

RESUM

El canvi climàtic constitueix una de les majors amenaces ambientals d'aquest segle, un fet avui dia reconegut per governs, científics, empreses i organismes de tot tipus. Encara que la variació del clima constitueix un fenomen natural, la problemàtica que es presenta és que aquesta variació s'accelera com a conseqüència de l'augment de les emissions de gasos d'efecte hivernacle originades per l'activitat humana. Un dels principals focus d'emissions d'aquests gasos és conseqüència del creixent consum energètic de la societat, ja que una gran part de l'energia necessària per assolir les demandes actuals s'obté de la utilització de combustibles fòssils tals com carbó, gas natural o petroli.

Una de les primeres mesures que es pot dur a terme per frenar aquesta tendència és posar en marxa urgentment actuacions dirigides a millorar l'eficiència dels edificis i aconseguir estalvis energètics reals i efectius, sobretot en el sector serveis, on la meitat de l'energia consumida es realitza en els edificis d'oficines. El consum energètic en una oficina es troba repartit majoritàriament entre els equips d'il·luminació, seguit dels sistemes de climatització, dedicant una petita part (al voltant del 5%) a la producció d'aigua calenta sanitària. Per tant, l'ús generalitzat dels sistemes de climatització i els sistemes d'il·luminació contribueixen significativament a augmentar el consum d'energia dels centres de treball. Aquests consums es veuran influenciats per factors de disseny, com el nivell d'eficiència energètica dels equips i de les pròpies característiques constructives de l'edifici; i per factors de gestió, com els hàbits de consum dels usuaris i la gestió centralitzada de l'edifici.

Aquest projecte pretén realitzar una comparativa a nivell d'estalvi energètic (i el corresponent estalvi econòmic), quan en un edifici d'oficines es gestionen de manera eficient o ineficient els sistemes de climatització i il·luminació.

Dins del marc del projecte, s'han analitzat les diferents tecnologies existents en ambdós àmbits, mitjançant l'estat de l'art de les pràctiques que es duen a terme actualment en aquests tipus d'edificis. De l'estat de l'art n'ha sortit una selecció de les alternatives que a priori són més eficients. A continuació, s'ha realitzat una modelització energètica d'un edifici d'oficines tipus utilitzant els sistemes candidats a ser els més eficients amb les següents eines complementàries:

- modelització lumínica mitjançant el programa DIALux 4.7 que permet simular sistemes d'il·luminació en interiors i exteriors d'edificis
- modelització climàtica a través del programa eQUEST 2.55. que disposa d'una interfície gràfica per a la introducció de dades utilitzant com a motor de càlcul el DOE2.



Els resultat obtinguts en la modelització energètica s'han utilitzat per crear una guia de bones pràctiques de gestió de l'energia en edificis d'oficines. Les línies mestres de la guia derivades de la modelització són les següents:

- Com a proposta lumínica es presenta una distribució uniforme per planta de lluminàries d'alta eficiència, amb un sistema de gestió en funció de les hores de contribució de llum diürna que afavoreix positivament l'estalvi energètic i econòmic de tot l'edifici.
- Com a proposta climàtica; pel cas del sistema de fred, es proposa una unitat central de producció de fred amb unitats emissores tipus fan coils; i pel cas del sistema de calor, una caldera amb unitats emissores tipus radiadors de fosa. Ambdós sistemes gestionats segons la normativa vigent indicada pel RITE de l'any 2009 que manté una política més restrictiva que la del RITE de l'any 2007, essent l'estalvi energètic i econòmic superior a l'anterior normativa.

Aquesta guia de bones pràctiques de gestió energètica en edificis d'oficines només és un gra de sorra en la contribució de la millora energètica del model actual, ja que aquest model és un paradigma on la producció energètica es sustenta en una visió del món en la que el ésser humà és el dominador de la naturalesa i de l'entorn, en comptes de sentir-se part integrada del mateix. Per tant, encara queda molta feina a fer per poder aconseguir un món més sostenible.



SUMARI

RESUM	1
SUMARI	3
1. GLOSSARI	7
2. PREFACI	11
2.1. Motivació	11
3. INTRODUCCIÓ	13
3.1. Objectius del projecte	13
3.2. Abast del projecte	14
4. GENERALITATS	15
4.1. Eficiència energètica	15
4.2. Consum energètic d'un edifici d'oficines	15
4.3. Demanda energètica dels edificis	16
4.3.1. Necessitats dels usuaris en un edifici d'oficines	17
4.3.2. Confort tèrmic	17
4.3.2.1. Temperatura de confort	17
4.3.2.2. Humitat relativa	18
4.3.2.3. Velocitat de l'aire	19
4.3.2.4. Confort higiènic	19
4.3.3. Confort acústic	21
4.3.4. Confort lumínic	21
5. REVISIÓ DE TECNOLOGIES DISPONIBLES	23
5.1. Sistema de climatització	23
5.1.1. Introducció	23
5.1.2. Classificació general dels sistemes de climatització	25
5.1.3. Característiques generals per a cada sistemes de refrigeració i calefacció	26
5.1.4. Anàlisi d'alternatives dels principals sistemes de refrigeració i calefacció	28
5.1.4.1. Sistema d'expansió directa "Split"	28
5.1.4.2. Sistema de Flux de Refrigerant Variable (FRV) o "Multi_Split"	29
5.1.4.3. Planta Refredadora més sistema de generació de calor	36
5.1.4.4. Planta refredadora amb bomba de calor (quatre tubs)	38



5.1.4.5. Sistema de climatització teulada (Rooftop)	40
5.1.4.6. Radiadors (sistema tot aigua)	42
5.1.4.7. Altres sistemes i mètodes recomanats	42
5.1.5. Comparativa entre les diferents opcions	45
5.2. Sistema d'il·luminació	48
5.2.1. Introducció	48
5.2.2. Estratègies per a l'augment de l'eficiència en il·luminació	49
5.2.2.1. La llum natural	49
5.2.2.2. Enllumenat general i local	51
5.2.2.3. Tipus de làmpades i llumeneres	52
5.2.2.4. Color de les lluminàries	54
5.2.2.5. Selectivitat de la instal·lació	56
5.2.2.6. Sistemes de Regulació i Control en il·luminació	56
5.2.3. Exemple : Edifici d'oficines "Grafaneu" en la ciutat suïssa de Zug	58
5.2.4. Exemple : Cas pràctic de projecte de rehabilitació : Oficina diàfana	60
5.2.5. Exemple: Cas pràctic de projecte de rehabilitació : Despatx individual	62
6. APLICACIÓ DE BONES PRÀCTIQUES EN UN EDIFICI D'OFICINES 65	
6.1. Definició de l'edifici d'oficines objecte	65
6.1.1. Localització	65
6.1.2. Climatologia	66
6.1.3. Característiques generals de l'edifici	66
6.1.4. Orientacions de l'edifici	66
6.2. Estudi lumínic de l'edifici	67
6.2.1. Sistema a estudiar	67
6.2.2. Introducció de les dades en la simulació	68
6.2.3. Resultats	70
6.2.4. Conclusió lumínica	75
6.3. Estudi climàtic de l'edifici	77
6.3.1. Sistemes a estudiar	77
6.3.2. Introducció de dades en la simulació	77
6.3.3. Resultats sistema de refrigeració	80
6.3.4. Resultats sistema de calefacció	84
6.3.5. Conclusió climàtica	88
7. ESTUDI ECONÒMIC _____	91
8. ANÀLISI D'IMPACTE AMBIENTAL _____	95



8.1. Contaminació tèrmica	95
8.2. Contaminació acústica.....	95
8.3. Sanejament d'aigua residual	95
8.4. Gestió de residus	96
8.5. Contaminació atmosfèrica.....	96
CONCLUSIONS	99
AGRAÏMENTS	101
BIBLIOGRAFIA	102
Referències bibliogràfiques	102
Bibliografia complementària	104



1. GLOSSARI

- **Terminologia energètica i tèrmica**

Coefficient superficial de transmissió de calor (he, hi): Transmissió tèrmica per unitat d'àrea cap o des d'una superfície en contacte amb l'aire o altre fluid, degut a la convecció, conducció i radiació, dividit per la diferència de temperatura entre la superfície del material i la temperatura seca del fluid. El valor del coeficient depèn del moviment del fluid, les rugositats de la superfície i la naturalesa i temperatura de l'ambient. (Unitat: **W/m²·K**)

COP (Coeficient of Performance): Coeficient de prestació. És el coeficient entre la potència calorífica total dissipada en watts i la potència elèctrica total consumida, durant un període típic d'utilització.(Unitat: %)

Benchmarking: Mètode que compara dos edificis similars permeten establir objectius de millora energètica.

Edifici objecte: Edifici del que es requereix verificar el compliment de bones pràctiques de gestió energètica.

Emissivitat (ε): Capacitat relativa d'una superfície per radiar calor. Els factors d'emissivitat van de 0,0 (0%) fins 1,0 (100%). (Unitat: **adimensional**)

Graus-dia: Suma, per tots els dies d'un període de temps determinat, de la diferència entre una temperatura fixa (base dels graus-dia), i la temperatura mitjana del dia, quan aquesta temperatura mitjana diària sigui inferior a la temperatura de base.

Temperatura de rosada (Tr): Temperatura en la qual comença a condensar-se el vapor d'aigua d'un ambient, per unes condicions donades d'humitat i pressió, quan disminueix la temperatura ambient i per tant la del vapor en el contingut. (Unitat: **K**)

Transmissió tèrmica (U): És el flux de calor, en règim estacionari, dividit per l'àrea i per la diferència de temperatures dels mitjanats situats a cada costat de l'element que es considera. (Unitat : **W/m²·K**)

- **Terminologia lumínica**

Flux lluminós: Quantitat de radiació lluminosa visible emesa per una font de llum, sense especificar ni intensitat ni direcció. (Unitat: **lumen (lm)**)



Intensitat lluminosa: Quantitat de radiació lluminosa emesa per una font de llum, en una direcció i angle concret pe unitat d'angle sòlid. És una unitat vectorial, per tant, es pot mesurar i permet fer càlculs. (Unitat: **candela (cd)**)

Il·luminància: Coeficient del flux lluminós que incideix en un pla (horitzontal, vertical o oblic) per unitat de superfície. (Unitat: **lux ; 1lux=1lumen/m²**)

Luminància: És la mesura de la percepció subjectiva de la alluerno, col·loquialment anomenada "luminositat". (Unitat: **cd/m²**)

Índex d'enlluernament (UGR): Índex d'enlluernament molest procedent directament de les lluminàries d'una instal·lació d'il·luminació interior, definit en la publicació CIE (Comissió Internacional d'Enllumenat) n°117. (Unitat: **adimensional**)

Índex de rendiment de color (Ra): És la manera en que la llum d'una làmpada reproduïx els colors dels objectes il·luminats. El color que presenta un objecte depèn de la distribució de l'energia espectral de la llum amb que està il·luminada i de les característiques reflexives de dit objecte. (Unitat: **adimensional**)

Valor d'eficiència energètica de la instal·lació (VEEI): Valor que mesura l'eficiència energètica d'una instal·lació d'il·luminació d'una zona d'activitat diferenciada. La seva unitat de mesura és (W/m²) per cada 100lux.

Balast: També conegut com *cebador*, en castellà, és un equip que serveix per mantenir un flux de corrent estable a les làmpades, ja sigui un tub fluorescent, làmpada de vapor de sodi, etc.

- **Terminologia acústica**

Intensitat acústica (L): Energia que travessa, en una unitat de temps, la unitat de superfície perpendicular a la direcció de propagació de les ones. (Unitat: **W/m²**)

- **Terminologia climàtica**

IAQ: Qualitat de l'aire interior

Humitat relativa (HR): Fracció de la pressió de saturació que representa la pressió parcial del vapor d'aigua a l'espai o ambient exterior d'estudi. (Unitat: %)

Calor latent : És el calor que, sense afectar a la temperatura, és necessari addicionar o sostraure a una substància per aconseguir el seu canvi d'estat físic.



Calor sensible: És el calor utilitzat en la variació de temperatura d'una substància quan se li afegeix o sostrau calor.

Gasos refrigerants: En el cicle de refrigeració circula un gas refrigerant (per reduir o mantenir la temperatura d'un ambient per sota la temperatura de l'entorn s'ha d'extreure calor de l'espai i transferir-lo a un altre cos, la temperatura del qual sigui inferior a la de l'espai refrigerat, tot això ho fa el refrigerant) que passa per diversos estats o condicions.

- **Terminologia per a pressupostos**

Ptotal: (Pressupost total): Es tracta del cost d'una obra, l'import total que es requereix per dur executar tot el projecte acompanyat de tots els costos del mateix.

PEC: (Pressupost execució per contracte): És l'import total descomptant els costos administratius de llicències d'obres, primera ocupació, honoraris de redacció del projecte, honoraris de direcció, assegurança censal, etc.

PEM: (Pressupost execució material): És el pressupost de contracte descomptant els costos generals de l'obra i l'empresa i el benefici industrial que tindria que guanyar una constructora que executi l'obra. Els costos generals de l'obra i l'empresa es refereixen al cost de l'encarregat, del cap d'obra que posa la contracte, el ballat general de l'obra, la grua torre, un equip de formigonat per tota l'obra, la part proporcional dels administratius i directius de la constructora. En obres oficials es fixa un 13% del PEM que es dedica a despeses generals. I el benefici industrials és l'import que suposadament guanyarà la constructora per invertir el seu temps i infraestructura en executar l'obra. Que en obres oficials es fixa un 6%.

Benefici Industrial: 6%PEM

Despeses Generals: 13%PEM

$\text{PEC} = \text{PEM} + \text{Despeses Generals} + \text{Benefici Industrial} = 13\%\text{PEM} + 6\%\text{PEM}$
--





2. PREFACI

2.1. Motivació

La utilització de recursos naturals implica, a més a més del seu proper i progressiu esgotament, un constant deteriorament pel medi ambient, que es manifesta en emissions a l'atmosfera provocant l'efecte hivernacle, la pluja àcida, etc. En són molts els problemes que poden sorgir si es realitza un excés de consum incontrolat dels recursos naturals del planeta dedicats a generar energia i per tant, una generació incontrolada d'aquest tipus d'emissions.

El futur amenaçador pel nostre entorn encara es complica més si es té en compte que només un 25% de la població mundial consumeix el 75% de la producció energètica. Aquesta dada, a més a més de posar de manifest la injustícia i el desequilibri social existent en el món, indica el risc que s'està adquirint a l'hora d'exportar un model esgotat i fracassat de països desenvolupats a països en vies de desenvolupament.

Moltes plataformes científiques afirmen que el sector edificatori representa un 40% del consum energètic de tot el món. Per aquest motiu, hom ha cregut convenient realitzar un estudi per aconseguir incorporar un valor afegit a la gestió energètica en els edificis d'oficines i, així fomentar que els usuaris s'habituin a realitzar bones pràctiques de gestió energètica en els sistemes lumínics i climàtics d'aquest tipus d'edificis.





3. INTRODUCCIÓ

L'estat del benestar, ha generat el "estat del consum i de la dependència energètica". No és d'estranyar per tant, que un dels paràmetres més importants per classificar el grau de desenvolupament d'un país, sigui el seu consum energètic per càpita.

L'energia ha passat al llarg de la història, de ser un instrument al servei del ésser humà per satisfer les seves necessitats bàsiques, a ser el gran motor i eix de la problemàtica ambiental que afecta al planeta, hipotecant l'existència de les generacions futures.

Una de les aportacions a la solució, o almenys paralització d'aquesta problemàtica mediambiental, és aconseguir que satisfent les necessitats actuals d'energia, aquesta sigui utilitzada de la millor manera possible.

El consum energètic global es troba cada cop més concentrat al sector terciari, i dins d'aquest hi ha una gran contribució dels edificis d'oficines. Així doncs, el que hom pretén afrontar en la confecció de les següents pàgines és la problemàtica de com optimitzar la gestió dels recursos energètics de qualsevol edifici d'oficines que es pot trobar avui dia. Aquets plantejament es desenvolupa amb l'estudi previ de l'ús que se'n fa actualment dels sistemes de climatització i d'il·luminació de qualsevol edifici d'oficines i es plantegen les actuacions d'eficiència i estalvi energètic i econòmic que s'han realitzat en ambdós àmbits. Un cop realitzada la investigació prèvia es desenvolupa un edifici objecte que permetrà simular els consums lumínics i climàtics de totes les solucions proposades. Finalment s'escull la solució que es considera més adient per a cada sistema.

L'estructura de les següents pàgines s'estructura de la següent manera: El punt 4 és un recull de la normativa vigent; el punt 5 engloba els sistemes tant climàtics com lumínics que existeixen actualment tot fent referència a estudis reals que s'han dut a terme per empreses, institucions, etc.; el punt 6 recull les simulacions climàtiques i lumíniques que s'han realitzat en els programes utilitzats i; els punts 7 i 8 s'hi indica el pressupost i els aspectes ambientals del projecte, respectivament.

3.1. Objectius del projecte

Com ja s'ha comentat en apartats anteriors, l'objectiu final del projecte és la confecció d'una guia de bones pràctiques de gestió energètica en edificis d'oficines. Aquesta guia es dur a terme gràcies a l'estudi previ dels sistemes de climatització i il·luminació que existeixen al mercat actual i quins són els més eficients des del punt de vista econòmic com energètic.



També s'usen eines informàtiques per simular un edifici d'oficines tipus i veure quina és la millor solució pel que fa als sistemes estudiats. Així, després d'aplicar les comparatives adients s'escullen les bones pràctiques que hom hauria de realitzar i gestionar en edificis d'oficines.

3.2. Abast del projecte

El sector de les energies renovables ha estat des de fa temps una creixent línia d'investigació per aconseguir que els recursos energètics que actualment s'utilitzen esdevinguin més eficients. És per això, que l'estudi de l'energia solar fotovoltaica, la geotèrmica o altres energies de fonts d'origen renovable no es troben a l'abast d'aquest projecte però resultaria interessant, com a altres línies de futur, realitzar l'estudi d'un nou projecte que sorgeixi de l'ampliació del present.



4. GENERALITATS

4.1. Eficiència energètica

L'actual crisi de recursos energètics i el clar augment de la demanda de les fonts d'origen no renovables obliga a replantejar el model de gestió dels mateixos, amb l'objectiu de reduir la creixent dependència de combustibles d'origen fòssil o nuclear i, garantir un ús adequat dels recursos utilitzats (*Pla d'Energia de la Generalitat de Catalunya 2006-2015*).

Per aquest motiu es parla de millorar l'eficiència energètica en molts aspectes de la vida quotidiana, pel que fa a l'ús de la il·luminació, la climatització, la gestió de l'aigua, etc. És doncs, en aquest document on s'insta una guia a seguir per gestionar millor les instal·lacions d'un edifici d'oficines.

4.2. Consum energètic d'un edifici d'oficines

L'ús de qualsevol edifici implica un consum d'energia. Si es tenen en compte totes les instal·lacions de què consta un edifici d'oficines, s'observa la distribució de consums que es mostra a la figura 4.1..

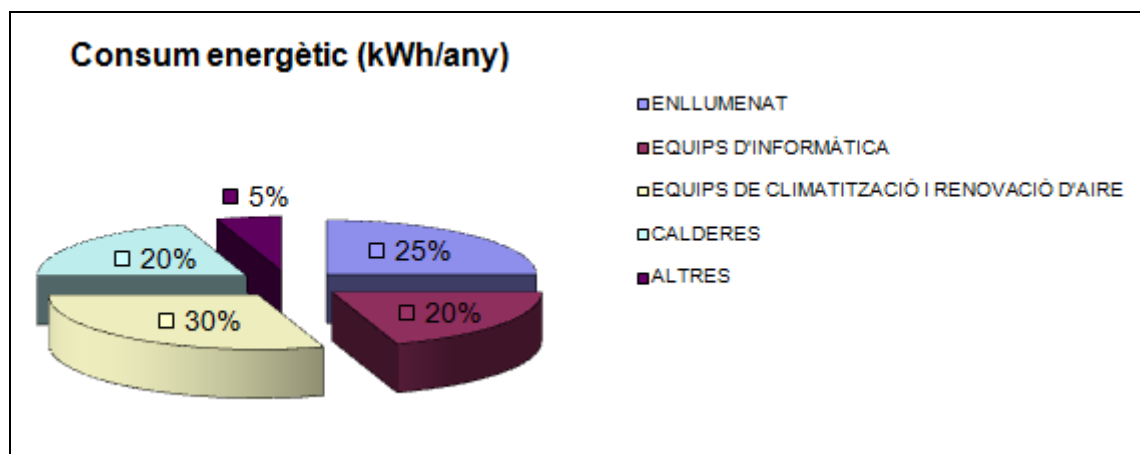


Figura 4.1.: Consums energètics d'un edifici d'oficines en kWh/any, segons [19].

El consum més elevat és el consum destinat al confort dins d'un edifici; aquest consum és fruit bàsicament de la climatització i de la renovació de l'aire.



4.3. Demanda energètica dels edificis

Segons el tipus d'ús de cada edificació, es necessitarà una determinada quantitat d'energia per a funcionar. Aquesta energia està dividida, com s'ha vist a l'apartat anterior, en diferents usos energètics en alguns dels quals (equips d'informàtica, motors, etc.) és relativament fàcil estimar la seva demanda, ja que depenen directament de la quantitat d'equips instal·lats en l'edifici, del seu rendiment i del règim d'ús que hagin de tenir.

En usos energètics com la il·luminació artificial i la climatització, intervenen una sèrie de factors addicionals, relacionats amb el tipus d'edifici, les característiques arquitectòniques i constructives, del clima del lloc on es troba ubicat, de les condicions d'emplaçament i del perfil d'ús. Alguns d'aquests factors són dinàmics per la seva variabilitat en el temps i l'anàlisi de la seva incidència necessita d'eines i mètodes adequats. Per això, en aquest document es pretén fer més incidència en aquests aspectes que són imprescindibles per a poder determinar la demanda energètica de l'edifici. Així, es pot observar a la figura 4.2., com la demanda energètica no és uniforme en tot el territori, sinó que existeix una forta variabilitat en funció de la ubicació i de l'estació de l'any.

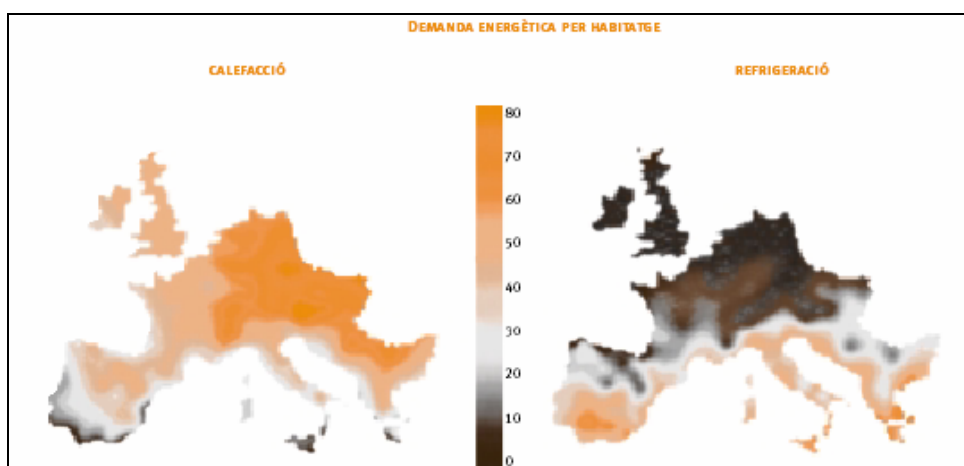


Figura 4.2.: Demanda energètica per calefacció i refrigeració en kWh/m², segons [19].

Com s'ha comentat en apartats anteriors, la demanda energètica al llarg d'aquest anys ha augmentat considerablement i aquest fet, afecta negativament a les emissions de CO₂ a l'atmosfera i a l'efecte hivernacle. És per aquest motiu que s'han desenvolupat algunes iniciatives i normatives per a pal·liar aquest problema, com és el cas del Protocol de Kyoto, o la Directiva 2002/91/CE d'eficiència energètica dels edificis que ha derivat a la implantació del Codi Tècnic de l'Edificació (CTE), i també el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques (RITE) que contribueix el marc normatiu sobre les exigències bàsiques que han de complir les instal·lacions de climatització.



4.3.1. Necessitats dels usuaris en un edifici d'oficines

Les condicions ambientals prenen un paper important alhora de garantir les condicions de confort dels usuaris d'un edifici d'oficines, ja que poden provocar incomoditats que afectin al seu benestar. En qualsevol edifici d'oficines és precís que els treballadors estiguin còmodes en el seu ambient de treball, perquè aquest fet repercuteix de manera directa en el seu rendiment laboral. Per tant, s'ha de crear un ambient de treball adequat, garantint que els factors energètics que envolten als usuaris estiguin dins dels límits de confort, amb l'objectiu d'aconseguir un elevat grau de benestar que contribuirà a millorar la productivitat de l'empresa.

Per garantir el benestar dels usuaris d'un edifici d'oficines cal que l'ambient interior d'un edifici compleixi unes condicions de confort: *tèrmic, acústic i lumínic*.

4.3.2. Confort tèrmic

En aquest apartat es tracten paràmetres, com la temperatura, la humitat relativa i la velocitat de l'aire que són els responsables de les condicions ambientals interiors. A més a més, és necessari determinar el balanç energètic del cos humà i els mecanismes de transmissió tèrmica imprescindibles per garantir el confort tèrmic pels usuaris (veure *Annex A*).

4.3.2.1. Temperatura de confort

La temperatura de confort es la combinació de la temperatura de l'aire i la temperatura radiant. La temperatura radiant és l'energia infraroja emesa per les superfícies i objectes en un habitacle un cop hi incideix radiació solar directa. Per tant, la temperatura de confort (combinació de l'aire calent i la radiació infraroja) és la que nota l'usuari.

La normativa espanyola fa referència a la temperatura en oficines, aquests valors es poden trobar a l'annex III del Real Decreto (RD) 486/1997 "*Condicions ambientals dels llocs de treball*", on s'estableix que la temperatura dels locals on es realitzen treballs sedentaris en un edifici d'oficines és la que es pot observar a la taula 4.1..

Estació	Temperatura	Humitat Relativa
hivern	17-27°C	30-70%
estiu		

Taula 4.1.: Valors estàndards de confort (per activitat sedentària) segons RD 486/1997 "*Condicions ambientals dels llocs de treball*"



D'altra banda, en la NTP 501 "Ambient tèrmic: in confort tèrmic local", estableix els valors que es troben a la taula 4.2..

Estació	Temperatura	Humitat Relativa
hivern	20-24°C	30-70%
estiu	23-26°C	

Taula 4.2.: Valors de confort segons la NTP 501 "Ambient tèrmic: in confort tèrmic local"

En canvi, segons el RITE els valors estàndards de confort (per activitat sedentària) són els que es troben a la taula 4.3..

Estació	Temperatura	Humitat Relativa
hivern	No superior a 21°C	30% - 70%
estiu	No inferior a 26°C	

Taula 4.3.: Valors estàndards de confort (per activitat sedentària) segons el RITE 2009 (Per situacions diferents d'activitat i roba, es poden trobar les condicions tèrmiques de l'ambient a la UNE-EN ISO 7730)

Per últim, el estàndard 55-1992 de ASHRAE determina varis rangs de temperatura segons la temporada i la humitat relativa, els valors es poden veure a la taula 4.4..

Estació	Temperatura	Humitat Relativa
hivern	20-25°C	30%
	20-24°C	40-50%
	20-23°C	60%
estiu	23-27°C	30%
	23-26°C	40, 50, 60%

Taula 4.4.: Valors estàndards de confort segons el estàndard 55-1992 de ASHRAE

Es pot observar, en aquest cas que les recomanacions de la NTP 501 s'aproximen més tant a la normativa espanyola (RITE) com a la europea (ASHRAE), que no pas les de RD 486/1997.

4.3.2.2. Humitat relativa

S'entén per humitat relativa com la quantitat de vapor d'aigua que es troba a l'aire, en relació al valor màxim que pot contenir a una temperatura determinada. Si un ambient és massa humit pot produir sobre als usuaris una sensació de xafogor que provoca l'esgotament dels mateixos, mentre que un ambient poc humit pot provocar dificultats en la respiració.



Com ja s'ha comentat a l'apartat anterior, en l'annex del RD 486/1997 s'estableix que la humitat relativa estarà compresa entre el 30 i 70%, excepte en els locals on existeixin riscos per electricitat estàtica on el límit inferior serà del 50%. Aquest mateix criteri és el que utilitza la NTP 501.

En canvi segons el RITE, la humitat relativa estarà compresa entre el 30% i el 70%.

Per últim, a la taula 4.4., el estàndard 55-1992 de ASHRAE determina varis rangs de Humitat relativa (HR) tant per a l'hivern com per a l'estiu.

4.3.2.3. Velocitat de l'aire

Segons la normativa espanyola les condicions de velocitat de l'aire en el RD 486/1997 són les que es poden observar a la taula 4.5..

Tipus de treball	Velocitat
Treballs en moviment no calorós	$v < 0,25$ m/s
Treballs sedentaris en ambient calorós	$v < 0,50$ m/s
Treballs no sedentaris en ambient calorós	$v < 0,75$ m/s

Taula 4.5.: Valors estàndards de velocitat de l'aire per exposicions freqüents i continuades segons el RD 486/1997

Però aquests valors són diferents per a les corrents d'aire condicionat, on els límits en aquests casos és de 0,25 m/s per treballs sedentaris i de 0,35 m/s per la resta.

D'altra banda, el RITE estableix uns valors de velocitat de l'aire que es poden observar a la taula 4.6..

Estació	Velocitat
hivern	0,15-0,20 m/s
estiu	0,18-0,24 m/s

Taula 4.6.: Valors de velocitat de l'aire segons el RITE 2009

4.3.2.4. Confort higiènic

El confort higiènic en edificis es refereix principalment a la qualitat de l'aire interior. Desafortunadament existeixen una important quantitat d'edificis en què els ocupants pateixen de diferents símptomes degut a una manca de qualitat d'aire, com de dessecació de les



membranes de la mucosa o de dolors de cap per ambients molt carregats de CO₂ i altres emissions.

L'aire de l'interior d'un edifici ha de complir dos requisits:

- els ocupants l'han de percebre com un aire fresc
- ha de tenir la qualitat adequada per evitar qualsevol malestar o risc negligible per a la salut

El cos humà percep la qualitat de l'aire a través de l'olfacte sensible als compostos olorosos i un sentit químic situat en les membranes mucoses del nas i els ulls, sensible als compostos irritants. Per al càlcul de la càrrega de pol·lució s'utilitzen valors experimentals que es poden veure a l'Annex A.

El RD 486/1997 marca la normativa per la renovació mínima d'aire en locals de treball, aquesta es pot observar a la taula 4.7..

Tipus de treball	ventilació
Treball sedentari, ambient no calorós ni contaminat per fum de tabac	30m ³ /h (8,3 l/s) d'aire nèt per treballador
Resta de casos	50m ³ /h (13,9l/s) d'aire nèt per treballador

Taula 4.7.: Valors de ventilació de l'aire segons la RD 486/1997

Segons la NTP 742 "*Ventilació general d'edificis*", els cabals mínims d'aire exterior de ventilació s'indiquen a la taula 4.8..

CATEGORIA	l/s per persona	m ³ /h per persona
IDA 1	20	72
IDA 2	12,5	45
IDA 3	8	28,8
IDA 4	5	18

Taula 4.8.: Cabal mínim d'aire exterior de ventilació segons la NTP 742 "*Ventilació general d'edificis*", apartat "*Ventilació en edificis no residencials*".



On la classificació de les categories és la següent:

- IDA 1. (òptima qualitat). Hospitals, clíniques, laboratoris i guarderies.
- IDA 2. (bona qualitat). Oficines, residències, museus, aules,... i piscines.
- IDA 3. (mitjana qualitat). Edificis comercials, cines, teatres, sala d'actes, habitacions d'hotels, restaurants, cafeteries, locals esportius i sales d'ordinadors.
- IDA 4. (qualitat baixa).

Així, pel cas d'oficines (**IDA 2**), el cabal mínim d'aire exterior de ventilació és de **12,5l/s**.

4.3.3. Confort acústic

El soroll en els llocs de treball que exigeixen concentració i comunicació verbal pot ser un problema en aquests tipus d'ambients (veure *Annex B*). La principal causa d'aquest soroll en les oficines és el telèfon, les màquines en funcionament i les conversacions, etc. , que poden provocar distraccions ,interferències en la comunicació i en alguns casos alteracions psicològiques.

Segons la NTP 242: "*Ergonomia: anàlisi ergonòmic dels espais de treball en oficines*", els nivells de soroll a partir dels quals es provoca desconfort en els llocs de treball d'oficines es situa entre els 55 i 65 dBA.

Segons la NTP 503: "*Confort acústic: el soroll en oficines*", el soroll del sistema de ventilació a les oficines no hauria de superar els 35dBA. Quan la tasca exigeixi un alt grau de concentració, els nivells recomanats són de 30dBA.

4.3.4. Confort lumínic

Sempre que sigui possible, en qualsevol lloc de treball es disposarà de llum natural que es complementarà amb la il·luminació artificial quan la primera, per sí sola, no garanteixi les condicions de visibilitat adequades.

Segons l'article IV del RD 486/1997 els nivells mínims d'il·luminació en els llocs de treball seran els descrits a la taula 4.9..



Zona o part del lloc de treball	Nivell mínim d'il·luminació (lux)
Zones on s'executen tasques amb:	
1) Baixes exigències visuals	100
2) Exigències visuals moderades	200
3) Exigències visuals altes	500
4) Exigències visuals molt altes	1.000
Àrees o locals d'ús ocasional	50
Àrees o locals d'ús habitual	100
Vies de circulació d'ús ocasional	25
Vies de circulació d'ús habitual	50

Taula 4.9.: Nivells mínims d'il·luminació dels llocs de treball segons article IV del RD 486/1997

Aquests nivells mínims es duplicaran en alguns casos (veure *Annex C*)

D'altra banda, segons l'annex IV de RD 486/1997 i la NTP 211, per assegurar el confort visual s'hauran de tenir en compte els tres punts següents: nivell d'il·luminació adequat i uniforme, control d'enlluernaments i equilibri de luminàncies en el camp visual. I a la taula 4.10. es determinen els rangs de luminància recomanats per a cada tipus d'activitat en unes oficines.

OFICINES				
Lloc o activitat	Em	UGR	Ra	Observacions
Lectura, escriptura, mecanografia, processos de dades,	500	19	80	Acondicionar les pantalles de visualització
Dibuix tècnic	750	16	80	
Disseny assistit (CAD)	500	19	80	Acondicionar les pantalles de visualització
Sales de reunió	500	19	80	
Llocs de recepció	300	22	80	
Magatzems	200	25	80	

Taula 4.10.: Rangs de luminància recomanada per àrees o activitats diferents en oficines

Per tant, pel cas d'oficines on es duiguin a terme activitats de lectura, escriptura, mecanografia, processos de dades i es disposi de sales de reunions; s'escollirà una il·luminació mínima de **500 lux**, la corresponent per a aquestes activitats.



5. REVISIÓ DE TECNOLOGIES DISPONIBLES

El mercat actual ofereix un ventall de possibilitats pel que fa a sistemes i solucions constructives en edificis. En aquest apartat es realitzarà un breu recull de les tecnologies existents pels dos àmbit d'actuació següents:

- Sistema de climatització
- Sistema d'il·luminació

5.1. Sistema de climatització

5.1.1. Introducció

L'objectiu principal de tot sistema de climatització és crear unes condicions de temperatura, humitat i renovació de l'aire interior, adequades pel confort dels usuaris dins dels espais habitables.

Per tant, el sistema de climatització haurà de ser capaç de:

- ✓ Escalfar o Refredar l'ambient interior.
- ✓ Tractar l'aire per tal d'aconseguir unes condicions de confort requerides, fent referència als paràmetres de **temperatura, humitat relativa, velocitat i puresa** de l'aire interior.
- ✓ Mantenir un nivell acústic que no molesti als usuaris.
- ✓ Controlar i Regular simultàniament els paràmetres responsables del confort.

D'altra banda, també es parla d'eficiència en climatització quan es relaciona la mateixa amb:

- La qualitat dels tancaments de l'edifici
- La unitat productora d'energia tèrmica
- El sistema de distribució de calor i fred
- El sistema de tractament d'aire i ventilació
- El sistema de gestió de la climatització



El correcte ús de tots aquests sistemes, permet millorar la climatització i l'estalvi energètic, ja que a diferència del que hom pot pensar, per aconseguir una millora en l'eficiència energètica d'un edifici, no n'hi ha prou en regular correctament els paràmetres de temperatura, velocitat, humitat, etc. , sinó també, tenir cura dels tancaments de l'edifici, de la correcta zonificació i de la ventilació natural del mateix, etc.

Per a poder classificar els diferents sistemes de climatització que es poden trobar al mercat, cal esmentar quins són els elements que el constitueixen. A la figura 4.1. s'observen els elements responsables del funcionament del sistema de climatització.

Així, segons [9], s'entén com a Unitat Productora d'Energia Tèrmica (UPET) la responsable de tractar l'aire que cal subministrar a l'edifici, i l'encarregada de generar l'energia tèrmica necessària per condicionar el local. La Unitat de Tractament d'Aire (UTA) i els Elements Generadors de Fred i Calor formen la UPET.

D'altra banda, també es parla d'Unitats Terminals (UT) o emissors, els responsables de transmetre els fluids primaris en els diferents locals de l'edifici, assegurant una correcta velocitat de l'aire i mantenint els nivells de soroll permesos.

I finalment, els Elements Intermedis (EI) uneixen la Unitat Productora d'Energia Tèrmica i les Unitats Terminals.

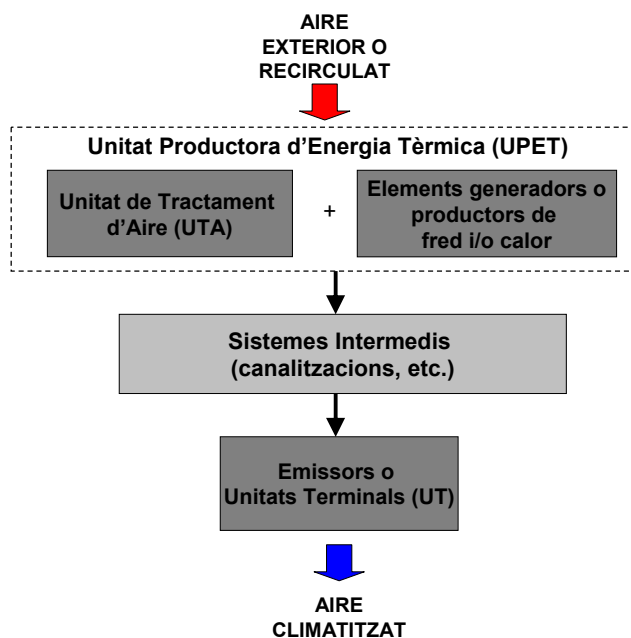


Figura 5.1.: Elements que formen un sistema de climatització.



5.1.2. Classificació general dels sistemes de climatització

La classificació general dels sistemes de climatització es pot fer de tres maneres: la primera, fer una classificació en funció del *fluid que s'utilitza*; la segona, en funció del *tipus de tractament d'aire de què es fa ús*; i tercera, segons *la regulació de l'aire que es duu a terme*.

CLASSIFICACIÓ DELS SISTEMES DE CLIMATITZACIÓ		
Segons el fluid utilitzat	Segons el tipus de tractament d'aire	Segons la regulació d'aire
sistema tot aire	sistema autònom	Tot o res (On/Off)
sistema tot aigua (o sistema hidrònics)	sistema centralitzat	Volum constant i temperatura variable (aire)
sistema aire-aigua		Volum variable i temperatura constant (aire)
sistema d'expansió directa o sistemes de refrigerant		Volum i temperatures variables (aire)
		Dos tubs (aigua)
		Quatre tubs (aigua)

Taula 5.1.: Classificació dels sistemes de climatització.

Així, es pot parlar, per exemple, d'una bomba de calor que utilitza com a fluid *aire-aigua* i que a la vegada funciona com a *sistema centralitzat* i regula l'aire per *tot o res*.

Les característiques de cada classificació es poden veure amb més detall a l'*Annex D*.

Segons el document, "*Eficiència energètica en la climatització d'edificis*" de l'ICAEN, la primera comparativa que es fa dels diferents sistemes segons el seu cost, confort, qualitat de l'aire interior, nivell acústic i espai requerit, és la que mostra la taula 5.2..

On si es prioritza la qualitat de l'aire interior (IAQ) com a punt inicial d'estudi, llavors els sistemes tot aire són els que ofereixen una millor qualitat, en concret els de VAV (Volum d'Aire Variable) ofereixen un confort elevat però amb una inversió inicial també elevada.

Pel que fa als sistemes tot aigua, el que a primer cop d'ull resulta millor, és el de sostre radiant ja que a la llarga aporta millor rendiment que els altres sistemes, però també una forta inversió inicial.

En els sistemes aire-aigua, els inductors a 2 tubs resulten una bona elecció quan es comparen amb d'altres sistemes que més o menys ofereixen les mateixes condicions de confort, espai requerit, qualitat de l'aire, i cost en reparacions, ja que en el cas dels inductors, aquests tenen un cost energètic baix i una inversió inicial no gaire costosa.



I en els sistemes refrigerants, tot i que la millor opció és optà per sistemes de VRV (Volum de Refrigerant Variable), aquests tenen una inversió inicial i un manteniment considerablement elevats, i és per això, que s'aconsella l'ús d'aparells individuals DX.

Sistema		Cost inversió	Cost energètic	Cost reparacions	Confort per temperatura	IAQ	Nivell acústic	Espai requerit
TOT AIRE	Volum constant Unizona	Baix	Alt	Baix	Molt Baix	Alt	Baix	Alt
	Volum constant Multizona	Mitjà	Molt Alt	Mitjà	Baix	Alt	Baix	Alt
	Volum constant amb autònoms DX	Molt Baix	Alt	Molt Baix	Molt Baix	Mitjà	Baix	Alt
	VAV	Alt	Baix	Alt	Alt	Alt	Baix	Alt
TOT AIGUA	F-C a 2 tubs	Baix	Mitjà	Mitjà	Alt	Baix	Mitjà	Baix
	F-C a 4 tubs	Mitjà	Mitjà	Mitjà	Molt Alt	Baix	Mitjà	Baix
	Sostre radiant	Alt	Molt Baix	Molt Baix	Alt	Mitjà	Molt Baix	Baix
AIGUA-AIRE	Inductors a 2 tubs	Mitjà	Baix	Mitjà	Alt	Mitjà	Mitjà	Mitjà
	Inductors a 4 tubs	Molt Alt	Mitjà	Alt	Molt Baix	Mitjà	Mitjà	Mitjà
	F-C amb aire de ventilació	Alt	Mitjà	Mitjà	Mitjà-Alt	Mitjà	Alt	Mitjà
Tot refrigerant	Aparells individuals de DX	Baix	Baix	Mitjà	Alt	Baix	Alt	Baix
	<i>Multi split</i>	Mitjà	Baix	Alt	Mitjà-Alt	Baix	Alt	Baix
	VRV	Molt Alt	Baix	Molt Alt	Alt	Baix	Mitjà	Baix

Taula 5.2.: Resum comparatiu dels diferents sistemes de climatització d'edificis, segons [9].

Tot i així, en els següents apartats s'avaluen amb més detall els sistemes de climatització, ja que aquesta comparativa no reflecteix altres aspectes que també s'han de tenir en compte alhora d'escollir un sistema o un altre. És per això, que en l'últim apartat d'aquest punt es realitza una taula resum on s'especifiquen les propietats de cada sistema en particular.

5.1.3. Característiques generals per a cada sistemes de refrigeració i calefacció

A la taula 5.3., s'agrupen les característiques generals per a cada sistemes de refrigeració i calefacció. Ja que hi ha sistemes que tenen la capacitat de refredar i calefactar alhora, com és el cas de la bomba de calor, mentre que n'hi ha d'altres que només poden calefactar, com és el cas dels radiadors d'aigua calenta, o bé refredar. Es disposa de més informació per a cada sistema a l'*Annex F*.



CARACTERÍSTIQUES DELS SISTEMES DE REFRIGERACIÓ I CALEFACCIÓ		
TIPUS DE SISTEMA	MODE	CARACTERÍSTIQUES
Bomba de calor	Calefacció i Refrigeració	Màquina tèrmica que té la capacitat de transferir calor des d'un focus fred a un focus més calent
		En mode refrigeració té el mateix funcionament que si es fes girar l'aparell d'aire condicionat. A la pràctica, s'utilitza una vàlcula de 4 vies per a poder invertir el cicle.(veure annex E)
		Útil en climes suaus, on els estius són calorosos i amb hiverns no gaire freds
Radiadors	Calefacció	Conjunt de radiadors per on hi circula aigua calenta a una temperatura determinada
		Adequat per zones amb temperatures mínimes baixes
		Temperatures d'utilització de l'aigua, entre 80-90°C
Terra radiant	Calefacció i Refrigeració	Xarxa de canonades uniformament distribuïda i situada sota del paviment per on discorre l'aigua que transporta l'energia tèrmica
		Temperatures d'utilització de l'aigua, entre 35-45°C
		La distribució de calor pel terra proporciona un gradient tèrmic corporal ideal
Energia solar tèrmica	Calefacció	Els panells solars tèrmics permeten l'obtenció d'energia tèrmica gràcies a la incidència de la llum i radiació solar sobre les superfícies captadores
		depèn del sol i això pot ser un inconvenient
		Energia il·limitada i gratuïta i no contaminant
Calderes	Calefacció	Utilitza combustible per a la generació de calor, existeixen varis tipus de calderes, a part de la convencional, que utilitza gas natural o gas propà per a funcionar, també existeixen , la caldera de baixa temperatura , la de condensació i la de biomassa .
Geotèrmia	Calefacció i Refrigeració	Aprofita la capacitat del sòl de mantenir-se a temperatura pràcticament constant durant tot l'any 17°C a 30m de profunditat.
		Es necessita una forta inversió inicial degut als costos de perforació i la necessitat d'un espai exterior on ubicar les canonades
		No requereix manteniment
		Energia il·limitada i gratuïta i no contaminant
Refrigeració solar	Refrigeració	Permet refrigerar mitjançant l'aportació d'energia tèrmica.
		Reducció d'energia elèctrica consumida ja que no disposa de compressor
		Possibilitat de combinar-ho amb un sistema de terra radiant
Cicle d'absorció	Refrigeració	Es requereixen temperatures elevades, possible necessitat de caldera de suport
		Permet refrigerar mitjançant l'aportació d'energia tèrmica.
		Reducció d'energia elèctrica consumida ja que no disposa de compressor
Cicle frigorífic per compressió mecànica	Refrigeració	Cicle format per un circuit en què hi circula un líquid refrigerant que normalment és freó.
		Cicle més comú utilitzat per la refrigeració

Taula 5.3.: Resum de les característiques dels sistemes de refrigeració i calefacció.



5.1.4. Anàlisi d'alternatives dels principals sistemes de refrigeració i calefacció

Fins ara s'han exposat les característiques dels diferents sistemes existents, però el que hom pretén en aquest apartat, és veure quines són les solucions que actualment s'usen en un edifici d'oficines, i realitzar una breu comparativa per veure quin és l'àmbit d'aplicació de cadascuna d'elles.

Per a cada alternativa, s'adjunten alguns exemple reals on es comparen els diferents sistemes, i així poder determinar tant des del punt de vista teòric com des del punt de vista empíric, la millor solució pel que fa a la generació de calor i a la generació de fred en un edifici d'oficines.

5.1.4.1. Sistema d'expansió directa "Split"

En el sistema d'expansió directa "Split", cada zona a climatitzar disposa del seu propi sistema de climatització. És a dir, cada unitat interior té la corresponent unitat exterior associada, d'aquí que també s'anomenin sistemes 1x1 (veure *Annex L*). Com tot sistema d'expansió directa, en la unitat exterior es troba el compressor, el intercanviador, l'acumulador i la vàlvula d'expansió; i en la unitat interior, el intercanviador de calor amb un ventilador. (veure esquema a l'*Annex D*)

Segons [2], són sistemes en que la longitud frigorífica està limitada a 50m, per tant és una bona solució per usos de climatització petits (menys de 30kW tèrmics).

Aquesta tipologia de sistemes tenen la capacitat de treballar només amb mode refrigeració, o bé, en els dos modes (refrigeració i calefacció). També poden incorporar la tecnologia INVERTER (veure *Annex L*) que permet reduir el consum d'energia elèctrica al sistema.



Figura 5.2.: Exemples de tipus d'unitats interiors de sistemes partits (Split), segons [11].



5.1.4.2. Sistema de Flux de Refrigerant Variable (FRV) o “Multi_Split”

Una ampliació del sistema *Split* és el sistema de FRV o *Multi_Split*, que es tracta també d'un sistema d'expansió directa. La diferència és que el sistema *Multi_Split* disposa de més d'una unitat interior per a la mateixa unitat exterior, per tant, treballa amb un únic circuit frigorífic compartit entre les diferents unitats interiors del sistema. Veure les característiques del sistema de FRV a l'*Annex L*)

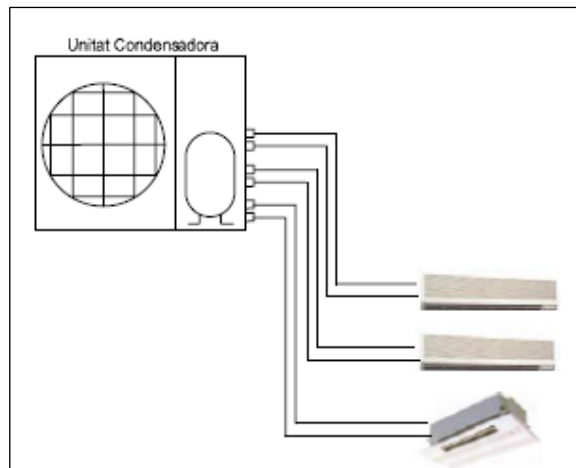


Figura 5.3.: Sistema Multi-Split, segons [11].

A diferència del sistema anterior, segons [2], aquests sistemes a més a més de poder utilitzar-los per a instal·lacions petites (menys de 70kW), també es poden utilitzar per a instal·lacions grans (de més de 150kW).

Les configuracions que poden adquirir els sistemes de FRV són *sistemes a dos tubs* i *sistemes a tres tubs amb recuperació de calor*.

Els primers, ***sistemes a dos tubs***, treballen en mode refrigeració o en mode bomba de calor (calefacció). La seva estructura és molt semblant al sistema d'expansió directa descrit anteriorment, però amb la diferència que en comptes de tenir una única vàlvula d'expansió i un evaporador, en té tants com unitats interiors tingui el sistema.

En canvi, els ***sistemes a tres tubs amb recuperació de calor***, tenen la capacitat de poder tenir dins del mateix sistema, unitats interiors que treballin amb mode refrigeració i altres amb mode calefacció simultàniament. Per tant, l'objectiu del sistema a tres tubs és poder calefacter i refredar a la vegada amb el mateix sistema de climatització. Tot això, és possible gràcies a les *caixes de recuperació de calor* que hi ha al circuit, que permeten, tal i com es veu a la figura 5.5., recuperar l'aire de descàrrega de ventilació per a ser aprofitat per escalfar l'aire nou que prové de l'exterior. A continuació s'explica el seu funcionament i per a més informació s'aconsella consultar l'*Annex G*.



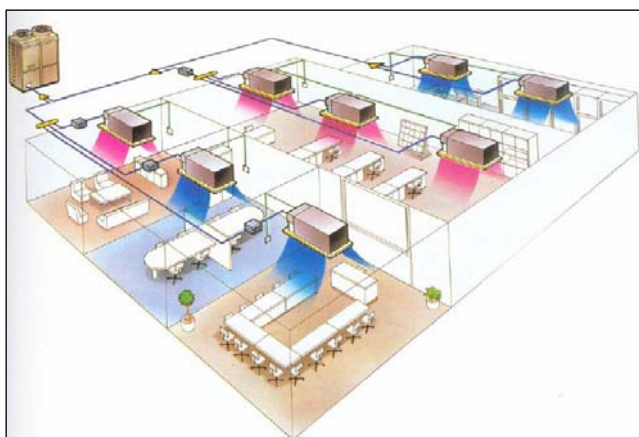


Figura 5.4.: Exemple gràfic de FRV amb recuperació de calor per refrigeració i calefacció simultànies.

✓ **Recuperació de l'aire de descàrrega de ventilació**

Com ja s'ha comentat en apartats anteriors, des del punt de vista de benestar i higiene, el RITE marca un cabal mínim de ventilació de l'aire exterior amb la finalitat de mantenir una qualitat acceptable d'aire ambient interior. Aquesta mateixa quantitat d'aire és pràcticament la mateixa que s'ha d'expulsar a l'exterior una vegada tractat, i el RITE contempla la obligatorietat de la recuperació de calor d'aquest aire d'extracció a partir de 1800 m³/h.

Existeixen períodes en els que l'aire exterior és energèticament favorable a l'estiu amb temperatures menors que les requerides a l'interior dels locals condicionats. En aquest cas el cabal de l'aire nou a introduir és similar a l'aire contaminat que s'expulsa a l'exterior, per tant, la recuperació d'aquest calor dels locals per transferir-los a l'aire nou a incorporar és un mètode que pot reduir la càrrega de ventilació.

Per últim, destacar que hi ha dos tipus de recuperadors de calor, els *recuperadors sensibles* ($\eta=50-60\%$), són aquells que realitzen la transferència de calor en funció de la diferència de temperatures de ambdós fluxos d'aire. En canvi, els *recuperadors entàlpics o rotatius* ($\eta=75\%$), aprofiten a més del calor sensible, el calor latent procedent de la humitat de l'aire d'extracció.

EXEMPLE: Estudi de la recuperació de calor de l'aire d'extracció de l'empresa CIATESA [18]

Per fer l'estudi s'ha considerat un edifici amb les següents característiques:

- Edifici o local aïllat d'uns 600 m² i qualitat de l'aire IDA 3 (28,8 m³/h)
- Necessitats de ventilació mitja/alta: 5760 m³/h d'aire (ocupació: 200 persones)
- Condicions interiors a l'hivern: 22°C, 50% HR i a l'estiu 24°C, 50% HR



Per determinar en quines condicions és necessari calefactar o refredar, es mesuren les necessitats de ventilació, de carga total i de potència.

Aire exterior		Ventilació psicromètric	Carga Total	Potència per superfície
Ts (°C)	Th (°C)	W	W	W/m2
-4,0	-4,0	43,718	95,511	161
-2,0	-2,4	40,043	88,006	147
0,0	-0,4	36,406	79,538	133
2,0	1,3	32,835	71,137	119
4,0	3,1	29,313	62,784	105
6,0	5,0	25,841	54,482	91
8,0	6,6	22,431	46,241	77
10,0	8,4	19,067	38,047	63
12,0	9,8	15,765	29,915	50
14,0	11,2	12,513	21,833	36
16,0	12,7	9,309	13,798	23
18,0	14,0	6,157	3,816	6
20,0	14,9	-9,184	15,245	25
22,0	16,1	-3,234	43,496	73
24,0	17,1	1,630	64,121	107
26,0	18,1	6,634	71,610	119
28,0	18,9	10,638	78,228	130
30,0	19,6	14,150	84,607	141
32,0	20,6	19,521	92,716	155
34,0	21,1	21,986	98,316	164
36,0	21,8	25,721	104,520	174
38,0	22,0	27,633	109,094	182
40,0	23,3	32,874	117,049	195

Taula 5.4.: Ventilació, carga i potència superficial per a cada temperatura (Ts, Th).

Sabent que Ts, és la temperatura exterior seca, i Th, la temperatura exterior humida.

Per tant, s'ha de calefactar fins que la temperatura exterior de l'aire arribi a 18°C, mentre que s'ha de refredar quan es superin els 20°C. En tots els càlculs s'ha tingut en compte l'aportació de calor de les persones.

L'equip autònom per cobrir la demanda s'escull per les condicions del projecte d'estudi, en aquest cas les característiques nominals són:

EQUIP MOD. IPF-420	CALOR A CARGA TOTAL			FRED A CARGA TOTAL			
	CIRCUIT FRIGORÍFIC	CIRCUIT RECUPERACIÓ	TOTAL	CIRCUIT FRIGORÍFIC	CIRCUIT RECUPERACIÓ	TOTAL	
POTÈNCIA CALORÍFICA (kW)	111,0	28,9	139,9	POTÈNCIA CALORÍFICA (kW)	99,0	24,8	123,8
POTÈNCIA ABSORBIDA (kW)	38,0	6,3	44,3	POTÈNCIA ABSORBIDA (kW)	35,4	4,8	40,2
COP	2,9	4,6	3,2	EER	2,8	5,2	3,1

Taula 5.5.: Ventilació, carga i potència superficial per a cada temperatura (Ts, Th).



CALEFACCIÓ										
Condicions Interiors, HIVERN, 22°C i 50% HR										
Text	Qv	Qt	Pr		P2		P3		Pd	Mode de Funcionament
Ts (°C)	kW	kW	kW	%	kW	%	kW	%	kW	
-4	43,7	96,5	29,5	100	31,3	100	31,3	100	92,0	Rec. + 2 Etapes
-2	40,0	88,0	29,4	100	32,6	100	32,6	80	94,5	Rec. + 2 Etapes
0	36,4	79,5	29,3	100	34,2	100	34,2	47	97,7	Rec. + 2 Etapes
2	32,8	71,1	29,2	100	39,5	100	39,5	6	108,1	Rec. + 2 Etapes
4	29,3	62,8	29,0	100	45,6	74			74,6	Rec. + 1 Etapa
6	25,8	54,5	28,9	100	50,8	50			79,7	Rec. + 1 Etapa
8	22,4	46,2	28,8	100	55,3	32			84,1	Rec. + 1 Etapa
10	19,1	38,0	28,7	100	59,3	16			88,0	Rec. + 1 Etapa
12	15,8	29,9	28,6	100	62,6	2			91,2	Rec. + 1 Etapa
14	12,5	21,8	28,5	77					28,5	Recuperació
16	9,3	13,8	28,5	43					28,5	Recuperació
18	6,2	3,8	28,4	13					28,4	Recuperació

Taula 5.6.: Dades de Potència per a Calefacció (kW).

Les dades de potència (kW) per calefacció són les que mostra la taula 5.6, on Q_v , és la demanda de ventilació pels 5760 m³/h, Q_t , és la demanda tèrmica total, P_r , és la potència del circuit de recuperació que fa de primera etapa, P_2 , és la potència de la segona etapa que es tracta d'un circuit base de l'equip, P_3 , és la potència de la tercera etapa que es un circuit base de l'equip i, P_d , és la potència total disponible de l'equip segons el mode de funcionament.

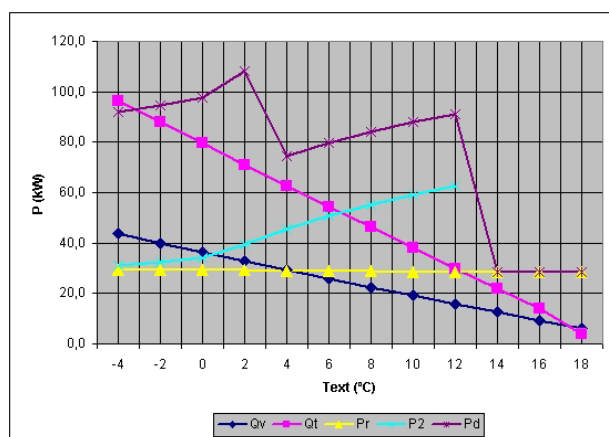
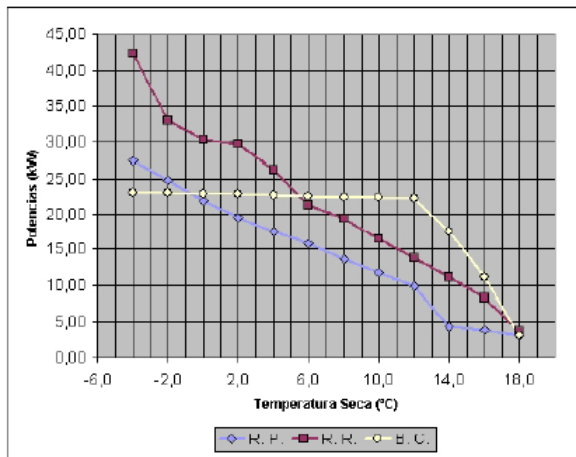


Figura 5.5.: Dades de potència (kW), per a calefacció.

En la figura anterior, s'observa com a més significatiu, que el cicle de calor del circuit de recuperació està treballant al 100% de la seva capacitat amb un alt COP de 4,6, com ja s'ha vist anteriorment, fins a una potència exterior de 12°C i que a partir d'aquesta temperatura exterior ja no es requereix l'aportació de potència tèrmica del circuit base de l'equip.

Si com a sistema de recuperació de calor s'utilitza, pel mateix cabal d'extracció de 5760 m³/h, un recuperador de plaques (RP), amb una eficiència del 61%, i un altre rotatiu (RR) amb una eficiència de 71%, les potències de recuperació comparades amb les obtingudes pel sistema de circuit frigorífic de bomba de calor (BC) les de la figura 5.6..





Temperatura seca (°C)	Temperatura humida (°C)	Recuperador Plaques (R.P.) [kW]	Recuperador Rotatiu (R.R.) [kW]	Bomba de Calor (BC) [kW]
-4	-4,0	27,4	42,4	23,1
-2	-2,4	24,7	33,0	23,0
0	-0,4	21,9	30,3	22,9
2	1,3	19,6	29,7	22,8
4	3,1	17,6	26,2	22,7
6	5,0	15,9	21,3	22,6
8	5,0	13,7	19,4	22,5
10	8,4	11,8	16,5	22,4
12	9,8	9,8	13,8	22,3
14	11,2	4,4	11,2	17,6
16	12,7	3,9	8,3	11,1
18	14,0	3,1	3,8	3,1

Figura 5.6.: Dades de potència (kW), per a calefacció.

Tal i com s'ha dit anteriorment, la potència de recuperació de la BC és pràcticament constant, mentre que en ambdós recuperadors, la potència disminueix al augmentar la temperatura exterior.

En els mesos d'estiu (refrigeració), el sistema de refredament gratuït (*free cooling*), que s'explica més endavant, ha d'estar actiu fins els 24°C, perquè a més a més del cabal de ventilació que ja compensa part de la càrrega tèrmica (9184W a 20°C), es pot refrigerar en la màxima quantia possible amb l'aire exterior.

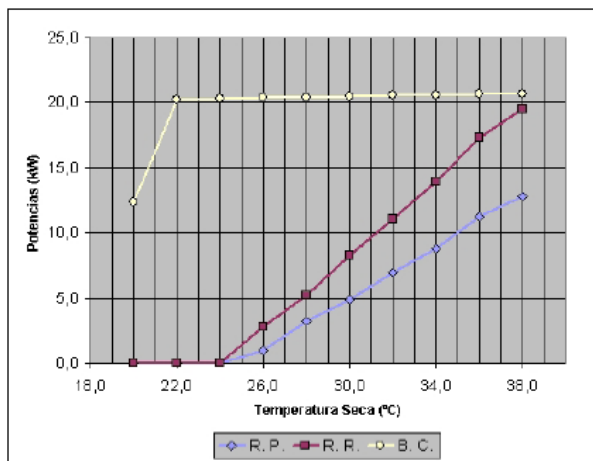
En les condicions de l'exemple, el free cooling actiu al circuit de recuperació de calor amb BC, aporta el 60% de la seva capacitat a la temperatura de 20°C, i a partir dels 22°C la seva aportació és del 100% (*On Pr és la potència del circuit BC*). A la taula 5.6. s'observa les dades de potència per a refrigeració.

REFRIGERACIÓ										
Condicions Interiors, ESTIU, 24°C i 50% HR										
Text	Qv	Qt	Pr		P2		P3		Pd	Mode de Funcionament
Ts (°C)	kW	kW	kW	%	kW	%	kW	%	kW	
20	-9,2	15,2	25,6	60					25,6	Rec. + FC
22	-3,2	43,5	25,6	100	55,1	33			80,6	Rec. + FC + 1Etapa
24	1,5	64,1	25,6	100	53,9	72			79,4	Rec.+ 1 Etapa
26	6,6	71,6	25,5	100	52,7	87			78,2	Rec.+ 1 Etapa
28	10,6	78,2	25,5	100	51,5	100	51,5	2	128,5	Rec. + 2 Etapes
30	14,1	84,6	25,4	100	50,3	100	50,3	18	126,1	Rec. + 2 Etapes
32	19,5	92,7	25,3	100	49,2	100	49,2	37	123,7	Rec. + 2 Etapes
34	22,0	98,3	25,2	100	48,0	100	48,0	52	121,3	Rec. + 2 Etapes
36	25,7	104,5	25,1	100	46,9	100	46,9	69	116,9	Rec. + 2 Etapes
38	27,6	109,1	25,0	100	45,7	100	45,7	84	116,5	Rec. + 2 Etapes
40	32,9	117,0	24,9	100	44,6	100	44,6	100	114,1	Rec. + 2 Etapes

Taula 5.7.: Dades de Potència per a Refrigeració (kW).

Es fa la mateixa comparativa amb els mateixos elements que pel cas de calefacció.





Temperatura seca (°C)	Temperatura humida (°C)	Recuperador Plaques (R.P.) [kW]	Recuperador Rotatiu (R.R.) [kW]	Bomba de Calor (BC) [kW]
20	14,0	0,0	0,0	12,4
22	16,1	0,0	0,0	20,2
24	17,1	0,0	0,0	20,3
26	18,1	1,0	2,8	20,3
28	18,9	3,2	5,2	20,4
30	19,6	4,9	8,3	20,5
32	20,3	7,0	11,1	20,5
34	21,1	8,8	13,9	20,6
36	21,8	11,2	17,3	20,6
38	22,0	12,8	19,5	20,6

Figura 5.7.: Dades de potència (kW), per a refrigeració.

En el rang de temperatures des de 18°C a 24°C, ambdós recuperadors tenen que deixar-se inactius, perquè qualsevol intercanvi de corrents, per petit que sigui, afegeix càrrega tèrmica al local en lloc de reduir-la, ja que l'aire d'extracció al estar a major temperatura (24°C) ens escalfaria l'aire nou de ventilació, i és en aquest interval on està actiu el sistema free cooling.

És a dir, els recuperadors i el free cooling són incompatibles, mentre que el circuit frigorífic de recuperació (BC) i free cooling són complementaris.

També es pot observar, que a partir de 22°C, la capacitat del circuit tipus bomba de calor és del 100%, i va augmentant lleugerament en augmentar la temperatura exterior fins a donar una potència frigorífica útil de 20,6kW, on ja s'ha descomptat el consum elèctric del compressor per a poder realitzar la comparativa en les mateixes condicions que els recuperadors de calor.

Si ara es suposa que el local té un horari d'ús de 15h a 24h, les temperatures mesurades mitjanes a considerar al llarg de tot l'any, és a dir, calefacció i refrigeració, són les que es poden veure a la taula següent:

Temperatura Mitjana (°C)	Mes de l'any	RP [kW/h]	RR [kWh]	BC [kWh]
6,30	GENER	4.352	5.846	6.508
8,40	FEBRER	3.364	4.733	5.858
11,75	MARÇ	2.818	4.039	6.437
13,23	ABRIL	1.712	3.269	5.347
17,25	MAIG	907	1.808	1.674
22,95	JUNY	0	0	5.430
27,63	JULIOL	782	1.338	5.658
27,05	AGOST	586	1.162	5.650
22,68	SETEMBRE	0	0	5.427
15,55	OCTUBRE	1.130	2.481	3.499
10,15	NOVEMBRE	3.124	4.405	6.242
7,20	DECEMBRE	4.018	5.605	6.497
	TOTAL ANY	22.793	34.687	64.227

Taula 5.8.: Dades d'Energia (kWh) per tot l'any, Refrigeració i Calefacció



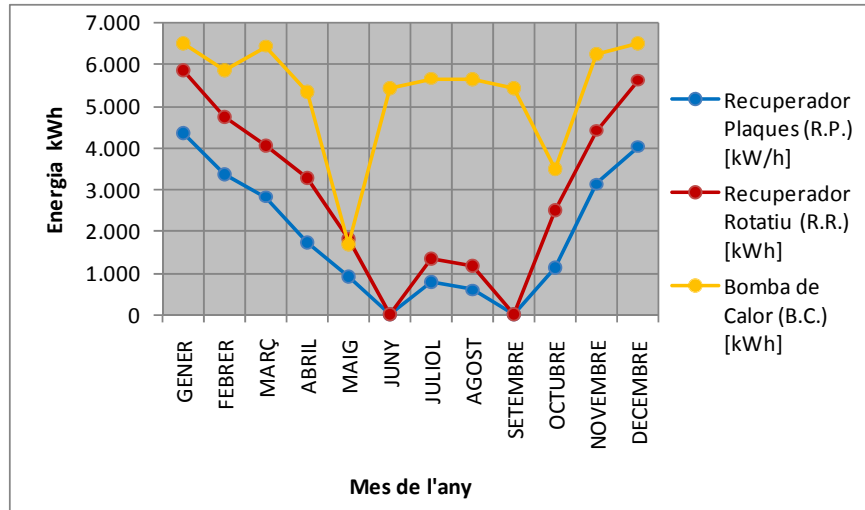


Figura 5.8.: Dades d'Energia (kWh), per a refrigeració i calefacció

En la figura anterior, s'observa que l'energia recuperada és major en tots els mesos de l'any amb un sistema tipus BC que amb els altres dos sistemes de recuperació, RP i RR.

En els mesos de Maig i Octubre hi ha un descens de la quantitat d'energia recuperada en el sistema de BC, ja que la demanda és petita en aquesta època de l'any.

En resum, la implantació dels tres sistemes de recuperació utilitzats és la següent:

		Recuperador de Plaques (R.P.)	Recuperador Rotatiu (R.R.)	Bomba de Calor (B.C.)
Energia útil total	kWh	22793	34687	64227
Disminució d'emissions de CO ₂	kg	4559	6937	12845
Preu sistema	€	3171	5595	2900
Retorn del capital	anys	3,5	4	1,1

Taula 5.9.: Resum del cost dels tres sistemes.

L'empresa CIATESA conclou que el sistema de recuperació actiu mitjançant circuit frigorífic integrat en equip autònom tipus bomba de calor és en molts casos l'opció més interessant. Ja que millora els coeficients d'eficiència energètica EER en el cicle de refrigeració i el COP en el cicle de calor, repercutint de manera directa en l'estalvi d'energia elèctrica consumida.

Clarament la recuperació del capital invertit en el sistema tipus bomba de calor es produeix més ràpidament, en un període de temps aproximat d'un any. A més a més, des del punt de vista d'emissions de CO₂ les emissions són inferiors a la dels altres dos sistemes, si es té en compte l'energia útil que proporciona.



5.1.4.3. Planta Refredadora més sistema de generació de calor

Es tracta d'una planta refredadora aire-aigua per a la producció de refrigeració i un sistema independent de caldera per a la producció de calefacció i en casos que ho requereixin, ACS (aigua calenta sanitària). En aquest document, no es contemplarà la producció d'ACS ja que es considera que la demanda de la mateixa és molt baixa, per tant, en el cas que ens ocupa, el sistema de generació de calor només s'utilitzarà per a la producció de calefacció i no per escalfar l'aigua sanitària.

S'entén com a planta refredadora la responsable de generar fred en un sistema de climatització, en ella hi consten dos refrigerants; el *refrigerant de producció*, que produeix la refrigeració, i el *refrigerant de distribució*, que s'encarrega de distribuir aquesta refrigeració per tot el sistema. Dos exemples de refrigerant de producció poden ser el R-134A (bon funcionament a altes T) i el R-407C (bon funcionament a baixes T); I de refrigerant de distribució, l'aigua més un anticongelant perquè no es congeli.

Anàlogament al sistema de producció de refrigeració, el sistema de producció de calor es produeix a la caldera i mitjançant un intercanviador es transmet l'energia al circuit de distribució. Els elements de transport de l'aigua seran similars per a refrigeració com per a calefacció però independents ambdós sistemes, els únics elements que seran comuns seran els fan-coils. Tanmateix, les calderes es poden classificar en quatre tipus, on el rendiment, el tipus de combustible, la inversió i el retorn són els que apareixen a la taula 5.10..

Tipus de caldera	Rendiment	Combustible	Inversió	Retorn
Convencional	75-80%	qualsevol	1	
Baixa Temperatura	91-96%	gas / gasoil	més del 43%	3 anys
Condensació	105-109%	Gas	més del 350%	6anys
Biomassa	90-95%	Fusta triturada, estelles o pellets	més del 220%	5 a 10 anys

Taula 5.10.: Comparativa de cada tipus de caldera, segons [9].

Tal com diuen els fabricants, les calderes de condensació aconseguen un rendiment fins el 109%. Cal esmentar que els valors dels rendiments es donen respecte el poder calorífic inferior (PCI), que no té en compte l'energia de condensació de l'aigua i que està al voltant d'un 11%. Respecte al poder calorífic superior (PCS), que té en compte aquesta energia, és naturalment inferior al 100%. Així doncs s'aconsegueix un augment d'un 15% respecte les calderes modernes de baixa temperatura, i fins a un 40 % respecte a instal·lacions antigues.

Des del punt de vista d'eficiència energètica, amb aquestes dades teòriques, la caldera més eficient resulta la de condensació en comparació amb la convencional, ja que el rendiment és



el més elevat. Però des del punt de vista de econòmic, amb l'objectiu de recuperar la inversió inicial el més aviat possible, la caldera de baixa temperatura resulta la més econòmica i amb un rendiment també força elevat. És per aquest motiu, que no sempre la solució més eficient ha de ser la més econòmica, per això és important estudiar els casos que es poden trobar i escollir el més adequat en cada situació.

EXEMPLE: Estudi comparatiu entre una bomba de calor i una caldera convencional segons l'empresa Sol i Clima [21]

El departament tècnic de l'empresa *Sol i Clima* ha realitzat un estudi on es compara una caldera de gasoil convencional amb una bomba de calor "Altherma" de *Daikin* que proporciona refrigeració i calefacció a través d'una instal·lació de terra radiant.

L'estudi es realitza amb els càlculs pertinents a una casa unifamiliar a Madrid amb un consum de 2.000 litres de gasoil a l'any. Essent les necessitats de la vivenda de 20.000kWh.

Si es coneixen les dades de l'energia del mes de Març del 2010 (veure *Annex J*). I el valor del PCI del gasoil (10.200 kcal/kg) i la densitat del gasoil (ρ_{gasoil} : 0.86kg/l). I sabent que 1kWh=860kcal. Llavors,

Gasoil automoció (A)	0,9956 €/l
Gasoil calefacció (C)	0,6486 €/l
Electricitat	0,133245 €/kWh
Gas Natural	0,042893 €/kWh

Taula 5.11.: Dades de l'energia del mes de Març del 2010 segons l'ICAEN.

Per tant, a la taula 5.12, es veu el resum de les dades obtingudes. On a Madrid amb un COP de 4,2, la diferència arriba als 504€ i 160€ en gasoil i gas respectivament a favor de la bomba de calor.

	Caldera gasoil	Caldera de gas	Bomba de calor
Necessitats de la vivenda	20.000kWh	20.000kWh	20.000kWh
COP o rendiment a Madrid	0,8	0,9	4,2
Energia Consumida	25.000kWh	22.222kWh	5.952kWh
Combustible consumit	2.000		
Cost anual	1.297 €	953 €	793 €

Taula 5.12.: Consum i cost anual per a cada sistema.



5.1.4.4. Planta refredadora amb bomba de calor (quatre tubs)

Es un sistema molt similar a l'anterior. Bàsicament, es tracta d'un planta refredadora aire-aigua amb bomba de calor per donar refrigeració i calefacció simultàniament. Té 4 sortides de canonades d'aigua, dos per a refrigeració i dos per a calefacció.

Aquests tipus de sistemes ofereixen la possibilitat de produir només aigua freda, només aigua calenta, o aigua freda i calenta de forma simultània e independent, sense importar quina temperatura faci a l'exterior. La instal·lació hidràulica s'ha de realitzar a quatre tubs per a mantenir separats en tot moment els circuits d'aigua freda i calenta. La refredadora incorpora un microprocessador que gestiona de forma automàtica el tipus de funcionament més adequat per a satisfer la carrega, optimitzant el rendiment en tot moment.

Habitualment aquests sistemes treballen a partir de 34kW tèrmics i poden assolir amb la mateixa refredadora fins a 900kW tèrmics de refrigeració. A la figura 5.9 es pot veure el sistema de funcionament a 4 tubs.

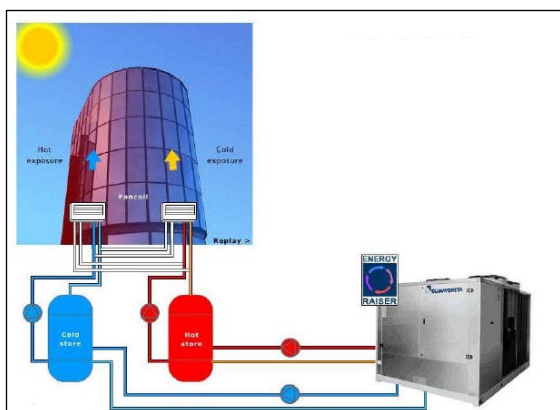


Figura 5.9.: Sistema centralitzador a 4 tubs

EXEMPLE: Benchmarking del consum tèrmic en el sistema de climatització de l'empresa EISSA (*Energètica d'Instal·lacions Sanitàries S.A.*) [20]

L'empresa EISSA realitza la gestió energètica a diversos centre sanitaris a Catalunya. En aquest estudi, es fa el seguiment del consum tèrmic degut a la climatització a 36 centres durant tot l'any, amb un seguiment mensual.

Les lectures:

- El 35% dels casos s'obtenen de forma directa mitjançant comptadors tèrmics.
- La resta de casos les lectures s'obtenen de forma indirecta, a partir dels consums elèctrics de les unitats productores de fred, aplicant un COP teòric que s'ha calculat a partir de les dades del fabricant.



- Es calculen les ràtios de consum tèrmic per m² i any, a més de saber la localització climàtica de cada centre.

Per poder localitzar cada centre a cada zona climàtica, s'utilitzen els GDC (graus dia de calefacció) i els GDR (graus dia de refrigeració). I si es sumen els graus dia de cadascun dels dies de l'any s'obtenen els GD (graus dia).

$$GDC = \frac{\sum_{h=1}^{24} (T_b - T_{ext})}{24}; \text{ si i només si : la } T_{ext} < T_b; \text{ amb } T_b = 15^\circ C \quad (\text{Eq. 5.1.})$$

$$GDR = \frac{\sum_{h=1}^{24} (T_{ext} - T_b)}{24}; \text{ si i només si : la } T_{ext} > T_b; \text{ amb } T_b = 21^\circ C \quad (\text{Eq. 5.2.})$$

$$GD = \sum_{d=1}^{365} \left\{ \frac{\sum (T_{ext} - T_b)}{24} \right\} \quad (\text{Eq. 5.3.})$$

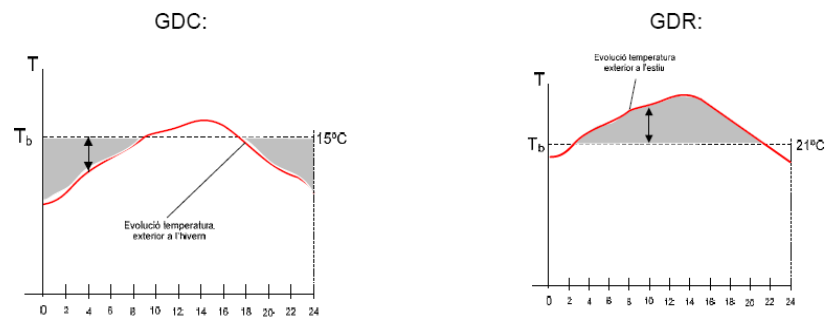


Figura 5.10.: Representació gràfica dels graus dia de calefacció i refrigeració per un dia.

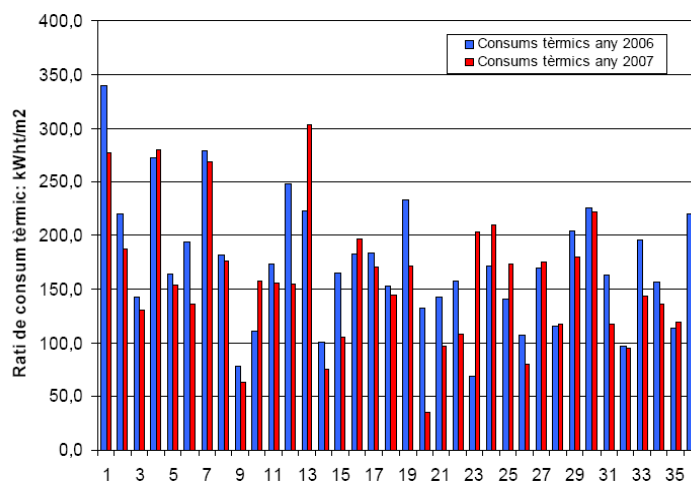


Figura 5.11.: Ràtios de consums tèrmics totals a 36 CAP en els anys 2006 i 2007.



Per tant, s'agrupen les dades en funció de la zona geogràfica del territori català, i es classifiquen els sistemes de climatització utilitzats, s'obtenen les dades de la taula següent.

Zona	Bomba de calor (Convencional -DX)			Bomba de calor (VRV)			Refredadora + Caldera (gas)		
	MÀXIM	MÍNIM	RECOMANAT	MÀXIM	MÍNIM	RECOMANAT	MÀXIM	MÍNIM	RECOMANAT
Litoral	221	143	160	168	106	140	193	142	155
Central	No es disposa de dades			278	184	170	300	115	150
Pirineu	No és funcional ni aconsellable			Rendiment baix a temperatures negatives			200	120	150

Taula 5.13.: Consums tèrmics de climatització en centres d'atenció primària en kWh/m2.any.

Es pot concloure que les bombes de calor no funcionen de manera eficient durant els mesos d'hivern en zones on les temperatures exteriors es troben per sota els 6 o 5°C, ja que es pot observar un consum elevat a la zona climàtica Central i molt més a la del Pirineu. En canvi, el sistema VRV (Volum de Refrigerant Variable), permet treballar a temperatures negatives, però dona rendiments més baixos que la bomba de calor o el sistema refredadora amb caldera.

Així a la figura següent es fa un resum de cada zona climàtica a Catalunya.

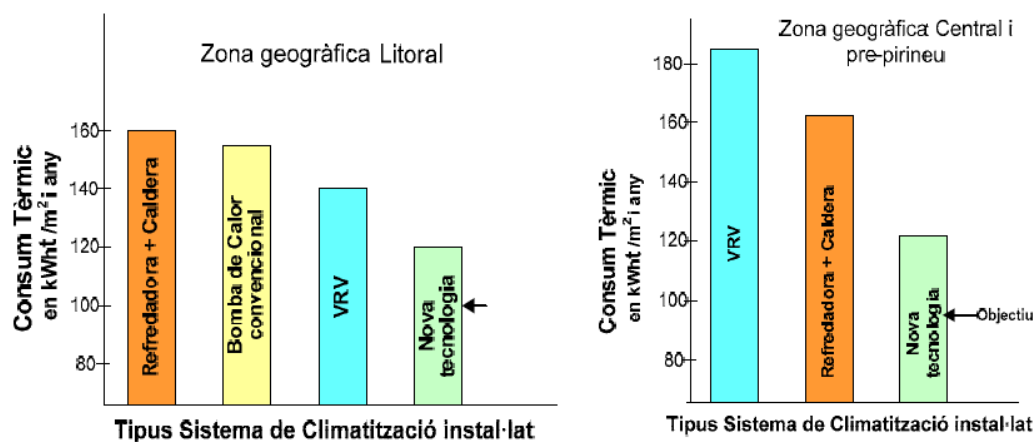


Figura 5.12.: Consums tèrmics actuals i objectiu segons zona climàtica i sistema de climatització instal·lat a Catalunya.

5.1.4.5. Sistema de climatització teulada (Rooftop)

El formen unes unitats compactes de grans dimensions que s'instal·len a la teulada de l'edifici i que mitjançant uns ventiladors centrífugs de gran cabal i gran capacitat de pèrdua de carrega estàtica s'impulsa l'aire tractat (fred i calor) per uns grans conductes que es distribueixen per tot l'edifici.



Contràriament als sistemes descrits anteriorment en el que la unitat de tractament d'aire estava situada a la mateixa zona a climatitzar i entre la UTA i la refredadora o unitat exterior hi havia unes canonades de refrigerant per transmetre la potència d'una a l'altre, en els rooftop la unitat de tractament d'aire i la unitat exterior són un mateix element compacte situat a l'exterior que ha d'impulsar aire per tot l'edifici amb uns conductes de grans dimensions. Aquests sistemes són una bona solució per grans zones diàfanies i amb un gran volum d'aire a tractar com poden ser naus industrials, centres comercials, pavellons esportius, etc.

Treballen amb potències entre 40kW i 200kW tèrmics de refrigeració i acostumen a utilitzar refrigerant R-407C (sistema típic d'expansió directa). [17]

L'avantatge més important en aquests sistemes, és que disposen de comportes per tal de fer aportacions d'aire de renovació de forma simultània i tenen la capacitat de fer *free-cooling*.

✓ Free cooling

La utilització d'energies gratuïtes com és el cas del sistema economitador anomenat free-cooling, també esdevé una opció per a reduir l'ús d'equips de refrigeració a l'estiu.

El sistema free-cooling disposa d'un ventilador en el canal de retorn que pot canalitzar l'aire eliminant-lo cap a l'exterior, o bé, en els casos que interressi fer-lo re circular cap a la UTA. La regulació de les proporcions d'aire es realitza mitjançant un joc d'obertures i tancaments de tres persianes modulars sincronitzades automàticament, comandades per un controlador amb un sensor exterior i interior. D'aquesta manera quan es necessita més aire exterior, s'obren les persianes d'entrada d'aire i es van tancant la de l'aire re circulat. (veure *Annex I*).

S'usa el free-cooling per a locals que demanden refrigeració durant moltes hores a l'any, degut a l'alta carga interna d'il·luminació, maquinària i persones. A més a més, l'ús del free-cooling aporta un alt grau de ventilació a l'edifici fomentant la millora de la qualitat de l'aire interior. És convenient fer ús d'aquests sistemes quan el cabal de climatització sigui major que 200m³/min i el seu règim de funcionament sobrepassi les 1000 h/any.

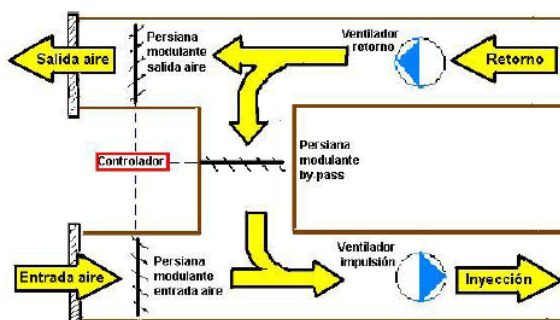


Figura 5.13.: Esquema de funcionament del sistema free-cooling, segons [15].



5.1.4.6. Radiadors (sistema tot aigua)

El sistema de radiadors d'aigua correspon al sistema convencional adoptat per la majoria d'edificis fins fa relativament pocs anys (anys 70), en els quals no es contemplava la refrigeració i tampoc la renovació i tractament d'aire de ventilació. Els radiadors són emissors de calor construïts normalment de fosa o acer negre, per l'interior dels quals l'aigua circula a una temperatura de 50 a 90°C. (veure *Annex F*). Segons [17], la calor a l'aire ambient es transmet en un 20% per radiació i un 80% per convecció.

Hi ha bàsicament tres tipus constructius configurats en elements:

- Radiadors de fosa, de pes molt elevat, i llarga durabilitat (més de 50 anys)
- Radiadors de xapa d'acer
- Radiadors d'alumini, que tenen un alt coeficient de transferència de calor, però la seva vida útil és molt curta que la dels altres dos.

Els radiadors amb més potència d'emissió de calor són els d'alumini, seguit dels d'acer i després dels de fosa:

TIPUS DE RADIADOR	POTÈNCIA EMESA
Panell o xapa d'acer	-50%
Fosa	1
Acer	10%
Alumini	15%
Doble panell d'acer amb convector*	30%

* conector, elements semblants a un radiador, en què la transmissió de calor dels tubs a l'aire es força mitjançant un ventilador

Taula 5.14.: Potència d'emissió de calor de diferents tipus de radiadors o emissors.

5.1.4.7. Altres sistemes i mètodes recomanats

Deixant de banda les instal·lacions encarregades de la generació de fred i calor en un edifici, també hi actuen altres sistemes complementaris. Dels més recomanats es troben la recuperació de calor de l'aire d'extracció, la correcta difusió de l'aire climatitzat en l'edifici, i la gestió del sistema de climatització amb l'ús d'un sistema informàtic capaç de regular i controlar el bon funcionament dels sistemes.



✓ Desplaçament de la calor en l'edifici

Una metodologia per aconseguir millors resultats pel que fa a l'eficiència energètica en edificis és la utilització d'equips específics que permeten el desplaçament de la calor d'una part a l'altre de l'edifici com efecte útil per fer front a les necessitats tèrmiques, com un gran estalvi energètic. Aquest mètode s'aplica en els grans edificis, on la calor sobrant d'algunes zones, en comptes d'eliminar-la a l'exterior, es transfereix a zones que ho requereixin, especialment a zones perimetrals.

Una aplicació típica és la que es veu a la figura 5.14., on s'observa un pis d'un edifici tipus en torre, on en els mesos d'hivern es necessita calefacció a les àrees perimetrals, en canvi, a les àrees centrals com que no hi ha transferència de calor, la dissipació interna del propi local genera un augment de temperatura que requereix refrigeració en aquesta època de l'any.

Per tant, en aquest tipus d'edificis s'ubiquen equips compactes d'aire condicionat al límit de les zones perifèriques i a les zones centrals s'instal·len equips simultàniament, per així en els mesos d'hivern, poder per una cara refrigerar al centre calent, mentre que per l'altra calefactar el perímetre exterior fred (veure l'exemple de l'Annex H, sistema combinat: volum d'aire variable en zones interiors i volum d'aire constant en zones perifèriques).



Figura 5.14.: Zones característiques d'un edifici en torre en els mesos d'hivern, segons [17].

✓ Recuperadors Entàlpics

Complir amb la correcta renovació d'aire de les zones a climatitzar resulta un dels sistemes més complexos que hi ha. Com ja s'ha comentat de la obligatorietat de mantenir un cabal mínim de renovació de l'aire d'extracció sinó la mala ventilació podria provocar malestar en els usuaris. Existeixen diferents sistemes de recuperació de calor de l'aire d'extracció com poden ser els recuperadors adiabàtics, recuperadors entàlpics, recuperadors de plaques, etc. Un dels que presenta una millor eficiència i disposa de petites dimensions, és el recuperador entàlpic.



Aquests recuperadors entàlpics, tenen l'avantatge respecte els altres recuperadors, és que els recuperadors entàlpics aprofiten a més de la calor sensible, la calor latent procedent de la humitat de l'aire d'extracció. (veure més a l'*Annex G*)

✓ **Gestió energètica integral d'edificis**

Per a la gestió energètica integral d'edificis és habitual fer ús de sistemes de control digital directe o DDC (*Direct Digital Control*) que són sistemes digitals capaços d'integrar totes les funcions pròpies de la gestió integral d'un edifici. Gràcies a aquests sistemes es pot aconseguir regulacions més precises i òptimes alhora de millorar l'eficiència energètica en els edificis.

Els sistemes DDC substitueixen els controls pneumàtics o electromecànics convencionals de sistemes HVAC (Heating Ventilation Air Conditioning) per equips capaços de gestionar no només el control sinó també la gestió energètica i diagnosticar problemes ambientals amb la utilització d'un sistema de computació centralitzat en xarxa.

BMS (Building Management System), o sistema de gestió d'edificis (SGE)

El sistema de gestió d'edificis (SGE) és un sistema de control integrat que gestiona totes les instal·lacions d'un edifici. Gestiona sistemes com, els sistemes de **calefacció, refrigeració, ventilació**, el control en la **il·luminació**, els sistemes de transport (ascensors, escales mecàniques, etc.), els sistemes de seguretat (accessos a portes, vigilància per vídeo CCTV, etc.), també control d'incendis i control del sistema elèctric.

El SGE uneix tots els sistemes en un nivell de gestió superposat. Un exemple de servidor responsable de gestionar cada una de les instal·lacions i sistemes d'un edifici és el anomenat SCADA (*Supervision Control and Data Acquisition*).

A la figura 5.15 es veu l'esquema de funcionament del sistema SCADA.

Alguns dels protocols de comunicació que es fan servir són : **LONWorks ; BACnet; TCP/IP; Modbus; XML/SOAP, HTTP; OPC i KONNEX.**

Així com la normativa AENOR_EA0026, dicta una guia de bones pràctiques de l'ús de la domòtica en edificis. (per a més informació veure *Annex K*)



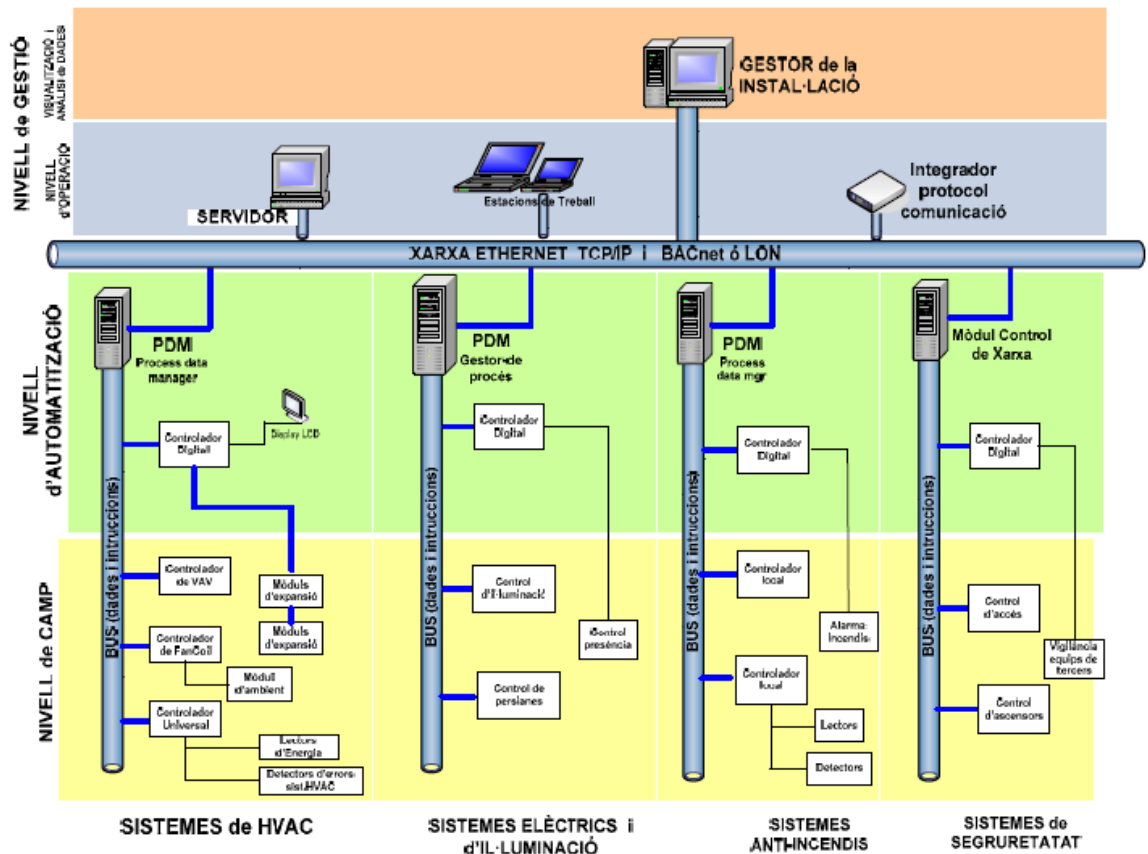


Figura 5.15.: Estructura servidor SCADA (Supervision Control and Data Acquisition), segons [9].

5.1.5. Comparativa entre les diferents opcions

Finalment, a la taula 5.15 s'han agrupat tots els sistemes indicant en cada cas si compleixen unes característiques determinades. D'aquesta manera, es podrà escollir quin és el sistema més adient per a cada tipus d'edifici d'oficines. Per tal d'afinar més en la descripció dels sistemes tant per dimensions, costos d'implantació, eficiència i, poder comparar amb més criteri amb la resta d'opcions, s'escullen per a cada opció estudiada unes marques de reconegut prestigi en el sector de la climatització.

Així, s'entén per zonificar quan es parla de climatitzar diferents zones a la vegada, amb independència de la temperatura de consigna, i també quan es parla d'aturar o encendre el sistema de cada zona, independentment de les altres zones. S'entén com a instal·lació senzilla a una instal·lació que es gestiona automàticament, amb pocs accessoris d'instal·lació i, poc complex de dissenyar. I es parla de sistema eficient, quan el sistema és capaç de produir refrigeració i calefacció simultàniament derivant la potència absorbida en la refrigeració al sistema de calefacció.



Característiques	Sistema				
	Split	Multi-Split	Refredadora + Caldera	Refredadora + Bomba de Calor	Climatització Teulada
Permet zonificar	SI	SI	SI	SI	NO
Instal·lació senzilla	SI	SI	NO	NO	NO
Manteniment especialitzat	NO	NO	SI	SI	SI
Sistema eficient	NO	SI	NO	SI	NO
Valors de referència del soroll de les unitats (dBA)	50	60	80	80	70
Permet sistema de gestió informàtica	NO	SI	SI	SI	NO
Permet donar fred i calor a la vegada	SI	SI	SI	SI	NO

Taula 5.15.: Comparativa sistemes de climatització.

El sistema Split, té un inconvenient molt gran i és que no és un sistema centralitzat, això fa que es necessitin tants sistemes com estances a climatitzar. També, necessita moltes canonades frigorífiques per a cada sistema i requereix d'espais que no sempre es disposen. Però, aquests sistemes poden regular la potència subministrada segons la demanda de cada sala però el que aparentment sembla un gran avantatge, per a un edifici d'oficines on es necessitarien tants sistemes Split com despatxos hi hagi i la regulació la fa cada sistema, fa que no es pugui derivar potència quan es necessiti d'una sala a una altra. Tot això, implica disposar de molta potència frigorífica instal·lada quan per simultaneïtats es podria tenir un 30 ó 40% d'estalvi respecte un sistema convencional.

Per tant, el sistema Split, pot ser una bona solució per a petites sales d'equips informàtics que necessiten de condicions de funcionament molt diferents a la resta de sales i són equips que acostumen a funcionar les 24h del dia tots els dies de l'any, i per tant, es creu adient independitzar-los de la resta de sistemes per tal de reduir el consum i per tal d'allargar la vida útil dels sistemes, ja que més o menys la vida útil dels equips de climatització d'aquestes sales tècniques té una vida útil de només dos o tres anys, degut a les condicions extremes de temperatura, humitat, pols, etc.

D'altra banda, els sistemes Multi-Split, FRV, sí que permeten la centralització del sistema de climatització i permeten oferir calefacció i refrigeració de manera simultània, això fa que siguin sistemes molt complets i permeten una gestió senzilla i eficient de tota la instal·lació de climatització sincronitzant elements importants com els recuperadors i inclús amb el sistema SCADA, permeten fer controls de presència per tal de fer més eficient el sistema. L'inconvenient que tenen, és que al ser sistemes tant complexos, fa que no estigui fabricat per un únic fabricant, sinó, que utilitza accessoris d'altres fabricants, com fan-coils, termòstats, etc. I, això genera la problemàtica dels recanvis de peces, ja que si s'ha de



substituir una unitat, pot ser que el fabricant de l'aparell ja no fabriqui un producte compatible. També té la desavantatge d'usar refrigerant R-410A que ha de complir la normativa europea de gasos refrigerants que diu que la concentració en cas de fuga no pot superar els 0,3 kg de refrigerant per m³ d'estança a climatitzar, i per tant s'ha de tenir en compte en el disseny del sistema, i fa que les revisions periòdiques siguin primordials. Un dels principals avantatges és que no ocupen molt d'espai, ja que el diàmetre de les canonades no té unes dimensions molt grans. Per tant, aquest sistema pot ser una bona solució per a la climatització general d'un edifici d'oficines on, per exemple, a les sales de reunions, despatxos, es pot usar un sistema FRV de tres tubs amb recuperació de calor, mentre que per a les zones de pas, com passadissos, vestíbul, es pot usar un FRV a dos tubs, ja que no és necessari que en aquestes sales estiguin a 25°C, sinó que poden estar a unes condicions que necessitin menys potència.

Tot i que el sistema més utilitzat en el mercat és el de planta refredadora amb generació de calor, aquests tenen un gran inconvenient, i és que en aquestes instal·lacions s'ha de duplicar la instal·lació per producció de fred i per a producció de calor. Acostumen a ser sistemes que ocupen molt d'espai, tant per les dimensions de les plantes de generació de fred i calor com per les dimensions de les bombes de transports del fluid refrigerant, sistema d'expansió i canonades frigorífiques. També, necessiten de personal qualificat ja que són sistemes complexos de dissenyar. Són sistemes que tarden molt en posar-se en funcionament, això fa que s'hagi de programar l'encesa dels mateixos unes hores abans cosa que implica un sobre consum energètic.

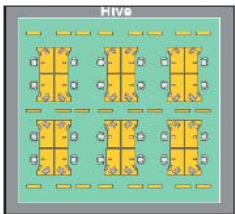
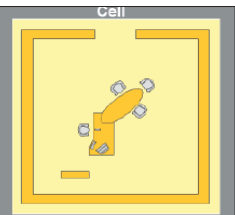
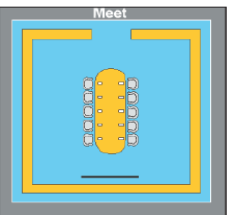
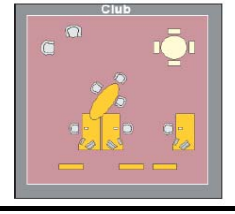
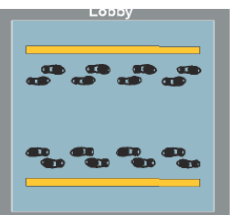
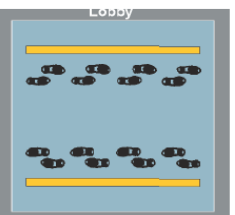
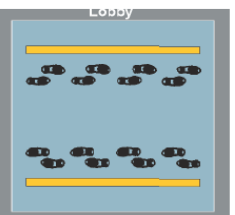
Si es parla del sistema climatització teulada, són sistemes ideals per a climatitzar zones diàfanos de grans volums, per exemple, centres comercials i naus industrials. Però es fa molt difícil regular el flux d'aire quan es vol climatitzar més de 10 zones diferenciades. L'única forma de regular un rooftop és amb un sistema de conductes i comportes que automàticament s'obrin i es tanquin per difondre l'aire climatitzat. Pot ser una bona solució per a una planta destinada a bar, tipus office, degut a la seva configuració diàfana, i que permet usar free-cooling i recuperació de calor amb el mateix equip, cosa que permet reduir costos i millorar l'eficiència. L'inconvenient, és que no pot oferir refrigeració i calefacció simultanis i tenen una instal·lació complexa degut als conductes del sistema de distribució.



5.2. Sistema d'il·luminació

5.2.1. Introducció

El consum d'il·luminació en un edifici d'oficines representa el 25% del consum total de l'edifici, és per aquest motiu, que la instal·lació d'il·luminació es troba en un lloc prou important pel que fa al consum d'energia i es tracta en detall en aquest apartat.

MODELS D'OFICINA		
RUSC		Treball individual de processos sistemàtics (caràcter repetitiu)
		Comunicació entre els individus no és estrictament necessària
		Exemple: Oficines d'administració, atenció al públic, etc.
		Nivells d'il·luminació més elevats que pel cas d'oficines de dimensions més petites
		Imprescindible selecció de les lluminàries considerant la distribució dels llocs de treball
CEL·LULAR		Necessitat d'un sistema de control de les lluminàries per aprofitar l'aportació de llum natural
		Necessitat de persianes per evitar els enlluernaments provocats pels grans vitralls
		Treball individual que requereix un grau relativament alt de concentració
		La comunicació entre companys no és imprescindible
		La inversió en infraestructura és més alta que en el cas anterior
REUNIO		Exemples: Oficines comercials i d'assegurances, directius, etc.
		La dimensió reduïda de la oficina cel·lular fa que no apareguin lluentors molestes directes en el camp de visió dels treballadors
		L'aportació de la llum natural, utilitzada degudament, proporcionarà a la oficina un ambient agradable, per evitar enlluernaments s'utilitzaran persianes
		Alta necessitat de comunicació entre els usuaris
		L'autonomia dels participants és variable
CLUB		Exemples: Sales de reunió, taules de recepció, sales de conferències, etc.
		Necessitat d'ús de llum directa per facilitar la visió dels rostres dels participants
		Degut a la presència de pissarres o quadres en moltes sales de reunions, serà necessari la il·luminació del pla vertical de la paret
		No és estrictament necessari l'ús d'un sistema de control centralitzat
		Altes tasques de comunicació i treball concentrat
LOBBY		Responsabilitat compartida dels treballadors
		Objectiu principal és la de dinamitzar la feina
		Degut a la diversitat de les tasques a realitzar en aquestes sales, es procurarà un enllumenat decoratiu per garantir la confortabilitat dels seus usuaris.
		Ús de sistemes de control per adaptar el local a les diferents tasques.
		Necessitat de selectivitat de les lluminàries.
LOBBY		Escasa comunicació dels usuaris.
		Espai compartit per tots els treballadors, serveix de canal de transport entre varies sales.
		Exemples: Passadissos, ascensors, escales, patis de vestíbul, lavabos, etc.
		Nivells d'il·luminació baixos
		Tipus d'il·luminació decorativa
LOBBY		Pel cas d'escales, el nivell d'il·luminació serà més alt i més directe
		Pel cas dels lavabos, es poden instal·lar detectors de presència o temporitzadors, que permetran obtenir un estalvi energètic

Taula 5.16.: Comparativa entre els tipus d'oficines.



La forma d'organitzar, estructurar i distribuir les oficines es pot fer de moltes maneres diverses. El concepte que s'adopta en una oficina concreta dependrà en gran mesura de la organització en qüestió, de l'autonomia dels empleats (treball en solitari o en equip), de l'autonomia del departament, i de la importància i l'impacte requerit de les comunicacions internes i externes.

A la taula 5.16 s'agrupen les característiques més importants dels cinc tipus d'oficines, on es determinen l'autonomia i la comunicació de cadascuna d'elles. Per tant, quan s'hagi d'escollir un sistema d'il·luminació per a un edifici d'oficines s'haurà de tenir en compte les diverses tipologies mostrades en aquesta introducció. Segons [12], es defineixen cinc funcions d'oficines bàsicament distingides: Tipus Rusc, Cel·lular, Reunió, Club i Lobby.

Respecte al cas de l'edifici objecte que s'estudiarà, s'ha utilitzat una superfície per planta totalment diàfana i sense compartiments. On, tal i com s'ha comentat en apartats anteriors, s'hi ha ubicat un espai pel pas dels ascensors.

5.2.2. Estratègies per a l'augment de l'eficiència en il·luminació

Per tal de poder millorar l'eficiència lumínica en els edificis d'oficines, és precís, determinar quins són els elements responsables d'aquest consum energètic. Escollir així una lluminària d'alta eficiència en comparació a d'altres menys eficients serà un dels passos a seguir per a millorar el rendiment de la instal·lació. També cal destacar, que no només són les làmpades les responsables del consum sinó també l'ús de sensors d'intensitat lumínica o sistemes de control podran contribuir positivament en l'eficiència energètica.

En aquest apartat es parlen de quins són aquests elements que intervenen en qualsevol sistema d'il·luminació i quins són els aspectes a millorar per aconseguir incrementar l'eficiència del sistema d'il·luminació implantat a un edifici d'oficines. Tals com les característiques de llum natural, el tipus d'enllumenat general i local, les varietats de làmpades que existeixen, la selectivitat de la instal·lació d'il·luminació, el color de les lluminàries i els tipus de sistemes de control que s'usen.

5.2.2.1. La llum natural

Durant l'evolució de milers d'anys, els nostres ulls s'han adaptat perfectament a les característiques de la llum natural, i és per això, que es percep una sensació de benestar quan s'està en la seva presència.

Les finestres en un edifici d'oficines proporcionen el contacte visual amb el món exterior, això fa necessari que en aquelles oficines on els treballadors hi estiguin tot el dia sigui vital tenir sortides exteriors per aconseguir, juntament amb una distribució de lluminàries específiques a l'interior, un sentiment general de satisfacció visual experimentat pels usuaris.



D'altra banda, la llum natural té els següents inconvenients:

- **Discontinuitat.** Només disposem de la llum natural durant les hores diürnes i en funció de la nuvolositat i l'entorn urbanístic o paisatgístic de l'espai a il·luminar.
- **Il·luminància.** La radiació solar directe té una il·luminància al voltant dels 10.000lux en un dia tapat i fins a 100.000 lux en un dia clar d'estiu. Aquesta il·luminància disminueix amb la profunditat de l'espai a l'interior de l'edifici, i en funció dels factors de reflexió de les superfícies interiors. Això comporta una il·luminància irregular al llarg de les superfícies dels edificis (per exemple, prop d'una finestra vertical hi hagi una il·luminància molt superior a la desitjada, mentre que a uns quants metres endins de la finestra trobem una manca d'il·luminància).
- **Enlluernament.** Segons l'activitat que volem desenvolupar a l'interior, és d'especial importància la diferència d'il·luminància entre punts, és a dir els contrastos. Sobretot per a treballs telemàtics, cal tenir un entorn lluminós uniforme sense contrastos molt elevats.
- **Aportació de calor.** De l'efecte de la radiació solar només una part és llum visible, mentre una altra gran part és ultraviolada o infraroja. És per això, que a l'hivern, aquesta llum infraroja, pot ajudar a escalfar l'espai, però sobretot a l'estiu augmenta la demanda de refrigeració de l'edifici.

Per pal·liar aquests inconvenients, és precís disposar d'una bona protecció solar, que disminueixi la llum excessiva prop de la finestra. Però, la llum natural que incideix en el pla horitzontal de treball, decreix ràpidament com més distància hi ha de les finestres, per això, existeixen dispositius capaços de reflectir aquesta llum directa cap a zones més interiors de l'edifici, com és el cas dels conductes de llum. Així que, la profunditat de penetració depèn de les dimensions de les finestres, del tipus de vidre, o de la línia de cel exterior.

Segons el document del Institut Català de l'Energia (ICAEN), "Eficiència Energètica en Edificis", pel cas d'edificis d'oficines, que és el cas que ens ocupa, s'han fet estudis que demostren que en la majoria d'instal·lacions, s'estima que durant la major part de l'any, la llum natural pot substituir l'enllumenat artificial fins a una distància de 4m des de les finestres. Per tant, mitjançant la commutació de l'enllumenat artificial, en funció de la llum natural disponible es poden aconseguir estalvis d'energia i costos. Per exemple, si es suposa l'automatització del funcionament de persianes venecianes i aparells de llum artificial, es pot arribar a estalvis energètics de fins a un 70% respecte a un sistema convencional de protecció solar, (veure *Annex M*).

Les persianes venecianes estan dividides en dues parts, una part superior i una altra inferior, i tenen la possibilitat de deixar les làmines de les dues parts en diferents angles d'inclinació.



Aquesta petita però important modificació respecte una persiana veneciana convencional permet tancar completament la part inferior de la persiana per obtenir una màxima protecció contra enlluernament (d'especial importància a les oficines) i protecció contra sobreescalfament, i al mateix temps, la reflexió de la llum natural al sostre del local.

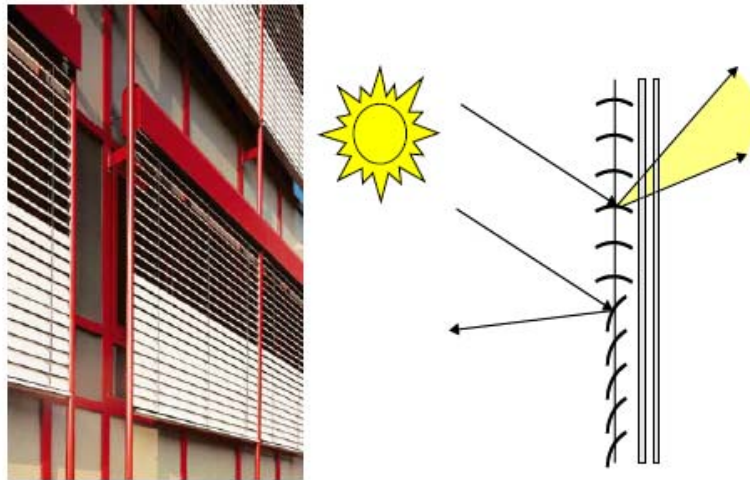


Figura 5.16.: Sistemes de persianes venecianes amb transportador de llum natural, exterior o interior, segons [9].

Hi ha versions més econòmiques d'aquestes persianes, on els angles d'inclinació d'ambdues parts de la persiana només es poden modificar conjuntament. En les versions més confortables, ambdues parts són independents i regulables per motors de tal manera que la protecció contra l'enlluernament i l'aportació de llum natural poden ser regulables totalment, independentment l'una de l'altra. Així, en aquest últim cas, es poden usar per ser programades a un sistema de gestió d'edificis, (SGE), i juntament amb sensors de llum fer la regulació pertinent per aprofitar al màxim la llum natural.

Un altre mètode per evitar l'enlluernament a part de les persianes, és mitjançant la utilització de vidres tintats de baixa transmitància, reixetes o mampares. Però també es necessita que l'enllumenat elèctric a la zona adjacent a la llum natural sigui incrementat de nivell, amb l'objectiu de compensar l'alta luminància de les finestres.

5.2.2.2. Enllumenat general i local

En general, qualsevol producció de llum prové de l'emissió de radiació electromagnètica en l'espectre visible, provocada pels electrons de la capa exterior dels àtoms o les molècules, al passar els mateixos d'un nivell d'energia superior a un nivell d'energia inferior. La freqüència o la longitud d'ona de la radiació emesa depèn de la diferència entre aquestes dos energies, segons la llei de Planck [12].



Per tant, es parla d'enllumenat a l'acció d'enlluernar amb llum artificial una sala o recinte, aquesta acció es pot fer de dues maneres, amb un enllumenat general, on s'enlluerna el recinte global utilitzant lluminàries col·locades al sostre o a les parets i proporcionant llum artificial a tota la sala. O bé, amb enllumenat local, on s'enlluerna un punt concret del recinte, consisteix en la col·locació de làmpades de sobretaula o lluminàries de paret que focalitzen tota la il·luminació en una zona determinada de la sala. Per tant, en quan a la disposició i ubicació de les lluminàries, hom té tres opcions bàsiques per l'enllumenat d'oficines:

1. Enllumenat general, proporcionat per una distribució regular de lluminàries
2. Enllumenat general localitzat, proporcionat per una distribució irregular de les lluminàries en relació als llocs de treball
3. Enllumenat general més enllumenat local, en el que es complementa un nivell d'enllumenat general amb lluminàries en els llocs de treball.

Si es tenen en compte les funcions de l'enllumenat d'oficines és evident que il·luminar només la tasca visual no és suficient. Segons la "guia d'eficiència en il·luminació en oficines" de l'IDAE, això s'ha fet evident experimentalment al comprovar que almenys el 50% de l'enllumenat del lloc de treball (amb un nivell mínim de 500lux) té que ser proporcionada per l'enllumenat general a fi de mantenir un correcte equilibri entre la luminància de la zona de treball i la corresponent al entorn global.

S'entén, doncs, que l'enllumenat general de baix nivell, el que s'obté mitjançant una disposició regular de lluminàries, haurà d'anar acompanyat de l'enllumenat local del lloc de treball per aconseguir que el treballador realitzi les tasques confortablement.

D'altres consideracions que s'han de tenir pel que fa a l'enllumenat del lloc de treball, són; per exemple, quan s'utilitzin llums de sobretaula, aquests hauran de llençar la llum perpendicularment en la direcció principal de visió a fi d'evitar reflexions en la tasca; o bé, els treballadors dretans, la llum haurà de provenir pel costat esquerra, en canvi, haurà de provenir per la dreta pels esquerrans, a fi d'evitar que, quan es realitzen tasques d'escriptura, siguin les seves pròpies mans les que proporcionin ombres molestes.

5.2.2.3. Tipus de làmpades i llumeneres

Amb l'objectiu d'escollir una il·luminació que s'adapti a les necessitats dels usuaris en un edifici d'oficines es presenta, a continuació, tota una sèrie de magnituds que caracteritzen les fonts lluminoses. A la taula 5.17 es poden veure les característiques de les làmpades més idònies per la il·luminació general, localitzada i decorativa.



Tipus de làmpada	Rang de potència (W)	lm/W	Vida útil mitjana (h)	Aplicació
Incandescents, halògenes de baixa tensió	5-100	10-25	2.000-3.500	Decorativa
Tubs fluorescents (T8) de 26mm de diàmetre	18-58	65-96	8.000-16.000	General
Tubs fluorescents (T5) de 16mm de diàmetre	14-80	80-105	12.000-16.000	General
Fluorescent compacte (TC o TC-L)	5-55	60-85	8.000-12.000	General, decorativa
Halogenurs metàl·lics (HM ó CDM)	35-3500	70-93	6.000-10.000	General Localitzada
Inducció	55/85/160	64-71	60.000	General

Taula 5.17.: Tipus de làmpades, eficiència i aplicació, segons [4].

Per l'ús d'oficines es recomana instal·lar làmpades fluorescents, que emeten llum a tres bandes relativament estretes, aconseguint d'aquesta manera una eficiència molt major que les estàndards i a la vegada una major vida útil, degut a que la depreciació del flux de la làmpada al llarg de la seva vida és menor que en el cas de les estàndard. (avui dia s'utilitzen, làmpades T5 o T8 o TC).

Les làmpades de descàrrega, són ideals quan es tracta de realitzar enllumenat indirecta, o quan es té espais molt alts com pot ser un Hall o una caixa d'escapes. També es poden utilitzar quan desitgem destacar algun element decoratiu com columnes, quadres, arcs, ...És important tenir en compte que aquest tipus de làmpades necessiten un temps d'encesa i reencesa que pot variar entre 5 i 15min. Per tant, no s'haurà de realitzar una instal·lació en la que només estigui present aquest tipus de font lluminosa.

Respecte a les làmpades halògenes i incandescents, encara que la seva eficiència estigui lluny de ser ideal per una bona gestió energètica, pot constituir una ajuda inigualable quan es tracta de decorar sales de reunions on s'ha de deixar joc amb regulació. El fet que al regular aquest tipus de làmpades, no només varií el seu flux sinó que també la seva temperatura de color fa que siguin les adequades per crear diferents atmosferes en les sales de reunions. També poden constituir una ajuda amb elements decoratius, quan desitgem que l'ambient de l'oficina no quedi massa monòton.



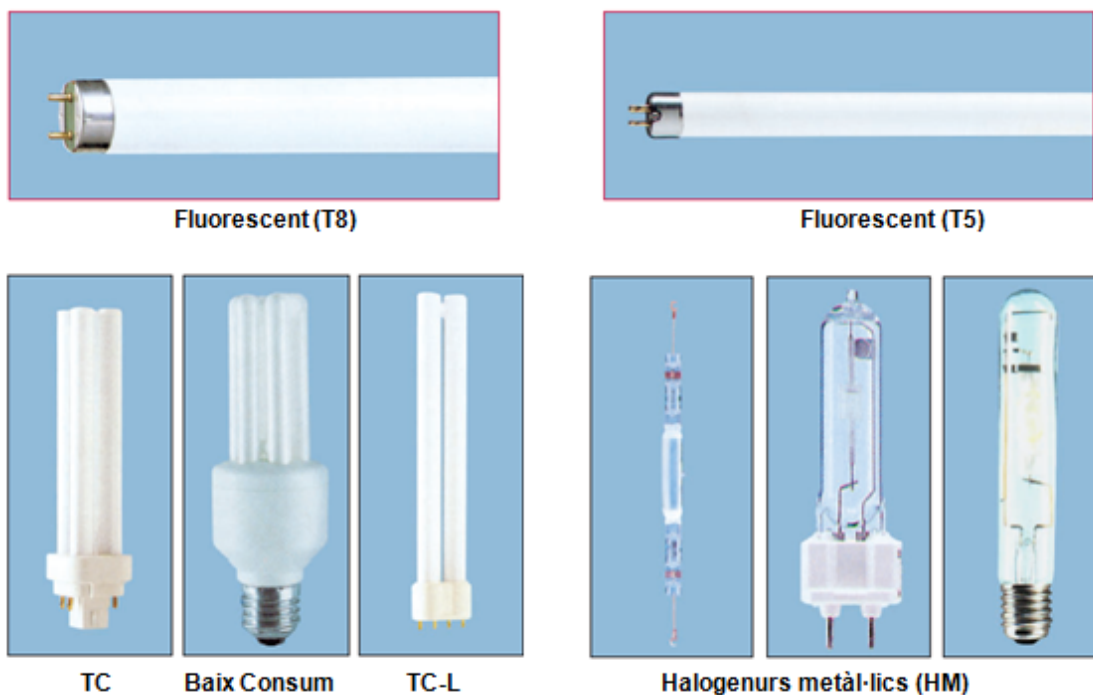


Figura 5.17.: Llàmpades T8, T5, TC, Baix Consum TC-L i halogenurs metàl·lics (HM), segons [22].

Per últim, destacar la llarga vida que tenen les làmpades d'inducció (60.000 hores) en aquells espais d'oficines on és difícil l'accés per la reposició de les làmpades (una entrada amb un sostre molt alt o una escala complicada) aquestes làmpades tenen l'avantatge de repostatge llarg.

Pel cas de sobretaula, s'acostuma a utilitzar làmpades PL, (PL-T, PL-C, PL-S ó PL-L) Les variacions de potències en aquestes làmpades oscil·len entre els 5W (250lm) o els 55W (4800lm).

Tanmateix, si es busquen les làmpades d'alta eficiència, també serà necessari la utilització de llumeneres d'alt rendiment. Per a més informació veure *Annex N*.

5.2.2.4. Color de les Il·luminàries

Les persones responen al color que veuen al seu voltant. És per això, que en aquelles oficines on els treballadors estan exposats a un determinat ambient durant llargs períodes, el color d'aquest ambient pot influir en el seu rendiment i és segur que té algun aspecte sobre el grau de satisfacció visual experimentat.

L'esquema de color d'una oficina, és a dir, els colors dels mobles , les pintures dels sostres i les parets, es veu influenciat per les característiques de color de les fonts de llum utilitzades.



Es distingeixen dos importants aspectes de les propietats cromàtiques de les fonts de llum:

1. *L'aparença de color d'una font de llum o temperatura de color (k)*, és la impressió de color rebuda quan mirem a la pròpia llum.
2. *El rendiment de color de les fonts de llum*, és la capacitat de la llum per reproduir amb fidelitat els colors dels objectes que il·lumina.

Tant l'aparença de color, com el rendiment en color d'una font de llum són completament dependents de la distribució espectral de la llum emesa.

Una indicació de l'aparença de color es pot obtenir a partir de la seva temperatura de color. Quan més baixa sigui la temperatura de color, més "càlida" serà la llum, i quan més alta sigui, més blavosa o "freda" serà la llum que ens proporcioni aquella font.

Índex de reproducció cromàtica (Ra)	Grup de Rendiment de color	Càlid < 3.300 K	Neutre 3.300-5.000 K	Fred > 5.000 K
Excel·lent 90-100	1A	Halògenes, Fluorescents lineals i compactes	Fluorescents lineals i compactes.	Fluorescents lineals i compactes.
Bo 80-90	2A	Fluorescents lineals i compactes	Fluorescents lineals i compactes, halogenurs i inducció	
Raonable 70-80	1B	Halogenurs metàl·lics	Halogenurs metàl·lics	Halogenurs metàl·lics
Dolent < 70	2B	Mercuri o sodi	Mercuri	

Taula 5.18.: Paràmetres recomanats per la selecció de làmpades segons criteris de color, segons [3].

Per tant, s'utilitzaran tons càlids en sales de reunions o en sales d'espera, i tons neutres a llocs amb una important aportació de llum com una oficina amb tasques visuals de requeriments mitjos, i els tons freds en llocs amb alts nivells d'il·luminació on la tasca visual sigui d'alta concentració. Per tant, els passos a seguir per seleccionar la làmpada més adequada per cada dependència seran:

1. Seleccionar aquella làmpada que compleixi els paràmetres, to de llum o temperatura cromàtica de color (k) i índex de reproducció cromàtica (Ra).
2. D'aquells tipus de làmpades que compleixin la condició anterior, seleccionar la de major eficiència, és a dir, la que tingui un valor major del paràmetre de lúmens per Watt.
3. Seleccionar la làmpada amb major vida mitja, mesurada en hores.



5.2.2.5. Selectivitat de la instal·lació

Amb la finalitat d'aconseguir el millor aprofitament de l'energia consumida en un edifici d'oficines, la instal·lació d'enllumenat s'ha de projectar de manera que es puguin realitzar fàcilment apagades parcials, ja sigui per aprofitar la llum natural, o per ajustar els punts de llum en funcionament a les necessitats del moment. Amb aquest objectiu és aconsellable el fraccionament de la maniobra dels diferents circuits d'un mateix local, mitjançant interruptors que fomentin la zonificació dels circuits.

És important que les lluminàries estiguin connectades a varis circuits, per exemple, separant els que es trobin pròxims a les finestres que disposin de llum natural, de tal manera que permeti controlar l'encesa d'aquestes de forma independent de la resta de lluminàries.

5.2.2.6. Sistemes de Regulació i Control en il·luminació

Els sistemes de control redueixen els consums energètics i de manteniment de la instal·lació i incrementen la flexibilitat del sistema a permetre enceses o apagades selectives i a regular les lluminàries segons el tipus d'activitat a realitzar.

En determinats tipus d'oficines, com pot ser el tipus reunió o el tipus club, resulta imprescindible disposar de sistemes de regulació i control d'il·luminació que s'ajustin a cada situació. És, per tant, aconsellable estendre aquests sistemes a la resta de tipologies d'oficines.

Es distingeixen quatre tipus fonamentals de sistemes de regulació i control:






- Regulació de la il·luminació artificial segons aportació de llum natural per finestres, vitralls, lucernaris o claraboies.
- Control de l'encesa i apagada segons presència en la sala.
- Regulació i control sota demanda de l'usuari.
- Regulació i control per un sistema centralitzat de gestió (BMS)

Tots aquests sistemes apaguen, encenen i regulen detectors de moviment i presència, cel·les de nivell per la llum natural o calendaris i horaris preestablerts, per tant, la utilització d'aquestes tècniques és molt aconsellable.

D'altra banda, aquests sistemes hauran d'anar acompanyats d'altres pràctiques d'ús habitual pels usuaris, com l'apagada de l'enllumenat artificial quan l'espai a il·luminar no estigui



ocupat, o bé, fent un bon ús de la llum natural, per reduir els nivells de la llum artificial quan sigui possible.

SISTEMES DE REGULACIÓ I CONTROL				
DETECTORS DE PRESENCIA (Segons estan connectats a sistemes d'il·luminació, sirenas o qualsevol altre mecanisme l'activen al detectar presència)	DETECTOR DE PROXIMITAT 14106	Interrupctor amb detector per la connexió o desconnexió de qualsevol dispositiu elèctric. Inclou la possibilitat de regular el temps d'encesa i la calibració de connexió depenent de la quantitat de llum ambiental		CARACTERÍSTIQUES TÈCNiques Abast de detecció: 12m Angle de detecció: 140° Temps connexió: de 10s a 10min Rang de llum: de 30 lux a 2000 lux Potència màxima: 1000W halògens; 200W fluorescència Tensió de connexió: 230V/50Hz Color: Blanc
	INTERRUPTOR DETECTOR 14110	Interrupctor amb detector per la connexió o desconnexió de qualsevol dispositiu elèctric. Inclou la possibilitat de regular el temps d'encesa i la calibració de connexió depenent de la quantitat de llum ambiental.		CARACTERÍSTIQUES TÈCNiques Abast de detecció: 9m Angle de detecció: 110° Temps connexió: de 4s a 12min Rang de llum: de 30 lux a 2000 lux Potència màxima: 300W halògens Tensió de connexió: 240V/50Hz Color: Blanc
	DETECTOR DE PRESENCIA DE 180° 14120	Aquest detector de moviment de funcionament per infrarojos pot connectar automàticament un sistema d'il·luminació, una alarma o qualsevol altre dispositiu que se l'hi connecti, conseguint així major confort, seguretat i estalvi energètic. Inclou la possibilitat de regular el temps d'encesa i de calibrar la connexió depenent de la quantitat de llum ambiental		CARACTERÍSTIQUES TÈCNiques Abast de detecció: 12m Angle de detecció: 180° Temps connexió: de 10s a 4min Rang de llum: de 30 lux a 2000 lux Potència màxima: 1000W halògens; 300W fluorescència Tensió de connexió: 250V/50Hz Color: Blanc
	DETECTOR DE PRESENCIA SOSTRE DE 360° 14121	Aquest detector de moviment de funcionament per infrarojos pot connectar automàticament un sistema d'il·luminació, una alarma o qualsevol altre dispositiu que se l'hi connecti, conseguint així major confort, seguretat i estalvi energètic. Inclou la possibilitat de regular el temps d'encesa i de calibrar la connexió depenent de la quantitat de llum ambiental		CARACTERÍSTIQUES TÈCNiques Abast de detecció: 10m Angle de detecció: 360° Temps connexió: de 10s a 4min Rang de llum: de 30 lux a 2000 lux Potència màxima: 1000W halògens; 200W fluorescència Tensió de connexió: 230V/50Hz Color: Blanc
INTERRUPTORS DETECTORS (Instal·lats en lloc dels mecanismes convencionals encenen automàticament les llums al nostre pas)	INTERRUPTOR CREPUSCULAR 14123	Interrupctor amb detector per la connexió o desconnexió de qualsevol dispositiu elèctric. Inclou la possibilitat de regular el temps d'encesa i la calibració de connexió depenent de la quantitat de llum ambiental		CARACTERÍSTIQUES TÈCNiques Rang de llum: de 5 lux a 300 lux Potència màxima: 500W halògens; 250W fluorescència Tensió de connexió: 240V/50Hz Color: Blanc

Taula 5.19.: Sistemes de regulació i control en il·luminació.

Els detectors de presència són els responsables d'activar o desactivar automàticament el mecanisme elèctric al que estan connectats, en funció de si existeix presència o no. A la taula 5.19, s'agrupen alguns exemples de detectors que es poden trobar en el mercat.

A continuació s'explica un exemple de gestió d'un sistema de regulació i control, en un edifici d'oficines, que es va dur a terme a una empresa suïssa.



5.2.3. Exemple : Edifici d'oficines "Grafaneu" en la ciutat suïssa de Zug

L'empresa **LUXMATE** ha realitzat la comparativa de les necessitats energètiques d'un sistema d'il·luminació convencional en comparació amb un sistema de gestió d'il·luminació regulat en funció de la llum diürna. S'han instal·lat ambdues alternatives en seccions diferents de l'edifici per així comparar els resultats d'ambdues alhora. I s'han pres mesures durant tres mesos, on cada mes pertany a una estació de l'any diferent, desembre (*hivern*), agost (*estiu*) i, octubre (*tardor*). S'analitza el consum d'energia durant les hores de treball en funció de la radiació solar total diürna.

A la figura 5.18 s'observa que el consum d'energia del sistema regulat és clarament inferior al sistema convencional en tota la zona que rep radiació solar durant els tres períodes de medició. Aquest fet es deu principalment a que el sistema de regulació en funció de la llum diürna de la instal·lació està limitat a un consum màxim de corrent (gràcies a un nivell d'il·luminació ajustat de regulació) i pel mode de regulació en funció de la llum diürna del sistema Luxmate.

Durant les mesures preses en el mes d'estiu, la disciplina de desconnexió en el sistema convencional és clarament més pronunciada que durant els altres períodes de mesura.

La distribució de la potència d'il·luminació per zones és la següent:

- Durant la medició presa a l'estiu en el sistema d'il·luminació convencional, només s'observa una disminució de la potència en la zona que rep directament la llum diürna segons augmenta la radiació solar. La resta de zones no mostren cap variació.
- El sistema d'il·luminació en funció de la llum diürna mostra clarament una dependència de la radiació solar en totes les zones (tant internes com externes). Això indica un bon funcionament de la regulació.

Aquestes mesures han demostrat que amb la integració d'un sistema de regulació d'il·luminació en funció de la llum diürna es pot obtenir un estalvi significatiu en el consum d'electricitat. Segons [14], en comparació amb el sistema d'il·luminació convencional i, durant els tres períodes de mesura s'han obtingut els següents estalvis: a l'hivern, fins a un 40%; a l'estiu, fins a un 75% i; a la tardor, fins a un 70%.

Pel que fa al sistema d'il·luminació convencional, aquest està dividit en grups de lluminàries que l'usuari pot connectar i desconnectar amb interruptors convencionals. Aquest sistema està equipat amb balastos electrònics.



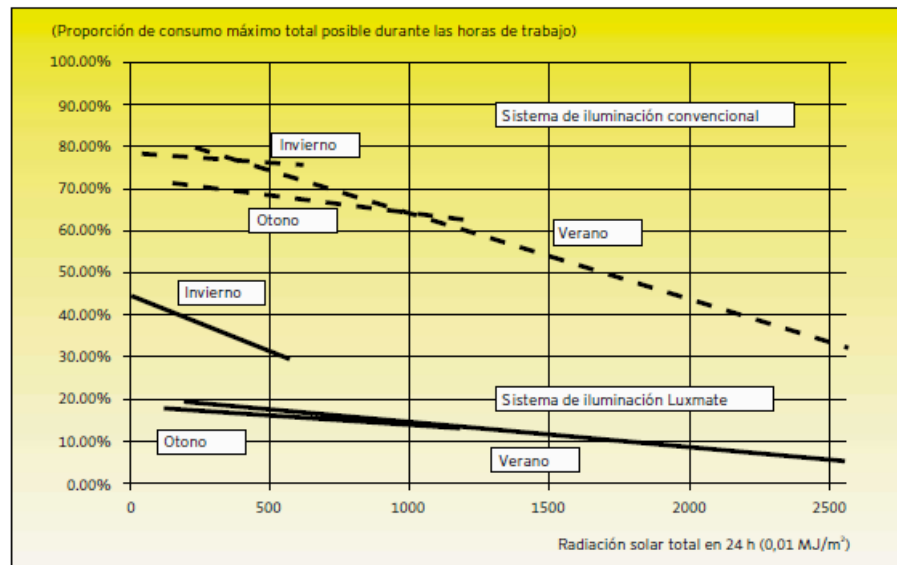


Figura 5.18.: Consum d'energia durant les hores de treball. Visió general durant els tres períodes de mesurament.

I pel cas, del sistema d'il·luminació en funció de la llum diürna Luxmate, el sistema realitza principalment les dos funcions següents:

- La il·luminació es regula en funció de la lluminositat exterior. La intensitat de la il·luminació de la llum artificial es pot modificar en 255 passos logarítmics, amb un marge entre 1 i 100% del consum d'energia elèctrica.
- La intensitat de la il·luminació màxima possible es pot regular. A les habitacions on s'ha realitzat les mesures, aquest valor màxim s'ha ajustat aproximadament al 80%. El factor que es regula és l'energia elèctrica.

La connexió o desconnexió dels grups de lluminàries individuals es realitza manualment, sense un sistema de desconnexió automàtic.

La atenuació de les llums es realitza mitjançant llums fluorescents amb balastos electrònics digitals especials, els quals s'hi connecta un mòdul de control. Aquest mòdul es controla a través d'una línia de Bus.

A les habitacions examinades, les llums fluorescents utilitzen aproximadament un 85% de l'electricitat total requerida. Les làmpades halògenes utilitzen un 10% i les làmpades fluorescents compactes utilitzen la resta.

La lluminositat exterior es mesura mitjançant un sensor de llum diürna situat en el punt més alt de l'edifici. La informació sobre la llum diürna es transmet a un processador, que



transforma les senyals i les envia al Bus. El control general de les lluminàries es realitza a través d'aquest processador.

L'edifici Grafenau és un edifici d'oficines on la llum està quasi sempre encesa durant les hores de treball, les mesures es centren principalment en el consum d'energia per les hores de treball. Sabent que les hores de treball són entre les 7:00h i les 18:00h i que els valors de consum nocturn estan fora de l'abast d'aquest projecte.

Les mesures han demostrat que la integració d'un sistema d'il·luminació en funció de la llum diürna suposa un estalvi potencial significatiu d'electricitat:

Mesura a l'hivern → **aprox.40%**

En el mes d'hivern, la demanda d'energia, en el sistema d'il·luminació en funció de la llum diürna, disminueix a mesura que augmenta la radiació solar. Això s'atribueix a que el sistema d'il·luminació delimita el consum de corrent màxim i a més redueix la intensitat de la llum segons la intensitat de la llum exterior.

Mesura a l'estiu → **aprox.75%**

A l'estiu, els dos sistemes tenen un menor consum respecte a l'hivern. La disciplina de desconexió és, en aquests dies en els que hi ha una major claredat, clarament més pronunciada que a l'hivern.

Mesura a la tardor → **aprox.70%**

A la tardor, la medició mostra una figura similar a la mesura d'estiu. El consum més baix respecte a les mesures d'estiu s'ha d'atribuir en part a les diferents condicions atmosfèriques. Els primers dies dels mesos d'octubre i novembre van ser molt solejats, mentre que els últims dies d'agost i setembre van ser plujosos.

5.2.4. Exemple : Cas pràctic de projecte de rehabilitació : Oficina diàfana

Es tracta de rehabilitar una oficina diàfana, que disposa de les següent característiques:

→Oficina diàfana de 360 m², amb gran contribució de la llum natural degut a les finestres.

→Dimensions: Longitud 30 m; Amplitud 12m; Altura 2,7m

→Factors de reflexió: Sostres: 0,5; Paret: 0,3; Terra: 0,2. Es consideren aquests factors de reflexió ja que es tracta d'una sala d'oficines amb vitralls en dos dels seus laterals i, amb una combinació de mobiliari de grisos i de fusta clara.



→La oficina actual està il·luminada per 84 lluminàries adossades amb 2 làmpades fluorescents lineals de 40W, flux inicial de 3000 lúmens, equip format per 2 balastos de 40W amb pèrdues de 8W cadascun. Aquest fet provoca que hi hagi un baix nivell d'iluminància en el pla de treball, els treballadors necessiten un esforç major per realitzar les tasques. També, En alguna de les lluminàries en que s'ha arribat al final de la vida útil dels tubs, comença el molest intent d'encesa de les làmpades sense aconseguir-ho.

La reforma a realitza és la següent:

→Davant la necessitat de substituir les làmpades degut al final de la seva vida útil, es proposa també un canvi de lluminària que proporcioni major confort visual, un major repartiment del flux que ens permeti reduir la potència instal·lada per punt de llum i a la seva vegada el nombre total de lluminàries.

→Degut que es procedirà a un canvi de teulada i pintura de parets, inicialment tindrem un nivell d'il·luminació superior al que s'arribarà passat el primer any de vida de la instal·lació. Es proposa per tant instal·lar una fotocèl·lula que permeti realitzar una regulació durant el temps que, bé per la joventut del sistema o bé per la contribució de llum natural, sobrepassem el nivell de 500 lux establerts per aquesta oficina. Aquesta combinació amb un balast de regulació, la fotocèl·lula afegeix la capacitat de regulació automàtica de lluminàries en funció de la llum solar.

→Es projecta el canvi amb una lluminària prevista de 2 làmpades fluorescents T5 de 28W amb equip electrònic i amb una òptica d'alta qualitat que permeti treballar sense enlluernaments a les pantalles dels ordenadors. Es realitzen els càlculs amb un factor de manteniment de 0,85.

RESUM DE LA REFORMA: OFICINA DIÀFANA		
	ACTUAL	PROPOSTA
Lluminàries	84 lluminàries de 2x40W	51 lluminàries de 2x28W amb balasto electrònic amb regulació i òptica d'alta qualitat
Sistema de regulació amb la llum natural	NO	SI, mitjançant fotocèl·lula
Lluminància	325 lux	600 lux
IEE	6.9	1.6
Potència total instal·lada	8.064W (làmpada + equip)	3.315W
Hores d'utilització	2.800 hores/any	2.800 hores/any
Consum d'energia	22.579kWh/any	9.282 kWh/any
Altres consideracions	Reflexos molestos a les pantalles dels ordenadors	No hi ha enlluernaments a les pantalles
Estalvi anual d'energia + manteniment	1.800 €	
Cost de reforma	11.540 €	

Taula 5.20.: Resum de la reforma de la Oficina diàfana, segons [4].



5.2.5. Exemple: Cas pràctic de projecte de rehabilitació : Despatx individual

Es tracta de rehabilitar un despatx individual, que disposa de les següent característiques:

→Oficina petita de 19,5 m², amb gran contribució de la llum natural degut a les finestres.

→Dimensions: Longitud 5,4 m; Amplitud 3,6m; Altura 2,7m

→Factors de reflexió: Sostres: 0,5; Paret: 0,3; Terra: 0,1. Es consideren aquests factors de reflexió ja que es tracta d'una oficina petita amb la paret dreta amb vitralls i, amb una combinació de mobiliari de grisos i de fusta clara. Les parets són de colors clars i, el terra de moqueta gris.

→El despatx actual està il·luminat per 4 lluminàries adossades amb 4 làmpades fluorescents lineals de 18W, flux inicial de 1350 lúmens, equip convencional amb una potència total per lluminària de 85,4W.

La reforma a realitza és la següent:

→Davant la necessitat de substituir les làmpades degut al final de la seva vida útil, es proposa també un canvi de lluminària que proporcioni major confort visual, un major repartiment del flux que ens permeti reduir la potència instal·lada. P

→Es projecta el canvi amb una lluminària prevista de 4 làmpades fluorescents T5 de 14W amb equip electrònic i amb una òptica d'alta qualitat que permeti treballar sense enlluernaments a les pantalles dels ordenadors. Es realitzen els càlculs amb un factor de manteniment de 0,85.

FUNCIONAMENT AMB DETECTOR DE MOVIMENT I CÈL·LULA FOTOELÈCTRICA	
Estalvi energètic superior al 25% (4h sense il·luminació sobre les 12h actuals d'il·luminació)	
SITUACIÓ 1	SITUACIÓ 2
Entrada a la oficina a una hora en que la llum és insuficient	Entrada a la oficina a una hora en que la llum és suficient
El sensor està en mode de funcionament normal i encén els llums, que es mantindran enceses mentre el sensor detecti moviment i no hagi transcorregut el temps de desconexió, encara que la llum diürna sobrepassi el nivell lumínic desitjat. La unitat apaga els llums quan deixa de detectar moviment i ha transcorregut el temps de desconexió	Si el valor del sensor de llum diürna està activat, les llums seguiran apagades fins que el nivell d'il·luminació quedi per sota del desitjat. Si la unitat continua detectant presència en aquest moment, encendrà les llums automàticament.

Taula 5.21.: Funcionament amb detector de moviment i cèl·lula fotoelèctrica en un despatx individual, segons [4].



→Instal·lar un commutador per detecció de moviments, d'aquesta manera, s'aconseguirà un sistema flexible dissenyat per aportar solucions d'estalvi d'energia. Així, quan una persona hagi abandonat l'oficina, les llums s'apagaran automàticament al final d'un temps programat en el equip, i que pot variar entre 5 i 35 minuts. A més a més, es disposa d'una cèl·lula fotoelèctrica, que inutilitza automàticament el detector si en el moment de la detecció hi ha més llum que la indicada pel sistema de referència de l'equip.

→Instal·lant el detector de moviment i la cèl·lula fotoelèctrica, s'aconsegueix un estalvi energètic superior al 25%, (4h sense il·luminació sobre les 12h actuals d'il·luminació), considerant les situacions de funcionament de la taula 5.24..

RESUM DE LA REFORMA: DESPATX INDIVIDUAL		
	ACTUAL	PROPOSTA
Lluminàries	4 lluminàries de 4x18W	4 lluminàries de 4x14W amb balasto electrònic amb regulació i òptica d'alta qualitat
Sistema de regulació amb la llum natural i moviment	NO	SI
Lluminància	270 lux	587 lux
IEE	6.5	2.3
Potència total instal·lada	341,6W (làmpada + equip)	264 W
Hores d'utilització	2.800 hores/any	2.800 hores/any
Consum d'energia	956 kWh/any	739 kWh/any
Altres consideracions	Reflexos molestos a les pantalles dels ordenadors	No hi ha enlluernaments a les pantalles
Estalvi anual d'energia + manteniment	65 €	
Cost de reforma	866 €	

Taula 5.22.: Resum de la reforma per un despatx individual, segons [4].





6. APLICACIÓ DE BONES PRÀCTIQUES EN UN EDIFICI D'OFICINES

6.1. Definició de l'edifici d'oficines objecte

En els apartats que a continuació es presenten, es realitzarà un estudi pràctic sobre un model típic que concorda a la perfecció amb els paràmetres característics d'un edifici d'oficines.

6.1.1. Localització

L'edifici d'estudi es localitzarà a la ciutat de Barcelona, degut a que el present projecte s'ha dut a terme per una estudiant de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona (ETSEIB) impartida per la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC) ubicada a la mateixa ciutat, hom ha escollit aquesta ubicació per fer més real i propera tant la simulació climàtica com lumínica que es durà a terme en aquesta part del present document.

La ciutat de Barcelona és una ciutat mediterrània que es troba situada al nord-est de la Península Ibèrica i presenta unes coordenades de latitud $41,23^\circ$ i longitud $2,11^\circ$; i es troba situada a una altura sobre el nivell del mar de 12,5m des de la Plaça de Catalunya.



Figura 6.1.: Situació de la ciutat de Barcelona en un mapa polític d'Espanya. Font: [22].

Alhora de desenvolupar les simulacions pertinents en el present projecte no caldrà definir una ubicació exacta de l'edifici a la ciutat de Barcelona, ja que els programes informàtics Dialux 4.7 i eQUEST 2.55 que s'utilitzen no requereixen valors de localització tan precisos.



Per tant, amb la latitud, la longitud i l'altura de l'emplaçament ja es tenen dades suficients per a realitzar l'estudi.

6.1.2. Climatologia

El clima mediterrani es caracteritza pels seus hiverns suaus i els seus estius relativament calorosos i amb un alt grau d'humitat. Per tant, com que la ciutat de Barcelona està afectada per aquest clima, a la vegada es veurà afectada per aquestes condicions climàtiques.

La temperatura mitjana anual és de 17,06°C i presenta una precipitació mitjana anual de 511,05mm repartits en 81 dies i amb una humitat relativa al voltant del 64,2%, segons les dades determinades pel Servei meteorològic de Catalunya [5]. Veure l'*Annex O*.

6.1.3. Característiques generals de l'edifici

Per realitzar el present estudi s'ha dissenyat un edifici d'oficines amb una planta quadrada de 36 m de costat, el que suposa una superfície per planta de 1296 m². L'edifici consta de 10 plantes de 3 metres d'alçada lliure cadascuna d'elles; per tant, l'altura total de l'edifici és de 30 metres.

Per fer l'estudi en detall del comportament de la climatització i la instal·lació lumínica s'han considerat les plantes totalment diàfanos, només es presenta un espai no transitable al centre de la sala, on s'ubica el pas dels ascensors entre plantes, de tal manera que la resta d'espai és lliure d'envans.

A la figura 6.2 es pot observar la vista en planta de l'edifici amb les orientacions i dimensions corresponents. A l'esquema s'hi representa el pas dels ascensors com un espai quadrat al centre de la planta de 12m de costat, és a dir amb una superfície de 144m².

6.1.4. Orientacions de l'edifici

Per facilitar la ubicació de l'edifici en els programes de simulació que s'utilitzaran, és imprescindible que es determinin les orientacions de cada façana de l'edifici, ja que el factor extern d'aportació de llum solar diürna s'haurà de tenir en compte en el moment de realitzar les simulacions en els programes de climatització i d'il·luminació.

Per tant, es determina que l'edifici d'estudi, té cadascuna de les façanes orientades a un dels punts cardinals principals (façana nord, sud, est i oest).

A la figura 6.2 es determinen les orientacions dels punts cardinals i s'observa la mostra en planta de l'edifici, amb les indicacions d'orientació corresponents per cada façana.



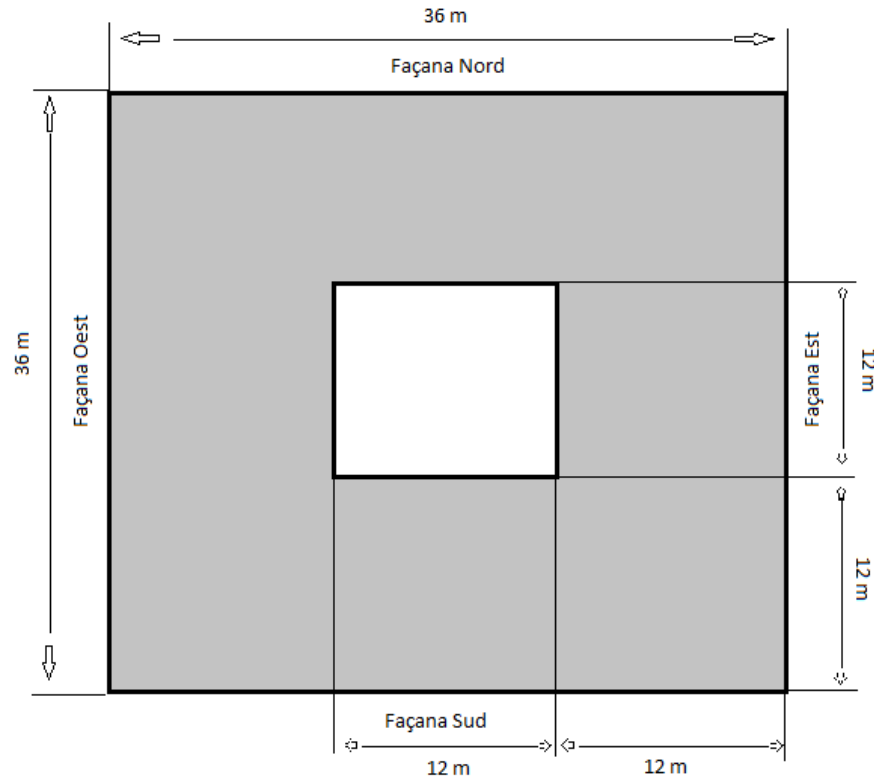


Figura 6.2.: Vista en planta de l'edifici d'estudi.

6.2. Estudi lumínic de l'edifici

6.2.1. Sistema a estudiar

Com ja s'ha comentat en l'apartat de làmpades, pel cas d'oficines es recomana instal·lar làmpades del tipus T5 o T8 o TC, tot i que també s'acostumen a usar, làmpades halògenes. Les làmpades fluorescents emeten llum a tres bandes relativament estretes, aconseguint d'aquesta manera una eficiència molt major que les estàndards i a la vegada una major vida útil.

Per dur a terme la simulació lumínica s'utilitza una làmpada d'alta eficiència i una d'altra de menys eficient. El que es pretén és determinar la solució que s'adapti a les necessitats lumíniques de l'edifici objecte, tenint en compte que segons normativa vigent, la mínima intensitat lumínica en un edifici d'oficines és de 500lux.

S'exposen 4 simulacions, de les quals 3 d'elles són per escollir la millor làmpada amb una distribució uniforme. La quarta simulació, és de valor afegit a una distribució habitual, on es justifica una solució de gestió energètica més òptima que pel cas d'una distribució uniforme.



6.2.2. Introducció de les dades en la simulació

Per a la realització de la simulació d'il·luminació, s'escull un dels programes més usats habitualment per estudis lumínics en edificis, el DIALux 4.7, que permet realitzar tot tipus de simulacions, tant interiors a les plantes com exteriors a l'edifici. S'ha aconseguit gratuïtament per la xarxa, ja que es tracta d'un software lliure. És una eina que permet calcular la contribució de la llum solar en funció de l'època de l'any i de les hores del dia, permetent, com veurem més endavant, designar el nombre de línies i lluminàries per a cada planta.

A l'hora de realitzar el present estudi es dissenya un edifici d'oficines amb una planta quadrada de 36m de costat, el que suposa una superfície per planta de 1.296 m². S'escull aquesta superfície aleatòriament, ja que aquesta dada no intervé negativament en el càlcul de la intensitat lumínica de l'edifici.

L'edifici està situat a la ciutat de Barcelona, a una Longitud de 2,11° i a una Latitud de 41,23°, i consta de 10 plantes de 3m d'alçada lliure cadascuna d'elles; per tant, l'alçada total de l'edifici és de 30m.

Com que l'edifici d'estudi és una oficina, es determina que les taules es troben a una alçada mitjana de 0,75m de la superfície del terra, per tant, es considera un pla útil de visió a 0,75m del terra. A la figura 6.3. s'observa el pla útil introduït en el programa DIALux 4.7.

Les superfícies del terra, del sostre i de les parets no requereixen especificacions concretes, és per això que s'escull l'opció de superfícies estàndards, tot i que com a línia de futur es podria modificar les dades del present projecte per estudiar els resultats que s'obtidrien en el cas d'introduir rugositats a les parets i diferents tonalitats de color.

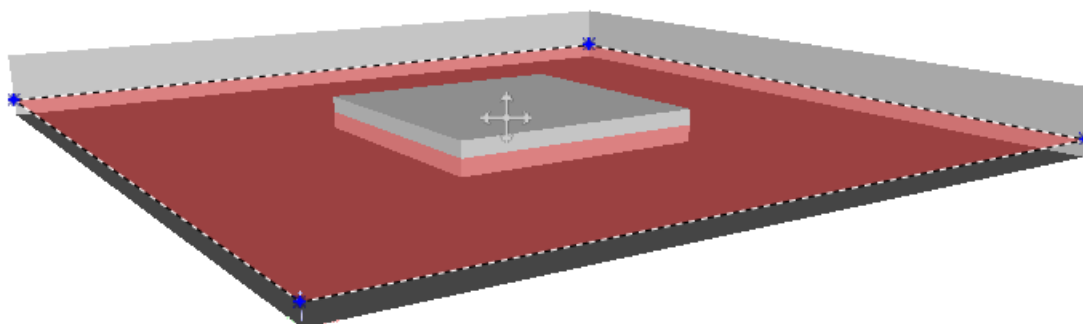


Figura 6.3.: Pla útil on s'ubica la zona de treball , a 0.75m de la superfície del terra.

A la zona central de l'edifici s'ha d'introduir un espai que permeti el pas dels ascensors que distribueixen els ocupants per les diferents plantes. Aquest pas és també un paral·lelepípede de 12m de costat, que travessa l'edifici de d'alt a baix.



La ubicació del centre del paral·lelepípede es troba en el punt (18,18) en qualsevol pla horitzontal de l'edifici, és a dir, el centre de cada planta de l'edifici. Veure figura 6.4.

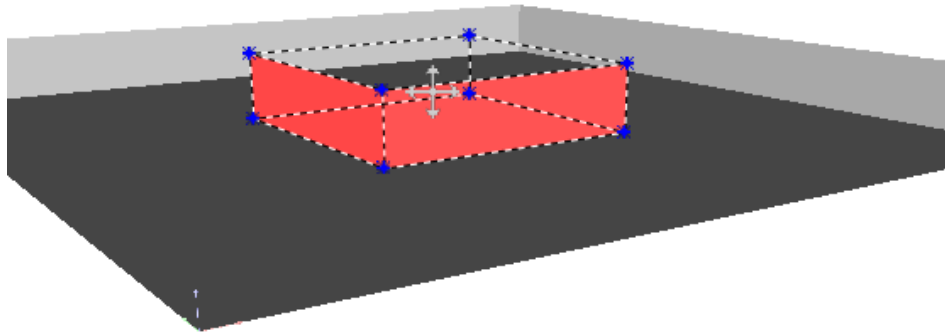


Figura 6.4.: Paral·lelepípede pel pas dels ascensors, situat al punt (18,18) del pla horitzontal.

S'han ubicat 16 finestres per planta, en concret, 4 finestres per cada paret de cada planta. Les finestres tenen una amplada de 5m i una alçada de 1m.

Per a més detall de les dades que s'han introduït en el programa DIALux 4.7, es recomana veure *Annex P*.

Tal i com s'ha comentat anteriorment, per realitzar l'estudi es tenen en compte dos tipus de lluminàries diferents, una làmpada d'alta eficiència (de tipus T5) i una altra menys eficient, totes dues es simulen amb una distribució uniforme. S'exposaran tres del total de totes les simulacions realitzades per determinar la millor de les dues làmpades.

Un cop seleccionada la lluminària a utilitzar, es realitza una quarta simulació de valor afegit a la distribució uniforme utilitzada a les darreres simulacions. En aquesta quarta simulació es té en compte la contribució de la llum natural per determinar si es pot millorar la distribució de les lluminàries. Per tant, el resum de les simulacions a estudiar es veu a continuació:

Simulació	Distribució	Tipus de lluminària
1	Uniforme	Tub fluorescent T5 d'alta eficiència (codi fabricant 166027)
2	Uniforme	Tub fluorescent compacta (codi fabricant 3725 + 0195)
3	Uniforme	Tub fluorescent compacta (codi fabricant 3725 + 0195)
4	Uniforme interior + 4 línies independents a prop de les finestres	Tub fluorescent T5 d'alta eficiència (codi fabricant 166027)

Taula 6.1.: Taula resum de les simulacions d'il·luminació.

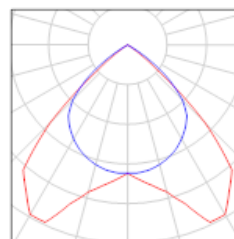


S'entén per distribució uniforme a aquell grup de lluminàries que es troben en un mateix pla i amb la mateixa distància una de les altres ocupant tota la superfície del sostre, per tant, resulta una distribució totalment equidistant i uniforme.

Les dues lluminàries, són una d'alta eficiència T5 (codi 166027) i una de menys eficient (codi 3725+0195). A la figura 6.5. s'indiquen les característiques de cadascuna d'elles.

Local 1 / Lista de luminarias

224 Pieza 3FFilippi 166027 3F Canda 2x28 T5 HF 2MG
 N° de artículo: 166027
 Flujo luminoso de las luminarias: 5200 lm
 Potencia de las luminarias: 64.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 67 100 100 100 72
 Armamento: 2 x 28W 2xT5 EEI A2 (Factor de corrección 1.000).



Local 1 / Lista de luminarias

210 Pieza 3FFilippi 3725+0195 3F Dodeca 220 1x26 CD HF 2SG + 0195
 N° de artículo: 3725+0195
 Flujo luminoso de las luminarias: 1800 lm
 Potencia de las luminarias: 28.0 W
 Clasificación luminarias según CIE: 100
 Código CIE Flux: 61 100 100 100 51
 Armamento: 1 x 26W 1xCD EEI A2 (Factor de corrección 1.000).

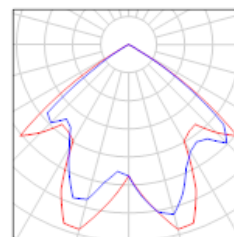


Figura 6.5.: Característiques de les lluminàries utilitzades. T5 (amb codi 166027) i una altre menys eficient que l'anterior, fluorescent compacta (amb codi 3725+0195).

Per realitzar la simulació de les lluminàries no es té en compte el factor de llum diürna, ja que es tracta d'un factor no uniforme durant l'any. És per això, que el càlcul de les lluminàries es realitzarà independentment de la llum diürna. Així, s'entendrà que si hi ha un dia assolellat el factor de llum diürna afectarà positivament en la il·luminació de la sala, superant els 500 lux mínims que per normativa es requereix en qualsevol oficina. D'altra banda, en el cas d'un dia molt ennuvolat, el nivell mínim d'il·luminació de 500 lux vindrà aportat totalment per les lluminàries. En la quarta simulació es determinarà l'efecte de la llum diürna en la distribució escollida.

6.2.3. Resultats

Per avaluar els resultats obtinguts en totes les simulacions realitzades, es pot diferenciar clarament, per una banda, les simulacions número 1, 2, i 3 que es realitzen per a determinar la lluminària que resulti millor per aquest edifici. I d'altra banda, la simulació número 4, que



s'avalua els afectes de la llum solar a l'edifici. És per això que a la taula 6.2. es recullen els resultats obtinguts per a les simulacions número 1, 2 i 3, i on es pot observar el número de lluminàries necessaris a instal·lar per aconseguir el nivell mínim d'intensitat lumínica (500 lux), i també es pot observar el consum total per a cada planta.

Com que les plantes són idèntiques una de les altres, els resultats que s'obtenen fan referència a una sola planta, per tant, per a tenir el resultat total, només cal multiplicar el consum per les 10 plantes de què consta l'edifici.

Les tres simulacions per l'elecció de la làmpada es troba resumida a la següent taula:

Simulació	Distribució	Tipus de lluminària	Núm. Luminàries	Intensitat lumínica (lux)	Potència consumida (W)
1	Uniforme	Tub fluorescent T5 d'alta eficiència (codi fabricant 166027)	210	580 lux	13440 W
2	Uniforme	Tub fluorescent compacta (codi fabricant 3725 + 0195)	210	145 lux	5880 W
3	Uniforme	Tub fluorescent compacta (codi fabricant 3725 + 0195)	738	500 lux	20664 W

Taula 6.2.: Taula resum de les simulacions a realitzar per a determinar la làmpada.

En aquestes simulacions, s'ha recollit, un cas de cada tipus. La simulació 1, el cas de làmpada T5 d'alta eficiència, i que arriba al nivell mínim d'intensitat lumínica que es requereix; la simulació 2, on és insuficient el número de lluminàries menys eficients per aconseguir el nivell d'il·luminació mínim; i la simulació 3, on amb les lluminàries menys eficients s'arriba al nivell mínim d'il·luminació.

Per tant, com a selecció, s'escull la simulació número 1, ja que és la que disposa d'un resultat que s'adapta més eficientment a la oficina estudiada. En la comparativa es determina que amb un total de 210 lluminàries d'alta eficiència tipus T5, s'arriba al nivell lumínic de 500 lux amb un consum de 13.440W, que multiplicat per les 10 plantes, resulta un total de 134.400W de consum.

En canvi, amb l'altra làmpada menys eficients, es necessiten 738 làmpades per aconseguir el nivell lumínic mínim establert amb un consum de 20664W. Per tant, l'estalvi respecte ambdues solucions, és de si s'utilitza la làmpada T5 en comptes de la fluorescent compacta, s'estalvia un consum de 7.224W, que en tot l'edifici és de 72.2240W.



A continuació es mostren els resultats obtinguts pel cas de la simulació 1. Simulació amb lluminària T5 (codi 166027) i amb una distribució uniforme de les 210 lluminàries.

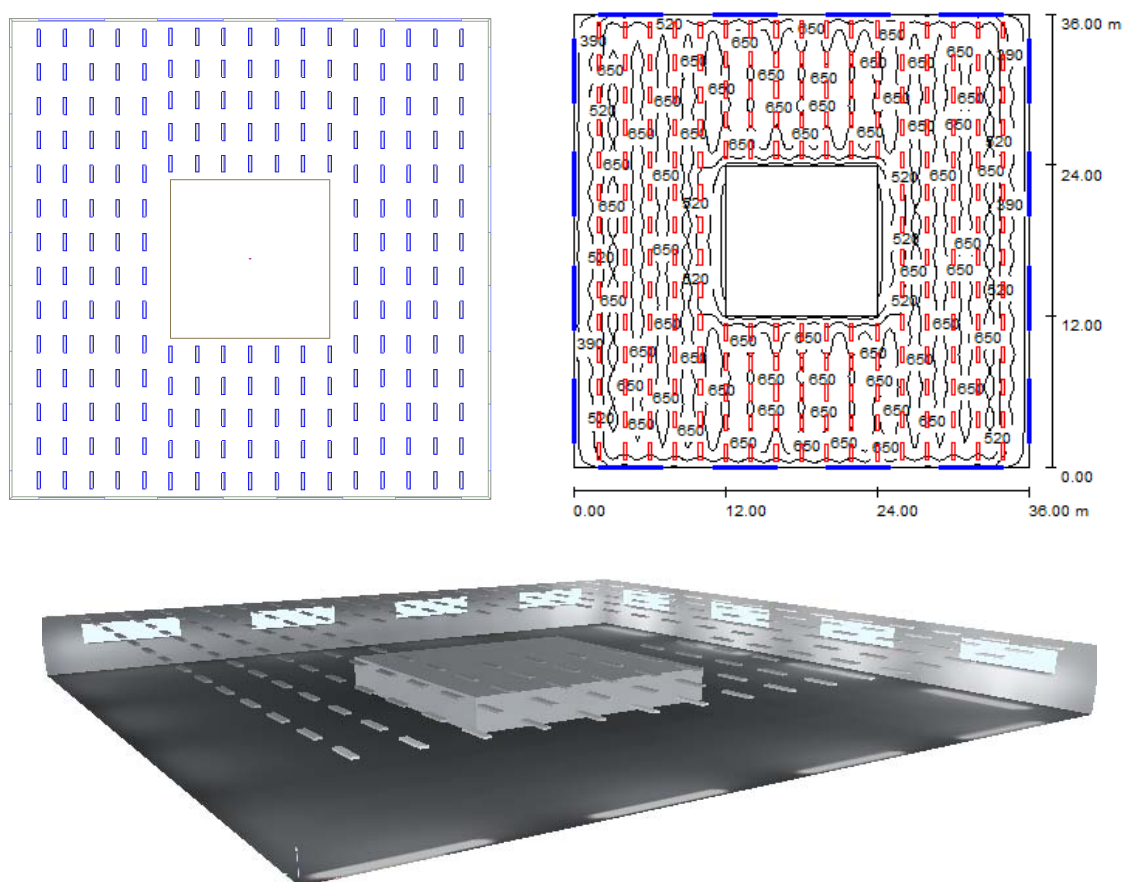


Figura 6.6.: Distribució de la simulació 1. Amb làmpada tipus T5 (codi 166027) i distribució uniforme.

Com que el que interessa en el present projecte es realitza un estudi de la gestió energètica del sistema lumínic, l'objectiu principal de la simulació 4, és determinar una manera de gestió lumínica més eficaç per reduir el consum de les làmpades en les hores de contribució de la llum diürna. És per això, que es realitza aquesta quarta simulació que consta de tres sub-simulacions més; una simulació sense la contribució de les línies més properes a les finestres i sense contribució de llum natural; una simulació a la meitat del solstici d'estiu i hivern, el 21 de setembre a les 10H del matí; i una simulació el mateix dia 21 de setembre a les 14H de la tarda.

Per fer les simulacions es modifiquen les 4 línies més properes a les finestres dels quatre costats de la planta, per 4 línies independents de funcionament a 2m de les finestres. Perquè en les hores de no disposició de llum solar es pugui convertir el sistema com el d'una distribució uniforme convencional.



Sub simulació 4-1: Distribució uniforme sense les 4 línies més properes a les finestres, distribució interior sense contribució de llum natural. Tipus de lluminàries T5.

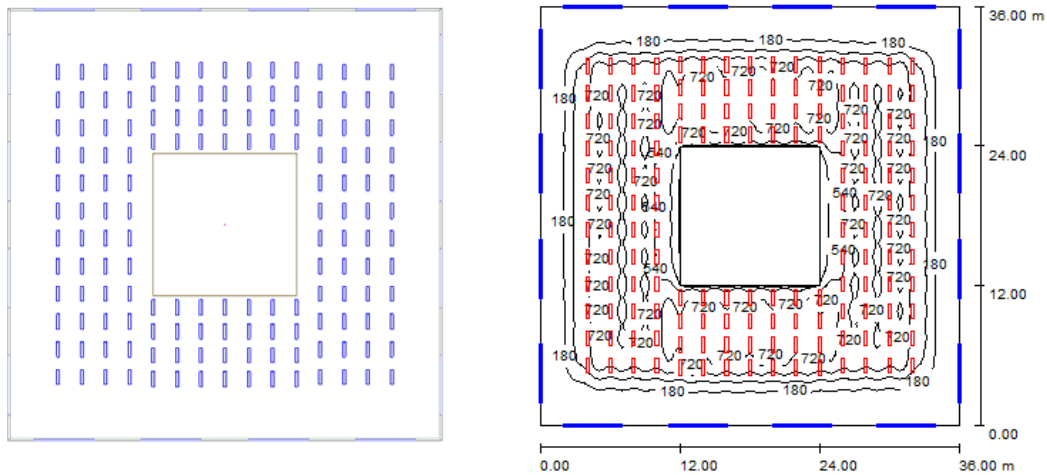


Figura 6.7.: Simulació 4-1. Distribució

contribució de llum natural i amb làmpada T5.

sense

En aquesta simulació es comprova que la zona situada a més de 2m de les finestres rep una intensitat lumínica de com a mínim 500 lux, mentre el que succeeix a la zona perifèrica on no hi apareixen lluminàries s'estudià en les dues simulacions següents.

Sub simulació 4-2: Contribució de llum natural. Simulació a les 14h del la tarda, el dia 21 de setembre (meitat del solstici d'estiu i el d'hivern). Sense contribució de lluminàries.



Figura 6.8.: Resultats simulació 4-2 .



El nivell d'il·luminació a les façanes oest i sud, és de 880 lux, mentre que a les façanes est i nord no s'arriba al nivell mínim de 500lux. A l'Annex P es detallen resultats complementaris.

Sub simulació 4-3: Contribució de llum natural. Simulació a les 10h del matí, el dia 21 de setembre (meitat del solstici d'estiu i el d'hivern). Sense contribució de lluminàries.

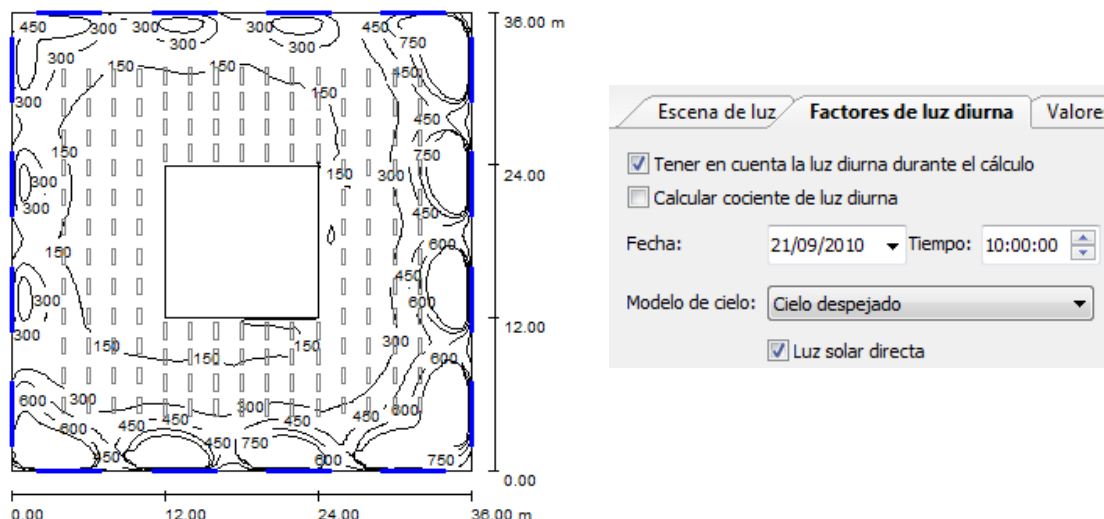


Figura 6.9.: Resultats simulació 4-3.

El nivell d'il·luminació a la zona propera a les façanes est i sud, és de 932 lux, mentre que a les façanes oest i nord no s'arriba al nivell mínim de 500lux. A l'Annex P es detallen resultats complementaris.

A la taula 6.3. es pot observar una taula resum de les sub-simulacions de la simulació 4.

Simulació	Distribució	Tipus de lluminària	Núm. Lluminàries	Intensitat lumínica (lux)	Potència consumida (W)	Contribució llum natural
Sub 4-1	Uniforme a una distància de 4m de les finestres	Tub fluorescent T5 d'alta eficiència (codi fabricant 166027)	152	580 lux	9728 W	NO
Sub 4-2	Línies façana O i S apagades i línies façana E i N enceses	Tub fluorescent T5 d'alta eficiència (codi fabricant 166027)	29	Façanes O i S = 880 lux i Façanes E i N = 580 lux	1856 W	SI (14 h de la tarda)
Sub 4-3	Línies façana E i S apagades i línies façana O i N enceses	Tub fluorescent T5 d'alta eficiència (codi fabricant 166027)	29	Façanes E i S = 932 lux i Façanes O i N = 580 lux	1856 W	SI (10h del matí)

Taula 6.3.: Taula resum de les sub-simulacions de la simulació número 4.



6.2.4. Conclusió lumínica

Com a solució òptima pel que respecte a l'edifici objecte d'oficines que s'està simulant, hom escull un sistema d'il·luminació que consti de lluminàries tipus T5 o similar i que disposi de 6 línies independents entre elles, és a dir, quatre línies independents a prop de les finestres, i dues línies interiors. Amb un sistema regulador de l'encesa i apagada de les línies més properes de les finestres per aprofitar la contribució de la llum solar.

D'aquesta manera, per exemple, en l'estudi realitzat, a les primeres hores del dia, el gestor del sistema proposaria l'encesa de les línies més properes a la façana oest i nord, juntament amb les dues línies interiors de la planta sempre enceses, quedant les línies est i sud apagades. La potència consumida en aquest cas, resultaria de 11.584W. D'altra banda, a partir del migdia, el gestor del sistema proposaria l'encesa de les línies més properes a les façanes est i nord, juntament amb les dues línies interiors de la planta enceses, quedant les línies est i sud apagades. La potència consumida, resultaria de 11.584W. En aquells casos on no fos possible l'apagada d'algunes línies per poca contribució de la llum solar, el consum seria de 13.440W, és a dir les dues línies interiors més les quatre línies més properes de les finestres enceses.

La potència consumida que s'estalvia quan es suposa l'apagada de dues de les línies més properes a les finestres en casos on la llum natural és suficient, és de 1.856W.

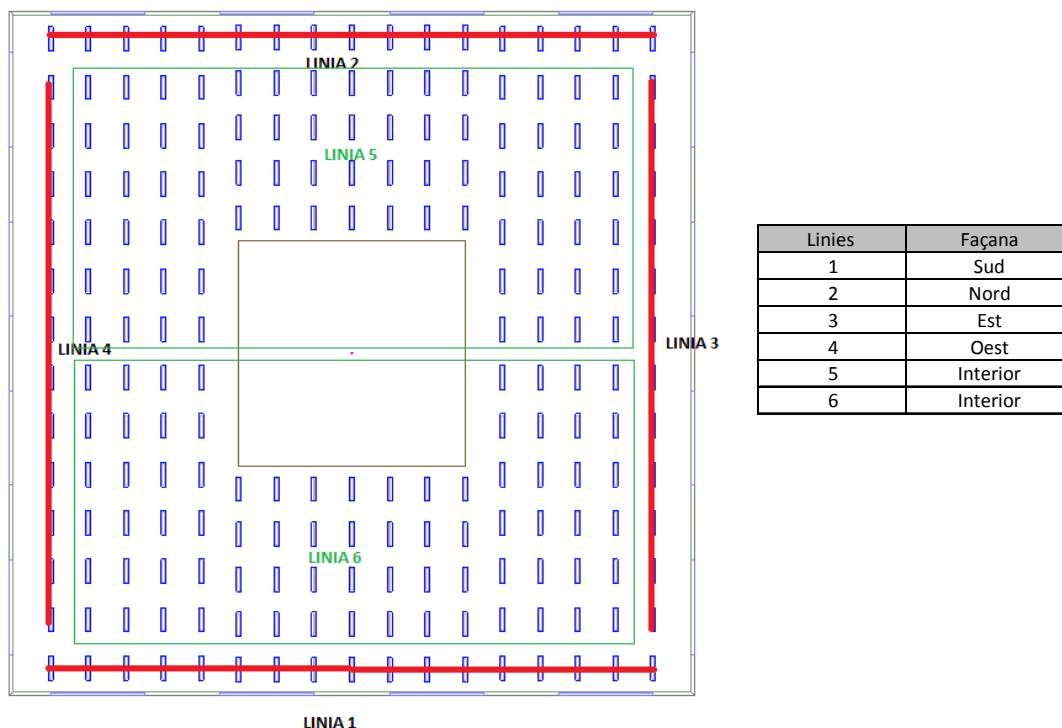


Figura 6.10.: Distribució de les línies de lluminàries.



Si es simula un dia de treball (8h/dia) amb cel assolellat, el gestor del sistema realitzaria la sistemàtica d'enceses i apagades de lluminàries que es poden veure a la taula 6.4. i els seus corresponents estalvis a la taula 6.5.

Així, l'estalvi econòmic anual esdevingut per l'ús d'un sistema d'il·luminació amb lluminàries tipus T5 d'alta eficiència, usant una distribució uniforme amb un sistema de regulació de les hores amb contribució de la llum solar, respecte un sistema sense contribució de la llum diürna és de 3.744€ anuals. El corresponent estalvi energètic seria de 26.726,4 kWh anuals.

Hora	Estat Oficina	Temps funcionament (h)	AMB CONTRIBUTIÓ LLUM DIÛRNA		SENSE CONTRIBUTIÓ LLUM DIÛRNA	
			Línies Obertes	Núm. Lluminàries en funcionament	Línies Obertes	Núm. Lluminàries en funcionament
8:00H - 9:00H	Activa	1	1, 2, 3, 4, 5 i 6	210	1, 2, 3, 4, 5 i 6	210
9:00H - 10:00H	Activa	1	1, 2, 3, 4, 5 i 6	210	1, 2, 3, 4, 5 i 6	210
10:00H - 11:00H	Activa	1	2, 4, 5 i 6	181	1, 2, 3, 4, 5 i 6	210
11:00H - 12:00H	Activa	1	2, 4, 5 i 6	181	1, 2, 3, 4, 5 i 6	210
12:00H - 13:00H	Activa	1	2, 4, 5 i 6	181	1, 2, 3, 4, 5 i 6	210
13:00H - 14:00H	Dinar	0	cap	0	cap	0
14:00H - 15:00H	Dinar	0	cap	0	cap	0
15:00H - 16:00H	Activa	1	2, 3, 5 i 6	181	1, 2, 3, 4, 5 i 6	210
16:00H - 17:00H	Activa	1	2, 3, 5 i 6	181	1, 2, 3, 4, 5 i 6	210
17:00H - 18:00H	Activa	1	2, 3, 5 i 6	181	1, 2, 3, 4, 5 i 6	210

Taula 6.4.: Resum diari de les línies amb i sense contribució de la llum diürna.

I el resum de la contribució de la llum diürna en comparació sense la contribució de la mateixa es veuen a la taula 6.5..

	AMB CONTRIBUTIÓ LLUM DIÛRNA	SENSE CONTRIBUTIÓ LLUM DIÛRNA
Hores de funcionament (h)	2h + 6h	8h
Núm. Lluminàries (u)	210 lluminàries durant 2h	210
	181 lluminàries durant 6h	
Potència consumida Planta (kW)	13,44kW durant 2h	13,44kW
	11,59 kW durant 6h	
Energia consumida Planta (kWh)	96,38kWh	107,52kWh
Energia consumida Edifici (kWh)	963,84kWh	1075,20kWh
Cost diari (€)*	135,00 €	150,60 €
Cost mensual (€)*	2.700,00 €	3.012,00 €
Estalvi diari (€)*	15,60 €	
Estalvi mensual (€)*	312,00 €	
Estalvi anual (€)*	3.744,00 €	

*Essent la tarifa elèctrica de 0,140069 €/kWh

Taula 6.5.: Resum dels estalvis amb i sense la contribució de la llum diürna.



6.3. Estudi climàtic de l'edifici

6.3.1. Sistemes a estudiar

En apartats anteriors s'han anomenats els múltiples sistemes de climatització que s'usen en el mercat actual, és per això que a l'hora de realitzar la simulació climàtica en l'edifici d'oficines objecte, s'ha usat dos sistemes independents un de l'altre, ja que el que hom pretén és determinar quina és la millor solució de gestió energètica pel cas de refrigeració i quina és la millor solució pel cas de calefacció i no pas estudiar quin sistema és el més eficient, simplement comparar la variació de les temperatures en funció del consum.

Els dos sistemes escollits, són pel cas de l'estudi de fred, un sistema de refrigeració habitual amb unitat central de producció de fred i amb unitats emissores tipus fan coils. I pel cas de l'estudi de calor, un sistema de calefacció tipus caldera amb unitats emissores tipus radiadors de fosa.

Segons la última versió del RITE de l'any 2009, els valors estàndards de confort (per activitat sedentària) són els que es mostren a la taula 4.3. del present projecte. En ells, es determina que a l'hivern la temperatura no pot ser superior als 21°C, i a l'estiu no pot ser inferior a 26°C, essent en ambdós casos la humitat relativa un valor comprés entre els 30% i el 70%. Sabent aquestes dades, la simulació climàtica pretén justificar quina és la millor gestió del sistema de clima utilitzat, tant pels mesos d'hivern com pels mesos d'estiu.

6.3.2. Introducció de dades en la simulació

Hi ha molts programes per tal d'avaluar energèticament un edifici. Alguns dels més importants i àmpliament acceptats i reconeguts són els següents:

- *TRACE*: programa del fabricant d'equips TRANE.
- *HAP (Hourly Analysis Program)*: programa del fabricant CARRIER.
- *DOE2*: programa del *Department of Energy* dels Estats Units d'Amèrica.

Els 2 primers no són ni gratuïts ni d'ús públic ja que pertanyen a empreses privades nord-americanes, mentre que el DOE2 és d'ús públic i gratuït.

Com a punts forts del DOE2 es poden citar els següents:

- Ha estat validat experimentalment. I és el programa de simulació d'edificis més emprat als E.U.A..
- L'ASHRAE utilitza el DOE2 com a programa de càlcul d'energia en edificis.



Per altra banda es poden citar els següents punts dèbils del DOE2:

- El DOE2 és un programa en el que la introducció de les dades és mitjançant fitxers de text i requereix el coneixement del llenguatge que utilitza: el *Building Description Language*.
- No té representació 2D ni 3D.

Existeixen però versions del DOE2 amb una interfície gràfica per a la introducció de dades. Entre aquestes versions hi ha l'eQUEST (*Energy Quick Simulation Tool*), programa que utilitza com a motor de càlcul el DOE2.

Com a solució definitiva s'ha utilitzat l'eQUEST 2.55 per a l'estudi de gestió energètica en edificis.

Durant el procés que es detalla a continuació, hom pretén simplificar els resultats obtinguts però aconsella que per a més detall es consulti l'*Annex Q*. En el present punt s'explica com s'han introduït les dades en el programa i en el punt següent els resultats que s'han obtingut.

Degut que el programa treballa amb unitats que són del Sistema Americà i no del Sistema Internacional, prèviament a introduir les dades en el programa s'han hagut de convertir les unitats de superfície de m a peus, aquest procés s'ha repetit per totes les unitats usades.

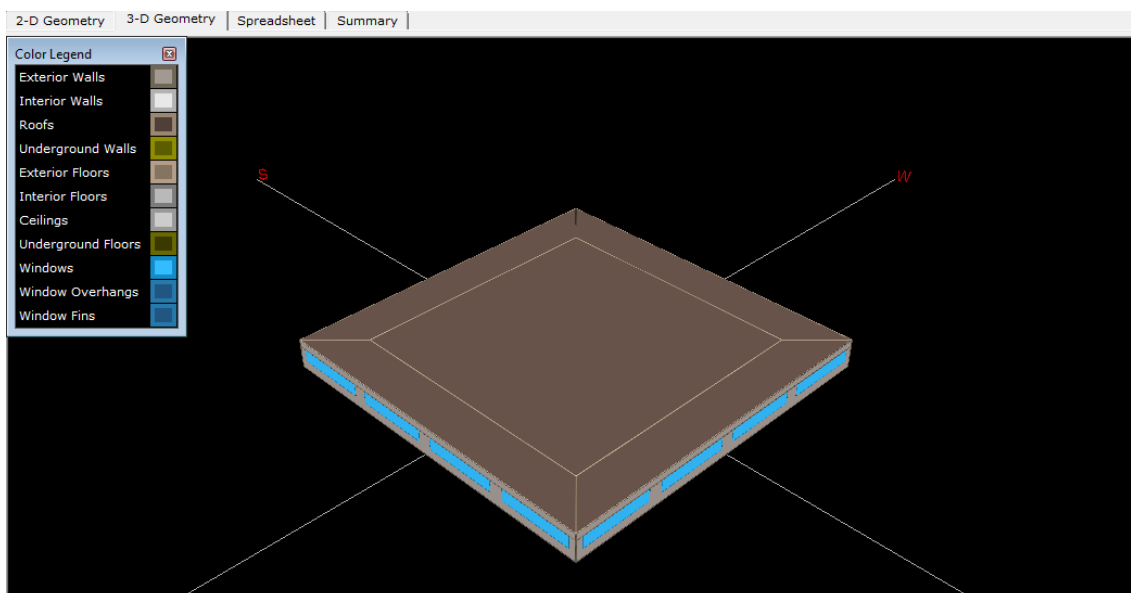


Figura 6.11.: Imatge en 3D d'una planta del programa eQUEST 2.55.

Les dades introduïdes anteriorment a la simulació d'il·luminació relatives a la situació i dimensions de l'edifici, s'introdueixen també per a la simulació de climatització, és per això que per evitar repeticions s'obvia aquesta part. De la mateixa manera que a l'apartat anterior,



es simula una sola planta de les deu que hi ha a l'edifici, ja que són idèntiques entre elles. Per tant, s'haurà de tenir cura un cop obtinguts els resultats de multiplicar-los pel total de les 10 plantes.

És d'interès del present projecte estudiar la gestió energètica i no el disseny dels equips emprats. Per això, les variables a utilitzar són la temperatura. D'aquesta manera es pretén realitzar tantes simulacions com diferents temperatures hi hagi.

El recull de les dades de temperatura introduïdes en el projecte es recullen a continuació, essent la Tindoor, la temperatura que es vol que es trobi la sala a climatitzar. Les temperatures Tsupply, Tocup, Tno ocup, són temperatures d'especificacions del sistema usat que estan fixades pel programa mitjançant equacions matemàtiques que tenen en compte com a variable la Tindoor establerta. Per veure les equacions veure *Annex Q*.

CALEFACCIÓ					REFRIGERACIÓ				
	°C	F				°C	F		
Tref (FIX) Indoor	26,0	78,8			Tcal (FIX) Indoor	21,0	69,8		
Tsupply (ref)	17,7	63,8			Tsupply (cal)	29,3	84,8		
Tref ocup	26,6	79,8			Tcal ocup	20,4	68,8		
Tref no ocup	29,9	85,8			Tcal no ocup	17,1	62,8		
Tindoor (cal)		Tsupply (cal)	Tocup (cal)	Tno ocup (cal)	Tindoor (ref)		Tsupply (ref)	Tocup (ref)	Tno ocup (ref)
°C	F	F	F	F	°C	f	f	f	f
17	62,6	77,6	61,6	55,6	17	62,6	47,6	63,6	69,6
18	64,4	79,4	63,4	57,4	18	64,4	49,4	65,4	71,4
19	66,2	81,2	65,2	59,2	19	66,2	51,2	67,2	73,2
20	68	83	67	61	20	68	53	69	75
21	69,8	84,8	68,8	62,8	21	69,8	54,8	70,8	76,8
22	71,6	86,6	70,6	64,6	22	71,6	56,6	72,6	78,6
23	73,4	88,4	72,4	66,4	23	73,4	58,4	74,4	80,4
24	75,2	90,2	74,2	68,2	24	75,2	60,2	76,2	82,2
25	77	92	76	70	25	77	62	78	84
26	78,8	93,8	77,8	71,8	26	78,8	63,8	79,8	85,8
27	80,6	95,6	79,6	73,6	27	80,6	65,6	81,6	87,6
28	82,4	97,4	81,4	75,4	28	82,4	67,4	83,4	89,4
29	84,2	99,2	83,2	77,2	29	84,2	69,2	85,2	91,2
30	86	101	85	79					

Taula 6.6.: Resum de les variables de temperatura introduïdes al eQUEST 2.55.

L'interval de temperatures s'ha escollit aleatòriament, però s'ha mantingut gairebé el mateix rang de temperatures per les simulacions de calefacció com les de refrigeració.

A les simulacions de calefacció el rang de temperatures utilitzat va des dels 17°C fins els 30°C, essent el valor límit marcat per la normativa vigent no superior als 21°C.. Es realitza el mateix cas per refrigeració, on en aquest el rang de temperatures usat va dels 17°C als 29°C, essent el valor límit marcat per la normativa no inferior a 26°C. Es compararan els resultats obtinguts amb el límit que marca la normativa vigent.

Es considera que els sistemes de clima treballen durant 10h al dia, ja que per escalfar o refredar tot l'edifici és necessari engegar els equips 2h abans que es comenci la jornada laboral.



La metodologia descrita per introduir les dades en el programa ha estat mantenir el sistema de la manera següent:

- **Refrigeració:** S'ha mantingut el sistema de calefacció a una temperatura constant durant totes les simulacions, essent aquesta temperatura de 21°C, l'límit superior establert per la normativa vigent pel cas d'un sistema de calefacció. Un cop fixades les temperatures relatives al sistema de calefacció, es realitzen les simulacions, una per una, de totes les temperatures des de 17°C fins a 29°C del sistema de refrigeració. És d'interès observar els resultats obtinguts per a temperatures inferiors als 26°C, i veure si realment els consums energètics que s'obtenen difereixen de manera exponencial conforme va disminuint la temperatura i, poder comparar-los amb el consum energètic a T=26°C establert per la normativa actual com a límit mínim a assolir per a qualsevol sistema de refrigeració.
- **Calefacció:** S'ha mantingut el sistema de refrigeració a una temperatura constant durant totes les simulacions, essent aquesta temperatura de 26°C, l'límit inferior establert per la normativa vigent pel cas d'un sistema de refrigeració. Un cop fixades les temperatures relatives al sistema de refrigeració, es realitzen les simulacions, una per una, de totes les temperatures des de 17°C fins a 30°C del sistema de calefacció. És d'interès observar els resultats obtinguts per a temperatures superiors als 21°C, i veure si realment els consums energètics que s'obtenen difereixen de manera exponencial conforme va augmentant la temperatura i, poder comparar-los amb el consum energètic a T=21°C establert per la normativa actual com a límit màxim a assolir per a qualsevol sistema de calefacció.

6.3.3. Resultats sistema de refrigeració

Els resultats de les simulacions del sistema de refrigeració s'agrupen a la figura 6.12. Hi ha una gràfica per a cada temperatura simulada, on hi consta el consum d'energia elèctrica consumida pel sistema.

El programa eQUEST 2.55 realitza la simulació energètica de l'edifici tenint en compte, a més a més de l'energia elèctrica consumida pel propi sistema de refrigeració, altres consums provinents d'equips elèctrics o altres elements de sistemes, com pot ser l'enllumenat d'emergència, que són independents del sistema de clima. És per això que a les gràfiques apareixen altres consums que no es tenen en compte a l'hora de sumar l'energia elèctrica total consumida pel propi sistema de fred.



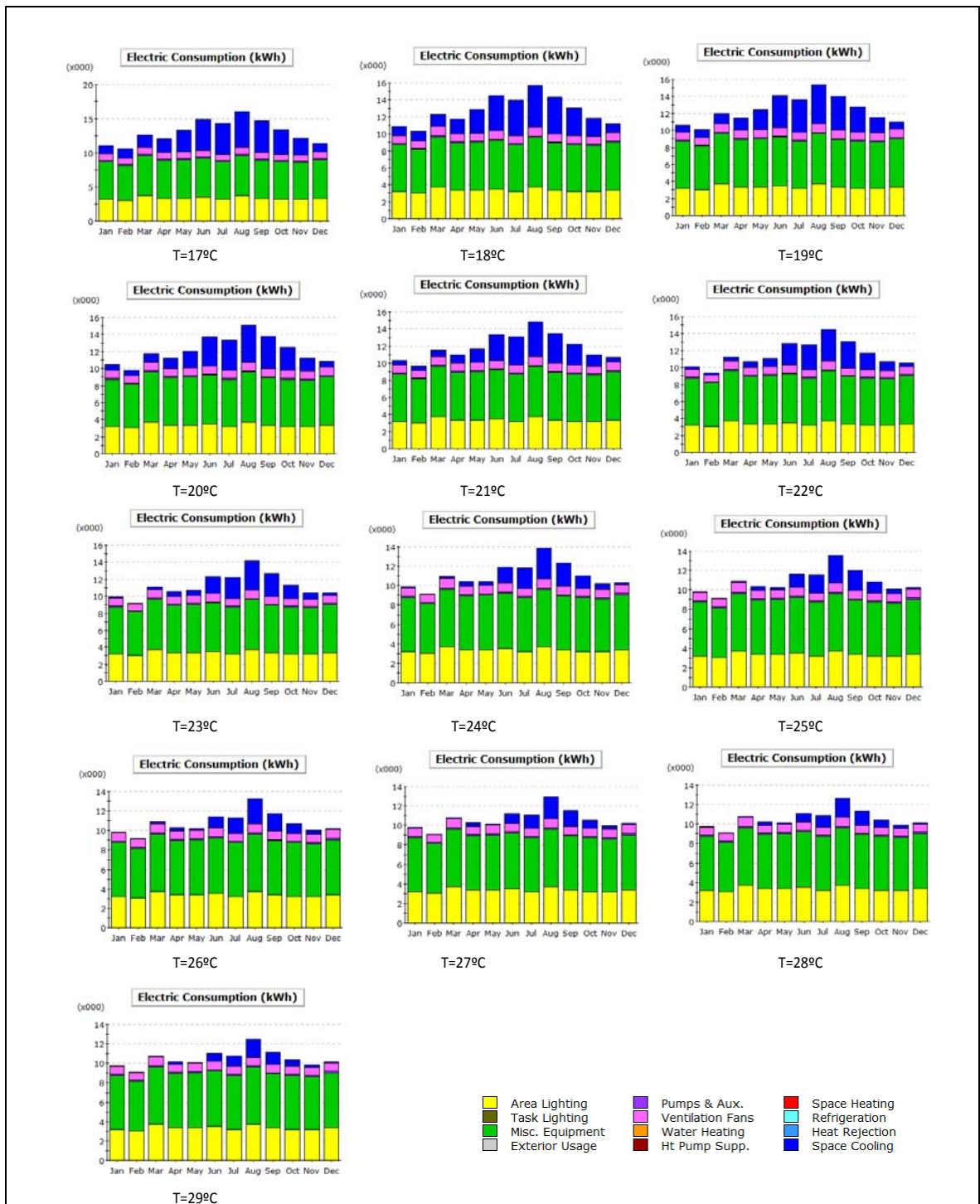


Figura 6.12.: Resultats per a cada T en la simulació de refrigeració amb el programa eQUEST 2.55.

Tenint en compte aquests consums que no influeixen a la simulació, els colors representatius de consums d'energia elèctrica pel sistema de refrigeració són:



- Blau: *Space cooling* (Consum energètic que contribueix a la aportació de fred)
- Rosa: *Pumps & Aux.* (Pèrdues energètiques de les canonades i dels equips auxiliars)
- Violeta: *Ventilation fans* (Pèrdues energètiques dels fan coils)

Per tant, els consums elèctrics per planta i de l'edifici sencer, juntament amb el cost mensual i anual s'agrupen a la taula següent:

TEMPERATURA	CONSUM ELÈCTRIC PER PLANTA (anual)	CONSUM ELÈCTRIC EDIFICI (anual)	COST CONSUM EDIFICI (anual) ¹	CONSUM ELÈCTRIC EDIFICI (mensual)	COST CONSUM EDIFICI (mensual) ¹	COST CONSUM PER PLANTA (mensual) ¹
°C	kWh	kWh	€	kWh	€	€
17	48.940	489.400	68.550	40.783	5.712	571,25
18	45.080	450.800	63.143	37.567	5.262	526,19
19	41.480	414.800	58.101	34.567	4.842	484,17
20	38.260	382.600	53.590	31.883	4.466	446,59
21	35.310	353.100	49.458	29.425	4.122	412,15
22	31.690	316.900	44.388	26.408	3.699	369,90
23	27.390	273.900	38.365	22.825	3.197	319,71
24	24.980	249.800	34.989	20.817	2.916	291,58
25	22.750	227.500	31.866	18.958	2.655	265,55
26	21.510	215.100	30.129	17.925	2.511	251,07
27	20.050	200.500	28.084	16.708	2.340	234,03
28	19.840	198.400	27.790	16.533	2.316	231,58
29	18.270	182.700	25.591	15.225	2.133	213,26

¹Essent la tarifa elèctrica TEU₀ de 0,140069€/kWh

Taula 6.7.: Resum de resultats en refrigeració.

La representació del consum d'energia elèctrica anual de refrigeració per a cada temperatura indica que no hi ha cap punt de creixement exponencial, però sí s'observa un creixement no lineal.

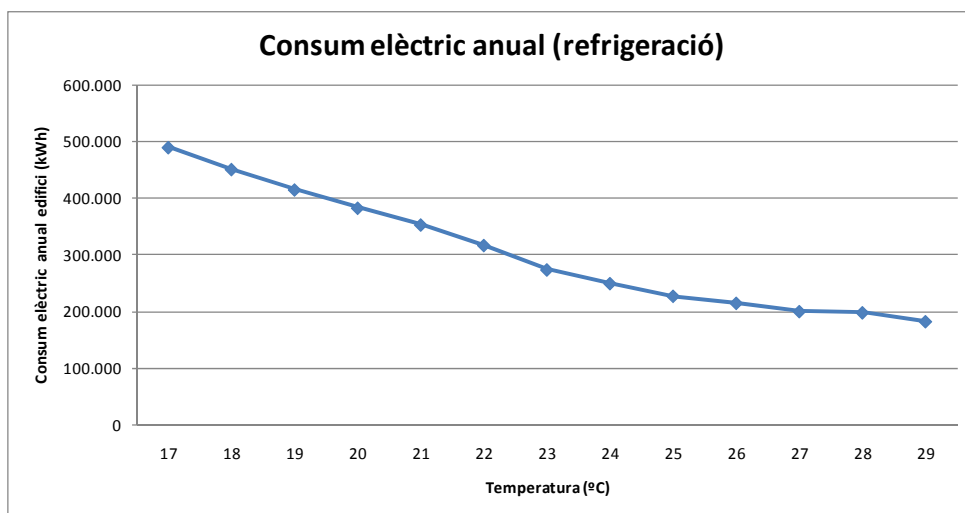


Figura 6.13.: Consum elèctric anual de les 10 plantes de l'edifici.

Un cop observats els consums elèctrics, es calculen els sobre costos i els estalvis dels consums anuals energètics i econòmics de totes les temperatures estudiades respecte els



consums de les temperatures de confort establertes en el RITE de l'any 2007 i el RITE de l'any 2009 en mode refrigeració.

Fent un recordatori a la normativa vigent del RITE de l'any 2009 i a l'anterior derogada del l'any 2007, s'indiquen les següents temperatures de confort durant els mesos d'estiu:

- RITE 2009 → Temperatura no inferior a 26°C
- RITE 2007 → Temperatures compreses entre els 23...25°C.

Sobre cost i estalvi anual de l'edifici respecte el RITE del 2009			Sobre cost i estalvi anual de l'edifici respecte el RITE del 2007 ²		
T (°C)	Sobrecost energètic anual respecte el RITE (kWh)	Sobrecost econòmic anual respecte el RITE (€) ¹	T (°C)	Sobrecost energètic anual respecte el RITE (kWh)	Sobrecost econòmic anual respecte el RITE (€) ¹
17	274.300	38.421	17	239.600	33.561
18	235.700	33.014	18	201.000	28.154
19	199.700	27.972	19	165.000	23.111
20	167.500	23.462	20	132.800	18.601
21	138.000	19.330	21	103.300	14.469
22	101.800	14.259	22	67.100	9.399
23	58.800	8.236	23	24.100	3.376
24	34.700	4.860	24	0	0
25	12.400	1.737	25	-22.300	-3.124
26	0	0	26	-34.700	-4.860
27	-14.600	-2.045	27	-49.300	-6.905
28	-16.700	-2.339	28	-51.400	-7.200
29	-32.400	-4.538	29	-67.100	-9.399

¹Essent la tarifa elèctrica TEU₀ de 0,140069€/kWh

²Amb el RITE 2007 la temperatura mitjana a l'estiu és 24°C

Taula 6.8.: Resum del sobre cost i estalvi, tant econòmic com energètic, per a cada temperatura respecte el RITE del 2009 i el RITE del 2007 per a refrigeració.

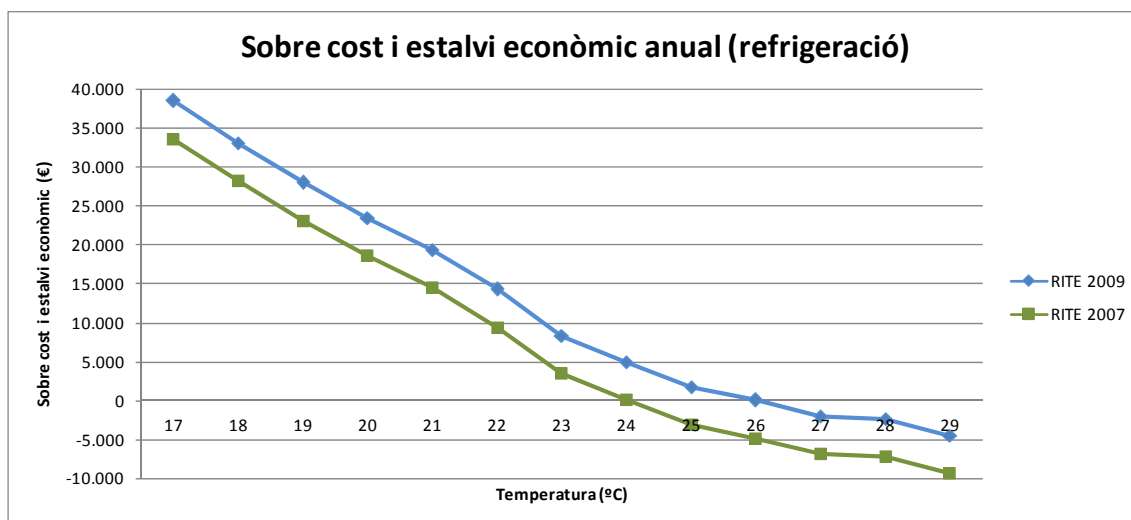


Figura 6.14.: Sobre cost i estalvi econòmic per a cada temperatura respecte el RITE del 2009 i el RITE del 2007 per a refrigeració.



Per tant, pel cas del RITE de l'any 2009 es fixa com a temperatura de referència els 26°C i es calculen els corresponents estalvis i sobre costos energètics i econòmics per la resta de temperatures. Es realitza la mateixa operativa pel cas del RITE de l'any 2007 on s'escull com a temperatura de referència la mitjana de les temperatures de confort establertes pel marc normatiu, essent aquesta temperatura de 24°C.

Entenent com a sobre cost, tant econòmic com energètic, els valors positius i com a estalvi, també tant econòmic com energètics, els valors negatius; llavors, els resultats són els que s'obtenen a la taula 6.8. i a la figura 6.14..

6.3.4. Resultats sistema de calefacció

De la mateixa manera que pel sistema de refrigeració, es realitzen les simulacions pel sistema de calefacció. A diferència de l'anterior, la unitat principal del sistema de calefacció consumeix gas natural, ja que es tracta d'un sistema tipus caldera, per això en les gràfiques obtingudes no hi intervenen altres elements.

A la figura 6.15. es recullen totes les gràfiques de consums de gas natural per a cada temperatura simulada. Es pot observar que el color representatiu de consum energètic de gas natural pel sistema de calefacció és:

- Vermell: *Space heating* (Consum energètic que contribueix a la aportació de calor)

En una ampliació més acurada de les gràfiques que apareixen a la figura 6.16., es pot observar que hi ha un consum anomenat *Water heating*, que no resulta representatiu en el càlcul dels consums energètics de gas natural, ja que té un valor d'un ordre de magnitud molt inferior que els valors de consums energètics que contribueixen a la aportació de calor. Per aquest motiu, com que no representa ni un 4% del consum total de gas natural es considera menyspreable.

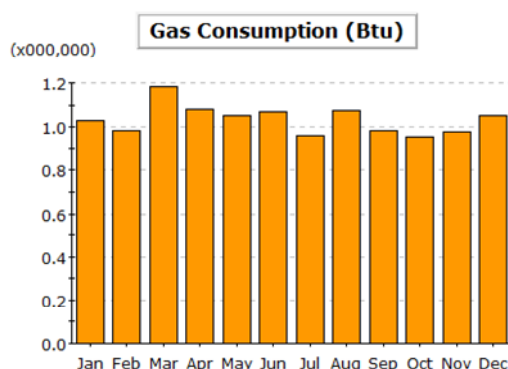


Figura 6.15.: Ampliació consum *Water heating*, consum per escalfar aigua.



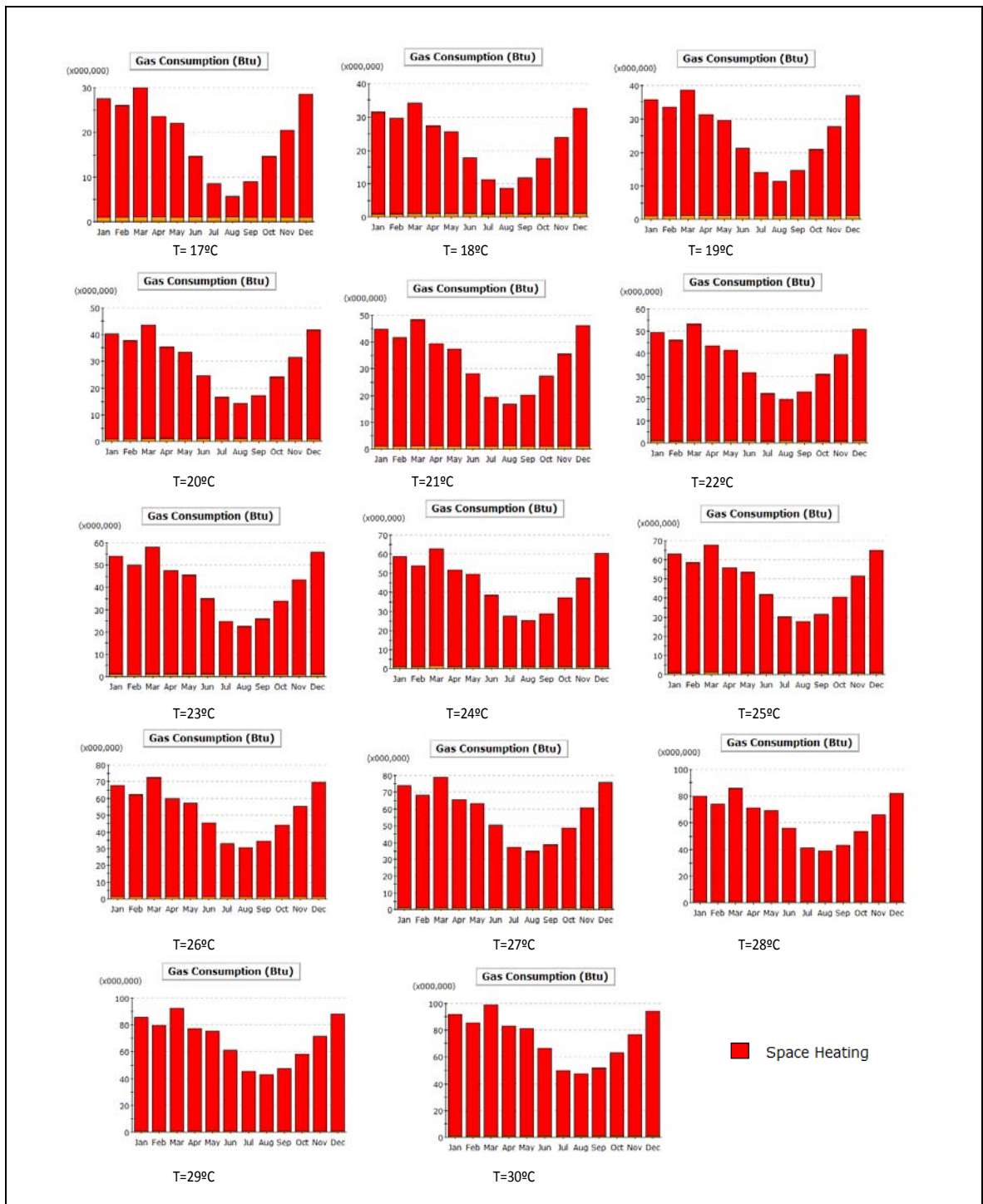


Figura 6.16.: Resultats per a cada T en la simulació de calefacció amb el programa eQUEST 2.55.

Per tant, els consums elèctrics per planta i de l'edifici sencer, juntament amb el cost mensual i anual s'agrupen a la taula següent:



TEMPERATURA	CONSUM GAS PLANTA (anual)	CONSUM GAS EDIFICI (anual)	COST CONSUM EDIFICI (anual) ²	CONSUM GAS EDIFICI (mensual)	COST CONSUM EDIFICI (mensual) ²	COST CONSUM PER PLANTA (mensual) ²
°C	kWh	kWh	€	kWh	€	€
17	64.018,90	640.189	27.328	53.349	2.277,32	227,73
18	76.033,07	760.331	32.456	63.361	2.704,70	270,47
19	88.803,44	888.034	37.908	74.003	3.158,97	315,90
20	101.934,32	1.019.343	43.513	84.945	3.626,07	362,61
21	115.214,68	1.152.147	49.182	96.012	4.098,49	409,85
22	128.515,56	1.285.156	54.860	107.096	4.571,64	457,16
23	141.792,99	1.417.930	60.527	118.161	5.043,95	504,39
24	155.052,83	1.550.528	66.188	129.211	5.515,64	551,56
25	168.318,54	1.683.185	71.850	140.265	5.987,53	598,75
26	181.516,83	1.815.168	77.484	151.264	6.457,03	645,70
27	200.284,02	2.002.840	85.496	166.903	7.124,63	712,46
28	219.197,77	2.191.978	93.569	182.665	7.797,44	779,74
29	238.217,03	2.382.170	101.688	198.514	8.474,01	847,40
30	257.333,01	2.573.330	109.848	214.444	9.154,01	915,40

²Essent la tarifa de gas natural TR.2 de 0,04268716€/kWh

Taula 6.9.: Resum de resultats en calefacció

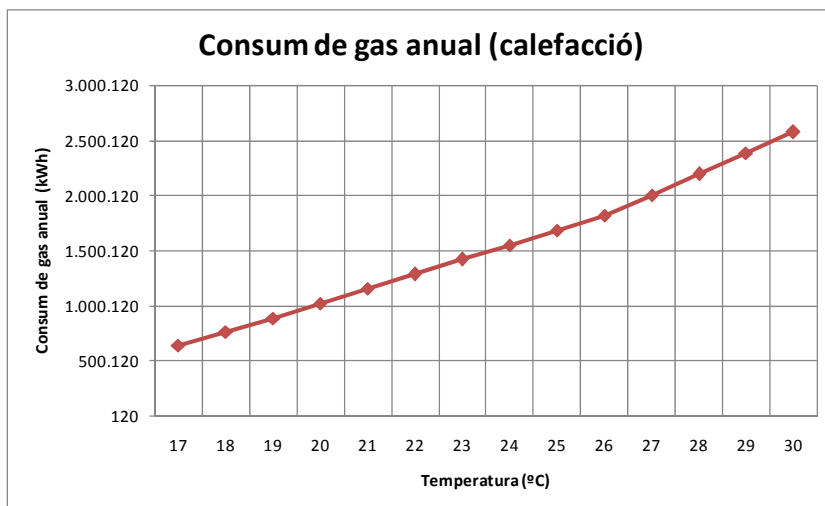


Figura 6.17.: Consum de gas natural anual de les 10 plantes de l'edifici

Repetint la mateixa operativa que pel sistema de refrigeració, a continuació es calculen els sobre costos i els estalvis dels consums anuals energètics i econòmics de totes les temperatures estudiades respecte els consums de les temperatures de confort establertes en el RITE de l'any 2007 i el RITE de l'any 2009 en mode calefacció.

Fent un cop d'ull a la normativa vigent del RITE de l'any 2009 i a l'anterior derogada del l'any 2007, s'indiquen les següents temperatures de confort durant els mesos d'hivern:

- RITE 2009 → Temperatura no superior a 21°C
- RITE 2007 → Temperatures compreses entre els 21...23°C.

A la taula 6.10. s'indica el resum de les dades obtingudes.



Sobre cost i estalvi anual de l'edifici respecte el RITE del 2009			Sobre cost i estalvi anual de l'edifici respecte el RITE del 2007 ²		
T (°C)	Sobrecost energètic anual respecte el RITE (kWh)	Sobrecost econòmic anual respecte el RITE (€) ¹	T (°C)	Sobrecost energètic anual respecte el RITE (kWh)	Sobrecost econòmic anual respecte el RITE (€) ¹
17	-511.958	-21.854	17	-644.967	-27.532
18	-391.816	-16.726	18	-524.825	-22.403
19	-264.112	-11.274	19	-397.121	-16.952
20	-132.804	-5.669	20	-265.812	-11.347
21	0	0	21	-133.009	-5.678
22	133.009	5.678	22	0	0
23	265.783	11.346	23	132.774	5.668
24	398.382	17.006	24	265.373	11.328
25	531.039	22.669	25	398.030	16.991
26	663.022	28.303	26	530.013	22.625
27	850.693	36.314	27	717.685	30.636
28	1.039.831	44.387	28	906.822	38.710
29	1.230.023	52.506	29	1.097.015	46.828
30	1.421.183	60.666	30	1.288.175	54.989

¹Essent la tarifa de gas natural TR.2 de 0,04268716€/kWh

²Amb el RITE 2007 la temperatura mitjana a l'estiu és 22°C

Taula 6.10.: Resum de sobre cost i estalvi econòmic per a cada temperatura respecte el RITE del 2009 i el RITE del 2007 per a calefacció.

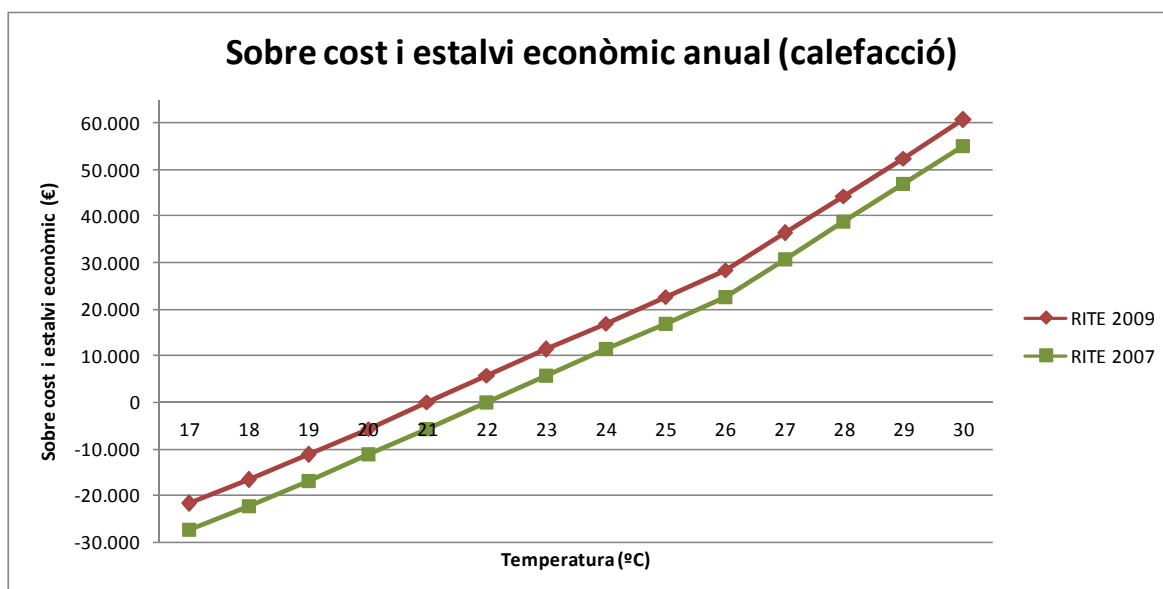


Figura 6.18.: Sobre cost i estalvi econòmic per a cada temperatura respecte el RITE del 2009 i el RITE del 2007 per a calefacció.

Per tant, pel cas del RITE de l'any 2009 es fixa com a temperatura de referència els 21°C i es calculen els corresponents estalvis i sobre costos energètics i econòmics per la resta de temperatures. Es realitza la mateixa operativa pel cas del RITE de l'any 2007 on s'escull com a temperatura de referència la mitjana de les temperatures de confort establertes pel marc normatiu, essent aquesta temperatura de 22°C.

Entenent com a sobre cost, tant econòmic com energètic, els valors positius i com a estalvi, també tant econòmic com energètics, els valors negatius; llavors, els resultats són els que s'obtenen a la taula 6.10. i a la figura 6.14..



6.3.5. Conclusió climàtica

Les solucions obtingudes són lògiques i coherents, tot i que potser massa lineals del que hom pensava. La qüestió és que per a cada sistema, tant de refrigeració com de calefacció, s'ha observat que en funció de l'augment o la disminució de la temperatura, succeeix immediatament, un increment o decrement del consum, respectivament.

Efectivament, com era d'esperar, la normativa actual que ens marca el RITE de l'any 2009 és més restrictiva que la de l'any 2007, ja que apareixen més valors de sobre cost que no pas d'estalvi. Essent el color rosa sobre cost i el color verd estalvi, a la taula següent s'observa aquesta afirmació.

ESTIU					
Sobre cost i estalvi anual de l'edifici respecte el RITE del 2009			Sobre cost i estalvi anual de l'edifici respecte el RITE del 2007 ²		
T (°C)	Sobrecost energètic anual respecte el RITE (kWh)	Sobrecost econòmic anual respecte el RITE (€) ¹	T (°C)	Sobrecost energètic anual respecte el RITE (kWh)	Sobrecost econòmic anual respecte el RITE (€) ¹
17	274.300	38.421	17	239.600	33.561
18	235.700	33.014	18	201.000	28.154
19	199.700	27.972	19	165.000	23.111
20	167.500	23.462	20	132.800	18.601
21	138.000	19.330	21	103.300	14.469
22	101.800	14.259	22	67.100	9.399
23	58.800	8.236	23	24.100	3.376
24	34.700	4.860	24	0	0
25	12.400	1.737	25	-22.300	-3.124
26	0	0	26	-34.700	-4.860
27	-14.600	-2.045	27	-49.300	-6.905
28	-16.700	-2.339	28	-51.400	-7.200
29	-32.400	-4.538	29	-67.100	-9.399

¹Essent la tarifa elèctrica TEU₀ de 0,140069€/kWh

²Amb el RITE 2007 la temperatura mitjana a l'estiu és 24°C

HIVERN					
Sobre cost i estalvi anual de l'edifici respecte el RITE del 2009			Sobre cost i estalvi anual de l'edifici respecte el RITE del 2007 ²		
T (°C)	Sobrecost energètic anual respecte el RITE (kWh)	Sobrecost econòmic anual respecte el RITE (€) ¹	T (°C)	Sobrecost energètic anual respecte el RITE (kWh)	Sobrecost econòmic anual respecte el RITE (€) ¹
17	-511.958	-21.854	17	-644.967	-27.532
18	-391.816	-16.726	18	-524.825	-22.403
19	-264.112	-11.274	19	-397.121	-16.952
20	-132.804	-5.669	20	-265.812	-11.347
21	0	0	21	-133.009	-5.678
22	133.009	5.678	22	0	0
23	265.783	11.346	23	132.774	5.668
24	398.382	17.006	24	265.373	11.328
25	531.039	22.669	25	398.030	16.991
26	663.022	28.303	26	530.013	22.625
27	850.693	36.314	27	717.685	30.636
28	1.039.831	44.387	28	906.822	38.710
29	1.230.023	52.506	29	1.097.015	46.828
30	1.421.183	60.666	30	1.288.175	54.989

¹Essent la tarifa de gas natural TR.2 de 0,04268716€/kWh

²Amb el RITE 2007 la temperatura mitjana a l'estiu és 22°C

Sobre cost
 Estalvi

Taula 6.11.: Resum de sobre cost i estalvi econòmic per a cada temperatura respecte el RITE del 2009 i el RITE del 2007 per els mesos d'estiu i d'hivern.



De la mateixa manera a les gràfiques vistes a l'apartat anterior, es veu que la corba del RITE de l'any 2009 es troba desplaçada cap a la dreta respecte el RITE del 2007, en el cas del sistema de refrigeració i pel cas del sistema de calefacció, la corba es troba desplaçada cap a l'esquerra respecte el RITE del 2007.

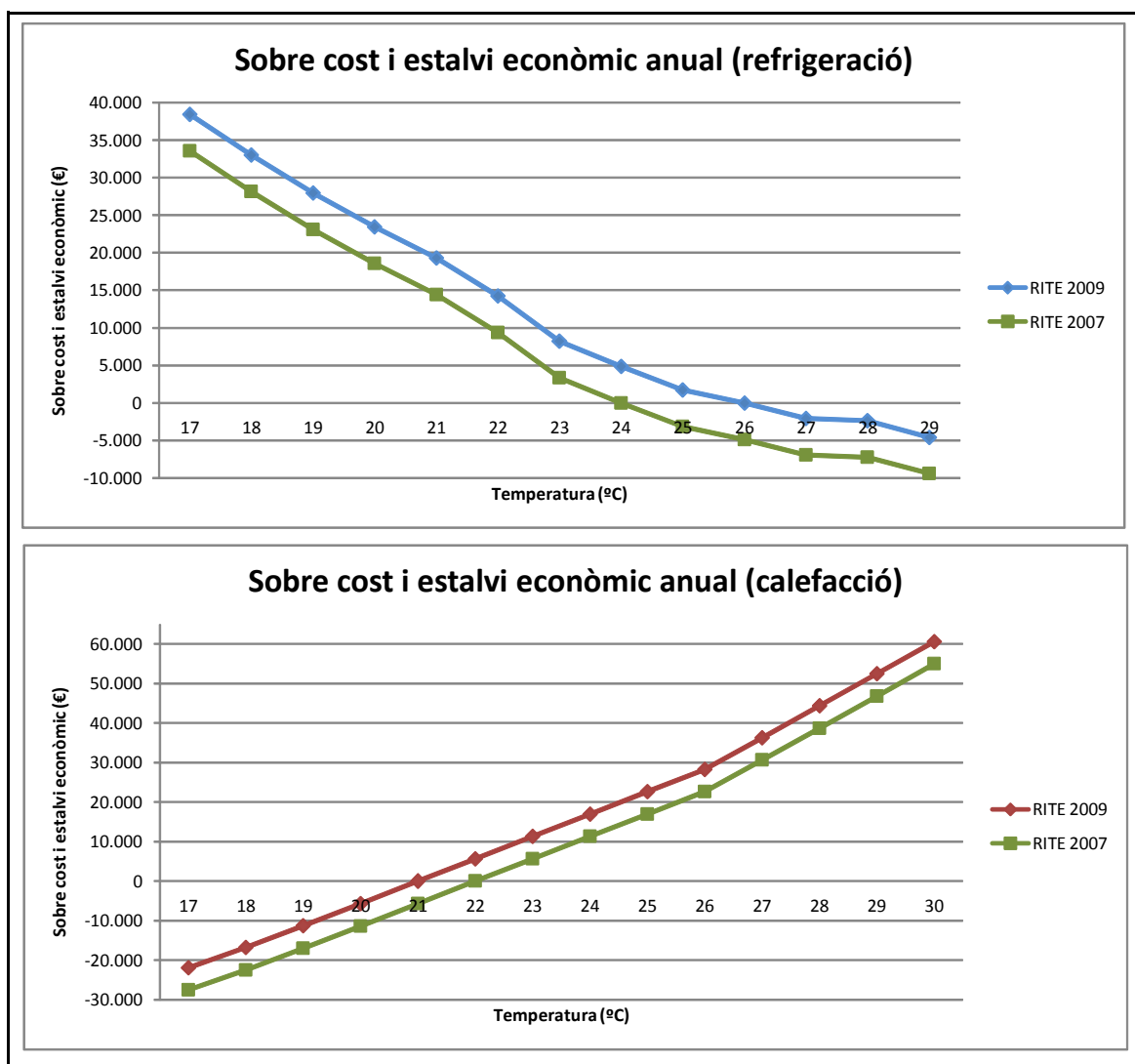


Figura 6.19.: Resum del sobre cost i estalvi econòmic per a cada temperatura respecte el RITE del 2009 i el RITE del 2007 durant els mesos d'estiu i d'hivern.

De fet, la normativa que marca l'actualització del nou RITE, el de l'any 2009, indica que les modificacions aplicades són per raons d'estalvi energètic, que és el que s'ha observat en aquest estudi. Tot i que queda en dubte si les temperatures establertes aporten confortabilitat a la temperatura ambient interior de l'oficina, ja que és conegut que pocs usuaris usin com a màxim la temperatura de 21°C en els seus aparells de calefacció durant els mesos d'hivern i com a mínim la temperatura de 26°C en els aparells de refrigeració durant els mesos d'estiu. Per tant, el debat si el RITE de l'any 2009 és millor que el de l'any 2007, s'hauria d'avaluar



amb l'ampliació de nous càlculs on intervingui el confort tèrmic com una dada determinant per extreure més conclusions, ja que des del punt de vista energètic i econòmic, usar el RITE de l'any 2009 és més eficient que no pas usar les temperatures indicades en el RITE de l'any 2007.

Diferència entre RITE 2009 i RITE 2007								
	T (°C)	Consum energètic anual (kWh)	Consum econòmic anual (€)	RITE	Sobre cost energètic amb RITE 2007 (kWh)	Sobre cost econòmic amb RITE 2007 (€)	Estalvi energètic amb RITE 2009 (kWh)	Estalvi econòmic amb RITE 2009 (€)
ESTIU	24	249.800	34.989	2007	34.700	4.860	-34.700	-4.860
	26	215.100	30.129	2009				
HIVERN	22	1.285.156	54.860	2007	133.009	5.678	-133.009	-5.678
	21	1.152.147	49.182	2009				

Taula 6.12.: Diferència de sobre cost i estalvi econòmic i energètic per a les temperatures de confort del RITE de l'any 2009 i el RITE de l'any 2007 per els mesos d'estiu i d'hivern.

Finalment, l'estalvi energètic que s'obté usant les temperatures de confort establertes en el RITE de l'any 2009 és de 34.700 kWh en els mesos d'estiu i 133.009kWh en els mesos d'hivern amb un estalvi econòmic de 4.860€ i 5.678€, respectivament.



7. ESTUDI ECONÒMIC

En aquest apartat es tracta de valorar de forma global els costos totals de les instal·lacions d' il·luminació i climatització definides en aquest projecte. Els preus resumits a continuació s'han obtingut dels catàlegs de tarifes comercials dels proveïdors i del banc BEDEC [25] de preus de l'any 2011 obtinguts a l'ITEC. En aquest preus hi ha inclosa la mà d'obra i la instal·lació dels elements detallats. A l'*Annex R* s'adjunten les referències i especificacions de codificació corresponents a cada partida.

En obres oficials es fixa un 13% del PEM (preu execució material) destinat a les despeses generals, i un 6% del PEM destinat al benefici industrial. Per tant, el PEC (preu execució per contracte) és la suma del PEM amb el 19% corresponent a despeses generals i benefici industrial, més el 18% d'IVA. (*Veure glossari.*)

Per realitzar el pressupost s'ha dividit el capítol d'instal·lacions en dos subcapítols, per una banda, el sistema elèctric i d'enllumenat, i per l'altra, el sistema de climatització. A cada partida de material, s'ha tingut en compte els elements necessaris per a cada planta, per tant, l'amidament resultant, és de 10 plantes, que com ja s'ha comentat en apartat anteriors, són idèntiques entre elles.

El resultat ha estat el següent:

- PEM (pressupost execució material) : CINQ-CENTS VINT-I-VUIT MIL NOU-CENTS DEU EUROS AMB SETANTA-QUATRE CÈNTIMS (528.910,74€).
- PEC (pressupost execució per contracte): SET-CENTS QUARANTA-DOS MIL SIS-CENTS NORANTA-SIS MIL EUROS AMB QUARANTA-SIS CÈNTIMS (742.696,46€).

La part corresponent al 13% del PEM destinat a despeses generals, és de 68.758,40€, i la part corresponent al 6% del PEM destinat a benefici industrial, és de 31.734,64€.

A la taula 7.1. es detalla el pressupost d'execució per contracte que resultaria d'executar el present projecte.

Per altra banda, s'avalua el que ha costat realitzar el projecte des del punt de vista de consum de paper, enquadernacions, salaris, etc., aquest cost és, tal i com s'observa a la taula 7.2., de 52.235,76€.



PRESSUPOST D'EXECUCIÓ PER CONTRACTE

OBRA PRESSUPOST 0948_Anàlisi de bones pràctiques de gestió
 01 energètica en edificis d'oficines
 CAPITOL OD INSTAL·LACIONS
 SUBCAPITOL OD1 ENLLUMENAT I ELECTRICITAT

NÚM.	CODI	UA	DESCRIPCIÓ	PREU	AMIDAMENT	IMPORT
1	EG3267X1	PA	Conjunt instal·lació elèctrica i enllumenat PLANTA TIPUS:			
			210 unitats de llumeneres T5 d'alta eficiència, marca 3F FILIPPI o similar (ref. ITEC EHA1E5R4) amb un preu (92,5€/u) muntada superficialment al sostre.	19.425,00 €	10	194.250,00 €
			600m de cablejat (ref. ITEC EG3121176) amb un preu (4,66€/m) amb coberta del cable de poliolefines amb baixa emissió de fums, col·locat en canal o safata.	2.796,00 €	10	27.960,00 €
			1 u de quadre general per a instal·lació elèctrica (ref. ITEC EG111591) amb un preu (215,37€/u) amb montatge inclòs.	215,37 €	10	2.153,70 €
			1 u programador electrònic horari (ref. ITEC EG7A1121) amb un preu (74,57€/u) amb un interval mínim de programació d'1min, encastat.	74,57 €	10	745,70 €
			600m de tub flexible per ubicar cablejat (ref. ITEC EG222711) amb un preu (1,03€/m) muntat i encastat.	618,00 €	10	6.180,00 €
			6 u quadre d'interruptors magnetotèrmics (ref. EG41D5PH) amb un preu (228,36€/u) muntat superficialment.	1.370,16 €	10	13.701,60 €
			1 u Quadre d'interruptor diferencial (ref. EG42WCPP) amb un preu (275,11€/u) muntat directament adossat a l'interruptor	275,11 €	10	2.751,10 €
TOTAL	SUBCAPITOL	01.OD.OD1				247.742,10 €

OBRA PRESSUPOST 0948_Anàlisi de bones pràctiques de gestió
 01 energètica en edificis d'oficines
 CAPITOL OD INSTAL·LACIONS
 SUBCAPITOL OD2 CLIMATITZACIÓ

NÚM.	CODI	UA	DESCRIPCIÓ	PREU	AMIDAMENT	IMPORT
1	EG3267F2	PA	Conjunt instal·lació Clima, Calefacció i ventil·lació Planta tipus. (HVAC) O SIMILAR			
			. Conjunt sistema calefacció			
			1 u Caldera central (ref. ITEC EE22AS47) amb un preu proporcional a cada planta (1761,11€/planta)	1.761,11 €	10	17.611,10 €
			16 u Radiadors tipus fosa (ref. ITEC EE315391) amb un preu (85,17€/u)	1.362,72 €	10	13.627,20 €
			300m instal·lació tubs + petit material (ref. ITEC EF32D785) amb un preu (53,72€/m)	16.116,00 €	10	161.160,00 €
			. Conjunt sistema refrigeració			
			1 u UTA central de tractament d'aire (ref. ITEC EEJTAQX1) amb un preu proporcional a cada planta (1505,114€/planta)	1.505,11 €	10	15.051,14 €
			4 u Fan Coils horitzontals (ref. ITEC EEJ11122) amb un preu (516,23€/u)	2.064,92 €	10	20.649,20 €
			150m instal·lació tubs (ref. ITEC EF32D785) amb un preu (30,72€/m)	4.608,00 €	10	46.080,00 €
			150m de cablejat (ref. ITEC EG3121176) amb un preu (4,66€/m), col·locat en canal o safata.	699,00 €	10	6.990,00 €
TOTAL	SUBCAPITOL	01.OD.OD2				281.168,64 €

PRESSUPOST EXECUCIÓ MATERIAL (PEM)**528.910,74 €****13,00% DESPESES GENERALS SOBRE 528.910,74€****68.758,40 €****6,00% BENEFICI INDUSTRIAL SOBRE 528.910,74€****31.734,64 €****SUBTOTAL****629.403,78 €****18,00% IVA SOBRE 629.403,78€****113.292,68 €****PRESSUPOST EXECUCIÓ PER CONTRACTE (PEC)****742.696,46 €**

Aquest pressupost d'execució per contracte puja a la quantitat de:
 (SET-CENTS QUARANTA-DOS MIL SIS-CENTS NORANTA-SIS EUROS AMB QUARANTA-SIS CÈNTIMS)

Figura 7.1.: Pressupost d'Execució per Contracte del Projecte

COST PER A REALITZAR EL PROJECTE			
DESCRIPCIÓ	UNITATS (u, h, km)	COST UNITARI (€)	COST TOTAL (€)
Folis reciclats DIN-A4 (paquets de 500 folis)	2u	2,88 €/u	5,76 €
Enquadernacions	6u	8 €/u	48,00 €
Equip tècnic redactor del projecte (1 persona)	840 h	60 €/h	50.400 €
Desplaçaments (Mataró - Barcelona per C-32)	5400 km	0,33€/km	1.782 €
TOTAL			52.235,76 €

Taula 7.2.: Resum del cost per a realitzar el projecte

Finalment, s'ha considerat que seria interessant avaluar el cost mensual del sistema d'il·luminació i climatització de l'edifici (10 plantes), treballant en règim de funcionament normal (10h diàries). Tenint en compte aquestes dades, a la taula 7.3. s'observa que el cost mensual dels consums de l'edifici seria de 10.985,01€. Per tant, el cost mensual per planta seria de 1.098,50€, essent un 29% el cost procedent del sistema lumínic i un 71% el cost procedent dels sistemes de climatització.

COST MENSUAL DELS CONSUMS EDIFICI			
DESCRIPCIÓ	CONSUM (kWh)	COST UNITARI (€)	COST TOTAL (€)
Consum elèctric Enllumenat: 210 lluminàries tipus T5 funcionant durant 2h al dia + 181 lluminàries T5 funcionant durant 6h al dia	19.277 kWh	0,140069 €/kWh ¹	2.700,11 €
Consum elèctric Refrigeració: Sistema treballant a T=26°C (RITE 2009)	17.925 kWh	0,140069 €/kWh ¹	2.510,74 €
Consum de gas natural Calefacció: Sistema treballant a T=21°C (RITE 2009)	96.012 kWh	0,04268716€/kWh ²	4.098,48 €
Subtotal			9.309,33 €
IVA		18%	1.675,68 €
TOTAL			10.985,01 €

¹Essent la tarifa elèctrica TEU₀ de 0,140069€/kWh

²Essent la tarifa tarifa de gas natural TR.2 de 0,04268716€/kWh

Taula 7.3.: Resum del cost mensual dels consums de l'edifici





8. ANÀLISI D'IMPACTE AMBIENTAL

El que hom pretén en aquest apartat és definir com interactua ambientalment la instal·lació de climatització i d'il·luminació de l'edifici del present projecte amb l'entorn que l'envolta. Per determinar quins són els afectes que provoca aquest impacte, només es tenen en compte règims de funcionament normals dels equips.

Com ja s'ha comentat en apartats anteriors, l'edifici es troba ubicat a la ciutat de Barcelona, és per això que per resumir de forma ordenada els punts ambientals més importants, es prendrà com a referència la Ordenança general del medi ambient urbà de Barcelona (aprovada el 26 de març de l'any 1999).

8.1. Contaminació tèrmica

No es preveu en règim normal de funcionament cap focus de calor o fred en la nostra instal·lació amb excepció del tubs de distribució de refrigerant que es troben aïllats de l'exterior.

8.2. Contaminació acústica

Per tal de poder diferenciar les diferents sensibilitats acústiques exteriors de la ciutat de Barcelona, les ordenances municipals estableixen diferents zones de sensibilitat. Segons el vial del carrer i el trànsit existeixen diferents classificacions on s'indiquen els límits d'emissions acústiques permesos (Veure *Annex B*). L'edifici d'aquest projecte es pot definir segons dos tipus de zones acústiques però es contemplarà la més restrictiva: ZONA TIPUS II Sector d'ús d'habitatge i residencial amb limitacions de 7 a 22h de 65dBA i de 22h a 7h de 55dBA.

Donat que la instal·lació és d'ús comprés entre les 7 a les 22h el límit acústic serà de 65dBA. Els equips interiors seleccionats no sobrepassen els 50dBA i els equips exteriors a la coberta no sobrepassen els 61dBA a plena potència i els 50dBA en mode nocturn segons indicacions dels fabricants.

8.3. Sanejament d'aigua residual

El basament previst serà la condensació de la humitat ambient interior produïda pels equips de climatització quan treballin en mode refrigeració. Aquesta humitat ambient interior serà



extreta directament de les unitats interiors de tractament d'aire cap a les instal·lacions de sanejament de l'edifici.

8.4. Gestió de residus

No es preveu en règim normal de funcionament cap tipus de residus derivats de la instal·lació de climatització a excepció de les partícules ambientals pròpies de la ciutat de Barcelona acumulades als filtres de l'aire interior i dels filtres de captació d'aire exterior.

Quan la vida útil de la instal·lació de climatització finalitzi i s'hagi de retirar tots els elements que componen la instal·lació, es reciclarà tots aquets elements, essent els elements principals a considerar: refrigerant R410A, coure, xapa d'acer galvanitzada, fibra de vidre, alumini, polímers aïllants i PVC dels desguassos.

Per a la realització de reparacions o substitucions dels equips de climatització serà obligatori recuperar el refrigerant de la instal·lació per al seu corresponent tractament com a residu.

8.5. Contaminació atmosfèrica

En règim normal de funcionament no es preveu cap emissió a l'exterior d'agents contaminants de cap tipus. Les emissions a l'exterior que provenen de la renovació de l'aire de ventilació per tal de garantir l'aire interior són filtrades abans de sortir a l'ambient exterior. Tampoc es preveu en règim normal de funcionament cap tipus d'emissions de mals olors.

Tanmateix, a l'apartat anterior on s'ha calculat el cost del projecte, s'han avaluat el cost dels consums elèctrics provinents del sistema de refrigeració i il·luminació i el cost del gas natural provinent del sistema de calefacció, per aquest motiu, a continuació s'avaluen les emissions mensuals de CO₂ emeses pels consums de l'edifici.

Emissions anuals de l'edifici		
Descripció	Consum energètic mensual (kWh)	Emissions Totals (t de CO ₂ /any)*
Consum elèctric Enllumenat: 210 lluminàries tipus T5 funcionant durant 2h al dia + 181 lluminàries T5 funcionant durant 6h al dia	258.048	46,707
Consum elèctric Refrigeració: Sistema treballant a T=26°C	215.100	38,933
Consum de gas natural Calefacció: Sistema treballant a T=26°C	1.152.144	208,538
TOTAL	1.625.292	294,178

* Càlcul amb les últimes dades disponibles de l'any 2010 de la OCC (Observatori de la Comunitat Científica).

Taula 8.1.: Resum de les emissions anuals de CO₂ provocades pels consums d'electricitat i gas natural



Segons un estudi realitzat per l'empresa Creara Consultores S.L., que és especialitzada en eficiència i estalvi energètic arreu de l'estat espanyol, ha realitzat diverses auditories energètiques a diferents oficines de Catalunya, on a la taula 8.2 s'hi recullen les dades auditades a quatre oficines catalanes.

Consums i emissions anuals en diferents oficines de Catalunya						
Ús	Localitat	Superfície Construída (m ²)	Consum d'energia del sistema de climatització i il·luminació (kWh)	Emissions de CO ₂ (t de CO ₂ /any)	Rati energètic (kWh/m ²)	Rati d'emissions de CO ₂ (kg de CO ₂ /m ² .any)
Administratiu	Catalunya	28.287	3.016.720	546	107	19
Administratiu	Catalunya	21.118	2.716.215	492	129	23
Administratiu	Catalunya	14.808	2.172.408	393	147	27
Administratiu	Catalunya	5.733	844.498	153	147	27

Taula 8.2.: Consums i emissions anuals de diferents oficines de Catalunya

S'observa que la mitjana del rati energètic és de 132,5 kWh/m², i el rati d'emissions de CO₂ és de 24 kg de CO₂/m².any. Per tant, si es tenen en compte aquests ratis, i es realitza el producte amb la superfície de l'edifici d'estudi, on es recorda que la superfície per planta és de 1296m², essent la superfície total de les 10 plantes de 12.960m². Si es realitza el producte d'aquesta superfície amb cada rati, s'obté:

- Consum energètic de l'edifici anual estimat per les auditories realitzades a l'exemple:

1.717.200 kWh

- Emissions de CO₂ de l'edifici anuals estimades per les auditories realitzades a l'exemple:

311,040 t de CO₂/any

Si aquestes dades es comparen amb les obtingudes en el cas de l'edifici d'estudi, que són les següents:

- Consum energètic de l'edifici anual estimat per les auditories realitzades a l'exemple:

1.625.292 kWh

- Emissions de CO₂ de l'edifici anuals estimades per les auditories realitzades a l'exemple:

294,178 t de CO₂/any

Es pot observar que les dades que s'obtenen en les simulacions realitzades són més favorables que les estimades amb els exemples que s'han pogut observar en edificis d'oficines de Catalunya. Un 5,42% inferior.





CONCLUSIONS

Durant la confecció d'aquest projecte s'ha observat que un 75% del consum d'un edifici d'oficines prové dels consums dels sistemes d'il·luminació, refrigeració i calefacció, conjuntament. Per aquest motiu, avui dia hi ha molts estudis relatius a millorar el disseny d'equips i sistemes tant de climatització com d'il·luminació, per exemple; utilitzar el *free cooling* en els sistemes tipus teulada, la utilització d'equips que permeten desplaçar la calor d'una part a l'altra de l'edifici, utilitzar la bomba de calor en zones on les temperatures exteriors es troben per sobre els 6 o 5°C, afavorir la contribució de la llum natural, utilitzar enllumenat general de baix nivell, utilitzar un sistema de gestió d'edificis (SGE) de control integrat; aquests són algunes de les metodologies que es troben actualment.

Els estudis existents han de permetre millorar l'eficiència energètica en entorns d'edificis a mig termini, però no a curt termini. En aquest sentit, hi ha una manca d'estudis en aquest camp sobre gestió dels sistemes d'il·luminació, refrigeració i calefacció dels edificis existents a l'actualitat, factor clau per millorar l'eficiència energètica a curt termini. En les simulacions realitzades, s'observa la gran millora que resulta si es gestionen adequadament aquests sistemes.

Escollir un sistema d'il·luminació amb lluminàries tipus T5 o similar d'alta eficiència, utilitzant una distribució uniforme amb un sistema de regulació de les hores amb contribució de la llum solar, respecte un sistema sense contribució de la llum diürna, ofereix estalvis econòmics de fins els 3.744€ anuals. A més a més, es pot disposar d'un sistema centralitzat de gestió que permeti automatitzar les persianes per afavorir la contribució de llum en les hores de sol evitant enlluernaments molestos pels usuaris, i que reguli l'encesa i apagada de les sales on no hi hagi cap usuari durant un determinat temps.

Des del punt de vista d'estalvi energètic i econòmic, utilitzar en un sistema de climatització les temperatures establertes en el RITE de l'any 2009 resulta més eficient que no pas usar les temperatures indicades en el RITE de l'any 2007, on durant els mesos d'estiu i d'hivern s'aconsegueixen estalvis econòmics anuals de 4.860€ i 5.678€, respectivament. Però, és conegut que pocs usuaris facin servir com a màxim la temperatura de 21°C en els seus aparells de calefacció durant els mesos d'hivern i com a mínim la temperatura de 26°C en els aparells de refrigeració durant els mesos d'estiu, per tant, queda obert el debat si el RITE de l'any 2009 és més viable que el de l'any 2007. Com a proposta de línia de futur en altres projectes seria interessant avaluar la contribució del confort tèrmic en aquest tipus de sistemes.

Finalment, destacar que l'edifici que s'ha estudiat en aquest projecte redueix en un 5,42% les emissions de CO₂ a l'atmosfera respecte a dades estimades per l'empresa especialitzada en



eficiència i estalvi energètic arreu de l'estat espanyol, Creara Consultores S.L., i que ha realitzat diverses auditories energètiques a diferents oficines de característiques similars a Catalunya, essent aquest valor de 294,178 t de CO₂/any.



AGRAÏMENTS

En primer lloc, agraeixo a la meva família i amics pel suport que m'han mostrat durant la realització d'aquest projecte, sense ells, la tasca avui finalitzada, no s'hauria realitzat amb l'esperit i les ganes que s'hi han dipositat.

També, vull agrair a la tutora del meu projecte el recolzament que ha mostrat al llarg d'aquests mesos, i el interès dedicat a fer la tasca més soferta.

Finalment, agrair a l'Escola Tècnica d'Enginyers Industrials de Barcelona (ETSEIB) per haver-me ensenyat els coneixements i aptituds per dur a terme la confecció d'aquestes pàgines.



BIBLIOGRAFIA

Referències bibliogràfiques

- [1] **ASHRAE**, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. *Fundamentals Volume (S.I. edition.). Thermal Comfort*. Atlanta, 2001.
- [2] **QUADRI ,N.** *Ahorro energético y aprovechamiento de la energía en la climatización de edificios*. Octubre 2008. Revista CLIMA núm. 214.
- [3] **EZQUERRO, G.; GANDOLFO, M.; RAMOS, A.** *Guía técnica de eficiencia energética en Iluminación. Oficinas*. Octubre 2009, IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía).
- [4] **HERNÁNDEZ, V.** *Habilidad energética en oficinas*. Tesis doctoral. UPC, 2005. Escola Tècnica Superior d'Arquitectura de Barcelona.
- [5] Servei Meteorològic de Catalunya. Anuari de dades meteorològiques 2010. Observatori Fabra [Disponible a www.meteocat.es]
- [6] **GRUPO JG, INGENIEROS CONSULTORES.** *Guía Técnica. Coordinación. Climatización. Espacio*. Documento de trabajo de Grupo JG. Edición Octubre 2008. Barcelona.
- [7] **CALOR Y FRIO.** *Climatización i eficiencia energética*. Setembre 2005. Article nº8, revista Calor y frío. [Disponible a www.caloryfrio.com]
- [8] **ALAVEDRA, P.; DOMÍNGUEZ, J.; GONZALO, E.; SERRA, J.** *La construcción sostenible. El estado de la cuestión*. Botlletí CF+S (Ciutats per un futur més sostenible). Edita: Institut Juan de Herrera. Gener 1998, núm. 4. [Disponible a <http://habitat.ap.upm.es/boletin/n4/apala.html>]
- [9] **PETERS, CHRISTOPH I JOSEP M. GRANOLLERS.** *Estalvi i eficiència energètica en edifici públics*. Octubre 2009. ICAEN (Institut Català d'Energia).
- [10] Pàgina web del Código Técnico de la Edificación, www.codigotecnico.org
- [11] **CARRIER AIR CONDITIONING CO.:** *Manual de Aire Acondicionado*. Barcelona, Marcombo, 2010



- [12] **QUADRI, N.** *Luz natural en habitaciones interiores (Conceptos generales)*. Febrer, 2005. DIN 5034, Part 2.
- [13] **EICHER, P.** *Utilización de la luz natural*. Gener, 2005. Universitat de Zürich.
- [14] **EMPRESA LUXMATE.** *Potencial de ahorro de energía con un sistema de gestión de iluminación en función de la luz diurna tomando como ejemplo el edificio de oficinas "Grafaneu" en la ciudad suiza de Zug*. Schmelzhuetterstrasse, 2006
- [15] **ASHRAE**, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. *Standard 62-2001. Ventilation for Acceptable Indoor Air Quality*. Atlanta 2001.
- [16] **PR MONDELO** [et al.]. *Ergonomía 2. Confort y Estrés Térmico*. Barcelona, 1995, Edicions UPC.
- [17] **EPA**, United States Environmental Protection Agency. *Energy Costs and IAQ Performance of Ventilation Systems and Controls*. Washington, 2000.
- [18] **EMPRESA CIATESA.** *Mejora de la eficiencia energética en instalaciones de climatización. Recuperación de calor*. Barcelona, Febrer 2007.
- [19] Dades de l'energia. Març 2009. ICAEN (Institut Català d'Energia). [Disponible a <http://www20.gencat.cat/portal/site/icaen>]
- [20] **EISSA (Energètica d'Instal·lacions Sanitàries S.A.)**. *Climatització a EISSA*. Gener 2007, Barcelona. [Disponible www.eissa.es]
- [21] **SOL I CLIMA** . *Comparación entre una bomba de calor y una caldera convencional*. Març 2005, Madrid. Empresa Sol i Clima. [Disponible <http://www.solclima.com/>]
- [22] La enciclopèdia lliure "Wikipedia", www.wikipedia.org
- [23] Programa per a la simulació de sistemes d'il·luminació, DIALux 4.7.
- [24] Programa per a la simulació de sistemes de climatització, eQUEST 2.55.
- [25] **ITeC (INSTITUT DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓ DE CATALUNYA)**. *Banc BEDEC*. Any 2011. [Disponible a www.itec.es/default.asp]
- [26] **Ajuntament de Barcelona**. ORDENANÇA GENERAL DEL MEDI AMBIENT URBÀ. 26 de març de 1999. *Butlletí Oficial de la Província de Barcelona*, Núm. 143, Annex I / pàg. 3 de data 16 de juny del 1999.



Bibliografia complementària

- Documents tècnics

EZQUERRO, G.; GANDOLFO, M.; RAMOS, A.; URRACA, I. *Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Oficinas.* Publicacions Tècniques IDAE (Instituto para la Diversificación i Ahorro de la Energía). Madrid 2001

CEI (COMITÉ ESPAÑOL DE ILUMINACIÓN), IDAE (INSTITUTO PARA LA DIVERSIFICACIÓN Y AHORRO DE LA ENERGÍA) Y CSCAE (CONSEJO SUPERIOR DE LOS COLEGIOS DE ARQUITECTOS DE ESPAÑA). *Guía Técnica Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios.* Informes IDAE. 2008

ÁREA DE ENERGÍA DE L 'INSTITUT ILDEFONS CERDÀ. *Guía de la Edificación Sostenible. Calidad energética y medioambiental en edificación.* Editada per el Instituto para la Diversificación i Ahorro de la Energía (IDAE), el Ministerio de Fomento i la fundació privada Institut Ildefons Cerdà. Madrid. 1998

ASHRAE, American Society of Heating, Refrigerating and Air-Conditioning Engineers. *Fundamentals Volume (S.I.edition). Indoor Environmental Health.* Atlanta, 2001.

F J REY, E VELASCO, L CALLES. *Calidad Energética de edificios en España.* Vol. 389, El Instalador, setembre 2002.

LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY. JAMES J. HIRSCH & ASSOCIATES. *DOE 2.2. Building Energy Use and Cost Analysis Program.* Berkeley, 2003, Vol. 1,2,3,4,5,6.

LAWRENCE BERKELEY NATIONAL LABORATORY. JAMES J. HIRSCH & ASSOCIATES. *eQUEST Training for Design and Construction Professionals. Sample Output (SIM file and BDL file).* Berkeley, 2000.

BRIAN PAUL. *Dialux Versión 4.7 El estándar de software para el cálculo de iluminación.* 2009.

- Documents normatius

Espanya. **ANNEX III. CONDICIONES AMBIENTALES DE LOS LUGARES DE TRABAJO.** Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. *Butlletí Oficial de l'Estat*, 23 d'abril de 1997, núm. 93, p.12918



Espanya. **ANNEX IV. ILUMINACIÓN DE LOS LUGARES DE TRABAJO.** Real Decreto 486/1997, de 14 de abril. *Butlletí Oficial de l'Estat*, 23 d'abril de 1997, núm. 93, p.12918

Espanya. **CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN.** Real Decreto 314/2006, de 17 de març. *Butlletí Oficial de l'Estat*, 28 de març de 2006, núm. 74, p.11816. [Disponible en www.codigotecnico.org]

Catalunya. **DECRET D'ECOEficiència.** Decret 21/2006, de 14 de febrer. *Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya*, 16 de febrer de 2006, núm. 4574, p. 7567.

Espanya. **UNE-EN ISO 7730:2006, ERGONOMÍA DEL AMBIENTE TÉRMICO.** 25 d'octubre del 2006. AENOR [Disponible a www.aenor.es]

Espanya. **NORMA BÁSICA DE EDIFICACIÓN. CONDICIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS.** Real Decreto 2429/1979, de 6 de juliol. *Butlletí Oficial de l'Estat*, 22 d'Octubre de 1979.

Espanya. **NORMA BÁSICA DE EDIFICACIÓN. CONDICIONES ACÚSTICAS EN LOS EDIFICIOS.** Ordre del 29 de setembre de 1988. *Butlletí Oficial de l'Estat*, 8 d'octubre de 1988.

Espanya. **NOTA TÉCNICA DE PREVENCIÓN 501. AMBIENTE TÉRMICO: INCONFORT TÉRMICO LOCAL.** Real Decreto 1751/1988, de 31 de juliol. *Butlletí Oficial de l'Estat*, 5 d'agost de 1988. [Disponible en www.mtas.org]

Espanya. **NOTA TÉCNICA DE PREVENCIÓN 211. ILUMINACIÓN DE LOS CENTROS DE TRABAJO.** Real Decreto 486/1997. *Butlletí Oficial de l'Estat*, 23 d'abril de 1997. [Disponible en www.mtas.org]

Espanya. **NOTA TÉCNICA DE PREVENCIÓN 242. ERGONOMÍA: ANÁLISI ERGONÓMICO DE LOS ESPACIOS DE TRABAJO EN OFICINAS.** Real Decreto 486/1997. *Butlletí oficial de l'Estat*, 23 d'abril de 1997. [Disponible en www.mtas.org]

Espanya. **NOTA TÉCNICA DE PREVENCIÓN 503. CONFORT ACÚSTICO: EL RUIDO EN OFICINAS.** Llei 37/2003, de 17 de novembre, del soroll. *Butlletí oficial de l'Estat*, 18 de novembre de 2003. [Disponible a www.mtas.org]

Espanya. **NOTA TÉCNICA DE PREVENCIÓN 742. VENTILACIÓN GENERAL DE EDIFICIOS.** Real Decreto 486/1997. *Butlletí oficial de l'Estat*, 23 d'abril de 1997. [Disponible a www.mtas.org]



Ajuntament de Barcelona. **ORDENANÇA GENERAL DEL MEDI AMBIENT URBÀ.** *Aprovada definitivament per acord del Consell Plenari de data 26 de març de 1999. Butlletí Oficial de la Província de Barcelona, Núm. 143, Annex I / pàg. 3 de data 16 de juny del 1999.*

Catalunya. **PLA D'ENERGIA DE LA GENERALITAT DE CATALUNYA 2006-2015.** *Institut Català d'Energia.* [Disponible a www20.gencat.cat/portal/site/icaen]

Espanya. **REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS (RITE).** Real Decreto 1027/2007, de 20 de juliol. *Butlletí Oficial de l'Estat*, 29 d'agost del 2007.

Espanya. **REGLAMENTO DE INSTALACIONES TÉRMICAS EN LOS EDIFICIOS (RITE).** Real Decreto 1086/2009, de 27 de novembre. *Butlletí Oficial de l'Estat*, 11 de desembre del 2009.

Europeu. **STANDARD 55-1992 ASHRAE.** 15 d'octubre de 1992. [Disponible www.ashrae.org]

Espanya. **TARIFICACIÓN ELÉCTRICA.** Real Decreto 1634/2006, de 29 de desembre. *Butlletí Oficial de l'Estat*, 30 de desembre de 2006, núm. 312, p. 46656.

- **Catàlegs**

3F FILIPPI. "*Illuminazione 3F Filippi spa*". Any 2010.

PANASONIC. "*Ideas for live*". Any 2010.

ITeC (INSTITUT DE TECNOLOGIA DE LA CONSTRUCCIÓ DE CATALUNYA). "*Banc BEDEC*". Any 2011.

- **Tesis Doctorals**

LÓPEZ PLAZAS, Fabian. "*Tesis doctoral sobre el uso y la gestión como los factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación. Una aportación para reducir el impacto ambiental de los edificios*". UPC, Febrero 2006

- **Pàgines web**

EISSA (Energètica d'Instal·lacions Sanitàries, S.A.): <http://www.eissa.es/>

IDAE (Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía): <http://www.idae.es/>

ICAEN (Institut Català d'Energia): <http://www20.gencat.cat/portal/site/icaen>

AGENCIA DE RESIDUS DE CATALUNYA: <http://www20.gencat.cat/portal/site/arc/>



ETSEIB: <http://www.elseib.upc.edu/>

REE (Red eléctrica de España): <http://www.ree.es/>

SARA (Sustainable Architecture Applied to Replicable Public Access Buildings): www.sara-project.net

ECO buildings : <http://www.ecobuildings.info/>

