

Treball final de grau

Estudi: Grau en Arquitectura Tècnica

Títol: ESTUDI DE LES TÈCNIQUES D'EDIFICACIÓ DE CONSUM GAIREBE NUL

Document: Resum del Treball Final de Grau

Alumne: Ferran Coll Deulofeu

Tutor: Joan Llorens Sulivera

Departament: Arquitectura i Enginyeria de la Construcció

Àrea: Construccions Arquitectòniques

Convocatòria (mes/any): 06/2017

El concepte d'Edifici de Consum Gairebé Nul, també denominat com Edificis de Consum Gairebé Nul o nZEB, ha passat de ser pràcticament desconegut a ésser de màxima actualitat aquests últims mesos degut a la obligatorietat de compliment de la Directiva 2010/31/UE aprovada pel Parlament Europeu. La Directiva és fruit dels esforços destinats al compliment del Protocol de Kyoto amb l'objectiu de fer front a l'augment de la temperatura a nivell global. En aquesta directiva, entre altres aspectes, es determina que com a molt tard al final del 2018 els edificis de nova planta en propietat d'autoritats públiques, i al final del 2020 la resta d'edificis de nova edificació, siguin Edificis de Consum Gairebé Nul. D'aquesta manera es pretén reduir de manera molt significativa el consum d'energies fòssils realitzada pel sector de la construcció durant la vida útil del edificis, que actualment situa el seu consum en un 40% del total a Europa.

Donada aquesta situació, cal reflexionar sobre com han de ser els Edificis de Consum Gairebé Nul al nostre país, que actualment es troba un pas enrere en aquest tema envers altres països més desenvolupats de la Unió Europea. És molt útil doncs, fixar-se en com aquests països estan plantejant la incorporació d'aquest tipus d'edificacions, tenint en compte que ja tenen gran part del camí recorregut a través de la implantació d'estàndards d'edificis de baix consum com ara Passivhaus (Alemanya) o Minergie (França), i quines tècniques utilitzen, tenint en compte però que es tracta de països amb climes més freds que el nostre. És per això que no podem deixar de banda les tècniques de l'àmbit Bioclimàtic que s'han utilitzat des de fa molt temps sobretot en la zona del Mediterrani, més càlida. Cal investigar doncs, quins criteris i tècniques poden funcionar millor en el clima en el que ens trobem.

En aquest treball s'ha realitzat un estudi dels criteris i tècniques més interessants que es poden utilitzar en el disseny d'un Edifici de Consum Gairebé Nul i posteriorment argumentat quines d'aquestes poden ser aplicades amb eficiència a Catalunya, pensant sempre en el seu clima particular.

Per tal de contextualitzar el treball s'ha realitzat una descripció de les característiques bàsiques dels Edificis de Consum Gairebé Nul, i s'ha explicat com s'ha arribat a la necessitat d'implementar la Directiva 2010/31/UE, què suposa pels països implicats i quin camí ha recorregut Espanya en aquesta direcció.

El treball basa el seu contingut en quant a criteris generals i tècniques en dos models d'edifici de baix consum presents a Europa, i que presenten característiques ben diferenciades degut als factors climàtics de les ubicacions en les que es van originar: els edificis Bioclimàtics i els edificis Passius. Per una banda tenim un model d'edifici que es nodreix dels factors ambientals per mantenir les condicions de confort, i per l'altre, tenim un edifici que s'aïlla del medi i es basa en la ventilació mecànica amb recuperació de calor per la seva climatització.

Per poder entendre quins són els motius pels quals es construeixen aquestes dues tipologies d'edificis de baix consum, ha estat oportú descriure els diferents climes presents a Europa, indicant-ne quines són les condicions climàtiques anuals, donant especial rellevància a les temperatures mínimes i màximes, i a l'amplitud tèrmica mitjana anual. Finalment s'argumenten quines serien les característiques en les que s'haurien de centrar a nivell tèrmic les edificacions que s'hi ubiquin.

Com a bloc principal del treball s'ha realitzat un estudi de les tècniques passives aplicables a edificis de baix consum independentment de la seva procedència en quant a geografia i tipologia d'edifici pel qual està pensat. S'ha obtingut com a resultat, una guia que conté de manera ordenada els criteris, tècniques i elements constructius més rellevants a tenir en compte en el disseny d'un Edifici de Consum Gairebé Nul. Al final d'aquest estudi s'han distribuït aquestes tècniques mitjançant una taula a mode de resum, segons si poden pertànyer a un model d'edifici Bioclimàtic, a un model Passiu o a ambdós.

En l'estudi de les diferents tècniques s'ha fet èmfasi en els elements que les componen, quin és el seu principi de funcionament en els supòsits climàtics d'estiu i hivern, quins són els factors que influeixen en el seu rendiment, i quins són els paràmetres dels que depèn el seu dimensionament. Complementàriament s'ha aportat documentació gràfica i numèrica que ajuda a comprendre la informació que s'ha aportat.

A mode d'exemple, i per fer més comprensible l'abast del treball de la descripció de les diferents tècniques, es fa un breu resum de la informació tractada en el cas del Mur Trombe; tècnica ubicada dins l'apartat de Tècniques que fan ús de la convecció per al guany de calor:

Com que aquesta tècnica, com s'explica en el treball, fa ús de la inèrcia tèrmica d'un mur interior, anteriorment s'ha explicat en què consisteix la inèrcia tèrmica d'un material, de quins factors depèn i com es calcula la seva capacitat tèrmica i la quantitat de calor emmagatzemada.

A continuació es descriuen els aspectes tractats d'aquesta tècnica amb aportació de petits fragments extrets del treball per a poder visualitzar-ne l'estructura:

- Descripció de la tècnica.

Es tracta d'un tancament de façana que aprofita l'energia solar per l'escalfament mitjançant la recirculació de l'aire interior de l'edifici. Generalment està format per una fulla interior amb alta inèrcia tèrmica, una cambra d'aire i un vidre exterior. Aquest tancament es troba en la façana sud per fer un millor aprofitament de la radiació solar.

Aquest full de vidre exterior pot col·locar-se també inclinat per millorar la superfície de captació solar i el seu angle envers els raigs solars; i a més, permet disposar d'elements d'alta inèrcia tèrmica a nivell del paviment com ara graves o paviments de pedra per incrementar l'acumulació tèrmica, però té l'inconvenient d'ocupar més espai exterior, i el fet de comptar amb més amplada de cambra d'aire, en dificulta l'escalfament. D'aquesta manera obtindríem un sistema molt similar a l'hivernacle que es descriu més endavant.

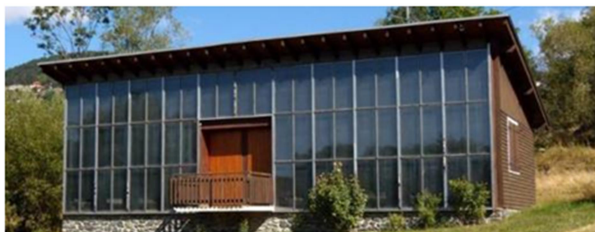


Figura 33. Una de les primeres cases on es va aplicar el mur dissenyat per Felix Trombe, situada a Odeillo, França. El mur ocupa la totalitat de la façana sud.

- Principi de funcionament durant l'estiu i l'hivern.

El principi de funcionament és el següent: el mur rep l'energia solar durant el dia i l'emmagatzema gràcies a la seva gran massa tèrmica. Durant la nit, tal com s'ha explicat anteriorment, la transmetrà a l'interior de l'edifici.

Gràcies a la presència del vidre, l'energia sobrant que no pot absorbir el mur queda emmagatzemada en la cambra d'aire, escalfant l'aire contingut. Així doncs, es beneficia de l'efecte hivernacle.

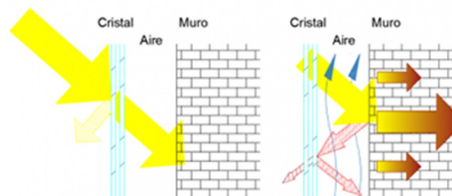


Figura 35. Esquema de funcionament d'un Mur Trombe. No s'aprecien els orificis per intercanvi d'aire amb l'interior.

- Mesures de reducció de pèrdues de calor durant la nit.
- Factors que poden influir sobre el rendiment del mur Trombe.

Els factors que poden influir sobre el rendiment d'un mur Trombe són:

- Temperatura ambient: la pèrdua de calor del mur cap a l'exterior depèn directament de la diferència de temperatura entre l'interior del mur i l'exterior.
- Latitud: en general quan a més distància de l'equador es troba més s'hauran d'augmentar les dimensions del mur.
- Orientació: La orientació òptima, dels mitjans de captació solar a l'hemisferi nord, és orientació sud. En el cas del Mur Trombe aquesta orientació per a un funcionament òptim pot ser Sud $\pm 5^\circ$. A partir de $\pm 30^\circ$ es comença a perdre efectivitat de manera significativa.
- Massa tèrmica i gruix de l'element opac (mur). Aquest factor condiciona la quantitat d'energia emmagatzemada i el desfasament.
- Color de la superfície de l'element opac. Els colors foscos ajuden fan més favorable l'acumulació de calor.

- Factors que intervenen en el dimensionament del mur Trombe i predimensionat ràpid.

- > La superfície del vidre: pel clima moderat que trobem al nostre país es pot instal·lar una superfície de vidre d'entre 0,25 i 0,80 m² per cada m² de la superfície a calefactar. El gradient és ampli perquè depèn també de l'aïllament de l'envolupant de l'edifici.
- > El gruix de la cambra d'aire: aproximadament és de 10 centímetres.
- > El gruix del mur: depèn del material escollit en quant a massa tèrmica i sistema constructiu.
- > Les dimensions de les obertures de circulació: aquesta serà d'uns 100 cm² per metre quadrat de mur, inclòs admissió i extracció.

$$A_1 + A_2 = (L \times H) / 100$$

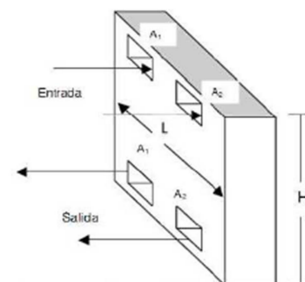


Figura 39. Paràmetres nel dimensionat de les

- Expressions del càlcul dels guanys totals del mur.

Un càlcul més precís d'un Mur Trombe es pot trobar en la UNE-EN ISO 13790 i recollit en [10]. El mètode utilitzat en aquesta norma es basa en el càlcul dels guanys totals del mur a partir del càlcul dels guanys solars i les pèrdues de calor en KWh.

$$Q_{\text{Total}} = Q_{\text{Gain}} - Q_{\text{Loss}}$$

Pel càlcul dels guanys solars s'utilitza la següent expressió:

$$Q_{\text{gain}} = I \cdot A_{\text{sw}} \alpha F_g F_r F_w g \left[U_0 (R_e + R_c) + R_t \frac{U_2}{U_1 U_e} \frac{\rho C_p V}{A} k \omega \right] \quad [\text{KWh}]$$

On:

I w radiació global incident [KWh/m²]

A . Àrea de recollida efectiva [m²]

- Descripció de tècniques que es presenten com a variacions del Mur Trombe com per exemple el Mur Parietodinàmic, Mur d'aigua, mur de niu d'abella...

Per últim, s'ha realitzat un estudi d'aplicabilitat de les tècniques exposades al clima present a Catalunya, basant-se en els seus factors climàtics propis. Per fer l'anàlisi de la idoneïtat de les diferents tècniques ha estat necessari primerament realitzar un recull de les condicions climàtiques i de la trajectòria solar, presents a Catalunya, com a factor decisiu en l'elecció o rebuig d'aquestes.

En l'anàlisi d'aplicabilitat de cadascuna de les tècniques s'ha valorat la viabilitat de la solució i la seva eficiència, i s'han aportat criteris per l'adaptació d'aquestes al nostre clima en cas que hagin estat necessàries puntualitzacions o modificacions per millorar-ne l'eficiència. Finalment s'ha

aportat una taula a mode de resum indicant la idoneïtat o no de cada tècnica, i amb l'addició d'observacions que s'han considerat rellevants però que en cap cas resumeixen l'exposat en cada apartat.

S'ha pogut concloure en aquest treball la importància de l'estudi del clima local a l'hora d'establir estratègies de disseny d'edificacions. Mentre que les demandes energètiques han de ser molt similars independentment de la ubicació, les respostes constructives han de ser diferents segons les condicions climàtiques de cadascuna. Dit això, és necessari abandonar la perspectiva de dissenyar edificis estandarditzats que combaten les condicions climatològiques a través de grans consums energètics, i pensar en una arquitectura més individualitzada en cada projecte i que es pugui adaptar a les necessitats de cada localització a través de mesures que aprofitin els recursos naturals propis de la zona, aconseguint d'aquesta manera edificis més autònoms energèticament i alhora més respectuosos amb el medi.

A continuació, i com a informació annexa al resum, s'adjunta l'índex del treball amb l'objectiu de donar coneixement dels diferents apartats tractats i de l'estructura del contingut:

1. INTRODUCCIÓ

1.1 Objectiu i Abast del Treball

1.2 Antecedents

2. QUÈ ÉS UN EDIFICI DE CONSUM GAIREBÉ NUL?

2.1 Edificis de Consum Gairebé Nul

2.2 El concepte d'Eficiència Energètica

2.3 L'Arquitectura Passiva

3. PER QUÈ NECESSITEM EDIFICIS DE CONSUM GAIREBÉ NUL?

3.1 El Protocol de Kyoto i la Directiva Europea 2010/31/UE

3.2 Consum energètic actual al sector residencial

4. TÈCNiques APLICADES EN L'OBTENCIÓ D'UN EDIFICI DE CONSUM GAIREBÉ NUL

4.1 Models existents d'Edifici de Consum Gairebé Nul

4.2 Els Climes Europeus

4.2.1 El Clima Continental

4.2.2 El Clima Oceànic

4.2.3 El Clima Mediterrani

4.3 Edificis Bioclimàtics i Edificis Passius

4.3.1 Els Edificis Bioclimàtics

4.3.2 Els Edificis Passius

4.4 Tècniques d'Edificació de Consum Gairebé Nul

4.4.1 Mesures generals d'ubicació, orientació i protecció contra el vent

4.4.2 Guany de calor

4.4.2.1 Tècniques que fan ús de la radiació per al guany de calor

4.4.2.1.1 Guany directe de calor

4.4.2.1.2 El color de les superfícies

4.4.2.1.3 Inèrcia tèrmica dels tancaments opacs

4.4.2.2 Tècniques que fan ús de la convecció per al guany de calor

4.4.2.2.1 Mur Trombe i variants

4.4.2.2.3 Hivernacle adossat

4.4.2.2.4 Solera de grava

4.4.2.2.5 Façana de doble pell de vidre

4.4.3 Tècniques de minimització de guany / pèrdua de calor

4.4.3.1 Conceptes bàsics de disseny per a la minimització de guany / pèrdua de calor

4.4.3.2 L'aïllament tèrmic

4.4.3.3 Control ponts tèrmics

4.4.3.4 Estanquitat a l'aire

4.4.3.5 Tancaments d'altres prestacions

4.4.3.6 Sistemes protecció solar

4.4.4 Tècniques de Ventilació / Refrigeració

4.4.4.1 Ventilació natural directa

4.4.4.2 Ventilació natural creuada

4.4.4.3 Pou canadenc

4.4.4.4 Xemeneia solar

4.4.4.5 Torre eòlica o captador de vent

4.4.4.6 Ventilació amb recuperació de calor

4.4.5 Taula de classificació de tècniques

5. ESTUDI D'APLICABILITAT A CATALUNYA

5.1 Factors ambientals a Catalunya

5.1.1 El Clima Mediterrani a Catalunya

5.1.2 Anàlisi de la trajectòria solar a Catalunya

5.1.3 El vent a Catalunya

5.2 Anàlisi de les tècniques aplicades a Catalunya

6. CONCLUSIONS

7. FUTURES LÍNIES DE RECERCA

8. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

9. ANNEXOS

Glossari