



**GRAU EN CIÈNCIES I TECNOLOGIES DE LA EDIFICACIÓ**  
**TREBALL DE FI DE GRAU**

**PROJECTE DE CLIMATITZACIÓ DE L'EDIFICI CAIXAFORUM BARCELONA**  
**(FÀBRICA CASARAMONA)**  
**(MEMÒRIA)**

**Projectista/es:** Jordi Castrillo Mariné

**Director/s:** Justo Hernanz Hernanz

**Convocatòria:** Novembre/Desembre 2014



## RESUM

El treball que segueix a continuació tracta sobre un edifici centenari de proporcions faraòniques (Fàbrica Casaramona) que ha estat objecte d'un canvi d'ús ara fa uns 12 anys (va començar fa 21 anys el procés); una superfície de més de 11000 m<sup>2</sup>, múltiples usos en els seus tres pisos (en te 5 de pisos en realitat, però en el treball sol se'n tracten 3 per a que pugui ser realitzable), diferents nivells de cota de forjat en les mateixes plantes així com una estructura digna de mencionar per les seves formes i excentricitats, converteixen a aquest edifici en un autèntic repte per a qualsevol treball que es vulgui realitzar.

Els objectius d'aquest treball son simples alhora que llargs d'explicar, bàsicament el treball consta de dues parts, la primera, projectar una instal·lació de climatització que pugui satisfer les demandes tèrmiques de l'edifici garantint el confort de l'usuari, cosa no gaire complicada ja que es tracta de seguir un procés fins a obtenir el resultat final, però en aquest edifici <titànic> les variables que fan que un projecte sigui normal i realitzable es capgiren i en comptes d' avantatges ens trobem amb un procés llarg, exhaustiu i gairebé etern per a aconseguir projectar una instal·lació. El mètode per realitzar-ho consisteix en preveure una ocupació de persones, calcular una renovació d'aire conforme a la normativa, i conèixer exactament les pèrdues que impliquen els tancaments de l'edifici, sabent tot això només cal elegir la maquinaria adequada i els seus <complements> i es pot donar per tancada aquesta part del treball.

La segona part del treball es una mica diferent de la primera. Aquesta segona part tracta d'intentar aplicar la energia geotèrmica a l'edifici per a reduir el consum energètic i consegüentment les emissions de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera, però no només això, sinó que a més d'intentar aplicar-la, el treball té com a condició que si s'aplica la geotèrmia, aquesta impliqui un estalvi mínim del 30% tant en calefacció com en refrigeració. Aquests objectius s'aconsegueixen perfectament, es més, l'estalvi en refrigeració el supera amb un 49,5 % i la calefacció amb un 43,43 %, raons que fan pensar-se aplicar de debò la instal·lació, el problema, com en moltes coses a la vida, son els diners, la instal·lació requereix de una forta inversió amortitzable al llarg del temps, cosa que faria replantejar-ne als propietaris el voler aplicar-la o no.



## ÍNDIX

1. INTRODUCCIÓ. . . . .	Pàg. 4
2. NUCLI DE LA MEMÒRIA. . . . .	Pàg. 5 a 50
2.1 Història de l'edifici. . . . .	Pàg. 5 a 7
2.2 Descripció de l'edifici. . . . .	Pàg. 8
2.3 Proposta de sistema de climatització. . . . .	Pàg. 9 a 11
2.4 Primera diferenciació d'àrees . . . . .	Pàg. 12
2.5 Classificació de les zones/sales climatitzades segons ús. . . . .	Pàg. 13 a 19
2.6 Classificació de les zones/sales amb renovació d'aire. . . . .	Pàg. 20
2.7 Classificació de les zones/sales amb extracció d'aire. . . . .	Pàg. 21
2.8 Descripció de l'envoltant i les seves transmitàncies. . . . .	Pàg. 22 a 25
2.9 Cargues tèrmiques internes, cargues globals i cabal d'aire . . . . .	Pàg. 26 a 27
2.10 Unitats difusores i sistemes de tractament d'aire, P -1. . . . .	Pàg. 28 a 33
2.11 Unitats difusores i sistemes de tractament d'aire, P 0. . . . .	Pàg. 34 a 36
2.12 Unitats difusores i sistemes de tractament d'aire, P 1. . . . .	Pàg. 37 a 40
2.13 Explicació del disseny dels conductes d'aire. . . . .	Pàg. 41 a 42
2.13.1 Conductes de refrigeració/calefacció. . . . .	Pàg. 42
2.13.1 Conductes de renovació i ventilació. . . . .	Pàg. 42
2.14 Explicació del sistema de distribució fred/calor. . . . .	Pàg. 43
2.15 Elecció del sistema de producció fred/calor. . . . .	Pàg. 44 a 45
2.16 Introducció de la energia geotèrmica . . . . .	Pàg. 46 a 49
2.17 Aplicació de la energia geotèrmica a l'edifici. . . . .	Pàg. 49 a 50
3. CONCLUSIONS I RECOMANACIONS. . . . .	Pàg. 51
4. BIBLIOGRAFIA. . . . .	Pàg. 52
5. AGRAÏMENTS. . . . .	Pàg. 53
6. CONTINGUT DEL CD. . . . .	Pàg. 54

## 1.INTRODUCCIÓ

Per a començar a introduir al lector en el treball, cal començar dient que el treball consisteix a climatitzar un edifici d'unes dimensions considerables amb força peculiaritats i problemes afegits.

El treball en si consta de dos objectius principals i un de secundari, els dos principals son:

El primer, projectar una instal·lació capaç d'assumir les exigències tèrmiques de l'edifici, calculant prèviament les pèrdues energètiques dels tancaments preveient un nombre d'ocupants lògic de manera que en períodes de màxima ocupació la instal·lació sigui capaç de donar la talla, tenint en compte l'ambient de l'edifici, els seus usos en el temps i la renovació d'aire obligatòria per llei.

El segon objectiu (principal), es el de aconseguir aplicar la energia geotèrmica a l'edifici tenint en compte les elevades demandes i mides del mateix, a partir del resultat del primer objectiu.

Finalment, en cas d'aconseguir aplicar la geotèrmia, l'últim objectiu es el d'aconseguir un 30% d'estalvi en refrigeració i calefacció, comparant la instal·lació geotèrmica projectada amb altres sistemes comercials de producció de fred i calor .

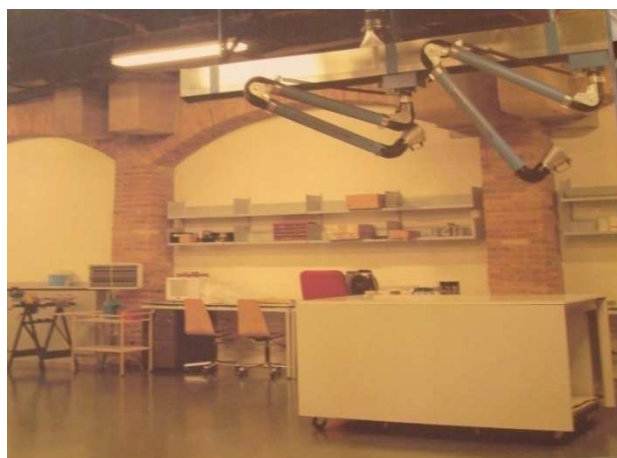
## 2. NUCLI DE LA MEMÒRIA

### 2.1 Història de l'edifici

L'edifici <Casaramona> o <Fàbrica Casaramona>, actualment es la seu del CaixaForum Barcelona, i és una construcció que compta amb una extensa i variada història, i a la vegada posseeix un gran valor arquitectònic, no sol per les condicions, formes i estil inicial en que es va construir, sinó també per la magnitud i la proesa que va significar el seu canvi d'ús d'edifici industrial <mig abandonat> de principis de segle a esdevenir un centre cultural modern (les obres van durar des de 1993 fins al 2002).

Així doncs, l'edifici <inicial> d'abans de les reformes, la <Fàbrica Casaramona>, és d'estil modernista, va ser projectat per Josep Puig i Cadafalch amb una gran simplicitat de materials, edificis i formes buscant adoptar solucions econòmiques, simples i racionals, però alhora tenia la intenció que esdevingués una fàbrica modèlica en tots els aspectes.

Va ser construït entre 1909 i 1912, i el 1913 va rebre el premi al concurs anual d'edificis artístics que organitzava l'ajuntament de Barcelona (al carrer Mèxic segueix havent-hi la placa commemorativa). Amb la simplicitat de torres, merlets, crestalls i pinacles, Cadafalch va crear una obra d'art del modernisme català, estructuralment les cobertes de les naus es basaven en voltes buides sostingudes per jàsseres i pilastres interiors de ferro, mentre que les façanes i les pilastres perimetrals eren de maons; en quant al soterrani, que era el magatzem on ara hi ha la mediateca, estava format per voltes d'aresta i pilars de maó. Cal puntualitzar que el terreny a on es va construir la fàbrica era bastant dolent, pel que es varen fer pous de cimentació que consistien en pilars de maó <enterrats> i units per arcs també de maó que aguantaven la paret superior, s'han deixat alguns d'aquests pous centenaris com a testimoni de l'època.



**Font de la fotografia: Llibre:**

**< CaixaForum "Un edifici - fàbrica artístich">**

L'edifici, a més, va ser pioner en molts aspectes, la fàbrica estava pensada per albergar tres-cents treballadors i s'anava a destinar a produir mantes i tovalloles a partir del cotó, pel que estava dissenyada tenint en compte la producció industrial combinada amb l'alt risc d'incendis de l'època (entre 1900 i 1910 es van patir 251 incendis en fàbriques similars, inclús la pròpia Fàbrica Casaramona va substituir la producció d'una fàbrica cremada el mateix 1911).

Per lluitar i/o evitar el foc, Cadafalch va projectar l'edifici a base de maons i ferro, incombustibles comparats amb la fusta que s'utilitzava, a més, l'edifici estava pensat per a utilitzar l'energia elèctrica, molt poc usual ja que gairebé tota la indústria de l'època usava carbó (d'aquí els incendis), pel que l'edifici no tenia cap xemeneia. També va projectar un sistema automàtic antiincendis que consistia en un dipòsit d'aigua en la <torre d'aigües>, la del Sud Oest, que estava connectat amb aspersors (s'accionaven automàticament i l'aigua queia per gravetat).

Tot i aquestes mesures, la fàbrica estava distribuïda en naus o edificis separats/es per carrers interiors, per un costat, en cas d'incendi facilitaven la seva extinció i evitava la propagació a la resta de naus i a més contribuïa a la diferenciació dels treballs dins la mateixa fàbrica així com al transport intern de les mercaderies.

A la vegada, els carrers, juntament amb les grans alçades i finestres de les naus, contribuïen a fomentar la netedat i la higiene aprofitant la llum natural per al treball (inclòs el soterrani amb claraboies) i alhora donava aire de ventilació als tallers;

a la fotografia de la dreta

s'observa la simetria perfecta de

l'edifici en un dels eixos, el que passa per les dues torres, i també els carrers interiors esmentats i la torre d'aigües (la de la dreta).



*Font de la fotografia: Llibre:*

*< CaixaForum "Un edifici - fàbrica artistich">*

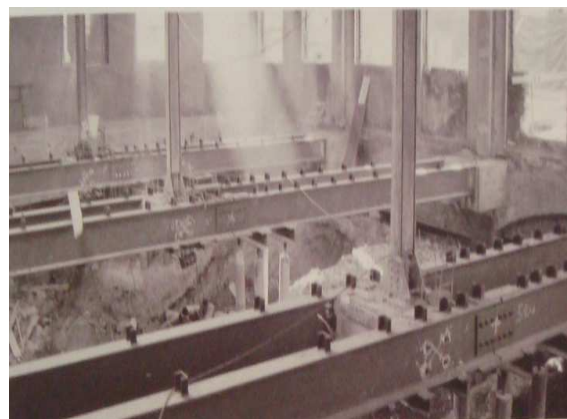


La fàbrica, tot i esdevenir una autèntica joia arquitectònica va tenir una curta vida d'ús industrial, acabada de construir el 1912, al 1920 ja era tancada per fallida de la empresa propietària. Va estar abandonada fins a l'Exposició Internacional de Barcelona de 1929, en que va servir com a magatzem. Del 1929 fins al 1939 va seguir abandonada, fins que el 1940 l'edifici se'l va quedar la policia Nacional com a cavallerisses i parc mòbil. <La Caixa> va adquirir l'edifici el 1963, i va ser declarat <Monument històric d'interès nacional> l'any 1976, però fins al 1992 la policia no el va abandonar.

De l'any 1993 al 2002 l'edifici es va sotmetre a un canvi d'ús que compenetrava treballs estructurals amb treballs de restauració dels elements originals de l'edifici.

El canvi d'ús va consistir, primer, en assegurar i reforçar l'estructura existent: es van cosir les esquerdes de les parets i es va projectar formigó per la seva part interior, i els pilars i les voltes també es varen reforçar amb formigó projectat.

Fet això, es va excavar un mur pantalla de 12 metres al voltant de tot l'edifici mentre s'anaven fent micropilots (de 15 cm a 20 metres) al voltant dels pilars existents. Acte seguit es varen unir els micropilots amb el mur pantalla amb un seguit de bigues que <peggaven> els pilars existents, assegurant així tota l'estructura antiga.



**Font de les dues fotografies: Llibre:< CaixaForum "Un edifici - fàbrica artistich">**

Assegurada l'estructura antiga, es va procedir a excavar el soterrani, que va suposar guanyar prop de 5000 m<sup>2</sup> de superfície. Amb tot el procés complet, es va poder construir una zona de magatzems, un auditori i es van poder habilitar antigues zones destinades a treball industrial en sales d'exposicions, despatxos, oficines, aules per reunions, i també en un restaurant.

## **2.2 Descripció de l'edifici**

L'edifici actual posseeix prop de 11.200 m<sup>2</sup> útils repartits en cinc plantes diferents, alhora que hi han dos o tres nivells de cota diferents per al forjat de cada planta.

De les 5 plantes diferents de l'edifici, concretament hi han tres plantes principals que són l'objecte del treball. Primer trobem la planta -1, que està al soterrani, després la planta 0, que està a nivell de carrer i consta de 5 naus o edificis principals separats per carrers interiors (hi han 9 edificis en total en la planta 0), i per últim la planta 1, que consisteix en quatre torres situades cadascuna d'elles en un dels punts cardinals.

També hi ha una planta intermèdia entre la Planta -1 i la Planta 0, la <Planta S>, que és fruit del canvi d'ús que va passar l'edifici. Aquesta planta, que es pot observar en la secció < C - C' > del plànol N° 7, té aproximadament uns 450 m<sup>2</sup> de superfície útil, però per manca d'informació real sobre ella (localització exacta, accessos...) s'ha optat per que no aparegui en la realització del treball ni que formi part del resultat del mateix (si bé l'espai que ocupa aquesta planta intermèdia sí que limita el resultat del treball).

També hi ha una planta per sobre de la Planta 1, <Planta 2> que consisteix en dos badalots d'escala per a donar accés a les cobertes de dues de les torres, la torre Sud i la Oest de la planta 1, però donat l'ús gairebé exclusiu per al manteniment i a la seva situació aïllada respecte de la resta de l'edifici, s'ha ignorat aquesta planta 2 del treball.

Per tant el treball es centra exclusivament en les tres plantes principals, la planta -1, soterrada i on es troba l'entrada a l'edifici, amb uns 5492,04 m<sup>2</sup> totals de superfície útils; la planta 0, amb uns 4215,72 m<sup>2</sup> de superfície útil i la planta 1 amb 1017,87 m<sup>2</sup> de superfície útil.

Així doncs, l'edifici, d'aproximadament un 80% de superfície respecte d'una mansana de l'eixample, disposa d'una gran superfície repartida en tres nivells o plantes principals a la vegada que, dins de les mateixes plantes, la superfície es troba distribuïda en diverses alçades per compensar el desnivell fruit de la pendent de la muntanya de Montjuïc.

En el plànol 1 es troba un plànol d'informació i unes seccions del terreny que mostren les dades citades en aquest punt i en els plànols N°5 a N° 7 es poden observar les seccions de l'edifici amb els seus desnivells de cotes de forjats entre edificis de les plantes 0 i 1.

## **2.3 Proposta del sistema de climatització/ renovació d'aire:**

Al tractar-se d'un edifici gran, variat, sense possibilitat d'accedir a coberta (sols per a l'expulsió d'aire i en llocs puntuals i reduïts) i amb múltiples usos en cadascuna de les seves tres plantes (explicat en apartats següents), el sistema de climatització idoni per a resoldre la climatització de l'edifici serà un sistema centralitzat, ja que tant les diferents sales de l'edifici com els seus usos son molt extensos i variats.

Per començar a diferenciar parts d'aquest sistema de climatització cal diferenciar quatre grans grups de sistemes (es una diferenciació de sistemes per a ajudar al lector a la ràpida i correcta comprensió del treball). Així doncs, el sistema de climatització estarà format per:

1. Sistema de Producció
2. Sistema de distribució i difusió
3. Sistema de renovació d'aire
4. Sistema de control

El < sistema de producció > estarà format per bombes de calor i refredadores d'aigua situades en una cambra de màquines (explicat al punt 2.15) segons les exigències que conformen la suma de les necessitats de les diferents estances de l'edifici (el càlcul de les necessitats s'explica en els punts següents).

El fred/calor obtingut en el sistema de producció es transmetrà a la resta del edifici mitjançant un < sistema de distribució > (explicat al punt 2.14) format per canonades d'aigua, més concretament un < sistema de 4 tubs >, dues canonades per a la refrigeració (impulsió fred i retorn fred) i dues canonades per a la calefacció (impulsió calor i retorn calor). Aquest sistema centralitzat de 4 tubs es dels més efectius en edificis de gran superfície degut a que permet llargues xarxes de subministrament (sistema de distribució) des de una mateixa ubicació i pot subministrar refrigeració en unes sales alhora que calefacció en altres, i, en el cas de tenir bombes de calor o tenir aplicada l'energia geotèrmica, al usar refrigeració i calefacció a la vegada es pot aprofitar/compensar el consum energètic.

Aquest sistema de distribució transportarà el fred/calor fins al sistema de difusió, que estarà format per diversos fancoils repartits estratègicament per totes les estances de l'edifici, la

distribució d'aquests s'explica en els següents punts del treball. Tots els fancoils embocaran conductes que aniran a reixes i difusors, es adir, que el sistema de difusió seran els fancoils i els conductes d'aire de tot l'edifici (excepte els relatius a la renovació d'aire). El sistema de difusió serà bastant complicat donades les elevades exigències tèrmiques de l'edifici, no sol pels conductes d'impulsió i de retorn de les múltiples unitats difusores, sinó també perquè en algunes sales hi haurà fins a tres fancoils per a garantir el confort tèrmic (tots connectats al mateix termòstat), com a les sales d'exposicions, mentre que en altres estances hi haurà una sola unitat difusora (mirar les taules de selecció en els annexes).

Però també hi haurà algunes unitats difusores que compartiran dues, tres o quatre sales alhora, que, per mitjà de comportes mecanitzades, amb termòstats a cada sala i amb centraletes de control, permetran racionalitzar l'ús de l'aire condicionat segons les necessitats reals de les sales, es el que es diu un < sistema de fals caudal variable >. Aquest ve a ser un sistema que obre i tanca comportes mecanitzades en els conductes d'aire automàticament segons les necessitats de les sales i abaixa o apuja la velocitat de la unitat difusora per equilibrar el circuit, es a dir, que no es desaprofita l'aire condicionat si la sala adjacent no el necessita o al inrevés, si en la sala contigua es necessita i en la pròpia no, això gairebé garanteix el confort tèrmic i un considerable estalvi energètic.

A més, l'aire condicionat sol anirà si en qualsevol de les estances està encès per requeriment de l'usuari, abans es solucionava col·locant una maquina difusora diferent en cada sala per a garantir el correcte us de l'aire condicionat i no malbaratar-lo en sales contigües que tenien un us diferent en el temps o en necessitats tèrmiques, però amb la centraleta de control es pot estalviar maquines difusores compartint-ne una de sola amb diverses sales a la vegada, amb la garantia de que sol funcionarà quan es necessiti .

Seguidament, deixant de banda tot la refrigeració i la calefacció (el sistema de producció, distribució i difusió), hi ha el concepte de < tractament d'aire > o renovació d'aire (explicat dels punts 2.10 al 2.12). Aquest, per motius d'espai així com per les grans exigències tèrmiques de l'edifici, serà independent del sistema de refrigeració i calefacció, es a dir, els conductes de renovació d'aire (aire d'expulsió i aire exterior) aniran per una banda, i els conductes de la impulsió i del retorn de l'aire < climatitzat > per l'altra. El que si que es trobarà en algunes sales, per a estalviar conductes i reixes en el sistema de renovació, serà que es dirigirà l'aire exterior de renovació cap al sistema de conductes de impulsió (a la entrada que

tenen les unitats difusores després de les bateries de fred/calor), per a aprofitar els conductes d'impulsió de clima en comptes de dimensionar-ne per clima i per renovació per separat.

Aquesta renovació d'aire estarà realitzada per tres diferents mètodes, el primer es amb <UTA> (Unitat de tractament d'aire), que amb conductes d'impulsió i de retorn renoven l'aire de l'interior de l'edifici, l'ús d'aquestes màquines <UTA> es molt habitual donades les facilitats i el control de l'aire que impliquen, l'ideal seria fer-ho tot amb UTA, però per manca d'espai, hi hauran d'haver dos mètodes mes per a solucionar la renovació d'aire.

Els altres dos mètodes seran l'ús de recuperadors entàlpics amb fancoils al darrere per aclimatar l'aire exterior quan sigui necessari, hi hauran recuperadors situats al terra en sales de màquines seguits per fancoils ( segon mètode) i recuperadors penjats al fals sostre seguits també per fancoils (tercer mètode). Els fancoils de darrere dels recuperadors sol s'activaran quan una sonda de temperatura detecti que s'ha d'apujar o abaixar la temperatura de l'aire exterior (després de mesclar la temperatura de l'aire exterior amb el de l'aire d'expulsió ).

A més, dos dels diferents subsistemes de renovació que hi haurà a l'edifici (hi haurà 16 diferents subsistemes de renovació d'aire) tindran un control exhaustiu de la humitat en les sales ( sales amb obres d'art). Hi haurà un dosificador d'humitat connectat amb una sonda en el conducte, que aportarà humitat (en forma de vapor) quan l'aire exterior després de tractar-se sigui molt sec ( en refrigeració per exemple). Per altra banda, en les sales també hi hauran assecadors connectats a sondes per assecar l'ambient quan sigui molt humit. L'ideal seria poder fer-ho en totes i cadascuna de les sales de l'edifici, però la realitat es que, tant per l'espai necessari com pel cost econòmic que comportaria, tant implantar la instal·lació com per mantenir-la en funcionament, es millor preveure aquests sistemes de control exhaustiu d'humitat només en les sales de les obres d'art, en que son 100 % necessaris.

El sistema de ventilació o extracció d'aire (explicat al punt 2.7), es realitzarà de forma que quedi com a independent tant de la climatització com de la renovació d'aire. Es a dir, l'aire de ventilació anirà per conductes directament a coberta (conduit amb aspiradors mecànics).

Pel que fa al sistema de control de les unitats de producció i difusió, anirà centralitzat, ja sigui a la sala de manteniment o a les sales de maquines, mes endavant es detallarà.

## **2.4 Primera diferenciació d'àrees**

Com que el treball consisteix en climatitzar aquest edifici tant extens i variat, primerament s'han diferenciat parts del edifici en quatre grans àrees o categories segons el grau de condicionament d'aire que requereixen:

\* La categoria 1. Zones climatitzades. Consisteixen en els vestíbuls, sales d'exposicions, mediateca, sala d'actes, restaurant, oficines, zones de treball, aules per reunions... En resum, zones d'ús (o no) freqüent que per la seva llarga estança de la gent en elles requereixen d'un sistema per a garantir una temperatura i humitat òptimes així com una qualitat d'aire i condicions acústiques per a garantir el confort ambiental a l'usuari.

\* La categoria 2. Zones amb únicament renovació d'aire. Consisteixen en magatzems, passadissos secundaris, zones aïllades per al manteniment.... en resum, zones d'un ús molt poc freqüent que tot i la poca estança de la gent en elles requereix d'un sistema per a garantir una mínima qualitat d'aire i unes condicions acústiques per al confort ambiental de l'usuari.

\* La categoria 3. Zones amb únicament extracció d'aire. Consisteixen en la cuina, mostrador del bar, els lavabos i els banys, en resum, zones d'un ús que requereix d'un sistema per a extraure l'aire viciat o amb olors (ventilació) per a garantir una mínima qualitat d'aire i el confort ambiental mínim a l'usuari.

\* La categoria 4. Zones sense climatització, renovació ni extracció d'aire. Consisteixen en zones en que gairebé ningú hi accedeix, com sales d'instal·lacions, elements de comunicació vertical, passadissos per a instal·lacions, ascensors, escales... en definitiva, zones que no requereixen d'un confort ambiental per a l'usuari.

Planta	Sup. Útil (m2)	Categoria 1 (m2)	Categoria 2 (m2)	Categoria 3 (m2)	Categoria 4 (m2)
Planta -1	5492,04 m2	3997,48 m2	653,05 m2	181,18 m2	660,33 m2
Planta 0	4215,72 m2	3354,92 m2	155,31 m2	120,89 m2	584,60 m2
Planta 1	1017,87 m2	920,74 m2	7,37 m2	32,50 m2	57,26 m2

\* Taula 1.1, resum de les superfícies de l'edifici segons la categoria anterior (cat.1 - cat.4).

En els plànols N°2 a N°4 es poden veure els noms de les sales i les seves superfícies segons les categories anteriorment citades, i en els plànols N°24 a 27 es troben definides les superfícies específiques de les categories 1, 2 i 3.

## **2.5 Classificació de les zones/sales climatitzades segons ús**

Una vegada explicat l'edifici i les seves <grans zones>, ens trobem amb la superfície de <categoria 1 > en les tres plantes de l'edifici, superfícies que han de ser climatitzades .

Dins d'aquests 8273,14 m<sup>2</sup> (dividits en tres plantes) que s'han de refrigerar de la <categoria 1>, hi haurà nombroses sales o estances amb diferents usos i diferent freqüència d'utilització. Per exemple, l'auditori o les sales de reunió es faran servir quan es necessitin, quan no, estaran tancat/des, una mica del mateix passa amb els despatxos, potser l'usuari d'aquest te calor en el seu lloc de treball i vol utilitzar l'aire condicionat, quan a la sala del costat fa fred i l'han apagat. Es a dir, s'ha de contemplar la possibilitat d'un confort tèrmic variable com ho son els gairebé infinits gustos de la gent, i s'ha de preveure una freqüència d'ús diferent per a algunes de les sales de l'edifici, pel que s'ha de dividir al màxim el sistema d'aire condicionat per a donar el confort tèrmic més variat possible.

Per tant, per començar a dividir aquests 8273,14 m<sup>2</sup> a part que en les tres plantes a que pertanyen, agruparem les sales o estances segons les seves similituds, o proximitats.

En primer lloc agruparem les sales per la seva disposició en planta, les agruparem en diferents zones (de zona 1 a zona 24), segons els següents factors:

1. Per la proximitat amb altres sales.
2. Per l'ús de la sala respecte a sales adjacents
3. Per la freqüència d'ús de la sala respecte a sales adjacents
4. Per la facilitat per a col·locar conductes compartits amb sales adjacents
5. Per la facilitat per a col·locar el mateix sistema de refrigeració en la mateixa zona.

Amb aquests cinc factors, s'agruparà les diverses sales de l'edifici en 24 zones diferents.

Aquestes < zones > estan ombrejades amb colors als plànols N°24 a N°27, en aquests mateixos plànols es troben les necessitats tèrmiques i els cabals necessaris per a refrigeració i calefacció, les necessitats tèrmiques, el cabal de renovació d'aire i els cabals d'extracció d'aire (calculades amb l'ajuda del programa <Calculo Aire> de Saunier Duval).

A més de la zonificació anterior, es classificaran les diferents sales de les plantes amb dos valors o atributs:

Valor 1. El primer valor o atribut fa referència a l'ús de la estances, pot ser <A> o <B> :

\* < A >, implica ús freqüent de la sala/estança, per exemple si és un lloc de treball, un lloc de pas obligat per a tothom, una sala ocupada permanentment....

\* < B >, implica un ús poc freqüent de la sala/estança, per exemple si es una sala de reunions, l'auditori, ....

Valor 2. El segon valor o atribut fa referència a la independència tèrmica de la sala/estança respecte a la resta de sales adjacents a ella, pot ser <X> o <Y> :

\* < X >, implica una independència tèrmica nul·la de la sala, es a dir, que la sala pot estar, per la seva situació i /o ús, en les mateixes condicions tèrmiques que la sala del costat. Aquest valor es un principi per a compartir o no el sistema de climatització de la sala amb altres sistemes de climatització adjacents (conductes ), per exemple, el vestíbul està <obert> amb la botiga i amb recepció, i les sales de treball de la planta -1 son adjacents i comparteixen personal, potser tindran les portes obertes contínuament...

\* < Y >, implica una independència tèrmica total de la sala, es a dir, que el seu sistema de climatització te que ser completament independent de la resta de sistemes, ja sigui per estalviar a l'hora de refrigerar o per a garantir el confort tèrmic de la sala respecte a sales adjacents. També pel seu poc ús que faria malgastar energia si fos compartit amb sales normalment refrigerades i per la orientació de la sala (en la planta 1 hi ha mes finestres que paret...) , o simplement per gustos.. com en l'exemple del senyor del despatx de més enrere.

Per tant , les diferents sales o estances de l'edifici definides als plànols N°2 a N°4 s'agruparan en diferents zones ( 1 a 24) i se'ls donaran els valors < A > o < B > i < X > o < Y >.

Resumint, amb aquestes dades de zones i amb els valors 1 i 2, es pot fer un avanç en taules de la maquinaria interior difusora de climatització, una maquinaria < sense noms > però que es diferencia entre si per la numeració M1 a M57 (no es en cap cas el resultat del treball, però si que pot donar una idea aproximada del mateix).



A les taules següents es mostra el nom de la sala, la zona en la que s'ha agrupat, el valor 1, el valor 2 i un número provisional de màquina de refrigeració.

Tot i aquest caràcter provisional de maquinaria, que esta molt be per a fer-se una idea inicial de com hauria de ser la climatització per a un bon us de les instal·lacions, i que, a la vegada ajuda a dimensionar el nombre i els models de les màquines finals, el que realment importa es la maquinaria real que es projecta com a conseqüència dels càlculs (en els annexes i els plànols corresponents).

Per això, en la taula següent s'inclourà una última columna amb la maquinaria que es projecta (en base als càlculs que es troben als annexos així com a les taules dels plànols). Aquesta maquinaria te el nom de < UD > o unitat difusora seguit d'un número al darrere, va de la <UD 1> a la <UD 63 >. La distribució final esta basada en els conceptes definits en el punt 2.10 del treball, però he avançat el resultat final de la distribució per a comparar la idea inicial amb el màxim de flexibilitat que es pot obtenir segons l'espai disponible a l'edifici.

\* Classificació segons ús de les Zones/Sales amb climatització de la planta -1:

Nom de l'estança	Zona	Valor 1	Valor 2	Màquina provisional	Màquina Final
Informació - recepció	Zona 1	A	X	M. 1, M. 2	UD 1
Consigna	Zona 1	A	X	M. 1, M. 2	UD 2
Sala del personal	Zona 1	A	X	M. 1, M. 2	UD 2
Vestíbul 1	Zona 1	A	X	M. 1, M. 2	UD 1 + UD 3
Sala 1	Zona 1	A	Y	M. 3	UD 4
Botiga	Zona 1	A	Y	M. 4	UD 5
Passadís de servei 2	Zona 2	B	X	M. 5	UD 6
Sala reunions mediateca	Zona 2	B	Y	M. 6	UD 7
Despatx 2	Zona 2	A	Y	M. 7	UD 7
Mediateca	Zona 3	A	Y	M. 8	UD 8 + UD 9
Despatx 1	Zona 3	A	Y	M. 9	UD 10
Passadís 2	Zona 3	B	X	M. 8	UD 9
Sala d'estudi 1	Zona 3	B	Y	M. 10	UD 11

Nom de l'estança	Zona	Valor 1	Valor 2	Màquina provisional	Màquina Final
Sala d'estudi 2	Zona 3	B	Y	M. 11	UD 12
Embalatges	Zona 4	B	X	M. 12	UD 13
Magatzem col·lecció	Zona 4	A	X	M. 13, M. 14	UD 14
Restauració	Zona 4	A	X	M. 13, M. 14	UD 15
Despatx restaurador	Zona 4	A	Y	M. 15	UD 16
Plató fotografia	Zona 4	B	Y	M. 16	UD 15
Laboratori de les arts 2	Zona 4	B	Y	M. 17	UD 17
Passadís de servei 1	Zona 5	B	X	M.18	UD 6
Pas d'obres	Zona 5	B	X	M.18	UD 6
Pas de personal	Zona 5	B	X	M.18	UD 6
Auditori	Zona 6	B	Y	M. 19	UD 18, UD 19 i UD 20
Sala auxiliar 1	Zona 6	B	Y	M. 20	UD 21
Sala auxiliar 2	Zona 6	B	Y	M. 21	UD 21
Sala auxiliar 3	Zona 6	B	Y	M. 22	UD 21
Vestíbul 2	Zona 6	A	X	M. 1, M. 2	UD 3
Vestíbul plataforma P1	Zona 7	B	X	M. 23	UD 22
Menjador de personal	Zona 7	B	X	M. 23	UD 22
Armariets	Zona 7	B	X	M. 23	UD 22
Cafeteria - restaurant 2	Zona 7	A	Y	M. 24	UD 23
Despatx cuiner	Zona 7	B	Y	M. 25	UD 23
Control	Zona 7	A	Y	M. 26	UD 24
Manteniment	Zona 7	A	Y	M. 27	UD 24
Sala Vip	Zona 7	B	Y	M. 28	UD 25
Passadís 1	Zona 7	B	X	M. 27	UD 24
Vestíbul camerinos	Zona 7	B	X	M. 29	UD 26
Camerino Principal	Zona 7	B	Y	M. 30	UD 26
Camerino General	Zona 7	B	Y	M. 29	UD 26

*\* Taula 2.1 Resum de la agrupació de sales/estances de la planta -1 per zones amb el valor 1 i el valor 2 (explicats al principi del punt), amb un número de màquina interior <provisional> de climatització i amb la maquina final que es projecta per a la sala.*

\* Classificació segons ús de les Zones/Sales amb climatització de la planta 0:

Nom de l'estança	Zona	Valor 1	Valor 2	Màquina provisional	Màquina Final
Sala 3	Zona 8	A	X	M. 31, M. 32	UD 27, UD 28 i UD 29
Cafeteria - restaurant	Zona 9	A	Y	M. 33	UD 30, UD 31 i UD 32
Vestíbul 4	Zona 9	A	X	M. 33	UD 33
Laboratori de les arts	Zona 10	B	Y	M. 34	UD 34
Vestíbul 3	Zona 11	A	Y	M. 35	UD 35, UD 36
Sala 2	Zona 11	A	X	M. 35	UD 37, UD 38
Passadís de servei 4	Zona 12	B	X	M. 36	UD 39
Despatx 3	Zona 12	A	Y	M. 37	UD 40
Despatx 4	Zona 12	A	Y	M. 38	UD 41
Despatx 5	Zona 12	A	Y	M. 39	UD 42
Despatx 6	Zona 12	A	Y	M. 40	UD 43
Area general d'oficines	Zona 12	A	X	M. 36	UD 39
Sala 4	Zona 13	A	Y	M. 41, M. 42	UD 44, UD 45 i UD 46

*\* Taula 2.2 Resum de la agrupació de sales/estances de la planta 0 per zones amb el valor 1 i el valor 2 (explicats al principi del punt), amb un número de màquina interior <provisional> de climatització i amb la màquina final que es projecta per a la sala.*

\* Classificació segons ús de les Zones/Sales amb climatització de la planta 1:

Nom de l'estança	Zona	Valor 1	Valor 2	Màquina provisional	Màquina Final
Aula 1	Zona 14	B	Y	M. 43	UD 47, UD 48
Sala auxiliar 4	Zona 15	B	X	M. 44	UD 49
Sala auxiliar 5	Zona 15	B	X	M. 44	UD 49
Sala auxiliar 6	Zona 15	B	X	M. 44	UD 49
Sala auxiliar 7	Zona 15	B	X	M. 44	UD 49
Vestíbul d'accés 1	Zona 16	B	X	M. 45	UD 50
Oficines 1	Zona 17	A	X	M. 46	UD 51, UD 52
Vestíbul d'accés 2	Zona 17	B	X	M. 46	UD 52
Sala de reunions A	Zona 18	B	Y	M. 47	UD 53
Despatx 7	Zona 18	A	Y	M. 48	UD 54
Despatx 8	Zona 18	A	Y	M. 49	UD 55
Aula 2	Zona 19	B	Y	M. 50	UD 56, UD 57
Sala auxiliar 8	Zona 20	B	X	M. 51	UD 58
Sala auxiliar 9	Zona 20	B	X	M. 51	UD 58
Sala auxiliar 10	Zona 20	B	X	M. 51	UD 58
Sala auxiliar 11	Zona 20	B	X	M. 51	UD 58
Vestíbul d'accés 3	Zona 21	B	X	M. 52	UD 59
Oficines 2	Zona 22	A	X	M. 53	UD 60, UD 61
Sala de reunions B	Zona 23	B	Y	M. 54	UD 62
Despatx 9	Zona 23	A	Y	M. 55	UD 62
Despatx 10	Zona 23	A	Y	M. 56	UD 62
Despatx 11	Zona 23	A	Y	M. 57	UD 62
Vestíbul d'accés 4	Zona 24	B	X	M. 53	UD 63

*\* Taula 2.3 Resum de la agrupació de sales/estances de la planta 1 per zones amb el valor 1 i el valor 2 (explicats al principi del punt), amb un número de màquina interior <provisional> de climatització i amb la maquina final que es projecta per a la sala.*

Aquestes tres últimes taules <resum> mostren una perspectiva de com serà el sistema de climatització final, primer amb la idea inicial de màquina provisional en ombrejat de colors es mostren les màquines que en principi <alimenten> a més d'una sala. Ja sigui perquè son sales contigües i obertes, perquè tinguin el mateix us espaiat en el temps o per estalviar energia fent servir un sistema de fals caudal variable, o per necessitat d'espai, aquella màquina amb el nom ombrejat climatitzarà amb conductes les sales en que hi apareix.

Amb la <previsió> inicial de maquinaria interior difusora, segons les necessitats de les sales en quan a tipologia i freqüència d'ús es refereix, surten unes 57 unitats diferents, però el resultat final de unitats difusores interiors (sense comptar en cap moment amb la renovació d'aire), surten unes 63 màquines difusores o <UD>. El motiu del canvi de 57 a 63 unitats finals es degut, en primer lloc, a satisfer les necessitats tèrmiques de les sales, es a dir, per exemple, a vegades amb dues màquines podies satisfer els KW Fred i els KW Calor, però amb aquelles dues màquines no s'arribaven als m<sup>3</sup>/h necessaris i per tant se n'han de col·locar tres o fins i tot quatre per a satisfer els m<sup>3</sup>/h.

Resumint, els models comercials son els que son i s'ha de triar els que et serveixen per a equilibrar el sistema, no ha ni de quedar curt ni s'ha de passar-se enormement a l'hora de elegir els fancoils. També en gran mida, la idea inicial es veu truncada per l'espai real que hi ha, es a dir, s'ha de tenir en compte que, pel fals sostre, tan en alçada com per superfície, passaran els conductes d'impulsió, de retorn, d'extracció d'aire de renovació, de impulsió d'aire de renovació i els d'extracció, i també hi haurà les altres unitats difusores així com algunes màquines de renovació d'aire (recuperadors). Per acabar, s'ha de tenir en compte que per moltes sales de l'edifici no hi poden passar conductes (mirar els plànols d'informació) i en algunes sales l'espai el fals sostre varia considerablement en una mateixa sala.

Aquestes <màquines difusores> no son més que unitats individuals que transmeten el fred/calor transmès pel <sistema de distribució> que ha estat prèviament produït en el <sistema de producció>. Per tant, abans de dimensionar cap de les tres parts esmentades (tot i haver mostrat el resultat final de <màquines difusores> per a veure la diferencia entre la idea inicial i el millor resultat possible que se li pugui acostar ), s'han de saber les necessitats tèrmiques de l'edifici. En els punts 2.8 i 2.9 es donen a conèixer els mètodes emprats per a obtenir-les, i poder així dimensionar, primer les màquines difusores, després el sistema de distribució i finalment el sistema de producció.

## **2.6 Classificació de les zones/sales amb renovació d'aire:**

Una vegada dividida la superfície climatitzada (categoria 1) en diferents zones, toca parlar de la renovació d'aire (que afecta a zones de categoria 1 i categoria 2). El Rite, en la (IT 1.1.4.2) diu que s'ha de garantir una mínima quantitat d'aire provinent de l'exterior a les sales amb activitat humana per evitar concentracions de contaminants (la renovació pot anar compartida amb el sistema de climatització, però també pot ser un sistema en paral·lel, independent).

Tal i com diu la <IT 1.1.4.2.1 >, juntament amb la <taula 1.1.2.1> de la <IT 1.1.4.2.3 >, hi haurà quatre categories de qualitat d'aire interior (IDA), però només en farem servir les tres primeres, perquè la <IDA 4> es de qualitat baixa:

IDA 1, Aire d'òptima qualitat, 72 m<sup>3</sup>/h per persona, es farà servir per a les sales de les zones 4, 8 i 13 de climatització que estaran destinades a albergar o a manipular les obres d'art i a les zones de renovació que emmagatzemin material <sensible> o important. A més, totes aquestes sales disposaran d'un sistema independent de renovació d'aire, amb filtres d'aire més bons que la resta i amb un control específic de la humitat de l'aire exterior.

IDA 2, Aire de bona qualitat, 45 m<sup>3</sup>/h per persona, es farà servir per a les sales o estances que estiguin destinades a una estança prolongada i sense gaire activitat física dels seus usuaris, com per exemple, vestíbuls de llarga estança, despatxos, sales de reunió, oficines i les sales d'exposició.

IDA 3, Aire de qualitat mitja, 29 m<sup>3</sup>/h per persona (28,8 m<sup>3</sup>), es farà servir per a les sales o estances que estiguin destinades a una baixa activitat física ( sales en que no estaran quietes ni que entrin en les categories anteriors), com espais de pas, l'Auditori, el restaurant, vestíbuls de pas... a part també hi trobarem els espais de magatzem que no estaran refrigerants.

Amb aquesta classificació, es pensarà un nombre d'usuaris teòric i es calcularan els m<sup>3</sup>/h necessaris per a cada sala segons <el IDA> corresponent. Aquest càlcul afecta tant a les sales de la <categoria 1> com a les sales de la <categoria 2> (del punt 2.4 de la memòria), pel que a l'hora de dimensionar hi haurà sistemes de renovació que alimentaran a zones de les dues categories.

En els plànols N° 24 a N° 27 hi ha en ombrejat la separació de zones explicada en el punt 2.4, i en color grog estan agrupades diverses sales contigües en 8 < zones de renovació> des de la <A> a la <H>, i unes taules amb els valors de la renovació en m<sup>3</sup>/h segons un nombre teòric de persones (calculat per sobre) que està entre parèntesi.

## **2.7 Classificació de les zones/sales amb extracció d'aire:**

Per acabar d'explicar les zones definides en el punt 2.4 (categoria 1, categoria 2 i categoria 3), falta per detallar la manera de tractar les sales de la categoria 3 (la categoria 4 no es rellevant per al càlcul tèrmic de la climatització, únicament es important per l'espai que proporcionen les seves superfícies per a usar-lo com a possible pas d'instal·lacions).

Així doncs, les zones de <categoria 3>, que son la cuina, el mostrador del bar, els lavabos i els banys, requereixen d'un sistema per a extraure l'aire viciat o amb olors. Per calcular la quantitat d'aire a extreure hem de consultar dues referències, el RITE i el DB-HS-3 del codi tècnic de l'edificació.

En el RITE, per a zones de servei es dona un mínim de 7,2 m<sup>3</sup>/h per m<sup>2</sup> de superfície, però pel que fa a la taula 2.1 del DB-HS-3, ens diu 7,2 m<sup>3</sup>/h/m<sup>2</sup> per cuines, a més d'un mínim de 54 m<sup>3</sup>/h per cada local de bany, i uns 180 m<sup>3</sup>/h com a mínim per a la campana de la cuina.

Per tant, en el cas dels banys, s'ha d'agafar el valor més gran del dos, ja que el mínim de 54 m<sup>3</sup>/h serà per banys i vestuaris petits, però pel banys o vestuaris de més superfície caldrà agafar el valor del RITE per acomplir les dues normes.

En els plànols N° 24 a N° 27 hi ha en ombrejat la separació de zones explicada en el punt 2.4, i en color verd estan agrupades diverses sales contigües en 11 <zones de extracció> de la <EX 1> a la <EX 11>, i unes taules amb els valors de m<sup>3</sup>/h necessaris, una columna per al valor exigít del RITE, una altra amb el valor exigít del DB-HS3 i una tercera amb el cabal total de la sala (el més elevat de les dues opcions, marcat amb un 1 si es del RITE o amb un 2 si es del DB-HS3).

En quant als sistemes per aconseguir extraure l'aire de l'edifici, algunes sales tindran conductes que aniran a parar al retorn dels sistemes de renovació de aire ( independent de la climatització), i altres sales tindran una xarxa de conductes pròpia que anirà a parar a l'exterior de l'edifici (pel centre de la coberta); per veure el resultat exacte de com seran i per on aniran els conductes, cal mirar el punt 2.13 i els plànols relatius als conductes de ventilació.

## **2.8 Descripció de l'envoltant i les seves transmitàncies**

Per al càlcul de les necessitats tèrmiques de l'edifici, cal calcular les cargues tèrmiques internes i les cargues tèrmiques externes, que sumades entre si, donen les cargues tèrmiques necessàries (cargues globals) per a dimensionar el sistema de climatització, en aquest punt s'explica el procés per obtenir les <cargues tèrmiques externes>.

L'edifici, al ser tant extens, tenir 102 anys d'antiguitat i haver sigut objecte d'un canvi d'ús entre els anys 1993 a 2002, disposa d'una grandíssima varietat de formes en la seva envoltant, concretament l'envoltant de l'edifici posseeix 6 categories diferents de tancaments:

- A) 5 tancaments verticals diferents que donen al terreny,
- B) 20 tancaments verticals diferents que donen a l'exterior,
- C) 31 particions interiors verticals diferents entre zones climatitzades i no climatitzades contigües a l'exterior.
- D) 3 tancaments horitzontals diferents que donen al terreny
- E) 4 tancaments horitzontals diferents que donen a l'exterior
- F) 7 particions interiors horitzontals diferents entre zones climatitzades i no climatitzades contigües a l'exterior.

Es a dir, en total posseeix uns 70 tancaments diferents en tota la seva envoltant, tancaments definits en els plànols del N° 12 al N°23 amb seccions que mostren els seus materials i ombrejats que mostren la seva ubicació en el plànol de l'edifici, mentre que els càlculs de les seves transmitàncies tèrmiques es troben calculats als annexos, fent referència als plànols.

Per fer un resum de tota la informació escrita en aquest punt, es mostra una taula amb els noms de cada tancament, la seva transmitància i la seva categoria de tancament (A - F) :

Nom del tancament en els plànols	Transmitància Tèrmica (Kcal/h*m2*C)	Categoria de Tancament (A , B, C, D, E o F)	Ubicació a l'edifici	Plànol en que es troba definit
A1	0,36	Vertical terreny (A)	Planta -1	N°12
A2	0,40	Vertical terreny (A)	Planta -1	N°12
A3	0,44	Vertical terreny (A)	Planta -1	N°12



Nom del tancament en els plànols	Transmitància Tèrmica (Kcal/h*m2*C)	Categoria de Tancament (A , B, C, D, E o F)	Ubicació a l'edifici	Plànol en que es troba definit
A4	0,46	Vertical terreny (A)	Planta -1	Nº12
A5	0,26	Vertical terreny (A)	Planta -1	Nº12
B1	0,47	Vertical interior (C)	Planta -1	Nº12
B2	0,18	Vertical interior (C)	Planta -1	Nº13
B3(1)	0,42	Vertical interior (C)	Planta -1	Nº13
B3(2)	1,06	Vertical exterior (B)	Planta -1	Nº13
B4	0,65	Vertical interior (C)	Planta -1	Nº13
B5	0,53	Vertical interior (C)	Planta -1	Nº13
B6	1,78	Vertical interior (C)	Planta -1	Nº13
B7	1,20	Vertical interior (C)	Planta -1	Nº13
B8	0,94	Vertical interior (C)	Planta -1	Nº14
B9	0,35	Vertical interior (C)	Planta -1	Nº14
B10	0,13	Vertical interior (C)	Planta -1	Nº14
B11	1,41	Vertical interior (C)	Planta -1	Nº14
B12	0,36	Vertical interior (C)	Planta -1	Nº14
B13	0,31	Vertical interior (C)	Planta -1	Nº14
B14	0,39	Vertical interior (C)	Planta -1	Nº15
B15	0,25	Vertical interior (C)	Planta -1	Nº15
C1	0,73	Vertical exterior (B)	Planta -1	Nº15
C2	0,29	Vertical interior (C)	Planta -1	Nº15
C3	0,20	Vertical interior (C)	Planta -1	Nº15
C4	0,17	Vertical exterior (B)	Planta -1	Nº15
D1	0,37	Vertical interior (C)	Planta 0	Nº16
D2	0,30	Vertical interior (C)	Planta 0	Nº16
D3	0,27	Vertical interior (C)	Planta 0	Nº16
D4	0,30	Vertical interior (C)	Planta 0	Nº16
D5	0,39	Vertical exterior (B)	Planta 0	Nº16
D6	0,33	Vertical exterior (B)	Planta 0	Nº16

Nom del tancament en els plànols	Transmitància Tèrmica (Kcal/h*m2*C)	Categoria de Tancament (A , B, C, D, E o F)	Ubicació a l'edifici	Plànol en que es troba definit
D7	0,27	Vertical exterior (B)	Planta 0	Nº17
D8	0,24	Vertical exterior (B)	Planta 0	Nº17
D9	0,73	Vertical exterior (B)	Planta 0	Nº17
D10	0,57	Vertical exterior (B)	Planta 0	Nº17
D11	0,28	Vertical exterior (B)	Planta 0	Nº17
D12	0,26	Vertical exterior (B)	Planta 0	Nº17
D13	0,75	Vertical exterior (B)	Planta 0	Nº18
D14	0,58	Vertical exterior (B)	Planta 0	Nº18
D15	0,47	Vertical exterior (B)	Planta 0	Nº18
D16	0,42	Vertical exterior (B)	Planta 0	Nº18
D17	0,52	Vertical exterior (B)	Planta 0	Nº18
D18	0,35	Vertical interior (C)	Planta 0	Nº18
D19	0,38	Vertical exterior (B)	Planta 0	Nº19
D20	0,52	Vertical exterior (B)	Planta 0	Nº19
D21	0,55	Vertical interior (C)	Planta 0	Nº19
D22	0,75	Vertical interior (C)	Planta 0	Nº19
D23	0,95	Vertical interior (C)	Planta 0	Nº19
D24	0,58	Vertical interior (C)	Planta 0	Nº19
D25	1,04	Vertical interior (C)	Planta 0	Nº20
D26	0,78	Vertical interior (C)	Planta 0	Nº20
D27	0,65	Vertical interior (C)	Planta 0	Nº20
E1	0,43	Vertical exterior (B)	Planta 1	Nº21
E2	0,37	Vertical exterior (B)	Planta 1	Nº21
E3	0,23	Vertical interior (C)	Planta 1	Nº21
E4	0,28	Vertical interior (C)	Planta 1	Nº21
F1	0,20	horitzontal terreny (D)	Planta -1	Nº22
F2	0,24	horitzontal terreny (D)	Planta -1	Nº22
F3	0,20	horitzontal terreny (D)	Planta -1	Nº22

Nom del tancament en els plànols	Transmitància Tèrmica (Kcal/h*m2*C)	Categoria de Tancament (A , B, C, D, E o F)	Ubicació a l'edifici	Plànol en que es troba definit
G1	1,38	horitzontal exterior(E)	Planta -1	Nº22
G2	2,26	horitzontal exterior(E)	Planta -1	Nº22
G3	0,48	horitzontal interior (F)	Planta -1	Nº22
G3''	0,64	horitzontal interior (F)	Planta -1	Nº22
G3**	0,48	horitzontal interior (F)	Planta -1	Nº22
G3++	0,64	horitzontal interior (F)	Planta -1	Nº22
G4	0,52	horitzontal interior (F)	Planta -1	Nº22
G4''	0,71	horitzontal interior (F)	Planta -1	Nº22
G4**	0,71	horitzontal interior (F)	Planta -1	Nº22
G5	0,29	horitzontal exterior(E)	Planta 1	Nº23
G6	0,27	horitzontal exterior(E)	Planta 1	Nº23

*\* Taula 3.1 , Resum dels tancaments de l'envoltant de l'edifici.*

Aquestes 70 transmitàncies tèrmiques son el primer pas del treball, ja que elles son la variable necessària per obtenir, mitjançant el càlcul a mà o amb un programa informàtic, les cargues tèrmiques externes. En aquest treball s'ha utilitzat un programa informàtic, però en els plànols N°28 a N°34 es veuen unes taules a on s'observa l'efecte separat de les cargues internes i externes respecte al total.

Acte seguit, per acabar amb els components de l'envoltant i les transmitàncies, falta per nombrar les finestres, les portes amb l'exterior i la claraboia que està present a l'edifici, elements de les façanes de l'edifici que tenen les seves pròpies transmitàncies i que modifiquen l'efecte dels tancaments citats anteriorment.

Hi han 4 tipologies de finestra i dues tipologies de porta amb diferent transmitància:

Finestra 1= Claraboia= 2,76 Kcal/h\*m2\*C      Finestra 2= 0,77 Kcal/h\*m2\*C  
 Finestra 3= 0,68 Kcal/h\*m2\*C                      Finestra 4= 0,81 Kcal/h\*m2\*C  
 Porta 1= 1,64 Kcal/h\*m2\*C                         Porta 2= 0,30 Kcal/h\*m2\*C

Els càlculs de les transmitàncies estan definits als annexos.

## **2.9 Cargues tèrmiques internes, cargues globals i cabal d'aire**

Per trobar les cargues tèrmiques internes de l'edifici i sumar-les a les cargues externes per a poder dimensionar les unitats difusores i la resta d'unitats del sistema de climatització, s'han de saber quatre variables sobre cada estança:

1). L'aire de renovació que hi haurà en aquella sala (aquest valor únicament es sumarà a les cargues internes quan la renovació i la refrigeració/calefacció estiguin subministrades per la mateixa màquina o sistema, si son sistemes paral·lels, es a dir, un sistema independent del altre. Aquest valor es deixa de sumar a les cargues internes, ja que llavors la renovació tindrà el seu propi sistema per preparar l'aire i s'estaria sobre dimensionant el sistema de refrigeració/calefacció). (En els plànols del N°28 al N°34 surten en taules els m<sup>3</sup>/h en funció del IDA corresponent i del nombre de persones que hi podria haver).

2). El nombre de persones que teòricament estarien presents en la sala durant un cert temps. (en els plànols del N°28 al N°34 surt en taules, el nombre de persones que hi podria haver).

3). La il·luminació de la sala en Watts per m<sup>2</sup> (W/m<sup>2</sup>), (consum de watts dividit per l'àrea). (en els plànols del N°9 al N°11 surt detallat el consum elèctric de les sales).

4). Les fonts de calor sensible que hi hagin a la sala (aparells elèctrics que amb el seu funcionament desprenen cert calor que acaba a l'ambient), com ordinadors, monitors... (en els plànols del N°9 al N°11 surten detallades les fonts de calor sensible de cada sala).

Aquestes quatre variables es consideren necessàries per a calcular les <cargues tèrmiques internes>. En aquest treball s'ha utilitzat un programa informàtic per a calcular-les, però en els plànols N°28 a N°34 es veuen unes taules a on s'observa la <influència> per separat de cada carga interna i externa respecte al total.

L'obtenció de les cargues tèrmiques <globals> (la suma de les internes mes les externes) es veu a les taules dels plànols N°28 a N°34 (es veuen en frigories i Kilocalories segons s'obtenen en el programa informàtic ). Però en els plànols N°24 a N° 27, les Frig. i Kcal. es transformen en KW fred , KW calor i cabals d'aire (els tres valors necessaris per dimensionar les màquines difusores), les operacions d'aquests tres estan definides als mateixos plànols i en les taules als annexos, però per citar-les aquí, son:

$$\text{KW fred} = [ (\text{frigories/h}) \times (1,16) / (1000) ]$$

$$\text{KW calor} = [ (\text{Kilocalories/h}) / (860) ]$$

$$\text{Cabal d'aire (m3/h)} = [ (\text{frigories/h}) \times (700) / (3000) ]$$

A més, en el cas de la renovació d'aire de sales que no tindran refrigeració/calefacció (categoria 2), com que només tenim com a dada els m3/h que ens exigeix el IDA corresponent, l'operació per a obtenir una <potència> a exigir a l'hora de decidir la màquina per la renovació, és:

$$\text{KW fred (renovació)} = [ ( (\text{cabal en m3/h}) \times (3000) / (700)) \times (1,16 / 1000) ]$$

També, per a possibilitar el dimensionament de la maquinaria, dels conductes... en el cas de que la renovació d'aire d'una sala sigui independent de la climatització de la mateixa, en els plànols N°24 a N°27 apareixen les frigories i Kilocalories totals de la sala/estança.

Però a l'hora dels <KW fred> , dels <KW calor> i del cabal d'aire, hi han dos nombres per a cadascuna d'aquestes tres dades, el KW fred en blau es per a clima+renovació i el que està en negre es sol per a renovació, el mateix passa amb el KW calor, el vermell es clima+renovació i el número en negre es sol per renovació, i amb els cabals d'aire passa semblant, <el cabal 1> es per a clima+renovació junts, mentre que el <cabal 2> es el cabal amb únicament refrigeració/calefacció, ja que el cabal de la renovació surt a la mateixa taula en una altra columna.

Així doncs, ja tenim KW fred, KW calor i cabals d'aire per a la climatització amb o sense renovació d'aire, i també KW fred de renovació i cabals de renovació (plànols N°24 a N°27), pel que ja es pot dimensionar les màquines difusores i les unitats de tractament d'aire (algunes compartiran clima i renovació d'aire).

## **2.10 Unitats difusores i sistemes de tractament d'aire, Planta -1**

Tal i com ja s'ha explicat en diferents punts anteriors, les unitats difusores (fancoils) s'han col·locat de manera estratègica per a que puguin satisfer les necessitats tèrmiques calculades, el mètode per a distribuir els fancoils en els seus respectius llocs no te gaire secret, es tracta de aconseguir encabir 63 fancoils diferents amb els seus respectius conductes (tots 63 son de conductes) en l'espai disponible en el fals sostre o en l'alçada lliure disponible tenint en compte que s'ha de deixar espai per al sistema de renovació, tant els conductes de aire d'expulsió com d'aire exterior com els altres fancoils que conformen les parts d'algun dels subsistemes de renovació, es a dir, es una petita bogeria.

Després hi ha el tema de poder demostrar que les unitats difusores i les diferents unitats del sistema de renovació compleixen les exigències de les sales, per tal repte, s'han de diferenciar diferents subsistemes (maquines difusores soles o agrupades) tant per refrigeració/calefacció (subsistemes clima), com per la renovació d'aire (subsistemes renovació), en total hi haurà 63 subsistemes de clima (UD 1 a UD 63) i 16 subsistemes de renovació (USR 1 a USR 16).

Per explicar detalladament el treball que realitzen aquests subsistemes, tant de clima com de renovació, i demostrar que poden subministrar les necessitats que requereixen les diferents sales, es pot fer de diverses maneres, de forma escrita ocuparia unes 30 o 40 pàgines i seria complicat d'entendre (en forma de text) donades les múltiples dades que s'han de demostrar, per tant el millor es fer-ho en taules, ja que, tot i que ocupen mes pàgines (56 fulls en taules), la comprensió visual es molt més senzilla, de manera que la manera mes raonable de justificar l'elecció de les unitats difusores i els sistemes de renovació es amb taules que diferencien les necessitats de clima (refrigeració/calefacció) respecte a les necessitats de la renovació d'aire.

Aquestes taules es troben als annexes per a no desenvolupar en excés la memòria del treball , es troben a les Pag 106 a 162 dels annexes, en elles, tot i el seu format de lectura horitzontal, es pot comprovar fàcilment el compliment de les exigències tèrmiques (per zones com en els plànols), separant les necessitats de clima de les de la renovació i amb resums de la maquinaria elegida per a comprovar que efectivament son capaces de complir amb les exigències tèrmiques de les sales en qüestió.

Seguidament hi han unes taules amb els subsistemes de clima i de renovació d'aire per a cadascuna de les sales de la planta -1, en cada subsistema es troba el model i l'empresa de les diferents unitats difusores i unitats del sistema de renovació.

La justificació numèrica del compliment de les exigències tèrmiques calculades es troba als annexes, pàgines 106 a 162.

\* Taula de l'assignació d'unitats de clima i de renovació d'aire segons les exigències tèrmiques de les sales de la planta -1:

Nom de l'estança	Refrigeració / Calefacció		Sistema de renovació	
	Subsistema clima	Model i empresa	Subsistema renovació	Model i empresa
Informació - recepció	UD 1	-42 DWD 09-, Carrier	USR 1	-39 SQR 0808-, Carrier
Consigna	UD 2 (*)	-42 EM 05-, Carrier	USR 2	-LGH-50RX5-E-, Mitsubishi Electric. + -42 EM 19-, Carrier
Sala del personal	UD 2 (*)	-42 EM 05-, Carrier	USR 2	-LGH-50RX5-E-, Mitsubishi Electric. + -42 EM 19-, Carrier
Vestíbul 1	UD 1 UD 3	-42 DWD 09-, Carrier -42 DWD 16-, Carrier	USR 1	-39 SQR 0808-, Carrier
Sala 1	UD 4	-42 EM 32-, Carrier	USR 1	-39 SQR 0808-, Carrier
Botiga	UD 5	-42 DWD 09-, Carrier	USR 1	-39 SQR 0808-, Carrier
Passadís de servei 2	UD 6	-42 DWD 16-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier

Nom de l'estança	Refrigeració / Calefacció		Sistema de renovació	
	Subsistema clima	Model i empresa	Subsistema renovació	Model i empresa
Sala reunions mediateca	UD 7 (*)	-42 EM 05-, Carrier	USR 4	-RHE 3500 VD-, Soler & Palau. + -42 EM 10-, Carrier + -42 DWD 16-, Carrier
Despatx 2	UD 7 (*)	-42 EM 05-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Mediateca	UD 8 UD 9	-42 DWD 16-, Carrier -42 DWD 16-, Carrier	USR 4	-RHE 3500 VD-, Soler & Palau. + -42 EM 10-, Carrier + -42 DWD 16-, Carrier
Despatx 1	UD 10	-42 DWD 09-, Carrier	USR 4	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Passadís 2	UD 9	-42 DWD 16-, Carrier	USR 4	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Sala d'estudi 1	UD 11	-42 EM 05-, Carrier	USR 4	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Sala d'estudi 2	UD 12	-42 EM 22-, Carrier	USR 4	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Embalatges	UD 13	-42 EM 39-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Magatzem col·lecció	UD 14	-42 DWD 09-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Restauració	UD 15 (*)	-42 EM 32-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier



Nom de l'estança	Refrigeració / Calefacció		Sistema de renovació	
	Subsistema clima	Model i empresa	Subsistema renovació	Model i empresa
Despatx restaurador	UD 16	-42 EM 05-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Plató fotografia	UD 15 (*)	-42 EM 32-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Laboratori de les arts 2	UD 17	-42 EM 10-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Passadís de servei 1	UD 6 (*)	-42 DWD 16-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Pas d'obres	UD 6 (*)	-42 DWD 16-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Pas de personal	UD 6 (*)	-42 DWD 16-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Auditori	UD 18, UD 19 i UD 20	-42 DWD 16-, Carrier -42 DWD 16-, Carrier -42 DWD 16-, Carrier	USR 5  USR 6	-39 SQR 0707-, Carrier  -39 SQR 0707-, Carrier
Sala auxiliar 1	UD 21 (*)	-42 EM 09-, Carrier	USR 5	-39 SQR 0707-, Carrier
Sala auxiliar 2	UD 21 (*)	-42 EM 09-, Carrier	USR 5	-39 SQR 0707-, Carrier
Sala auxiliar 3	UD 21 (*)	-42 EM 09-, Carrier	USR 5	-39 SQR 0707-, Carrier
Vestíbul 2	UD 3	-42 DWD 16-, Carrier	USR 1	-39 SQR 0808-, Carrier
Vestíbul plataforma P1	UD 22 (*)	-42 EM 10-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Menjador de personal	UD 22 (*)	-42 EM 10-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier

Nom de l'estança	Refrigeració / Calefacció		Sistema de renovació	
	Subsistema clima	Model i empresa	Subsistema renovació	Model i empresa
Armariets	UD 22 (*)	-42 EM 10-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Cafeteria - restaurant 2	UD 23	-42 EM 05-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Despatx cuiner	UD 23	-42 EM 05-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Control	UD 24 (*)	-42 EM 10-, Carrier	USR 2	-LGH-50RX5-E-, Mitsubishi Electric. + -42 EM 19-, Carrier
Manteniment	UD 24 (*)	-42 EM 10-, Carrier	USR 2	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Sala Vip	UD 25	-42 EM 05-, Carrier	USR 7	-LGH-50RX5-E-, Mitsubishi Electric. + -42 EM 09-, Carrier
Passadís 1	UD 24 (*)	-42 EM 10-, Carrier	USR 2	-LGH-50RX5-E-, Mitsubishi Electric. + -42 EM 19-, Carrier
Vestíbul camerinos	UD 26 (*)	-42 EM 09-, Carrier	USR 1	-39 SQR 0808-, Carrier
Camerino Principal	UD 26 (*)	-42 EM 09-, Carrier	USR 5	-39 SQR 0707-, Carrier
Camerino General	UD 26 (*)	-42 EM 09-, Carrier	USR 5	-39 SQR 0707-, Carrier

*\* Taula 4.1 : Taula d'unitats difusores i unitats de renovació d'aire de la planta -1*

Nota: L'asterisc de les unitats de clima ( \*) significa que la màquina en qüestió es un sistema de fals caudal variable, controlat per una centraleta.

Tal i com es pot veure a la taula superior, en la planta -1 s'han dimensionat 26 subsistemes de clima (refrigeració i calefacció) i fins a 7 subsistemes de renovació d'aire, el motiu de tan diversa instal·lació de climatització és que hi han múltiples usos per a diferents parts d'aquesta planta, concretament hi han < quatre grans usos > possibles per a la planta baixa:

El primer es l'ús públic de la gent, com el vestíbul, la recepció... tota la zona 1 dels plànols te una freqüència d'ús gairebé de les 8.00 a 19.00 de dilluns a diumenge.

Després hi ha l'ús de treball, els passadissos, les arrees de treball... les zones 2, 4, 5 i part de la zona 7 tenen una freqüència d'us des de les 9.00 a 17.00/19.00 o de dilluns a divendres (potser dissabte). Després trobem l'auditori i les seves sales relacionades, els camerinos i les sales auxiliars que tenen una freqüència d'us... gairebé desconeguda, es a dir, molt variable, al igual una setmana esta tancat, una altra esta obert cada dia, dos o tres per setmana...

Finalment hi ha l'ús de la mediateca, que en teoria seria com l'horari de treball, però al tractar-se d'una mediateca les necessitats tèrmiques son elevades i s'ha de independitzar de la resta de sistemes de l'edifici, ja sigui per diferents horaris d'us com per a poder fer quadrar els números de les necessitats tèrmiques.

Per aquests motius, s'han projectat tants subsistemes, primer els 26 subsistemes de clima per a garantir el confort de l'usuari tenint en compte l'estalvi energètic, a més en aquesta planta hi han sistemes de fals caudal variable (marcats amb < \* > a la taula) que proporcionen el caudal òptim tant en refrigeració com en calefacció únicament si el usuari desitja que el clima vagi. Es a dir, una sola màquina difusora, que subministra a mes d'una sala, funciona quan es requereix el seu us (pel propi usuari amb el termòstat de cada sala connectat amb una centraleta que a la vegada controla a la unitat difusora), i quan arriba a la temperatura desitjada s'apaga automàticament, mentre que si a la sala adjacent es necessita refrigerar o escalfar, la maquina segueix impulsant sense influir en les altres sales mitjançant comportes automatitzades.

Per últim, els 7 diferents sistemes de renovació d'aquesta planta son el reflex dels possibles usos de la planta: trobem USR 1 que abasteix les zones publiques, USR2 que ho fa a zones de treball, USR 3 a zones de treball, USR 4 sol per a la mediateca i les seves sales relacionades, USR 5 i USR 6 per a l'auditori, les sales auxiliars i els camerinos i USR 7 per a la sala VIP, que pot tenir un us molt espaiat en el temps .En resum, una instal·lació flexible que permet regular la renovació d'aire segons els usos que es facin servir en aquell moment.

## **2.11 Unitats difusores i sistemes de tractament d'aire, Planta 0**

A continuació es troben les taules amb els subsistemes de clima i de renovació d'aire per a cadascuna de les sales de la planta 0, en cada subsistema es troba el model i l'empresa de les diferents unitats difusores i unitats del sistema de renovació.

La justificació numèrica del compliment de les exigències tèrmiques calculades es troba als annexes, pàgines 106 a 162.

\* Taula de l'assignació d'unitats de clima i de renovació d'aire segons les exigències tèrmiques de les sales de la planta 0:

Nom de l'estança	Refrigeració / Calefacció		Sistema de renovació	
	Subsistema clima	Model i empresa	Subsistema renovació	Model i empresa
Sala 3	UD 27, UD 28 i UD 29	-42 DWD 16-, Carrier -42 DWD 16-, Carrier -42 DWD 16-, Carrier	USR 8	-RHE 3500 VD-, Soler & Palau. + -42 EM 10-, Carrier + -42 DWD 16-, Carrier
Cafeteria - restaurant	UD 30, UD 31 i UD 32	-42 DWD 16-, Carrier -42 DWD 16-, Carrier -42 DWD 16-, Carrier	USR 1	-39 SQR 0808-, Carrier
Vestíbul 4	UD 33	-42 EM 09-, Carrier	USR 1	-39 SQR 0808-, Carrier
Laboratori de les arts	UD 34	-42 DWD 16-, Carrier	USR 9  ----- USR 10	-RHE 1900 VD-, Soler & Palau. -42 DWD 09-, Carrier -42 EM 09-, Carrier  ----- -LGH-25RX5-E-, Mitsubishi Electric. + -42 EM 05-, Carrier

Nom de l'estança	Refrigeració / Calefacció		Sistema de renovació	
	Subsistema clima	Model i empresa	Subsistema renovació	Model i empresa
Vestíbul 3	UD 35 i UD 36	-42 DWD 16-, Carrier -42 DWD 16-, Carrier	USR 1	-39 SQR 0808-, Carrier
Sala 2	UD 37 i UD 38	-42 DWD 09-, Carrier -42 EM 39-, Carrier	USR 11	-RHE 1300 VD-, Soler & Palau. + -42 DWD 09-, Carrier
Passadís de servei 4	UD 39 (*)	-42 DWD 09-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Despatx 3	UD 40	-42 EM 39-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Despatx 4	UD 41	-42 EM 22-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Despatx 5	UD 42	-42 EM 22-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Despatx 6	UD 43	-42 EM 22-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Area general d'oficines	UD 39 (*)	-42 DWD 09-, Carrier	USR 3	-39 SQR 0606-, Carrier
Sala 4	UD 44, UD 45 i UD 46	-42 DWD 16-, Carrier -42 DWD 16-, Carrier -42 DWD 16-, Carrier	USR 12	-RHE 3500 VD-, Soler & Palau. + -42 EM 10-, Carrier + -42 DWD 16-, Carrier

*\* Taula 4.2 : Taula d'unitats difusores i unitats de renovació d'aire de la planta 0*

Nota: L'asterisc de les unitats de clima ( \*) significa que la màquina en qüestió es un sistema de fals caudal variable, controlat per una centraleta.

En aquesta planta 0 s'han projectat 20 subsistemes de clima (refrigeració i calefacció) i fins a 7 subsistemes de renovació d'aire. El motiu de tan diversa instal·lació de climatització és degut a que hi han múltiples usos per a diferents parts d'aquesta planta, concretament hi han < quatre grans usos > possibles per a la planta baixa:

El primer es l'ús públic de la gent, com el vestíbul i el restaurant que tenen una freqüència d'ús gairebé de les 8.00 a 19.00 de dilluns a diumenge.

Després hi ha l'ús de treball, els despatxos de la zona 12 tenen una freqüència d'us des de les 9.00 a 17.00/19.00 o de dilluns a divendres (potser dissabte). Després trobem el laboratori de les arts que té una freqüència d'us... gairebé desconeguda, es a dir, molt variable, al igual una setmana està tancat, una altra està obert cada dia, dos o tres per setmana...

Finalment hi ha l'ús de les sales d'exposicions, que en teoria seria com l'horari d'ús públic, de dilluns a diumenge, però al tractar-se de tres sales d'exposicions s'ha d'independitzar els sistemes de climatització entre elles i amb la resta de sistemes de climatització de l'edifici.

Per aquests motius, s'han projectat tants subsistemes, primer els 20 subsistemes de clima per a garantir el confort de l'usuari tenint en compte l'estalvi energètic, també en aquesta planta hi han sistemes de fals caudal variable (marcats amb < \* > a la taula), a les sales d'exposicions i a al restaurant s'han projectat tantes màquines difusores per poder arribar als m<sup>3</sup>/h necessaris (mirar les taules de selecció dels annexes, pag 106 a 162.)

Per últim, els 7 diferents sistemes de renovació d'aquesta planta són el reflex dels usos de l'edifici, trobem USR 1 que abasteix les zones públiques, USR 3 a zones de treball, USR 9 i USR 10 per al laboratori de les arts, i finalment USR 8, USR 11 i USR 12, que abasteixen, cadascuna d'elles per separat, a cadascuna de les tres sales d'exposicions.

Es a dir, una instal·lació flexible que permet regular tant la refrigeració, la calefacció com la renovació d'aire segons els usos que es facin servir en aquell moment, per evitar compartir sistemes de climatització amb sales que no es facin servir per la diferència de freqüència d'ús.

## **2.12 Unitats difusores i sistemes de tractament d'aire, Planta 1**

A continuació es troben les taules amb els subsistemes de clima i de renovació d'aire per a cadascuna de les sales de la planta 1, en cada subsistema es troba el model i l'empresa de les diferents unitats difusores i unitats del sistema de renovació.

La justificació numèrica del compliment de les exigències tèrmiques calculades es troba als annexes, pàgines 106 a 162.

\* Taula de l'assignació d'unitats de clima i de renovació d'aire segons les exigències tèrmiques de les sales de la planta 1:

Nom de l'estança	Refrigeració / Calefacció		Sistema de renovació	
	Subsistema clima	Model i empresa	Subsistema renovació	Model i empresa
Aula 1	UD 47 i UD 48	-42 DWD 16-, Carrier -42 DWD 16-, Carrier	USR 13	-RHE 3500 VD-, Soler & Palau. + 2 unitats difusores -42 DWD 09-, Carrier
Sala auxiliar 4	UD 49 (*)	-42 EM 05-, Carrier	USR 13	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Sala auxiliar 5	UD 49 (*)	-42 EM 05-, Carrier	USR 13	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Sala auxiliar 6	UD 49 (*)	-42 EM 05-, Carrier	USR 13	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Sala auxiliar 7	UD 49 (*)	-42 EM 05-, Carrier	USR 13	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Vestíbul d'accés 1	UD 50	-42 DWD 16-, Carrier	USR 1	-39 SQR 0808-, Carrier

Nom de l'estança	Refrigeració / Calefacció		Sistema de renovació	
	Subsistema clima	Model i empresa	Subsistema renovació	Model i empresa
Oficines 1	UD 51 i UD 52	-42 DWD 16-, Carrier -42 DWD 16-, Carrier	USR 14	-RHE 1900 VD-, Soler & Palau. -42 DWD 09-, Carrier -42 EM 09-, Carrier
Vestíbul d'accés 2	UD 52	-42 DWD 16-, Carrier	USR 14	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Sala de reunions A	UD 53	-42 DWD 09-, Carrier	USR 14	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Despatx 7	UD 54	-42 EM 39-, Carrier	USR 14	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Despatx 8	UD 55	-42 EM 39-, Carrier	USR 14	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Aula 2	UD 56 i UD 57	-42 DWD 09-, Carrier -42 DWD 16-, Carrier	USR 15	-RHE 2500 VD-, Soler & Palau. + 2 unitats difusores -42 DWD 09-, Carrier
Sala auxiliar 8	UD 58 (*)	-42 EM 09-, Carrier	USR 15	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Sala auxiliar 9	UD 58 (*)	-42 EM 09-, Carrier	USR 15	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Sala auxiliar 10	UD 58 (*)	-42 EM 09-, Carrier	USR 15	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Sala auxiliar 11	UD 58 (*)	-42 EM 09-, Carrier	USR 15	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Vestíbul d'accés 3	UD 59	-42 DWD 16-, Carrier	USR 1	-39 SQR 0808-, Carrier
Oficines 2	UD 60 i UD 61	-42 DWD 16-, Carrier -42 DWD 16-, Carrier	USR 16	-RHE 1900 VD-, Soler & Palau. -42 DWD 09-, Carrier -42 EM 05-, Carrier



Nom de l'estança	Refrigeració / Calefacció		Sistema de renovació	
	Subsistema clima	Model i empresa	Subsistema renovació	Model i empresa
Sala de reunions B	UD 62	-42 DWD 16-, Carrier	USR 16	-RHE 1900 VD-, Soler & Palau. -42 DWD 09-, Carrier -42 EM 05-, Carrier
Despatx 9	UD 62	-42 DWD 16-, Carrier	USR 16	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Despatx 10	UD 62	-42 DWD 16-, Carrier	USR 16	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Despatx 11	UD 62	-42 DWD 16-, Carrier	USR 16	"Mateixa descripció que a la sala anterior"
Vestíbul d'accés 4	UD 63	-42 DWD 16-, Carrier	USR 16	"Mateixa descripció que a la sala anterior"

*\* Taula 4.3 : Taula d'unitats difusores i unitats de renovació d'aire de la planta 1*

Nota: L'asterisc de les unitats de clima ( \*) significa que la màquina en qüestió es un sistema de fals caudal variable, controlat per una centraleta

En aquesta planta 1 s'han projectat 17 subsistemes de clima (refrigeració i calefacció) i fins a 5 subsistemes de renovació d'aire. El motiu de tan diversa instal·lació de climatització (per a una area tan reduïda) és degut a que hi han múltiples usos per a diferents parts d'aquesta planta, concretament hi han < tres grans usos > possibles per a la planta baixa:

El primer es l'ús públic de la gent, com els dos vestíbuls que hi han a les torres <Sud> i <Est> que en teoria son d'us públic (per a accedir a coberta), pel que la freqüència d'ús serà de les 8.00 a 19.00 de dilluns a diumenge.

Després hi ha l'ús de treball, les oficines que hi han tan a la torre Nord com a la torre Oest tenen una freqüència d'us des de les 9.00 a 17.00/19.00 o de dilluns a divendres).

I per últim trobem el us de les dues aules per fer presentacions, que al igual que l'auditori o el laboratori de les arts tindrà un us molt puntual en el temps, pel que els sistemes de

climatització, tant clima com renovació, s'han d'independitzar (cadascuna de les aules) de la resta de sistemes de climatització de l'edifici.

Per aquests motius, s'han projectat tants subsistemes, primer els 17 subsistemes de clima per a garantir el confort de l'usuari tenint en compte l'estalvi energètic, també en aquesta planta hi han sistemes de fals caudal variable (marcats amb <\*> a la taula), com a les sales auxiliars de les dues aules com en una de les oficines per a controlar el clima de tres despatxos i d'una sala de reunions. A les estances que per les seves exigències de cabal d'aire i cargues tèrmiques o per us respecte a les sales adjacents que no poden compartir una unitat difusora doncs se li ha projectat una de sola per aquella sala, com en els despatxos de la torre Oest o els vestíbuls d'accés públic, llocs on hi ha una unitat difusora per sala.

Per últim, els 5 diferents sistemes de renovació d'aquesta planta son el reflex dels usos de l'edifici, trobem USR 1 que abasteix les zones públiques, USR 13 a una de les aules i a les seves sales auxiliars (Torre Sud), USR 14 a tota la torre Oest, composta per oficines, despatxos i un passadís, USR 15 a la restant de les aules i a les seves sales auxiliars (Torre Est), i finalment USR 16 per a tota la torre Nord, composta per oficines, despatxos i un passadís.

La raó de projectar tants sistemes de renovació d'aire (i de clima), tant en la planta 1 com a la resta de plantes, es per evitar un mal ús del sistema en sales que no ho necessiten, per exemple, si el mateix sistema de renovació/clima, posem una UTA o un fancoil, abasteix una aula per fer conferències/presentacions... i a la vegada abasteix una oficina o l'altre aula per també fer conferències. Llavors es donaria el cas que en horari d'oficina aniria la UTA, però l'aula segurament sol s'obri dues o tres hores al dia, potser en una setmana sencera ni s'utilitza, el que passaria llavors es que els conductes seguirien impulsant aire de renovació mentre el sistema de la oficina funcionés, igual passaria si les dues aules tinguessin el mateix sistema, potser una es faria servir i l'altra no... el que succeiria seria que es malgastaria tant energia elèctrica com emissions de CO<sub>2</sub>, seria un mal ús de la instal·lació conseqüència d'una mala projecció del sistema de climatització.

Per evitar-ho s'han de separar els sistemes segons el us de les sales, es adir, s'ha de projectar una instal·lació flexible que permeti regular tant la refrigeració/calefacció com la renovació d'aire segons els usos que es facin servir en aquell moment, per evitar compartir sistemes de climatització amb sales que no es facin servir per la diferencia de freqüència d'ús.

## **2.13 Explicació del disseny dels conductes d'aire**

Per a dimensionar els conductes d'aire, en primer lloc s'han de saber tres coses bàsiques, la primera a on es volen posar, la segona a quina es l'alçada lliure (tant per sobre de fals sostre com en sales que no en tenen), i la tercera quin cabal d'aire portaran.

La primera variable es simple, els conductes aniran de la unitat difusora fins al lloc desitjat d'impulsió, i el retorn de la sala a la part del darrere de la màquina (primer es millor col·locar les unitats difusores mes o menys per on tinguin que anar abans de començar a dibuixar conductes).

La Segona variable es l'alçada disponible per a passar els conductes, moltes vegades la secció de càlcul s'ha de canviar perquè simplement no hi cap en l'espai que hi ha disponible (mirar els càlculs dels conductes als annexes), aquesta informació es troba als plànols d'informació, al número 8.

La tercera variable es el resultat dels càlculs fets fins ara juntament amb les unitats difusores projectades, cada subsistema de clima i cada subsistema de renovació te els seus cabals d'impulsió, i tot i que els cabals de les unitats difusores siguin superiors als projectats per a la sala, els conductes impulsaran el que els ventiladors de les màquines donin de si, així que els cabals per als conductes son els que les unitats difusores aporten ( mirar les taules de selecció dels annexes).

Per al càlcul de les seccions dels conductes s'ha fet servir el programa <Calculo Aire> de Saunier Duval, per a comprovar que la velocitat en els punts mes allunyats de la unitat difusora es suficient per a poder impulsar aire i per facilitar la tasca de càlcul, de fet, els càlculs es troben als annexes per a no allargar de més la memòria, però el procediment usat per a projectar els conductes (clima i renovació) no es mes que, a partir d'un dibuix esquemàtic fet en CAD (amb longituds i cabals) ,que es troba als annexes, introduir les dades al programa, posar la secció calculada a la taula corresponent i canviar les proporcions de dita secció si no hi cap a l'espai que hi ha en el sostre.

Per acabar d'explicar coses sobre els conductes, cal fer referència al tema contra incendis, ja que els conductes passen d'un sector d'incendi a un altre, pel que hauran de tenir comportes tallafocs al creuar dos sectors d'incendis, surt indicat al plànol dels conductes.

### **2.13.1 Conductes de refrigeració/calefacció**

Per començar a detallar la instal·lació, els conductes seran d'acer galvanitzat (0,6 mm) de la casa comercial < Brinner >, aniran aïllats tèrmicament per l'exterior amb una manta de llana de vidre de 40 mm de espessor (ISOAIR A2 40), de la casa comercial < Isover >. En gairebé tot l'edifici, els conductes seran rectangulars, exceptuant les connexions amb els recuperadors entàlpics ( de Soler & Palau), que seran circulars (també aïllats) i les connexions amb les diferents unitats difusores i reixes que seran amb conductes flexibles de 25mm d'aïllament.

Pel que fa als conductes de refrigeració i de calefacció (Clima) n'hi ha dos, els d'impulsió i els de retorn, a vegades el retorn es te que fer mitjançant <plenum> per manca d'espai, però tan els conductes d'impulsió com els de retorn s'han de projectar.

Hi ha casos en algunes de les unitats difusores en que es mecanitzen les reixes i els conductes per crear un sistema de fals caudal variable, en aquest cas s'ha de fer un by-pass en forma de porta de seguretat que permeti alleugerar la pressió en cas de que sigui excessiva, aquesta comporta obrirà un conducte que anirà a parar al retorn de la unitat difusora

### **2.13.2 Conductes de renovació i ventilació**

De conductes de renovació d'aire n'hi ha dos, els de aire d'expulsió i els de aire exterior, en els subsistemes de renovació formats per recuperadors entàlpics seguits de fancoils, trobem sempre el cas que el cabal dels fancoils es diferent al del recuperador... hi han dues possibilitats, la primera que el fancoil absorbeixi mes aire del que pot proporcionar el recuperador, això es perillós degut a que pot sobreescalfar la unitat difusora i produir un curtcircuit, per això, a l'hora de dimensiona els sistemes he anat amb compte de que en aquest cas el valor de m<sup>3</sup>/h de diferencia sigui ínfim (el mes gran es de 44 m<sup>3</sup>/h de diferencia), el que passarà en aquest cas es que l'aire exterior no recuperarà el màxim d'energia possible en el recuperador, però la diferencia de cabals d'aire entre fancoil i recuperador gairebé en tots els casos es al revés, pel que es posaran comportes de seguretat a mode de by-pass connectades amb els conductes d'expulsió, per evitar que els m<sup>3</sup>/h de més que proporciona el recuperador no rebentin els conductes o faci malbé el fancoil.

Finalment, el concepte dels conductes de ventilació tracta bàsicament de dimensionar la secció necessària per a poder extreure els m<sup>3</sup>/h que demana be el RITE o be el HS 3 del codi tècnic (mirar càlculs a annexes).

## **2.14 Explicació del sistema de distribució fred/calor**

El < sistema de distribució > de l'edifici serà conseqüentment proporcional al sistema de climatització realitzat fins a aquest punt, es a dir, estarà format per una complexa xarxa de conductes d'aigua d'acer negre de 4 canonades. Una canonada per a la impulsió de l'aigua freda, una segona per al retorn de l'aigua freda, una tercera per a la impulsió de l'aigua calenta i finalment una quarta per al retorn de l'aigua calenta que aniran des del sistema de producció centralitzat de fred i de calor fins a cadascuna de les 87 diferents màquines que s'ha projectat per al correcte us de la climatització.

Aquestes 87 derivacions diferents son la suma de les diferents unitats difusores de clima (63 unitats difusores diferents), les UTA ( 4 "UTA's" diferents que també tenen bateries de fred i calor per separat (4 tubs)) , i per acabar de sumar 87 derivacions finals de canonades de 4 tubs , els 20 fancoils per als sistemes de renovació d'aire que funcionen amb recuperadors entàlpics, el sistema de distribució te el seu esquema de principi als plànols.

Bàsicament el sistema de distribució no fa més que transportar el fred o el calor (pot transportar els dos alhora, aquest es un dels l'avantatges del sistema de 4 tubs ) des del sistema de producció fins al sistema de difusió i també al sistema de renovació, i com que transportaran fluids a diferent temperatura que l'ambient hauran d'anar aïllats tèrmicament amb 30 mm cadascuna de les 4 canonades per evitar condensacions i per no menys important per evitar grans pèrdues tèrmiques en el transport dels fluids.

Les canonades estan dimensionades com si es tractés d'un sistema de calefacció de radiadors amb la taula següent, extreta dels apunts d'instal·lacions:

	Canonada d'acer negre					
	3/8"	1/2"	3/4"	1"	1 1/4"	1 1/2"
Kcal/h	Fins a 1500	De 1500 a 4600	De 4600 a 10500	De 10500 a 19500	De 19500 a 41800	De 41 800 a 61600

**Font de la taula:** < Apunts d'Instal·lacions II, any 2011">

En funció de les Kcal/h o Frig/h que transporti, la canonada d'aigua tindrà un diàmetre més gran o petit, tenint en compte que hi han uns diàmetres d'entrada a les unitats difusores ja preestablerts.

## **2.15 Elecció del sistema de producció fred/calor**

Per a elegir el sistema de producció de la refrigeració i la calefacció necessitem saber les frigories hora i les Kilocalories hora del sistema de clima i del sistema de renovació d'aire (UTA's i fancoils).

Aquestes dades es troben al càlcul del sistema de distribució als annexos, però per a explicar l'elecció de la maquinària posaré les xifres totals per planta, per renovació i la suma d'aquestes (les total a produir):

Planta -1	=	138850	frig/h	84187	Kcal/h
Planta 0	=	167012	frig/h	81451	Kcal/h
Planta 1	=	136458	frig/h	44417	Kcal/h
Renovació	=	177759	frig/h	246715	Kcal/h
Total edifici	=	620079	frig/h	456770	Kcal/h

Aquest total de cargues tèrmiques les convertim a KW fred i a KW Calor per a poder seleccionar als catàlegs la maquinària del sistema de producció:

$$620079 \text{ Frigories hora} * 1,16 / 1000 = 719,30 \text{ KW Fred}$$

$$456770 \text{ Kilocalories hora} / 860 = 531,15 \text{ KW Calor}$$

Amb els KW Calor no hi ha problema, els 531,15 KW calor els poden subministrar quatre bombes de calor en paral·lel (hi caben perfectament a la sala de màquines), ja que aquestes poden produir fins a 556,8 KW calor, el problema arriba amb els KW fred, perquè els 719,30 KW fred necessiten més que aquestes 4 bombes de calor (que poden produir 586,8 KW fred), es a dir necessiten refredadores d'aigua per arribar a les cargues tèrmiques projectades.

El problema es que l'espai disponible per a la maquinària productora de fred es bastant limitat, mes ben dit es una sala de 136,13 m<sup>2</sup>, però es l'única sala per a poder col·locar les màquines (perquè es l'única sala en que hi caben els col·lectors, perquè no hi ha mes sales amb espai disponible (les UTA de renovació i els recuperadors de Soler & Palau ocupen la resta), així que l'únic remei que queda per a seleccionar una sistema de producció vàlid, es aplicar una

simultaneïtat d'us a les cargues totals, cosa molt usual en gairebé totes les instal·lacions, perquè en realitat totes les sales no estaran al màxim d'ocupació de persones en el dia més calorós de l'estiu o en el més fred del hivern (com a molt el dia de la inauguració pot ser que la ocupació de persones arribi al 90%, perquè he projectat la climatització per a un volum màxim de 1189 persones, 377 de les quals en un auditori, 107 en un restaurant i 67 i 77 en les aules de conferències).

Tot i aplicar una simultaneïtat al sistema de producció, s'ha d'intentar aplicar aquesta reducció de forma que sigui mínima per al sistema, es a dir, intentar projectar la maquinaria amb més potencia que hi càpiga.

Explicat tot això, aplicarem una simultaneïtat del 93% en l'ús de la instal·lació, pel que les cargues totals seran:

$$719,30 * 0,93 = 669 \text{ KW Fred}$$

$$531,15 * 0,93 = 494 \text{ KW Calor}$$

Amb aquestes noves cargues totals si que hi pot cabre tota la maquinaria necessària, concretament 1 bombes de calor (NSH 3202, de Airlan) i 3 refredadores d'aigua (( 3 x 30RB 033) , en la taula següent es pot observar l'aportació màxima de les màquines:

MODEL DE MÀQUINA PRODUCTORA	KW FRED MÀXIMS	KW CALOR MÀXIMS
NSH 3202, de Airlan	592	674
30RB 033, de Carrier	33,30	-----
30RB 033, de Carrier	33,30	-----
30RB 033, de Carrier	33,30	-----
Aportació Màxima :	+ 691,90	+ 674,00
Necessitats Màximes:	- 669,00	- 494
Total :	+ 22,90	+ 180,00

Es adir, que la maquinaria compleix perfectament, i el total de la taula que sobra significa que pot acomplir una miqueta més del 93%.

## **2.16 Introducció de la energia geotèrmica**

La energia geotèrmica tracta, com el seu nom indica, de bescanviar energia amb el terreny agafant o cedint-ne de la pròpia instal·lació geotèrmica directament al terreny. L'ús d'aquesta energia renovable, tot i no ser 100% neta com la solar o la eòlica degut a que necessita electricitat per a funcionar (accionar bombes hidràuliques), es molt recomanat per a subministrar a sistemes centralitzats de climatització degut al seu alt rendiment energètic en la producció de fred i calor. Tenen un EER i un COP molt superiors als que obtenen les màquines refrigeradores i les bombes de calor (EER es el rendiment de producció de fred i COP es el rendiment de producció de calor), amb rendiment energètic parlo de l'energia consumida per a produir les cargues tèrmiques, es a dir, els Watts d'electricitat necessaris per a produir 1 KW de Fred o 1 KW de Calor. Per comparar els valors de rendiment i així trobar els resultats d'uns sistemes i d'altres, en el punt següent surt detallat i en els annexes hi ha un apartat específic per a l'estalvi energètic en l'ús de la geotèrmia (un dels objectius del treball), i per acabar de demostrar números, en el document Excel adjunt al CD del treball es pot apreciar els càlculs i l'estalvi entre diferents sistemes de producció.

Per tant, el que hem d'aconseguir es un sistema de producció de fred i calor que tingui com a peculiaritat, funcionar a partir del terreny, no pas com l'aerotèrmica projectada que depèn del medi ambient i la seva temperatura, cosa que provoca dalts i baixos en el rendiment energètic, aquesta variació en el rendiment no succeeix en geotèrmia degut a que la temperatura del sòl es mante mes o menys a la mateixa temperatura tot l'any (pot ser que varií uns  $\pm 2^{\circ}\text{C}$ , cosa que fa el seu rendiment molt estable i previsible).

Bàsicament el sistema ha de tenir tres parts, la primera, les bombes geotèrmiques, que son les que realment produeixen el calor de la instal·lació (també influeixen en la generació de fred); la segona, un circuit o xarxa de canonades que vagi des de les bombes geotèrmiques fins a les sondes (les perforacions amb canonades) que penetren en el terreny, es a dir, es la part de la instal·lació que "agafa" o "cedeix" energia al terreny; i per últim tenim la tercera part bàsica, un bescanviador de plaques que cedeixi la temperatura de l'edifici a la xarxa de canonades que va al terreny (així es com es produeix el fred). En resum, el sistema pot proporcionar fred i calor (a la vegada) i pot aprofitar el "calor residual" de la refrigeració per a la calefacció si aquestes dues van a la vegada.



Clar està que la instal·lació té més parts i elements que fan que funcioni com es degut però aquestes tres parts explicades són les indispensables o si més no les més importants, tot i així, a continuació explicaré el procés de generació de fred, de calor i el procés per recuperar la energia calorífica en cas que funcioni la refrigeració i la calefacció a l'hora.

Per tal d'entendre el procediment que segueix el sistema i per fer-lo visualment de fàcil comprensió, usaré l'esquema de principi geotèrmic que hi ha als plànols com a material gràfic de l'explicació, fent servir en el text a continuació, els colors i noms que hi apareixen en ell, pel que seria adequat posseir aquest esquema a la vegada que es llegeixen els següents apartats:

### Generació de fred

Les canonades del interior de l'edifici <roben> calor o energia a les estances ( mitjançant màquines interiors) per a poder produir fred.

Llavors, quan el tub de reton d'aigua freda torna del circuit de l'edifici cap al dipòsit d'inèrcia, ho fa amb temperatura elevada, el tub comença calent.

Aquesta calor es dissiparà al terreny, primer, el líquid calent surt del dipòsit d'inèrcia fred, va per la línia discontinua lila cap a la bateria de bombes de calor.

El circuit porta el calor cap a la bateria de bombes de calor, allà cedeix el calor de l'edifici al circuit de vermell. El líquid del tub lila surt llavors fred, passa per la vàlvula N°1 i se'n torna direcció al dipòsit d'inèrcia fred.

El calor que s'ha cedit al circuit vermell, va pel tub vermell direcció al dipòsit d'inèrcia, però llavors, en comptes d'anar-hi, la vàlvula N°2 s'obre i la bomba BMB.1 ( i la BMB 2) es posa en marxa, dirigint el fluït cap al bescanviador de plaques BP 1 i 2, allà, el calor del tub vermell passa al circuit de geotèrmia, el lila, prèviament s'ha posat en marxa a les bombes BMB 3 i BMB 4 , (alhora que la 1 i la 2) que fa passar el líquid del circuit geotèrmic pel bescanviador de plaques , el tub vermell llavors perd el calor i se'n va cap al seu dipòsit d'inèrcia.

El calor que s'ha transmès al circuit de color lila es dissiparà al terreny i el líquid del tub lila tornarà a ser fred, pel que podem tornar a començar el procés de nou.

### Generació calor

Les canonades del interior de l'edifici <cedeixen> calor o energia a les estances ( mitjançant maquines interiors) per a poder produir calor. Llavors, quan el tub de reton d'aigua calenta torna del circuit de l'edifici cap al dipòsit d'inèrcia, ho fa amb temperatura baixa, el tub comença més fred (a 15°-30...). Aquesta manca de calor se la robarem al terreny, primer, el líquid fred que surt del dipòsit d'inèrcia calent, va per la línia discontinua vermella cap a la bateria de bombes de calor.

Allà, les bateria de bombes de calor produeixen calor robant-lo del circuit geotèrmic, el tub vermell surt calent (45 - 60°) de tornada cap al dipòsit d'inèrcia, no passa per la vàlvula N°2 que esta tancada i va directe al dipòsit calent.

El circuit lila, (que estarà mes fred del compte després de cedir el seu calor al tub vermell) se'n torna cap al circuit de pous, va direcció al dipòsit d'inèrcia fred, però al passar per la vàlvula N°1, gira cap a pous en compte de seguir cap al dipòsit d'inèrcia. En els pous el circuit geotèrmic (lila) robarà calor de nou al terreny i tornarem a començar el procés de nou.

### Aprofitament del calor residual de la refrigeració amb el sistema de 4 tubs

Posem el cas que refrigeració i calefacció funcionen a l'hora, es contraproductent, d'acord, però si es donés el cas, aquesta instal·lació permet aprofitar el calor que robem en el procés de refrigeració per a cedir-lo, en comptes de al terreny, al dipòsit d'inèrcia de calor per a estalviar energia no produint mes calor les bombes geotèrmiques:

Simplement es seguir el procés de refrigeració, però en comptes de dissipar el calor cap al terreny, l'aprofitem per a la calefacció, simplement, consisteix en que la vàlvula N°2 estarà tancada com en calefacció, la diferencia amb calefacció és que al hora de produir el calor en la bomba de calor, s'estalvia energia, simplement perquè el tub de retorn d'aigua del circuit de refrigeració estarà mes calent (o pot ser que no) que el tub que prové dels pous geotèrmics, pel que es gastarà menys energia en la bomba de calor que si provingués dels pous.

Cal dir que aquest aprofitament de l'energia residual de la refrigeració pot funcionar alhora que amb la calefacció normal, ja que normalment quan faci fred no s'usarà gaire la refrigeració, pel que el residu de calor d'aquesta (no gaire elevat però suficient per evitar la posada en marxa d'alguna bomba geotèrmica) no pot compensar al 100% la demanda de calor.

Per tant, com que hi ha una bateria de bombes de calor connectades, unes poden fer servir el circuit geotèrmic normal per a la calefacció mentre que una o dos bombes poden aprofitar el calor residual d'una part de la refrigeració.

### **2.17 Aplicació de la energia geotèrmica a l'edifici**

A l'edifici que estem tractant tenim unes cargues tèrmiques totals (degudament calculades) de 669 KW Fred y 494 KW Calor, per tant la instal·lació geotèrmica te que ser capaç d'assumir 669KW de potència. Si per aconseguir 60KW de potència s'han de perforar de mitjana 800 metres de sonda enterrats al terreny, les perforacions es poden realitzar sense complicacions fins als 100 metres (es pot arribar a 150 m si es necessita), tenim que:

$$669/60 = 11,15 * 800 \text{ m} = 8920 \text{ m} / 100 \text{ metres} = 90 \text{ perforacions per aconseguir } 669 \text{ KW.}$$

A la parcel·la de que disposa l'edifici no hi ha suficient espai de terreny a l'exterior (dins de la propietat) per aconseguir perforar 90 vegades amb una separació de 4,5 o 5 metres , pel que es tindria que perforar a dins de l'edifici.

Cal destacar que l'aplicació d'un sistema de producció geotèrmic en aquest edifici es de forma teòrica per a realitzar el treball, però en realitat es projecta per a que sigui possible d'aplicar la energia geotèrmica. Si es perfora dins de l'edifici, s'ha d'aixecar el paviment existent (rajoles de prop de 1000 Kg al vestíbul), però tot i aquest faraònic treball d'aixecament del paviment, en realitat si que es podria fer, perquè la màquina de fer les perforacions hi pot entrar i maniobrar amb total llibertat a la planta baixa (mes de 5 metres d'alçada lliure en tota la superfície del vestíbul i sales adjacents).

Tot i fer les perforacions a dins de l'edifici, com a molt aconseguirem tenir 83 perforacions separades 4,5 metres entre elles i deixant una separació de seguretat de 1,5 metres amb pilars i murs (entre l'exterior i l'interior).

Per tant, per aconseguir els metres de sonda necessaris, tenint en compte les separacions de 4,5 metres entre sonda i 1,5 metres amb elements estructurals, ens quedaran unes sondes de:

$$8920 \text{ metres} - 67 \text{ sondes de } 100 \text{ metres} = 2220 \text{ metres} - 16 \text{ sondes de } 140 = 0$$

Es a dir, 67 sondes de 100 metres de profunditat i 16 sondes de 140 metres.

En el plànol número 47 es troben les ubicacions projectades per a les sondes amb les separacions adequades entre elles i els elements estructurals, així com un esquema de com es una sonda geotèrmica per dins.

Pel que fa al objectiu del treball, aconseguir un 30% d'estalvi d'energia respecte a aplicar la aerotèrmica tradicional tant en refrigeració com en calefacció, es pot dir que amb la instal·lació geotèrmica projectada es sobrepassa aquest 30%, fins al 53,67% en refrigeració i 37,89% en calefacció comparant-ho amb la aerotèrmica de aire - aigua (el que hi hauria d'haver donades les dimensions del edifici i l'any en que va ser construït) , i respecte a un sistema de VRV , el mes eficient que s'ha trobat , hi ha un estalvi del 31,39% en refrigeració i 9,28% en calefacció.

La idea inicial al començar el treball era que la geotèrmia donaria suport a la instal·lació existent d'aigua (a part de ella), però s'ha comprovat que pot assumir tot el consum de càrregues tèrmiques de l'edifici.

Donat que el preu mitjà per KW de geotèrmia instal·lat (comptant perforacions, canonades...) es de 900 euros per KW, ens surt que per una instal·lació de 669 KW màxims :

$669 * 900 = 602100$  euros + maquinaria (181650) + 20000 euros per ma d'obra adicional o imprevistos, tenim un total de : 803750 euros

L'estalvi màxim, entre refrigeració i calefacció suma uns 39791,19 euros, per tant, es trigarien 19,89 anys en amortitzar-ho, es a dir 20 anys en recuperar la inversió realitzada amb l'estalvi que es produeix al utilitzar la geotèrmia, y a partir de llavors 40000 euros anuals que deixaria de pagar, a més està el CO2, ja que a l'any es cedirien 72360 Kg de CO2 menys respecte a un sistema tradicional.

### 3. CONCLUSIONS, RECOMANACIONS

Una vegada realitzat el treball, el primer que es pensa es si s'han aconseguit els objectius preestablerts al inici del treball, es dir, s'ha dissenyat una instal·lació que funcioni amb la demanda tèrmica calculada? s'ha aplicat correctament la energia geotèrmica ? l'estalvi aconseguit es suficient o realment es menor ?

En principi si s'ha arribat fins aquí llegint tot el text de la memòria, aquestes preguntes estarien resoltes, ja que en efecte s'ha dimensionat i explicat fins a l'ultima part de la instal·lació, però com a conclusió, que en podem treure?

Doncs senzillament que la geotèrmia realment es el futur en quant a producció de fred i de calor, no sol pels seus elevats rendiments, si no també per la seva facilitat d'ús i per la seva capacitat d'abastament a grans masses de població, com per exemple amb una xarxa districte en que es ideal, o a escala més reduïda, per abastir de refrigeració, calefacció y aigua calenta sanitària a un bloc de pisos complert durant tot l'any, sense sistemes auxiliars, únicament amb el propi terreny de sota la propietat (potser amb una petita parcel·la annexa) , tenint sempre en compte els avantatges respecte a altres energies renovables.

Com a contrapartida , la geotèrmia, a més de tenir un elevat cost d'implantació que fa difícil d'arribar al petit consumidor, hi ha el problema que una planta geotèrmica que produeixi electricitat es molt difícil d'aconseguir (se n'estan fent de prototips per això), però la geotèrmia encara es una energia jove, una novella en un món desenvolupat pels seus germans a qui la gent prefereix deixar una mica de banda al decidir sobre ella, germans que son renovables, com panells solars o aerogeneradors, que són més coneguts o tradicionals a l'hora de voler d'aplicar energies renovables.

Es a dir, d'eficient ho es la geotèrmia, no depèn de res més que del terreny (excepte uns quants watts), cosa que la fa fiable i interessant a l'hora d'invertir-hi, però encara està < a quatre grapes> a l'hora de voler caminar. Com tot en aquesta vida, sempre cal iniciativa i paciència per a aconseguir resultats, hi han molts exemples de voluntat, sobretot al Nord d'Europa, i pel nostre país també hi ha valents que si atreueixen, es més, ja n'hi ha que tenen bons resultats documentats; el que es segur, es que amb el temps s'aprofitarà i s'aconseguiran grans coses.

## 4. BIBLIOGRAFIA

- Susanna Ribas, Julià Guillamon, Marc Llimargas i Jordi Todó (2002), CaixaForum : "Un edifici-fàbrica artístich". [Barcelona]: Fundació "la Caixa", cop. 2002
- Falcones, A. & Hernanz, J. & Capdevila, E. "Apuntes del Diploma en Ampliación de Competencias en Instalaciones". Cátedra de Instalaciones, Dept. de Construcción, EPSEB. 2013.
- DB-HS (2009), Código Técnico de la edificación. Madrid: Liteam, 2006.ISB 84-95596-81-4
- RITE Reglamento de instalaciones térmicas en los edificios. Madrid: Paraninfo, 2010.
- Guía técnica. Instalaciones de climatización por agua . MINISTERIO DE INDUSTRIA, ENERGIA Y TURISMO, GOBIERNO DE ESPAÑA. <[http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Climatizacion\\_18\\_Inst\\_Climatizacion\\_por\\_agua\\_04.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergetica/RITE/Reconocidos/Reconocidos/Climatizacion_18_Inst_Climatizacion_por_agua_04.pdf)>

## 5. AGRAÏMENTS

A tots els qui han ajudat en la realització del treball, començant per l'incondicional suport i paciència de la família més pròxima, a uns pares que sempre han volgut el millor i a qui sempre estaré agraït, i per descomptat a la meua avia per la seva incansable ajuda i suport tot i les meves constants anades i tornades.

Després cal que agraeixi a Sara de la Obra social de la caixa, per la seva inestimable ajuda a aconseguir la documentació tècnica del edifici sense la qual no hauria sigut possible la realització del treball, així com a Marc de l'empresa <Geotics> o a Tomàs de l'empresa <Vaillant > sense els quals la part relativa a la geotèrmia no hauria sigut mes que un somni llunyà per part d'un somiador.

No oblidaré pas a Inga, una amiga molt apreciada que en repetides ocasions m'ha donat molt més que suport en els moments oportuns de necessitat, una gran persona que sempre està disposada adonar un cop de mà.

Finalment cal agrair als professors d'instal·lacions, primer a Enrique Capdevila per a presentar-me a Tomàs de <Vaillant>, i per descomptat a Justo Hernanz per la seva paciència al llarg del treball per voler escoltar-me, per orientar-me i per resoldre'm alguns punts del treball.

A tots ells, gracies pel vostre suport i ajuda en la realització del treball.

## 6. CONTINGUT DEL CD

En el CD del treball hi hauran 4 documents:

1. Un primer document <pdf.> de nom < Resum> amb el full del resum del treball.
2. Un segon document <pdf.> de nom < Projecte final complet> amb el contingut de tot el treball, es a dir, la memòria completa, els plànols i els annexes.
3. Un tercer document <pdf.> de nom < Traducció tercera llengua> amb la traducció del 36% del contingut del nucli de la memòria a l'anglès (17 pàgines).
4. Una carpeta amb nom < Carpeta de programa executable> amb un document Excel de no < Càlculs geotèrmia> que conté alguns dels càlculs (en taules), per a ajudar a la comprensió de l'apartat del treball relatiu al estalvi produït per aplicar la geotèrmia en el treball..

L'apartat de la traducció a l'anglès es posa a continuació (Acreditació tercera llengua):





**GRAU EN CIÈNCIES I TECNOLOGIES DE LA EDIFICACIÓ**

**TREBALL DE FI DE GRAU**

**PROJECTE DE CLIMATITZACIÓ DE L'EDIFICI CAIXAFORUM BARCELONA**

**(FÀBRICA CASARAMONA)**

**(MEMÒRIA)**

**Projectista/es:** Jordi Castrillo Mariné

**Director/s:** Justo Hernanz Hernanz

**Convocatòria:** Novembre/Desembre 2014