



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA
BARCELONATECH

Escola Politècnica Superior d'Enginyeria
de Manresa



TREBALL FINAL DE GRAU, ENGINYERIA MECÀNICA:

IMPLANTACIÓ DE MESURES ENERGÈTIQUES PASSIVES EN L'EDIFICACIÓ

Alumna: Anna Rubiralta Fàbregas

Tutor: Jordi Vives

Curs acadèmic: 2015-2016

Manresa, octubre de 2016

RESUM:

El projecte es centra en la utilització dels sistemes arquitectònics bioclimàtics d'energia passiva i dels criteris estàndard de l'edificació de baix consum energètic Passivhaus en la construcció d'habitatges.

Amb aquest projecte es pretén calcular el comportament energètic d'un habitatge unifamiliar i optimitzar les mesures de consums i demandes energètiques. Amb això es demostraran l'estalvi energètic que es pot obtenir implementant aquests sistemes en diferents climes de la geografia espanyola

Paraules clau: Estratègies passives, ventilació natural, DesignBulider, confort.

ABSTRACT

The project is focused on the use of passive energy systems in bioclimatic architecture and the standard criteria of "Passivhaus", a low energy consumption in housing construction.

With this project, it is intended to calculate the energetic expenses of a family house as well as to optimize the measures of consumption and energy demands. This is going to prove the energetic savings that can be achieved just by using these systems in some of the different Spain's climates.

Key-words: Passive strategies, natural ventilation, DesignBulider, Comfort

ÍNDEX

| | |
|---|----|
| 1. INTRODUCCIÓ..... | 5 |
| 1.1. OBJECTIUS | 5 |
| 1.1.1. Objectiu General | 5 |
| 1.1.2. Objectius Específics | 5 |
| 2. ESTAT DE L'ART..... | 5 |
| 2.1. DEFINICIÓ D'ARQUITECTURA BIOCLIMÀTICA..... | 5 |
| 2.2. CONCEPTES A TENIR EN COMPTE EN LA CONSTRUCCIÓ BIOCLIMÀTICA..... | 8 |
| 2.2.1. Estàndards de construcció. Construcció Passiva..... | 8 |
| 2.2.2. Cicle de vida d'un edifici convencional..... | 10 |
| 2.2.3. Consum energètic en la fase d'us d'un edifici..... | 11 |
| 2.2.4. Confort..... | 13 |
| 2.3. ESTRATÈGIES PER UNA EDIFICACIÓ PASSIVA..... | 19 |
| 2.3.1. IMPACTE DE LA RADIACIÓ SOLAR SOBRE L'EMBOLCALL..... | 19 |
| 2.3.2. L'IMPACTE DEL VENT SOBRE L'EMBOLCALL DE L'EDIFICI:..... | 25 |
| 2.3.3. ORIENTACIÓ DE L'EDIFICI : | 39 |
| 2.3.4. AÏLLAMENT TÈRMIC: | 43 |
| 3. CÀLCULS I MODELITZACIÓ..... | 52 |
| 3.1. Estratègies bàsiques de disseny utilitzades: | 52 |
| 3.2. Dissenys inicials | 52 |
| 3.3. Programa utilitzat per la simulació i el modelatge..... | 54 |
| 3.4. Modelatge: | 54 |
| 3.4.1. Activitat: | 54 |
| 3.4.2. Tancaments: | 56 |
| 3.4.3. Obertures: | 59 |
| 3.4.4. HVAC: Sistema de calefacció, ventilació i aire condicionat (Heating/Ventilating/Air Conditioning)..... | 61 |
| 3.5. EDIFICI:3 | 62 |
| 3.6. CONDICIONS INICIALS DE LA SIMULACIÓ:..... | 63 |
| 3.7. RESULTATS DE LA SIMULACIÓ DE L'EDIFICI 3..... | 64 |
| 3.7.1. Càlcul de la Calefacció : | 64 |

| | | |
|--------|--|----|
| 3.7.2. | Càlcul de la Refrigeració : | 65 |
| 3.7.3. | Simulació anual : | 67 |
| 3.7.4. | Simulació de la ventilació natural..... | 69 |
| 3.8. | Comparació del modelatge geomètric de la casa amb tancaments convencionals. | 71 |
| 4. | CONCLUSIONS. | 72 |
| 5. | FUTURES LÍNEAS DE TREBALL..... | 73 |
| 6. | BIBLIOGRAFIA. | 73 |
| 7. | TAULA D'IL·LUSTRACIONS | 76 |

1. INTRODUCCIÓ

1.1. OBJECTIUS

1.1.1. Objectiu General

L'objectiu principal d'aquesta treball és investigar i estudiar les estratègies bioclimàtiques passives per millorar la eficiència energètica dels edificis per mitja d'un anàlisi computacionals tèrmiques i de fluids.

1.1.2. Objectius Específics

- Investigar l'estat de l'art de les estratègies arquitectòniques passives aplicades per reduir el consum d'energia d'edificis i proporcionar confort
- Comprendre el funcionament i l'eficiència d'aquests sistemes passius
- Verificar per medi de simulacions l'eficiència i la viabilitat d'aquets sistemes passius per mitjà d'un software de simulació computacional.

2. ESTAT DE L'ART

2.1. DEFINICIÓ D'ARQUITECTURA BIOCLIMÀTICA

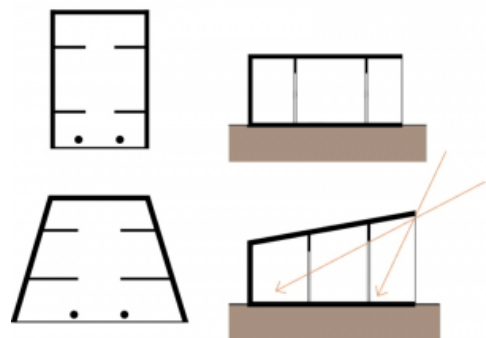
L'**arquitectura passiva** també coneguda com **arquitectura bioclimàtica** o **Passivhaus** es defineix com aquella que s'**adapta** al medi ambient i a les condicions climàtiques del seu entorn aconseguint valors de demanda energètica molt reduïts amb un **alt confort climàtic**.

Aquesta definició ja existeix des de l'antiguitat, **Sòcrates** (469-399^a.C) va ser el primer en deixar aquesta concepte per escrit: el mègaron, part de la casa grega, es va canviar la planta per donar-li una forma trapezoïdal i aconseguir una millor captació d'energia solar .

(Wassouf, 2014)

Però aquesta eficiència arquitectònica s'ha anat diluint al llarg del **segle XX** degut a l'arquitectura de l'Estil Internacional en la postguerra, estils que es guiaven segons paràmetres estètics, funcionals y econòmics, moviments dels qual s'han anat implementant fins ara a l'actualitat.

Amb la crisi del petroli a la dècada dels anys 1970, però, reneix la preocupació d'aspectes mediambientals. Actualment els consum d'energia degut als usos d'un edifici representa la major part d'emissions de CO2 en el sector de l'edificació. L'energia que es consumeix en **calefacció, refrigeració**, aigua calenta i il·luminació solen ser les etapes on s'allibera més gasos nocius en tota la vida d'un edifici, més que l'extracció i l fabricació de materials en la



Il·lustració 1: Mègaron grec: planta i secció originals desenvolupats en el Neolític (a dalt) y proposta se Sòcrates en el segle IV a. C (a baix).Font: (Wassouf, 2014)

construcció d'aquest. **Un 40 % d'energia consumida a UE correspon a la calefacció i climatització del sector de la edificació.**

(Wassouf, 2014)

Les tendències actuals respecte la **sostenibilitat** en la construcció es fonamenten en tres pilars:

La sostenibilitat ecològica, que mira per la protecció del medi ambient, la sostenibilitat econòmica que assegura un determinat poder adquisitiu i la sostenibilitat social, que compren el desenvolupament i l'equilibri de la societat.

Actualment les normes que regeixen la sostenibilitat en la construcció obeeixen una jerarquia molt simple: les més rigoroses es defineixen en els estàndards de la construcció, seguides per les certificacions ambientals i les normatives nacionals.

La **normativa d'edificació** de cada país estableix una sèrie de requisits mínims per la sostenibilitat i les seves exigències variaran segons la orientació política i social de cada un.

Cal destacar, que en el àmbit internacional, la iniciativa de la unió Europea per reduir els gasos d'efecte hivernacle en un 90% per l'any 2050 i com a part de la unió Europea, España ha de traslladar las directives del Parlament Europeu a la lleis nacionals. Les directives europees¹ "Energy Performance of Buildings Directive" (EPBD) es van traslladar al **Codi Tècnic de l'Edificació espanyol (CTE) al document DB-HE**, on es defineixen les característiques energètiques passives i actives. El DB-HE s'entén com un primer pas per una construcció més sostenible a España.

Per altre banda les **certificacions mediambientals** estan pensades per quantificar la sostenibilitat ambiental però no de donar solucions concretes, aquí entren els **estàndards de construcció** que no només quantifiquen sino que controlen de manera integral tots els aspectes de sostenibilitat, d'una mode més complert que les normatives nacionals.

L'**estàndard de construcció eficient** més conegut en el àmbit internacional és el **Passivhaus**, desarrelat a Alemanya des de finals de la dècada del 1980. Existeixen altres estàndards com **Minergie-ECO (o Minergie P-ECO)**



Il·lustració 2: La piràmide de la sostenibilitat normalitzada aplicada a la construcció. Font (Wassouf, 2014)

¹ Acord 20-20-20 del 1272008 del Parlament Europeu y "fulla de ruta Energia 2050" de la Comissió Europea del 15/12/2011



Il·lustració 3: Beddington Zero Energy Development (BedZED) a Inglaterra

2.2. CONCEPTES A TENIR EN COMPTE EN LA CONSTRUCCIÓ BIOCLIMÀTICA.

2.2.1. Estàndards de construcció. Construcció Passiva.

Els estàndards van molt més enllà de la normativa oficial i poden ser considerats la Vanguardia en la construcció energètica eficient.

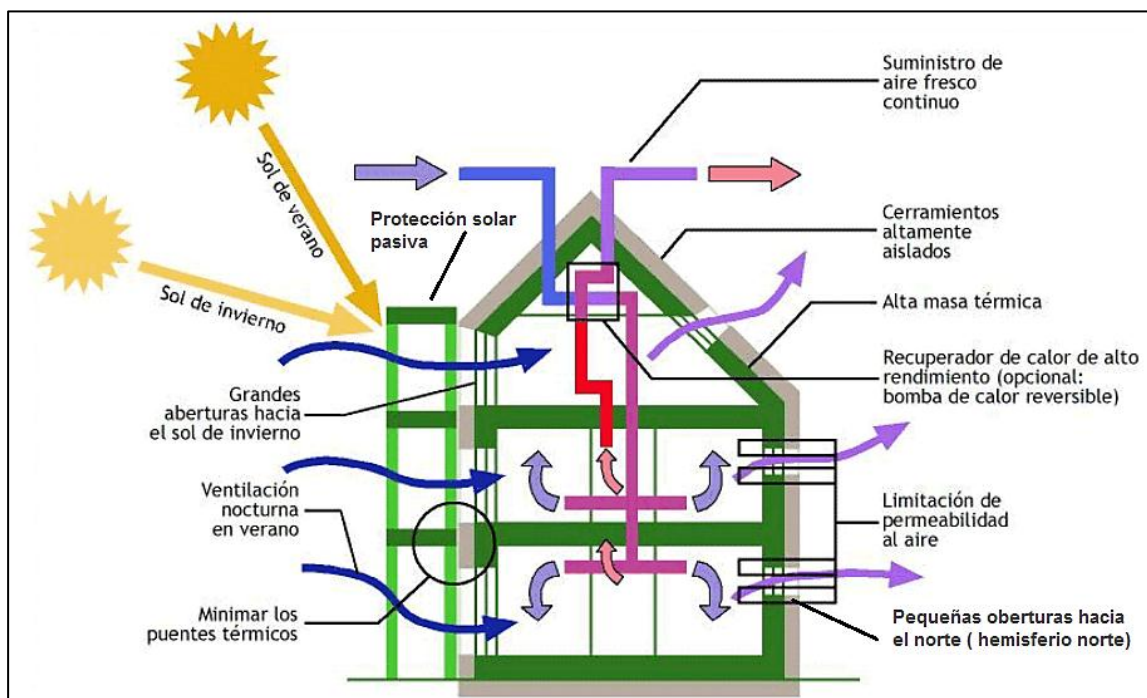
Definició de l'estàndard Passivhaus

L'estàndard Passivhaus és un estàndard per la construcció d'habitatges de consum energètic quasi nul que consta de més de vint anys de desenvolupament continu i s'estima que s'han construït més de vint mil edificis dels quals la major part es troben a Alemanya, Suïssa i Àustria.

Ha estat la base de l'edificació "d'energia casi nul·la" de la Unió Europea al finals de 2010, com de molts altres estàndards com per exemple el francès Effinergie o el italià CasaClima.

A finals de la dècada de 1980, Wolfgang Feist, actual director del Passivhaus Institut de Darmstadt, y Bo Adamson van descobrir que quan l'energia per calefacció no superava els 10 W/m² de superfície útil era possible subministrar el calor necessari per mantenir el confort a l'hivern mitjançant una ventilació controlada amb recuperació de calor.

(Wassouf, 2014)



Il·lustració 4: Estructura casa Passivhaus. Font:(Wassouf, 2014)

L'**objectiu** de les edificacions Passivhaus és aconseguir un **alt confort tèrmic** a l'interior de l'habitatge amb un **consum energètic molt baix**. Es tracta d'edificis amb un alt grau d'aïllament, un control rigorós dels ponts tèrmics i de les infiltracions d'aire desitjades, unes fusteries de gran

qualitat i un aprofitament òptim de l'asolellada de tal manera que mitjançant la ventilació mecànica a través d'un recuperador de calor s'aconsegueix l'aportació necessària per a la seva climatització.

El compliment de l'estàndard Passivhaus es basa en el modelatge amb el **programari de càlcul PHPP** (Passive House Planning Package) de l'edifici. El compliment dels requisits de l'estàndard Passivhaus s'aconsegueix a través de l'optimització del balanç energètic de l'edifici (relació entre guanys i pèrdues) amb l'eina de càlcul PHPP .

Encara que el sistema Passivhaus no té en compte els balanços energètics dels materials de construcció (per la seva extrema complexitat de control de fase i obra), es té en compte els aspectes ecològics i mediambientals dels materials (per exemple no hi han edificacions Passivhaus amb aïllament de poliuretà projectat).

Definició d l'estàndard Minergie-ECO.

Estàndard d'edificació de baix consum a Suïssa y s'aplica en diverses versions: Minergie, Minergie-P, Minergie-A o combinació amb el segell ECO desenvolupat per l'associació suïssa eco-bau.

Podriem considerar que Minergie-P és la versió suïssa de Passivhaus.

Concepte d'edificis d'energia quasi nul·la, (NZEB: nearly zero-energy building)

És un concepte d'edificació introduït pel Parlament Europeu . Segons aquesta directiva "l'energia casi nul·la", la poca energia requerida (o casi nul·la) que no ha estat subministrada per fonts passives ha de ser àmpliament coberta per fonts renovables (mètodes actius) . Els estats membres de la Unió Europea hauran d'augmentar el numero d'edificis tipo NZEB per arribar a ser un **estàndard obligatori en el 2020.**²

Dintre del concepte "d'energia casi nul·la" (NZEB) es poden distingir els següents sublocs:

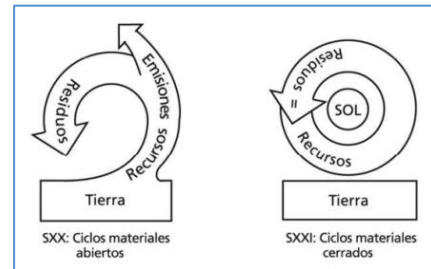
- Energia casi nul·la en parcel·la: Es genera la mateixa quantitat d'energia que la quina es consumeix
- Energia casi nul·la en font: Es genera o compra tanta energia renovable com l'energia primària que es consumeix (Energia primària= energia final (consumida) x factor d'energia primària de cada font d'energia utilitzada).
- Energia casi nul·la en costos energètics: El propietari o usuari paga la mateixa quantitat per l'energia no renovable consumida que la que rep per la venda d'energia renovable produïda a la parcel·la
- Energia casi nul·la en emissions: es produeix la quantitat d'energia renovable suficient com per contrarestar les emissions derivades per l'ús de l'edifici.

² Directiva Europea 2010 /31 / UE relativa a l'eficiència energètica dels edificis , segons la qual , tots els estats membres hauran de prendre mesures perquè a partir de l'any 2020 tots els edificis de nova planta siguin de consum energètic quasi nul

2.2.2. Cicle de vida d'un edifici convencional

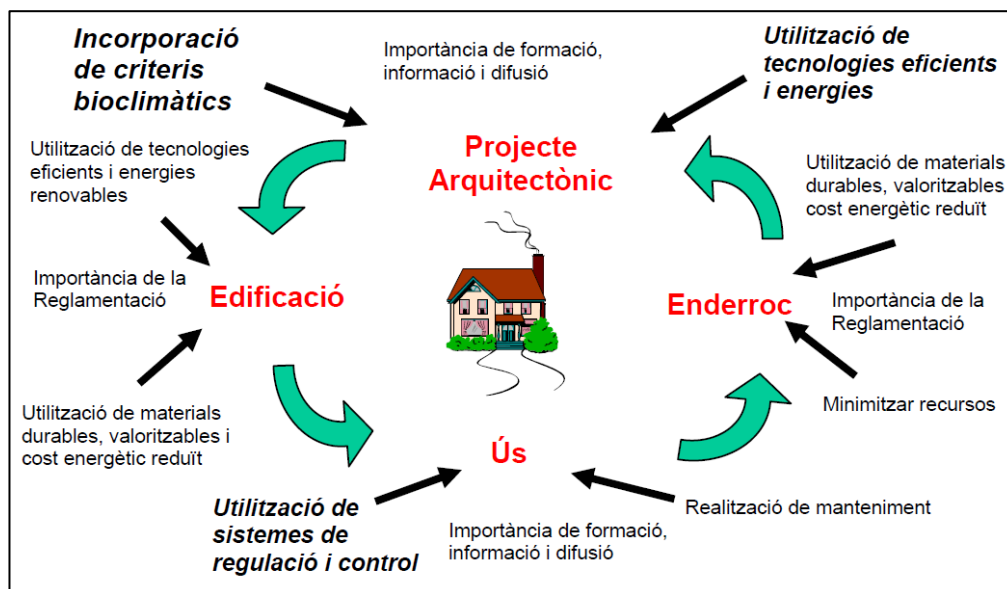
El **cicle de vida** d'un edifici està format pel conjunt d'impactes ambientals ocasionats des de l'extracció de les matèries primeres per la seva construcció fins al retorn a la biosfera de tots els residus generats. Això inclou els materials de construcció, l'energia o l'aigua.

Perquè l'habitatge sigui més sostenible, cal **tancar el cicle**: no formar residus, per tant, recuperar tots els materials com a nous recursos, emprant energies renovables.



Il·lustració 5: Cicles dels materials de construcció. Font (29 La Qualitat Ambiental Als Edificis.Pdf, n.d.)

El cicle de vida d'un habitatge el podríem dividir en quatre parts: projecte arquitectònic, edificació, ús i enderroc



Il·lustració 6: Cicle de vida d'una edificació. Font (Institut Català d'Energia)

L'etapa d'**ús** d'un edifici és on roman el consum més elevat en tot el cicle de vida d'un edifici seguit de la **producció de materials**. El disseny destinat per l'etapa d'ús es tractarà amb eines d'edificació passiva per poder reduir la dependència energètica d'aquest.

Pel que fa a l'extracció de les matèries primeres es procurarà utilitzar materials durables i de cost energètic reduït, ja que, la **fabricació dels materials** d'un habitatge pot suposar l'equivalent d'un **33% del consum energètic d'aquest habitatge** al llarg de 50 anys de vida útil. (Tobergte & Curtis, 2013)



Taula 1: Cicle de vida d'un edifici convencional. Font (Wadel, n.d.)

2.2.3. Consum energètic en la fase d'ús d'un edifici.

El consum energètic d'un edifici tenint en compte el seu ús, segons els grup de treball *Sustainable Building Alliance* (SBA³), es regeix per diversos criteris, dels quals els més destacats són:

- Consum d'energia per **calefacció y refrigeració**
- Consum d'energia per aigua calenta sanitària
- Consum d'energia elèctrica (sense calefacció ni refrigeració)
- Consum d'aigua potable
- Consum d'aigua no potable (reg y altres usos)

Aquets consums son mediambientalment nocius perquè emeten gasos d'efecte hivernacle i redueixen els recursos de fonts no renovables del planeta. De tots aquets criteris el quin més impacte ecològic té és el d'energia per **calefacció i refrigeració**.

La **distribució del consum d'energia de la llar a Catalunya**, segons dades estadístiques de l'any 2007 (Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge, 2010) son:

- 41,4 % per a la calefacció
- 22,2 % per als aparells electrodomèstics
- 17,1% per a la generació d'aigua calenta sanitària
- 10,2 % per a la cuina
- 7,7 % per a la il·luminació
- 1,4 % per a l'aire condicionat

³ SBA és una plataforma estratègica per la indústria de certificacions per l'edificació sostenible

| | | | |
|--|---|---|---|
| 100% Ciclo de vida 2.514 kgCO ₂ /m ² | 2% Fase de demolición (preexistencia) | 2% Derribo y gestión de residuos 50 kgCO ₂ /m ² Cálculo: manual s/estadísticas | Carga y transporte a vertedero o centro de gestión |
| | 66% Fase de uso del edificio 1.660 kgCO ₂ /m ² | 35% Climatización, ACS e iluminación 869 kgCO ₂ /m ² Cálculo: CAENER y otros programas | 22% calefacción 564 kgCO ₂ /m ² |
| | | | 5% refrigeración 129 kgCO ₂ /m ² |
| | | | 4% ACS 110 kgCO ₂ /m ² |
| | | | 3% iluminación 67 kgCO ₂ /m ² |
| | 28% Fase de producción de materiales 704 kgCO ₂ /m ² | 31% Cocina, electrodomésticos, etc. 791 kgCO ₂ /m ² Cálculo: manual s/estadísticas | 15% cocina 379 kgCO ₂ /m ² |
| | | | 16% electrodomésticos 412 kgCO ₂ /m ² |
| | 4% Otras fases 99 kgCO ₂ /m ² | 24% Construcción 600 kgCO ₂ /m ² Cálculo: TCQ / BEDEC y otros programas | Extracción y fabricación de materiales |
| | | 4% Mantenimiento 104 kgCO ₂ /m ² Cálculo: TCQ / BEDEC y otros programas | Extracción y fabricación de materiales |
| | | 1% Transporte de materiales 15 kgCO ₂ /m ² Cálculo: manual s/estadísticas | Combustibles de medios de transporte |
| | 2% Proceso de construcción 43 kgCO ₂ /m ² Cálculo: manual s/estadísticas | Equipos y medios auxiliares de obra | |
| | 2% Derribo y gestión de residuos 41 kgCO ₂ /m ² Cálculo: manual s/estadísticas | Carga y transporte a vertedero o centro de gestión | |

Taula 2: El CO₂ en el ciclo de vida d'un edifici. Font: ("Societat Orgànica," n.d.)

Curiosament en molts països mediterranis, amb un clima més temperat, aquest consum és més elevat que en els centreeuropeus (on ja s'implementen aquest recursos energètics) . Això demostra el **potencial d'estalvi** energètic d'aquets sistemes i el que arribarà a tenir en països de climes temperat, on aquesta eficiència energètica encara no està integrada del tot.

El consum energètic per la climatització d'un edifici **depèn** de la **qualitat passiva** d'aquest y de la eficiència del **sistema actiu** de calefacció i refrigeració. La demanda energètica per calefacció y refrigeració es calcula fent el sumatori dels següents components energètics:

- **Pèrdues a través de l'evolvent tèrmic:** Fluxos energètics entre l'exterior i l'interior de l'edifici debut a la conducció, convecció y radiació de calor
- **Pèrdues per ventilació a través de l'evolvent tèrmic:** Fluxos energètics debuts a una diferencia de pressió en el aire (per exemple , el vent) o una diferencia de temperatura entre l'interior i l'exterior.
- **Guany a través de la radiació solar:** Fluxos energètics debuts a diferències entre temperatura superficial de l'evolvent y l'atmosfera exterior.
- **Guany debuts a la producció de calor intern:** Suma de calor generat por cossos humans, la il·luminació y altres fonts de calor intern (ordenadors, electrodomèstics, etc.)

Aquets quatre components energètics **depenen** de les següents conceptes d'un edifici:

- Orientació
- Capacitat
- Protecció solar
- Qualitat de l'evolvent tèrmic opac
- Qualitat de l'evolvent tèrmic transparent
- Aïllament del pas de l'aire
- Aspectes relacionats amb la ventilació
- Aspectes singulars selectius.

2.2.4. Confort

La edificació amb sistemes passius com el sistema Passivhaus, com ja s'ha mencionat, són construccions enfocades en proporcionar als usuaris un **alt nivell de confort** i un ambient saludable (classe-A segons Ashrae-ISO-7730).

El confort representa un estat en el qual una persona es troba en un equilibri fisiològic i de **ben estar**. És un concepte molt utilitzat en **dissenys bioclimàtics** com un **paràmetre de control**. Influeixen nombrosos factors, físics, psicològics i metabòlics però hi ha tres aspectes fonamentals que un disseny mediambientalment correcte hauria de considerar:

El confort tèrmic.

Un edifici Passivhaus es regeix per **la norma internacional EN ISO7730**, que estableix una sèrie de criteris que ha de tenir en compte per garantir un alt confort tèrmic.

En essència, els paràmetres que defineixen les condicions de confort climàtic tèrmic d'un ambient per a una activitat determinada són: Temperatura de l'aire, la humitat relativa, la temperatura radiant, la velocitat de l'aire, factors metabòlics i el vestuari.

ITEC, OCT-COAC i el Departament de Construccions Arquitectòniques i ETSAB, recomanen:

- Els valors de **temperatura** a l'interior d'un edifici a l'hivern i a l'estiu han de ser de 21°C i 26°C respectivament, encara que engloba certes fluctuacions.
- La **temperatura Radiant** en habitatges ha d'equivaler un valor molt pròxim al de la temperatura de l'aire, on la diferència de temperatura entre la font radiant i el medi no superar 3°C a les parets i 2°C a la coberta (a excepció de les superfícies vidrades, portes i claraboies).
- La ventilació dels locals permet reduir el contingut d'humitat i augmentar la sensació de frescor en climes càlids. El moviment de l'aire modifica la sensació tèrmica (una **velocitat de l'aire** de 1m/s) pot produir una sensació tèrmica inferior de 2 o 3 graus. Però existeix un **límit de velocitat** que podria ser molest (**2.0 m/s**)
- La **humitat relativa** ha d'estar compresa entre **30% i el 80%**.

El confort lumínic i visual.

En el confort lumínic i visual depenen de la qualitat de llum que incideix a l'estància els paràmetres que intervenen són : La intensitat lluminosa, la luminescència, la luminància , el color, el contrast i l'enlluernament

| Espai | Mínim (lux) | Recomanable (lux) | Opim(lux) |
|--------------|-------------|-------------------|-----------|
| Habitació | 150 | 200 | 600 |
| Cuina | 200 | 300 | 1000 |
| Menjador | 100 | 200 | 400 |
| Sala d'estar | 150 | 400 | 600 |
| Lavabo | 150 | 200 | 400 |
| Safareig | 150 | 300 | 600 |
| Passadissos | 100 | 150 | 200 |

Taula 3: Nivells lumínics per l'habitatge.(Steggmann & Acebillo, 2008)

Confort acústic.

Un ambient és considerat acústicament satisfactori quan l'espai presenta un sons de caràcter i magnitud compatibles amb l'ús i activitats que hi transcorren. Els paràmetres que cal considerar son:

- El to (Freqüència)
- La pressió sonora
- La intensitat acústica
- Pressió sonora.

L'umbra del dolor de l'oïda humana es de 0 a 120 dB

| Espai/ Activitat | Index NC ²⁰ | Nivell dBA |
|---------------------------------|------------------------|------------|
| Taller | 45-60 | 52-65 |
| Cuina, Safareig | 45-60 | 52-65 |
| Escriptori | 45-55 | 52-61 |
| Sala d'estar i menjador | 60-40 | 38-47 |
| Passadissos | 40-50 | 47-56 |
| Habitació amb aire acondicionat | 30-40 | 38-42 |

Taula 4: Criteris recomanats per ambients sonors en espais de l'habitatge(Cavanaugh & Wilkes, 1998)

| Infrasons | Freqüències audibles | | | Ultrasons |
|-----------|----------------------|---------|-------|-----------|
| | Greus | Mitjans | Aguts | |
| 0 | 20 | 400 | 1600 | 20000 Hz |

Taula 5: Freqüències del so que indiquen el to del so (McMullan, 2002)

Zona de confort:

La zona de confort es troba limitada pels paràmetres mencionats anteriorment, com la humitat relativa, la temperatura, el so, etc., dins d'aquesta zona es pot considerar que l'habitatge és adequat per la vida. Aquesta zona és representada amb diverses eines de construcció climàtica com els diagrames que es mencionaran seguidament.

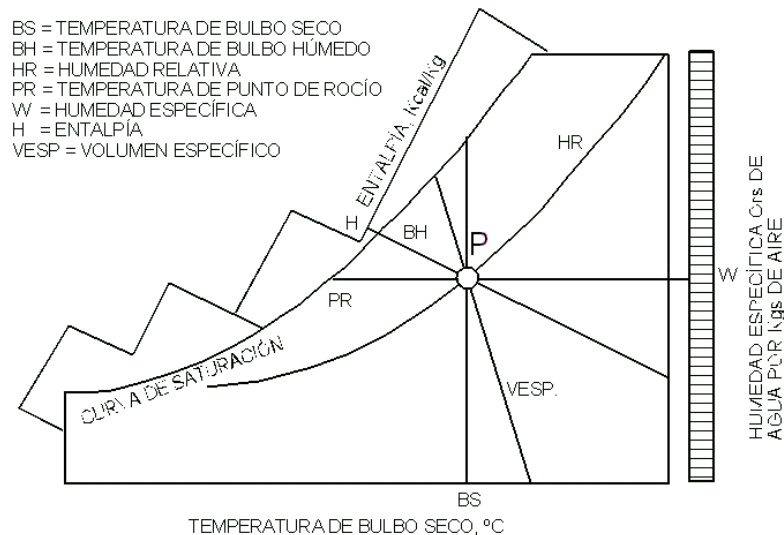
| Variació d'alguns paràmetres de la zona de confort segons l'època de l'any. | |
|---|---|
| Confort a l'hivern | La temperatura de confort a l'hivern en els habitatges es situa entre els 19°C i 22°C en condicions normals |
| Confort a l'estiu | La temperatura de confort a l'estiu en els habitatges es situa entre els 24°C i 27°C en condicions normals La humitat ha d'estar per sota de 75%, doncs si és excessiva provoca sensació de sofocament, ja que impedeix que la suor s'evapori i refrigeri. |

2.2.5. Diagrama com a eina de càlcul pel confort tèrmic

La **psicometria** és una branca de la ciència que estudia les propietats termodinàmiques del **aire humit** y els seus efectes tant en materials com pel confort del ésser humà

Els **diagrames** (constituït per aire sec i vapor d'aigua) s'utilitzen pel càlcul d'aquest aire humit en condicionaments d'aliments, climatització de locals, processos d'assecat, fabricació de medicaments, etc. A les Normatives Espanyoles apareix ressenyat com un punt de referència per al **càlcul del confort tèrmic** d'edificacions.

Un **diagrama psicomètric** o carta psicomètrica és un gràfic integrat per famílies de corbes, traçades a partir de les equacions d'estat que relacionen els paràmetres que caracteritzen la barreja aire-vapor d'aigua. Per poder determinar tots els paràmetres de l'aire humit, es necessiten conèixer prèviament, almenys tres d'ells. Amb aquesta premissa, resulta complicat representar la resolució d'un problema en un gràfic de dues dimensions. Per solucionar el problema, es fixa una de les variables: la pressió atmosfèrica. Això implica que es requereix un **diagrama diferent per a cada localitat, segons sigui la seva altitud sobre el nivell del mar**, o bé, resoldre el problema sobre un diagrama qualsevol i posteriorment corregir els resultats en funció de la diferència de pressions entre el diagrama utilitzat i la localitat en qüestió. **La major part dels diagrames estan constituïts per la pressió a nivell del mar (101.325 Pa).**



Il·lustració 7: Diagrama Psicomètric. Font: (Pinazo Ojer, 2009)

Els dos diagrames psicomètrics més utilitzats segons la seva constitució:

El Diagrama de **Mollier**: De variables independents la humitat específica en l'eix d'abscisses i la entalpia en l'eix d'ordenades (pag. 19).

El Diagrama de **ASHRAE**: (American Society of healthy, Refreshing and Air-Conditioning Engineers) de variables independents: la temperatura seca en l'eix d'abscisses i la humitat específica en l'eix ordenades(pag 20).

Diagrama bioclimàtic de Givoni

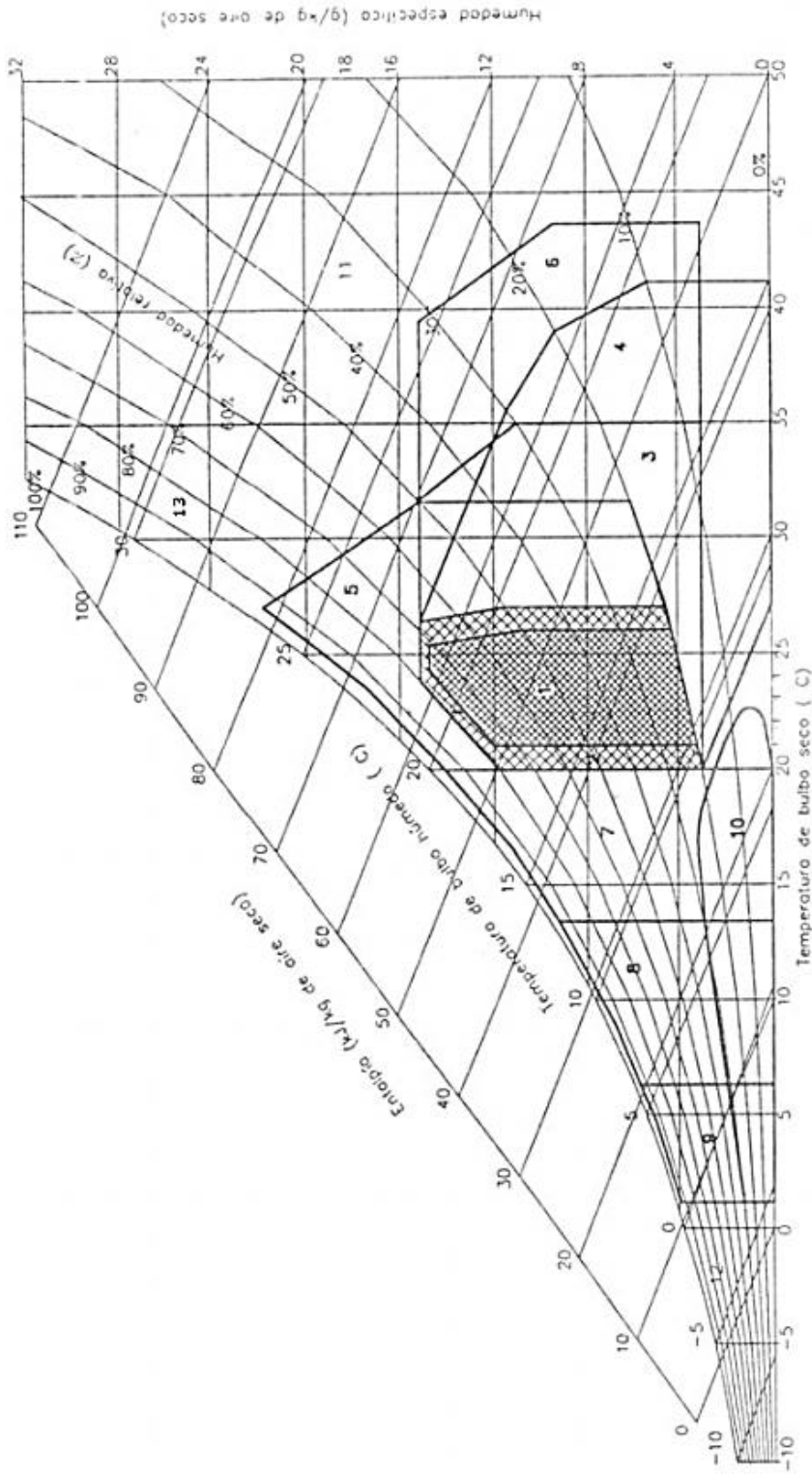
Baruch Givoni és un arquitecte israelià. En la actualitat un dels especialistes en Arquitectura bioclimàtica més reconeguts del món i la seva "Building bioclimatic Chart" es utilitzada per la majoria d'arquitectes bioclimàtics del món.

Es un model més complert que els models de Mahonny y Olgay ja que dóna estratègies de disseny.

EL diagrama de Givoni , és un diagrama construït sobre un diagrama psicomètric on s'hi distingeixen una series de zones : confort a l'estiu i a l'hivern i a continuació es tracen altres zones on es possible aconseguir el confort mitjançant la incorporació d'aplicacions de dissenys passius i/o actius.

A l'esquerra de la zona de confort es representa les tècniques de calefacció i a la dreta de refrigeració. Aquest sistema permet determinar l'estratègia bioclimàtica a adoptar en funció de les condicions higrotèrmiques⁴ de l'edifici en una determinada època de l'any per aconseguir el confort climàtic dins de l'edifici.

⁴ Confort higrotèrmic: confort en funció de la calor i la humitat de l'aire (i el seu moviment)

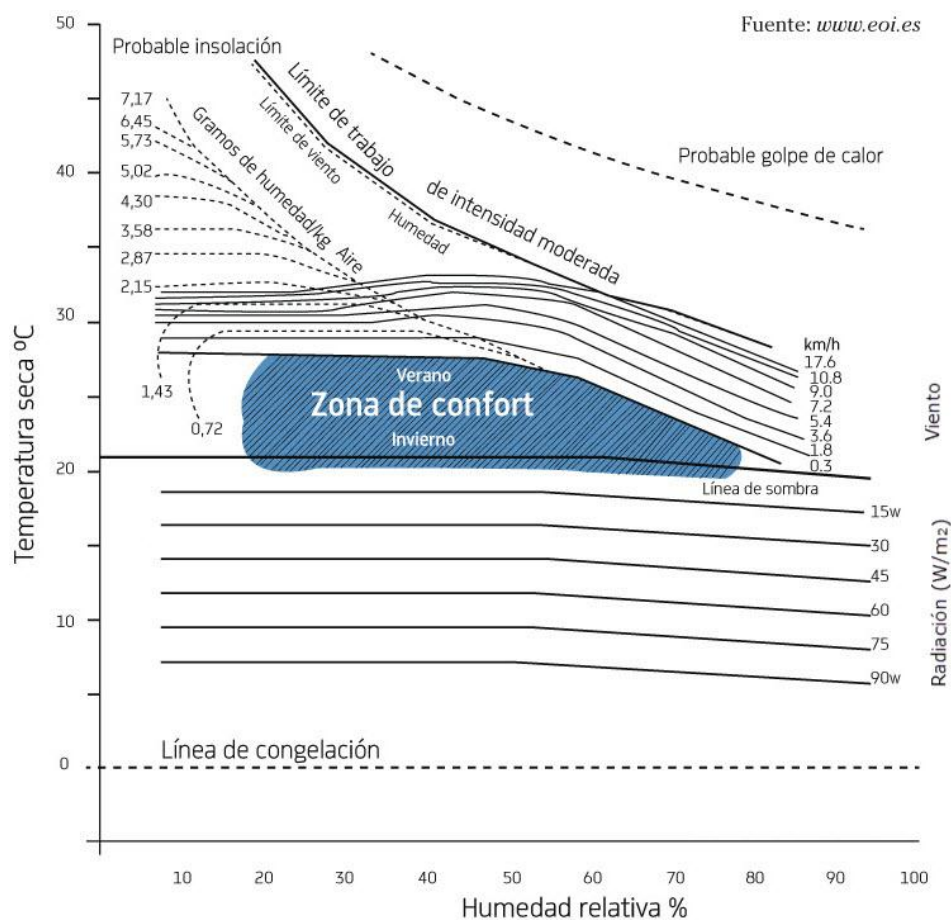


| CALEFACCIÓ | | EQUILIBRI | | REFRIGERACIÓ | |
|------------|--------------------------------|--------------------------|----|--|--|
| 12 | Calefacció Convencional | Zona de Confort (Hivern) | 10 | Refredament per Humidificació | |
| 9 | Calefacció solar Activa | Zona de Confort (Estiu) | 5 | Refrigeració per ventilació natural i mecànica | |
| 8 | Calefacció Solar Passiva | | 3 | Refrigeració per alta massa tèrmica | |
| 7 | Calefacció per Guanyos Interns | | 6 | Refrigeració per alta massa tèrmica amb refrigeració d'aire nocturna | |
| | | | 4 | Refrigeració per Evaporació | |
| | | | 11 | Aire a condicionat | |
| | | | 13 | Deshumidificador convencional amb aire a condicionat | |

Diagrama bioclimàtic de Olgay. "The Bioclimatic Chart"

Una altre eina per poder situar la zona de confort es el **diagrama bioclimàtic de Olgay**.

És un diagrama, bastant conegut, en el qual s'integren dues variables fonamentals, la humitat i la temperatura, a més d'altres com la velocitat del vent i la radiació. A diferència del diagrama de Givoni, aquest no representa les estratègies bioclimàtiques per arribar el confort, només indica si s'està dins del paràmetres de la zona de confort.



Il·lustració 8: Diagrama bioclimàtic Olgay/ The Bioclimatic Chart. Font: (Mundo HVACR, n.d.)

La **zona de bienestar o de confort** d'aquest diagrama fa referència a un estat en que la persona es troba en repòs i a la ombra, limitada per una temperatura ambient d'entre 22°C i 27°C i una humitat relativa d'entre 20% i 80%

Cada zona geogràfica disposa d'una carta bioclimàtica específica en funció de les condicions ambientals corresponents al seu clima . Sobre una d'aquestes cartes es pot estudiar les actuacions que es realitzaran sobre l'edifici.

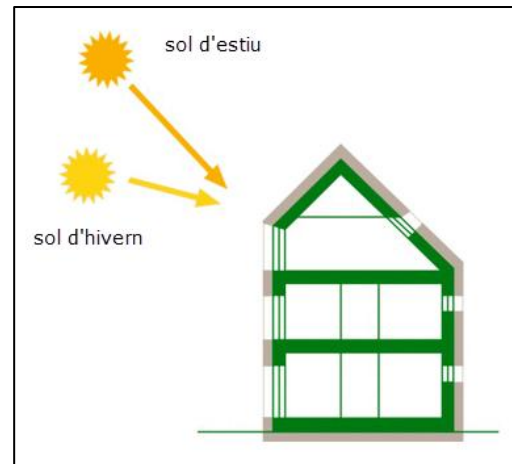
2.3. ESTRATÈGIES PER UNA EDIFICACIÓ PASSIVA.

2.3.1. IMPACTE DE LA RADIACIÓ SOLAR SOBRE L'EMBOLCALL.

Cada element constructiu sobre rasant rep una quantitat de radiació que depèn de varis factors: les ombres, la absorció y l'emissió de la superfície de l'evolvent y sobretot de **l'orientació de l'edifici**.

Aquesta orientació serà la guia per les **obertures de la pell** que es faran a l'edifici. Els edificis orientats al **sud** tenen **més obertures**, o finestres, en aquesta direcció per aprofitar l'energia solar a través de l'envolupant tèrmic transparent. No s'ha de menysprear, però, l'energia obtinguda en elements opacs, que en clima centreeuropeus, els guanys solars s'equilibren amb les pèrdues per l'emissió d'ona llarga fins l'atmosfera a la nit.

Per tant, sense tenir en compte l'efecte del vent, es pot dir que **l'orientació al sud** d'un edifici és la més adequada si es volen maximitzen els **guanys solars**, **sobretot a l'hivern**, quan es precisa d'energia solar per escalfar l'habitatge de manera passiva



Il·lustració 9: Relació de la radiació i les obertures d'una casa passiva

L'angle d'incidència dels rajos solars a l'estiu permeten una **protecció solar més fàcil al sud** que a **l'est i l'oest**, a més les finestres hauran de ser d'una **mida reduïda** ja que a l'estiu reben molta radiació solar i molt poca a l'hivern.

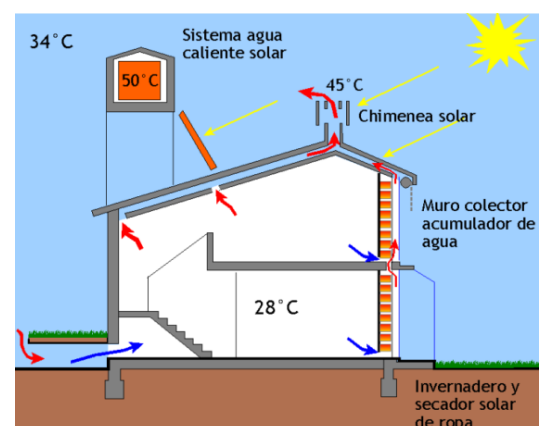
En conseqüència una planta rectangular allargada amb el costat més llarg orientat al sud, és la forma teòrica ideal per un edifici passiu.

Aprofitament de la radiació solar.

Xemeneia solar

La **Xemeneia Solar** és un element que s'utilitza en la construcció passiva per millorar la **ventilació natural** dels edificis utilitzant la convecció d'aire gràcies a la **radiació solar**. Bàsicament consisteix en una xemeneia amb un captador de superfície fosca (mur de pedra o maó) protegit per una coberta de vidre entre la qual es situa la càmera d'aire.

La seva missió consisteix en escalfar l'aire durant el dia en la càmera creant una convecció natural (al escalfar-se disminueix la seva densitat i es produeix l'efecte de



Il·lustració 10 : Funcionament del sistema de ventilació solar. Font: (Wikipedia, n.d.)

succió) i per tant corrents ascendants d'aire que són expulsats a l'exterior.

Aquest element s'utilitza per refrescar ventilar, encara que en bona part del món, és més simple aprofitar els vents predominants del lloc, però en dies calmats i calents aquest tipus de xemeneia pot proporcionar la ventilació que d'una altra manera no hi hauria cap.

Característiques de disseny:

- L'àrea del col·lector solar: Aquesta superfície es pot situar en la part superior de la xemeneia o es pot situar a tot el tronc.
 - L'orientació de les càmeres solars s'orienten cap a la direcció on hi ha més intensitat de radiació solar.
 - El tipus de pintura, l'aïllament i les característiques tèrmiques d'aquest element són crucials per captar, conservar i utilitzar l'energia solar.
 - L'eix principal de la ventilació: La localització, l'altura, la secció representativa i les característiques tèrmiques d'aquesta estructura són també molt importants.
 - Els orificis d'entrada i sortida: Les dimensions, localització així com aspectes aerodinàmics d'aquests elements són també significatius en el rendiment.
 - El sistema consisteix en un vidre simple (o placa de policarbonat cel·lular) i la paret interior oposada de color negra per crear l'efecte hivernacle.
- (Wikipedia, n.d.)



Il·lustració 11: Xemeneia solar.
Font: (Tobergte & Curtis, 2013)

La xemeneia solar és una opció econòmica i sustentable, d'un sistema de refredament, ja que no requereix combustible ni energies costoses no renovables.

Mur Trombe

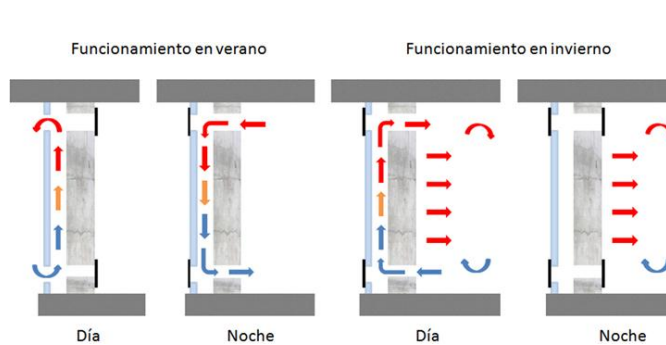
Consisteix en una paret d'alta inèrcia tèrmica (pedra, formigó, ...) de color fosc y un vidre simple col·locat a davant per poder generar una camara d'aire i captar la radiació solar (Com a regla general, l'espai entre el vidre i l'acumulador ha de ser d'entre 3 i 15 cm, sent el seu gruix òptim en 9 cm) . S'incorpora a la construcció com un mur de carga i orientat al sud.



Es un sistema idoni pels climes molt freds y amb molta radiació solar. A l'hivern l'aire de l'interior de l'habitatge és escalfat al passar directament per les obertures del mur fins la càmera d'aire: L'aire fred de l'interior de l'habitatge passa per l'obertura situada a nivell de terra s'escalfa a la camara d'aire i per convecció surt per l'obertura situada més amunt. Per la nit quan no hi ha radiació solar , es tanquen els orificis i el mur deixa anar la calor acumulada durant la nit. En zones fredes sense

Il·lustració 12: Mur trombe. Font: (Vilssa Formació, n.d.)

gaire radiació, el balanç de guany pot ser negatiu, es a dir, els guanys solars son menors que les pèrdues per la elevada inèrcia tèrmica del mur. En les zones càlides és molt important el control d'aquest sistema i sovint es tapa el mur per no tenir guanys tèrmics.



Il·lustració 13: Diferents usos del mur Trombe. Font: (CTE Arquitectura, n.d.)

Materiales de construcción y utilización



Il·lustració 14: Parts del mur Trombe. Font: (Camila, 2010)

Limitació de la radiació solar

Controls solars i sistemes d'ombreig

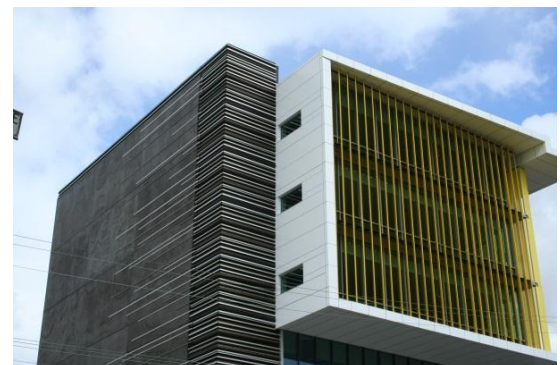
Aquests sistemes s'estan tornant altament populars en la indústria de la construcció, enfocant-se principalment en l'eficiència energètica i la sostenibilitat.

Edificis que utilitzen estratègies solars passives per a calefacció o per il·luminació natural, depenen d'un bon disseny dels sistemes de control solar i sistemes d'ombreig. Un bon disseny d'aquest sistemes pot reduir considerablement el pic de guany tèrmic de l'edifici i el requeriment de la refrigeració, i millora la qualitat de la il·luminació natural a l'interior de l'edifici. Depenent de la quantitat i localització de finestres, **redueix l'energia de consum anual de refrigeració aproximat de 5% a 15%**.

(Gramas, 2013)

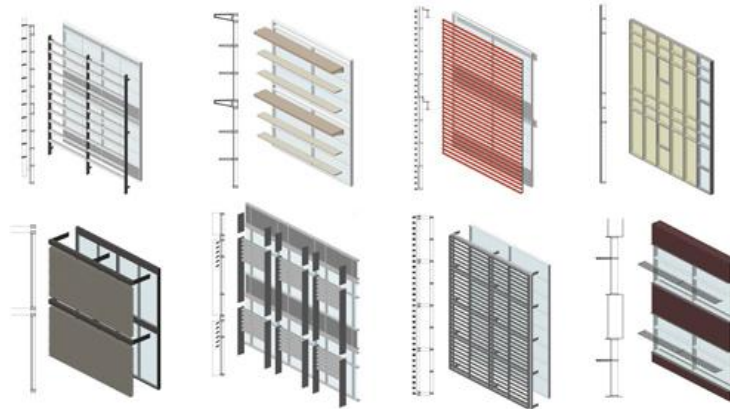
L'aplicació d'ombreig de finestres exteriors és una gran manera de **controlar el guany solar** a l'estiu i minimitzar l'entrada de calor directe. A l'hivern, per altre banda, disminueix en gran quantitat el pont tèrmic de les finestres.

Els dissenyadors tenen una **àmplia varietat de sistemes d'ombreig** per a finestres o productes. L'ombreig pot ser proporcionat pel paisatge natural o utilitzant elements de construcció tals com tendals, volades i enreixats. Alguns sistemes d'ombrejos poden també funcionar com reflectors, que reboten la llum natural de l'exterior fins a l'interior de l'edifici.



Il·lustració 15: Edificació amb panells com a sistema d'ombreig. Font: (Gramas, 2013)

Els sistemes de control solar estan dissenyats i fabricats per a aplicacions verticals, horitzontals i en angle per satisfer els requeriments de qualsevol disseny. Existeix una àmplia gamma de sistemes que es poden utilitzar com; fixos, motoritzats, de lliscament, de rodadura... i estan elaborats de diferents materials. Hi ha un gran ventall per a donar estil i funcionalitat en la façana d'un edifici.



Il·lustració 16: Diferents sistemes comercials d'ombreg. Font: (Gramas, 2013)

Existeixen proteccions solars mòbils automàtics que s'autoregulen segons la intensitat de llum que incideix i altres factors amb sistemes intel·ligents es regulen segons les previsions meteorològiques. **Però en l'ús residencial resulta més convenient reduir la complexitat de la domòtica i utilitzar proteccions mòbils però manuals.**

Sistemes de controls solars ajustables:

És recomanable per a latituds que reben **angles elevats i baixos** de sol durant tot el dia, L'objectiu és **bloquejar el sol de l'estiu**, que facilitar l'entrada del sol a l'hivern, i manipular l'entrada del sol en les altres ocasions.

Els sistemes de controls solars ajustable també són recomanables a la primavera i tardor quan les necessitats de refrigeració i calefacció poden variar molt.

Sistemes de controls solars fixos:

Un sistema de control solar fix ben dissenyat pot oferir una bona econòmica i excel·lent protecció. Les fulles es poden espaiar de tal manera de deixar el pas del sol en els dies d'hivern i evitar l'entrada del sol en els dies d'estiu per evitar els guanys de calor. Tenen l'avantatge que **no necessiten manteniment.**

Quan planegem sistemes externs de control solar és molt important considerar:

- La variació de les estacions: minimitzar impacte solar al l'estiu i maximitzar l'entrada de calor a l'hivern.
- El grau desitjable del sol al matí.
- Com aconseguir la màxima protecció quan el sol es troba en la seva màxima intensitat en el migdia.
- El grau de protecció que es requereix pel baix sol de la tarda.

- Com això afectarà a la vista des de l'interior de l'habitatge
- Com afectarà això a la ventilació natural.
- Considerar si genera privadesa, durant la nit o el dia.
- Combinació de tot el disseny arquitectònic de l'edifici.

Paràmetres de disseny:

- Per a l'orientació **Sud** es recomana l'ocupació de proteccions fixes o semi fix com poden ser els ràfecs de sostre, vols horitzontals
- Per a les orientacions **Oest i Nord-est** es recomana l'ocupació de proteccions solars mòbils amb llepis verticals o horitzontals mòbils.
- Per a les orientacions **Est i Oest** es recomana proteccions solars mòbils, que seran agradables en èpoques fredes o temperades l'entrada de llum solar a l'alba o al capvespre.

(Gramas, 2011)

En la següent taula es mostren diferents tipus de proteccions solars i els estalvis energètics que es poden aconseguir amb cadascuna d'elles:

| Proteccions solars | Estalvi energètic |
|-------------------------|-------------------|
| Persiana color fosc | 25 % |
| Persiana color mig | 25-29 % |
| Persiana color clar | 29-44 % |
| Recobriments de plàstic | 40-50 % |
| Vidre fosc (5mm) | 40 % |
| Persiana més vidre | 47 % |
| Arbre no molt tupid | 40-50 % |
| Arbre tupid | 75-80 % |
| Cortina color fosc | 42 % |
| Cortina color mitg | 53 % |
| Cortina color clar | 60 % |
| Plàstic translúcid | 35 % |
| Toldo de lona | 85 % |
| Persiana blanca | 85-90 % |
| Gelosia | 85-90 % |
| Vidre polaritzat | 48 % |

Taula 6: Tipus de proteccions solars i el seu estalvi energètic. Font : (Gramas, 2011)

En general, les proteccions solar no han d'empitjorar la qualitat d'il·luminació natural de l'interior de l'habitatge, el valor que caracteritza el grau de protecció solar es el factor: **F_c** (Fracció de radiació que incideix en una obertura sense ser obstaculitzat).

Segons el sistema Passivhaus Valors de F_c aproximats segons la norma DIN 4108-2. (quan més baix sigui el **valor menys radiació solar penetra a l'interior**).

| Protecció solar | Fc |
|---|------|
| Sense protecció | 1 |
| Protecció interior o en el vidre | |
| Blanc o reflectant amb poca transparència | 0.75 |
| Colors clars o amb poca transparència | 0.8 |
| Colors foscos o amb molta transparència | 0.9 |
| Protecció exterior | |
| Persianes orientables ventilades | 0.25 |
| Persianes poc transparents | 0.25 |
| Persianes en general | 0.4 |
| Persianes enrotllables | 0.3 |
| Voladís | 0.5 |
| Toldos ventilats | 0.4 |
| Toldos en general | 0.5 |

Taula 7: Valors Fc aproximats segons DIN 4108-2. Font: (Wassouf, 2014)

Reflexió Solar

Una estratègia per **minimitzar l'impacte de la radiació solar** a l'estiu és **augmentar la reflexió de les superfícies exteriors**. Quan més grau de reflectivitat menys serà l'energia solar que absorbiran els materials. El factor de reflexió d'una superfície depèn també del color, la temperatura i la rugositat.

En tots els casos s'ha de considerar, però, el balanç energètic no només a l'estiu sino a l'hivern, **augmentar de 0.1-0.2 a 0.6 la reflectivitat d'un material de la coberta pot reduir el consum de refrigeració fins un 20 %**

(Wassouf, 2014)

| Reflectivitat mitja de la radiació solar | |
|--|-----------|
| Alumini llis | 0.8 |
| Asfalt | 0.07 |
| Fulles verdes d'arbres | 0.29-0.21 |
| Lamina bituminosa | 0.18 |
| Acer rugós | 0.25 |
| Acer galvanitzat | 0.62 |
| Coure llis | 0.82 |
| Màrmol blanc | 0.54 |
| Pissarra | 0.12 |
| Neu | 0.8-0.65 |
| Teula de ceràmica vermella | 0.25 |
| Zinc blanc | 0.78 |

Taula 8: Valors típics de la reflectivitat d'alguns materials. Font: (Wassouf, 2014)

Compactesa

Es defineix com el coeficient entre la superfície de l'envolupant exterior y el volum que n'ocupa. Els edificis de grans dimensions tendeixen ha ser compactes (0.2-0.5 /m), els blocs de pisos es procura que tinguin nivells d' il·luminació natural (0.3- 0.6/m) i les cases unifamiliars aïllades aconseguen una compacitat molt baixa de (0.6-1/m)

En un edifici compacte les pèrdues energètiques són menors, ja que conserven millor la calor a l'interior, però en canvi, un edifici poc compacte pot generar més ombra pròpia a l'estiu i reduir l'energia de refrigeració. És un concepte que es varia segons el disseny de l'edifici, del clima i de les condicions climàtiques del seu entorn

2.3.2. L'IMPACTE DEL VENT SOBRE L'EMBOLCALL DE L'EDIFICI:

El vent és un paràmetre de clima important a l'hora de quantificar els consums energètics de l'edifici, degut a la capacitat **d'infiltrar-se** a l'interior per les obertures o de refredar les superfícies exteriors de la pell de l'edifici. Per tant és agosarat generalitzar la pauta d'orientació de l'edifici només tenint en compte la trajectòria del **sol**, s'ha d'estudiar si ens és més favorable prioritzar l'impacte del **vent** sobre el de la radiació solar.

Les **cases bioclimàtiques o passives** utilitzen l'energia del vent a l'estiu per **dissipar la calor acumulada a l'anterior de l'edifici i augmentar la qualitat** de l'aire a través de les **obertures de la pell** de l'edifici. Bàsicament és permetre el pas de l'aire calent cap a l'exterior i el fresc cap a l'interior de l'edifici .

Però també s'ha de vigilar **l'impacte del vent en èpoques de fred**. Per evitar aquest referendament causat pels corrents d'aire que s'infiltra a l'interior de l'edifici, l'arquitectura bioclimàtica és famosa pel seu **aïllament i per l'estanqueïtat** de les cobertes , portes i finestres . També es fan servir deferents estratègies com la utilització de murs vegetals , l'aïllament d'alta qualitat, entre d'altres.

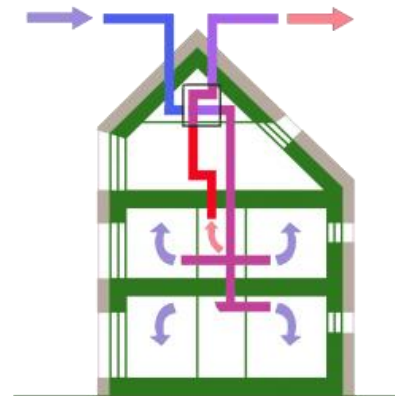
Aprofitament del vent: Ventilació

L'arquitectura bioclimàtica, com ja hem dit, es basa en **l'aprofitament dels corrents d'aire** a través d'obertures de la pell de l'edifici (finestres, portes...) per assegurar un bon confort de **refrigeració, evitar condensacions** per humitat i augmentar la qualitat higiènica de l'aire.

Per una bona **qualitat higiènica** dels espais interiors s'ha garantir l'extracció a l'exterior d'agents que poden ser nocius per al cos humà o l'edifici com el CO₂ i altres gasos nocius com el radó, vapor d'aigua, components orgànics volàtils (COV) i olors de l'activitat humana.

Gasos nocius:

- **CO₂ i altres gasos nocius (com el radó).**



Il·lustració 17: Ventilació passiva amb recuperació de calor. Font: (Wassouf, 2014)

El seu humà hexala 4.5 % (= 45.000 ppm) de CO₂. Està demostrat que una concentració massa elevada perjudica a la salut intel·lectual, si tenim en compte que al camp i a la ciutat tenim una concentració de 380 ppm i 450 respectivament, per que un habitatge tingui una bona qualitat higiènica la **concentració ha de se menor de 12000 ppm** (a partir de 15000ppm es considera dolenta)

- **Vapor d'aigua:**

Una persona produeix 1.5 l de vapor d'aigua per dia(influït activitats com la dutxa, cuinar, etc.) . sino s'evacua el vapor i la humitat relativa es major de 80% es poden formar **fongs o floridures** en la superfície interior de l'envolupant tèrmic.

- **Components orgànics volàtils (COV)**

Substàncies químiques que fàcilment es converteixen en gasos, en que la major part poden ser nocius, provinents de la construcció en acabats com la pintura

- **Olors e l'activitat humana.** (Olors classificats segons la unitat **olf⁵** .)
(Wassouf, 2014)

Les persones , en especial els habitants de zones urbanes passen gran part de la vida en interiors (s'estima un 80-90 % de la seva vida) . Al 1983, la Organització Mundial de la Salut (OMS) va estimar que un 20% dels edificis sofriran el "**Síndrome del Edificio Enfermo**", un fenomen derivat en gran part de la ventilació deficient dels habitatges . Per això en l'actualitat es imprescindible definir conceptes de ventilació eficaços.

(Wassouf, 2014)

La ventilació pot ser **natural, híbrida** (extracció controlada y admissió natural) i **controlada de doble flux**.

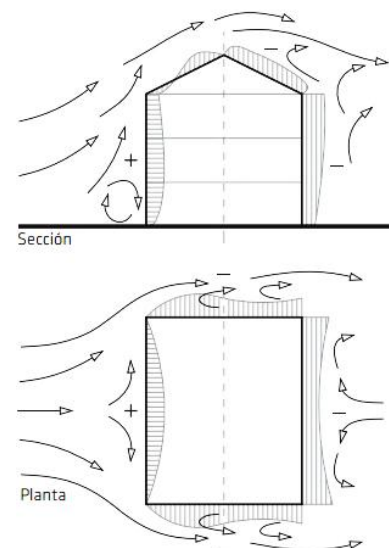
Ventilació Natural:

Moviment del vent

Per aprofitar la energia cinètica del vent hem de tenir en compte els principis físics pels quals es regeixen el moviment del vent. Bàsicament són:

Diferencia de pressió: El vent crea una zona d'alta pressió en el costat de sobrevent a l'edifici i una zona de baixa pressió en el costat de sotavent. La pressió és més alta prop del centre de la paret de sobrevent disminuint a les vores, el vent, per tant, es mourà per les **zones d'alta pressió cap a les de baixa pressió**, com s'observa en la il·lustració 18.

Tiratge tèrmic: L'efecte de moviment de l'aire per diferencia de pressió i temperatura també s'anomena "**Efecte xemeneia**". L'aire calent tendeix a pujar i el seu buit s'ocupa per aire que surt



Il·lustració 18: Camp de pressions generat pel vent contra l'edifici. Font:(Gobierno de España, 2011)(Gobierno de España,

⁵ Olf: unitat d'emissió d'olor d'una persona

de l'edifici. Els sistemes més habituals que es regeixen per aquest principi són les **xemeneia solars** (climes càlids i assolellats) o les **torres de vent** (climes càlids amb vents frescos i constants). Aquests últims, si l'aire de renovació que penetra a l'edifici es fa passar per llocs freds com ara soterranis o cisternes, augmenta la seva efectivitat com a sistema de refrigeració.

Paràmetres de ventilació natural :

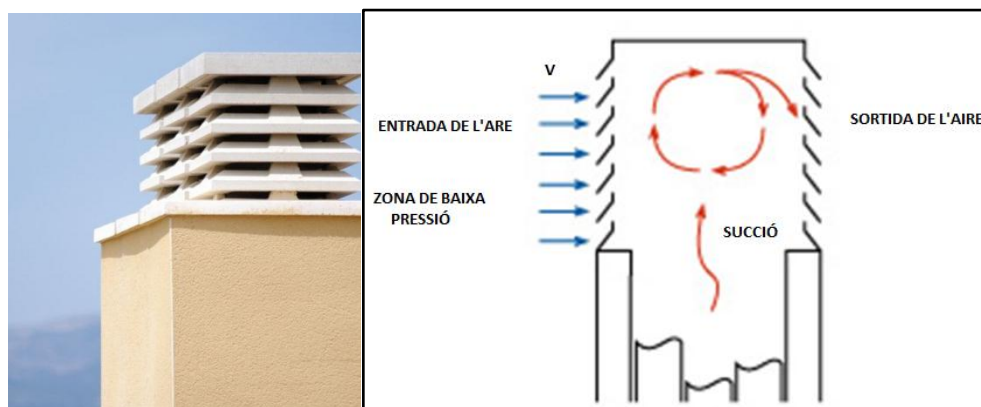
- La pressió del **vent** sota ventilació **natural** és molt baixa, al voltant de **10 Pa**.
- Dissenyar obertures amb l'objectiu que l'ocupant senti fluxos mínims de vents, velocitat recomana **0,8m/s** i a l'hivern a **0,15m/s**
- Proporcionar canvis d'aire fresc: Per mantenir la qualitat de l'aire dels espais interiors cal assegurar una **renovació mínima (de l'ordre de 0,3 ren/hora)**. S'ha de controlar el moment del dia que es fa i la durada en funció de l'època de l'any (estiu- hivern). La renovació també es pot aconseguir amb les infiltracions microventilacions de la ventilació híbrida i els sistemes de ventilació mecànics .
- Al **dissenyar** la ventilació natural de l'edifici s'ha de tenir en compte els **altres edificis** que l'envolten, ja que afectarà a l'eficàcia del vent que copeja a l'edifici, perquè aquest pugui crear les diferències de pressió necessàries (Gramas, 2012)

L'**anàlisi i la millora energètica** d'un projecte mitjançant el control de corrents de vent és una tasca **molt complexa** que requereix una **simulació mitjançant CFD** (mecànica de fluids computacional) i una base de dades climàtics de vent molt fiable. Aquest tipus de simulacions és molt costós i només sol aplicar en edificis singulars i de grans dimensions.

Sistemes de ventilació natural:

Aspiradors Estàtics

Són xemeneies de ventilació que aspiren l'aire del interior de l'habitatge gràcies l'efecte Venturi. Sol col·locar-se per sobre de la cota de coberta dels edificis per afavorir que el corrent de vent passi entre les seves lames i provoqui la sortida de l'aire que es troba dins de l'edifici. D'aquesta manera , en disminuir la pressió dins del conducte, entra aire nou a través de reixetes situades en la seva longitud , que comuniquen normalment amb nuclis humits als quals es pretén renovar l'aire.



Il·lustració 19: Aspirador estàtic i el seu funcionament. Font: (Joima, n.d.)

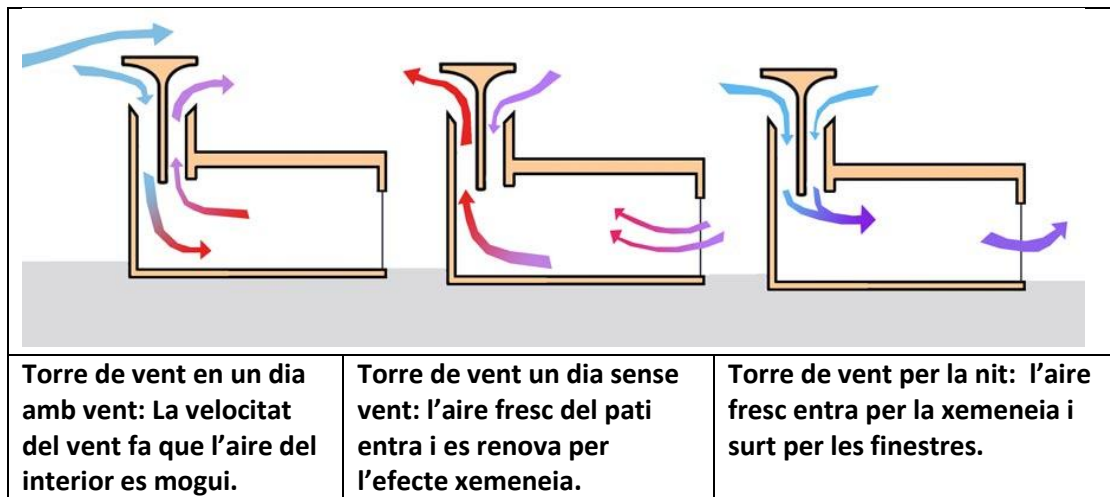
Torres de Vent

És un dispositiu arquitectònic de tradició iraniana utilitzat durant molts segles per proveir de ventilació natural i refrescament a l'interior dels edificis.

Es recull el vent a través d'una torre a una cota per sobre la coberta on la velocitat de l'aire és més alta i es fa circular per la part baixa dels edificis on l'aire es més fresc per la inèrcia tèrmica del terra. Tot seguit el fluid s'evacua per la mateixa torre per efecte " xemeneia" o per altres obertures de l'edifici. Abans d'entrar a l'estança es pot incorpora un sistema de tractament de l'aire (humidificació o qanat)



Il·lustració 20: Torre de vent. Font: (Mi Moleskine Arquitectónico, 2009)



Il·lustració 21: Esquema del funcionament d'una torre de vent. Font: (Micheel Wassouf, 2016)

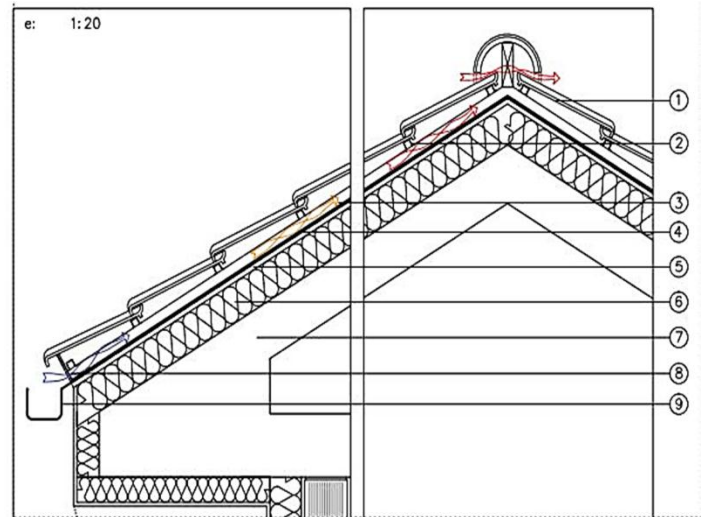
Cobertes ventilades:

La coberta a l'estiu arriba a molta temperatura ja que el sol incideix sobre la coberta quasi perpendicularment i aquesta calor per conducció travessa tota la coberta i afecta a l'espai interior, instantàniament o de forma molt retardada, segons la inèrcia tèrmica del conjunt de la coberta.

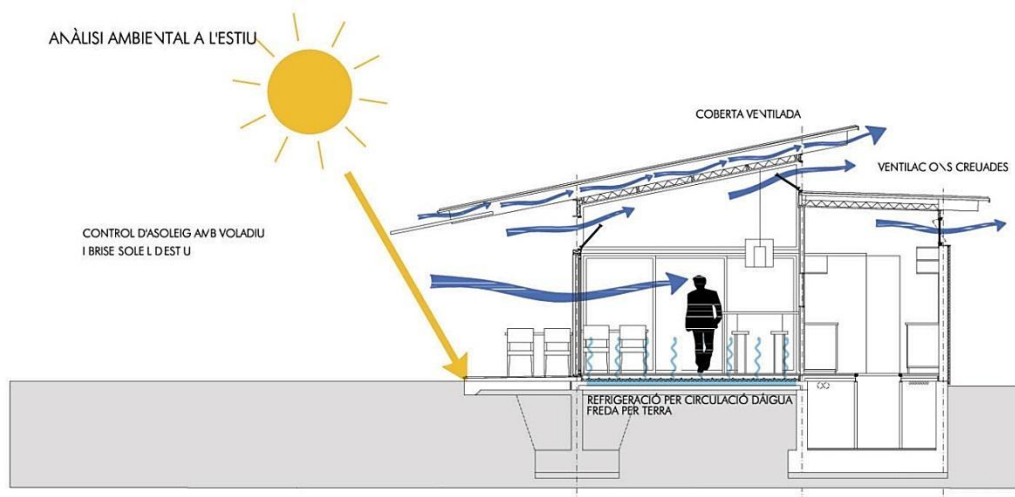
En una coberta ventilada, el full exterior actua com a radiador i el corrent d'aire intern com a fluid refrigerador. És per això que, en llocs molt calorosos a l'estiu, trobem normalment cobertes amb cambra d'aire ventilada. En el nostre àmbit mediterrani podem fer referència a la coberta plana "el terrat a la catalana" o a la inclinada "les golfes" com a exemples d'aquesta tipologia.

Components:

- 1. Teula de ceràmica (corba, plana o mixta)
- 2. Sopor teula (fusta o perfil metàl·lic)
- 3. Llistó vertical (fusta o perfil metàl·lic)
- 4. Lamina impermeable, reflectnt i transpirable (Dupont Tyvek o similar)
- 5. Panell Hidròfug e= 20 mm
- 6. Aïllament tèrmic rígid (mínim 60 mm)
- 7. Forjat
- 8. Reixa d'entrada d'aire (mínim 100 mm)
- 9. Canaló



Il·lustració 22: Detall Coberta ventilada



Il·lustració 23: Sistemes de ventilació a l'estiu: Coberta ventilada, ventilació creuada; Altres sistemes de refrigeració: voladís i circulació d'aigua soterrada. Font: (Lasal del Varador, n.d.)

Sistemes de tractament de l'aire:

Un cop el disseny de l'habitatge permet una circulació fluida de l'aire a l'interior, aquest es pot tractar de manera que sigui més refrigerant. Alguns dels sistemes més utilitzats son:

- **Ventilació Subterrània:** Aprofitament de la inèrcia tèrmica del terreny per baixar la temperatura de l'aire i subministrar aire fred, mitjançant conductes d'aire soterrats o el soterrament de part de l'edifici.
- **Patis:** Consisteix en crear un espai obert dins del volum del edifici, que generi un microclima específic relativament controlat i que actuï per tant com a amortiguador tèrmic entre l'exterior i l'interior. A més de les condicions tèrmiques té efectes lumínics y acústics.

- **Humidificació:** l'evaporació directe de l'aigua refrigera i humidifica l'aire. És molt adequat en climes càlids secs. Els sistemes més habituals són fonts (millors perquè l'aigua està en moviment), estanys.



Il·lustració 24: Refrigeració utilitzant la inèrcia tèrmica de la vegetació i el soterrament. Font:(Gramas, 2014)

Ventilació natural: Ventilació creuada

La ventilació creuada és una de les estratègies de **ventilació més utilitzades** en la construcció d'edificis **bioclimàtics**. Es tracta de millorar la ventilació natural a través de les obertures de la pell de l'edifici (ja siguin finestres o portes) **ubicant-les estratègicament** tenint en compte **la orientació**, la **distribució** i les **dimensions d'aquestes**, segons els **vents dominants**.

La ventilació creuada és una estratègia molt **simple i eficaç** per adquirir una adequada ventilació sense consumir energia sempre i quan l'entorn ho permeti

L'ús de la ventilació creuada tindrà una forta influència en l'estètica de construcció i planificació de les estances.

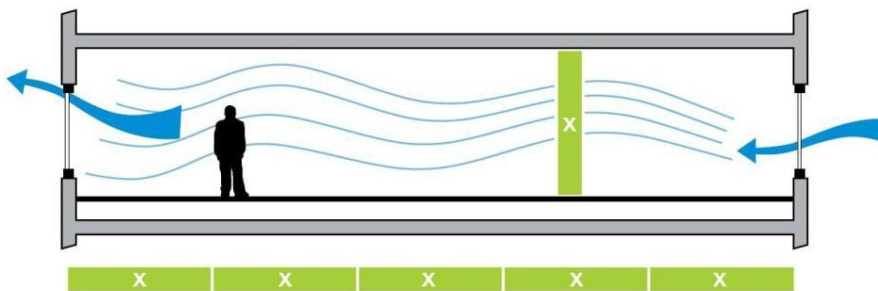
El flux a través d'un edifici està relacionat amb la **grandària de les obertures** (ambdues entrades i sortides), a més de **les restriccions de flux de ruta**, mobiliari i la distància entre les obertures. La ventilació s'afavoreix en el cas que es produeixi una corrent d'aire entre diferents finestres de l'habitatge, situades **en façanes oposades** i patis interiors comunicades entre elles .

Els elements de construcció, com les aletes, parets, parapets i balconades es poden dissenyar per millorar la velocitat del vent, encara que, s'ha de tenir precaució perquè no causin turbulències i bloquegin el flux de vent.

Principis bàsics per al dimensionament i la col·locació d'obertures són els següents:

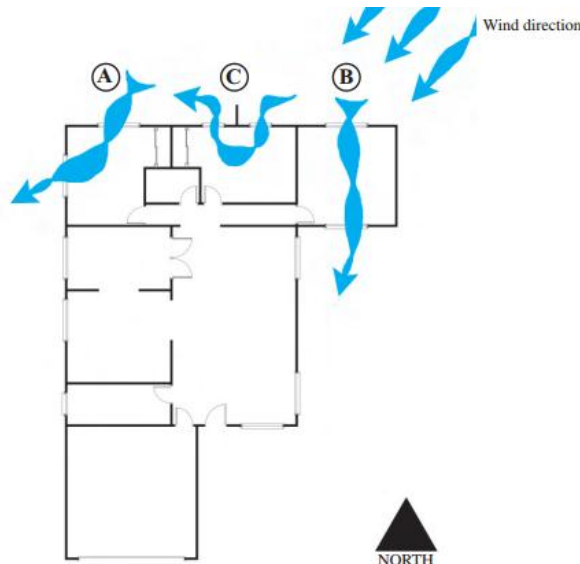
- **L'àrea de l'obertura en l'entrada** ha de ser igual o **25% menor** que l'àrea d'obertura de **sortida**.
- La ubicació de les obertures d'entrada afecten significativament molt més els patrons de flux d'aire que la ubicació de les obertures de sortida. Les obertures d'entrada han de tenir prioritat (en cas d'elecció).

- Proporcionar les obertures **d'entrada** en el costat de **sobrevent** (zona de pressió) i de **sortida** en el costat de **sotavent** (zona de succió).
- El flux d'aire es portarà a la **línia de menor resistència** per seguir la línia de flux per detectar els punts morts (àrees on l'aire fresc no va).
- Tingui en compte la seguretat, la **privadesa** i la **transferència de soroll**.
- Estàncies que produeixen calor i la humitat, com ara cuines i banys d'estar ben ventilades i es col·loquen a la banda de sotavent de la casa per evitar que l'aire calent i humit es propagui a altres espais.
- Els garatges separats o col·locar-los al costat de sotavent de la casa.
- Per un bon corren de flux la distància entre les obertures ha de ser **5 vegades la altura**.



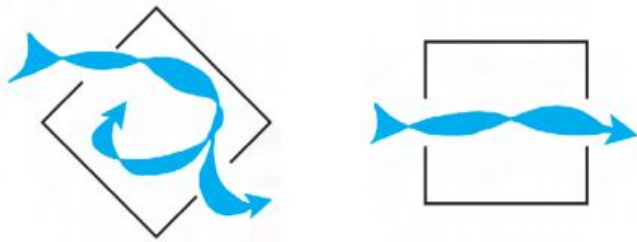
Il·lustració 25: Norma de la ventilació creuada: 5 vegades la base de l'altura. Font: (Gramas, 2012)

- Per una ventilació adequada ha d'haver-hi al menys dues obertures en cada espai. Es poden col·locar les obertures en façanes oposades (Cas B. Il·lustració 25) o sinó en parets adjacents a **90**, però solament per a habitacions menors de **4,5 m x 4,5 m**. (Cas A. Il·lustració 25). Un espai amb tan sols una obertura la ventilació és limitada (Cas C. Il·lustració 25)



Il·lustració 26: Estratègies bàsiques de ventilació natural. Font : ("Field Guide for Energy Performancee Comfortt and Value in Hawaii Homes Field Guide for Energy Performance, Comfort, and Value in Hawaii Homes Acknowledgments/Credits," 2001)

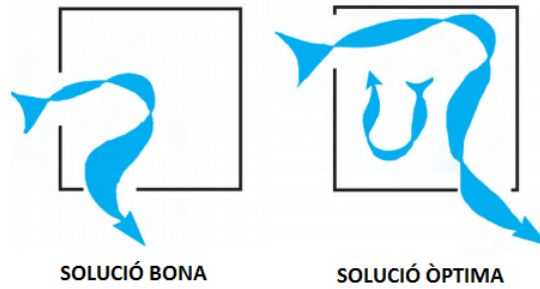
- **Els elements tals com a voladissos poden ajudar o dificultar el flux d'aire** i han de ser acuradament integrats en models CFD⁶. La Universitat de Texas i el South Africa Building Research Station van realitzar proves en túnel de vent on van observar que els voladissos situats sobre les finestres impedièien l'adequat moviment de l'aire a través d'elles, però al estriar el voladís, la ventilació tornava a ser la correcta. Aquest fenomen es deu al fet que els voladissos originen sota ells un espai de pressió més baixa. Això fa que l'aire entrant, en estar a baixa pressió, té tendència a ascendir cap al sostre i no ventila la part baixa de les estades.
- Les obertures han de tenir un disseny prou **segur** per ser deixades obertes a la nit, per que la ventilació natural pugui proporcionar refrigeració nocturna.
- Els **mosqueters** de les finestres **disminueixen la velocitat** de flux de brisa lenta més que les dels vents forts (60% de disminució en velocitats de vent de 2,4 km/h, 28% de disminució en velocitats de vent de 9,7 km/h).
- Les plantes diàfanes amb pati interior milloren el flux de l'aire com s'observa a la Il·lustració 25.
- Es recomana una orientació de l'estança de 45° respecte la direcció del vent. Aquesta configuració produeix una major turbulència i millora del 20 %



Il·lustració 27: Orientació de 45° per millorar el flux d'aire. Font: ("Field Guide for Energy Performance, Comfort and Value in Hawaii Homes Field Guide for Energy Performance, Comfort, and Value in Hawaii Homes Acknowledgments/Credits," 2001)

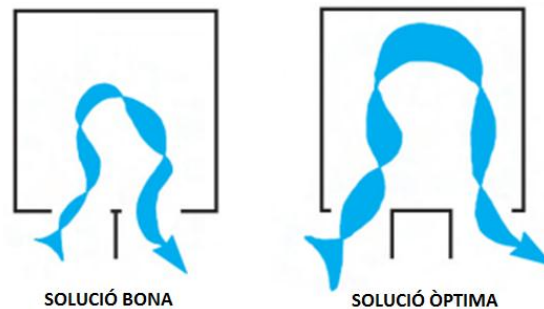
- Pel cas A de la il·lustració 25 es recomana posicionar les obertures en parets adjacent lo més allunyades possible. La ventilació és més eficient quan hi ha un major recorregut d'aire entre les obertures.

⁶ CFD :dinàmica de fluids computacional, generalment abreujat com CFD, és una branca de la mecànica de fluids que utilitza l'anàlisi i algorismes numèrics per resoldre i analitzar problemes que impliquen fluxos de fluids

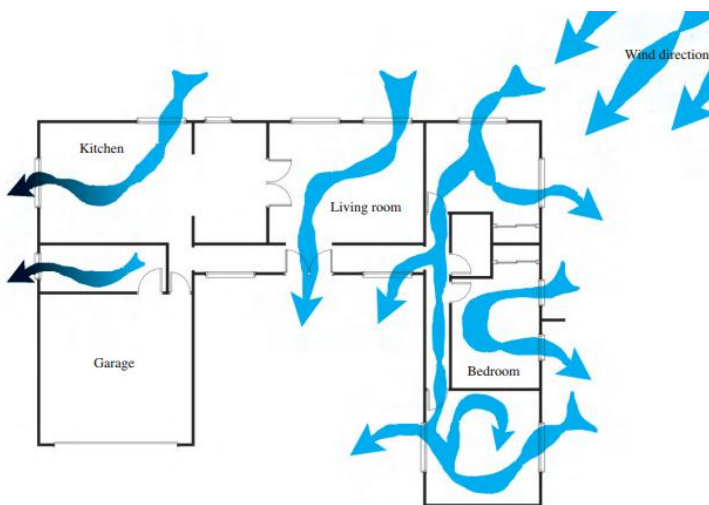


Il·lustració 28: Distribució en parets adjacents per una bona ventilació creuada. Font: ("Field Guide for Energy Performance Comfort and Value in Hawaii Homes Field Guide for Energy Performance, Comfort, and Value in Hawaii Homes Acknowledgments/Credits," 2001)

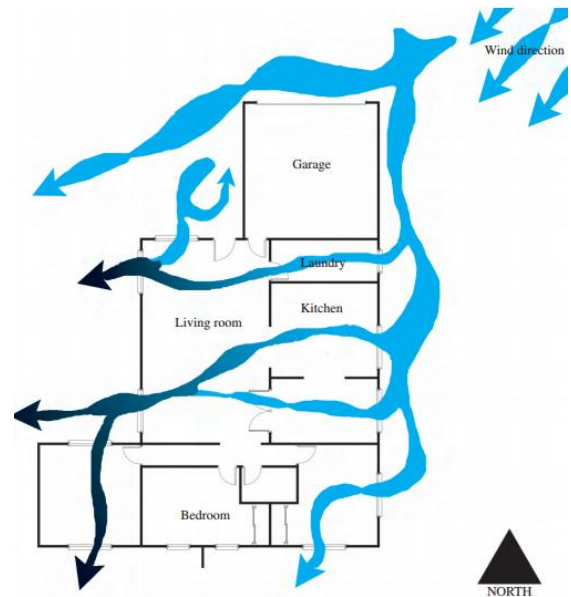
- Pel cas C de la il·lustració 25 quan no es disposa de de ventilació creuada, es recomana ficar dues finestres en la mateixa paret i lo més allunyades possibles entre elles . Es recomana també utilitzar un element deflector del vent entre elles si es doble millor. Aquest element deflector pot ser la mateixa porta de la finestra abatible



Il·lustració 29: Distribució en la mateixa paret per millorar el flux d'aire. Font: ("Field Guide for Energy Performance Comfort and Value in Hawaii Homes Field Guide for Energy Performance, Comfort, and Value in Hawaii Homes Acknowledgments/Credits," 2001)

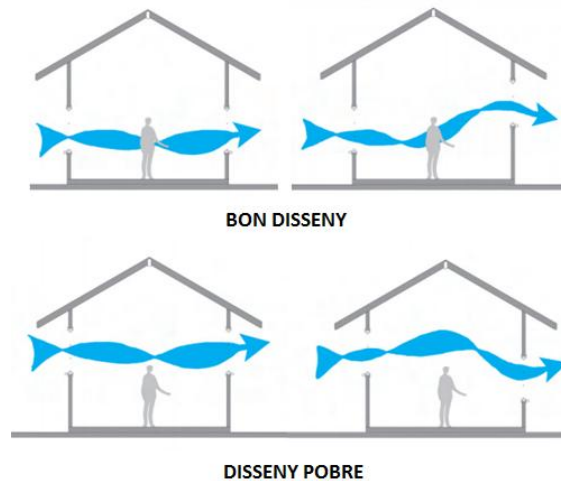


Il·lustració 30: Diseny adquat per una ventilació creuada. Font: ("Field Guide for Energy Performance Comfort and Value in Hawaii Homes Field Guide for Energy Performance, Comfort, and Value in Hawaii Homes Acknowledgments/Credits," 2001)



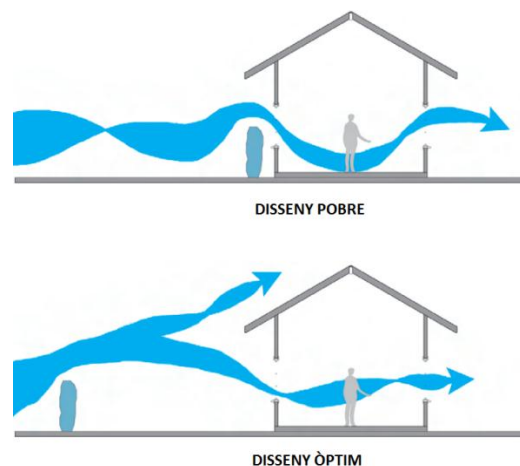
Il·lustració 31. Diseny inadequat de ventilació creuada. Font :("Field Guide for Energy Performance Comfort and Value in Hawaii Homes Field Guide for Energy Performance, Comfort, and Value in Hawaii Homes Acknowledgments/Credits," 2001)

- La distribució dels espais no ha d'obstruir al disseny de la ruta de l'aire.
- Les col·locaran al **costat més llarg de l'edifici** perpendiculars a la direcció del vent. La distribució interior dels edificis i dels habitatges ha de permetre la circulació homogènia dels fluxos d'aire a totes les diferents estances de l'edifici.
- La ubicació de l'obertura ha d'estar al nivell del cos humà, uns **1.5 m**. Per maximitzar la ventilació la sortida ha de situar-se a una cota superior a la d'entrada per crear un corrent d'aire ascendent debut a la diferencia de temperatura (mateix principi que la xemeneia solar, "efecte xemeneia").



Il·lustració 32: Altura de les finestres i ventilació creuada. Font: ("Field Guide for Energy Performance Comfort and Value in Hawaii Homes Field Guide for Energy Performance, Comfort, and Value in Hawaii Homes Acknowledgments/Credits," 2001)

- Plantacions o elements de jardineria poden millorar la ventilació natural. Es recomana posicionar-los allunyats de l'edificació.

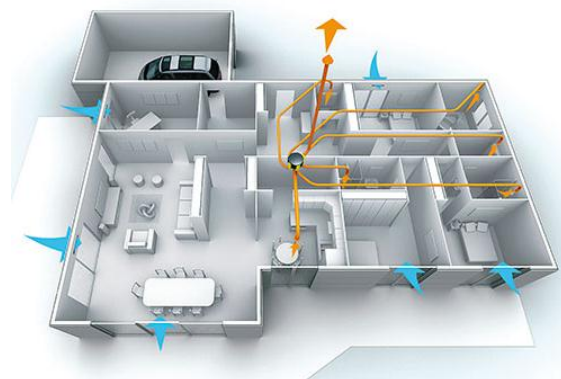


Il·lustració 33: Posicionament dels elements de jardineria. Font: ("Field Guide for Energy Performance Comfort and Value in Hawaii Homes Field Guide for Energy Performance, Comfort, and Value in Hawaii Homes Acknowledgments/Credits," 2001)

Ventilació híbrida.

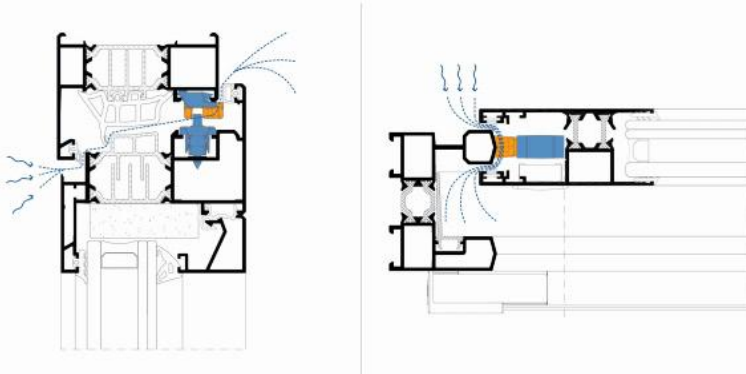
Ventilació d'una sola direcció o de **flux simple**, es troba entre la ventilació natural i la controlada de doble flux. Consisteix en crear una depressió artificial en les estàncies on s'hi troba més humitat o menys corrent d'aire, mitjançant ventiladors d'extracció. L'aire entra per les obertures passives de la façana (aireadros) o de la fusteria (microventilació).

La ventilació híbrida garanteix una **ventilació contant**, a diferència de la ventilació natural, però no pot



Il·lustració 34: Ventilació híbrida de simple flux. Font: (Air Handling Climate, n.d.)

recuperar l'energia que s'escapa pels conductes d'extracció. Això produeix que els usuaris en èpoques de fred tanquin les obertures passives pel que al final no resulta ser una solució practica. No obstant en **climes suaus** poden ser una bona estratègia de ventilació per edificis Passivhaus.



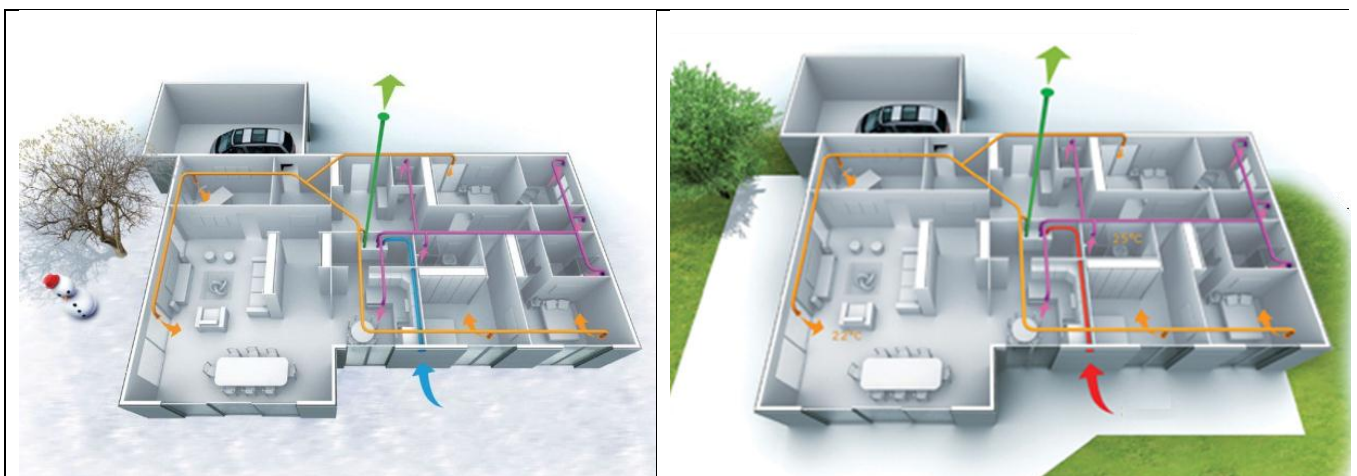
Il·lustració 35: Microventilació per l'entrada d'aire d'un sistema de ventilació híbrida. Font: (Cortizo, n.d.)

Ventilació controlada de doble flux amb recuperació de calor:

La ventilació controlada de doble flux (o de confort) parteix de la ventilació híbrida però amb un segon sistema de admissió d'aire .Consisteix en recuperar gran part de l'energia que surt en la ventilació, a través d'un **intercanviador de calor** que passa la calor de l'aire d'escapament al caudal d'aire d'entrada. Per minimitzar la demanda energètica de l'edifici, s'estableix segons l'estàndard Passivhaus una **renovació d'aire** aproximadament del **30% del volum dels espais interiors** (a l'estiu pot ser alguna cosa major).

(Wassouf, 2014)

La ventilació mecànica controlada ens proporciona una major qualitat de l'aire a l'interior en tractar-se d'una ventilació constant i al fet que filtra les partícules al·lèrgiques (99% polens i 85% espores) i nocives que es puguin trobar en l'aire.



Il·lustració 36: Ventilació controlada de doble flux a l'hivern i a l'estiu.

A l'hivern l'aire nou recupera la calor de l'aire viciat que s'extreu de l'habitatge, gràcies a la presència d'un intercanviador tèrmic (amb un rendiment nominal de 75% a 90), ajudant a mantenir la temperatura a l'habitatge.

A L'estiu l'aire nou que entra a l'habitatge es refreda gràcies a l'aire viciat que extraiem de l'habitatge, gràcies a la presència de l'intercanviador , evitant el reescalfament de l'habitatge.

Amb temperatures exteriors molt similars a les interiors els recuperadors rendeixen menys, així que es molt adequat en aquest climes extrems

| Recuperador de calor | Contracorrent Rendiment: | Corrent creuada Rendiment: |
|-----------------------------|--------------------------|----------------------------|
| | 94% | 58% |
| Aire del exterior | 2°C | 2°C |
| Aire de retorn del interior | 21°C | 21°C |
| Aire d'admissió al interior | 20°C | 13°C |
| Aire d'expulsió | 3°C | 10°C |

La ventilació de confort té diversos avantatges amb les següents condicions:

- Clima exterior fred o molt calent
- Contaminació acústica (Transit, Centre ciutat ...)
- Contaminació atmosfèrica (industria, transit, etc)
- Agents al·lèrgics (Pòl·lens, pols)

En aquets casos la ventilació de confort és una solució molt recomanada per garantir un alt nivell d'higiene i confort. No s'ha de confondre amb l'aire a condicionat, les corrents d'aire no es noten ni el soroll dels ventiladors, a més les velocitat de l'aire en zones d'estada no poden superar **0.1 m/s**.

(Wassouf, 2014)

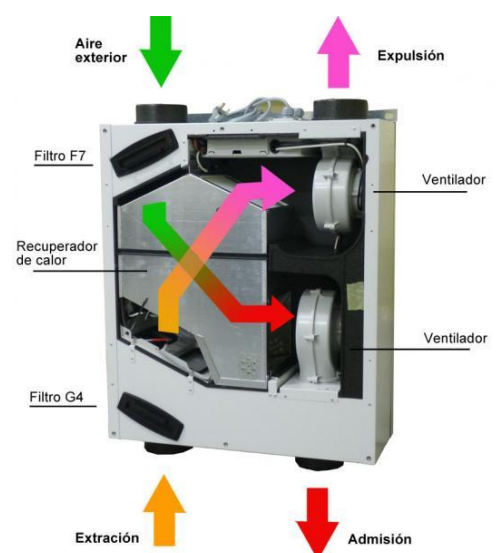
Un aire a condicionat (de 80 W/m²) per un edifici convencional necessita 20 renovacions /h ,mentre que la ventilació controlada de doble flux en un edifici passiu només **0.5 ren. /h**.

(Wassouf, 2014)

La ventilació de confort es compon pels següents elements basics:

- Components afegits opcionals: amortiguadors acústics, bateria de pos-escalfament, filtres antipol·len etc
- Conductes d'admissió de l'aire fresc (ciculars o quadrats d'acer galvanitzat o polipropilè/ polietilè)
- Conductes d'extracció d l'aire viciat
- Maquina de recuperació de calor amb dos ventiladors i filtres d'aire (que **no poden superar un consum de 45Wh/m³**)

Exemple: per un habitatge Passivhaus de 100 m2 amb



Il·lustració 37: màquina recuperadora de calor.
Font: (Wassouf, 2014)

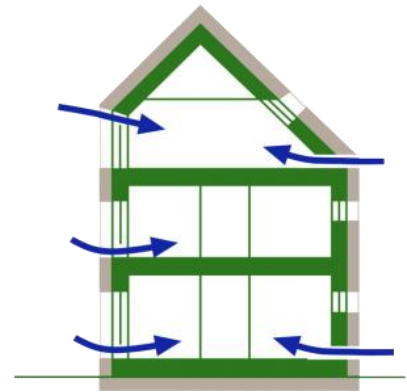
una renovació d'aire de $80 \text{ m}^2/\text{h}$ ($= 0.3/\text{h}$), el consum elèctric de ma màquina es 32Wh (com una bombeta de baix consum)
(Wassouf, 2014)

Limitació del vent.

Hermeticitat

Com que els edificis Passivhaus tenen un alt **aïllament tèrmic** (com se'n parlarà més endavant) , les juntes constructives han de tenir molt poques **pèrdues d'infiltració d'aire**, ja que perdem totalment la eficàcia de l'aïllament. Un dels trets més característics de les cases passives és el seu **alt estanqueïtat de l'aire**.

Les infiltracions formen part de les pèrdues energètiques no desitjades i no controlades que provoquen un flux d'aire calent cap a l'exterior a l'hivern i cap a l'interior a l'estiu. La hermeticitat a l'aire és un **aspecte clau dins de l'estàndard Passivhaus** que repercuteix de manera important en l'eficiència energètica de l'edifici i la millora de protecció acústica.



Il·lustració 38: Hermeticitat al pas de l'aire. Font: (Wassouf, 2014)

A més de l'aspecte energètic, les infiltracions d'aire exterior generen desconfort i un moviment d'aire humit a través dels tancaments, augmentant el risc de condensacions intersticials i floridura superficial.

La hermeticitat es pot comprovar amb l'anomenat test de **Blower-Door (prova de pressurització)**. Consisteix en un ventilador col·locat en una porta o finestra exterior amb totes les altres obertures tancades i es crea una diferència de pressió de 50 Pa. El resultat de la prova d'estanqueïtat s'expressa en renovacions/hora a i l'envolupant exterior de l'edifici ha de tenir un resultat segons **EN 13829 inferior a 0.6 renovacions d'aire per hora** (60% d'aire intercanviat de l'exterior). En el cas d'un edifici ben construït convencional l'estanqueïtat ronda a 2.5 ren/h a 4 Rem/h .

(Wassouf, 2014), (Agenda de la Construcció Sostenible., 2014)

Materials hermètics al pas de l'aire:

- Taulers OSB/BFU (juntes sellades amb cinta especial)
- Teles paravents o barreres de vapor (juntes solapades y sellades amb cinta)
- Lamines PE/PVC/Elastòmer, et. (barreres de vapor)
- Formigó, ciment (juntes sellades amb pasta butílica o PU-elàstica)
- Formigó amb consistència adequada per sellar forats oberts
- Paret d'obra amb capa d'assaig interior
- Juntes de lamines amb cautxú butílic i fixació controlada addicional



Il·lustració 39: Test de blower door. Font: (Certificados Energeticos, n.d.)

Materials crítics:

- segellar les cates d'instal·lacions en paret d'obra Amb morter.
- Panells de fusta: perill d'escapament d'aire per canvis en la superfície (estelles).
- Panells de poliestirè rígid.
- Juntes en cartró guix.

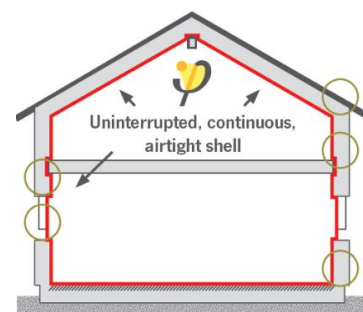
Materials no estancs a mig i llarg termini:

- Cintes adhesives no hermètiques al pas d'aire.
- Ciment massa sec o massa humit.
- Panells d'aïllament en general.
- Juntes de silicona o de poliuretà convencional projectades sobre escuma de poliuretà.

Materials no estancs:

- Paret d'obra sense enguixar.
- Plaques de fibra o llana de fusta.
- Llistons de fusta encadellats.
- Cinta paper crep.

Per controlar la hermeticitat en la fase de projecte es dibuixa una línia contínua ("regla del llapis") que defineixi el pla de la hermeticitat de l'aire en plantes i seccions.



Il·lustració 40: Regla del llapis.
Font:(What is a Passive House, n.d.)

2.3.3. ORIENTACIÓ DE L'EDIFICI :

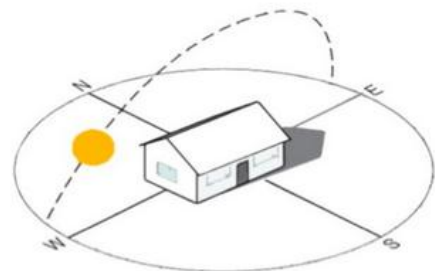
Podríem dir que la orientació de l'edifici és el paràmetre **principal i més important** per l'estalvi energètic. Com ja hem esmentat abans, la quantitat d'impacte solar i d'aire en la pell de l'edifici està determinat per l'orientació.

En el disseny d'un habitatge o edifici s'ha d'orientar la façana principal segons les fonts d'energia natural que volem aprofitar i les que volem evitar. Per un habitatge

tipus estàndard situada a l'hemisferi nord, i en concret dins de la latitud corresponent a la Península Ibèrica, es recomanen les següents pautes d'actuació i disseny de la façana d'una casa:

Façanes amb orientació Nord:

En aquest tipus de façanes normalment el sol no incideix de forma directa, de manera que només rep una mica de radiació solar a **primera i última hora** durant els mesos d' **estiu** en què el sol realitza un major recorregut o trajectòria. Per aquest motiu els costos de calefacció en les habitacles orientades al nord solen ser majors.



Estratègies de disseny façana Nord :

- Es distribuïran cap a aquesta part de la casa les zones no habitables com **banys, lavabos , cuïnes**, cambres d'instal·lacions , passadissos , distribuïdors o accessos , escales, etc .
- El disseny requereix façanes amb un **reduït percentatge d'obertures**, amb poca quantitat de portes i finestres a l'exterior , per evitar les pèrdues energètiques ja que són les zones que presenten més demandes de calefacció a l'hivern.

(Ovacen, 2014)

Façanes amb orientació Est:

En aquesta orientació l'habitatge rep radiació solar durant les primeres hores del **matí** fins a **migdia**, tot i que a l'hivern aquesta radiació serà molt més suau, mentre que a l'estiu incidirà més directament i durant més temps. Això permet que la calor s'acumuli durant tot el matí i s'alliberi poc a poc a la tarda.

Estratègies de disseny façana Est:

- Es distribuïran **zones d'ús** o estades com la zona de cuina o la zona de dia que aprofitin la llum solar del matí.
- És convenient dissenyar algun tipus de **porxo** o element o voladís mitjançant espècies vegetals de **fulla caduca**, que permeti aprofitar el sol a l'hivern i limitar l'excés de radiació de l'estiu.
- Es recomanen **proteccions solars** passives en les obertures amb sistemes de lames verticals i no horitzontals. El motiu és que en rebre l'angle d'inclinació solar més petit, si col·loquem lames horitzontals el sol es filtraria i pot molestar o enlluernar, amb la qual cosa no seria un sistema efectiu.
- Igualment es recomana **reduir la mida de les obertures** perquè no sigui excessiu, d'aquesta manera també evitarem tenir demandes de calefacció excessives a l'hivern així com de refrigeració a l'estiu, tot i que també això dependrà és clar dels paràmetres climàtics i de la severitat de la zona climàtica en què s'ubiqui.

(Ovacen, 2014a)

Façanes amb orientació Sud:

Es tracta sens dubte de la zona de l'habitatge que rep **major quantitat de radiació solar**, sobretot a l'estiu, sent per tant, **la façana principal** cap al que l'habitatge s'ha d'obrir en la seva projecció i disseny, ja que és per on rep major quantitat de llum natural.

Estratègies de disseny façana Sud:

- Es distribuïran a la zona sud estances on normalment es passa més temps i es requereix més llum com **el saló principal o zona d'estar**, els **dormitoris principals** de l'habitatge, etc .

- És convenient que la **major part de la façana** principal s'orienti cap al **sud** per aconseguir el màxim aprofitament del sol, i que en aquesta orientació les façanes disposen de **major quantitat d'obertures** que a la resta de les orientacions de l'habitatge.

- Es recomana tenir en compte en el **disseny i emplaçament** de la mateixa si hi ha edificacions veïnes, edificis pròxims o un altre tipus d'obstacles naturals o d'una altra índole que puguin llançar ombra a la nostra façana, ja que això pot condicionar la ubicació de la mateixa dins de la parcel·la o solar.

- S'ha de prestar especial atenció al disseny de les **proteccions solars** com el voladis, de manera que s'ha de projectar una longitud de vol òptima però no excessiva, ja que a l'estiu el sol incideix amb un angle molt inclinat, mentre que a l'hivern el sol cau molt més baix i s'ha de permetre el guany solar. Es tracta d'aconseguir en cada estació de l'any l'aprofitament adequat de la quantitat de radiació solar necessària per millorar el balanç energètic de les estades amb aquesta orientació.

(Ovacen, 2014a)

Façanes amb orientació Oest :

El sol incideix fonamentalment **a partir del mig dia** , fins les últimes hores del dia. L'angle en què incideix el mateix va decaient a mesura que passen les hores fins a la posta de sol. És difícil fer un ús eficient d'aquesta calor acumulat, especialment a l'estiu, estació en què acumula calor a les hores on major radiació solar hi ha , el que incrementa l'ús de l'aire condicionat .

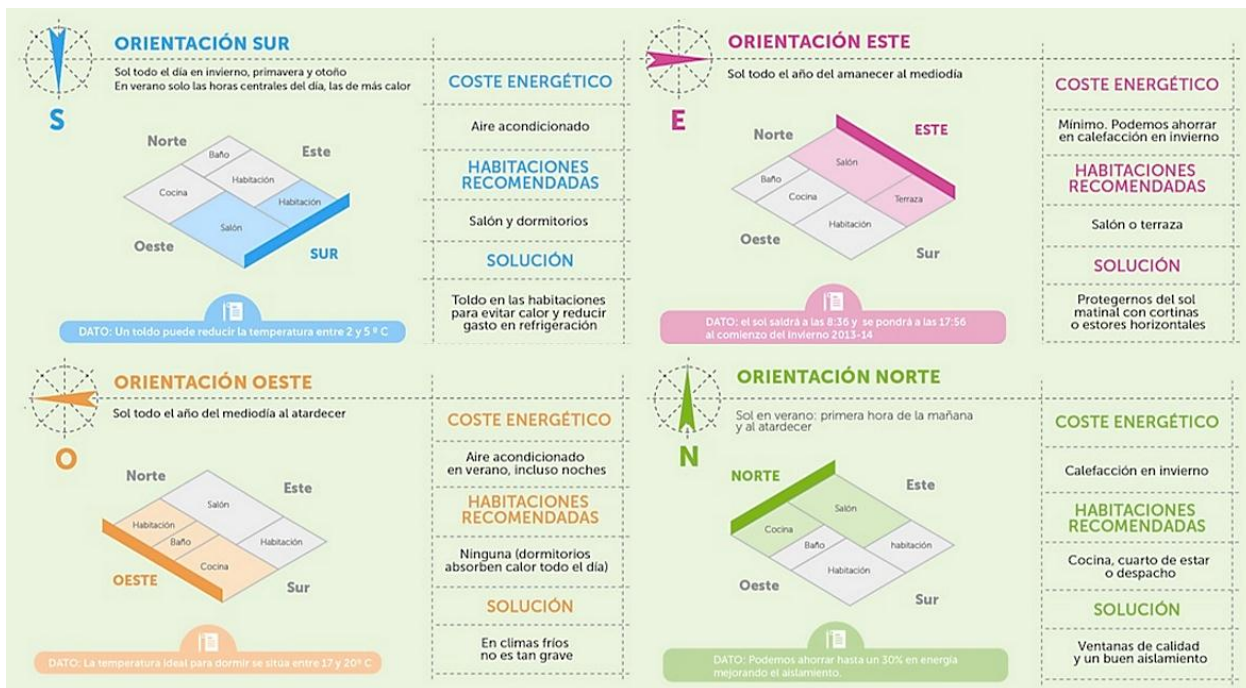
Estratègies de disseny en façana Oest :

- Convé disposar les estades com el **garatge** , els **serveis** de les habitacions orientades **al sud** , zones d'oci o de jocs, etc.

- Les obertures d'aquestes façanes es disposaran de manera que, juntament amb els que s'obrin a les façanes amb orientació **est**, permetin una adequada **ventilació creuada** per a la ventilació de l'habitatge així com una correcta **refrigeració nocturna a l'estiu**.

- Per evitar l'enlluernament , com en el cas de les façanes amb orientació est, és convenient disposar de **proteccions solars** passives en els obertures amb lames verticals i no horitzontals.

(Ovacen, 2014a)



Il·lustració 41: Bona Orientació= estalvi energètic + qualitat de vida. Font:(ANIDA, 2013)

Algunes estratègies globals segons orientació :

Disseny façana casa segons entorn :

- Conèixer quina és la **direcció dels vents** predominants de la zona on s'emplaça la façana de l'habitatge, d'aquesta manera s'ubicarà la mateixa i es dissenyarà la façana de manera que s'han d'evitar la intrusió a l'interior, ja que això contribuiria a unes majors **pèrdues o guanys energètiques**.
- Cercar un percentatge òptim d'obertures en funció de l'orientació de cada façana de l'habitatge. Intentant que les façanes al **sud** siguin les que disposin de **major percentatge d'obertures** i les que donen al **nord les que menys** , això ajudarà de manera molt favorable a reduir les demandes energètiques.

| ORIENTACIÓ DE LA FAÇANA | % ÒPTIM D'OBERTURES |
|-------------------------|---------------------|
| NORD | 10-15 % |
| EST | <20 % |
| SUD | 40-60 % |
| OEST | <20 % |

Taula 9: Percentatge òptim d'obertures segons l'orientació de la façana. Font: (Ovacen, 2014a)

2.3.4. AÏLLAMENT TÈRMIC:

Envolupant opac

Per definició, l'aïllament tèrmic serveix per **aïllar l'interior** de l'edifici del clima exterior. Resulta molt eficaç quan les diferències de temperatura entre exterior són elevades. Així doncs un n aïllament tèrmic és més eficient a l'hivern que a l'estiu, doncs la diferència entre temperatures a l'hivern és major.

En funció del clima, l'objectiu és **optimitzar el gruix de l'aïllament** tèrmic fins a trobar el punt d'inflexió, a partir del qual l'augment de gruix és molt poc rellevant per a la millora de l'eficiència energètica



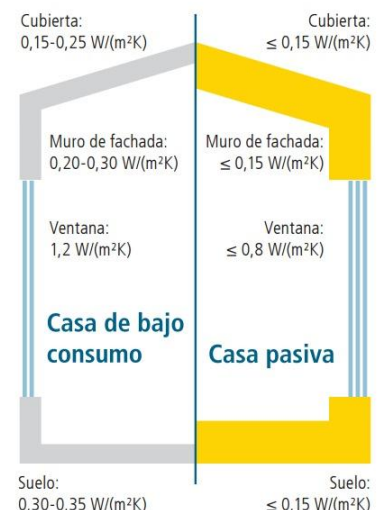
Il·lustració 42: Alt aïllament tèrmic

L'aïllament tèrmic es descriu mitjançant la **transmitància tèrmica U (W/m²K)**, es defineix com el flux de calor que passa per unitat de superfície i per grau de diferència de temperatures entre dos ambients separats per aquest element. La transmitància tèrmica d'un **aïllament tèrmic típic per Passivhaus a centreeuropea és de 0.12W/ m²K** és a dir, un m² deixa passar 0.12 W quan la diferència de temperatura entre l'exterior i l'interior de l'edifici és de 1K.

(Wassouf, 2014)

Per exemple, en el cas d'aquest mur i amb una temperatura exterior de $\pm 0^\circ\text{C}$, es necessita per cada m² de mur una font de calor de 20 W per mantenir la temperatura de l'interior en 20°C .

La següent figura mostra **valors típics de transmitància tèrmica**. L'aïllant ideal tindria un valor $U = 0\text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$, és a dir no es transmet calor. Els valors U més alts són a prop de $6\text{ W} / (\text{m}^2 \cdot \text{K})$ i caracteritzen els elements amb molt mal aïllament tèrmic, com un vidre simple o un llauana.



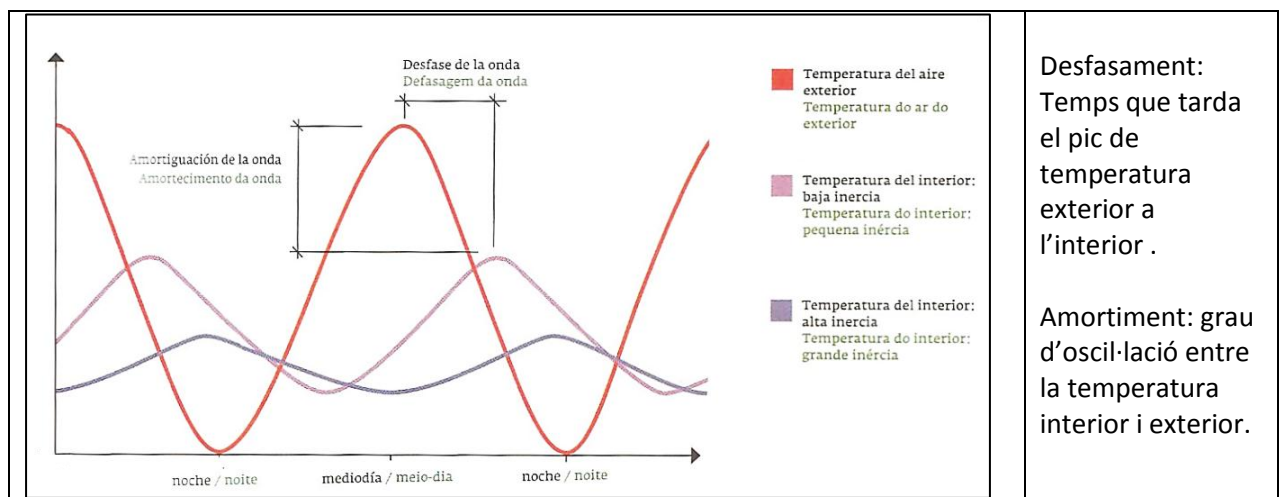
Il·lustració 43: Transmitància tèrmica entre una casa de consum baix convencional i una casa passiva. Font: ("Passivhaus. Construir hoy con los estándares de mañana," n.d.)

| Material | Transmitància Tèrmica (W/m²K) | Gruix necessari per arribar a 0.3 W/m²K (m) |
|--------------------|--------------------------------|---|
| Formigó | 2.3 | 7.30 |
| Envà masís | 0.80 | 2.50 |
| Envà alleugerat | 0.40 | 1.25 |
| Fusta conífera | 0.13 | 0.40 |
| Palla | 0.055 | 0.18 |
| Aïllament estandar | 0.040 | 0.13 |
| Aïllament millorat | 0.025 | 0.08 |

Pel que fa al gruix, un aïllament Passivhaus a centreuropeu pot tenir un gruix de 25-40 cm (equivalent a una transmissió tèrmica de 0.15-0.45 W/m²K), un aïllament en un cmila calid pot tenir un gruix de 5-25 cm (amb una transmissió tèrmica de 0.15-0.45 W/m²K). Pel que fa a les cobertes, a causa de la major incidència solar, ha de tenir més aïllament tèrmic que les parets.

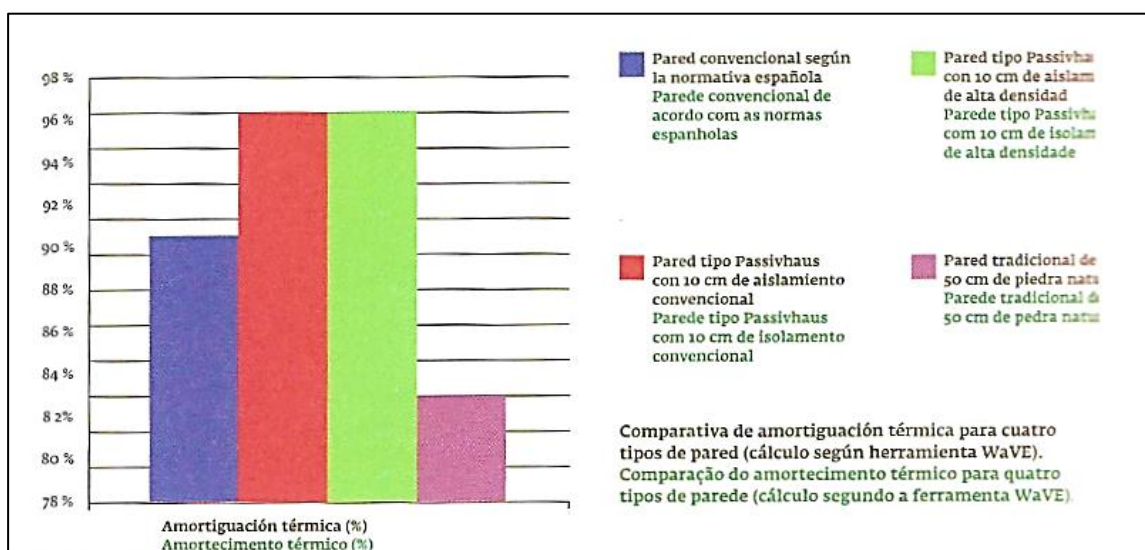
Inèrcia tèrmica:

Tot element constructiu en contacte directe amb l'aire pot absorbir i emmagatzemar una quantitat d'energia que depèn principalment de la **capacitat calorífica** i de la **densitat** del element constructiu. La inèrcia tèrmica descriu la quantitat d'energia necessària per augmentar un kelvin la temperatura d'un metre cúbic. La massa tèrmica podrà emmagatzemar temperatura fins que sigui més alta que l'aire. L'avantatge de la inèrcia tèrmica és que actua com **amortidor**, per exemple les parets d'un habitatge absorbeixen l'energia solar i la descarrega lentament a la nit.



Il·lustració 44: desfasament i amortiment de l'ona tèrmica. Font:(Wassouf, 2014)

La inèrcia es mesura a partir de l'amortiment de la ona tèrmica i del desfasament entre les ones exteriors i interiors tèrmiques duran les 24h d'un dia.

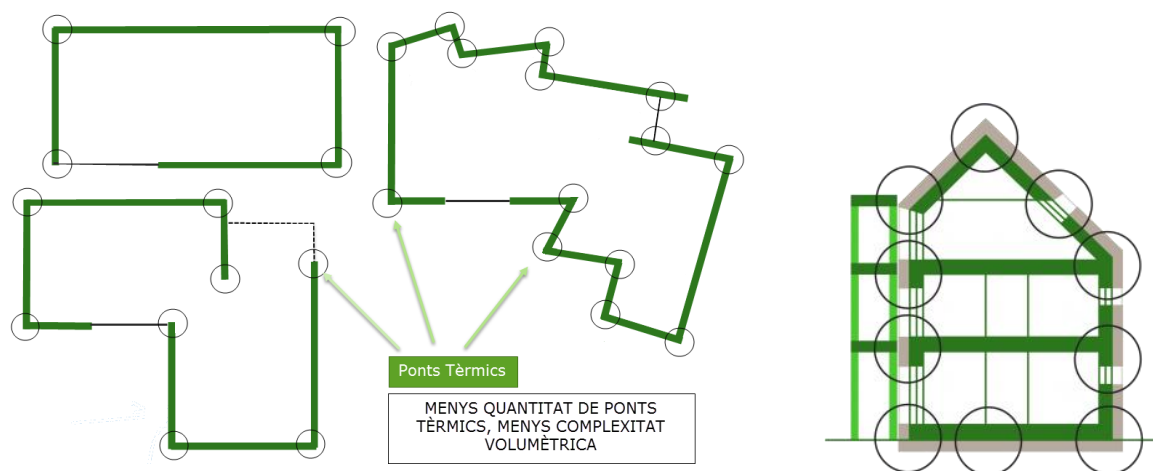


És aconsellable que l'amortiment de la ona tèrmica arribi a 95% (mínim 85%), es ha dir que només un 5 % de la calor es filtri cap a l'interior i el desfasament de la ona tèrmica ha de ser com a mínim de 10 hores (aconsellable 14h), de manera que la temperatura màxima a l'exterior a les 15:00 no arribi abans de la 1:00 a l'interior (quan les temperatures hagin baixat suficient per baixar la temperatura amb ventilació natural.).

Absència de ponts tèrmics

Els ponts tèrmics són llocs de geometria lineal o puntual del tancament exterior on el flux d'energia és més gran respecte a la superfície " normal" del tancament interior. Aquests ponts tèrmics perjudiquen l'eficiència energètica de l'element constructiu i augmenten el risc de condensacions intersticials i floridura superficial (símptoma habitual en les cantonades interiors dels habitatges convencionals en climes humits) .

L'estàndard Passivhaus garanteix la màxima continuïtat de l'envoltant exterior minimitzant els ponts tèrmics i garantint la no formació de condensacions ni de floridures superficials.



Il·lustració 45: Ponts tèrmics d'un habitatge

L'estàndard Passivhaus ha definit unes pautes molt clares per definir i quantificar els ponts tèrmics. Es considera un detall constructiu **lliure de ponts tèrmics** quan la pèrdua de pont tèrmic per transmitància lineal (ψ)⁷ no supera un valor màxim de **0.01 W/mK**.

(Wassouf, 2014)

Existeixen tres tipus de ponts tèrmics lineals:

- **Constructius:** Quan el tancament canvia de gruix
- **Geomètrics:** es produeixen a les cantonades, on la superfície exterior és major que l'interior
- **Debuts a canvis de materials:** quan puntualment o linealment hi ha un material amb major conductivitat tèrmica que el tancament normal.

⁷ ψ : Coeficient de pèrdua de pont tèrmic (W/mK)

Coberta

L'habitatge bioclimàtica tradicional disposa de cobertes a **2 aigües** en què el pla major presenta **orientació sud** i el menor presenta **orientació nord**. Aquesta disposició cap el sud ens proporciona major guanys solars reduint alhora la superfície orientada a nord on hi tenim més pèrdues de calor. A la coberta captadora, la teula **d'argila i la pissarra** han estat els materials més usats en la construcció bioclimàtiques per les següents característiques; estructura lleugera, baix pes, gran durabilitat, bon comportament enfront de amplituds tèrmiques amb variacions importants entre fred o calor, impermeabilitat i elevada resistència mecànica.

No obstant, això pot ser un guany excessiu de calor a l'estiu ja que és la zona de l'envolupant tèrmic on hi ha més captació de radiació solar.

Aquí intervenen les cobertes ventilades que ja hem esmentat anteriorment en la **ventilació creuada**.

Sistemes aïllants de l'envolupant opac.

Coberta: Cobertes vegetals

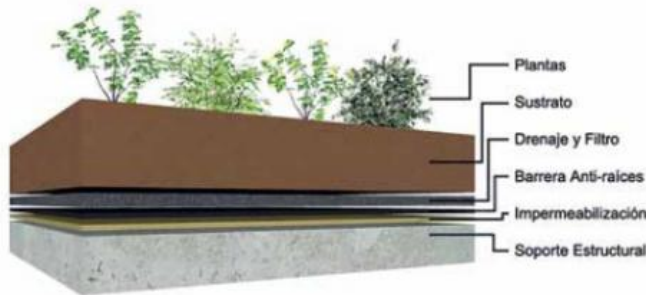
Una cosa que podem percebre ja són les cobertes enjardinades o vegetals. Molts edificis nous i alguns pocs rehabilitats està present la capa vegetal de colors verds que cobreix les seves cobertes sense desmerèixer les propietats tècniques de millora que ens aportada a nostre immoble. En veritat en executar un terrat verd estem introduint la naturalesa inclòs totes les seves característica de filtrat.

Avantatges de les cobertes vegetals:

- Reducció de la contaminació: Funcionen com un filtre ambiental.
- Incrementa la retenció d'aigua: Són capaços de retenir fins a un 80% de la precipitació. Els sistemes de desguàs funcionen millor, l'aigua flueix de forma més coherent.
- Millora la protecció contra el soroll. Els cobertes vegetals són excel·lents atenuadors de soroll, especialment a baixes freqüències. Un sostre extensiu pot arribar a reduir fins a 40 dB, mentre que un intensiu pot arribar a atenuar fins a 50 dB.
- Estalvi d'energia. S'aconsegueix un aïllament tèrmic eficient.
- Prolongació de la vida útil de la impermeabilització en estar protegida de temperatures exteriors.
- Proporciona noves zones verdes a la ciutat que necessita de pulmons verds per millorar la qualitat de l'aire.
- Millora de la visualització i espais d'oci de la ciutat.
- La vegetació pot complir diverses funcions en la coberta vegetal; Ombra, protecció vent, resistència foc, biodiversitat, ombra, transpiració etc.
(Ovacen, 2014)

Desavantatges de les cobertes vegetals :

- Alguns edificis ja existents no poden ser modificats perquè no suportarien el pes del sòl i vegetació.
- Els costos de manteniment poden ser majors segons el tipus de sostre.
- També és d'importància la impermeabilització a l'aigua : instal·lar una adequada capa impermeable i a prova d'arrels pot augmentar el cost d'instal·lació.



| EXTENSIVO | INTENSIVO |
|--|--|
| Más liviano | Mayores posibilidades de diseño paisajístico |
| Apto para grandes áreas | Mayor potencial de biodiversidad |
| Menor mantención Puede diseñarse para no ser regado | Mayor posibilidad de uso por parte de las personas |
| Más recomendado para proyectos de remodelaciones | |
| Menor costo de inversión | |

Il·lustració 46: Coberta ecológica vegetal. Font:(Ovacen, 2014b)

| CARACTERÍSTICA | EXTENSIVO | SEMI-INTENSIVO | INTENSIVO |
|----------------------------------|----------------------------------|--|---------------------------------|
| Espesor sustrato | Hasta 15 cms. | Entre 10 y 20 cms. | Mayor que 15 cms. |
| Cobertura Vegetal Transitable | No transitable | Parcialmente transitable | Transitable |
| Peso saturado | Entre 50 y 170 kg/m ² | Entre 150 y 250 kg/m ² | Mayor que 245 kg/m ² |
| Diversidad vegetal | Poca | Mayor | Máxima |
| Mantención | Mínima | Variable | Alto |
| Tipo de vegetación | Rastreras | Arbustos pequeños, pastos ornamentales | Arbustos y árboles pequeños |

Mur vegetal, façanes verdes.

Cada dia es veuen més projectes i sistemes que **integren la vegetació vertical en les parets dels edificis**. Més enllà dels avantatges estètics d'aquests elements, els jardins verticals són un element clau per aconseguir una arquitectura més sostenible i reduir l'impacte dels edificis en el medi ambient, reduint la quantitat de CO2 emès a l'atmosfera.

Els murs vegetals es poden utilitzar en les parets interiors o exteriors dels edificis, ja sigui en projectes d'obra nova com de rehabilitació. Entre els múltiples tipus de façanes vegetals es troben les parres i heures que **disminueixen la transmissió de calor, tan per conducció, com per radiació** en evitar l'impacte de la radiació solar directa i en disminuir la temperatura de l'aire adjacent al mur.

En alguns casos resulta molt interessant l'ocupació de plantes de fulla caduca que garanteixen protecció enfront de la radiació solar a l'estiu permetent el pas de la radiació solar a l'hivern.

Existeixen diferents tipologies de sistemes constructius per a les façanes vegetals. Els més destacats són:

- **Sistemes sobre la base de panells modulars**, ja siguin d'alumini, acer inoxidable o altres materials, serveixen de substrat per a la vegetació. Poden incorporar sistemes de reg.

- **Formigó vegetal**, els porus del formigó serveixen de substrat a la vegetació. S'humiteja
Sistemes de murs vegetals

Aquests són alguns dels **sistemes principals de façanes verdes** disponibles actualment al mercat:

- **Sistema Green Living Technologies:** Panells modulars de varies mides d'alumini o acer inoxidable. Aquesta varietat permet realitzar formes complexes amb major resolució que les dels altres sistemes modulars
- **Sistema de panells modulars de 60x60:** Panells de 60x60cm amb xapa perforada que inclouen un sistema de reg automatitzat. Els perfils es sol·liciten amb 4 mesos d'antelació ja que es subministren amb les plantes crescudes.



Il·lustració 47: Sistema Green Living Technologies a la dreta i sistema de panells modular a l'esquerra.
Font:(Hildebrandt Gruppe, 2015)

- **Sistema Eit. Elevated Landscape Technologies:** Sistema modular fabricat de HDPE⁸ 100% reciclat de panells de 20"x20"x2.5" que contenen llistons que sostenen el substrat i les plantes.
- **Patent Patrick Blanc:** Superposició de diversos elements que afavoreix el procés de creixement i fixació de les arrels sobre una superfície. Aquesta tècnica permet eliminar els problemes de pes del substrat i assegurar la vegetació de les superfícies dels edificis independentment de la seva alçada.

⁸ HDPE : El polietilè d'alta densitat termoplàstic que es fabrica a partir del petroli .Té una gran relació entre densitat i resistència, comunament s'usa per a fer ampolles de plàstic, canonades resistents a la corrosió, GEO membranes i fusta plàstica



Il·lustració 48: Sistema Patent Patrick Blanc a l'esquerra i sistema de Formigó vegetal a la dreta.
Font: (Hildebrandt Gruppe, 2015)

- **Formigó Vegetal:** Vegetació que creix en els porus del formigó i que s'humidifica amb un sistema de canonades i aspersors vistos. L'objectiu és que la façana quedi totalment coberta de vegetació amb el pas del temps.
- **Sistema G-Sky Modular:** Panell de 12x12" de polipropilè muntat sobre suports d'acer. Arriba a l'obra pre-plantat amb el substrat adequat, filtre de malla i 13 plantes per panell. Es pot cobrir la superfície creant un patró de panells d'espècies diferents.
- **Plantes trepadores:** Sistemes pensats per instal·lar plantes trepadores, també en funció de filtres solars en les obertures de façana. Technal o el sistema Greenscreen són alguns exemples d'aquesta alternativa als murs vegetals modulars.

Beneficis dels murs vegetals

A part dels avantatges **paisatgístics** d'aquests elements, les façanes vegetals impliquen una sèrie de millores mediambientals i de confort que no es poden obviar:

- **Regulen la temperatura:** Gràcies a l'efecte de convecció física que es produeix sobre l'espai del jardí vertical, aquest actua d'aïllant i redueix considerablement la despesa en climatització a l'interior de l'edifici.
- **Protecció solar i aïllament tèrmic:** la vegetació obstrueix, filtra i reflecteix la radiació solar.
- **Atrapen la pols i l'smog⁹:** Els murs vegetals absorbeixen naturalment aquests contaminants perjudicials per la salut.
- **Refresquen l'ambient al seu voltant:** Les plantes perden aigua cap al medi mitjançant evapotranspiració refrescant i humidificant l'ambient
- **Aïllen del soroll:** Poden disminuir fins a **40 decibels el soroll provinent del carrer** cap a l'interior.
- **Milloren la qualitat de l'aire:** Capturen diòxid de carboni i altres partícules suspeses a l'aire i creen oxigen net.
- **Repelen els insectes:** No permeten la proliferació d'insectes i bacteries.

⁹ smog (de smoke: fum i fog: boira) es fa servir per designar la contaminació atmosfèrica que es produeix en algunes ciutats com a resultat de la combinació d'unes determinades circumstàncies climatològiques i uns concrets contaminants. De vegades, no gaire freqüentment, es tradueix per *neblumo (boira i fum).

- **Augmenten la plusvàlua:** Les construccions amb aquesta tecnologia són més valorades i obtenen millors puntuacions en les certificacions energètiques (LEED, BREEAM, ECO8, etc.).
(Hildebrandt Gruppe, 2015)

Envolupant tèrmic transparent.

Finestres eficients

Triar unes bones finestres resulta clau per tenir una casa eficient tant a l'estiu com a l'hivern. Si mirem la termografia d'una casa, veurem que en les finestres és on trobem una diferència més gran de **temperatura**. Això vol dir que a través de les obertures i la seva unió amb les parts opaques d'una façana és on s'escapa més calor, esdevenint així el **pont tèrmic** més important d'un edifici.



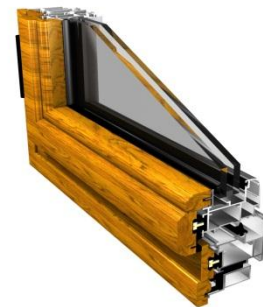
Il·lustració 49: Termografia. Font:(Incovi, n.d.)

Un **edifici bioclimàtic** ha d'establir una sèrie de criteris **molt rigorosos** respecte les finestres ja que són els elements constructius més dèbil energèticament. Per complir amb les condicions de confort:

- la transmitància **tèrmica d'una finestra (U)** no pot superar els **0.8 W/m²K**
- a la vegada el **factor de solar del vidre** ha de ser elevat per garantir una màxim aportació solar a l'hivern, és aconsellable un **valor ≥ 50** , sobre tot en el **sud**.
- Alta hermeticitat al pas de l'aire.

Escollir un bastiment adequat

El primer que haurem de tenir en compte és el **material del bastiment** de la finestra, que normalment serà de **fusta, PVC, fibra de vidre** o metall, que sol ser **alumini**. La fusta és el material que es comporta millor tèrmicament, però té el desavantatge que demana més manteniment que l'alumini o altres metalls. Si optem per l'alumini, solució normalment més econòmica, hem de comprar models amb tall de pont tèrmic incorporat que evitin el condensacions i aïllin bé la casa. El PVC o la fibra de fusta no solen ser bones solucions si valorem conjuntament el comportament energètic, el preu i l'impacte ambiental del material.



Il·lustració 50. Típica carpinteria Passivhaus. Font:(Incovi, n.d.)

Una altra opció és optar per **solucions mixtes**, especialment aquelles que **combinen fusta i alumini**. Actualment trobem al mercat models de finestres amb bastiment de fusta recobertes exteriorment d'alumini per facilitar el seu manteniment. Tot i que poden arribar a sortir més cares d'inici hem de tenir en compte que ens estalviem temps i diners amb vernissos i tractaments exteriors de la fusta.

Conèixer el tipus de vidre més adient

El mercat ofereix una gran **varietat de vidres** que s'han de triar en funció de la **situació** climàtica de l'edifici i l'**orientació** de la façana. Aquests són els avantatges que plantegen les solucions que més s'utilitzen actualment

Vidre laminar

- Vidres per garantir la seguretat en cas d'accident, robatori o vandalisme
- Presenten molta estabilitat davant del rajos ultraviolenta i l'assolellament continu
- El PVB pot ser de diferents colors millorant així el factor absorptivitat

Vidre doble amb cambra d'aire aïllant (AAT)

- Millora les condicions tèrmiques i acústiques dels espais
- Es pot combinar vidres de control solar, laminars, de baixa emissivitat

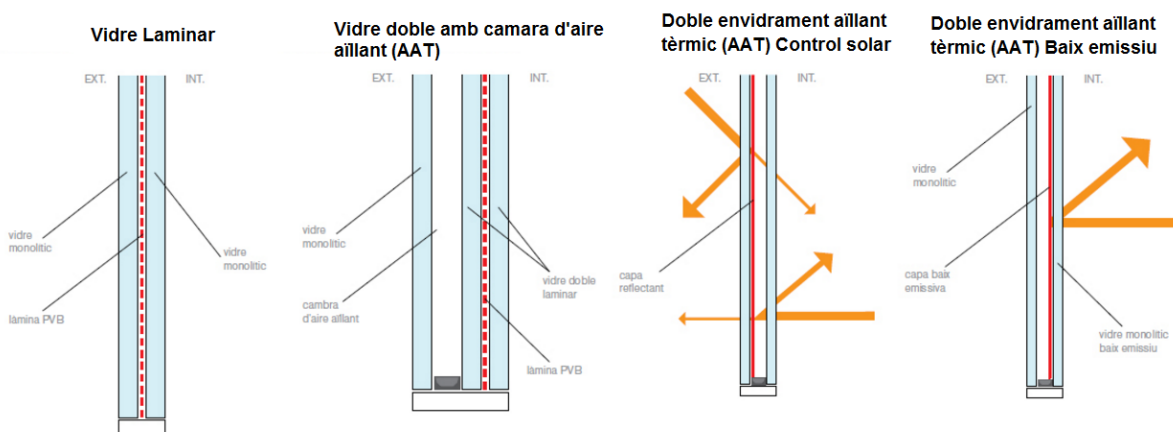
Doble envidrament aïllant tèrmic (AAT) Control solar

- Redueixen l'augment de temperatura a l'interior dels espais
- Redueix un 40-46% l'aportació energètica i el factor solar respecte d'un vidre simple
- Millora un 30% el comportament d'un doble envidrament amb cambra a l'estiu
- Recomanable en façanes amb orientació **sud i oest** i climes calorosos

Doble envidrament aïllant tèrmic (AAT) Baix emissiu

- Col·locats en doble envidrament permet millorar el comportament tèrmic
- Millora la transmitància tèrmica de l'envidrament respecte a un vidre simple un 40%
- Redueix el factor solar un 30% respecte un vidre simple
- La capa tractada ha d'estar situada a la cara interior del vidre de la cambra
- Recomanable en façanes **on no toca el Sol i en climes freds**

(Incovi, n.d.)



Il·lustració 51: Tipologia de vidres. Font: (Incovi, n.d.)

Finestres Passivhaus d'alta qualitat:

Per edificis Passivhaus s'ha desenvolupat finestres amb transmissions molt baixes (**fins a 0.5 W/m²K**), amb **triple vidre y gasos nobles** en les càmeres encara que no és necessari recorre a aquets extrems si el clima ho permet.

Classificació de les finestres energètiques:

El Passivhaus Institut (PHI) recentment ha establert un sistema de classificació energètica de finestres segons el Coeficient de pèrdua de pont tèrmic:

| Ψ_{opaque} | Passive House efficiency class | Description | $\Psi_{opak} = \Psi_g + \frac{U_f \cdot A_f}{l_g}$ |
|-----------------------------|--------------------------------|-------------------------|--|
| $\leq 0.065 \text{ W/(mK)}$ | phA+ | Very advanced component | |
| $\leq 0.110 \text{ W/(mK)}$ | phA | Advanced component | |
| $\leq 0.155 \text{ W/(mK)}$ | phB | Basic component | |
| $\leq 0.200 \text{ W/(mK)}$ | phC | Certifiable component | |

Taula 10: Classificació de les finestres passives segons PHI. Font: (Passivhaus Institut, n.d.)

Els coeficients tèrmics de transmitància (U) i els coeficients de pèrdua de pont tèrmic (ψ) es determinen amb la norma DIN EN SIO10077, EN 673 I DIN en 12631

3. CÀLCULS I MODELITZACIÓ.

3.1. Estratègies bàsiques de disseny utilitzades:

Orientació

En totes les edificacions la façana principal està orientada al Sud per poder captar la radiació solar en les estances comunes i a amb una certa inclinació cap a l'Est per poder captar el vent predominant i que recorre la planta diàfana.

Les habitacions estaran orientades a l'est i a l'oest per aprofitar el sol del matí i del vespre.

Ventilació creuada

Com que els vents predominants a tot Catalunya solen ser de ponent les obertures estaran disposades a l'est i a l'oest, en façanes oposades de manera que el flux d'aire refrigeri més eficientment.

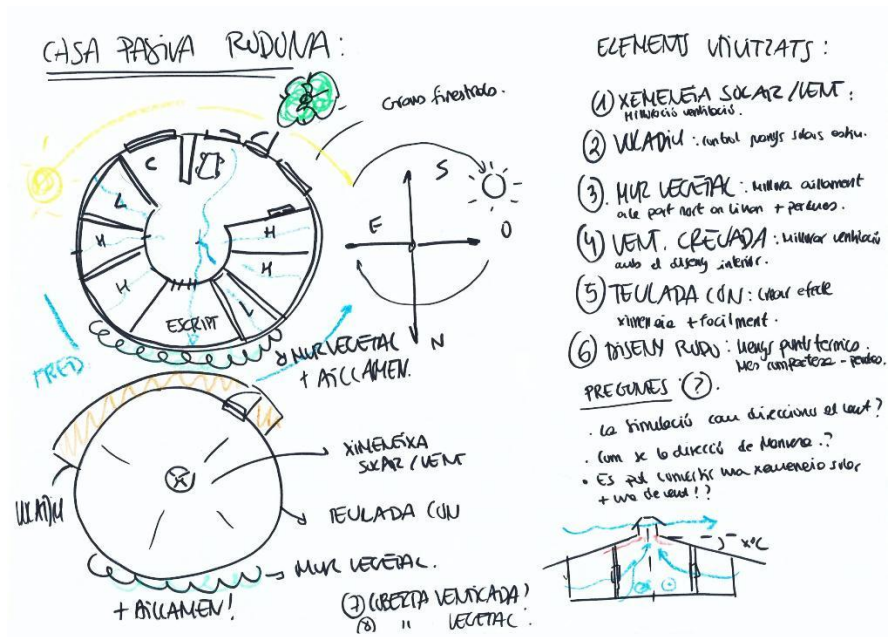
En tots els casos, el tant per cent d'obertures en el nord, en la façana on hi tenim més pèrdues, serà molt baix (10-15 %), seguit de les façanes a l'est i oest, tal i com s'ha dit anteriorment.

Aïllament.

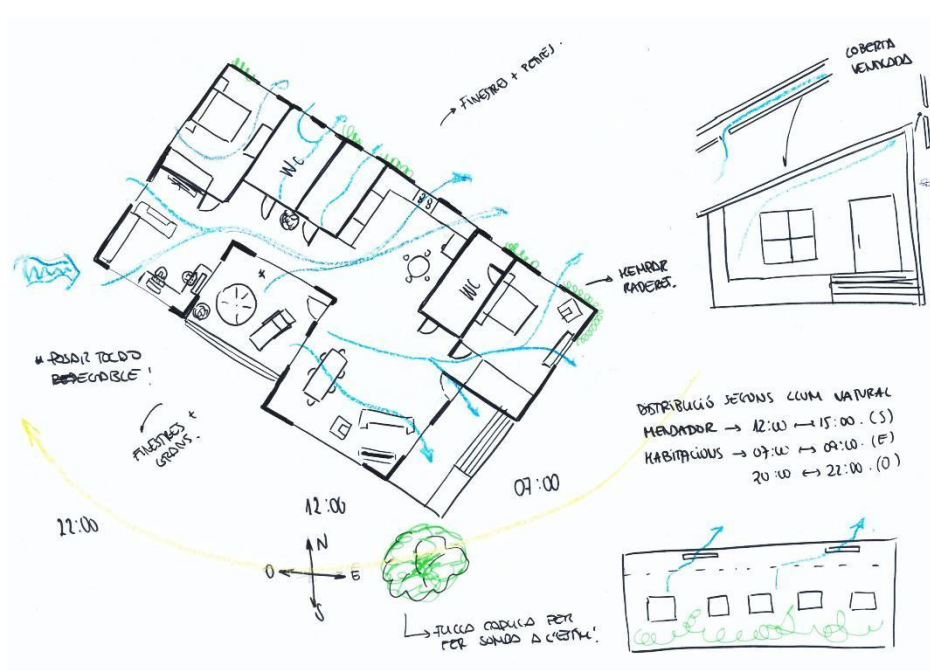
En tots els edificis l'envolupant opac i transparent seran d'un molt bon aïllament i d'una transmitància tèrmica molt baixa. Els valors oscil·len de 0,15 W/m²K a 0,45 W/m²K en el cas dels murs i les cobertes i 0,8 W/m²K en el cas de les finestres

3.2. Dissenys inicials

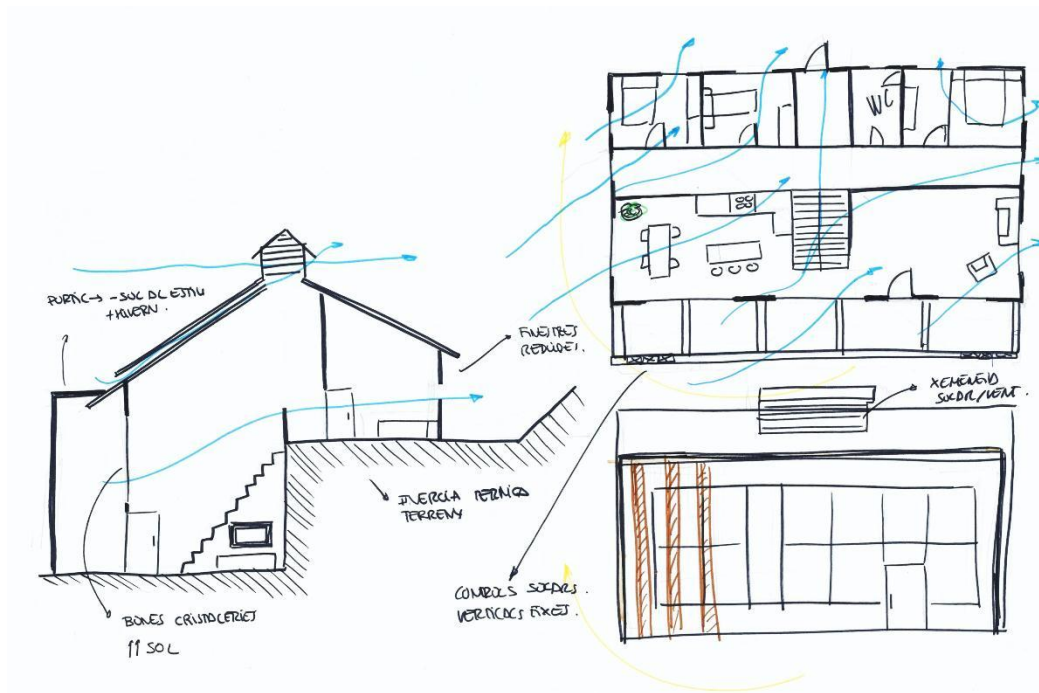
EDIFICI 1: Planta rodona amb coberta cònica i aspirador estatic.



EDIFICI 2: Planta molt diàfana amb pati interior i coberta inclinada.



EDIFICI 3: planta soterrada amb gran superfície d'inèrcia tèrmica.



3.3. Programa utilitzat per la simulació i el modelatge.

DesignBulider Versió 5.0.1.017

DesignBulider és una eina per modelitzar realitzar simulacions energètiques i per optimitzar l'eficiència de l'edifici. Utilitza un motor de càlcul utilitza Energy Plus que és un dels més reconeguts i utilitzats a nivell internacional i que té l'avantatge de permetre més d'un sistema per zona. Et permet realitzar simulacions estàtiques i dinàmiques del comportament tèrmic de l'edifici i simulacions CFD entre d'altres.

3.4. Modelatge:

Per el Modelatge amb el programa DesignBulider s'ha utilitzat la plantilla de el codi tècnic d'edificació, CTE - HE 2013, la qual ens estableix una sèrie de paràmetres tal com l'activitat, confort, il·luminació, taxes metabòliques etc. Com aquest projecte està seguit un criteri més restrictiu de cases passives, la plantilla s'ha utilitzat com a base per poder fer les modificacions que siguin necessàries.

3.4.1. Activitat:

Pel modelatge de la casa s'ha tingut que especificar la funció d'aquesta segons l'activitat que es realitza a dins de cada estança. Al ser una casa residencial a Barcelona s'ha utilitzat els paràmetres d'una casa residencial segons el codi tècnic d'edificació, CTE, amb plantilla climàtiques HE 2013.

S'hi destaquen diferents zones segons l'activitat, ja que per cada estança es necessiten unes condicions de confort. Però com a general les consignes són les següents:

- Densitat d'ocupació : 0,03 pers/m²
- Taxa metabòlica: 1 Home / 0,85 Dona / 0,75 Nens
- Taxa de generació de CO₂ 3,8·10⁻⁸
- Consignes de temperatura de calefacció: 20 i 17 °C (segons el CTE)
- Consignes de temperatura de refrigeració: 25 i 27 °C(segons el CTE)
- Consigna de temperatura per ventilació natural: Segons la programació
- Guanys per equips i il·luminació de 1,85 W/m² amb una programació interna del CTE.
- S'ha establert una renovació mínima de 0.3 ren/h

| Plantilla de Actividad | |
|---|---------------------------------------|
| Plantilla | Residencial CTE |
| Sector | Residential spaces |
| Multiplicador de zona | 1 |
| <input checked="" type="checkbox"/> Incluir zona en cálculos térmicos | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Incluir zona en cálculos de luz diurna con Radiance | |
| Áreas de Suelo y Volúmenes | |
| Área de suelo ocupado (m ²) | 138,8 |
| Volumen ocupado (m ³) | 698,0 |
| Área de suelo desocupado (m ²) | 0,0 |
| Volumen desocupado (m ³) | 0,0 |
| Ocupación | |
| Densidad (personas/m ²) | 0,0300 |
| Programación | Residencial CTE Ocupación |
| Fracción latente | 0,39 |
| Condiciones Metabólicas | |
| Actividad | Tasa metabólica Residencial CTE |
| Factor (Hombre=1.00, Mujer=0.85, Niño=0.75) | 1,00 |
| Tasa de generación de CO ₂ (m ³ /s·W) | 0,0000000382 |
| Vestimenta | |
| Generación de Contaminante Genérico | |
| Días Festivos | |
| ACS | |
| Control Ambiental | |
| Consignas de Temperatura para Calefacción | |
| Calefacción (°C) | 20,0 |
| Consigna secundaria (°C) | 17,0 |
| Consignas de Temperatura para Refrigeración | |
| Refrigeración (°C) | 25,0 |
| Consigna secundaria (°C) | 27,0 |
| Consignas de Temperatura para Ventilación | |
| Ventilación Natural | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Temperatura interior mínima | |
| Especificación de temperatura mínima | 2-Mediante programación |
| Programación de temperatura mínima | RESIDENCIAL-PROPIO |
| <input checked="" type="checkbox"/> Temperatura interior máxima | |
| Especificación de temperatura máxima | 1-Mediante valor |
| Temperatura máxima (°C) | 29,0 |
| Ventilación Mecánica | |
| Temperatura mínima (°C) | 30,0 |
| Delta T (°C) | -50,0 |
| Aire Exterior Mínimo | |
| Iluminación | |
| Computadoras | |
| Equipos de oficina | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Activar | |
| Ganancia (W/m ²) | 1,85 |
| Programación | Residencial CTE Equipos e Iluminación |
| Fracción radiante | 0,200 |
| Misceláneos | |
| Cocina | |
| Procesos | |

La programació de la ventilació natural es pròpia ja que en la plantilla de CTE era massa simple. La ventilació natural s'activa a l'estiu per la nit fins la matinada. A l'hivern s'activa a les hores on la temperatura de l'aire exterior és més alta i a la primavera i a la tardor a mig mati, quan hi ha un la temperatura de confort. Els horaris durant tot l'any estan especificats en la taula següent:

| Categoría | <General> | | | | | | |
|---|---------------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|---------------|
| Región | General | | | | | | |
| Tipo de programación | 1-Programación 7/12 | | | | | | |
| Días de diseño | | | | | | | |
| Método de definición del día de diseño | 2-Perfiles | | | | | | |
| Perfil del día de diseño de calefacción | Off | | | | | | |
| Perfil del día de diseño de refrigeración | On | | | | | | |
| Perfiles | | | | | | | |
| Mes | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo |
| Ene | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 |
| Feb | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 |
| Mar | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 |
| Abr | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 |
| May | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 |
| Jun | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 | 10:30 - 12:30 |
| Jul | 22:00-7:00 | 22:00-7:00 | 22:00-7:00 | 22:00-7:00 | 22:00-7:00 | 22:00-7:00 | 22:00-7:00 |
| Ago | 22:00-7:00 | 22:00-7:00 | 22:00-7:00 | 22:00-7:00 | 22:00-7:00 | 22:00-7:00 | 22:00-7:00 |
| Sep | 22:00-7:00 | 22:00-7:00 | 22:00-7:00 | 22:00-7:00 | 22:00-7:00 | 22:00-7:00 | 22:00-7:00 |
| Oct | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 |
| Nov | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 |
| Dic | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 | 13:30-15 |

Il·lustració 52: Programa de funcionament de la ventilació natural.

3.4.2. Tancaments:

L'evolvent exterior de la casa s'han procurat fer amb aïllants més ecològics que els utilitzats habitualment, s'ha intentat no utilitzar espuma de poliuretà extruït per l'aïllament i substituir-ho per cel·lulosa reciclada.

Murs exteriors:

Començant per la capa mes a l'exterior tenim: 150 mm maó, 12 mm cavitat d'aire ventilat, 200 mm de cel·lulosa, 50 mm de maó i 13mm de guix en la capa interior. En total els murs exteriors son de 425mm amb una transmitància tèrmica de 0,177 W/m²K.



II-lustració 53: Mur de les parts exteriors.

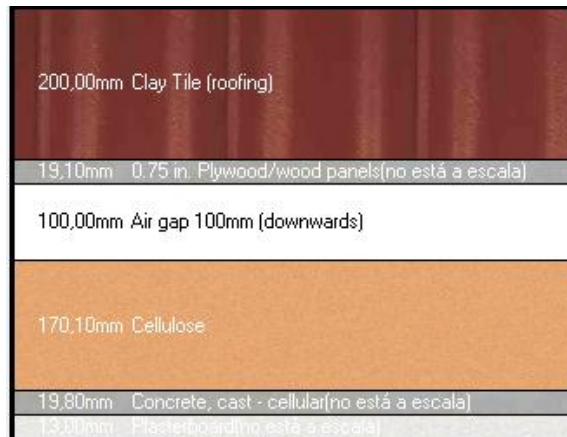
| | |
|--|--------------|
| Superficie interior | |
| Coeficiente de transferencia de calor por convección (W/m ² -K) | 2,152 |
| Coeficiente de transferencia de calor por radiación (W/m ² -K) | 5,540 |
| Resistencia superficial (m ² -K/W) | 0,130 |
| Superficie exterior | |
| Coeficiente de transferencia de calor por convección (W/m ² -K) | 11,537 |
| Coeficiente de transferencia de calor por radiación (W/m ² -K) | 5,130 |
| Resistencia superficial (m ² -K/W) | 0,060 |
| Sin Puentes Térmicos | |
| Valor U de superficie a superficie (W/m ² -K) | 0,183 |
| Valor R (m ² -K/W) | 5,641 |
| Valor U (W/m²-K) | 0,177 |
| Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946) | |
| Espesor (m) | 0,4250 |
| Km - Capacidad térmica interna (KJ/m ² -K) | 83,4527 |
| Límite superior de resistencia (m ² -K/W) | 5,641 |
| Límite inferior de resistencia (m ² -K/W) | 5,641 |
| Valor U de superficie a superficie (W/m ² -K) | 0,183 |
| Valor R (m ² -K/W) | 5,641 |
| Valor U (W/m²-K) | 0,177 |

II-lustració 54: Característiques tèrmiques del tancament utilitzat.

Coberta inclinada:

Per la coberta s'ha ficat un dels sistemes de refrigeració que s'ha mencionat anteriorment, la coberta ventilada. Per crear una plantilla en el programa de simulació s'ha intercalat entre les teules i l'aïllament una càmera ventilada de 100 mm de gruix. Per no perdre l'efecte aïllant de la teulada s'ha necessitat un aïllament de cel·lulosa de 200 mm de gruix.

Així doncs la teulada té un gruix de 522 mm formada per 200 mm de teules de ceràmica, 19 mm de panell de fusta, 100 mm de cambra d'aire, 170 mm de Celulosa, Placa de formigó de 19.8 mm i 13 mm de guix. S'aconsegueix una $U=0,192 \text{ W/m}^2\text{K}$.



Il·lustració 55: Coberta ventilada.

| | |
|--|---------------|
| Superfície interior | |
| Coeficiente de transferencia de calor por convección (W/m ² -K) | 4,460 |
| Coeficiente de transferencia de calor por radiación (W/m ² -K) | 5,540 |
| Resistencia superficial (m ² -K/W) | 0,100 |
| Superfície exterior | |
| Coeficiente de transferencia de calor por convección (W/m ² -K) | 11,537 |
| Coeficiente de transferencia de calor por radiación (W/m ² -K) | 5,130 |
| Resistencia superficial (m ² -K/W) | 0,060 |
| Sin Puentes Térmicos | |
| Valor U de superficie a superficie (W/m ² -K) | 0,198 |
| Valor R (m ² -K/W) | 5,199 |
| Valor U (W/m²-K) | 0,192 |
| Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946) | |
| Espesor (m) | 0,5220 |
| Km - Capacidad térmica interna (KJ/m ² -K) | 45,0523 |
| Límite superior de resistencia (m ² -K/W) | 5,199 |
| Límite inferior de resistencia (m ² -K/W) | 5,199 |
| Valor U de superficie a superficie (W/m ² -K) | 0,198 |
| Valor R (m ² -K/W) | 5,199 |
| Valor U (W/m²-K) | 0,192 |

Il·lustració 56:Característiques tèrmiques del tancament utilitzat.

Solera:

Pel tancament inferior de l'habitatge s'ha utilitzat un gruix de 473.5mm per aconseguir un aïllament de 0,199 W/m²K de transmitància tèrmica. Està constituïda per: 30 mm de terra de fusta, 70 mm de formigó, 173,5 de cel·lulosa i 200 mm de formigó.



Il·lustració 57: Solera

| | |
|--|--------------|
| Superfície interior | |
| Coeficiente de transferencia de calor por convección (W/m ² ·K) | 0,342 |
| Coeficiente de transferencia de calor por radiación (W/m ² ·K) | 5,540 |
| Resistencia superficial (m ² ·K/W) | 0,170 |
| Superfície exterior | |
| Coeficiente de transferencia de calor por convección (W/m ² ·K) | 11,537 |
| Coeficiente de transferencia de calor por radiación (W/m ² ·K) | 5,130 |
| Resistencia superficial (m ² ·K/W) | 0,060 |
| Sin Puentes Térmicos | |
| Valor U de superficie a superficie (W/m ² ·K) | 0,209 |
| Valor R (m ² ·K/W) | 5,021 |
| Valor U (W/m²·K) | 0,199 |
| Con puentes térmicos (BS EN ISO 6946) | |
| Espesor (m) | 0,4735 |
| Km - Capacidad térmica interna (KJ/m ² ·K) | 163,4000 |
| Límite superior de resistencia (m ² ·K/W) | 5,021 |
| Límite inferior de resistencia (m ² ·K/W) | 5,021 |
| Valor U de superficie a superficie (W/m ² ·K) | 0,209 |
| Valor R (m ² ·K/W) | 5,021 |
| Valor U (W/m²·K) | 0,199 |

Il·lustració 58: Característiques tèrmiques del tancament utilitzat.

3.4.3. Obertures:

Les obertures de les cases passives com hem dit han de ser d'una alta fusteria, han de ser molt aïllants i hermètics per prevenir les infiltracions d'aire i els ponts tèrmics. Per això s'han utilitzat finestres de triple vidre amb dues càmeres d'aire de 12mm intercalades per aconseguir una Valor U= 0.975 W/m²K

| | |
|--|---------------------------|
| Fuente | EnergyPlus dataset |
| Categoría | Triple |
| Región | General |
| Método de definición | |
| Método de definición | 1-Material layers |
| Capas | |
| Número de capas | 3 |
| Vidrio exterior | |
| <input type="checkbox"/> Tipo de hoja | Generic LoE CLEAR 6MM |
| <input type="checkbox"/> Voltear capa | |
| Gas de ventana 1 | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Tipo de gas de ventana | AIR 13MM |
| Vidrio 2 | |
| <input type="checkbox"/> Tipo de hoja | Generic CLEAR 6MM |
| <input type="checkbox"/> Voltear capa | |
| Gas de ventana 2 | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Tipo de gas de ventana | AIR 13MM |
| Vidrio interior | |
| <input type="checkbox"/> Tipo de hoja | Generic LoE CLEAR 3MM Rev |
| <input type="checkbox"/> Voltear capa | |

| Valores Calculados | |
|---|--------------|
| Transmisión solar total (SHGC) | 0,444 |
| Transmisión solar directa | 0,314 |
| Transmisión de luz | 0,641 |
| Valor-U (ISO 10292/ EN 673) (W/m ² -K) | 0,987 |
| Valor U (ISO 15099 / NFRC) (W/m²-K) | 0,975 |

Il·lustració 59:Característiques tèrmiques de les finestres.

El Valor U es determina mitjançant el càlcul del balanç de calor sobre les capes de vidre, d'acord a les següents condicions estàndard d'hivern (ASHRAE):

- Temperatura de l'aire interior= 20C°
- Temperatura de l'aire exterior= - 18C°
- Velocitat del vent 5.5 m/s (123 mph)
- Conductància de la capa d'aire exterior= 26 W/m2K
- Conductància de la capa d'aire interior calculada per EnergyPlus

Sense radiació solar

La "Transmissió solar total" (SHGC, Coeficient de Guany de Calor solar) és la fracció de la radiació solar incident que penetra en l'espai. Això inclou la radiació solar transmesa i el flux de calor cap a l'interior a causa de la radiació solar absorbida pel vidre. El SHGC s'aplica només al centre de la zona vidriada d'una finestra i no inclou l'efecte de la radiació solar absorbida pel marc.

El SHGC es calcula per a les següents condicions d'estiu estàndard :

- Temperatura de l'aire interior =24C°
- Temperatura de l'aire exterior =32C°
- Velocitat del vent=2,8 m s (6.2 mph)
- Radiació solar incident perpendicular al vidre 783 W/m2

La IGDB es una base de dades mundial que conté informació espectral detallada de al voltant de 5000 vidres de marques reals. Està versió de DesignBuilder inclou la versió IGDB 46

3.4.4. HVAC: Sistema de calefacció, ventilació i aire condicionat (Heating/Ventilating/Air Conditioning).

Per complementar la part energètica passiva amb sistemes actius, la plantilla del CTE ens ve predeterminada una ventilació mecànica amb 0,3 ren/h, calefacció de gas natural amb un rendiment COP de 0,920 i una refrigeració elèctrica de COP =2.

La programació de la refrigeració

El disseny passiu de la casa hauria d'aconseguir una reduïda aportació energètica d'aquets elements actius. Per un certificat Passivhaus la demanda anual màxima per calefacció i refrigeració és de de només 15 kWh/m²any

Ventilació Mecànica:

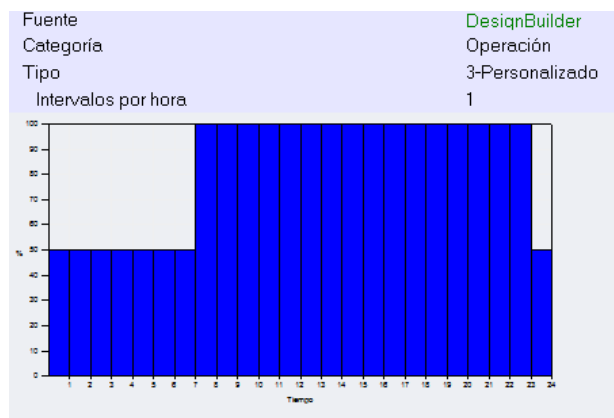
S'ha exclòs de la simulació per donar peu a l'eficiència de la ventilació natrual.

Calefacció:

La Programació de la Calefacció es de la plantilla CTE, que està en funcionament D'es de Octubre fins al Maig.

| Nombre Residencial CTE Calefacció | | | | | | | |
|---|------------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|---------------------|
| Descripción | Conforme CTE | | | | | | |
| Fuente | www.ecoeficiente.es | | | | | | |
| Categoría | Espacios Residenciales | | | | | | |
| Región | SPAIN | | | | | | |
| Tipo de programación | 1-Programación 7/12 | | | | | | |
| Días de diseño | | | | | | | |
| Método de definición del día de diseño | 2-Perfiles | | | | | | |
| Perfil del día de diseño de calefacción | Calefacción CTE Perfil | | | | | | |
| Perfil del día de diseño de refrigeración | Off | | | | | | |
| Perfiles | | | | | | | |
| Mes | Lunes | Martes | Miércoles | Jueves | Viernes | Sábado | Domingo |
| Ene | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... |
| Feb | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... |
| Mar | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... |
| Abr | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... |
| May | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... |
| Jun | Off | Off | Off | Off | Off | Off | Off |
| Jul | Off | Off | Off | Off | Off | Off | Off |
| Ago | Off | Off | Off | Off | Off | Off | Off |
| Sep | Off | Off | Off | Off | Off | Off | Off |
| Oct | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... |
| Nov | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... |
| Dic | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... | Calefacción CTE ... |

Il·lustració 60: Programacó d'activació de la Calefacció segons el CTE



Il·lustració 61: Perfil horari per calefacció per una Residencia CTE

Ventilació natural:

Per les consignes de ventilació natural com ja hem dit, s'ha determinat una programació. Per altre banda s'ha especificat que s'obriran un 40% de l'àrea de finestra les 24 h (menys les que siguin fixes), per poder simular més simplement l'efectivitat de la ventilació natural.

Refrigeració:

El sistema només estarà en marxa els tres mesos d'estiu entre les 13:30 i les 15:00

| | |
|---|--------------------------------------|
| Plantilla HVAC | |
| Plantilla | Residencial CTE |
| Ventilación Mecánica | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Activar | |
| Método de definición del aire exterior | 1- Por zona |
| Aire exterior (renov/h) | 0,3 |
| Funcionamiento | |
| Programación | Residencial CTE Ventilación Mecánica |
| Calefacción | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Activar | |
| Combustible | 2- Gas natural |
| CoP estacional del sistema de calefacción | 0,920 |
| Tipo | |
| Funcionamiento | |
| Programación | Residencial CTE Calefacción |
| Refrigeración | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Activar | |
| Sistema de refrigeración | Default |
| Combustible | 1- Electricidad |
| CoP estacional del sistema de refrigeración | 2,000 |
| Condiciones del Aire de Impulsión | |
| Funcionamiento | |
| Programación | RESIDENCIAL-PROPIO |
| ACS | |
| <input type="checkbox"/> Activar | |
| Ventilación natural | |
| <input checked="" type="checkbox"/> Activar | |
| Método de definición del aire exterior | 1- Por zona |
| Aire exterior (renov/h) | 3,000 |
| Funcionamiento | |
| Programación | VENTILACION-NATURAL-PROPIA |

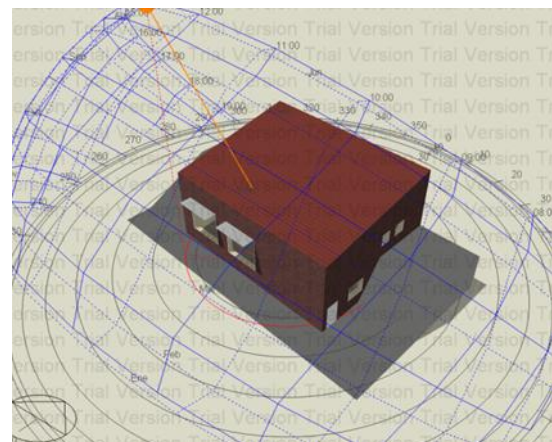
3.5. EDIFICI:3

Característiques generals:

- Àrea de sòl ocupat: 138,8 m²
- Volum ocupat: 698,0 m³
- Orientació :350º, Direcció Sud-Est

Punts forts de Disseny:

- Coberta ventilada, per evitar guanys solars a l'estiu.
- Planta baixa soterrada, permet una alta inèrcia tèrmica del terreny així com molt aïllament i estabilitat de confort, ja que esta soterrada en direcció nord



- Com ja hem dit abans, tenim molt poca superfície descoberta al nord i per tant menús pèrdues d'energia per ponts tèrmics.
- Voladís en la façana sud per esmorteir els pics de guany tèrmic a l'estiu.
- Coberta inclinada (uns 14 % d'inclinació) que facilita la distribució de calor a la casa: a l'hivern permet que les estances ubicades al nord s'escalfin per l'energia solar de la façana sud, i a l'estiu permet que guany de calor flueixi a la zona freda.
- Bastant compacte ja que es de planta rectangular

Per més informació consultat plànols als annexes.

3.6. CONDICIONS INICIALS DE LA SIMULACIÓ:

Les base de dades climàtiques del programa DesignBuilder no disposava de les dades climàtiques de Manresa, tal i com es volia fer al principi, així doncs la casa està situada segons les bases de dades disponibles. En aquest cas s'ha triat la ubicació a Barcelona (Latitud 41,28 i una Longitud 2,07) en la zona climàtica 3C i amb una elevació del nivell del mar de 6 m.

| | |
|---------------------------------------|----------------------------|
| Plantilla de Sitio | |
| Plantilla | BARCELONA/AEROPUERT |
| Ubicación | |
| Latitud (°) | 41,28 |
| Longitud (°) | 2,07 |
| Zona climàtica ASHRAE | 3C |
| Detalles del Sitio | |
| Elevación sobre el nivel del mar (m) | 6,0 |
| Nivel de exposición al viento | 1-Resguardado |
| Orientación (°) | 0 |
| Terreno | >> |
| Cielo | >> |
| Horizonte | >> |
| Temperaturas del Agua de la Red | >> |
| Precipitación | >> |
| Irrigación de Cubiertas Verdes | >> |
| CO2 y Contaminantes del Aire Exterior | >> |

1.1. CONDICIONS CLIMATOLÒGIQUES:

S'ha agafat la zona horària corresponent (GMT+01:00) amb horari d'estiu per fer la simulació i Dilluns com dia d'inici de la setmana.

Les dades climàtiques per la calefacció són:

- S'han agafat amb un nivell percentil de 99.6% (es a dir 0.4% o un 1% de possibilitats de que esdevinguin condicions climàtiques extremes)
- La temperatura exterior del bulb sec mínima és de 1,2 °C
- La velocitat del vent es de 11.1m/s
- Direcció del vent coincident es de 90°C (direcció de ponent) la més habitual a Catalunya

Les condicions climàtiques per la refrigeració són:

- S'han agafat amb un nivell percentil de 99.6
- La temperatura màxima del bulb sec és de 30,2 °C
- La temperatura coincident del bulb humit es de 23,6°C
- La temperatura mínima del bulb sec es de 22,7°C
-

Hora y Horario de Verano
 Zona horaria (GMT+01:00) Amsterdam, Berlin, Bern, Rome, Stockholm, Vienna
 Aplicar horario de verano
 Inicio del Invierno Oct
 Final del Invierno Mar
 Inicio del verano Apr
 Final del verano Sep

Datos Climáticos para Simulación
 Datos climáticos horarios ESP_BARCELONA_IWEC
 Día de la semana para inicio 2-Lunes

Datos Climáticos para Diseño de Calefacción
 Calefacción con nivel percentil de 99.6%
 Temperatura exterior de BS mínima (°C) 1.2
 Velocidad del viento coincidente (m/s) 11.1
 Dirección del viento coincidente (°) 90.0
 Calefacción con nivel percentil de 99.0%

Datos Climáticos para Diseño de Refrigeración
 Modificadores de Rangos de Temperatura
 Datos de Viento
 Período de la Temperatura de Diseño
 Período de la temperatura de diseño 1-Mes de diseño único
 Temperaturas de Diseño Anuales
 0.4% temperatura de bulbo seco de diseño de refrigeración
 Temperatura máxima de bulbo seco (°C) 30.2
 Temperatura coincidente de bulbo húmedo (°C) 23.6
 Temperatura mínima de bulbo seco (°C) 22.7
 1.0% temperatura de bulbo seco de diseño de refrigeración
 2.0% temperatura de bulbo seco de diseño de refrigeración
 0.4% temperatura de bulbo húmedo de diseño de refrigeración
 1.0% temperatura de bulbo húmedo de diseño de refrigeración
 2.0% temperatura de bulbo húmedo de diseño de refrigeración

3.7. RESULTATS DE LA SIMULACIÓ DE L'EDIFICI 3.

3.7.1. Càlcul de la Calefacció :

Aquesta simulació per disseny de calefacció es treballa amb un nivell percentil de 99.6%, per tant estem simulant en unes condicions climàtiques extremes dins de les dades climatològiques de Barcelona.

Opcions de càlcul

- Per la simulació de la Calefacció s'ha exclòs la ventilació natural a totes les zones (les infiltracions sempre s'inclouen),i la ventilació mecànica.
- S'ha donat un coeficient de seguretat de 1,25

Resultats:

Com veiem en la gràfica de Balanç Tèrmic l'energia necessària que s'ha d'aportar per les pèrdues de murs (7.45 W/m^2), obertures (-3.5 W/m^2), solera (-0.14 W/m^2) i coberta (-4.66 W/m^2) és de $15,78 \text{ W/m}^2$ de potencia en hora punta. Aquesta potencia es la necessària per obtenir una temperatura Operativa de $19.18 \text{ }^\circ\text{C}$

Si extrapoléssim aquest resultat per quantificar el consum d'energia en tot l'any, ens donaria un consum més elevat, ja que estem simulant en unes condicions extremes, per fer-nos una idea el consum seria de:

$$15,78 \frac{W}{m^2} = 15,78 \frac{J}{s \cdot m^2} \cdot \frac{3600s}{1h} \cdot \frac{8h}{1dia} \cdot \frac{30 dies}{1mes} \cdot \frac{4 mesos}{1any} \cdot \frac{1 KJ}{1000 J} \cdot \frac{1KWh}{3600 kJ} = 15.14 kWh/m^2 any$$

EnergyPlus Resultados

Temperaturas y Pérdidas de Calor

Evaluación



| | |
|-----------------------------|-------|
| Temperatura del Aire (°C) | 20,00 |
| Temperatura Radiante (°C) | 18,35 |
| Temperatura Operativa (°C) | 19,18 |
| Temperatura Ext. BS (°C) | 1,20 |
| Acrilamiento (W/m²) | -3,50 |
| Muros (W/m²) | -7,45 |
| Suelos S.T. (W/m²) | -0,14 |
| Particiones (W/m²) | 0,00 |
| Cubiertas (W/m²) | -4,66 |
| Calef. Sens. de Zona (W/m²) | 15,76 |

Il·lustració 62: Disseny de Calefacció. Gràfica de temperatures a l'extrem superior i a sota de Balanç tèrmic.

3.7.2. Càlcul de la Refrigeració :

Opcions de càlcul

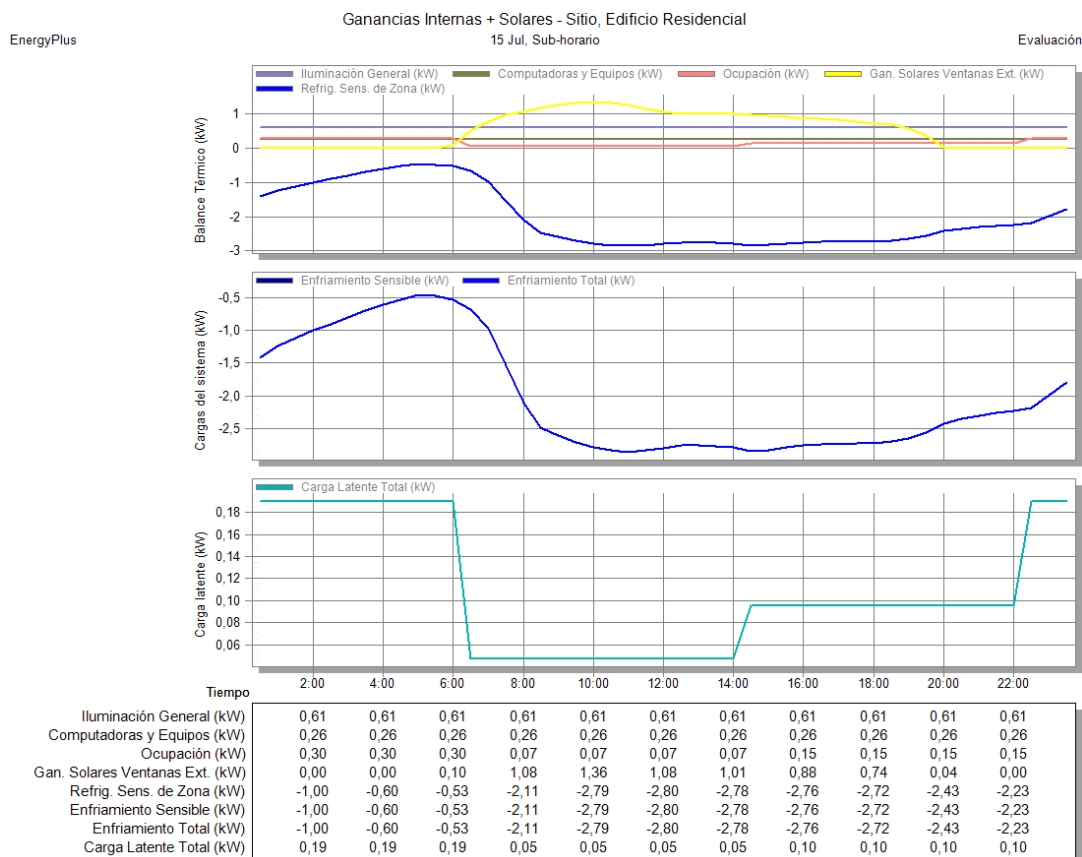
- Per la simulació de la Refrigeració s'ha exclòs la ventilació mecànica en totes les zones (les infiltracions sempre s'inclouen).
- S'ha donat un coeficient de seguretat de 1,15
- La simulació es realitza el 15 de Juny, en unes condicions climatològiques típiques d'una dia d'estiu.

Resultats

Aquesta simulació a diferència de l'anterior de calefacció és una simulació dinàmica en que ens dona el detall d'un dia sencer per hores. Observem a les gràfiques els comportament dels elements actius i passius: La ventilació natural aporta un guany negatiu durant la nit (ventilació natural nocturna) i matinalda i es solapa amb l'aportació negativa del sòl (recordem que aquesta casa té una superfície de contacte molt gran amb el terra, i per tant molta inèrcia tèrmica) que ha guanyat durant la nit.

Anualment això equivaldria a una potencia consumida màxima de:

$$2,8kW = 2,8 \frac{kJ}{S} \cdot \frac{3600s}{1h} \cdot \frac{8h}{1dia} \cdot \frac{30 dies}{1mes} \cdot \frac{4 mesos}{1any} \cdot \frac{1}{138,8m^2} \cdot \frac{1KWh}{3600 kJ} = 19,36 \frac{kWh}{m^2} anys$$

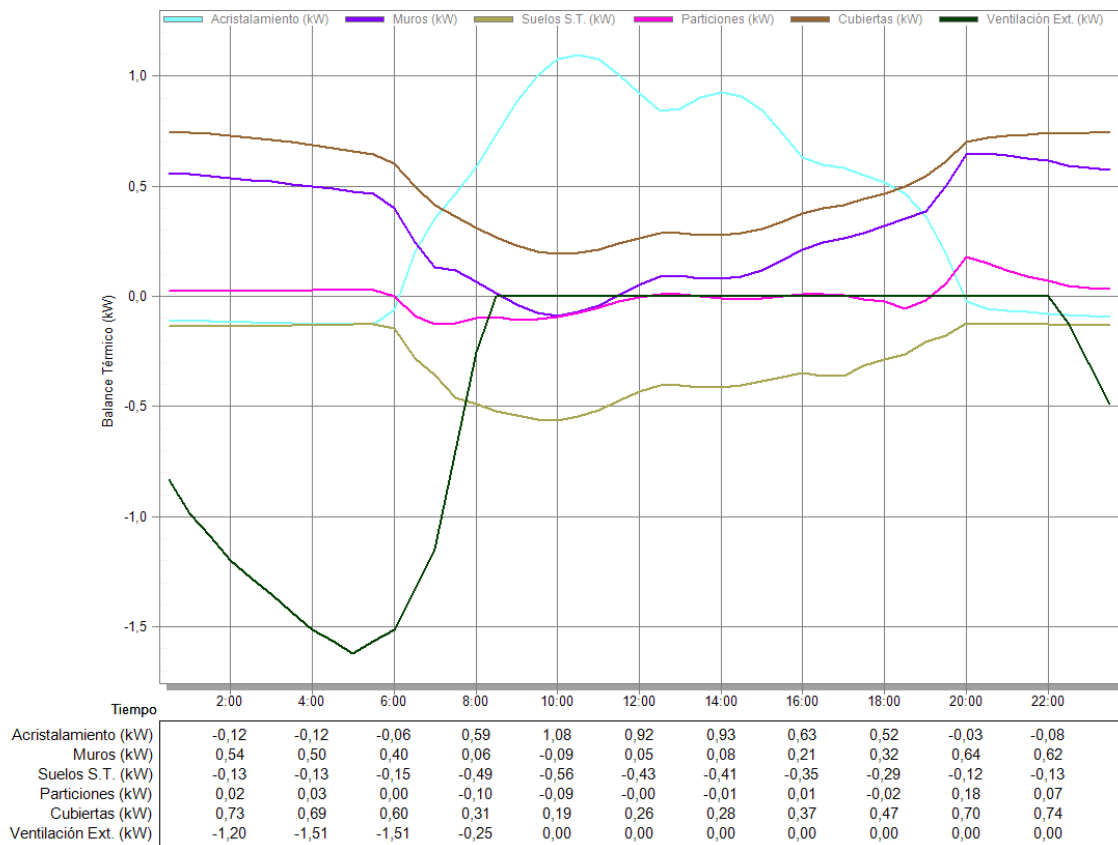


Il·lustració 63:Guanyos interns i solars

EnergyPlus

Elementos constructivos y Ventilación - Sitio, Edificio Residencial
15 Jul, Sub-horario

Evaluación



Il·lustració 64: Guany per elements constructius i ventilació

3.7.3. Simulació anual :

Aquesta simulació dinàmica ens permet fer un càlcul més acurat respecte les dues anteriors ja que agafa les dades climàtiques de Barcelona durant tot un any i ens fa la mitjana. Observem doncs que durant tot l'any es necessitaran **9.586 kWh/m²any** per la calefacció i **5,75 kWh/m²anys** per la refrigeració. Una dada a tenir en compte es que l'únic component que ens proporció guany en comptes de pèrdues en la suma de tot un any són les obertures. Es poden observar més detalladament en les gràfiques de l'annex.

Si comparem les dades obtingudes en les dues simulacions anteriors tindrem:

CALEFACCIÓ: 15.14 kWh/m² any → **9.586 kWh/m²any**

REFRIGERACIÓ: 19,36 $\frac{kWh}{m^2}$ anys → **5,75 kWh/m²any**

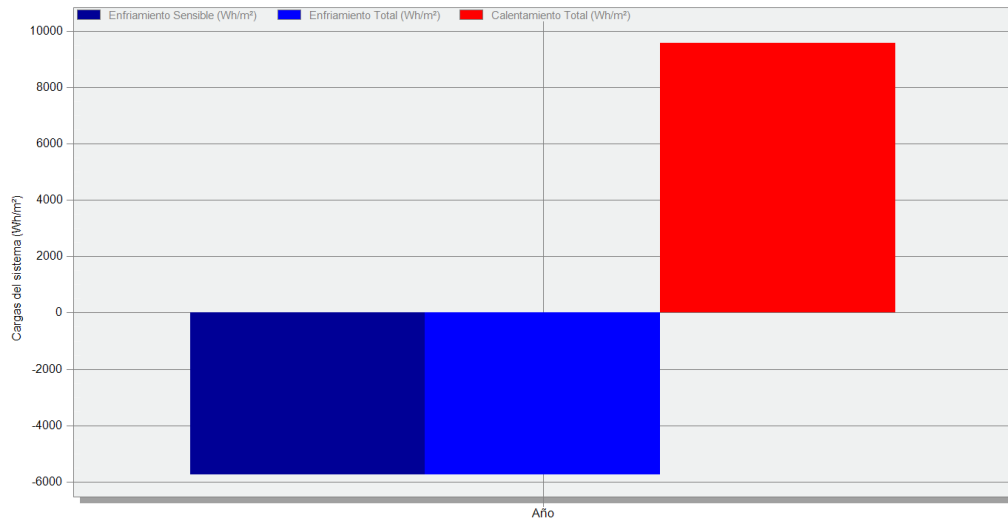
La gran diferencia de refrigeració és degut en gran part a la programació del sistema, ja que en tot l'any només està actiu els tres mesos més calorosos d'estiu.



EnergyPlus

- Sitio, Edificio Residencial
1 Ene - 31 Dic, Anual

Evaluación



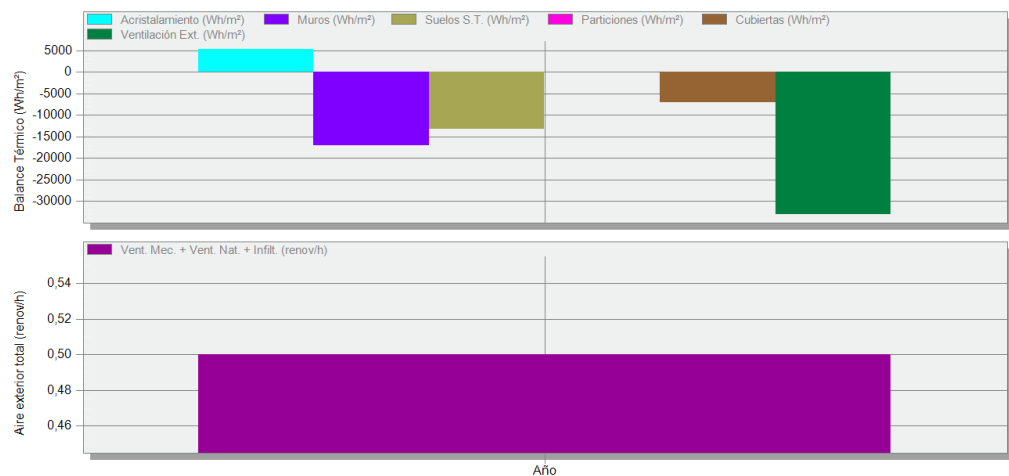
| | |
|-------------------------------|----------|
| Enfriamiento Sensible (Wh/m²) | -5750,09 |
| Enfriamiento Total (Wh/m²) | -5751,24 |
| Calentamiento Total (Wh/m²) | 9586,22 |

Il·lustració 65: Cargues del Sistema

EnergyPlus

Elementos constructivos y Ventilación - Sitio, Edificio Residencial
1 Ene - 31 Dic, Anual

Evaluación



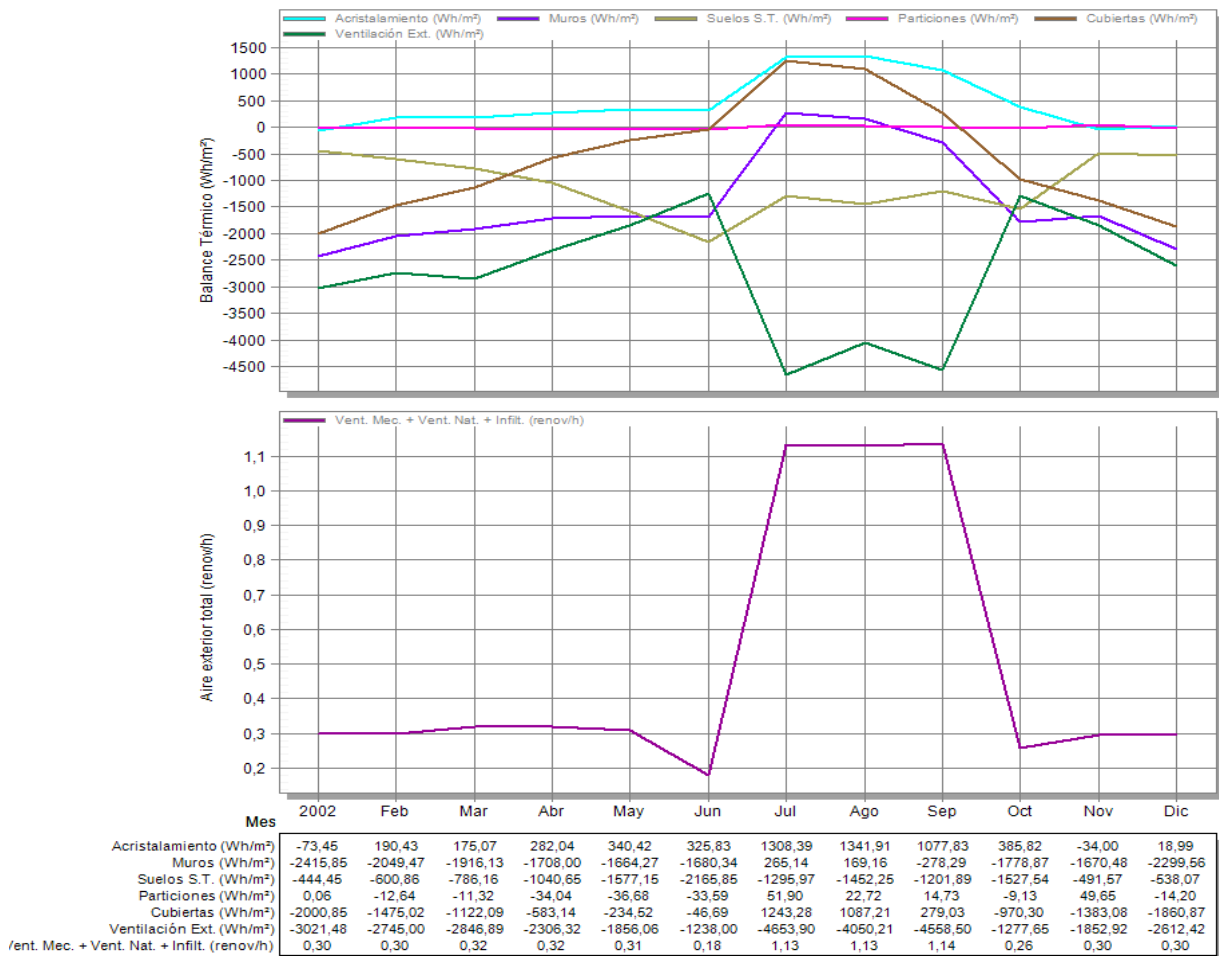
| | |
|--|-----------|
| Acristalamiento (Wh/m²) | 5339,29 |
| Muros (Wh/m²) | -17026,95 |
| Suelos S.T. (Wh/m²) | -13122,40 |
| Particiones (Wh/m²) | -12,55 |
| Cubiertas (Wh/m²) | -7067,04 |
| Ventilación Ext. (Wh/m²) | -33019,36 |
| Vent. Mec. + Vent. Nat. + Infiltr. (renov/h) | 0,50 |

Il·lustració 66: Tencaments i ventilació

EnergyPlus

Elementos constructivos y Ventilación - Sitio, Edificio Residencial
1 Ene - 31 Dic, Mensual

Evaluación



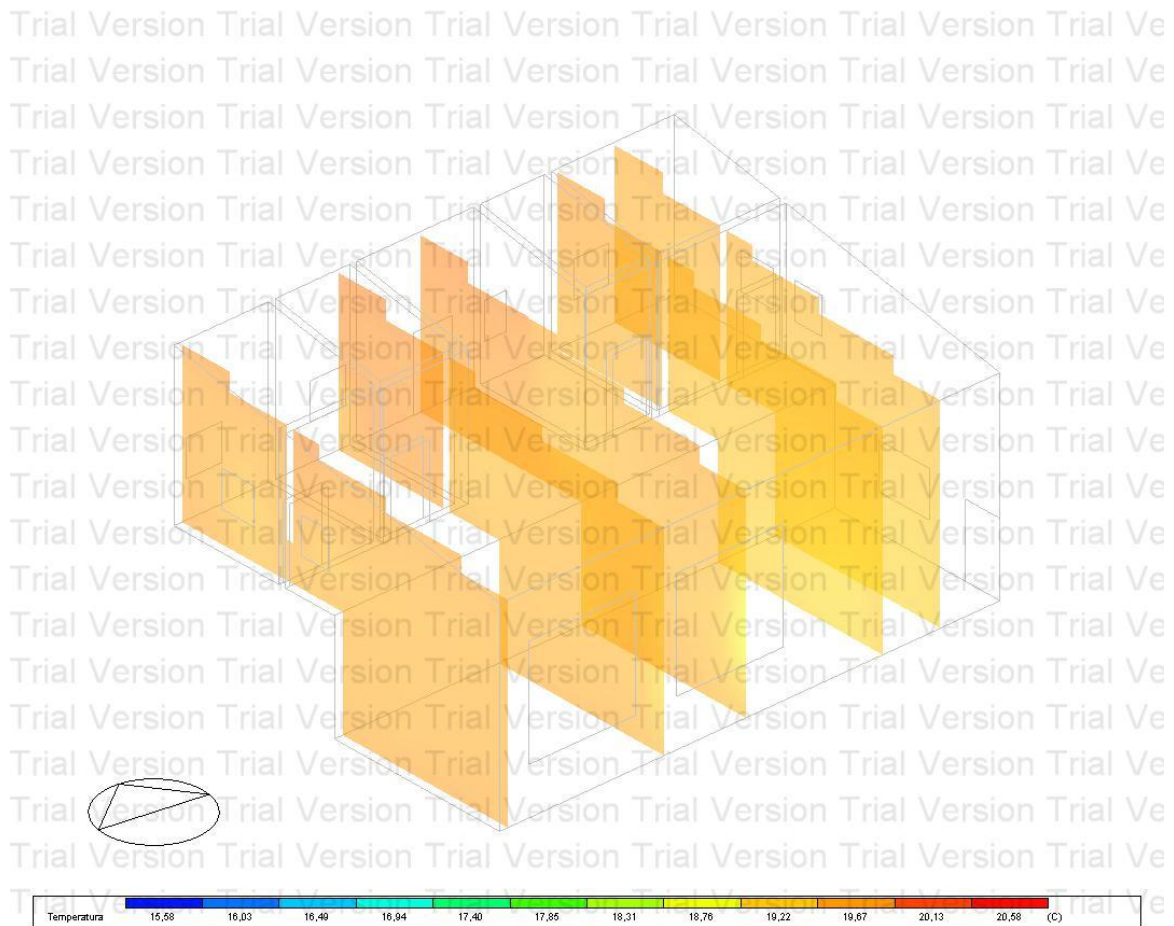
Il·lustració 67: Tancaments i ventilació. Simulació mensual de tot un any

3.7.4. Simulació de la ventilació natural.

S'han disposat les obertures de tal manera que teòricament la ventilació natural creuada sigui la més eficient. Per poder comprovar aquest estudi teòric amb una mica més de profunditat, s'ha simulat amb el CFD del mateix programa DesignBulidier. S'ha agafat una velocitat de 3 m/s.

Contorn de temperatura:

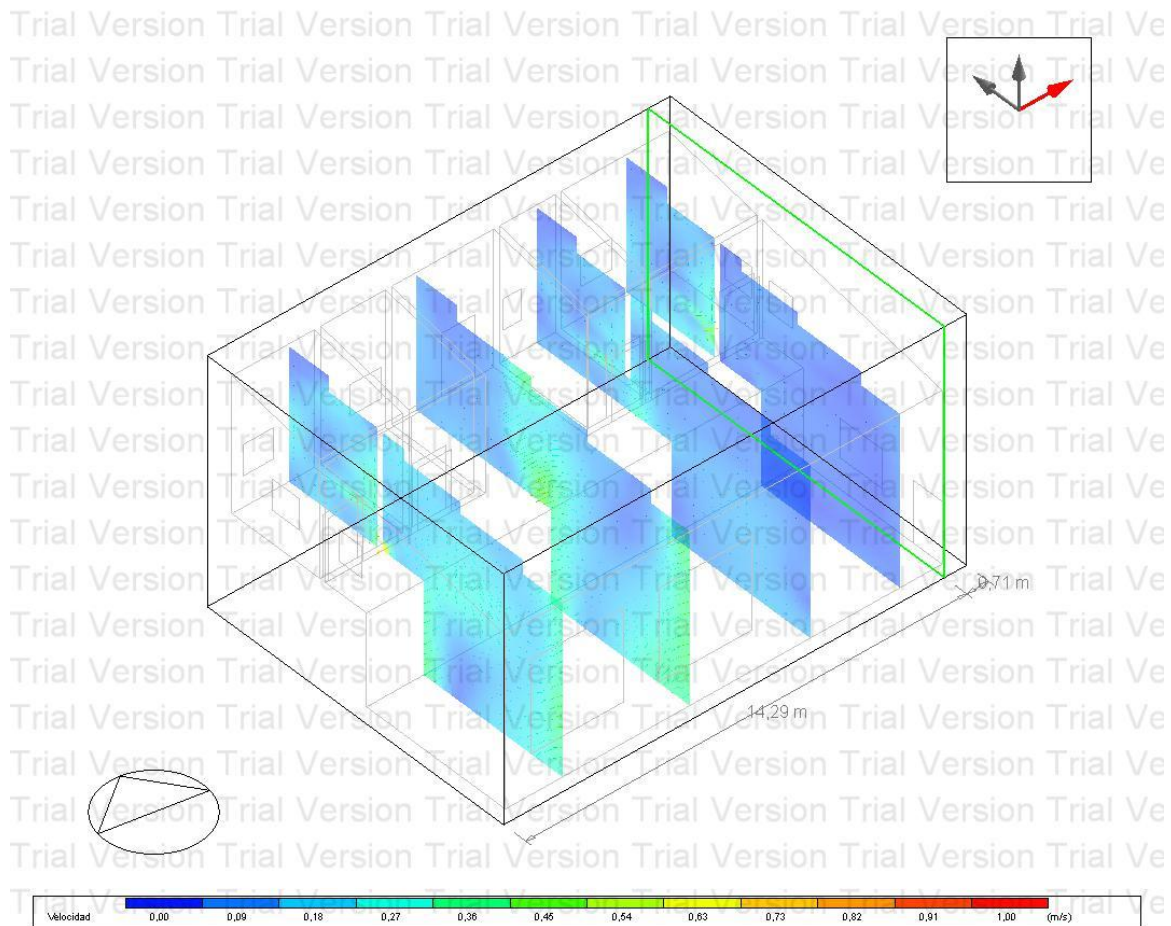
Com veiem a la il·lustració 67 tenim una font de temperatura al sud però gracies a la coberta inclinada la calor es distribueix a la cota màxima de la zona nord. Això ens va bé tan a l'estiu per esmorteir la calor tan a l'hivern per escalfar la part mes freda de la casa.



Il·lustració 68: Simulació CFD de temperatura

Contorn de velocitat:

Com veiem a la il·lustració 68 la velocitat del fluid és màxima a l'entrada i a la sortida de les finestres. També cal destacar la zona central on hi ha les dues finestres oposades de les fatxades exteriors.



Il·lustració 69: Simulació CFD de velocitat del vent

3.8. Comparació del modelatge geomètric de la casa amb tancaments convencionals.

Per poder comparar l'eficàcia que suposa l' inversió de grans tancaments de l'evolvent, tan els opacs com els transparents, s'ha simulat la mateixa construcció el disseny de calefacció, però amb els materials convencionals de la normativa CTE.

Com podem observar a la gràfica el pic de calefacció que hauríem d'aportar de manera activa serà molt gran 47k Wh/m², (15,78 Wh/m²) això és causa de les infiltracions de les obertures (25,28kW/m²) i de les pèrdues dels murs que tenen una alta transmissió tèrmica.

EnergyPlus Resultados

Temperaturas y Pérdidas de Calor

Evaluación



| | |
|-----------------------------|--------|
| Temperatura del Aire (°C) | 20,00 |
| Temperatura Radiante (°C) | 17,81 |
| Temperatura Operativa (°C) | 18,91 |
| Temperatura Ext. BS (°C) | 1,20 |
| Acristalamiento (W/m²) | -5,90 |
| Muros (W/m²) | -12,46 |
| Suelos S.T. (W/m²) | -0,02 |
| Particiones (W/m²) | 0,00 |
| Cubiertas (W/m²) | -3,64 |
| Infiltración Ext. (W/m²) | -25,18 |
| Calef. Sens. de Zona (W/m²) | 47,21 |

Il·lustració 70: Simulació de la calefacció amb tancaments poc aïllants

4. CONCLUSIONS.

Les claus per aconseguir un bon disseny passiu són invertir en un bon aïllament tèrmic (0.15 kWh/m²a), una fusteria de gran qualitat (0.8 kWh/m²a), i un estudi de modelatge per millorar la captació d'energies naturals.

Avui en dia amb els programes computacionals es pot fer un estudi molt acurat de les condicions energètiques d'una edificació: Ventilació creuada, guanys solars, hermeticitat i ponts tèrmics.

En aquest projecte s'ha vist la gran millora d'eficiència energètica que comporta aplicar un estudi com aquest i utilitzant d'aquets sistemes bioclimàtics passius.

Les tendències actuals de sostenibilitat augmenten la possibilitat d' invertir en construccions passives, ja que s'hi s'apliquen els estudis necessaris d'una casa aquesta millorarà de tal manera que podrà consumir la meitat d'energia que les cases convencionals.

5. FUTURES LÍNEAS DE TREBALL

Aquesta investigació és una iniciació a aquest tipus de construccions que pot donar peu a realitzar estudis més complets :

- Utilització de mur Trombe en la façana Sud en climes més freds de muntanya.
- Realitzar un estudi CFD més rigorós
- Simular sistemes de ventilació com aspiradors estàtics i xemeneia solar
- Utilitzar la tècnica Greb en la construcció.

6. BIBLIOGRAFIA.

29 La Qualitat Ambiental Als Edificis.Pdf. (n.d.).

Agenda de la Contrucció Sostenible. (2014). El blower-door test - YouTube. Retrieved September 1, 2016, from <https://www.youtube.com/watch?v=bDkARCCEfUA>

Air Handling Climate. (n.d.). Ventilación de viviendas | Air Handling & Climate. Retrieved July 30, 2016, from <http://www.air-handling.com/es/content/ventilaci%C3%B3n-de-viviendas>

ANIDA. (2013). No te desorientes: te ayudará a ahorrar energía | El blog de Anida. Retrieved from <https://blog.anida.es/no-te-desorientes-te-ayudara-a-ahorrar-energia/>

Camila. (2010). Muro Trombe. Retrieved from <http://es.slideshare.net/cfloresd/muro-trombe-3694723>

Cavanaugh, W. J., & Wilkes, J. A. (1998). *Architectural acoustics : principle and practice*. New York [etc.] : John Wiley. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1148477~S1*cat

Certificados Energeticos. (n.d.). Blower Door: cómo se realiza y aplicación. Retrieved September 1, 2016, from <http://www.certificadosenergeticos.com/blower-door-como-realiza-aplicacion>

Cortizo. (n.d.). Microventilación. Retrieved August 1, 2016, from <https://www.cortizo.com/sistemas/ver/72/microventilacion-cortizo.html>

CTE Arquitectura. (n.d.). ¿Quién sabe hacer el mejor “muro trombe”? | CTE Arquitectura. Retrieved July 25, 2016, from <http://www.ctearquitectura.es/soluciones-sostenibles/materiales/muro-trombe/>

Field Guide for Energy Performance, Comfort and Value in Hawaii Homes Field Guide for Energy Performance, Comfort, and Value in Hawaii Homes Acknowledgments/Credits. (2001).

Generalitat de Catalunya. Departament de Medi Ambient i Habitatge. (2010). Guia de la renovació energètica d'edificis d'habitatges.

Gobierno de España, M. de fomento. (2011). El movimiento del Aire Condicionante de Diseño Arquitectónico.

Gramas. (2011). Arquitectura bioclimática: Control solar | Gramas. Retrieved April 30, 2016, from <https://gramaconsultores.wordpress.com/2011/12/08/arquitectura-bioclimatica-control-solar/>

Gramas. (2012). Ventilación cruzada | Gramas. Retrieved July 15, 2016, from <https://gramaconsultores.wordpress.com/2012/06/25/ventilacion-cruzada/>

Gramas. (2013). Controles Solares y sistemas de sombreado | Gramas. Retrieved July 20, 2016, from <https://gramaconsultores.wordpress.com/2013/10/07/controles-solares-y-sistemas-de-sombreado/>

Gramas. (2014). Sistemas de refrigeración pasiva | Gramas. Retrieved from <https://gramaconsultores.wordpress.com/2014/11/12/sistemas-de-refrigeracion-pasiva/>

Hildebrandt Gruppe. (2015). Características y beneficios de los muros verdes. Retrieved January 7, 2019, from <http://www.hildebrandt.cl/caracteristicas-y-beneficios-de-los-muros-verdes/>

Incovi. (n.d.). Solucions per viure en una casa ecològica: Finestres eficients | IncoviIncovi. Retrieved from <http://incovi.com/solucions-per-viure-en-una-casa-ecologica-finestres-eficients/>

Joima. (n.d.). Canalones de aluminio, remates de chimenea, carpintería metálica, toldos, persianas. Retrieved from <http://www.joima.net/contenido/chimeneas.html>

Lasal del Varador. (n.d.). Arquitectura bioclimática - Lasal del Varador. Retrieved from <http://www.lasalvarador.com/arquitectura-bioclimatica/>

McMullan, R. (2002). *Environmental science in building*. Houndmills : Palgrave. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1205149~S1*cat

Mi Moleskine Arquitectónico. (2009). Mi Moleskine Arquitectónico: LA OTRA CARA DE DUBÁI: TORRES DE VIENTO. Retrieved July 10, 2016, from

<http://moleskinearquitectonico.blogspot.com.es/2009/07/la-otra-cara-de-dubai-torres-de-viento.html>

Micheel Wassouf. (2016). Estrategias de ventilación natural para el CTE. Retrieved from <http://www.energiehaus.es/ventilacion-natural/>

Mundo HVACR. (n.d.). Construcción Bioclimática el futuro inmediato - Mundo HVACR. Retrieved from <https://www.mundohvacr.com.mx/mundo/2013/10/construccion-bioclimatica-el-futuro-inmediato/>

Ovacen. (2014a). Diseño bioclimático en las fachadas de las viviendas. Retrieved from <http://ovacen.com/disenio-bioclimatico-fachadas-viviendas/>

Ovacen. (2014b). Manuales o guías sobre cubiertas vegetales. Ventajas y desventajas. Retrieved from <http://ovacen.com/como-construir-cubiertas-vegetales-o-verdes-manuales-guias/>

Passivhaus. Construir hoy con los estándares de mañana. (n.d.).

Passivhaus Institut. (n.d.). Certifiacion transparent components.

Pinazo Ojer, J. M. (2009). *DTIE 3.01 propiedades del aire húmedo, diagrama psicrométrico-transformaciones psicrométricas*. ATECYR.

Societat Orgànica. (n.d.). Retrieved from <http://www.societatorganica.com/index.php>

Steggmann, E., & Acebillo, J. (2008). *Las Medidas en arquitectura*. Barcelona : Gustavo Gili. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1319925~S1*cat

Tobergte, D. R., & Curtis, S. (2013). Pràctiques de sostenibilitat en l'edificació. <http://doi.org/10.1017/CBO9781107415324.004>

Vilssa Formació. (n.d.). Características del muro trombe. Retrieved from <http://vilssa.com/caracteristicas-del-muro-trombe>

Wadel, G. (n.d.). Huella ecológica comparada (madera / convencional) Potencial en España p.

Wassouf, M. (2014). *Passivhaus : de la casa pasiva al estándar : la arquitectura pasiva en climas cálidos = da casa passiva à norma : a arquitectura passiva em climas quentes*. Barcelona : Gustavo Gili. Retrieved from http://cataleg.upc.edu/record=b1439967~S1*cat

What is a Passive House. (n.d.). Passivhaus Institut. Retrieved from http://passiv.de/en/02_informations/01_whatisapassivehouse/01_whatisapassivehouse.htm

Wikipedia. (n.d.). File:Corte casa solar la plata.png - Wikimedia Commons. Retrieved July 25, 2016, from https://commons.wikimedia.org/wiki/File:Corte_casa_solar_la_plata.png

7. TAULA D'IL·LUSTRACIONS

| | |
|--|----|
| Il·lustració 1: Mègaron grec: planta i secció originals desenvolupats en el Neolític (a dalt) y proposta se Sòcrates en el segle IV a. C (a baix).Font: (Wassouf, 2014)..... | 5 |
| Il·lustració 2: La piràmide de la sostenibilitat normalitzada aplicada a la construcció. Font (Wassouf, 2014) | 6 |
| Il·lustració 3: Beddington Zero Energy Development (BedZED) a Inglaterra | 7 |
| Il·lustració 4: Estructura casa Passivhaus. Font:(Wassouf, 2014) | 8 |
| Il·lustració 5: Cicles dels materials de contrucció. Font(<i>29 La Qualitat Ambiental Als Edificis.Pdf</i> , n.d.) | 10 |
| Il·lustració 6: Cicle de vida d'una edificació. Font (Institut Català d'Energia) | 10 |
| Il·lustració 7: Diagrama Psicomètric. Font: (Pinazo Ojer, 2009)..... | 16 |
| Il·lustració 8: Diagrama bioclimàtic Olgyay/ The Bioclimatic Chart. Font: (Mundo HVACR, n.d.).. | 18 |
| Il·lustració 9: Relació de la radiació i les obertures d'una casa passiva | 19 |
| Il·lustració 10 : Funcionament del sistema de ventilació solar. Font: (Wikipedia, n.d.) | 19 |
| Il·lustració 11: Xemeneia solar. Font:(Tobergte & Curtis, 2013)..... | 20 |
| Il·lustració 12: Mur trombe. Font: (Vilssa Formació, n.d.) | 20 |
| Il·lustració 13: Diferents usos del mur Trombe. Font: (CTE Arquitectura, n.d.)..... | 21 |
| Il·lustració 14: Parts del mur Trombe. Font: (Camila, 2010) | 21 |
| Il·lustració 15: Edificació amb panells com a sistema d'ombreig, Font: (Gramas, 2013)..... | 21 |
| Il·lustració 16: Diferents sistemes comercials d'ombreig. Font: (Gramas, 2013) | 22 |
| Il·lustració 17: Ventilació passiva amb recuperació de calor. Font: (Wassouf, 2014)..... | 25 |
| Il·lustració 18: Camp de pressions generat pel vent contra l'edifici. Font:(Gobierno de España, 2011)..... | 26 |
| Il·lustració 19: Aspirador estàtic i el seu funcionament. Font: (Joima, n.d.)..... | 27 |
| Il·lustració 20: Torre de vent. Font: (Mi Moleskine Arquitectónico, 2009)..... | 28 |
| Il·lustració 21: Esquema del funciomamet d'una torre de vent. Font: (Micheel Wassouf, 2016) .. | 28 |
| Il·lustració 22: Detall Coberta ventilada | 29 |
| Il·lustració 23:Sistemes de ventilació a l'estiu: Coberta ventilada, ventilació creuada; Altres sistemes de refrigeració: voladís i circulació d'aigua soterrada. Font: (Lasal del Varador, n.d.) .. | 29 |
| Il·lustració 24: Refrigeració utilitzant la inèrcia tèrmica de la vegetació si el soterrament. Font:(Gramas, 2014)..... | 30 |

Il·lustració 25: Norma de la ventilació creuada: 5 vegades la base de l'altura. Font: (Gramas, 2012).....31

Il·lustració 26: Estratègies bàsiques de ventilació natural. Font : (“Field Guide for Energy Performancee Comfortt and Value in Hawaii Homes Field Guide for Energy Performance, Comfort, and Value in Hawaii Homes Acknowledgments/Credits,” 2001).....31

Il·lustració 27: Orientació de 45º per millorar el flux d'aire. Font: (“Field Guide for Energy Performancee Comfortt and Value in Hawaii Homes Field Guide for Energy Performance, Comfort, and Value in Hawaii Homes Acknowledgments/Credits,” 2001).....32

Il·lustració 28: Distribució en parets adjacents per una bona ventilació creuada. Font: (“Field Guide for Energy Performancee Comfortt and Value in Hawaii Homes Field Guide for Energy Performance, Comfort, and Value in Hawaii Homes Acknowledgments/Credits,” 2001)33

Il·lustració 29: Distribució en la mateixa paret per millorar el flux d'aire. Font: (“Field Guide for Energy Performancee Comfortt and Value in Hawaii Homes Field Guide for Energy Performance, Comfort, and Value in Hawaii Homes Acknowledgments/Credits,” 2001).....33

Il·lustració 30: Diseny adquat per una ventilació creuada. Font: (“Field Guide for Energy Performancee Comfortt and Value in Hawaii Homes Field Guide for Energy Performance, Comfort, and Value in Hawaii Homes Acknowledgments/Credits,” 2001).....34

Il·lustració 31. Diseny inadequat de ventilació creuada. Font : (“Field Guide for Energy Performancee Comfortt and Value in Hawaii Homes Field Guide for Energy Performance, Comfort, and Value in Hawaii Homes Acknowledgments/Credits,” 2001).....34

Il·lustració 32: Altura de les finestres i ventilació creuada. Font: (“Field Guide for Energy Performancee Comfortt and Value in Hawaii Homes Field Guide for Energy Performance, Comfort, and Value in Hawaii Homes Acknowledgments/Credits,” 2001).....35

Il·lustració 33: Posicionament dels elements de jardineria. Font: (“Field Guide for Energy Performancee Comfortt and Value in Hawaii Homes Field Guide for Energy Performance, Comfort, and Value in Hawaii Homes Acknowledgments/Credits,” 2001).....35

Il·lustració 34: Ventilació híbrida de simple flux. Font: (Air Handling Climate, n.d.)_35

Il·lustració 35: Microventilació per l'entrada d'aire d'un sistema de ventilació híbrida. Font: (Cortizo, n.d.).....36

Il·lustració 36: Ventilació controlada de doble flux a l'hivern i a l'estiu.....36

Il·lustració 37: maquina recuperadora de calor. Font: (Wassouf, 2014)37

Il·lustració 38: Hermeticitat al pas de l'aire. Font: (Wassouf, 2014)38

Il·lustració 39: Test de *blower door*. Font: (Certificados Energeticos, n.d.)38

Il·lustració 40: Regla del llapis. Font:(What is a Passive House, n.d.)39

Il·lustració 41: Bona Orientació= estalvi energètic + qualitat de vida. Font:(ANIDA, 2013)42

Il·lustració 42: Alt aïllament tèrmic43

Il·lustració 43: Transmissió tèrmica entre una casa de consum baix convencional i una casa passiva. Font:(“Passivhaus. Construir hoy con los estándares de mañana,” n.d.).....43

Il·lustració 44: desfasament i amortiment de l'ona tèrmica. Font:(Wassouf, 2014)44

Il·lustració 45: Ponts tèrmics d'un habitatge.....45

Il·lustració 46: Coberta ecològica vegetal. Font:(Ovacen, 2014b)47

Il·lustració 47: Sistema Green Living Technologies a la dreta I sistema de panells modular a l'esquerra. Font:(Hildebrandt Gruppe, 2015)48

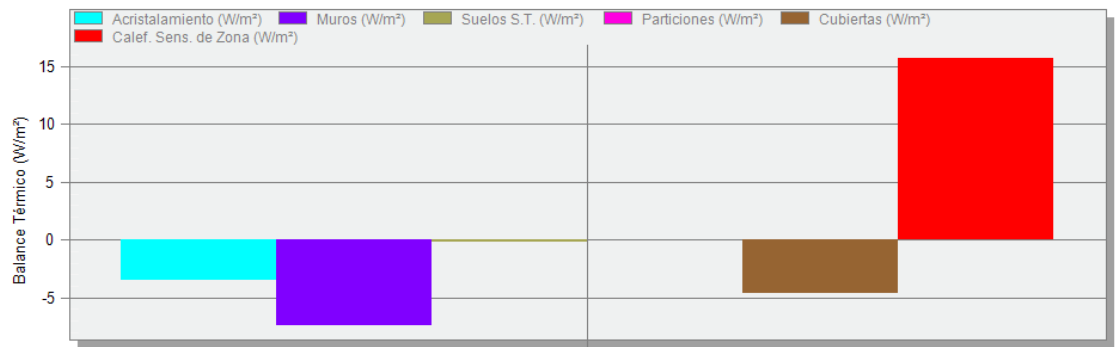
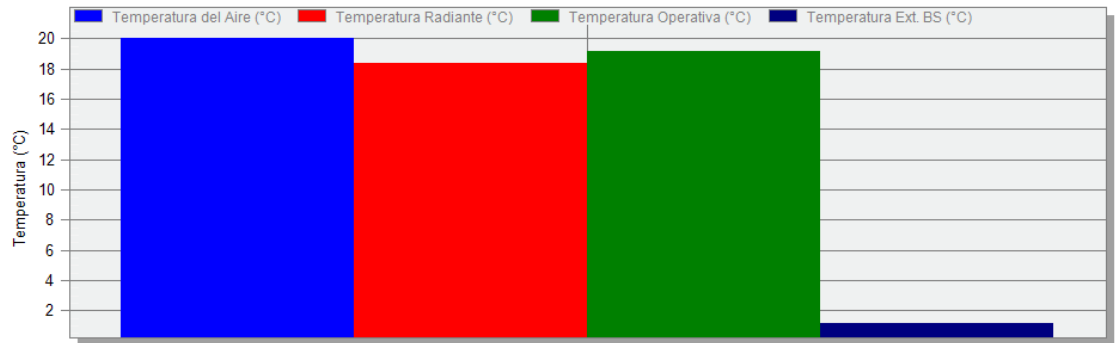
Il·lustració 48: Sistema Patent Patrick Blanc a l'esquerra i sistema de Formigó vegetal a la dreta. Font: (Hildebrandt Gruppe, 2015).....49

| | |
|---|----|
| Il·lustració 49: Termografia. Font:(Incovi, n.d.)..... | 50 |
| Il·lustració 50. Tipica carpinteria Passivhaus. Font:(Incovi, n.d.) | 50 |
| Il·lustració 51: Tipologia de vindres. Font: (Incovi, n.d.) | 51 |
| Il·lustració 52: Programa de funcionament de la ventilació natural..... | 56 |
| Il·lustració 53: Mur de les parts exteriors. | 57 |
| Il·lustració 54: Característiques tèrmiques del tancament utilitzat..... | 57 |
| Il·lustració 55: Coberta ventilada. | 58 |
| Il·lustració 56:Característiques tèrmiques del tancament utilitzat..... | 58 |
| Il·lustració 57: Solera | 59 |
| Il·lustració 58: Característiques tèrmiques del tancament utilitzat..... | 59 |
| Il·lustració 59:Característiques tèrmiques de les finestres. | 60 |
| Il·lustració 60: Programacó d'activació de la Calefacció segons el CTE..... | 61 |
| Il·lustració 61: Perfil horari per calefacció per una Residencia CTE | 61 |
| Il·lustració 62: Disseny de Calefacció. Gràfica de temperatures a l'extrem superior i a sota de Balanç tèrmic..... | 65 |
| Il·lustració 63:Guanys interns i solars..... | 66 |
| Il·lustració 64: Guanys per elements constructius i ventilació..... | 67 |
| Il·lustració 65: Cargues del Sistema..... | 68 |
| Il·lustració 66: Tencaments i ventilació | 68 |
| Il·lustració 67: Tancaments i ventilació. Simulació mensual de tot un any | 69 |
| Il·lustració 68: Simulació CFD de temperatura..... | 70 |
| Il·lustració 69: Simulació CFD de velocitat del vent | 71 |
| Il·lustració 70: Simulació de la calefacció amb tancaments poc aïllants..... | 72 |

ANNEX

Contingut:

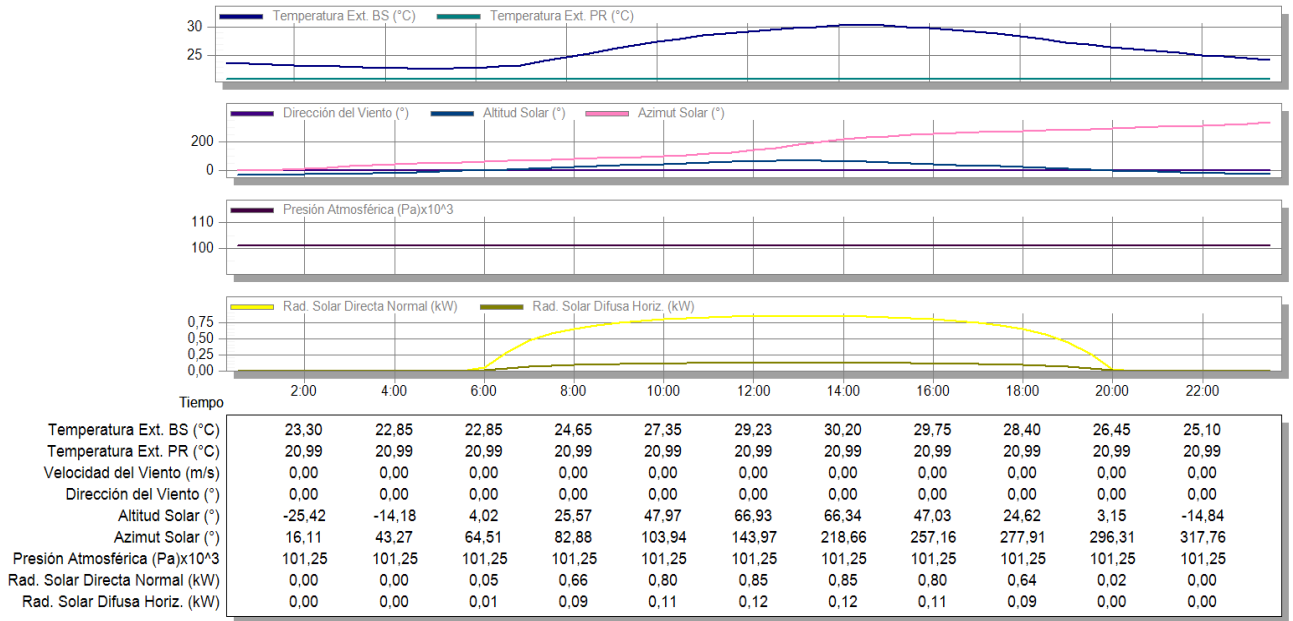
| | |
|--|----|
| Il·lustració 1: Balanç tèrmic i confort. Disseny de Calefacció..... | 3 |
| Il·lustració 2: Dades Climàtiques, 15 Jul. Disseny de Refrigeració | 4 |
| Il·lustració 3: Confort,15 Jul. Disseny de Refrigeració..... | 4 |
| Il·lustració 4: Guanys Interns,15 Jul. Disseny de Refrigeració..... | 5 |
| Il·lustració 5: Tancaments i Ventilació,15 Jul. Disseny de Refrigeració..... | 5 |
| Il·lustració 6: Resum,15 Jul. Disseny de Refrigeració | 6 |
| Il·lustració 7: Dades Climatiques. Simulació anual..... | 7 |
| Il·lustració 8: Confort. Simulació anual | 7 |
| Il·lustració 9: Guanys Interns. Simulació anual | 7 |
| Il·lustració 10: Tancaments i Ventilació. Simulació anual | 8 |
| Il·lustració 11: Consums desglosats. Simulació anual | 8 |
| Il·lustració 12: Cargues del Sistema. Simulació anual | 8 |
| Il·lustració 13: Dades climatiques. Simulacio mensual anual..... | 10 |
| Il·lustració 14: Comfort. Simulacio mensual anual..... | 10 |
| Il·lustració 15: Guany intern. Simulació mensual anual..... | 11 |
| Il·lustració 16: Tancaments i ventilació. Simulació mensual anual | 11 |
| Il·lustració 17: Consum desgolsat. Simulació mensual anual..... | 12 |
| Il·lustració 18: Consums totals. Simulació mensual anual | 12 |
| Il·lustració 19: Carregues del sistema. Simulació mensual anual | 13 |
| Il·lustració 20: Total. Simulació mensual anual..... | 14 |
| Il·lustració 21: Vista 3D Edificació 3 Sud | 15 |
| Il·lustració 22: Vista 3D Edificació 3. Secció | 15 |
| Il·lustració 23: Vista 3D Edificació 3.Nord | 16 |



| | |
|-----------------------------|-------|
| Temperatura del Aire (°C) | 20,00 |
| Temperatura Radiante (°C) | 18,35 |
| Temperatura Operativa (°C) | 19,18 |
| Temperatura Ext. BS (°C) | 1,20 |
| Acristalamiento (W/m²) | -3,50 |
| Muros (W/m²) | -7,45 |
| Suelos S.T. (W/m²) | -0,14 |
| Particiones (W/m²) | 0,00 |
| Cubiertas (W/m²) | -4,66 |
| Calif. Sens. de Zona (W/m²) | 15,76 |

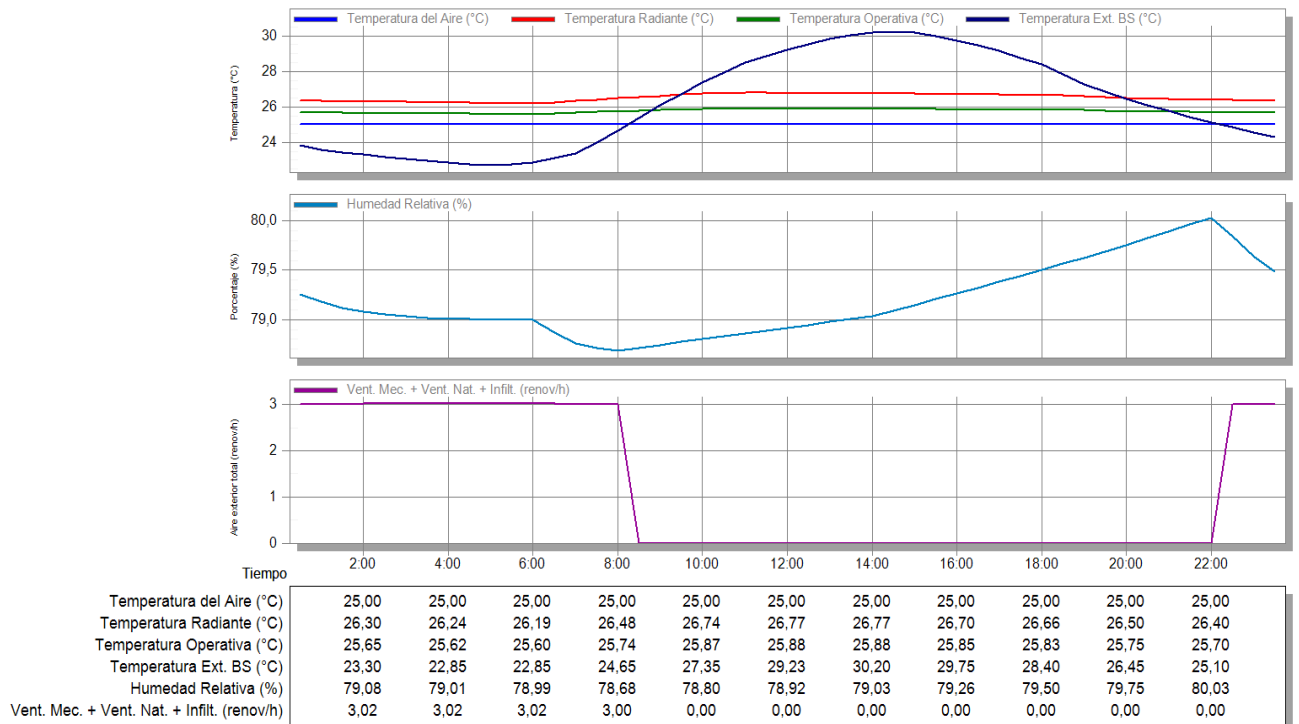
Il·lustració 1: Balanç tèrmic i confort. Disseny de Calefacció

Datos Climáticos - Sitio, Edificio Residencial
15 Jul, Sub-horario



Il·lustració 2: Dades Climàtiques, 15 Jul. Disseny de Refrigeració

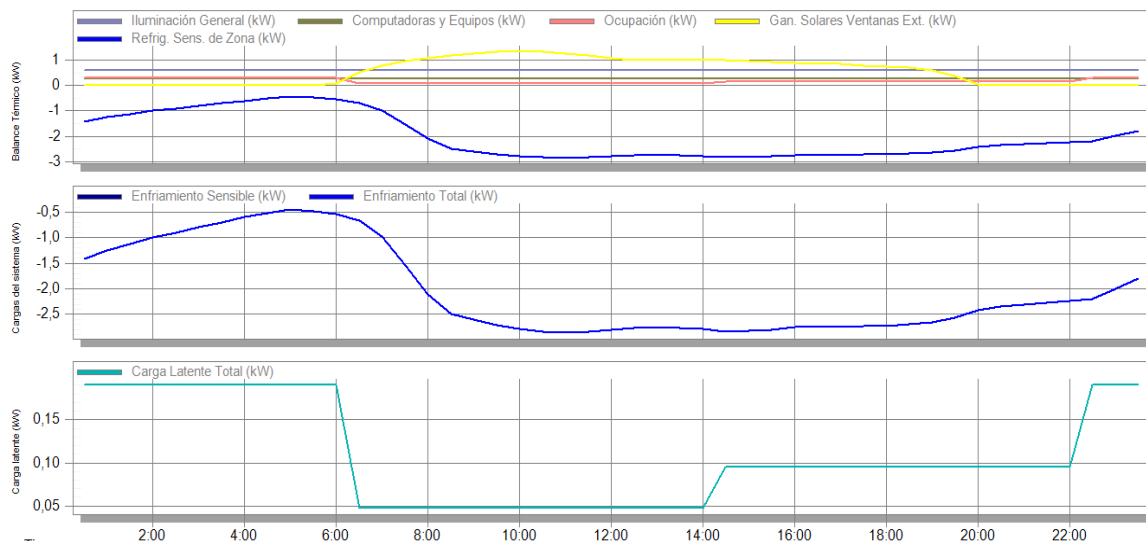
Confort - Sitio, Edificio Residencial
15 Jul, Sub-horario



Il·lustració 3: Confort, 15 Jul. Disseny de Refrigeració

Ganancias Internas + Solares - Sitio, Edificio Residencial

15 Jul, Sub-horario

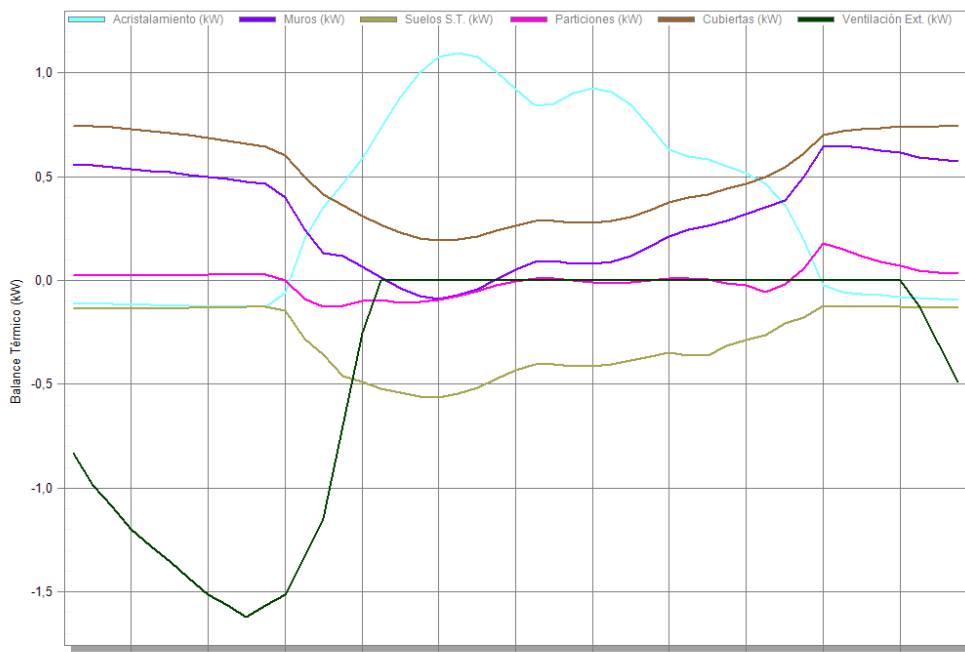


| Tiempo | 2:00 | 4:00 | 6:00 | 8:00 | 10:00 | 12:00 | 14:00 | 16:00 | 18:00 | 20:00 | 22:00 |
|---------------------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Iluminación General (kW) | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 | 0,61 |
| Computadoras y Equipos (kW) | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 | 0,26 |
| Ocupación (kW) | 0,30 | 0,30 | 0,30 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,07 | 0,15 | 0,15 | 0,15 | 0,15 |
| Gan. Solares Ventanas Ext. (kW) | 0,00 | 0,00 | 0,10 | 1,08 | 1,36 | 1,08 | 1,01 | 0,88 | 0,74 | 0,04 | 0,00 |
| Refrig. Sens. de Zona (kW) | -1,00 | -0,60 | -0,53 | -2,11 | -2,79 | -2,80 | -2,78 | -2,76 | -2,72 | -2,43 | -2,23 |
| Enfriamiento Sensible (kW) | -1,00 | -0,60 | -0,53 | -2,11 | -2,79 | -2,80 | -2,78 | -2,76 | -2,72 | -2,43 | -2,23 |
| Enfriamiento Total (kW) | -1,00 | -0,60 | -0,53 | -2,11 | -2,79 | -2,80 | -2,78 | -2,76 | -2,72 | -2,43 | -2,23 |
| Carga Latente Total (kW) | 0,19 | 0,19 | 0,19 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,05 | 0,10 | 0,10 | 0,10 | 0,10 |

II-lustració 4: Guany Interns, 15 Jul. Disseny de Refrigeració

Elementos constructivos y Ventilación - Sitio, Edificio Residencial

15 Jul, Sub-horario



| Tiempo | 2:00 | 4:00 | 6:00 | 8:00 | 10:00 | 12:00 | 14:00 | 16:00 | 18:00 | 20:00 | 22:00 |
|-----------------------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| Acristalamiento (kW) | -0,12 | -0,12 | -0,06 | 0,59 | 1,08 | 0,92 | 0,93 | 0,63 | 0,52 | -0,03 | -0,08 |
| Muros (kW) | 0,54 | 0,50 | 0,40 | 0,06 | -0,09 | 0,05 | 0,08 | 0,21 | 0,32 | 0,64 | 0,62 |
| Suelos S.T. (kW) | -0,13 | -0,13 | -0,15 | -0,49 | -0,56 | -0,43 | -0,41 | -0,35 | -0,29 | -0,12 | -0,13 |
| Particiones (kW) | 0,02 | 0,03 | 0,00 | -0,10 | -0,09 | -0,00 | -0,01 | 0,01 | -0,02 | 0,18 | 0,07 |
| Cubiertas (kW) | 0,73 | 0,69 | 0,60 | 0,31 | 0,19 | 0,26 | 0,28 | 0,37 | 0,47 | 0,70 | 0,74 |
| Ventilación Ext. (kW) | -1,20 | -1,51 | -1,51 | -0,25 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |

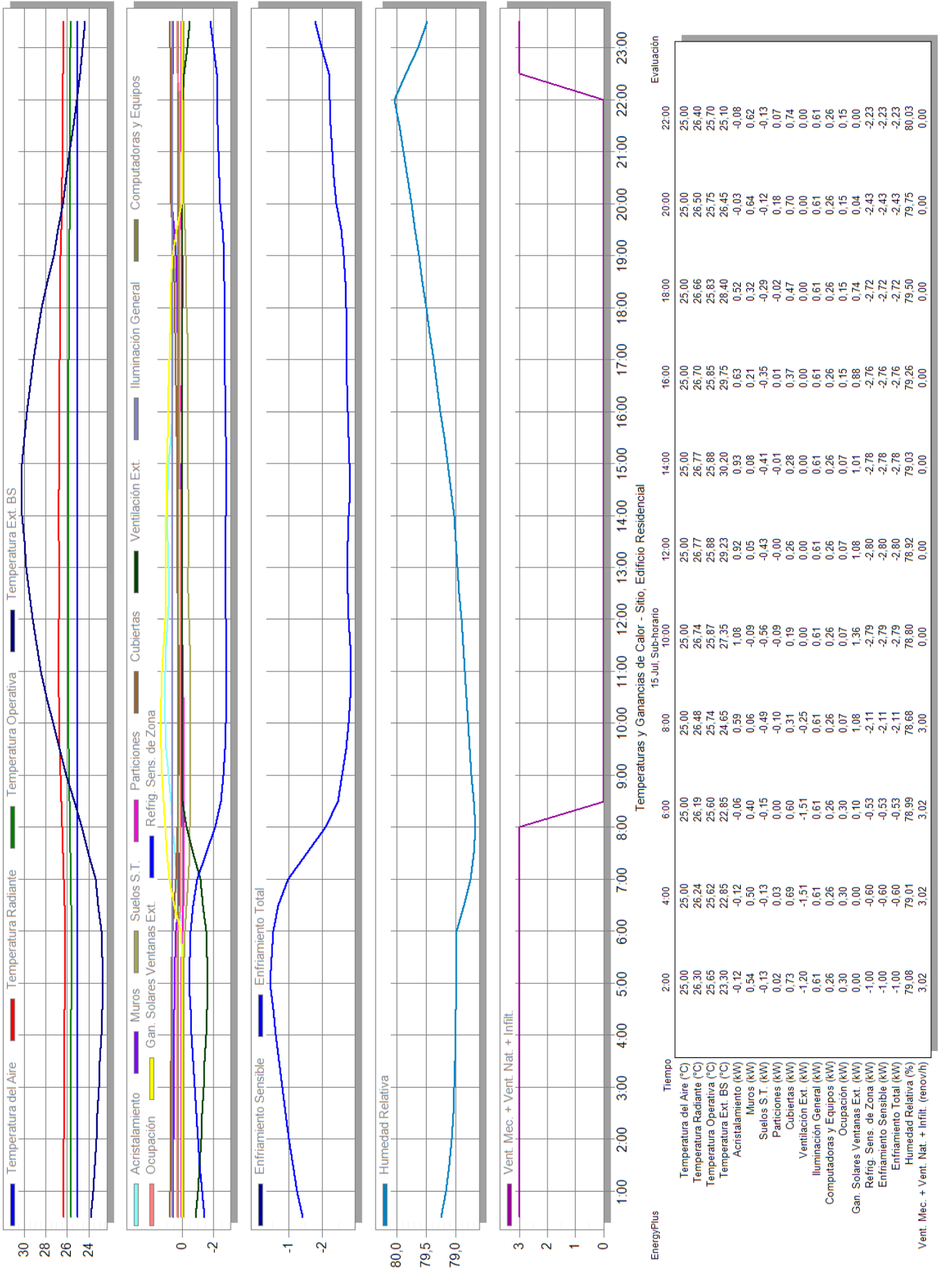
II-lustració 5: Tancaments i Ventilació, 15 Jul. Disseny de Refrigeració

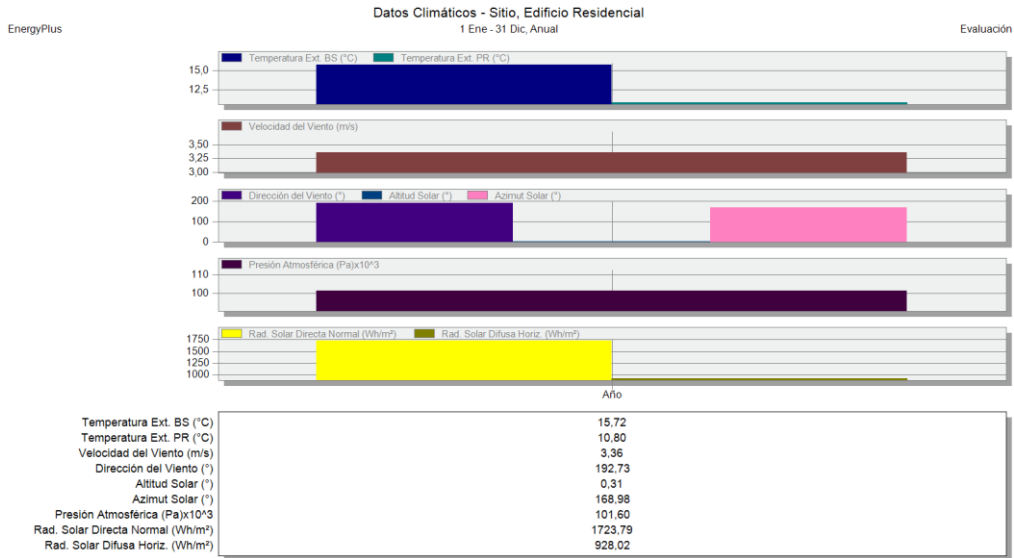
Temperaturas y Ganancias de Calor - Sitio, Edificio Residencial

Evaluación

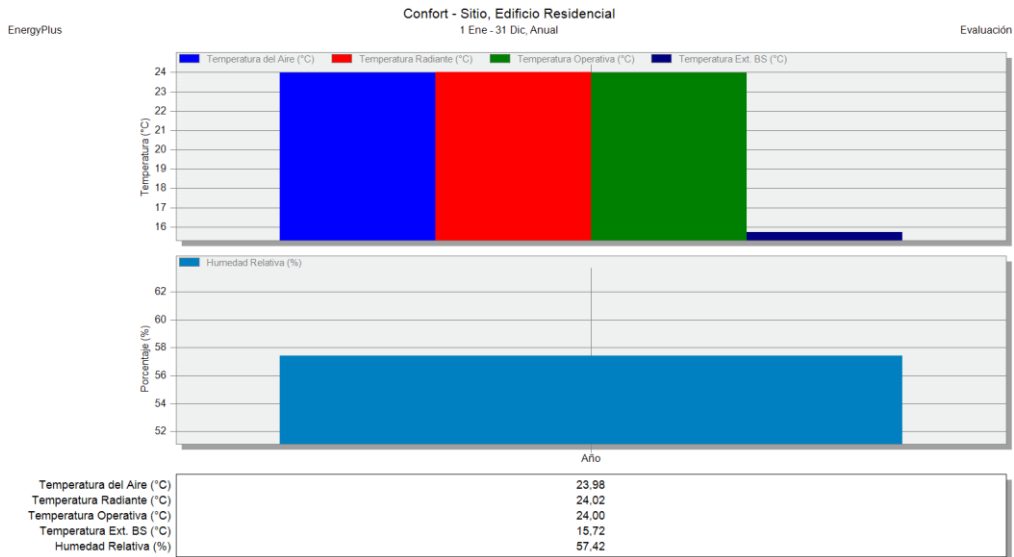
EnergyPlus

15 Jul, Sub-horario

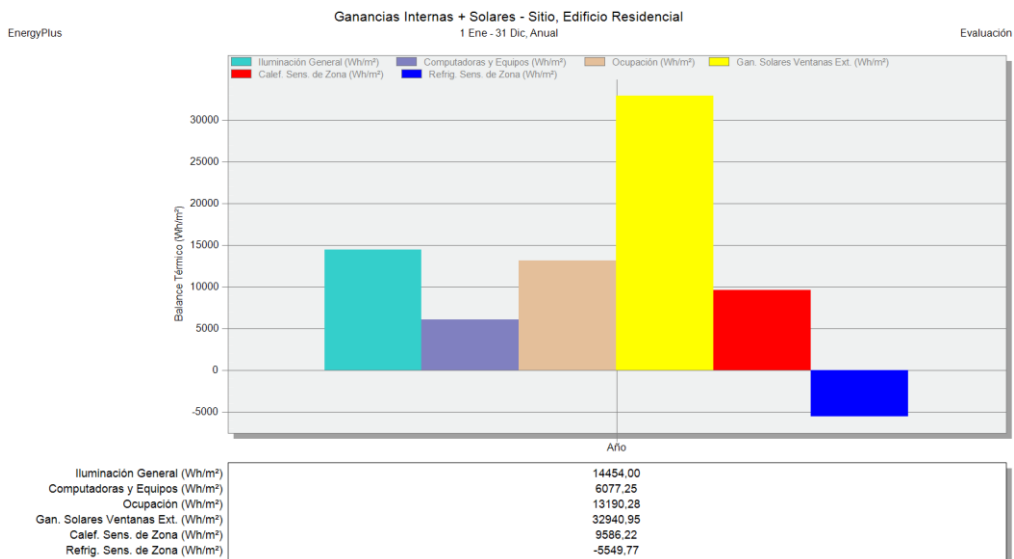




Il·lustració 7: Dades Climatiques. Simulació anual



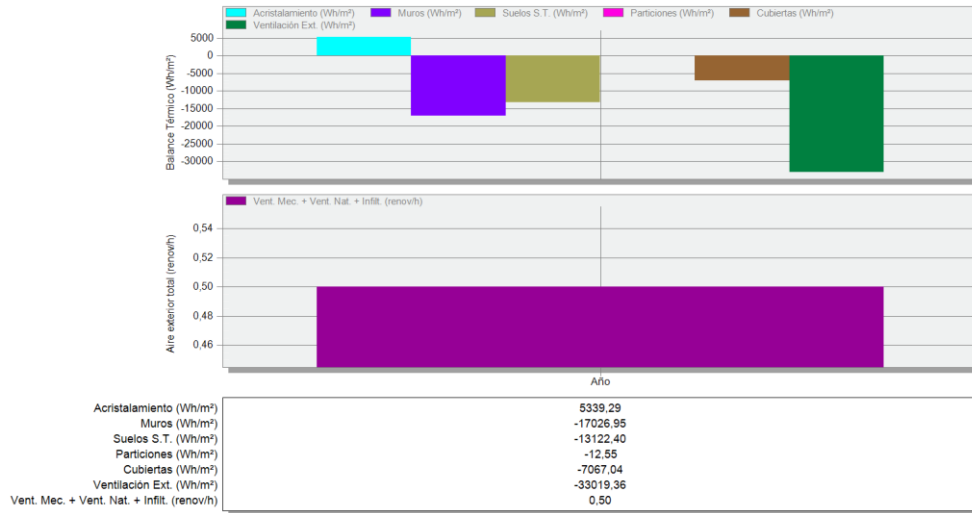
Il·lustració 8: Confort. Simulació anual



Il·lustració 9: Guany Interns. Simulació anual

Elementos constructivos y Ventilación - Sitio, Edificio Residencial

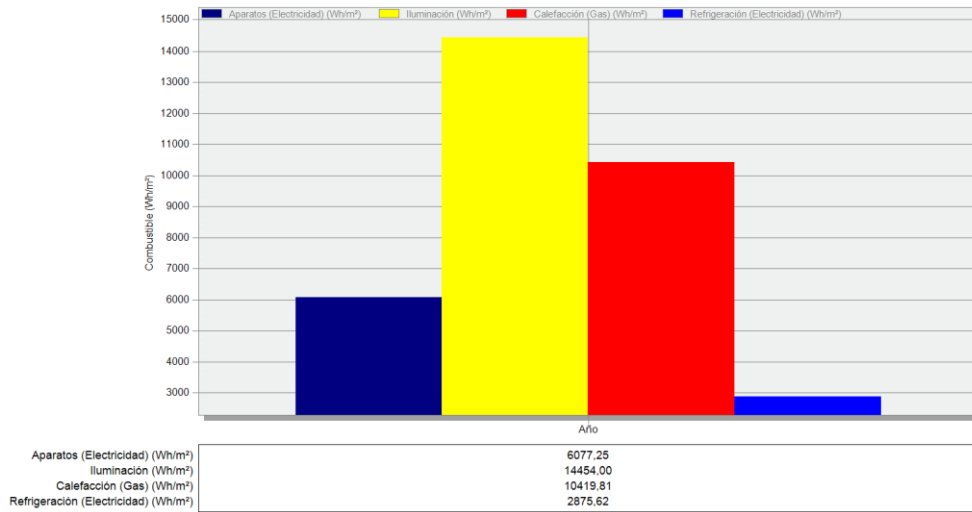
1 Ene - 31 Dic, Anual



Il·lustració 10: Tancaments i Ventilació. Simulació anual

Desglose del Combustible - Sitio, Edificio Residencial

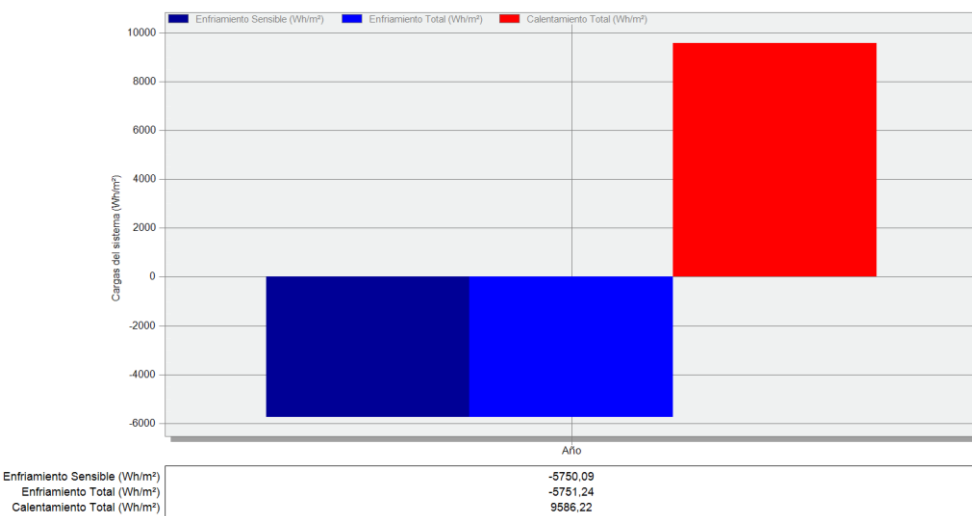
1 Ene - 31 Dic, Anual



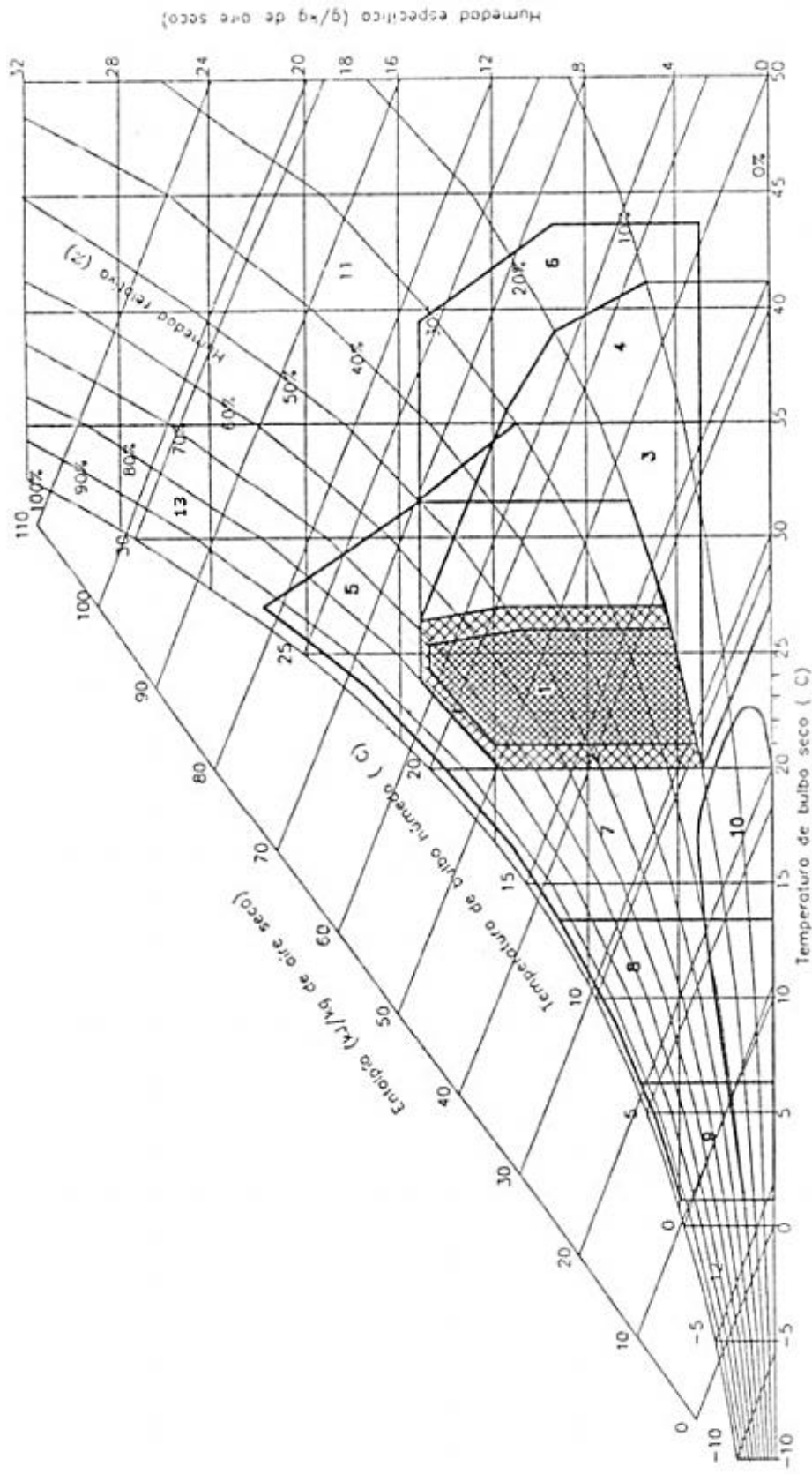
Il·lustració 11: Consums desglosats. Simulació anual

- Sitio, Edificio Residencial

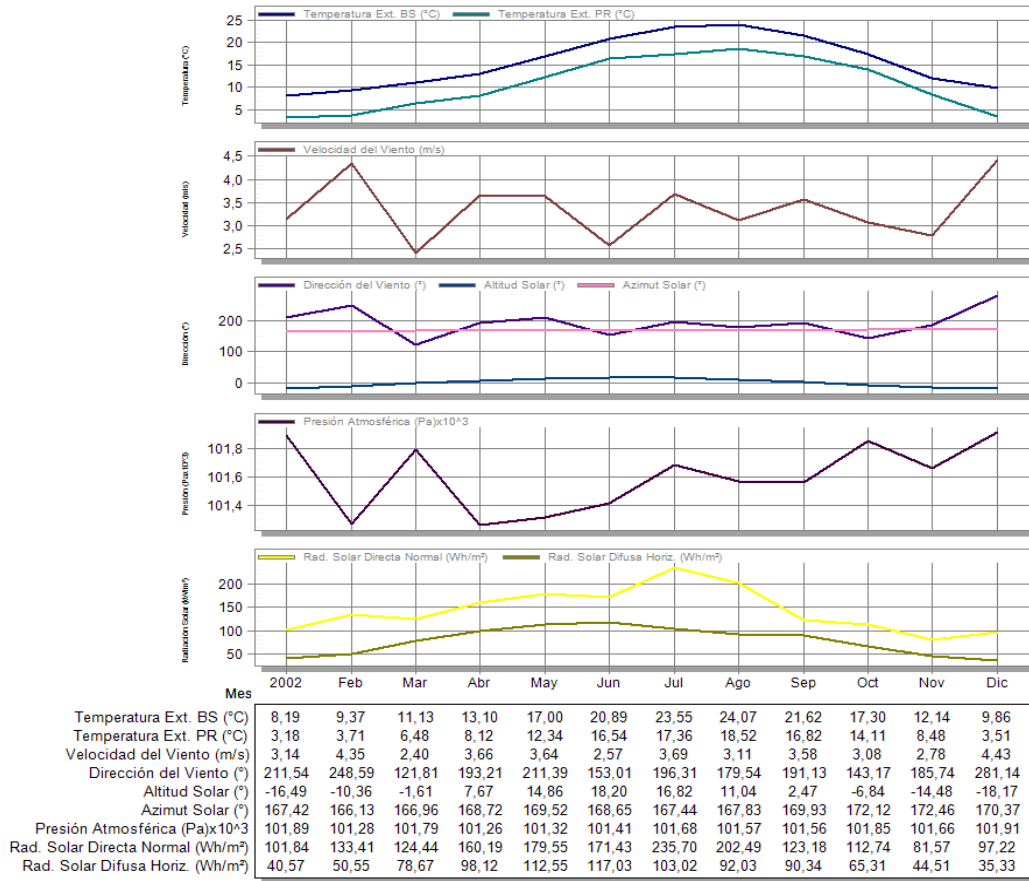
1 Ene - 31 Dic, Anual



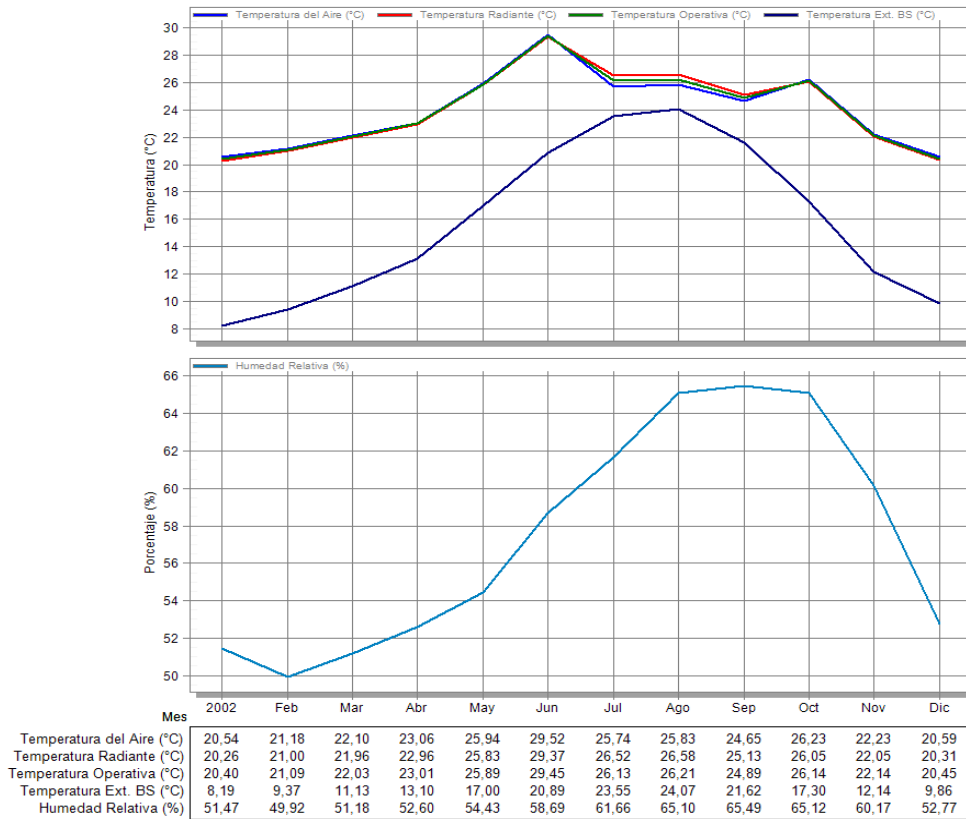
Il·lustració 12: Cargues del Sistema. Simulació anual



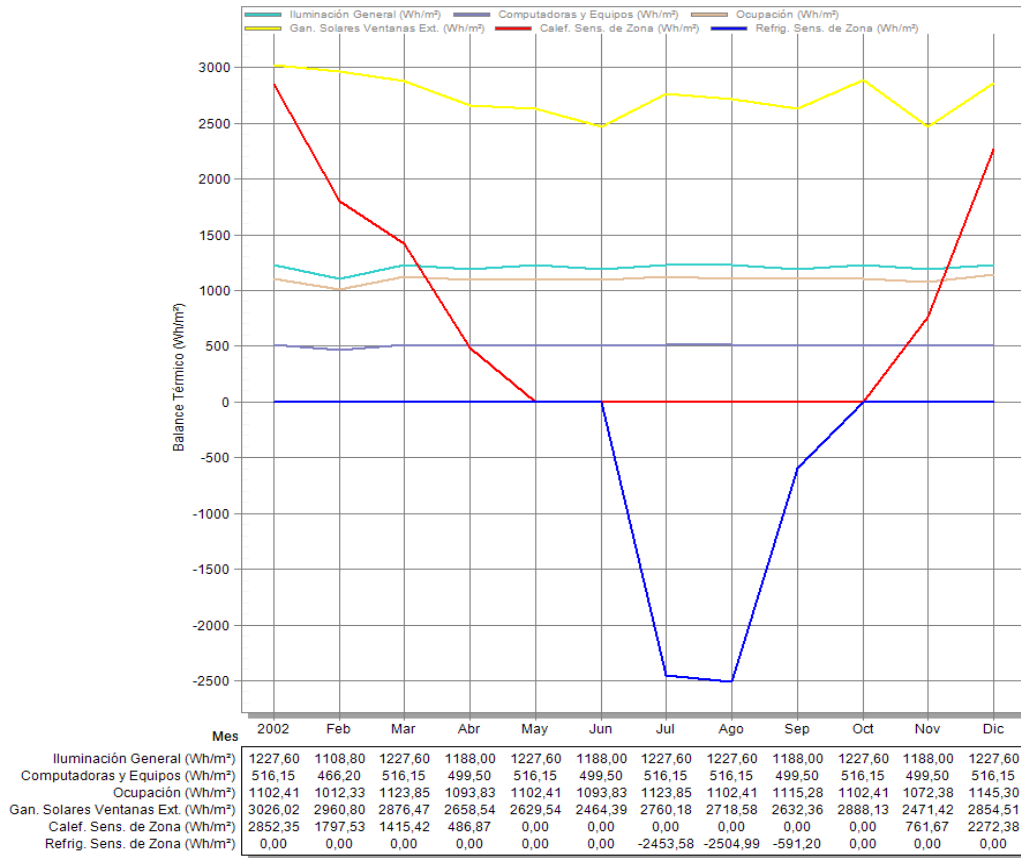
| CALEFACCIÓN | | EQUILIBRIO | | REFRIGERACIÓN | |
|-------------|------------------------------------|------------|--------------------------|---------------|---|
| 12 | Calentamiento Convencional | | Zona de Confort (Hivern) | 10 | Refrigeración por Humidificación |
| 9 | Calentamiento solar Activa | | Zona de Confort (Estriu) | 5 | Refrigeración por ventilación natural i mecánica |
| 8 | Calentamiento Solar Passiva | | | 3 | Refrigeración por alta masa térmica |
| 7 | Calentamiento por Guanyos Internos | | | 6 | Refrigeración por alta masa térmica amb refrigeración d'aire nocturna |
| | | | | 4 | Refrigeración por Evaporación |
| | | | | 11 | Aire a condicionar |
| | | | | 13 | Deshumidificador convencional amb aire a condicionar |



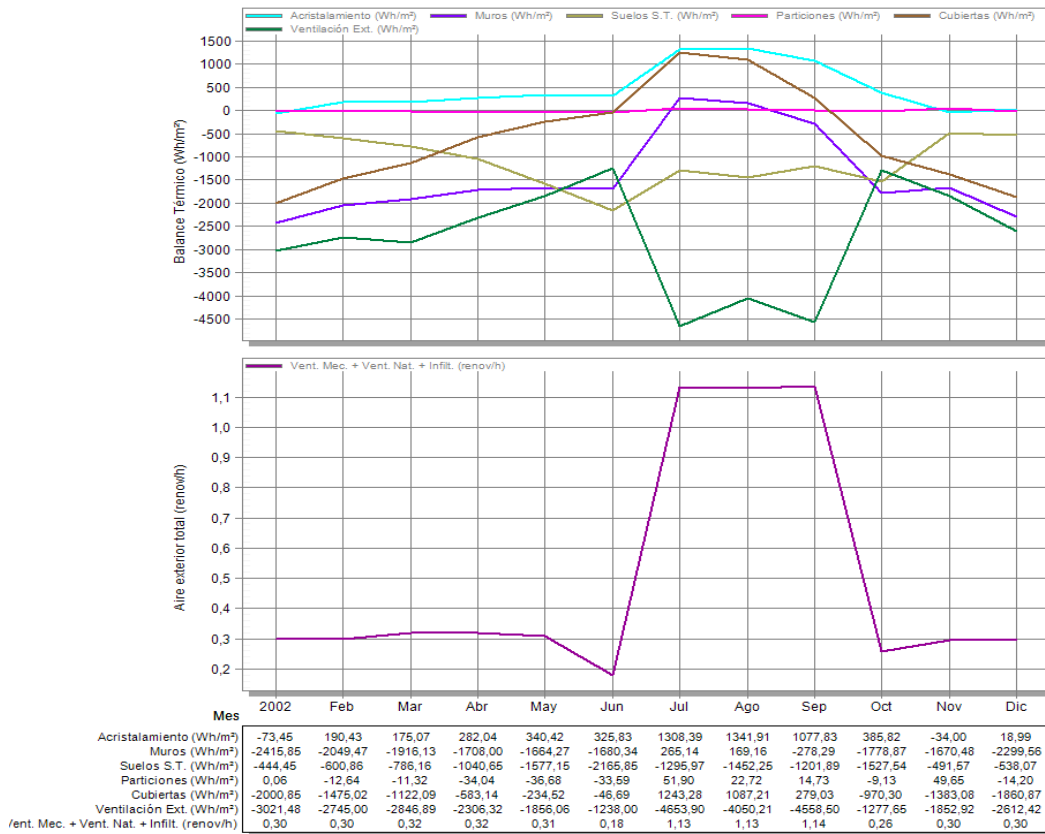
II-lustració 13: Dades climatiques. Simulació mensual anual



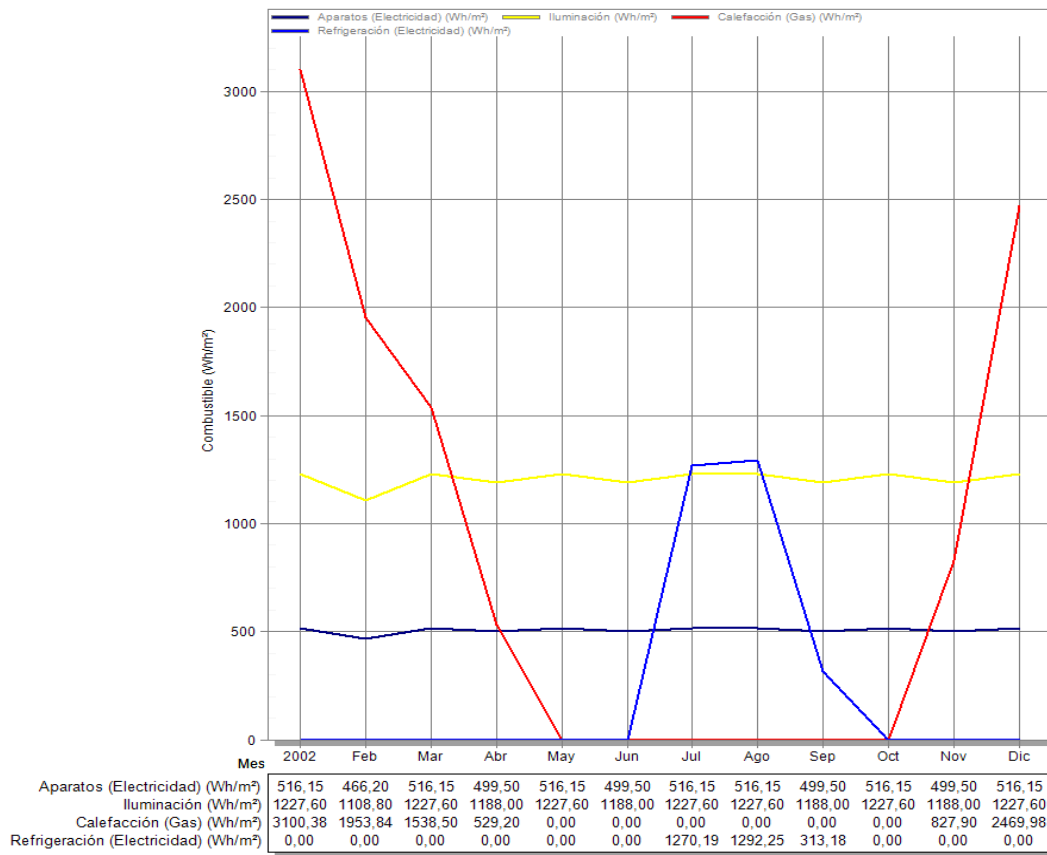
II-lustració 14: Confort. Simulació mensual anual



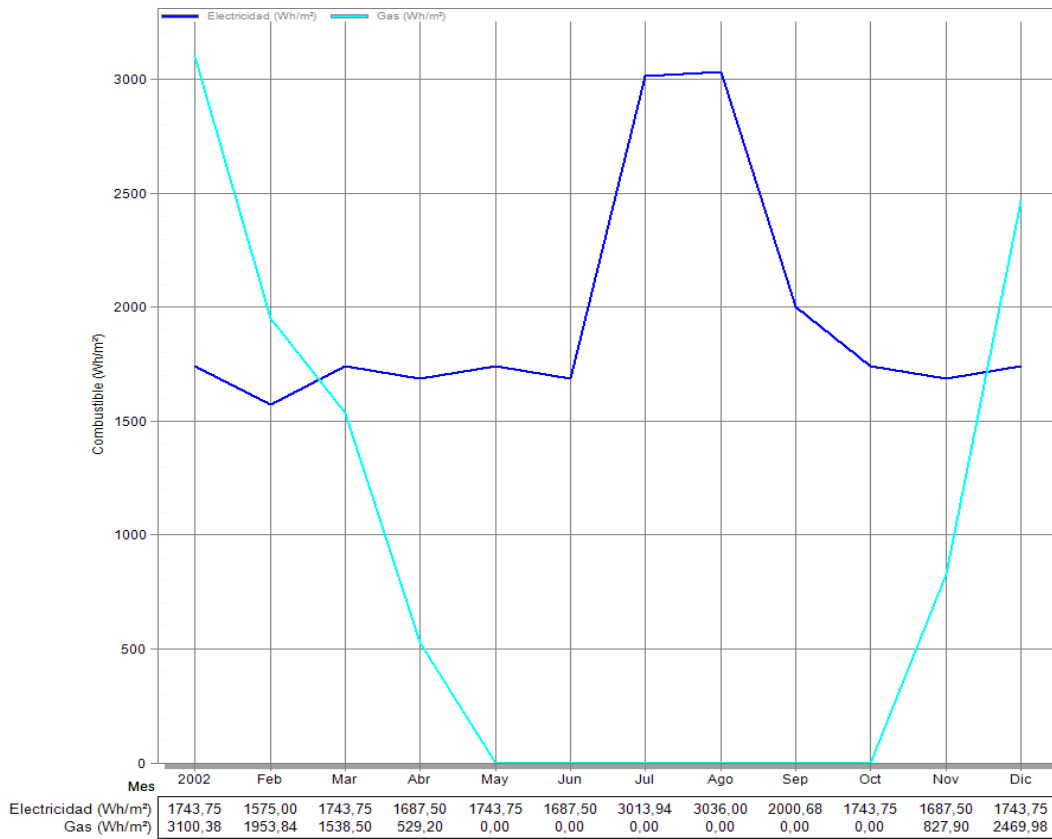
II-lustració 15: Guany intern. Simulació mensual anual



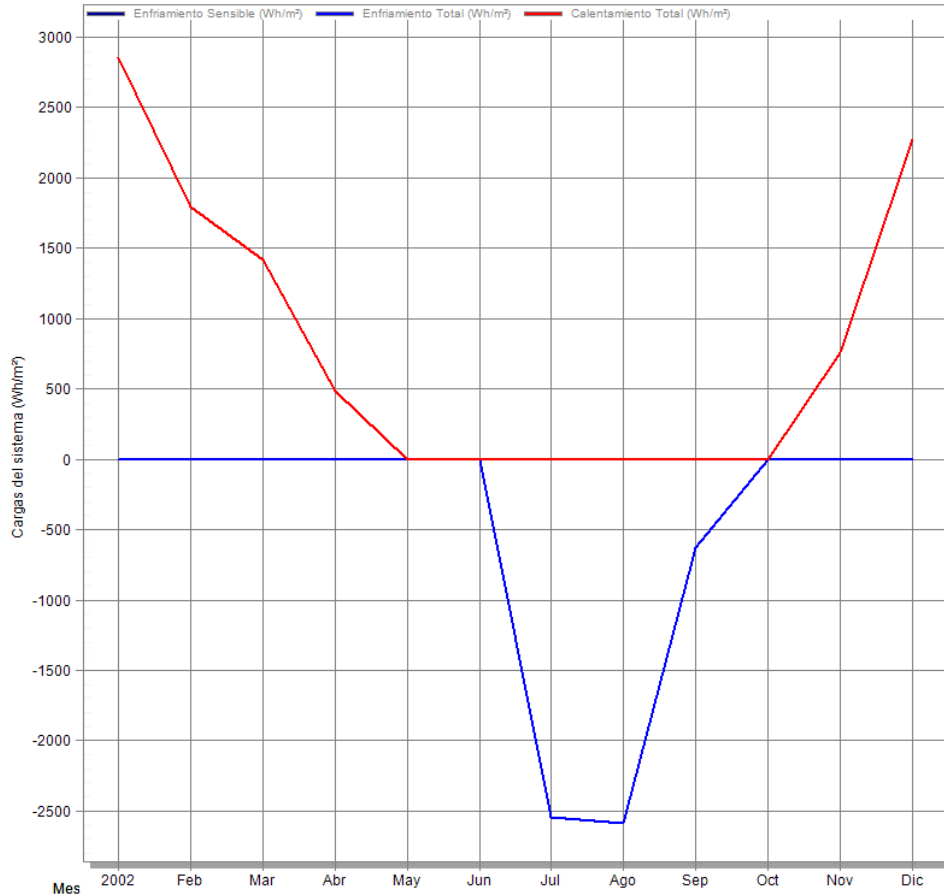
II-lustració 16: Tancaments i ventilació. Simulació mensual anual



Il·lustració 17: Consum desglosat. Simulació mensual anual



Il·lustració 18: Consums totals. Simulació mensual anual



| Mes | 2002 | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|-------------------------------|---------|---------|---------|--------|------|------|----------|----------|---------|------|--------|---------|
| Enfriamiento Sensible (Wh/m²) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -2540,39 | -2583,35 | -626,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Enfriamiento Total (Wh/m²) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -2540,39 | -2584,50 | -626,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Calentamiento Total (Wh/m²) | 2852,35 | 1797,53 | 1415,42 | 486,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 761,67 | 2272,38 |

Il-lustració 19: Carregues del sistema. Simulació mensual anual

Temperatures, Ganancias de Calor y Consumo Energético - Sitio, Edificio Residencial

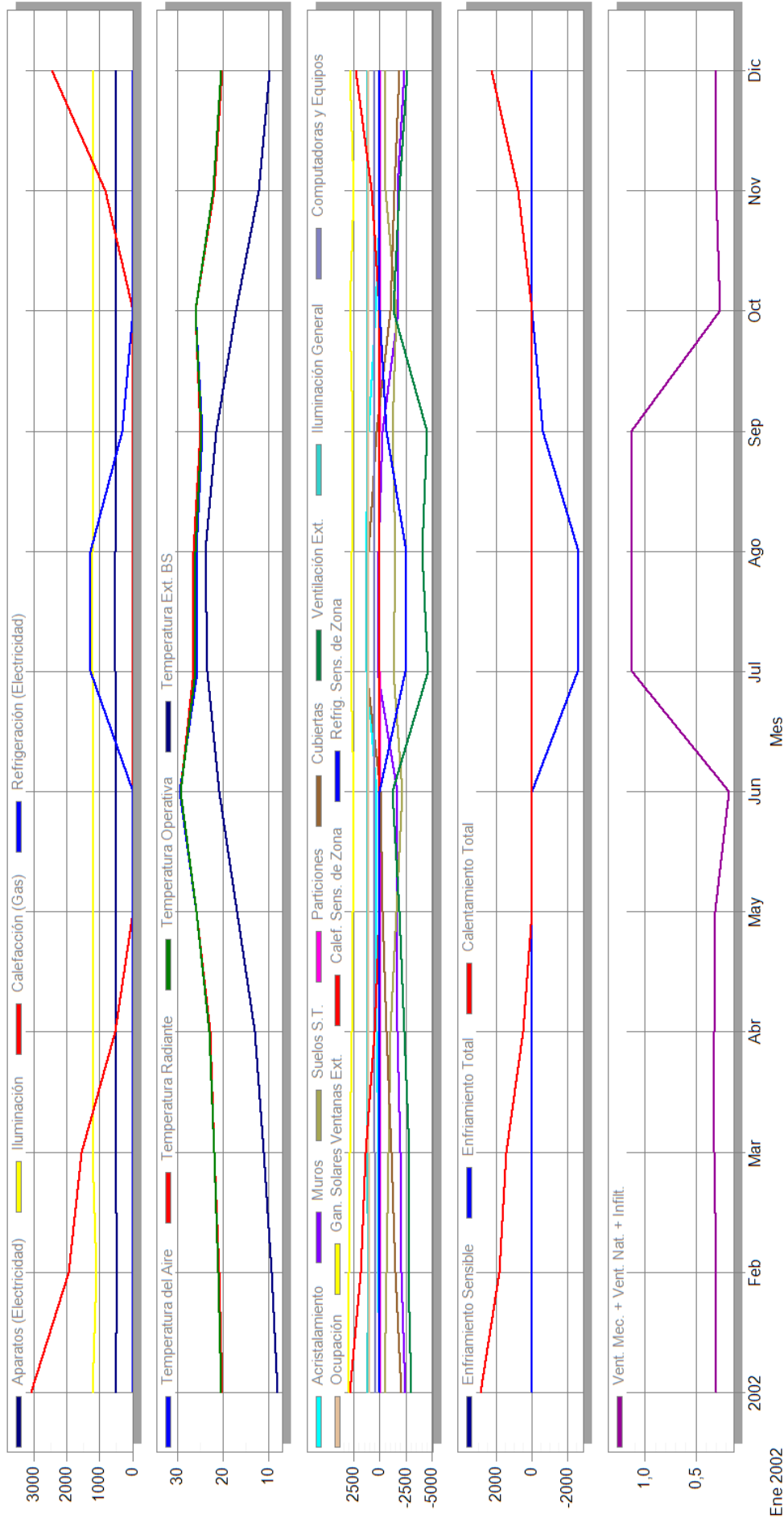
| Mes | 2002 | Feb | Mar | Abr | May | Jun | Jul | Ago | Sep | Oct | Nov | Dic |
|--|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| Aparatos (Electricidad) (Wh/m²) | 516,15 | 466,20 | 516,15 | 499,50 | 516,15 | 499,50 | 516,15 | 516,15 | 499,50 | 516,15 | 499,50 | 516,15 |
| Iluminación (Wh/m²) | 1227,60 | 1108,80 | 1227,60 | 1188,00 | 1227,60 | 1188,00 | 1227,60 | 1227,60 | 1188,00 | 1227,60 | 1188,00 | 1227,60 |
| Calefacción (Gas) (Wh/m²) | 3100,38 | 1953,84 | 1538,50 | 529,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 827,90 | 2489,98 |
| Refrigeración (Electricidad) (Wh/m²) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 1270,19 | 1292,25 | 313,18 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Temperatura del Aire (°C) | 20,54 | 21,18 | 22,10 | 23,06 | 25,94 | 29,52 | 26,74 | 25,83 | 24,65 | 26,23 | 22,23 | 20,59 |
| Temperatura Radiante (°C) | 20,26 | 21,00 | 21,96 | 22,96 | 25,83 | 29,37 | 26,52 | 26,68 | 25,13 | 26,05 | 22,05 | 20,31 |
| Temperatura Operativa (°C) | 20,40 | 21,09 | 22,03 | 23,01 | 25,89 | 29,45 | 26,13 | 26,21 | 24,89 | 26,14 | 22,14 | 20,45 |
| Temperatura Ext. BS (°C) | 8,19 | 9,37 | 11,13 | 13,10 | 17,00 | 20,89 | 23,55 | 24,07 | 21,62 | 17,30 | 12,14 | 9,86 |
| Acristalamiento (Wh/m²) | -73,45 | 190,43 | 175,07 | 282,04 | 340,42 | 325,83 | 1308,39 | 1341,91 | 1077,83 | 385,82 | -34,00 | 18,99 |
| Muros (Wh/m²) | -2415,85 | -2049,47 | -1916,13 | -1708,00 | -1664,27 | -1680,34 | 265,14 | 169,16 | -278,29 | -1778,87 | -1670,48 | -2299,56 |
| Suelos S.T. (Wh/m²) | -444,45 | -600,86 | -786,16 | -1040,65 | -1577,15 | -2165,85 | -1295,97 | -1452,25 | -1201,89 | -1527,54 | -491,57 | -538,07 |
| Particiones (Wh/m²) | 0,06 | -12,64 | -11,32 | -34,04 | -36,68 | -33,59 | 51,90 | 22,72 | 14,73 | -9,13 | 49,65 | -14,20 |
| Cubiertas (Wh/m²) | -2000,85 | -1475,02 | -1122,09 | -583,14 | -234,52 | -46,69 | 1243,28 | 1087,21 | 279,03 | -970,30 | -1383,08 | -1860,87 |
| Ventilación Ext. (Wh/m²) | -3021,48 | -2745,00 | -2846,89 | -2306,32 | -1856,06 | -1238,00 | -4653,90 | -4050,21 | -4558,50 | -1277,65 | -1852,92 | -2612,42 |
| Iluminación General (Wh/m²) | 1227,60 | 1108,80 | 1227,60 | 1188,00 | 1227,60 | 1188,00 | 1227,60 | 1227,60 | 1188,00 | 1227,60 | 1188,00 | 1227,60 |
| Computadoras y Equipos (Wh/m²) | 516,15 | 466,20 | 516,15 | 499,50 | 516,15 | 499,50 | 516,15 | 516,15 | 499,50 | 516,15 | 499,50 | 516,15 |
| Ocupación (Wh/m²) | 1102,41 | 1012,33 | 1123,85 | 1093,83 | 1102,41 | 1093,83 | 1123,85 | 1102,41 | 1115,28 | 1102,41 | 1072,38 | 1145,30 |
| Gan. Solares Ventanas Ext. (Wh/m²) | 3026,02 | 2960,80 | 2876,47 | 2658,54 | 2629,54 | 2464,39 | 2760,18 | 2718,58 | 2632,36 | 2888,13 | 2471,42 | 2854,51 |
| Calef. Sens. de Zona (Wh/m²) | 2852,35 | 1797,53 | 1415,42 | 486,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 761,67 | 2272,38 |
| Refrig. Sens. de Zona (Wh/m²) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -2453,58 | -2504,99 | -591,20 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Enfriamiento Sensible (Wh/m²) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -2540,39 | -2583,35 | -626,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Enfriamiento Total (Wh/m²) | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | -2540,39 | -2584,50 | -626,36 | 0,00 | 0,00 | 0,00 |
| Calentamiento Total (Wh/m²) | 2852,35 | 1797,53 | 1415,42 | 486,87 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 761,67 | 2272,38 |
| /ent. Mec. + Vent. Nat. + Infiltr. (renov/h) | 0,30 | 0,30 | 0,32 | 0,32 | 0,31 | 0,18 | 1,13 | 1,13 | 1,14 | 0,26 | 0,30 | 0,30 |

Temperaturas, Ganancias de Calor y Consumo Energético - Sitio, Edificio Residencial

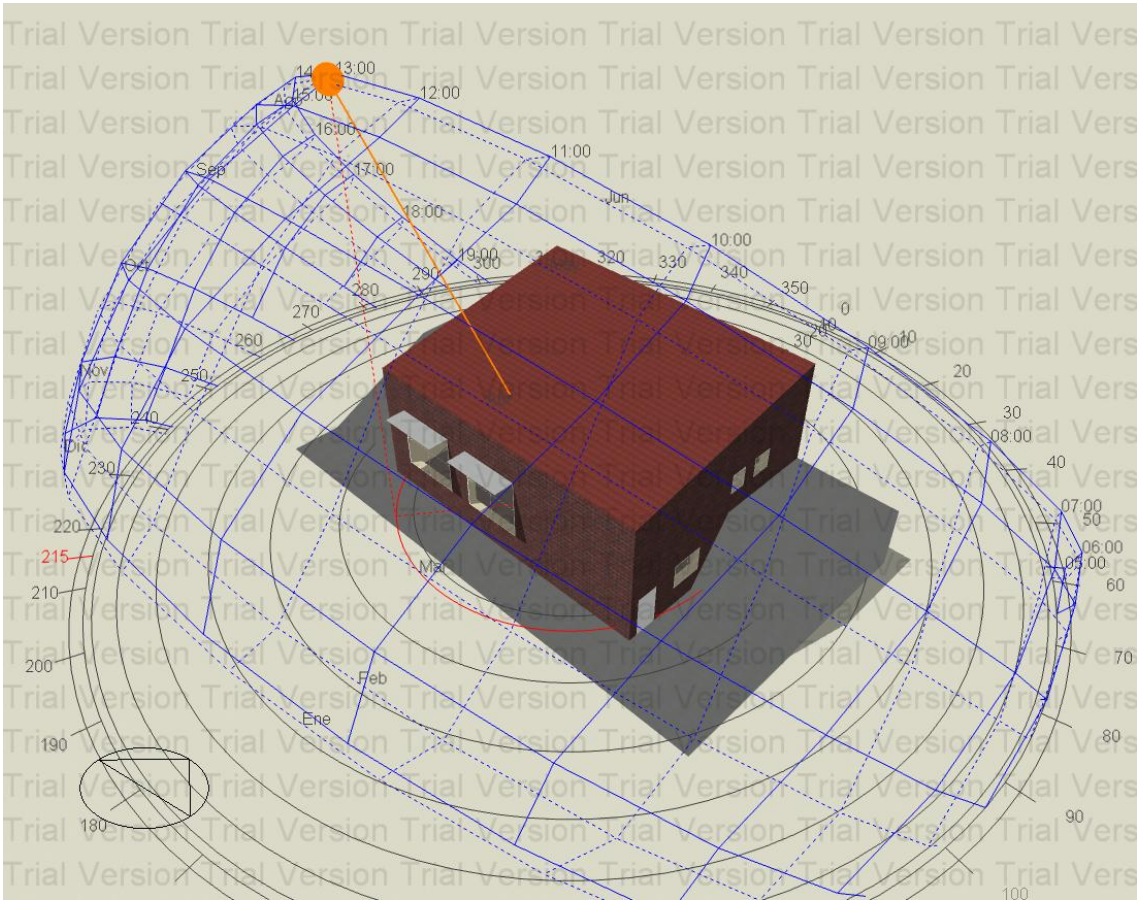
Evaluación

1 Ene - 31 Dic, Mensual

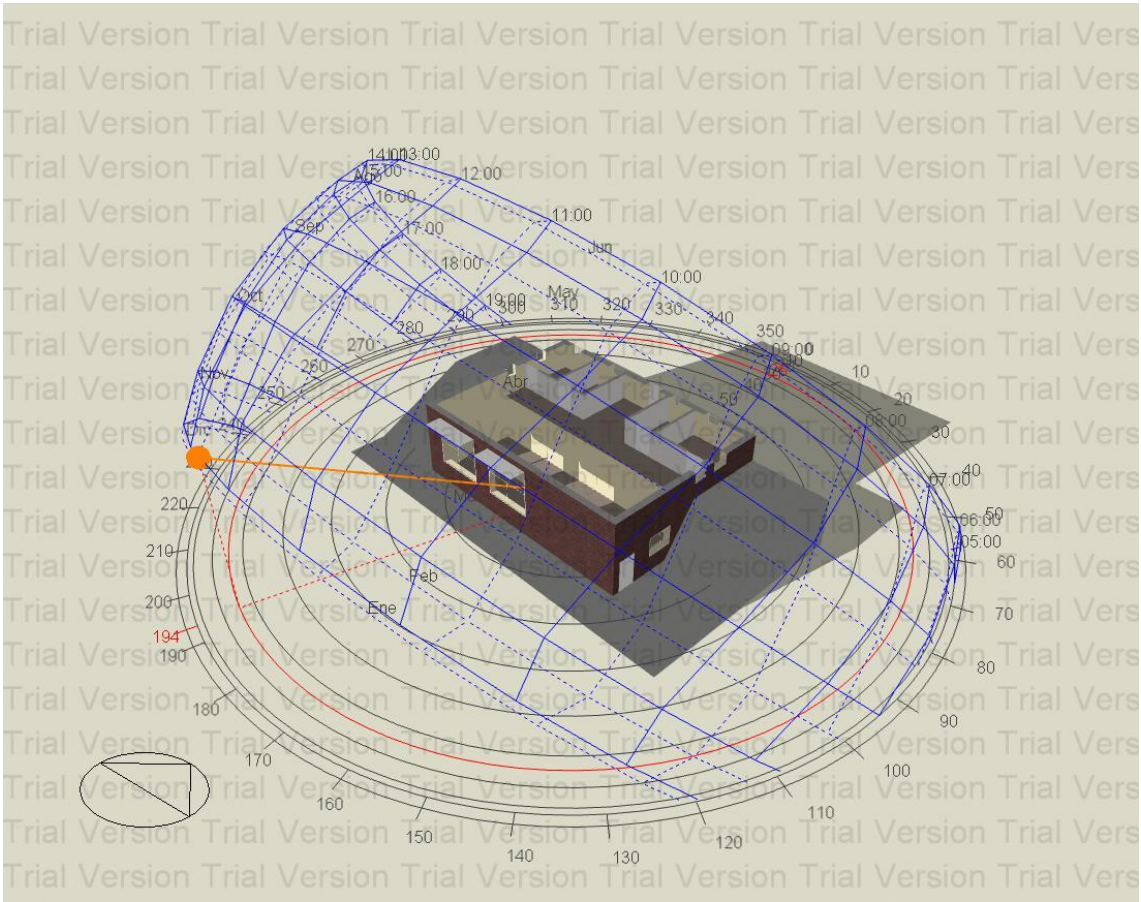
EnergyPlus



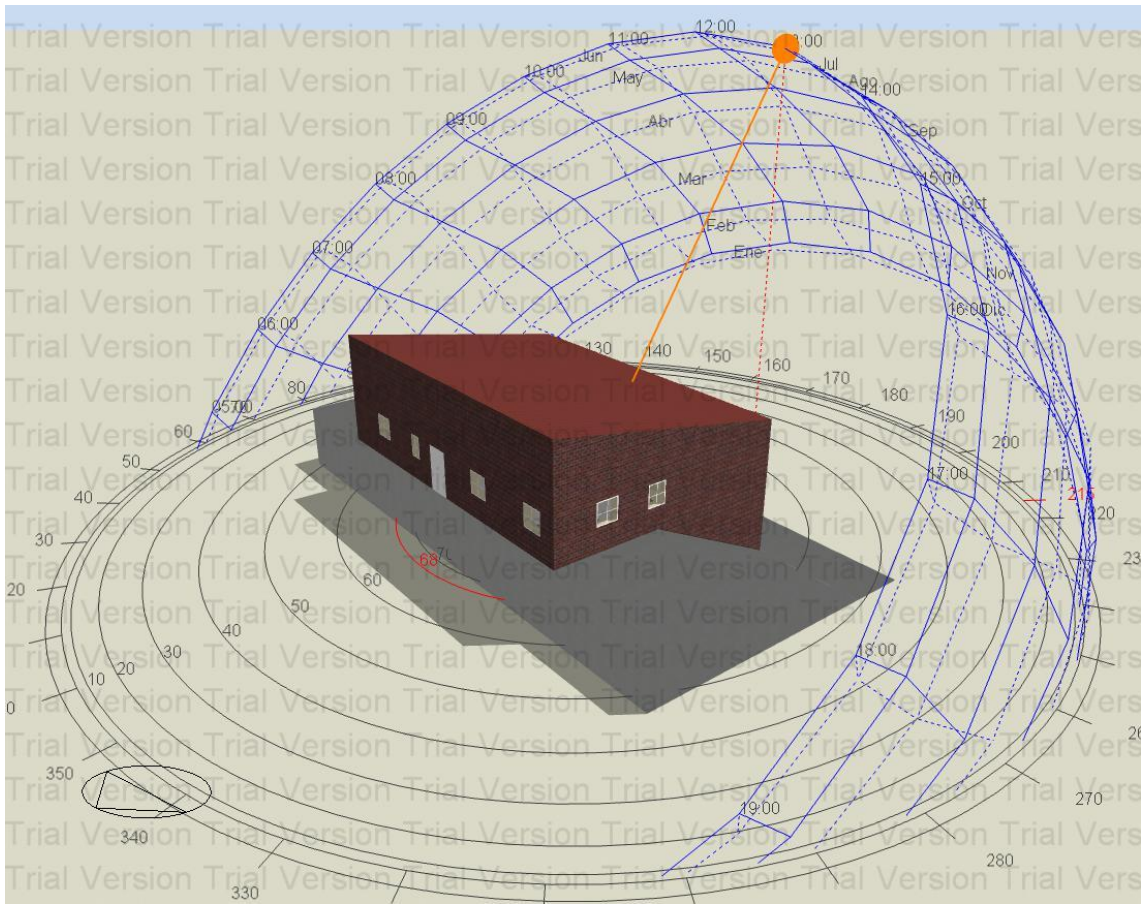
Il·lustració 20: Total. Simulació mensual anual



Il·lustració 21: Vista 3D Edificació 3 Sud

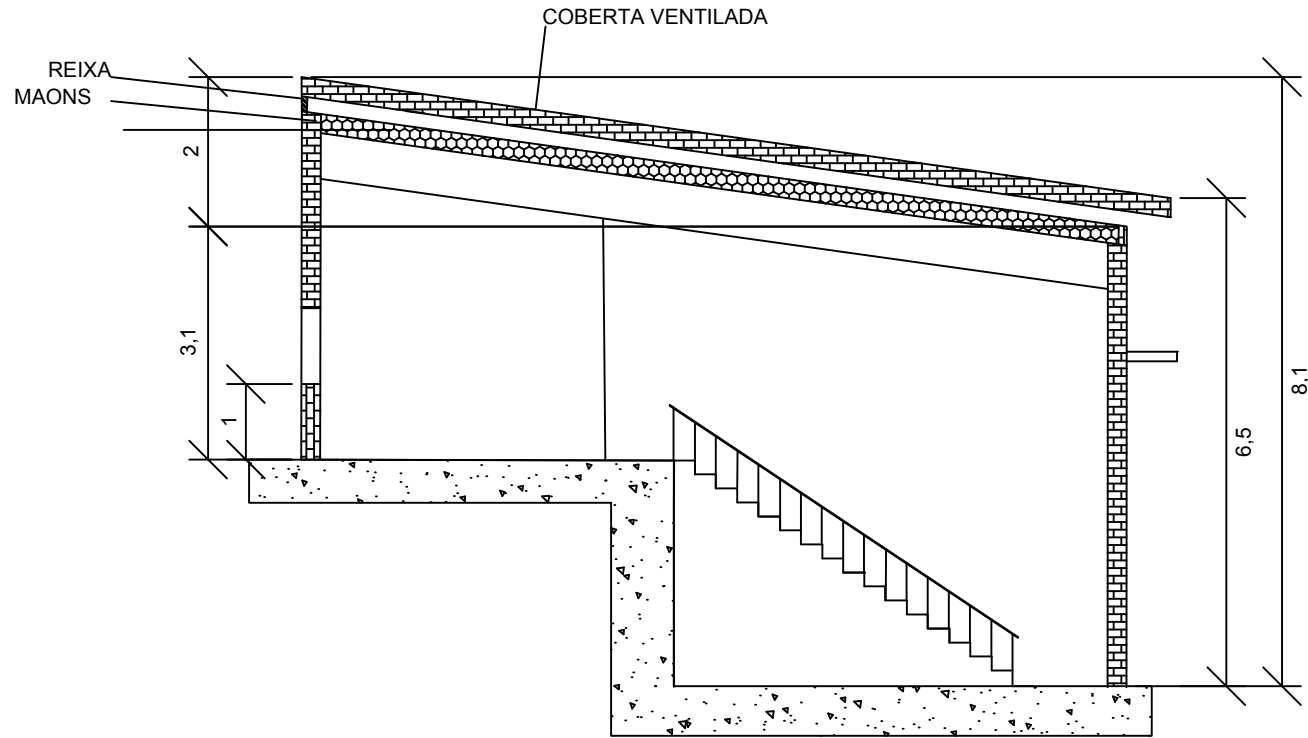


Il·lustració 22: Vista 3D Edificació 3. Secció

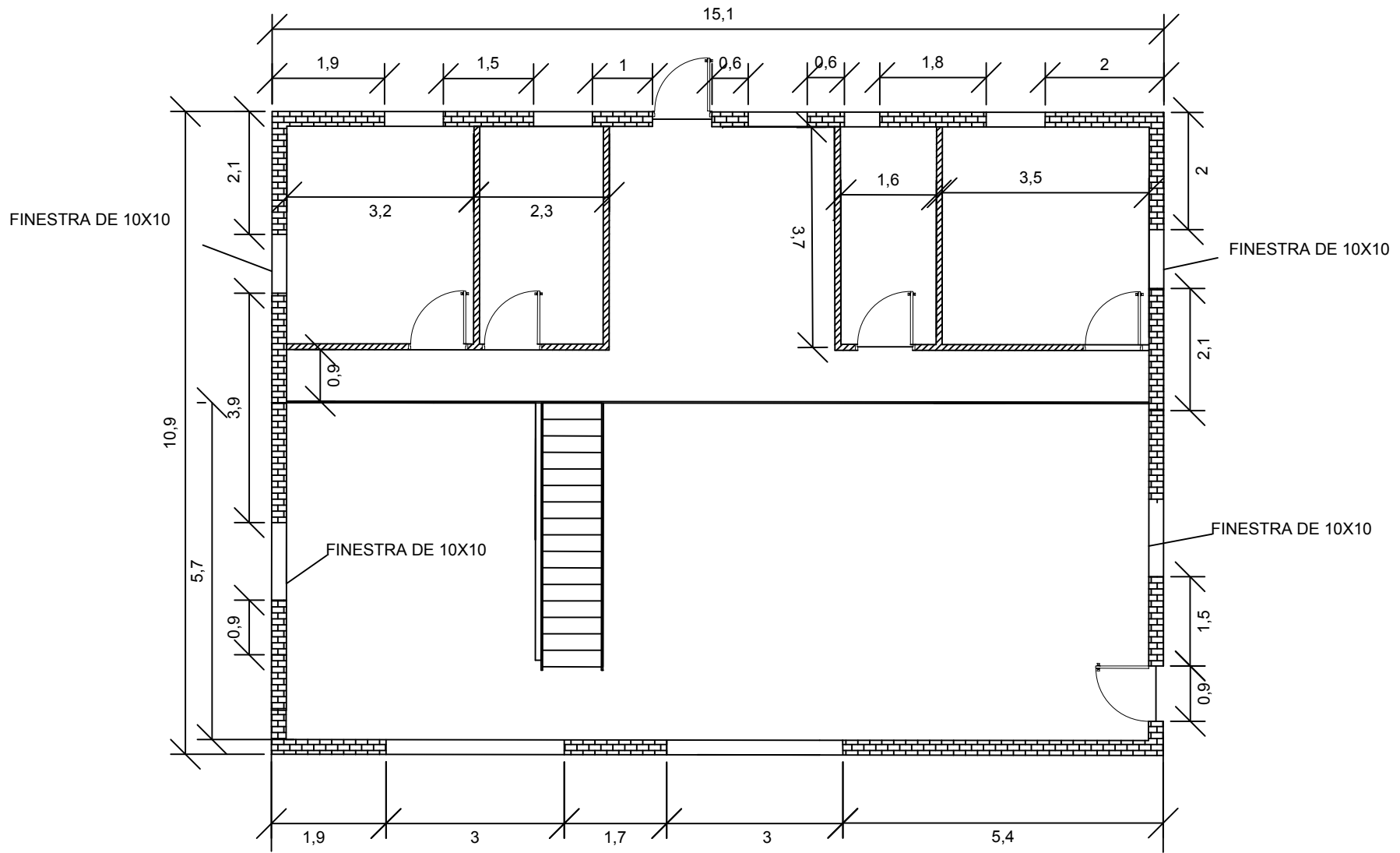


Il·lustració 23: Vista 3D Edificació 3.Nord

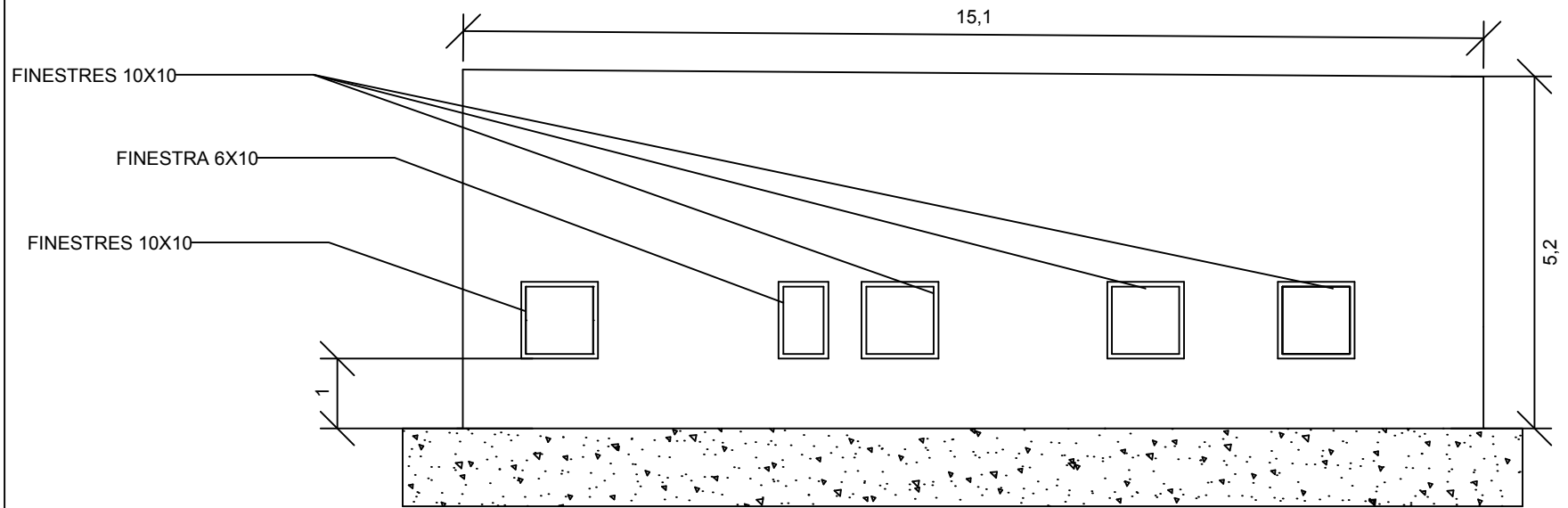
PLÀNOLS



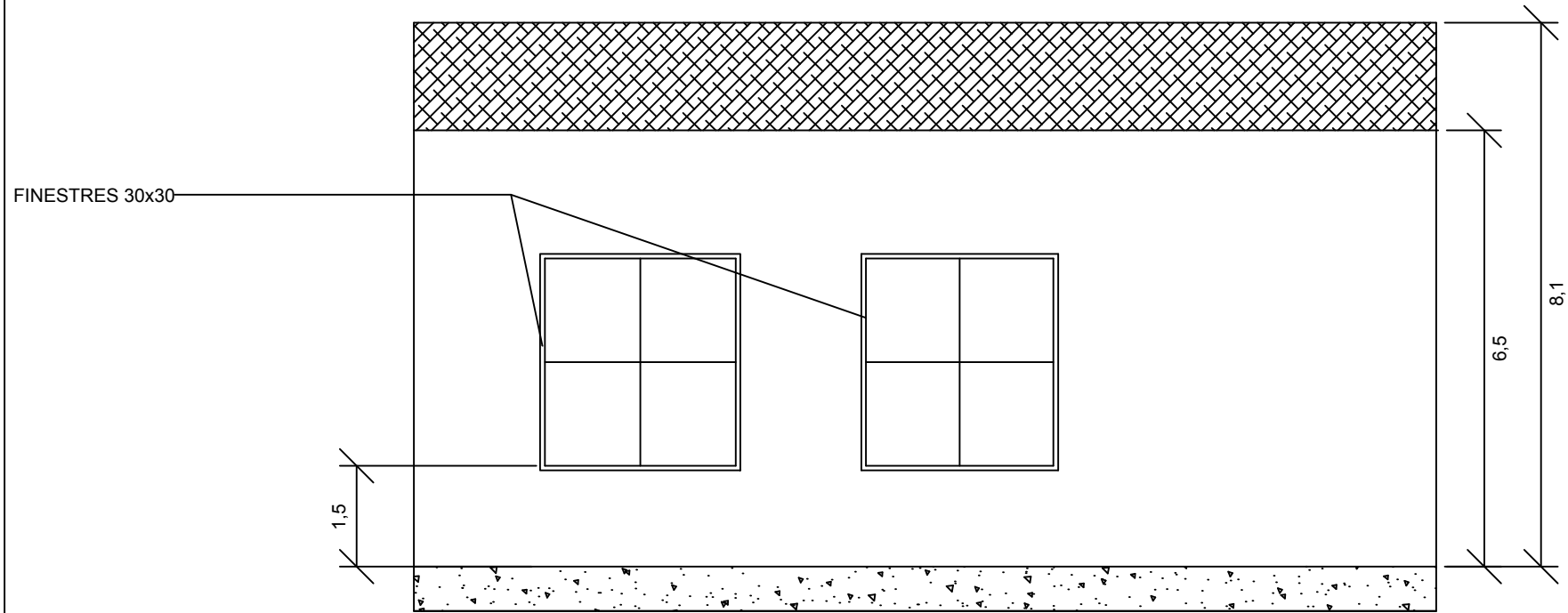
| | | | |
|---------------|----------------|-------|--|
| ESCALA | 1:100. | FECHA | |
| DIBUJADO POR | Anna Rubiralta | HOJA | |
| PLANO: SECCIÓ | | | |




| | | | |
|--------------|----------------|-------|--|
| ESCALA | 1:100. | FECHA | |
| DIBUJADO POR | Anna Rubiralta | HOJA | |
| PLANO: ALÇAT | | | |



| | | | |
|--------------|----------------|-------|--|
| ESCALA | 1:100. | FECHA | |
| DIBUJADO POR | Anna Rubiralta | HOJA | |
| PLANO: ALÇAT | | | |



| | | | | |
|---|------------------------|----------------|-------|--|
|  | ESCALA $\frac{1}{100}$ | 1:100. | FECHA | |
| | DIBUJADO POR | Anna Rubiralta | HOJA | |
| | PLANO: ALÇAT | | | |