



Av. Santa Coloma 91
AD500 Andorra la Vella
Tel. 729 410
www.bopa.ad

Butlletí Oficial del Principat d'Andorra

Andorra la Vella, 6 d'octubre del 2010

Número 57 any 22

Índex

3663 **Sumari**

3664 **Govern**

Disposicions de caràcter general

Sumari

Govern

Decret de l'1 d'octubre del 2010, d'aprovació del Reglament energètic en l'edificació.

Any 22 / núm. 57 / pàg. 3664

Govern

Disposicions de caràcter general

Decret

d'aprovació del Reglament Energètic en l'edificació

Exposició de motius

El Reglament energètic en l'edificació s'emmarca en el model energètic que el Govern ha iniciat per fer front a les necessitats del mercat energètic seguint les tendències dels països del nostre entorn; és a dir, cercant garanties d'aprovisionament, el respecte del medi ambient i la reducció de la dependència energètica per la via de la diversificació, de l'optimització de l'eficiència en tots els processos i del foment de l'ús de les energies renovables.

En el Reglament energètic es regulen les prestacions energètiques dels edificis de nova planta, les ampliacions i les reformes dels existents i s'introdueixen criteris d'eficiència energètica per contribuir a l'aportació mínima d'energia als edificis mantenint les condicions de confort requerides, reduir les emissions dels gasos que causen l'escalfament del planeta i respectar alhora els acords internacionals sobre el canvi climàtic i l'eficiència energètica.

La regulació dels equips de producció de calor mitjançant la radiació solar, la biomassa i la geotèrmia de molt baixa entalpia, permetrà contribuir a l'aprofitament dels recursos naturals nacionals i disminuir la dependència energètica exterior garantint els requisits de durabilitat, fiabilitat, seguretat i eficiència energètica de les instal·lacions d'energia de fonts renovables.

El Reglament energètic també contribuirà a la promoció de la generació d'electricitat d'origen fotovoltaic per part dels particulars amb la possibilitat d'injectar a la xarxa l'excedent d'aquesta producció una vegada que s'hagi aprovat la Llei de mesures provisionals en relació al règim de l'energia elèctrica.

En el Reglament energètic en l'edificació s'introdueix l'obligatorietat

d'elaborar un projecte energètic, subscrit per un tècnic autoritzat i competent, que serà preceptiu a les instal·lacions a partir d'una certa potència energètica. Pel que fa a la resta de les instal·lacions, l'empresa instal·ladora haurà d'elaborar la declaració d'energia de la instal·lació.

El Reglament energètic en l'edificació també regula les condicions i les capacitats que han de disposar els diversos professionals que han d'intervenir al llarg de la vida útil de la instal·lació a fi que se'n pugui assegurar el bon funcionament i la conservació. A aquest efecte, es crea el carnet d'instal·lador energètic que serà preceptiu per a les persones que vulguin realitzar instal·lacions de sistemes de producció tèrmica o elèctrica mitjançant la captació, l'aprofitament i l'ús de diverses fonts d'energia renovable i hidrocarburs o efectuar l'activitat d'empresa instal·ladora d'aquestes energies. Per a l'obtenció del carnet d'instal·lador energètic, els professionals hauran de seguir una formació tècnica i superar les proves convocades pel ministeri competent en matèria d'energia.

Un altre aspecte que preveu el Reglament és l'agrupació de les normes vigents actualment en matèria d'instal·lacions d'hidrocarburs, que es troben distribuïdes en dos documents diferents: la reglamentació de seguretat per a dipòsits i aparells d'utilització d'hidrocarburs en locals d'habitació, del trenta-u de maig de 1978, modificada parcialment el vint-i-cinc d'octubre del 2006, i el Reglament de seguretat contra incendis, del vint-i-dos de desembre de 1981. D'una banda, aquest fet facilita al sector professional la disposició d'aquesta normativa, que no es va publicar al Butlletí Oficial del Principat d'Andorra durant els quasi trenta anys que va ser vigent. D'altra banda, es corregeix el principi de no equitat de les instal·lacions, que es podria donar a les instal·lacions generadores de calor mitjançant hidrocarburs que no estan incloses al Reglament energètic i no estan subjectes als mateixos requisits administratius i tècnics.

Amb la finalitat estratègica de disposar d'un compendi que permeti recollir la nova legislació nacional en matèria d'energia, el Reglament energètic s'ha estructurat, d'una banda, en dinou articles que configuren les disposicions

administratives generals comunes, com la protecció del paisatge urbà, l'escalfament de l'aigua de les piscines descobertes amb energies renovables, els requisits administratius i les condicions de manteniment, entre d'altres. De l'altra, s'ha estructurat en cinc annexos que fixen les disposicions tècniques específiques en relació amb: l'eficiència energètica en l'edificació, les instal·lacions d'equips de producció de calor amb biomassa, amb geotèrmia de molt baixa entalpia i amb radiació solar, així com les instal·lacions de producció de calor mitjançant hidrocarburs.

Les normatives futures que es desenvolupin en el marc de l'objecte d'aquest Reglament es recolliran en nous annexos del mateix Reglament, i estaran emparades per les disposicions administratives generals que s'han esmentat abans.

Finalment, també s'inclouen una disposició derogatòria i quatre disposicions transitòries que regulen uns terminis d'adaptació a aquest Reglament per als titulars de les instal·lacions, per a les empreses de manteniment i per al projecte energètic de l'edificació.

A proposta del ministre d'Economia i Finances, el Govern, en la sessió de l'1 d'octubre del 2010, aprova aquest Decret amb el contingut següent:

Article únic

S'aprova el Reglament energètic en l'edificació, el qual entrarà en vigor sis mesos després d'haver-se publicat al Butlletí Oficial del Principat d'Andorra, llevat de l'article 15 que entrarà en vigor nou mesos després.

REGLAMENT ENERGÈTIC EN L'EDIFICACIÓ

Article 1

Objecte

L'objecte d'aquest Reglament és establir les prescripcions administratives i tècniques relatives a les prestacions energètiques en l'edificació i a la utilització de sistemes de producció tèrmics o elèctrics mitjançant instal·lacions per la captació, l'aprofitament i l'ús de diverses fonts d'energies renovables i d'hidrocarburs, per fixar les condicions tècniques mínimes que han de garantir els requisits

de durabilitat, fiabilitat, seguretat i eficiència energètica.

En determinats projectes es podran adoptar, per al desenvolupament tecnològic, solucions diferents de les exigides en aquest Reglament, sempre que se'n justifiquin suficientment la necessitat i que no impliquin una disminució de les exigències mínimes de qualitat especificades al mateix Reglament.

Article 2

Àmbit d'aplicació

Les exigències requerides per aquest Reglament s'apliquen:

a) Als edificis de nova construcció i a les ampliacions dels existents, sempre que la superfície ampliada representi almenys el 50% de la superfície total construïda o més de 500 m² ampliat, amb calefacció, refrigeració, climatització o ventilació amb control o sense control del grau d'humitat.

b) A les reformes d'edificis existents i als canvis d'ús d'aquests, sempre que la superfície reformada o el canvi d'ús representi almenys el 50% de la superfície total construïda, amb calefacció, refrigeració, climatització o ventilació amb control o sense control del grau d'humitat.

c) A la realització de noves instal·lacions per a la producció de calor, de fred, d'aigua calenta sanitària, de vapor d'aigua o d'electricitat.

d) A la substitució o la modificació de les instal·lacions esmentades al paràgraf anterior.

Queden exempts de l'aplicació d'aquest Reglament els edificis inclosos a l'Inventari general de patrimoni cultural i els edificis declarats d'interès cultural.

Article 3

Valors límit i valors objectiu

1. Els valors límit corresponen a les exigències mínimes que, amb caràcter obligatori, s'han de complir i s'han de justificar degudament. Els valors límit aplicables es fixen a l'annex 1 d'aquest Reglament, així com els criteris d'interpretació i d'aplicació.

Com a excepció del paràgraf anterior, en aquelles construccions en les quals

no sigui possible respectar els valors límit previstos, amb la justificació prèvia d'aquest fet, s'ha d'instal·lar obligatòriament un sistema de producció tèrmica o d'electricitat de manera que s'aporti com a mínim la quantitat d'energia provinent d'una font renovable que asseguri que el balanç energètic resultant respecta les condicions previstes a l'annex 1.

2. Els valors objectiu, de conformitat amb aquest Reglament, són aquells valors que s'indiquen a l'annex 1 i que no són obligatoris però sí que són més exigents que els valors límit i es poden assolir gràcies a una combinació judiciosa dels diversos elements i components energèticament eficients o de tecnologies existents. Cal, en aquests casos, verificar la viabilitat així com la justificació econòmica. Es poden determinar diversos valors objectiu a l'efecte de millorar l'acreditació de l'eficiència energètica d'una activitat, l'envoltant, la instal·lació, el component o el producte.

Article 4

Disposició general per als sistemes de producció tèrmica o elèctrica mitjançant instal·lacions per a la captació, l'aprofitament i l'ús de diverses fonts d'energies

1. Les condicions en què han de ser instal·lats i explotats els sistemes de producció tèrmica o elèctrica mitjançant instal·lacions per a la captació, l'aprofitament i l'ús de diverses fonts d'energies, es regulen pel que es disposa a l'annex que, en cada cas, li sigui d'aplicació.

2. Com a norma general, es considera que la implantació de qualsevol dels sistemes de producció previstos en aquest Reglament és voluntària, llevat que a l'annex corresponent s'estableixi l'obligatorietat d'implantar un sistema de producció específic.

3. Els sistemes de producció previstos en aquest Reglament han de complir les diverses reglamentacions que els puguin ser d'aplicació.

Article 5

Disposició general per a les piscines descobertes

A les piscines de nova construcció no és permès escalfar l'aigua de les piscines descobertes d'un volum superior a 50

m³ mitjançant l'ús d'energies provinents de fonts no renovables.

Article 6

Projecte energètic de l'edificació

En els supòsits previstos en els apartats a) i b) de l'article 2, un tècnic competent i autoritzat ha d'elaborar un projecte energètic de l'edificació en què s'acompleixin les disposicions generals d'aquest Reglament i de l'annex 1, de forma que aquest projecte quedarà automàticament registrat en el moment que es presenti al ministeri competent en energia sense la necessitat que s'hagi de revisar prèviament i sense que això pressuposi que el projecte compleix amb les exigències reglamentàries.

Article 7

Projecte energètic de les instal·lacions

1. En els supòsits previstos en els apartats c) i d) de l'article 2, un tècnic competent i autoritzat ha d'elaborar un projecte energètic dels sistemes i de les instal·lacions per a la captació, l'aprofitament i l'ús de l'energia en què s'acompleixin les disposicions generals d'aquest Reglament i els annexos, segons correspongui, de forma que aquest projecte quedarà automàticament registrat en el moment que es presenti al ministeri competent en energia, sense la necessitat que s'hagi de revisar prèviament i sense que això pressuposi que el projecte compleix amb les exigències reglamentàries.

2. El projecte energètic no s'ha d'incloure en les instal·lacions que per la seva potència o per altres característiques no estigui indicat a l'annex corresponent.

3. El disseny del projecte energètic de les instal·lacions per a la producció de calor, de fred, d'aigua calenta sanitària, de vapor d'aigua o d'electricitat no reglamentades als annexos d'aquest Reglament pot tenir en compte les reglamentacions dels països veïns en matèria d'instal·lacions tèrmiques en edificis.

Article 8

Projecte energètic únic

Quan siguin requerits els projectes energètics de l'edificació i el de les instal·lacions energètiques, únicament s'haurà de presentar un sol document que tingui en compte ambdós projectes.

Article 9

Declaració d'energia

En aquells treballs en què no sigui necessari elaborar un projecte energètic de l'edificació o de les instal·lacions, sense perjudici del que es disposa a la secció segona del capítol segon del Reglament de construcció, n'hi ha prou, en acabar els treballs, de presentar al ministeri competent en energia, en les condicions previstes als apartats 6 i 7 de l'article 10 d'aquest Reglament, el document anomenat Declaració d'energia, segons un model normalitzat que ha de determinar el ministeri competent en energia.

Article 10

Execució i certificació final d'obra

1. L'execució de l'obra s'ha d'efectuar segons el que preveu aquest Reglament, els annexos que el desenvolupen, el projecte energètic de l'edificació o de les instal·lacions, si escau, i les normes tècniques que puguin ser d'aplicació.

2. La direcció facultativa de l'obra ha de vetllar, sense perjudici de les funcions atribuïdes per qualsevol altra normativa que li sigui d'aplicació, perquè les obres i les instal·lacions incloses dins l'àmbit d'aplicació d'aquest Reglament s'executin subjectes estrictament al projecte energètic registrat.

3. Sense perjudici del compliment de qualsevol altra normativa aplicable, la direcció facultativa ha de recopilar tota la documentació que s'elabori per reflectir l'obra executada amb la finalitat que, un cop finalitzada, es puguin conèixer les dades necessàries per al manteniment, la conservació i la reparació eventual dels materials, els equips, els sistemes, els dispositius i les instal·lacions afectes a aquest Reglament. Aquesta documentació ha d'anar acompanyada de la relació de les empreses i els professionals que hagin intervingut en la construcció. La direcció facultativa ha de consignar al llibre de l'edifici tota la informació relativa a l'execució del projecte energètic.

4. En finalitzar l'obra s'ha de presentar al ministeri competent en matèria d'energia el certificat final d'obra energètic, segons un model normalitzat que ha de determinar aquest ministeri, que acrediti que els treballs s'han executat subjectes estrictament al projecte autoritzat. En el supòsit que s'hagin efectuat

modificacions respecte al projecte original, s'ha d'adjuntar un annex on es justifiquin les modificacions efectuades i concretament, en el cas del projecte energètic de l'edificació, s'ha d'assegurar que com a mínim es compleix el mateix nivell d'eficiència energètica previst en el projecte original.

5. Un cop rebut el certificat final d'obra energètic, el ministeri competent en energia emetrà un número de registre que el tècnic director de l'obra haurà de consignar al certificat d'obra de l'edifici. L'emissió d'aquest número de registre per part del ministeri competent en energia no pressuposa que el projecte compleix amb les exigències reglamentàries.

6. En aquelles instal·lacions per a la producció de calor, de fred, d'aigua calenta sanitària, de vapor d'aigua o d'electricitat en què no sigui preceptiva l'elaboració i la presentació d'un projecte energètic de les instal·lacions, l'empresa instal·ladora assumeix les funcions i les responsabilitats de la direcció, d'acord amb les prescripcions previstes a l'annex que li sigui d'aplicació. En aquest cas, en finalitzar l'obra, l'empresa responsable ha de redactar i lliurar al ministeri competent en energia, el document anomenat Declaració d'energia.

7. Un cop rebuda la declaració d'energia, el ministeri competent en energia emetrà un número de registre. L'emissió d'aquest número de registre per part del ministeri competent en energia no pressuposa que la instal·lació compleix amb les exigències reglamentàries.

8. La responsabilitat de l'emissió del certificat final d'obra energètic o de la declaració d'energia, segons correspongui, recau exclusivament en la persona que el redacti i suposa una presumpció de compliment de les prescripcions previstes en aquest Reglament.

Article 11

Materials, certificacions i assaigs

1. Resta prohibida la fabricació, la importació, l'exportació, la instal·lació, la venda o la cessió de qualsevol tipus de material sotmès a aquest Reglament si no es disposa, quan s'exigeixi, de l'homologació o la certificació corresponent. Aquests materials s'acrediten mitjançant la declaració de conformitat

CE i el marcatge CE en el producte quan correspongui normativament.

2. El ministeri competent en energia pot exigir en qualsevol moment la presentació dels certificats justificatius corresponents de conformitat amb les normes d'obligat compliment, o, si no n'hi ha, l'assaig corresponent per part d'un laboratori acreditat a càrrec de la persona propietària del producte o el material del qual es vulgui fer l'assaig.

3. Així mateix, quan el ministeri competent en energia tingui dubtes raonables que el producte o el material no reuneix les condicions reglamentàries o no es correspon amb el certificat de conformitat, pot ordenar que es facin els assaigs corresponents per comprovar-ne la idoneïtat, a càrrec de la persona propietària del producte.

Article 12

Protecció del paisatge urbà

La tecnologia per assolir les prestacions energètiques en l'edificació i la implementació del sistema de captació d'energies renovables ha de complir les condicions volumètriques, dimensionals, estètiques i d'altres tipus que imposin els annexos d'aquest Reglament.

Article 13

Manteniment preventiu

1. L'obligació dels propietaris és conservar en bon estat l'edifici i vetllar perquè les prestacions, els rendiments i cada un dels components de les instal·lacions de producció de calor, de fred, d'aigua calenta sanitària, de vapor d'aigua i d'electricitat es mantinguin en un estat de funcionament correcte durant la seva vida útil.

2. Les instal·lacions objecte d'aquest Reglament han de disposar d'un contracte de manteniment amb una empresa mantenidora o un mantenidor competent i autoritzat i s'han de revisar, a excepció dels habitatges unifamiliars, periòdicament cada tres anys per les empreses d'inspecció i de control degudament autoritzades. Els elements de les instal·lacions han de ser revisats, netejats i mantinguts amb la periodicitat que determini el fabricant i com a mínim amb la periodicitat prevista als annexos corresponents.

3. En aquest contracte s'han d'especificar les característiques de la instal·lació i les operacions de manteniment.

4. L'empresa mantenidora o el mantenidor autoritzat ha de lliurar anualment al ministeri competent en suport informàtic (full de càlcul) una declaració actualitzada d'un registre de les instal·lacions que té contractades pels titulars de les instal·lacions, amb l'especificació d'altres i baixes i de la informació següent:

- a) Tipus d'instal·lació i d'energia.
- b) Model i marca.
- c) Potència (kW).
- d) Any de fabricació.
- e) Ús (electricitat, calefacció, aigua calenta sanitària, etc.).
- f) Adreça de la instal·lació (amb indicació de les coordenades Lambert).

5. L'empresa mantenidora o el mantenidor autoritzat ha de crear i actualitzar un registre de les operacions de manteniment. El mantenidor ha de portar un registre de les operacions de manteniment, en el qual s'han de reflectir els resultats de les tasques realitzades.

El registre es pot fer en un llibre o en fulls de treball o en suport informàtic. En qualsevol dels casos, s'han de numerar correlativament les operacions de manteniment de la instal·lació, i hi ha de figurar, com a mínim, la informació següent:

- a) El titular de la instal·lació i la ubicació d'aquesta instal·lació (amb indicació de les coordenades Lambert).
- b) El titular del manteniment.
- c) El número d'ordre de l'operació en la instal·lació.
- d) La data d'execució.
- e) Les operacions realitzades i el personal que les va realitzar.
- f) La llista de materials substituïts o els recanvis, quan s'hagin efectuat operacions d'aquest tipus.
- g) Les observacions que es creguin oportunes.

El registre de les operacions de manteniment de cada instal·lació s'ha de fer per duplicat i se n'ha de remetre una còpia al titular de la instal·lació. Aquests

documents s'han de guardar almenys durant cinc anys, comptats a partir de la data d'execució de l'operació de manteniment.

6. Si s'observen defectes en les mesures o es comprova un estat defectuós dels equips, s'han d'arreglar en el termini més breu possible o s'han de substituir.

Si el defecte observat pot suposar un risc per a la seguretat de les persones, l'empresa mantenidora ho ha de comunicar immediatament al departament competent per als efectes oportuns.

7. L'empresa mantenidora autoritzada responsable de les operacions de manteniment és la responsable de l'execució d'aquestes operacions. La responsabilitat i les despeses d'efectuar les operacions de manteniment, quan sigui necessari, recau en el titular de la instal·lació.

8. L'obligació dels usuaris, siguin propietaris o no ho siguin, és utilitzar de forma adequada els edificis i les instal·lacions de conformitat amb aquest Reglament.

Article 14

Tècnics competents autoritzats

1. De conformitat amb aquest Reglament es considera tècnic autoritzat i competent en energia el professional legalment autoritzat, amb formació universitària, la formació acadèmica o el nivell de competència del qual hagi previst la gestió de les fonts d'energia, el transport i la utilització, així com les mesures destinades al seu ús eficient.

2. En qualsevol cas, i sense perjudici de la qualificació d'altres professions, es consideren que reuneixen aquesta formació els tècnics autoritzats que disposin de la titulació d'arquitecte, arquitecte tècnic, enginyer i enginyer tècnic.

Article 15

Carnet d'instal·lador energètic

1. La persona que realitza, modifica o amplia instal·lacions de sistemes de producció tèrmica o elèctrica mitjançant la captació, l'aprofitament i l'ús de diverses fonts d'energia renovable i hidrocarburs o efectua l'activitat d'empresa instal·ladora d'aquestes energies, ha de disposar del carnet d'instal·lador energètic.

2. Per obtenir el carnet d'instal·lador energètic cal superar les proves convocades pel ministeri competent en matèria d'energia. Els requeriments teòrics i pràctics quedaran determinats a l'ordre ministerial corresponent.

3. El carnet d'instal·lador energètic és personal i intransferible.

4. El titular del carnet, per contribuir a mantenir actualitzat el registre d'instal·ladors energètics del ministeri competent en matèria d'energia, ha de notificar a aquest ministeri el canvi d'empresa en un termini de 15 dies hàbils des de la data en què s'ha produït la baixa.

Article 16

Empreses instal·ladores autoritzades

1. Les instal·lacions sotmeses a aquest Reglament les executen, les repararen i les mantenen les empreses autoritzades per a l'exercici de l'activitat, sense perjudici de la possibilitat que els tècnics titulats autoritzats i competents n'elaborin el projecte i dirigeixin l'obra.

2. Per poder exercir les activitats comercials de realització, ampliació, modificació, reparació o manteniment d'instal·lacions o d'aparells afectats per aquest Reglament, el titular ha de justificar documentalment al ministeri competent en energia que disposa dels requisits establerts següents:

- a) Carnet en vigor d'instal·lador energètic.
- b) Els mitjans tècnics i humans necessaris que es determinaran en l'ordre ministerial corresponent.
- c) Una assegurança que cobreixi els riscos de la responsabilitat de les actuacions professionals de l'empresa.

Article 17

Procediment de concessió de la llicència d'obres

Dins el procediment de concessió de la llicència d'obres d'edificació, en els supòsits previstos en els apartats a), b), c) i d) de l'article 2 d'aquest Reglament, en el marc de la Llei general d'ordenació del territori i urbanisme i del Reglament de construcció vigents, es requereix el comprovant de la presentació prèvia del projecte energètic al ministeri competent en energia.

Article 18

Llicència d'ús de l'edificació

1. L'execució de l'obra s'efectua d'acord amb el que es preveu en els articles del Reglament de construcció vigent.

2. La llicència d'ús de l'edificació es regula per allò que es disposa al Reglament esmentat.

3. Dins el procediment de concessió de la llicència d'ús, en el certificat final d'obra requerit, s'ha de consignar el número de registre conforme s'ha presentat el certificat final d'obra energètic al ministeri competent en matèria d'energia.

4. Els serveis tècnics del ministeri competent en matèria d'energia poden, discrecionalment i potestativament, fer visites d'inspecció als edificis i a les instal·lacions pels quals s'hagi presentat la sol·licitud de llicència d'ús per comprovar-ne l'adequació a les disposicions previstes en aquest Reglament.

Article 19

Responsabilitats, infraccions i sancions

Les responsabilitats, les infraccions i les sancions d'aquest Reglament i les instruccions tècniques relacionades amb el projecte, l'execució, la conservació, el manteniment i el control d'obres d'edificació es regulen pel que disposa el títol XI de la Llei general d'ordenació del territori i urbanisme.

Les responsabilitats, les infraccions i les sancions d'aquest Reglament i els annexos relacionats amb la fabricació, la importació i la venda de productes industrials relacionats amb la construcció o amb els equips industrials,

així com el projecte, l'execució, la conservació, el manteniment i el control d'instal·lacions de producció, transport, distribució i consum d'energia no sotmesos a legislació específica es regulen pel que disposa el títol V de la Llei de seguretat i qualitat industrial.

Disposició derogatòria

Queden derogats l'apartat tercer de l'article 40 i l'article 43 del Reglament de construcció, aprovat per Decret del 8 d'abril del 2009, els articles 19 a 22 del Reglament de seguretat per a dipòsits i aparells d'utilització d'hidrocarburs en locals d'habitació aprovat el 31 de maig de 1978, el Reglament de modificació del Reglament de seguretat per a dipòsits i aparells d'utilització d'hidrocarburs en locals d'habitació aprovat per Decret del 25 d'octubre del 2006, així com totes les disposicions de rang igual o inferior que s'oposin al que s'estableix en aquest Decret.

Disposició transitòria primera

Els titulars de les instal·lacions objecte d'aquest Reglament disposen d'un termini d'un any a comptar de la data d'entrada en vigor d'aquest Reglament per contractar, en cas que no el tinguin, el manteniment de les seves instal·lacions a una empresa autoritzada.

Disposició transitòria segona

Els titulars de les instal·lacions objecte d'aquest Reglament, en edificis plurifamiliars que mesuren el consum mitjançant comptadors horaris, disposen d'un termini de quatre anys a comptar de la data d'entrada en vigor d'aquest Reglament per substituir-los per comptadors calorimètrics de precisió.

Disposició transitòria tercera

L'empresa mantenidora o el mantenidor autoritzat afectat per aquest Reglament disposen d'un termini de dos mesos a comptar de la data d'entrada en vigor d'aquest Reglament per lliurar al ministeri competent la primera declaració actualitzada de les instal·lacions que tenen contractades.

Disposició transitòria quarta

Durant un termini de tres anys a comptar de la data d'entrada en vigor d'aquest Reglament, els projectes energètics corresponents als edificis descrits als apartats a i b de l'article 2 podran presentar un increment màxim del 30% de cadascun dels valors límit establerts a l'annex 1.

Aquest percentatge dels valors límit ha de figurar expressat clarament en el projecte energètic que es presenti durant el termini que comprèn aquesta disposició transitòria.

Cosa que es fa pública per a coneixement general.

Andorra la Vella, 1 d'octubre del 2010

Jaume Bartumeu Cassany
Cap de Govern



**Butlletí
Oficial del
Principat
d'Andorra**

Preu de l'exemplar
1,07 €

Subscripció anual
56,82 €

Dipòsit legal
And-15-1989

ISSN 1013-7777
Any 22

Els documents que contenen dades de caràcter personal es publiquen al BOPA en compliment d'una norma vigent. És il·legal indexar o incorporar aquesta informació a fitxers de dades. Qualsevol recollida o tractament de dades personals ha de dur-se a terme en les condicions previstes per la Llei 15/2003, del 18 de desembre, de protecció de dades personals.



Av. Santa Coloma 91
AD500 Andorra la Vella
Tel. 729 410
www.bopa.ad

Butlletí Oficial del Principat d'Andorra

Andorra la Vella, 6 d'octubre del 2010

Número 57 -annex- any 22 Volum I

Índex

3 **Annex 1**

Eficiència energètica en l'edificació

Annex Núm. 1

EFICIÈNCIA ENERGÈTICA EN L'EDIFICACIÓ

*Índex**1. Disposicions generals*

1.1. Definició

1.1.1. Balanç tèrmic

1.1.2. Necessitats de calor per a la calefacció

1.1.3. Terminologia

1.1.4. Símbols i unitats

1.1.5. Abreviatures

1.2. Àmbit d'aplicació

1.2.1. Limitacions

1.2.2. Referències normatives

1.2.3. Indicacions d'ús de l'annex

1.3. Projecte energètic

1.3.1. Prestacions globals

1.3.2. Prestacions puntuals

2. Requisits generals

2.1. Valors límit i valors objectiu

2.2. Prestacions puntuals

2.2.1. Camp d'aplicació

2.2.2. Coeficients de transmissió tèrmica d'elements d'envolvent plans

2.2.3. Coeficients lineàrics i puntuals de transmissió tèrmica

2.3. Prestacions globals

3. Càlcul de les necessitats de calor per a la calefacció

3.1. Generalitats

3.2. Mètode de càlcul

3.3. Valors de càlcul

3.4. Condicions normals d'utilització

3.5. Dades d'entrada

3.5.1. Utilització

3.5.2. Climatologia

3.5.3. Superfícies, llargades i nombres

3.5.4. Característiques dels elements d'envolvent

3.5.5. Dades d'entrada especials

4. Necessitats de calor per a l'aigua calenta sanitària

5. Pèrdues de calor del sistema de calefacció, del sistema de preparació d'aigua calenta sanitària i de fracció útil

5.1. Pèrdues de calor del sistema de calefacció

5.2. Pèrdues de calor del sistema de producció i de distribució d'aigua calenta sanitària

5.3. Fracció útil

6. Ús d'energia per a aire condicionat

6.1. Generalitats

6.1.1. Casos especials amb exigències particulars de temperatura ambient

6.1.2. Càrregues tèrmiques i aeracions per a les finestres

6.1.3. Temperatura de l'aire interior més elevada a l'estiu

6.2. Exigències constructives

6.3. Producció de fred

6.4. Càlcul del consum de fred

Document A: Categories d'obra i condicions normals d'utilització

Document B: Recapitulatiu dels valors de càlcul

Document C: Caixes d'escala i forats d'ascensor

Document D: Valors indicatius de la fracció útil

Document E: Recull de fórmules

Document F: Índex de consum d'energia

Document G: Catàleg d'elements de construcció

Document H: Llista d'estacions meteorològiques d'Andorra

Document I: Llista de programes informàtics de simulació tèrmica afiliats a l'*International Building Performance Simulation Association*

Document J: Catàleg dels ponts tèrmics més freqüents

1. Disposicions generals

Aquest annex té com a objectiu la utilització racional i econòmica de l'energia per a la calefacció, l'aigua calenta sanitària i l'aire condicionat als edificis. D'aquesta manera, pretén contribuir al disseny d'edificis respectuosos amb el medi ambient i establir les bases de disseny per projectar construccions que necessitin una aportació mínima d'energia. Aquestes bases de disseny, vistes les condicions climàtiques d'Andorra, han de poder evitar la utilització de l'aire condicionat sempre que es pugui.

Només s'ha d'utilitzar l'aire condicionat quan es compleixin les condicions establertes a l'apartat 6.1. Per aquest motiu, totes les al·lusions a necessitats o consums d'energia fan referència a la calefacció i a l'aigua calenta sanitària. No obstant això, si les condicions ja esmentades es compleixen, les al·lusions es fan extenses a l'aire condicionat.

Aquesta és la primera versió d'aquest annex. Amb el temps, s'haurà de modificar o adaptar en funció de les necessitats, de les noves tecnologies o bé d'altres paràmetres de caire mediambiental (per exemple d'emissions de CO₂).

Aquest annex es basa, en gran part, en la norma Suïssa 380/1, edició 2009, publicada per la "Société suisse des ingénieurs et des architectes" (SIA – www.sia.ch), a la qual s'agraeix profundament la seva col·laboració.

Q_r	calor ambiental
Q_s	guanys de calor solars
Q_T	pèrdues per transmissió
Q_{tot}	pèrdues totals
Q_{ug}	guanys de calor útils
Q_V	pèrdues per renovació d'aire
Q_{ww}	necessitats de calor per a l'ACS
RC	recuperació de calor

Les necessitats de calor i energia final, així com els seus components (pèrdues i guanys), s'expressen en relació amb la superfície de referència energètica A_E . Tots aquests valors s'expressen en kWh/m² per període de càlcul o bé per any.

1.1.2. Necessitats de calor per a la calefacció Q_h

Les necessitats de calor per a la calefacció Q_h representen la quantitat d'energia calorífica necessària, en relació amb la superfície de referència energètica A_E , per mantenir, durant un any, un edifici a una temperatura ambient determinada. Resulten de la suma dels balanços mensuals, els quals s'obtenen restant els guanys de calor útils de les pèrdues per transmissió i renovació d'aire. Els guanys de calor útils provenen de la radiació solar (guanys de calor solars), així com de la calor produïda per les persones i els aparells elèctrics (guanys de calor interns).

Els índex energètics (necessitat de calor, necessitat d'energia) s'expressen en valors anuals. El mes constitueix el període sobre el qual es calculen els termes que permeten determinar les necessitats de calor per a la calefacció (pèrdues i guanys de calor). Els resultats mensuals se sumen per obtenir les necessitats anuals.

$$Q_h = \Sigma [Q_T + Q_V - \eta_g (Q_i + Q_s)]$$

Q_h necessitats de calor per a la calefacció

Q_T pèrdues per transmissió

Q_V pèrdues per renovació d'aire

η_g taxa d'utilització dels guanys de calor

Q_i guanys de calor interns

Q_s guanys de calor solars

La taxa d'utilització dels guanys de calor η_g és un factor de reducció que intervé en el balanç energètic estacionari. S'hi introdueix per tal de tenir en compte el comportament dinàmic dels edificis. Els guanys de calor només s'han de tenir en compte si són inferiors a les pèrdues mesurades en el mateix interval de temps.

La taxa d'utilització dels guanys de calor depèn de la inèrcia tèrmica de l'edifici i del quocient entre els guanys i les pèrdues de calor. La comparació amb simulacions dinàmiques confirma que la taxa d'utilització es pot calcular a partir de la fórmula empírica que conté aquests paràmetres.

La taxa d'utilització definida suposa una regulació ideal de les temperatures ambientals. Per tenir en compte una mala explotació dels guanys tèrmics a causa d'una regulació massa lenta o independent de la temperatura dels espais, cal fer una majoració de la temperatura ambient $\Delta\theta_o$.

La recuperació de calor de les instal·lacions de ventilació mecànica suposa una reducció de les necessitats d'energia.

1.1.3. Terminologia

Els termes que intervenen com a dades d'entrada en el càlcul de les necessitats de calor per a la calefacció estan definits a l'apartat 3.5.

ACS	Sigles que volen dir "aigua calenta sanitària".
Agent energètic	Un agent energètic designa un recurs, una substància o un flux que serveix per produir energia directament o després d'una transformació.
Balanç energètic	Balanç dels fluxos energètics dins d'un edifici tenint en compte les pèrdues i els guanys tèrmics.
Caixa de persiana	Per a les prestacions puntuals requerides: engrandiment de la caixa de persiana de 30 cm d'amplada (en relació amb l'amplada de la finestra) i de 15 cm d'alçada per al revestiment d'aïllant a l'interior.
Canvi d'afectació	Es diu que hi ha un canvi d'afectació d'un edifici o part d'un edifici quan el canvi de les condicions normals d'utilització impliquen un canvi de la temperatura ambient.
Capacitat tèrmica C kWh/K	Capacitat efectiva d'emmagatzematge de la calor de l'espai calefactat per Kelvin, calculada segons la norma EN ISO 13786.
Categoria d'obra	Categoria d'edifici per a cada una de les quals s'han definit unes condicions normals d'utilització i unes exigències quant a necessitats de calor per a la calefacció.

Coeficient de transferència tèrmica específica H W/K	Flux tèrmic cedit a l'ambient exterior per als espais calefactats o refrigerats, dividit per la diferència de temperatura entre els espais calefactats o refrigerats i l'ambient exterior. El coeficient de transferència tèrmica específica no té en compte els fluxos tèrmics cap als espais contigus calefactats o refrigerats.
Coeficient de transmissió tèrmica U, Ψ, χ $W/(m^2K), W/mK, W/K$	Quocient del flux tèrmic per unitat de superfície d'un element de construcció, en règim estacionari, per la diferència de temperatura entre els ambients contigus d'aquest element. El coeficient de transmissió tèrmica pot referir-se a una unitat de superfície, de llargada o bé puntual.
Condicions normals d'utilització	Valors que depenen de l'afectació de l'edifici i que es tenen en compte en el càlcul de les necessitats de calor per a la calefacció d'un projecte en comparació amb la prestació global requerida.
Constant de temps T h	Constant de temps que caracteritza la inèrcia tèrmica de l'espai calefactat. És igual a la capacitat tèrmica dividida pel coeficient de transferència tèrmica de l'edifici.
Edifici	Obra construïda amb fonaments al subsòl o bé reposada en superfície, que ofereix un espai totalment tancat destinat a protegir les persones i les coses d'efectes exteriors, sobretot atmosfèrics. També responen a aquesta definició les construccions mòbils, estacionades o no en un mateix lloc, o bé les construccions desmuntables en servei durant l'època de calefacció.
Edifici nou	Nova construcció. També es consideren noves construccions les parts annexades o les sobreelevacions d'edificis existents, així com tota transformació similar a una nova construcció (per exemple murs interiors).

Elements afectats	Un element està afectat per una transformació si es duen a terme treballs més importants que una reparació menor. Estan afectats per una transformació: - Una coberta nova (o la renovació d'una coberta ja existent). - La renovació de façanes (excepte si només es pinta). - La substitució de finestres i altres elements de façana. Un element està afectat per un canvi d'afectació quan la diferència de temperatura a través de l'element es veu modificada pel canvi d'afectació. Les temperatures ambientals en condicions normals d'utilització són, en aquest cas, determinants.
Envolvent tèrmica de l'edifici	L'envolvent tèrmica de l'edifici es compon de tots els elements de la seva envolvent que delimiten els espais calefactats o refrigerats.
Espai calefactat / refrigerat	Espai tancat a una temperatura de consigna corresponent a una temperatura ambient definida.
Factor de l'envolvent A_{th}/A_E	de Quocient entre la superfície de l'envolvent tèrmica A_{th} i la superfície de referència energètica A_E . Caracteritza la forma i les dimensions de l'edifici.
Factor de reducció de pèrdues contra el terreny b_G	Factor que redueix les pèrdues cap a l'exterior a través d'elements d'envolvent en contacte amb el terreny. Es calcula d'acord amb la normativa EN ISO 13370 per analogia al factor de reducció de pèrdues contra espais no calefactats.
Factor de reducció de pèrdues contra espais calefactats no b_u	Factor que redueix les pèrdues cap a l'exterior quan un espai calefactat està separat de l'exterior per un espai no calefactat. És igual al quocient entre la diferència de temperatura de l'espai calefactat amb l'espai no calefactat i la diferència de temperatura de l'espai calefactat amb la temperatura exterior. Es calcula d'acord amb la normativa EN ISO 13789.

Fracció útil η	Quocient entre els valors mitjans anuals de les necessitats de calor i les necessitats d'energia. En el cas de sistemes separats per a la producció de calor per a la calefacció i per a l'ACS, es distingeix la fracció útil de calefacció η_h i la fracció útil d'ACS η_{ww} . En el cas de sistemes combinats per a la producció de calor per a calefacció i per a l'ACS, s'aplicarà la fracció útil per a calefacció i ACS $\eta_{h,ww}$. La quantitat d'energia d'un combustible prové de la seva calor de combustió (poder calorífic superior).
Guany de calor Q_g kWh/m^2	Suma dels guanys de calor interns i solars per període càlcul (mes).
Guany de calor interns Q_i kWh/m^2	Quantitat de calor dissipada dins de l'espai calefactat per fonts de calor diferents del sistema de calefacció, per unitat de superfície de referència energètica i per període de càlcul (mes).
Guany de calor solars Q_s kWh/m^2	Quantitat de calor entrant dins de l'espai calefactat a través dels elements d'envolvent transparents, per unitat de superfície de referència energètica i per període de càlcul (mes).
Guany de calor útils Q_{ug} kWh/m^2	Part dels guanys de calor mensuals que condueix cap a una disminució de les necessitats d'energia per a la calefacció.
Índex de consum energètic E kWh/m^2	Energia primària total introduïda anualment dins d'un edifici, per unitat de superfície de referència energètica. En aquest annex s'utilitzen els índex parcials de consum energètic per a la calefacció $E_{p,h}$, per a l'ACS $E_{p,ww}$ i per a la calor (calefacció i ACS) $E_{p,hww}$.
Mur cortina	Sistema compost d'elements verticals i horitzontals solidaris i ancorats a l'obra, dotat d'elements de façana que formen una envoltant ininterrompuda, lleugera i integral de la façana. El mur cortina compleix la seva funció normal de mur exterior sense ser un element de càrrega. El sistema també té proteccions contra el sol, sistemes d'utilització activa d'energia solar i mecanismes i

instal·lacions de comanda.

Necessitats d'energia (final) per a l'ACS $E_{F,ww}$ kWh/m²	Energia final que cal donar al sistema de producció d'ACS per cobrir les necessitats de calor que cal per a la producció d'ACS durant un any. Es compon de les necessitats de calor per a l'ACS, de les pèrdues de calor durant la producció, l'emmagatzematge i la distribució d'ACS (incloent-hi el manteniment de la temperatura dins el sistema de distribució). Les necessitats d'energia final per a l'ACS s'expressen en relació amb la superfície de referència energètica i es representen de forma separada per a cada agent energètic.
Necessitats d'energia (final) per a la calefacció i l'ACS $E_{F,hww}$ kWh/m²	Necessitats d'energia per a la calefacció i per a l'ACS. Les necessitats d'energia final es representen de forma separada per a cada agent energètic.
Necessitats d'energia per a la calefacció $E_{F,H}$ kWh/m²	Quantitat d'energia final que cal donar al sistema de calefacció per satisfer les necessitats anuals de calor per a la calefacció. Les necessitats d'energia per a la calefacció es componen de les necessitats de calor per a la calefacció i de les pèrdues tècniques a causa de la producció, l'emmagatzematge i la distribució de la calor. S'expressen en relació amb la superfície de referència energètica i es representen de forma separada per a cada agent energètic.
Necessitats de calor per a l'ACS Q_{ww} kWh/m²	Calor que cal donar al sistema de producció d'ACS per portar el volum d'aigua necessari a temperatura de consigna, per unitat de superfície de referència energètica i per any.
Necessitats de calor per a la calefacció Q_h kWh/m²	Calor que cal donar a l'espai calefactat durant un any o durant l'època de càlcul (mes) per mantenir-lo a la temperatura ambient de consigna, per unitat de superfície de referència energètica.
Pèrdues de calor del sistema de calefacció Q_{Lh} kWh/m²	Part de les necessitats d'energia per a la calefacció que no poden servir per cobrir les necessitats anuals de calor per a la calefacció, per unitat de superfície de referència energètica.

Pèrdues de calor del sistema de producció i de distribució d'ACS Part de les necessitats d'energia per a la producció d'ACS que no poden servir per cobrir les necessitats anuals de calor per a la producció d'ACS, per unitat de superfície de referència energètica.

Q_{Lww}
kWh/m²

Pèrdues renovació d'aire per Quantitat de calor cedida per l'espai calefactat a l'ambient exterior mitjançant la renovació de l'aire, per unitat de superfície de referència energètica i per període de càlcul (mes).

Q_v
kWh/m²

Pèrdues transmissió per Quantitat de calor cedida per l'espai calefactat a l'ambient exterior per transmissió a través dels elements de l'envolvent tèrmica, per unitat de superfície de referència energètica i per període de càlcul (mes).

Q_T
kWh/m²

Perímetre de balanç Perúmetre que delimita l'edifici (o les parts d'envolvent de l'edifici per les quals s'ha de calcular el balanç energètic) i les instal·lacions exteriors que li pertocuen. Indica els límits amb els edificis contigus o amb les parts d'edifici que no s'han de considerar per al càlcul.

Període de càlcul Interval de temps utilitzat pel càlcul de les pèrdues i dels guanys de calor. El període de càlcul més emprat és el mes.

t_c
d

Ponts tèrmics Els ponts tèrmics són pertorbacions locals del flux tèrmic dins l'envolvent tèrmica de l'edifici.

Prestació requerida global Qualitat requerida de l'envolvent considerada en el seu conjunt (necessitats de calor per a la calefacció).

Prestacions puntuals requerides Exigències imposades a cada element d'envolvent (o component) que constitueix la superfície de l'envolvent tèrmica de l'edifici. S'han de respectar tret que la justificació d'un aïllament tèrmic suficient faci referència a una prestació global.

Quocient guanys/pèrdues γ		Quocient entre els guanys de calor i la suma de les pèrdues de calor per transmissió i per renovació d'aire, per període de càlcul (mes). Aquest quocient és necessari per determinar la taxa d'utilització dels guanys de calor.
Superfície finestres A_w m^2	de	Superfície de forats reservats a finestres als murs exteriors i a la coberta. En el cas de justificació per prestacions puntuals, el marc de la finestra que es té en compte per calcular el valor U de la finestra no pot sobrepassar 15 cm d'amplada en tots els costats. Les superfícies de marc que sobrepassin aquesta dimensió han de respondre a les exigències de les parts opaques de l'edifici o de les caixes de persiana. En un mur cortina, les dimensions d'obertura i, per consegüent, les superfícies de les finestres, no estan definides. La noció de superfície de finestres no és aplicable. Per tant, no s'autoritza el justificatiu per a prestacions puntuals.
Superfície l'envolvent de l'edifici A_{th} m^2	de tèrmica	Superfície de l'envolvent dels elements (dimensions exteriors) que es tenen en compte en el balanç tèrmic: és a dir, les superfícies en contacte amb l'ambient exterior, amb els espais no calefactats, el terreny i els espais contigus calefactats. Per calcular l'envolvent tèrmica es ponderen les superfícies dels elements d'envolvent A_{th} en contacte amb el terreny i dels espais no calefactats mitjançant els factors de reducció corresponents. Les que estan en contacte amb espais calefactats no es tenen en compte.
Superfície de portes A_d m^2		Superfície de forats reservats a portes als murs exteriors. En el cas de justificació per prestacions puntuals, el marc que es té en compte per calcular el valor U de la porta no pot fer més de 15 cm d'amplada per cada costat. Les superfícies de marc que sobrepassin aquesta dimensió han de respondre a les exigències de les parts opaques de l'edifici o de les caixes de persiana. En un mur cortina, les dimensions d'obertura i, per consegüent, les superfícies de les portes, no estan definides. La noció de superfície de portes no és aplicable. Les portes anomenades "grans portes" són superiors a 6 m^2 i serveixen per al pas de materials i maquinària de transport.

Superfície de referència energètica (SRE) A_E m^2	Total de les superfícies brutes de forjat dels espais calefactats o climatitzats, situats per sota o per sobre del nivell del terreny i compreses a l'interior de l'envolvent tèrmica. No es comptabilitzaran les superfícies brutes de forjat d'una alçada inferior a 1 m.
Taxa d'utilització dels guanys de calor η_g	Factor de reducció que s'aplica als guanys de calor mensuals (interns i solars) per obtenir els guanys útils. La taxa d'utilització dels guanys de calor és igual a la suma anual dels guanys de calor utilitzats dividit per la suma anual dels guanys de calor.
Taxa de cobertura per guanys de calor f_{ug}	Quocient entre els guanys de calor útils i la suma de les pèrdues de calor per transmissió i per renovació d'aire (mitjana anual).
Temperatura ambient θ_o $^{\circ}C$	Mitjana aritmètica entre la temperatura de l'aire i la temperatura radiant mitjana al centre d'un espai. La consigna de la temperatura ambient (temperatura de consigna) és el valor que la calefacció ha de mantenir com a temperatura ambient.
Temperatura exterior θ_e $^{\circ}C$	Temperatura mitjana de l'aire exterior durant el període de càlcul (mes). θ_{ea} és la temperatura mitjana anual.
Transformació	En el sentit d'aquesta normativa, un arranjament total o parcial d'un edifici, la magnitud del qual supera els simples treballs de manteniment o reparacions menors, es considera una transformació. Generalment, tota obra que impliqui la necessitat d'un permís d'obra major.
Valors de càlcul	Valors típics que s'han d'utilitzar per a l'establiment de la justificació, a defecte d'altres valors més precisos i provats.
Valors límit	Els valors límit corresponen a les exigències mínimes amb els mitjans tècnics actuals i que són suportables des d'un punt de vista econòmic.

Valors objectiu	Valors que es poden assolir gràcies a una combinació judiciosa d'elements de l'envolvent i de components energèticament eficients o de tecnologies existents.
Valors útils	Valors característics d'un producte que han de respondre a condicions d'utilització particulars prescrites segons unes regles determinades de manera consensuada. Els valors útils per a la conductivitat tèrmica són vàlids dins la construcció estàndard amb les condicions habituals de l'espai construït per a la climatologia andorrana. Són aplicables per als càlculs energètics i les justificacions.

1.1.4. Símbols i unitats

Lletres llatines

Símbol	Terme	Unitat
A_d	Superfície de portes	m^2
A_E	Superfície de referència energètica	m^2
$A_F, A_{Fe}, A_{Fu}, A_{FG}$	Superfície de forjats (contra l'exterior, espai no calefactat, el terreny)	m^2
A_P	Superfície per persona	m^2/P
A_R, A_{Re}, A_{Ru}	Superfície de coberta o de sostre (contra l'exterior o espai no calefactat)	m^2
A_{th}	Superfície de l'envolvent tèrmica de l'edifici	m^2
$A_W, A_{We}, A_{Wu}, A_{WG}, A_{Wn}$	Superfície de murs (contra l'exterior, espais no calefactats, el terreny, adjacents)	m^2
$A_{w}, A_{wH}, A_{wS}, A_{wE}, A_{wW}, A_{wN}$	Superfície de finestres zenitals exposades al sud, a l'est, a l'oest i al nord	m^2
a, a_0	Paràmetres numèrics necessaris per al càlcul de la taxa d'utilització	-
b_G, b_{GW}, b_{GF}	Factor de reducció de pèrdues cap al terreny (a través de murs o forjats)	-
$b_u, b_{uR}, b_{uW}, b_{uF}$	Factor de reducció de pèrdues cap a espais no calefactats (a través de murs, sostres i forjats)	-
C	Capacitat tèrmica	kWh/m^2
E	Necessitats d'energia o d'índex de consum energètic	kWh/m^2
$E_{F,EI}$	Necessitats d'electricitat per any	kWh/m^2

$E_{F,h}$, $E_{f,ww}$	Necessitats d'energia final per a la calefacció, necessitats d'energia final per a l'ACS per any	kWh/m ²
$E_{P,h}$, $E_{P,ww}$, $E_{P,hww}$	Índex parcials de consum d'energia per a la calefacció, per a l'ACS, per a la calefacció i l'ACS per any	kWh/m ²
F_F	Part vidriada de la finestra	-
F_S , F_{SH} , F_{SS} , F_{SE} , F_{SW} , F_{SN}	Factor d'ombra a causa de l'efecte d'ombres permanents (horitzontals, al sud, a l'est, a l'oest i al nord)	-
f_{EI}	Factor de reducció de les necessitats d'electricitat	-
f_g	Part de superfície vidriada	-, %
G_s , G_{sH} , G_{sS} , G_{sE} , G_{sW} , G_{sN}	Radiació solar global mensual (horitzontals, al sud, a l'est, a l'oest i al nord)	kWh/m ²
$g_{g\perp}$	Taxa de transmissió d'energia global (en general, per llum incident perpendicular)	-
H	Coeficient de transferència tèrmica específica de l'edifici	W/K
H_{iu}	Coeficient de transferència tèrmica específica de l'espai calefactat cap a un espai no calefactat	W/K
H_{ue}	Coeficient de transferència tèrmica específica de l'espai calefactat cap a l'exterior	W/K
h	Altitud respecte del nivell del mar	m
l_{RW} , l_{WF} , l_B , l_w , l_F	Llargada dels ponts tèrmics lineals (coberta/mur, forjat inferior, balcó, amplit de finestra, forjat/mur interior de subsòl)	m
P_{FG}	Contorn de superfícies de forjat en contacte amb el terreny A_{FG}	m
Q_F , Q_{Fe} , Q_{Fu} , Q_{FG}	Pèrdues per transmissió a través del forjat (cap a l'exterior, cap a un espai no calefactat, cap al terreny)	kWh/m ²
Q_g	Guanys de calor, per mes	kWh/m ²
Q_h , $Q_{h,li}$, $Q_{h,li0}$, $Q_{h,ta}$	Guanys de calor per a la calefacció, per any (total, valor límit, valor de base, valor objectiu)	kWh/m ²
Q_i , Q_{iEI} , Q_{iP}	Guanys de calor interns (total, electricitat, persones), per mes	kWh/m ²
Q_{Lh}	Pèrdues de calor del sistema de calefacció, per any	kWh/m ²
Q_{Lww}	Pèrdues de calor del sistema de producció i distribució d'ACS, per any	kWh/m ²
Q_l , Q_{lRW} , Q_{lWF} , Q_{lB} , Q_{lW} , Q_{lF}	Pèrdues per transmissió a través dels ponts tèrmics lineals (sostre/mur, forjat inferior, balcó, amplit de finestra, forjat/mur interior de subsòl), per mes	W/(m.K)
Q_P	Quantitat de calor mitjana dissipada per una persona	W/P

Q_p	Pèrdues per transmissió de ponts tèrmics puntuals (pilars, suports, consoles), per mes	W/K
Q_R, Q_{Re}, Q_{Ru}	Pèrdues per transmissió a través de coberta o forjat (cap a l'exterior, cap a un espai no calefactat), per mes	kWh/m ²
$Q_s, Q_{sH}, Q_{sS}, Q_{sE}, Q_{sW}, Q_{sN}$	Guanys de calor interns (horitzontals, al sud, a l'est, a l'oest i al nord), per mes	kWh/m ²
Q_T	Pèrdues per transmissió, per mes	kWh/m ²
Q_{tot}	Pèrdues totals, per mes	kWh/m ²
Q_{ug}	Guanys de calor útils, per mes	kWh/m ²
Q_V	Pèrdues per renovació d'aire, per mes	kWh/m ²
$Q_W, Q_{We}, Q_{Wu}, Q_{WG}, Q_{Wn}$	Pèrdues per transmissió a través dels murs (cap a l'exterior, cap a un espai no calefactat, cap al terreny, cap a espais adjacents), per mes	kWh/m ²
$Q_{w}, Q_{wH}, Q_{wS}, Q_{wE}, Q_{wW}, Q_{wN}$	Pèrdues per transmissió de finestres zenitals exposades al sud, a l'est, a l'oest i al nord, per mes	kWh/m ²
Q_{ww}	Necessitats de calor per a l'ACS, per any	kWh/m ²
R_{se}	Resistència tèrmica superficial exterior	m ² .K/W
t_c	Durada del període de càlcul	d
t_p	Durada de presència de persones	h/d
$U_F, U_{Fe}, U_{Fu}, U_{FG}, U_{FG0}$	Coeficient de transmissió tèrmica del forjat (contra l'exterior, contra espais no calefactats, contra el terreny, contra el terreny quan $R_{SE} = 0$)	W/(m ² .K)
U_R, U_{Re}, U_{Ru}	Coeficient de transmissió tèrmica de la coberta o del sostre (contra l'exterior, contra espais no calefactats)	W/(m ² .K)
$U_W, U_{We}, U_{Wu}, U_{WG}, U_{Wn}, U_{WG0}$	Coeficient de transmissió tèrmica dels murs (contra l'exterior, contra espais no calefactats, contra el terreny, contra espais adjacents, contra el terreny quan $R_{SE} = 0$)	W/(m ² .K)
$U_w, U_{wH}, U_{wS}, U_{wE}, U_{wW}, U_{wN}$	Coeficient de transmissió tèrmica de les finestres zenitals exposades al sud, a l'est, a l'oest i al nord	W/(m ² .K)
$V, V_{sup}, V_{ex}, V_{th}$	Cabal d'aire (general, injectat, extret, tèrmicament actiu)	m ³ /h
V_x, V_0	Cabal d'aire a través de les inestabilitats de l'envolvent tèrmica de l'edifici quan les instal·lacions de ventilació estan en marxa, aturades	m ³ /h
V_{ww}	Quantitat d'ACS	m ³ /m ²
z	Nombre de ponts tèrmics puntuals	-

Lletres gregues

Símbol	Terme	Unitat
β (beta)	Temps de funcionament de la instal·lació de ventilació, en relació amb el període de càlcul	-
γ (gamma)	Quocient entre els guanys de calor totals i les pèrdues totals	-
$\Delta Q_{h,li}$ (delta)	Factor de correcció per calcular el valor límit de les necessitats de calefacció	kWh/m ²
$\Delta\theta_o$	Majoració de la temperatura ambient a causa d'una regulació poc eficient	K
η_g (eta)	Taxa d'utilització dels guanys de calor	-
$\eta_h, \eta_{ww}, \eta_{hww}$	Fracció útil de calefacció, d'ACS, de calefacció i ACS	-
$\eta_{rec,V}$	Eficàcia del sistema de recuperació de calor	-
θ_e, θ_{ea} (theta)	Temperatures exteriors (mitjana del període de càlcul, mitjana anual)	°C
$\theta_{h,max}$	Temperatura d'inici de calefacció a temperatura exterior de dimensionament	°C
$\theta_o, \theta_{oc}, \theta_{on}, \theta_u$	Temperatura ambient, temperatura ambient majorada en funció de la regulació, temperatura ambient d'un espai calefactat contigu, temperatura ambient d'un espai no calefactat	°C
θ_{ww}	Temperatura de l'ACS al punt de consum	°C
θ_{ww0}	Temperatura de l'aigua freda a l'entrada de l'edifici	°C
$\rho_a \cdot c_a, \rho_w \cdot c_w$ (rho)	Capacitat tèrmica volumètrica de l'aire, de l'aigua	kWh/(m ³ ·K)
τ (to)	Constant de temps que caracteritza la inèrcia tèrmica de l'espai calefactat	h
T_0	Constant de temps que caracteritza la taxa d'utilització	h
χ (chi)	Coeficient puntual de transmissió tèrmica (pilars, suports)	W/K
$\Psi, \Psi_{RW}, \Psi_{WF}, \Psi_B, \Psi_w, \Psi_F$ (psi)	Coeficient linèic de transmissió tèrmica (sostre/mur, forjat de l'edifici, balcó, amplit de finestra, forjat/mur interior de subsòl)	W/(m.K)

1.1.5. Abreviatures

Les abreviatures provenen, en gran majoria, de l'anglès, idioma de les normes europees.

	català	anglès
B	balcó	balcony
E	est	east
El	electricitat	electricity
F	final	final
F	forjat	floor
F	marc	frame
G	terreny	ground
H	horitzontal	horizontal
L	pèrdua	loss
N	nord	north
P	persona	person
P	primària	primary
R	coberta	roof
S	sud	south
S	ombra	shade
St	caixa d'escala	staircase
T	transmissió	transmission
V	ventilació	ventilation
W	oest	west
W	mur, paret	wall
a	anual	annual
c	càlcul	computation
c	regulació	control
d	distribució	distribution
d	porta	door

e	exterior	external
e	complementària	extra
ex	aire extret	exhaust air
g	guany	gain
ge	generació	generation
h	calefacció	heating
hww	calefacció i ACS	heating and warm water
i	interior	internal
j, k	índex auxiliars	indices
l	lineal	linear
li	límit	limit
n	contigu, adjacent	neighbour
o	operatiu	operational
p	puntual	pont
rec	recuperació	recovery
s	solar	solar
s	superfície	surface
sup	aire injectat	supply air
ta	valor objectiu	target value
th	tèrmic	thermal
tot	total	total
u	no calefactat	unheated
ug	guanys útils	used gains
w	finestra	window
w	aigua	water
ww	aigua calenta sanitària (ACS)	warm water
0	valor de referència	reference value

1.2. Àmbit d'aplicació

1.2.1. Limitacions

Aquest annex tracta les necessitats d'energia per a calefacció, per a aire condicionat i per a la producció d'aigua calenta sanitària (ACS).

S'aplica a tot edifici calefactat a una temperatura interior superior a 10 °C. El camp d'aplicació de les prestacions requerides pels edificis nous, pels elements d'envolvent nous, pels edificis reformats i pels canvis d'afectació estan definits en l'article 2.1.

Aquest annex no tracta el dimensionament eficaç d'equips de calefacció, aire condicionat i ACS.

Aquest annex no tracta la utilització racional de l'electricitat.

1.2.2. Referències normatives

El text d'aquesta normativa fa referència a les publicacions següents i en particular a la darrera edició:

EN ISO 6946: 2007	Components i tancaments d'edificis – Resistència tèrmica i coeficient de transmissió tèrmica
EN ISO 7730: 2007	Ergonomia dels ambients tèrmics – Determinació analítica i interpretació del confort tèrmic per calcular els índex PMV i PPD i pels criteris de confort tèrmic local
EN ISO 13363-1: 2003	Dispositius de protecció solar combinats amb vidres – Càlcul del factor de transmissió solar i llumínica (part 1)
EN ISO 13363-2: 2005	Dispositius de protecció solar combinats amb vidres – Càlcul del factor de transmissió solar i llumínica (part 2)
EN ISO 13370: 2007	Prestacions tèrmiques dels edificis – Transferència de calor per terra
EN ISO 13786: 2007	Prestacions tèrmiques dels components dels edificis – Característiques tèrmiques dinàmiques
EN ISO 13789: 2007	Prestacions tèrmiques dels edificis – Coeficient de transferència tèrmica per transmissió i renovació d'aire
EN ISO 13790: 2008	Prestacions tèrmiques dels edificis – Càlcul de necessitats d'energia per a la calefacció i la climatització dels espais
EN ISO 13791: 2004	Prestacions tèrmiques dels edificis – Temperatura interior a l'estiu d'un espai no climatitzat
EN ISO 13947: 2006	Prestacions tèrmiques de parets lleugeres – Càlcul del coeficient de transmissió tèrmica

1.2.3. Indicacions d'ús de l'annex

Les exigències imposades a l'envolvent estan definides mitjançant valors límit i valors objectiu o bé mitjançant coeficients de transmissió tèrmica (valor U , Ψ i χ) dels elements que constitueixen l'envolvent pel que fa a prestacions puntuals requerides. Pel que fa a prestacions globals requerides, caldrà controlar per separat si cada element de l'envolvent respon a la normativa en qüestió.

Els grans edificis compactes tenen, per un mateix grau d'aïllament tèrmic, necessitats de calor per a la calefacció més baixes que les construccions petites poc compactes. Per tal de tenir en compte aquest fet, les prestacions globals requerides s'han definit en funció del factor d'envolvent A_{th}/A_E . Els grans edificis compactes tenen un factor d'envolvent comprès entre el 0,4 i el 0,8 mentre que els edificis petits i poc compactes el tenen de 2 o més. Els valors límit augmenten amb el factor d'envolvent.

És un cas similar a l'anterior el de la relació entre les prestacions globals requerides i la temperatura exterior. Als edificis situats en zones amb temperatura mitjana anual més baixa s'hi aplicaran valors límit i valors objectiu més exigents. Per assolir aquestes prestacions, caldrà que presentin un grau d'aïllament tèrmic superior als edificis situats en zones més temperades.

Es defineixen 12 categories d'edificis amb les seves condicions normals d'utilització corresponents. Els valors límit i els valors objectiu difereixen per a cada categoria a causa de les diferències d'ús de cadascun, en particular pel que fa als cabals d'aire nou. Per a un edifici amb una temperatura ambient més alta o més baixa, s'aplica una compensació parcial: els valors límit i els valors objectiu seran més alts per a un edifici amb temperatura ambient més elevada. No obstant això, haurà de presentar valors de U més baixos per assolir les prestacions requerides.

La precisió de càlcul de les necessitats de calor per a la calefacció depèn de les dades d'entrada. Durant la primavera i la tardor, als edificis amb poques necessitats de calor per a calefacció, la diferència entre les pèrdues i els guanys útils és molt petita. Això interfereix d'una manera desfavorable sobre la precisió del càlcul. Es recomana un càlcul d'incertesa quan es pronostiquin les necessitats energètiques d'un edifici projectat o bé quan, per a un edifici determinat, les necessitats d'energia per a calefacció obtinguts per càlcul es comparin amb els realment mesurats. A la norma EN ISO 13790 es poden trobar d'altres indicacions sobre la precisió de la metodologia i un exemple de càlcul d'incertesa.

De la mateixa manera que a la norma EN ISO 13790, aquest annex només conté definicions de la fracció útil per a sistemes de calefacció i d'aigua calenta sanitària. El Document D recull uns valors indicatius corresponents a la metodologia. Per a sistemes complexos de producció de calor, en particular els que utilitzen energia solar, bombes de calor, cogeneració, etc., cal recórrer a mètodes de càlcul més detallats.

1.3. Projecte energètic

1.3.1. Prestacions globals

El document relatiu a la justificació del càlcul d'eficiència energètica dels edificis que cal adjuntar ha de contenir les dades següents:

Descripció de l'edifici

- La categoria de l'obra (nova, reforma, canvi d'ús)
- El lloc i l'altitud de l'obra
- La superfície de referència energètica A_E
- El factor d'envolvent A_{th}/A_E

Dades climàtiques

- L'estació meteorològica utilitzada, així com l'altitud
- La temperatura mitjana exterior
- La temperatura interior considerada
- El factor de correcció de temperatura

Balanç tèrmic

- El total de les pèrdues energètiques $Q_t = Q_T + Q_V$
- El total dels guanys útils $Q_{ug} = \eta_g \cdot (Q_{iE} + Q_{iP} + Q_s)$
- Les necessitats de calefacció $Q_h = Q_t - Q_{ug}$
- El valor límit $Q_{h,li}$
- El valor objectiu $Q_{h,ta}$
- Les necessitats d'ACS Q_{ww}

Balanç energètic

- L'energia final EF per Q_h i per Q_{ww}
- L'energia primària $E_{P,hww}$

1.3.2. Prestacions puntuals

Descripció de l'edifici

- La categoria de l'obra (nova, reforma, canvi d'ús)
- El lloc i l'altitud de l'obra

Valors puntuals

Coeficients de transmissió tèrmica d'elements plans U

☐	Valors per a elements d'envolvent nous
☐	Valors per a elements d'envolvent afectats per una transformació o un canvi d'afectació
☐	Valors que permeten evitar la justificació de ponts tèrmics

		De projecte	Límit
Elements opacs	U coberta		
	U sostre		
	U mur		
	U forjat		
Elements opacs amb sistemes de calefacció integrats	U sostre		
	U mur		
	U forjat		
Finestres	U finestra		
Finestres amb cos calefactor	U finestra		

Coeficients linèics i puntuals de transmissió tèrmica

Coeficients de transmissió linèics Ψ			
Tipus 1	Ψ Balcons		
	Ψ Front de forjat de coberta		
Tipus 2	Ψ Mur-forjat-mur		
	Ψ Mur-paret int-mur		
Tipus 3	Ψ Mur-mur		
	Ψ Forjat-mur		
Tipus 4	Ψ Ampit de finestra		

Coeficients de transmissió linèics χ			
Tipus 5	χ Suports, fixacions		

2. Requisits generals**2.1. Valors límit i valors objectiu**

Els resultats de càlcul d'un projecte es comparen amb els valors límit i amb els valors objectiu.

Els valors límit s'han de respectar escrupolosament per als edificis nous.

En cas d'haver-hi transformacions i canvis d'afectació, o es fa referència a una prestació global i es respecta el valor límit aplicat a la transformació, o bé es fa referència a prestacions puntuals i cada element antic concernit i els nous elements de construcció han de respectar el valor límit corresponent. Els nous elements d'envolvent han de respectar els valors límit per als edificis nous, els elements afectats per la transformació o el canvi d'afectació han de respectar els valors límit per a edificis transformats. La prestació global ha de tenir en compte tots els espais que comporten elements concernits per la transformació o pel canvi d'afectació.

S'ha de pretendre assolir els valors objectiu.

El respecte de les exigències quant a la protecció contra la humitat i la protecció tèrmica tant al hivern com a l'estiu és sempre obligatori.

2.2. Prestacions puntuals**2.2.1. Camp d'aplicació**

La justificació per prestacions puntuals és més senzilla que la que fa referència a prestacions globals, ja que no necessita el càlcul de les necessitats de calor per a calefacció. Les prestacions puntuals requerides estan fixades de manera que, si s'assoleixen, la prestació global requerida corresponent generalment també s'assoleix.

En lloc de les prestacions puntuals, és possible referir-se a una justificació per prestació global, ja que deixa més marge de maniobra a la utilització de solucions més econòmiques. El càlcul de les necessitats de calor per a la calefacció suposa, en aquest cas, una optimització del projecte. Considerar la construcció en el seu conjunt també permet evitar possibles danys o desperfectes que podrien ocasionar unes mesures de reforma puntuals.

Tots els elements plans i tots els ponts tèrmics de l'envolvent requereixen la justificació per prestacions puntuals. Quan una caixa d'escala hermètica o bé un forat d'ascensor accedeix sense tancament d'un pis calefactat a un subsòl no calefactat i que, a més, no hi ha cap element de calefacció al subsòl esmentat, no es requereix cap prestació puntual per als elements dels subsòls no calefactats. Vegeu el Document C.

Una justificació per prestacions puntuals no es pot admetre en cas de murs cortina o de finestres amb una taxa de transmissió d'energia global inferior a 0,3.

2.2.2. Coeficients de transmissió tèrmica d'elements d'envolvent plans

Els coeficients de transmissió tèrmica dels elements d'envolvent plans (valors U) es calculen segons la normativa EN ISO 6946: 2007. Com a valors de conductivitat tèrmica dels materials i dels materials aïllants, s'utilitzaran els valors del Document G.

Quan es determini el valor U d'un element d'envolvent, els ponts tèrmics repetitius (cabirons, enllatats, elements d'ancoratge, etc.) s'han de tenir en compte. Es calculen amb els valors d'aproximació per als elements compostos segons la norma EN ISO 6946, apartat 6.2. Per als elements compostos com poden ser finestres, portes, elements de façana prefabricada, etc., s'ha de calcular o mesurar el valor U mitjà de l'element.

Els valors límit i els valors objectiu segons la taula 2 s'apliquen als coeficients de transmissió tèrmica dels elements d'envolvent plans.

Taula 2. Valors límit i valors objectiu dels coeficients de transmissió tèrmica U per una temperatura ambient de 20 °C

Element d'envolvent contra element de construcció	Valors límit U_{li} W/(m ² .K)		Valors objectiu U_{ta} W/(m ² .K)	
	L'exterior o soterrat a menys de 2 m	Espais no calefactats o soterrats a més de 2 m	L'exterior o soterrat a menys de 2 m	Espais no calefactats o soterrats a més de 2 m
Elements opacs (coberta, sostre, murs, forjats)	0,20	0,25	0,09	0,15
Elements opacs amb sistemes de calefacció integrats	0,20	0,28	0,11	0,15
Finestres, portes-finestra ¹	0,20	0,25	0,09	0,15
Finestres amb cos calefactor en aplic ²	1,3	1,6	0,90	1,1
Portes	1,0	1,3	0,80	1,0
Portes superiors a 6 m ²	1,3	1,6	1,1	1,3
Portes superiors a 6 m ²	1,7	2,0	1,2	1,4
Caixes de persiana	0,50	0,50	0,30	0,30

¹ Durant el càlcul del coeficient de transmissió tèrmica òptim de finestres i portes-finestra, convé tenir en compte el fet que una disminució del coeficient de transmissió tèrmica implica generalment una disminució de la taxa de transmissió d'energia global i, per consegüent, una disminució dels guanys de calor solar.

² Els cossos calefactats no es consideren en aplicació si hi ha una pantalla (element que dificulti la transferència d'energia) entre el cos calefactor i la finestra.

Per als elements d'envolvent soterrats, el valor de projecte es calcula sense prendre en consideració l'efecte aïllant del terreny i sense resistència tèrmica superficial ($R_{se} = 0 \text{ m}^2 \cdot \text{K/W}$).

Els valors límit i els valors objectiu per a les finestres, les portes-finestra i les portes (tret de les portes superiors a 6 m²) són vàlids per a una finestra amb vidre i marc normalitzats o per a una porta normalitzada (finestra normalitzada: finestra de dos batents amb una superfície d'1,55 x 1,15 m; porta normalitzada: porta d'una batent amb una superfície d'1 x 2 m).

Quan es tracta d'elements d'envolvent contra espais no calefactats o en contacte amb el terreny, també és possible demostrar mitjançant un càlcul, segons la normativa EN ISO 13789 o EN ISO 13370, que tenint en compte l'efecte dels espais no calefactats i del terreny en el càlcul del valor U, no se sobrepassen els valors límit ni els valors objectiu definits pels elements exposats a l'aire exterior.

Quan la temperatura ambient θ_i definida a les condicions normals d'utilització de la categoria a la qual pertany l'edifici o part de l'edifici és inferior o superior a 20 °C, els valors límit i els valors objectiu s'han de majorar o reduir respectivament un 5% per Kelvin de diferència (és a dir, que s'obindran valors límit i valors objectiu més baixos per a temperatures ambients més elevades).

Figura 2. Valors límit per coeficients de transmissió tèrmica d'elements d'envolvent plans

Taula 2a. Valors límit i valors objectiu dels coeficients de transmissió tèrmica U per als elements plans afectats per una transformació o un canvi d'afectació, per una temperatura ambient de 20 °C

	Valors límit U_{li} W/(m ² .K)		Valors objectiu U_{ta} W/(m ² .K)	
	L'exterior o soterrat a menys de 2 m	Espais no calefactats o soterrats a més de 2 m	L'exterior o soterrat a menys de 2 m	Espais no calefactats o soterrats a més de 2 m
Element d'envolvent contra element de construcció				
Elements opacs (coberta, sostre, murs, forjats)	0,25 0,25	0,28 0,30	0,15 0,15	0,20 0,20
Elements opacs amb sistemes de calefacció integrats	0,25	0,28	0,15	0,20
Finestres, portes-finestra	1,3	1,6	0,90	1,1
Finestres amb cos calefactor en aplic	1,0	1,3	0,80	1,0
Portes	1,3	1,6	1,1	1,3
Portes superiors a 6 m ²	1,7	2,0	1,2	1,4
Caixes de persiana	0,50	0,50	0,30	0,30

2.2.3. Coeficients linèics i puntuals de transmissió tèrmica

Els ponts tèrmics s'han d'evitar. Els coeficients de transmissió tèrmica dels ponts tèrmics que no es puguin evitar s'han de reduir al màxim.

Els coeficients de transmissió tèrmica lineals i puntuals es calculen segons la normativa EN ISO 10211. Es calculen sempre en dimensions exteriors.

Els coeficients de transmissió tèrmica dels ponts tèrmics lineals i puntuals depenen dels valors U dels elements d'envolvent plans adjacents (valor Ψ i χ respectivament, augmenten quan els valors U disminueixen). Amb l'objectiu de no penalitzar les obres que presentin un valor U millor que el valor límit exigít, es poden utilitzar els valors límit de la taula 2 per determinar els coeficients linèics i puntuals de transmissió (Ψ i χ respectivament) en el càlcul de transmissió U dels elements d'envolvent plans adjacents, en lloc dels valors del projecte.

Per als ponts tèrmics lineals i puntuals d'edificis nous i dels nous elements de construcció que apareixen en les transformacions o els canvis d'afectació, els valors límit que cal respectar en el cas d'una justificació de prestacions puntuals són els de la taula 3.³ El justificatiu del compliment dels valors límit dels ponts tèrmics no s'exigeix quan els elements d'envolvent respecten els valors reforçats de la taula 2b.

³ El compliment dels valors límit i dels valors objectiu no significa que les exigències relatives al factor de temperatura de superfície f_{Rsi} es respecti. Un valor de Ψ o de χ inferior no implica sempre un valor f_{Rsi} alt. Convé, per tant, verificar l'exigència relativa a la protecció contra la humitat, independentment de les exigències relatives als ponts tèrmics.

Taula 2b. Valors límit dels coeficients de transmissió tèrmica per als elements plans, per una temperatura ambient de 20 °C, que permeten evitar l'establiment d'una justificació dels ponts tèrmics

Element d'envolvent contra element de construcció	Valors límit U_{li} $W/(m^2.K)$	
	L'exterior o soterrat a menys de 2 m	Espais no calefactats o soterrats a més de 2 m
Elements opacs (coberta, sostre, murs, forjats)	0,17	0,25
Elements opacs amb sistemes de calefacció integrats	0,17	0,25
Finestres, portes-finestra	1,3	1,6
Finestres amb cos calefactor en aplic	1,0	1,3
Portes	1,3	1,6
Portes superiors a 6 m ²	1,7	2,0
Caixes de persiana	0,50	0,50

Quan els ponts tèrmics es combinen (per exemple portes-finestra i balcons), els valors de projecte s'han de calcular de manera separada i s'han de comparar amb els valors límit.

Per a transformacions, els ponts tèrmics dels elements d'envolvent adjacents afectats per la transformació s'han d'eliminar o bé reduir si resulta tècnicament possible i si és viable econòmicament.

Els ponts tèrmics geomètrics que presenten un aïllament tèrmic ininterromput i de gruix constant (per exemple les cantonades) poden obviar-se. Els ponts tèrmics de repetició (cabirons, enllatats i punts d'ancoratge) s'han de tenir en compte segons l'apartat 2.2.2. dins dels elements d'envolvent plans.

No hi ha cap valor límit per als ponts tèrmics de formigó presents al subsòl i que són necessaris per raons estàtiques o d'estanquitat.

No hi ha adaptació dels valors límit a la temperatura ambient ni a la temperatura mitjana anual.

Taula 3. Valors límit i valors objectiu dels ponts tèrmics lineals i puntuals

Coeficient lineal de transmissió tèrmica Ψ		Valor límit Ψ_{li} W/(m.K)	Valor objectiu Ψ_{ta} W/(m.K)
Tipus 1	Parts sortints (balcons, front de forjat de coberta)	0,30	0,15
Tipus 2	Interrupció de l'envolvent aïllant per una paret o pel sostre (per exemple: un aïllament interior interromput per una paret interior o per un forjat)	0,20	0,10
Tipus 3	Interrupció de l'envolvent aïllant a les arestes verticals	0,20	0,10
Tipus 4	Ampit de finestra	0,10	0,05

Coeficient puntual de transmissió tèrmica χ		Valor límit χ_{li} W/K	Valor objectiu χ_{ta} W/K
Tipus 5	Elements puntuals que travessen l'aïllant tèrmic (per exemple: pilars, suports, fixacions, etc.)	0,30	0,15

2.3. Prestacions globals

No s'exigeix cap prestació energètica puntual si s'assoleix la prestació global.

El càlcul de les necessitats de calor per a la calefacció s'efectua segons s'indica al paràgraf 3.

Per definir la prestació global (valors límit i valors objectiu), cada edifici s'ha d'integrar a dins d'una de les 12 categories d'obres. Quan un edifici es compon de zones que corresponen a diverses categories d'obres, cada zona s'assimilarà a la categoria corresponent. Quan el conjunt de zones assimilades a d'altres categories diferents de la zona principal cobreixen juntes menys del 10% de la superfície de referència energètica A_E és possible, per tal de simplificar els càlculs, assimilar-les totes a la categoria principal. Una part d'edifici pot ser assimilada a una categoria d'obra amb més superfície de referència energètica si a les condicions d'utilització d'aquesta darrera categoria hi figura una temperatura ambient igual o superior. Els edificis ocupats temporalment (per exemple cases de colònies, segones residències) s'han de tractar com edificis utilitzats de manera permanent.

A cada categoria d'obra corresponen condicions normals d'utilització (vegeu l'apartat 3.5.1. i el Document A). Quan les necessitats de calor per a la calefacció es comparen als valors límit i valors objectiu, o bé a exigències legals, el càlcul s'ha d'efectuar imperativament i s'han de fer servir les condicions normals d'utilització.

Els valors de condicions normals d'utilització són dades espacials i temporals mitjanes representatives de tot l'espai calefactat, és a dir, incloent-hi els espais de servei i les superfícies de circulació. Aquests valors són els valors típics de cada categoria d'edifici.

Els valors límit $Q_{h,li}$ es defineixen en funció del factor d'envolvent A_{th}/A_E , és a dir, en funció de la relació entre la superfície d'envolvent tèrmica de l'edifici A_{th} i la superfície de referència energètica A_E . La superfície de l'envolvent tèrmica de l'edifici és igual a la suma de les superfícies dels elements de superfície que intervenen en el càlcul de les necessitats de calor per a calefacció i que determinen el límit del sistema dins el balanç tèrmic. Les superfícies contra espai no calefactats o en contacte amb el terreny s'han de ponderar amb un factor de reducció. Les superfícies contra els espais calefactats no es tenen en compte.

$$A_{th} = \sum_j A_{e,j} + \sum_k b_{uk} \cdot A_{uk} + \sum_l b_{Gl} \cdot A_{Gl}$$

A_{th} superfície de l'envolvent tèrmica de l'edifici

$A_{e,j}$ superfícies en contacte amb l'exterior

b_{uk} factor de reducció de les pèrdues contra espais no calefactats (apartat 3.5.4, paràgraf 6)

A_{uk} superfícies contra espais no calefactats

b_{Gl} factor de reducció de les pèrdues cap al terreny (apartat 3.5.4, paràgraf 8)

A_{Gl} superfícies en contacte amb el terreny

Per edificis que impliquen diverses categories d'obres, el valor límit i el valor objectiu del conjunt de l'edifici es calcula a partir de la mitjana dels valors límit i dels valors objectiu de les diverses zones, ponderades en funció de la seva superfície de referència energètica A_E . En el cas de la construcció d'un annex a un edifici existent o d'una sobreelevació, el factor d'envolvent es pot referir tant a la nova part únicament com al conjunt de l'edifici.

Els valors límit per als edificis nous es calculen segons la fórmula següent i amb els valors de la taula 4.

$$Q_{h,li} = Q_{h,li0} + \Delta Q_{h,li} \cdot (A_{th}/A_E)$$

Taula 4. Valors límit de les necessitats de calor anuals per a la calefacció d'edificis nous per una temperatura exterior anual mitjana Θ_{ea} de 8,5 °C

Categoria d'obres		Valor límit	
		$Q_{h,li0}$ kWh/m ²	$\Delta Q_{h,li}$ kWh/m ²
I	edifici plurifamiliar	15	18
II	edifici unifamiliar	18	18
III	administració	18	24
IV	escoles	19	19
V	comerç	14	18
VI	restauració	26	21
VII	llocs d'oci	26	21
VIII	hospitals	22	22
IX	indústria	17	19
X	magatzems	17	19
XI	instal·lacions esportives	21	19
XII	piscines cobertes	19	25

Al Document A s'hi troba una descripció detallada de les categories d'obres.

Els valors límit obtinguts són vàlids per a una temperatura mitjana anual θ_{ea} de 8,5 °C. Aquests valors s'han de majorar o de reduir un 8% quan la temperatura mitjana anual és més baixa o més alta, respectivament, d'un Kelvin. Per al càlcul s'utilitzarà la temperatura anual mitjana de l'estació meteorològica de referència.⁴

Els valors límit per als edificis transformats s'eleva a un 125% dels valors límit per als edificis nous.

Els valors objectiu $Q_{h,ta}$ per als edificis nous es fixen al 60% dels valors límit per als edificis nous.

Els valors objectiu per a les transformacions i els canvis d'afectació es fixen al 80% dels valors límit corresponents.

3. Càlcul de les necessitats de calor per a la calefacció

3.1. Generalitats

El càlcul de les necessitats de calor per a la calefacció s'efectua segons la normativa EN ISO 13790.5. Per agilitzar aquesta operació, els càlculs es poden efectuar mitjançant programes de simulació tèrmica (vegeu el Document I).

La metodologia de càlcul s'aplica als edificis de nova construcció i als edificis que ja existeixen. L'annex A de la norma EN ISO 13790 conté més indicacions específiques per a aplicacions als edificis que ja existeixen.

Les taules 28 i 29 del Document F d'aquest annex han estat redactades per facilitar el càlcul i oferir una presentació que permeti les comparacions. Els apartats 3.3, 3.4 i 3.5 ofereixen, com a complement de la norma EN ISO 13790, indicacions suplementàries vàlides per a Andorra allà on la normativa europea fa referència als valors fixats per les diverses normatives nacionals.

Les necessitats de calor per a la calefacció i els seus components (pèrdues, guanys) s'expressen en referència amb la superfície de referència energètica A_E i s'expressen en kWh/m². Les dimensions de l'edifici que intervenen en el càlcul seran sempre les exteriors.

Les dades següents són necessàries per al càlcul dels valors d'un projecte:

- Dades relatives a la utilització.
- Dades relatives al tipus de regulació de la temperatura ambient.
- Dades relatives a l'estació meteorològica corresponent o bé dades climàtiques de l'indret.
- Dades relatives a la superfície de referència energètica.
- Dades relatives als elements d'envolvent plans (superfícies, valors U, temperatura ambient d'un possible espai adjacent, majoració de temperatura per dispositiu integrat als elements d'envolvent o per cos calefactor situat davant d'una finestra).
- Dades relatives als ponts tèrmics (dimensions, valor Ψ o χ).
- Factors de reducció de les pèrdues contra els espais no calefactats o contra el terreny.
- Dades complementàries relatives a les finestres (valor g, percentatge de part vidriada, factor d'ombra).
- Dades relatives a la capacitat tèrmica.

⁴ Considerant que aquesta correcció representa aproximadament la dependència efectiva de les necessitats de calor respecte de la temperatura, la influència de la temperatura mitjana anual sobre les necessitats de calor resta compensada. D'aquesta manera, les exigències pel que fa a l'aïllament tèrmic esdevenen pràcticament independents de la temperatura mitjana anual de l'estació meteorològica.

⁵ Aquest annex conté totes les indicacions necessàries per a la majoria de projectes. Només caldrà referir-se a la normativa citada en certs casos.

3.2. Mètode de càlcul

El càlcul s'efectua mitjançant balanç energètic de l'envolvent tèrmica d'un edifici.

Les necessitats de calor per a la calefacció es calculen per a un edifici aïllat, és a dir, un espai calefactat que només comporta superfícies exposades a l'aire exterior, contigües a espais no calefactats o en contacte amb el terreny. Quan sigui necessari efectuar el càlcul per a una part de l'edifici (per exemple per a cases unifamiliars adossades o bé una part annexada), l'espai calefactat s'ha de considerar en contacte amb d'altres espais calefactats o refrigerats. El càlcul del flux tèrmic entre espais contigus s'efectua sobre la base de la diferència de temperatures ambientals (vegeu l'apartat 3.5.4, paràgraf 6).

Per als edificis que comporten zones de temperatura i de guanys tèrmics diferents, el càlcul de les necessitats de calor per a la calefacció s'han de fer sense tenir en compte dels fluxos tèrmics entre les diverses zones. Aquests fluxos tèrmics només s'han de calcular quan:

- S'hagin de calcular les necessitats de calor per a la calefacció de cada zona.
- El diferencial entre temperatures ambientals difereixi de més de 4 K.
- Els quocients guanys/pèrdues de les diverses zones difereixin entre ells de més de 0,4 i que cap intercanvi no es produeixi a través de portes obertes.

El càlcul del flux tèrmic entre zones tèrmiques s'efectua sobre la base del diferencial de temperatura de consigna. El resultat per al conjunt de l'edifici és igual a la mitjana ponderada per a les superfícies de referència energètica A_E dels valors de projecte de les diverses zones tèrmiques.

El període de càlcul és el mes. El càlcul s'ha d'efectuar per a cada mes.

El càlcul del flux tèrmic entre zones tèrmiques s'efectua addicionant les necessitats de calor per a la calefacció dels mesos durant els quals les pèrdues totals de calor són positives. Els resultats dels mesos de mitja temporada poden presentar imprecisions relativament grans, sense per això tenir una influència especial en el resultat anual. Quan sigui necessari calcular les necessitats en energia d'un edifici, o comparar les necessitats en energia d'un edifici existent (els valors mesurats als calculats), i que els guanys útils sobrepassen anualment la meitat de les pèrdues de calor, és necessari efectuar un càlcul d'incertesa a raó de la imprecisió de les dades d'entrada. Aquest càlcul no és necessari per a la justificació d'un aïllament tèrmic suficient. D'altres indicacions sobre la precisió d'aquest mètode figuren dins la norma EN ISO 13790.

La normativa EN ISO 13790 conté, a l'annex F, indicacions sobre la metodologia de càlcul dels guanys solars d'elements particulars (hivernacles, aïllaments transparents, murs "trombe", parets exteriors ventilades) i, a l'annex E, informacions sobre les pèrdues de calor d'aquests mateixos elements.

Per als edificis amb:

- Poques necessitats de calor per a la calefacció.
- Guanys de calor molt fluctuants.
- Utilització puntual.
- Estratègia especial de regulació o de comanda del sistema de calefacció.
- Refrigeració mecànica.

On les necessitats de calor s'hagin d'optimitzar o bé de comparar amb els valors mesurats, es recomana l'ús d'una simulació dinàmica amb intervals de càlcul d'una hora per poder establir un balanç de les transferències de calor que tinguin en compte els efectes a causa de les inèrcies tèrmiques. Aquests mètodes de càlcul permeten no només determinar les necessitats de calor per a la calefacció, sinó també conèixer les fluctuacions de temperatura. D'aquesta manera es pot apreciar el confort i fer una estimació de la potència de calefacció necessària. Els mètodes de càlcul dinàmics han de respondre als criteris i a les exigències

de les normes EN ISO 13791 o bé EN ISO 13792. Al Document I figura una llista de programes informàtics de simulació dinàmica.

3.3. *Valors de càlcul*

Els valors de càlcul són valors típics atribuïts a certes dades d'entrada per tal de simplificar el procediment. Generalment es dissenyen amb un marge de seguretat i, per consegüent, majoren lleugerament les necessitats de calor. S'han d'utilitzar per a qualsevol justificació quan no es disposa de cap altra dada més precisa.

Els valors de càlcul per als paràmetres següents figuren a l'apartat 3.5:

- Majoració de la temperatura ambient en funció de la regulació.
- Majoració de la temperatura dels sistemes de calefacció integrats als elements d'envolvent i dels cossos calefactats en aplic davant de finestres.
- Factors de reducció de pèrdues de calor cap a espais no calefactats (sostre, mur, forjat).
- Factors de reducció de pèrdues de calor cap al terreny (mur, forjat).
- Taxa de transmissió energètica global.
- Percentatge de vidre a les finestres.
- Factors d'ombra.
- Capacitat tèrmica per unitat de superfície de referència energètica.

També figuren de forma recapitulada al Document B.

3.4. *Condicions normals d'utilització*

En el cas de justificació, el càlcul sempre s'ha de fer utilitzant les condicions normals d'utilització i les dades climàtiques de l'estació meteorològica prescrita. Per optimitzacions i comparacions, s'han d'utilitzar les dades climàtiques així com els valors de condicions d'utilització més realistes. Si no es disposa de cap dada, es poden utilitzar les condicions normals d'utilització.

A l'apartat 3.5.1. apareixen les condicions normals d'utilització dels paràmetres següents:

- Temperatura ambient
- Superfície per persona
- Calor dissipada, per persona
- Durada de presència de persones
- Necessitats d'electricitat
- Factor de reducció de les necessitats d'electricitat
- Cabal d'aire nou

També figuren de forma recapitulada al Document A.

Per als espais no calefactats de manera activa, el càlcul de la justificació es farà utilitzant els valors següents:

- La temperatura ambient d'un espai no calefactat de manera activa és igual a la de l'espai contigu. Quan els espais contigus presentin condicions d'utilització diferents, s'utilitzaran els valors de l'espai amb més superfície en contacte amb l'espai no calefactat.
- El cabal d'aire nou i els guanyos interns (persones i instal·lacions elèctriques) dels espais no calefactats de manera activa es consideraran com a nuls.

- Els guanys solars dels espais no calefactats de manera activa es tindran en compte de forma automàtica dins la suma de guanys solars quan totes les finestres de l'envolvent tèrmica de l'edifici es prenguin en consideració.

3.5. Dades d'entrada

A continuació es detallen precisions relatives a la definició de les dades d'entrada, a l'origen de les dades esmentades així com a la manera en què han estat calculades. Les condicions normals d'utilització i els valors de càlcul relatius a certes dades d'entrada figuren a continuació en forma de taules.

3.5.1. Utilització

Condicions d'utilització d'edificis i espais

Les condicions d'utilització que es donen aquí es refereixen al conjunt de l'edifici. Representen una mitjana entre les diverses condicions d'utilització dels espais. Per exemple, un edifici de la categoria "administració" pot contenir espais com despatxos, sales de conferències, recepcions, banys i superfícies de circulació. Les condicions d'utilització de l'edifici no es poden aplicar de forma individual a cada espai.

Temperatura ambient

S'aplicarà el valor de consigna de la temperatura ambient (mitjana aritmètica entre la temperatura de l'aire i la temperatura radiant mitjana al centre d'un espai). Pel que fa a la temperatura radiant, els efectes dels murs exteriors més freds i de les superfícies calefactores s'anul·len. Així, la temperatura ambient equival aproximadament a la temperatura de l'aire.

Les condicions normals d'utilització es refereixen a un valor mitjà dels espais i a la durada per al conjunt de l'edifici. Així doncs, es té en compte una rebaixa de la calefacció pels valors de temperatura ambient. En cap cas es podrà disminuir la temperatura ambient a causa d'una rebaixa de la calefacció per justificar un aïllament tèrmic suficient.

Taula 5. Condicions normals d'utilització: temperatura ambient

Categoria d'obres	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	edifici plurifamiliar	edifici unifamiliar	administració	escoles	comerç	restauració	llocs d'oci	hospitals	indústria	magatzems	instal·lacions esportives	piscines cobertes
temperatura ambient °C	20	20	20	20	20	20	20	22	18	18	18	28

Majoració de la temperatura ambient $\Delta\theta_o$ (K)

El càlcul de necessitats de calor per a la calefacció es basa sobre una regulació ideal capaç de mantenir la temperatura ambient a la temperatura de consigna en cada espai i de reaccionar ràpidament a les variacions dels guanys de calor. La majoració de la temperatura ambient per regulació poc precisa té en compte la influència d'una regulació no ideal sobre

les necessitats de calor per a la calefacció. θ_{oc} representa una temperatura ambient majorada.

Taula 6. Majoració de la temperatura ambient $\Delta\theta_o$ (valors de càlcul)

Tipus de regulació de la temperatura ambient	$\Delta\theta_o$
Regulació de la temperatura per dependència	0 K
Regulació de la temperatura a partir d'una dependència de referència	1 K
Altres casos	2 K

Superfície per persona A_P (m^2/P)

És el nombre de persones en un supòsit d'ocupació completa. Dins d'un habitatge es tracta del nombre d'habitants; en un despatx es tracta del nombre de llocs de treball; en un restaurant es tracta del nombre de cadires, i en un comerç del nombre de persones en període d'ocupació màxima.

La dada d'entrada és la superfície per persona; es tracta de la superfície de referència energètica A_E a disposició d'una persona en període d'ocupació plena.

Taula 7. Condicions normals d'utilització: superfície per persona

Categoria d'obra	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	edifici plurifamiliar	edifici unifamiliar	administració	escoles	comerç	restauració	llocs d'oci	hospitals	indústria	magatzems	instal·lacions esportives	piscines cobertes
Superfície per persona m^2/P	40	60	20	10	10	5	5	30	20	100	20	20

Calor dissipat per persona Q_P (W/P)

Es tracta de la calor sensible dissipada per una persona. Depèn de la seva talla i de l'activitat. Hi ha més valors disponibles dins de la norma EN ISO 7730.

Taula 8. Condicions normals d'utilització: calor dissipada per persona

Categoria d'obra	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	edifici plurifamiliar	edifici unifamiliar	administració	escoles	comerç	restauració	llocs d'oci	hospitals	indústria	magatzems	instal·lacions esportives	piscines cobertes
Calor dissipada per persona W/P	70	70	80	70	90	100	80	80	100	100	100	60

Durada de presència de persones t_P (h)

Es tracta de la durada de presència mitjana diària de les persones. Els caps de setmana, les vacances i altres períodes similars s'han de prendre en compte tot establint una mitjana sobre el període de càlcul.

Taula 9. Condicions normals d'utilització: durada de presència de persones

Categoria d'obra	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	edifici plurifamiliar	edifici unifamiliar	administració	escoles	comerç	restauració	llocs d'oci	hospitals	indústria	magatzems	instal·lacions esportives	piscines cobertes
Durada de presència (h)	12	12	6	4	4	3	3	16	6	6	6	4

Necessitats d'electricitat E_F, E_I (kWh/m²)

Es tracta de les necessitats específiques d'electricitat a l'interior dels límits del sistema (sense comptabilitzar les necessitats per la producció d'ACS) en relació amb la superfície de referència energètica A_E . Dins de les condicions normals d'utilització, aquestes necessitats es defineixen per un any.

Taula 10. Condicions normals d'utilització: necessitats d'electricitat

Categoria d'obra	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	edifici plurifamiliar	edifici unifamiliar	administració	escoles	comerç	restauració	llocs d'oci	hospitals	indústria	magatzems	instal·lacions esportives	piscines cobertes
Necessitats d'electricitat per any kWh/m ²	28	22	22	11	33	33	17	28	17	6	6	56

Factor de reducció de les necessitats d'electricitat f_{EI} (-)

El factor de reducció permet determinar els guanys eficaços en forma de calor procedent de les instal·lacions elèctriques a l'interior de l'envolvent tèrmica. Aquestes aportacions corresponen als guanys de calor interns de les instal·lacions elèctriques Q_{iEI} . Les aportacions fetes a causa de les necessitats d'electricitat dels ventiladors d'extracció, dels rentavaixelles, de les rentadores, així com de les assecadores i de l'enllumenat d'espais no calefactats es consideren poc o gens eficaços.

$$Q_{iEI} = f_{EI} \cdot E_{F,EI}$$

Taula 11. Condicions normals d'utilització: factor de reducció de les necessitats d'electricitat

Categoria d'obra	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	edifici plurifamiliar	edifici unifamiliar	administració	escoles	comerç	restauració	llocs d'oci	hospitals	indústria	magatzems	instal·lacions esportives	piscines cobertes
Factor de reducció de les necessitats d'electricitat	0,7	0,7	0,9	0,9	0,8	0,7	0,8	0,7	0,9	0,9	0,9	0,7

Cabal d'aire nou en relació amb la superfície de referència energètica V/A_E (m³/h.m²)

És el cabal mitjà d'aire nou durant el període de càlcul (intercanvi d'aire a través de l'envolvent tèrmica de l'edifici) en relació amb la superfície de referència energètica A_E .

Edificis ventilats naturalment

En el cas d'edificis ventilats naturalment, s'ha d'utilitzar el valor més elevat entre els següents:

- Cabal d'aire nou mínim necessari per evitar l'acumulació d'agents pol·luents com olors, tòxics o humitat.
- Cabal d'aire nou induït per la permeabilitat a l'aire de l'envolvent de l'edifici.

En condicions normals d'utilització, el cabal d'aire nou en relació amb la superfície de referència energètica pren els valors següents. Es tracta de valors mitjans de cabal d'aire nou necessari per garantir la higiene de l'aire en funció de l'ocupació dels espais a temperatura de consigna.

Taula 12. Condicions normals d'utilització: cabal d'aire nou

Categoria d'obres	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	edifici plurifamiliar	edifici unifamiliar	administració	escoles	comerç	restauració	llocs d'oci	hospitals	indústria	magatzems	instal·lacions esportives	piscines cobertes
Cabal d'aire nou $\text{m}^3/(\text{h} \cdot \text{m}^2)$	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	0,3	0,7	0,7

Aquests valors tenen en compte la renovació de l'aire ocasionada per les instal·lacions mecàniques d'extracció d'aire, com per exemple les de les cuines i els banys.

Edificis ventilats mecànicament

Condicions normals d'utilització: en els edificis ventilats mecànicament, convé aplicar el cabal d'aire nou corresponent a les condicions normals d'utilització d'un edifici idèntic ventilat manualment.⁶

3.5.2. Climatologia*Generalitats*

El càlcul s'efectua utilitzant valors mitjans plurianuals, tret del cas on s'hagin de comparar les necessitats d'energia per a calefacció (obtingudes per càlcul) amb el consum d'energia d'un edifici existent durant un període determinat. En aquest cas, cal utilitzar les dades climàtiques d'aquest període (vegeu la normativa EN ISO 13790, annex A).

La justificació es fa utilitzant les dades meteorològiques de l'estació més propera i situada a una alçada i un context geogràfic similar al del lloc de l'obra. Al Document H figura la llista de les estacions meteorològiques d'Andorra.

⁶ Les exigències en necessitats de **calor** per a la calefacció són essencialment exigències relatives a l'edifici. Així, els efectes de les instal·lacions de renovació d'aire no es tenen en compte dins de les condicions normals d'utilització. No obstant això, sí que es tindran en compte els dits efectes per al còmput de necessitats en **energia** per a la calefacció (energia final).

Durada del període de càlcul t_c (d)

El període de càlcul és el mes. La dada d'entrada utilitzada és el nombre de dies per mes:

$t_c = 28,30$ o bé 31 (dies)

Altitud respecte del nivell del mar (h)

Per una justificació, convé aplicar l'altitud corresponent a l'estació meteorològica imposada.

Aquesta dada serveix per calcular la capacitat tèrmica específica de l'aire segons la fórmula:

$$\rho_a \cdot c_a = [1220 - (0,14 \cdot h)] / 3,6 \text{ en kWh/(m}^3 \cdot \text{K)}$$

Temperatura exterior θ_e (°C)

Convé aplicar la temperatura mitjana mensual (temperatura mitjana de l'aire exterior durant el període de càlcul).

Per tal d'acostar-se al màxim a la realitat i a les dades climàtiques de l'entorn, s'utilitzarà una correcció de 0,7 °C per cada 100 metres de diferència amb l'estació meteorològica emprada en el càlcul.

Radiació solar global G_s , G_{sH} , G_{sS} , G_{sE} , G_{sW} , G_{sN} (kWh/m²)

Es tracta d'introduir la radiació solar global que correspon a l'orientació de les finestres i que hi penetra a través durant el període de càlcul.

Per a les superfícies orientades a un punt cardinal intermig, es calcularan els valors de radiació solar global intermitjos. S'obtenen calculant la mitjana geomètrica dels valors corresponents a les dos orientacions entre les quals es troba la dita superfície (per exemple, radiació solar global sud-oest = $\sqrt{G_{sS} \cdot G_{sW}}$). Per a superfícies inclinades de petites dimensions (inferiors al 5% de la superfície total de les finestres), es permet efectuar una interpolació lineal (en funció de l'angle d'inclinació) entre la radiació solar global horitzontal i la radiació sobre una superfície vertical orientada en la mateixa direcció. Per obtenir valors més precisos, es recomana utilitzar l'ús de programes informàtics (vegeu el Document I).

3.5.3. Superfícies, llargades i nombres

Les mesures que cal tenir en compte són les dimensions exteriors de l'envolvent tèrmica de l'edifici.

Superfície de referència energètica (SRE) A_E (m²)

La superfície de referència energètica es calcularà d'acord amb l'apartat 3.5.3.

Superfícies de coberta o de sostre A_R , superfícies de murs A_W i superfícies de forjats A_F (m²)

Tots aquests valors també es calcularan d'acord amb l'apartat 3.5.3.

Superfícies de finestres A_w i superfícies portes A_d (m^2)

Es tracta de superfícies de finestres i de portes les dimensions de les quals corresponen al forat de les obertures de les façanes o del sostre. La suma de la superfície de les finestres i dels murs exteriors i del sostre ha de ser igual a la superfície total de façanes i de sostre. El valor U d'una finestra es refereix a la superfície així definida. La part del marc situada contra la paret s'ha de considerar com a pont tèrmic lineal.

Per als murs cortina, en els quals la superfície de finestres i de portes no es poden definir de manera precisa, convé verificar que tots els elements (inclosos els ponts tèrmics) s'han tingut en compte en el càlcul de pèrdues per transmissió segons la norma EN 13947.

Llargada de ponts tèrmics lineals l_{RW} (coberta o sostre i mur), l_{WF} (llosa de l'edifici), l_B (balcó), l_w (ampit de finestra), l_F (forjat/mur interior de subsòl) (m)

Nombre de ponts tèrmics puntuals z (-)

Els ponts tèrmics que resulten de la geometria de l'edifici que presenten un aïllament tèrmic continu amb un gruix constant (per exemple les cantonades de les façanes) es poden obviar. S'han de tenir en compte tots els ponts tèrmics repetitius (cabirons, enllatats, punts d'ancoratge, etc.) en el càlcul dels ponts tèrmics plans. Tots els altres ponts tèrmics s'han d'inventariar i prendre en compte de manera separada.

La llargada d'ampit de la finestra es pot determinar, de forma aproximada, amb la fórmula següent:

ampit de finestra / superfície de finestra = 3 m/m^2

3.5.4. Característiques dels elements d'envolvent

Coefficients de transmissió tèrmica de la coberta o del sostre U_R , de murs U_w , de forjats U_F exposats a l'aire exterior, contra els espais no calefactats i contra els espais calefactats ($W/m^2.K$)

Els coeficients de transmissió tèrmica dels elements d'envolvent plans (valors U) es calculen segons la norma EN ISO 6946. Es poden utilitzar les dades del catàleg d'elements de construcció del Document G. Convé prendre en compte tots els ponts tèrmics repetitius (cabirons, enllatats, punts d'ancoratge, etc.).

S'ha de prendre en compte la conductivitat tèrmica dels materials d'aïllament en el càlcul esmentat. Els productes que no tinguin un certificat de control o que el tinguin però no estiguin homologats pels organismes internacionals competents, prendran com a valor el valor més alt de la categoria a la qual pertanyen.

En el cas d'una coberta invertida, convé aplicar un suplement d'un 30% al valor U tal com ho marca la normativa EN ISO 6946, annex D.4.

Pel que fa a les superfícies que comporten un sistema de calefacció integrat (sostres, parets o terra radiants), només els materials compresos entre la superfície calefactora i l'aire exterior, el terreny, els espais contigus calefactats o els no calefactats, prendran part en el càlcul del coeficient de transmissió tèrmica.

Coefficients de transmissió tèrmica de les finestres i les portes U_w ($W/m^2.K$)

Els coeficients de transmissió tèrmica dels vidres es calculen segons la norma EN 673.

Caixes d'escala o forats d'ascensor dins d'espais no calefactats

Quan una caixa d'escala hermètica o bé un forat d'ascensor accedeix sense tancament d'un pis calefactat a un subsòl no calefactat i quan, a més, no hi ha cap element de calefacció al subsòl esmentat, es pot calcular el flux tèrmic que travessa la superfície oberta entre el sostre del pis no calefactat i el pis calefactat. Per defecte, es pot utilitzar el valor U de $2,5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, ja que es pot considerar com a superfície en contacte amb l'exterior. El flux tèrmic es calcula multiplicant aquesta superfície per $(\theta_{cc} - \theta_e)$ (vegeu el Document C).

Coefficients linèics de transmissió tèrmica Ψ , Ψ_{RW} , Ψ_{WF} , Ψ_B , Ψ_w , Ψ_F (W/m) i coeficients puntuals de transmissió tèrmica χ (W)

Els valors dels coeficients linèics i puntuals de transmissió tèrmica es calculen a partir de les dimensions exteriors.

Un càlcul detallat dels ponts tèrmics necessita mètodes bi i tri-dimensionals. Hi ha programes informàtics per dur-los a terme. No obstant això, es recomana utilitzar els valors del catàleg de ponts tèrmics del Document J.

Majoració de la temperatura per a sistemes de calefacció integrats als elements d'envolvent i als cossos calefactors situats davant d'elements vidriats $\Delta\theta$ ($^\circ\text{K}$)

Quan un sistema de calefacció estigui integrat als elements d'envolvent o quan els cossos calefactors estiguin situats davant d'elements vidriats, s'ha d'efectuar una majoració de la temperatura ambient calculada a partir de la temperatura mitjana de les superfícies de calefacció.

Per als sistemes de calefacció integrats als elements d'envolvent, la majoració de la temperatura ambient s'aplica a tot l'element d'envolvent. Pel que fa als cossos calefactors situats davant de superfícies vidriades, s'aplica a tota la superfície del cos calefactor (tubs + espais intermediaris projectats sobre la finestra).

Taula 13. Majoració de la temperatura per a sistemes de calefacció integrats als elements d'envolvent i als cossos calefactors situats davant d'elements vidriats.

	$\Delta\theta$
Per als elements d'envolvent sense calefacció integrada i per als elements vidriats sense cos calefactor al davant	0
Per als elements d'envolvent amb sistema de calefacció integrada	$(\theta_{h,max} - \theta_o) / 4$
Per als elements vidriats amb cossos calefactors situats al davant	$(\theta_{h,max} - \theta_o) / 2$

Temperatura ambient de l'espai calefactat o refrigerat contigu θ_{on} ($^\circ\text{C}$)

Per als espais que fan part de zones tèrmiques contigües, s'ha d'aplicar la consigna de temperatura ambient θ_{oc} en lloc de la consigna θ_{on} , és a dir, la consigna corregida en funció del tipus de regulació aplicada en espais contigus. Per als espais contigus exteriors al perímetre del balanç, cal aplicar la consigna θ_o sense correcció.

Factor de reducció de pèrdues a través de sostres, murs i forjats cap a espais no calefactats b_{uR} , b_{uW} , b_{uF} (-)

El factor de reducció de pèrdues tèrmiques b és igual a la diferència de temperatura entre un espai calefactat i un espai no calefactat dividit per la diferència de temperatura entre un espai calefactat i l'aire exterior. Es calcula segons la normativa EN ISO 13789, apartat 4:

$$b = \frac{\theta_o - \theta_u}{\theta_o - \theta_e} = \frac{H_{ue}}{H_{iu} - H_{ue}}$$

H_{ue} coeficient de transferència tèrmica específic (W/K) entre l'espai no calefactat i l'exterior.

H_{iu} coeficient de transferència tèrmica específic (W/K) entre l'espai calefactat i el no calefactat.

Tant H_{ue} com H_{iu} prenen en compte les pèrdues tèrmiques a causa de la transmissió i la renovació d'aire.

Quan es tracta de justificació, el coeficient H_{iu} només comptabilitzarà les pèrdues per transmissió. Les pèrdues per renovació d'aire compreses dins H_{ue} es calculen segons la normativa EN ISO 13789, apartat 6.4.

La normativa EN ISO 13790 comporta a l'annex F un càlcul detallat per als jardins d'hivern i les verandes.

Si no es calculen els valors de manera precisa, s'empraran els coeficients següents:

Taula 14. Factors de reducció cap a espais no calefactats

Espais no calefactats	b_{uR} , b_{uW} , b_{uF}
Golfes, coberta inclinada no aïllada	0,9
Golfes, coberta inclinada aïllada $U_e < 0,4 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$	0,7
Subsòl completament soterrat	0,7
Subsòl parcialment soterrat o completament desterrat	0,8
Dependència annexa	0,8
Jardí d'hivern, veranda	0,9

Els factors de reducció també s'utilitzen per als ponts tèrmics cap als espais no calefactats. Dins els catàlegs de ponts tèrmics, els factors de reducció ja s'han tingut en compte.

Coeficients de transmissió tèrmica de murs i de forjats en contacte amb el terreny U_{GW0} , U_{GF0} ($\text{W/m}^2\cdot\text{K}$)

Per al càlcul dels coeficients de transmissió tèrmica U_{GW0} i U_{GF0} en contacte amb el terreny, només es prendran en compte els components (capes) compresos entre els espais calefactats i el terreny. La resistència tèrmica superficial R_{se} és igual a 0.

Per als elements d'envolvent que comportin un sistema de calefacció integrat, només es tindran en compte els components compresos entre el sistema de calefacció i el terreny.

Per analogia amb els factors de reducció de pèrdues tèrmiques cap a espais no calefactats, l'efecte aïllant del terreny es té en compte per a factors de reducció de les pèrdues tèrmiques cap al terreny (vegeu l'apartat següent).

Factor de reducció de pèrdues dels murs i dels forjats en contacte amb el terreny b_{GW} , b_{GF} (-)

El factor de reducció b_{GW} o b_{GF} és igual al quocient entre el coeficient de transmissió tèrmica U_{GW} o U_{GF} , que té en compte l'efecte aïllant del terreny, i el coeficient de transmissió tèrmica U_{GW0} o U_{GF0} , que no el té.

Els factors de reducció també s'apliquen als ponts tèrmics en contacte amb el terreny.

Els coeficients de transmissió tèrmica U_{GW} o U_{GF} es calculen segons la normativa EN ISO 13370.

Per simplificar els procediments de justificació segons la normativa EN ISO 13370, s'utilitzaran els valors següents de reducció. Els valors de la taula poden ser interpolats linealment. En els casos fora de límits de U_{GW0} o U_{GF0} i A_{FG}/P_{FG} i els casos on hi ha un aïllament perifèric horitzontal o vertical, el càlcul es farà segons la normativa EN ISO 13370.

Els factors de reducció de les pèrdues cap al terreny depenen dels valors U dels elements d'envolvent U_{GW0} o U_{GF0} i, pel que fa al factor de reducció del forjat b_{GF} , del quocient entre la superfície de forjat A_{FG} i el seu contorn P_{FG} .

A_{FG} Superfície de l'envolvent tèrmica que reposa sobre el terreny.

P_{FG} Llargada (mesurada per l'exterior) dels costats de la superfície A_{FG} en contacte amb el terreny o dels espais no calefactats situats fora de l'envolvent tèrmica de l'edifici; els costats en contacte amb els espais contigus calefactats no s'han de tenir en compte.

Taula 15. Factors de reducció b_{GW} i b_{GF} de les pèrdues cap al terreny

		Mur				Forjat											
						$A_{FG} / P_{FG} = 2 \text{ m}$				$A_{FG} / P_{FG} = 5 \text{ m}$				$A_{FG} / P_{FG} = 10 \text{ m}$			
U_{GW0} o U_{GF0} (W/(m ² .K))		0,2	0,4	0,6	1,0	0,2	0,4	0,6	1,0	0,2	0,4	0,6	1,0	0,2	0,4	0,6	1,0
Profunditat del terreny	0,0 m	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	0,69	0,60	0,49	0,67	0,52	0,43	0,31	0,53	0,37	0,29	0,20
	0,5 m	0,92	0,88	0,85	0,80	0,80	0,67	0,57	0,46	0,66	0,51	0,41	0,30	0,53	0,36	0,28	0,20
	1,0 m	0,88	0,83	0,78	0,70	0,79	0,65	0,55	0,43	0,65	0,49	0,40	0,29	0,52	0,36	0,27	0,19
	2,0 m	0,82	0,73	0,66	0,56	0,76	0,61	0,51	0,39	0,63	0,47	0,37	0,27	0,50	0,34	0,26	0,18
	3,0 m	0,77	0,66	0,58	0,48	0,73	0,57	0,47	0,35	0,61	0,45	0,35	0,25	0,49	0,33	0,25	0,17
	5,0 m	0,69	0,56	0,47	0,37	0,68	0,51	0,41	0,30	0,57	0,41	0,32	0,22	0,47	0,31	0,23	0,16
	10,0 m	0,55	0,41	0,33	0,25	0,58	0,41	0,32	0,22	0,50	0,33	0,25	0,17	0,42	0,27	0,20	0,13

Taxa de transmissió global g (-)

La norma EN 410 descriu un mètode que permet calcular la taxa de transmissió d'energia global quan la radiació arriba a la finestra de manera perpendicular ($g_{\perp}$). Els valors declarats pels fabricants de productes es refereixen també a un angle d'incidència nul. Per tenir en compte la incidència mitjana de la radiació solar i del grau de brutícia, els valors s'han de reduir un 10% per a totes les orientacions ($g = 0,9 g_{\perp}$).

Si no es disposa de dades fiables justificades, s'utilitzaran els valors de la taula 17.

Taula 16. Taxa de transmissió d'energia $g_{\perp}$

Tipus de vidre		$g_{\perp}$
2-VI	vidre transparent	0,75
2-VI-BE	vidre aïllant	0,55
3-VI	vidre transparent	0,70
3-VI-BE	vidre aïllant	0,45

Per calcular la taxa de transmissió d'energia global de vidres amb protecció solar cal referir-se a la metodologia de les normatives EN 13363-1 i EN 13363-2.

Part vidriada de finestres F_F (-)

La part vidriada de les finestres resulta del quocient entre la superfície vidriada i la superfície total de la finestra A_W . A falta de dades més precises, cal utilitzar el valor 0,7.

Per als murs cortina, el càlcul s'ha de fer amb la superfície de vidre A_g en lloc del valor $A_W \cdot F_F$.

Factor d'ombra F_S (-)

El factor d'ombra té en compte la reducció de la radiació solar provocada per la topografia, els edificis veïns o els elements fixos del mateix edifici (incloent-hi la retirada de la finestra respecte del pla de la superfície de la paret exterior).

El factor d'ombra F_S es calcula mitjançant tres factors de reducció:

F_{S1} Factor de reducció a causa de l'horitzó (topografia o altres edificis)

F_{S2} Factor de reducció a causa d'una màscara en sobreplom

F_{S3} Factor de reducció a causa d'una pantalla lateral

$$F_S = F_{S1} \cdot F_{S2} \cdot F_{S3}$$

Valors de càlcul

Es considera com a nul el factor d'ombra de les finestres contra els espais no calefactats o contra els espais contigus calefactats o refrigerats.

Els valors de la taula poden ser interpolats linealment.

Factor de reducció a causa de l'horitzó F_{S1}

El factor de reducció a causa de l'horitzó es pot determinar segons la façana. L'alçada mitjana de l'horitzó es determina al mig de la façana. L'efecte de les ombres a causa de l'horitzó ve donat pel conjunt d'edificis existents en el moment del càlcul i en funció dels edificis planificats.

Taula 17. Factor de reducció a causa de l'horitzó F_{S1}

Angle de l'horitzó α	Orientació de la façana		
	Sud	Est Oest	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
10°	0,95	0,94	1,00
20°	0,82	0,81	0,97
30°	0,59	0,68	0,94
40°	0,45	0,60	0,90

Factor de reducció a causa d'un sobreplom F_{S2}

El factor de reducció a causa del sobreplom es determina per a cada finestra de manera separada. L'angle es determina al centre de la finestra.

Taula 18. Factor de reducció a causa del sobreplom F_{S2}

Angle de sobreplom β	Orientació de la façana		
	Sud	Est Oest	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
15°	0,95	0,95	0,96
30°	0,91	0,89	0,91
45°	0,75	0,77	0,80
60°	0,52	0,59	0,66

*Factor de reducció a causa d'una pantalla lateral F_{S3}*

El factor de reducció a causa d'una pantalla lateral es determina per a cada finestra de manera separada. L'angle es determina al centre de la finestra. El valor de càlcul només és vàlid per a una pantalla única. Per a una finestra orientada a l'est o a l'oest, el valor valdrà per a una pantalla situada al sud de la finestra; per a una pantalla situada al nord de la finestra, el valor és 1,0. Per a una finestra situada al sud amb dues pantalles de cada costat, els dos valors de càlcul s'han de multiplicar entre ells.

Taula 19. Factor de reducció a causa d'una pantalla lateral F_{S3}

Angle de la pantalla vegetal γ	Orientació de la façana		
	Sud	Est Oest	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
15°	0,97	0,96	1,00
30°	0,94	0,92	1,00
45°	0,84	0,84	1,00
60°	0,72	0,75	1,00

*Factor de reducció per a finestres en posició horitzontal*

Per a les finestres en posició horitzontal, convé aplicar només F_{S1} . L'alçada mitjana de l'horitzó es determina per als quatre punts cardinals al mig de la finestra, tenint en compte les ombres produïdes pel mateix edifici. El factor de reducció F_s resulta de la multiplicació dels valors obtinguts pels quatre punts cardinals.

*3.5.5. Dades d'entrada especials**Capacitat tèrmica en relació amb la superfície de referència energètica C/A_E ($\text{kWh}/\text{m}^2 \cdot \text{K}$)*

La capacitat tèrmica efectiva considerada es defineix segons la normativa EN ISO 13786, apartat 7.2.2, sense prendre en compte la resistència tèrmica superficial interior per una variació de calor durant un període de 24 h. La capacitat tèrmica es relaciona amb la superfície de referència energètica per permetre l'aplicació de valors de càlcul simples.

La capacitat tèrmica serveix per calcular la constant de temps $\tau = C/H$, on H és el coeficient de pèrdues de l'edifici segons la normativa EN ISO 13790. La constant de temps s'utilitza per al càlcul de la taxa d'utilització dels guanys de calor. Com que la taxa d'utilització depèn relativament poc de la constant de temps, s'estableixen els valors aproximats per a la capacitat tèrmica per unitat de referència energètica C/A_E següents:

Taula 20. Capacitat tèrmica en relació amb la superfície de referència energètica

Construcció	Exemples	C/A_E
pesada	- Com a mínim dos dels tres elements tèrmicament actius (sostre, forjats, totes les parets) són massissos i sense revestiment.	0,14 $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
mitjana	- Com a mínim un dels tres elements tèrmicament actius (sostre, forjats, totes les parets) són massissos i sense revestiment - Construcció de fusta massissa	$8 \cdot 10^{-2}$ $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
lleugera	- Construcció lleugera de fusta: estructura de fusta	$2,7 \cdot 10^{-2}$ $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$
molt lleugera	- Construcció metàl·lica per a edificis industrials	$1,4 \cdot 10^{-2}$ $\text{kWh}/(\text{m}^2 \cdot \text{K})$

Per als edificis que presentin diversos tipus de construcció i que s'hagin de calcular en una sola zona, s'ha d'aplicar un valor mitjà de la constant de temps de l'edifici ponderada en funció de la superfície de referència.

Taxa d'utilització dels guanys de calor η_g (-)

La taxa d'utilització dels guanys de calor depèn de la inèrcia tèrmica de l'edifici i de la relació entre els guanys totals de calor i les pèrdues totals. Es pot calcular mitjançant la fórmula següent:

$$\eta_g = (1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1}) \quad \text{quan } \gamma \neq 1$$

$$\eta_g = a / (a + 1) \quad \text{quan } \gamma = 1$$

γ quocient guanys/pèrdues

τ constant de temps de l'edifici

$$a = a_0 + (\tau / \tau_0)$$

Taula 21. Constants per a la determinació de la taxa d'utilització dels guanys de calor

	a_0	τ_0 en h
Edifici ocupat 24 h (condicions normals: habitatge individual / col·lectiu, hospitals)	1,0	15
Edifici ocupat una part del dia (condicions normals: administració, escoles, comerços, restaurants, llocs d'oci, indústries, magatzems, edificis esportius, piscines cobertes)	0,8	70

4. Necessitats de calor per a l'aigua calenta sanitària

Les necessitats de calor per a l'ACS es calculen a partir de la quantitat d'aigua requerida i la diferència de temperatura entre l'aigua freda introduïda i l'aigua calenta de preparació:

$$Q_{ww} = \rho_w \cdot c_w \cdot V_{ww} \cdot (\theta_{ww} - \theta_{ww0}) / A_E$$

Q_{ww} necessitat de calor per a l'ACS, en relació amb la superfície de referència energètica

$\rho_w \cdot c_w$ capacitat tèrmica volumètrica de l'aigua (1,16 kWh/m³.K)

V_{ww} quantitat d'ACS requerida durant el període de càlcul (m³)

θ_{ww} temperatura de l'ACS als llocs de preparació (°C)

θ_{ww0} temperatura de l'aigua freda entrant a l'edifici (°C)

La quantitat i la temperatura de l'aigua calenta sanitària requerides als punts de producció són determinants.

Les necessitats de calor per a l'ACS serveixen de base de càlcul de la fracció útil del sistema de producció d'ACS η_{ww} o de la fracció útil d'un sistema combinat de calefacció i producció d'ACS η_{hww} . Si no es disposa de dades precises, es poden utilitzar els valors indicats a sota relatius a les condicions normals d'utilització. Aquests valors fan referència únicament a la quantitat d'ACS que prové del sistema de producció d'ACS. La calor utilitzada per escalfar l'aigua dels aparells domèstics (rentadores, rentavaixelles) no està comptabilitzada. Si el càlcul no es fa per un any sencer, aquests valors s'han de repartir de manera apropiada segons els períodes de càlcul.

Taula 22. Condicions normals d'utilització: necessitats anuals de calor per a l'ACS en relació amb la superfície de referència A_E

Categoria d'obres	I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
	edifici plurifamiliar	edifici unifamiliar	administració	escoles	comerç	restauració	llocs d'oci	hospitals	indústria	magatzems	instal·lacions esportives	piscines cobertes
Necessitats anuals de calor per a l'ACS kWh/m^2	21	14	7	7	7	56	14	28	7	1	83	83

5. Pèrdues de calor del sistema de calefacció, del sistema de preparació d'aigua calenta sanitària

5.1. Pèrdues de calor del sistema de calefacció

Les pèrdues de calor del sistema de calefacció Q_{Lh} provenen de les pèrdues de calor durant la producció, quan el sistema funciona o es troba "en espera", i de les pèrdues de distribució encara que no contribueixin a la cobertura de les necessitats de calor per a la calefacció.

5.2. Pèrdues de calor del sistema de producció i de distribució d'aigua calenta sanitària.

Les pèrdues de calor del sistema de producció i distribució d'aigua calenta sanitària Q_{Lww} provenen:

- De les pèrdues de calor de la producció i l'emmagatzematge d'ACS quan la instal·lació funciona o està "en espera".
- De les pèrdues de calor del sistema de distribució d'ACS mantingut en temperatura (circulació o cable calefactor).
- De les pèrdues de calor dins de les parts del sistema de distribució d'ACS que no es mantenen en temperatura (quantitat de calor perduda per aigua estancada).

Durant el període de calefacció i quan es dissipen dins de l'espai calefactat, les pèrdues de calor del sistema d'ACS constitueixen una aportació a les necessitats de calor per a la calefacció. El guany de calor del sistema d'ACS és pràcticament equivalent a les pèrdues produïdes pel sistema de distribució d'aigua freda. Així, es poden obviar en el balanç tèrmic. Quan les pèrdues o els guanys tèrmics s'integren en el càlcul, convé tenir-los en compte al mateix temps.

En el cas de calderes combinades (calefacció + ACS), les pèrdues de calor del sistema de producció de calor per a la calefacció i les del sistema de producció i d'emmagatzematge de l'ACS no es poden dissociar.

5.3. Fracció útil

En el cas dels sistemes separats de producció de calor per a la calefacció i per a l'ACS, es fa una diferenciació entre la fracció útil de calefacció η_h i la fracció útil d'ACS η_{ww} .

$$\eta_h = Q_h / (Q_h + Q_{Lh})$$

$$\eta_{ww} = Q_{ww} / (Q_{ww} + Q_{Lww})$$

En el cas de sistemes combinats de producció de calor per a la calefacció i per a l'ACS, convé aplicar la fracció útil tèrmica η_{hww} .

$$\eta_{hww} = (Q_h + Q_{ww}) / (Q_h + Q_{ww} + Q_{Lh} + Q_{Lww})$$

Els valors de càlcul corresponents a la tècnica de càlcul figuren al Document D.

6. Ús d'energia per a aire condicionat

6.1. Generalitats

Les zones refredades s'han de limitar al mínim mitjançant mesures de tipus constructiu o bé de tipus organitzatiu.

La necessitat d'una instal·lació d'aire condicionat es determina segons els apartats 6.1.1., 6.1.2. o 6.1.3.

6.1.1. Casos especials amb exigències particulars de temperatura ambient

En alguns casos especials, la temperatura ambient ha de respondre a les exigències particulars. En aquests casos, l'aire condicionat resulta indispensable. Exemples:

- Magatzems destinats a l'estocatge de mercaderies sensibles a la temperatura.
- Laboratoris.
- Locals informàtics.

Es consideraran casos particulars les situacions per a les quals es prescriu l'ús d'aire condicionat.

6.1.2. Càrregues tèrmiques i aeracions per a les finestres

En general, la necessitat de refredar els espais és funció de les càrregues tèrmiques internes i de la possibilitat d'aeració per a les finestres, tal com queda resumit a la taula 23.

L'avaluació de les fonts de calor internes constitueix una bona aproximació a l'avaluació de la necessitat d'aire condicionat. Quan la calor produïda per les fonts esmentades es pot evacuar per finestres, l'aire condicionat no és necessari. Per contra, si la calor produïda sobrepassa un cert límit, l'aeració per finestres resulta insuficient i cal l'ús d'aire condicionat. La taula següent recapitula aquests límits:

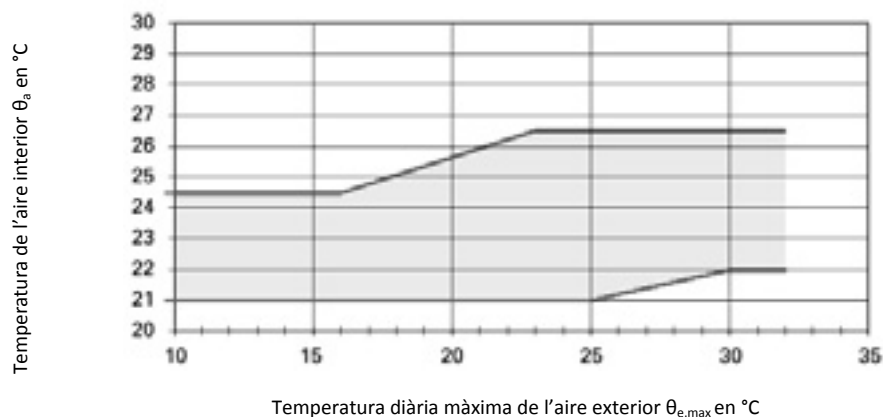
Taula 23. Necessitat d'aire condicionat: taula de condicionants en funció de les càrregues tèrmiques

Suma de les fonts de calor internes per dia en Wh/m ²						
< 80	80–120	120–160	160–200	200–240	> 240	
no necessari			recomanat		necessari	Aeració per finestres dia i nit
no necessari		recomanat		necessari		Aeració per finestres dia
no necessari	recomanat		necessari			Sense aeració per finestres

El càlcul de les càrregues tèrmiques internes s'ha de fer tenint en compte les càrregues tèrmiques per persona, per aparell i per enllumenat. Les potències elèctriques instal·lades pels aparells no són determinants.

6.1.3. Temperatura de l'aire interior més elevada a l'estiu

L'avaluació de la necessitat de refredar l'aire interior es pot fer mitjançant un càlcul detallat amb simulació dinàmica conforme a les regles de l'art. Si no és així, caldrà emprar com a criteri d'avaluació la temperatura de l'aire interior comparada a la corba límit superior segons la figura següent:



Segons aquest càlcul detallat, la necessitat de refredament de l'aire està justificat quan els valors horaris calculats de la temperatura de l'aire interior sobrepassen la corba límit superior durant més de 100 hores a l'any. Si no se sobrepassen les 100 hores a l'any, l'aire condicionat és recomanat. Si no se sobrepassa mai aquest límit, l'aire condicionat no és necessari.

Taula 24. Necessitat d'aire condicionat: taula de condicionants en funció de les hores de sobrepassada de la corba límit

No sobrepassa	Cap necessitat d'aire condicionat
Fins a 100 h / any	Aire condicionat recomanat
Més de 100 h / any	Aire condicionat necessari

6.2. Exigències constructives

Tot l'espai on el refredament és necessari o recomanat segons els criteris d'aquest annex ha de complir les condicions de protecció solar que s'indiquen a continuació.

Segons l'orientació i la part de superfície vidriada de l'espai considerat f_g , les finestres de la façana amb dispositiu de protecció solar han de tenir un coeficient g com segueix:

- Façana N $g \leq \text{MIN} (0,20/f_g ; 1,00)$
- Façanes NE i NW $g \leq \text{MIN} (0,13/f_g ; 0,28)$
- Façanes E, SE, S, SW, W $g \leq \text{MIN} (0,07/f_g ; 0,15)$

Els valors del coeficient g per orientacions intermediàries es determinaran per extrapolació lineal. Les façanes N, NE o NW exposades a reflexions de façanes veïnes seguiran les condicions de les façanes E a W.

6.3. Producció de fred

La metodologia de càlcul per a les necessitats de fred és anàloga a la metodologia emprada per a la calefacció amb l'única diferència de la temperatura de l'aire interior.

La producció de fred i la distribució de fred formen un sistema global l'eficàcia energètica de la qual s'ha d'optimitzar.

En el cas de màquines de producció de fred clàssiques (refredament amb aigua), els coeficients d'eficàcia (COP) a plena càrrega i a càrrega parcial de la màquina de fred han de seguir els valors de la taula 25.

Les màquines de fred amb refredament amb aire seran subjectes a les excepcions següents:

Per als sistemes split compactes amb refredament amb aire la potència dels quals no sobrepassi els 12 kW, el COP a plena càrrega i a càrrega parcial no es podrà situar per sota de 3.

Per a les màquines de fred amb refredament amb aire la potència de les quals no sobrepassi els 12 kW, el COP seguirà els criteris següents:

- A plena càrrega 100%: COP $\geq 3,5$
- A càrrega parcial 50%: COP $\geq 4,5$

Per tal d'utilitzar tant com sigui possible l'energia elèctrica, sempre que calgui un equip de fred es combinarà amb una bomba de calor.

Quan la temperatura de l'aire exterior és inferior a 2 o 3 K a la temperatura de l'aigua freda del circuit de climatització, es farà servir el refredament natural. Aquesta opció s'ha de tenir en compte comprovant el COP de la màquina de fred.

Taula 25. Coeficient d'eficàcia de les màquines de fred

Potència de refrigeració en kW a 100%		1	10	20	50	100	200	500	1000
COP mínim a càrrega parcial 50%	Valor límit	3,2	4,4	4,8	5,5	6,0	6,2	6,2	6,2
	Valor objectiu	4,0	5,2	5,8	6,6	7,3	8,0	8,2	8,2
COP mínim a plena càrrega 100%	Valor límit	3,2	3,3	3,5	3,8	4,1	4,2	4,2	4,2
	Valor objectiu	4,0	4,1	4,3	4,6	4,9	5,0	5,0	5,0

6.4. Càlcul del consum de fred

Per calcular l'índex de consum d'energia per a l'aire condicionat s'utilitzaran els valors següents:

Agent energètic	Factor d'energia primària f_p	Coeficient d'emissió de gasos d'efecte d'hivernacle k_{CO_2} (g/kWh)
Xarxa de cogeneració	0,81	300
Electricitat (barreja segons el consum a Andorra)	2,32	180

Document A: Categories d'obra i condicions normals d'utilització*Categories d'obra amb exemples*

Categoria d'obra		Afectacions (exemples)
I	Edifici plurifamiliar	Edificis de lloguer i de propietat per a apartaments, residències i apartaments per a persones grans, hotels, edificis i residències de vacances, centres per a infants i adolescents, centres d'acollida diürns, centres per a discapacitats, centres de toxicòmans i establiments penitenciaris.
II	Edifici unifamiliar	Xalets unifamiliars o adossats, xalets de vacances.
III	Administració	Edificis administratius privats i públics, taquilles, consultes mèdiques, biblioteques, museus, centres culturals, centres informàtics, centres de telecomunicacions, estudis de ràdio i televisió.
IV	Escoles	Establiments escolars (tots els nivells), jardins d'infants i escoles bressol, centres d'ensenyament, centres de formació, palaus de congressos, laboratoris, instituts de recerca, espais comunitaris i centres d'esplai.
V	Comerç	Locals comercials, centres comercials, recintes per a fer fires comercials (palaus firals).
VI	Restauració	Restaurants (incloses les cuines), cafeteries, cantines, discoteques.
VII	Llocs d'oci	Teatres, sales de concert, sales de cinema, esglésies, sales funerals, sales de festes, palaus esportius amb tribunes.
VIII	Hospitals	Hospitals, clíniques psiquiàtriques, centres de rehabilitació, residències geriàtriques i centres d'atenció.
IX	Indústria	Fàbriques, centres artesanals, centres de manteniment i casernes de bombers.
X	Magatzems	Magatzems, centres logístics o de distribució.
XI	Instal·lacions esportives	Palaus esportius, gimnasos, pistes de tennis, pistes de bitlles, centres de condicionament físic (fitness) i vestidors.
XII	Piscines cobertes	Piscines cobertes, saunes, banys termals i centres termolúdics.

Recapitulatiu de les condicions normals d'utilització:

Categoria d'obra		I	II	III	IV	V	VI	VII	VIII	IX	X	XI	XII
		edifici plurifamiliar	edifici unifamiliar	administració	escoles	comerç	restauració	llocs d'oci	hospitals	indústria	magatzems	instal·lacions esportives	piscines cobertes
Temperatura ambient	θ_o °C	20	20	20	20	20	20	20	22	18	18	18	28
Superfície per persona	A_p m ² /P	40	60	20	10	10	5	5	30	20	100	20	20
Quantitat de calor mitjana dissipada per persona	Q_p W/P	70	70	80	70	90	100	80	80	100	100	100	60
Durada de la presència de les persones	t_p h	12	12	6	4	4	3	3	16	6	6	6	4
Necessitats d'electricitat	$E_{F,EI}$ kWh/m ²	28	22	22	11	3 3	3 3	1 7	2 8	1 7	6	6	56
Factor de reducció de les necessitats d'electricitat	f_{EI} -	0,7	0,7	0,9	0,9	0,8	0,7	0,8	0,7	0,9	0,9	0,9	0,7
Cabal d'aire nou	V/A_E m ³ /(h. m ²)	0,7	0,7	0,7	0,7	0,7	1,2	1,0	1,0	0,7	0,3	0,7	0,7
Necessitats de calor per a l'ACS	Q_{ww} kWh/m ²	21	14	7	7	7	56	14	28	7	1	83	83

Document B: Recapitulatiu dels valors de càlcul*Majoració de la temperatura ambient $\Delta\theta_o$ (K)*

Tipus de regulació de la temperatura ambient	$\Delta\theta_o$
Regulació de la temperatura per dependència	0 K
Regulació de la temperatura a partir d'una dependència de referència	1 K
Altres casos	2 K

Majoració de la temperatura per a sistemes de calefacció integrats als elements d'envolvent i als cossos calefactats situats davant d'elements vidriats $\Delta\theta$ (K)

	$\Delta\theta$
Per a elements d'envolvent sense calefacció integrada i per a elements vidriats sense cos calefactor al davant	0
Per a elements d'envolvent amb sistema de calefacció integrada	$(\theta_{n,max} - \theta_o) / 4$
Per a elements vidriats amb cossos calefactats situats davant	$(\theta_{n,max} - \theta_o) / 2$

Factor de reducció de pèrdues a través de sostres, murs i forjats cap a espais no calefactats b_{uR}, b_{uW}, b_{uF} (-)

Espais no calefactats	b_{uR}, b_{uW}, b_{uF}
Golfes, coberta inclinada no aïllada	0,9
Golfes, coberta inclinada aïllada $U_e < 0,4$ W/(m ² .K)	0,7
Subsòl completament soterrat	0,7
Subsòl parcialment soterrat o completament desterrat	0,8
Dependència annexa	0,8
Jardí d'hivern, veranda	0,9

Factor de reducció de pèrdues dels murs i dels forjats en contacte amb el terreny b_{GW} , b_{GF} (-)

A_{FG} superfície de l'envolvent tèrmica reposant sobre el terreny

P_{FG} llargada (mesurada per l'exterior) dels costats de la superfície A_{FG} en contacte amb el terreny o dels espais no calefactats situats fora de l'envolvent tèrmica de l'edifici; els costats en contacte amb els espais contigus calefactats no s'han de tenir en compte

		Mur				Forjat											
						$A_{FG} / P_{FG} = 2 \text{ m}$				$A_{FG} / P_{FG} = 5 \text{ m}$				$A_{FG} / P_{FG} = 10 \text{ m}$			
U_{GW0} o U_{GF0}	$W/(m^2 \cdot K)$	0,2	0,4	0,6	1,0	0,2	0,4	0,6	1,0	0,2	0,4	0,6	1,0	0,2	0,4	0,6	1,0
Profunditat del terreny	0,0 m	1,00	1,00	1,00	1,00	0,82	0,69	0,60	0,49	0,67	0,52	0,43	0,31	0,53	0,37	0,29	0,20
	0,5 m	0,92	0,88	0,85	0,80	0,80	0,67	0,57	0,46	0,66	0,51	0,41	0,30	0,53	0,36	0,28	0,20
	1,0 m	0,88	0,83	0,78	0,70	0,79	0,65	0,55	0,43	0,65	0,49	0,40	0,29	0,52	0,36	0,27	0,19
	2,0 m	0,82	0,73	0,66	0,56	0,76	0,61	0,51	0,39	0,63	0,47	0,37	0,27	0,50	0,34	0,26	0,18
	3,0 m	0,77	0,66	0,58	0,48	0,73	0,57	0,47	0,35	0,61	0,45	0,35	0,25	0,49	0,33	0,25	0,17
	5,0 m	0,69	0,56	0,47	0,37	0,68	0,51	0,41	0,30	0,57	0,41	0,32	0,22	0,47	0,31	0,23	0,16
	10,0 m	0,55	0,41	0,33	0,25	0,58	0,41	0,32	0,22	0,50	0,33	0,25	0,17	0,42	0,27	0,20	0,13

Taxa de transmissió global g (-)

Tipus de vidre		$g_{\perp}$
2-VI	vidre transparent	0,75
2-VI-BE	vidre aïllant	0,55
3-VI	vidre transparent	0,70
3-VI-BE	vidre aïllant	0,45

Part vidriada de finestres F_F (-)

El valor és de 0,7.

Factor d'ombra F_S (-)

El factor d'ombra F_S es calcula mitjançant tres factors de reducció:

F_{S1} factor de reducció a causa de l'horitzó (topografia o altres edificis)

F_{S2} factor de reducció a causa d'una màscara de sobreplom

F_{S3} factor de reducció a causa d'una pantalla lateral

$$F_S = F_{S1} \cdot F_{S2} \cdot F_{S3}$$

Valors de càlcul

Es considera nul el factor d'ombra de les finestres contra espais no calefactats o contra espais contigus calefactats o refrigerats.

Els valors de la taula poden ser interpolats linealment.

Factor de reducció a causa de l'horitzó F_{S1}

Angle de l'horitzó α	Orientació de la façana		
	Sud	Est Oest	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
10°	0,95	0,94	1,00
20°	0,82	0,81	0,97
30°	0,59	0,68	0,94
40°	0,45	0,60	0,90

Factor de reducció a causa d'un sobreplom F_{S2}

Angle de sobreplom β	Orientació de la façana		
	Sud	Est Oest	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
15°	0,95	0,95	0,96
30°	0,91	0,89	0,91
45°	0,75	0,77	0,80
60°	0,52	0,59	0,66

Factor de reducció a causa d'una pantalla lateral F_{S3}

Angle de la pantalla vegetal γ	Orientació de la façana		
	Sud	Est Oest	Nord
0°	1,00	1,00	1,00
15°	0,97	0,96	1,00
30°	0,94	0,92	1,00
45°	0,84	0,84	1,00
60°	0,72	0,75	1,00

Capacitat tèrmica en relació amb la superfície de referència energètica C/A_E (kWh/m².K)

Construcció	Exemples	C/A_E
Pesada	- Com a mínim, dos dels tres elements tèrmicament actius (sostre, forjats, totes les parets) són massissos i sense revestiment.	0,138 kWh/(m ² .K)
Mitjana	- Com a mínim, un dels tres elements tèrmicament actius (sostre, forjats, totes les parets) són massissos i sense revestiment. - Construcció de fusta massissa.	0,083 kWh/(m ² .K)
Lleugera	- Construcció lleugera de fusta: estructura de fusta.	0,027 kWh/(m ² .K)
Molt lleugera	- Construcció metàl·lica per a edificis industrials.	0,014 kWh/(m ² .K)

Document C: Caixes d'escala i forats d'ascensor

Aquest apartat és vàlid per a les caixes d'escala separades de les zones habitades (o de treball) per portes. No s'aplica a les caixes d'escala obertes dins d'habitatges individuals. Les caixes d'escala obertes sobre espais d'habitatge són part integrant de l'envolvent tèrmica de l'edifici i han de respondre a les exigències corresponents.

1. Caixes d'escala o forats d'ascensor situats fora de l'envolvent tèrmica de l'edifici

Quan una caixa d'escala o un forat d'ascensor no estan integrats dins l'envolvent tèrmica de l'edifici, les exigències per a l'aïllament tèrmic definides al capítol 2 han de ser respectades per totes les parts de l'envolvent tèrmica de l'edifici en contacte amb la caixa d'escala o el forat d'ascensor. Això també és vàlid per a portes d'ascensor eventuais. Les caixes d'escala o els forats d'ascensor en contacte amb l'exterior no requereixen cap exigència quant a estanquitat de l'aire.

2. Caixes d'escala o forats d'ascensor situats dins de l'envolvent tèrmica de l'edifici**2.1. Estanquitat a l'aire**

Quan una caixa d'escala o un forat d'ascensor estan integrats totalment o parcialment dins l'envolvent tèrmica de l'edifici, convé aplicar exigències quant a l'estanquitat de l'aire. Particularment, totes les obertures per l'evacuació de fums s'han d'equipar de vàlvules de retenció automàtiques.

Quan una caixa d'escala hermètica o bé un forat d'ascensor accedeix sense tancament d'un pis calefactat a un subsòl no calefactat, s'admeten defectes menors d'estanquitat (per exemple portes que separen les caixes d'escala dels espais no calefactats).

2.2. Justificació per a prestacions puntuals requerides***Sense elements calefactors als soterranis de la caixa d'escala***

Quan una caixa d'escala o bé un forat d'ascensor accedeix sense tancament d'un pis calefactat a un subsòl no calefactat i quan, a més, no hi ha cap element de calefacció al subsòl esmentat, no es requereix cap prestació puntual per als elements del subsòl no calefactat.

Amb elements calefactors als soterranis de la caixa d'escala

Quan la caixa d'escala o bé el forat d'ascensor comporten elements calefactors als subsòls, l'envolvent tèrmica de l'edifici ha d'integrar el conjunt de la caixa d'escala o del forat d'ascensor, i tots els elements de l'envolvent tèrmica de l'edifici han de complir les prestacions puntuals requerides.

2.3. Justificació per prestació global

Sense elements calefactors als soterranis de la caixa d'escala

Quan una caixa d'escala o bé un forat d'ascensor accedeix sense tancament d'un pis calefactat a un subsòl no calefactat i quan, a més, no hi ha cap element de calefacció al subsòl esmentat, es pot calcular el flux tèrmic que travessa la superfície que separa el pis calefactat del pis no calefactat de la mateixa caixa d'escala o forat d'ascensor. Aquesta superfície, que constitueix el sostre de la part no calefactada, comprèn les superfícies de circulació de la caixa d'escala i del forat d'ascensor així com les superfícies dels elements de construcció que les separen. Per aquesta superfície de la caixa d'escala o forat d'ascensor s'aplicarà un valor U de $2,5 \text{ W/(m}^2\cdot\text{K)}$, ja que es pot considerar una superfície en contacte amb l'exterior. El flux tèrmic es calcula multiplicant aquesta superfície per $(\theta_{cc} - \theta_e)$.

Amb elements calefactors als soterranis de la caixa d'escala

Quan la caixa d'escala o bé el forat d'ascensor comporten elements calefactors als subsòls, l'envolvent tèrmica de l'edifici ha d'integrar el conjunt de la caixa d'escala o del forat d'ascensor, i s'ha de calcular el flux tèrmic a través de l'envolvent tèrmica així definida.

Document D: Valors indicatius de la fracció útil

El valor energètic dels combustibles es defineix pel seu poder calorífic superior. Els valors indicatius de la fracció útil també es refereixen a la calor de combustió.

1. Sistemes de calefacció sense producció d'ACS

Segons l'estat actual de la tècnica, els sistemes de calefacció nous i de bona qualitat, la fracció útil η_h (fracció entre les necessitats de calor per a la calefacció i les necessitats d'energia per a la calefacció tenint en compte les pèrdues de calor dels sistemes de producció, emmagatzematge i distribució) de les instal·lacions de calefacció sense producció d'ACS tenen els valors següents:

Taula 26. Valors indicatius de la fracció útil η_h per a sistemes de calefacció nous i de bona qualitat

	η_h
Caldera de gasoil o de gas:	
- de condensació	0,85...0,95
- normal	0,80...0,85
Caldera de fusta:	
- de pellets	0,70...0,75
- de troncs	0,65...0,70
Xarxa de distribució de calor (cogeneració)	0,93...0,97
Calefacció elèctrica	0,93...0,97
Bomba de calor (aire/aigua)	2,8...3,7
Bomba de calor (aigua/aigua)	3,4...4,7

2. Sistemes separats de producció i distribució d'ACS

Segons l'estat actual de la tècnica dels sistemes d'ACS nous i de bona qualitat, la fracció útil η_{ww} (fracció entre les necessitats de calor per a l'ACS i les necessitats d'energia per a l'ACS tenint en compte les pèrdues de calor dels sistemes de producció, emmagatzematge i distribució) dels sistemes separats d'ACS tenen els valors següents:

$$\eta_{ww} = \eta_{ww,ge} \cdot \eta_{ww,d}$$

Taula 27. Valors indicatius de la fracció útil η_{ww} per a diversos sistemes de producció i de distribució d'ACS nous i de bona qualitat

	$\eta_{ww,ge}$
Escalfador elèctric	0,90...0,95
Escalfador de gas	0,80...0,85
Escalfador amb bomba de calor	2,2...3,0
Panell solar tèrmic	20...30

Valor indicatiu de la fracció útil $\eta_{ww,d}$ per a diversos sistemes d'emmagatzematge i distribució d'ACS:

$$\eta_{ww,d} = 0,1 \dots 0,8$$

Amb 0,1 quan no hi ha res aïllat i 0,8 quan tot el circuit està molt ben aïllat.

3. Sistemes combinats de calefacció de producció d'ACS

Per als sistemes combinats de producció de calor per a la calefacció i l'ACS, els valors de la fracció útil η_{hww} s'obtenen a partir dels valors de la fracció útil η_h dels sistemes sense producció d'ACS i d'una fracció útil per al sistema d'emmagatzematge i distribució d'ACS:

$$\text{Valor indicatiu } \eta_{hww} = \frac{(Q_h + Q_{ww}) \cdot \eta_h}{Q_h + Q_{ww} / \eta_{ww,d}}$$

Document E: Recull de fórmules

Taula 28. Dades d'entrada

Concepte	Símbol	Unitat
<i>Utilització</i>		
Temperatura ambient	θ_o	°C
Majoració de la temperatura ambient	$\Delta\theta_o$	K
Superfície per persona	A_P	m ² /P
Calor dissipada per persona	Q_P	W/P
Durada de presència de persones	t_P	h/d
Necessitats d'electricitat, per any	Q_{EI}	kWh /m ²
Factor de reducció de les necessitats d'electricitat	f_{EI}	-
Cabal d'aire nou en relació amb la superfície de referència energètica	V/A_E	m ³ /(h.m ²)
<i>Dades climàtiques</i>		
Durada del període de càlcul	t_c	d
Altitud respecte al nivell del mar	h	m
Temperatura exterior	θ_e	°C
Radiació solar global horitzontal	G_{sH}	kWh /m ²
Radiació solar global sud	G_{sS}	kWh /m ²
Radiació solar global est	G_{sE}	kWh /m ²
Radiació solar global oest	G_{sW}	kWh /m ²
Radiació solar global nord	G_{sN}	kWh /m ²
<i>Superfícies, llargades i nombres</i>		
Superfície de referència energètica	A_E	m ²
Coberta exposada a l'aire exterior	A_{Re}	m ²
Sostre contra espai no calefactat	A_{Ru}	m ²

Mur exposat a l'aire exterior	A_{We}	m^2
Mur contra espai no calefactat	A_{Wu}	m^2
Mur en contacte amb el terreny	A_{WG}	m^2
Mur contra espais contigus calefactats	A_{Wn}	m^2
Forjat exposat a l'aire exterior	A_{Fe}	m^2
Forjat contra espais no calefactats	A_{Fu}	m^2
Forjat amb sistema de calefacció integrat en contacte amb el terreny	A_{FG}	m^2
Finestra horitzontal	A_{wH}	m^2
Finestra sud	A_{wS}	m^2
Finestra est	A_{wE}	m^2
Finestra oest	A_{wW}	m^2
Finestra nord	A_{wN}	m^2
Pont tèrmic lineal sostre/mur	l_{RW}	m
Pont tèrmic lineal llosa inferior	l_{WF}	m
Pont tèrmic lineal balcó	l_B	m
Pont tèrmic lineal ampit de finestra	l_w	m
Pont tèrmic lineal forjat/mur de subsòl	l_F	m
Pont tèrmic puntual pilars, suports, estructures de subjecció	z	-
<i>Varis</i>		
Transmissió tèrmica de coberta exposada a l'aire exterior	U_{Re}	$W/(m^2 \cdot K)$
Transmissió tèrmica de sostre contra espai no calefactat	U_{Ru}	$W/(m^2 \cdot K)$
Factor de reducció per sostre en contacte amb espai no calefactat	b_{uR}	-
Transmissió tèrmica de mur exposat a l'exterior	U_{We}	$W/(m^2 \cdot K)$
Transmissió tèrmica de mur contra espai no calefactat	U_{Wu}	$W/(m^2 \cdot K)$
Factor de reducció per mur contra espai no calefactat	b_{uW}	-
Transmissió tèrmica de mur en contacte amb el terreny	U_{WG0}	$W/(m^2 \cdot K)$
Factor de reducció per mur en contacte amb el terreny	b_{GW}	-

Transmissió tèrmica per mur contra espai calefactat contigu	U_{Wn}	$W/(m^2 \cdot K)$
Temperatura ambient de l'espai calefactat contigu	θ_{on}	$^{\circ}C$
Transmissió tèrmica de forjat exposat a l'aire exterior	U_{Fe}	$W/(m^2 \cdot K)$
Transmissió tèrmica de forjat contra espai no calefactat	U_{Fu}	$W/(m^2 \cdot K)$
Factor de reducció per forjat contra espai no calefactat	b_{uF}	-
Transmissió tèrmica de forjat amb sistema de calefacció integrat en contacte amb el terreny	U_{FG0}	$W/(m^2 \cdot K)$
Factor de reducció per forjat en contacte amb el terreny	b_{GF}	-
Majoració de la temperatura per a calefacció integrada a elements d'envolvent	$\Delta\theta$	K
Transmissió tèrmica de finestra horitzontal	U_{wH}	$W/(m^2 \cdot K)$
Transmissió tèrmica de finestra sud	U_{wS}	$W/(m^2 \cdot K)$
Transmissió tèrmica de finestra est	U_{wE}	$W/(m^2 \cdot K)$
Transmissió tèrmica de finestra oest	U_{wW}	$W/(m^2 \cdot K)$
Transmissió tèrmica de finestra nord	U_{wN}	$W/(m^2 \cdot K)$
Pont tèrmic lineal sostre/mur	Ψ_{RW}	$W/(m^2 \cdot K)$
Pont tèrmic lineal llosa inferior	Ψ_{WF}	$W/(m^2 \cdot K)$
Pont tèrmic lineal balcó	Ψ_B	$W/(m^2 \cdot K)$
Pont tèrmic lineal ampit de finestra	Ψ_w	$W/(m^2 \cdot K)$
Pont tèrmic lineal forjat/mur de subsòl	Ψ_F	$W/(m^2 \cdot K)$
Pont tèrmic puntual pilars, suports, estructures de subjecció	χ	W/K
Taxa de transmissió d'energia global de finestra (perpendicular)	$g_{\perp}$	-
Fracció vidriada de la superfície de finestra	F_F	-
Factor de reducció a causa de l'efecte d'ombres, zenital	F_{SH}	-
Factor de reducció a causa de l'efecte d'ombres, sud	F_{SS}	-
Factor de reducció a causa de l'efecte d'ombres, est	F_{SE}	-
Factor de reducció a causa de l'efecte d'ombres, oest	F_{SW}	-
Factor de reducció a causa de l'efecte d'ombres, nord	F_{SN}	-

Dades d'entrada especials

Capacitat tèrmica per unitat de superfície de referència energètica	C/A_E	kWh/(m ² ·K)
Paràmetre numèric per al càlcul de la taxa d'utilització	a_0	-
Constant de temps de referència utilitzada en el càlcul de la taxa d'utilització	τ_0	h

Taula 29. Resultats

Concepte	Símbol	Fórmula	Unitat
Temperatura ambient majorada en funció de la regulació	θ_{oc}	$\theta_o + \Delta\theta_o$	°C

Pèrdues per transmissió

Coberta exposada a l'aire exterior	Q_{Re}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{Re} \cdot U_{Re} / A_E$	kWh/m ²
Sostre contra espai no calefactat	Q_{Ru}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{Ru} \cdot U_{Ru} \cdot b_{uR} / A_E$	kWh/m ²
Mur exposat a l'aire exterior	Q_{We}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{We} \cdot U_{We} / A_E$	kWh/m ²
Mur contra espai no calefactat	Q_{Wu}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{Wu} \cdot U_{Wu} \cdot b_{uW} / A_E$	kWh/m ²
Mur en contacte amb el terreny	Q_{WG}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{WG} \cdot U_{WG0} \cdot b_{WG} / A_E$	kWh/m ²
Mur contra espais contigus calefactats	Q_{Wn}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{Wn} \cdot U_{Wn} / A_E$	kWh/m ²
Forjat exposat a l'aire exterior	Q_{Fe}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{Fe} \cdot U_{Fe} / A_E$	kWh/m ²
Forjat contra espais no calefactats	Q_{Fu}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{Fu} \cdot U_{Fu} \cdot b_{uF} / A_E$	kWh/m ²
Forjat amb sistema de calefacció integrat en contacte amb el terreny	Q_{FG}	$(\theta_{oc} - \theta_e + \Delta\theta) \cdot t_c \cdot A_{FG} \cdot U_{FG0} \cdot b_{GF} / A_E$	kWh/m ²
Finestra horitzontal	Q_{WH}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{WH} \cdot U_{WH} / A_E$	kWh/m ²
Finestra sud	Q_{WS}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{WS} \cdot U_{WS} / A_E$	kWh/m ²
Finestra est	Q_{WE}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{WE} \cdot U_{WE} / A_E$	kWh/m ²
Finestra oest	Q_{WW}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{WW} \cdot U_{WW} / A_E$	kWh/m ²

Finestra nord	Q_{wN}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot A_{wN} \cdot U_{wN} / A_E$	kWh/m ²
Pont tèrmic lineal sostre/mur	Q_{IRW}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot l_{RW} \cdot \Psi_{RW} / A_E$	kWh/m ²
Pont tèrmic lineal llosa inferior	Q_{IWF}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot l_{WF} \cdot \Psi_{WF} / A_E$	kWh/m ²
Pont tèrmic lineal balcó	Q_{IB}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot l_B \cdot \Psi_B / A_E$	kWh/m ²
Pont tèrmic lineal amplit de finestra	Q_{IW}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot l_w \cdot \Psi_w / A_E$	kWh/m ²
Pont tèrmic lineal forjat/mur de subsòl	Q_{IF}	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot l_F \cdot b_{uF} \cdot \Psi_F / A_E$	kWh/m ²
Pont tèrmic puntual pilars, suports, estructures de subjecció	Q_p	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot t_c \cdot z \cdot \chi / A_E$	kWh/m ²
Pèrdues per transmissió	Q_T	$Q_{Re} + Q_{Ru} + Q_{We} + Q_{Wu} + Q_{WG} + Q_{Wn} + Q_{Fe} + Q_{Fu} + Q_{FG} + Q_{WH} + Q_{WS} + Q_{WE} + Q_{WW} + Q_{WN} + Q_{IRW} + Q_{IB} + Q_{IW} + Q_{IF} + Q_p$ o bé si $Q_{Re} + Q_{Ru} + Q_{We} + Q_{Wu} + Q_{WG} + Q_{Wn} + Q_{Fe} + Q_{Fu} + Q_{FG} + Q_{WH} + Q_{WS} + Q_{WE} + Q_{WW} + Q_{WN} + Q_{IRW} + Q_{IB} + Q_{IW} + Q_{IF} + Q_p + (\theta_{oc} - \theta_e) \cdot V/A_E \cdot t_c \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot 24 \leq 0 ;$ $Q_T = 0$	kWh/m ²
<i>Pèrdues per renovació d'aire</i>			
Capacitat tèrmica volumètrica	$\rho_a \cdot c_a$	$(1220 - 0,14 \cdot h) / 3,6$	kWh/(m ³ ·K)
Pèrdues per renovació d'aire	Q_V	$(\theta_{oc} - \theta_e) \cdot V/A_E \cdot t_c \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot 24$ o bé si $Q_{Re} + Q_{Ru} + Q_{We} + Q_{Wu} + Q_{WG} + Q_{Wn} + Q_{Fe} + Q_{Fu} + Q_{FG} + Q_{WH} + Q_{WS} + Q_{WE} + Q_{WW} + Q_{WN} + Q_{IRW} + Q_{IB} + Q_{IW} + Q_{IF} + Q_p + (\theta_{oc} - \theta_e) \cdot V/A_E \cdot t_c \cdot \rho_a \cdot c_a \cdot 24 \leq 0 ;$ $Q_V = 0$	kWh/m ²
<i>Pèrdues totals</i>			
Pèrdues totals	Q_{tot}	$Q_T + Q_V$	kWh/m ²
Coefficient de transferència tèrmica	H	$\frac{A_{Re} \cdot U_{Re} + A_{Ru} \cdot U_{Ru} \cdot b_{uR} + A_{We} \cdot U_{We} + A_{Wu} \cdot U_{Wu} \cdot b_{uW}}{A_E}$	W/K

específic

$$\begin{aligned}
 &+ A_{WG} \cdot U_{WG0} \cdot b_{WG} + A_{WN} \cdot \\
 &U_{WN} + A_{Fe} \cdot U_{Fe} + A_{Fu} \cdot U_{Fu} \cdot \\
 &b_{uF} + A_{FG} \cdot U_{FG0} \cdot b_{GF} + A_{WH} \cdot \\
 &U_{WH} + A_{WS} \cdot U_{WS} + A_{WE} \cdot U_{WE} \\
 &+ A_{WW} \cdot U_{WW} + A_{WN} \cdot U_{WN} + \\
 &I_{RW} \cdot \Psi_{RW} + I_{WF} \cdot \Psi_{WF} + I_B \cdot \\
 &\Psi_B + I_w \cdot \Psi_w + I_F \cdot b_{uF} \cdot \Psi_F + \\
 &Z \cdot \chi + V/A_E \cdot A_E \cdot \rho_a \cdot c_a
 \end{aligned}$$

Guanyos de calor

Guanyos de calor interns de les instal·lacions elèctriques	Q_{iEI}	$Q_{iEI} \cdot f_{EI} \cdot t_c / 365$	kWh/m ²
Guanyos de calor interns de les persones	Q_{iP}	$Q_P \cdot 10^{-3} \cdot t_P \cdot t_c \cdot / A_P$	kWh/m ²
Guanyos de calor interns	Q_i	$Q_{iEI} + Q_{iP}$	kWh/m ²
Guanyos solars zenitals	Q_{sH}	$G_{sH} \cdot A_{WH} \cdot 0,9 \cdot g_{\perp} \cdot F_F \cdot F_{SH} / A_E$	kWh/m ²
Guanyos solars sud	Q_{sS}	$G_{sS} \cdot A_{WS} \cdot 0,9 \cdot g_{\perp} \cdot F_F \cdot F_{SS} / A_E$	kWh/m ²
Guanyos solars est	Q_{sE}	$G_{sE} \cdot A_{WE} \cdot 0,9 \cdot g_{\perp} \cdot F_F \cdot F_{SE} / A_E$	kWh/m ²
Guanyos solars oest	Q_{sW}	$G_{sW} \cdot A_{WW} \cdot 0,9 \cdot g_{\perp} \cdot F_F \cdot F_{SW} / A_E$	kWh/m ²
Guanyos solars nord	Q_{sN}	$G_{sN} \cdot A_{WN} \cdot 0,9 \cdot g_{\perp} \cdot F_F \cdot F_{SN} / A_E$	kWh/m ²
Guanyos solars totals	Q_s	$Q_{sH} + Q_{sS} + Q_{sE} + Q_{sW} + Q_{sN}$	kWh/m ²
Guanyos totals de calor	Q_g	$Q_i + Q_s$	kWh/m ²
Quocient entre guanyos totals de calor i pèrdues totals	γ	Q_g / Q_{tot}	-
Constant de temps de l'edifici	τ	$C/A_E \cdot 10^{-3} \cdot A_E / H$	h
Paràmetre numèric	a	$a_0 + (\tau / \tau_0)$	-
Taxa d'utilització dels guanyos de calor	η_g	$(1 - \gamma^a) / (1 - \gamma^{a+1})$ si $\gamma = 1$; $(a / a+1)$ si $Q_{tot} \leq 0$; 0	-
Guanyos útils de calor	Q_{ug}	$Q_g \cdot \eta_g$	kWh/m ²
Taxa de cobertura de les necessitats pels guanyos de calor	f_{ug}	Q_{ug} / Q_{tot}	-

Necessitats de calor per a la calefacció

Necessitats de calor per a la calefacció	Q_h	$Q_{tot} - Q_{ug}$	kWh/m ²
--	-------	--------------------	--------------------

Document F: Índex de consum d'energia

A partir dels valors límit relatius a les necessitats de calor per a la calefacció i dels valors mínims de la fracció útil segons el Document D, és possible calcular l'índex de consum d'energia per a la calefacció d'un edifici amb condicions normals d'utilització. Aquest valor màxim depèn de la categoria de l'obra, del factor d'envolvent, de la temperatura mitjana anual θ_{ea} i del sistema de producció de calor. Atès que aquest índex és funció del factor d'envolvent i de l'emplaçament de l'edifici, és necessari calcular-lo per a cada cas i no per a tota una categoria d'obra. Les combinacions possibles entre les categories d'obra i els sistemes de producció de calor són tan nombroses que la taula 31 només presenta uns exemples d'índex de consum d'energia màxims.

Per a la fracció útil de calefaccions amb gasoil i gas, es considera que la caldera és de condensació. Els valors de la fracció útil per a la calefacció i per a l'ACS es calculen segons la fórmula indicada al Document D, apartat 3. Per a la fracció útil dels acumuladors d'ACS i dels sistemes de distribució, s'admet un valor de 0,5.

La ponderació dels agents energètics es defineix pels factors d'energia primària f_p i pels coeficients d'emissió de gasos d'efecte d'hivernacle k_{CO_2} .

Taula 30. Factors d'energia primària i coeficients d'emissió

Agent energètic	Factor d'energia primària f_p	Coeficient d'emissió de gasos d'efecte d'hivernacle k_{CO_2} (g/kWh)
Energies fòssils:		
- gasoil	1,24	295
- gas natural	1,15	241
Fusta:		
- troncs	1,06	11
- plaquetes de fusta	1,14	11
- pellets	1,22	36
Xarxa urbana de distribució de calor (cogeneració)	0,81	300
Electricitat (barreja segons el consum a Andorra)	2,32	180
Solar tèrmic	0,10	0

Document G: Catàleg d'elements de construcció

Material	Densitat aparent (kg/m³)	Conductivitat tèrmica (W/m.K)
Roques o sòls naturals		
<i>Roques i terrenys</i>		
Roques compactes	2.500-3.000	3,500
Roques poroses	1.700-2.500	2,330
Sorra amb humitat natural	1.700	1,400
Sòl coherent amb humitat natural	1.800	2,100
Argila	2.100	0,930
<i>Materials sòls d'ompliment dessecats a l'aire, en forjats, etc.</i>		
Sorra	1.500	0,580
Grava rodada	1.700	0,810
Escòria de carbó	1.200	0,190
Restes de material ceràmic	1.300	0,410
Pastes, morters i formigons		
<i>Revestiments continus</i>		
Mortor de calç	1.600	0,870
Mortor de ciment	2.000	1,400
Guix	800	0,300
Guix amb perlita	570	0,180
<i>Formigons normals i lleugers</i>		
Formigó armat (normal)	2.400	1,630
Formigó amb àrids lleugers	600	0,170
Formigó amb àrids lleugers	1.000	0,330
Formigó amb àrids lleugers	1.400	0,550
Formigó cel·lular amb àrids silícics	600	0,340

Formigó cel·lular amb àrids silícics	1.000	0,670
Formigó cel·lular amb àrids silícics	1.400	1,090
Formigó cel·lular sense àrids	305	0,090
Formigó en massa amb grava normal amb àrids lleugers	1.600	0,730
Formigó en massa amb grava normal amb àrids ordinaris, sense vibrar	2.000	1,160
Formigó en massa amb grava normal amb àrids ordinaris, vibrats	2.400	1,630
Formigó en massa amb argila expandida	500	0,120
Formigó en massa amb argila expandida	1.500	0,550
Fàbrica de blocs amb totxos silicocalcaris massissos	1.600	0,790
Fàbrica de blocs amb totxos silicocalcaris perforats	2.500	0,560
Fàbrica de blocs buits de formigó	1.000	0,440
Fàbrica de blocs buits de formigó	1.200	0,490
Fàbrica de blocs buits de formigó	1.400	0,560
Fàbrica de blocs de formigó cel·lular curat vapor	600	0,350
Fàbrica de blocs de formigó cel·lular curat vapor	800	0,410
Fàbrica de blocs de formigó cel·lular curat vapor	1.000	0,470
Fàbrica de blocs de formigó cel·lular curat aire	800	0,440
Fàbrica de blocs de formigó cel·lular curat aire	1.000	0,560
Fàbrica de blocs de formigó cel·lular curat aire	1.200	0,700
<i>Plaques i panells</i>		
Placo	900	0,180
Formigó amb fibra de fusta	450	0,080
Plaques de guix	800	0,300

Totxos i plaquetes

Fàbrica de totxo massís	1.800	0,870
Fàbrica de totxo perforat	1.600	0,760
Fàbrica de totxo buit	1.200	0,490
Plaquetes	2.000	1,050

Vidres

Vidre pla	2.500	0,950
-----------	-------	-------

Metalls

Fosa i acer	7.850	58,000
Coure	8.900	384,000
Bronze	8.500	64,000
Alumini	2.700	204,000

Fustes

Fustes frondoses	800	0,210
Fustes coníferes	600	0,140
Contraxapat	600	0,140
Taulell aglomerat de partícules	650	0,080

Plàstics i revestiments de sòls

Linòleum	1.200	0,190
Moquetes i estores	1.000	0,050

Materials bituminosos

Asfalt	2.100	0,700
Betum	1.050	0,170
Làmines bituminoses	1.100	0,190

Materials aïllants tèrmics

Argila expandida	300	0,085
Argila expandida	450	0,114
Aglomerat de suro	110	0,039
Escuma elastomèrica	60	0,034
Llana de vidre tipus I	18	0,044
Llana de vidre tipus II	19-30	0,037
Llana de vidre tipus III	31-45	0,034
Llana de vidre tipus IV	46-65	0,033
Llana de vidre tipus V	66-90	0,033
Llana de vidre tipus VI	91	0,036
Llana mineral tipus I	30-50	0,042
Llana mineral tipus II	51-70	0,040
Llana mineral tipus III	71-90	0,038
Llana mineral tipus IV	91-120	0,038
Llana mineral tipus V	121-150	0,038
Perlita expandida	130	0,047
Poliestirè expandit tipus I	10	0,057
Poliestirè expandit tipus II	12	0,044
Poliestirè expandit tipus III	15	0,037
Poliestirè expandit tipus IV	20	0,034
Poliestirè expandit tipus V	25	0,033
Poliestirè extruït	33	0,033
Polietilè reticulat	30	0,038
Escuma de poliisocianurat	35	0,026
Escuma de poliuretà conformat tipus I	32	0,023
Escuma de poliuretà conformat tipus II	35	0,023
Escuma de poliuretà conformat tipus III	40	0,023

Escuma de poliuretà conformat tipus IV	80	0,040
Escuma de poliuretà aplicat in situ tipus I	35	0,023
Escuma de poliuretà aplicat in situ tipus II	40	0,023
Vermiculita expandida	120	0,035
Vidre cel·lular	160	0,044

Document H: Llista d'estacions meteorològiques d'Andorra*Taula 31. Estacions meteorològiques*

Estació	Altitud	Temp. mitjana anual (°C)
Arcalís	2.315 m	2,72
Engolasters	1.640 m	9,36
Envalira	2.510 m	2,30
FEDA (Central)	1.145 m	10,63
La Comella	1.225 m	10,81
Ransol	1.645 m	7,32
Roc de St. Pere	1.113 m	11,23
Sant Julià de Lòria	873 m	10,73

Nota:

Per calcular les temperatures mitjanes anuals d'aquestes estacions, referiu-vos a la pàgina web www.meteo.ad.

Les dades d'irradiació solar són úniques i vénen donades per l'estació del roc de Sant Pere.

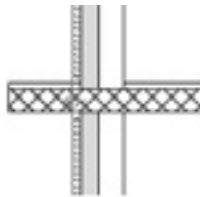
Document I: Llista de programes informàtics de simulació tèrmica afiliats a l'International Building Performance Simulation Association

Consulteu la pàgina web:

[http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/subjects.cfm/pagename=subjects/page
name menu=whole building analysis/pagename submenu=energy simulation](http://apps1.eere.energy.gov/buildings/tools_directory/subjects.cfm/pagename=subjects/page%20name%20menu=whole%20building%20analysis/pagename%20submenu=energy%20simulation)

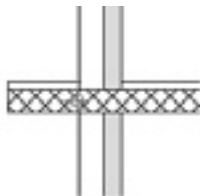
Document J: Catàleg dels ponts tèrmics més freqüents*Ponts tèrmics de balcons*

Forjat continu amb aïllament exterior



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Mur		Ψ en $W/(m \cdot K)$
	Totxo	Formigó	
0.15	0.69	0.84	
0.20	0.75	0.92	
0.25	0.78	0.97	
0.30	0.80	1.01	
0.35	0.81	1.04	
0.40	0.81	1.05	

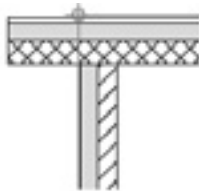
Forjat continu amb aïllament interior



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Mur		Ψ en $W/(m \cdot K)$
	Totxo	Formigó	
0.15	0.62	0.70	
0.20	0.68	0.78	
0.25	0.70	0.82	
0.30	0.72	0.85	
0.35	0.73	0.87	
0.40	0.73	0.87	

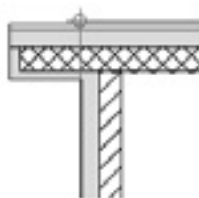
Pont tèrmic de coberta plana

No aïllat, façana amb aïllament exterior



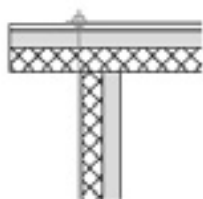
Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Valor U coberta en $W/(m^2 \cdot K)$					Ψ en $W/(m \cdot K)$
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	
0.15	0.49	0.48	0.46	0.44	0.42	0.40
0.20	0.52	0.51	0.50	0.48	0.47	0.45
0.25	0.53	0.53	0.52	0.50	0.49	0.47
0.30	0.53	0.53	0.52	0.51	0.50	0.48
0.35	0.53	0.53	0.52	0.51	0.50	0.48
0.40	0.51	0.52	0.52	0.51	0.49	0.48

Aïllat, façana amb aïllament exterior



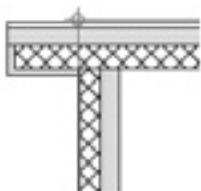
Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Valor U coberta en $W/(m^2 \cdot K)$					Ψ en $W/(m \cdot K)$
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	
0.15	0.17	0.18	0.18	0.17	0.17	0.16
0.20	0.16	0.17	0.17	0.17	0.17	0.17
0.25	0.14	0.15	0.16	0.16	0.16	0.16
0.30	0.12	0.14	0.15	0.15	0.15	0.15
0.35	0.10	0.12	0.13	0.13	0.14	0.14
0.40	0.07	0.10	0.11	0.12	0.12	0.12

No aïllat, façana amb aïllament interior



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Valor U coberta en $W/(m^2 \cdot K)$					$\Psi_{\text{en}} W/(m \cdot K)$
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.15	0.50	0.48	0.46	0.44	0.42	0.39
0.20	0.54	0.52	0.50	0.48	0.46	0.43
0.25	0.56	0.55	0.53	0.51	0.49	0.47
0.30	0.57	0.56	0.55	0.53	0.51	0.49
0.35	0.57	0.57	0.55	0.54	0.52	0.50
0.40	0.56	0.56	0.55	0.54	0.52	0.50

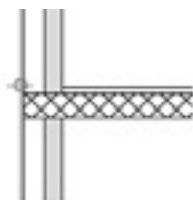
Aïllat, façana amb aïllament interior



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Valor U coberta en $W/(m^2 \cdot K)$					$\Psi_{\text{en}} W/(m \cdot K)$
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.15	0.44	0.42	0.40	0.38	0.35	0.33
0.20	0.46	0.44	0.43	0.41	0.39	0.37
0.25	0.47	0.46	0.45	0.43	0.41	0.39
0.30	0.47	0.46	0.45	0.44	0.42	0.41
0.35	0.46	0.46	0.45	0.44	0.42	0.41
0.40	0.44	0.45	0.44	0.43	0.42	0.40

Pont tèrmic de forjat intermig

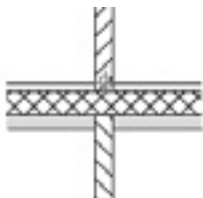
Forjat continu



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Mur		$\Psi_{\text{en}} W/(m \cdot K)$
	Totxo	Formigó	
0.15	0.65	0.71	
0.20	0.68	0.78	
0.25	0.71	0.83	
0.30	0.73	0.86	
0.35	0.74	0.88	
0.40	0.74	0.89	

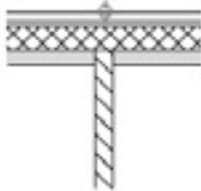
Pont tèrmic del forjat contra subsòl

Amb paret a sobre de la unió



Valor U forjat en $W/(m^2 \cdot K)$	$\Psi_{\text{en}} W/(m \cdot K)$
0.15	0.23
0.20	0.23
0.25	0.23
0.30	0.24
0.35	0.25
0.40	0.26

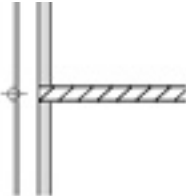
Sense paret a sobre de la unió



Valor U forjat en $W/(m^2 \cdot K)$	Ψ en $W/(m \cdot K)$
0,15	0,14
0,20	0,11
0,25	0,07
0,30	0,03
0,35	0,00
0,40	-0,02

Pont tèrmic d'una paret interior amb la façana

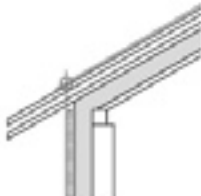
Amb aïllament interior



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Façana		Ψ en $W/(m \cdot K)$
	Totxo	Formigó	
0,15	0,11	0,15	
0,20	0,13	0,17	
0,25	0,14	0,19	
0,30	0,14	0,22	
0,35	0,15	0,23	
0,40	0,15	0,24	

Pont tèrmic d'una coberta inclinada

Aïllament entre cabirons i aïllament exterior de façana



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Valor U coberta en $W/(m^2 \cdot K)$					Ψ en $W/(m \cdot K)$
	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
0,15	-0,03	-0,04	-0,04	-0,05	-0,05	-0,05
0,20	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04	-0,04
0,25	-0,05	-0,05	-0,05	-0,05	-0,04	-0,04
0,30	-0,06	-0,06	-0,06	-0,05	-0,05	-0,04
0,35	-0,07	-0,07	-0,07	-0,06	-0,05	-0,05
0,40	-0,09	-0,09	-0,08	-0,07	-0,06	-0,05

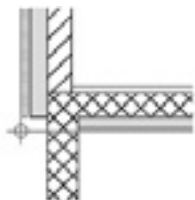
Aïllament entre cabirons i aïllament interior de façana



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Valor U coberta en $W/(m^2 \cdot K)$					Ψ en $W/(m \cdot K)$
	0,15	0,20	0,25	0,30	0,35	0,40
0,15	-0,06	-0,07	-0,08	-0,10	-0,11	-0,12
0,20	-0,07	-0,07	-0,08	-0,09	-0,10	-0,12
0,25	-0,08	-0,08	-0,09	-0,10	-0,11	-0,12
0,30	-0,09	-0,09	-0,09	-0,11	-0,11	-0,12
0,35	-0,10	-0,10	-0,11	-0,12	-0,12	-0,13
0,40	-0,11	-0,11	-0,12	-0,13	-0,13	-0,14

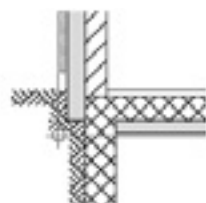
Pont tèrmic del peu de façana

Aïllament façana exterior, subsòl no calefactat



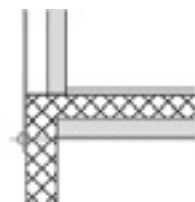
Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Val. U forjat c/ subsòl en $W/(m^2 \cdot K)$					Ψ en $W/(m \cdot K)$
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.15	0.24	0.20	0.15	0.12	0.08	0.04
0.20	0.22	0.18	0.14	0.10	0.07	0.04
0.25	0.20	0.16	0.12	0.09	0.06	0.02
0.30	0.17	0.14	0.10	0.08	0.05	0.02
0.35	0.15	0.12	0.08	0.06	0.03	0.01
0.40	0.12	0.09	0.06	0.04	0.01	-0.01

Contra terreny, aïllament façana exterior, subsòl no calefactat



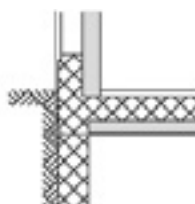
Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Val. U forjat c/ subsòl en $W/(m^2 \cdot K)$					Ψ en $W/(m \cdot K)$
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.15	0.19	0.15	0.11	0.08	0.05	0.02
0.20	0.17	0.14	0.10	0.08	0.05	0.03
0.25	0.15	0.12	0.09	0.06	0.04	0.02
0.30	0.13	0.10	0.07	0.05	0.03	0.01
0.35	0.11	0.08	0.05	0.03	0.01	0.00
0.40	0.08	0.06	0.03	0.01	-0.02	-0.04

Aïllament façana interior, subsòl no calefactat



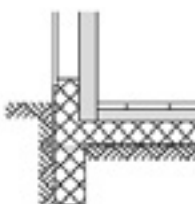
Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Valor U forjat c/ subsòl en $W/(m^2 \cdot K)$					Ψ en $W/(m \cdot K)$
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.15	0.05	0.00	-0.05	-0.09	-0.12	-0.16
0.20	0.04	0.00	-0.05	-0.08	-0.12	-0.16
0.25	0.03	-0.01	-0.05	-0.09	-0.12	-0.16
0.30	0.01	-0.03	-0.07	-0.10	-0.13	-0.16
0.35	-0.01	-0.04	-0.08	-0.11	-0.14	-0.17
0.40	-0.02	-0.06	-0.09	-0.12	-0.15	-0.18

Contra terreny, aïllament façana interior, subsòl no calefactat



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Valor U forjat c/ subsòl en $W/(m^2 \cdot K)$					Ψ en $W/(m \cdot K)$
	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40
0.15	0.06	0.01	-0.03	-0.07	-0.11	-0.15
0.20	0.05	0.01	-0.03	-0.07	-0.11	-0.14
0.25	0.04	0.00	-0.04	-0.07	-0.11	-0.14
0.30	0.03	-0.01	-0.05	-0.08	-0.11	-0.15
0.35	0.02	-0.02	-0.06	-0.09	-0.12	-0.15
0.40	0.00	-0.03	-0.06	-0.10	-0.13	-0.16

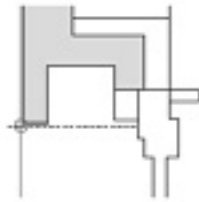
Contra terreny, aïllament façana i forjat interiors, terra radiant



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Valor U Bosa en $W/(m^2 \cdot K)$		Ψ en $W/(m \cdot K)$
	0.20	0.40	
0.15	0.16	-0.01	
0.20	0.16	-0.02	
0.25	0.15	-0.02	
0.30	0.14	-0.02	
0.35	0.13	-0.03	
0.40	0.12	-0.04	

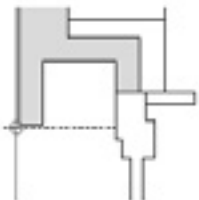
Pont tèrmic de les caixes de persiana

Marc de finestra enrasat amb la façana interior



Valor U en W/(m ² · K)	Tipus de marc			g _{en} W/(m · K)
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0,15	0,24	0,25	0,26	
0,20	0,22	0,23	0,24	
0,25	0,20	0,21	0,22	
0,30	0,18	0,19	0,21	

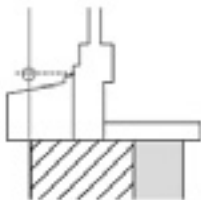
Marc de finestra en posició mitjana



Valor U en W/(m ² · K)	Tipus de marc			g _{en} W/(m · K)
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0,15	0,24	0,25	0,26	
0,20	0,21	0,23	0,24	
0,25	0,20	0,21	0,22	
0,30	0,18	0,19	0,20	

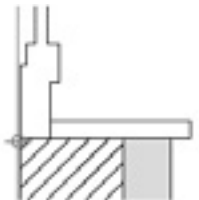
Pont tèrmic d'ampit de finestra

Marc de finestra en posició mitjana, aïllament interior de façana



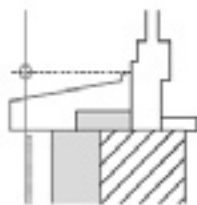
Valor U en W/(m ² · K)	Tipus de marc			g _{en} W/(m · K)
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0,15	0,16	0,16	0,10	
0,20	0,15	0,15	0,09	
0,25	0,14	0,14	0,08	
0,30	0,14	0,13	0,07	
0,35	0,13	0,12	0,07	
0,40	0,12	0,11	0,06	

Marc de finestra enrasat amb la façana exterior, aïllament interior de façana



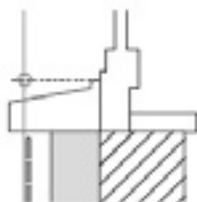
Valor U en W/(m ² · K)	Tipus de marc			g _{en} W/(m · K)
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0,15	0,16	0,15	0,16	
0,20	0,15	0,14	0,16	
0,25	0,15	0,14	0,15	
0,30	0,14	0,13	0,14	
0,35	0,13	0,12	0,13	
0,40	0,13	0,12	0,13	

Marc de finestra en posició mitjana, aïllament exterior de façana



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Tipus de marc			V en $W/(m \cdot K)$
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.17	0.13	0.16	
0.20	0.16	0.12	0.15	
0.25	0.15	0.11	0.14	
0.30	0.14	0.11	0.13	
0.35	0.13	0.10	0.12	
0.40	0.12	0.09	0.12	

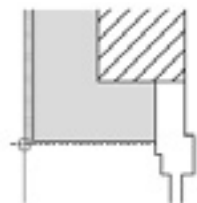
Marc de finestra en posició exterior, aïllament exterior de façana



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Tipus de marc			V en $W/(m \cdot K)$
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.19	0.14	0.20	
0.20	0.18	0.13	0.19	
0.25	0.17	0.12	0.18	
0.30	0.16	0.11	0.17	
0.35	0.15	0.10	0.16	
0.40	0.14	0.10	0.15	

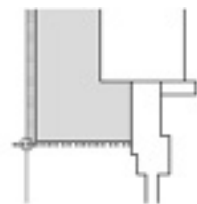
Pont tèrmic de dintell de finestra

Marc de finestra enrasat a l'interior, aïllament exterior de façana



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Tipus de marc			V en $W/(m \cdot K)$
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.11	0.16	0.12	
0.20	0.10	0.15	0.11	
0.25	0.09	0.14	0.11	
0.30	0.09	0.13	0.10	
0.35	0.08	0.13	0.09	
0.40	0.07	0.12	0.09	

Marc de finestra en posició mitjana, aïllament exterior de façana



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Tipus de marc			V en $W/(m \cdot K)$
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.09	0.14	0.10	
0.20	0.08	0.13	0.09	
0.25	0.07	0.12	0.09	
0.30	0.07	0.11	0.08	
0.35	0.06	0.11	0.07	
0.40	0.06	0.10	0.07	

Marc de finestra en posició exterior, aïllament exterior de façana



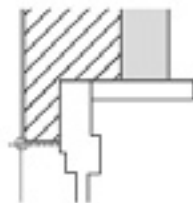
Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Tipus de marc			V en $W/(m \cdot K)$
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.08	0.12	0.09	
0.20	0.07	0.11	0.08	
0.25	0.06	0.10	0.07	
0.30	0.06	0.10	0.07	
0.35	0.05	0.09	0.07	
0.40	0.05	0.09	0.06	

Marc de finestra enrasat a l'interior, aïllament interior de façana



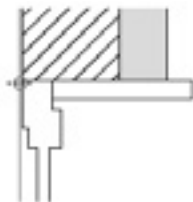
Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Tipus de marc			$\Psi_{\text{en W/(m} \cdot K)}$
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.14	0.15	0.16	
0.20	0.13	0.14	0.15	
0.25	0.12	0.13	0.14	
0.30	0.12	0.12	0.14	
0.35	0.11	0.12	0.13	
0.40	0.10	0.11	0.12	

Marc de finestra en posició mitjana, aïllament interior de façana



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Tipus de marc			$\Psi_{\text{en W/(m} \cdot K)}$
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.18	0.18	0.20	
0.20	0.17	0.17	0.19	
0.25	0.16	0.16	0.18	
0.30	0.15	0.15	0.17	
0.35	0.14	0.14	0.16	
0.40	0.14	0.13	0.16	

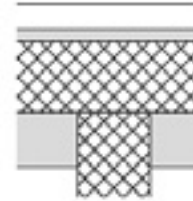
Marc de finestra en posició exterior, aïllament interior de façana



Valor U en $W/(m^2 \cdot K)$	Tipus de marc			$\Psi_{\text{en W/(m} \cdot K)}$
	Fusta	Mixte	Plàstic	
0.15	0.19	0.18	0.19	
0.20	0.18	0.17	0.18	
0.25	0.17	0.16	0.18	
0.30	0.17	0.15	0.17	
0.35	0.16	0.15	0.16	
0.40	0.15	0.14	0.16	

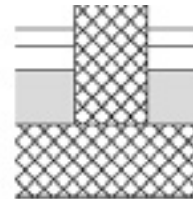
Pont tèrmic de pilars i columnes

Cap de pilar



Valor U forjat en $W/(m^2 \cdot K)$	Diàmetre del pilar			λ' en W/K
	10	12	15	
0.15	0.05	0.06	0.09	
0.20	0.05	0.07	0.10	
0.25	0.06	0.08	0.11	
0.30	0.06	0.08	0.11	

Peu de pilar



Valor U forjat en $W/(m^2 \cdot K)$	Diàmetre del pilar			λ' en W/K
	10	12	15	
0.15	0.05	0.07	0.11	
0.20	0.06	0.08	0.12	
0.25	0.07	0.09	0.13	
0.30	0.08	0.10	0.14	

Pont tèrmic de fixacions de façana ventilada

Ancoratges de fixació i de suport en acer

a x b en m²	Mur		ΔU en W/(m² · K)
	Totxo	Formigó	
0.2	0.05	0.09	
0.3	0.03	0.06	
0.4	0.02	0.05	
0.5	0.02	0.04	
0.6	0.02	0.03	
0.7	0.01	0.03	
0.8	0.01	0.02	
0.9	0.01	0.02	
1.0	0.01	0.02	
1.1	0.01	0.02	
1.2	0.01	0.02	

a: espai horitzontal entre dos punts d'ancoratge

b: espai vertical entre dos punts d'ancoratge

Exemples

Cat.	A_{th}/A_E	Energia útil		Sistema de producció de calor	η_h	η_{ww}	η_{hww}	Energia final		Energia primària			
		Q_h	Q_{ww}					E_F	Agent energètic	f_p	$E_{p,h}$	$E_{p,ww}$	$E_{p,hww}$
I	1,3	38	21	Caldera de gasoil amb producció d'ACS combinada	0,85		0,63	94	gasoil	1,24			117
I	1,3	38	21	Caldera de gasoil, ACS amb BdC aire/aigua	0,85	1,1		45 19	gasoil electricitat	1,24 2,32	56	44	100
I	1,3	38	21	Calefacció i ACS amb BdC aire/aigua	2,8		1,4	42	electricitat	2,32			97
II	2,0	54	14	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada	0,95		0,76	89	gasoil	1,24			110
II	1,5	45	14	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada	0,95		0,75	78	gasoil	1,24			97
II	1,5	45	14	Calefacció amb BdC aigua/aigua i ACS amb panells solars	3,4	16		13 1	electricitat solar	2,32 0,1	30	0,1	30
III	0,8	37	7	Caldera de gasoil amb producció d'ACS combinada	0,85		0,68	65	gasoil	1,24			81
III	0,8	37	7	Caldera de gas, ACS amb panells solars	0,85	16		44 1	gas natural solar	1,15 0,1	51	0,1	51
III	1,5	54	7	Caldera de pellets amb producció d'ACS combinada	0,70		0,63	97	pellets	1,22			118
IV	1,2	42	7	Calefacció urbana i ACS amb caldera de gasoil	0,97	0,68		43 10	calor urbana gasoil	0,81 1,24	35	12	47
V	1	32	7	Calefacció amb BdC aire/aigua, ACS amb escalfador elèctric	2,8	0,45		11 13	electricitat electricitat	2,32 2,32	26	30	56
VI	1,5	58	56	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada	0,95		0,76	150	gasoil	1,24			186
VI	1,5	58	56	Calefacció i ACS amb BdC aire/aigua	2,8		2,24	51	electricitat	2,32			118
VII	1,2	51	14	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada	0,95		0,76	86	gasoil	1,24			107

VIII	0,8	40	28	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada	0,95		0,76	89	gasoil	1,24			111
IX	1,8	51	7	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada	0,95		0,76	76	gasoil	1,24			95
X	2,0	55	1	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada	0,95		0,76	74	gasoil	1,24			92
XI	2,4	67	83	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada	0,95		0,76	197	gasoil	1,24			244
XI	2,4	67	83	Calefacció urbana i ACS amb caldera de gasoil	0,97		0,76	69 109	calor urbana gasoil	0,81 1,24	56	135	191
XII	2,5	82	83	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada	0,95		0,76	217	gasoil	1,24			269
XII	2,5	82	83	Caldera de condensació amb producció d'ACS combinada i 20% de recolzament amb panells solars	0,95		0,76	195 16 1	gasoil solar	1,24 0,1	242	0,1	242
XII	2,5	82	83	Calefacció i ACS amb BdC aire/aigua i 20% de recolzament amb panells solars	2,8		2,24	66 16 1	electricitat solar	2,32 0,1	153	0,1	153



Av. Santa Coloma 91
AD500 Andorra la Vella
Tel. 729 410
www.bopa.ad

Butlletí Oficial del Principat d'Andorra

Andorra la Vella, 6 d'octubre del 2010

Número 57 -annex- any 22 Volum II

Índex

91	Annex 2	Instal·lació d'equips de producció de calor amb biomassa
142	Annex 3	Instal·lació d'equips de producció de calor mitjançant energia geotèrmica de molt baixa entalpia
154	Annex 4	Instal·lació d'equips de producció de calor de baixa temperatura mitjançant la radiació solar
187	Annex 5	Instal·lació d'equips de producció de calor mitjançant hidrocarburs líquids

ANNEX NÚM. 2

**INSTAL·LACIÓ D'EQUIPS DE PRODUCCIÓ DE CALOR AMB
BIOMASSA**

*Índex**1. Generalitats de la biomassa*

- 1.1. Definició de biomassa.
- 1.2. Instal·lacions de biomassa.
- 1.3. Aspectes ambientals.
- 1.4. Aspectes socioeconòmics.

*2. Objecte**3. Àmbit d'aplicació**4. Procediment administratiu d'autorització per la instal·lació d'equips de producció de calor amb biomassa**5. Definició reglamentaria de biomassa**6. Caracterització de la biomassa*

- 6.1. Pellets de biomassa
- 6.2. Estelles

7. Logística del subministrament de biomassa

- 7.1. Transport i distribució
- 7.2. Emmagatzematge
- 7.3. Alimentació de la caldera
- 7.4. Sistemes de seguretat en l'emmagatzematge
 - 7.4.1. Absència d'humitat
 - 7.4.2. Estanqueïtat a la pols
 - 7.4.3. Instal·lacions
 - 7.4.4. Presa de terra
 - 7.4.5. Ventilacions
 - 7.4.6. Buidat del sistema d'emmagatzematge a l'exterior
 - 7.4.7. Protecció contra incendis
 - 7.4.8. Resistència estructural
 - 7.4.9. Boca de càrrega
 - 7.4.10. Manteniment del vis sens fi
- 7.5. Cambra de calderes
 - 7.5.1. Selecció de la caldera
 - 7.5.2. Dimensions de la cambra de calderes
 - 7.5.3. Ventilació de la cambra de calderes
 - 7.5.4. Requisits de seguretat de les calderes
 - 7.5.5. Requisits comuns per a totes les cambres de calderes
- 7.6. Xemeneies i sistemes de tractament de fums
- 7.7. Emissions

*8. Manteniment de les instal·lacions**9. Manipulació de cendres*

Document A: Declaració d'energia

Document B: Principals tipus d'emmagatzematge

Document C: Emmagatzematges prefabricats convencionals

Document D: Emmagatzematges d'obra convencionals

Document E: Aproximació al dimensionament de l'emmagatzematge

Document F: Mètode de càlcul de l'energia emmagatzemada

Document G: Emmagatzematges de càrrega pneumàtica

Document H: Propietats i disposició dels vis sens fi

Document I: Càlcul de ventilacions per cambres de calderes

Document J: Emissions contaminants

1. Generalitats de la biomassa

1.1. Definició de biomassa

Es defineix biomassa com la “fracció biodegradable dels productes, restes i residus procedents de l'agricultura d'origen vegetal i animal, de la silvicultura i de les indústries annexes, així com la fracció biodegradable dels residus industrials i d'estacions depuradores d'aigües urbanes, quantificable de forma objectiva”.

Els tipus de biomassa comercials emprats comunament per a sistemes de calefacció són:

- Pellets, produïts de forma industrial.
- Estelles, provinents de les indústries de la primera i segona transformació de la fusta o de tractaments silvícoles i forestals (podes, aclarides, cultius energètics llenyosos, etc.).
- Residus agroindustrials, com els pinyols d'oliva, closques de fruits secs, ametlles, etc.
- Llenya produïda pel propi usuari o comercialitzada.

La taula 1 presenta un breu resum de les propietats d'aquests biocombustibles sòlids:

Taula 1. *Propietats dels biocombustibles sòlids*

	PCI		Humitat
	(kJ/kg)	(kWh/kg)	b.h.(%)
Pellet	17.000 - 19.000	4,7 - 5,3	<15
Estella	10.000 - 16.000	2,8 - 4,4	<40
Pinyol d'Oliva	18.000 - 19.000	5,0 - 5,3	7 - 12
Closca de fruits secs	16.000 - 19.000	4,4 - 5,3	8 - 15
Llenya	14.400 - 16.200	4,0 - 4,5	<20
Briquetes	17.000 - 19.000	4,7 - 5,3	<20

Les taules 2 i 3 presenten la composició dels principals elements de la fusta (fusta seca al 15%):

Taula 2. Composició de polímers en la fusta

Cel·lulosa	(42 a 45%)
Lignina	(20 a 30%)
Hemicel·lulosa p.ex. Xilano	(25 a 38%)

Taula 3. principals elements de la fusta (fusta seca 15%)

Carboni	49 a 57 %	Nitrogen	0 a 0.25 %
Hidrogen	5.5 a 6.5%	Sofre	0 a 0.1 %
Oxigen	36 a 44 %	Cendres	0.65 a 2.2 %

1.2. Instal·lacions de biomassa

La instal·lació de biomassa per usos tèrmics és aquella instal·lació en la que l'aprofitament de la biomassa s'utilitza per la producció d'energia tèrmica destinada, entre altres, a produir aigua calenta, aire calent i vapor.

La instal·lació de biomassa per usos elèctrics és aquella instal·lació en la que l'aprofitament de la biomassa s'utilitza per la producció d'energia elèctrica com a ús final. També és possible destinar el seu ús a processos de cogeneració, per obtenir simultàniament calor i electricitat.

Les aplicacions tèrmiques amb producció de calor i aigua calenta sanitària són les més comuns dins del sector de la biomassa, es pot realitzar mitjançant:

- Estufes, normalment de pellets o llenya, que escalfen una única estància i que normalment actuen simultàniament com a elements decoratius.
- Calderes de baixa potència per a vivendes unifamiliars o construccions de mida reduïda.
- Calderes dissenyades per a un bloc o edifici de vivendes, que actuen com a calefacció centralitzada.
- Centrals tèrmiques que escalfen diversos edificis, xarxes de calor o grup de vivendes.

En respecte a l'optimització de la producció d'energia, algunes estratègies per regular la càrrega i millorar la seguretat del subministrament són:

1.2.1. Completar la caldera de biomassa amb una caldera convencional (gasoil o gas):

En aquest cas s'utilitza la caldera convencional per cobrir els pics de demanda i servir com a sistema auxiliar. D'aquesta manera, la potència de la caldera de biomassa a instal·lar es pot reduir fins el 60 o 70% de la potència tèrmica màxima. La caldera de biomassa podrà cobrir entre el 90 i el 95% de les necessitats energètiques de calefacció ja que la demanda màxima de càrrega solament apareix durant períodes curts. Aquesta solució és particularment avantatjosa quan existeix una caldera antiga de gasoil o gas, en condicions correctes de funcionament, i que pugui ser utilitzada en períodes de temps curts. S'ha de tenir en compte que en cap cas les dues calderes podran compartir la sortida de fums, encara que estiguin simultàniament en funcionament.

1.2.2. La caldera de biomassa pot cobrir la demanda màxima, ajudada per un dipòsit d'inèrcia:

Es realitza amb la finalitat de gestionar els períodes curts de variació de càrrega i assegurar que la caldera pugui operar amb càrregues baixes de forma raonable. En alguns casos s'utilitza com acumulador d'aigua calenta un sistema d'energia solar tèrmica. Aquesta solució té com a avantatge que solament necessita una xemeneia.

1.2.3. Combinació de dos calderes de biomassa:

La segona caldera augmenta el subministrament i s'assegura que les calderes operin de forma òptima per qualsevol càrrega. Pot ser més econòmic instal·lar una segona caldera de biomassa que una caldera convencional més un dipòsit de gasoil o una connexió de gas.

1.3. Aspectes ambientals

L'ús de la biomassa com a combustible en la producció d'energia comporta unes avantatges i desavantatges.

Avantatges:

- Contribució a mitigar el canvi climàtic per l'efecte del "cicle tancat del carboni" i la producció renovable de biomassa, d'aquesta manera s'augmenta el contingut de carboni de la biosfera.
- La baixa proporció de sofre principalment i nitrogen en la biomassa evita la producció de pluja àcida.
- Emissions atmosfèriques en SO₂, CO i CO₂ significativament inferiors a la resta de carburants fòssils, tenint en compte el cicle de vida dels combustibles.
- Les emissions de partícules es consideren baixes tot i ser lleugerament superiors a altres carburants fòssils.
- L'aprofitament planificat i sostenible de la biomassa forestal contribueix a la conservació i millora del sistema natural, de la biodiversitat i de la producció de biomassa.

- La biomassa representa la “bateria d’acumulació d’energia del sol”.

Desavantatges:

- Es requereix una transformació i producció de la biomassa propera al lloc de consum per disminuir el transport.
- En calderes domèstiques, si la combustió és incompleta, es produeix CO, hidrocarburs tipus metà, N₂O, que poden donar problemes de salut i d’efecte hivernacle. La combustió és incompleta per falta d’O₂ o per biomassa amb humitat excessiva.
- La producció, transformació i transport poden desequilibrar el balanç energètic.

Emissions atmosfèriques en la combustió de la biomassa

La taula següent mostra el comparatiu d’emissions per diferents combustibles en calderes d’alta tecnologia:

Taula 4: Comparació de les emissions en la combustió per a diferents combustibles

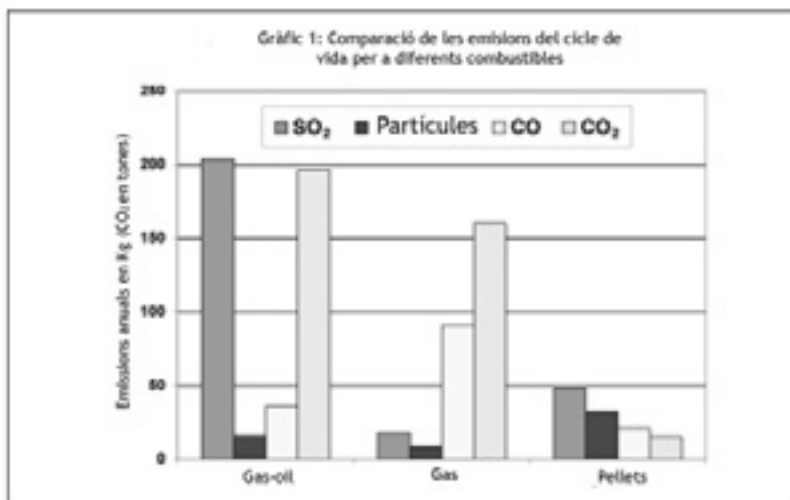
Emissió mg/kWh	Gasoil	Gas natural	Estelles / Pellets
CO	10	150	250
SO ₂	350	20	20
NO _x	350	150	350
Partícules	20	0	150
NMVOC*	5	2	10

* Compostos orgànics volàtils. Se n’exclou el metà

No obstant això en la valoració final de les emissions a l’atmosfera pels diferents combustibles, cal tenir present, a més de la combustió de la caldera, la producció i el transport del combustible, és a dir el cicle de vida del combustible.

En el gràfic núm. 1 es representa el comparatiu d’emissions pel cicle de vida del combustible (s’ha considerat un transport de la biomassa a 300km de distància i també s’ha considerat les emissions per la producció i reciclat de les calderes).

Comparació de les emissions anuals del cicle de vida dels combustibles.



* El gas del gràfic 1 s'entén com a gas natural

1.4. Aspectes socioeconòmics

Els aspectes socioeconòmics que representa l'ús de la biomassa a Andorra són els següents:

- Estalvi econòmic enfront els carburants fòssils, per la diferència del preu de cost del combustible (en termes energètics).
- Reduir la dependència dels carburants fòssils.
- Valoritzar el recurs fuster a Andorra, actualment sense cap interès d'aprofitament.
- Impulsar el sector forestal i la primera transformació de la fusta a Andorra.
- Beneficiar-se de les externalitats que aporta la gestió forestal a Andorra:
 - gestió per la funció de protecció contra les allaus, els incendis, l'erosió, etc.,
 - gestió per la funció social i turística,
 - gestió per la funció de conservació i millora del sistema natural i de la biodiversitat,
 - gestió per la funció de producció en biomassa.

2. Objecte

L'objecte d'aquest annex és reglamentar les prescripcions tècniques de les instal·lacions d'equips de producció de calor a partir de la biomassa, dins l'àmbit del present reglament:

- reduir la dependència energètica,
- afavorir les energies renovables,
- reduir les emissions atmosfèriques,
- promoure l'ús de la biomassa a Andorra,
- estalvi econòmic del combustible.

3. Àmbit d'aplicació

Aquest annex és aplicable en les instal·lacions de biomassa per a usos tèrmics, que utilitzin la combustió com a mètode de transformació de la biomassa en energia i en qualsevol de les fases de producció de calor.

4. Procediment administratiu d'autorització per la instal·lació d'equips de producció de calor amb biomassa

- *Procediment administratiu: documentació necessària*

a) Declaració d'energia, si la potència nominal de la caldera és inferior o igual a 70kW o d'ús individual (unifamiliar) (document A1).

b) Projecte energètic de la instal·lació, si la potència nominal de la caldera és superior a 70kW o d'ús col·lectiu (plurifamiliar) (document A1). Si la potència nominal de la caldera és superior o igual a 200kW el projecte ha d'anar acompanyat d'un pla de logística del subministrament.

c) Certificat final d'obra de la instal·lació. Cal especificar la conformitat al projecte autoritzat i el tipus de biomassa apte per a l'equip de distribució i per a la caldera instal·lada.

d) Contracte de manteniment de la instal·lació, un cop finalitzada la instal·lació.

5. Definició reglamentària de biomassa

En l'àmbit d'aplicació d'aquest annex, a efectes del Reglament Energètic en l'Edificació, s'entén per biomassa:

“Fracció biodegradable dels productes, restes i residus procedents de l'agricultura i d'origen vegetal procedent de l'agricultura, de la silvicultura i de les indústries annexes, amb excepció dels residus fusters amb compostos orgànics halògens o metalls pesats o pol·luents com a conseqüència d'un tractament de la fusta”.

L'ús d'altres tipus de biomassa (restes d'animals, fangs de depuradores, residus urbans, torba, etc.), exempts d'elements pol·luents, estarà subjecte a l'autorització explícita del ministeri competent, a partir d'un certificat de caracterització on s'especifiqui el detall de la seva composició, el poder calorífic i el grau d'humitat, a més d'una analítica al més completa possible i evitar els residus d'alta proporció de cendres.

6. Caracterització de la biomassa

L'ús de qualsevol tipus de biomassa requereix d'una declaració de qualitat i d'idoneïtat del producte a l'equip instal·lat.

La declaració de qualitat del producte es realitzarà en base a les característiques esmentades en el present document (punt 6.1 i 6.2).

El subministrador de biomassa ha de garantir (document A2):

Declaració de qualitat del producte:

- Qualitat del pellet: qualitat baixa, estàndard o alta
- Qualitat de l'estella: classe 1 o classe 2

Declaració d'idoneïtat del producte a l'equip instal·lat, en base a la declaració del instal·lador o projecte autoritzat i certificat final d'obra de la instal·lació:

- Emmagatzematge.
- Càrrega de la sitja.
- Alimentació de la caldera.
- Combustió de la caldera.

Pels requeriments tècnics necessaris de caracterització de la biomassa com a combustible d'equips en producció de calor no especificats en el present annex, serà d'aplicació la normativa europea UNE CENT/TS, normativa alemanya DIN i DIN PLUS o normativa austríaca ÖNORM.

6.1. Pellets de biomassa

Els pellets són petits cilindres procedents de la compactació de serradures i encenalls molturats i secs, provinents de serradores, d'altres indústries, o bé es produeixen a partir d'estelles i altres biomasses de diversos orígens.

En el procés de pelletització no es poden haver utilitzat productes químics sinó simplement pressió i vapor, tot i que és possible trobar també un percentatge reduït d'additius biològics.

La qualitat dels pellets es classifica en tres categories: baixa (A), estàndard (B) i alta (A) (taules núm. 5 i 6).

En general, un bon pellet de fusta presenta menys d'un 10% d'humitat i una durabilitat mecànica major del 97,5%

El contingut de fins no passa de l'1% ó 2% mentre que les cendres i el sofre es situen entorn al 0,7% i 0,05% respectivament.

Els additius no han de representar més d'un 2% en pes en base seca i com a compactadors només són vàlids els productes de la biomassa agrícola i forestal que no hagin estat tractats químicament. En tot cas, el tipus i quantitat d'additius s'han d'especificar pel fabricant.

L'ús de pellets de qualitat inferior, els quals són més econòmics, contenen un major percentatge de cendres i menor poder calorífic.

És imprescindible exigir una durabilitat mecànica mínima per evitar la desintegració dels pellets en pols, el qual té unes propietats de combustió diferents i genera problemes en els processos de transport, càrrega, emmagatzematge i combustió.

Per a instal·lacions en habitatges s'aconsella l'ús de pellets de fusta natural.

Taula 5. Caracterització de qualitat dels pellets

	Qualitat		
	Baixa (C)	Estàndard (B)	Alta (A)
Origen	Biomassa llenyosa sense escorça		
Poder Calorífic Inferior			
(kWh/kg)	>3,5	>4,6	>5,0
(kJ/kg)	>12.500	>16.700	>18.000
Humitat b.h. (% en massa)	<12	<12	<10
Densitat (kg/m ³)	>1.000	1.000 - 1.400	>1.120
Contingut en cendres			
(% en pes)	<6	<1,5	<0,5
Longitud (mm)	<7 x diàmetre	<50	<5 x diàmetre
Diàmetre (mm)	<12	4 - 10	<8
Durabilitat (DU)	DU 95,0 ≥ 95%	DU 96,5 ≥ 96,5%	DU 97,5 ≥ 97,5%
Fins (F)	F 3,0 ≤ 3%	F 2,0 ≤ 2%	F 1,0 ≤ 1%
Additius	Especifiqueu tipus i quantitat (<2%)		

Taula 6. Propietats informatives de la caracterització dels pellets

Propietat informativa	Baixa (C)	Estàndard (B)	Alta (A)
Nitrogen (% base seca)	$\leq 0,5\%$	$\leq 0,3\%$	$\leq 0,3\%$
Sofre	$\leq 0,05\%$	$\leq 0,04\%$	$\leq 0,02\%$
Clor	$\leq 0,05\%$	$\leq 0,05\%$	$\leq 0,02\%$
Fusió cendres (°C)	AM 1 150	AM 1 300	AM 1 300

6.2. Estelles

Les estelles de fusta són trossos petits d'entre 5 i 100 mm de longitud, on la qualitat depèn fonamentalment de la matèria prima de la que provenen, la seva recollida i de la tecnologia d'estellat.

Les estelles es classifiquen en dos tipus de qualitats:

- Estelles de classe 1: provinents de la indústria de la primera i segona transformació de la fusta o fustes forestals molt netes. Solen tenir humitats igual o menors al 30%. Apropiadades pel seu ús en vivendes i en tot tipus d'instal·lacions.

Contingut en cendres inferior a l'1%.

- Estelles de classe 2: provinents de tractaments silvícoles, agrícoles i forestals (podes, aclarides, tries, cultius energètics llenyosos, etc.). Fins un 50% d'humitat. Utilitzada en instal·lacions de potència superior a 100kW (mitja a alta potència).

Contingut en cendres inferior al 5%.

Taula 7. Caracterització de la qualitat de l'estella de fusta

Estelles de fusta	Classe 1	Classe 2
Contingut d'humitat	$\leq 30\%$	$\leq 50\%$
Dimensió major de la fracció principal (>80% en pes)	$\leq 45 \text{ mm}$	$\leq 63 \text{ mm}$
Valor energètic (kWh/kg)	$> 3,2$	$> 2,0$
Contingut de cendres	$< 2\%$	$< 5\%$
Proporció de fins ($< 1\text{mm}$)	$< 5\%$	

Taula 8. Propietats informatives de les estelles

Propietats informatives d'estelles de fusta

Espècies vegetals (% en pes o volum)

Proporció d'escorça (% en pes o volum)

Densitat (Kg/m^3)

Densitat energètica (kWh/m^3)

No obstant això, el control de qualitat de les estelles de fusta i dels residus agroindustrials és molt important ja que les seves característiques són poc homogènies, principalment en el referit al poder calorífic i la humitat.

Les estelles molt humides ($> 40\%$), els trossos de fusta grans en les estelles, i alguns tipus de residus agrícoles són poc recomanables en la majoria de les calderes per a edificis i vivendes.

El paràmetre més rellevant de l'estella és la humitat. En la contractació del subministrament es recomana que s'especifiqui quin poder calorífic inferior (o densitat energètica) i grau d'humitat tindrà l'estella subministrada.

És recomanable sol·licitar una analítica per tal d'evitar comprar estelles amb moltes cendres o amb components perjudicials per a la caldera.

Altres conseqüències derivades de la contaminació del biocombustible són la corrosió dels elements de la caldera, així com altres danys en l'equip que disminueixen la vida útil o provoquen avaries i manteniments no programats.

7. Logística del subministrament de biomassa

7.1. Transport i distribució

El transport i distribució del pellet i les estelles s'ha de realitzar en bones condicions ambientals a fi de garantir les condicions d'humitat i densitat declarades.

L'accés per a vehicles pesats ha d'estar adequat a l'amplada, radis de gir i gàlib necessari segons el tipus de vehicle.

Requeriments per als camions de subministrament de biomassa:

Taula 9: Requeriments per als camions de subministrament de biomassa.

Tipus de camió	Requisit	Descripció
Tots		Emmagatzematge i transport de diferents tipus o mesures de combustible per separat
	Puresa	Buidat i neteja dels camions al canviar de tipus o mesures de combustible per evitar mescles
		Neteja de medis auxiliars de manipulació, transport o emmagatzematge
	Humitat	Garantia d'ambient sec en el camió durant el transport
		Fins <1% abans de carregar el camió
	Separació de fins	No aplicable a sacs petits o <i>big-bag</i> ni a camions de subministrament pneumàtic amb filtre de fins incorporat que garanteixi el mateix o menor nivell de fins
	Sistema de pesat a bord	Aplicable a camions de capacitat >12m ³
Cisterna	Sistema de succió	La massa d'aire succionada ha de ser major que la d'aire injectat per evitar sobrepressions a la sitja
		Suma de segments de mànega fins a L=30m (Lmàx. =40m)
	Mànegues i accessoris	Accessoris d'acoblament a les toveres o entre els segments

Distribució amb camió cisterna:

El subministrament de biomassa des del camió cisterna fins el lloc d'emmagatzematge no ha de ser superior als 30m de longitud ni superior als 5m de desnivell.

Les mànegues tenen un diàmetre de 110mm i són del tipus ZAG (acoblament vàlid per a bombers), de material antiestàtic per prevenir càrregues electrostàtiques.

La connexió per la càrrega ha d'estar equipada d'una pressa de terra.

Per al procés d'ompliment, s'ha de dotar l'equip de succió amb un filtre antipols.

7.2. Emmagatzematge

El lloc destinat a l'emmagatzematge de la biomassa ha d'estar adequat i destinat exclusivament per aquest ús, excepte en les explotacions agrícoles que pot compartir l'ús de l'espai amb la llenya, la palla i l'herba, únicament amb una separació funcional.

L'emmagatzematge de la biomassa s'ha de realitzar en bones condicions ambientals a fi de garantir les condicions d'humitat i densitat especificades en la declaració de qualitat del producte.

L'emmagatzematge es pot situar en l'interior o l'exterior de l'edifici, sempre en ambient sec.

En edificis nous o reformes integrals on estigui previst instal·lar calderes de biomassa, l'emmagatzematge i la caldera han de situar-se en locals diferents.

En instal·lacions de calderes de potència nominal $\leq 20\text{kW}$, l'emmagatzematge de biomassa pot efectuar-se en el mateix local de la caldera. La capacitat màxima d'emmagatzematge real serà de 2m^3 . És necessari col·locar sitja prefabricada i equipada per aquest ús, amb una separació funcional, a 0.7m de distància mínima a la caldera.

En reformes d'instal·lacions tèrmiques existents, on no sigui possible realitzar la divisió en dos locals diferents, l'emmagatzematge s'ha de col·locar a una distància mínima de 0.7m de la caldera i separat per una paret resistent al foc 120 minuts.

El sistema d'emmagatzematge ha de preveure la compatibilitat amb el tipus de transport i els sistemes de subministrament de la biomassa.

Els tipus d'emmagatzematge poden dividir-se en emmagatzematges prefabricats i emmagatzematges d'obra.

En el document B s'indiquen els principals tipus d'emmagatzematge.

Emmagatzematges prefabricats

Els emmagatzematges prefabricats són contenidors específics per la biomassa, metàl·lics, de plàstic, fusta o tela.

Aquests han d'anar acompanyats d'un certificat de fabricació i garantia d'acord al seu ús, especificant les recomanacions del fabricant per la càrrega, neteja i ús en general de la sitja. En el document C s'indiquen els emmagatzematges prefabricats més convencionals.

Emmagatzematges d'obra

Els emmagatzematges d'obra són sales de nova construcció o sales existents adaptades i tancades per a l'ús com a sitja de biomassa.

Les parets no han de presentar signes d'humitat, han de ser completament llises, sense restes de qualsevol tipus d'instal·lacions, ni esclatxes, obertures o elements que dificultin el bon funcionament de l'emmagatzematge.

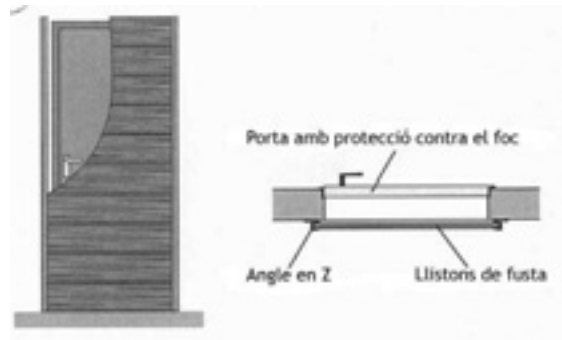
La porta d'accés a l'emmagatzematge d'obra ha de complir les següents característiques:

- Estanqueïtat a la pols per evitar la filtració de fins a altres habitacions.
- En cas de subministrament pneumàtic a la sitja, es recomana situar la porta sota el nivell de les toveres ja que el combustible s'emmagatzema preferentment en el costat oposat.
- Si l'ompliment és per càrrega directa, es recomana col·locar la porta en el costat oposat a la boca de càrrega per les mateixes raons.

- Cal col·locar un dispositiu interior de contenció per evitar la sortida de la biomassa en obrir la porta. Pot estar format per un angle en Z i diversos llistons de fusta, uns sobre els altres, que es poden anar lliscant cap a dalt i treure'ls fins a veure l'altura de la biomassa emmagatzemada.
- La porta ha de ser d'obertura cap a fora, amb un espiell o finestra petita per poder realitzar la inspecció visual de la sitja sense obrir la porta.

S'aconsella una o diverses obertures per donar claror a l'interior de la sitja i per facilitar el control visual del volum de biomassa. En el document D s'indiquen els emmagatzematges d'obra més convencionals.

Figura 1: Porta d'accés a la sitja amb dipòsit interior de contenció



Dimensionament de l'emmagatzematge

Per dissenyar la mida de la sitja d'emmagatzematge, s'han de tenir en compte factors tan diversos com la càrrega tèrmica a cobrir, el tipus de combustible escollit, l'espai disponible, la mida del camió de càrrega o la fiabilitat del subministrament.

El dimensionament de l'emmagatzematge ha de complir almenys un volum equivalent a una de les següents condicions:

- 1 temporada de funcionament de la instal·lació: així tan sols és necessari carregar la sitja una vegada a l'any.
- 1,5 vegades el volum del camió de subministrament: d'aquesta manera és possible carregar la sitja amb un camió complet abans que s'acabi el combustible.
- 2 setmanes de consum màxim de combustible

La capacitat mínima útil d'emmagatzematge de biocombustible ha de ser com a màxim el 80% de la capacitat real. En el document E s'indica l'aproximació al dimensionament de l'emmagatzematge.

Càlcul de l'energia emmagatzemada en la sitja

L'energia emmagatzemada en la sitja de biomassa depèn del tipus de combustible i l'estat d'ompliment. S'especifica el mètode de càlcul en el document F.

*Càrrega de la sitja de biomassa**- Càrrega directa:*

En la càrrega directa, la sitja ha d'estar totalment tancada, ja que es genera pols durant l'operació.

El camió de subministrament ha de tenir accés directe des de l'exterior a la boca de càrrega i espai suficient per maniobrar.

La boca de càrrega ha de tenir una protecció de seguretat per la possibilitat de caiguda de persones dins la sitja.

Requisits per la càrrega directa:

Protecció en front a caigudes dins l'emmagatzematge:

Quan la càrrega sigui directa a través de portes a nivell del sòl, han de tenir els elements necessaris de seguretat per evitar caigudes dins l'emmagatzematge tipus reixa d'acer amb obertures suficientment àmplies per garantir que el combustible pugui passar a través seu, evitant problemes d'obstrucció.

Sistema d'antiretorn:

Ha de romandre tancat durant el subministrament de combustible.

Càrrega pneumàtica:

En la càrrega pneumàtica el camió ha d'estar proveït d'un dispositiu de pesat per garantir el subministrament exacte de la quantitat demanada.

El camió ha de disposar de dos mànegues: d'ompliment i de succió.

La mànega principal, de material antiestàtic per preveure descàrregues electrostàtiques, ha d'omplir la sitja, mentre que la mànega de succió ha de generar una lleugera depressió que absorbeix els fins introduïts inevitablement per la mànega principal i evita la creació d'una sobrepressió en l'emmagatzematge.

L'equip de succió ha de tenir un filtre antipols amb capacitat suficient per als fins absorbits.

Requisits per a la càrrega pneumàtica:

Caldera apagada: La caldera ha de mantenir-se apagada durant l'ompliment de la sitja per preveure qualsevol perill potencial de retrocés del foc a causa de la depressió en la sitja que pot provocar un reflux de la flama de la caldera fins el magatzem.

Aspiració de l'aire de la sitja: L'emmagatzematge ha de disposar de dos obertures, una per la connexió a la mànega d'ompliment i l'altra per la sortida de l'aire a fi d'evitar sobrepressions i per poder aspirar el pols produït durant la càrrega. Durant la càrrega de la sitja s'ha d'aspirar l'aire interior per evitar sobrepressions i per permetre l'aspiració de la pols impulsada durant l'operació d'ompliment, evitant així la impulsió a l'interior de l'immoble.

Pressió de subministrament limitada: S'ha de limitar amb l'objectiu de preveure el dany de la sitja i la desintegració del combustible, en cas d'utilitzar pellets, durant la càrrega.

Sistema de protecció de la zona d'impacte: En emmagatzematges que utilitzin sistemes pneumàtics de càrrega s'ha d'instal·lar, en la zona d'impacte, un sistema de protecció de la paret contra l'abasió produïda per l'impacte del biocombustible per evitar la producció de fins.

En el document G s'indiquen les prescripcions generals per emmagatzematges de càrrega pneumàtica.

En el cas dels emmagatzematges integrats en la caldera és el propi usuari qui carrega la sitja de forma manual.

En tots els casos, abans de la càrrega, s'han de realitzar les següents comprovacions per garantir un correcte ompliment i emmagatzematge del combustible.

Taula 10. Comprovacions generals abans de la càrrega de la sitja

Comprovació	Descripció
Preparació de la sitja	Buidat i neteja en el cas de canvi de tipus o mida del combustible.
Estat de la caldera	Apagada. Sistema d'antiretorn tancat.
Estat de la sitja	Tancada en tots els casos.
Combustible existent en la sitja	Comprovació del tipus i estimació de la quantitat de combustible present en la sitja abans de la càrrega.

Taula 11. Recomanacions per a la càrrega de la sitja per mitjà de sistema pneumàtic

Tasca	Observació
Obrir toveres d'ompliment i succió	Neteja de les connexions abans de l'acoblament de les mànegues amb les toveres
Acoblament de les mànegues amb les toveres	Anotació de la longitud de la mànega utilitzada
Encès del sistema de succió	Ús de filtres nets i secs
Càrrega de la sitja	
Apagat del sistema de succió	
Desacoblament de les mànegues i toveres	
Tancament de les toveres d'ompliment i succió	Neteja de les connexions abans del tancament

7.3. Alimentació de la caldera

El sistema d'alimentació de la caldera és un dels elements que condicionen el tipus de combustible a utilitzar.

L'instal·lador o tècnic autoritzat ha de declarar:

- El sistema d'alimentació instal·lat (vis sens vi rígid de disposició recta o en colze, vis sens fi flexible, sistema pneumàtic o altres).
- Els productes aptes al sistema d'alimentació instal·lat.
- La capacitat de transport (tn/h).

El fabricant de calderes i sistemes de subministrament ha de proporcionar informació sobre el procediment a seguir per qualsevol acumulació de partícules fines.

En el document H s'indiquen les propietats dels vis sens fi convencionals rígids i flexibles, així com la seva disposició en la sitja d'emmagatzematge.

7.4. Sistemes de seguretat en l'emmagatzematge

L'emmagatzematge de la biomassa ha de complir les premisses de seguretat següents, enteses aquestes com a condicions mínimes:

7.4.1. Absència d'humitat

Les parets, el sòl i sostre de l'emmagatzematge no permetran filtracions d'humitat, impermeabilitzant-les si és necessari.

7.4.2. Estanqueïtat a la pols

La sitja ha de garantir l'estanqueïtat a la pols en tot moment, inclòs en la càrrega i càrrega.

7.4.3. Instal·lacions

No és permès cap tipus d'instal·lació elèctrica, d'aigua, clavegueram o d'altres en el interior de la sitja.

7.4.4. Presa de terra

Es realitzarà la connexió a la presa de terra de totes les parts metàl·liques de la sitja.

Si s'utilitza un sistema pneumàtic, les toveres de càrrega i aspiració han de tenir una presa de terra per evitar l'aparició de guspises per descàrregues electrostàtiques.

7.4.5. Ventilacions

L'emmagatzematge de la biomassa ha d'estar suficientment ventilat de forma natural per garantir el grau d'assecat del combustible i evitar l'aparició de floridures, especialment en estelles.

7.4.6. Buidat del sistema d'emmagatzematge a l'exterior

S'ha de preveure un procediment de buidat de l'emmagatzematge de la biomassa fins a l'exterior en el cas que sigui necessari, per la realització de treballs de manteniment, de reparació o en situacions de risc d'incendi.

7.4.7. Protecció contra incendis

- Les obertures per al transport des de l'emmagatzematge a la caldera estaran equipades amb els elements adequats per evitar la propagació d'incendis entre ambdues.
- Si l'emmagatzematge està situat en el subsòl, comportarà, endemés de les ventilacions necessàries, una conducció de 16 dm² de secció proveïda d'un ràcord "ZAG" que comuniqui amb l'aire lliure en un lloc pròxim al sòl i accessible per als vehicles del Servei d'Incendis i Salvament.
- En els emmagatzematges ubicats en el mateix local que la caldera, i per tant de capacitat no superior a 2m³, és necessari col·locar en el sistema d'alimentació a la caldera un dispositiu antiretorn de flames testejat i homologat, i un dispositiu de control de la temperatura en el interior de l'emmagatzematge. En el cas de retorn de flama o augment de la temperatura en l'emmagatzematge a 70°C, el sistema instal·lat ha d'interrompre la producció de calor i una alarma fàcilment perceptible ha d'avisar.

- Els emmagatzematges de biomassa per a calefacció es classifiquen sota el nivell de risc mitjà i han de complir les corresponents exigències de seguretat contra incendis.

Taula 12. Exigències mínimes en la seguretat contra incendis

Característica	Risc mig
Resistència al foc de l'estructura portant	120 minuts
Resistència al foc de les parets i sostres que separen la zona de la resta d'edifici	120 minuts
Portes i altres obertures,	30 minuts
Màxim recorregut d'evacuació fins alguna sortida del local	≤ 25 m

7.4.8. Resistència estructural

Els elements estructurals, els tancaments i les portes del magatzem han d'estar construïts per suportar la sobrecàrrega d'ús i pressió de la biomassa emmagatzemada.

7.4.9. Boca de càrrega

La boca de càrrega de l'emmagatzematge ha d'estar dissenyada i disposar d'un sistema eficient de protecció contra la caiguda de persones o entrada d'elements externs (animals, aigua, agents pol·luents, etc.).

7.4.10. Manteniment del vis sens fi

Una vegada a l'any s'ha de netejar la pols acumulada i engrèixar els coixinets del vis sens fi.

7.5. Cambra de calderes

Es considera cambra de calderes, el local destinat a l'emplaçament d'una caldera de combustió de potència nominal > 20 kW en qualsevol dels seus usos. No caldrà cambra de calderes per a calderes de potència nominal < 70kW i d'ús individual (unifamiliar). En tots els casos, els locals de calderes de potència nominal > 20 kW han de complir les prescripcions relatives a la ventilació i requisits de seguretat de la caldera (punts 7.5.3 i 7.5.4, respectivament).

Es consideren part de la cambra de calderes els locals als quals s'accedeixi des de la mateixa cambra.

7.5.1. Selecció de la caldera

Les calderes de biomassa utilitzades per a la producció de calor han de tenir un rendiment mínim instantani del 90% (valor límit).

S'accepta un rendiment mínim de 85% per a calderes de gran potència (>200kW) normalment utilitzades en usos industrials, equipaments, xarxes de calor, etc.

Valors límit i valors objectius del rendiment de la caldera:

	valors límit	valors objectiu
Pot. > 200 kW	> 85%	> 90%
Pot. < 200 kW	> 90%	> 95%

La potència tèrmica i la demanda de calefacció es calcularà tenint en compte les dades d'aïllament i les necessitats en aigua calenta sanitària.

La caldera seleccionada ha d'estar certificada i homologada pel fabricant per a l'ús de biomassa. La classificació de les calderes es regeix per la norma EN 303-5.

7.5.2. Dimensions de la cambra de calderes

Les dimensions dels espais han de ser proporcionats pel fabricant o subministrador de la caldera.

Com a norma bàsica, les calderes i equips auxiliars han de ser perfectament accessibles en totes les seves parts, de forma que es puguin realitzar adequadament i sense perill totes les operacions de manteniment, vigilància i conducció.

Es respectarà una alçada lliure de canonades i obstacles sobre la caldera igual a la seva alçada i com a mínim 0.25m.

Existirà un espai lliure mínim d'1 metre enfront de les calderes atmosfèriques i una alçada mínima de 2 metres lliure d'obstacles.

Entre calderes, així com les calderes extremes i murs laterals i de fons, ha d'existir un espai lliure com a mínim de 50cm, és recomanable 80cm.

Tota cambra de calderes tindrà un camí des del seu interior cap a l'exterior en el qual es podrà passar amb l'equip més pesat i voluminós que la cambra contingui.

Els espais lliures al voltant del generador hauran de ser més grans com major sigui la potència de l'equip. Els valors indicats pel fabricant es consideraran com a valors mínims.

7.5.3. Ventilació de la cambra de calderes

L'aire de ventilació de les cambres de calderes serveix per un doble propòsit:

- ventilar el local amb la finalitat d'evacuar part de la calor despresada pels equips i canonades

- subministrar l'aire necessari per a la combustió.

Es recomana que les cambres de calderes se situïn en contacte amb l'ambient exterior, de manera que la ventilació tingui lloc per mitjans naturals, directa per orificis o per conductes.

Els orificis de ventilació estaran distanciats almenys 50cm de qualsevol buit practicable o reixes de ventilació d'altres locals diferents de la cambra de calderes.

Les obertures estaran protegides perquè no puguin ser obstruïdes o inundades i evitar l'entrada d'insectes o altres cossos estranys.

Les cambres de calderes disposaran d'una entrada d'aire fresc (superfície entre 2.5 dm² i 4 dm² segons el local) en la part baixa i d'una obertura per evacuar l'aire viciat en la part alta (2/3 de la superfície corresponent a l'entrada d'aire fresc sense ser inferior a 2.5 dm²).

Per a potències nominals superiors a 70 kW es recomana l'ús del càlcul de ventilació especificat en el document I.

7.5.4. Requisits de seguretat de les calderes

Interruptor de flux:

Les calderes estaran equipades amb un interruptor de flux amb l'objectiu de poder tallar el subministrament de combustible, a excepció que el fabricant especifiqui que la caldera no requereix de circulació mínima.

Dispositiu d'interrupció de funcionament del sistema de combustió:

Aquest dispositiu actuarà en dues situacions crítiques:

- En el cas d'assolir-se temperatures superiors a les de disseny.
- En el cas d'existir retrocés dels productes de la combustió o flama.

Dispositiu contra el retrocés de la flama:

S'haurà d'evitar el retrocés de la flama de la caldera cap a la sitja d'emmagatzematge de la biomassa.

Hi ha diversos sistemes entre els quals es destaquen:

- Comporta de tancament estanca contra el retrocés de la combustió, que interromp l'entrada de combustible a la caldera.
- Ruixador d'extinció d'emergència, que tingui la capacitat per inundar el tub de transport del combustible en el cas que es produeixi el retrocés de la flama. Es recomana un cabal mínim de 15l/h d'aigua. Generalment s'instal·la en calderes de grans potències.
- Sistemes que garanteixin la depressió en la zona de combustió.

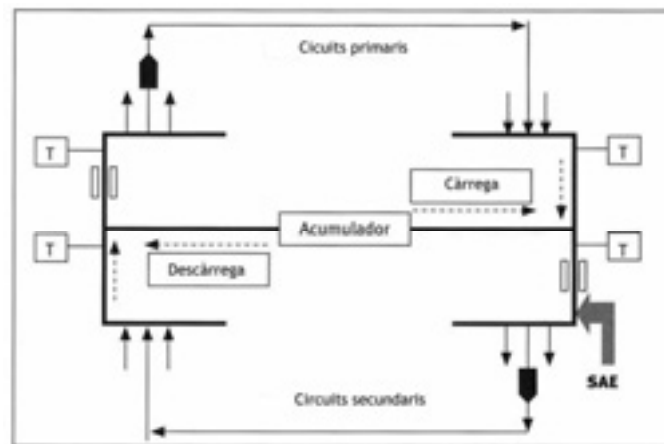
Sistema d'eliminació de la calor residual:

Les calderes de biomassa tenen una major inèrcia que les de gas o gasoil.

El sistema d'eliminació de la calor residual ha de garantir l'alliberament de calor addicional produït en la caldera quan s'interromp el funcionament del sistema de combustió.

Per a l'evacuació de la calor residual, en una caldera carregada de combustible, la solució és instal·lar un sistema d'acumulació en el tub d'equilibri del col·lector, com per exemple el presentat en la figura següent:

Figura 2 Sistema d'acumulació en el tub d'equilibri del col·lector



Hi ha diverses alternatives per a l'eliminació de la calor:

- Un recipient d'expansió obert que pugui alliberar el vapor si la temperatura de l'aigua arriba fins els 100°C dins de la caldera.
- Un intercanviador de calor de seguretat en la caldera, refrigerat per un corrent d'aigua, quan la temperatura en l'interior de la caldera augmenti massa.
- Un dipòsit d'acumulació, sempre i quan la circulació natural tingui la capacitat de refredar la caldera.

Les bombes que impulsen l'aigua de la calefacció per l'edifici no han d'estar controlades mitjançant sistemes electrònics inclosos en la caldera, de forma que puguin seguir funcionant fins que s'hagi eliminat la calor residual en cas d'un tall elèctric en la caldera.

Vàlvula de seguretat:

Vàlvula regulada a 1 bar per sobre de la pressió de treball del generador. La càrrega haurà de conduir-se fins a un embornal.

7.5.5. Requisits comuns per a totes les cambres de calderes

A més dels requisits esmentats anteriorment les cambres de calderes de biomassa han de complir les prescripcions generals de seguretat en cas d'incendi que s'esmenen a continuació i en el seu defecte les del reglament de seguretat contra incendis corresponent:

- Les cambres de calderes han de complir els requisits mínims de seguretat contra incendis indicats en la taula 12 referents a l'emmagatzematge de biomassa.
- Si la cambra de calderes està situat en el subsòl, comportarà, endemés de les ventilacions necessàries, una conducció de 16 dm² de secció i una dimensió mínima d' almenys 20 cm, proveïda d'un ràcord "ZAG" que comuniqui amb l'aire lliure en un lloc pròxim al sòl i accessible per als vehicles del Servei d'Incendis i Salvament.
- Les cambres de calderes no podran ser utilitzades per a altres finalitats ni podran realitzar-se en elles treballs aliens als propis de la instal·lació.
- L'accés normal a la cambra de màquines no s'ha de fer a través d'una obertura en el sòl o sostre. Les dimensions de la porta d'accés seran les suficients per permetre el moviment sense risc o dany dels equips que hagin de ser reparats fora de la cambra de màquines.
- Entre la maquinària i elements que delimiten la cambra de calderes s'han de deixar els passos i accessos lliures per permetre el moviment d'equips o de part d'ells des de la cambra cap a l'exterior i viceversa.
- La connexió entre generadors de calor i xemeneies ha de ser perfectament accessible.
- Els motors i les seves transmissions han d'estar suficientment protegits.
- Les portes han d'estar proveïdes de pany, amb fàcil obertura des de l'interior, tot i que hagin estat tancades amb clau des de l'exterior. Ha de ser plana, rígida, indeformable i tallafocs mitja hora.
- Les preses de ventilació no podran estar comunicades amb altres locals tancats i els elements de tancament de la cambra no permetran filtracions d'humitat.
- En els cremadors de les calderes col·lectives o calderes de potència nominal superior o igual a 70kW es col·locaran extintors automàtics.
- Les comunicacions entre la cambra de calderes i la resta de l'edifici es farà mitjançant una cambra intermitja (SAS ventilat).
- La cambra disposarà d'un sistema eficaç de desguàs per gravetat o, en cas necessari, per bombeig.
- Pel que respecta a les instal·lacions elèctriques, el quadre elèctric de protecció i comandament dels equips instal·lats en la cambra o, almenys, l'interruptor general estarà situat en les proximitats de la porta principal d'accés. Aquest interruptor no podrà tallar l'alimentació del sistema de ventilació de la cambra.

- La il·luminació de la cambra de calderes ha de ser suficient per realitzar els treballs de conducció i inspecció. El valor mínim admès del nivell mig d'il·luminació en servei són 200 lux, amb una uniformitat mitja de 0,5.

7.6. Xemeneies i sistemes de tractament de fums

En el cas de biomassa s'ha de preveure un volum de gasos lleugerament superior a d'altres combustibles líquid o gasós, degut a que la humitat que conté la biomassa s'evapora en la caldera i dona lloc a vapor d'aigua, el qual surt barrejat amb els productes de la combustió, augmentant el volum de gasos.

L'evacuació dels productes de la combustió en les instal·lacions tèrmiques s'ha de realitzar d'acord als següents casos i amb les següents normes generals:

- Queda prohibida la unificació de l'ús dels conductes d'evacuació dels productes de la combustió amb altres instal·lacions d'evacuació.
- Les calderes de potència tèrmica nominal major de 400kW tindran el propi conducte d'evacuació dels productes de la combustió.
- Les calderes de potència tèrmica nominal igual o menor de 400kW, que tinguin la mateixa configuració per l'evacuació dels productes de la combustió, podran tenir el conducte d'evacuació comú en diverses d'elles, sempre i quan la suma de la potència sigui igual o menor a 400 kW. En cas d'estar instal·lades en cascada, el ramal auxiliar, abans de la seva connexió al conducte comú, tindrà un tram vertical ascendent d'altura igual o major que 0,2m.
- En cap cas es podran connectar a un mateix conducte de fums les calderes que utilitzin combustibles diferents.
- És vàlid el dimensionament de les xemeneies d'acord al indicat a les normes UNE-EN 13384-1, UNE-EN 13384-2 o UNE-EN 123001, segons el cas.
- En el dimensionament s'analitzarà el comportament de la xemeneia en les diferents condicions de càrrega; a més, si la caldera funciona al llarg de tot l'any, es comprovarà el funcionament en les condicions extremes d'hivern i estiu.
- El tram horitzontal del sistema d'evacuació, amb pendent cap a la caldera, serà el més curt possible.
- Es disposarà un registre en la part inferior del conducte d'evacuació que permeti l'eliminació de residus sòlids i líquids.
- La xemeneia serà de material resistent a l'acció agressiva dels productes de la combustió i a la temperatura. En el cas de xemeneies metàl·liques la designació segons la Norma UNE-EN 1856-1 o UNE-EN 1856-2 de la xemeneia escollida en cada cas i per a l'aplicació serà d'acord a l'establert en la Norma UNE 123001.
- Per a l'evacuació dels productes de la combustió de calderes que incorporen extractor, la secció de la xemeneia, el material i longitud seran els certificats pel fabricant de la caldera. El sistema d'evacuació d'aquestes calderes tindrà el certificat CE conjuntament amb la caldera i podrà ser de paret simple, sempre que quedi fora de l'abast de les persones, i podrà estar construït amb tubs de materials plàstics, rígids o flexibles, que siguin resistents a la temperatura dels productes de la combustió i a l'acció agressiva del condensat. Es cuidaran les juntes d'estanqueïtat del sistema, per quedar sobrepressió en respecte a l'ambient.

- En cap cas el disseny de l'acabament de la xemeneia obstaculitzarà la lliure difusió a l'atmosfera dels productes de la combustió.

Soroll

Les calderes de biomassa solen incloure sistemes interns de reducció de sorolls pel que resulten més silencioses que les de gasoil.

En general, no presenten inconvenients relacionats amb el nivell de soroll. No obstant, sí que poden generar problemes de vibracions que transmetin a l'estructura de l'edifici, els equips en contacte amb el sòl o els conductes en traspasar parets.

En qualsevol cas, els subministradors han de proporcionar la informació del nivell de potència acústica de la caldera i de la resta d'equips que produeixen sorolls estacionaris.

Es complirà el reglament de control de la contaminació acústica (BOPA, 8.05.1996): a l'interior de l'edifici: 35dBA diürn i 28 dBA nocturn (art. 5, Cap. I).

7.7. Emissions

En funció de la potència nominal de la caldera es complirà el reglament del control de la contaminació atmosfèrica (BOPA, 25.02.2009) i en el seu defecte la normativa UNE-EN 303-5.

Vegeu en el document J el límit d'emissions en funció de la potència de les calderes.

8. Manteniment de les instal·lacions

Les operacions que s'han de fer es detallen en la taula 13 i taula 14, en funció de la potència tèrmica instal·lada.

Les operacions de manteniment setmanals i mensuals les pot efectuar el mateix usuari. La resta d'operacions de manteniment les realitzarà una empresa mantenidora o mantenidor competent i degudament autoritzat.

Operacions de manteniment preventiu en equips de biomassa.

Taula 13. Operacions de manteniment preventiu i periodicitat

Operació	Periodicitat	
	≤ 70 kW	> 70 kW
Revisió de les dades de timbrat de la caldera	A	A
Mesura del pH de l'aigua de la caldera	A	A
Verificació de la vàlvula de seguretat	A	A
Revisió del vas d'expansió	A	A

Revisió dels sistemes de tractament d'aigua (si s'escau)	A	A
Comprovació del material refractari (si s'escau)		2A
Comprovació de la pressió d'aigua en circuits i en la caldera	A	M
Comprovació d'estanqueïtat de circuits de canonades i en la llar	--	A
Revisió i neteja d'aparells de recuperació de calor	A	A
Revisió i neteja d'unitats d'impulsió i retorn d'aire	A	A
Verificació d'estat, disponibilitat i timbrat d'elements de prevenció d'incendis	A	A
Revisió de l'estat de l'aïllament tèrmic	A	A
Revisió del sistema de control automàtic d'encès i apagat	A	2A
Comprovació de l'estat d'emmagatzematge del biocombustible sòlid (per l'usuari)	s	M
Obertura i tancament del contenidor plegable en instal·lacions de biocombustible sòlid (per l'usuari)	A	A
Neteja i retirada de cendres en instal·lacions de biocombustible sòlid (per l'usuari)	M	M
Control visual de la caldera de biomassa (per l'usuari)	s	M
Comprovació i neteja, si s'escau, de la cambra de combustible, conductes de fums i xemeneies en calderes de biomassa	A	2A
Comprovació del reglatge i actuació del termòstat de treball	A	A
Comprovació del reglatge i actuació de la seguretat per temperatura	A	M
Verificació del sistema d'ignició del biocombustible	A	A
Verificació de l'extractor de gasos de la combustió	A	A
Verificació d'actuació dels circuits de seguretat i enclavament	A	A
Neteja de la cúpula de postcombustió	A	M
Control de peces de desgast (si s'escau) o pr indicacions del fabricant	A	M
Control de les plaques d'empunyament (si s'escau)	A	M
Controlar les instal·lacions de seguretat contra el retrocés de la combustió (si s'escau)	A	M

Controlar la neteja dels romanents de la combustió	A	M
Neteja i control de la tapa de seguretat contra el retrocés de la combustió	A	M
Lubricar tots els rodaments i cadenes	A	M
Mesura dels gasos de combustió i creació d'una acta de mesura	A	M
Neteja i comprovació de la junta d'estanqueïtat de la porta	A	M
Neteja i comprovació del vis sens fi d'alimentació del biocombustible i extracció de cendra	A	M
Neteja i comprovació de l'estat del cablejat i dels sensors	A	M
Verificació i estranyament de les connexions elèctriques	A	A
Verificació i ajust de la protecció tèrmica del motor ventilador	A	A
Verificació de les connexions de la posada a terra de la caldera i dels sistemes elèctrics per al transport del biocombustible	A	A
Verificació dels pilots de senyalització i substitució si s'escau	A	A
Verificació d'interruptors, contactors, relés i proteccions elèctriques	A	A
Verificació de l'estat i funcionament de la ventilació de la cambra de calderes	A	A

s: una vegada per setmana;

M: un cop per mes, el primer a l'inici de la temporada,

A: un cop per any, a l'inici de la temporada);

2A: dos cops per any, un a l'inici i l'altre a la meitat del període d'ús, sempre que hi hagi una diferència mínima de dos mesos entre ambdós

Programa de gestió energètica en equips de biomassa.

Taula 14. Programa de gestió energètica

Mesures de generadors de calor	Periodicitat		
	20 kW < P ≤ 70 kW	70 kW < P ≤ 1.000 kW	P > 1.000 kW
Temperatura o pressió del fluid portador en entrada i sortida del generador de calor	Cada 2 anys	3M	M
Temperatura ambient local o cambra de caldera	Cada 2 anys	3M	M
Temperatura dels gasos de combustió	Cada 2 anys	3M	M
Contingut en CO i CO ₂ en els productes de combustió	Cada 2 anys	3M	M
Índex d'opacitat dels fums combustibles sòlids o líquids i de contingut de partícules sòlides en combustibles sòlids	Cada 2 anys	3M	M
Tir en la caixa de fums de la caldera	Cada 2 anys	3M	M

M: una vegada al mes, la primera a l'inici de la temporada

Inspeccions periòdiques d'eficiència energètica per a generadors de calor de potència tèrmica nominal instal·lada igual o major de 20 kW.

La inspecció del generador de calor comprendrà els apartats següents:

- Anàlisi i avaluació del rendiment. En les successives inspeccions o mesures, el rendiment tindrà un valor no inferior a dues unitats respecte al determinat en la posada en servei.

Es realitzarà una inspecció completa de la instal·lació tèrmica quan la caldera tingui més de 15 anys d'antiguitat a comptar a partir de la seva data de fabricació, si la potència tèrmica nominal instal·lada és major a 20 kW. Aquesta inspecció comprendrà, com a mínim, les següents actuacions:

- Inspecció de tot el sistema relacionat amb l'exigència d'eficiència energètica.

- Inspecció del registre oficial de les operacions de manteniment per a la instal·lació tèrmica completa.
- Elaboració d'un dictamen amb la finalitat d'assessorar al titular de la instal·lació, proposant-li millores o modificacions de la instal·lació, per millorar l'eficiència energètica i contemplar la incorporació d'energia solar. Les mesures tècniques estaran justificades en base a la rendibilitat energètica, mediambiental i econòmica.

La periodicitat de les inspeccions d'eficiència energètica es resumeix en la taula següent.

Taula 15. Inspeccions d'eficiència energètica

Potència tèrmica nominal (kW)	Períodes d'inspecció
$20 \leq P \leq 70$	Cada 5 anys
$P > 70$	Cada 4 anys

9. Manipulació de cendres

Les cendres provinents de la biomassa directa de la fusta podran ser utilitzades com a fertilitzants o llençades a la brossa juntament amb residus orgànics, prèvia autorització del ministeri competent en la gestió dels residus.

En la taula següent es mostren els principals components de les cendres d'estelles de fusta.

Taula 16. Composició de les cendres d'estelles de fusta

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

La proporció aproximada de cendres en la fusta és d'entre l'1% i 5 % en pes (pellets i estelles, respectivament).

Document A: Declaració d'energia

La declaració d'energia de la instal·lació ha d'incloure com a mínim la informació sobre:

- Dades de la instal·lació.
- Característiques de la instal·lació.

Document A1

El projecte ha de recollir els següents punts bàsics:

1. Memòria descriptiva. Característiques de la instal·lació i del producte d'alimentació. Manipulació de les cendres. Rendiment de la caldera.
2. Plànols de situació i dels components de la instal·lació.
3. Justificatiu de càlculs, rendiment de la caldera, dimensionament del emmagatzematge, de la logística de subministrament del producte, del rendiment de la instal·lació.

Document A2

DECLARACIÓ DE QUALITAT I IDONEÏTAT DEL COMBUSTIBLE DE BIOMASSA
DADES DEL SUBMINISTRADOR Adreça del subministrador: Nom o raó social del titular: Registre de comerç i indústria: Telèfon : Email:
DADES DE LA INSTAL·LACIÓ Instal·lació amb número de registre: Adreça de la instal·lació: Nom o raó social del titular: Locals o edificis:
DECLARACIÓ Consultada la declaració d'energia de la present instal·lació de producció de calor amb biomassa i consultada la caracterització del/s combustible/s recomanats per dita instal·lació, l'empresa subministradora amb adreça: i número de registre de comerç i indústria: DECLARO que s'han lliurat Tn de combustible en biomassa del tipus i de qualitat / classe, amb idoneïtat a l'equip instal·lat i d'acord amb els Reglaments i disposicions vigents que l'afecten. a d d Signatura i segell de l'empresa nom i cognoms :

Document B: Principals tipus d'emmagatzematge

Tipus emmagatzematge	Tipus emmagatzematge	Sistema de càrrega de la sitja	Sistema d'alimentació de la caldera	Observacions
Prefabricat	Contenedor o tolba exterior	Pneumàtic	Cargol sinfín o sistema pneumàtic	Normalment s'utilitza en habitatges unifamiliars
	Sitja flexible	Pneumàtic o semiautomàtic	Cargol sinfín o sistema pneumàtic	Capacitat 2-5 tones. Per a habitatges o petits edificis (calderes < 40 kW). Pot ser de lona o polipropilè
	Dipòsit subterrani	Pneumàtic	Pneumàtic	Tan en vivendes unifamiliars com en grans instal·lacions
	Tolba o emmagatzematge integrat	Semiautomàtic	Semiautomàtic	Emmagatzematge integrat en la caldera. Petita mida (100-1.000 litres)
Obra (sala nova o adaptació d'una existent)	Amb sòl inclinat de 2 costats	Pneumàtic o càrrega directa per mitjà de trapa	Cargol sense fi o sistema pneumàtic	No necessita barrejador
	Amb sòl inclinat de 1 costat	Pneumàtic o càrrega directa per mitjà de trapa	Cargol sense fi o sistema pneumàtic	Barrejador fins a 25°. A major angle d'inclinació, major espai mort sota els costats inclinats
	Amb sòl horitzontal	Pneumàtic o càrrega directa per mitjà de trapa	Cargol sense fi o sistema pneumàtic	Sempre amb barrejador
		Càrrega directa	Semiautomàtic	Per a combustibles de mida o forma heterogènia difícils d'automatitzar (llenyes, briquetes)

Document C: Emmagatzematges prefabricats convencionals

Els emmagatzematges prefabricats estan dissenyats específicament per a combustibles de petita granulometria i estandarditzats, com els pellets i les estelles.

Contenidor o tolba exterior

És el sistema més raonable per a usuaris que disposin de poc espai. Gràcies a la dimensió del contenidor (fins a 3.000kg) s'aconsegueixen llargs períodes d'autonomia. Es situen al costat de l'edifici i la caldera, i permeten un transport modular senzill. Aquests sistemes són de fàcil instal·lació i no necessiten obra per adequar la sitja. El seu ompliment es realitza per mitjà d'un sistema pneumàtic i l'alimentació del combustible a la caldera pot ser també pneumàtica o per mitjà de vis sens fi.

Si no són adaptats per al tipus de biomassa a emmagatzemar, poden no complir tots els requisits d'un dipòsit de combustible idoni: facilitat d'ompliment, bona ventilació, etc.

Sitja flexible

Les mesures en planta de la sala on se situï la sitja flexible han de ser almenys 7-10cm més llargues que les de la sitja flexible i és necessària també una distància addicional de 30cm de separació entre la sitja i la paret per on entrarà el tub d'abastament.

L'alçada lliure de la cambra destinada a la sitja ha de ser com a mínim de 220cm.

La resistència al foc de les parets i del sostre de la cambra de muntatge de la sitja i de la cambra d'instal·lació de la caldera deuran estar en conformitat a la normativa vigent de construcció i antiincendi de locals.

A continuació es detalla el plànol en planta i alçat de la instal·lació d'una sitja flexible.

Figura 3. Dimensions de la cambra de la sitja flexible (planta)

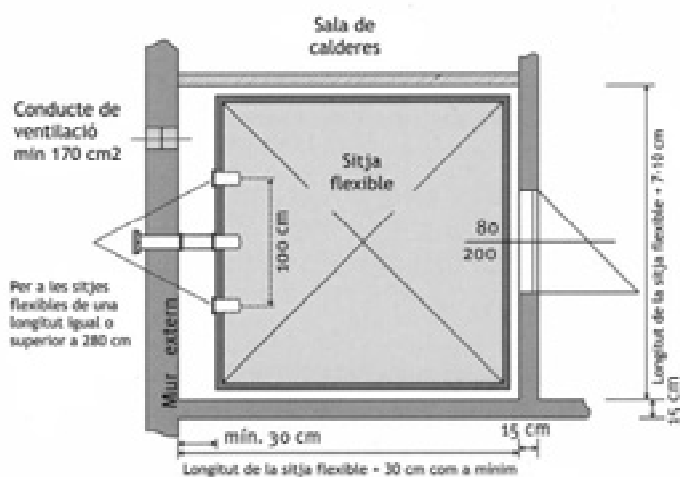
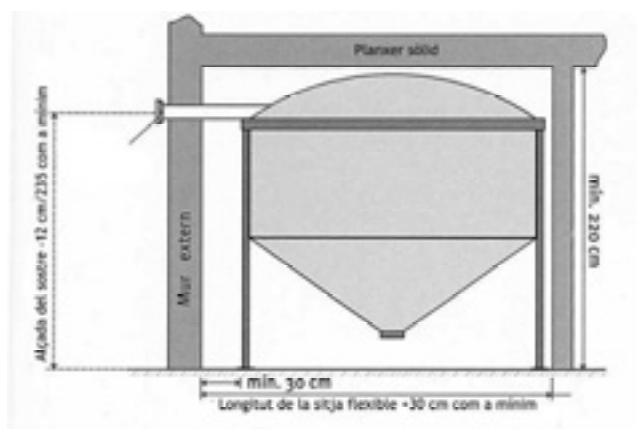


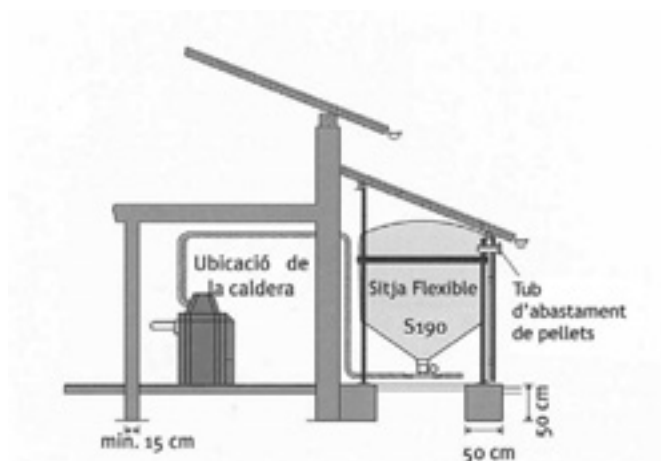
Figura 4. Dimensions de la cambra de la sitja flexible (alçat)



Aquest sistema és òptim en llocs en els quals hi hagi espai suficient per a la seva instal·lació. Poden ser de lona o polipropilè. La sitja està suportada per una estructura metàl·lica permeable a l'aire però no a la pols i connectada al terra per evitar descàrregues electrostàtiques. S'omple de biomassa per la part superior i la càrrega per a l'alimentació a la caldera és per la part inferior per mitjà d'un vis sense fi o un sistema pneumàtic. La capacitat d'aquestes sitges és d'entre 2 i 5 tones de combustible. Aquest tipus de magatzem té l'avantatge de poder utilitzar habitacles disponibles i adaptar-los de forma senzilla al magatzem.

Es pot instal·lar a l'interior o a l'exterior de l'edifici. Si la sitja està a l'interior, s'aconsella que el teixit no es recolzi contra parets humides. Per contra, si la sitja està a l'exterior és necessari protegir-la de la pluja i raigs ultraviolats. És necessari assegurar-se que el ferm pugui suportar el pes de la sitja plena i suportar el vent. Unes bases de 50 x 50 x 50cm en la base de cada pilar de la sitja flexible són suficients.

Figura 5. Sitja flexible ubicada a l'exterior



- *Dipòsit subterrani*

S'utilitza quan no hi ha espai suficient per l'emmagatzematge del combustible, situat a l'exterior de l'habitatge. Per mitjà d'un sistema pneumàtic o vis sens fi transporta la biomassa a la caldera. El dipòsit ha de ser resistent tant a la corrosió com al pas del temps. És recomanable que la connexió del tanc subterrani amb l'habitatge sigui estanca i que es faci per mitjà d'un tub corrugat, almenys a 300mm de profunditat respecte al nivell del sòl, pel qual passin tots els conductes del sistema.

Figura 7. Dipòsit pneumàtic per a pellets

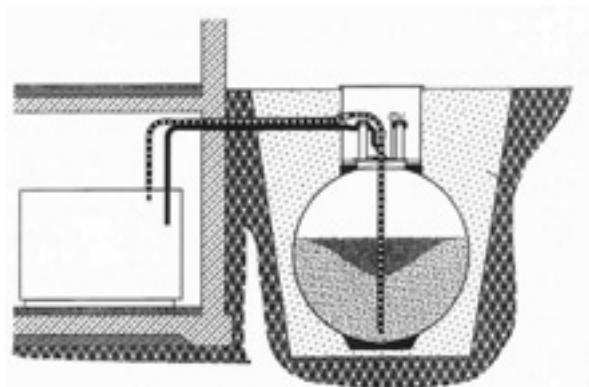
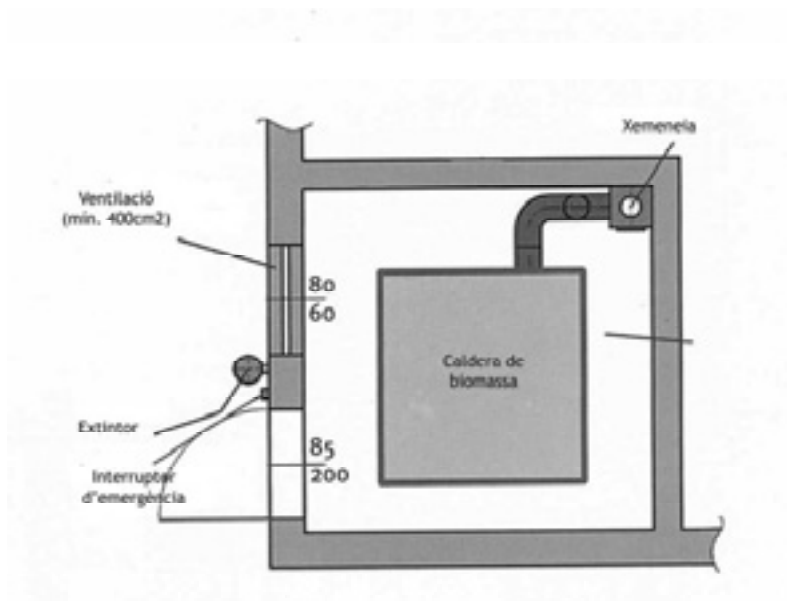


Figura 8. Dipòsit subterrani per a pellets

*Tolva o emmagatzematge integrat*

El seu principal avantatge és el poc espai que ocupa, juntament amb l'elevada integració amb la caldera. Es recomana el seu ús en el cas de no disposar de suficient espai per a un emmagatzematge independent. El principal inconvenient és la seva menor capacitat.

Figura 10. Emmagatzematge integrat en la caldera



Document D: Emmagatzematges d'obra convencionals*Amb sòl inclinat de dos costats*

Recomanable en sitges rectangulars en les quals el rascador no podria escombrar tota l'àrea de la sitja. Es col·loquen dos falsos sòls inclinats perquè el pellet es desplaci per gravetat fins el vis sens fi que transporta el combustible a la caldera o fins el sistema d'alimentació pneumàtica que permet que la sitja estigui situada fins a 30m de la caldera.

Figura 11. Emmagatzematge amb sòl inclinat de dos costats i vis sens fi en colze

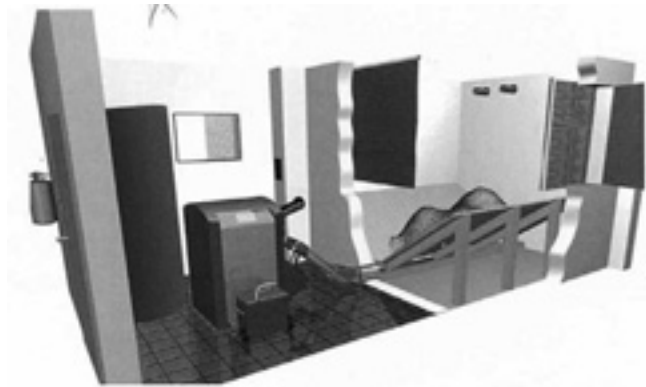
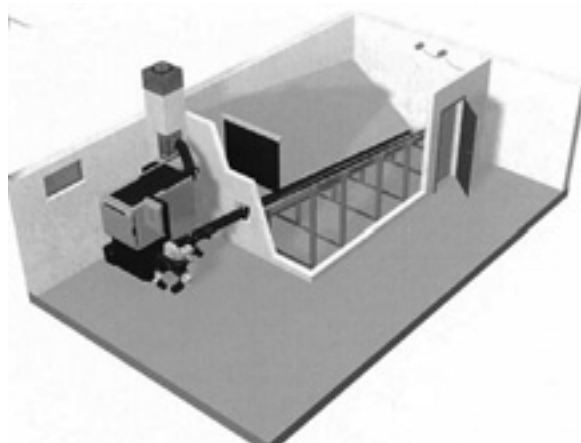


Figura 12. Emmagatzematge amb dos costats inclinats

*Amb sòl inclinat d'un costat*

Sistema idoni per a sitges quadrades. La inclinació del sòl determina la necessitat de rascadors. Una menor inclinació implica major espai d'emmagatzematge. A partir d'un cert angle d'inclinació no es poden utilitzar rascadors ja que es generen fortes irregularitats en el seu funcionament.

Figura 13. Emmagatzematge amb sòl inclinat d'un costat i vis sens fi recte

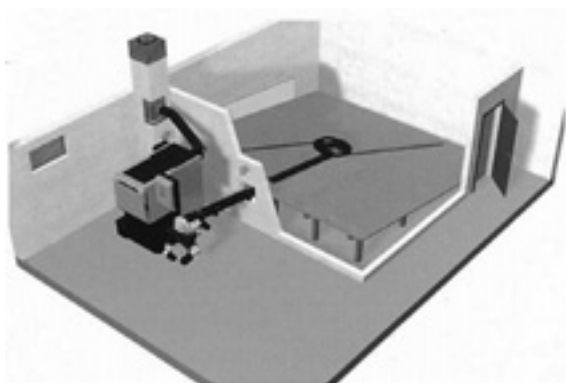
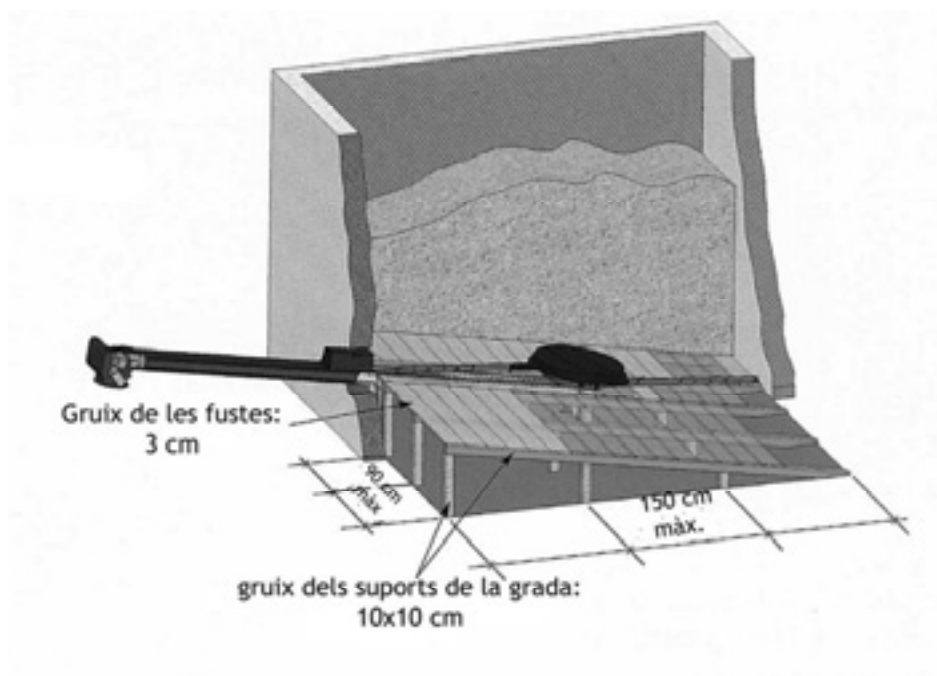
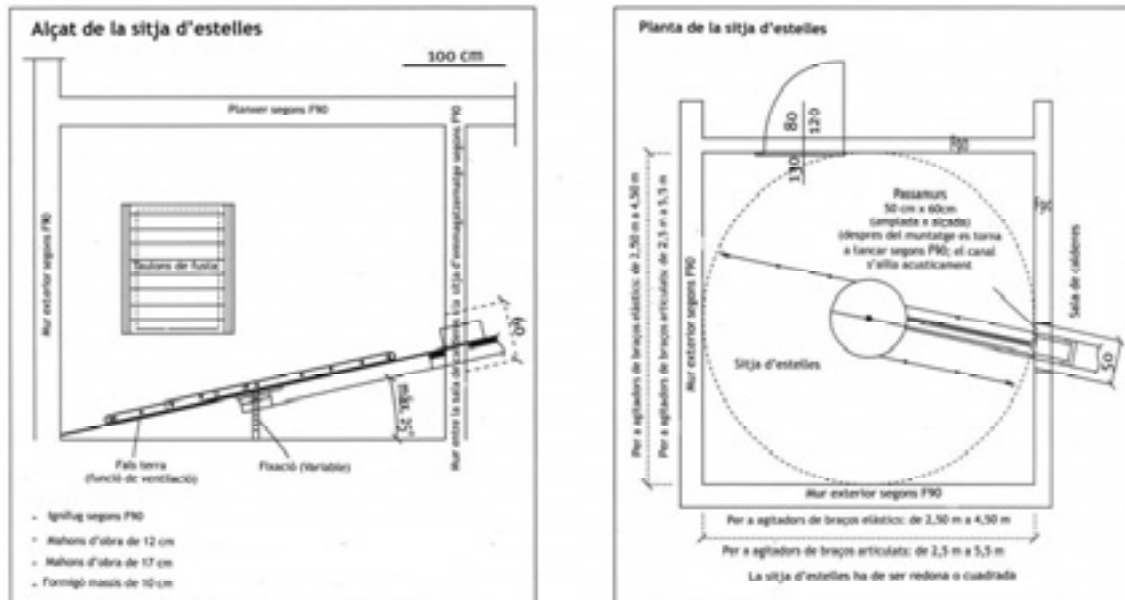


Figura 14. Emmagatzematge amb sòl inclinat



Amb sòl inclinat d'un costat i barrejador per estelles:

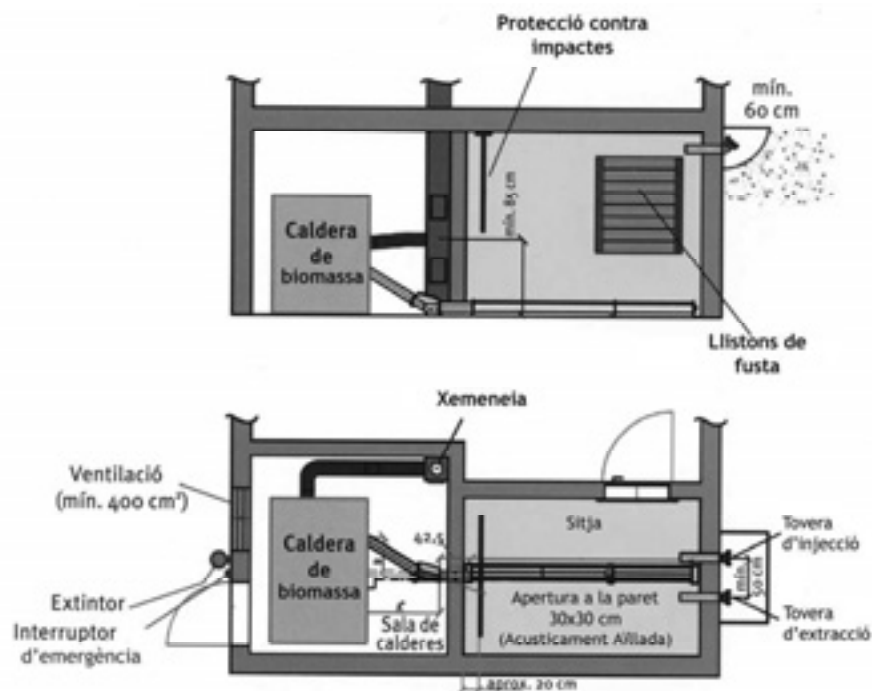
Figura 15. Sitja d'emmagatzematge amb un costat inclinat i agitador



Amb sòl horitzontal

És la millor opció quan es disposa de poc espai o el combustible té poca densitat. El sòl pla necessita de rascadors horitzontals hidràulics, el que suposa un major cost, però optimitza el volum de la sitja.

Figura 16: Sitja d'emmagatzematge amb sòl horitzontal



Document E: Aproximació al dimensionament de l'emmagatzematge

La taula 18 pot utilitzar-se per obtenir una primera aproximació sobre el volum útil de sitja necessària per cobrir la demanda d'energia tèrmica per a una temporada sencera o per a dues setmanes.

Com a rati estimatiu, per a 1 kW de potència instal·lada són necessaris al voltant de 200-500kg de pellets anuals, els quals equivalen a 900 kWh.

Taula 18. Volum d'emmagatzematge necessari per kW de potència instal·lada

Tipus biomassa	Densitat aparent (kg/m ³)	Poder calorífic (kJ/kg)	Volum combustible (m ³ /kW)	Volum sitja (m ³ /kW)			
				Sòl inclinat (1 o 2 costats)		Sòl horitzontal	
				Per temporada	Per setmana	Per temporada	Per setmana
Pellets	650	18.000	0,30	0,48	0,023	0,40	0,019
Estelles de fusta	250	13.000	1,10	1,77	0,084	1,44	0,069

Nota: s'ha considerat 1 temporada d'hivern de 1.500 hores

Taula 19. Àrea de la sitja per a una alçada de 2,5 m

Tipus biomassa	Àrea de la sitja per alçada de 2,50m (m ²)			
	Sòl inclinat (1 ó 2 costats)		Sòl horitzontal	
	Per temporada	Per setmana	Per temporada	Per setmana
Pellets de fusta	0,19	0,009	0,16	0,008
Estelles de fusta	0,71	0,033	0,58	0,027

Nota: s'ha considerat 1 temporada d'hivern de 1.500 hores

1.501,035

Els valors de les taules anteriors ja inclouen el sobredimensionament de la sitja en considerar dos factors molt importants:

- La possibilitat de carregar la sitja amb una cisterna sencera sense haver d'esperar que estigui completament buida.
- El desaprofitament d'espai sota dels costats inclinats. Tant en el cas d'un únic sòl com en el de dos, el volum d'emmagatzematge desaprofitat sota el fals sòl és similar, pel que la mida de la sitja necessària és la mateixa.

Per 1 temporada:

Fórmula 1: Volum d'emmagatzematge necessari per a qualsevol combustible per a una temporada completa

$$V_{\text{emm, horitzontal}} = \frac{4,7 \times 10^6}{\text{PCI} \times \rho_{\text{ap}}} V_{\text{emm, inclinat}} = \frac{5,8 \times 10^6}{\text{PCI} \times \rho_{\text{ap}}} V_{\text{emm, comb}} = \frac{3,6 \times 10^6}{\text{PCI} \times \rho_{\text{ap}}}$$

$V_{\text{emm, horitzontal}}$: Volum d'emmagatzematge de sòl horitzontal (m^3/kg)

$V_{\text{emm, inclinat}}$: Volum d'emmagatzematge de sòl inclinat (m^3/kg)

V_{comb} = Volum de combustible (m^3/kg)

PCI: Poder calorífic Inferior (kJ/kg)

ρ_{ap} : Densitat aparent (m^3/kg)

Nota: es considera 1 temporada = 1.500 hores (2 mesos)

Per 1 setmana:

Fórmula 2: Volum d'emmagatzematge necessari per a qualsevol combustible per a una setmana

$$V_{\text{emm, horitzontal}} = \frac{220 \times 10^3}{\text{PCI} \times \rho_{\text{ap}}} V_{\text{emm, inclinat}} = \frac{220 \times 10^3}{\text{PCI} \times \rho_{\text{ap}}} V_{\text{emm, comb}} = \frac{220 \times 10^3}{\text{PCI} \times \rho_{\text{ap}}}$$

$V_{\text{emm, horitzontal}}$: Volum d'emmagatzematge de sòl horitzontal (m^3/kg)

$V_{\text{emm, inclinat}}$: Volum d'emmagatzematge de sòl inclinat (m^3/kg)

V_{comb} = Volum de combustible (m^3/kg)

PCI: Poder calorífic Inferior (kJ/kg)

ρ_{ap} : Densitat aparent (m^3/kg)

Nota: es considera 1 temporada = 1.500 hores (2 mesos)

Document F: Mètode de càlcul de l'energia emmagatzemada

Per al coneixement de la quantitat d'energia emmagatzemada en la sitja, depenent del tipus de combustible i l'estat d'ompliment.

Per a qualsevol tipus de biomassa i sitja de sòl horitzontal:

Fórmula 3. Energia emmagatzemada en una sitja de sòl horitzontal

$$E = 0,77 \times PCI \times A_{\text{sitja}} \times h_{\text{comb}} \times \rho_{\text{ap}}$$

E: Energia emmagatzemada (kJ)

PCI: Poder Calorífic Inferior del combustible emmagatzemat (kJ/kg)

A_{sitja} : àrea de la sitja d'emmagatzematge (m^2)

h_{comb} : alçada que assoleix el combustible emmagatzemat en la sitja (m)

ρ_{ap} : densitat aparent del combustible emmagatzemat (kg/m^3)

Per a qualsevol tipus de biomassa i sitja d'un o dos costats inclinats:

Fórmula 4. Energia emmagatzemada en una sitja de sòl inclinat

$$E = 0,62 \times PCI \times A_{\text{sitja}} \times h_{\text{comb}} \times \rho_{\text{ap}}$$

E: Energia emmagatzemada (kJ)

PCI: Poder Calorífic Inferior del combustible emmagatzemat (kJ/kg)

A_{sitja} : àrea de la sitja d'emmagatzematge (m^2)

h_{comb} : alçada que assoleix el combustible emmagatzemat en la sitja (m)

ρ_{ap} : densitat aparent del combustible emmagatzemat (kg/m^3)

Document G: Emmagatzematges de càrrega pneumàtica

Les toveres en la sitja per càrrega pneumàtica han d'estar situades en la paret i almenys a 20cm del sostre.

La paret on s'ubiquin les toveres ha de ser la més curta de la sitja per aprofitar així millor l'espai d'emmagatzematge.

Es recomana que la paret que doni directament a l'exterior, per reduir el recorregut del combustible per la mànega, evitar el pas de mànegues per altres cambres de l'edifici i garantir una correcta extracció d'aire.

En cas que no sigui possible evitar el pas de la tovera per habitacions adjacents, s'ha de cobrir amb un aïllant acústic i una placa de protecció antiincendis.

La tovera d'ompliment ha d'estar situada al mig de la paret per garantir una màxima simetria en la càrrega de la sitja i entrar uns 30cm a la sitja per assegurar l'entrada del combustible en la direcció desitjada.

La tovera d'ompliment ha de ser més llarga que la de succió per prevenir curtcircuits del flux.

La tovera de succió ha d'estar alineada amb la superfície de la paret per l'interior.

Les toveres han de ser metàl·liques i estar connectades al terra per evitar l'aparició i els efectes de descàrregues electrostàtiques. A més, han de ser resistents a la corrosió i al pas del temps.

Garantir suficient espai lliure al voltant de la toma exterior de les toveres per que la connexió amb les mànegues no presenti problemes. Si les toveres estan situades en un pou de llum, les tomes exteriors han d'acabar en un colze cap a dalt per que siguin fàcilment accessibles.

Quan no sigui possible la disposició recomanada de la cambra per raons arquitectòniques, s'hauran d'adoptar solucions alternatives per optimitzar l'ompliment de la cambra com, per exemple, l'ompliment a l'ample amb dos mànegues o l'ompliment en diagonal d'una cambra en la qual solament es puguin situar les toveres en el lateral més llarg.

Figura 17. Muntatge de la tovera d'ompliment o injecció

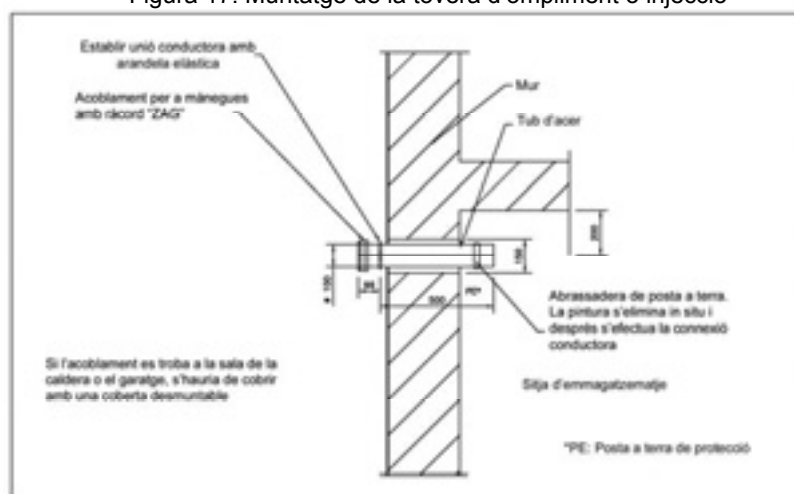


Figura 20: Muntatge de la tovera d'ompliments per a pous de llum

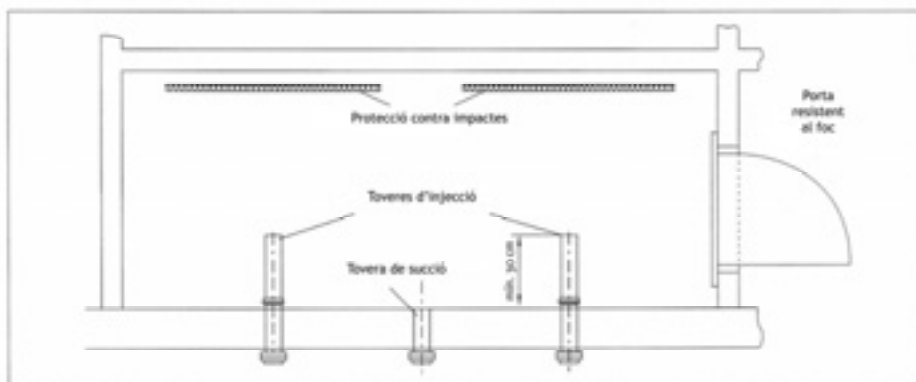


Figura 21: Sitja amb disposició de les toveres a l'ample

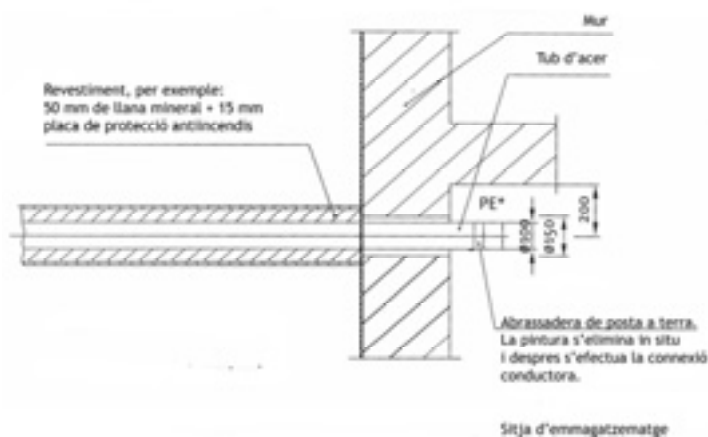
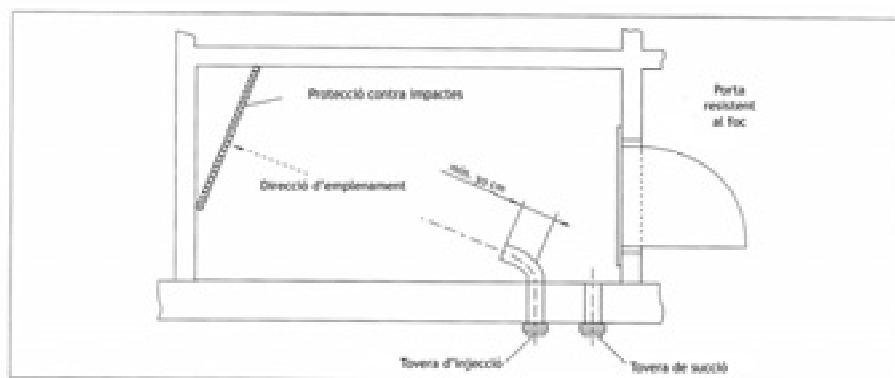


Figura 22. Sitja amb tovera en diagonal per a un millor ompliment de l'espai d'emmagatzematge



Document H: Propietats i disposició dels vis sens fi*Vis sens fi*

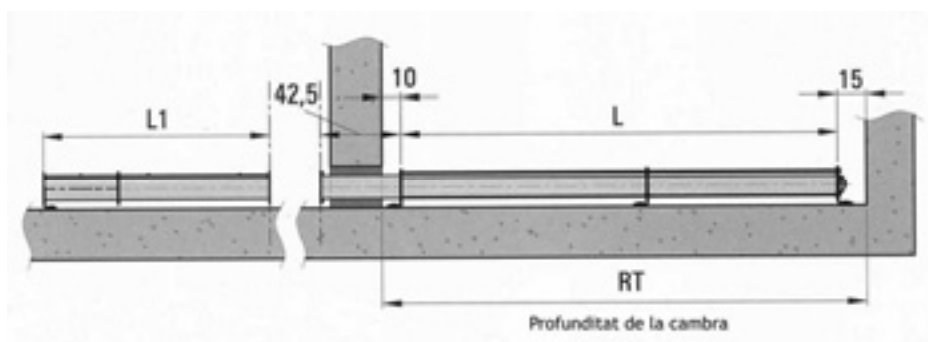
Propietats dels vis sens fi convencionals (rígids i en colze)	
Capacitat de transport (en horitzontal, per pellets) (kg/h)*	3.500 - 18.000
Longitud màxima de transport (m)	25 - 20
Diàmetre exterior del tub (mm)	100 - 200
Material de la paret del tub	Acer galvanitzat
Gruix de la paret del tub	1,5 - 2

Per a pendents de 45° la capacitat de transport és un 30% menor

Taula 20: Propietats dels vis sens fi convencionals

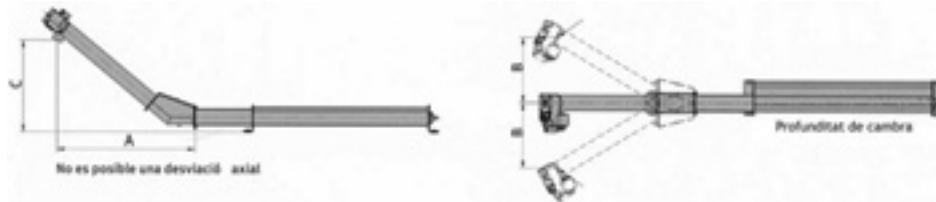
Vis sens fi rígid

Figura 23: Esquema de la possible col·locació del vis sens fi rígid



Vis sens fi en colze

Figura 24: Esquema de la possible col·locació del vis sens fi en colze

*Vis sens fi flexible*

Taula 21. Característiques del vis sens fi flexible

Propietats del vis sens fi flexible	
Capacitat de transport (en horitzontal, per a pellets)* (kg/h)	1.400 - 4.500
Longitud màxima de transport (m)	60 - 35
Diàmetre exterior del tub (mm)	75 - 125
Material de la paret del tub	PVC o acer galvanitzat
Gruix de la paret del tub (mm)	3,6 - 6
Diàmetre exterior de la espiral (mm)	60 - 100
Pas de la espiral (mm)	40 - 70

*Per a pendent de 45° la capacitat de transport és un 30% menor

Document I: Càlcul de ventilacions per a cambres de calderes

Recomanacions per al càlcul de ventilacions:

1. Ventilació natural directa per orificis

La ventilació natural directa a l'exterior pot realitzar-se (per a cambres contigües a zones a l'aire lliure) mitjançant obertures d'àrea lliure mínima de 5cm² per cada kW de potència tèrmica nominal.

Es recomana més d'una obertura en diferents façanes i a diferents alçades de forma que es creïn corrents d'aire que afavoreixin la ventilació de la cambra.

La fórmula per al càlcul de l'àrea mínima de ventilació admet uns valors en funció del tipus de ventilació:

Fórmula 5. Àrea mínima en ventilació directa per conducte vertical

$$A_{\text{lliure, mín}} = n \times PN$$

$A_{\text{lliure, mín}}$: Àrea mínima de ventilació (cm²)

PN: Potència nominal instal·lada (kW)

n: Coeficient (cm²/kW) amb valor "5" per a ventilació natural directa per orificis

2. Ventilació natural directa per conducte

Per a cambres que no siguin contigües a l'aire lliure, però puguin comunicar-se amb aquesta per mitjà de conductes de menys de 10 m de recorregut horitzontal, la secció lliure mínima d'aquests conductes, referida a la potència tèrmica nominal instal·lada, es calcularà utilitzant els següents valors del coeficient "n" per ventilació natural per conducte:

- 7,5 cm²/kW per ventilació natural directa per conducte vertical.

- 10 cm²/kW per ventilació natural directa per conducte horitzontal.

Les seccions indicades es dividiran en dos obertures, com a mínim, una situada prop del sostre i l'altra prop del sòl i, si és possible, en parets oposades.

Document J: Emissions contaminants

Els productes de la combustió han de complir els requeriments mediambientals que limiten els valors màxims de les emissions contaminants i en el seu defecte la norma europea UNE-EN-303-5, referent a les emissions en funció de la potència de les calderes, estableix la següent classificació:

Taula 22: Límits d'emissions per a calderes de diferents tipus de biomassa i potències

Potència nominal (kW)	Límit d'emissions								
	CO (mg/m ³ en 10% O ₂)			COV ⁽¹⁾ (mg/m ³ en 10% O ₂)			Partícules (mg/m ³ en 10% O ₂)		
	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 1	Classe 2	Classe 3	Classe 1	Classe 2	Classe 3
< 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

⁽¹⁾COV: Compostos orgànics volàtils

Les dades incloses en la norma UNE-123-001 de 1994, de caràcter indicatiu, assenyalen els següents valors per a la temperatura dels gasos de combustió per sortida de xemeneia.

Potència de la caldera	Temperatura de gasos de combustió
10 kW	240°C
100 kW	230°C
1.000 kW	210°C

ANNEX NÚM. 3

**INSTAL·LACIÓ D'EQUIPS DE PRODUCCIÓ DE CALOR MITJANÇANT
ENERGIA GEOTÈRMICA DE MOLT BAIXA ENTALPIA**

Índex

1. Definició
2. Tipus d'energia geotèrmica i aplicacions
3. Àmbit d'aplicació
4. Geotèrmia de molt baixa entalpia
5. Sistemes de captació
6. Tipus de captadors
7. Captadors horitzontals enterrats
8. Captadors verticals o sondes geotèrmiques
9. Captadors verticals en aigües freàtiques
10. Espais protegits i aqüífers existents
11. Afectacions al medi ambient
12. Elaboració de sondejos amb torre
13. Bombes de calor per geotèrmia
14. Manteniment
15. Autoritzacions administratives
16. Projecte energètic de la instal·lació i certificat final d'obra

1. Definició

L'energia geotèrmica solar és l'energia emmagatzemada en forma de calor per l'escorça terrestre d'una part important de l'energia que prové del sol.

La gran massa de la terra fa que la temperatura del subsòl, a partir d'uns 2 m de profunditat, es mantingui pràcticament constant durant tot l'any.

Aquesta temperatura de fet només varia en funció de les característiques del tipus de terreny i la radiació solar pròpia de la zona.

Així, hom pot considerar el subsòl a petites profunditats com una font de calor (energia) totalment renovable i inesgotable.

Engloba la calor emmagatzemada en roques, terres i aigües subterrànies, sigui quina sigui la seva temperatura, profunditat i procedència.

Aquesta calor es massa difusa per ser extreta directament, per tant, és necessari disposar d'un fluid, generalment aigua, per transportar aquesta calor fins a la superfície mitjançant un sistema adient de captació.

Una vegada s'ha extret a la superfície, aquest fluid geotermal, en funció del seu contingut de calor, s'aprofitarà mitjançant intercanviadors o equips de bombes de calor geotèrmiques.

2. Tipus d'energia geotèrmica i aplicacions

Les aplicacions del fluid geotermal depenen del contingut de la calor, o el que és el mateix, de l'entalpia.

L'entalpia és la quantitat d'energia tèrmica que un fluid o un objecte pot intercanviar amb el seu entorn. S'expressa en kJ/kg o en kcal/kg.

S'estableixen les categories següents, segons la seva entalpia:

Alta temperatura: més de 150°C

Una temperatura superior a 150°C del fluid geotermal permet transformar directament el vapor d'aigua en energia elèctrica.

Mitja temperatura: entre 90°C i 150°C

Permet produir energia elèctrica utilitzant un fluid d'intercanvi, que és el que alimenta les grans centrals.

Baixa temperatura: entre 30°C i 90°C.

El seu contingut en calor és insuficient per produir energia elèctrica. Però és l'adient per a calefacció d'edificis o en determinats processos industrials i agrícoles, directament.

Molt baixa temperatura: menys de 30°C.

És la més utilitzada per a calefacció i climatització. Necessita el complement de bombes de calor dissenyades exclusivament per aprofitar aquest tipus d'energia.

3. Àmbit d'aplicació

L'aplicació d'aquest annex afecta les instal·lacions de geotèrmia de molt baixa temperatura o de molt baixa entalpia.

4. Geotèrmia de molt baixa entalpia

L'energia geotèrmica de molt baixa entalpia basa les seves aplicacions en la capacitat del subsòl d'acumular calor i de mantenir una temperatura sensiblement constant a una determinada profunditat al llarg de tot l'any. El seu rendiment pot ser molt divers, depenent de la temperatura.

Es calcula la temperatura del subsòl segons la funció F, com ara:

$$T_{sp} = F (T_{ss} * x * k * C_e * t)$$

T_{sp} = Temperatura del sòl a una determinada profunditat.

T_{ss} = Temperatura del sòl en superfície. És la temperatura mitjana resultant de les diverses temperatures del sòl segons les diverses èpoques de l'any.

x = Profunditat sota la superfície.

k = Conductivitat tèrmica del terreny.

C_e = Calor específica del terreny.

t = Temps d'intercanvi de calor.

Les aplicacions depenen de la temperatura del terreny, de la capacitat de transmetre o absorbir i de la calor que absorbirà o cedirà l'espai que cal climatitzar.

Aquesta calor és conduïda, des del terreny o fins al terreny per un agent intercanviador de calor, un fluid amb unes característiques especials com el seu baix punt de congelació i la seva capacitat de mantenir la calor.

Les temperatures del subsòl no poden excedir dels 30°C, les més comunes oscil·len en el rang comprès entre els 10°C i els 18°C. Per tant, la forma d'augmentar la temperatura del fluid d'intercanvi de calor procedeix d'una font d'energia aliena mitjançant l'ús d'una bomba de calor.

5. Sistemes de captació

Els elements de captació de la calor geotèrmica i els captadors amb la funció d'intercanviadors de calor primaris són molt importants per al rendiment futur del sistema, més marcat encara en el cas de la refrigeració.

Per dimensionar correctament aquest captadors s'han de considerar dos factors:

El material

Del tipus PVC o de la família dels propilens PE, amb una bona conducció de la calor juntament amb una gran flexibilitat per facilitar la instal·lació.

Temps i superfície de contacte entre l'element intercanviador i el terreny.

Com més temps de intercanvi menys superfície, i al contrari.

Aquesta longitud es calcula en funció (F) de la calor capaç d'absorbir o cedir el terreny, de les temperatures del sòl i del fluid intercanviador, de la resistència tèrmica del terreny i de les característiques conductives del material del qual està compost el tub captador.

$$L_{cap} = F (Q, T_s, T_f, Cap, R_s)$$

Lcap = Longitud del captador de calor (superfície/temps de contacte).

Q = Calor que cal dissipar o que cal captar per al terreny.

Ts = Temperatura del sòl.

Tf = Temperatura del fluid d'intercanvi.

Cap = Morfologia i tipus del material captador.

Rs = Resistència tèrmica del terreny (inversa de la conductivitat tèrmica).

6. Tipus de captadors

L'objectiu fonamental d'aquest tipus de captadors és proporcionar el focus fred necessari per a les futures bombes de calor.

Els captadors podran ser horitzontals o verticals en funció de la necessitat de cada cas.

7. Captadors horitzontals enterrats

Es considera com a captador horitzontal el tub estès al llarg del terreny i soterrat a partir de 0,80 metres de profunditat, on la temperatura es manté pràcticament constant.

Aquests captadors han d'utilitzar una superfície de terreny de com a mínim 1,5 vegades la superfície que s'ha de climatitzar.

En el moviment de terres originat, el volum excavat s'ha d'utilitzar com a reomplert.

Qualsevol terreny natural és vàlid per utilitzar col·lectors horitzontals, llevat de terrenys rocosos i terrenys amb asfalt o paviment o altres elements que impedeixin l'aportació energètica del sol.

La utilització d'aquests captadors determina restriccions en la utilització posterior del terreny, com ara:

- Plantacions d'arbres o qualsevol altre tipus de vegetació que les arrels puguin trencar els col·lectors.
- Implantació de futurs serveis que hagin de travessar el subsòl (STA, FEDA, desguassos i similars).

El fluid caloportador utilitzat ha d'incorporar anticongelant de grau suficient per garantir les condicions extremes de la zona.

Distàncies que cal respectar.

S'ha de mantenir una distància mínima de separació respecte al límit de la propietat i les edificacions de com a mínim 2 metres.

8. Captadors verticals o sondes geotèrmiques

Davant la impossibilitat de disposar d'un terreny suficient per estendre els captadors horitzontals o per poder millorar les condicions de captació del terreny, entre altres es pot optar per una instal·lació de captadors vertical.

Pous o sondejors.

Per fer una instal·lació vertical s'han d'elaborar pous o sondejors en què els tubs captadors s'introdueixin dins d'aquestes perforacions i es converteixin en sistemes de captació que s'anomenen sondes geotèrmiques.

La col·locació del tub protector dins dels pous o sondejors és obligatori als primers 6 metres de profunditat per garantir l'estabilitat, perquè es tracta de la zona més alterada i inestable del terreny.

Si es perfora en terrenys d'una duresa elevada, els tubs han de penetrar 2 metres en la roca. En cas de perforar en terrenys de poca consistència s'ha d'assegurar l'estabilitat dels sondejors, mitjançant la justificació corresponent, que s'ha d'incloure dins la documentació del projecte energètic de la instal·lació o la declaració d'energia de la instal·lació, segons correspongui.

Els tubs d'acer de revestiment han de tenir un espessor mínim de 5 mm, segons la norma de tubs DIN 1626. La unió entre aquests tubs ha de ser hermètica i resistent a la pressió de treball. La unió entre el tub envoltant i la roca ha de ser hermètica.

En tot cas, el sondeig s'ha d'omplir de material que permeti una transmissió fluida de la calor als tubs captadors i a la vegada la circulació possible de l'aigua que hi pugui haver al terreny, a causa dels nivells freàtics a poca profunditat o les aigües someres procedents de filtracions pluviomètriques.

La presència d'aigua dins els sondejors augmenta considerablement la capacitat de transmissió de la calor geotèrmica i incrementa el rendiment de la bomba de calor.

En cas de manca d'aigua en el sondeig, s'ha de reomplir de grava i sorres permeables per incrementar la conductivitat tèrmica.

També es pot acceptar un reomplert de formigó amb bentonita o altres materials de característiques similars, si aquest reomplert es fa en qualsevol cas des de la part inferior del pou.

No es poden fer perforacions superiors a 200 metres. Les profunditats recomanables de captació oscil·len entre els 80 m fins als 125 m.

Distàncies que cal respectar.

S'ha de respectar una distància mínima de separació entre perforacions de 6 metres.

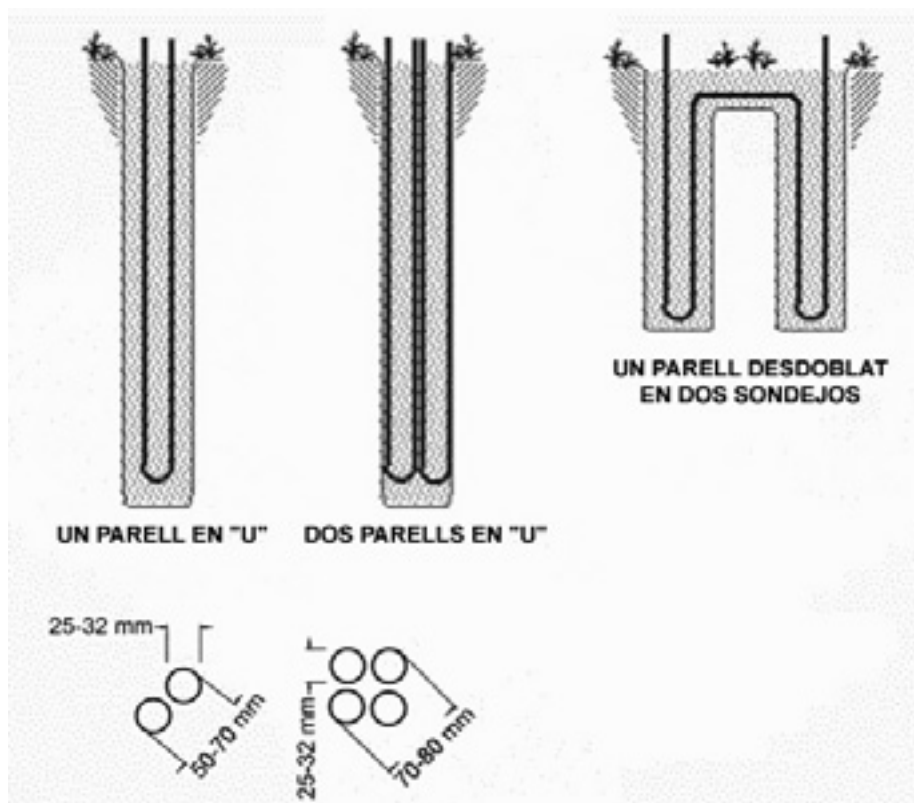
S'ha de respectar una distància mínima al límit de la propietat de 4 metres per preveure la interferència amb sondes veïnes.

Les perforacions s'han de situar, en cas de reformes en què no es conegui la situació dels fonaments, a una distància mínima de 4 metres de la construcció.

Tubs captadors.

Un cop finalitzat el sondeig s'ha d'introduir el tub captador homologat per garantir les característiques físiques i mecàniques i un elevat grau d'intercanvi tèrmic.

Figura. 1 Seccions de sondejos geotèrmics i de tubs captadors en "U" i doble "U"



La figura 1 mostra els tubs captadors que poden ocupar l'interior del sondeig, on les sortides s'han de connectar al circuit primari de les bombes de calor. També és el cas de les dimensions i l'espaiat dels tubs captadors. Als sondejors de diàmetre 150 mm, es poden col·locar un màxim de 4 parells de tubs en "U".

En cas que hi hagi més d'una perforació s'han de regular els cabals de cada tub captador de forma que cada perforació capti la mateixa energia i es disposi d'un camp de captació energètica equilibrat. Aquesta regulació s'ha d'especificar en els càlculs del projecte energètic de la instal·lació.

Els tubs dels col·lectors han de ser de polietilè completament soldats segons SIS 3326 o equivalent, amb un colze de retorn de fabricació industrial.

Les unions del tub han de ser sempre electrosoldades per assegurar una unió perfecta entre els diversos elements de la instal·lació.

Els tubs s'han d'introduir plens del fluid caloportador, amb una pressió suficient per contrarestar la pressió existent al fons del sondeig.

Un cop el tub del col·lector estigui ple del fluid caloportador, s'ha de fer una prova de càrrega entre 3 i 5 bars per detectar possibles fuites.

La rasa que condueix els col·lectors fins a l'habitatge s'ha de reomplir amb material seleccionat que no pugui malmetre els tubs i senyalitzar-los a 40 cm per sobre.

Abans de la bomba de calor la instal·lació ha de portar un vas d'expansió amb una vàlvula de seguretat tarada a 1,5 bars, una vàlvula d'ompliment amb filtre incorporat i una regulació de cabals si la perforació es múltiple.

En general, les sondes verticals presenten més nivells de conductivitat tèrmica, per tant la longitud dels captadors és menor a les sondes geotèrmiques verticals que als captadors horitzontals, per a les mateixes necessitats energètiques. Així mateix els rendiments per refrigeració són superiors a les sondes verticals.

Un dels paràmetres claus en el dimensionat d'una sonda geotèrmica és la potència d'extracció de calor per metre lineal de sonda, i varia, generalment, entre 20 i 70 W/m. Aquest valor de la instal·lació s'ha de detallar i justificar a nivell de càlculs del projecte energètic de la instal·lació i de la declaració d'energia de la instal·lació.

El fluid caloportador.

El fluid caloportador (aigua + anticongelant) ha de tenir una concentració de tal manera que garanteixi una temperatura mínima de congelació fins a -20 °C.

S'ha de respectar la relació d'un litre de solució anticongelant al 20% de propilè, glicol, o similar per cada metre de canonada de col·lector geotèrmic.

9. Captadors verticals en aigües freàtiques

Es poden utilitzar les aigües freàtiques com a font de calor a temperatura constant. En aquest sistema no ha de circular sempre el mateix fluid per dins el captador, el circuit ha de ser obert.

Es pot utilitzar l'aigua d'un pou, d'un llac, o un corrent d'aigua soterrània com a fluid per absorbir o cedir calor al sistema; després d'utilitzar-la s'ha de retornar al medi.

Si el terreny és suficientment permeable, es pot explotar la capa freàtica mitjançant un sondeig de producció, amb una bomba submergida que ha de conduir l'aigua a la bomba de calor, i una vegada extreta l'energia i refredada s'ha de retornar a la capa freàtica.

Per evitar el refredament continu de l'aigua soterrània, la producció i la restitució de l'aigua s'han de realitzar aigües amunt i avall, respectivament.

S'ha de justificar pel que fa als càlculs del projecte energètic i de la declaració d'energia de la instal·lació el cabal mínim en m³/h en funció de la potència calorífica en Kw.

Per explotar aquestes aigües s'han de perforar almenys dos pous d'extracció i d'injecció en els quals es facin assajos hidràulics per comprovar que no s'interfereixin hidràulicament i tèrmicament.

Els assajos de qualitat de l'aigua s'han de fer cada 3 anys per controlar-ne el contingut, amb l'objectiu d'evitar problemes de corrosió i tamponament de tubs i conduccions al llarg dels anys.

El projecte energètic de la instal·lació ha d'anar acompanyat de les autoritzacions corresponents per captar i abocar les aigües, segons l'última publicació de la Llei de policia i protecció de les aigües, aprovada pel Consell General.

10. Espais protegits i aqüífers existents

D'acord amb aquest annex, no es poden fer sistemes de captació en espais protegits.

En els sistemes oberts és necessari presentar un estudi hidrogeològic dels aqüífers de la zona per determinar l'evolució de l'impacte tèrmic associat al seu funcionament, sobre els aqüífers existents.

11. Afectacions al medi ambient

S'han d'analitzar i detallar les possibles afectacions al medi ambient, sobretot els riscos que es poden ocasionar com a conseqüència del vessament del fluid caloportador escollit.

Pel que fa al projecte energètic de la instal·lació i de la declaració d'energia de la instal·lació, s'han de justificar les mesures preventives, correctores i compensatòries de la possible afectació.

12. Elaboració de sondejos amb torre

Torre de sondejos.

Cada torre s'ha d'ajustar a les condicions del sondeig que cal fer.

L'equip contra incendi de les instal·lacions de sondejos serà el necessari per apagar qualsevol incendi que es pugui produir.

La plataforma de treball de la persona encarregada de la unió dels tubs ha d'estar degudament assegurada a la torre, comprovant a cada muntatge les condicions de fixació.

Aquest operari ha de portar cinturó de seguretat a cada moment.

Equip de perforació.

Tots els elements de l'equip de perforació com ara bombes, calderins, etc., han de complir amb les especificacions reglamentàries del seu país d'origen.

L'equip d'injecció ha de tenir unes característiques suficients per poder suportar una pressió doble a la del treball.

Les claus de potència han de portar les unions corresponents per cada torre, i han de ser dimensionades en funció del treball especial que se'ls requereixi.

S'ha de disposar de contrapesos per facilitar-ne la manipulació, amb el corresponent dispositiu de seguretat que n'eviti la caiguda en cas de ruptura del cable que aguanta les claus.

S'han de respectar i no s'han de perjudicar les canalitzacions o conduccions subterrànies existents en el desplaçament de l'equip perforador.

L'equip perforador s'ha de mantenir a una distància de seguretat mínima de 10 metres respecte de qualsevol línia elèctrica.

Cable del cabestrell principal.

Els equips de potència superior a 50 kW han de disposar d'un llibre de registres on hi han de figurar les característiques del cable del cabestrell principal, les revisions del mateix cable i altres incidències.

La longitud del cable s'ha de calcular en funció de l'altura de la torre i del diàmetre del tambor del cabestrell.

La càrrega màxima admissible del cable principal ha de ser la cinquena part de la càrrega de ruptura.

13. Bombes de calor per geotèrmia

Una bomba de calor geotèrmica és un equip que aprofita les propietats de la geotèrmia, és més eficient que una bomba de calor convencional, i per tant consumeix menys energia i estalvia més.

Són equips que poden generar calor i fred. Durant els mesos d'hivern s'extreu la calor del sòl per introduir-la dins l'habitatge, mentre que a l'estiu permet invertir el cicle i extreure la calor de l'habitatge per retornar-la al sòl, obtenint així una climatització durant tot l'any.

La bomba de calor ha de tenir bombes de recirculació, sensors i un ordinador de control que garanteixi la qualitat de la instal·lació.

Com que no hi ha cap tipus de combustió, l'equip no necessita cap sistema de ventilació.

El local on s'ubiqui aquesta bomba de calor ha de disposar d'unes dimensions adients per preveure que els espais requerits de servei i manteniment al voltant de l'equip facin un mínim de 80 cm davant l'equip i un mínim de 50 cm pels laterals, així com la separació adient entre equips en el cas d'instal·lacions integrades per més d'un equip productor d'aigua de calefacció o refrigeració.

El rendiment de la bomba de calor és en funció de la temperatura del recurs geotèrmic, però com a mínim l'eficiència ha de ser el doble de l'energia útil obtinguda, per tant els coeficient internacional acceptat (COP) ha de ser superior al 2, tant en fred com en calor, i independentment de l'època de l'any.

14. Manteniment

Cal establir un contracte de manteniment amb una empresa mantenidora o un mantenidor competent i degudament autoritzat per dur a terme el següent:

- controlar una vegada a l'any, concretament a principi d'hivern, la proporció d'anticongelant en el circuit primari (sondes i col·lectors geotèrmics) per protegir la instal·lació contra la congelació en casos extrems de funcionament.
- netejar dos vegades a l'any els filtres dels circuits hidràulics integrants de l'equip (circuit primari i secundari).
- controlar un cop a l'any que el fluid caloportador inclogui una mescla d'anticongelant suficient per assegurar el funcionament fins a -20 °C i assegurar el funcionament correcte del condensador de la bomba de calor en condicions extremes.

15. Autoritzacions administratives

Una instal·lació geotèrmica de baixa entalpia destinada a dotar de climatització i ACS els habitatges ha de satisfer els requeriments administratius següents:

15.1. Captació horitzontal

Presentació de la Declaració d'energia de la instal·lació al ministeri competent en energia una vegada finalitzada la instal·lació (document A).

15.2. Captació vertical

Presentació del projecte energètic de la instal·lació i el corresponent certificat de final d'obra al ministeri competent en energia una vegada finalitzada la instal·lació, i especificar-hi la conformitat al projecte autoritzat.

15.3. Per captació vertical en aigües freàtiques:

Presentació del projecte energètic de la instal·lació i el corresponent certificat de final d'obra al ministeri competent en energia una vegada finalitzada la instal·lació, i especificar-hi la conformitat al projecte autoritzat.

16. Projecte energètic de la instal·lació i certificat final d'obra

El projecte ha de recollir els punts bàsics següents:

16.1. Memòria descriptiva

- Objecte del projecte.
- Emplaçament geogràfic. S'ha d'indicar la localitat, la situació respecte al casc urbà, la parcel·la, els espais protegits, els vials, els accessos, els túnels...
- Geologia de la zona. S'ha de recollir una caracterització de la zona.
- Perforacions que cal fer. S'ha d'indicar el tipus de perforació, les cotes, les característiques dels anticongelants i dels col·lectors, i les intubacions que siguin necessàries.
- Característiques dels col·lectors. Tipus, dimensions, materials, ubicació, distàncies de seguretat, etc.
- Aqüífers existents. S'ha d'indicar expressament el tipus d'espai en què es farà la instal·lació, així com els aqüífers de la zona que puguin quedar afectats.
- Possibles afectacions al medi ambient. S'han d'incloure les mesures preventives, correctores i compensatòries. També s'han de considerar els possibles riscos que es puguin identificar ocasionar com a conseqüència de l'ús del fluid caloportador escollit.
- Vigilància i seguiment ambiental.
- Identificació del projectista i la direcció facultativa.

16.2. Plànols

S'han d'incloure con a mínim els plànols següents:

- Plànol de situació. Per localitzar la parcel·la i que s'apreciïn els elements d'interès circumdants, com ara accessos, túnels, parcel·les circumdants, instal·lacions de servei, etc.
- Plànol general. On es localitzin les perforacions respecte a la resta d'elements de la parcel·la i altres serveis circumdants, com ara dipòsits de gas, canalitzacions de l'STA, FEDA, del comú.
- Columnes de les perforacions. On s'indiquin els terrenys entravessats durant els treballs.
- Detalls constructius. Revestiments, intubacions, captadors, cimentacions...

16.3. Justificatiu de càlculs.

- Rendiment mínim de la bomba de calor en funció de la temperatura del recurs geotèrmic.
- Potència d'extracció de calor per metre lineal de sonda.
- Cabal mínim en m³/h de la instal·lació en funció de la potència calorífica en Kw.
- Estudi hidrogeològic.

Document A

La declaració d'energia de la instal·lació ha d'incloure com a mínim la informació sobre:

- Dades de la propietat
- Emplaçament i dades generals de la instal·lació
- Dades de l'empresa instal·ladora
- Característiques principals

ANNEX NÚM. 4

**INSTAL·LACIÓ D'EQUIPS DE PRODUCCIÓ DE CALOR DE BAIXA
TEMPERATURA MITJANÇANT LA RADIACIÓ SOLAR**

*ÍNDEX**1. Disposicions generals*

- 1.1. Definició
- 1.2. Àmbit d'aplicació
- 1.3. Criteris d'eficiència energètica
- 1.4. Protecció del paisatge urbà
- 1.5. Projecte energètic
- 1.6. Declaració de la instal·lació energètica

2. Requisits generals de la instal·lació

- 2.1. Fluid de treball
- 2.2. Protecció contra les gelades
- 2.3. Sobreescalfaments
 - 2.3.1. Protecció contra els sobreescalfaments
 - 2.3.2. Protecció contra les cremades
 - 2.3.3. Protecció dels materials i components contra les temperatures altes
- 2.4. Resistència a la pressió
- 2.5. Prevenió del flux invers
- 2.6. Prevenió de la legionel·losi

3. Criteris generals de disseny

- 3.1. Dimensionat i càlcul
 - 3.1.1. Dades de partida
 - 3.1.2. Dimensionat bàsic
- 3.2. Disseny del sistema de captació
 - 3.2.1. Generalitats
 - 3.2.2. Orientació, inclinació, ombres i integració arquitectònica
 - 3.2.3. Connexions
 - 3.2.4. Estructura de suport
- 3.3. Disseny del sistema d'acumulació solar
 - 3.3.1. Generalitats
 - 3.3.2. Situació de les connexions
 - 3.3.3. Diversos acumuladors
 - 3.3.4. Sistema auxiliar en l'acumulador solar
- 3.4. Disseny del sistema d'intercanvi
- 3.5. Disseny del circuit hidràulic
 - 3.5.1. Generalitats

- 3.5.2. Canonades
- 3.5.3. Bombes de circulació
- 3.5.4. Vasos d'expansió
 - 3.5.4.1. Vasos d'expansió oberts
 - 3.5.4.2. Vasos d'expansió tancats
- 3.5.5. Purgadors d'aire
- 3.5.6. Drenatge
- 3.6. Recomanacions específiques addicionals pels sistemes de circulació natural
- 3.7. Requisits específics addicionals pels sistemes directes
- 3.8. Disseny del sistema d'energia auxiliar
- 3.9. Disseny del sistema elèctric i de control
- 3.10. Disseny del sistema de monitorització

Document A: Definicions

Document B: Proves i documentació

Document C: Projecte energètic de la instal·lació

Document D: Càlcul de la demanda energètica

Document E: Càlcul de les pèrdues per l'orientació i la inclinació

Document F: Càlcul de les pèrdues de la radiació solar per les ombres

Document G: Requisits tècnics del contracte de manteniment

1. Disposicions generals

1.1. Definició

Una instal·lació solar tèrmica de baixa temperatura està constituïda per un conjunt de components que capten la radiació solar, la transformen en energia tèrmica, la cedeixen a un fluid de treball i finalment l'emmagatzemen per poder-la utilitzar després en els punts de consum. Aquest sistema es complementa amb la producció d'energia tèrmica d'un sistema convencional auxiliar, integrat o no en la mateixa instal·lació.

Els sistemes que conformen una instal·lació solar tèrmica per a aigua calenta són els següents:

- a) Un sistema de captació format per captadors solars, que transforma la radiació solar incident en energia tèrmica de manera que s'escalfa el fluid de treball que circula per ells.
- b) Un sistema d'acumulació constituït per un o diversos dipòsits que emmagatzemen l'aigua calenta fins que es necessita pel seu ús.
- c) Un circuit hidràulic constituït per canonades, bombes, vàlvules, etc., que s'encarrega d'establir el moviment del fluid calent fins el sistema d'acumulació.
- d) Un sistema d'intercanvi que realitza la transferència d'energia tèrmica captada des del circuit primari, a l'aigua calenta que es consumeix.
- e) Un sistema de regulació i control que s'encarrega d'una banda d'assegurar el correcte funcionament de l'equip per a proporcionar la màxima energia solar tèrmica possible i d'altra, actua com a protecció enfront de l'acció de múltiples factors com sobreescalfaments del sistema, riscos de congelacions, etc.
- f) Addicionalment, es disposa d'un equip d'energia convencional auxiliar que s'utilitza per complementar la contribució solar subministrant l'energia necessària per cobrir la demanda prevista, garantint la continuïtat del subministrament d'aigua calenta en els casos d'escassa radiació solar o de demanda superior a la prevista.

1.2. Àmbit d'aplicació

L'àmbit d'aplicació s'estén a totes les instal·lacions solars tèrmiques de baixa temperatura, amb una superfície de captació superior a quatre metres quadrats (4 m²), ja siguin destinades per aplicacions úniques o combinades.

Les instal·lacions solars tèrmiques de mitja i alta temperatura no estan contemplades en aquest annex.

1.3. Criteris d'eficiència energètica

El rendiment del captador ha de ser sempre superior al 40%, independentment de la seva aplicació i de la seva tecnologia.

De forma general, el coeficient global de les pèrdues dels captadors no poden ser superiors a 4,5 W/(m²°C).

En les instal·lacions destinades exclusivament a produir aigua calenta sanitària, l'escalfament de l'aigua de les piscines, el preescalfament de l'aigua d'aportació de processos industrials, la calefacció per terra radiant, o altres usos a menys de 60 °C, es podran utilitzar captadors amb un coeficient global de pèrdues superior, però sense sobrepassar 9 W/(m²°C).

1.4. Protecció del paisatge urbà

De forma general, en els edificis els captadors només es poden col·locar en paral·lel a l'envoltant de l'edifici o per substituir elements constructius convencionals.

La instal·lació dels captadors solars es podrà realitzar tant a les cobertes planes, inclinades i a les façanes, però sempre harmonitzant amb la composició de la façana i la resta de l'edifici i sense produir un impacte negatiu.

Quan el captador solar sigui visible des del carrer o de l'entorn immediat de l'edifici s'entendrà que la instal·lació projectada presenta un impacte visual que caldrà corregir si es produeix algun dels supòsits següents:

- a) Quan l'alineació dels captadors solars no es corresponguin amb cap de les línies principals de l'edifici (excepte si es tracta de cobertes planes).
- b) Quan els captadors solars oculten algun element arquitectònic singular i característic de l'edifici.

La instal·lació de les canonades, del cablejat i d'altres canalitzacions cal que discorrin per l'interior dels edificis o celoberts, llevat que comuniquin edificis aïllats: en aquest cas hauran d'anar soterrades o d'alguna altra forma que minimitzi el seu impacte visual.

Queda prohibit el traçat d'aquests per les façanes principals, pels patis d'illa i pels terrats, excepte en aquest cas, en trams horitzontals fins a assolir els muntants verticals, llevat que s'acompanyi en el projecte, de forma detallada, solucions constructives que garantissin la seva adequada integració en l'estètica de l'edifici.

1.5. Projecte energètic

Les instal·lacions amb una superfície de captació superior a vint metres quadrats (20 m²), han de disposar d'un projecte energètic subscrit per un tècnic competent i amb el format i continguts mínims especificats en el Document C d'aquest annex.

1.6. Declaració de la instal·lació energètica

En el cas de les instal·lacions que no requereixin un projecte energètic específic, les empreses instal·ladores, han de presentar la declaració energètica prevista en l'article 9 d'aquest reglament.

2. Requisits generals de la instal·lació

2.1. Fluid de treball

El fluid de treball se seleccionarà d'acord amb les especificacions del fabricant dels captadors. En el circuit primari es poden utilitzar aigua de la xarxa, aigua desmineralitzada o aigua amb additius, segons les característiques climatològiques del lloc de la instal·lació i de la qualitat de l'aigua emprada. En el cas d'utilitzar altres fluids tèrmics, s'ha d'incloure en el projecte la seva composició i el seu calor específic.

2.2. Protecció contra les gelades

Les parts del sistema esposades a l'exterior, han d'estar protegides contra les gelades.

Com a sistemes de protecció contra les gelades, es podrà utilitzar productes anticongelants, o algun altre sistema que ofereixi les mateixes garanties de protecció contra les gelades.

En general s'utilitzaran productes anticongelants que no siguin tòxics i que mantinguin un calor específic superior a 0,7 kcal/(kg.°C), a una temperatura de 5°C per sota de la temperatura mínima històrica registrada.

La instal·lació disposarà dels sistemes necessaris per facilitar l'ompliment de la mateixa i per assegurar que l'anticongelant està perfectament barrejat.

És convenient disposar d'un dipòsit auxiliar per reposar les pèrdues del fluid en el circuit.

2.3. Sobreescalfaments

2.3.1. Protecció contra els sobreescalfaments

El sistema s'ha de dissenyar de manera que les radiacions solars prolongades sense consum d'aigua calenta, no alterin el bon funcionament de la instal·lació.

Els sistemes equipats amb drenatges, com a protecció contra els sobreescalfaments, s'han de realitzar de manera que l'aigua calenta o el vapor del drenatge no suposin cap perill pels usuaris ni produeixin danys materials al sistema, a l'edifici ni al medi ambient.

Si en algun mes de l'any la contribució solar supera el 110% de la demanda energètica o en més de tres mesos seguits el 100%, i, en general sempre que el projectista ho consideri convenient, s'instal·laran elements de dissipació de l'energia excendent per evitar temperatures excessives en el circuit primari.

A més, les instal·lacions han de tenir dispositius de control, manuals o automàtics, que evitin els sobreescalfaments que puguin fer malbé els equips i afectar els resultats energètics.

2.3.2. Protecció contra les cremades

En els sistemes d'aigua calenta sanitària, en els quals la temperatura de l'aigua calenta pugui excedir 60°C en els punts de consum, s'ha d'instal·lar un sistema automàtic de mescla o altre que limiti la temperatura de subministrament a 60°C.

2.3.3. Protecció dels materials i components contra les temperatures altes

El sistema s'ha de calcular de manera que no es pugui excedir la temperatura màxima permesa per tots els materials i components.

2.4. Resistència a la pressió

Els circuits han de superar una prova de pressió a 1,5 vegades la pressió màxima de servei durant una hora almenys.

2.5. Prevenció del flux invers

S'han de prendre les precaucions oportunes per que no es produeixin pèrdues energètiques rellevants degudes als fluxos inversos no intencionats en cap circuit hidràulic del sistema.

2.6. Prevenció de la legionel·losi

S'ha de complir la legislació vigent de prevenció de la legionel·losi. En tot cas, la temperatura de l'aigua calenta ha de poder assolir 50°C en el punt més allunyat del circuit.

3. Criteris generals de disseny

3.1. Dimensionat i càlcul

3.1.1. Dades de partida

Les dades de partida necessàries pel dimensionament i el càlcul de la instal·lació es basen en les condicions d'ús i climàtiques.

Condicions d'ús.

Les condicions d'ús venen donades per la demanda energètica, en funció dels diferents tipus de consum:

- a) Per la producció de l'aigua calenta sanitària, la demanda energètica es determina en funció del seu consum, que figura en el Document D, d'aquest annex.
- b) Per l'escalfament de l'aigua de les piscines, la demanda energètica es calcula en funció de les pèrdues de la mateixa, seguint les especificacions del Document D, d'aquest annex.
- c) Per les aplicacions de calefacció i de refrigeració, la demanda energètica anirà donada per la càrrega tèrmica de l'habitable a climatitzar.
- d) Per les aplicacions d'ús industrial s'ha de realitzar un estudi específic que tingui en compte la demanda energètica i la potència necessària.
- e) Per les instal·lacions combinades s'ha de realitzar la suma de les demandes energètiques sobre la base diària o mensual.

Condicions climàtiques.

Les condicions climàtiques venen donades per la radiació solar global al camp de captació, per la temperatura ambient diària i per la temperatura de l'aigua de la xarxa.

Per les dades de la radiació solar i de la temperatura ambient diària, s'han d'utilitzar els mapes d'irradiació solar del Principat d'Andorra i les dades del Servei de Meteorologia del Govern d'Andorra.

Per les dades de la temperatura de l'aigua de la xarxa, s'ha d'utilitzar els valors de les temperatures mínimes mensuals que s'indiquen en el Document D, d'aquest annex. Es pot utilitzar dades d'altres entitats de reconegut prestigi sempre i quan siguin degudament justificades i documentades.

Per a les piscines cobertes, els valors ambientals de la temperatura i de la humitat han de ser fixats en el projecte, la temperatura seca de l'aire del local ha de ser entre 2°C i 3°C superior a la de l'aigua, amb un mínim de 26°C i un màxim de 28°C, i la humitat relativa de l'ambient s'ha de mantenir entre el 55% i el 70%.

3.1.2. Dimensionat bàsic

Les instal·lacions s'han de dimensionar de manera que l'energia produïda no pugui superar el 110% de la demanda de consum en cap mes de l'any, ni el 100% en tres mesos seguits. En les instal·lacions d'un caràcter estacional marcat, no es consideraran els períodes de temps en els quals la demanda es situï un 50% per sota de la mitjana de la resta de l'any.

En aquest cas, s'han de prendre les mesures de protecció corresponents, indicades en el Document G, d'aquest annex.

El rendiment de la instal·lació es refereix només a la part solar de la mateixa. En els sistemes de refrigeració per absorció es refereix a la producció de l'energia solar tèrmica necessària pel sistema de refrigeració.

El mètode de càlcul ha d'especificar els valors mitjos diaris de la demanda d'energia i de l'aportació solar. A més ha d'incloure les prestacions globals anuals definides per:

- a) La demanda d'energia tèrmica.
- b) L'energia solar tèrmica aportada.
- c) Les fraccions solars mitjanes mensuals i anual.
- d) El rendiment mig anual.

El sistema solar de les instal·lacions de producció de l'aigua calenta sanitària, s'ha de dissenyar i calcular en funció de l'energia que aporta al llarg del dia i no en funció de la potència dels captadors solars.

Per a aquesta aplicació l'àrea total dels captadors ha de complir la condició següent:

$$50 < V/A < 180$$

on: A és l'àrea total dels captadors, expressada en m² i V el volum del dipòsit d'acumulació, expressat en litres.

Les instal·lacions destinades a la climatització de les piscines exclusivament, no poden disposar de cap volum d'acumulació, encara que es pot utilitzar un petit emmagatzematge d'inèrcia en el primari.

Les instal·lacions de climatització s'han de dimensionar de manera que es pugui cobrir la demanda d'energia durant una hora, almenys. Es recomana una relació de V/A entre 25 l/m² i 50 l/m².

3.2. Disseny del sistema de captació

3.2.1. Generalitats

Els captadors han de posseir la certificació d'homologació corresponent i han de portar en un lloc visible una placa amb caràcters indelebles, amb almenys les dades següents:

- Nom i domicili de l'empresa fabricant i eventualment el seu anagrama.
- Model, tipus i any de producció.
- Número de sèrie de fabricació.
- Àrea total del captador.
- Pes del captador buit, capacitat de líquid.
- Pressió màxima de servei.

Tant per criteris energètics com constructius, a excepció dels casos degudament justificats, els captadors que integrin la instal·lació han de ser del mateix model.

Els captadors amb absorbidor de ferro no poden ser utilitzats sota cap concepte.

Quan s'utilitzin captadors amb absorbidor d'alumini, s'han d'utilitzar obligatòriament fluids de treball amb un tractament inhibidor dels ions de coure i de ferro.

Els captadors han d'estar dotats d'un dispositiu per eliminar les acumulacions d'aigua i permetre el drenatge sense que afecti l'aïllament.

3.2.2. Orientació, inclinació, ombres i integració arquitectònica

Els captadors es poden instal·lar de forma lliure, en superposició o integrats arquitectònicament i sempre que sigui possible orientats al Sud. Les pèrdues per l'orientació i la inclinació, les pèrdues produïdes per les ombres i les pèrdues totals han de ser, inferiors als límits que s'indiquen en la taula següent:

	Orientació i inclinació (OI)	Ombres (S)	Total (OI+S)
Lliure	10%	10%	15%
Superposició	20%	15%	30%
Integració arquitectònica	40%	20%	50%

S'entén per superposició arquitectònica la col·locació dels captadors en paral·lel a l'envoltant de l'edifici. S'entén per integració arquitectònica quan els captadors a més de complir la funció energètica substitueixen elements constructius convencionals.

En el Document E d'aquest annex es descriuen els procediments per avaluar la disminució de les prestacions que s'originen al modificar la orientació i la inclinació de la superfície de captació.

En el Document F d'aquest annex es descriu un mètode de càlcul per avaluar les pèrdues de la radiació solar per les ombres circumdants.

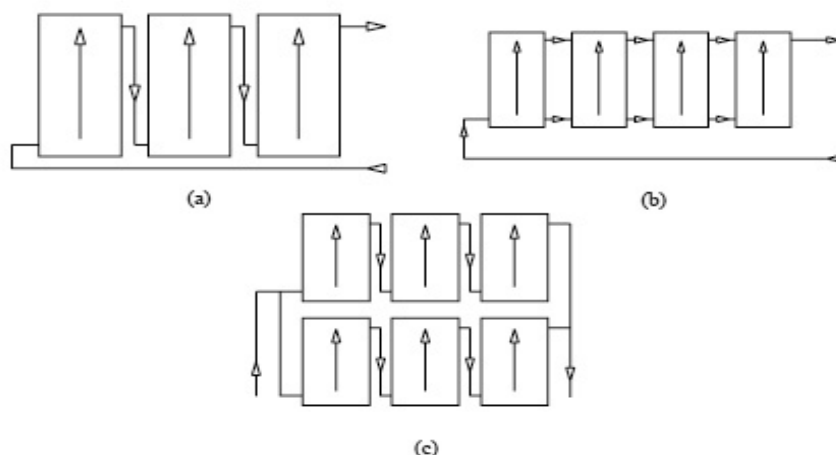
3.2.3. Connexions

S'ha de tenir cura especial en l'estanquitat i durabilitat de les connexions del captador.

Els captadors s'han de disposar en files constituïdes, preferentment, pel mateix nombre d'elements. Les files de captadors es poden connectar entre si en paral·lel, en sèrie o en sèrie paral·lel. S'han d'instal·lar vàlvules de tancament, a l'entrada i a la sortida de les diferents bateries de captadors i entre les bombes, de manera que es puguin aïllar durant les tasques de manteniment, substitució, etc. A més, s'ha d'instal·lar una vàlvula de seguretat per fila amb la finalitat de protegir la instal·lació.

A cada fila els captadors s'han de connectar en sèrie o en paral·lel. El nombre màxim de captadors connectats en paral·lel està limitat per les indicacions del fabricant. En el cas que l'aplicació sigui exclusivament per a aigua calenta sanitària es poden connectar en sèrie fins un màxim de 10m².

La connexió entre els captadors i entre les files s'ha de realitzar de manera que el circuit resulti equilibrat hidràulicament.



Connexió de captadors: a) En sèrie. b) En paral·lel. c) En sèrie-paral·lel.

3.2.4. Estructura de suport

Les estructures de suport han de ser dissenyades i calculades per resistir les càrregues de neu i la velocitat del vent, entre altres.

L'estructura i el sistema de fixació dels captadors s'ha de calcular i s'ha d'executar de manera que permeti les dilatacions tèrmiques necessàries, sense transferir càrregues que puguin afectar la integritat dels captadors o del circuit hidràulic.

Els punts de subjecció del captador seran suficients en nombre, de manera que no es produeixin flexions en el captador superiors a les permeses pel fabricant.

3.3. Disseny del sistema d'acumulació solar

3.3.1. Generalitats

Es recomana utilitzar acumuladors de configuració vertical i ubicar-los en zones interiors.

En les aplicacions combinades amb acumulació centralitzada és obligatori utilitzar un dipòsit de configuració vertical amb una relació altura/diàmetre superior a 2.

Quan l'acumulador es connecta directament a la xarxa de distribució de l'aigua calenta sanitària, s'ha d'instal·lar un termòmetre en un lloc ben visible. El sistema ha de ser capaç d'eleva la temperatura de l'acumulador a 60°C i fins a 70°C amb l'objecte de prevenir la legionel·losi.

Per les aplicacions de l'aigua calenta sanitària, s'ha de preveure un connexió puntual entre el sistema auxiliar i el solar de manera que aquest últim es pugui escalfar amb l'auxiliar, per poder complir amb les mesures de prevenció de legionel·la. Es poden proposar altres mètodes de tractament contra la legionel·la, sempre i quan estiguin degudament justificats i documentats.

Encara que els acumuladors solars portin incorporat el bescanviador de calor, s'han de complir els requisits establerts pel disseny del sistema d'intercanvi, indicats en el punt 3.4. d'aquest annex.

Els acumuladors dels sistemes fets a mida amb un volum superior a 2m³ han d'estar equipats amb vàlvules de tall o altres sistemes per impedir els fluxos a l'exterior del dipòsit, en cas d'avaría del sistema.

Quan el bescanviador estigui incorporat a l'acumulador, la placa d'identificació ha d'indicar a més, les dades següents:

- a) La superfície d'intercanvi tèrmic en m².
- b) La pressió màxima de treball del circuit primari.

Els acumuladors han de venir equipats de fàbrica amb els maneguts necessaris per permetre l'acoblament per l'entrada de l'aigua freda i la sortida de l'aigua calenta, per la inspecció del interior del dipòsit, per l'entrada i la sortida del fluid primari, pel buidat i pels accessoris.

Els dipòsits d'una capacitat nominal superior a 750 litres han de disposar d'una boca d'home d'un diàmetre mínim de 400mm, per permetre l'entrada d'una persona en el seu interior.

Els acumuladors han d'estar totalment recoberts amb un material aïllant.

3.3.2. Situació de les connexions

Amb l'objecte d'aprofitar el màxim l'energia captada i evitar la pèrdua de l'estratificació per la temperatura en els dipòsits, la situació de les preses per les diverses connexions han de ser les següents:

- a) La connexió de l'entrada de l'aigua calenta procedent del bescanviador o dels captadors a l'acumulador s'ha de situar, preferentment, a una altura compresa entre el 50% i el 75% de l'altura total del mateix.

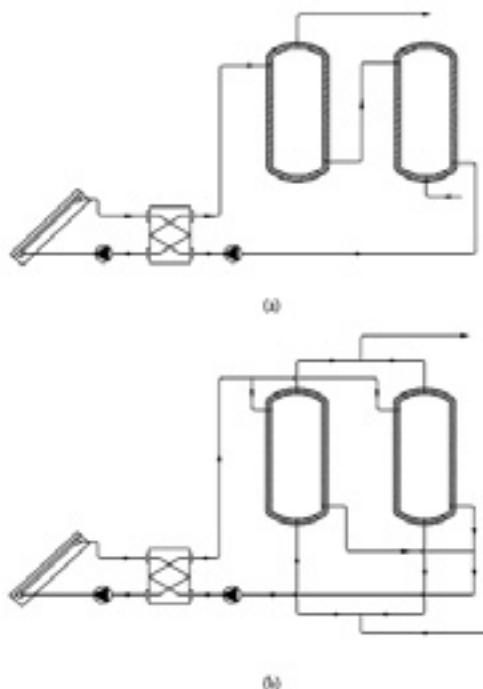
- b) La connexió de la sortida de l'aigua freda de l'acumulador cap als captadors s'ha de realitzar en la part inferior d'aquest.
- c) En el cas d'una sola aplicació, l'alimentació de l'aigua de retorn al dipòsit s'ha de situar en la part inferior. En els sistemes oberts al consum, com per exemple l'aigua calenta sanitària, l'alimentació amb l'aigua freda de xarxa s'ha de situar en la part inferior i l'extracció de l'aigua calenta del dipòsit s'ha de realitzar per la part superior.
- d) En el cas de diverses aplicacions en el mateix dipòsit cal tenir en compte els nivells tèrmics d'aquestes aplicacions, de manera que tant les sortides com els retorns de les aplicacions que requereixin un nivell tèrmic més alt en temperatures es situïn per sobre de que requereixin un nivell menor.

Es recomana que les entrades de l'aigua de retorn estiguin equipades amb una placa deflectora en la part interior, a fi que la velocitat residual no destrueixi l'estratificació en l'acumulador.

Les connexions d'entrada i sortida s'han de situar de manera que s'evitin camins preferents de circulació del fluid.

3.3.3. Diversos acumuladors

Quan calgui que el sistema d'acumulació solar estigui format per més d'un dipòsit, aquests s'han de connectar en sèrie invertida en el circuit de consum o en paral·lel amb els circuits primaris i secundaris equilibrats, tal com es pot veure en la figura següent:



(a) Connexió en sèrie invertida amb el circuit de consum.

(b) Connexió en paral·lel amb el circuit secundari equilibrat.

La connexió dels acumuladors ha de permetre la desconexió individual dels mateixos sense interrompre el funcionament de la instal·lació.

3.3.4. Sistema auxiliar en l'acumulador solar

No es permet la connexió d'un sistema auxiliar en l'acumulador solar, ja que això pot suposar una disminució de les possibilitats de la instal·lació solar per proporcionar les prestacions energètiques que es pretenen obtenir amb aquest tipus d'instal·lacions.

No obstant això, per circumstàncies específiques de la instal·lació (llevat per la producció de l'aigua calenta sanitària i per la climatització de les piscines), es podrà considerar la incorporació d'energia convencional en l'acumulador solar.

En aquest cas, s'ha de presentar una descripció detallada de tots els sistemes i equips emprats, que justifiqui suficientment que es produeix el procés d'estratificació i que a més es compleixen totes les condicions següents:

- a) S'ha de tractar d'un sistema indirecte: acumulació solar en el secundari.
- b) Volum total màxim de 2.000 litres.
- c) Configuració vertical de l'acumulador amb una relació entre l'altura i el diàmetre no inferior a 2.
- d) Es considera l'acumulador dividit en dues parts separades per una de transició de almenys 10 centímetres d'altura amb escalfament solar a la part inferior i escalfament convencional a la part superior. La part solar inferior ha de complir amb els criteris de dimensionat d'aquestes prescripcions i la part convencional superior ha de complir amb els criteris i normatives habituals d'aplicació.
- e) La connexió de l'entrada de l'aigua calenta procedent del bescanviador solar a l'acumulador s'ha de realitzar, preferentment, a una altura compresa entre el 50% i el 75% de la seva altura total, i sempre per sota de la zona de transició. La connexió de sortida d'aigua freda cap al bescanviador s'ha de realitzar per la part inferior de l'acumulador.
- f) Les entrades d'aigua han d'estar equipades amb una placa deflectora o equivalent a fi que la velocitat residual no destrueixi l'estratificació en l'acumulador.
- g) No ha d'existir recirculació del circuit de distribució de consum de l'aigua calenta sanitària.

En els equips prefabricats que vinguin equipats de fàbrica per rebre un sistema auxiliar elèctric i que no compleixin aquestes condicions, s'ha d'anul·lar aquesta possibilitat de manera permanent, mitjançant segellat irreversible o un altre mitjà equivalent.

3.4. Disseny del sistema d'intercanvi

La potència mínima de disseny del bescanviador independent, P , en watts, en funció de l'àrea de captadors A , en metres quadrats, ha de complir la condició següent:

$$P \geq 500 A$$

Els bescanviadors independents han de ser de plaques d'acer inoxidable o de coure i ha de suportar les temperatures i les pressions màximes de treball de la instal·lació.

El bescanviador del circuit de captadors incorporat a l'acumulador solar ha d'estar situat a la part inferior d'aquest últim i ha de ser de tipus submergit o de doble envoltant.

Els bescanviadors submergits podran ser de serpenti. La relació entre la superfície útil d'intercanvi del bescanviador incorporat i la superfície total de captació no serà inferior a 0,15.

El bescanviador de calor situat entre el circuit de captadors i el sistema de subministrament al consum no ha de disminuir l'eficiència del captador pel increment de la temperatura de funcionament de captadors.

Si només s'utilitza un sol bescanviador entre el circuit de captadors i l'acumulador, la transferència de calor del bescanviador de calor no ha de ser inferior a $40 \text{ W/m}^2\text{K}$, per unitat d'àrea de captador.

3.5. Disseny del circuit hidràulic

3.5.1. Generalitats

En la fase de disseny s'ha de concebre un circuit hidràulic equilibrat hidràulicament. En cas que nos fos possible, el flux ha de ser controlat per vàlvules d'equilibrat.

3.5.2. Canonades

Per evitar pèrdues tèrmiques es recomana que la longitud de les canonades del sistema sigui el més curta possible i s'evitin els colzes i les pèrdues de càrrega.

3.5.3. Bombes de circulació

Si el circuit de captadors està dotat amb una bomba de circulació, la caiguda de pressió s'ha de mantenir acceptablement baixa en tot el circuit.

Sempre que sigui possible, les bombes situades en línia s'han de muntar en les zones més fredes del circuit, tenint en compte que no es produeixi cap tipus de cavitació i sempre amb l'eix de rotació en posició horitzontal.

En les instal·lacions d'una superfície de captació superior a 50m^2 , s'han de muntar dues bombes idèntiques en paral·lel, deixant una de reserva, tant en el circuit primari com en el secundari. En aquest cas s'ha d'establir el funcionament alternatiu de les mateixes, de forma manual o automàtica.

Les canonades s'han de connectar a les bombes de manera que no provoquin esforços recíprocs de torsió o de flexió. El diàmetre de les canonades d'acoblament no ha de poder ser inferior al diàmetre de la boca d'aspiració de la bomba.

En les instal·lacions de les piscines la disposició dels elements ha de ser la següent: el filtre s'ha de col·locar sempre entre la bomba i els captadors i el sentit del corrent ha de ser bomba-filtre-captadors, per evitar que la resistència del filtre provoqui una sobrepressió als captadors. La impulsió d'aigua calenta s'ha de fer per la part inferior de la piscina, quedant la impulsió d'aigua filtrada en la superfície.

Els materials de la bomba del circuit primari han de ser compatibles amb les mescles anticongelants i en general amb el fluid de treball utilitzat.

El cabal nominal dels captadors connectats en paral·lel, ha de ser igual al cabal unitari de disseny multiplicat per la superfície total de captadors en paral·lel.

La potència elèctrica paràsita de les bombes no ha d'excedir 50W o el 2% de la potència màxima generada pel grup de captadors en els sistemes petits i l'1% en els sistemes grans.

La bomba ha de permetre la realització de l'operació de purga de forma senzilla.

3.5.4. Vasos d'expansió

3.5.4.1. Vasos d'expansió oberts

Els vasos d'expansió oberts, quan s'utilitzin com a sistemes d'ompliment o de reompliment, han de disposar d'una línia d'alimentació, mitjançant flotadors o sistemes similars.

3.5.4.2. Vasos d'expansió tancats

El dispositiu d'expansió tancat del circuit de captadors ha d'estar dimensionat de tal manera que, fins i tot després d'una interrupció del subministrament de potència a la bomba de circulació del circuit de captadors, es pugui restablir l'operació automàticament quan la potència estigui disponible de nou.

Quan el mitjà de transferència de calor es pugui evaporar per condicions d'estancament, s'ha de realitzar un dimensionat especial del volum d'expansió. A més de les dimensions usals dels sistemes de calefacció tancats, el dipòsit d'expansió ha de ser capaç de compensar tot el volum més un 10%, del mitjà de transferència de calor a tot el grup de captadors, incloent totes les canonades de connexió.

L'aïllament no ha de deixar zones visibles de canonades o accessoris, quedant únicament a l'exterior els elements que siguin necessaris per al bon funcionament i operació dels components.

Els aïllaments empleats han de ser resistents als efectes de la intempèrie, ocells i rosegadors.

3.5.5. Purgadors d'aire

Els purgadors d'aire s'han d'instal·lar en els punts alts de la sortida de bateries dels captadors i en tots aquells punts de la instal·lació on es pugui quedar aire acumulat.

S'ha d'evitar l'ús de purgadors automàtics quan es prevegi la formació de vapor en el circuit.

Els purgadors automàtics han de poder suportar la temperatura d'estancament del captador.

3.5.6. Drenatge

Els conductes de drenatge de les bateries dels captadors s'han de dissenyar de manera que no es puguin congelar.

3.6. Recomanacions específiques addicionals per als sistemes de circulació natural

En les instal·lacions que funcionin per circulació natural, és molt important el disseny correcte dels diferents components i dels circuits que integren el sistema, perquè no s'introdueixin pèrdues de càrrega importants i es desafavoreixi la circulació del fluid per termosifó. Per això es recomana una atenció especial en el disseny del captador i de les seves connexions, el traçat de les canonades i el sistema d'acumulació.

3.7. Requisits específics addicionals per als sistemes directes

No es poden instal·lar sistemes directes en les aplicacions d'aigua calenta sanitària, ni en les altres aplicacions situades en zones amb risc de gelades.

3.8. Disseny del sistema d'energia auxiliar

Per assegurar la continuïtat en el proveïment de la demanda tèrmica, les instal·lacions d'energia solar han de disposar d'un sistema d'energia auxiliar.

Per raons d'eficiència energètica, entre d'altres, es desaconsella la utilització d'energia elèctrica obtinguda per efecte Joule com a font auxiliar, especialment en els casos d'alts consums i fraccions solars anuals baixes.

Queda prohibit l'ús de sistemes d'energia auxiliar en el circuit primari de captadors.

El disseny del sistema d'energia auxiliar s'ha de realitzar en funció de l'aplicació (o aplicacions) de la instal·lació, de manera que només entri en funcionament quan sigui estrictament necessari i que s'aprofiti al màxim possible l'energia extreta del camp de captació solar.

3.9. Disseny del sistema elèctric i de control

Les instal·lacions han de disposar dels aparells adequats de mesura i control (temperatures, cabals, pressió) que permetin comprovar el funcionament normal del sistema.

Als habitatges s'ha d'instal·lar obligatòriament un aparell de mesura de la temperatura de l'aigua calenta escalfada amb energia solar a fi que l'usuari tingui informació sobre l'aportació d'energia solar al seu habitatge i pugui adequar els seus hàbits de consum d'aigua calenta als moments de màxima aportació solar.

Les instal·lacions de captació solar tèrmica amb una superfície de captació superior a 7m², han de disposar, com a mínim, d'un comptador de l'energia tèrmica aportada per la instal·lació solar als punts de consum final.

El disseny del sistema de control ha d'assegurar el correcte funcionament de les instal·lacions, procurant obtenir un bon aprofitament de l'energia solar captada i assegurant un ús adequat de l'energia auxiliar.

El sistema de control ha de garantir que en cap cas s'assoleixin temperatures superiors a les màximes suportades pels materials, components i tractaments dels circuits.

El sistema de control ha d'assegurar que en cap punt la temperatura del fluid de treball descendeixi per sota d'una temperatura tres graus superior a la de congelació del fluid.

3.10. Disseny del sistema de monitorització

Les instal·lacions amb un camp de captadors de més de 20m² han de disposar d'un sistema analògic de mesura que indiqui almenys les variables següents:

Opció 1:

- a) Temperatura d'entrada i cabal de l'aigua freda de la xarxa.
- b) Temperatura de l'acumulador solar.

Opció 2:

- a) Temperatura inferior de l'acumulador solar.
- b) Temperatura dels captadors.
- c) Cabal del circuit primari.

El tractament de les dades ha de poder proporcionar l'energia solar tèrmica acumulada al llarg del temps.

Document A: Definicions**1. Paràmetres ambientals**

Radiació solar: Energia procedent del Sol en forma d'ones electromagnètiques.

Radiació solar directa: Radiació solar incident sobre un pla donat, procedent d'un petit angle sòlid centrat en el disc solar.

Radiació solar hemisfèrica: Radiació solar incident en una superfície plana donada, rebuda des d'un angle sòlid de 2π sr (de l'hemisferi situat per damunt de la superfície). Cal especificar la inclinació i l'azimut de la superfície receptora.

Radiació solar difusa: Radiació solar hemisfèrica menys la radiació solar directa.

Radiació solar global: Radiació solar hemisfèrica rebuda en un pla horitzontal.

Irradiància solar: Potència radiant incident per unitat de superfície sobre un pla donat. S'expressa en W/m².

Irradiància solar directa: Quocient entre el flux radiant rebut en una superfície plana donada, procedent d'un petit angle sòlid centrat en el disc solar i l'àrea d'aquesta superfície. Si el pla és perpendicular a l'eix de l'angle sòlid, la irradiància solar rebuda s'anomena directa normal. S'expressa en W/m².

Irradiància solar difusa: Irradiància de la radiació solar difusa sobre una superfície receptora plana. Cal especificar la inclinació i l'azimut de la superfície receptora.

Irradiància solar reflectida: La radiació per unitat de temps i unitat d'àrea que, procedent de la reflexió de la radiació solar al terra i a d'altres objectes, incideix sobre una superfície.

Irradiació: Energia incident per unitat de superfície sobre un pla donat, obtinguda per integració de la irradiància durant un interval de temps donat, normalment una hora o un dia. S'expressa en MJ/m² o kWh/m².

Aire ambient: Aire (tant interior com exterior) que envolta un acumulador d'energia tèrmica, un captador solar o a qualsevol altre objecte que s'estigui considerant.

2. Instal·lacions

Instal·lacions obertes: Instal·lacions en què el circuit primari està comunicat de manera permanent amb l'atmosfera.

Instal·lacions tancades: Instal·lacions en què el circuit primari no té comunicació directa amb l'atmosfera.

Instal·lacions de sistema directe: Instal·lacions en què el fluid de treball és la mateixa aigua de consum que passa pels captadors.

Instal·lacions de sistema indirecte: Instal·lacions en què el fluid de treball es manté en un circuit separat, sense possibilitat de comunicar-se amb el circuit de consum.

Instal·lacions per termosifó: Instal·lacions en què el fluid de treball circula lliurement per convecció.

Instal·lació amb circulació forçada: Instal·lació equipada amb dispositius que provoquen la circulació forçada del fluid de treball.

Circuit primari: Circuit format pels captadors i les canonades que els uneixen, en el qual el fluid recull l'energia solar i la transmet.

Circuit secundari: Circuit que recull l'energia transferida del circuit primari per distribuir-la als punts de consum.

Circuit de consum: Circuit pel qual circula l'aigua de consum.

3. Captadors

Captador solar tèrmic: Dispositiu dissenyat per absorbir la radiació solar i transmetre l'energia tèrmica produïda a un fluid de treball que circula pel seu interior.

Captador solar de líquid: Captador solar que utilitza un líquid com fluid de treball.

Captador solar d'aire: Captador solar que utilitza aire com a fluid de treball.

Captador solar pla: Captador solar sense concentració quina superfície absorbidora és sensiblement plana.

Captador de tubs de buit: Captador de buit que utilitza un tub transparent (normalment de vidre) on s'ha realitzat el buit entre la paret del tub i l'absorbidor.

Absorbidor: Component d'un captador solar quina funció és absorbir l'energia radiant i transferir-la en forma de calor a un fluid.

Àrea total: Àrea màxima del captador, excloent els elements de suport i d'acoblament.

Fluid de transferència de calor o fluid de treball: És el fluid encarregat de recollir i transmetre l'energia captada per l'absorbidor.

Temperatura d'estancament del captador: Correspon a la temperatura màxima del fluid que s'assoleix quan el captador està sotmès a alts nivells de radiació i de temperatura ambient i la velocitat del vent és menyspreable.

4. Components

Bescanviador de calor: Dispositiu en el qual es produeix la transferència d'energia del circuit primari al circuit secundari.

Acumulador solar o dipòsit solar: Dipòsit en qual s'acumula l'aigua escalfada per l'energia solar.

Dipòsit d'expansió: Dispositiu que permet absorbir les variacions de volum i de pressió en un circuit tancat produïdes per les variacions de temperatura del fluid circulant. Pot ser obert o tancat, segons estigui o no en comunicació amb l'atmosfera.

Bomba de circulació: Dispositiu electromecànic que produeix la circulació forçada del fluid a través d'un circuit.

Purgador d'aire: Dispositiu que permet la sortida de l'aire acumulat en el circuit. Pot ser manual o automàtic.

Vàlvula de seguretat: Dispositiu que limita la pressió màxima del circuit.

Vàlvula retorn antiretorn: Dispositiu que evita el pas de fluid en un sentit.

Document B: Proves i documentació**1. Proves**

Abans de lliurar la Declaració energètica, l'instal·lador ha de realitzar, com a mínim, les operacions següents:

- a) L'ompliment, el funcionament i la posada en marxa del sistema.
- b) La prova hidrostàtica dels equips i del circuit d'energia auxiliar.
- c) Comprovarà que les vàlvules de seguretat funcionen i que les canonades de descarrega no estan obturades. La prova es realitzarà a 1,1 vegades la pressió de tarat i es comprovarà que es produeixi l'obertura de les vàlvules.
- d) Comprovarà la correcta actuació de les vàlvules de tall, l'ompliment, el buidat i la purga de la instal·lació.
- e) Comprovarà la correcta alimentació elèctrica de les bombes del circuit.
- f) Comprovarà l'actuació del sistema de control i del comportament global de la instal·lació realitzant una prova de funcionament.

2. Documentació

A l'entrega de la instal·lació, l'empresa instal·ladora, ha de lliurar a l'usuari una documentació sobre les instruccions pel seu funcionament i manteniment.

Si la instal·lació solar tèrmica disposa d'un projecte energètic, correspon als tècnics autors del projecte lliurar la documentació relativa a la instal·lació dissenyada.

3. Declaració energètica

Segons un model normalitzat que ha de determinar el ministeri competent en energia, que ha de contenir com a mínim les dades sobre la ubicació i el titular de la instal·lació, i les seves característiques, aplicació, locals o edificis, producció energètica, captació solar, acumulació, sistema de reglatge i control, proteccions, etc.

Document C: Projecte energètic de la instal·lació

El projecte energètic específic de les instal·lacions d'energia solar tèrmica ha de tenir els continguts mínims següents:

- a) Memòria descriptiva de la instal·lació (indicant el tipus, la capacitat total d'acumulació i la font d'energia de suport).
- b) Dades de consum de l'aigua calenta.
- c) Demanda d'energia tèrmica.
- d) Superfície de captació solar.
- e) Nombre, tipus i corba de rendiment dels captadors.
- f) Ubicació, inclinació i orientació del camp de captadors.
- g) Esquema de principi.
- h) Energia solar tèrmica aportada.
- i) Contribució solar anual.
- j) Rendiment mig anual.
- k) Càlculs.
- l) Taula de càlculs.

En la memòria descriptiva, s'ha de definir l'edifici objecte de la instal·lació, indicant les dades bàsiques com la seva ubicació, el tipus d'actuació (nova construcció, ampliació, reforma, canvi d'ús, etc.) l'ús de l'edifici i el nombre d'usuaris previstos. També s'indicarà el tipus i la capacitat total d'acumulació i la font d'energia de suport.

S'ha de calcular el consum diari de l'aigua calenta sanitària, si escau, a partir de les unitats d'ús i dels consums unitaris indicats en aquest document.

El càlcul de la demanda d'energia tèrmica s'ha de realitzar per a cada mes de l'any, a partir d'una temperatura de referència de 60°C per l'aigua calenta sanitària i una temperatura variable de l'aigua freda de la xarxa, d'acord amb les dades de les temperatures mensuals indicades en el Document D.

La superfície de captació solar ha de ser suficient per satisfer la cobertura de la demanda energètica projectada.

Els captadors solars s'han d'identificar amb la seva marca i model. També s'ha d'incloure la corba de rendiment energètic dels captadors solars.

S'ha d'especificar la situació dels captadors solars a l'edifici, la seva inclinació respecte l'horitzontal i la seva orientació.

El rendiment mig de la instal·lació solar és el quocient entre l'energia solar produïda anualment i l'energia total incident sobre els captadors solars amb la inclinació i l'orientació definides.

Els càlculs han de tenir en compte les pèrdues tèrmiques per l'orientació, la inclinació i per les ombres del camp de captadors solars.

La taula de càlculs s'ha de realitzar sobre una base mensual, especificant la demanda, l'aportació solar i la fracció solar.

	Demanda d'aigua calenta sanitària		Energia solar produïda	Contribució solar
	Litres	kWh	kWh	%
Gener				
Febrer				
Març				
Abril				
Maig				
Juny				
Juliol				
Agost				
Setembre				
Octubre				
Novembre				
Desembre				
TOTAL				

Com a informació gràfica, s'ha d'adjuntar un plànol de l'emplaçament de l'edifici, amb indicació de l'orientació Sud, un esquema de principi de la instal·lació solar, un plànol de planta de la coberta amb indicació de la distribució dels captadors solars i un plànol de la secció de l'edifici.

Document D: Càlcul de la demanda energètica**1. Càlcul de la demanda energètica de les instal·lacions d'escalfament de les piscines**

La demanda energètica de les instal·lacions d'escalfament de les piscines s'ha de calcular de forma diferent si es tracta de piscines cobertes o a l'aire lliure.

1.1. Piscines cobertes

Per al càlcul de les pèrdues energètiques de les piscines cobertes, s'ha d'utilitzar la fórmula empírica següent:

$$P \text{ (kW)} = (130 - 3 t_{WS} + 0,2 t_{WS}^2) (S_W / 1000)$$

on:

t_{WS} és la temperatura de l'aigua (°C)

S_W és la superfície de la piscina (m²)

1.2. Piscines a l'aire lliure

Per al càlcul de les pèrdues energètiques de les piscines a l'aire lliure, s'ha d'utilitzar la fórmula empírica següent:

$$P \text{ (kW)} = [(28 + 20v) (t_{WS} - t_{BS}) S_W] / 1000$$

on:

t_{WS} és la temperatura de l'aigua (°C)

t_{BS} és la temperatura de l'aire (°C)

v és la velocitat del vent (m/s)

S_W és la superfície de la piscina (m²)

Les piscines a l'aire lliure s'han d'ubicar preferentment en llocs en què la velocitat del vent sigui la més baixa possible.

2. Càlcul de demanda energètica en les instal·lacions d'aigua calenta sanitària

La demanda energètica de les instal·lacions d'aigua calenta sanitària ve donada pel volum del consum diari i per les temperatures de l'aigua freda.

En les instal·lacions existents que disposin de dades de consum d'anys anteriors, es poden utilitzar, prèvia justificació.

En cas de no disposar de dades, s'han d'utilitzar els consums unitaris a una temperatura de referència de 60°C, que figuren en la Taula 1.

Taula 1. Consums unitaris a una temperatura de referència de 60°C

Criteri de consum	Litres/dia	
Habitatges unifamiliars	30	per persona
Habitatges plurifamiliars	22	per persona
Hospitals i clíniques	55	per llit
Hotels (4 estels)	70	per llit
Hotels (3 estels)	55	per llit
Hotels/Hostals (2 estels)	35	per llit
Càmpings	40	per emplaçament
Hostals/Pensions (1 estel)	35	per llit
Residències (ancians, estudiants, etc.)	55	per llit
Vestuaris/Dutxes col·lectives	15	per servei
Escoles	3	per alumne
Casernes	20	per persona
Fàbriques i tallers	5	per persona
Oficines	3	per persona
Gimnasos	20	per usuari
Bugaderies	3	per quilo de roba
Restaurants	5	per àpat
Cafeteries	1	per dinar

En el cas de considerar una temperatura de referència diferent de 60°C (per exemple una temperatura pròxima a la de consum), els valors expressats en la taula es poden modificar multiplicant-los pel factor:

$$(60 - t_F) / (t - t_F).$$

On: t és la nova temperatura de referència escollida i t_F és la temperatura de l'aigua freda (temperatura de l'aigua freda de la xarxa).

El càlcul del nombre de persones per vivenda s'ha de fer utilitzant els valors que s'indiquen en la Taula 2.

Taula 2

Nombre de dormitoris	Nombre de persones
1	1,5
2	3
3	4
4	6
5	7
6	8
7	9
A partir de 8	Igual al nombre de dormitoris

Per al càlcul de la càrrega de consum es prendran els valors orientatius que s'indiquen en la Taula 3. La utilització d'altres temperatures de l'aigua freda s'ha de justificar indicant la seva procedència i el procés d'obtenció.

Taula 3. Temperatura mínima mitja de cada mes de l'aigua de la xarxa en °C

Gener	Febrer	Març	Abril	Maig	Juny	Juliol	Agost	Setembre	Octubre	Novembre	Desembre	Any
4	5	7	8	10	11	12	11	10	9	7	4	8,2

Document E: Càlcul de les pèrdues per l'orientació i la inclinació**1. Introducció**

En aquest document s'han de determinar els límits en l'orientació i la inclinació dels captadors d'acord amb les pèrdues màximes admissibles.

Les pèrdues per l'orientació i inclinació dels captadors, s'han de calcular en funció de l'angle d'inclinació β i de l'angle d'azimut α , tal com s'indica en la figura següent:

**2. Procediment**

Una vegada determinat l'angle d'azimut del captador, s'han de calcular els límits d'inclinació acceptables d'acord amb les pèrdues màximes respecte de la inclinació òptima establerta.

Els límits per la inclinació es poden determinar tal com s'indica a continuació, utilitzant la figura E1, per una latitud de $\varnothing = 41^\circ$.

- Els punts d'intersecció del límit de pèrdues amb la recta d'azimut ens proporcionarà els valors d'inclinació màxima i mínima (les pèrdues màximes no poden superar el 10%, 20% i 40%, pels captadors col·locats lliurement, en superposició o integrats arquitectònicament, respectivament).
- Si les ambdues corbes no s'intersequen, les pèrdues són superiors a les permeses i la instal·lació està fora dels límits. Quan les corbes s'intersequen, s'obtenen els valors per la latitud $\varnothing = 41^\circ$ i es corregeixen tal com es detalla a continuació.

Es corregiran els límits d'inclinació acceptable en funció de la diferència entre la latitud del lloc i la de 41° , d'acord amb les següents fórmules:

Inclinació màxima = inclinació ($\varnothing = 41^\circ$) – (41° – latitud)

Inclinació mínima = inclinació ($\varnothing = 41^\circ$) – (41° – latitud), sent 0° el seu valor mínim.

Per als casos a prop del límit i com a instrument de verificació, s'utilitzarà la fórmula següent:

$$\text{Pèrdues (\%)} = 100 \times [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{\text{opt}})^2 + 3,5 \times 10^{-5} \alpha^2] \quad \text{per a } 15^\circ < \beta < 90^\circ$$

$$\text{Pèrdues (\%)} = 100 \times [1,2 \times 10^{-4} (\beta - \beta_{\text{opt}})^2] \quad \text{per a } \beta \leq 15^\circ$$

Nota: α i β s'expressen en graus

3. Exemple de càlcul

Es tracta d'avaluar si les pèrdues per la orientació i la inclinació del captador estan compreses dins els límits permesos per una instal·lació en una teulada orientada 15° a l'Oest (azimut = +15°) i amb una inclinació de 40° en una localitat situada a una latitud de 29°.

A partir del valor de l'azimut de +15°, determinem en la figura 1 els límits per la inclinació de $\theta = 41^\circ$. Els punts d'intersecció del límit de pèrdues del 10%, (pèrdues màximes per la col·locació lliure), amb la recta d'azimut ens proporcionen els valors (vegeu Figura 2):

Inclinació màxima = 60°

Inclinació mínima = 7°

Corregit per a la latitud del lloc:

Inclinació màxima = $60^\circ - (41^\circ - 29^\circ) = 48^\circ$.

Inclinació mínima = $7^\circ - (41^\circ - 29^\circ) = -5^\circ$, que es troba fora del rang.

En aquest cas, s'adaptaria una inclinació mínima teòrica de 0°.

Per tant, aquesta instal·lació amb una inclinació de 40° compleix els requisits de pèrdues per l'orientació i la inclinació.

Figura 1

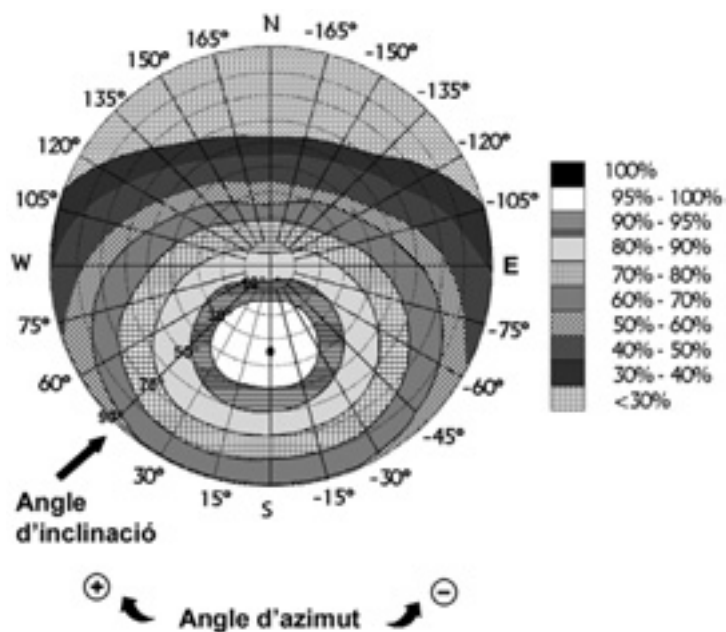
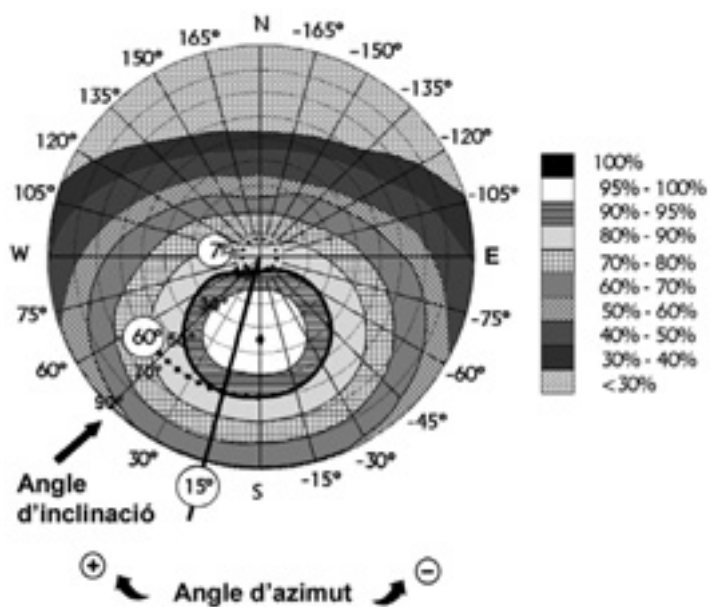


Figura 2



Document F: Càlcul de les pèrdues de la radiació solar per ombres

1. Introducció

En aquest document es descriu un mètode de càlcul de les pèrdues de la radiació solar que experimenta una superfície degut a les ombres circumdants. Aquestes pèrdues s'expressen en el percentatge de la radiació solar global que incidiria sobre superfície esmentada, en no existir cap ombra.

2. Procediment

El procediment consisteix en comparar el perfil d'obstacles que afecta la superfície de l'estudi amb el diagrama de les trajectòries aparents del sol. Els passos a seguir són els següents:

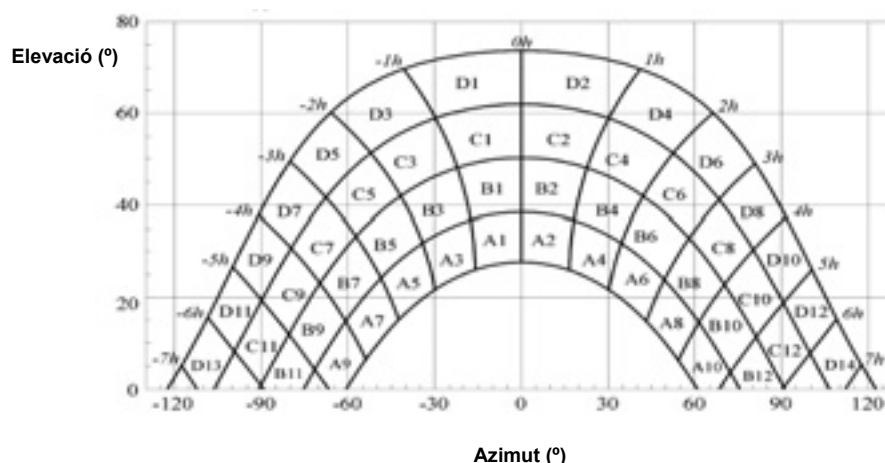
2.1. Obtenció del perfil d'obstacles

La localització dels principals obstacles que afecten la superfície, tenint en compte les seves coordenades de posició azimuth (angle de desviació respecte de la direcció Sud) i d'elevació (angle d'inclinació respecte del pla horitzontal).

2.2. Representació del perfil d'obstacles

Representació del perfil d'obstacles en el diagrama que s'indica a continuació, en el qual es mostra la banda de trajectòries del sol al llarg de l'any. Aquesta banda està dividida en porcions, delimitades per les hores solars (negatives abans del migdia solar i positives després d'aquest) i identificades amb una lletra i un número (A1, A2,... D14).

Diagrama de les trajectòries del sol (Nota: Els graus d'ambdues escales són sexagesimals).



2.3. Selecció de la taula de referència per als càlculs

Cadascuna de les porcions del diagrama representa el recorregut del sol en un cert període de temps (una hora al llarg de diversos dies) i té, per tant, una determinada contribució a la radiació solar global anual que incideix sobre la superfície de l'estudi. Així, el fet que un obstacle cobreixi una de les porcions suposa una certa pèrdua d'irradiació, en particular aquella que resulti interceptada per l'obstacle. S'haurà d'escollir com a referència per al càlcul la taula més adequada de les que es faciliten en aquest document.

2.4. Càlcul final

La comparació del perfil d'obstacles amb el diagrama de les trajectòries del sol permet calcular les pèrdues per ombreig de la radiació solar global que incideix sobre la superfície, al llarg de tot l'any. Per això s'han de sumar les contribucions d'aquelles porcions que resultin total o parcialment ocultes pel perfil d'obstacles representat.

En l'apartat 4 es mostra un exemple concret de la utilització del mètode descrit.

3. Taules de referència

Les taules incloses en aquesta secció es refereixen a diverses superfícies caracteritzades pels seus angles d'inclinació i orientació (β i α , respectivament). S'haurà d'escollir la que resulti més semblant a la superfície de l'estudi. Els números que figuren a cada casella es corresponen amb el percentatge de la radiació solar global anual que es perdria si la porció corresponent resultés interceptada per un obstacle.

Taules de referència

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,03
11	0,00	0,01	0,12	0,44
9	0,13	0,41	0,62	1,49
7	1,00	0,95	1,27	2,76
5	1,84	1,50	1,83	3,87
3	2,70	1,88	2,21	4,67
1	3,13	2,12	2,43	5,04
2	3,17	2,12	2,33	4,99
4	2,70	1,89	2,01	4,46
6	1,79	1,51	1,65	3,63
8	0,98	0,99	1,08	2,55
10	0,11	0,42	0,52	1,33
12	0,00	0,02	0,10	0,40
14	0,00	0,00	0,00	0,02

Taula C

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,35
11	0,00	0,01	0,02	0,35
9	0,23	0,50	0,37	0,30
7	1,66	1,06	0,93	0,78
5	2,76	1,62	1,43	1,68
3	3,83	2,00	1,77	2,36
1	4,36	2,23	1,98	2,69
2	4,40	2,23	1,91	2,66
4	3,82	2,01	1,62	2,26
6	2,68	1,62	1,30	1,58
8	1,62	1,09	0,79	0,74
10	0,19	0,49	0,32	0,10
12	0,00	0,02	0,02	0,13
14	0,00	0,00	0,00	0,13

Taula E

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D
13	0,10	0,00	0,00	0,33
11	0,06	0,01	0,15	0,51
9	0,56	0,06	0,14	0,43
7	1,80	0,04	0,07	0,31
5	3,06	0,55	0,22	0,11
3	4,14	1,16	0,87	0,67
1	4,87	1,73	1,49	1,86
2	5,20	2,13	1,88	2,79
4	5,02	2,34	2,02	3,29
6	4,46	2,28	2,05	3,36
8	3,54	1,92	1,71	2,98
10	2,26	1,19	1,19	2,12
12	1,17	0,12	0,53	1,22
14	0,22	0,00	0,00	0,24

$\beta = 0^\circ$ $\alpha = 0^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,18
11	0,00	0,01	0,18	1,05
9	0,05	0,32	0,70	2,23
7	0,52	0,77	1,32	3,56
5	1,11	1,26	1,85	4,66
3	1,75	1,60	2,20	5,44
1	2,30	1,81	2,40	5,78
2	2,11	1,80	2,30	5,73
4	1,75	1,64	2,00	5,19
6	1,09	1,26	1,65	4,37
8	0,51	0,82	1,11	3,28
10	0,05	0,33	0,37	1,98
12	0,00	0,02	0,15	0,96
14	0,00	0,00	0,00	0,17

Taula D

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,10
11	0,00	0,00	0,03	0,06
9	0,02	0,10	0,19	0,56
7	0,34	0,35	0,78	1,80
5	1,32	1,12	1,40	3,06
3	2,24	1,00	1,92	4,14
1	2,89	1,08	2,51	4,87
2	3,16	2,15	2,40	5,20
4	2,93	2,08	2,23	5,02
6	2,14	1,82	2,00	4,46
8	1,33	1,36	1,48	3,54
10	0,18	0,71	0,88	2,26
12	0,00	0,06	0,32	1,17
14	0,00	0,00	0,00	0,22

Taula F

$\beta = 35^\circ$ $\alpha = 60^\circ$	A	B	C	D
13	0,00	0,00	0,00	0,14
11	0,00	0,00	0,08	0,16
9	0,02	0,04	0,04	0,02
7	0,02	0,13	0,31	1,02
5	0,64	0,68	0,97	2,39
3	1,55	1,24	1,59	3,70
1	2,35	1,74	2,12	4,73
2	2,85	2,05	2,38	5,40
4	2,86	2,14	2,37	5,53
6	2,24	2,00	2,27	5,25
8	1,51	1,61	1,81	4,49
10	0,23	0,94	1,20	3,18
12	0,00	0,09	0,52	1,96
14	0,00	0,00	0,00	0,35

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 60^\circ$	Taula G			
13	0,00	0,00	0,00	0,43
11	0,00	0,01	0,27	0,78
9	0,09	0,21	0,33	0,76
7	0,21	0,18	0,27	0,70
5	0,10	0,11	0,21	0,52
3	0,45	0,03	0,05	0,25
1	1,73	0,80	0,62	0,55
2	2,91	1,36	1,42	2,26
4	3,59	2,13	1,97	3,60
6	3,35	2,43	2,37	4,45
8	2,67	2,35	2,28	4,65
10	0,47	1,64	1,82	3,95
12	0,00	0,19	0,97	2,93
14	0,00	0,00	0,00	1,00

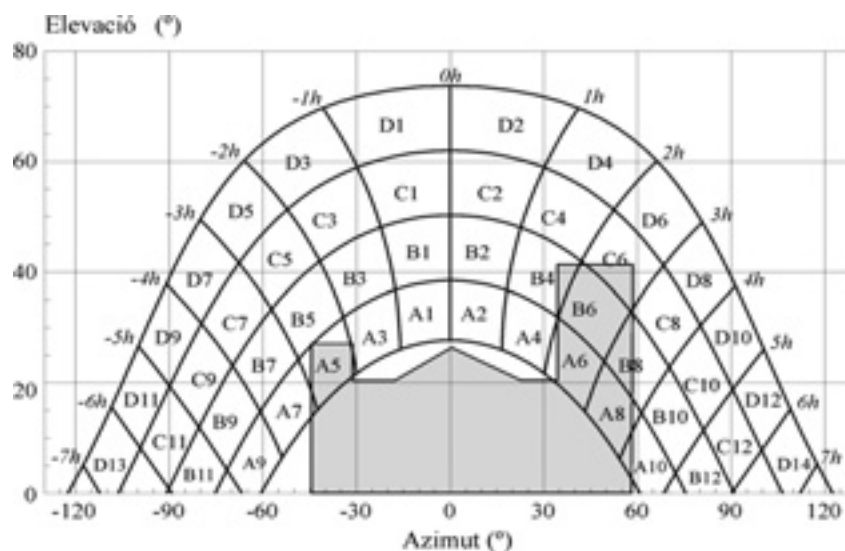
	Taula H				D
13	0,00	0,00	0,00	0,22	
11	0,00	0,03	0,37	1,26	
9	0,21	0,70	1,05	2,50	
7	1,34	1,28	1,73	3,79	
5	2,17	1,79	2,21	4,70	
3	2,90	2,05	2,43	5,20	
1	3,12	2,13	2,47	5,20	
2	2,88	1,96	2,19	4,77	
4	2,22	1,60	1,73	3,91	
6	1,27	1,11	1,25	2,84	
8	0,52	0,57	0,65	1,64	
10	0,02	0,10	0,15	0,50	
12	0,00	0,00	0,03	0,05	
14	0,00	0,00	0,00	0,08	

$\beta = 90^\circ$ $\alpha = 30^\circ$	Taula I			
13	0,00	0,00	0,00	1,28
11	0,00	0,05	0,60	1,28
9	0,43	1,17	1,38	2,30
7	2,42	1,82	1,98	3,15
5	3,43	2,24	2,24	3,51
3	4,12	2,29	2,18	3,38
1	4,05	2,11	1,93	2,77
2	3,45	1,71	1,41	1,81
4	2,43	1,14	0,79	0,64
6	1,24	0,54	0,20	0,11
8	0,40	0,03	0,06	0,31
10	0,01	0,06	0,12	0,39
12	0,00	0,01	0,13	0,45
14	0,00	0,00	0,00	0,27

$\beta = 35^\circ$	Taula J				D
13	0,00	0,00	0,00	0,56	
11	0,00	0,04	0,60	2,09	
9	0,27	0,91	1,42	3,49	
7	1,51	1,51	2,10	4,76	
5	2,25	1,95	2,48	5,48	
3	2,80	2,08	2,56	5,68	
1	2,78	2,01	2,43	5,34	
2	2,32	1,70	2,00	4,59	
4	1,52	1,22	1,42	3,46	
6	0,62	0,67	0,85	2,20	
8	0,02	0,14	0,26	0,92	
10	0,02	0,04	0,03	0,02	
12	0,00	0,01	0,07	0,14	
14	0,00	0,00	0,00	0,12	

	Taula K				D
13	0,00	0,00	0,00	1,01	
11	0,00	0,08	1,10	3,08	
9	0,55	1,60	2,11	4,28	
7	2,66	2,19	2,61	4,89	
5	3,36	2,37	2,56	4,61	
3	3,49	2,06	2,10	3,67	
1	2,81	1,52	1,44	2,22	
2	1,69	0,78	0,58	0,53	
4	0,44	0,03	0,05	0,24	
6	0,10	0,13	0,19	0,48	
8	0,22	0,18	0,26	0,59	
10	0,08	0,21	0,28	0,68	
12	0,00	0,02	0,24	0,67	
14	0,00	0,00	0,00	0,36	

4. Exemple



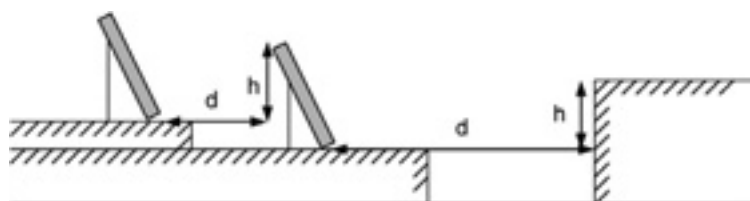
Càlcul:

Pèrdues per les ombres (% de la irradiació global incident anual)

$$\begin{aligned}
 &= (0,25 \times B4) + (0,5 \times A5) + (0,75 \times A6) + B6 + (0,25 \times C6) + A8 + (0,5 \times B8) + (0,25 \times A10) \\
 &= (0,25 \times 1,89) + (0,5 \times 1,84) + (0,75 \times 1,79) + 1,51 + (0,25 \times 1,65) + 0,98 + (0,5 \times 0,99) + (0,25 \times 0,11) \\
 &= 6,16\%
 \end{aligned}$$

5. Distància mínima entre les files dels captadors

En la col·locació lliure dels captadors, la distància d mesurada horitzontalment, ha de ser 2,95 vegades superior a l'altura h , tal com s'indica en la figura següent:



Document G: Requisits tècnics del contracte de manteniment

En el moment en què es realitza la recepció provisional de la instal·lació, el titular d'aquesta ha d'establir un contracte de manteniment realitzant les operacions i la periodicitat indicades en la Taula 1, si la instal·lació disposa d'una superfície de captació superior a 7m² i inferior a 20 m2, sense perjudici de la garantia de l'empresa instal·ladora, amb una empresa mantenidora o mantenidor competent i degudament autoritzat. Per les instal·lacions amb una superfície de captació superior a 20 m2 les periodicitats indicades amb A en la Taula 1, passaran a ser de 2A.

Per a les instal·lacions amb una superfície de captació inferior a 7 m2 no és necessari disposar del contracte de manteniment, podent ser realitzat aquest pel propi titular seguint les instruccions del fabricant.

El manteniment ha d'incloure totes les operacions de manteniment i substitució d'elements fungibles o desgastats per l'ús, necessaris per assegurar que el sistema funcioni correctament durant la seva vida útil.

Taula 1

Equip	Operació	Periodicitat Mínima (mesos)
SISTEMA DE CAPTACIÓ	Inspecció visual dels captadors, de les connexions i de l'estructura de suport	2A
SISTEMA D'ACUMULACIÓ		
Dipòsit	Presència de llots al fons	A
Ànodes de sacrifici	Comprovació del seu desgast	A
Aïllament	Comprovar que no hi ha humitat	A
SISTEMA D'INTERCANVI		
Intercanviador extern	Control de l'eficiència i de les prestacions	A
	Neteja	A
Intercanviador intern	Control de l'eficiència i de les prestacions	A
	Neteja	A
CIRCUIT HIDRÀULIC		
Fluid refrigerant	Comprovar la densitat i el pH	A
Estanquitat	Efectuar la prova de pressió	Cada 2 anys
Aïllament exterior	Inspecció visual de la degradació i absència d'humitat	2A
Aïllament interior	Inspecció visual de les unions i absència d'humitat	A
Purgador automàtic	Control de funcionament i neteja	A
Purgador manual	Buidar l'aire de l'ampolla	2A
Bomba	Control de l'estanquitat	A

Vas d'expansió tancat	Comprovació de la pressió	2A
Vas d'expansió obert	Comprovació del nivell	2A
Sistema d'ompliment	Control de funcionament i actuació	2A
Vàlvula de tall	Control de funcionament (obrir i tancar) per a evitar l'encarcament	A
Vàlvula de seguretat	Control de funcionament	A
SISTEMA ELÈCTRIC I DE CONTROL		
Quadre elèctric	Comprovar que està tancat correctament perquè no entri pols	A
Control diferencial	Control de funcionament	A
Termòstat	Control de funcionament	A
Verificació del sistema de mesura	Control de funcionament	A
SISTEMA D'ENERGIA AUXILIAR		
Sistema auxiliar	Control de funcionament	A
Sondes de temperatura	Control de funcionament	A

A: Una vegada a l'any

2A: Dues vegades a l'any

ANNEX NÚM. 5

**INSTAL·LACIÓ D'EQUIPS DE PRODUCCIÓ DE CALOR MITJANÇANT
HIDROCARBURS LÍQUIDS**

*ÍNDEX**1. Disposicions generals**1.1 Àmbit d'aplicació**1.2. Declaració d'energia de la instal·lació**1.3. Projecte energètic de la instal·lació**2. Requisits generals de la instal·lació**2.1. Equips o aparells d'utilització**2.2. Implantació dels aparells**2.2.1. Implantació d'un aparell per a ús individual (unifamiliar)**2.2.2. Implantació d'un aparell per a ús col·lectiu**3. Conservació, revisió i inspecció de les instal·lacions**3.1. Instal·lacions amb una potència tèrmica instal·lada inferior a 20 kW**3.2. Instal·lacions amb una potència tèrmica instal·lada superior a 20 kW**3.3. Instal·lacions amb una potència tèrmica instal·lada superior a 20 kW i de més de 15 anys d'antiguitat**4. Requeriments de les noves instal·lacions de calefacció i/o d'aigua calenta sanitària**5. Seguretat contra incendi*

1. Disposicions generals

1.1 Àmbit d'aplicació

Els equips de producció de calor mitjançant hidrocarburs líquids, d'una potència nominal superior a 20 kW.

1.2. Declaració d'energia de la instal·lació

Els equips de producció de calor mitjançant hidrocarburs líquids entre 20 i 70 kW no requereixen un projecte energètic.

Les empreses instal·ladores han de presentar al ministeri competent, una vegada finalitzades les obres d'instal·lació i efectuades les proves corresponents, la corresponent declaració d'energia de la instal·lació, segons un model normalitzat que ha de determinar el ministeri competent en energia, que ha de contenir com a mínim les dades sobre la ubicació i el titular de la instal·lació, les seves característiques, els càlculs i el plànol de la instal·lació.

1.3. Projecte energètic de la instal·lació

Els equips de producció de calor mitjançant hidrocarburs líquids d'una potència superior a 70 kW, han de disposar d'un projecte energètic de la instal·lació subscrit per un tècnic autoritzat i competent i amb el format i continguts mínims especificats en el Document A d'aquest annex.

2. Requisits generals de la instal·lació

2.1. Equips o aparells d'utilització

Es prohibeix la instal·lació de cremadors i calderes de calefacció en el mateix local on es trobi un dipòsit d'emmagatzematge d'hidrocarburs; s'autoritza la instal·lació en sales contigües. Únicament podrà estar en el mateix local de la caldera o cremador el seu dipòsit d'alimentació directa, en cas que existeixi, i sempre que la seva capacitat sigui com a màxim l'exigida pel consum de mitja hora i si es troba a una distància mínima de 60 centímetres en projecció vertical respecte a la caldera.

2.2. Implantació dels aparells

2.2.1. Implantació d'un aparell per a ús individual (unifamiliar)

S'han de complir les condicions següents:

- a) Els aparells poden instal·lar-se en un subsòl, a nivell del terreny, o elevats.
- b) Es prohibeix la instal·lació d'aparells en sales de bany i lavabos.
- c) El local on són disposats els aparells d'utilització haurà de comportar, endemés de la conducció d'evacuació dels fums, una entrada d'aire fresc situada tan a prop com sigui possible de l'aparell (secció mínima de 0,5 dm²) i d'una evacuació d'aire en la part superior.
- d) Els aparells hauran de ser instal·lats de manera que s'eviti qualsevol escalfament anormal del sòl i de les parets del local.
- e) Es prohibeix col·locar matèries combustibles a menys d'un metre dels aparells.
- f) Si el local està en un segon pis de subsòl o a nivell inferior, disposarà d'una conducció de 16 dm² de secció, endemés de les ventilacions indicades, proveïda d'un ràcord tipus "ZAG" que desembocchi a l'aire lliure en un lloc pròxim al sòl i accessible per als vehicles del Servei d'Incendis i Salvament.

2.2.2. Implantació d'un aparell per a ús col·lectiu

Aquests aparells s'hauran d'instal·lar en un local d'ús exclusiu per a aquesta finalitat. Les característiques principals d'aquest local, que pot estar situat a qualsevol nivell, són:

- a) Sòl incombustible i impermeable, formant cubeta de retenció.
- b) Cap espai buit, en el pas de les canonades a través dels murs, entre canonada i paret.
- c) Separació mínima de 0.50 metres entre els aparells i parets laterals del local.
- d) El local disposarà de conductes per a l'evacuació dels fums, d'una entrada d'aire fresc (superfície compresa entre 2,5 dm² i 4 dm² segons el local), en la part baixa i d'una obertura per a evacuar l'aire viciat en la part alta (dues tercers parts de la superfície corresponent a l'entrada d'aire fresc, sense ésser inferior a 2,5 dm²).
- e) Instal·lació elèctrica de tipus normal però amb llums fixos. Els interruptors limitadors de corrent i quadre de comandament general estaran preferiblement fora del local i, en tot cas, tan a prop com sigui possible de la seva entrada.
- f) Mitjançant una aixeta o vàlvula d'accionament ràpid, es podrà tallar el subministre de combustible a la caldera. Dita vàlvula estarà situada fora del local de calderes en un lloc visible, senyalitzat i fàcilment accessible.
- g) Es prohibeix tota conducció d'aigua, gas, electricitat, etc., aliena a la marxa dels aparells.
- h) Si el local està en un subsòl, comportarà, endemés de les ventilacions anteriorment esmentades, una conducció de 16 dm² de secció proveïda d'un ràcord "ZAG", que comuniqui amb l'aire lliure en un lloc pròxim al sòl i accessible per als vehicles del Servei d'Incendis i Salvament.
- i) El local tindrà una altura mínima de 2,30 metres.
- j) El local ha de disposar d'un vestíbul d'evacuació o SAS. Les dimensions mínimes d'aquest espai, han de permetre les operacions de manteniment i el reemplaçament dels components de la instal·lació en cas de ser necessari. Aquestes dimensions han de ser de 1 metre d'amplada i 1,2 metres de llargada (en el sentit de sortida). La distància mínima entre els contorns de les superfícies escombrades per les portes del vestíbul ha de ser almenys igual a 0,50 metres.

3. Conservació, revisió i inspecció de les instal·lacions

Els elements de producció que utilitzin gasoil i les instal·lacions de tot tipus d'edifici i ús han de ser revisats, netejats i mantinguts amb la periodicitat que determini el fabricant i com a mínim amb la periodicitat prevista en el present document.

3.1. Instal·lacions amb una potència tèrmica instal·lada inferior a 20 kW

Les instal·lacions amb potència de producció tèrmica inferior a 20 kW, resten subjectes a les instruccions del fabricant dels equips corresponents.

3.2. Instal·lacions amb una potència tèrmica instal·lada superior a 20 kW

a) Revisions periòdiques: la instal·lació amb potència de producció tèrmica per combustió de gasoil instal·lada superior a 20 kW (des d'ara, potència tèrmica

instal·lada) resta subjecta a les instruccions del fabricant dels equips corresponents i a les operacions indicades en la Taula 1.

Les revisions periòdiques han de ser de caràcter semestral, si la instal·lació funciona tot l'any, i de caràcter anual, si la instal·lació funciona per temporada de termini no superior a set mesos. En aquest cas les revisions s'efectuen al començament de la temporada de funcionament.

Les comprovacions han de realitzar-se amb una periodicitat igual a la indicada a les taules següents:

Símbol	Significat
M	Una vegada al mes
A 2A	Una vegada a l'any Dues vegades a l'any
S	Semestral (una vegada cada sis mesos)

Taula 1. Revisions periòdiques en els elements de producció

<i>Operacions realitzades pel titular de la instal·lació</i>	<i>Periodicitat</i>
Consum de combustible (comptador de gasoil)	M
<i>Operacions realitzades per l'empresa mantenidora</i>	<i>Periodicitat</i>
Temperatura dels gasos de combustió	S / A
Contingut de CO, i rendiment de l'equip	S / A
Índex d'opacitat dels fums en combustibles líquids	S / A
Tir en la caixa de fums de la caldera	S / A

A les instal·lacions que disposin d'un sistema de gestió intel·ligent, les mesures indicades poden efectuar-se des del lloc de control central.

b) Les operacions de manteniment i la seva periodicitat en les instal·lacions les ha d'efectuar una empresa de manteniment o mantenidors competents degudament autoritzats. Des del moment en què es realitza la recepció provisional de la instal·lació, el titular d'aquesta instal·lació ha de contractar les funcions de manteniment, sense perjudici de la garantia de l'empresa instal·ladora. Les operacions que s'han de fer es detallen en la Taula 2, en funció de la potència tèrmica instal·lada (P).

Taula 2. Operacions de manteniment

Operació	Periodicitat mínima
Neteja del circuit de fums de calderes $P > 500 \text{ kW}$ $20 \text{ kW} \leq P \leq 500 \text{ kW}$	2A A
Neteja de conductes de fums i xemeneia	A
Revisió general de calderes individuals de gasoil	A
Comprovació de material refractari $P > 500 \text{ kW}$ $20 \text{ kW} \leq P \leq 500 \text{ kW}$	2A A
Comprovació estanquitat de tancament entre cremador i caldera	A
Revisió general del cremador i regulació de la combustió	A
Revisió general de l'emmagatzematge de gasoil	A
Detecció de fuites en xarxa de combustible	A
Comprovació nivell d'aigua en circuits i vas d'expansió $P > 500 \text{ kW}$ $20 \text{ kW} \leq P \leq 500 \text{ kW}$	2A A
Comprovació estanquitat de circuits de distribució	A
Comprovació estanquitat de vàlvules d'interceptació $P > 500 \text{ kW}$ $20 \text{ kW} \leq P \leq 500 \text{ kW}$	2A A
Comprovació tarat d'elements de seguretat $P > 500 \text{ kW}$ $20 \text{ kW} \leq P \leq 500 \text{ kW}$	2A A
Revisió i neteja de filtres d'aigua (si n'hi ha)	A
Revisió de bateries d'intercanvi tèrmic (si n'hi ha)	A
Revisió d'unitats terminals aigua – aire (si n'hi ha)	A
Revisió i neteja d'aparells de recuperació de calor (si n'hi ha)	A
Revisió i neteja de filtres d'aire (si n'hi ha)	A

3.3. Instal·lacions amb una potència tèrmica instal·lada superior a 20 kW i de més de 15 anys d'antiguitat

S'ha d'establir una avaluació de la instal·lació, a partir de la qual l'empresa mantenidora determina, si és el cas, les millores o les modificacions que cal aportar a fi d'optimitzar el rendiment de l'element de producció i el seu entorn o en el cas extrem, la substitució d'elements de producció per no poder assolir els mínims exigibles:

Potència tèrmica	Rendiment de la caldera	Temps màxim (anys) per assolir un rendiment mínim del 90 %	Temps màxim (anys) per substituir els elements de producció
20 kW < Pt < 100 KW	80 % < R < 92 %	4	
100 KW < Pt < 400 KW	80% < R < 92 %	3	
Pt > 400 KW	80 % < R < 92 %	2	
20 KW < Pt < 100 KW	R < 80 %		3
100 KW < Pt < 400 KW	R < 80 %		2
Pt > 400 KW	R < 80 %		1

Si durant el període indicat no és possible assolir el rendiment demanat, s'ha de substituir la caldera, ja que els rendiments inferiors al 80% es consideren ambientalment nocius i econòmicament poc rendibles.

4. Requeriments de les noves instal·lacions de calefacció i/o d'aigua calenta sanitària

Les instal·lacions de nova execució, a partir de l'entrada en vigor d'aquest annex, han de complir els requisits següents:

- Les calderes instal·lades han de ser de baixa temperatura, de condensació o d'alt rendiment.
- Els comptadors instal·lats en edificis plurifamiliars han de ser calorimètrics de precisió per cada habitatge o local calefactat.

5. Seguretat contra incendi

Tota caldera amb una potència nominal superior a 25 kw, ha de disposar d'un local anomenat cambra de calderes amb les característiques que s'indiquen a continuació:

- Els orificis de ventilació estaran distanciats almenys 50 cm de qualsevol buit practicable o reixes de ventilació d'altres locals diferents de la cambra de calderes.
- Les obertures estaran protegides per que no puguin ser obstruïdes o inundades i evitar l'entrada d'insectes o altres cossos estranys.

- c) Les cambres de calderes disposaran d'una entrada d'aire fresc directa o mitjançant una conducció de les dimensions adequades. L'entrada d'aire no es trobarà a la proximitat del sòl i tindrà una superfície mínima de 4 dm². La sortida d'aire viciat en la part alta tindrà una secció igual a les dues terceres parts de la superfície corresponent a l'entrada d'aire fresc, sense ésser inferior a 4 dm².
- d) Si la cambra de calderes està situada en el subsòl, comportarà, endemés de les ventilacions necessàries, una conducció de 16 dm² de secció i una dimensió mínima de almenys 20 cm, proveïda d'un ràcord "ZAG" que comuniqui amb l'aire lliure en un lloc pròxim al sòl i accessible per als vehicles del Servei d'Incendis i Salvament.
- e) Les cambres de calderes no podran ser utilitzades per a altres finalitats, ni podran realitzar-se en elles treballs aliens als propis de la instal·lació.
- f) L'accés normal a la cambra de màquines no s'ha de fer a través d'una obertura en el sòl o sostre. Les dimensions de la porta d'accés seran les suficients per permetre el moviment sense risc o dany dels equips que hagin de ser reparats fora de la cambra de màquines.
- g) Les portes han d'estar proveïdes de pany, amb fàcil obertura des de l'interior, tot i que hagin estat tancades amb clau des de l'exterior i ser tallafocs mitja hora. Els murs del local han de ser tallafocs de grau dues hores. El sòl serà incombustible i impermeable, constituint una cubeta de retenció (almenys 10 cm d'altura). No existirà cap espai buit entre canalitzacions i paret, en els llocs de passatge a través de murs i sòls.
- h) Es prendran disposicions perquè la temperatura al interior del local no sobrepassi els 50°C.
- i) Les preses de ventilació no podran estar comunicades amb altres locals tancats i els elements de tancament de la cambra no permetran filtracions d'humitat.
- j) En els cremadors de les calderes es col·locaran dos extintors automàtics de 6 kg en pols i una reserva de 100 litres de sorra amb pala de projecció.
- k) Les comunicacions entre la cambra de calderes i la resta de l'edifici es faran mitjançant una cambra intermitja (SAS ventilat).
- l) La il·luminació de la cambra de calderes ha de ser suficient per realitzar els treballs de conducció i inspecció. El valor mínim admès del nivell mig d'il·luminació en servei són 200 lux, amb una uniformitat mitja de 0,5.
- m) No existirà en l'interior del local cap conducció de gas, electricitat, aigua, etc., no necessària per a la bona marxa dels aparells o de l'enllumenat.
- n) Els conductes d'evacuacions de fums no podran travessar en cap cas els locals destinats a l'emmagatzematge del combustible o tenir murs comuns amb aquests.
- o) Un dispositiu manual permetrà parar l'arribada de combustible als aparells d'utilització. Aquest dispositiu fàcilment maniobrable, es col·locarà en un lloc senyalitzat i fàcilment accessible.

DOCUMENT A: Projecte energètic de la instal·lació

La memòria ha d'incloure els continguts següents:

- a) Descripció arquitectònica de l'edifici o dels locals afectats per les instal·lacions, que ha d'incloure les superfícies en planta, els volums totals, el nombre de plantes i l'ús de les diferents dependències.
- b) Determinació dels horaris de funcionament, diari, setmanal, mensual i anual, de cada part de l'edifici i indicació de l'ocupació màxima i simultània de les diferents dependències. Càlcul dels cabals d'aire exterior mínim de ventilació.
- c) Descripció dels elements constructius de tancament i protecció solar i dels coeficients de transmissió de calor d'aquests.
- d) Descripció detallada dels sistemes de climatització escollits per a cada part de l'edifici, on es justifiqui la seva adopció en funció de la ocupació, la orientació, l'horari de funcionament, el manteniment, etc. Es farà especial èmfasi sobre els sistemes emprats per a l'estalvi d'energia. Igualment, quan s'integrin en el projecte solucions bioclimàtiques, s'efectuarà la correcció corresponent a aquesta integració.
- e) Descripció de les centrals de producció de fred i calor.
- f) Descripció de les unitats de tractament de l'aire.
- g) Descripció de les unitats terminals, com ara radiadors, ventila-convectors, caixes, difusors, reixetes, etc., indicant els paràmetres de funcionament de cada unitat.
- h) Descripció detallada dels subsistemes de control adoptats i, quan es tracti de sistemes amb suport informàtic, de l'arquitectura dels mateixos i dels programes inclosos. La descripció es dividirà en tres apartats: producció d'energia tèrmica, subsistemes de climatització i locals climatitzats.

Els plànols contindran la informació següent:

- a) Esquemes de principi de les centrals productores de fred i calor i dels equips auxiliars.
- b) Esquemes de principi de les xarxes de distribució dels fluids portadors i dels seus accessoris.
- c) Esquemes de principi dels sistemes de control.
- d) Plantes en què figuri la situació de les xarxes de conductes, les seves dimensions i la situació de les unitats terminals realitzades amb escales no menors que 1:100.
- e) Plantes de la sala de màquines, en què figuri la situació de tots els equips i les distàncies d'aquests als elements estructurals, les seccions dels llocs més significatius i els detalls de ventilació, en escala no menor que 1:50.
- f) Detalls del sistema d'evacuació de fums.
- g) Detalls necessaris, realitzats en una escala convenient, per a l'execució dels punts singulars.

La justificació de càlculs contindran la informació següent:

- a) Càlcul de les càrregues tèrmiques dels locals, dels subsistemes de preparació d'aigua calenta sanitària i de escalfament de l'aigua de piscina.

- b) Condicions exteriors i condicions interiors de càlcul, per a cada part o dependència de l'edifici.
- c) Càlcul de les centrals de producció de fred i calor i de les unitats de tractament de l'aire.
- d) Càlcul d'unitats terminals, com ara radiadors, ventila-convectors, etc.
- e) Càlcul de les xemeneies d'evacuació dels productes de la combustió.
- f) Càlcul del rendiment de la instal·lació.