt variable, i aquest és un factor important a tenir en compte perquè el poder calorífic varia molt en funció d'aquesta humitat. En aquest sentit, cal vigilar que els nivells d'humitat de l'estella no superin mai els màxims permesos pel fabricant. Si no és així, el cremador treballa fred i tindrà una mala combustió.

Quant a la combustió, les calderes d'estella funcionen igual que les calderes per pèl·let, amb la diferència que han de gestionar els ajustaments necessaris segons la variabilitat en les característiques del biocombustible

que s'està utilitzant. Per això, és més important que la caldera disposi de sonda Lambda que permeti l'autoajustament entre uns límits establerts.

4.2.1. Instal·lació

S'han d'aplicar els mateixos criteris que en les calderes de pèl·let, però tenint en compte que els visos sens fi són més grans i això ens pot crear més dificultats en el muntatge. La sitja també serà més gran per a poder disposar de la mateixa autonomia i energia acumulada.



Fig. 4.2. Alimentació d'una caldera d'estelles. Es pot apreciar el vis sens fi (superior) que, provinent de la sitja, alimenta el vis propi de la caldera (inferior) i que modula l'entrada del combustible al cremador. El vis sens fi per estella és sensiblement més gran que el de pèl·let.

4.2.2. Consideracions tècniques

Els problemes habituals són els ja descrits per a la caldera de pèl·let, i també cal considerar que:

- Si es canvia de combustible a un altre de característiques diferents i no es reajusten adequadament els paràmetres de combustió, el rendiment del conjunt baixa.
- Les serradures no són estelles i és un material que s'ha de treballar amb molta cura, ja que fa augmentar molt el risc d'explosió. Hi ha poques calderes al mercat aptes per a cremar serradures.

4.3. Especificacions de les calderes de llenya clàssiques

Es tracta d'una tipologia de caldera que es fa servir des del segle XVIII, i que bàsicament està formada per una gran cambra de combustió que, al mateix temps, és la reserva de combustible. En models senzills, aquesta cambra és l'únic bescanviador que té la caldera. En models més sofisticats hi haurà un o dos passos de fums addicionals com a bescanviador.

En general, els rendiments són baixos i, per tal de tenir prou capacitat de combustible, la cambra de combustió cal que sigui més gran i això fa disminuir el rendiment, ja que baixa la temperatura de combustió. Alguns models no compleixen el mínim rendiment del 75% que demana el RITE per a instal·lacions de calderes.

El funcionament és totalment manual. S'obre la porta de càrrega, normalment per davant, i s'omple de biocombustible (normalment llenya, trossos de fusta, pinyes o similars). L'encesa i la retirada de cendres és sempre manual.

Atès que fa molt fum, a més de recollir les cendres, cal fer neteges del bescanviador sovint per a evitar pèrdues de rendiment. També cal netejar les xemeneies més sovint.

La majoria porten un regulador de tiratge manual a la xemeneia i/o una trapa per on es regula l'aire d'entrada, cosa que permet regular la potència. També podem trobar per a aquesta tasca un sistema mecànic. Aquest acostuma a ser un regulador termostàtic que, mitjançant una cadena, regula la trapa d'entrada d'aire. Això permet regular la combustió en funció de la temperatura de l'aigua. Si aquesta baixa, s'obre més la trapa, augmentant la combustió.

Les més sofisticades porten un ventilador forçat de tiratge, que pot estar comandat per un termòstat i engegar i parar segons la temperatura de l'aigua.

4.3.1. Instal·lació

Les consideracions indicades per a les altres tipologies de calderes es mantenen per a les calderes de llenya però, a més, en tractar-se d'evacuacions naturals de fum, cal dimensionar la xemeneia amb detall, amb prou altura i amb les mínimes desviacions i obstacles.

Cal recordar que aquestes calderes requereixen molt moviment de càrrega de llenya i neteja de cendra, i això fa que a l'hora de triar-ne la ubicació, s'han de preveure aspectes com els espais per a fer les càrregues amb comoditat o proximitat del nostre magatzem de llenya.

El sistema hidràulic més segur per a aquesta tipologia de calderes és mitjançant un vas d'expansió obert, a causa del volum de combustible que tenim al cremador i el poc control que es pot exercir sobre el procés de combustió. Això també comporta treballar amb circuits amb molt baixa pressió, amb la qual cosa l'instal·lador ha de tenir especial cura en instal·lar correctament les canonades, respectant sempre els pendents i dotant la instal·lació de sistemes de purga a tots els punts on hi hagi risc d'acumulació d'aire ja que, en haver-hi poca pressió, l'acció de purgar és més costosa.

4.3.2. Consideracions tècniques

- El bescanviador de la caldera s'embruta sovint i cal netejar-lo periòdicament. No fer-ho comporta un augment del consum de llenya i dificultat per arribar a les temperatures de confort que s'espera aconseguir.
- La xemeneia també cal netejar-la sovint per a evitar l'obstrucció del tiratge.
- La caldera sol·licita càrrega de llenya periòdicament, que si no s'abasteix deriva en no aconseguir el confort que es volia.

4.4. Especificacions de les calderes de llenya amb flama invertida

Les calderes de llenya amb flama invertida són similars a les de llenya clàssica, però amb una tecnologia més avançada i amb automatismes aplicats que salven les dificultats intrínseques a les calderes de llenya clàssiques, tot obtenint un rendiment òptim. La característica diferenciadora d'aquesta caldera és la separació física de l'espai de la cambra de combustible, on es troba la reserva de llenya, i la cambra de combustió. Amb aquesta separació s'aconsegueixen rendiments que poden arribar a superar el 90%.

L'encesa, que segons el model pot ser manual o automàtica, es produeix a la part baixa de la cambra de combustible, per on també accedeix el flux

d'aire primari. El cabal d'aire aportat és just el necessari per a iniciar el procés de combustió per la part baixa de la cambra de combustible. Es genera així prou brasa per arribar a un rang de temperatura (per sobre dels 300 °C) que converteix la llenya en gas combustible (gasificació de la llenya).

El gas s'introdueix a la cambra de combustió on es produeix la combustió completa a alta temperatura (entre 600 °C i 1.200 °C depenent del fabricant). Els gasos calents de la combustió s'envien, de manera forçada i mitjançant un ventilador, al bescanviador on es produeix el bescanvi tèrmic.

La regulació normalment es fa controlant l'encesa i apagada i la velocitat del ventilador de tiratge. A més, aportant més o menys cabal d'aire de primari, s'augmenta o es redueix el procés de gasificació. La regulació del cabal d'aire secundari permet controlar el nivell d'oxigen residual de la combustió i així optimitzar el procés (idealment mitjançant una sonda Lambda). Els sistemes actuals de control van des dels més senzills, on gairebé tota la regulació és manual, fins a sistemes més avançats que regulen l'aire de primari en funció de la potència i l'aire de secundari en funció de la qualitat de la combustió amb sonda Lambda.

4.4.1. Instal·lació

Les particularitats d'instal·lació són les pròpies a la resta de calderes de biomassa. Hi ha alguns models que incorporen un bescanviador intern, tipus "serpentí", que serveix per a tasques de refrigeració d'emergència. Aquest evacua l'energia de les inèrcies que es poden produir en el cas de fallida del subministrament elèctric i, a més, permet treballar amb circuits amb sistemes d'expansió tancats.



Fig. 4.3. Interior d'una caldera de biomassa per llenya amb flama invertida. Es pot apreciar la càmbra de càrrega de llenya just sobre la càmbra de combustió d'alta temperatura.

4.4.2. Consideracions tècniques

- Si a la càmbra de combustible apilem llenya tallada amb formes de prisma quadrangular pot succeir que s'impedeixi una bona circulació de l'aire de primari, cosa que impedeix una bona gasificació.
- Si la llenya és massa humida, tampoc es produeix una bona gasificació i produeix problemes d'oxidació.
- Si la llenya és molt densa (alzina, roure, olivera) es triga més temps en generar la base de brases, fent més llarg el procés d'encesa i l'arribada a potència nominal de la caldera. En canvi, un biocombustible més dens augmenta l'autonomia del sistema.
- Si la porta de la càmbra no està ben ajustada, el sistema de control falla produint problemes de sobretemperatura, ja que no pot reduir el cabal d'aire quan es necessita reduir la potència o quan es para el ventilador de fums, amb risc de formació de flames.

5 Sistemes d'emmagatzematge i alimentació

Els sistemes d'emmagatzematge del biocombustible són una de les particularitats pròpies dels sistemes de biomassa i que no tenen els sistemes que funcionen mitjançant combustibles fòssils clàssics. També és la causa habitual que les instal·lacions ocupin espais més grans i és una de les parts més complicades durant l'execució a causa del volum i de la rigidesa d'instal·lació.

5.1. Tipologies de sitges segons el material constructiu

Hi ha sitges prefabricades i sitges dissenyades i construïdes al detall per a una instal·lació en concret. Quan construïm una sitja al detall, el dimensionament que tingui estarà relacionat amb el sistema d'alimentació entre la sitja i la caldera.

A continuació es detallen algunes de les característiques més rellevants dels diferents tipus de sitges que hi ha al mercat:

5.1.1. Sitja prefabricada tèxtil

Es tracta de sitges fabricades amb diferents materials tèxtils resistents, amb una capacitat d'emmagatzematge limitada, compresa entre 1 i 5 tones. A l'hora de carregar-la de biocombustible s'ha de tenir cura en que la pressió del sistema pneumàtic de càrrega no superi la pressió tolerada pel fabricant.

El principal avantatge és el baix cost comparat amb el de les sitges d'obra. Es tracta d'un producte ja preparat de fàbrica per a un emmagatzematge de qualitat que evita les humitats. Té limitacions en capacitat d'emmagatzematge i també a l'hora d'accedir al seu interior per a fer-hi possibles tasques de manteniment.

5.1.2. Sitja prefabricada rígida

Es tracta de sitges prefabricades amb materials rígids com l'alumini, la fusta i el ferro. La seva capacitat és semblant a les anteriors, entre 500 i 6.000 kg

de biocombustible, però són més rígides i no les afecta tant la pressió de càrrega.

Són productes industrials en què el fabricant o proveïdor pot donar garanties sobre tots els requisits necessaris per a fer un emmagatzematge correcte. A més, acostumen a tenir un muntatge fàcil, ja que vénen desmuntades en peces per a facilitar-ne el transport. Per contra, el seu preu pot ser més elevat que el de les sitges tèxtils.

També hi ha sitges prefabricades preparades per anar soterrades, en què l'alimentació del biocombustible es fa a través d'una arqueta. Aquestes permeten salvar problemes d'espai, però s'han d'instal·lar amb molta cura per a evitar trencadisses per on es pugui filtrar humitat en un futur ja que, un cop soterrades, substituir-les és costós.

5.1.3. Sitja d'obra

Per sitja d'obra s'entén la sitja que s'ha dissenyat i executat al detall per a una instal·lació i unes necessitats concretes. Aquest serà el fet més comú per a instal·lacions que no siguin petites. Hi ha una gran varietat de materials de construcció que es poden fer servir per a construir una sitja (alumini, ferro, fusta, formigó), però sempre hauran d'evitar que el biocombustible absorbeixi humitats.

Així, segons es dissenyi la sitja, podrem tenir un tipus de càrrega o un altre (pneumàtic, per camió bolquet), a diferència de les prefabricades, que gairebé sempre només són adients per a càrrega pneumàtica i, per tant, per a biocombustibles granulats.

El fet de controlar-ne el disseny permet ajustar l'aprofitament de l'espai útil disponible per a emmagatzemar el biocombustible, però és imprescindible un bon assessorament per no obviar totes les característiques necessàries que ha de complir la sitja. Per exemple, si es dissenya una sitja per a càrrega amb bolquet, és possible que el camió que transporta el biocombustible s'aturi sobre el sostre de la sitja i, per tant, aquesta consideració s'ha d'internalitzar en el càlcul de càrrega de l'estructura de la sitja.



Fig. 5.1



Fig. 5.2



Fig. 5.3

Fig. 5.1 Local tècnic d'una instal·lació domèstica de caldera de biomassa amb sitja tèxtil

Fig. 5.2 Vista interior d'una sitja prefabricada en fusta. S'hi poden apreciar les rampes que condueixen el pèl·let al vis que es troba a la part central, a més de la lona amortidora

Fig. 5.3 Interior d'una sitja de gran capacitat, amb entrada de biocombustible a cota "0" i on es pot apreciar el registre d'accés a la sitja

5.2. Dimensionament de sitges

A continuació es presenten les passes que hom s'ha de plantejar en el disseny d'una sitja:

- Impermeabilització total de la sitja. Evitar categòricament humitats dins la sitja.
- Idoneïtat de sitges amb un alt grau d'estanquitat per a evitar pols en la descàrrega.
- Presa de terra a les boques de càrrega i sortida per a evitar qualsevol espurna a causa de l'electricitat estàtica.
- Posar gomes amortidores a la paret que suportin la pressió de les descàrregues.
- Evitar instal·lacions elèctriques dins la sitja. Això pot passar en alguns remenadors on el motor queda dins la sitja.
- Distàncies de la sitja al camió no superiors a 35 metres en el cas de fer servir pèl·let.
- Visor o sensor per a indicar la quantitat de pèl·let dins la sitja.
- Cal dotar la sitja d'un registre ignífug (normalment una porta per on pugui accedir un operari a l'interior de la sitja per a fer reparacions) capaç de suportar la pressió que el biocombustible hi exerceix. Caldrà col·locar fustes protegint el registre per la part interior de la sitja per a evitar aquestes sobrecàrregues i també per a evitar que el biocombustible vessi quan la sitja estigui plena i s'obri el registre.
- Utilització de filtres d'aire per la pols i/o extracció forçada.
- En sitges tèxtils, utilització d'extracció d'aire o descàrregues que no superin els 0,2 bar.
- Evitar sitges metàl·liques exposades al sol, per a evitar condensacions i possibles desgranaments en productes pel·letitzats.
- Facilitar l'accés als ràcords (o boques de descàrregues) a l'operari, per a evitar accidents i optimitzar el temps de l'operació.

- Evitar apropar l'entrada de pèl-let al límit del sostre de la sitja, ja que quan entra el pèl-let a pressió, per efecte d'aspersió del pèl-let, pot picar contra el sostre i desgranar-se.



Fig. 5.4 Interior d'una sitja d'obra on s'aprecien les rampes a 45° d'inclinació i el vis sense fi que extreu el pèl-let i el condueix a l'alimentació de la caldera



Fig. 5.5. Accés a una sitja d'obra. Les fustes són sempre necessàries per possibilitar el registre quan la sitja està carregada totalment o parcialment.

Per a calcular la capacitat de biocombustible i d'energia disponible dins la sitja cal fixar les variables següents:

- Densitat aparent del biocombustible.
- Poder calorífic inferior del biocombustible.
- Volum del biocombustible que ocupa dins la sitja.

- Factor de correcció del volum real per a sitges d'obra. No són líquids i la seva ocupació a la sitja no és total.

Biocombustibles granulats Factor: 0,8

Biocombustibles no granulats Factor: 0,7

Així doncs, l'energia continguda en una sitja vindrà donada per la fórmula següent:

Sitges amb terra pla

Per exemple, sitges amb terra mòbil, amb remenadors tipus ballesta o sistemes d'aspiració pneumàtica.

$$E_{total} = \rho_{combustible} \times PCI_{combustible} \times (A_{sitja} \times h_{combustible}) \times F_{combustible}$$

En què:

- E_{total} , és l'energia total que conté la sitja (kWh).
- $\rho_{combustible}$, és la densitat aparent del combustible (kg/m^3).
- $PCI_{combustible}$, és el poder calorífic inferior del combustible (kWh/kg).
- A_{sitja} , és l'àrea de la sitja (amplada x llargada) (m^2).
- $h_{combustible}$, és l'alçada a la qual arriba el combustible (m).
- $F_{combustible}$, és el factor de correcció segons la disposició del combustible dins la sitja.

Sitges amb rampes

Les sitges amb rampes són molt comunes quan el combustible és granulat, ja que les rampes s'encarreguen de conduir tot el combustible a la part inferior on coincideixen els dos pendents i on hi ha el vis sens fi que porta la biomassa cap a la caldera. D'aquesta manera, sempre està plena de combustible. Aquestes rampes tenen molta inclinació (fins a 45°) i inhabiliten bona part del volum real de la sitja.

$$E_{total} = \rho_{combustible} \times PCI_{combustible} \times (V_{sitja}) \times F_{combustible}$$

En què:

E_{total} , és l'energia total que conté la sitja (kWh).

$\rho_{combustible}$, és la densitat aparent del combustible (kg/m^3).

$PCI_{combustible}$, és el poder calorífic inferior del combustible (kWh/kg).

V_{sitja} , és el volum de la sitja tenint en compte les rampes (m^3).

$F_{combustible}$, és el factor de correcció segons la disposició del combustible dins la sitja.

Exemple de càlcul

- Casa de 150 m² amb consum de 3 tones de pèl-let/any.
- Volum de la sitja d'obra, comptant rampes: 4 m³.

Aplicant:

$$E_{total} = \rho_{combustible} \times PCI_{combustible} \times (V_{sitja}) \times F_{combustible}$$

$$E_{total} = 650 \text{ kg/m}^3 \times 4,8 \text{ kWh/kg} \times 4 \text{ m}^3 \times 0,8$$

- $E_{total} = 9,984 \text{ kWh}$
- Capacitat bruta de la sitja (pèl-let: 650 kg/m³): 2.600 kg.
- Capacitat neta, aplicant el factor de correcció: 2.080 kg.

Observacions:

- Depenent del consum i accessibilitat de la casa s'ha de validar que es disposa de prou autonomia amb aquests 2.080 kg per als mesos de consum màxim.
 - En qualsevol cas, entre 200 i 400 kg hauran de romandre a la sitja. Així, cada transport haurà de ser de 1.880- 1.640 kg aprox.
-

5.3. Sistemes d'alimentació

L'alimentació del biocombustible a la caldera depèn de la tipologia de sitja, de la seva posició vers la caldera i del tipus de biocombustible emprat. Els sistemes van des dels petits dipòsits adossats a les estufes i les calderes petites, amb càrrega manual, a sistemes pneumàtics o sistemes amb vis sens fi, que s'encarreguen d'anar subministrant el biocombustible al cremador de la caldera segons demanda.

A continuació, es detallen els diferents tipus de sistemes d'alimentació que es poden trobar en instal·lacions de biomassa.

5.3.1. Tremuja adjunta

És el sistema d'emmagatzematge i alimentació més elemental, senzill i econòmic. Consisteix en un simple receptacle, adossat a la caldera (o dins, com és el cas de les estufes i algun model de caldera), que permet una reserva de combustible per a poques hores o uns dies.

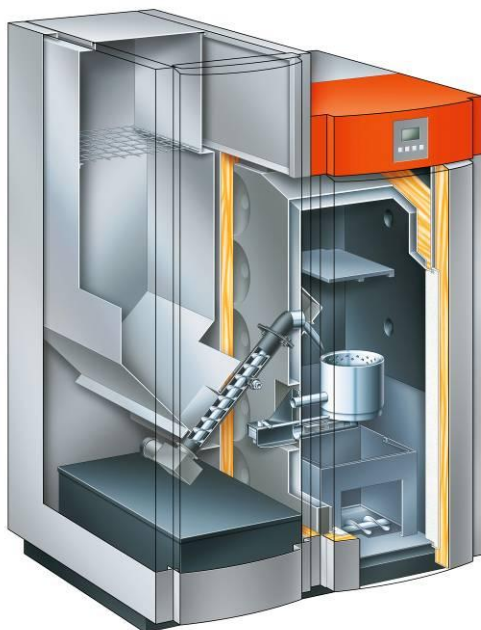


Fig. 5.6 Vista interior d'una caldera domèstica on es pot apreciar la tremuja adossada, amb el vis sens fi a la part baixa que alimenta el gresol.

Permet el funcionament automàtic del sistema, ja que el cremador pot agafar el combustible automàticament, sense que hi hagi d'intervenir l'usuari. L'usuari haurà de recarregar periòdicament la tremuja de manera manual.

El magatzem important de biocombustible típicament serà al garatge, o a un cobert, ja sigui en una pila de sacs o amb el mateix palet en què arriba amb el camió quan s'adquireix. És important vigilar que aquesta reserva de combustible no s'humitegi, ni que pugui provocar situacions de risc per foc.

Normalment s'usa en equips dissenyats per a combustibles granulats i de petita potència, com el pèl-let, el pinyol d'oliva i similars. És poc habitual en sistemes per estelles, ja que la seva autonomia seria mínima, a causa de la baixa densitat d'aquest biocombustible.

Normalment, a la base de la tremuja hi haurà un vis sens fi, que alimenta el cremador directament. Amb els sistemes de més qualitat i més segurs, aquesta alimentació es fa amb dos visos, un dels quals alimenta el vis sens fi del cremador mateix i, d'aquesta manera, es redueix el risc de retorn de foc.

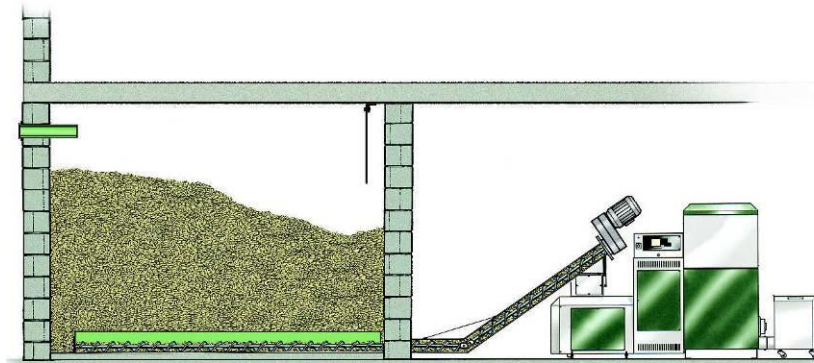
També per seguretat, és important que la tremuja tingui una tapa, i que sigui el més estanca possible. Això sempre reduirà el risc de retorn de foc.

5.3.2. Sitja amb vis sens fi

Com el seu nom indica, es tracta d'un cargol sense fi, ubicat entre la sitja i l'alimentació de la caldera, que s'encarrega d'alimentar el cremador de la caldera amb biocombustible, segons demanda.

La sitja s'habilita amb pendents que agrupen el biocombustible a la part de la base, on hi ha el vis sens fi. Aquest alimenta el cremador de la caldera segons demanda, directament o bé mitjançant un altre vis sens fi (el de la caldera que alimenta el cremador) o una tremuja intermèdia.

Fig. 5.7 El vis sens fi que surt de la sitja, puja per a carregar la tremuja adjunta a la caldera domèstica, de la qual s'abasteix el cremador.



Hi ha visos sens fi oberts i tancats. Els tancats s'alimenten per un extrem i calen quatre pendents per a alimentar-los de biocombustible. El vis sens fi obert només necessita dos pendents, cosa que ens permet aprofitar millor l'espai de la sitja com a magatzem.

Fig. 5.8 El vis sens fi obert admet l'alimentació de biocombustible en tota la seva longitud.



Fig. 5.8

Fig. 5.9 El vis sens fi tancat disposa d'un espai obert a la carcassa per on entra el biocombustible. La resta de recorregut està protegit d'agents exteriors.



Fig. 5.9

5.3.3. Sitja amb ballestes

La ballesta és un sistema de braços flexibles o articulats, ubicats dins la sitja, que van remouent el fons del dipòsit. D'aquesta manera es trenca l'efecte volta que pugui formar l'estella. Així, la ballesta és un bon sistema d'alimentació quan el biocombustible és estella. Aquest sistema també és compatible amb biocombustibles granulats i garanteix una bona alimentació del vis sens fi.

Amb un sistema de ballestes, la sitja no necessita afegir pendents per a garantir que el biocombustible es desplaci correctament al vis sens fi. En permetre un fons pla, s'aprofita millor el volum de la sitja, ja que són els braços de les ballestes els que permeten la bona distribució del biocombustible. Per tant, amb aquest sistema, s'augmenta l'autonomia de la sitja.

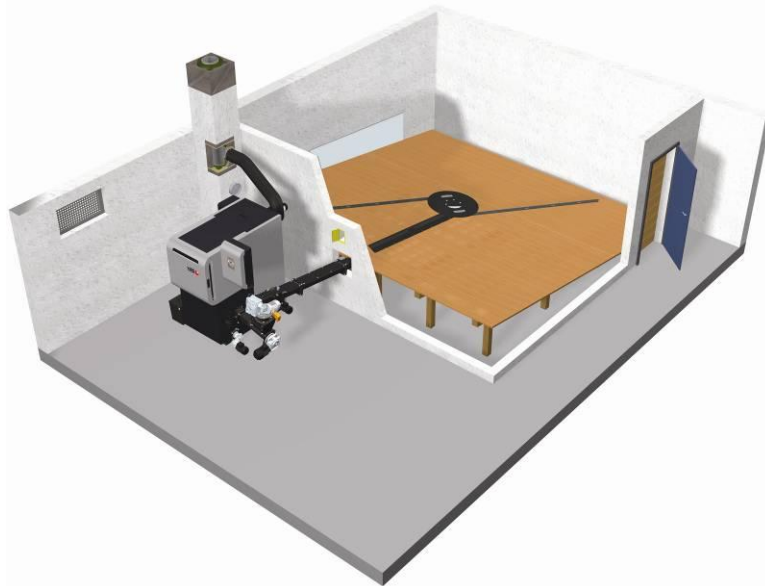


Fig. 5.10 Imatge d'una instal·lació de caldera de biomassa domèstica amb ballesta remenadora i accés protegit a la sitja.

La ballesta pot tenir el motor acoblat a la part baixa. Si és així, el motor queda, doncs, dins la sitja i, per tant, s'han de tenir en consideració les especificacions del RITE, que no permet cap instal·lació elèctrica dins del dipòsit de combustibles. Així, caldrà aïllar el motor de la ballesta perquè estigui clarament protegit quant al risc de foc.

És més habitual que el moviment de la ballesta estigui induït, mitjançant un reductor mecànic, pel moviment de l'eix del vis sense fi. Això permet que el motor quedi fora de la sitja i molt més accessible.

5.3.4. Sitja amb terra mòbil

La sitja amb terra mòbil permet grans acumulacions de biocombustible i és, per tant, una opció a considerar en instal·lacions de mitjana i gran potència.

El sistema es basa en unes peces al terra, de geometria dentada, que fan moviments de va i ve, fent avançar el combustible cap a un costat de la sitja. El moviment requereix grans forces i per això es fa mitjançant pistons hidràulics.

A la banda de la sitja on el terra mòbil acumula el biocombustible, hi ha un o més visos sense fi que, igual que en el cas anterior, alimenten finalment les calderes. En instal·lacions molt grans es pot trobar que els visos sense fi han estat substituïts per un sistema de pistons hidràulics de càrrega, que empenyen el biocombustible dins la caldera.

Fig. 5.11. Sitja amb terra mòbil. El mecanisme arrossega el pèl·let fins al fons de la sitja



Fig. 5.11

Fig. 5.12. A l'altra banda de la sitja es troben els visos sense fi que portaran el pèl·let fins a les calderes, a la sala contigua



Fig. 5.12

5.3.5. Sitja amb sistema pneumàtic

El sistema pneumàtic d'alimentació de sitges és el més habitual arreu d'Europa per a instal·lacions petites, a causa de la seva senzillesa i adaptabilitat en ubicacions a l'hora de subministrar pèl·let a la caldera.

El sistema pneumàtic consta d'un motor de compressió i de dues mànegues flexibles, d'un diàmetre aproximat de 70 mm, que es connecten a la part de la sitja on s'acumula el pèl·let. Una mànega és per on passa el biocombustible i l'altra s'encarrega de conduir l'aire que es trasllada amb el biocombustible de retorn a la sitja. A la caldera, normalment hi ha un cicló que separa l'aire del combustible i un ventilador que el suciona (extern o incorporat a la caldera) i el retorna a la sitja evitant que els fins que es generen s'acumulin a la caldera.

La sitja pot estar a una distància de 15 a 20 m, en horitzontal, de la caldera. Es limita la distància per a limitar alhora la força del compressor i evitar la creació de fins. La sitja i la caldera també poden estar a cotes diferents, però la pèrdua de càrrega en vertical és aproximadament tres vegades superior a l'horitzontal. Així es pot considerar que cada metre de desnivell equival a 3 m de recorregut horitzontal. És a causa de la poca alçada que poden salvar els sistemes pneumàtics que les sitges acostumen a trobar-se a la planta baixa o planta subterrani.

Fig. 5.13. Instal·lació de biomassa domèstica, amb sitja d'obra per a pèl·lets, on es pot apreciar la lona amortidora contraposada a les guillemines d'entrada del pèl·let i el sistema d'alimentació pneumàtic des del col·lector del vis sens fi fins a la tremuja adjunta a la caldera.



Per tant, el sistema d'alimentació pneumàtica permet més flexibilitat a l'hora de dimensionar els sistemes de biomassa. Algunes consideracions concretes són:

- En el recorregut de les mànegues del sistema pneumàtic s'ha de considerar les distàncies màximes per a evitar formació de fins per sobrepressions.
- Es poden combinar sitges amb dos o quatre pendents, depenent de si hi ha vis sens fi tancat o obert.
- A les sitges amb quatre pendents el biocombustible va a parar a la part central de la base de la sitja on s'ubica un petit col·lector del qual s'alimenten les mànegues de càrrega del sistema.
- La sitja tèxtil o *big bag* és equivalent a la sitja amb quatre pendents i té una tremuja incorporada a la seva part baixa on es pot ubicar el col·lector del qual s'alimenten les mànegues.
- També es pot combinar amb sistemes de dos pendents i vis sens fi, ubicant el col·lector al final del seu recorregut. Així es pot augmentar la capacitat de la sitja sense renunciar als avantatges en flexibilitat de disseny pròpies del sistema pneumàtic.
- És imperatiu, per seguretat, que les mànegues tinguin un fil conductor en espiral connectat a terra, amb l'objectiu de descarregar l'electricitat estàtica que es genera en friccionar l'aire. Aquests corrents poden ser molt elevats i provocar fortes espurnes, fins i tot visibles, amb el consegüent risc d'incendi en tractar-se de sistemes de combustibles. Aquesta obligatorietat està definida al RITE, en concret a la ITE 1.3.4.1.4.10.
- Quan es dissenyen o instal·len les mànegues, s'ha de procurar que tinguin un recorregut recte. S'han d'evitar corbes molt tancades que són un punt d'embussos i de desgast prematur del material.
- En la instal·lació de les mànegues, és aconsellable un ancoratge continu com, per exemple, safates d'instal·lacions, ja que els ancoratges separats i discontinus poden provocar onades quan el biocombustible passa per la mànega, si la instal·lació no és prou acurada.
- Els ancoratges del tipus "abraçadora" han de tenir una protecció antivibradora (estil abraçadora isofònica) per a evitar que el moviment continu de la mànega la desgasti prematurament.

- Quan les mànegues travessen espais no accessibles, murs o similars, el pas ha de ser conduït, de manera que es pugui substituir la mànega fàcilment.
- Quan les mànegues travessen murs que són separacions de foc, a més, cal posar anells de contracció antifoc.

Es dona una variant en els sistemes pneumàtics de càrrega quan la sitja és soterrada. Aquestes tenen com a particularitat que la sortida del pèl·let és per la part alta de la sitja, el que genera dues opcions per alimentar les mànegues: es pot posar l'extrem de la mànega aspiradora directament al fons de la sitja o es pot instal·lar un vis sens fi vertical que recorri tota l'alçada de la sitja i alimenti el col·lector, ubicat a la part alta. Aquesta darrera opció facilita resoldre embussos sense buidar la sitja.

Fig. 5.14. Instal·lació de biomassa domèstica amb sitja tèxtil. Aquesta és equivalent a una sitja amb quatre pendents, en què el pelet es recull en un col·lector a la seva base des d'on s'alimenta la tremuja adjunta a la caldera mitjançant un sistema pneumàtic



5.4. Exemples de locals tècnics

El disseny dels espais necessaris per encabir, al local tècnic, els equips que conformen una instal·lació de biomassa, el volum de la sitja i la tipologia de sistema d'alimentació són aspectes que s'han de definir clarament quan hom es planteja una instal·lació d'aquest tipus.

A continuació es presenten vistes de locals tècnics de biomassa que són únicament un exemple de les moltes possibilitats i variants que hi ha en el disseny d'instal·lacions de biomassa.

5.4.1. Local tècnic 1

El local tècnic de la figura 5.15 mostra una instal·lació de 50 kW per a calefacció i ACS amb la sitja fabricada a la mateixa cota que el local tècnic.

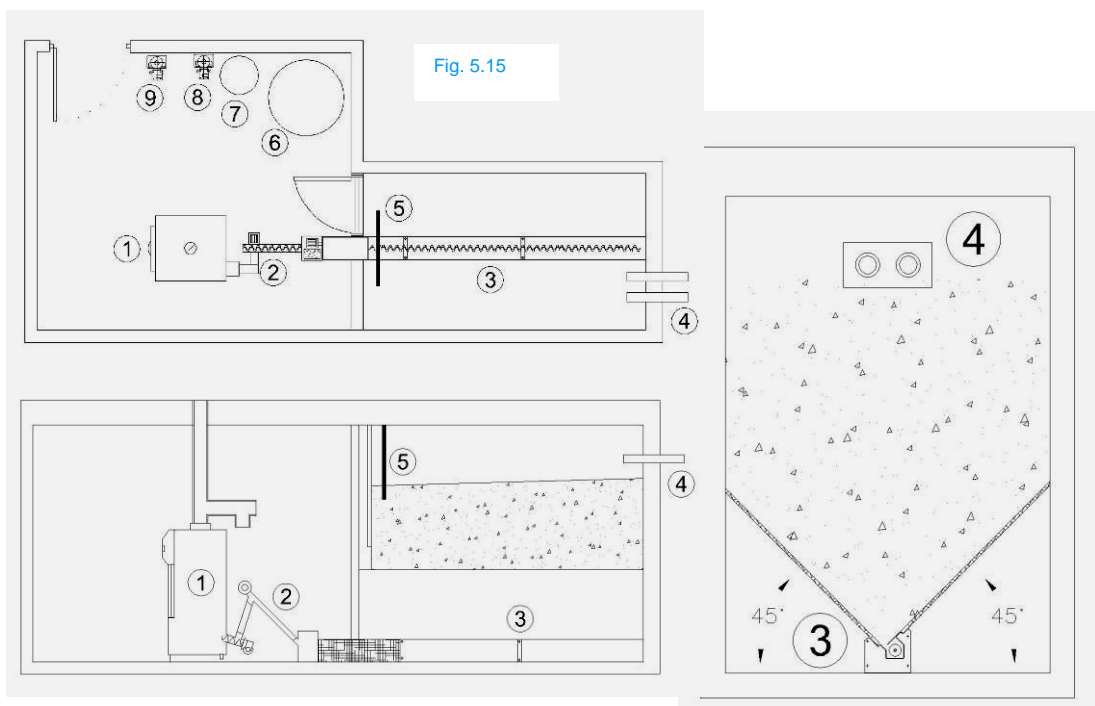
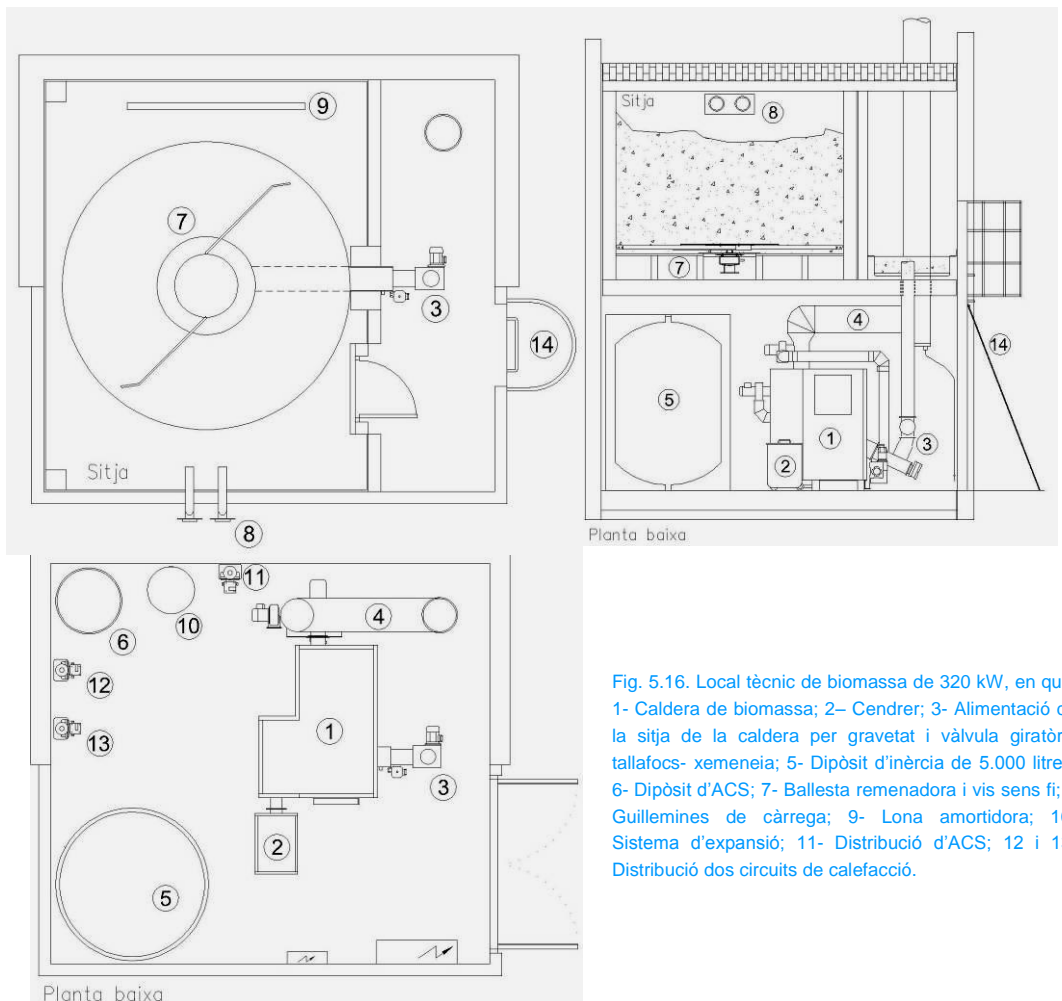


Fig. 5.15 Local tècnic de biomassa de 50kW, en què: 1- Caldera de biomassa; 2- Vis sens fi d'alimentació sitja-caldera; 3- Ramps de sitja i vis sens fi; 4- Guillemines de càrrega; 5- Lona amortidora; 6- Dipòsit inercial de 1.000 litres; 7- Dipòsit d'ACS; 8- Sistema de bombament per a la distribució de la calefacció; 9- Sistema de bombament per a la distribució de l'ACS.

5.4.2. Local tècnic 2

El local tècnic de la figura 5.16 mostra una instal·lació de 320 kW per a calefacció i ACS d'un edifici de serveis. Tant el local tècnic (planta baixa) com la sitja (planta alta) han estat dissenyats per a executar-los segons les necessitats del projecte. Aquesta variant inclou ballesta remenadora a la sitja, no per a fer servir estella sinó per a optimitzar el volum real disponible de la sitja, ja que la ballesta fa que no siguin necessàries les rampes de fusta interiors de la sitja.



Planta baixa

Planta baixa

Fig. 5.16. Local tècnic de biomassa de 320 kW, en què:
1- Caldera de biomassa; 2- Cendrer; 3- Alimentació de la sitja de la caldera per gravetat i vàlvula giratòria tallafocs- xemeneia; 5- Dipòsit d'inèrcia de 5.000 litres; 6- Dipòsit d'ACS; 7- Ballesta remenadora i vis sens fi; 8- Guillemines de càrrega; 9- Lona amortidora; 10- Sistema d'expansió; 11- Distribució d'ACS; 12 i 13- Distribució dos circuits de calefacció.

Fig. 5.16

6 Subsistemes de les calderes de biomassa

A continuació s'exposen els detalls de cadascun dels subsistemes particulars que són propis de la tecnologia de les calderes de biomassa.

6.1. Sistemes d'encesa

Hi ha diferents sistemes d'encesa propis de les calderes de biomassa, depenent del fabricant i model, i també del tipus de biocombustibles que s'utilitzi. És important tenir present que el moment de l'encesa és particularment important. És exclusiu de la tecnologia de biomassa i l'instal·lador d'aquests equips haurà d'estudiar i dominar aquesta tècnica, segons les especificacions del fabricant de l'equip, per a poder dur a terme la posada en servei de manera satisfactòria.

6.1.1. Encesa manual

És el sistema tradicional, més senzill i habitual en calderes que funcionen amb llenya i calderes molt senzilles. També s'utilitza en algunes calderes antigues de gran potència que funcionen en continu i no tenen necessitat d'encesa habitual.

En l'encesa manual s'introdueix una mica de biocombustible a la cambra de combustió, amb una mica de llenya més fina, i una mica de paper, i s'encén el foc, de la mateixa manera que en una llar de foc. El foc s'aviva fins que es propaga per tota la cambra de combustió i la caldera entra en funcionament.

6.1.2. Encesa per brases

Per tal de no haver de fer tota l'encesa completa manualment (o elèctricament) després d'un període curt sense demanda, moltes calderes, en lloc d'aturar-se totalment, mantenen una petita quantitat de biocombustible en combustió (en brases).

Les brases es mantenen, habitualment, engegant cada cert període de temps l'alimentació de biocombustible i el ventilador intern, per després tornar a la posició de repòs. D'aquesta manera es manté una mica de foc i s'evita que, quan hi torna a haver demanda, s'hagi de fer l'encesa des del principi.

L'altre avantatge de l'encesa per brases és que permet reaccionar amb més rapidesa a noves demandes de potència, respecte a cremadors totalment apagats. Aquesta opció pot ésser interessant quan els períodes de no demanda són molt breus respecte als períodes de demanda. Quan és el cas contrari, és a dir, que la caldera té més períodes d'inactivitat que no pas de funcionament, no és aconsellable per dos motius:

- El consum de combustible només per mantenir la brasa disponible pot ser molt elevat i no es du a terme cap tipus d'aprofitament tèrmic.
- Mantenir les brases equival a una combustió incompleta que fumeja molt i embruta, per tant, tot el recorregut de fums i del cremador mateix.

6.1.3. Encesa automàtica

Els sistemes d'encesa automàtica són els que permeten encendre el cremador sense que hi intervingui l'usuari. Hi ha dos sistemes d'encesa que són els més habituals; per resistència o per bufador.

L'encesa per resistència és el sistema d'encesa habitual en estufes i calderes domèstiques, ja que és el més econòmic i silenciós. El componen una o dues resistències situades estratègicament de manera que escalfen una petita part del cremador i del biocombustible. És un sistema fiable perquè l'únic risc de fallida en l'encesa es produeix si no hi ha prou tensió a la xarxa.

En alguns equips, l'encesa també es pot fer mitjançant bufadors. Són semblants als assecadors domèstics però mouen menys cabal d'aire a una temperatura molt més alta. És aquest cabal d'aire calent el que encén el gas combustible pujant la temperatura fins a la ignició. El sistema és més sorollós que no pas una resistència, però és una solució més fiable que acostumen a incorporar els equips més grans i cars.

El procés d'encesa automàtica es produeix habitualment segons les fases següents:

- Inicialment la cambra de combustible és buida i l'equip introdueix de manera automàtica la quantitat de combustible adequada segons les característiques del cremador.
- El sistema d'encesa de la caldera comença a pujar la temperatura a la cambra de combustible fins que, per gasificació, el biocombustible comença a produir una mica de fum (gas combustible).
- La temperatura va pujant fins que arriba a la temperatura d'ignició del gas combustible. Per a encendre el gas, no cal flama directa sinó una barreja de gasos combustibles a temperatura d'ignició, que volta els 270-280°C.
- De mica en mica, el foc es va estenent per tot el combustible del cremador. Per a facilitar aquest procés, normalment durant una estona, la caldera no introdueix nou biocombustible perquè en moure'l, es dificulta el procés. L'equip passa per un estat transitori en què la potència del sistema va augmentant fins arribar a la potència nominal.
- Es pot saber si hi ha flama comparant la lectura de la sonda de temperatura de fum amb la lectura de la temperatura d'aigua, ja que si la primera és superior a la segona, és senyal inequívoc que el biocombustible ja està cremant. En cremadors autònoms, és habitual que el sistema tingui una fotocèl·lula per a detectar si hi ha flama o no.

És molt important que la càrrega inicial de combustible sigui l'adequada. Si és insuficient o més del necessari, el procés d'encesa fallarà. A excepció de les calderes de llenya on la càrrega de combustible inicial s'ha de fer manual, a la resta, la càrrega és automàtica, però cal vigilar que, després d'una encesa fallida, s'hagi retirat tot el biocombustible ja carregat, per no tenir-ne en excés durant la nova encesa.

El procés d'encesa requereix conèixer bé la caldera per tal de reduir riscos, ja que hi pot haver un cert risc d'explosió si s'acumula massa biocombustible a la cambra de combustió, de manera que s'ofega l'encenedor i l'entrada d'aire. Això pot produir que, abans de sorgir la flama, es generi molt fum (que és gas combustible) que ompli la cambra de

combustió, el bescanviador i la xemeneia. El perill sorgeix si, arribats a aquest punt, s'obre la trapa de la cambra i entra aire (o entra aire per esclatxes pròpies de la caldera) produint una mescla en proporcions adients per a provocar una deflagració.

6.2. Sistemes automàtics de neteja

Per les característiques de la biomassa mateixa, sempre es formarà una petita part de cendra que inevitablement anirà a parar a parts internes de l'equip com el cremador o el bescanviador. A més, és freqüent que, amb el combustible arribi sorra, terra o altres elements que no cremen i que també s'acumularan. També succeeix que, si la combustió no és molt bona (perquè l'equip no és prou sofisticat o a causa de processos d'encesa i apagada poc acurats) es generen fums que produeixen acumulacions de quitrà i altres substàncies que s'adhereixen a les parts internes de l'equip. Aquestes acumulacions de substàncies no volgudes, primer redueixen el rendiment i, en darrera instància, poden arribar a col·lapsar el sistema.

Una manera de netejar aquestes substàncies no volgudes és manualment (habitual en equips senzills), però no és adient que una caldera que pot alimentar-se sola i funcionar indefinidament de manera autònoma, es quedi aturada o vagi malament per la brutícia. Per tal de resoldre aquest problema, moltes calderes disposen d'elements que també permeten automatitzar o facilitar la neteja.

6.2.1. Neteja del bescanviador

El bescanviador és l'element de la caldera que permet fer la transferència d'energia tèrmica del cremador a l'aigua del circuit. A mesura que s'embruta, perd transmissivitat i, per tant, no es pot traslladar tota l'energia del cabal d'aire de primari. Això deriva en que aquests fums de sortida pugen de temperatura i baixa el rendiment.

El sistema més habitual per a la neteja de bescanviadors en calderes grans són els equips d'aire comprimit interns que periòdicament bufen tots els conductes. Aquest sistema neteja les cendres i evita la formació de dipòsits de brossa, però no és tan efectiu amb incrustacions com les produïdes pel quitrà.

Un altre sistema de neteja dels bescanviadors és mitjançant uns rascadors, també anomenats turbuladors, que són elements mòbils, amb forma d'espiral, ubicats a l'interior dels tubs de pas de fum. Aquests es mouen provocant el desplaçament i la caiguda de cendres i creen turbulència, cosa que augmenta el rendiment de bescanvi. L'accionament dels turbuladors pot ser manual, mitjançant una palanca, en els sistemes més senzills, o comandats per un motor automatitzat en sistemes més sofisticats.



Fig. 6.1. Vista superior de la sortida de fums del bescanviador d'una gran caldera de biomassa, en què es poden apreciar els turbuladors, encarregats de fer caure la cendra i augmentar el rendiment de bescanvi del conjunt.

6.2.2. Neteja del cremador

Al cremador s'hi poden dipositar restes derivades d'una mala combustió, sorres i altres substàncies que, amb el foc, es fonen i, en refredar-se, se solidifiquen, obturant els passos d'aire. Això pot provocar una baixada de rendiment fins que, finalment, el cremador es col·lapsa totalment.

Per a netejar-lo hi ha sistemes adaptats a cada cremador, però els més típics són els rascadors, les trapes mòbils i els vibradors.

També és a la base del cremador mateix (formada per peces mòbils) que els cremadors anomenats de graella mòbil -habituals en calderes grans-, a més de fer avançar el combustible, en fregar entre peça i peça, també es netegen.

6.2.3. Recollida de cendres

L'eliminació de les cendres es pot fer de manera manual, normalment extraient el calaix de cendres o, si l'equip no disposa de cendrer extraïble, mitjançant un aspirador.



Fig. 6.2. Imatge de caldera de biomassa on es destaca el sistema de recollida de cendres. Es pot observar la graella mòbil sota el cremador que empeny la cendra cap a un vis sens fi que la porta finalment al cendrer.

Hi ha, però, sistemes automàtics per a recollir cendres mitjançant un vis sense fi directament a la cambra de combustió, que porta la cendra fins a un contenidor exterior.



Fig. 6.3. Sistema de recollida de cendres d'una caldera de gran potència. Es pot observar com un vis sense fi porta la cendra produïda a la caldera a un cubell habilitat amb aquesta finalitat.

Hi ha models avançats de calderes que aturen el funcionament quan detecten que el dipòsit és ple i les cendres no han estat retirades.

En alguns casos, les calderes generen una quantitat gens menyspreable de cendres i per això caldrà preveure un servei de retirada mitjançant una empresa mantenedora i/o responsable de manteniment.

Hi ha sistemes que condueixen les cendres a contenidors més grans i que permeten ampliar els intervals de buidat.

6.3. Sistemes de control de cremadors

Les calderes de pèl·let i estelles disposen habitualment de sistemes de control incorporats que poden tenir des d'aplicacions simples per al funcionament de l'equip, a aplicacions que permeten controlar tots els elements d'una instal·lació.

6.3.1. Control tot o res

Un sistema de control tot o res és el més senzill que hi ha. En aquests casos, l'encesa és manual i no hi ha un termòstat de posada en servei per al

conjunt de vis sens fi i el sistema d'aportació d'aire en funció de la temperatura. El sistema ho engega tot en cas d'haver-hi demanda i s'atura quan arriba a la temperatura de consigna que es pretén aconseguir.

Altres sistemes de control una mica més sofisticats, però igualment tot o res, admeten activar de manera delimitada i periòdica el vis sens fi que alimenta el cremador i el ventilador, per mantenir biocombustible en brases i evitar que la caldera pari del tot. El vis sens fi es pot regular per "temps de funcionament o temps d'espera" (a més temps de funcionament, més potència) o fins i tot es pot regular la velocitat de càrrega que es vulgui mitjançant un variador mecànic. La quantitat d'aire d'entrada es regula manualment, pel que aquesta variable queda fixada i no és possible optimitzar el procés de combustió.

Aquests sistemes de control són econòmics, però sacrifiquen l'eficiència del procés de combustió sempre que l'equip no es trobi a plena potència i amb la flama i la temperatura de cremador estabilitzada.

6.3.2. Control per etapes

Aquests sistemes de control gaudeixen de millor electrònica que els sistemes tot o res. Accepten enceses automàtiques i programació de diferents cicles de marxa-aturada del vis sens fi. Aquests cicles, o etapes (normalment entre 3 i 5), acostumen a correspondre a diferents potències de servei.

El funcionament del vis sens fi es regula electrònicament per temps, cosa que permet augmentar-ne la precisió. La velocitat del ventilador també es regula electrònicament; cada etapa té assignada una velocitat optimitzada a la càrrega de biocombustible necessitada. En funció de la temperatura mesurada i la que volem, va canviant d'una a altra potència per adequar-la a la necessitat.

Així, el control per etapes permet controlar l'aportació de la caldera en funció de la temperatura que hi ha al recinte i la temperatura que es vulgui en cada moment. Com que tenen un rang de potències disponibles, si la caldera està ben dimensionada, podrà treballar molt més temps entre aquestes potències, sense necessitat de parar. Només, si a potència mínima encara sobra potència (o ja no hi ha demanda) haurà de passar a manteniment de foc, o aturar-se si té encesa automàtica.

Com a resultat d'aquesta millora de control, tenim un millor rendiment global i menys brutícia acumulada al cremador i al bescanviador.

6.3.3. Control modulant

El control modulable funciona similar al control per etapes, però no salta d'etapa a etapa en funció d'unes potències fixes, sinó que ho fa en tot un recorregut de potències delimitat. Així doncs, varia de manera contínua els cicles de parada i marxa del vis sens fi per adaptar la càrrega de biocombustible a les necessitats concretes de potència en funció de la temperatura real de l'espai a calefactar i la potència de consigna que es vulgui. El cabal d'aire d'entrada també es regula de manera contínua, o bé regulant la força dels ventiladors o les trapes d'aire. En aquests sistemes de control és habitual que el sistema d'encesa també sigui automàtic.

Una particularitat que pot tenir un sistema de control modulant, i que és un valor afegit al funcionament de l'equip, és la modulació també en funció de les lectures d'oxigen residual durant la combustió que aporta la sonda Lambda. Davant d'un excés d'oxigen a la combustió, es baixa l'entrada de cabal d'aire del secundari o s'augmenta lleugerament l'entrada de biocombustible, i a l'inrevés en el cas de dèficit d'oxigen. Així s'aconsegueix corregir automàticament les petites variacions de les característiques del biocombustible sense perdre rendiment ni que l'usuari hi hagi d'intervenir.

7 Sistemes hidràulics amb calderes de biomassa

Els circuits hidràulics vinculats a una instal·lació de biomassa són els propis de qualsevol sistema de calefacció i producció d'aigua calenta sanitària amb calderes de combustibles fòssils convencionals. Tot i així, hi ha petits matisos que cal tenir en consideració.

7.1. Dipòsit d'inèrcia

Les calderes de biomassa regulen la seva potència en funció de la seva pròpia temperatura i la necessitat de demanda. Així, si no tenen demanda s'aturen, cosa que deriva en una baixada de rendiments a causa del règim estacionari d'aturada i encesa.

Una bona opció, especialment en èpoques de l'any on la demanda de calor sigui baixa (per exemple, quan només hi ha consum d'ACS), o quan la demanda és intermitent i de poca durada, és dotar el circuit de calefacció d'un dipòsit inercial.



Fig. 7.1. Instal·lació de biomassa domèstica amb acumulador d'inèrcia.

Caldrà la instal·lació al dipòsit de dues sondes de temperatura, una a la part alta i una a la part baixa. La caldera mantindrà la seva aportació fins que el dipòsit estigui totalment calent, és a dir, quan la sonda de la part baixa arribi a les lectures de temperatura a què es vol arribar. La caldera no tornarà a fer aportacions al dipòsit fins que la sonda de la part alta no arribi als rangs de temperatura mínima de consigna d'acumulació.

D'aquesta manera s'allarguen els cicles de treball de la caldera, s'eviten engegades i aturades i es millora significativament el rendiment del sistema.

Encara es poden millorar més els rendiments si el dipòsit d'inèrcia està dotat de sistemes que facilitin l'estratificació interna, ja que permeten tenir aigua calenta a la part alta, que és la zona que serveix cabal a la impulsió del circuit, i tenir temperatures sensiblement inferiors a la part baixa del dipòsit, sense necessitar que la caldera entri en funcionament.

7.2. Consideracions de seguretat al circuit hidràulic

Una caldera de combustibles fòssils convencionals, quan no té demanda, acostuma a tallar l'alimentació de combustible al cremador, i aquest s'apaga immediatament. L'única inèrcia que hi ha és l'energia acumulada al cos de la caldera, que és mínima.

Però amb calderes de biomassa, especialment en calderes amb cremadors grans o les de llenya manual, es genera inèrcia tèrmica ja que, quan de cop deixa d'haver-hi demanda de consum i es tanquen de cop tots els termòstats de la casa, encara hi ha biomassa en combustió que no es pot apagar.

Una opció per a pal·liar la inèrcia és enviar aquesta calor residual al dipòsit inercial. Una altra és forçar durant un temps, o mentre la caldera estigui per sobre d'una temperatura preestablerta, el funcionament d'un o de diversos sectors de calefacció, a tall de circuit dissipador.

També cal considerar que un tall en el subministrament elèctric provocarà l'aturada de tots els mecanismes actius de la caldera i del circuit hidràulic. El que sí que es mantindrà és el tiratge natural de la caldera i, per tant, la combustió i l'aportació de calor, tot i que més baixa que funcionant en règim nominal. Aquestes particularitats, segons s'explica en els apartats següents, es pal·lien mitjançant sistemes de vas d'expansió obert i circuits de refrigeració d'emergència.

Una altra particularitat per a mantenir la seguretat del circuit és la ubicació de la vàlvula de seguretat de sobrepressions. A totes les instal·lacions de calefacció per aigua cal instal·lar-hi una vàlvula de seguretat que protegeixi els equips de sobrepressions perilloses. Una causa típica que vessin aquestes vàlvules és la dilatació de l'aigua per l'augment de temperatura en engegar la caldera. En els sistemes amb calderes de biomassa, a part de la sobrepressió, cal vigilar possibles sobreescalfaments de la caldera, que poden arribar a temperatures per sobre dels 100°C.

Cal instal·lar la vàlvula de seguretat tan a prop com sigui possible de la sortida d'aigua calenta de la caldera, a la part alta del circuit i conduir la sortida, mitjançant una conducció que resisteixi temperatures per sobre dels 100°C, a un desguàs o recipient especial amb aquesta finalitat. Així aconseguim mitigar aquests sobreescalfaments, a causa de que la vàlvula deixarà escapar fluid (o vapor), i deixarà pas a l'entrada d'aigua més freda per la part baixa del circuit.

Si la vàlvula s'instal·la lluny de la caldera o a la part baixa, aquesta continuarà sobreescalfant-se, cosa que pot derivar en que la caldera s'ompli de vapor a la part alta, tallant el pas d'aigua i, per tant, sense refrigeració. Això pot derivar en deformacions de la caldera, especialment si és de fosa.

7.3. Circuits oberts

El vas obert és el sistema més antic que es fa servir per a evitar sobrepressions i, mentre no falti fluid, també és el més segur. Mentre la caldera estigui banyada d'aigua, la calor excedent es dissiparà generant vapor. No és la situació ideal, però mentre no falti aigua i el vapor pugui sortir lliurement, no és perillós.

El volum del vas d'expansió haurà de ser proporcional a la potència de la caldera, més específicament a la quantitat d'energia inercial que la caldera pugui generar. El volum computable no és la capacitat del total del vas sinó el volum d'aigua fins a l'alçada de la boia. També s'aconsella, per a augmentar-ne la vida útil, que el vas sigui d'acer inoxidable i que els accessoris de càrrega tolerin temperatures per sobre dels 100°C.

El diàmetre mínim de la canonada de connexió del vas d'expansió serà d'una polsada i la de retorn, de mitja. La impulsió haurà d'entrar per la part baixa i a la banda oposada a la sortida, que serà per la part alta del vas.

Com que el vas acostuma a estar en llocs de difícil accés per a l'usuari, cal una aixeta de tall de l'alimentació al vas, normalment oberta, en un lloc accessible per a l'usuari, per si la boia falla i comença a vessar. És recomanable posar un rètol que indiqui la funció d'aquesta aixeta i que ha d'estar oberta per a fer funcionar el sistema.

El vas s'ha d'instal·lar de manera que, si vessa, l'aigua (o vapor) es pugui evacuar sense crear problemes. També cal que el vas tingui tapa, ben fixada, per a evitar l'entrada de brutícia.

En la instal·lació del vas d'expansió, les alçades relatives també s'han de vigilar. La diferència d'alçada entre el vas d'expansió i la part alta de la caldera indicarà la pressió a la qual es troba aquesta i, per tant, la temperatura a la qual s'iniciarà la creació de vapor (a més pressió, cal més temperatura per al canvi de fase de l'aigua). Cal consultar les recomanacions de pressió mínima del fabricant. Una cota de referència mínima aconsellable és de tres metres.

Exemple: si tenim la mateixa cota entre la caldera i el vas d'expansió, no hi ha pressió; per tant, es generarà vapor a 100°C a nivell del mar. Si tenim 5 m de cota, tenim 0,5 kg/cm² de pressió i, per tant, es generarà vapor a 110°C, cosa que ens dóna un marge addicional de seguretat.

Una altra cota relativa a vigilar és la de la unitat terminal calefactora més elevada. L'alçada mínima entre aquest i el vas influeix en la pressió al circuit. Si no tenim un mínim de dos metres de diferència de cota, la pressió a la unitat terminal serà tan baixa que la tensió superficial de l'aigua farà que no es pugui purgar el sistema.

En circuits amb vas obert també cal instal·lar la vàlvula de seguretat, per si el vas es congela o s'obtura i no pot fer la seva feina.

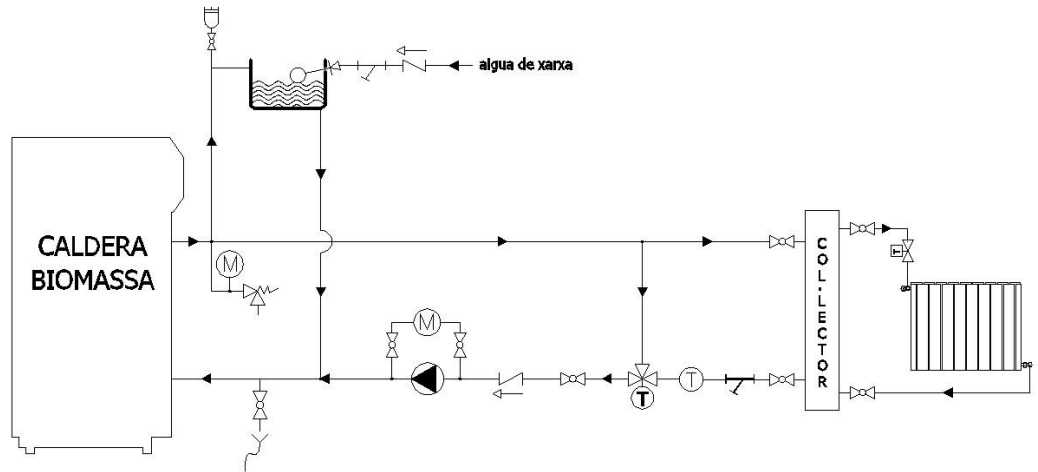
En la instal·lació de canonades, en tractar-se de circuit amb poca pressió, és especialment important executar la instal·lació respectant els pendents, evitant figures brusques i dotant el circuit de tants purgadors com calgui.

Amb el vas d'expansió obert no es pot fer servir terra radiant com a unitat terminal de manera directa, ja que no es podria purgar el circuit. Cal, doncs, separar la instal·lació en dos circuits mitjançant un bescanviador de plaques.

En casos en què combinem una caldera que hagi de treballar amb vas d'expansió obert i, per tant, a molt baixa pressió, amb un altre generador de

calor que treballi amb pressió normal ($1-2 \text{ kg/cm}^2$), és necessari un bescanviador que permeti transferir la calor d'un sector a l'altre sense mescla de fluids. El circuit amb vas d'expansió obert serà la part més reduïda possible, i la calefacció sempre treballarà al costat de la pressió per a evitar problemes de purga i corrosió.

Fig. 7.2. Esquema bàsic d'instal·lació en circuit obert. Es pot dotar la instal·lació d'un bescanviador previ a la distribució de radiadors, en cas de dificultats amb les alçades relatives o instal·lació de terra radiant.



7.4. Circuits tancats

Com ja s'ha anat comentant, la principal diferència en els circuits tancats amb generadors de biomassa és la necessitat de controlar la inèrcia que es genera, que ens obliga a plantejar un sistema de refrigeració d'emergència.

Aquest consisteix bàsicament en un serpentí banyat per l'aigua del bescanviador de la caldera mateixa, pel qual, quan cal refrigeració d'emergència, fem passar aigua de la xarxa i l'enviem al desguàs, extraient calor per a evitar un sobreescalfament.

El flux de circulació de l'aigua de refrigeració, es controla amb una vàlvula termostàtica mecànica, que té el seu sensor en una beina dins la caldera. Quan la temperatura passa de la de consigna (95-100°C), la vàlvula deixa passar aigua fins que el sistema es refreda. Perquè el circuit funcioni correctament, cal tenir aigua de refrigeració en el cas de tallada del subministrament elèctric, ja que en aquestes circumstàncies també augmenta el risc de sobreescalfaments a la caldera.

7.5. Exemples hidràulics

7.5.1. Instal·lació domèstica amb ACS i calefacció per radiadors

Un cop resolt el sistema d'emmagatzematge i d'alimentació de la caldera, les instal·lacions domèstiques amb calderes de biomassa són pràcticament idèntiques que les que tenen calderes de gas.

Una primera diferència és que la caldera de biomassa, a diferència de les calderes mixtes de gas, no produeix ACS de manera instantània, sinó que necessita el suport d'un dipòsit de preparació d'ACS. Segons es pot apreciar a la figura 7.3, el dipòsit d'ACS se situa en paral·lel a la distribució del circuit de calefacció i té prioritat sobre aquest. En tractar-se d'una instal·lació domèstica, la inèrcia no és tan important, ja que la quantitat de biomassa que pot quedar en combustió un cop tallada la demanda és petita. Tot i així, hi ha un circuit de seguretat per a refredar la caldera que s'alimenta directament d'aigua de xarxa, comandat per una vàlvula motoritzada de dues vies.

A més, per tal d'evitar condensacions dins la caldera, s'instal·la una vàlvula de tres vies al retorn amb l'objectiu d'evitar que el fluid caloportador entri a la caldera per sobre dels 60-65°C.

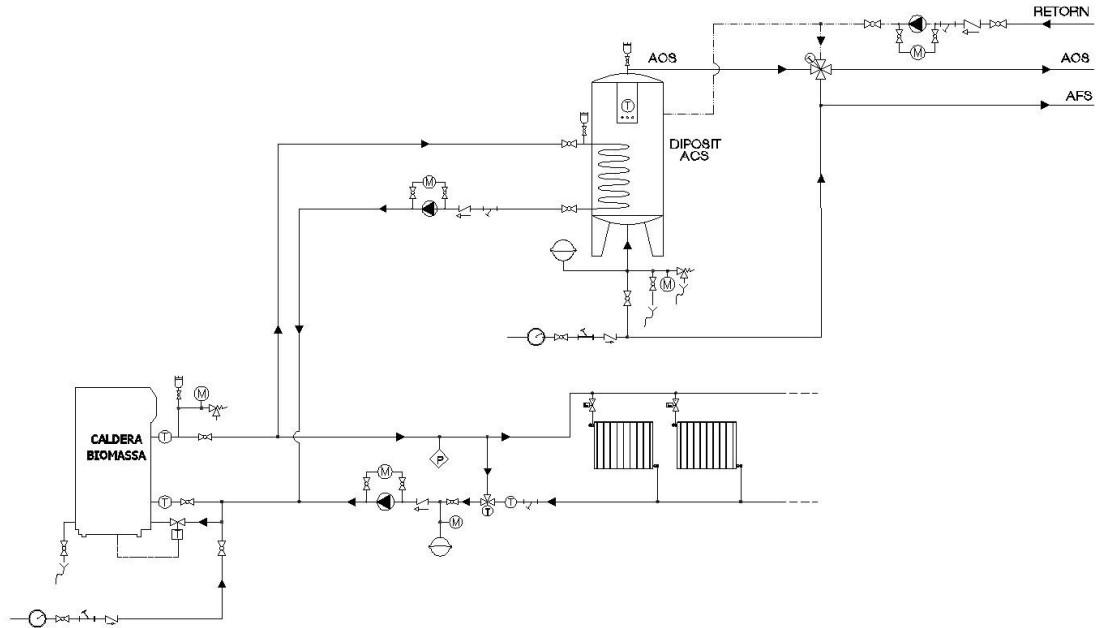
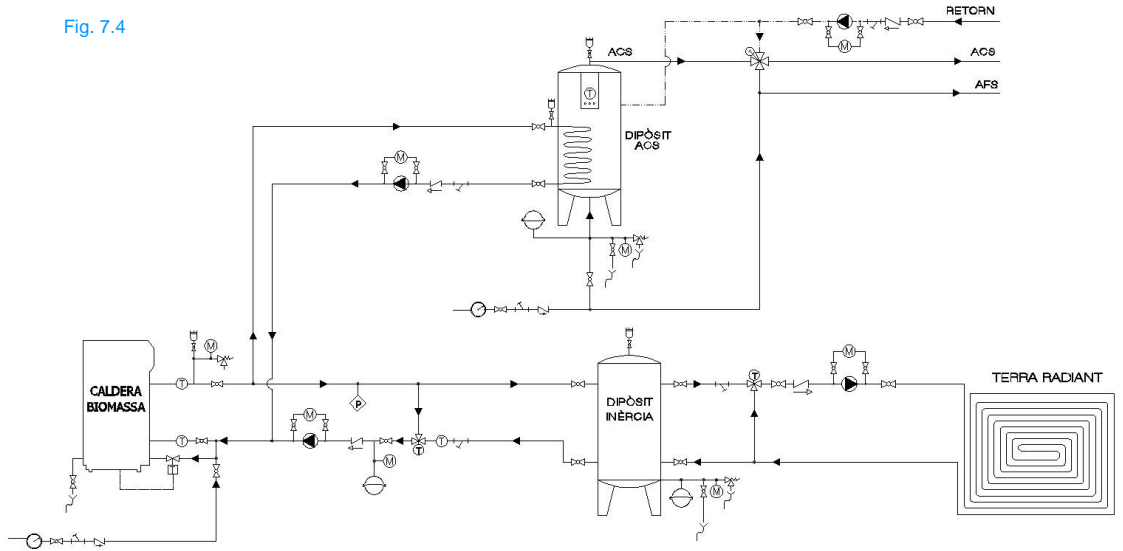


Fig. 7.3

7.5.2. Instal·lació domèstica amb ACS i calefacció per terra radiant

La diferència d'aquest esquema respecte a l'anterior és que les unitats terminals calefactores són de baixa temperatura (terra radiant). Així és necessari instal·lar un dipòsit d'inèrcia (que també augmenta la seguretat del conjunt) on es prepari l'energia necessària pel terra radiant i permeti a la caldera treballar als seus rangs habituals de temperatura (impulsió a 80°C, retorn a 60-65°C).

Fig. 7.4

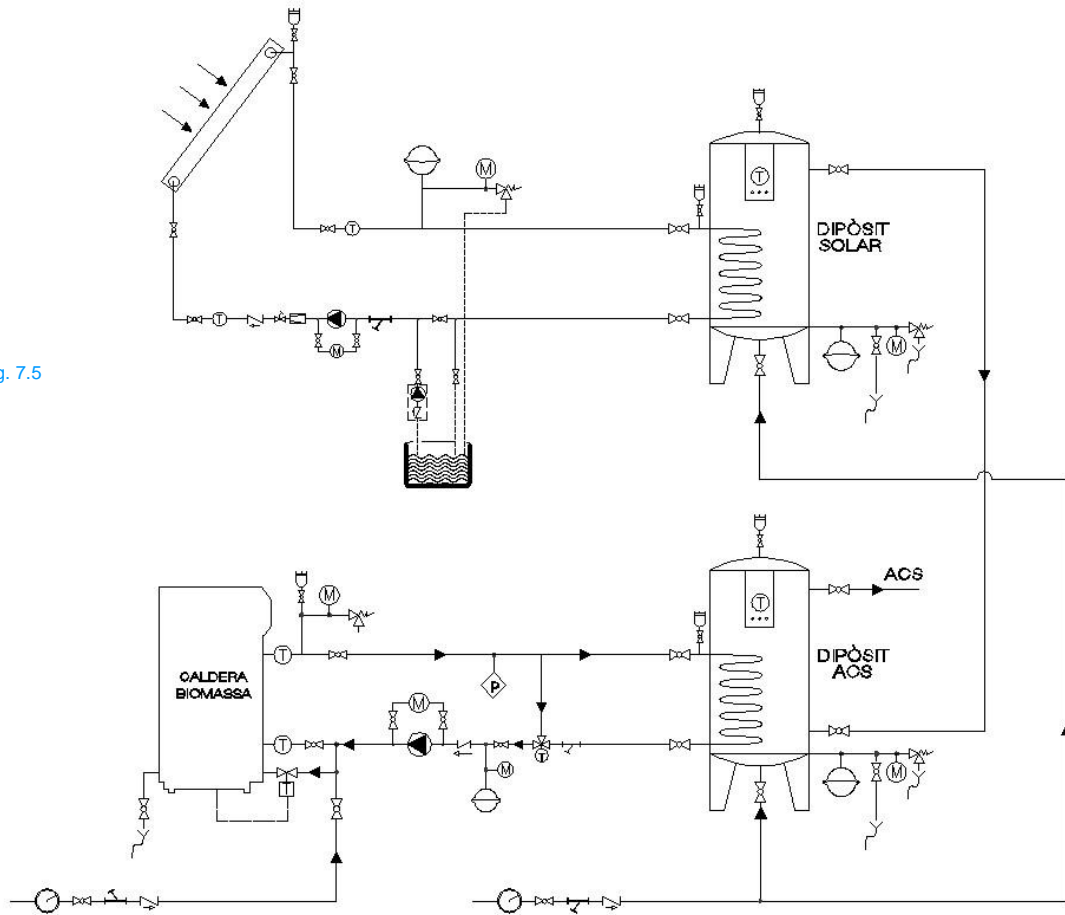


7.5.3. Instal·lació domèstica amb biomassa i energia solar tèrmica

L'energia solar es combina excel·lentment amb les instal·lacions de biomassa, ja que n'aconsegueix maximitzar el rendiment tot estalviant costos en biocombustible. Hi ha moltes variants d'esquemes on l'energia solar pot donar suport a l'ACS i/o a la calefacció d'un habitatge. A la figura 7.5 es representa l'esquema de suport solar en la producció d'ACS. El circuit de calefacció surt del circuit de la caldera en paral·lel, de la mateixa manera que en els darrers esquemes.

Donant suport a la producció d'ACS amb energia solar evitarem règims baixos de funcionament a la caldera de biomassa durant les temporades sense demanda de calefacció. L'energia solar produirà entre el 50% i el 100% de la demanda d'ACS (segons temporada i potència del camp de captació solar) i evitarà que la caldera s'engegui i s'aturi sempre que algun usuari faci servir l'aigua calenta.

Fig. 7.5



7.5.4. Instal·lació de biomassa amb el suport de fonts convencionals

També es pot donar suport a la instal·lació amb calderes que s'abasteixen de fonts convencionals com el gas o el gasoil. En aquest cas es dona prioritat a la caldera de biomassa i la caldera convencional només entra en funcionament com a suport quan hi ha puntes de consum. La figura 7.6 mostra aquest esquema per a una instal·lació de potència mitjana, on l'ACS té un sistema de recirculació i el circuit de calefacció un volum d'inèrcia que donarà seguretat al conjunt i optimitzarà el rendiment dels equips generadors.

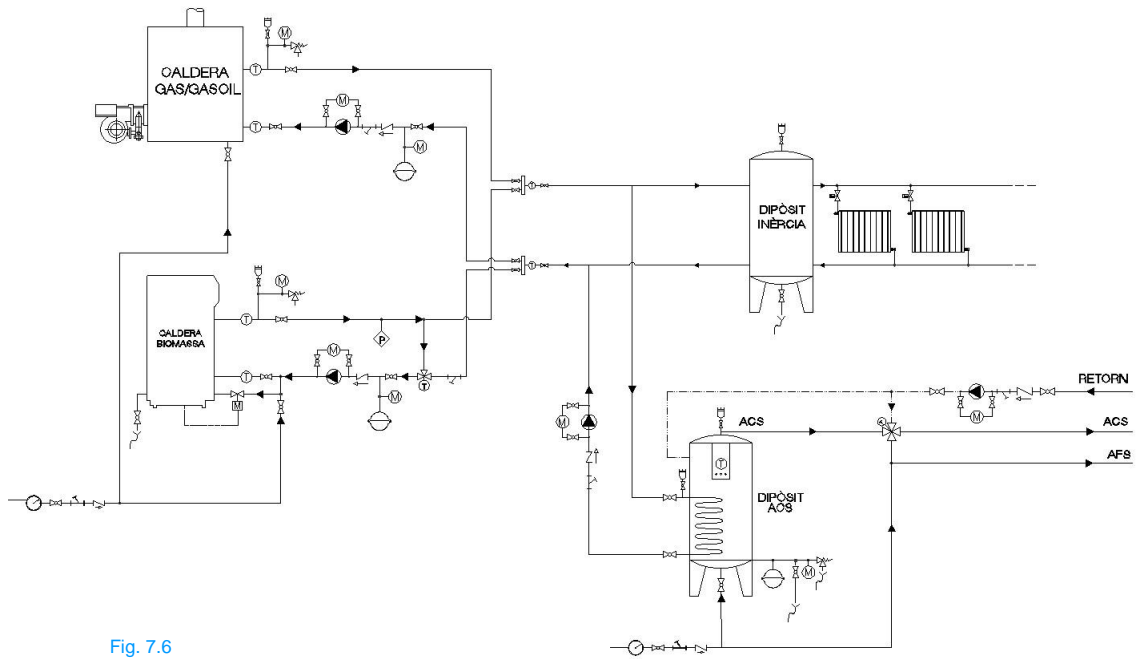


Fig. 7.6

7.5.5. Instal·lació central de biomassa

Quan les instal·lacions són mitjanes o grans és habitual instal·lar més d'una caldera per assegurar que, en cas d'avaria, l'edifici no es quedi sense servei de calor. En l'esquema de la figura 7.7 es representa un local amb dues calderes en paral·lel, cadascuna amb una potència capaç de cobrir el 70% de la punta de demanda calculada per a l'edifici. Aquestes calderes treballen de manera alterna i només sumen potències quan hi ha punta de demanda. Així també s'aconsegueix optimitzar el règim estacionari dels equips, ja que el rendiment de la caldera serà més gran quan augmenti també el seu règim de funcionament en continu.

El dipòsit d'inèrcia fa també de compensador hidràulic i és vital per a la seguretat de la instal·lació i per a garantir el confort dels usuaris. Del dipòsit sortirà el circuit de distribució de l'energia, que també podrà donar servei a un dipòsit de preparació d'ACS si escau.

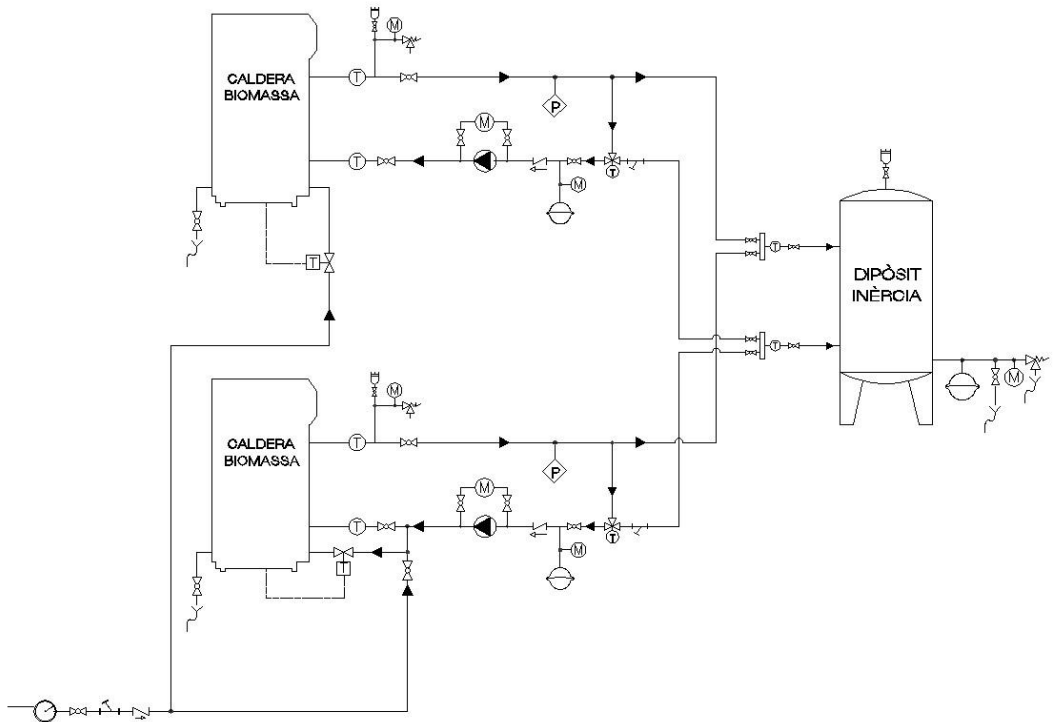


Fig. 7.7

8 Normativa en instal·lacions de biomassa

En general, la normativa que afecta les instal·lacions de biomassa és la mateixa que afecta altres equips generadors de calor per a donar servei d'ACS i calefacció a un edifici. Aquestes són:

- Reial decret 1027/2007 de 20 de juliol, pel qual s'aprova el Reglamento de Instalaciones Térmicas de los Edificios (RITE) i les instruccions tècniques corresponents (ITE).
- Código Técnico de la Edificación (CTE) i els seus documents bàsics (DB), especialment el d'habitabilitat i eficiència (DB-HE), en els capítols DB-HE2 (rendiment de les instal·lacions tèrmiques) i DB-HE4 (aportació solar mínima d'ACS). Per tant, aquest darrer s'ha de tenir en consideració a l'hora d'instal·lar una caldera de biomassa ja que tota la calor que consumeix l'edifici és d'origen renovable i, per tant, no és obligatori instal·lar sistemes solars tèrmics per a donar suport a la producció energètica per a escalfar ACS. Tot i així, els projectes sempre hauran de justificar que l'aportació en renovables de la instal·lació amb calderes de biomassa substitueix i compleix aquesta exigència del CTE-DB-HE4.
- Decret 21/2006, de 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència als edificis (DOGC 4574-16/02/2006). Igualment que en el cas del CTE, segons l'article 4.4 d'aquest decret, el fet d'instal·lar una caldera de biomassa que produeixi aigua calenta sanitària, fa que no sigui obligatori instal·lar sistemes solars tèrmics.
- Reial decret 842/2002, de 2 d'agost, pel qual s'aprova el Reglamento Electrotécnico para Baja Tensión (REBT), i les seves instruccions tècniques complementàries corresponents (ITC BT).
- Reial decret 2060/2008, de 12 de desembre, pel qual s'aprova el reglament d'equips a pressió i les seves instruccions tècniques complementàries corresponents.

- Les possibles ordenances municipals solars (molt esteses al país, especialment a la província de Barcelona).
- La legislació vigent pel que fa a emissions a l'atmosfera i a soroll.
- Les normes UNE que es mencionen en les normatives i reglamentacions anteriors.

D'aquestes normatives, el RITE és el reglament que més afecta les instal·lacions en edificis. En els apartats següents s'analitzen els diferents aspectes normatius que afecten les instal·lacions de biomassa, fent especial èmfasi en les particularitats d'aquest reglament.

8.1. Rendiments i potències en les instal·lacions de biomassa

La instrucció tècnica del RITE IT-1.2.4.1.2.1, referent a les exigències d'eficiència energètica en rendiments dels equips generadors de calor, ens indica que el rendiment mínim instantani de qualsevol generador de calor que utilitzi biomassa haurà de ser del 75%, a plena càrrega (màxima demanda de calefacció i ACS, si n'hi ha). Segons es comenta als capítols 3 i 4, on s'analitzen els rendiments dels equips generadors, trobem que gairebé tots estan per sobre d'aquest valor, amb algunes excepcions d'estufes, llars de foc o cuines que donen servei d'ACS i calefacció.

Les calderes policombustibles tindran un rendiment instantani diferent segons el biocombustible empleat, ja que no tots els combustibles tenen el mateix PCI. Així doncs, aquesta justificació s'haurà de fer segons el biocombustible que es preveu utilitzar (o mescla de biocombustibles) i aquests hauran de tenir prou poder calorífic per a garantir que el rendiment del generador de calor no estigui per sota del 75%, al 100% de càrrega.

Una altra instrucció tècnica del RITE amb indicacions específiques per a generadors a partir de biomassa és la IT-1.2.4.1.2.2, que parla del fraccionament de la potència dels equips generadors en funció de la demanda tèrmica prevista. La particularitat per a equips generadors a partir de biomassa la trobem en instal·lacions més grans de 400 kW. Si s'utilitzen combustibles convencionals caldrà instal·lar dos o més equips generadors, però si s'utilitzen biocombustibles, les instal·lacions queden exemptes d'aquesta obligatorietat.

8.2. Especificacions de seguretat per a sistemes a partir de biomassa

La instrucció tècnica IT-1.3.4.1 del RITE especifica les exigències de seguretat que han de complir les instal·lacions generadores de calor. Per a instal·lacions amb calderes de biomassa especifica els criteris generals següents:

- És obligatori un sistema d'interrupció del funcionament del sistema de combustió en el cas de retrocés de la flama, ja sigui per inundació de l'alimentador de la caldera o similar, tot garantint la depressió en la zona de caldera. En aquest sentit, moltes calderes tenen sistemes interns de descàrrega tèrmica, que inunden la cambra de combustió i, en d'altres casos, s'instal·len vàlvules de tall als sistemes d'alimentació que seccionen el pas del biocombustible, evitant així el retrocés de flama cap a la sitja.
- Igualment és obligatori instal·lar un sistema d'interrupció del funcionament del sistema de combustió en el cas que s'arribi a temperatures superiors a les de disseny. El sistema de rearmament de l'equip ha de ser manual. Aquest sistema pot ser propi de la caldera (mitjançant sondes de temperatura) o exterior (mitjançant piròstats a la xemeneia).
- És obligatori instal·lar un sistema d'eliminació de la calor residual produïda a la caldera com a conseqüència del biocombustible que es queda a la cambra de combustió un cop s'interromp el funcionament del sistema de combustió. Com es comenta al capítol 7, aquests sistemes poden ser vasos d'expansió oberts o sistemes de seguretat interns de la caldera, del tipus bescanviador de seguretat connectat a la xarxa d'aigua.
- També és obligatori instal·lar una vàlvula de seguretat tarada a 1 bar per sobre de la pressió de treball del generador. La descàrrega d'aquesta vàlvula haurà de ser conduïda a un desguàs.

8.3. Dimensions de les sales de màquines

La instrucció tècnica IT-1.3.4.1.2.6 del RITE fa referència a les dimensions i espais que s'han de preveure a les sales de calderes (vegeu la figura 8.1.):

- L'alçada mínima del local tècnic ha de ser de dos metres i mig (cota H).
- S'ha de respectar una alçada lliure de canonades i obstacles per sobre de la caldera de 0,5 metres.
- Qualsevol caldera ha de respectar una distància igual o superior al mig metre respecte a un obstacle en horitzontal (cotes A, B i C).
- La distància lliure d'obstacles enfront la caldera (cota F) serà de com a mínim una vegada i mitja la profunditat de la caldera, sense comptar-ne el cremador. Aquesta distància facilita la càrrega i encesa del cremador (quan aquesta és manual) i l'extracció del cendrer. L'alçada d'aquest espai lliure d'obstacles haurà de ser de 2 m, per tal que l'operari pugui estar dempeus.
- La distància horitzontal entre la xemeneia i la caldera de biomassa ha de ser, com a mínim, igual a la profunditat de la caldera (sense comptar el cremador).

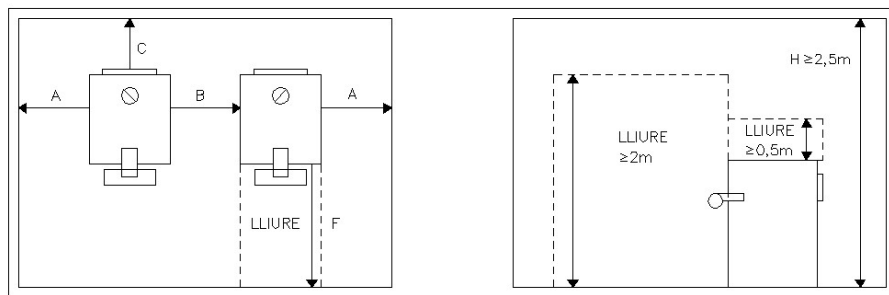


Fig. 8.1

Pot succeir que aquestes distàncies que es fixen en aquesta instrucció tècnica no siguin suficients en alguns models de calderes de biomassa, que són de mides més grans i necessiten de certes operacions particulars, com extreure el cendrer o els turbuladors dels bescanviadors. Així doncs, caldrà consultar sempre les cotes mínimes que indica el fabricant de l'equip abans de dimensionar una sala de calderes amb biomassa, per assegurar que es poden efectuar les operacions de manteniment que siguin escaients.

8.4. Sistemes de tractament de fums i xemeneies

Tot i que la composició és diferent, les emissions que generen les calderes de biomassa són molt semblants en volum a les generades per calderes de combustibles fòssils. L'única diferència entre les sortides de fums dels sistemes de gas o gasoil i les de biomassa és el diàmetre que, en el cas de la biomassa, ha d'ésser lleugerament superior a causa de l'evacuació del vapor d'aigua que es pot generar a la combustió.

La instrucció tècnica IT 1.3.4.1.3 del RITE fa referència als sistemes d'evacuació de fums, sense esmentar especialment les instal·lacions de biomassa. Cal remarcar les exigències genèriques següents d'aquesta instrucció tècnica:

- Els generadors de calor amb una potència superior a 400 kW tindran el seu conducte d'evacuació independent de gasos.
- Els generadors de calor amb una potència inferior a 400 kW podran compartir el conducte d'evacuació de gasos sempre i quan la suma de potències dels equips instal·lats no superi els 400 kW. Si es tracta de generadors atmosfèrics instal·lats en cascada, hauran de tenir un tram vertical cadascun d'ells, abans de connectar al ramal general, d'un mínim de 0,2 metres.
- Queda totalment prohibida la unió de conductes d'evacuació de gasos de generadors que utilitzin diferents combustibles.
- Queda prohibida la unió de conductes d'evacuació de gasos provinents de la combustió d'un generador amb altres instal·lacions d'evacuació.
- El dimensionat dels conductes d'extracció de gasos es farà d'acord amb les normatives UNE-EN 13384-1, UNE-EN 13384-2 o UNE 123001, segons sigui preceptiu.
- El dimensionat s'ha de fer en les diverses condicions de càrrega i, si el generador funciona tot l'any, se'n comprovarà el funcionament en les condicions extremes de l'estiu i l'hivern.
- Totes les xemeneies han de tenir un registre a la part inferior que permeti eliminar residus sòlids i líquids.

- El tram del sistema d'evacuació de fums, amb pendent cap al generador de calor, ha d'ésser el més curt possible.
- En cap cas, el disseny de l'element d'evacuació de fums ha d'obstaculitzar la lliure difusió a l'atmosfera dels productes de la combustió.
- La sortida de fums ha de ser resistent a l'acció agressiva dels productes de la combustió i a la temperatura, amb l'estanquitat adequada al tipus de generador utilitzat.
- En el cas de xemeneies metàl·liques, l'elecció es farà segons els criteris de les normes UNE-EN 1856-1 i UNE-EN 1856-2 i sempre respectant els paràmetres especificats a la norma UNE 123001.
- Els sistemes d'evacuació de fums que incorporin extractors, han de tenir certificada la longitud, material i secció de la xemeneia pel fabricant del generador amb un certificat CE. En aquest cas, el sistema d'evacuació podrà ésser de paret simple, sempre que quedi fora del contacte de persones i podrà estar construït amb tubs de material plàstic, rígid o flexible, que sigui resistent a la temperatura i acció química agressiva dels condensats, vigilant amb una cura especial les juntes d'estanquitat.

L'evacuació de fums es farà a través de la coberta de l'edifici d'acord amb els casos i les normes generals següents:

- En edificacions de nova construcció que no es prevegi instal·lar-hi equips productors de calor, individuals o col·lectius, s'haurà de deixar instal·lat un sistema d'evacuació de fums fins a coberta preveient una instal·lació d'equips individuals productors de calor.
- A les edificacions de nova construcció que es prevegi instal·lar-hi equips productors de calor, s'haurà d'instal·lar un sistema d'evacuació fins a coberta, idoni per al tipus d'equip productor.
- A les edificacions que es dugui a terme una reforma de l'equip productor de calor i no tinguin un sistema d'evacuació dels gasos fins a coberta, o aquest no sigui idoni per al nou sistema instal·lat, l'evacuació es farà amb un nou conducte fins a coberta.
- A les edificacions que es dugui a terme una reforma de l'equip productor de calor i tinguin un sistema d'evacuació dels gasos fins a

coberta, aquest podrà ser utilitzat pel nou sistema sempre i quan sigui idoni i compleixi amb la normativa vigent.

A banda d'aquestes especificacions del RITE, és important remarcar que la UNE EN 1856-1 estableix que les calderes de combustibles sòlids han de tenir una sortida de fums fabricada en acer 316L, a causa de la possible expulsió d'àcids clorhídrics provinents de la combustió d'elements amb continguts elevats de clorofil·la.

8.5. Especificacions per a l'emmagatzematge de *biocombustible* sòlid

La instrucció tècnica IT-1.3.4.1.4 del RITE tracta tots els punts que s'han de considerar en l'emmagatzematge de biocombustibles sòlids, el disseny de sitges i l'alimentació entre la sitja i el generador de calor:

- Sempre que hi hagi una instal·lació de biomassa caldrà que el disseny inclogui un espai per a emmagatzemar el biocombustible sòlid. Aquest podrà estar dins o fora de l'edifici al qual la instal·lació dóna servei, però el seu ús haurà de ser exclusivament per a magatzem del biocombustible. Si el magatzem/sitja es troba fora de l'edifici, podrà ser subterrani (sitges soterrades) o de superfície, tant si és d'obra com si és una sitja prefabricada tèxtil o d'altres materials.
- També caldrà preveure els aspectes de logística del transport i la càrrega del biocombustible (el camió ha de poder arribar fins a la sitja per a fer la càrrega), a més dels procediments de buidatge de la sitja, per poder dur a terme les feines de manteniment o de reparació o en situacions de risc d'incendi.
- Referent a la dimensió de la sitja, el RITE exigeix que tingui capacitat per a garantir, com a mínim, el consum de l'edifici de dues setmanes. Cal esmentar que dues setmanes és un període molt curt (a excepció de grans centrals amb consums constants grans) i, en qualsevol cas, la sitja hauria de ser dimensionada com a mínim per a les dues setmanes en les quals es preveu la màxima demanda anual de l'edifici al qual es dóna servei.

- La instrucció tècnica ens indica la obligatorietat que tant la sitja com la sala de màquines han d'estar físicament separades en diferents locals. Caldrà dotar l'alimentació entre la sitja i el generador de calor amb elements de protecció contra el foc que evitin la propagació d'un eventual foc d'un espai a un altre. Si es tracta d'una instal·lació en un edifici actual on no és possible situar la sitja i els generadors de calor en locals diferents, llavors la sitja haurà d'estar a una distància de la caldera superior als 70 cm i s'haurà d'habilitar una paret divisòria entre la sitja i el generador de calor que tindrà una estabilitat davant del foc segons la normativa vigent.
- Les parets, el terra i el sostre de la sitja no permetran filtracions d'humitat, i s'hauran d'impermeabilitzar en cas necessari.
- Les parets o portes de la sitja hauran de ser capaces de suportar la pressió del biocombustible. En les portes de registre això s'aconsegueix normalment amb uns travessers de fusta que la protegeixen per la part interna de l'accés (vegeu la figura 5.5), i que també eviten que el biocombustible surti a l'exterior si cal obrir la porta per a fer qualsevol tasca a l'interior de la sitja.
- La resistència al foc dels elements delimitadors i estructurals de la sitja serà la que es determini en la reglamentació de protecció contra incendis vigent. Els condicionants normatius pel que fa a protecció contra el foc s'inclouen al document bàsic de seguretat en cas d'incendi del Código Técnico de la Edificación. Així, tota la sitja haurà de garantir la resistència i l'estabilitat enfront del foc (per exemple, de 120 minuts per a una caldera de 250 kW; vegeu la figura 8.2). A les portes de registre de la sitja, es demana la meitat d'aquest temps.

Fig.8.2. Taula de protecció contra el foc de sales de caldera. Extracte de la taula 2.1 *Classificació de locals i zones de risc especial integrades en un edifici – CTE-HSI – Capítol 2 Propagació exterior.*

Sala de calderes	Risc	Protecció
70<P≤200 kW	Baix	R/EI 90
200<P≤600 kW	Mitjà	R/EI 120
P>600 kW	Alt	R/EI 180

- Altres consideracions per a evitar el foc a les sitges són la prohibició d'instal·lació elèctrica al seu interior i la obligatorietat de dotar el sistema pneumàtic de transport (si és que es fa servir aquest sistema) d'una presa a terra, perquè, com ja s'ha comentat, les friccions dels pèl·lets (o biocombustible granulat) amb la mànega del sistema pneumàtic generen una forta càrrega estàtica que pot esdevenir espurna.

Finalment, la instrucció tècnica indica les obligatorietats que afecten el sistema de càrrega de la sitja. Aquestes, que ja s'han tractat al capítol 5, són:

- Quan el sistema de càrrega de la sitja sigui pneumàtic, és obligatori instal·lar-hi un sistema de protecció de la paret contra l'abradió derivada del copejament del biocombustible i per a evitar-ne el desgranament i la creació de fins no volguts. Un sistema vàlid pot ser el corresponent a la lona amortidora que s'esmenta a l'apartat 2.2.1 del capítol 2 (vegeu les figures 2.5 i 5.2)
- Cal habilitar dues obertures (vegeu les figures 2.23 i 2.24), una per a la connexió de la mànega d'ompliment i l'altra per a la sortida d'aire, de manera que s'evitin sobrepressions dins la sitja i, alhora, s'aspiri la pols generada en el transcurs de la càrrega.
- Si el sistema de càrrega es fa mitjançant descàrrega directa a través de comportes a nivell de terra (vegeu la figura 2.26), caldrà dotar la sitja dels elements de seguretat que siguin escaients per a evitar caigudes a l'interior.

8.6. Emissions contaminants

Actualment no hi ha normativa estatal que reguli les emissions de contaminants per a calderes de biomassa de manera específica, però en l'àmbit local hi pot haver ordenances que marquin valors límit d'emissions.

La norma europea EN 303-5 també estableix uns límits d'emissió segons la potència tèrmica de la caldera, el seu rendiment, i si és de càrrega manual o automàtica.

Fig.8.3. Taula de Límit d'Emissions segons la norma EN 303-5

Potència nominal (kWt)	Límit d'emissions								
	CO (mg/m ³ en 10% O ₂)			OGV* (mg/m ³ en 10% O ₂)			Partícules (mg/m ³ en 10% O ₂)		
	Classe			Classe			Classe		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
Calderes amb càrrega manual									
< 50	25.000	8.000	5.000	2.000	300	150	200	180	150
50 - 150	12.500	5.000	2.500	1.500	200	100	200	180	150
150 - 300	12.500	2.000	1.200	1.500	200	100	200	180	150
Calderes amb càrrega automàtica									
< 50	15.000	5.000	3.000	1.750	200	100	200	180	150
50 - 150	12.500	4.500	2.500	1.250	150	80	200	180	150
150 - 300	12.500	2.000	1.200	1.250	150	80	200	180	150

*OGV: *Compostos orgànics volàtils*

La classificació de les calderes s'estableix en tres classes segons l'eficiència que tenen:

- Classe 1: 53/62%
- Classe 2: 63/72%
- Classe 3: 73/82%

El RITE, en el seu apartat IT-1.2.4.1.2.1, estipula que les calderes de biomassa han de tenir una eficiència mínima del 75%, fet pel qual la instal·lació de calderes de classe 1 i 2 queda totalment prohibida.

A l'hora de triar un equip de biomassa caldrà demanar al fabricant el certificat d'emissions de les seves calderes i comprovar que es troben entre els paràmetres admesos.

8.7. Ventilació de la sala de calderes

El RITE estableix que totes les sales de màquines tancades, amb una potència útil nominal conjunta superior a 70kW, han de disposar dels mitjans suficients de ventilació, natural o forçada, cap a l'exterior.

Les obertures de ventilació connectades a conductes han d'estar equipades amb comportes tallafocs, on la seva resistència al foc ha de ser igual, com a mínim, a la del tancament. La comporta se situarà de manera que el conjunt de tancament de comporta mantingui la resistència al foc de cada component.

Es recomana adoptar, a fi de tenir més garantia de funcionament, el sistema de ventilació natural directa descrit més endavant.

En qualsevol cas, s'intentarà aconseguir, sempre que sigui possible, una ventilació creuada, col·locant les obertures sobre parets oposades de la sala i prop del sostre i del terra.

Independentment del tipus de ventilació que s'adopti, s'ha de garantir prou aportació d'aire exterior per a la combustió.

8.7.1 Ventilació natural directa

La ventilació natural directa a l'exterior es pot fer en sales contigües a zones a l'aire lliure, mitjançant obertures d'àrea lliure mínima de 5 cm²/kW de potència nominal.

Les obertures estaran protegides mitjançant reixetes que evitin l'entrada de l'aigua de pluja i tinguin malla metàl·lica antiinsectes.

Es recomana fer més d'una obertura i de col·locar-les en diferents façanes i a diferents alçades, de manera que es creuin corrents d'aire que afavoreixin poder escombrar la sala.

8.7.2 Ventilació natural indirecta

Quan la sala no sigui contigua a la zona a l'aire lliure, però pugui comunicar-s'hi per mitjà de conductes de menys de 10 m de recorregut horitzontal, la

secció lliure mínima d'aquests, referida a la unitat de potència nominal instal·lada, serà:

- Conductes verticals: 7,5 cm²/kW
- Conductes horitzontals: 10 cm²/kW

En qualsevol cas, les seccions indicades es dividiran en dues obertures, almenys, una situada prop del sostre i una altra prop del terra i, si pot ser, sobre parets oposades.

8.7.3 Ventilació forçada

En el cas de ventilació forçada, es disposarà d'un ventilador d'impulsió que garanteixi un cabal mínim de $Q [m^3/h] = 1,8 \cdot PN [kW] + 10 \cdot A [m^2]$, on PN és la potència nominal de la caldera i A la superfície de la sala.

El ventilador estarà enclavat elèctricament amb els cremadors, de manera que entri en funcionament quan, com a mínim, un dels cremadors funcioni i s'aturi quan tots els cremadors estiguin desocupats.

Per a disminuir la pressurització de la sala pel que fa als locals contigus, es disposarà d'un conducte d'evacuació de l'aire a l'excés, construït amb material no combustible i dimensionament de manera que la sobrepressió no sigui superior a 20 Pa. Aquest conducte estarà situat a menys de 30 cm del sostre i a la banda oposada de la ventilació inferior per tal de garantir la ventilació creuada. Les dimensions mínimes del conducte seran de deu vegades la superfície del local en metres quadrats, essent el resultat en centímetres quadrats i amb un mínim de 250 cm².

8.8. Soroll

En cas que els equips estiguin situats en un recinte protegit, tal com una caldera individual en una sala, el valor màxim de la potència acústica admesa per a cada tipus de recinte ha de ser inferior als recollits a la taula següent:

Ús de l'edifici	Tipus de recinte	Valor de L_W màx(dBA)
Sanitari	Estances	35
	Dormitoris i quiròfans	30
	Zones comunes	40
Residencial	Dormitoris i estances	30
	Zones comunes i serveis	50
Administratiu	Despatxos professionals	40
	Oficines	45
	Zones comunes	50
Sanitari	Aules	40
	Sales de conferència	35
	Zones comunes	50
Docent	Cinemes i teatres	30
	Sales d'exposicions	45
Comercial		50

Fig. 8.4. Valor màxim de potència acústica admesa en recintes protegits.

Qualsevol recinte interior destinat a l'ús de persones amb una mínima densitat d'ocupació i temps d'estada, es considera recinte protegit com, per exemple, habitacions i estances en edificis residencials; aules, biblioteques, despatxos, en edificis d'ús docent; quiròfans, habitacions, sales d'espera, en edificis d'ús sanitari; i oficines, despatxos; banys, lavabos, passadissos i distribuïdors sempre que no tinguin simultàniament la funció d'un recinte protegit.

En cas que els equips es trobin situats en zones exteriors, el nivell de potència acústica als recintes habitables i protegits de l'entorn de l'equip no podrà superar els objectius de qualitat acústica definits a la taula anterior.

Les canonades vistes estaran recobertes per un material que proporcioni un aïllament acústic al soroll aeri superior a 15 dB. La velocitat de circulació de l'aigua a l'interior d'habitatges es limitarà a 1m/s.

Caldrà utilitzar silenciadors a les reixes d'aire i, en cap cas, s'instal·laran a les xemeneies d'evacuació de fums.

Respecte al muntatge, qualsevol punt de contacte entre les parts mecàniques i les parets o el terra ha de tenir aïllament acústic. A més, per tal d'evitar la transmissió de vibracions, s'instal·laran suports elàstics antivibradors que s'encarregaran d'esmoreir el contacte entre dues parts rígides com són les potes de l'equip i el terra.

Cal connectar els equips a les conduccions mitjançant connexions flexibles. La norma UNE 100153:1988 és una bona ajuda per als criteris de selecció dels suports antivibradors.

Per tal d'evitar el pas de les vibracions de les conduccions als elements constructius s'empraran també sistemes antivibradors com els passamurs, les conquilles, els maneguets elàstics, les abraçadores i les suspensions elàstiques. Això serà necessari sempre que la sala de calderes i la d'emmagatzematge siguin sales diferents, ja que el sistema d'alimentació, tant si és pneumàtic com si és mecànic, ha de travessar-la per a connectar la sitja amb la caldera.

8.9. Manteniment de sistemes de biomassa

Els sistemes tèrmics encarregats de produir la calefacció i l'ACS són només una de les instal·lacions tèrmiques que podem trobar en qualsevol edifici. La complexitat d'aquestes instal·lacions obliga la persona que s'encarrega del manteniment a dur una gestió complexa i amb un important volum de dades, necessàries per a controlar les evolucions de les diferents funcions dels sistemes, a més de perfeccionar-ne i optimitzar-ne de manera contínua el funcionament. Per a facilitar aquesta tasca es fa necessària la implantació d'un pla de manteniment específic.

Així, qualsevol responsable del manteniment haurà d'elaborar aquest pla de manera específica per a cada cas. El conjunt del pla de manteniment i els seus annexos haurà de formar part del "llibre de l'edifici".

L'elaboració del pla es farà segons les passes següents:

- El primer a fer és recopilar tota la informació tècnica bàsica disponible, tant pel que fa a documents actuals com la informació recopilada en una inspecció tècnica inicial.
- El segon pas és identificar i inventariar la instal·lació. Caldrà que el pla de manteniment disposi d'aspectes com les dades de l'edifici, els telèfons de contacte, la descripció de l'ús de l'edifici i dels seus horaris, d'una descripció detallada de les instal·lacions i del seu funcionament i d'un inventari de tots els elements de la instal·lació, on s'identifiquin marques, models, potències, consums, particularitats, etc.
- Un cop identificada la instal·lació, s'ha d'elaborar un programa de funcionament. Aquesta fase s'acorda amb l'usuari i defineix els períodes de funcionament de les instal·lacions. Per tant, és particular per a cada edifici.
- Després, és necessari dur a terme el procediment de manteniment preventiu de la instal·lació, tot considerant les obligatorietats de manteniment que estableix la corresponent ITE 3 del RITE.

Operació	Periodicitat	
	≤70 kW	>70 kW
Neteja dels evaporadors	t	t
Neteja dels condensadors	t	t
Drenatge, neteja i tractament del circuit de torres de refrigeració	t	2t
Comprovació de l'estanquitat i nivells de refrigerant i oli d'equips frigorífics	t	m
Comprovació i neteja del circuit de fums de la caldera	t	2t
Comprovació i neteja dels conductes de fums i xemeneies	t	2t
Neteja del cremador de la caldera	t	m
Revisió del vas d'expansió	t	m
Revisió dels sistemes de tractament d'aigua	t	m
Comprovació del material refractari	---	2t
Comprovació de l'estanquitat del tancament entre cremador i caldera	t	m
Revisió general de calderes de gas	t	t

Fig.8.5. Taula d'Operacions de Manteniment Preventiu i la seva periodicitat segons la instrucció IT 3 del RITE

Revisió general de calderes de gasoil	t	t
Comprovació de nivells d'aigua en circuits	t	m
Comprovació d'estanquitat de circuits de canonades	---	t
Comprovació d'estanquitat de vàlvules d'intercepció	---	2t
Comprovació del tarat d'elements de seguretat	---	m
Revisió i neteja de filtres d'aigua	---	2t
Revisió i neteja de filtres d'aire	t	m
Revisió de bateries d'intercanvi tèrmic	---	t
Revisió d'aparells d'humectació i refredament evaporatiu	t	m
Revisió i neteja d'aparells de recuperació de calor	t	2t
Revisió d'unitats terminals aigua-aire	t	2t
Revisió d'unitats terminals de distribució d'aire	t	2t
Revisió i neteja d'unitats d'impulsió i retorn d'aire	t	t
Revisió d'equips autònoms	t	2t
Revisió de bombes i ventiladors	---	m
Revisió del sistema de preparació d'aigua calenta sanitària	t	m
Revisió de l'estat de l'aïllament tèrmic	t	t
Revisió del sistema de control automàtic	t	2t
Revisió d'aparells exclusius per a produir aigua calenta sanitària de potència tèrmica nominal $\leq 24,4$ kW	4a	---
Instal·lació d'energia solar tèrmica	*	*
Comprovació de l'estat d'emmagatzematge del biocombustible sòlid	s	s
Obertura i tancament del contenidor plegable en instal·lacions de biocombustible sòlid	2t	2t
Neteja i retirada de cendres en instal·lacions de biocombustible sòlid	m	m
Control visual de la caldera de biomassa	s	s
Comprovació i neteja del circuit de fums de calderes i conductes de fums i xemeneies en calderes de biomassa	t	m
Revisió dels elements de seguretat en instal·lacions de biomassa	m	m

s: un cop per setmana; **m:** un cop al mes, la primera a l'inici de temporada; **t:** un cop per temporada (any); **2t:** dos cops per temporada (any); una a l'inici i l'altra a la meitat del període d'ús, sempre que hi hagi una diferència mínima de dos mesos entre elles; **4a:** cada quatre anys.

- Tota aquesta tasca ha de quedar degudament documentada en fitxes tècniques que incloguin les dades que es considerin necessàries per a facilitar el manteniment (com a mínim les dades

necessàries indicades al procediment de manteniment) segons condicions nominals, i les dades mesurades durant el procés de manteniment de manera periòdica. Comparant aquests resultats es poden detectar desviacions i tendències de comportament que permeten plantejar mesures correctores preventives.

- Finalment, hi ha tot un seguit d'informació complementària que el responsable del manteniment ha de tenir en compte per a fer un seguiment correcte de les instal·lacions com els protocols d'inspecció en les actuacions preventives o els formats d'informes periòdics adreçats a l'usuari.

A més, segons estableix l'ITE 3 del RITE, el Pla d'ús i manteniment ha d'annexar tot un seguit de programes per a fer un seguiment del manteniment, un control de les condicions de la instal·lació, del funcionament, de la seguretat i de l'eficiència. Aquests són:

- Programa de gestió energètica.

El Programa de gestió energètica descrit en el punt IT 3.4.1 del RITE estableix les mesures i la periodicitat amb què cal dur a terme l'anàlisi i l'avaluació del rendiment dels equips generadors de calor. Aquestes dades han de quedar registrades.

Mesurament	Periodicitat		
	20 kW < P ≤ 70 kW	70 kW < P ≤ 1000 kW	> 70 kW
Temperatura o pressió del fluid portador a l'entrada i sortida del generador de calor	2a	3m	m
Temperatura ambient del local o sala de màquines	2a	3m	m
Temperatura dels gasos de la combustió	2a	3m	m
Contingut de CO i CO ₂ en els productes de la combustió	2a	3m	m
Índex d'opacitat dels fums en combustibles sòlids o líquids i de contingut de partícules sòlides en combustibles sòlids	2a	3m	m
Tiratge a la caixa de fums de la caldera	2a	3m	m

m: un cop al mes; 3m: cada 3 mesos, la primera a l'inici de temporada; 2a: cada 2 anys.

Caldrà annexar també:

- Instruccions d'ús i maniobra de les instal·lacions.

Fig.8.6. Programa de Gestió Energètica segons IT 3.4.1 del RITE

- Programa de funcionament de les instal·lacions.
- Procediment de verificació i supervisió de la documentació i compliment de les instruccions tècniques i els programes establerts.
- Manual d'ús i manteniment.

Annex I: cas pràctic

Per tal d'esclarir els dubtes que pugin sorgir a l'hora de fer el dimensionat d'una instal·lació de subministrament de calefacció i d'aigua calenta sanitària amb una caldera de biomassa, a continuació exposarem un supòsit pràctic.

L'edifici objecte d'aquest exemple pràctic consisteix en una casa unifamiliar aïllada amb una superfície calefactable de 125 m² i 4 dormitoris en la qual s'hi vol instal·lar una caldera de biomassa que doni cobertura a les necessitats de calefacció i aigua calenta sanitària.

Càlcul de la potència de la caldera

Per tal de dimensionar la potència tèrmica de la caldera, cal saber la potència associada a la demanda de calefacció i a la demanda d'ACS.

Pel que fa a la demanda de calefacció caldria fer un estudi de càrregues tenint en compte l'orientació de l'edifici, la qualitat dels tancaments, els envidraments, els cabals de ventilació, les càrregues internes, etc. En aquest cas, simplifiquem el càlcul mitjançant una ràtio de demanda estimativa que serà de 90 W/m². Així doncs, tenim:

$$P = S \cdot i = 125 \text{m}^2 \times 90 \frac{\text{W}}{\text{m}^2} = 11.250 \text{W} = 11,25 \text{kW}$$

En què:

- S, és la superfície calefactada de l'edifici (m²).
- i, és la ràtio estimada de càrrega de calefacció (W/m²).

El dimensionat de la potència per a ACS dependrà del confort que vulgui tenir l'usuari. En aquest cas es considerarà que la caldera ha de poder recuperar un volum de 200 l d'aigua amb un temps de preparació de 30 min amb un salt tèrmic de 50°C, és a dir, des d'una temperatura d'aigua de xarxa de 10°C fins a una temperatura de consigna de 60°C.

$$P = \dot{m} \cdot C_p \cdot (\Delta T)$$

En què:

- P, és la potència que ha de lliurar la caldera (kcal/h).
- m, és el cabal màssic d'aigua (kg/h) sabent que 1l = 1kg d'aigua.
- Cp, és la calor específica de l'aigua (1kcal/kg·°C).
- ΔT, és el salt tèrmic del fluid (°C).

$$P = \frac{200kg}{0,5h} \cdot 1 \frac{kcal}{kg \cdot ^\circ C} \cdot (60^\circ C - 10^\circ C) = 20.000 \frac{kcal}{h} \cdot \frac{1kWh}{860kcal} = 23,26kW$$

Per tant, a l'hora de seleccionar el model de caldera més convenient caldrà agafar la que respongui a la potència més gran entre les potències calculades d'ACS i de calefacció, en aquest cas 23,2 kW. Mirant en diferents catàlegs comercials, seleccionem una caldera d'una potència de 25 kW.

Càlcul del volum d'acumulació

L'acumulador té una doble funció: d'una banda ha de satisfer la demanda en un període punta de consum i, de l'altra, ha de ser capaç d'assumir la inèrcia tèrmica de la caldera després d'una aturada sobtada. Es calcularà el volum d'acumulació en aquests dos supòsits i s'agafarà el valor més gran d'ambdós.

Considerant un consum punta de 12 l/min (consum instantani d'ACS d'una banyera indicat pel CTE HS-4) durant 30 minuts tenim,

$$V_{acumulador_45^\circ C} = 12 \frac{l}{min} \times 30 min = 360 litres a 45^\circ C$$

Cal tenir en compte que l'acumulació d'ACS es fa normalment a 60°C; per tant, el volum que hem d'acumular és inferior al calculat per a 45°C. La correcció de volum és la següent:

$$V_{acumulador_60^\circ C} = 360l \times \frac{45-10}{60-10} = 252 litres a 60^\circ C$$

Com es comenta al capítol 7, les calderes de biomassa tenen una inèrcia tèrmica després d'aturar-se que no es pot obviar. Aquesta inèrcia és causada principalment pel fet que quan cessa la demanda encara hi ha combustible a la caldera que cremarà fins a esgotar-se. A més, una massa important de material refractari del cos de la caldera està a una temperatura de 800-900°C que, parcialment, també aportarà calor a l'aigua.

Cal consultar els diferents fabricants de calderes de biomassa, ja que acostumen a tenir delimitades les ràtios d'acumulació que cal preveure en funció de la potència de la caldera. Per al cas que ens ocupa es recomana una acumulació de 20 litres per cada kW de potència de caldera.

$$V_{acumulador} = 20 \frac{l}{kW} \times P_{caldera} = 20 \times 25 kW = 500 \text{ litres}$$

Per tant, el volum d'acumulació serà el més gran dels dos, és a dir 500 litres.

Càlcul del volum de la sitja

Un cop escollida la caldera i el volum d'acumulació d'aigua, el pas següent consisteix en dimensionar la sitja necessària per a abastir aquesta caldera de biocombustible.

Per tal de fer-ho, cal estimar el consum energètic anual dels sistemes de calefacció i d'ACS.

El càlcul de demanda energètica anual per a la producció d'ACS es farà tenint en compte els criteris de demanda del Código Técnico de la Edificación, ja que és més restrictiu en habitatges unifamiliars que el Decret d'ecoeficiència.

El càlcul de la demanda d'ACS és el següent:

- Nombre d'usuaris: 6 persones
- Demanda diària d'ACS: 30 l/usuari

$$D_{ACS} = n \cdot dem_{dia} \cdot dies \cdot C_p \cdot (\Delta T)$$

En què:

- D, és la demanda anual d'ACS (kcal/any).
- n, és el nombre d'usuaris de la promoció.

- dem_{dia} , és la demanda d'ACS per usuari i dia (l/dia).
- dies, és el nombre de dies a l'any.
- C_p , és la calor específica de l'aigua (1kcal/kg·°C).
- ΔT , és el salt tèrmic del fluid (°C).

$$D_{ACS} = 6ux30 \frac{l}{u \cdot dia} \times 365 \text{dies} \times 1 \frac{kcal}{kg \cdot ^\circ C} \times (60 - 10^\circ C) = 3.285.000 \frac{kcal}{any} = 3.820 \frac{kWh}{any}$$

Per al càlcul de demanda energètica del sistema de calefacció es tindrà en compte que el sistema només funciona de manera estacional, unes hores determinades al dia i amb un coeficient d'intermitència. Per a aquest cas pràctic, estimarem un període d'ús de 120 dies anuals amb una utilització diària mitjana de 8 hores i un coeficient d'intermitència del 85%. Així, resulta una demanda anual estimada de:

$$D_{Calef} = 11,25kW \times 8 \text{hores} \times 20 \text{dies} \times 0,85 = 9.180 \text{kWh} / \text{any}$$

La demanda energètica total serà, per tant, la suma d'ambdues demandes:

$$Demanda_{TOTAL} = 3.820 + 9.180 = 13.000 \frac{kWh}{any}$$

El rendiment η de la caldera escollida és del 92%; per tant, el consum energètic de biomassa serà:

$$CE = \frac{Demanda}{\eta_{caldera}} = \frac{13.000}{0,92} = 14.130 \frac{kWh}{any}$$

Suposem que la caldera escollida utilitza com a combustible pèl·let d'alta qualitat, el poder calorífic inferior (PCI) del qual és de 4,6 kWh/kg.

Per tant, calculem el consum total de combustible anual segons la fórmula següent:

$$Q_{combustible} = \frac{CE}{PCI}$$

En què:

- CE, és el consum energètic anual (kWh/any).
- PCI, és el poder calorífic inferior del pèl-let (kWh/kg).

$$Q_{combustible} = \frac{14.130 \frac{kWh}{any}}{4,6 \frac{kWh}{kg}} = 3.071 kg$$

Per tant, la sitja ha de poder allotjar aquest volum de combustible, sempre i quan es vulgui fer una única càrrega anual.

Per al càlcul, considerem una densitat del pèl-let de 650kg/m³ i una única càrrega anual:

$$V_{sitja} = \frac{Q_{combustible}}{\rho_{combustible}}$$

En què:

- Q, és el consum de combustible anual (kg).
- ρ, és la densitat del combustible (kg/m³).

$$V_{sitja} = \frac{3.071}{650} = 4,725m^3$$

A partir d'aquest volum, caldrà valorar quin és el tipus de sitja més adient per a l'espai de què es disposi i del tipus d'alimentació que es faci.

El volum real necessari de la sitja és superior al volum calculat, ja que s'ha de tenir en compte que es deixarà certa distància fins al sostre i que, en el cas de tenir alimentació amb vis sens fi, les rampes formaran un pendent amb plans inclinats a 45° que redueixen en gran mesura el volum útil. Cal calcular-lo detalladament, però per a aquest cas simplifiquem el càlcul estimant que les rampes redueixen el volum disponible un 30%.

Finalment, hi ha un últim factor de correcció per a saber el volum real en sitges d'obra. El biocombustible ocupa més volum del que s'ha calculat, ja que no es disposa uniformement ocupant tot el volum de la sitja. El factor de

correcció dependrà de si el biocombustible és granulat (factor 0,8) o no granulat (factor 0,7).

Així, per exemple, en el cas que ens ocupa tindríem que el volum real seria:

$$V_{real\,sitja} = \frac{V_{sitja}}{f_1 \cdot f_2}$$

En què:

- V_{sitja} , és el volum calculat en funció de la demanda i la densitat del combustible (m^3).
- f_1 , és el factor de correcció a causa de les rampes.
- f_2 , és el factor de correcció per a un biocombustible granulat (0,8).

$$V_{real\,sitja} = \frac{4,725}{0,7 \cdot 0,8} = 8,44m^3$$

Si no hi ha prou espai disponible, caldrà plantejar fer més d'una càrrega anual.

Annex II: glossari

Acàcia

Gènere d'arbres i arbusts de la família de les mimosàcies (*Acacia* sp), de flors en glomèruls i fruits en llegum. Quan són conreades, en jardineria, sovint reben el nom de mimoses.

Àcalis

Originàriament, cadascun dels carbonats alcalins solubles obtinguts de les cendres dels vegetals. Actualment, es tracta d'una designació genèrica, imprecisa, de cadascun dels òxids, els hidròxids i els carbonats dels metalls alcalins.

Anell intumescent

Anell que es compon de materials que, en entrar en contacte amb el foc, inicien un procés d'inflat segellant qualsevol orifici de l'estructura, evitant així el pas de foc i de fums.

Autoignició

Ignició produïda sense aportació externa de calor.

Assecatge de banda

Tecnologia d'assecatge en la qual la biomassa es distribueix en una capa uniforme sobre una banda d'assecatge. Un flux forçat del gas preescalfat, en creuar la banda d'assecatge i la biomassa, es refreda i se satura absorbint així l'aigua que conté la biomassa.

Assecatge en garbell rotatiu (Trommel)

Tecnologia d'assecatge a alta temperatura en què els gasos calents de la cambra de combustió es barregen amb l'aire ambient de la cambra de mescla a fi d'aconseguir la temperatura òptima d'assecatge (uns 400°C) i posteriorment s'introdueixen al Trommel (garbell) rotatiu on entren en contacte amb la biomassa i es produeix l'evaporació de l'aigua que conté.

Ballesta

És un sistema remenador de biocombustible de braços flexibles o articulats, ubicats dins la sitja, que van remouent el fons del dipòsit. És molt adient quan el combustible és estella.

Beina

Funda de forma allargada.

Big bag

Bosses grans de biocombustible normalment de material tèxtil de 800 – 1.000 kg, que es poden utilitzar com a sitja amb la inserció d'un alimentador de vis sens fi.

Biocombustible

Combustible constituït per un agregat de matèria orgànica, com ara les deixalles domèstiques, els sabons biodegradables, la palla, la fusta, les restes de cereals, etc., amb un poder calorífic elevat que prové directament o indirectament de la captació i fixació d'energia solar en processos de fotosíntesi.

Briqueta

Cilindres de 5 cm a 13 cm de diàmetre i de 5 cm a 50 cm de longitud fets a partir de serradures, estelles mòltes o altres residus comprimits que es poden fer servir com a combustible.

Cagaferro

Escòria.

Caloportador

Dit d'un fluid que transporta o evacua la calor que produeix un generador tèrmic.

Cicló

Dispositiu que, per mitjans centrífugs, separa les partícules sòlides suspeses en un fluid.

Comburent

Dit de la substància que, combinant-se amb el combustible, fa possible la combustió.

Combustió

Reacció d'oxidació que és acompanyada de despreniment de llum i de calor, amb flama o sense.

Cultius oleaginosos

Són els que produeixen llavors o fruits que s'utilitzen per a produir olis, per a usos alimentaris o per a usos industrials.

Densificació

Procés mecanitzat durant el qual es varia la forma i estructura de la biomassa forestal de manera que se n'augmenta la densitat, tot incrementant el pes i el poder calorífic per una mateixa unitat de volum.

Dioxina

Compost altament tòxic, estable, insoluble i no degradable per l'acció dels bacteris.

Efecte volta

Situació en la qual el combustible sòlid, per manca d'agitació crea cabanes que en dificulten el moviment creant espais d'aire a la sitja.

Fins

Elements o fragments de biocombustible de mida reduïda.

Furans

Compostos aromàtics heterocíclics de fórmula C_4H_4O .

Fusibilitat

Facilitat que té un material a desfer-se o fondre's.

Gasificació

Procediment de conversió d'un combustible sòlid o líquid en un gas combustible per combinació parcial del carboni amb l'oxigen.

Granulometria

Tècnica per a mesurar les dimensions i determinar la forma dels grans o partícules que constitueixen una substància granulosa.

Gresol

Recipient recobert interiorment de material refractari, grafit, etc., emprat per a fondre i calcinar substàncies que requereixen un alt grau de calor.

Ignició

Estat d'un cos en combustió.

Ignífug

Dit de les substàncies emprades per a fer ininflamables les matèries combustibles.

Lignina

Polímer aromàtic natural de molècules ramificades, derivades principalment del fenilpropà.

Paulònies

Arbre de la família de les escrofulariàcies (*Paulownia tomentosa*), de fulles grans i ovalades, flors tubulars, violàcies i negres, en panícules, plantat com a ornamental en jardins.

Pèl·let

Petits cilindres entre 0,6 i 2 cm de diàmetre i entre 1,5 i 6 cm de longitud, fets a partir de serradures, estelles mòltes o altres residus compactats que es poden fer servir com a combustibles.

Piròlisi

Procés que consisteix a sotmetre la biomassa a altes temperatures (entre 400 i 600°C) sense presència d'oxigen i durant un curt temps de permanència de la biomassa al reactor. S'utilitza per a obtenir carbó vegetal i altres combustibles líquids.

Punt d'ignició

Temperatura mínima a la qual un líquid en contacte amb una flama s'encén i continua cremant.

Ràcord Storz

El ràcord Storz és un tipus d'acoblament de la mànega inventat per Carl August Guido Storz el 1882 que està format per ganxos d'enclavament i brides. Qualsevol dels extrems idèntics poden unir-se a qualsevol altre extrem de la mateixa mida.

Rascador

Sistema de retirada de cendres del cremador mitjançant elements giratoris que escomben la superfície allà on estiguin ubicats.

Salicàcies

Família de salicals formada per arbres o arbusts, de fulles simples, flors disposades en aments i fruits en càpsula.

Sitja

Dipòsit cilíndric o prismàtic destinat a l'emmagatzematge i conservació de diversos productes.

Sonda Lambda

També coneguda com a "sensor d'oxigen", és un sensor situat al sistema d'evacuació de gas que ajuda a l'hora de regular el factor òptim entre combustible i aire.

Sutge

Substància negra dividida en finíssimes partícules que prové de la combustió incompleta de les matèries orgàniques i es diposita en les xemeneies i els tubs que condueixen el fum, o bé l'arrossega el fum cap a l'exterior i entra a formar part de l'aerosol estable que contamina l'atmosfera.

Talús

Inclinació del parament d'un mur, d'un tallat del terreny, d'un terraplè, etc.

Terra mòbil

Sistema d'acumulació de biocombustible basat en unes peces al terra, de geometria dentada, que fan moviments de va i ve, fent avançar el combustible cap un costat de la sitja. El moviment requereix grans esforços i per això es fa mitjançant pistons hidràulics.

Tiratge

TECNOL tiratge: diferència de pressió d'un fluid entre l'entrada i la sortida de l'aparell, de la instal·lació o de la construcció, pel qual ha de circular; hom distingeix el tiratge natural i el tiratge artificial o forçat (amb aspiradors, ventiladors, etc.).

Tremuja

Dipòsit, generalment gran, en forma de tronc de piràmide o de tronc de con invertits, que funciona com un embut, en el qual hom acumula i emmagatzema diverses matèries, que hi són posades per la seva part superior i surten per la inferior, i que, disposat sobre un aparell classificador, triturador, etc., o sobre un forn, els alimenta, o sobre un camió, un vagó, etc., els carrega.

Turbulador

Sistema de neteja dels bescanviadors format per elements mòbils, amb forma d'espiral, ubicats a l'interior dels tubs de pas de fum que es mouen provocant el desplaçament i la caiguda de cendres i creen turbulència, cosa que fa augmentar el rendiment de bescanvi.

Vis sens fi

Peça cilíndrica roscada que, en voltar sobre el seu eix, fa desplaçar una cremallera o fa girar una roda dentada que hi engrana.

Annex III: normes per a consulta

Especificacions tècniques europees

- CEN/TS 14588: Biocombustibles sòlids. Terminologia, definicions i descripcions.
- CEN/TS 14774: Biocombustibles sòlids. Mètodes per a determinar el contingut d'humitat.
- CEN/TS 14775: Biocombustibles sòlids. Mètodes per a determinar el contingut en cendres.
- CEN/TS 14778: Biocombustibles sòlids. Mètodes de mostreig.
- CEN/TS 14780: Biocombustibles sòlids. Mètodes per a preparar la mostra.
- CEN/TS 14918: Biocombustibles sòlids. Mètodes per a determinar el poder calorífic.
- UNE-CEN/TS 14961 EX: Biocombustibles sòlids. Especificacions i classes.
- CEN/TS 15103: Biocombustibles sòlids. Mètodes per a determinar la densitat aparent.
- CEN/TS 15149: Biocombustibles sòlids. Mètodes per a determinar la distribució de la mida de partícula.
- CEN/TS 15210: Biocombustibles sòlids. Mètodes per a determinar la durabilitat mecànica de pèl·lets i briquetes.

Normativa europea

- EN 303-5: Mètodes de prova i requisits d'emissions per a petites calderes a Europa.