



Universitat de Girona
Escola Politècnica Superior

Projecte Final de Carrera

Estudi: Enginyeria Tècnica Mecànica

Títol:

Dimensionament de la instal·lació de climatització d'un edifici de vivendes mitjançant el programa de simulació HvacCad. Estudi comparatiu amb els mètodes tradicionals de càlcul.

Document: Memòria

Alumne: Xavier Serra i Girbau

Director/Tutor: Antoni Márquez Briones

Departament: Eng. Mecànica i de la Construcció Industrial

Àrea: Màquines i motors tèrmics

19 d'abril de 2006

Memòria

1. Introducció	pàg. 3
1.1. Antecedents	pàg. 3
1.2. Objecte	pàg. 5
1.3. Abast	pàg. 5
2. Mètodes de càlcul Aguilar i HvacCad	pàg. 6
2.1. Definició de les càrregues tèrmiques amb el mètode tradicional.	pàg. 6
2.2. Generalitats del full Aguilar	pàg. 8
2.3. Programa HvacCad	pàg. 9
2.4. Mètodes de càlcul HvacCad	pàg. 10
2.5. Diferències entre mètode transitori i mètode dinàmic	pàg. 12
3. Memòria descripció de l'edifici exemple	pàg. 15
3.1. Condicions generals	pàg. 15
3.2. Estructura	pàg. 16
3.3. Descripció tancaments	pàg. 16
3.4. Llistat tancaments	pàg. 17
3.5. Condicions exteriors de l'edifici	pàg. 18
3.6. Condicions interiors de l'edifici	pàg. 19
3.7. Quadre general de superfícies	pàg. 22
4. Introducció de l'edifici al programa HvacCad	pàg. 26
4.1. Mètode d'introducció de l'edifici	pàg. 26
4.2. Dades generals	pàg. 27
4.3. Càrrega d'arxius del projecte	pàg. 28
4.4. Introducció de l'edifici	pàg. 32
4.4.1. Llista de plantes	pàg. 32
4.4.2. Inserció de parets, portes i finestres	pàg. 33
4.4.3. Creació de les zones	pàg. 35
4.4.4. Inserció de les zones a l'edifici	pàg. 36
5. Resultats de la càrrega tèrmica	pàg. 39

5.1. Introducció als resultats de HvacCad	pàg. 39
5.2. Resultats hivern (HvacCad)	pàg. 40
5.2.1. Càrregues tèrmiques	pàg. 40
5.2.2. Evolució de les càrregues de l'edifici	pàg. 43
5.2.3. Evolució dels espais d'un pis (Ratis)	pàg. 44
5.3. Resultats estiu (HvacCad)	pàg. 45
5.3.1. Càrregues de refrigeració	pàg. 45
5.3.2. Evolució de les càrregues de l'edifici	pàg. 47
5.3.3. Evolució de dos pisos	pàg. 48
5.4. Dimensionament de la instal·lació	pàg. 50
5.5. Introducció als resultats del mètode Aguilar	pàg. 51
5.6. Resultats Aguilar	pàg. 51
5.7. Estudi comparatiu	pàg. 52
 6. Conclusions	 pàg. 54
 7. Normativa	 pàg. 56
 8. Bibliografia	 pàg. 57

Plànols

Plec de condicions

Pressupost

Annexes

1. Introducció

1.1 Antecedents

Fa més de deu anys la Unió Europea va redactar i aprovar la directiva SAVE 76/93 amb l'objectiu de reduir les emissions de CO₂ a l'atmosfera com a conseqüència del consum d'energia al sector de l'edificació. Aquesta directiva definia una metodologia per a portar a terme certificacions energètiques, no obstant el desenvolupament del procediment per avaluar aquest impacte ambiental no va ser per igual en tots les estat membres, i en general, la implementació d'aquesta no es va assolir.

Més tard, a l'any 2002 es va acordar una nova directiva més exigent en termes d'eficiència energètica als edificis, la directiva 2002/91/CE, establint-se, a més a més d'uns requisits mínims per normativa (definites per cada estat membre), la qualificació energètica amb caràcter obligatori per edificis d'oficines i centres comercials majors de 1000m².

Les directives europees, com sempre, marquen la direcció, però deixen llibertat als estats i regions per a desenvolupar protocols apropiats a cada realitat, ja que una definició dels límits de consum d'energia massa exhaustiva podria discriminar a països amb climes més severs.

És per això que a Espanya es va començar a redactar el *Código Técnico de la Edificación*. Abans però de que aquesta normativa sortís a la llum, els Govern Basc, ja va començar a realitzar certificacions energètiques.

A Catalunya per la seva banda, també va començar a crear normatives referents a l'eficiència energètica dels edificis, intentant reduir els consums dels nous edificis de construcció.

Finalment el dia 17 de març de 2006, es va aprovar el *Código Técnico de la Edificación* (CTE). Aquest reglament té com a objectiu reduir els consums dels edificis i fer-los més eficients energèticament, entre d'altres coses.

El nou Codi Tècnic substituirà l'obsoleta normativa vigent, que data de l'any 79. Les principals novetats són una nova classificació en zones climàtiques en funció de la

severitat del clima, la incorporació d'equips d'aigua calenta sanitària i la possibilitat d'escollir un dels dos procediments proposats, un basat amb càlcul analítics, i l'altre basat en càlculs computacionals amb el programa LIDER, consistent en comparar la demanda teòrica d'energia amb un edifici de referència.

La qualificació energètica s'avaluarà mitjançant un altre programa informàtic anomenat CALENER i es defineix com "el percentatge de reducció de les emissions de CO₂ de l'edifici objecte quan aquest es compara les emissions de CO₂ d'un edifici de referència.

A Espanya la qualificació energètica afectarà a la totalitat de les construccions. Així doncs serà com un segell de qualitat utilitzat en el mercat.

Els dos programes esmentats anteriorment (LIDER i CALENER) seran de distribució gratuïta, i un enginyer necessita fer un projecte de climatització, haurà de seguir tres passos. Primer amb els seus mètodes de càlcul trobar les càrregues tèrmiques de l'edifici. Segon, utilitzar el programa LIDER per tal de contrastar els valors de consum i per últim executar el programa CALENER per tal de realitzar la certificació energètica.

Per tal de reduir tots aquests passos, estan sortint diferents programes al mercat que intenten ajuntar tots els programes amb un.

El programa que utilitzarem en aquest projecte intenta ajuntar els càlculs amb els consums durant un any, així no hauríem d'utilitzar el programa LIDER, a part que ens facilitarà moltíssim els càlculs que si els féssim amb els mètodes tradicionals, i a més a més els resultats seran més ajustats a la realitat ja que realitza una simulació de les condicions interiors i exteriors durant un any per tal de determinar les càrregues d'hivern i d'estiu.

1.2. Objecte

L'objecte d'aquest treball és doncs el de fer una posta a punt d'un programa de simulació. En el nostre cas el programa s'anomena HvacCad. A partir d'aquest programa trobarem les càrregues tèrmiques d'un edifici de vivendes exemple tant per el hivern com a l'estiu. Paral·lelament a aquests càlculs farem els mateixos però amb un full de càlcul convencional, anomenat Aguilar, així podrem comparar els resultats obtinguts. No realitzarem el càlcul de la instal·lació de climatització, només trobarem la potència màxima dels aparells.

1.3. Abast

En el projecte arribarem fins als següents punts:

- Elaboració del dimensionament de la càrrega tèrmica d'un edifici de vivendes, no farem el disseny, sinó que només arribarem fins a trobar les potències màximes d'hivern i estiu de l'edifici i dels diferents pisos.
- Elaboració d'un informe descriptiu sobre la metodologia i els resultats obtinguts al emprar el programa HvacCad sobre un edifici de 6 vivendes. S'inclourà annex d'estudi comparatiu amb els mètodes tradicionals de càlcul de càrregues tèrmiques.
- S'elaboraran dos pressupostos del cost d'aquest dimensionament amb el diferents mètodes emprats (estàtic i dinàmic). Amb un annex amb el preu total del projecte realitzat.

2. MÈTODES DE CALCUL : AGUILAR I HVACCAD

A continuació trobem la definició dels dos mètodes de treball que utilitzarem en aquest projecte per a la realització de les càrregues tèrmiques. Així com les diferències entre els dos mètodes de càlcul.

Els dos mètodes són un full de càlcul anomenat Aguilar i el programa de simulació HvacCad.

2.1. Definició de les càrregues tèrmiques amb el mètode tradicional

El mètode tradicional utilitzat en el nostre projecte s'anomena Aguilar.

Es tracta d'un full de càlcul que segueix el mètode explicat al *Carrier* per a trobar les càrregues tèrmiques d'un edifici. A continuació tenim una breu explicació de com trobar aquestes càrregues.

Per tal d'entendre amb més claredat el següent punt, cal prèviament definir diferents conceptes:

Calor: Forma d'energia de la qual la temperatura representa la intensitat, la qual, afegida a un cos, és causa de certes modificacions moleculars, canvis de volum, canvis d'estat físic.

Radiació: Acció d'emetre raigs, en el nostre cas de calor

Transmissió de calor: Deixar passar calor a través seu.

Una vegada definits els conceptes anteriors, definirem de manera general el càlcul de les càrrega tèrmica d'un local.

Per a refrigerar un local, s'ha d'introduir fred en aquest, que és el mateix que extreure calor. La calor que hem d'extreure és la mateixa que entra degut a la diferència de temperatures entre l'exterior (més alta) i la interior.

La càrrega tèrmica és el calor per unitat de temps que, per diferents conceptes, entra o es genera en un local quan mantenim en aquest una temperatura inferior a la de l'exterior i una humitat diferent.

El calor que entra com a conseqüència de la diferència de temperatures s'anomena calor sensible i el que entra com a conseqüència de la diferència d'humitats s'anomena calor latent. Tant la càrrega sensible com la latent es deuen a diferents conceptes, els quals hem de calcular separatament. Aquests conceptes són els següents:

Calor degut a la radiació a través de les finestres, claraboies i lluminàries.

Les obertures a l'exterior són un dels principals problemes de pèrdues (hivern) i guanys (estiu) de calor de l'edifici, és per això que cal tenir-los molt en compte i aplicar diferents ratis depenent de la seva orientació

Calor degut a la radiació i transmissió a través de parets i sostres (exterior).

Al igual que el calor de radiació de les obertures, les parets exteriors també reben directament el calor generat pel sol, és molt important saber-ne la seva composició per a saber si tindrà més o menys inèrcia tèrmica.

Calor degut a la transmissió a través de parets i sostres no exteriors.

També és necessari saber el calor de transmissió que tenim a les parets interiors entre diferents habitacions.

Calor sensible degut a les infiltracions d'aire.

Per molt ben aïllat que tinguem un local l'aire exterior ens entrarà, ja sigui per fissures o per finestres obertes, per tant és molt important saber la quantitat d'aire que se'ns va regenerant gràcies a les infiltracions.

Calor sensible generat per les persones que ocupen el local.

Les persones que ocupen un local generen calor sensible i latent degut a l'activitat que realitzen i a que la seva temperatura (uns 37°C) és major que la es vol mantenir el local. Quant parlem del número de persones que ocupen el local, ens referim al número mig de persones que l'ocupen, no a les persones que pot haver-hi en un moment determinat.

Tenim taules a on trobem el calor generat per una persona en diferents condicions (assentat, treballant, passejant...) i diferents temperatures ambientals.

Calor generat per la il·luminació del local.

Depenent del tipus de lluminària que tinguem en un local (incandescent o fluorescent) hem de multiplicar la potència elèctrica per un factor o un altre.

Quan hem parlat del calor generat per les persones i les infiltracions, només hem parlat del calor sensible, també però, cal calcular el calor latent degut a aquests dos fenòmens.

I ja per últim, en el cas que el nostre local tingui ventilació forçada (pot ésser produïda per bombes de calor) per tal de mantenir unes condicions òptimes de l'aire, caldrà tenir en compte el calor sensible i latent de l'aire de ventilació.

Sabent les àrees i coeficients de transmissió de tots els materials podem calcular tots aquests calors. A partir d'aquí podem definir les càrregues sensibles i latent totals del nostre local. I amb aquesta mesura poder dimensionar la instal·lació més adient.

Per tal de simplificar els càlculs, disposem de fulls de càlcul i programes informàtics per tal de facilitar la feina. Els fulls de càlcul són molt fàcils de calcular ja que només has d'omplir unes caselles amb valors del local i et resolts tots els càlculs donant la càrrega tèrmica total. Els programes informàtics demanen una mica més de dedicació però un cop els domines et faciliten molt la feina.

Per resoldre el nostre cas hem utilitzat el programa HvacCad 2004 i per fer l'estudi comparatiu amb els mètodes tradicionals, hem utilitzat el full de càlcul Aguilar.

Per tal d'aprofundir més en el càlcul de càrregues tèrmiques, trobem un annex a on es descriuen les fórmules utilitzades en el cas del nostre full de càlcul, el qual segueix les indicacions del *Carrier*.

2.2. Generalitats del full Aguilar

En el punt anterior hem vist com un full de càlcul et pot calcular les càrregues tèrmiques d'un local.

Així doncs el mètode Aguilar ens calcula el guany per radiació solar de les finestres i parets, el guany per transmissió de parets i vidres i també ens permet entrar diferents tipus de ventilació.

El mètode Aguilar però té unes limitacions que expliquem a continuació. Alhora de definir les temperatures exteriors, el mètode Aguilar et considera que les temperatures exteriors sempre són iguals. En el cas que tinguem dos locals de costat amb temperatures interiors diferents, el full Aguilar no et pot tenir en compte aquesta diferència de temperatures, si que la té però, si el local del costat no està climatitzat. No et permet el càlcul directe del consum del local al llarg de l'any.

I no pots variar les gràfiques de funcionament dels locals, aparells, persones, etc.

2.3. Programa HvacCad

La funció principal d'aquest projecte és el de fer una posta en marxa d'un programa de càlcul de potències tèrmiques, mitjançant una simulació dinàmica.

Això mateix és el que ens permet el nostre programa de càlcul HvacCad, l'altre mètode de càlcul el qual expliquem a continuació de manera general.

HvacCad és un programa produït per l'empresa mc4software. Aquesta empresa Italiana es dedica des de l'any 1982 a la programació de diferent software dedicat a resoldre problemes de climatització i calefacció, diferents programes per calcular terres radiants, etc.

L'últim producte elaborat per aquesta empresa és el pack de programes mc4suite 2004. Aquest pack inclou el programa HvacCad i dos programes més el PipeCad i el FireCad. Amb el conjunt de programes, hom pot realitzar el càlcul de les càrregues tèrmiques d'un edifici i després dissenyar els circuits de climatització, terra radiant i circuit contra incendis.

En el nostre projecte però, només utilitzem el programa HvacCad, ja que la nostre finalitat no és altre, que la de trobar la càrrega tèrmica d'un edifici de vivendes, sense dissenyar cap instal·lació.

HvacCad funciona sobre la base de dibuix Autocad, cosa que fa que sigui molt ràpid l'entrada de plànols de diferents edificis, ja que la majoria de professionals utilitzen aquest programa de dibuix.

Un cop entrat l'edifici (apartat que veurem al capítol 5), el programa ens permet situar-lo a qualsevol població, i entrant diferents valors de les condicions exteriors i interiors de l'edifici, aquest ens calcula les càrregues tèrmiques, d'estiu (càrregues de refrigeració) i d'hivern (càrregues de calor).

Un cop sabem les càrregues tèrmiques (potència màxima) podem dimensionar els aparells que desitgem per a climatitzar el projecte.

2.4. Mètodes de càlcul HvacCad

El programa HvacCad té una base de dades de les temperatures tipus dia.

Aquestes dades no són res més que les temperatures d'un dia tipus de cada mes. O sigui que per el mes de gener sabent les temperatures de cada dia i de cada hora, si féssim una mitjana, trobaríem un dia tipus que tindria les temperatures mitjanes del mes de gener per a totes les hores del dia.

Aquesta és la taula (que veiem a continuació) que té el programa, amb la qual realitza la simulació de l'edifici.

Tabla de temperaturas de días tipo								
	0	1	2	3	4	5	6	7
Enero	-0.1	-0.7	-1.3	-1.8	-2.2	-2.3	-2.0	-1.4
Febrero	1.3	0.7	0.1	-0.4	-0.8	-0.9	-0.6	0.0
Marzo	5.5	4.9	4.3	3.8	3.5	3.3	3.6	4.2
Abril	10.0	9.4	8.8	8.3	8.0	7.9	8.1	8.7
Mayo	14.6	14.0	13.4	12.9	12.5	12.4	12.7	13.3
Junio	18.5	17.9	17.3	16.8	16.5	16.4	16.6	17.2
Julio	22.2	21.6	21.0	20.5	20.1	20.0	20.2	20.8
Agosto	21.3	20.7	20.1	19.7	19.3	19.2	19.4	20.0
Septiembre	18.2	17.6	17.0	16.6	16.2	16.1	16.3	16.9
Octubre	12.6	12.0	11.4	10.9	10.6	10.4	10.7	11.3
Noviembre	6.5	5.9	5.3	4.8	4.4	4.3	4.6	5.2
Diciembre	1.5	0.9	0.3	-0.2	-0.6	-0.7	-0.5	0.1

Per a calcular aquesta taula el programa fa servir el sistema *ASHRAE FUNDAMENTALS 1985*, 26.7.

Aquest mètode utilitza la següent fórmula de càlcul:

$$T_{bsh} = T_{bsp} - \frac{p_h}{100} \cdot \Delta T_{bs}$$

A on

T_{bsh} [°C] = temperatura del bulb sec exterior estival a la hora h

T_{bsp} [°C] = temperatura de bulb sec exterior estival del projecte

p_h [%] = percentatge de variació diària a la hora h

ΔT_{bs} [°C] = variació diària

El valor de p_h a les diferents hores del dia s'ofereixen a la taula 1, ASHRAE FUNDAMENTALS 1985, 26.7.

h	p_h		h	p_h		h	p_h		h	p_h
1	87		7	93		13	11		19	34
2	92		8	84		14	3		20	47
3	96		9	71		15	0		21	58
4	99		10	56		16	3		22	68
5	100		11	39		17	10		23	76
6	98		12	23		18	21		24	82

Taula 1

Un cop tenim les dades exteriors el programa et permet calcular les càrregues tèrmiques de l'estiu i del hivern i trobar les pèrdues hivernals.

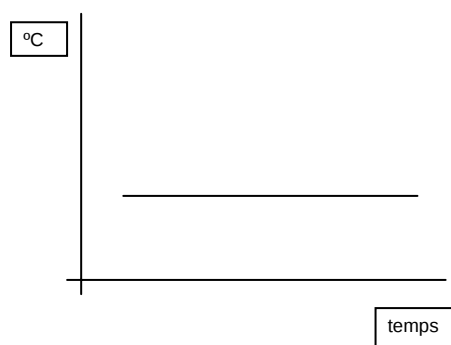
Per a calcular les pèrdues hivernals u efectua segons la norma *UNE 12831*, mentre que les càrregues tèrmiques són calculades segons *ASHRAE 1993*, mètode *TFM* (*Transfer Function Method*).

2.5 Diferències entre mètode transitori i mètode dinàmic

Fins ara hem definit els dos mètodes actuals de càlcul de les càrregues tèrmiques, l'estàtic o transitori i el dinàmic. Veiem ara doncs, els trets diferencials d'aquests dos mètodes pera poder entendre més bé perquè s'estan introduint mètodes dinàmics al mercat.

Bàsicament trobem dues diferències fonamentals en els dos càlculs que expliquem a continuació:

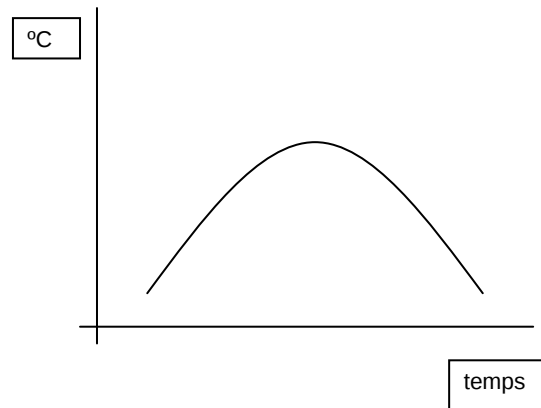
La primera diferència és degut a les temperatures exteriors i interiors. En el càlcul transitori alhora de definir una temperatura exterior, agafem una mateixa temperatura constant al llarg del dia (imatge 1), seria una mitjana de les temperatures mínimes exteriors en el cas del hivern i la mitjana de les temperatures màximes a l'estiu.



Imatge 1: Temperatura constant en mètode estàtic

En el cas de l'estudi dinàmic aquestes temperatures segueixen una corba al llarg del dia (imatge 2). Són aproximadament les temperatures mitjanes durant un dia, en el nostre programa utilitzem una taula anomenada temperatura dels dies tipus. Aquestes dades tenim dos mètodes per trobar-les:

- La una seria disposar d'una base de dades de 20 o més anys amb totes les temperatures hora per hora, de la població que estudiem, aquest és el cas d'Estats Units.
- L'altre manera, a falta d'aquestes dades fonamentals, és la d'aplicar fórmules per a trobar aquestes temperatures, en el nostre cas el programa utilitza el sistema *ASHRAE FUNDAMENTALS 1985, 26.7*. explicat en el punt anterior.



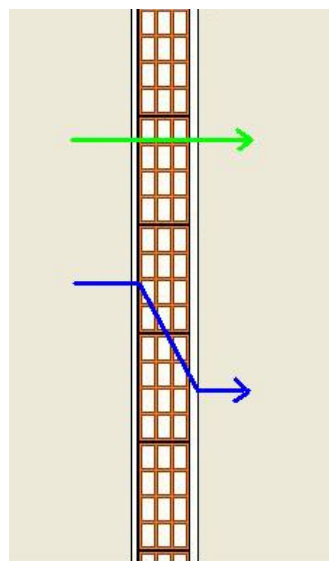
Imatge 2: Temperatura variant en mètode dinàmic

Aquest primer tret diferencial es molt important ja que el cas de l'estudi dinàmic és molt més exacte en el càlcul de les temperatures, a més a més el programa pot jugar amb aquest fet i saber com es va escalfant l'edifici al llarg del dia i com es torna a refredar a la nit. Així un programa podria realitzar la corba de consum de l'edifici al llarg del dia.

L'altre tret diferencial important és el factor d'inèrcia tèrmica de l'edifici.

Per entendre aquest terme posem un exemple:

Imaginem una paret com la de l'esquema (imatge 3) a on la temperatura exterior és superior que la de dins (estiu).



Imatge 3: Com entra el calor a dins els edificis en cas transitori i en cas dinàmic

La línia verda representaria el cas transitori o estàtic i la blava el cas dinàmic.

El mètode estàtic diu que el calor que entra de l'exterior al interior de la paret és el mateix que surt cap a dins el local, per això la línia seria recte.

No obstant el sistema dinàmic, no considera aquest fet, ja que les parets absorbeixen part d'aquest calor, per això s'escalfen, i el calor entra seguint una línia en diagonal, de manera que si a fora durant poca estona hi ha molta calor per entrar, depenent del coeficient de transmissió de la paret pot ser que aquest calor no tingui temps d'entrar a dins al local. Aquest fet s'anomena inèrcia tèrmica.

El cas transitori la té en compte i el dinàmic si.

Per a resoldre el cas estàtic utilitzem les fórmules explicades a l'annex de càrregues tèrmiques. La resolució en el cas dinàmic s'efectua a partir d'equacions de transferència que té introduïdes el programa de càlcul.

Aquets dos trets són els més significatius pel que fa a les diferències entre els dos mètodes de càlcul que utilitzem en aquest projecte.

3. DESCRIPCIÓ DE L'EDIFICI EXEMPLE

A continuació trobem les característiques generals de l'edifici exemple triat per a la realització de les càrregues tèrmiques, objecte del projecte.

3.1. Condicions generals

La tipologia de l'edifici triat per a fer el projecte, és el de parets entre mitgeres, amb un planta baixa a nivell de carrer a on s'hi troben els garatges, entrada als habitatges i dos locals comercials. Per sobre la planta baixa hi han dues plantes més (planta primera i planta segona) amb tres habitatges cadascuna. Els habitatges de la planta segona tenen com a annex l'espai més alt de sota coberta, que es pot utilitzar com a espais auxiliars dels respectius habitatges de la planta inferior, amb accés particular mitjançant escala interior individual.

L'entrada general de l'edifici és mitjançant una porxada per donar un millor accés a l'edifici des del carrer, amb una única escala situada al mig de l'edifici conjuntament amb la previsió d'un espai per ubicar-hi un futur ascensor.

A la planta primera hi han dos habitatges idèntics i simètrics, amb obertures al carrer i al pati d'illa i amb les següents dependències: Rebedor, sala-menjador-cuina, tres dormitoris, un bany complet i un bany auxiliar, amb un balcó a la façana principal i una terrassa posterior aprofitant els sostre de la construcció auxiliar (garatges) al pati d'illa. El tercer habitatge disposa només d'obertures a la façana principal amb les dependències següents: Sala-menjador-cuina, dos dormitoris i un bany complet.

La planta segona és similar a la primera amb la diferència que tots els habitatges tenen un espai sota coberta, sense distribució, que s'hi accedeix mitjançant escales interiors, i els habitatges simètrics no disposen dels banys auxiliars.

Totes les dependències principals dels habitatges s'il·luminen i ventilen directament de l'exterior, a excepció dels banys que es ventilen mitjançant conductes forçats mecànicament.

Les cuines integrades a la sala-menjador, van equipades amb mobiliari baix i alt mínimament necessari, amb la corresponent aigüera i la pre-instal·lació dels rentaplats.

Tots els habitatges disposen com a mínim d'un bany complet, equipats amb un lavabo, un inodor, un bidet i una banyera o plat de dutxa, i els banys auxiliars només disposen d'un inodor i un lavabo.

3.2. Estructura

El sistema constructiu utilitzat, és el d'estructura de pòrtics paral·lels al carrer, amb pilars i jàsseres de formigó armat, forjats unidireccionals perpendiculars amb biguetes prefabricades semiresistents, revoltó ceràmic i capa de compressió.

3.3. Descripció tancaments

Els tancaments de les façanes són de doble paret de fàbrica amb un gruix de 15cm la paret que dona a l'exterior i de 10cm la del interior, amb aïllament al mig formant un gruix aproximat de 30cm, amb acabat arrebossat i pintat exteriorment i enguixat i pintat interiorment.

Els tancaments practicables, tant exteriors com interiors, són de fusta, amb doble envidrament i cambra d'aire, amb persianes enrotllables de PVC.

Les divisions interiors són amb envans de 6 a 7cm de gruix de maó foradat per a revestir, enguixades i pintades, exceptuant els banys i les cuines, que estan enrajolats fins a 1,80m. Les divisions entre habitatges és amb paret de maó calat de 15cm de gruix.

Els elements practicables interiors (portes) són de fusta.

Els paviments interiors dels habitatges són de gres esmaltat.

3.4. Llistat de tancaments

A continuació trobem un resum de tots els tancaments utilitzats al projecte amb les seves K's (coeficient de transmissió) corresponents extrems del programa HvacCad:

Element	Composició	k
Paret de 15cm	Enguixat	1,7 W/m ² °C
Gruix: 15cm	Maó calat	
	Enguixat	
Paret de 8cm	Enguixat	2,25 W/m ² °C
Gruix: 8cm	Maó foradat	
	Enguixat	
Tancament de vidre	Vidre	3,27 W/m ² °C
Gruix: 2cm	Capa aire	
	Vidre	
Paviment sobre terreny	Formigó	1,025 W/m ² °C
Gruix: 30cm	Ciment no airejat	
	Ciment amb formigó	
	Gres	
Teulada	Teula	1,664 W/m ² °C
	Formigó	
	Bloc Forjat	
	Enguixat	
Paret exterior	Arrebossat	0,455 W/m ² °C
Gruix: 30cm	Maó foradat	
	Morter de ciment	
	Aïllament	
	Maó foradat	
	Enguixat	

Forjat entre plantes	Gres	1,59 W/m ² °C
Gruix: 30cm	Ciment	
	Formigó	
	Bloc forjat	
	Enguixat	
Finestres	Doble vidre	4,63 W/m ² °C
Porta exterior	Fusta	8,14 W/m ² °C
Gruix: 10cm		
Porta interior	Fusta	8,14 W/m ² °C
Gruix: 5cm		

3.5. Condicions exteriors de l'edifici

Per a fer l'estudi tèrmic de l'edifici hem considerat que aquest es troba a la ciutat de Barcelona. En realitat l'edifici no es troba en aquesta ciutat, però per a poder fer un càlcul el més ajustat possible, hem hagut de canviar d'ubicació l'edifici perquè el programa HvacCad només tenia la base de dades de temperatures de la ciutat de Barcelona, en tot el territori català.

Per a fer el càlcul amb el mètode estàtic (tradicional, amb fulles de càlcul) també hem considerat que l'edifici es trobava a Barcelona, i hem posat les condicions exteriors que ens donava el programa.

Així doncs les condicions exteriors del projecte són les següents:

Dades climàtiques	
Ciutat	Barcelona (Prat)
Altitud	8 m
Latitud	41°
Longitud	-2°
Meridià de referència	-15°

	Unitats	Hivern	Estiu
Temperatura exterior b.s.	°C	0	29
Temperatura exterior b.h.	°C	-1	23
Humitat relativa	%	81	61
Variació tèrmica diària	°C		8
Factor de nuvolositat	0.85 - 1		0,85
Reflectivitat del terreny circumdant	0 - 1		0,2

3.6. Condicions interiors de l'edifici

Alhora de definir les condicions interiors del nostre edifici, el programa, ens fa definir diferents zones a climatitzar. Una zona està determinada per tenir una mateixa temperatura interior igual a tot arreu. Dins les zones trobem diferents espais, els quals serien les diferents habitacions que componen el nostre edifici.

Seguint aquestes pautes en el nostre projecte hem definit 9 zones diferents, que són les següents:

Zona no climatitzada

Local comercial 1

Local comercial 2

Habitatge 1

Habitatge 2

Habitatge 3

Habitatge 4

Habitatge 5

Habitatge 6

D'aquestes nou zones els dos locals comercials tenen les mateixes característiques i tots els habitatges també tenen iguals condicions.

Els locals comercials tenen com a característica, que no cal tenir en compte les infiltracions de l'aire exterior, la raó per la qual no les tenim en compte és que, al ser una botiga, hi ha d'haver una renovació de l'aire forçat, en el nostre cas u fem amb fancoils.

Així al tenir aquestes renovacions augmentem la pressió del interior del local i degut a la diferència de pressions entre el interior i l'exterior del local, no tenim infiltracions d'aire.

Les condicions d'aquesta zona són les següents:

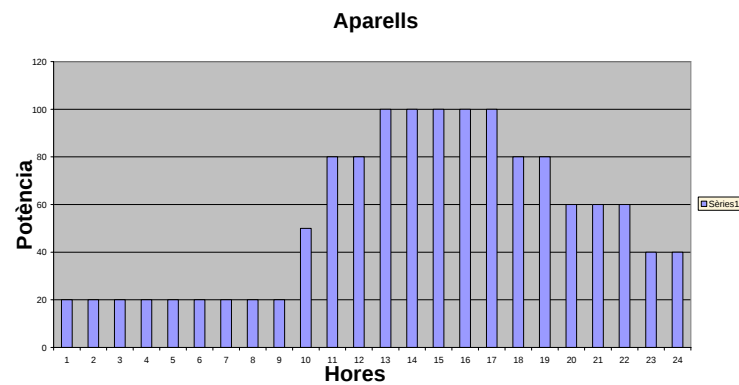
Descripció	Locals comercials 1 i 2	
Temperatures	Hivern	21 °C
	Estiu	24 °C
	Diferència (±)	1 °C
Humitat	Hivern	55%
	Estiu	50%
	Diferència (±)	10%
Ocupació	4 persones	

La zona habitatges, fa referència als 6 pisos de l'edifici. Les condicions de l'aire interior seran les mateixes que els del local comercial només que no disposarem de renovació forçada d'aire. Per tant en aquest cas direm al programa que ens tingui en compte les infiltracions d'aire exterior degut als tancaments. Les condicions interiors són les següents:

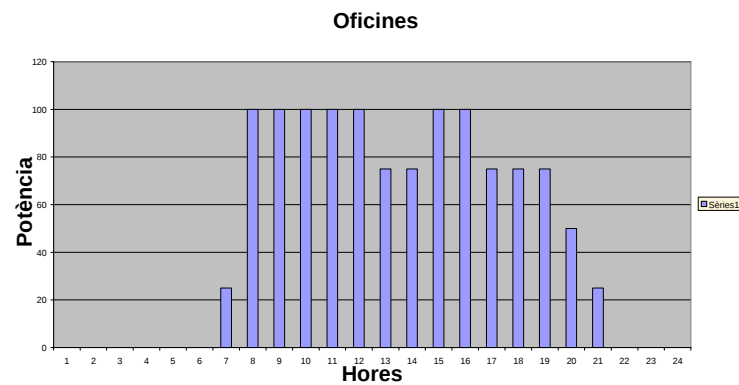
Descripció	Habitatges 1, 2, 3, 4, 5 i 6	
Temperatures	Hivern	21 °C
	Estiu	24 °C
	Diferència (±)	1 °C
Humitat	Hivern	55%
	Estiu	50%
	Diferència (±)	10%
Ocupació	4 persones	

Una última condició interior és l'horari de funcionament d'aquestes zones (l'horari d'il·luminació, el codi d'utilització del sistema...). En el nostre cas hem agafat els següents horaris:

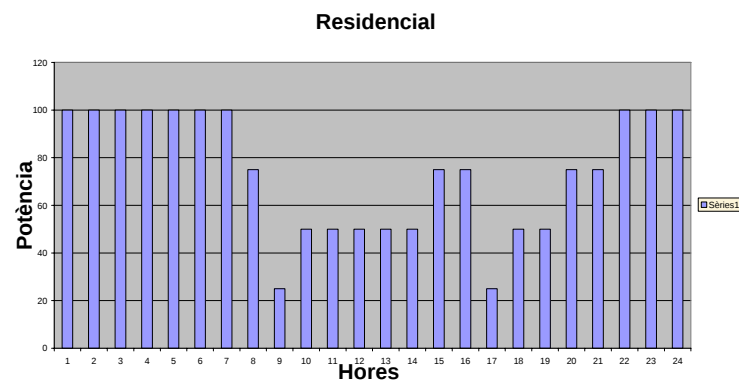
Utilització Aparells de climatització:



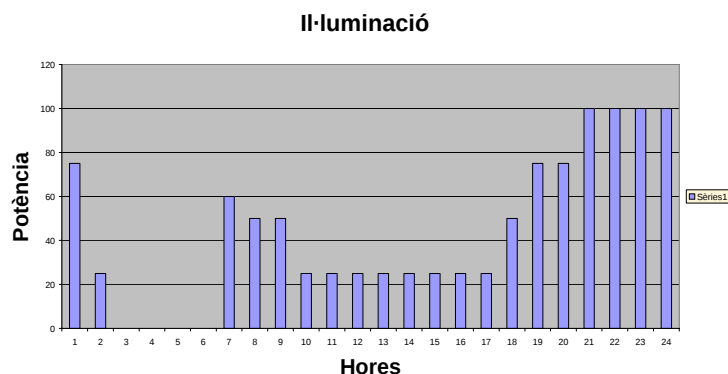
Horari utilització oficines:



Ocupació habitatges:



Horari utilització il·luminació:



Gràcies a les dades anteriors el programa HvacCad ens pot fer una simulació de les condicions exteriors i interiors i calcular les càrregues tèrmiques durant un any. I a partir d'aquestes donar la potència total de l'edifici.

3.7. Quadre general de superfícies

Superfície del solar 766,26 m²

Superfícies útils

PLANTA BAIXA	Entrada	26,75 m ²
	Garatge 1	21,00 m ²
	Garatge 2	21,00 m ²
	Garatge 3	21,00 m ²
	Garatge 4	21,00 m ²
	Garatge 5	21,00 m ²
	Garatge 6	21,00 m ²
	Local comercial 1	45,15 m ²
	Local comercial 2	71,60 m ²
	Porxada	22,70 m ²

PLANTA PRIMERA	Vestíbul de l'escala	13,74
----------------	----------------------	-------

Habitatge 1	Rebedor	6,12 m ²
-------------	---------	---------------------

		Sala-menjador	24,06	m²
		Cuina	6,51	m²
		Distribuïdor	3,01	m²
		Bany	4,83	m²
		Lavabo	2,65	m²
		Dormitori 1	9,06	m²
		Dormitori 2	6,46	m²
		Dormitori 3	11,16	m²
		Sup. útil interior	73,86	m²
		Total sup. útil	73,86	m²
	Habitatge 2	Rebedor	6,12	m²
		Sala-menjador	24,06	m²
		Cuina	6,51	m²
		Distribuïdor	3,01	m²
		Bany	4,83	m²
		Lavabo	2,65	m²
		Dormitori 1	9,06	m²
		Dormitori 2	6,46	m²
		Dormitori 3	11,16	m²
		Sup. útil interior	73,86	m²
		Total sup. útil	73,86	m²
	Habitatge 3	Rebedor	3,60	m²
		Sala-menjador	25,90	m²
		Cuina	6,66	m²
		Bany	4,90	m²
		Dormitori 1	11,19	m²
		Dormitori 2	11,18	m²
		Sup. útil interior	63,43	m²
		Total sup. útil	63,43	m²
PLANTA SEGONA	Vestíbul de l'escala		13,74	m²
	Habitatge 4	Rebedor	3,51	m²

	Sala-menjador	27,06 m ²
	Cuina	6,51 m ²
	Distribuïdor	3,01 m ²
	Bany	4,83 m ²
	Sala-estudi	9,06 m ²
	Dormitori 1	6,46 m ²
	Dormitori 2	11,16 m ²
	Dormitori 3	23,70 m ²
	Sup. útil interior	95,30 m ²
	½ sup. Útil exterior	1,20 m ²
	Total sup. útil	96,50 m²
Habitatge 5	Rebedor	3,51 m ²
	Sala-menjador	27,06 m ²
	Cuina	6,51 m ²
	Distribuïdor	3,01 m ²
	Bany	4,83 m ²
	Lavabo	9,06 m ²
	Dormitori 1	6,46 m ²
	Dormitori 2	11,16 m ²
	Dormitori 3	23,70 m ²
	Sup. útil interior	95,30 m ²
	½ sup. Útil exterior	1,20 m ²
	Total sup. útil	96,50 m²
Habitatge 6	Rebedor	28,56 m ²
	Sala-menjador	6,12 m ²
	Cuina	4,90 m ²
	Bany	11,19 m ²
	Dormitori 1	11,18 m ²
	Dormitori 2	30,20 m ²
	Sup. útil interior	92,15 m ²
	Total sup. útil	92,15 m²

Superfícies construïdes

Planta Baixa	Garatges i locals	319,65 m ²
Planta Primera	Habitatges	264,80 m ²
Planta Segona	Habitatges	267,20 m ²
Planta golfes	Locals annexes	99,30 m ²
TOTAL SUPERFÍCIE CONSTRUÏDA		950,95 m ²

Per a completar la memòria disponible cal mirar el document de plànols a on surten detallades les plantes i façanes de l'edifici.

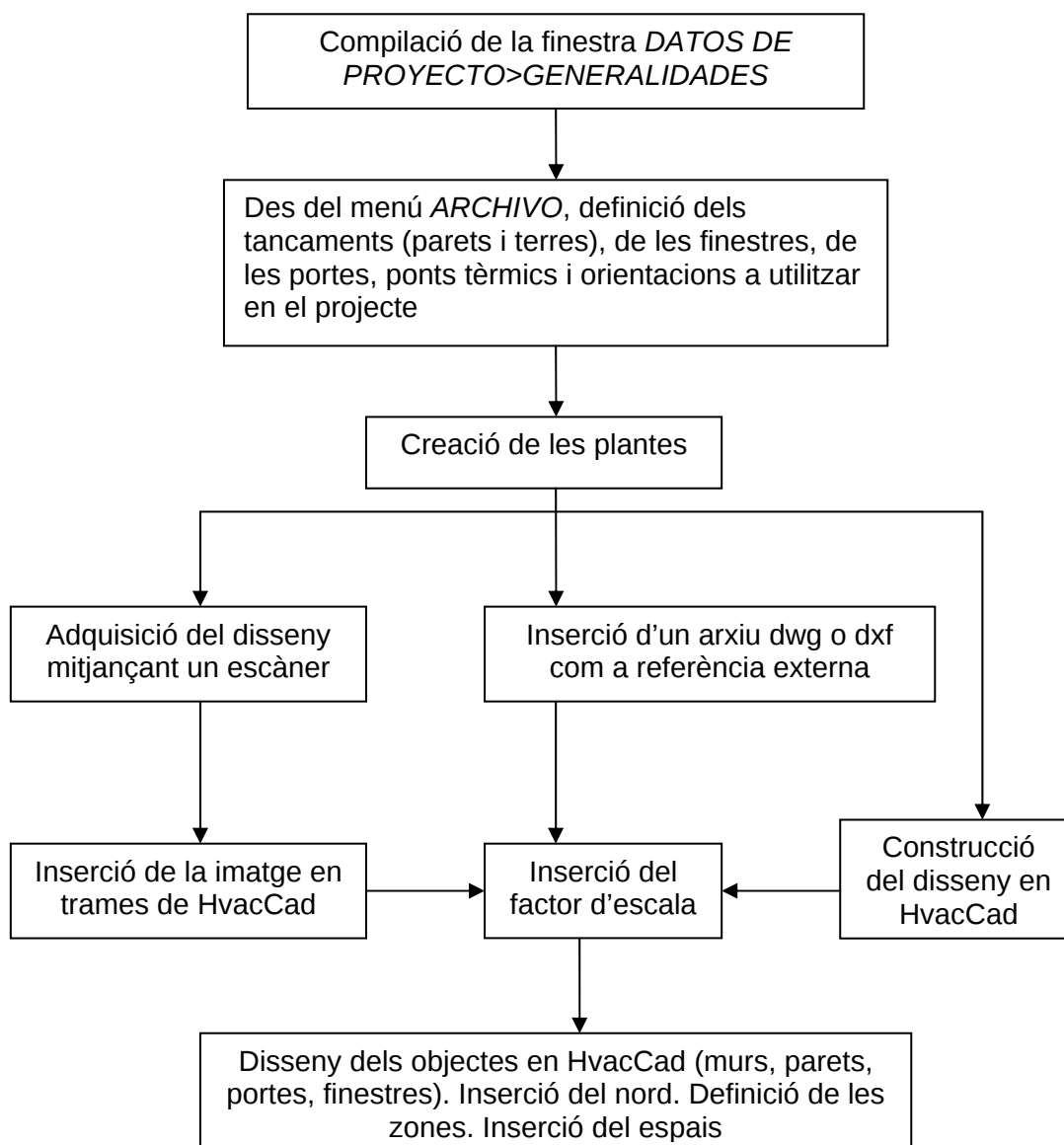
4. INTRODUCCIÓ DE EDIFICI AL PROGRAMA HVACCAD

4.1 Mètode introducció de l'edifici

Alhora d'introduir les dades del nostre projecte al programa HvacCad hem de seguir uns passos determinats per a obtenir els resultats.

El següent diagrama de flux intenta explicar de manera general els diferents passos a seguir per a introduir un edifici:

MODELAT DE L'EDIFICI



4.2 Dades generals

Tal i com mostra el diagrama de flux, el primer pas serà omplir les dades climatològiques de la zona:

DATOS DEL PROYECTO > GENERALIDADES

A la finestra (imatge 4) que apareix, inserirem la localitat del projecte, en el nostre cas Barcelona.

Datos generales y climáticos	
Ciudad de proyecto: BARCELONA (PRAT)	
[Carga] [Archivo Ciudades]	
Datos generales Datos climáticos	
Datos de la localidad	
Ciudad	BARCELONA (PRAT)
Altitud s.n.m (m)	8
Longitud [DEG] :	-2.3
Latitud [DEG] :	41.18
Longitud al meridiano de referencia [DEG] :	-15
Temperatura	
Invierno	
Temp. externa b.s. [°C]	0.1
Temp. externa b.h. [°C]	-0.9
H.R. [%] :	80.795
Verano	
Temp. externa b.s. [°C]	29.3
Temp. externa b.h. [°C]	23.3
H.R. [%] :	60.716
Cálculo H.R.	
Variación de temperatura [°C]	8.4
Factor de nubosidad [0.85-1.25] :	0.85
Reflectividad del terreno circundante [0-1]	0.2
Hora legal	
Mes inicial (n) :	4
Mes final (n) :	10
[OK] [Help] [Cancelar]	

Imatge 4: Dades generals edifici

Se'ns ompliran les caselles de temperatures que utilitza el programa per el càlcul de càrregues.

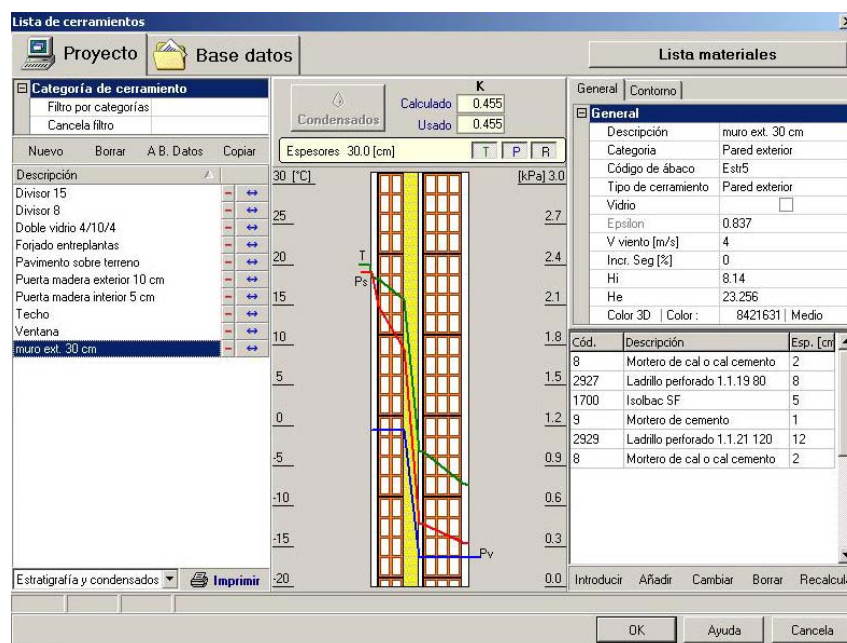
4.3 Càrrega d'arxius del projecte

Després d'haver carregat les dades climatològiques de la ciutat del projecte, carregarem els arxius necessaris per el projecte: estructura (tancaments exteriors i interiors), finestres, portes, orientacions; necessaris per el càlcul de les càrregues tèrmiques.

A través de l'acció:

ARCHIVOS > CERRAMIENTOS

Accedim a la pantalla de dades dels tancaments del projecte (imatge 5).



Imatge 5: Tancaments

El programa disposa d'una extensa base de dades a on trobem tot tipus de tancaments, també podem crear qualsevol tipus de tancament i el programa ens calcula automàticament la k (coeficient de transmissió) del tancament. El programa disposa de una base de dades amb tot tipus de material per a crear tancaments.

En el nostre projecte hem inserit els següents tancaments:

- Paret exterior ($k = 0,455 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)
- Paret interior de 15cm ($k = 1,7 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)
- Paret de 8cm ($k = 2,25 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)
- Tancament de vidre ($k = 3,27 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

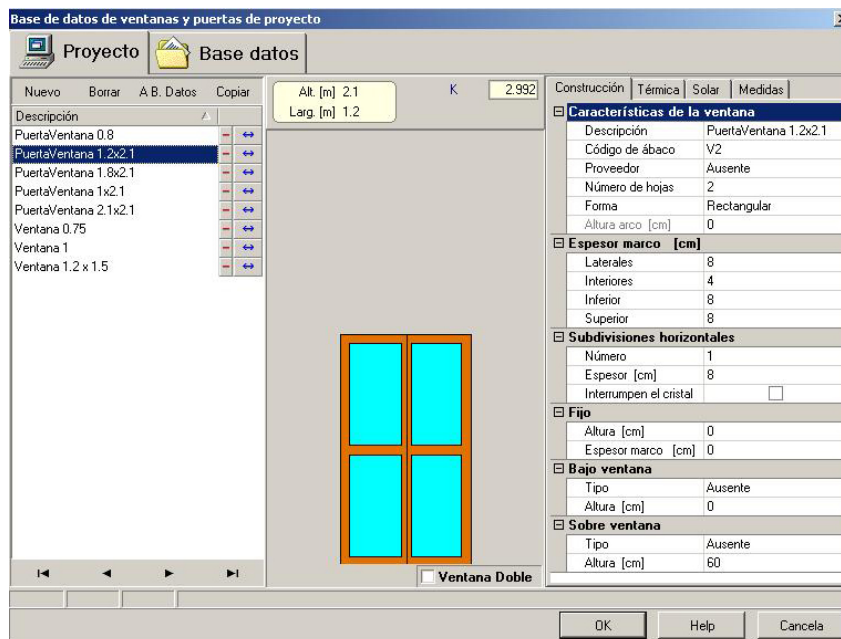
- Paviment sobre terreny ($k = 1,025 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)
- Forjat entre plantes ($k = 1,59 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)
- Teulada ($k = 1,664 \text{ W/m}^2 \text{ } ^\circ\text{C}$)

Seguidament inserirem totes les finestres del nostre projecte, en el nostre cas haurem de crear varies finestres, per a fer-ho seguirem els següents passos:

ARCHIVOS > VENTANAS

Accedim a la finestra de creació de finestres (imatge 6).

Polsem sobre el botó <Nueva> i escrivim el nom de la nostre finestra, després accedim als camps de *Construcción*, *Térmica*, *Solar*, *Medidas* i omplim tots els camps. En el camp *Solar*, diem si la finestra té persiana o no i calculem el factor de transparència, molt important ahora del càlcul tèrmic.



Imatge 6: Creació de finestres

Les finestres utilitzades tenen la mateixa composició de doble vidre i una $k=4,63 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$, amb les següents mides:

- Finestra de 0,8x1,2 (amplada x alçada, en metres)
- Finestra de 1x1,2
- Finestra de 1,2x1,5
- Porta finestra de 0,8x2,1
- Porta finestra de 1,2x2,1
- Porta finestra de 1,8x2,1
- Porta finestra de 1x2,1
- Porta finestra de 2,1x2,1

Hem considerat que les finestres tenen un factor d'ombra de 0,52, considerem que tenim persianes.

Després de les finestres entrem els diferents tipus de portes amb el mateix mètode. Les portes utilitzades en el projecte són les següents:

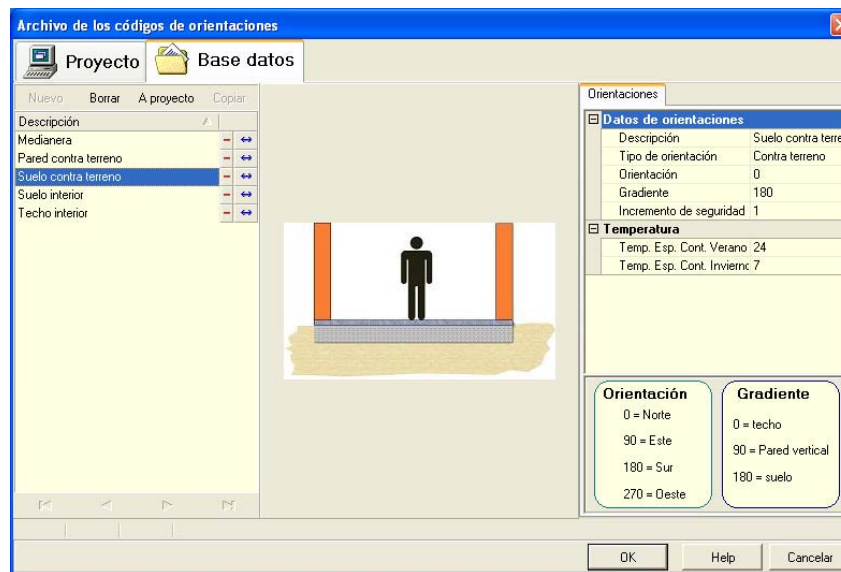
- Porta exterior de 0,8x2,1 (amplada x alçada, en metres)
- Porta de garatge de 2,4x2,5
- Porta interior de 0,8x2,1
- Porta interior doble de 1,6x2,1

El coeficient de transmissió de les portes és de $k=8,14 \text{ W/m}^2 \text{ }^\circ\text{C}$.

Abans de començar a dibuixar les diferents plantes del nostre edifici ens falta una última cosa molt important, les orientacions, aquest paràmetre és el que ens permetrà dir si una paret està semi enterrada, enterrada, etc.

En el nostre cas només inserirem l'orientació de *suelo contra terreno* per a la planta Baixa (Imatge 7).

ARCHIVOS > ORIENTACIONES



Imatge 7: Orientacions

4.4 Introducció de l'edifici

4.4.1 Llista de plantes

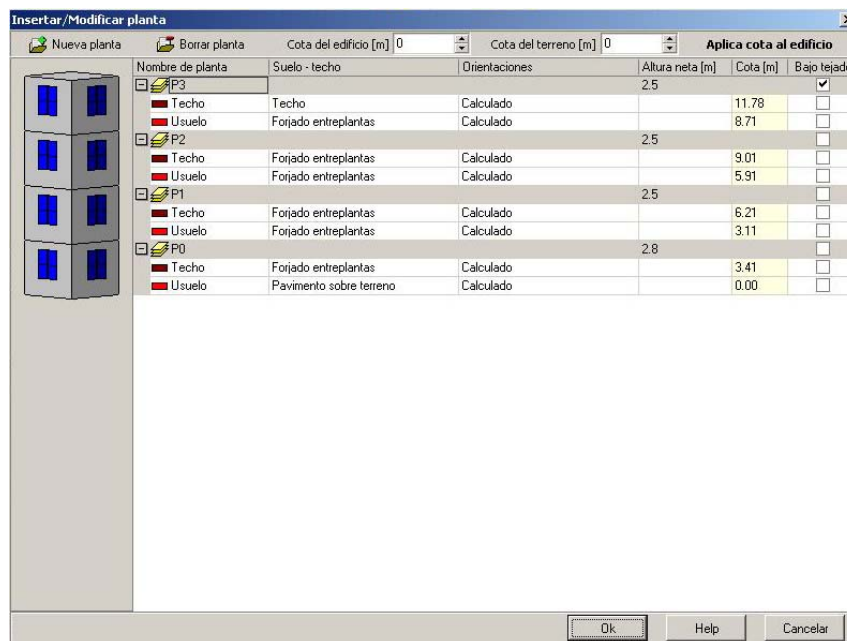
A partir d'aquí ja podem començar a crear el nostre edifici, el proper pas serà definir el número de plantes de l'edifici, amb les cotes corresponents.

Mitjançant la comanda:

DATOS DE PROYECTO > LISTA DE PLANTAS

Accedim a la finestra de gestió de plantes de l'edifici (Imatge 8). El nostre edifici està construït per una planta baixa, planta primera, planta segona i planta golfes.

Anem afegint les diferents plantes amb la seva altura i tipus de forjat corresponent.



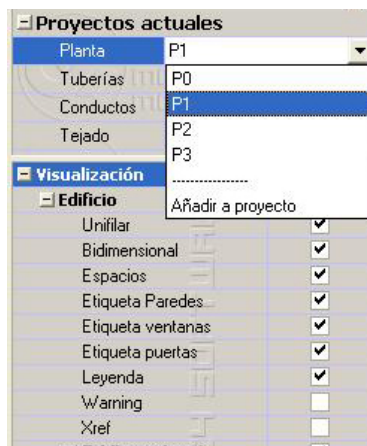
Imatge 8: Llistat de plantes

La planta baixa té una altura neta de 2,8metres, la primera i la segona i la planta golfes tenen una altura neta de 2,5metres.

Ara el programa ens ha creat quatre capes a on anirem treballant i inserint les parets, portes, finestres i espais.

Com hem vist en el diagrama de flux anterior, es possible construir l'edifici de varies maneres. En el nostre cas ja disposem dels plànols en AutoCad, per tant importarem aquests arxius i els farem servir de plantilla.

Abans d'inserir qualsevol plànol ens hem d'assegurar que estem treballant en la capa desitjada, des del menú lateral del programa podem triar la planta en la que treballem (imatge 9).



Imatge 9: Canvi de plantes

Un cop hem inserit tots els plànols a les plantes corresponents i hem posat l'escala dels plànols correcte podem començar a dibuixar a sobre d'aquesta plantilla.

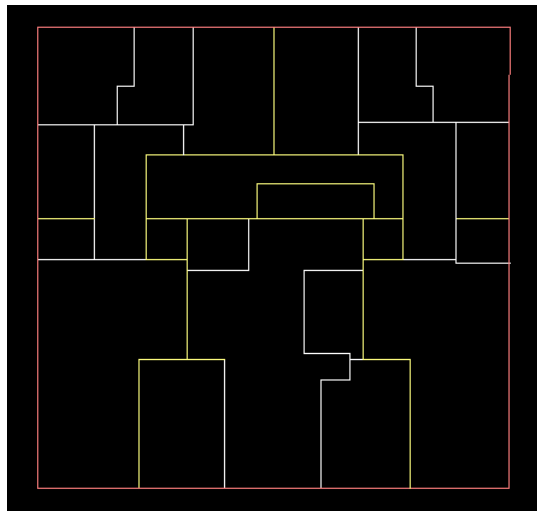
4.4.2. Inserció de parets, portes i finestres

Comencem inserint les parets de l'edifici:

MC4 SUITE > EDIFICIO > TRANSFORMA LINEA EN PARED

L'execució d'aquesta comanda requereix la selecció de la línia del disseny arquitectònic que volem transformar en unifilar. Quan es tracta d'una paret exterior, la línia de selecció haurà de ser la corresponent a la part interna de la paret. El programa ens permet seleccionar el tipus de paret i la seva orientació.

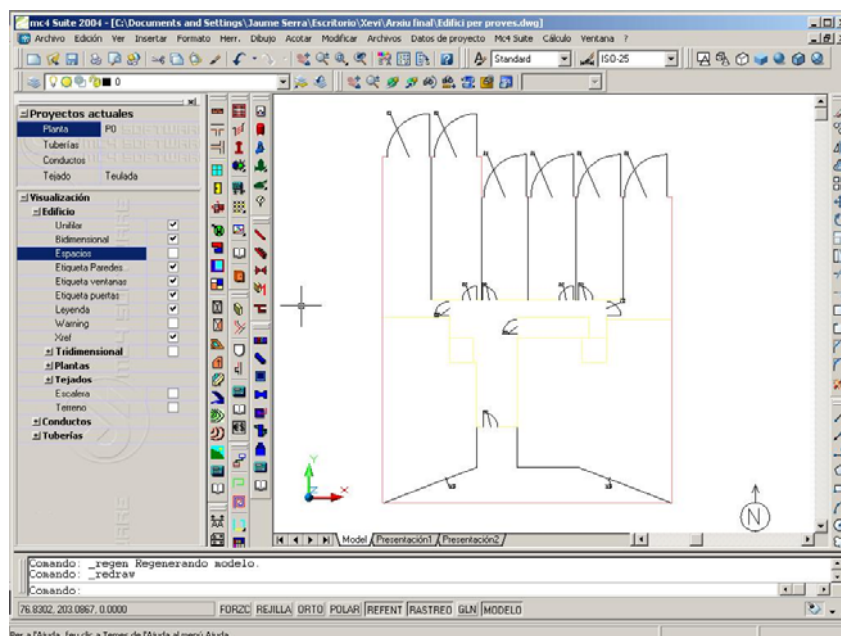
Així anem creant totes les parets exteriors, i amb una comanda semblant creem totes les parets interior. Un cop fetes aquestes dues accions podem veure el següent plànol de l'edifici (imatge 10):



Imatge 10: Plànol unifilar sense parets i portes.

En la imatge anterior podem veure la planta primera creada, les parets són de diferents colors per diferenciar els diferents tipus que hi ha. En el nostre cas la paret vermella és l'exterior, la groga és paret de 15cm i la blanca paret de 8cm.

Seguidament inserim portes i finestres d'una manera semblant a les parets. Així obtenim els plànol de totes les plantes en dues dimensions (imatge 11).



Imatge 11. Plànol unifilar de la planta primera amb portes i finestres

4.4.3 Creació de les zones

Havent fet tots els passos anteriors obtenim l'edifici en dues dimensions. Per a continuar treballant, ens cal definir diferents zones (climatitzada, no climatitzada, etc)

Aquesta és una de les parts més importants alhora de definir les condicions de l'edifici ja que al definir les zones, estem definint les característiques interiors de l'edifici, temperatures de confort, ventilacions, número de persones, il·luminació, etc.

En el nostre projecte hem definit les següents zones amb les característiques següents:

Zona No Climatitzada:

En aquesta zona no cal posar temperatures ja que no la volem climatitzar.

Zona Local Comercial:

Temperatura: Hivern: 21 °C i 55% HR

Estiu: 24°C i 50% HR

En aquesta zona ja que es tracta d'una botiga hi ha ventilació amb mescla d'aire exterior i interior.

No tindrem en compte les infiltracions de l'aire exterior perquè al introduir nosaltres aire al interior, obtindrem una pressió més alta al interior del local que a l'exterior, i no hi haurà infiltracions d'aire.

Contem que tenim 11m²/persona.

Zona Habitatges:

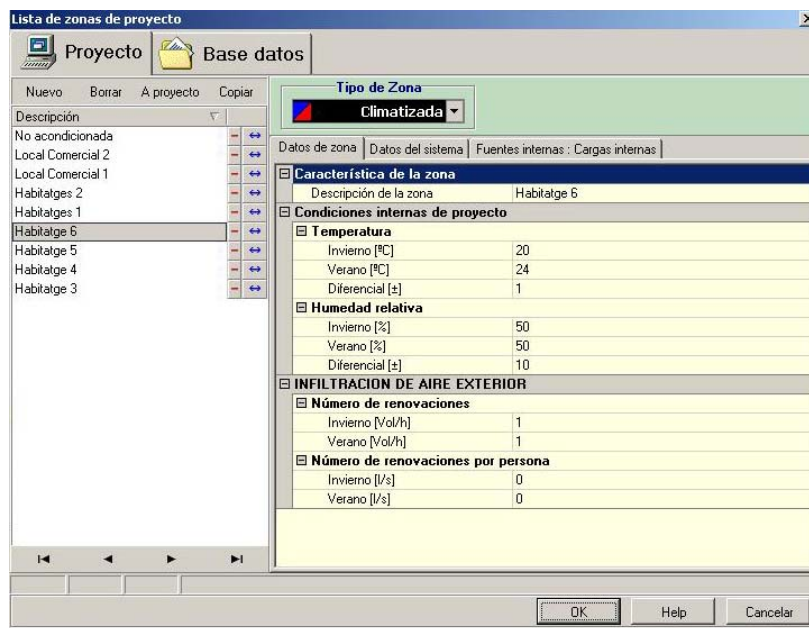
Temperatura: Hivern: 21°C i 55% HR

Estiu: 24°C i 50% HR

No farem ventilació en la zona d'habitatges. Per tant tindrem infiltracions d'aire i les tindrem en compte.

Agafem 20 m²/persona (ens surt unes 4 persones per pis).

Veiem a continuació la finestra a on posem aquestes característiques (imatge 12):

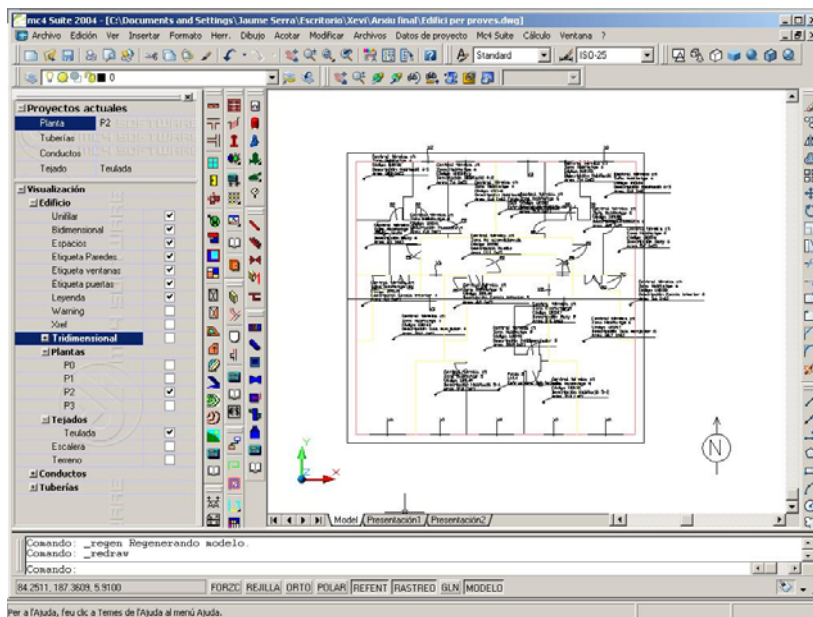


Imatge 12: Creació de zones

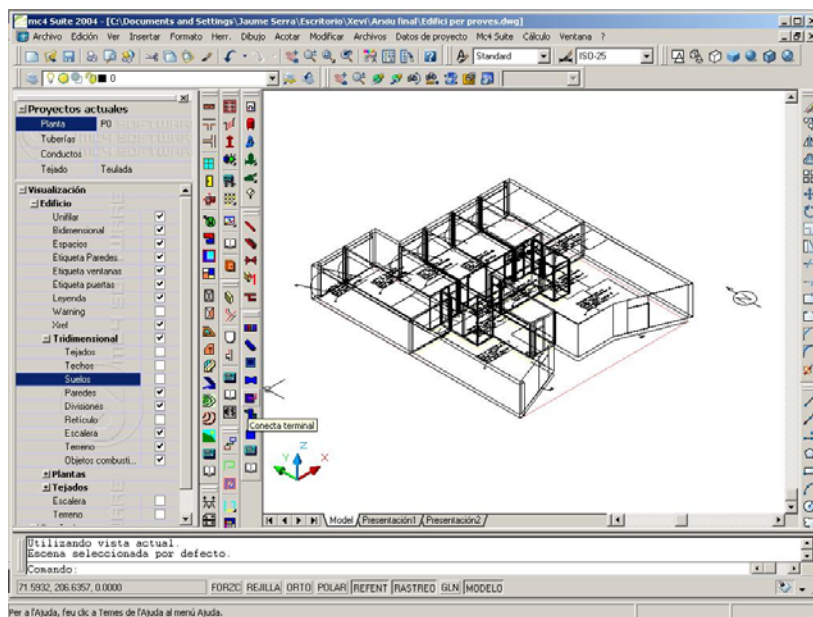
4.4.4 Inserció de les zones a l'edifici

Un cop tenim definit les zones podem inserir-les al nostre projecte. Utilitzant la icona *espacio* podem anar definint tots els espais (habitacions) del nostre edifici, i el programa ens va dibuixant les parets, portes i finestres en tres dimensions.

En el cas que una habitació travessi el forjat (cas de les escales) li haurem de dir al programa l'altura que volem que ens arribi, ja que sinó ens agafarà l'altura de planta per defecte (la definida a la llista de plantes) i no travessarà el forjat. A continuació veiem dues fotografies dels espais en dues i tres dimensions (imatges 13 i 14).



Imatge 13: Planta en dues dimensions



Imatge 14: Planta en tres dimensions

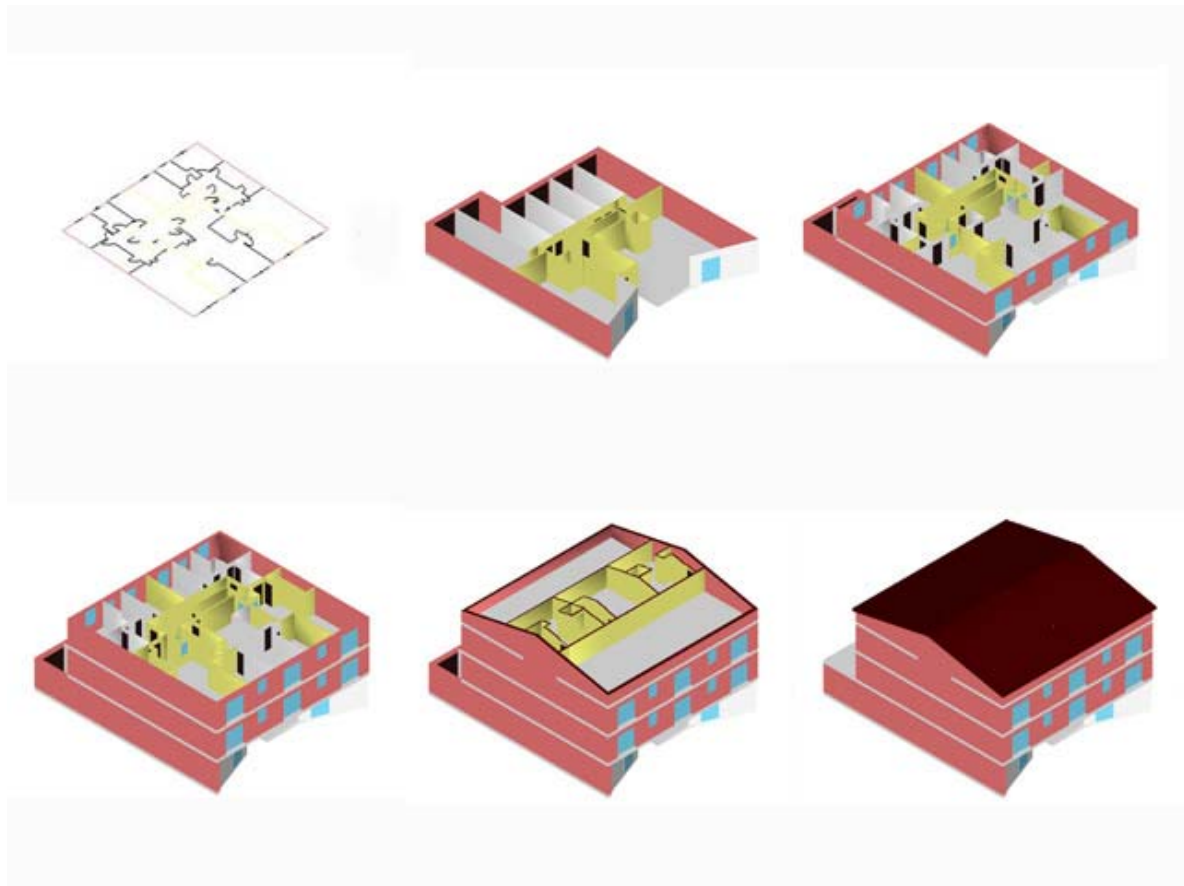
Així se'ns formen les parets de l'edifici. Acabem de completar les altres plantes i obtenim l'edifici en 3 dimensions (imatge 15).

Per acabar de completar el nostre edifici només ens faltaria construir la teulada. El programa disposa d'una eina per a fer-ho, has de dir-li les diferents altures i ell et dibuixa les diferents aigües de la teulada.

Així finalment obtenim l'edifici al complet i podem executar els càlculs de pèrdues hivernals i càrregues tèrmiques mitjançant les comandes

CÁLCULO > TÉRMICO > CARGAS DE VERANO

CÁLCULO > TÉRMICO > PERDIDAS



Imatge 15: evolució de les plantes de l'edifici, des del plànol a l'edifici complet

5 RESULTATS DE LA CÀRREGA TÈRMICA

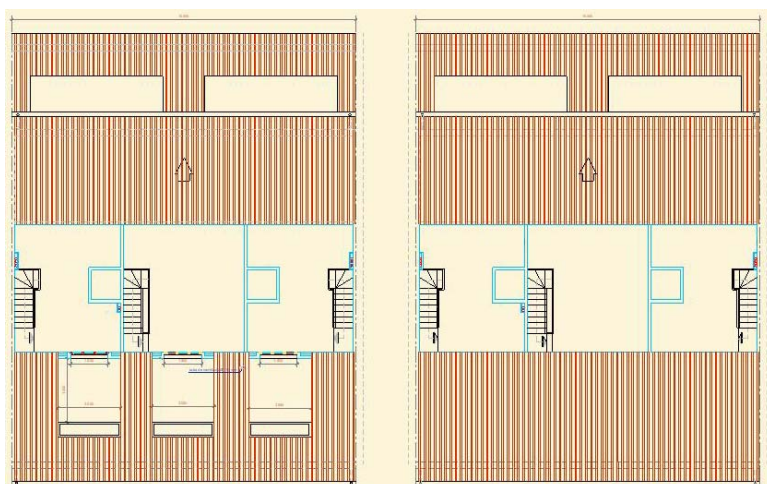
5.1 Introducció als resultats HvacCad

Abans de veure els resultats obtinguts amb el programa cal aclarir diverses simplificacions que hem pres per a la realització dels càlculs.

Per a entendre més bé aquestes simplificacions cal mirar els plànols originals del projecte, els números 01, 02, 03, 04, 05 i 06 del document plànols.

Bàsicament estem parlant de dues simplificacions importants. La primera seria la del cel obert que trobem a l'escala principal de l'edifici. Aquest cel obert, pensat per un futur ascensor, per la part superior dóna a la teulada i per aquesta part i podem tenir ventilació. El programa HvacCad no permet deixar espais oberts a l'exterior, per tant no podíem construir el cel obert tal i com és en realitat, per això hem hagut de simplificar el cel obert i fer que es quedés just a sota teulada, sense travessar-la.

La segona simplificació feta en el projecte seria les terrasses que trobem a la part de les golfes de l'edifici. Si en fixem en la següent imatge veiem que les tres plantes annexes als pisos de la planta segona, tenen una terrassa al nivell de la teulada amb una obertura de dimensions considerables per a accedir-hi. Aquestes terrasses tampoc les hem pogut dibuixar amb el programa HvacCad degut a la complexitat que tenia el fet d'haver de foradar la teulada.



Imatge 16: Simplificació balcó

Tot i que aquesta segona simplificació pot tenir un efecte més directe amb el càlcul de càrregues de la planta golfes, no hi donarem més importància ja que el nostre projecte no té la finalitat de dissenyar la instal·lació sinó la de la posta en marxa del programa i poder-ho comparar amb un resultat del que en diríem estàtic realitzat amb una fulla de càlcul.

Per tal de poder obtenir uns resultats més òptims per a la comparació amb el mètode Aguilar (mètode estàtic), aquesta segona simplificació també la tindrem en compte amb el mètode Aguilar, tal i com veurem més endavant.

5.2. Resultats Hivern (HvacCad)

A continuació trobem els resultats obtinguts amb el programa HvacCad dels mesos de hivern, veurem també l'evolució de les càrregues de l'edifici al llarg d'un més i les diferents càrregues a dins un pis.

5.2.1 Càrregues tèrmiques

Les següents dades ens mostren la potència màxima de cada zona climatitzada que hem creat anteriorment amb el programa.

L'HvacCad ens moltes dades per zona (habitatge) o per espai (habitació). Els següents resultats són les potències màximes per zona durant els mesos de hivern. Trobem les càrregues sensibles i en els cas dels locals comercials, també trobem les càrregues de ventilació.

L'apartat de guany per ventilació, és una energia que en podríem dir energia gratuïta, és deguda a la introducció d'aire amb mescla al interior del local (una barreja d'aire exterior i aire interior), quan les condicions exteriors són iguals o superiors que les desitjades al interior, l'aire que ens entra de fora ens dona un guany d'energia. És per això que el valor de guany per ventilació és negatiu en aquests dos casos, ja que és una energia que guanyem i per tant la restem de la potència total de la zona (seria més exactament de l'aparell desitjat per a climatitzar).

En les zones anomenades "Habitatge" no tenim ventilació forçada, per tant no tenim cap guany per ventilació n'hi càrrega tèrmica deguda a ella.

Local comercial 1		Àrea= 46m ²	
Espais	Sensible	3945	W
Ventilació	Sensible	1043	W
	Humidificació	773	W
Guany per ventilació en espais		-168	W
TOTAL		5593	W

Local comercial 2		Àrea= 70m ²	
Espais	Sensible	5546	W
Ventilació	Sensible	1581	W
	Humidificació	1172	W
Guany per ventilació en espais		-254	W
TOTAL		7945	W

Habitatge 1		Àrea= 80m ²	
Espais	Sensible	4143	W
Ventilació	Sensible	0	W
	Humidificació	0	W
Guany per ventilació en espais		0	W
TOTAL		4143	W

Habitatge 2		Àrea= 68m ²	
Espais	Sensible	3279	W
Ventilació	Sensible	0	W
	Humidificació	0	W
Guany per ventilació en espais		0	W
TOTAL		3279	W

Habitatge 3		Àrea= 79m ²	
Espais	Sensible	4094	W
Ventilació	Sensible	0	W
	Humidificació	0	W
Guany per ventilació en espais		0	W
TOTAL		4094	W

Habitatge 4		Àrea= 102m ²	
Espais	Sensible	7196	W
Ventilació	Sensible	0	W
	Humidificació	0	W
Guany per ventilació en espais		0	W
TOTAL		7196	W

Habitatge 5		Àrea= 96m ²	
Espais	Sensible	6222	W
Ventilació	Sensible	0	W

	Humidificació	0	W
Guany per ventilació en espais		0	W
TOTAL		6222	W

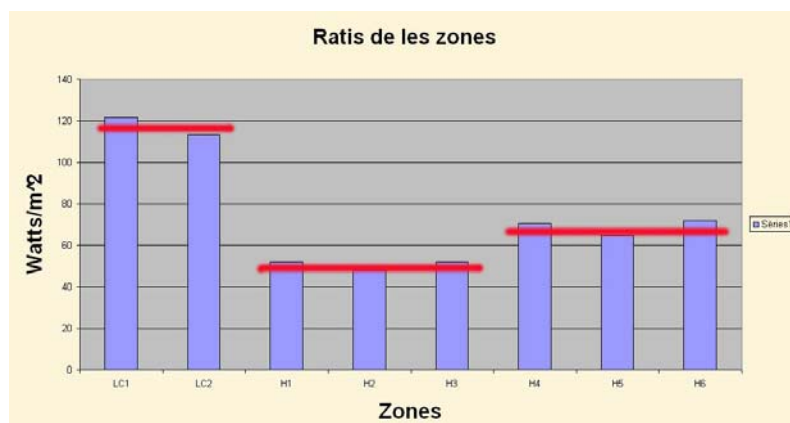
Habitatge 6 Àrea= 100m²

Espais	Sensible	7176	W
Ventilació	Sensible	0	W
	Humidificació	0	W
Guany per ventilació en espais		0	W
TOTAL		7176	W

Si ens fixem amb els resultats anterior podem distingir tres zones de càrrega diferenciades. Seria una divisió per plantes, si fem un estudi dels ratis (Watts de càrrega tèrmica per metre quadrat de superfície) de les zones, veiem que ens surten molt ben diferenciades les tres zones que havíem anomenat anteriorment (imatge 17). La zona amb el rati més elevat és la zona dels locals comercials, aquesta elevada càrrega és deguda a la ventilació forçada que li hem assignat, ja que durant quasi tot el dia la temperatura exterior al hivern és inferior a la interior, i si entrem una mescla amb aire exterior, ens obliga a tenir un equip de climatització més elevat.

Ratis:

LC1	122	W/m ²
LC2	114	W/m ²
H1	52	W/m ²
H2	48	W/m ²
H3	52	W/m ²
H4	71	W/m ²
H5	65	W/m ²
H6	72	W/m ²



Imatge 17 : Ratis diferents pisos

Si ens fixem amb els sis pisos, ens trobem que els de la primera planta i els de la segona tenen un rati diferent, això és degut a que els pisos de la planta segona disposen de la planta golfes a sota teulada. Aquesta estança és la que fa pujar el rati del pis, això és degut a la càrrega de transmissió, aquesta càrrega és molt elevada al hivern, segon els resultats del programa HvacCad, la meitat de la càrrega de calor de les golfes és deguda a la transmissió a través de parets exterior i de la teulada. I també a les infiltracions de la teulada que són molt elevades al hivern.

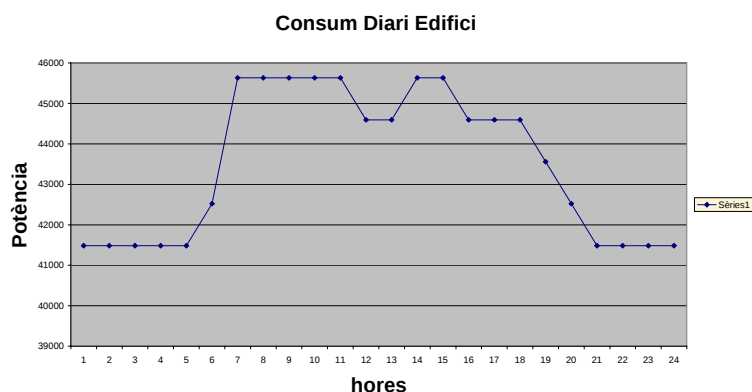
5.2.2 Evolució de les càrregues de l'edifici

El programa HvacCad, quan ens calcula les càrregues tèrmiques, ens fa una simulació de les condicions de l'edifici, tant exterior com interiors, durant uns mesos determinats. Gràcies a aquesta eina podem estimar la potència diària hora a hora de l'edifici.

A la següent taula trobem la potència diària mitjana dels mesos d'hivern, en aquest cas correspon al més de gener. Per cada hora trobem la potència màxima, i si creem una gràfica (imatge 18), l'àrea que ens queda a sota de la línia de punts, és el consum total diari que estableix el programa.

Així doncs podem trobar els consums de tots els mesos d'hivern.

Hores	Potència Màxima	Hores	Potència Màxima
1	41485	13	44595
2	41485	14	45632
3	41485	15	45632
4	41485	16	44595
5	41485	17	44595
6	42522	18	44595
7	45632	19	43559
8	45632	20	42522
9	45632	21	41485
10	45632	22	41485
11	45632	23	41485
12	44595	24	41485



El programa HvacCad té un problema alhora de calcular el consum al hivern i és que sempre considera que els aparells funcionen al 100%. Això fa que el consum diari que ens marca la gràfica no és del tot correcte.

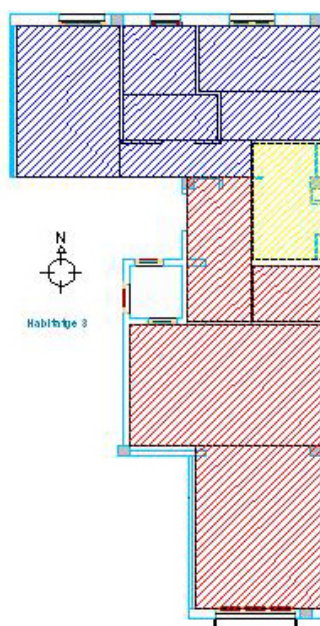
Per a trobar un consum més real de l'edifici, tindrem en compte la càrrega a les hores d'utilització de la calefacció, o sigui, al matí i al vespre. I el total de les hores al dia serà de 6.

Seguint aquestes pautes podem estimar un consum diari de l'edifici molt més precís i real que el que ens dóna el programa.

El consum diari de l'edifici ens dóna 248 kW/h per a tot l'edifici. Si traiem els dos locals comercials i dividim per sis podem estimar aproximadament el consum de cada pis. Fent-ho ens dóna un consum de cada pis de 32 kW/h diari. I al llarg d'un més ens dóna 1000 kW/h per pis. Un valor bastant corrent i que es troba entre els valors d'aquests tipus d'habitatges.

5.2.3 Evolució dels espais d'un pis (Ratis)

Alhora de donar-nos els resultats el programa HvacCad ens permet saber exactament les càrregues de cada habitació (espai) de l'edifici, així podem observar com es distribueixen les càrregues tèrmiques. En la següent imatge (imatge 19) veiem com a exemple el pis número tres (planta primera). En blau trobem les habitacions de la casa amb un rati de W/m^2 més elevat al hivern i en vermell les habitacions amb un rati inferior. L'habitació de color groc tindria un rati mig. Com ja podíem imaginar, els resultats obtinguts ens diuen que les habitacions que donen a la cara nord de l'edifici tenen una càrrega tèrmica al hivern més elevada, ja que no les i toca el sol, al contrari que les del sud que el sol els i proporciona una energia gratuïta a través de la radiació per les finestres.



Imatge 19: Evolució Ratis dins un pis.

5.3 Resultats Estiu (HvacCad)

Al igual que les càrregues d'hivern explicades anteriorment, el programa HvacCad també ens fa un estudi de les càrregues d'estiu. A continuació trobem les càrregues màximes dels mesos d'estiu per a totes les zones de l'edifici, el consum estimat de l'edifici i de dues vivendes.

5.3.1 Càrregues de refrigeració

A continuació trobem les càrregues màximes per a cada zona de l'edifici. Els locals comercials continuen tenint ventilació forçada, és per això que la càrrega màxima es divideix en dues parts. La de potència màxima de càrrega tèrmica i la de ventilació màxima. Com veiem a continuació aquestes dues càrregues màximes es produeixen en mesos diferents, la una al juliol i l'altre a l'agost. Alhora de determinar la càrrega màxima, ens calcula un màxim simultani, aplica una simultaneïtat de la ventilació i la càrrega tèrmica deguda al local.

Si ens fixem en la segona taula tornem a trobar el valor de guany per ventilació. Aquest ens dona negatiu, això vol dir que ens resta potència, és una energia gratuïta que rebem de l'exterior en hores en les quals les condicions ens són favorables, com podrien ser les hores de nit. En aquestes hores tindrem ventilació gratuïta de l'exterior.

La càrrega que diu deshumidificació, és la càrrega latent degut a la ventilació. És la humitat que hem de treure de l'aire exterior abans d'entrar-lo al interior del local, ja que a l'estiu tenim una humitat més elevada.

Local Comercial 1

Potència màx.	Mes: 8 Hora:15	Ventilació màx.	Mes: 7 Hora:15
Sensible	3975 W	Sensible	904 W
Latent	378 W	Deshumidificació	905 W
TOTAL	4353 W	TOTAL	1808 W

Màxim simultani	Mes: 8 Hora: 15		
Espais	Sensible	3975	W
	Latent	378	W
Ventilació	Sensible	861	W
	Deshumidificació	878	W
Guany per ventilació		-501	W

TOTAL	5591	W
-------	------	---

Local Comercial 2

Potència màx.	Mes: 8 Hora:15		Ventilació màx.	Mes: 7 Hora:15	
Sensible	5658	W	Sensible	1370	W
Latent	375	W	Deshumidificació	1372	W
TOTAL	6033	W	TOTAL	2742	W

Màxim simultani	Mes: 8 Hora: 15		
Espais	Sensible	5658	W
	Latent	375	W
Ventilació	Sensible	1321	W
	Deshumidificació	1332	W
Guany per ventilació		-748	W
	TOTAL	7938	W

Habitatge 1

Potència màx.	Mes: 8 Hora:15	
Sensible	3772	W
Latent	1101	W
TOTAL	4873	W

Habitatge 4

Potència màx.	Mes: 7 Hora:15	
Sensible	5255	W
Latent	1170	W
TOTAL	6426	W

Habitatge 2

Potència màx.	Mes: 9 Hora:14	
Sensible	3256	W
Latent	969	W
TOTAL	4225	W

Habitatge 5

Potència màx.	Mes: 8 Hora:14	
Sensible	5073	W
Latent	1139	W
TOTAL	6212	W

Habitatge 3

Potència màx.	Mes: 8 Hora:15	
Sensible	3743	W
Latent	1083	W
TOTAL	4826	W

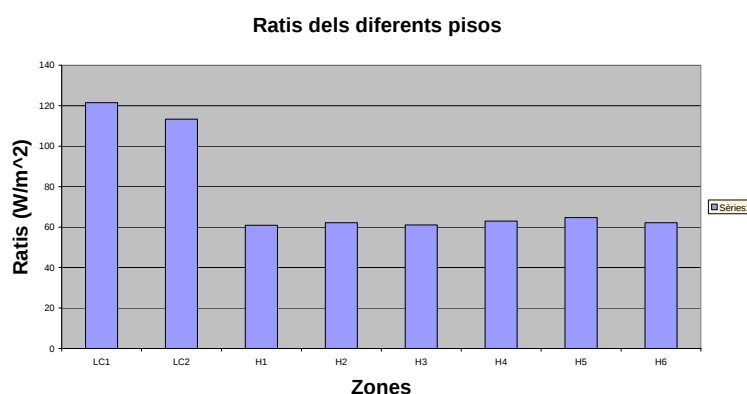
Habitatge 6

Potència màx.	Mes: 7 Hora:15	
Sensible	4910	W
Latent	1128	W
TOTAL	6039	W

Per examinar més bé els resultats tornem a calcular els diferents ratis (imatge 20) de cada zona. En aquest cas trobem que els sis pisos ens donen un rati bastant semblant, per a trobar el perquè, ens hem de fixar en les diferents càrregues de cada zona. En les càrregues d'hivern teníem molta càrrega deguda a la transmissió i les infiltracions, en aquest cas, la càrrega de transmissió continua sent elevada però d'infiltracions no en trobem tantes, i la càrrega total ens baixa (per a poder veure tots aquests resultats cal consultar l'annex de resultats, apartat de càrregues per espai).

Ratis:

LC1	122 W/m ²
LC2	113 W/m ²
H1	61 W/m ²
H2	62 W/m ²
H3	61 W/m ²
H4	63 W/m ²
H5	65 W/m ²
H6	62 W/m ²



Imatge 20: Ratis per pisos

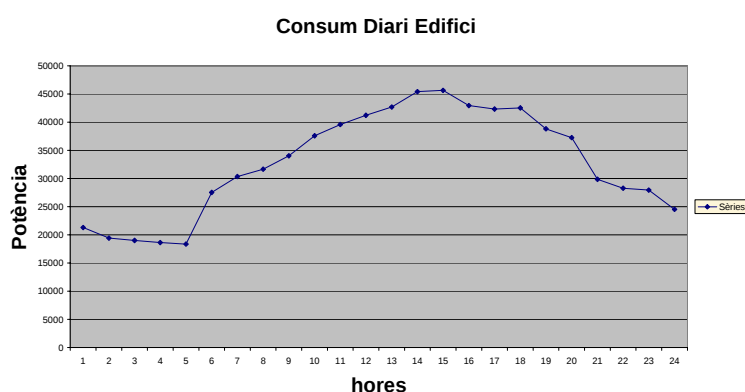
5.3.2 Evolució de les càrregues de l'edifici

Com en les càrregues hivernals amb les càrregues estivals l'HvacCad també ens determina el consum diari de l'edifici, però també ens té en compte com si els aparells funcionessin tot el dia. Per tant alhora de calcular el consum estimarem que els aparells només funcionen 6 hores al dia.

En aquest cas si ens fixem en la gràfica (imatge 21) trobem que la càrrega màxima es dona cap als volts de les 3 de la tarda, i ens segueix la corba de llei normal (els extrems són els mínims valors i els punt del mig els majors).

Hores	Potència Màxima	Hores	Potència Màxima
1	21301	13	42678
2	19419	14	45417

3	19003	15	45647
4	18641	16	42954
5	18368	17	42331
6	27521	18	42529
7	30355	19	38821
8	31659	20	37262
9	34040	21	29854
10	37587	22	28271
11	39592	23	27935
12	41231	24	24533



Imatge 21: Evolució potència edifici diari.

El consum total diari tenint en compte els paràmetres esmentats anteriorment és de 273 kW/h per a tot l'edifici.

5.3.3 Evolució de dos pisos

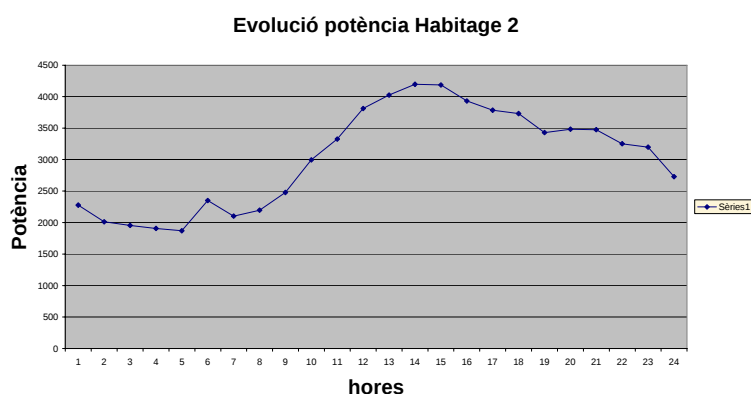
A continuació estudiem l'evolució de les càrregues diàries de dos pisos diferents, l'habitatge 2 i el 4.

L'habitatge 2 està situat a la planta primera al centre de l'edifici i només té orientació sud. L'habitatge 4 es troba a la planta segona al costat oest de l'edifici. Té finestres al sud i al nord, i paret a l'oest.

Hem analitzat aquests dos pisos perquè tenen unes característiques diferents i així poder estudiar si tenim alguna diferència en el consum dels dos pisos.

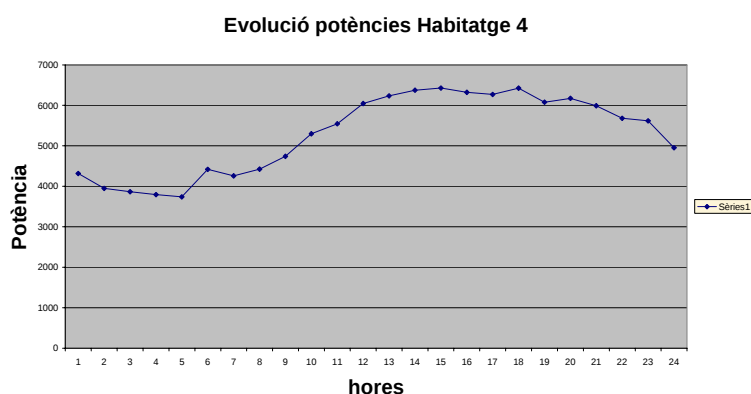
La primera gràfica (imatge 22) és el consum diari de l'habitatge 2, segueix una corba de la llei normal, i té la potència màxima entre les dues i les tres del migdia. Al matí la potència augmenta molt ràpidament degut a que els temperatures al matí són molt

baixes i de seguida augmenten. En canvi a la tarda el procés invers va més a poc a poc, degut a la inèrcia tèrmica de l'edifici (manté escalfor en la seva estructura i parets exteriors).



Imatge 22: Evolució potència habitatge 2 diari

La imatge 23 corresponent a l'habitatge 4, també augmenta la seva potència ràpidament al matí, però un cop passat el migdia baixa la seva potència molt més lentament que l'habitatge 2. Això és degut a que té tota una paret exterior que dona a l'oest i cap a la tarda és quan s'escalfa més i transmet més càrrega tèrmica al interior del local.



Imatge 23: Evolució potència habitatge 4 diari

Així doncs els consums dels habitatges són bastant semblants però les càrregues puntuals varien depenent de la orientació dels habitatges i la inèrcia tèrmica que agafa l'edifici.

Si calculem el consum dels pisos, tenint en compte que els aparells funcionen 6 hores en surt un consum de 700 kW/h per l'habitatge 2 i 1200 kW/h per l'habitatge 4.

5.4 Dimensionament de la instal·lació

Alhora de dimensionar la instal·lació de climatització, hauríem de plantejar quin tipus d'instal·lació instal·laríem a l'edifici.

En el cas que instal·léssim una sola caldera per a tot l'edifici, només per a calefacció, hauríem d'instal·lar una caldera capaç de donar una potència de **45632 W**. Aquesta potència és la total donada per el programa, aplicant un coeficient de simultaneïtat.

Si a més de la caldera volguéssim instal·lar aparells d'aire condicionat per a climatitzar els pisos i els locals comercials hauríem de mirar les potències dels pisos i instal·lar els aparells necessaris per a poder refrigerar la potència donada.

A continuació trobem una taula amb les potències d'estiu i hivern màximes de cada zona i les totals de l'edifici.

Zona	Potència d'estiu	Potència d'hivern
Local comercial 1	5591 W	5593 W
Local comercial 2	7938 W	7945 W
Habitatge 1	4873 W	4143 W
Habitatge 2	4225 W	3279 W
Habitatge 3	4826 W	4094 W
Habitatge 4	6426 W	7196 W
Habitatge 5	6212 W	6222 W
Habitatge 6	6039 W	7161 W
Total	46130 W	45633 W

Potència Màxima edifici	Estiu	Hivern
Espais (Mes: 8 Hora: 15)	42491 W	41485 W
Ventilació (Mes: 7 Hora: 15)	4550 W	4569 W
TOTAL (Mes: 7 Hora:15)	45647 W	45632 W

La diferència entre els totals és deguda als coeficients de simultaneïtat del programa.

5.5. Introducció als resultats del mètode Aguilar

Per tal de completar l'estudi de les càrregues tèrmiques, a continuació hem fet els càlculs amb un mètode tradicional com és el mètode Aguilar explicat anteriorment.

Les simplificacions fetes són les mateixes que les que hem aplicat al cas del programa HvacCad que hem explicat anteriorment.

5.6 Resultats Aguilar

Els càlculs amb el full de càlcul Aguilar han estat fets habitació per habitació de cada pis de l'edifici.

Un cop hem tingut totes les càrregues les hem ajuntat per habitatges. Trobem els resultats a la taula següent:

		Càrrega Calefacció	Càrrega Frigorífica
Planta Baixa	Local comercial 1	5192 W	5583 W
	Local comercial 2	7804 W	7592 W
Planta Primera	Vivenda 1	5185 W	4806 W
	Vivenda 2	4174 W	4107 W
	Vivenda 3	5160 W	4852 W
Planta Segona	Vivenda 4	7947 W	6728 W
	Vivenda 5	7635 W	6141 W
	Vivenda 6	7990 W	6740 W
TOTAL		51087 W	46549 W

El full de càlcul Aguilar ens agafa un factor simultaneïtat de 1,01 respecte a la suma de potència total.

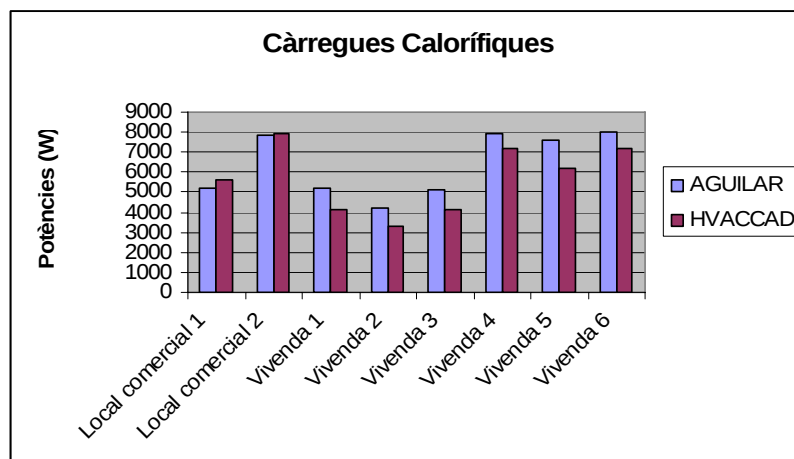
Tenint en compte aquest paràmetre ens diu que la potència màxima de l'aparell per a refrigerar l'edifici és de **46935 W**.

Mirant els resultats anteriors veiem que l'aparell per a calefactar l'edifici hauria de donar una potència calorífica d'uns **51000 Watts**.

5.7. Estudi comparatiu del mètode Aguilar i el càlcul amb HvacCad

En el següent punt del projecte fem un petit estudi comparatiu dels resultats obtinguts amb els dos mètodes de càlcul. En general els resultats obtinguts amb el programa HvacCad ens han donat inferiors als del mètode Aguilar, Això és una de les suposicions que ens fèiem abans de començar l'estudi, i s'ha complert tot i que per poca diferència.

Al primer gràfic (imatge 24) trobem les càrregues calorífiques (hivern) pis per pis de tot l'edifici. En blau tenim les càrregues amb l'Aguilar i en lila les de l'HvacCad.



Imatge 24: Comparació càrregues Hivern

En els local comercials la diferència de potències està molt igualada, recordem que en els dos casos hem inserit aire forçat al interior del local, en el cas del hivern els dos programes consideren que tenim les mateixes càrregues per ventilació sobre uns 1000W, però el programa HvacCad ens determina més càrregues per humidificació que l'Aguilar. En general però les càrregues són molt semblant.

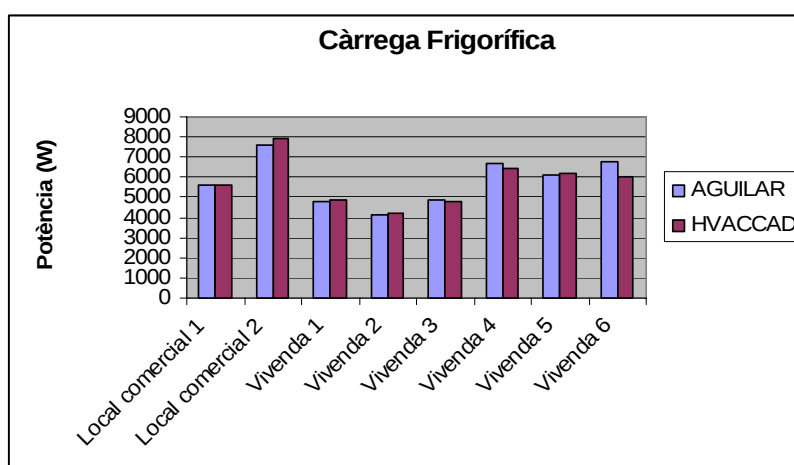
No passa el mateix però quan estudiem les càrregues dels pisos. Recordem que en aquests teníem en compte les infiltracions, aquest valor ens dona bastant semblant en els dos casos. Però no passa el mateix quan comparem els valors de transmissió, en el mètode Aguilar ens surten quasi el doble de grans que amb l'HvacCad, això és degut a la inèrcia tèrmica de l'edifici, el programa HvacCad que ens té en compte aquest factor, s'ajusta molt més alhora de trobar les càrregues de transmissió ja que depenent de les temperatures exteriors i interiors i els tipus de parets, pot saber la manera que sortirà el calor del interior del local cap a fora (en el cas del hivern) i saber el calor que absorbirà la paret i no transmetrà cap a l'exterior. Aquest factor el mètode

Aguilar no el té en compte i diu que el calor interior que traspasa una paret és igual que el que surt per l'altre banda.

Per això és normal que les càrregues amb l'HvacCad ens surtin inferiors.

Pel que fa a les càrregues frigorífiques (estiu), ens tornem a trobar amb el mateix que abans. En aquest cas però les càrregues són bastant més semblants.

En el següent gràfic (imatge 25) veiem la comparació de potències:



Imatge 25: Comparació càrregues d'estiu

Al igual que en les càrregues anteriors, en aquest cas les diferències entre l'un i altre mètode, es donen degut a temes d'inèrcia tèrmica i temperatures exteriors. Si mirem a l'annex de resultats el cas del local comercial 2, veiem que la càrrega màxima en el mètode Aguilar és a la 1 del migdia, en canvi amb el programa HvacCad és més tard, en aquest cas a les tres de la tarda. Amb aquest fet ens hi trobem amb varies habitacions de l'edifici com la sala menjador del pis 1, amb l'HvacCad la càrrega màxima també arriba més tard que amb l'Aguilar.

En general els resultats obtinguts amb el programa HvacCad són molt coherents i per tant els podríem considerar com a vàlids en el càlcul de les instal·lacions de climatització.

6. CONCLUSIONS

Al finalitzar l'estudi de càrregues tèrmiques amb el programa HvacCad i contrastar els resultats amb el mètode Aguilar, he arribat a diferents conclusions.

Com a factors positius de la utilització del programa HvacCad trobem els següents:

- La utilització de programes de simulació dinàmica com en el nostre cas el programa HvacCad, t'aporta una gran facilitat d'introducció de dades de l'edifici per a realitzar els càlculs. Al mercat trobem altres programes que realitzen aquests càlculs com és el cas el programa Trnsys, aquest però, és molt més complicat de utilitzar ja que has d'introduir les dades de l'edifici com si fossin coordenades geomètriques. Amb l'HvacCad aquest procés està molt ben aconseguit pel fet que treballa sobre la plataforma AutoCad, plenament coneguda pel món de la construcció.

Si comparem també la introducció de dades amb els mètodes transitoris amb fulls de càlcul, la comparació no té color, ja que potser en edificis de tres o quatre pisos si que es poden utilitzar fulls de càlcul, però que les dimensions de l'edifici creixen i parlem d'edificis amb 40 o 50 vivendes, utilitzant fulls de càlcul es perd moltíssim temps.

- El programa HvacCad permet introduir gran varietat de materials, i per tant la construcció de moltíssim tancaments diferents, calculant automàticament els seu coeficient de transmissió K.
- Una altre cosa molt positiva d'utilitzar mètodes dinàmics, es que en el cas del programa que hem utilitzat, a partir de les dades trobades a resultat dels càlculs, el programa et permet realitzar el càlcul de varies instal·lacions, com el càlcul dels radiadors, el terra radiant amb el dibuix dels circuits, el dimensionament dels tubs de ventilació en el cas de treballar amb bombes de calor i també et calcula les instal·lacions contra incendis dels edificis. Aquest conjunt d'eines fan que el programa sigui de gran utilitat en enginyeries d'instal·lacions.

Com a factors negatius trobem:

- El programa HvacCad està en constant evolució, tal i es pot comprovar any rere any, quan van sortint noves versions. Actualment ja disposem del nou codi tècnic de

l'edificació a Espanya, per tal que el programa ens fos de molta més utilitat hauria de ésser capaç de calcular el consum real de l'edifici al llarg d'un any. Actualment la versió que hem utilitzat no realitza aquesta operació correctament, tal i com hem expressat al capítol 5 d'aquest projecte. Per tant no ens suprimeix la utilització del programa LIDER.

- Una altre cosa negativa del programa és referent a la nova normativa, per tal de poder fer les certificacions energètiques pertinents, el programa HvacCad ens hauria d'extreure un arxiu per tal de poder-lo introduir al Calener i així poder realitzar la certificació energètica de l'edifici. Aquesta opció tampoc existeix a l'HvacCad

Com a factors negatius sobre el programa no en trobaríem més a excepció potser, que per aprendre a utilitzar el programa es necessiten bastantes hores, però un cop es domina el programa resulta ser de molta utilitat i facilita agilitza la feina. També dir que els suports informàtics requereixen una inversió molt important en l'empresa que els compra.

Com a conclusions finals del projecte només esmentar que tot i que amb el nou codi tècnic han sortit dos programes per a realitzar certificacions energètiques, cada vegada més aniran sortint programes per tal de fer aquesta feina i a més complementar-la amb la del càlcul d'instal·lacions, que realment són les necessitats d'un enginyer. I el programa utilitzat en el projecte és molt potent per a la realització d'instal·lacions de climatització dels edificis.

COMPLIMENT DE LA NORMATIVA

L'estudi de càrregues tèrmiques d'aquest projecte complirà amb les normes i reglaments que es detallen.

- Reial Decret 1751/1998, del 31 de juliol, per el que s'aprova el RITE i els seus ITEs i es crea la *Comisión Asesora para las Instalaciones Térmicas de los Edificios*
- Reial Decret 1218/2002, del 22 de novembre, per el que es modifica el RD 1751/1998, del 31 de juliol, per el que es va aprovar el RITE.
- Reial Decret 314/2006, de 17 de març, per el que s'aprova el *Código Técnico de la Edificación* (CTE).
- Norma UNE 100.011
- Norma UNE 100.014
- Norma Reglamentaria de l'Edificació sobre Aïllament Tèrmic (NRE-AT-87)
- Norma Bàsica de l'Edificació NBE-CT-79 sobre condicions tèrmiques en els edificis.

8, BIBLIOGRAFIA

Llibres consultats:

- CARRIER AIR CONDITIONING COMPANY. Manual de aire acondicionado. Marcombo Boixareu. 1970.

Articles consultats:

- XAVIER GARCIA CASALS. Valoración energética de edificios. Necesidad de mejora en las propuestas de regulación y certificación para España.
- JESSICA FERRER, IDOIA ARAUZO. Anàlisi comparatiu sobre qualificació energètica d'habitatges a Europa. Congrés d'edificació sostenible. Mataró 2005.
- JAUME SALOM TORMO. Comparativa de diferents programes de simulació d'edificis vs. Els softwares de simulació associats al nou CTE. Congrés d'edificació sostenible. Mataró 2005.

Pàgines web consultades:

- www.mc4software.com
- www.codigotecnico.org
- www.icaen.net
- www.idae.es

Normatives consultades:

- RITE (Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios).