

Estudi per a la millora de l'eficiència energètica de l'edifici TR8 del campus de Terrassa



Autor: Gerard Mir Camats

Tutors: Núria Garrido i Albert Masip

Juny 2014

Agraïments

A tota la meva família i amics pel suport rebut durant la realització d'aquest projecte, ja que sense aquesta motivació extra no hauria estat possible.

I també agrair als tutors Núria Garrido i Albert Masip per la cooperació i confiança rebuda en tot moment i al personal de manteniment i consergeria de la UPC per la seva col·laboració que han estat de gran ajuda.

Índex

1. Introducció.....	1
1.1. Pròleg.....	1
1.2. Motivació del projecte.....	1
1.3. Descripció introductòria.....	2
2. Objectius	3
3. Resum executiu	5
3.1. Que són els POE?.....	5
3.2. Antecedents	5
3.3. Edifici a estudiar	6
3.4. Consideracions prèvies	6
4. Metodologia.....	7
4.1. Treball de camp.....	7
4.1.1. Aparells utilitzats	9
4.2. Ocupació del edifici.....	11
4.3. Alumnes matriculats.....	12
4.4. Obtenció de taules	12
4.5. Càlcul potència diària consumida.....	15
4.6. Comparació potència consumida calculada i Sirena.....	16
4.7. Il·luminació edifici.....	18
4.8. Consum tèrmic.....	20

5. Anàlisi i discussió de resultats	23
5.1. Consum elèctric	23
5.2. Il·luminació edifici	26
5.3. Consum tèrmic.....	28
6. Propostes de millora	37
6.1. Descripció	37
6.2. Avaluació.....	37
6.3. Estalvi econòmic	39
6.4. Priorització de mesures	40
7. Model matemàtic	43
7.1. Metodologia	44
7.1.1. Determinació de l'estructura del model.....	44
7.1.2. Determinació de l'ordre del model	44
7.1.3. Mínims quadrats.....	45
7.1.4. Validació del model.....	47
7.2. Model Consum elèctric	49
7.3. Model tèrmic de la temperatura interior	63
8. Conclusions.....	87
Annex A. Recull i anàlisi de dades	89
A.1. Consum Elèctric	90
A.1.1. Passadissos.....	90

A.1.2. Laboratoris	91
A.1.3. Despatxos	92
A.1.4. Exterior	93
A.1.5. Aula.....	94
A.1.6. Serveis	94
A.1.7. Sala Calderes.....	95
A.1.8. Consergeria	96
A.1.9. Secretaria	97
A.1.10. Aula Informàtica	98
A.1.11. Sala Menjador	99
A.1.12. Sortida d’Emergència	99
A.1.13. Seminari	100
A.1.14. Accessos	101
A.2. Gràfiques comparatives	102
A.2.1. Gràfica comparativa dilluns.....	102
A.2.2. Gràfica comparativa dimarts.....	103
A.2.3. Gràfica comparativa dimecres.....	104
A.2.4. Gràfica comparativa dijous	105
A.2.5. Gràfica comparativa divendres	106
A.2.6. Gràfica comparativa dissabte.....	107
A.2.7. Gràfica comparativa diumenge	108
A.3. Càlcul lumínic.....	109

A.3.1. Planta 3	109
A.3.2. Planta 2	109
A.3.3. Planta 1	110
A.3.4. Planta 0	110
A.4. Consum Tèrmic	111
A.4.1. Radiadors Planta 0	111
A.4.2. Radiadors Planta 1	112
A.4.3. Radiadors Planta 2	113
A.4.4. Radiadors Planta 3	114
9. Bibliografia	115

Índex de figures

Figura 4.1. Luxímetre	9
Figura 4.2. Wattímetre.....	10
Figura 4.3. Exemple full de càlcul.....	12
Figura 4.4. Taula potencia consumida W.....	15
Figura 4.5. Taula comparativa consums kW.....	17
Figura 4.6. Gràfica comparativa consums.....	17
Figura 4.7. Taula càlcul VEEI.....	19
Figura 4.8. Taula càlcul kWt.....	21
Figura 5.1. Gràfica comparativa consum elèctric setmanal.....	24
Figura 5.2. Gràfica comparativa Novembre	31
Figura 5.3. Gràfica comparativa Desembre.....	32
Figura 5.4. Gràfica comparativa Gener.....	33
Figura 5.5. Gràfica comparativa Febrer	34
Figura 5.6. Gràfica comparativa setmana tipus (Temperatura ext. alta).....	35
Figura 5.7. Gràfica comparativa setmana tipus (temperatura ext. baixa).....	36
Figura 6.1. Taula consum de fons.....	40
Figura 6.2. Taula consum il·luminació exterior.....	40
Figura 6.3. Taula estalvi econòmic	40
Figura 7.1. Estructura model consum elèctric.....	50
Figura 7.2. Gràfica del FIT per un model OE d'ordre 0.....	53
Figura 7.3. Gràfica FIT per a un model OE d'ordre 20	55

Figura 7.4. Diagrama pols i zeros model ordre 20	56
Figura 7.5. Gràfic FIT per a un model OE d'ordre 4	57
Figura 7.6. Taula resultats simulació model elèctric ordre 20.....	59
Figura 7.7. Taula resultats simulació model elèctric ordre 4	60
Figura 7.8. Taula resultats validació model ordre 4 Novembre	61
Figura 7.9. Taula resultats validació model ordre 4 Abril	62
Figura 7.10. Estructura model temperatura interior.....	64
Figura 7.11. Gràfica del FIT del model tèrmic d'ordre 20	67
Figura 7.12. Gràfica del FIT del model tèrmic d'ordre 3.....	68
Figura 7.13. Taula resultats simulació model tèrmic ordre 20.....	71
Figura 7.14. Taula resultats simulació model tèrmic ordre 3	72
Figura 7.15. Taula resultats validació model tèrmic Novembre	76
Figura 7.16. Taula resultats validació model tèrmic Desembre.....	76
Figura 7.17. Taula resultats validació model tèrmic Gener.....	77
Figura 7.18. Taula resultats validació model tèrmic Març.....	77
Figura 7.19. Gràfica comparació temperatura amb el predictor ARX.....	80
Figura 7.20. Gràfica simulació temperatura amb retard	84
Figura A.1. Llegenda fulls de càlcul	89

1. Introducció

1.1. Pròleg

Aquest és un projecte d'estudi d'eficiència energètica de l'edifici TR8 (FOOT) Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa del campus UPC de Terrassa. En aquest projecte és realitzarà l'estudi dels consums d'energia elèctrica i gas d'aquest edifici i també és farà un model matemàtic a partir del programa Matlab capaç de descriure el comportament de l'edifici a partir de resultats d'escenaris passats i poder predir així escenaris futurs amb l'objectiu principal de decidir quan s'ha d'engegar la caldera i la il·luminació per poder optimitzar el seu funcionament i reduir el consum. Aquest projecte està inclòs dins dels projectes POE (Projectes d'optimització energètica) de la UPC, la descripció del qual és troba a l'apartat **3.1** del present projecte.

1.2. Motivació del projecte

Aquest projecte ha sorgit a causa de diferents circumstàncies. El principal ha estat després de les diferents assignatures cursades durant el Grau d'Enginyeria Elèctrica de voler fer un projecte amb el qual poder relacionar la energia elèctrica amb la economia els qual són dos aspectes molt importants avui en dia i amb els quals m'agrada treballar.

I el fet de que és realitzin projectes d'aquest tipus dins de la universitat i que tant els professors com les persones que estan involucrades en aquests temes, tinguin aquestes ganes per treballar-hi ha estat el punt culminant per a voler tirar-lo endavant i poder assolir els objectius.

1.3. Descripció introductòria

Per poder realitzar el projecte d'optimització energètica i poder extreure conclusions el primer pas a realitzar, és fer un treball de camp de tot l'edifici que s'està estudiant per poder trobar tots els punts de consum elèctrics i tèrmics que hi ha dins del mateix.

Per a poder dur a terme aquest treball s'han realitzat uns fulls de càlcul en els quals s'indica en cadascun dels espais de l'edifici (aules, laboratoris, despatxos, zones comuns, exterior) els diferents punts de consum que tenim (enllumenat, informàtica, maquinària, clima, electrodomèstics) i les respectives potències de cadascun dels aparells, amb aquestes dades s'obté la potència consumida en cadascun dels espais, durant una hora en la que l'espai estigui ocupat.

A més d'obtenir la potència elèctrica consumida a l'edifici també s'ha estudiat la il·luminació del mateix, mesurant els lux en els diferents espais, per saber si aquesta és l'adient per a poder desenvolupar correctament el treball per al que està destinat.

El següent pas és obtenir els horaris d'ocupació de les diferents aules i a partir de la realització d'una enquesta al professorat s'obté els horaris d'ocupació dels despatxos.

Per a la part tèrmica, l'estudi que s'ha realitzat és un inventari per a obtenir els *kW* que emeten els diferents punts de consum de gas que té l'edifici, a partir del model i les mesures dels diferents radiadors que hi ha en cadascun dels espais. En aquest cas s'haurà de tenir en compte les pèrdues que tenim a causa de la conducció de l'aigua fins als diferents punts de consum.

2. Objectius

- Millorar l'eficiència energètica de l'edifici Facultat d'Òptica i Optometria de Terrassa (FOOT).
- Realitzar un inventari exhaustiu de tots els punts de consum d'electricitat i gas que tenim a l'edifici.
- Definir els indicadors energètics dels diferents espais, segons l'ús i l'ocupació de l'edifici TR8.
- Crear un model matemàtic amb el qual puguem decidir quan engegar la caldera i la il·luminació general de l'edifici.

3. Resum executiu

3.1. Que són els POE?

Els POE (Projectes d'Optimització Energètica) són projectes de millora i innovació de la gestió energètica treballats a nivell de comunitats d'edificis de la UPC. El 30% de l'estalvi energètic d'un edifici es pot assolir amb mesures organitzatives i de gestió realitzades per la comunitat que l'utilitza.

Modificant els patrons d'ús i de gestió, sense alterar l'habitabilitat de l'edifici ni haver d'invertir en mesures estructurals podem fer estalvi energètic.

L'estalvi energètic és una prioritat de les actuacions de sostenibilitat de la universitat, tant per motius econòmics com ambientals (reducció de dependència de recursos no renovables i de l'impacte ambiental).

3.2. Antecedents

Aquest és el tercer any que és realitzen els POE, l'any 2011 és va realitzar una fase pilot en la qual van participar 13 edificis de la comunitat UPC i dels quals és van obtenir uns resultats molt positius i després d'això els POE és van repetint cada any per anar reduint progressivament la demanda energètica dels edificis de la UPC, gràcies a la participació dels usuaris dels mateixos. L'any 2012 hi van participar 22 edificis més i en aquest curs 2013-2014 pel que fa al campus de Terrassa que és el que a mi m'afecta s'està realitzant el POE per als edificis TR1, TR2, TR3 i TR8 simultàniament tres alumnes de la UPC de Terrassa.

Els POE són el pas previ abans de realitzar inversions en eficiència energètica, que a part, de ser costoses, podrien estar mal dimensionades si no és fa primer una racionalització de les necessitats de cadascun d'aquests edificis.

3.3. Edifici a estudiar

L'edifici que s'ha estudiat en aquest projecte és l'edifici TR8 (FOOT) Facultat d'Òptica i Optometria del campus de la UPC de Terrassa, aquest és un edifici construït l'any 1992 situat al carrer Violinista Vellsolà, 37 (08222) de Terrassa i l'arquitecte del qual va ser Enric Rello Roque.

L'edifici TR8 té una superfície total construïda de 6.493,88 m², distribuït en 4 plantes. La P0 i P1 estan per sota del nivell del carrer on hi ha l'entrada a l'edifici situada a la P2 i per tant aquestes dues tenen menys llum natural encara que l'edifici està construït en un terreny amb pendent i això fa que els laterals de l'edifici sí que tinguin entrada de llum natural en totes les seves plantes. En la P2 i P3 a més de les diferents finestres de l'edifici també tenim dos patis interiors de 374,48 m² i 213,37 m² respectivament, que aporten molta llum natural al edifici.

3.4. Consideracions prèvies

S'ha de tenir en compte que l'edifici no té un ús igual al llarg de tot l'any ja que hi ha períodes lectius en els quals hi ha classes a les diferents aules i laboratoris i els despatxos del professorat i recerca estan ocupats, però també tenim altres períodes no lectius i d'exàmens. Durant el període d'exàmens les aules només estan ocupades durant unes hores concretes al dia i la resta d'aules estan desocupades i durant el període d'estiu i vacances les aules destinades a la docència estan tancades però la resta de l'edifici ocupada pel professorat i personal de recerca continua la seva activitat, en el mes d'agost l'edifici està gairebé buit en la seva totalitat, encara que hi pot haver un petit consum.

Una altra de les consideracions prèvies importants és l'envolupant de l'edifici i l'orientació i la situació del mateix, ja que això ens afecta en els nostres consums d'electricitat i gas, però en aquest cas això ja no és pot variar ja que l'edifici ja està construït.

4. Metodologia

La metodologia a seguir per a la realització del projecte té diferents punts importants sense els quals no és podrà assolir l'objectiu final, la qual ha d'estar ben estructurada per a que el projecte pugui arribar a bon port.

4.1. Treball de camp

La primera part del projecte i la més laboriosa a causa de les dimensions i el gran nombre d'espais que té l'edifici ha estat la realització del treball de camp, en el qual, amb l'ajuda del personal de manteniment s'ha aconseguit obtenir tots els punts de consum que tenim a l'edifici i la potència de cadascun.

Per poder realitzar aquest treball, amb els plànols de l'edifici i mirant tots i cadascun dels espais de l'edifici s'han anotat dins de cadascun d'aquests els aparells que tenim connectats a la xarxa elèctrica de l'edifici i la potència que tenen els mateixos.

La potència dels aparells s'ha obtingut amb la placa de característiques dels aparells o també amb la marca i model i realitzant una recerca per la xarxa per obtenir catàlegs o impresos en els quals hi han les seves característiques.

Un dels inconvenients més importants en aquesta part del projecte ha estat que hi ha alguns aparells els quals no s'han estudiat abans i això dificulta l'obtenció d'aquestes dades i també el fet que alguns aparells són antics i és fa difícil poder obtenir les característiques dels mateixos, ja que avui en dia hi ha aparells semblants però que no són exactament iguals i sense saber el que exactament fa cadascun d'ells, dificulta poder saber quin és el que realment s'aproxima més al que hi ha instal·lat en l'edifici.

Una altra dada important pel que fa a la potència elèctrica, ha estat la mesura de la potència de fons que és consumeix a l'edifici. La potència de fons és la potència elèctrica que un aparell consumeix quan està connectat a la xarxa elèctrica però no està en funcionament (*stand-by*) i la qual és la raó d'un consum important i que té un efecte directe sobre l'import de la factura elèctrica i per tant un dels punts on és pot reduir la mateixa.

Així com la potència i característiques elèctriques són més fàcils d'obtenir la potència de fons és una dada que no acostuma ha estar incorporada dins dels fulls de característiques dels aparells i encara menys en les plaques de característiques que incorporen cadascun d'ells.

Per això amb l'ajuda d'un wattímetre el qual mesura potència consumida, s'han analitzat els diferents aparells i mesurat el consum en els diferents estats de treball que té cadascun d'ells, sobretot quan aquest només està connectat a la xarxa elèctrica sense que estigui en funcionament, però l'aparell de mesura utilitzat té un rang de treball molt elevat ja que només mesurava potències superiors a 20 W i el consum de fons dels aparells no acostuma a ésser tant elevat.

Una altra dada important que s'ha mesurat amb l'ajuda d'un luxímetre han estat els lux que hi ha en cadascun dels espais de l'edifici, ja que la il·luminació és una de les parts més importants del consum elèctric i també per poder treballar correctament i evitar malalties en el futur.

Aquest projecte també està destinat al estudi i eficiència energètica de la part tèrmica de l'edifici. S'ha realitzat un estudi dels diferents punts de consum de gas per a poder obtenir els Wh/m² que hi ha en cadascun dels espais.

4.1.1. Aparells utilitzats

En aquest apartat és troben els diferents aparells utilitzats per a realitzar les mesures de potència (W) i de lluminositat (lux).

Luxímetre:



Figura 4.1. Luxímetre

Característiques tècniques:

	Rang	Precisió	Observacions
Rang de mesura	0-200 lux	$\pm 4\% \text{ rdg} \pm 0,5\% \text{ f.s.}$	Calibratge de la temperatura de color de la bombeta incandescent estàndard 2856° K
	0-2000 lux	$\pm 4\% \text{ rdg} \pm 0,5\% \text{ f.s.}$	
	0-20000 lux	$\pm 7\% \text{ rdg} \pm 1\% \text{ f.s.}$	

Angles detecció lux: 30° dins de $\pm 2\%$, 60° dins de $\pm 7\%$, 80° dins de $\pm 25\%$

Polímetre:

Figura 4.2. Wattímetre

Característiques tècniques:

Característiques Tècniques	
Tensió (AC/TRMS, 50 ... 200 Hz)	100 / 400 / 750 V; $\pm(1,2 \% + 5 \text{ dígits})$
Corrent (AC/TRMS, 50 ... 200 Hz)	40 / 100 / 400 / 1000 A / $\pm (2,0 \% + 5 \text{ dígits})$
Mesura de potència activa	4 ... 750 kW, $\pm (3,0 \% + 5 \text{ dígits})$
Mesura de potència aparent	4 ... 750 kVA, $\pm (3,0 \% + 5 \text{ dígits})$
Mesura de potència reactiva	4 ... 750 kVAr, $\pm (3,0 \% + 5 \text{ dígits})$
Energia activa (comptador kWh)	1 ... 9999 kW, $\pm (3,0 \% + 2 \text{ dígits})$
Factor de potència ($\cos \varphi$)	0,3 ... 1 inductiu y capacitiu /
$a > 10 \text{ A}$ y $>45 \text{ V}$	$\pm (0,02 \% + 2 \text{ dígits})$
Angle de fase	0 ... 90° , $\pm 2,0^\circ$
Freqüència	50 ... 200 Hz; $\pm (0,5 \% + 5 \text{ dígits})$
Memòria interna	99 valors de medició
Pantalla	9999 valors amb gràfico de barra i il·luminació de fons
Alimentació	Pila de 9 V
Dimensions (ample x fons x alt)	105 x 47 x 294 mm
Pes	495 g

4.2. Ocupació del edifici

El següent pas ha estat la obtenció de la ocupació dels diferents espais de l'edifici, per a poder relacionar el consum de cadascun en les hores concretes en que aquest està ocupat.

Els diferents espais que formen l'edifici no tenen un horari de treball igual. En primer lloc hi ha les aules i laboratoris en les quals els alumnes realitzen les classes de les diferents assignatures. Aquests horaris han estat proporcionats per la secretaria del centre, dins dels quals hi ha el nom de cadascun dels espais, l'horari d'ocupació del mateix i l'assignatura que s'imparteix.

D'altra banda hi han els laboratoris de recerca els quals no tenen un horari fix de treball i per tant els més difícils de poder incorporar dins de l'horari setmanal.

Per obtenir l'horari d'aquests espais s'ha realitzat una enquesta electrònica a través del correu de la UPC a tots i cadascun dels professors i persones que estan dins d'aquest directori, però en aquests laboratoris hi acostumen a treballar alumnes els quals no estan inscrits dins el mateix directori que el personal docent i per tant no se'ls hi ha pogut realitzar l'enquesta, conseqüentment només s'ha pogut obtenir l'horari d'ocupació d'aquells laboratoris en els quals estaven ocupats durant la realització del treball de camp i se l'hi a pogut preguntar als ocupants quin és l'horari de treball que té aquell espai.

I per últim com ha espais privats de l'edifici és troben els despatxos del personal docent i els espais d'ajuda i col·laboració als estudiants. L'obtenció d'aquest horari va ser el que ens va fer realitzar l'enquesta i amb la qual s'ha obtingut resposta de bastants espais, però no de tots. La solució més ràpida per obtenir-los ha estat realitzar l'enquesta personalment i anar a cadascun dels espais i preguntar a les persones que l'ocupen l'horari que realitzen al llarg de la setmana.

L'horari dels espais comuns de l'edifici s'ha obtingut gràcies al personal de consergeria, els quals controlen aquests espais i saben exactament quan és posen en marxa cadascun dels punts de consum.

4.3. Alumnes matriculats

El consum tant elèctric com tèrmic de cadascun dels espais està afectat directament pel nombre d'alumnes que estan matriculats en cadascuna de les assignatures i que per tant assisteixen a les classes de les mateixes. Això tindrà una rellevància important en el consum que tenen les aules però sobretot els laboratoris ja que aquests grups tendeixen a ser més reduïts, amb l'objectiu de millorar la docència impartida als alumnes. Per poder realitzar aquest treball amb més exactitud va ser necessari sol·licitar a la secretaria del centre el nombre d'alumnes matriculats en cadascuna de les assignatures i obtenint així el nombre d'aparells que poden ser utilitzats durant les sessions de pràctiques.

Aquest fet serà útil per determinar si les aules on s'imparteixen les classes estan ben dimensionades o per contra s'utilitzen aules sobredimensionades, amb conseqüència generant un consum superior al necessari.

4.4. Obtenció de taules

A partir de la informació obtinguda per mitjà de la realització del treball de camp s'han generat uns fulls de càlcul en els quals queda resumida. Les dades s'organitzen per plantes, específicament les que hi ha a l'edifici així com els espais que les integren.

Aula 1.2 (132)								
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència de fons W	Potència Instal·lada W	Factor d'utilització	Energia Consumida W-h
1	1	132	Enllumenat	Enllumenat Aula (22 llums de 58 W)	0,00	1.276,00	1,00	1.276,00
2	1	132	Enllumenat	Enllumenat Aula (2 llums de 50 W)	0,00	100,00	0,05	5,00
3	1	132	Enllumenat	Enllumenat d'emergència (1 x 3 W)	3,00	3,00	1,00	3,00
4	1	132	Música	Altaveus (2 x 20 W)	0,00	40,00	0,05	2,00
5	1	132	Informàtica	Ordenador HP Compact (1 x 80 W)	5,00	80,00	1,00	80,00
6	1	132	Informàtica	Projector transparencies	0,00	250,00	0,05	12,50
7	1	132	Informàtica	Projector 3MX55i	0,44	337,00	1,00	337,00
TOTALS					8,44	2.086,00		1.715,50
TOTAL AL 50%								857,75

Figura 4.3. Exemple full de càlcul

Als fulls de càlcul es troben diferents files i columnes.

1. **Nom espai.** Nom de l'espai i número de porta al qual fa referència la taula en qüestió.
2. **Numeració.** Numeració dels diferents aparells que tenen consum elèctric dins de cadascun dels espais.
3. **Planta.** Planta on es troba l'espai.
4. **Número espai.** El número de la porta amb el qual l'espai està indicat dins de l'edifici i també així en els plànols.
5. **Família.** Família dins de la qual està inscrit cadascun dels aparells a estudiar (enllumenat, informàtica, electrodomèstics, clima, maquinària, calefacció...) per poder tenir una relació de quina d'elles té més rellevància sobre el consum elèctric.
6. **Concepte.** Breu descripció de l'aparell estudiat i per exemple en el cas de l'enllumenat el nombre de llums i la potència de les mateixes que tenim dins l'espai. Fins aquest moment només s'ha nomenat l'aparell i la seva ubicació dins de l'edifici per poder tenir un control de tots ells ja que n'hi ha un nombre molt elevat.
7. **Potència de fons.** La potència de fons dels aparells "que en tenen" i que hem pogut mesurar o obtenir a partir de fulls de característiques, indicada en Wh , ja que aquesta és la potència de fons consumida per l'aparell en qüestió durant una hora, si l'aparell està connectat. A la part inferior hi ha un sumatori per obtenir la potència total de fons que hi ha en cadascun dels espais.
8. **Potència instal·lada.** La potència instal·lada és la potència total que té l'aparell estudiat i la qual consumeix quan aquest està en funcionament, indicada en W . I també la potència total instal·lada en cadascun dels espais realitzant el sumatori de totes i cadascuna de les potències dels diferents aparells.

9. Factor d'utilització. El factor d'utilització és un dels punts més importants i amb més dificultats alhora de complimentar, ja que té relació amb diferents factors. Primer de tot per exemple en l'enllumenat, hi han espais on no es connecta tota la il·luminació que hi ha disponible o per exemple en els laboratoris que no estan ocupats totalment no s'utilitzen tots els aparells que hi ha dins del mateix. En el cas de l'enllumenat dels espais comuns i el qual està engegat un nombre d'hores més elevat he obtingut aquest factor, observant els llums que estan connectats durant una hora tipus del dia i en el cas dels aparells del laboratori amb el nombre de persones que hi ha matriculades en una assignatura i els grups de laboratori que hi ha de la mateixa s'obindrà el nombre d'aparells que s'utilitzaran durant una sessió de laboratori i d'aquesta manera obtenir el factor d'utilització.

10. Potència consumida. La potència consumida pels diferents aparells durant una hora. Aquest valor és obtingut a partir de la potència instal·lada i el factor d'utilització dels diferents aparells (1). Pel que fa a la potència consumida hi ha dos sumatoris que poden ser útils depenent de l'ocupació dels espais. Primerament hi ha el sumatori de totes les potències que consumeixen cadascun dels aparells quan aquests estan en funcionament i a continuació el mateix valor però suposant que l'espai només està ocupat al 50% de la seva capacitat (2).

$$Pot. consumida [W] = Pot. instal \cdot lada [W] * Coef. d'utilització \quad (1)$$

$$Total al 50% [W] = Pot. consumida total [W] * 0,5 \quad (2)$$

I per últim al final de cadascun dels fulls de càlcul de les respectives plantes hi ha un sumatori total en el qual s'indica la potència total de fons que tenim a la planta durant una hora [W] i la potència total instal·lada [W].

La resta de taules estan incloses dins de l'annex **A.1**.

4.5. Càlcul potència diària consumida

Un cop obtinguda la potència consumida en cadascun dels espais de l'edifici durant una hora en la qual aquest està en funcionament, s'utilitza aquesta informació per obtenir la potència consumida diària.

En el següent full de càlcul s'observen totes les hores que té el dia i els diferents dies de la setmana. En cadascuna de les hores del dia s'ha incorporat la potència consumida dels diferents espais que estan en funcionament en aquell instant de temps. A partir dels horaris d'ocupació de les aules, laboratoris, despatxos i dels espais comuns de l'edifici. I d'aquesta manera s'obté la potència total consumida en cadascuna de les hores.

Hora	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres	Dissabte	Diumenge
00:00 - 1:00	18.424,06	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38
1:00 - 2:00	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38
2:00 - 3:00	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38
3:00 - 4:00	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38
4:00 - 5:00	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38
5:00 - 6:00	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38
6:00 - 7:00	21.385,46	21.385,46	21.385,46	21.378,92	21.384,30	18.427,38	18.427,38
7:00 - 8:00	21.385,46	21.385,46	21.385,46	21.934,66	21.385,46	18.427,38	18.427,38
8:00 - 9:00	20.474,88	23.682,69	20.870,19	25.464,78	19.052,86	10.276,78	10.276,78
9:00 - 10:00	26.544,27	29.317,15	32.439,36	33.461,86	25.343,56	10.276,78	10.276,78
10:00 - 11:00	32.351,25	36.625,79	35.828,21	38.344,40	32.363,37	10.276,78	10.276,78
11:00 - 12:00	31.598,63	37.090,76	27.187,68	37.312,90	33.034,18	10.276,78	10.276,78
12:00 - 13:00	35.597,14	32.993,12	35.721,39	37.854,52	35.308,53	10.276,78	10.276,78
13:00 - 14:00	33.759,96	30.900,01	34.126,68	36.155,64	29.120,37	10.276,78	10.276,78
14:00 - 15:00	21.794,18	22.351,29	22.252,03	22.351,29	21.019,88	10.276,78	10.276,78
15:00 - 16:00	36.740,19	31.161,59	25.170,44	28.632,03	21.680,07	10.276,78	10.276,78
16:00 - 17:00	34.227,67	34.702,58	28.437,51	30.180,28	19.634,79	10.276,78	10.276,78
17:00 - 18:00	27.018,73	29.004,96	27.309,79	26.547,02	18.325,40	10.276,78	10.276,78
18:00 - 19:00	23.542,71	24.412,76	21.823,72	23.973,32	17.044,10	10.276,78	10.276,78
19:00 - 20:00	19.279,31	18.794,82	16.107,39	18.482,04	15.281,45	10.276,78	10.276,78
20:00 - 21:00	15.087,48	15.491,65	14.693,25	14.693,25	14.693,25	10.276,78	10.276,78
21:00 - 22:00	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38
22:00 - 23:00	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38
23:00 - 00:00	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38	18.427,38

Figura 4.4. Taula potència consumida W

4.6. Comparació potència consumida calculada i Sirena

Un cop calculada la potència consumida que hi han en cadascuna de les hores del dia durant una setmana tipus, és comparatà la potència calculada a partir del treball de camp realitzat anteriorment i la obtinguda a partir del software Sirena.

Amb aquestes dues dades és realitzen unes gràfiques lineals en les quals és pot observar amb més exactitud la comparació entre els dos càlculs. La comparació s'ha realitzat per a cadascun dels dies de la setmana.

S'han realitzat dues comparacions una per una setmana tipus del quadrimestre de tardor durant el qual les hores de sol que tenim al dia és menor i per tant el consum pel que fa a l'enllumenat de l'edifici és més elevat. Encara que aquest no és tant exacte ja que els horaris que s'han utilitzat corresponen al quadrimestre de primavera, que és en el que ens trobem actualment i que té una major exactitud ja que tant els horaris d'ocupació d'aules i laboratoris, com dels despatxos són d'aquest quadrimestre.

La resta de gràfiques per a cadascun dels dies de la setmana estan incloses dins de l'annex **A.2**.

Hora	Dijous Sirena	Dijous Calculat
00:00 - 1:00	15,23	18,43
1:00 - 2:00	15,80	18,43
2:00 - 3:00	15,28	18,43
3:00 - 4:00	15,13	18,43
4:00 - 5:00	15,39	18,43
5:00 - 6:00	17,25	18,43
6:00 - 7:00	18,94	21,38
7:00 - 8:00	20,91	21,93
8:00 - 9:00	30,80	25,46
9:00 - 10:00	37,48	33,46
10:00 - 11:00	37,69	38,34
11:00 - 12:00	39,03	37,31
12:00 - 13:00	36,25	37,85
13:00 - 14:00	36,05	36,16
14:00 - 15:00	26,94	22,35
15:00 - 16:00	31,34	28,63
16:00 - 17:00	30,81	30,18
17:00 - 18:00	27,41	26,55
18:00 - 19:00	25,44	23,97
19:00 - 20:00	25,52	18,48
20:00 - 21:00	24,08	14,69
21:00 - 22:00	19,75	18,43
22:00 - 23:00	17,05	18,43
23:00 - 00:00	15,88	18,43

Figura 4.5. Taula comparativa consums kW

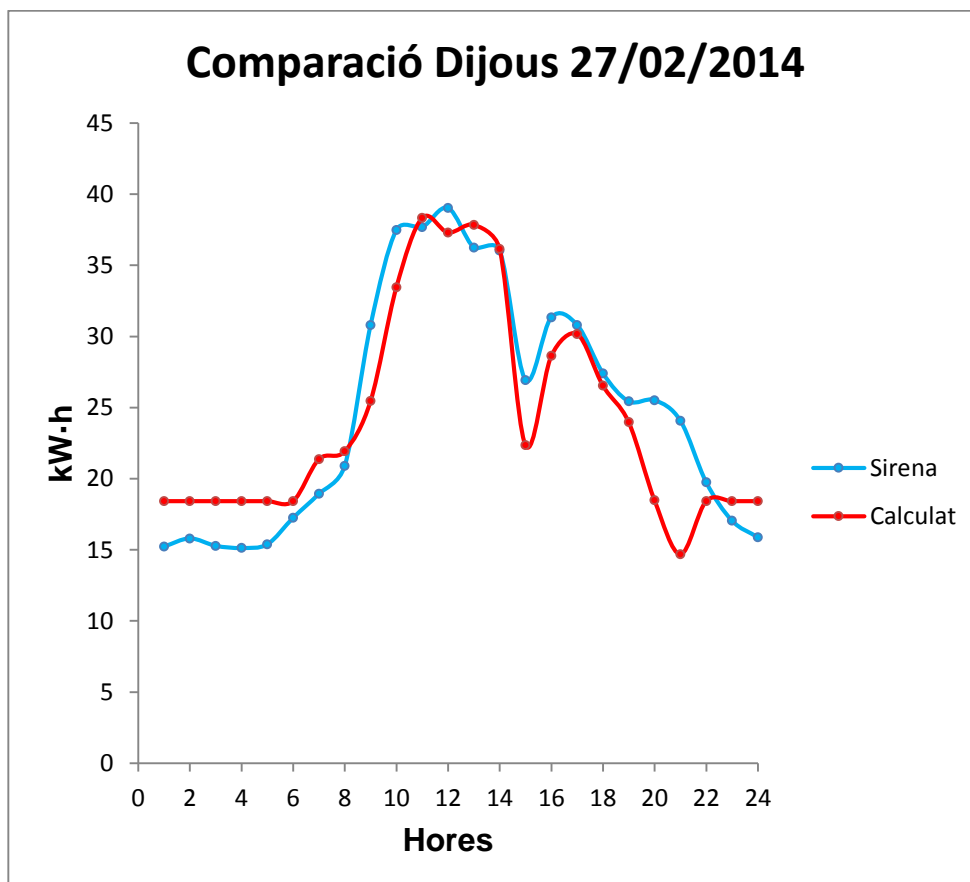


Figura 4.6. Gràfica comparativa consums

4.7. Il·luminació edifici

Una altra dada important i per tant a tenir en compte per poder extreure conclusions de l'eficiència energètica de l'edifici són els lux que hi ha en cadascun dels espais.

Per això s'ha realitzat una mesura en cadascun dels espais que s'utilitzen mitjançant un luxímetre de la il·luminació que hi ha i amb aquestes dades s'ha realitzat una taula en la qual s'observen els lux mesurats, els metres quadrats de cadascun dels espais i amb aquestes dues dades obtenim els lux que hi ha per metre quadrat en cadascun dels espais, la resta de taules estan incloses dins del annex **A.3**.

S'ha de tenir en compte que la il·luminació necessària per a cadascun dels espais és diferent tal i com marca la normativa Europea sobre il·luminació per espais interiors [1].

A partir de la normativa i les mesures obtingudes s'ha comprovat si aquestes compleixen.

En la normativa s'observa que per assegurar que els diferents espais de l'edifici tenen la il·luminació correcta s'ha de realitzar un càlcul per a cadascun d'ells i així obtenir un valor anomenat **VEEI** (Valor d'Eficiència Energètica de la Instal·lació), que indica els W/m^2 per cada 100 lux.

El VEEI s'obté a partir de la següent equació (3).

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \left[\frac{W}{m^2} \right] \quad (3)$$

- P = Potència total instal·lada en làmpades (W)
- S = Superfície il·luminada (m^2)
- E_m = Luminància mitja horitzontal (lux)

Amb els resultats obtinguts del càlcul anterior, les diferents mesures realitzades durant el treball de camp amb el luxímetre i la normativa podem comprovar si els diferents espais de l'edifici tenen la il·luminació adient.

Planta 3						
Espai	Dimensions [m ²]	Lux	Potència Instal·lada (W)	Lux/m ²	VEEI	
Lab. Contactologia (319)	89,92	815	1390	9,06	1,90	
Despatx (317)	30,07	1900	290	63,19	0,91	
Despatx (315)	17,14	1000	290	87,51	1,13	
Sala Calderes (322)	24,27	135	58	5,56	1,77	
Catedra Unesco (336)	26,56	1244	650	48,67	2,04	
Lab. Optometria (307)	30,51	635	350	20,81	1,81	
Lab. Recerca Optometria (303)	16,75	520	170	31,04	1,95	
Lab. Recerca Optica (302)	17,12	620	170	36,21	1,60	
Serveis (366)	17,10	95	116	5,56	7,14	
Serveis (359)	15,10	95	116	6,29	8,09	
Espai Polivalent (367)	63,50	766,33	1160	12,10	2,36	
Lab. Optometria (362)	77,56	600	504	7,74	1,06	
Despatx (356)	30,04	1410	348	46,94	0,82	
Despatx (356)	30,00	1525	348	50,83	0,76	
Despatx (361)	10,62	790	116	74,39	1,36	
Despatx (362)	18,38	1815	232	98,91	0,70	
Despatx (363)	30,00	2075	348	69,17	0,96	
Despatx (347)	30,00	1477,5	348	49,25	0,79	
Laboratori (337)	61,72	771,5	606	12,50	1,28	
Despatx (343)	9,00	570	174	63,33	3,39	
Despatx (344)	21,30	580	174	27,13	1,40	
Despatx (312)	15,80	945	174	54,36	2,01	
Despatx (311)	17,66	1003,5	174	56,86	1,02	

Figura 4.7. Taula càlcul VEEI

- 1. Planta.** Número de la planta on estan situats els diferents espais.
- 2. Nom i referència de l'espai.** Nom de l'espai i el número amb el qual està identificat als plànols.
- 3. Dimensions.** Dimensions que té l'espai l'estudiat [m²].
- 4. Lux.** Mesura dels lux obtinguda amb el luxímetre.
- 5. Potència instal·lada.** Potència total instal·lada de lluminàries en l'espai indicat [W].
- 6. Lux/m².** Mesura dels lux per metre quadrat que hi ha en cadascun dels espais.
- 7. VEEI.** Valor d'Eficiència Energètica d'Il·luminació que hi ha en cadascun dels espais.

4.8. Consum tèrmic

Per a poder obtenir conclusions de cara a l'eficiència energètica tèrmica de l'edifici s'han calculat els kW_t/m^2 de cadascun dels espais de l'edifici i així poder comprovar si aquests estan dins dels límits recomanats.

Amb el treball de camp realitzat s'han obtingut els diferents models de radiadors i les seves respectives mesures i amb els catàlegs de cadascun dels models s'ha calculat els kW_t , que proporcionen cadascun d'ells. S'han trobat tres tipus de radiadors en els diferents espais [2], [3], [4].

A continuació i amb l'ajuda dels plànols de cadascun dels espais on tenim les seves mesures s'ha calculat els Wh/m^2 , a partir d'aquests resultats i tenint en compte que no hi ha una normativa però sí una recomanació dels Wh/m^2 que hi ha d'haver en aquest tipus d'espais en centres universitaris, la radiació té que està situada entre (40 i 60 Wh/m^2), es conclou que en alguns espais la radiació és molt més elevada i per tant que la instal·lació està sobredimensionada. També hi ha alguns espais en els quals no s'arriba al mínim de radiació recomanable però són molt més nombrosos els espais en els quals és supera amb escreix aquests valors. Algunes d'aquestes radiacions tant elevades poden ser causa de la redistribució de l'edifici, ja que al llarg dels anys s'han fet algunes reformes i noves divisions les quals han reduït espais, però no s'ha modificat la instal·lació de calefacció i aquesta pot ser una de les causes per les quals hi ha espais que estan sobredimensionats de manera exagerada.

A continuació es pot veure un exemple de les taules dissenyades per a realitzar tots aquests càlculs, la resta estan incloses dins de l'annex **A.4**.

RADIADORS PLANTA 2							
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència Radiada KW	Superfície m²	Energia Wh/m²
1	2	231	Calefacció	Radiador Roca de 8 elements (57 cm alt)	1,17	13,67	85,59
2	2	240	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (150 cm llarg) sense difusor	0,95	19,71	49,72
3	2	240	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (200 cm llarg) amb difusor	2,35	19,71	119,13
4	2	239	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (200 cm llarg) sense difusor	1,31	18,25	71,58
5	2	250	Calefacció	Radiador Roca de 34 elements (57 cm alt)	5,73	35,36	162,05
6	2	251	Calefacció	Radiador Roca de 18 elements (57 cm alt)	3,03	22,92	132,20
7	2	263	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (200 cm llarg) sense difusor	1,31	30,42	43,06
8	2	263	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (200 cm llarg) sense difusor	1,31	30,42	43,06
9	2	267	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (140 cm llarg) sense difusor	1,15	45,39	25,23
10	2	267	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (140 cm llarg) sense difusor	1,15	45,39	25,23
11	2	227	Calefacció	Radiador Roca de 13 elements (57 cm alt)	2,19	30,01	72,98
12	2	227	Calefacció	Radiador Roca de 8 elements (57 cm alt)	1,35	30,01	44,95
13	2	227	Calefacció	Radiador Roca de 19 elements (57 cm alt)	3,20	30,01	106,63
14	2	225	Calefacció	Radiador Roca de 12 elements (57 cm alt)	2,02	16,05	125,96
15	2	273-274	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (200 cm llarg) amb difusor	2,41	48,26	49,89
16	2	273-274	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (200 cm llarg) amb difusor	2,41	48,26	49,89
17	2	269	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (170 cm llarg) sense difusor	1,11	30,06	36,93
18	2	269	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (170 cm llarg) sense difusor	1,11	30,06	36,93
19	2	270	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (120 cm llarg) sense difusor	0,78	16,95	47,06
20	2	226	Calefacció	Radiador Roca de 19 elements (57 cm alt)	2,78	30,43	91,36
21	2	277	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (120 cm llarg) sense difusor	0,78	18,96	41,14
22	2	245	Calefacció	Radiador Roca de 13 elements (57 cm alt)	1,90	17,21	110,40
23	2	246	Calefacció	Radiador Roca de 13 elements (57 cm alt)	1,90	16,85	112,76
24	2	228	Calefacció	Radiador Runtal de 9 elements (80 cm llarg) amb difusor	0,59	20,02	29,32
25	2	214	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (240 cm llarg) sense difusor	1,57	29,24	53,59
26	2	216	Calefacció	Radiador Roca de 12 elements (57 cm alt)	1,75	14,59	119,95
27	2	216	Calefacció	Radiador Roca de 10 elements (57 cm alt)	1,48	14,59	100,07
28	2	211-212	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (200 cm llarg) amb difusor	2,41	48,23	49,89
29	2	211-212	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (200 cm llarg) amb difusor	2,41	48,23	49,89
30	2	209-210	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (220 cm llarg) amb difusor	2,65	48,77	54,28
31	2	209-210	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (220 cm llarg) amb difusor	2,65	48,77	54,28
32	2	275-276	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (220 cm llarg) amb difusor	2,65	48,86	54,18
33	2	275-276	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (220 cm llarg) amb difusor	2,65	48,86	54,18
34	2	Passadís 1	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (200 cm llarg) sense difusor	0,99	42,49	23,20
35	2	Passadís 1	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (300 cm llarg) sense difusor	1,88	42,49	44,27
36	2	Passadís 1	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (300 cm llarg) sense difusor	1,78	42,49	41,94
37	2	Passadís 2	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (280 cm llarg) amb difusor	2,41	42,49	56,74
38	2	Passadís 2	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (280 cm llarg) amb difusor	2,41	42,49	56,74
39	2	Passadís 3	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (300 cm llarg) sense difusor	1,88	42,49	44,27
40	2	Passadís 3	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (300 cm llarg) sense difusor	1,88	42,49	44,27
41	2	Passadís 4	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (300 cm llarg) sense difusor	1,49	42,49	34,95
42	2	Passadís 4	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (300 cm llarg) sense difusor	1,39	42,49	32,62
43	2	Passadís 5	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (300 cm llarg) sense difusor	1,49	42,49	34,95
44	2	Passadís 5	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (300 cm llarg) sense difusor	1,49	42,49	34,95
TOTALS Potència Radiada 1h					83,25		
TOTALS Potència Radiada 16h					1.332,02		

Figura 4.8. Taula càlcul kW.

1. **Referència.** Objectes que formen la taula i la planta on estan situats. En aquest cas els radiadors de la planta 2.
2. **Numeració.** Numeració dels diferents radiadors que hi ha a la planta que s'està estudiant.
3. **Planta.** Planta de l'edifici en que es troben els radiadors.
4. **Espai.** Referència de l'espai on es troben els radiadors.
5. **Família.** Calefacció ja que s'està realitzant l'estudi tèrmic de l'edifici.
6. **Concepte.** Dins del concepte es troba la marca del radiador, el nombre d'elements, la seva alçada o llargada depenent de si son radiadors horitzontals o verticals i en el cas dels horitzontals sí tenen difusor o no.
7. **Potència radiada kW.** En aquesta columna es troben els kW de potència que pot radiar cadascun dels radiadors, depenen de les dades incloses en el concepte. Aquesta dada s'ha obtingut a partir dels catàlegs dels diferents models, els quals és troben en la bibliografia [2], [3], [4]. A la part inferior d'aquesta columna s'ha realitzat un sumatori de tots els valors anteriors per poder obtenir la potència total radiada durant una hora, sempre que els radiadors treballin al 100% de la seves capacitats. I també s'ha calculat la potència radiada durant 16 hores que són les que la caldera funciona de mitjana durant un dia.
8. **Superfície m².** S'observa la superfície en m² dels diferents espais calefactats de l'edifici. En els espais que hi ha més d'un radiador s'ha dividit aquesta superfície pel nombre de radiadors que hi ha dins de l'espai indicat.
9. **Energia Wh/m².** En la última columna s'ha calculat l'energia que hi ha durant una hora en un m² a partir de l'equació següent (4). Així poder comprovar el compliment de les recomanacions.

$$Energia \left[\frac{W \cdot h}{m^2} \right] = \frac{Pot. radiada [kW] \cdot 1000}{Sup. [m^2]} \quad (4)$$

5. Anàlisi i discussió de resultats

S'ha realitzat un anàlisi dels diferents resultats obtinguts a partir del treball de camp i dels càlculs realitzats anteriorment, i d'aquesta manera poder obtenir diferents conclusions per a cadascun dels consums analitzats i també plantejar millores.

5.1. Consum elèctric

S'ha realitzat gràfiques de comparació a partir del consum calculat amb el treball de camp i els horaris dels diferents espais de l'edifici i les dades extretes del Sirena per una setmana tipus les quals es troben en l'annex **A.2**.

A continuació s'observa una gràfica en la qual es compara el consum obtingut a partir del Sirena i del treball de camp realitzat per a una setmana, per poder relacionar l'explicació que hi ha a continuació.

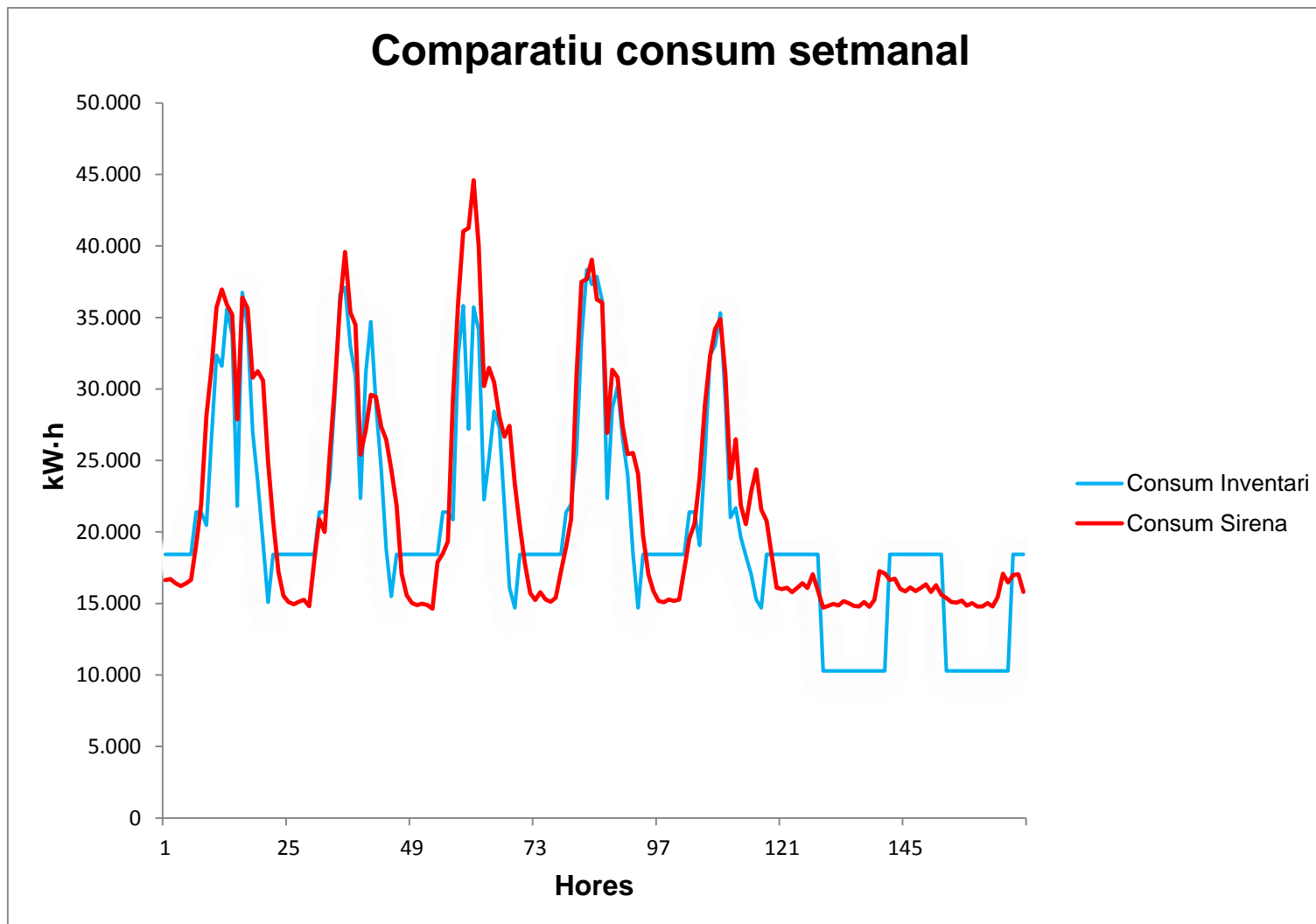


Figura 5.1. Gràfica comparativa consum elèctric setmanal

S'observa que les gràfiques tenen una semblança bastant aproximada però hi ha algunes diferències importants en alguns punts que s'analitzen a continuació.

El consum de fons que hi ha a l'edifici a causa dels aparells que queden connectats o inclús en funcionament encara que no s'estiguin utilitzant, afecta notablement al consum elèctric, ressaltant sobretot en les hores que segons els horaris i l'enquesta realitzada l'ocupació de l'edifici és més baixa però tot i això el consum elèctric no disminueix de la mateixa forma que ho fa la ocupació.

També s'ha de tenir en compte que hi ha alguns espais de l'edifici on no ha estat possible accedir o tenir contacte amb les persones que l'utilitzen normalment, ja que són laboratoris de recerca els quals no tenen un horari definit i també en despatxos on el professorat que l'ocupa no treballa solament en aquest campus i per tant el seu horari és variable.

Pel que fa al consum elèctric durant els caps de setmana i dies festius és on s'ha observat una diferència major, ja que al exterior tenim una il·luminació important pel que fa a la potència instal·lada i que funciona a través d'un detector crepuscular i per tant durant les hores diürnes el consum elèctric disminueix notablement en la gràfica de la potència calculada i en canvi no ho fa de la mateixa manera en la gràfica obtinguda del Sirena. La causa podria el mal funcionament del detector.

S'ha observat pel que fa a la il·luminació de les zones comuns de l'edifici ja tenen una regulació adequada, ja que la potència instal·lada de fluorescents és molt elevada però d'altra banda, aquestes estan separades en diferents enceses i per tant el consum que produeixen s'ha reduït notablement. Encara que el control d'aquesta il·luminació no està automatitzat i això fa que el personal de consergeria siguin els encarregats de controlar la il·luminació interior de l'edifici.

A causa dels estudis que és realitzen en aquest edifici hi ha alguns laboratoris que per poder treballar necessiten que no hi hagi llum natural ni artificial per a la realització de les pràctiques i això és veu reflectit en el consum elèctric ja que per poder accedir en aquests espais s'ha d'activar obligatòriament la il·luminació artificial ja que les finestres que donen llum natural estan tapades,

encara que això també significa que durant les hores de treball dins del laboratori el consum causat per la il·luminació disminueix notablement i que aquestes només s'activen durant l'entrada i sortida dels alumnes.

5.2. Il·luminació edifici

Quan es parla de la il·luminació de l'edifici s'han de tenir en compte molts factors. S'han d'evitar les lluminàries que produeixin enlluernaments ja siguin directes o indirectes i les potències i color de la llum de les mateixes ha de ser l'adequada per al tipus de treball que és realitza en aquests espais.

El color de la llum és un punt molt important ja que sí s'utilitzen lluminàries anomenades de llum freda, és pot evitar que les persones que ocupin aquests espais durant hores de forma continuada no tinguin sensació de claustrofòbia, per tant en les aules és recomanable utilitzar aquest tipus de llum, en canvi les lluminàries amb làmpades de colors càlids proporcionen ambients més sociables i relaxats.

Amb les taules d'estudi realitzades s'ha obtingut els lux/m^2 (annex **A.3**) que hi ha en cadascun dels espais, per poder treure conclusions i saber sí estan correctament il·luminats per a que es puguin desenvolupar les tasques per a les que estan destinats cadascun d'ells.

Per a poder extreure aquestes conclusions s'ha treballat amb les taules realitzades i la normativa sobre il·luminació **[1]** que hi ha actualment, comparant ambdues és pot saber sí els diferents espais estan il·luminats correctament o no.

El primer punt important i molt rellevant pel que fa a la il·luminació de l'edifici fa referència a la seva estructura i el lloc on esta construït.

L'edifici en les seves plantes 2 i 3 té una entrada de llum natural molt elevada ja que gairebé tots els espais situats en aquestes plantes contenen amb finestres exteriors, el mateix és produeix en els passadissos gràcies als dos patis interiors que hi ha a l'edifici. Per contra les plantes 0 i 1 estan situades per sota del nivell del carrer i per tant necessiten d'il·luminació artificial, en els passadissos i accessos.

Com ja s'ha dit anteriorment, en aquest edifici és realitzen algunes tasques per a les quals és necessari que no hi hagi il·luminació i per tant això fa una mica més difícil la comparació ja que en alguns laboratoris es pot observar que no hi ha els lux/m² que demana la normativa però per contra no són necessaris per als treballs que s'hi realitzen.

Durant el treball de camp i amb les visites als diferents despatxos s'ha observat que en molts d'ells hi ha il·luminació afegida damunt de les taules per a poder treballar amb més comoditat i per la falta de lux/m² que hi ha i les mesures s'han realitzat amb aquestes llums suplementaries apagades, ja que el desig és saber si la il·luminació del edifici és la correcta.

La normativa d'il·luminació esta dividida en diferents tipus d'edificis i industries i dins de cadascun d'ells els diferents espais els quals formen cadascun d'aquests edificis. Per al cas que s'està estudiant s'ha tingut en compte la taula que fa referència als establiments educatius, als llocs de pública concurrència i també al d'oficines de cara als despatxos.

De la normativa usada s'ha extret la següent informació per a poder realitzar el comparatiu.

- Aules: 300 lux
- Aula dibuix: 750 lux
- Sala d'estudi: 500 lux
- Passadissos: 100 lux
- Laboratoris: 500 lux
- Serveis: 150 lux
- Aules d'informàtica: 500 lux
- Despatxos: 500 lux
- Sala d'audicions: 200 lux
- Magatzem: 100 lux
- Menjador: 200 lux
- Oficines: 500 lux

A partir de les dades obtingudes de la normativa i de les mesures realitzades en els diferents espais és poden extreure les següents conclusions.

Tots els espais docents compten amb la il·luminació mínima necessària i en molts d'ells inclús és supera amb escreix aquest valor i per tant es podria reduir la il·luminació dels mateixos.

Per contra en els serveis és on es pot observar una deficiència més gran ja que tenen una il·luminació per sota de la que marca la normativa, tot i que són espais que no s'utilitzen amb molta freqüència han d'estar ben il·luminats i això és tindria que tenir en compte de cara a la realització d'un manteniment per solucionar aquestes deficiències.

També s'observa que els serveis de la planta 2, espai 277 i 270 tenen una il·luminació molt excessiva.

Hi ha alguns despatxos on la il·luminació està justament per damunt del límit que marca la normativa i es segurament per això que en molts d'ells els seus usuaris tenen instal·lades lluminàries de sobretaula per millorar la il·luminació i poder treballar correctament.

5.3. Consum tèrmic

A partir de les dades recollides en el treball de camp i dels càlculs realitzats, s'observa que la potència radiada a partir dels radiadors és superior a la potència màxima que pot aportar la caldera, si tenim en compte les pèrdues que produeix la distribució a través de l'edifici fins als diferents punts de consum, es pot concloure que la caldera té una potència inferior a la desitjada per poder alimentar correctament tots els punts de consum i que per tant els radiadors no poden radiar tota la potència per a la qual han estat dissenyats.

També s'ha de tenir en compte que no tots els radiadors treballen al màxim de la seva capacitat i que per tant la potència que aporta la caldera és suficient per mantenir una temperatura confortable a tot l'edifici, però també que la instal·lació de calefacció està sobredimensionada.

S'han realitzat gràfiques en les quals es compara la temperatura exterior amb el consum tèrmic per als mesos de Novembre, Desembre, Gener i Febrer que són en els que la caldera està en funcionament.

Observant les gràfiques realitzades comparant la temperatura exterior que hi ha a l'edifici i el consum de gas del mateix per a cadascun dels mesos, és pot observar que la caldera treballa correctament, ja que quan la temperatura disminueix el consum de gas augmenta i que la regulació també és la correcta ja que a mesura que la temperatura exterior augmenta el consum de gas disminueix progressivament. Tot i que també hi ha alguns punts on el consum de gas augmenta i per contra la temperatura no ha disminuït el suficient per a que s'hagi de posar en marxa la caldera. Això també pot ser degut a treballs de manteniment i posta en marxa, ja que aquest punts de consum estan situat en el mes d'octubre quan la caldera encara no s'havia activat des del curs anterior i per tant segurament es dugueren a terme treballs de manteniment.

A la gràfica realitzada per al mes de Novembre **Figura 5.2** no s'observa cap resultat destacable, ja que el seu funcionament és correcte durant els dies en que l'edifici està ocupat i que els caps de setmana no hi ha consum de gas tot i que la temperatura exterior disminueixi. Tot i que s'observa que els dies 7 i 8 no es va posar en funcionament ja que la temperatura exterior no va disminuir el suficient.

A la gràfica del mes de Desembre **Figura 5.3** destaca que el dia 6 i del 21 al 29 d'aquest mes eren dies festius a l'escola FOOT i per tant no tenim consum de gas i la caldera no es va posar en funcionament.

Al mes de Gener **Figura 5.4** si que destaquen alguns punts dins de la gràfica, ja que els dies 18 i 19 la caldera es va posar en marxa tot i ser cap de setmana per tant dies on l'edifici no tenia ocupació i és destacable ja que el període d'exàmens ja havia finalitzat i per contra els dies 11 i 12 que eren els dies festius dins del període d'exàmens i que l'edifici podia tenir ocupació, la caldera no va funcionar. Un altre punt destacable en aquest mes es el dia 28, ja que segons el calendari acadèmic aquest dia era festiu i la caldera va funcionar.

Durant el mes de Febrer **Figura 5.5** no hi ha punts destacables dins de la gràfica, s'observa que està activada durant els dies lectius i per contra els dies no lectius no està en funcionament.

També s'han realitzat dues gràfiques per poder veure el comportament de la caldera en dues setmanes tipus.

En la **Figura 5.5** s'observa el comportament de la caldera durant una setmana tipus (11/11 al 17/11) en la qual la temperatura exterior va ser més elevada i per tant el consum de gas no va ésser tant elevat. Destaca que els pics de consum no són tant elevats i que la temperatura exterior va augmentar ràpidament i en conseqüència el consum de gas va disminuir.

D'altra banda en la **Figura 5.6** gràfica que fa referència a la setmana (18/11 al 24/11) durant la qual la temperatura exterior va ser menor que en la setmana anterior s'observa que els pics de consum de gas són més elevats i que la caldera no disminueix el seu consum notablement fins que és redueix l'ús de l'edifici.

- Comparació Temperatura – Consum Novembre

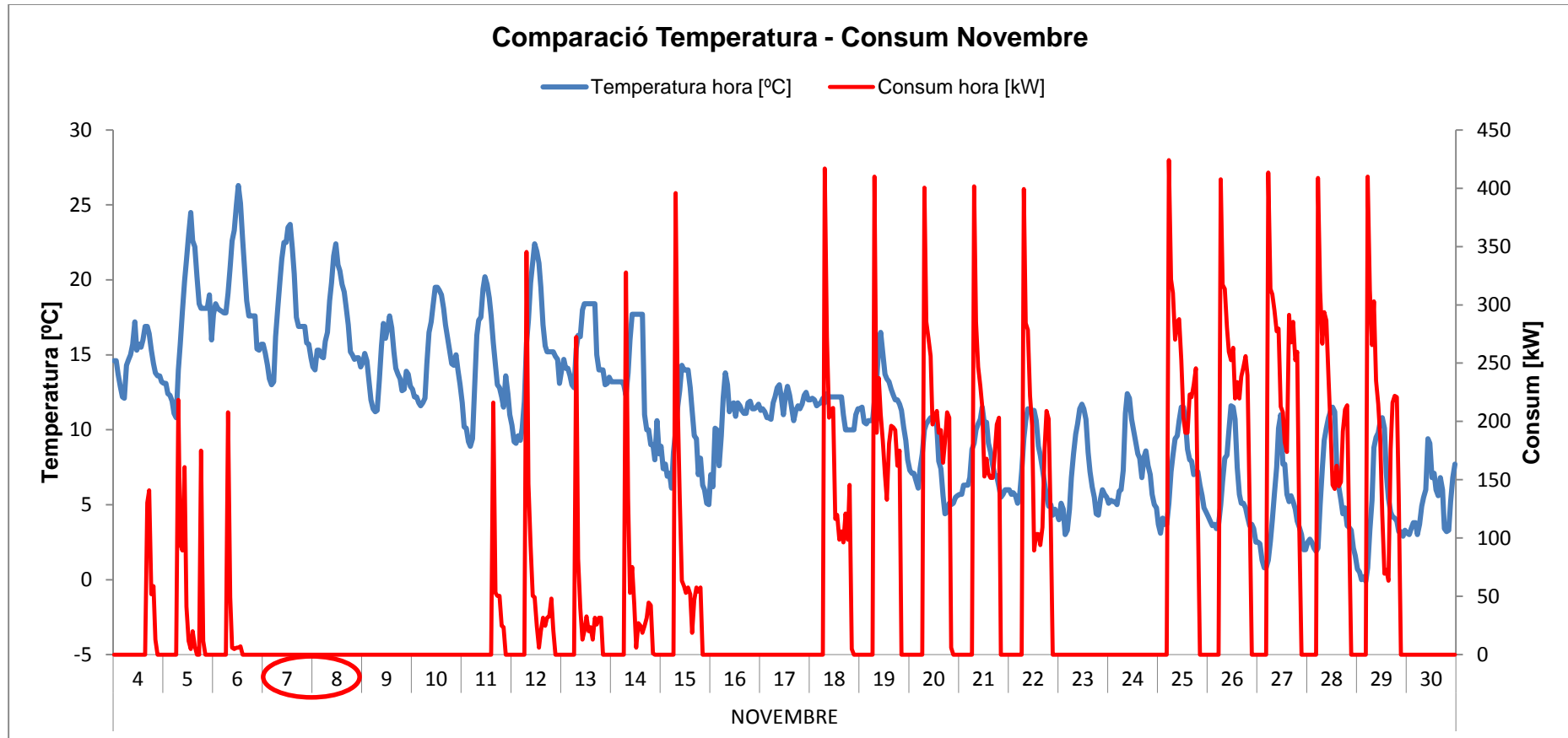


Figura 5.2. Gràfica comparativa Novembre

- Comparació Temperatura – Consum Desembre

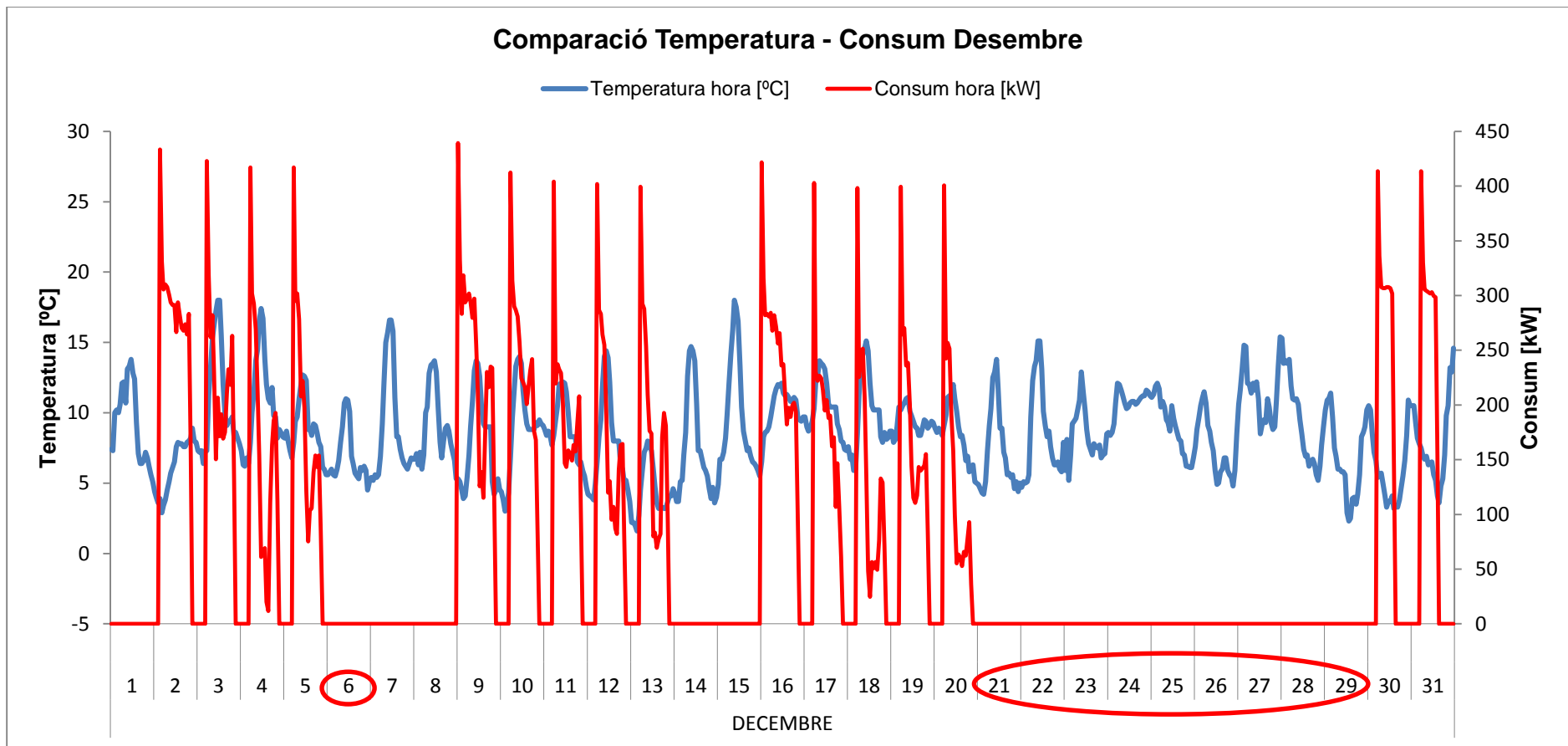


Figura 5.3. Gràfica comparativa Desembre

- Comparació Temperatura – Consum Gener

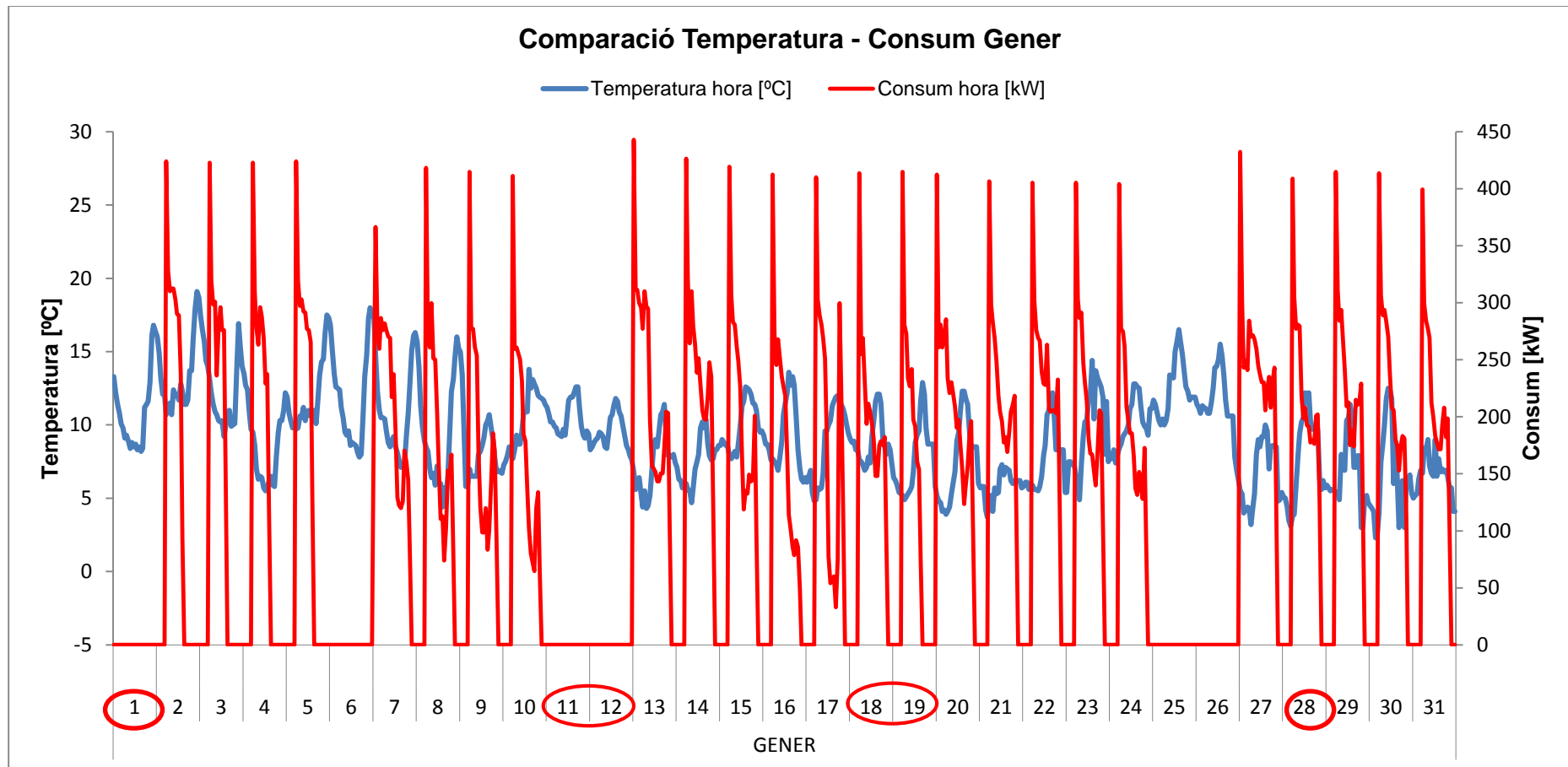


Figura 5.4. Gràfica comparativa Gener

- Comparació Temperatura – Consum Febrer

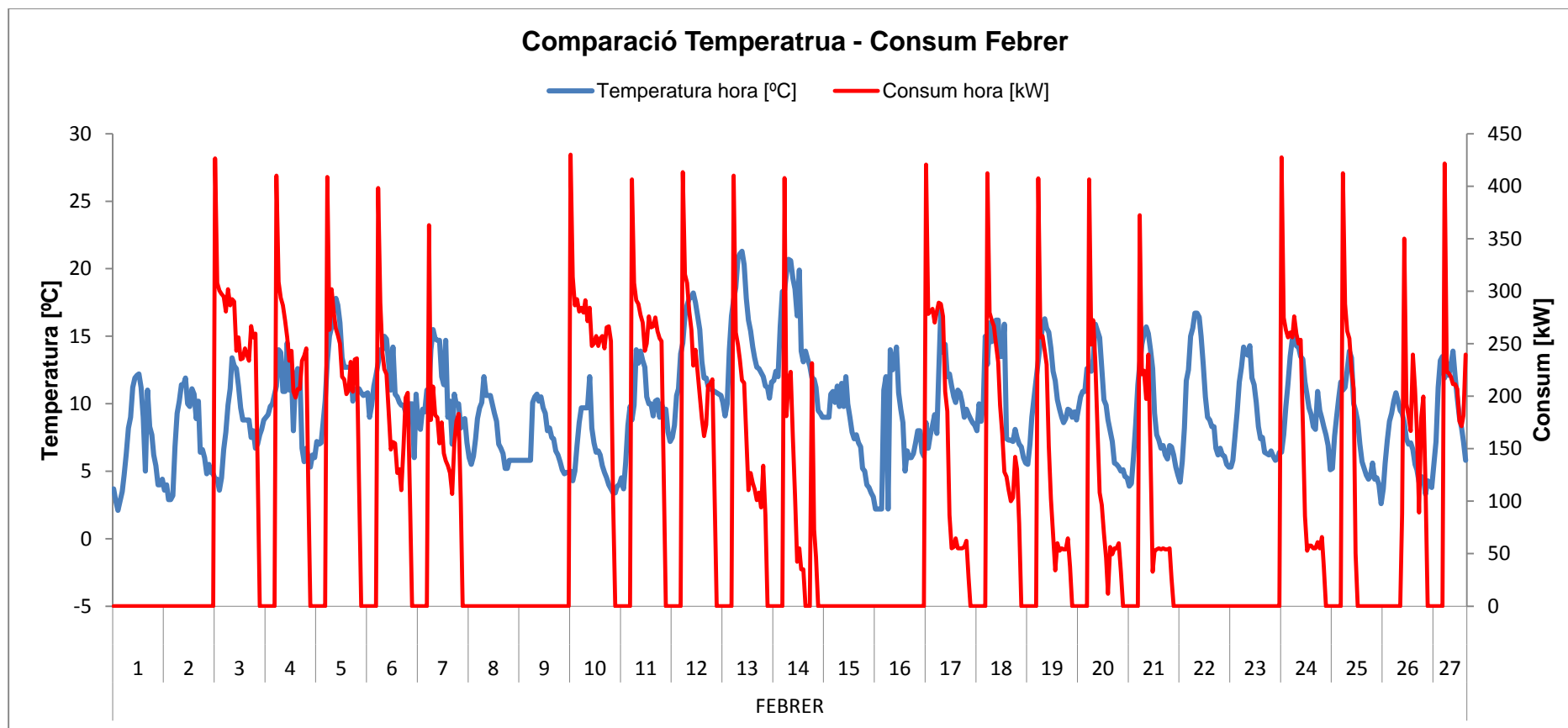


Figura 5.5. Gràfica comparativa Febrer

- Comparativa setmana tipus Novembre (Temperatura ext. alta)

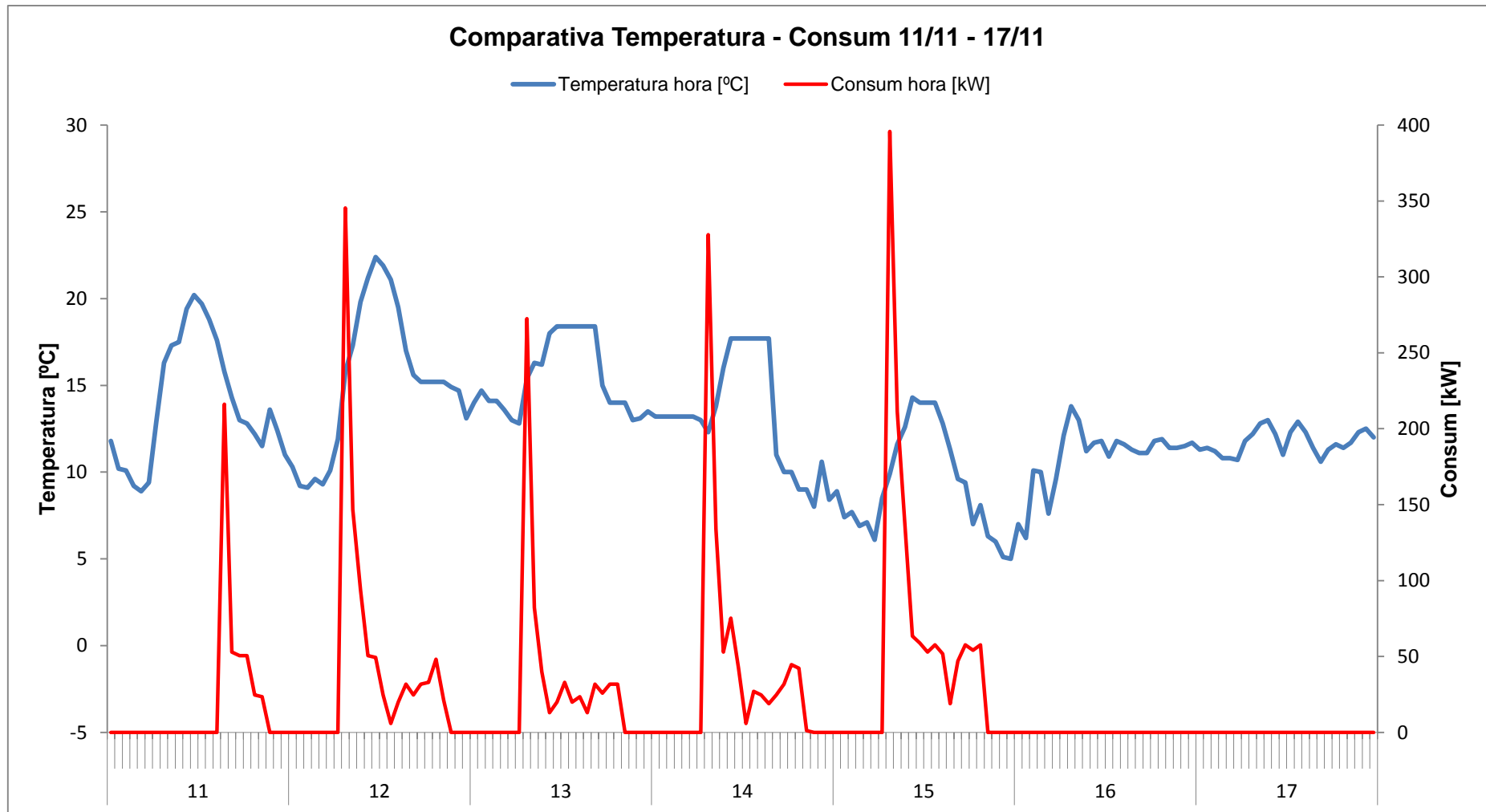


Figura 5.6. Gràfica comparativa setmana tipus (Temperatura ext. alta)

- Comparativa setmana tipus Novembre (Temperatura ext. baixa)

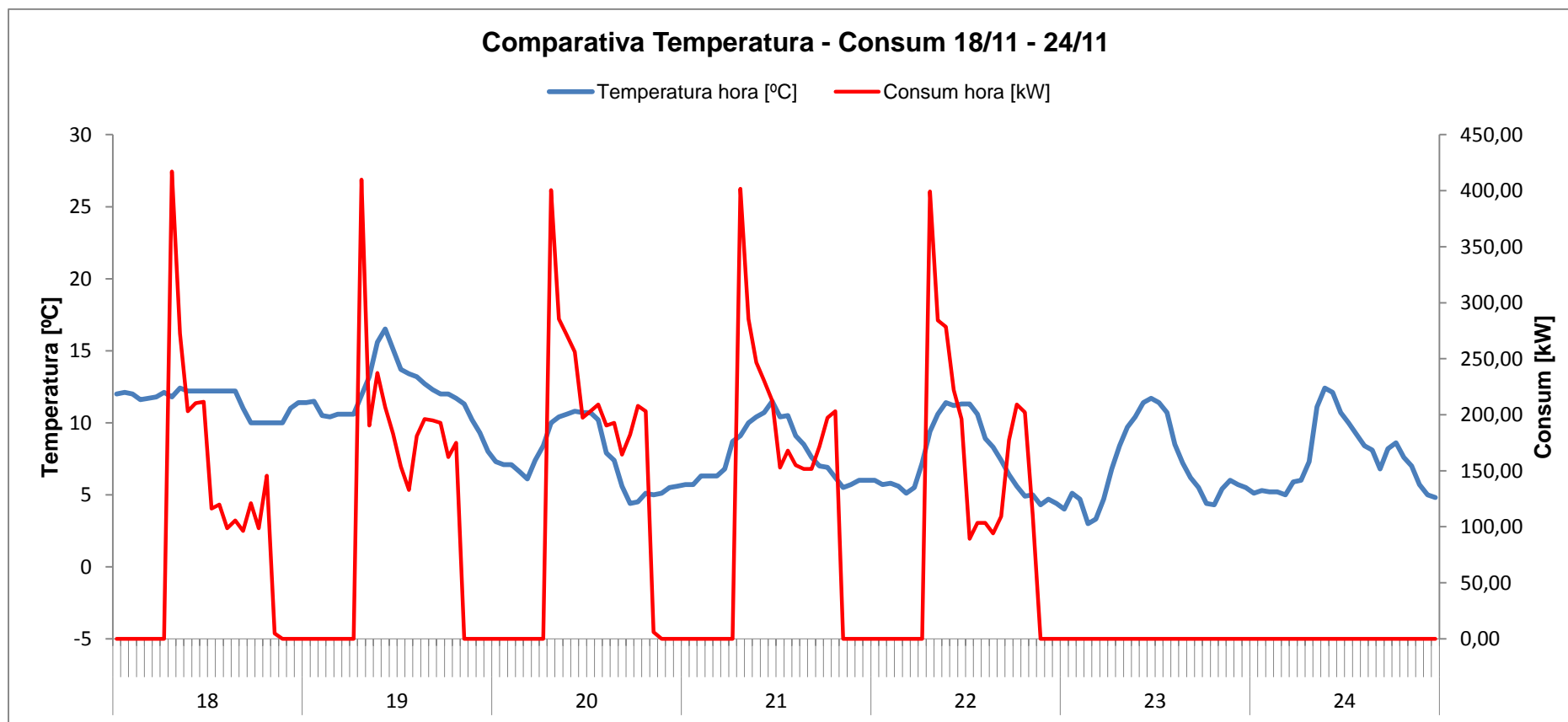


Figura 5.7. Gràfica comparativa setmana tipus (temperatura ext. baixa)

6. Propostes de millora

En aquest punt s'exposen i s'avaluen les diferents propostes de millora per poder augmentar així l'eficiència energètica de l'edifici, tant pel que fa al consum elèctric com tèrmic i també de cara a la il·luminació.

6.1. Descripció

A continuació és descriuen les diferents propostes de millora.

- Reducció de l'horari d'il·luminació de la part exterior de l'edifici.
- Desconnexió del magnetotèrmic el qual controla l'alimentació elèctrica en les aules d'informàtica i espais on el nombre d'ordinadors és molt elevat.
- Tenir en compte en els espais on hi ha una il·luminació exterior suficient per a poder desenvolupar les tasques per les quals estan destinats i si es pot reduir la il·luminació artificial i també
- Substitució d'elements d'il·luminació amb resistències electròniques o electromagnètiques per elements d'il·luminació LED.
- Regulació dels punts de consum tèrmic per a la reducció del consum de gas.
- Implementació dels models matemàtics creats.

6.2. Avaluació

Encara que hi ha moltes possibilitats de cara a la millora de l'eficiència energètica de l'edifici, aquí es fa una avaluació de totes elles per poder decidir

quines tindrien una amortització més ràpida i així poder decidir quines d'elles s'han de duu a terme amb una major brevetat.

Una de les millores més senzilles és la de la reducció de la il·luminació de la part exterior de l'edifici, ja que només es tractaria de canviar la manera d'activació de les mateixes, en aquests moments la il·luminació s'activa a partir d'una cèdula fotoelèctrica la qual detecta la falta de lluminositat natural i fa que s'activi la il·luminació, sí la il·luminació s'activés a partir d'un rellotge horari disminuirien les hores de funcionament i en lloc de que funcionessin durant tota la nit només ho fessin fins les 12:00 p.m. amb la qual cosa es reduiria notablement el consum elèctric durant la nit.

El tancament de l'alimentació elèctrica de les aules d'informàtica i d'aquells espais on el nombre d'ordinadors és mes elevat, tampoc comporta un esforç econòmic elevat. Es tindria que conscienciar al personal de manteniment i consergeria que quan es tanquin aquest tipus d'espais desconnectin el magnetotèrmic d'alimentació i així reduir el consum de fons que tenen els equips informàtics. En aquest cas també s'hauria de conscienciar a l'alumnat i personal docent de que no deixin actius aquest tipus d'aparells (ordinadors, impressores, escàners...), cosa que la universitat ja esta duent a terme mitjançant cartells informatius.

La reducció de la il·luminació en els espais que no estan ocupats en la seva totalitat és una de les accions amb la qual també es pot reduir el consum elèctric de l'edifici, ja que hi ha hores en les quals es fa ús d'un espai però que la seva ocupació es reduïda i per tant no es necessari activar tota la il·luminació i tampoc que el personal de consergeria que es l'encarregat d'obrir i tancar les aules tingui que ser l'encarregat de apagar la il·luminació dels mateixos ja que aquesta acció en alguns casos no es duu a terme en l'hora exacta que acaba la docència i per tant el consum elèctric és superior al necessari.

La substitució dels elements d'il·luminació instal·lats actualment per sistemes d'il·luminació LED, seria una mesura molt bona de cara a la reducció del consum elèctric, ja que aquest tipus de dispositius tenen un consum molt més reduït que els que hi ha instal·lats actualment. Però la inversió a realitzar per

poder duu a terme aquesta millora es molt elevada i amb els temps que corren actualment i la reducció de les ajudes que reben les universitats, es fa molt difícil poder tirar endavant aquest tipus de millores. Tot i que es podria estudiar de substituir aquella part de la il·luminació que té un consum més elevat, ja sigui per la potència de les làmpades instal·lades o per les hores de funcionament de les mateixes, com podria ser el cas de la il·luminació exterior o de la il·luminació dels diferents passadissos i zones d'accés a l'edifici les quals tenen una activació prolongada.

Referent al consum tèrmic es creu convenient fer una regulació correcta dels diferents punts de consum que hi ha a l'edifici, ja que s'han observat espais on els Wh/m^2 és molt més elevat que el necessari, encara que això ja ho fan els mateixos usuaris, ja que els radiadors es poden manipular manualment i per tant no es podria tenir un control dels mateixos.

La implementació del model creat per al consum elèctric ajudaria a poder controlar si aquest consum es l'esperat per a l'ocupació que hi ha a l'edifici. I poder trobar l'excés de consum que hi ha a l'edifici quan la ocupació d'aquest s'ha reduït notablement. Això significaria que alguns espais de l'edifici continuen produint consum elèctric tot i que no tenen ocupació.

El model creat per al control de la temperatura interior i així l'hora de posta en marxa de la caldera. És un model molt sol·licitat pel personal que té aquesta funció en aquest cas el de manteniment, ja que ara mateix la caldera no varia el seu horari de posta en marxa en funció de la temperatura exterior, l'ocupació i el consum tèrmic i això es el que s'aconseguirà amb la implementació d'aquest model. S'ha de tenir en compte que només reduint una hora el funcionament de la caldera, l'estalvi que es produiria seria molt elevat, ja que el consum d'aquesta també ho es.

6.3. Estalvi econòmic

S'ha realitzat un estudi econòmic per al càlcul de l'estalvi que suposaria la eliminació de la potència de fons que hi ha a l'edifici i la reducció de les hores de funcionament de la il·luminació exterior.

Situació	Potència de fons [W·h]	Potència fons diària [W·h/dia]
Planta 3	482,96	5.795,52
Planta 2	368,84	4.426,08
Planta 1	422,80	5.073,60
Planta 0	494,00	5.928,00
Total	1.768,60	21.223,20

Figura 6.1. Taula consum de fons

Situació	Potència exterior	Potència diària [W·h/dia]
Planta 2	8.490,00	67.920,00

Figura 6.2. Taula consum il·luminació exterior

Tenint en compte que el preu del kW·h en aquests moments es de 0,12756 €/kW·h, s'obté l'estalvi econòmic anual, gràcies a l'aplicació d'aquestes mesures d'eficiència, també s'ha tingut en compte que l'aplicació d'aquestes mesures no comporta cap cost afegit.

Potència Total [kW·h/dia]	89,14
€/kW·h	0,12756
Estalvi diari [€/dia]	11,37
Estalvi anual [€/any]	4150,30

Figura 6.3. Taula estalvi econòmic

6.4. Priorització de mesures

Després de l'avaluació anterior ara ja és pot decidir quines de les mesures són mes prioritàries dur-les a terme, tenint en compte tots els factors, tant econòmic com de millora energètica.

Les primeres millores que es tindrien que duu a terme són aquelles que suposen un cost econòmic menor, ja sigui perquè la seva inversió es reduïda o nul·la ja que algunes de les millores fan referència a la conscienciació de les persones que fan ús de l'espai i de les que són responsables del seu correcte funcionament.

Per últim es durien a terme les millores que suposen un cost econòmic superior encara que la substitució de les làmpades actuals per il·luminació LED es podria dur a terme en diferents fases.

1. Reducció de l'horari de funcionament de la il·luminació de la part exterior de l'edifici.
2. Tancament de l'alimentació elèctrica en les aules d'informàtica i espais on el nombre d'ordinadors és molt elevat.
3. Reducció de la il·luminació quan els espais ja tenen una il·luminació exterior suficient o quan la seva ocupació és reduïda.
4. Revisió del dimensionat de la instal·lació de calefacció en els espais on els radiadors són més grans que el necessari per les dimensions de l'espai en qüestió.
5. Regulació dels punts de consum tèrmic per a la reducció del consum de gas.
6. Substitució d'elements d'il·luminació amb resistències electròniques o electromagnètiques per elements d'il·luminació LED.
7. Implementació dels models matemàtics creats.

7. Model matemàtic

S'han realitzat dos tipus de models per a poder predir tant el consum elèctric (kW_e) com tèrmic (kW_t) de l'edifici TR8 del campus UPC de Terrassa, a partir d'unes variables d'entrada detallades més endavant.

El model del consum elèctric ve determinat per una variable d'entrada que és la ocupació prevista del edifici i així obtenir una sortida la qual serà la previsió de consum elèctric.

L'ocupació de l'edifici vindrà donada en %, la qual s'obté de la ocupació total que pot acollir l'edifici TR8. Aquesta capacitat és la suma de tots els llocs de treball de l'edifici tant de administració i serveis (PAS), del personal docent i d'investigació (PDI) i en gran part dels estudiants. A partir dels horaris de les aules i laboratoris i el nombre d'alumnes matriculats en cadascuna de les assignatures i de l'enquesta realitzada al personal del (PDI + PAS) s'ha obtingut la ocupació en les diferents hores del dia i per a cada dia de la setmana. S'ha realitzat un quocient entre la ocupació esperada a l'edifici per a tots els instants i la ocupació màxima que pot acollir l'edifici.

La variable de sortida a determinar en aquest cas és el consum elèctric determinat en (kW_e), s'ha obtingut a partir del software Sirena el qual ens determina la potència elèctrica consumida de forma instantània.

El model relacionat amb el consum tèrmic també depèn de tres variables d'entrada que seran la temperatura exterior, la ocupació i el consum tèrmic (kW_t) amb les quals s'obindrà una sortida que serà la temperatura interior de l'edifici.

La temperatura exterior s'obté a partir de les dades enregistrades de l'estació meteorològica situada a l'edifici TR4 del campus de Terrassa.

I en aquest model la variable de sortida que és pretén determinar és el consum tèrmic determinat en (kW_t), la qual també ens proporciona el software Sirena de forma instantània.

7.1. Metodologia

7.1.1. Determinació de l'estructura del model

S'ha elegit entre dos tipus de models LTI, els quals s'han comprovat per poder determinar quin dels dos és més adequat per al model realitzat.

Tipus 1: ARX (Auto-regressius de variable eXògena). En aquest tipus de models, part de la dinàmica de la sortida del model es deguda al soroll de contaminació del sistema. S'utilitzen per a la predicció de la sortida en un instant determinat a partir de les entrades actual i anteriors i de les sortides anteriors mesurades i reals.

Tipus 2: OE (Output Error). En aquest tipus de model el soroll és adjunt a la sortida i no és penalitza la seva dinàmica. S'utilitza per a la simulació de la sortida en un intent determinat a partir de les entrades actuals i anteriors i de les sortides anteriors simulades i no a les reals mesurades. Es tracta de models de simulació pura.

Encara que la forma (funció de transferència discreta) i l'ordre dels models RX i OE poden ser el mateix, és veurà que l'ajust dels paràmetres és realitza en base a diferents valors numèrics: en el primer ARX s'utilitza únicament dades mesurades mentre que en el segon OE s'utilitzen prediccions del model per a la sortida.

7.1.2. Determinació de l'ordre del model

A partir de la resposta obtinguda amb l'anàlisi de correlació dinàmic realitzat amb les dades experimentals d'entrada i sortida és podrà proposar un ordre per al model que és vol calibrar. Un punt d'inflexió a la resposta es indicatiu d'un comportament de segon ordre o superior en canvi un comportament de la

resposta impulsional de forma exponencial decreixent es sinònim d'un model de primer ordre. Una primera aproximació per saber si s'ha sobrepassat l'ordre del model és realitzar el diagrama de pols i zeros de la funció de transferència. Si es detecten pols i zeros superposats per tant cancel·lacions pures, llavors és pot reduir l'ordre tant del numerador com del denominador en tants graus com cancel·lacions s'observin.

7.1.3. Mínims quadrats

Una vegada s'han determinat l'estructura i l'ordre del model LTI és procedeix a l'ajust dels coeficients del mateix. Una funció de transferència per a un sistema mono variable (SISO Single Input – Single Output) té la forma següent:

$$G(z^{-1}) = \frac{B(z^{-1})}{F(z^{-1})} = \frac{Y(z^{-1})}{U(z^{-1})}$$

On z^{-1} equival al operador de retard pur, $U(z^{-1})$ i $Y(z^{-1})$ són la entrada i la sortida dels sistema en el domini transformat Z respectivament.

Operant s'obté:

$$B(z^{-1}) \cdot U(z^{-1}) = F(z^{-1}) \cdot Y(z^{-1})$$

$$(b_0 + b_1z^{-1} + b_2z^{-2} + \dots) \cdot U(z^{-1}) = (1 + f_1z^{-1} + f_2z^{-2} + \dots) \cdot Y(z^{-1})$$

Les quals es poden expressar en forma d'equacions diferencials per als dos tipus de models.

Model ARX:

$$\hat{y}(k) = b_0u(k) + b_1u(k-1) + b_2u(k-2) + \dots - f_1y(k-1) - f_2y(k-2)$$

Model OE:

$$\hat{y}(k) = b_0u(k) + b_1u(k-1) + b_2u(k-2) + \dots - f_1\hat{y}(k-1) - f_2\hat{y}(k-2)$$

On $\hat{y}(k)$ indica la predicció sobre $y(k)$ en l'instant k determinat. S'observa que en el cas ARX s'utilitzen les sortides anteriors mesurades, reals per a fer la

predicció de la sortida actual m'entres que per al caso OE s'utilitzen les sortides predites anteriors.

En qualsevol de les dues estructures es pot expressar l'ajust dels coeficients en forma d'equacions lineals o en matrius.

$$Y = \Phi \cdot \theta$$

On Φ es la denominada matriu del regressor i $Y = [y_n \ y_{n-1} \ y_{n-2} \ \dots]^T$ les variables de sortida i $\theta = [f_1 \ f_2 \ \dots \ b_0 \ b_1 \ \dots]^T$ el vector de paràmetres del model o paràmetres explicatius de regressió.

Per al model ARX la matriu del regressor és:

$$\Phi = \begin{bmatrix} -y_{N-1} & -y_{N-2} & \cdots & u_N & u_{N-1} & u_{N-2} & \cdots \\ -y_{N-2} & -y_{N-3} & \cdots & u_{N-1} & u_{N-2} & u_{N-3} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}$$

Per al model OE la matriu del regressor és:

$$\Phi = \begin{bmatrix} -\hat{y}_{N-1} & -\hat{y}_{N-2} & \cdots & u_N & u_{N-1} & u_{N-2} & \cdots \\ -\hat{y}_{N-2} & -\hat{y}_{N-3} & \cdots & u_{N-1} & u_{N-2} & u_{N-3} & \cdots \\ \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \vdots & \ddots \end{bmatrix}$$

Degut a que el sistema d'equacions és sobredeterminat, la resolució del mateix s'ha de fer mitjançant la pseudo-inversa de Moore-Penrose, resolent així un problema de mínims quadrats. El mètode de mínims quadrats apareix com una forma de resoldre un sistema d'equacions lineals on la matriu del regressor és una matriu rectangular i no quadrada amb més equacions que incògnites. En el cas que ens ocupa, hi ha més dades (equacions a complir) que paràmetres a determinar en el model discret. La solució al vector de paràmetres explicatius és:

$$\theta = (\Phi^T \cdot \Phi)^{-1} \cdot \Phi \cdot Y$$

Assegurant així que els paràmetres trobats són aquells que minimitzen l'error quadràtic de l'ajust per part del model.

7.1.4. Validació del model

7.1.4.1. Diagrama Pols i Zeros

Una vegada s'ha obtingut el model LTI en funció de transferència discreta és recomana realitzar el diagrama de pols i zeros amb la finalitat de detectar cancel·lacions pures zero-pol per tant zeros i pols que estan superposats en el diagrama i que indiquen la necessitat de reduir el grau dels polinomis tant del numerador com del denominador de la funció de transferència tants graus com parelles zero-pol es cancel·lin.

7.1.4.2. Correlació de Pearson

La correlació de Pearson és un càlcul a partir del qual s'obté la relació entre dues variables quantitatives. Així s'obindrà un valor denominat (r) amb el qual és podrà saber el grau d'exactitud de la correlació entre les dades comparades.

La correlació de Pearson és calcula a partir de la següent equació (5).

$$r = \frac{\sum_i (x_i - \bar{x}) \cdot (y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_i (x_i - \bar{x})^2} \cdot \sqrt{\sum_i (y_i - \bar{y})^2}} \quad (5)$$

La correlació de Pearson té que tenir un resultat dins de l'interval $[-1, 1]$, per a poder dir que aquest és satisfactori. A continuació s'expliquen els diferents resultats que és poden obtenir.

- Si $r=1$ hi ha una correlació positiva perfecta entre les dues variables estudiades i que per tant hi ha una dependència total entre ambdues (relació directa). Quan una d'elles augmenta, l'altra també ho fa de forma proporcional i constant. Però això significaria que les nostres variables ja no poden tenir una correlació millor i no seria necessari la realització del model, per tant aquest valor no ens interessa.
- Si $0 < r < 1$ indica una correlació positiva. Aquest si que és un valor que ens interessa i que com més proper sigui a 1 millor.
- Si $r=0$ no existeix relació lineal entre les dues variables. Això no significa que les variables siguin independents entre elles, però si que pot existir

una relació no lineal entre elles, cosa que dificultaria la creació del model.

- Si $-1 < r < 0$ hi ha una correlació negativa, la qual no interessa.
- Si $r = -1$ és el mateix cas que quan $r = 1$ però negativa i que s'anomena relació inversa. La diferència és que si una variable augmenta l'altra disminueix de forma proporcional i constant.

En aquest projecte s'utilitzarà la correlació de Pearson per a verificar les relacions entre les entrades i sortides del model a identificar o bé entre la sortida real i la predicció ARX o simulació OE efectuada pel model.

7.1.4.3. Mesura de l'ajust de la resposta

L'ajust de la resposta simulada (OE) o predita (ARX) pel model amb la sortida real del sistema és pot avaluar mitjançant la següent expressió:

$$f_{\%} = 100 \cdot \frac{1 - \|(y - \hat{y})\|}{\|y - \bar{y}\|}$$

On (y) es la sortida real (mesurada) del procés en les dades de validació (\bar{y}) és la mitjana i (\hat{y}) és la sortida simulada (OE) o predita (ARX) pel model. $\|(\cdot)\|$ determina a la (norma 2) d'un vector. S'observa com, en l'expressió de $f_{\%}$ aquesta norma s'aplica sobre el vector diferencia entre la sortida real i la simulada (OE) o predita (ARX) i sobre la diferència entre els valors del vector de sortida i la seva mitjana. Amb aquest càlcul de $f_{\%}$ es determina el percentatge de la sortida mesurada que és explicada pel model.

La norma 2 d'un vector de N elements és la mesura del seu mòdul en l'espai RN. És defineix com l'arrel quadrada de la suma dels seus components elevats al quadrat.

$$\|(y - \hat{y})\| = \sqrt{(y_1 - \hat{y}_1)^2 + (y_2 - \hat{y}_2)^2 + \dots + (y_N - \hat{y}_N)^2}$$

7.1.4.4. Índex d'AKAIKE

L'índex d'Akaike es una mesura per determinar el nivell d'ajust d'un model incorporant la penalització de fer un bon ajust (poc error d'identificació), però amb la utilització d'un gran nombre de paràmetres a identificar (ordre del model elevat).

Es proposa utilitzar l'índex FPE:

$$FPE = V \cdot \left(1 + 2 \cdot \frac{d}{N}\right)$$

on V és la funció de pèrdua, d és el nombre de paràmetres estimats i N és el nombre de dades de la mostra. S'ha de tenir en compte que se suposa $d \ll N$.

El model amb un millor ajust serà aquell que presenti un índex FPE mínim, ja que l'índex d'Akaike no només recompensa el millor ajust del model sinó que sempre inclou una penalització quant més gran sigui el nombre de paràmetres predits del model. La penalització té en compte que sempre que augmentem el nombre de paràmetres l'ajust serà millor.

7.2. Model Consum elèctric

Un cop obtingudes les dades de consum elèctric a partir del treball de camp realitzat i calculat el consum per a cada hora del dia, és compararan aquestes per amb les dades extretes del Sirena per a una setmana tipus, concretament de la setmana que transcorre del dia 24/02/2014 al dia 2/03/2014. Amb aquest càlcul s'obindrà la correlació de Pearson, per a cadascun dels dies de la setmana.

- Dilluns → $r = 0,8549$
- Dimarts → $r = 0,8781$
- Dimecres → $r = 0,855$
- Dijous → $r = 0,9108$
- Divendres → $r = 0,8266$
- Dissabte → $r = 0,5918$
- Diumenge → $r = 0,5938$

S'observa a partir del càlcul de la correlació de Pearson que tots els valors són $0 < r < 1$ i per tant que la relació entre les dues variables estudiades és positiva i suficientment propera a 1. Això indica que el model matemàtic és possible.

A partir d'aquests resultats s'ha realitzat un model per al consum elèctric, el qual té la ocupació de l'edifici TR8 com a variable d'entrada. A continuació és troben els diferents passos que s'han seguit amb el programa Matlab per a poder obtenir el model, amb les instruccions i resultats corresponent.

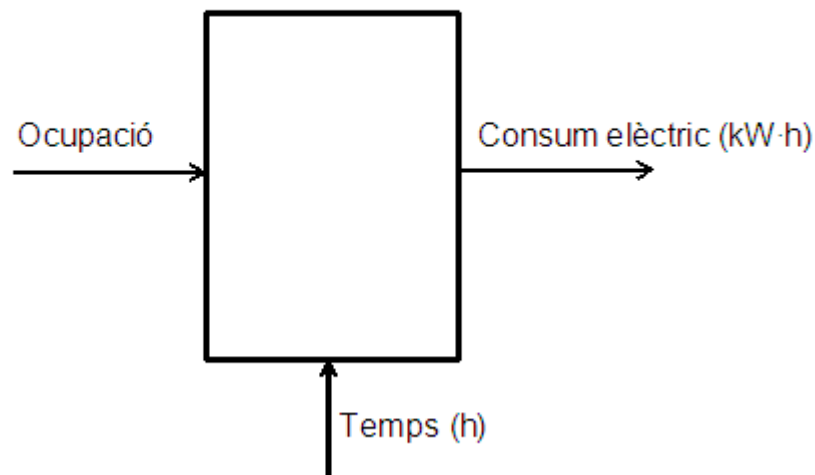


Figura 7.1. Estructura model consum elèctric

La primera tasca és incorporar al programa Matlab les dades que seran utilitzades per a poder realitzar els càlculs i obtenir el model. Les dades utilitzades són d'una setmana tipus concretament la del (24/02/2014 – 2/03/2014). Les dades del consum elèctric s'han extret a partir del Sirena i les que fan referència a l'ocupació a partir del treball de camp realitzat per poder obtenir la ocupació de l'edifici en cada hora del dia, mitjançant la capacitat de les diferents aules que estan ocupades i el nombre d'alumnes que hi ha matriculats en les diferents assignatures que és duen a terme i també amb les dades extretes de l'enquesta per als despatxos i espais comuns de l'edifici.

Aquestes dades s'han incorporat al programa Matlab a partir de les següents instruccions.

```
%Llegir dades excel
excel=xlsread('ocupacio2.xls');
%Llegir dades ocupació
entrada=excel(:,3);
%Llegir dades consum electric
sortida=dlmread('dadesconsumsetmanal.txt');
%Seleccionar la columna desitjada de la matriu (consum
SIRENA)
sortida=sortida(:,1);
```

S'ha creat una matriu (z) a partir de les dues variables ocupació i consum elèctric.

```
%Definir matriu de dades (columna 1:consum, columna
2:ocupació)
z =[sortida entrada];
```

Es calcula la mitjana / tendència del vector (z) i es centra al 0 (zt).

```
%Extreure la mitjana dels valors per centrar en 0
zt=dtrend(z);
```

Es calcula la correlació de Pearson (R) entre el consum elèctric i la ocupació.

```
%Correlació de Pearson entre Consum i Ocupació
R=Pearson(entrada,sortida);
```

```
R = 0.8877
```

S'observa que el resultat de la correlació de Pearson és el suficientment alt i per tant justifica la creació d'un model d'identificació.

El model a utilitzar és un sistema LTI (Sistema lineal invariant en el temps) i del tipus OE (Output Error) per poder treballar amb la simulació del mateix més endavant.

La lògica diu que el consum elèctric només hauria de dependre dels aparells que estan connectats en l'instant actual en que estem realitzant el model i que aquest no depèn del consum que s'ha produït en les hores anteriors. Per poder comprovar que això és així s'ha realitzat un model d'ordre 0, el qual només depèn d'una constant.

```
%Llegir dades excel
excel=xlsread('ocupacio2.xls');
%Llegir dades ocupació
entrada=excel(:,3);
%Llegir dades consum electric
sortida=dlmread('consumsetmanalnovembre.txt');
%Seleccionar la columna desitjada de la matriu (consum
SIRENA)
sortida=sortida(:,1);
%Definir matriu de dades (columna 1:consum, columna
2:ocupació)
z =[sortida entrada];
%Extreure la mitjana dels valors per centrar en 0
zt=dtrend(z);
%Correlació de Pearson entre Consum i Ocupació
R=Pearson(entrada,sortida);

%Comprovació ordre 0
%Crear model Output Error d'ordre 0 (per comprovar que no
funciona)
ordre0=oe(zt,[1 0 0])
%Es compara la sortida real amb el resultat del model
d'ordre 0
figure;
compare(zt,ordre0)
```

```

%Vector que numera les hores dels 7 dies
t=dlmread('hores_setmana.txt');
%Simulació del model obtingut
y0 = lsim(tf(ordre0.b,ordre0.f,1),entrada,t);

%Correlació de Pearson entre sortida SIMULADA i sortida REAL
R0=Pearson(sortida,y0)
Discrete-time IDPOLY model:  $y(t) = B(q)u(t) + e(t)$ 
 $B(q) = 84.31$ 

Estimated using OE on data set zt
Loss function 25.4231 and FPE 25.7294
Sampling interval: 1
R0 = 0.8493

```

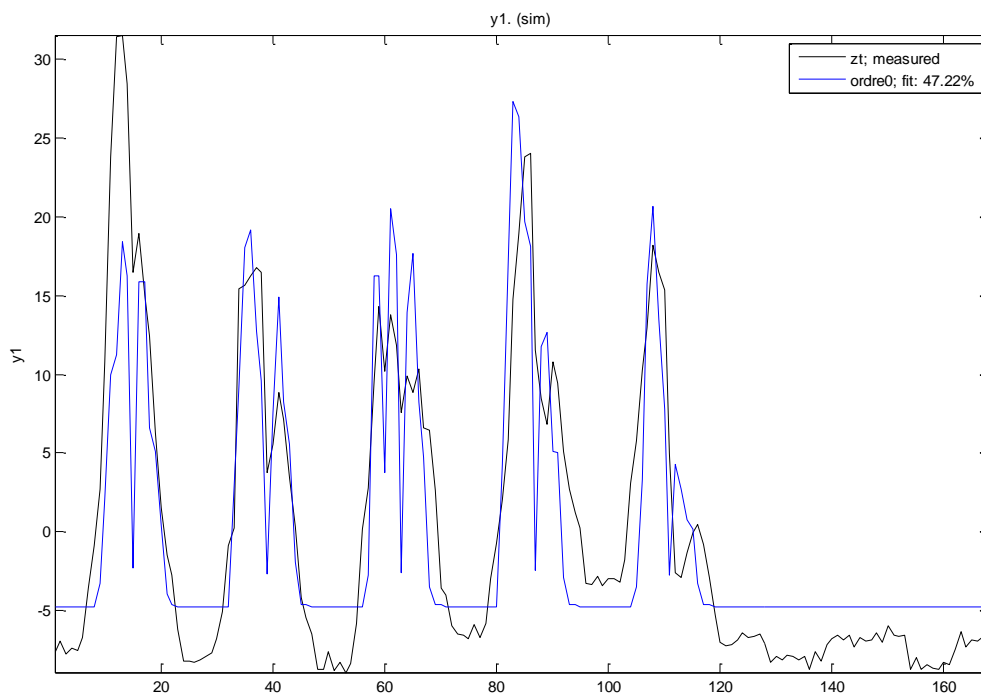


Figura 7.2. Gràfica del FIT per un model OE d'ordre 0

A partir de les instruccions anteriors s'ha realitzat la simulació amb el Matlab per poder observar els resultats que s'obtenen amb un model d'ordre 0. S'observa que la correlació de Pearson ens dona un valor molt satisfactori però per contra el FPE és molt elevat i el FIT de la gràfica tampoc és un valor gaire acceptable.

Per tant és pot menysprear aquest tipus de model d'ordre 0, degut a que els resultats obtinguts no són acceptables per a la posterior validació del model. Per aquest motiu el primer pas serà elevar l'ordre del model per poder comprovar que el seu comportament millora.

Per tant és pot afirmar que el consum elèctric no depèn només del consum que hi ha en un instant sinó també del consum que hi ha hagut anteriorment i per això el model té que tenir un ordre més elevat. D'aquesta manera la modelització és durà a terme a partir de les dades de la ocupació actual i també de la ocupació que hi ha hagut a les hores anteriors. Així els resultats obtinguts pel model tindran una validesa superior.

A continuació s'estudia un model d'ordre 20 i el resultat obtingut és compara amb el resultat de la mitjana/tendència (zt) calculada anteriorment. Per poder realitzar aquesta comparació s'ha creat una variable de sortida (y20), la qual és simula per obtenir un valor de sortida i poder realitzar la comparació amb les dades del consum elèctric obtingudes a partir del Sirena. Amb aquest càlcul és realitza una gràfica la qual s'obté un valor FIT (tendència) entre les dues gràfiques comparades, és calcula també la correlació de Pearson.

```
%Model OE
%Crear model Output Error d'ordre 20 (per provar un ordre
alt)
ordre20=oe(zt,[20 20 0])
%Es compara la sortida real amb el resultat del model
d'ordre 20
figure;
compare(zt,ordre20)
%Vector que numera les hores dels 7 dies
t=dlmread('hores_setmana.txt');
%Simulació del model obtingut
y20 = lsim(tf(ordre20.b,ordre20.f,1),entrada,t);
%Correlació de Pearson entre sortida SIMULADA i sortida
REAL
R20=Pearson(sortida,y20)
R20 =0.8189
```

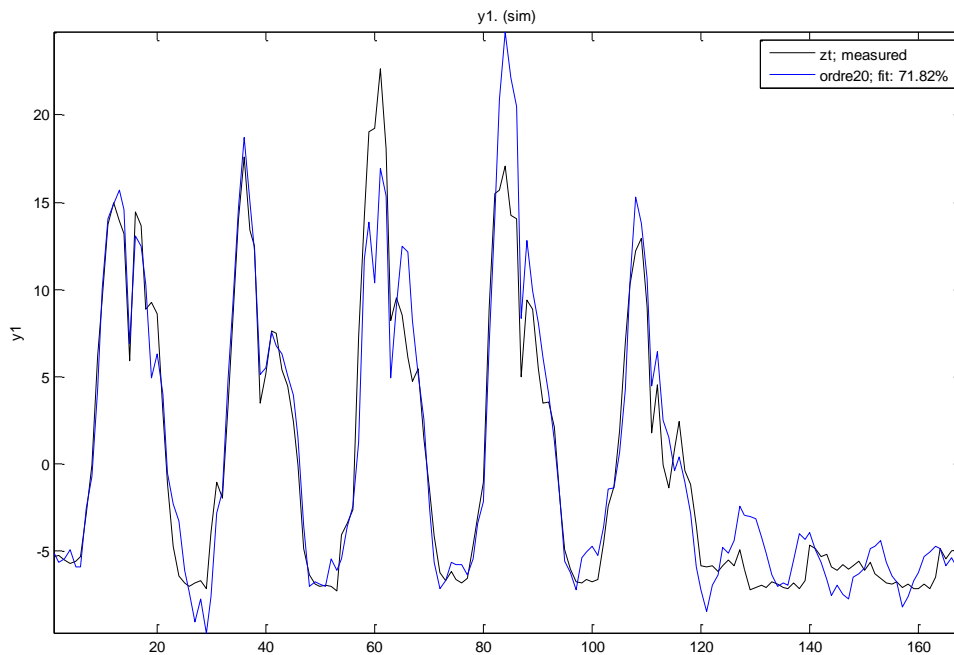



Figura 7.3. Gràfica FIT per a un model OE d'ordre 20

Un cop simulat el model s'extreuen diferents valors els quals ajuden a esbrinar si el model és suficientment bo o no. Un d'aquests valors és el FPE (Final Prediction Error) també anomenat índex d'AKAIKE. El FPE és un valor que s'aconsegueix a partir d'aquells errors que són gairebé nuls però que s'obtenen a partir d'un model amb un grau molt elevat, és a dir té en compte negativament aquells models formats per molts paràmetres per aconseguir que el sistema s'assembli al màxim al sistema real. Per tant si elevem el grau del model el valor del FIT millora però el FPE també s'incrementa i per tant el model que tingui un FPE menor serà més positiu.

Discrete-time IDPOLY model: $y(t) = [B(q)/F(q)]u(t) + e(t)$

$$B(q) = 51.08 - 28.93 q^{-1} + 41.99 q^{-2} - 34.94 q^{-3} + 37.45 q^{-4} - 11.8 q^{-5} + 13.53 q^{-6} - 15.68 q^{-7} + 8.207 q^{-8} - 3.322 q^{-9} + 15.36 q^{-10} - 23.76 q^{-11} + 20.94 q^{-12} - 36.28 q^{-13} + 31.09 q^{-14} - 26.48 q^{-15} + 19.93 q^{-16} - 2.695 q^{-17} + 0.03091 q^{-18} + 17.98 q^{-19}$$

$$F(q) = 1 - 0.778 q^{-1} + 0.6212 q^{-2} - 0.6003 q^{-3} + 0.4036 q^{-4} + 0.1231 q^{-5} + 0.04252 q^{-6} - 0.1999 q^{-7} - 0.05952 q^{-8}$$

$$8 + 0.105 q^{-9} + 0.03989 q^{-10} - 0.1165 q^{-11} + 0.2176 q^{-12} - 0.5293 q^{-13} + 0.4139 q^{-14} - 0.3697 q^{-15} + 0.2404 q^{-16} + 0.1917 q^{-17} - 0.2415 q^{-18} + 0.4081 q^{-19} - 0.228 q^{-20}$$

Estimated using OE on data set zt
 Loss function 5.30075 and FPE 8.14678
 Sampling interval: 1

S'ha calculat un model d'ordre 20 el qual té un FIT del 71,82% i un FPE=8,14.

Un cop escollit el model d'ordre 20 s'ha volgut calcular si és podia disminuir el grau d'aquest model. Per poder obtenir una conclusió real s'ha realitzat un anàlisi de pols i zeros de la funció de transferència.

pzmap(ordre20); figure(gcf);

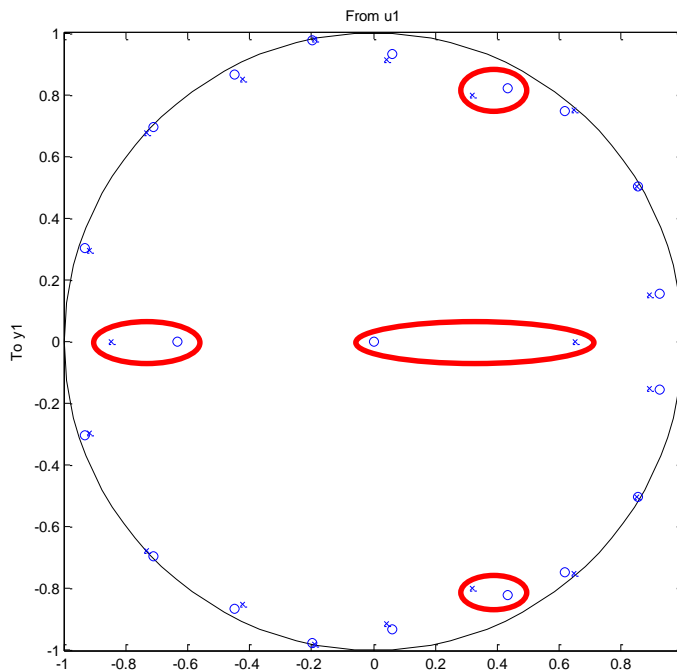


Figura 7.4. Diagrama pols i zeros model ordre 20

Veient el gràfic de pols i zeros s'observa que gairebé totes les parelles excepte quatre estan molt properes entre elles o inclús superposades i per tant es poden depreciar i així reduir l'ordre del model a 4.

Es realitza el mateix càlcul que per l'anterior d'ordre 20 però d'ordre 4. S'obté la sortida (y4) i es calcula la correlació de Pearson i el FPE per aquest model.

```
%Adequat ordre 4
ordre4=oe(zt,[4 4 0])
figure(2);
compare(zt,ordre4)
y4 = lsim(tf(ordre4.b,ordre4.f,1),entrada,t);
R4=Pearson(sortida,y4);
R4 = 0.8060
Discrete-time IDPOLY model:  $y(t) = [B(q)/F(q)]u(t) + e(t)$ 

 $B(q) = 57.85 + 101.2 q^{-1} + 47.46 q^{-2} + 4.076 q^{-3}$ 

 $F(q) = 1 + 1.645 q^{-1} + 0.3464 q^{-2} - 0.3953 q^{-3} - 0.09602 q^{-4}$ 

Estimated using OE on data set zt
Loss function 10.152 and FPE 11.18
Sampling interval: 1
```

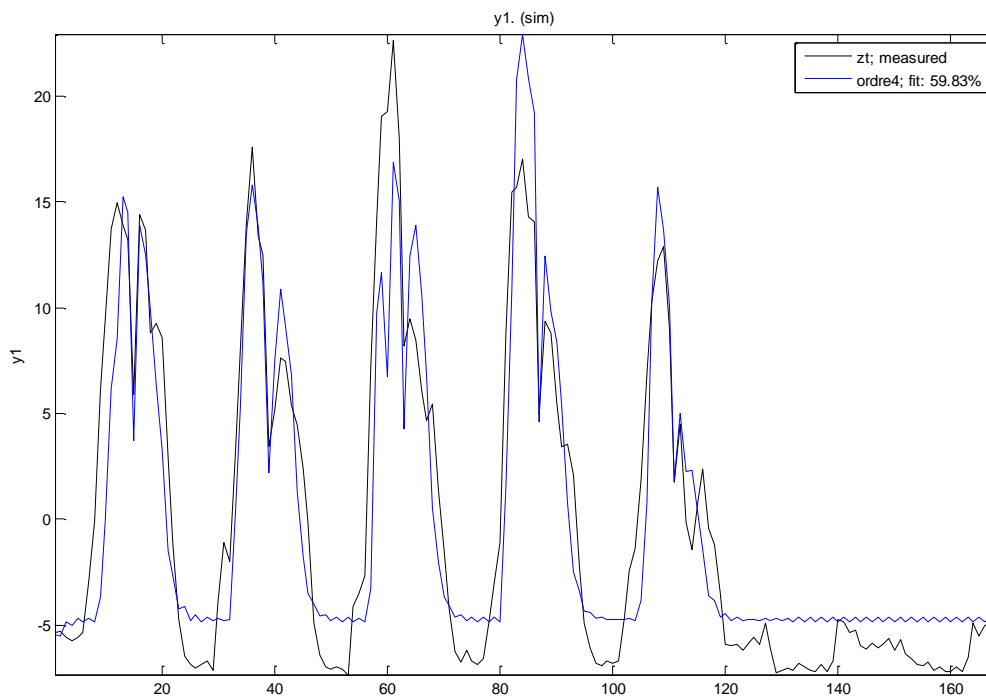


Figura 7.5. Gràfic FIT per a un model OE d'ordre 4

Observant els resultats obtinguts dels models d'ordre 20 i 4 realitzats, s'utilitzarà el model d'ordre 4, ja que és disminueix notablement els paràmetres i el valor de la correlació de Pearson és molt semblant a la del model d'ordre 20, però també s'ha de tenir en compte que augmenta el FPE.

A continuació és realitza l'estudi anterior però amb un altre tipus de model en aquest cas ARX (Auto-regressius de variable eXògena). Aquest model utilitza tantes dades anteriors com el valor de l'ordre del mateix i realitza una predicció del que passarà, per a un temps determinat. En aquest cas s'ha realitzat per a 10, 5, 2 i 1 hora, per poder analitzar el seu comportament.

A partir de la instrucció següents és genera el model creat anteriorment d'ordre 20 i a partir d'aquestes dades és dur a terme la simulació.

```
%Ordre 20
```

```
ordre20arx=arx(zt, [20 20 0])
```

```
Discrete-time IDPOLY model: A(q)y(t) = B(q)u(t) + e(t)
```

$$A(q) = 1 - 0.9668 q^{-1} + 0.1098 q^{-2} - 0.1812 q^{-3} + 0.3338 q^{-4} + 0.1354 q^{-5} - 0.2607 q^{-6} + 0.0998 q^{-7} - 0.05731 q^{-8} + 0.1212 q^{-9} - 0.0007014 q^{-10} - 0.2522 q^{-11} + 0.3282 q^{-12} - 0.1971 q^{-13} + 0.09018 q^{-14} - 0.1273 q^{-15} - 0.02574 q^{-16} + 0.2555 q^{-17} - 0.1206 q^{-18} - 0.01775 q^{-19} - 0.04796 q^{-20}$$

$$B(q) = 34.44 - 29.29 q^{-1} + 10.87 q^{-2} - 9.323 q^{-3} + 13.86 q^{-4} - 5.032 q^{-5} - 4.074 q^{-6} + 6.29 q^{-7} + 6.007 q^{-8} - 0.528 q^{-9} + 0.5538 q^{-10} - 14.15 q^{-11} + 12.77 q^{-12} - 8.078 q^{-13} + 5.269 q^{-14} - 6.575 q^{-15} + 3.549 q^{-16} + 9.972 q^{-17} - 7.32 q^{-18} + 2.497 q^{-19}$$

```
Estimated using ARX on data set zt
```

```
Loss function 1.50839 and FPE 2.22667
```

```
Sampling interval: 1
```

En la taula següent és poden observar els resultats obtinguts a partir de la simulació realitzada per a un model d'ordre 20. Dins de la taula hi ha els dos tipus de model utilitzats i per al model ARX els diferents intervals de temps. De cadascun s'ha obtingut la correlació de Pearson (R) i el FIT (%) de la gràfica realitzada.

Model Elèctric ordre 20					
	OE	ARX 10 hores	ARX 5 hores	ARX 2 hores	ARX 1 hora
R	0,8189	0,9574	0,9582	0,9771	0,9880
FIT(%)	71,82	69,84	70,03	78,37	84,4

Figura 7.6. Taula resultats simulació model elèctric ordre 20

A continuació és realitza el mateix estudi anterior però en aquest cas utilitzant el model d'ordre 4. Aquest model també serà analitzant per a diferents instants de temps 10, 5, 2 i 1 hora.

```
%Ordre 4
```

```
ordre4arx=arx(zt,[4 4 0])
```

```
Discrete-time IDPOLY model: A(q)y(t) = B(q)u(t) + e(t)
```

```
A(q) = 1 - 1.08 q^-1 + 0.2073 q^-2 + 0.002917 q^-3 + 0.1137  
q^-4
```

```
B(q) = 33.69 - 27.23 q^-1 + 8.551 q^-2 + 0.6874 q^-3
```

```
Estimated using ARX on data set zt
```

```
Loss function 3.05784 and FPE 3.34906
```

```
Sampling interval: 1
```

En aquesta taula és situen els resultats de la simulació del model d'ordre 4.

Model Elèctric ordre 4					
	OE	ARX 10 hores	ARX 5 hores	ARX 2 hores	ARX 1 hora
R	0,8060	0,8922	0,8922	0,9455	0,9750
FIT(%)	59,83	53,27	53,62	67,33	77,79

Figura 7.7. Taula resultats simulació model elèctric ordre 4

Un cop realitzat l'estudi dels dos tipus de models LTI per a una setmana tipus i per models d'ordre 20 i 4, i observant la resposta en el cas del model ARX per a diferents intervals de temps, ja és pot decidir quin es el model que serà utilitzat. En aquest cas el model d'ordre 4 del tipus ARX ja que per tots els estudis realitzats s'observa que no és tant exacte com el d'ordre 20 però per contra reduïm notablement el nombre de paràmetres, que és un factor important, i els resultats obtinguts amb el model d'ordre 4 són molt favorables.

A continuació es realitzarà la validació del model. Per a fer això, s'utilitzarà el model obtingut a partir de l'estudi anterior per a altres setmanes del període lectiu i així poder comprovar que aquest funciona correctament. Si el resultat es positiu es podrà afirmar que el model obtingut és treballa correctament.

- Validació setmana Novembre:

Primer de tot s'han de carregar els arxius del model creat anteriorment per així poder-lo utilitzar.

```
load models_electrics_escollits.mat
%Llegir dades excel
excel=xlsread('ocupacio2.xls');
%Llegir dades ocupació
entrada=excel(:,3);
%Llegir dades consum electric
```

```

sortida=dlmread('consumsetmanalnovembre.txt');
%Seleccionar la columna desitjada de la matriu (consum
SIRENA)
sortida=sortida(:,1);
%Definir matriu de dades (columna 1:consum, columna
2:ocupació)
z =[sortida entrada];
%Extreure la mitjana dels valors per centrar en 0
zt=dtrend(z);
%Correlació de Pearson entre Consum i Ocupació
R=Pearson(entrada,sortida);
R = 0.8493

```

Amb les següents instruccions s'ha calculat la correlació de Pearson i s'ha realitzat la gràfica per poder observar el FIT del model del tipus OE d'ordre 4.

Per validar el model ARX s'han realitzat els càlculs de la correlació de Pearson i del FIT realitzant la gràfica del mateix per als diferents intervals de temps 10, 5, 2 i 1 hora.

En la taula següent s'observen els resultats de la validació del model per a una setmana del mes de Novembre, tant del tipus OE com del ARX.

Setmana Novembre					
	OE	ARX 10 hores	ARX 5 hores	ARX 2 hores	ARX 1 hora
R	0,8138	0,8677	0,8692	0,9278	0,966
FIT(%)	52,64	45,71	46,7	62,18	74,24

Figura 7.8. Taula resultats validació model ordre 4 Novembre

A continuació és realitza una segona validació per a una setmana del mes d'Abril per a poder donar més credibilitat a la validació.

- Validació setmana Abril:

```
load models_electrics_escollits.mat
%Llegir dades excel
excel=xlsread('ocupacio2.xls');
%Llegir dades ocupació
entrada=excel(:,3);
%Llegir dades consum electric
sortida=dlmread('consumsetmanalabril.txt');
%Seleccionar la columna desitjada de la matriu (consum
SIRENA)
sortida=sortida(:,1);
%Definir matriu de dades (columna 1:consum, columna
2:ocupació)
z =[sortida entrada];
%Extreure la mitjana dels valors per centrar en 0
zt=dtrend(z);
%Correlació de Pearson entre Consum i Ocupació
R=Pearson(entrada,sortida);
R = 0.9084
```

En la taula següent és troben els valors obtinguts de la validació del model per a una setmana del mes d'Abril.

Setmana Abril					
	OE	ARX 10 hores	ARX 5 hores	ARX 2 hores	ARX 1 hora
R	0,8203	0,9013	0,9079	0,9337	0,9659
FIT(%)	59,7	56,63	58,09	63,74	73,73

Figura 7.9. Taula resultats validació model ordre 4 Abril

Després de la validació del model és pot concloure que el model funciona correctament per a totes les setmanes i per tant potser utilitzat. El model treballa correctament tant amb el tipus OE com amb el ARX aquest últim amb més precisió. Es podrà predir el consum elèctric que hi haurà a l'edifici TR8 utilitzant les dades de 5 hores anteriors i amb l'ocupació prevista.

Un cop realitzat el model i la seva validació amb els diferents tipus i ordres. Es conclou que el model a utilitzar seria del tipus ARX per a qualsevol interval de temps, encara que per tenir una millor precisió, depreciaríem el tipus ARX 10 hores, per poder obtenir millors resultats.

No s'utilitzarà el model del tipus OE ja que com és pot observar en els diferents resultats obtinguts la seva precisió és menor al tipus ARX i això podria provocar errors.

7.3. Model tèrmic de la temperatura interior

El model tèrmic realitzat és del tipus LTI i està format per tres entrades i una sortida i és dependent del temps, per tant és un model del tipus MISO (Multiple Input – Simple Output). Les entrades utilitzades són la temperatura exterior (°C), les dades de la qual han estat extretes de la estació meteorològica situada a l'edifici TR4, el consum tèrmic de l'edifici (kW), dades obtingudes a partir del Sirena i la ocupació de l'edifici, la qual s'ha obtingut a partir de les enquestes realitzades i del treball de camp. La sortida que és vol controlar a partir d'aquest model és la temperatura interior de l'edifici, que és la variable de la qual depèn la caldera i per tant les seves hores de funcionament. Aquesta és la principal raó per la qual és desenvolupa aquest model, ja que la reducció del nombre d'hores de funcionament de la caldera pot suposar un estalvi energètic i econòmic considerable.

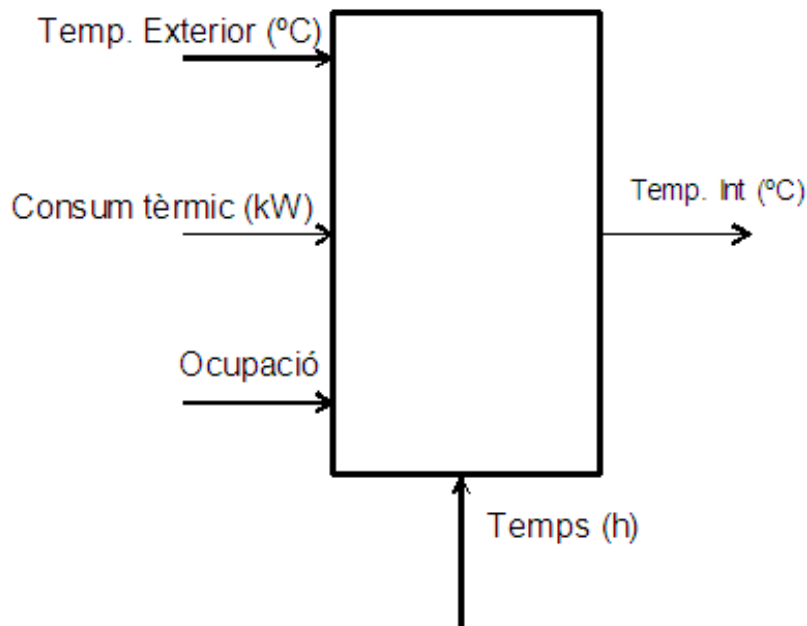


Figura 7.10. Estructura model temperatura interior

Per poder dur a terme el model i treballar amb el programa Matlab, primer és tenen que crear els arxius amb les dades corresponents, i així poder-los utilitzar en la realització del model. S'han creat tres arxius diferents per les diferents entrades i un per a la sortida, tots ells del tipus "txt" per facilitar la lectura al programa.

A partir de les instruccions següents el Matlab pot llegir les dades que necessita per a dur a terme el model.

```
%Llegir dades temperatura interior de les sondes
%Temperatura interior
T_int_feb=dlmread('temperaturainteriortr8.txt');
T_int_feb=T_int_feb(1:4:end,:);
T_int_feb=mean(T_int_feb)';
T_int_feb=T_int_feb(1:672);
%Llegir dades consum gas Sirena
%Gas
Gas_feb=dlmread('consumgasfebrer.txt');
Gas_feb=Gas_feb(1:672);
```

```

%Llegir dades ocupació a partir de l'enquesta
%Ocupació
Ocup_feb=dlmread('ocupaciofebrer.txt');
Ocup_feb=Ocup_feb(1:672);

%Llegir dades temperatura exterior Sirena
%Temperatura exterior
T_ext_feb=dlmread('temperaturaexteriorfebrer.txt');
T_ext_feb=T_ext_feb(1:4:end,:);
T_ext_feb=T_ext_feb(1:672);

```

La instrucció següent crearà una matriu a partir de les dades llegides anteriorment.

```

%Definir IDDATA
z=[T_int_feb Ocup_feb T_ext_feb Gas_feb];

```

Es calcula la mitjana/tendència de la matriu introduïda.

```

%Treure mitjana
zt=dtrend(z);

```

S'utilitza un model LTI del tipus OE d'ordre 20 i compara la sortida extreta del model amb la sortida real del sistema.

```

ordre20oe=oe(zt,[20 20 20 20 20 20 0 0 0])
figure(1);
compare(zt,ordre20oe)

```

Discrete-time IDPOLY model: $y(t) = [B(q)/F(q)]u(t) + e(t)$
 $B1(q) = 1.445 + 2.498 q^{-1} + 1.227 q^{-2} + 0.2938 q^{-3} +$
 $0.3401 q^{-4} + 0.4418 q^{-5} + 0.422 q^{-6} - 1.017 q^{-7} - 0.9721$
 $q^{-8} - 0.5129 q^{-9} + 0.07761 q^{-10} + 0.6525 q^{-11} + 0.3325$
 $q^{-12} + 0.2212 q^{-13} - 0.2147 q^{-14} + 0.0904 q^{-15} - 0.463$
 $q^{-16} - 1.111 q^{-17} - 0.9521 q^{-18} - 1.141 q^{-19}$

7. Model matemàtic

$$\begin{aligned} B2(q) = & -0.002239 - 0.0157 q^{-1} + 0.02302 q^{-2} - 0.03307 q^{-3} \\ & - 0.01866 q^{-4} - 0.002641 q^{-5} + 0.02093 q^{-6} - 0.01347 \\ & q^{-7} + 0.02066 q^{-8} - 0.02777 q^{-9} - 0.0007158 q^{-10} - \\ & 0.03481 q^{-11} + 0.009854 q^{-12} + 0.008918 q^{-13} + 0.000407 \\ & q^{-14} - 0.005717 q^{-15} + 0.02334 q^{-16} - 0.004695 q^{-17} + \\ & 0.02206 q^{-18} + 0.03061 q^{-19} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} B3(q) = & 7.664e-005 + 0.001652 q^{-1} + 0.0006657 q^{-2} - \\ & 0.001142 q^{-3} + 0.000196 q^{-4} - 0.0001218 q^{-5} - 0.0008638 \\ & q^{-6} + 0.0005328 q^{-7} + 0.0003488 q^{-8} + 9.182e-005 q^{-9} - \\ & 6.178e-005 q^{-10} + 9.715e-005 q^{-11} + 0.0002655 q^{-12} - \\ & 0.0007127 q^{-13} + 7.237e-005 q^{-14} + 0.0005086 q^{-15} - \\ & 0.0001608 q^{-16} + 0.0004041 q^{-17} - 0.0006633 q^{-18} - \\ & 0.001015 q^{-19} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F1(q) = & 1 + 0.04253 q^{-1} + 0.2287 q^{-2} - 0.2584 q^{-3} - \\ & 0.1809 q^{-4} + 0.113 q^{-5} - 0.1845 q^{-6} - 0.2504 q^{-7} - \\ & 0.1778 q^{-8} - 0.05528 q^{-9} + 0.3363 q^{-10} + 0.2485 q^{-11} - \\ & 0.08394 q^{-12} - 0.2494 q^{-13} - 0.2054 q^{-14} + 0.2166 q^{-15} - \\ & 0.2026 q^{-16} + 0.1085 q^{-17} - 0.4196 q^{-18} + 0.2039 q^{-19} + \\ & 0.07942 q^{-20} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F2(q) = & 1 - 0.6854 q^{-1} - 0.06319 q^{-2} + 0.2151 q^{-3} - \\ & 0.2027 q^{-4} - 0.289 q^{-5} + 0.3895 q^{-6} - 0.152 q^{-7} - \\ & 0.01605 q^{-8} + 0.06051 q^{-9} + 0.1021 q^{-10} - 0.04364 q^{-11} \\ & + 0.04661 q^{-12} - 0.3175 q^{-13} + 0.3875 q^{-14} - 0.3821 q^{-15} \\ & + 0.08062 q^{-16} - 0.0194 q^{-17} + 0.04533 q^{-18} - 0.03532 q^{-19} \\ & + 0.0226 q^{-20} \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} F3(q) = & 1 - 0.8638 q^{-1} - 0.3059 q^{-2} + 0.3456 q^{-3} - 0.3743 \\ & q^{-4} - 0.06286 q^{-5} + 0.5331 q^{-6} - 0.2485 q^{-7} + 0.3531 q^{-8} \\ & - 0.4167 q^{-9} + 0.2698 q^{-10} - 0.1726 q^{-11} - 0.1785 q^{-12} \\ & + 0.1031 q^{-13} + 0.122 q^{-14} + 0.005079 q^{-15} + 0.2087 q^{-16} \\ & - 0.602 q^{-17} + 0.1254 q^{-18} + 0.05406 q^{-19} + 0.1054 q^{-20} \end{aligned}$$

Estimated using OE on data set zt

Loss function 1.09702 and FPE 1.50022

Sampling interval: 1

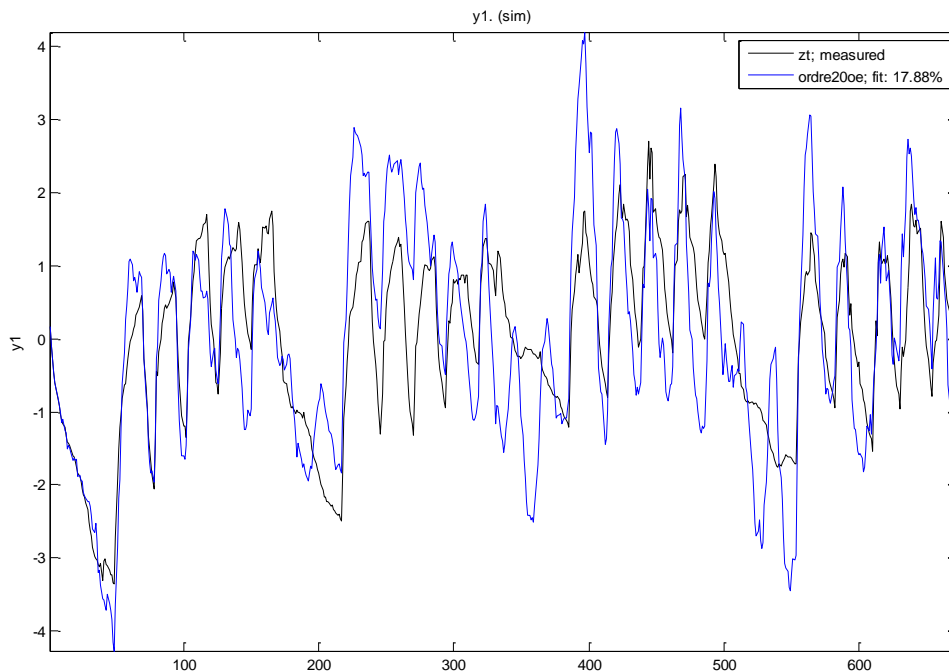


Figura 7.11. Gràfica del FIT del model tèrmic d'ordre 20

A partir de la realització dels càlculs i la gràfica anteriors podem concloure que el FIT de la gràfica és de 17,88% i el FPE = 1,50022, amb aquests resultats, s'observa que el FIT és un valor molt baix i per tant no és correcte però en canvi el FPE sí que té un valor a tenir en compte.

A continuació és realitza el mateix càlcul que en l'apartat anterior però aquest cop per un model d'ordre 3.

Discrete-time IDPOLY model: $y(t) = [B(q)/F(q)]u(t) + e(t)$

$$B1(q) = -0.6867 + 2.327 q^{-1} - 1.539 q^{-2}$$

$$B2(q) = 0.00578 - 0.00842 q^{-1} + 0.002692 q^{-2}$$

$$B3(q) = 4.317e-005 + 0.001825 q^{-1} - 0.001732 q^{-2}$$

$$F1(q) = 1 - 1.53 q^{-1} + 0.5516 q^{-2} - 0.0111 q^{-3}$$

$$F2(q) = 1 - 2.69 q^{-1} + 2.39 q^{-2} - 0.7 q^{-3}$$

$$F3(q) = 1 - 1.948 q^{-1} + 1.106 q^{-2} - 0.1536 q^{-3}$$

Estimated using OE on data set zt

Loss function 0.0398818 and FPE 0.0420805

Sampling interval: 1

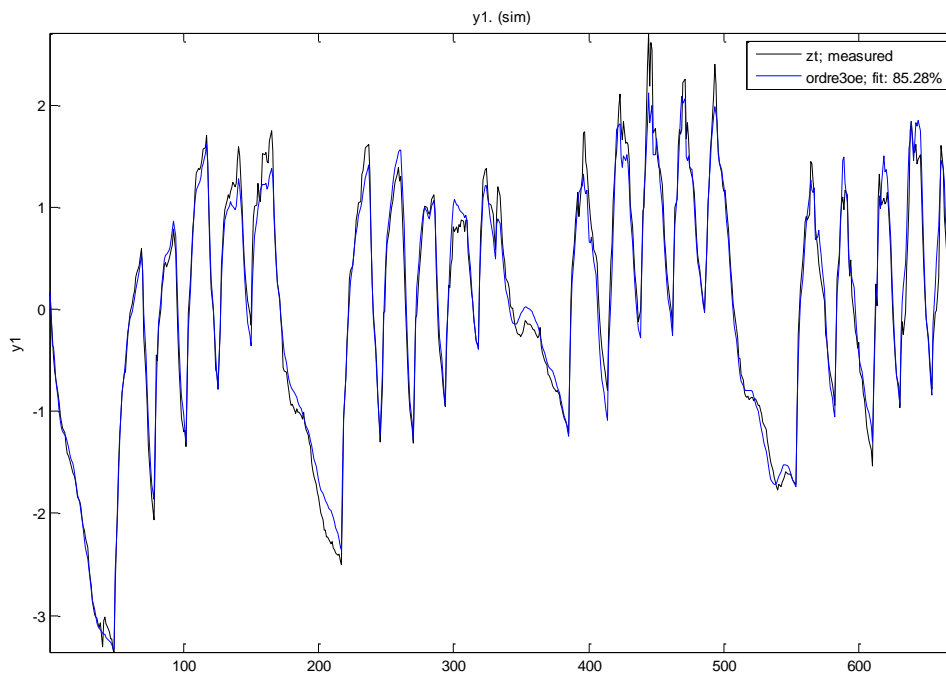


Figura 7.12. Gràfica del FIT del model tèrmic d'ordre 3

A partir dels resultats del FIT que és de 85,28% i el FPE = 0,0420805 es pot concloure que el model d'ordre 3 dóna uns resultats millors que el model d'ordre 20, ja que el valor del FIT ha augmentat molt i el FPE s'ha reduït considerablement.

Per tant el model escollit serà el d'ordre 3 per continuar amb la simulació. El següent pas és extreure les dades de la simulació feta, per poder-les utilitzar mes endavant.

```
%Simular model OE ordre 3
[Y3oe, FIT3oe, X03e] = compare(zt,ordre3oe)
```

Un cop extretes les dades necessàries és crea una sortida, en la qual s'introdueixen les dades de la sortida real per així poder calcular la correlació de

Pearson d'aquesta sortida, aquesta extracció és duu a terme per a facilitar la lectura dels arxius, ja que la instrucció Pearson no llegeix arxius d'aquest tipus.

```
%Aïllar la sortida Y
y3oe=get(Y3oe{:},'OutputData');
R3oe =Pearson(y3oe,T_int_feb);
R3oe = 0.9895
```

En el resultat de la correlació de Pearson s'observa que el model OE d'ordre 3 té un nivell d'exactitud molt elevat ja que aquest és molt proper a 1.

A continuació és realitza l'estudi anterior però amb un altre tipus de model en aquest cas ARX (Auto-regressius de variable eXògena) per als dos tipus de models que s'estan estudiant tant el d'ordre 20 com el d'ordre 3. Aquest model utilitza tantes dades anteriors com el valor de l'ordre del mateix i realitza una predicció del que passarà, per a un temps determinat. En aquest cas s'ha realitzat per a 10, 5, 2 i 1 hora, per poder analitzar el seu comportament.

A partir de la instrucció següent és genera el model creat anteriorment d'ordre 20 i a partir d'aquestes dades és dur a terme la simulació.

```
%Ordre 20
ordre20arx=arx(zt,[20 20 20 20 0 0 0])
```

Discrete-time IDPOLY model: $A(q)y(t) = B(q)u(t) + e(t)$

$$A(q) = 1 - 0.7464 q^{-1} - 0.01286 q^{-2} - 0.02631 q^{-3} - 0.03744 q^{-4} + 0.04044 q^{-5} - 0.03359 q^{-6} - 0.03916 q^{-7} - 0.01775 q^{-8} - 0.07273 q^{-9} - 0.06247 q^{-10} + 0.06981 q^{-11} - 0.01671 q^{-12} + 0.006494 q^{-13} - 0.08806 q^{-14} + 0.07949 q^{-15} - 0.03985 q^{-16} + 0.004037 q^{-17} + 0.009986 q^{-18} + 0.02517 q^{-19} - 0.006446 q^{-20}$$

$$B1(q) = -0.413 + 1.941 q^{-1} - 0.4349 q^{-2} + 0.0622 q^{-3} + 0.09781 q^{-4} + 0.01344 q^{-5} - 0.2535 q^{-6} - 0.3042 q^{-7} - 0.1102 q^{-8} + 0.328 q^{-9} - 0.1129 q^{-10} + 0.08562 q^{-11} - 0.004154 q^{-12} + 0.1896 q^{-13} - 0.1092 q^{-14} - 0.2066 q^{-15}$$

+ 0.1513 q^{-16} - 0.09157 q^{-17} - 0.002165 q^{-18} - 0.2055 q^{-19}

B2(q) = 0.009352 - 0.004137 q^{-1} + 0.001279 q^{-2} - 0.0008701 q^{-3} + 0.01041 q^{-4} + 0.003423 q^{-5} + 0.003085 q^{-6} - 0.004457 q^{-7} + 0.005895 q^{-8} - 0.006548 q^{-9} + 0.005401 q^{-10} + 0.0002708 q^{-11} + 0.001273 q^{-12} - 0.002446 q^{-13} + 0.003003 q^{-14} - 0.00279 q^{-15} + 0.003202 q^{-16} + 0.003557 q^{-17} - 0.005492 q^{-18} - 0.001749 q^{-19}

B3(q) = 0.0001035 + 0.001783 q^{-1} + 0.00105 q^{-2} - 0.0002547 q^{-3} + 0.0002186 q^{-4} - 8.416e-005 q^{-5} + 3.337e-006 q^{-6} - 4.593e-005 q^{-7} + 0.0001131 q^{-8} - 0.0001707 q^{-9} - 0.000162 q^{-10} - 0.0002289 q^{-11} - 0.0001573 q^{-12} - 0.0001896 q^{-13} - 0.00018 q^{-14} - 0.0001024 q^{-15} - 0.0002944 q^{-16} - 5.078e-005 q^{-17} - 3.994e-005 q^{-18} - 5.347e-005 q^{-19}

Estimated using ARX on data set zt

Loss function 0.00937367 and FPE 0.0116055

Sampling interval: 1

Com és pot observar en els càlculs realitzats amb el model ARX d'ordre 20 el FPE = 0,0116065, valor inferior al obtingut a partir del model OE, per tant és pot afirmar que aquest tipus de model simular millor que l'utilitzat anteriorment.

En la taula següent queden resumits els valors obtinguts a partir de la simulació realitzada per al model d'ordre 20 de tipus OE i ARX

Model Tèrmic d'ordre 20					
	OE	ARX 10 hores	ARX 5 hores	ARX 2 hores	ARX 1 hora
R	0,8215	0,9913	0,9927	0,9950	0,9967
FIT(%)	17,88	86,60	87,92	89,98	91,91

Figura 7.13. Taula resultats simulació model tèrmic ordre 20

A partir de la instrucció següent és genera el model creat anteriorment d'ordre 3 i a partir d'aquestes dades és dur a terme la simulació.

`%Ordre 3`

```
ordre3arx=arx(zt,[3 3 3 3 0 0 0])
```

Discrete-time IDPOLY model: $A(q)y(t) = B(q)u(t) + e(t)$

$$A(q) = 1 - 1.091 q^{-1} + 0.3129 q^{-2} - 0.1368 q^{-3}$$

$$B1(q) = -0.3094 + 1.702 q^{-1} - 0.8909 q^{-2}$$

$$B2(q) = 0.009849 - 0.002416 q^{-1} + 0.005663 q^{-2}$$

$$B3(q) = 1.503e-005 + 0.001597 q^{-1} - 4.136e-005 q^{-2}$$

Estimated using ARX on data set `zt`

Loss function 0.0180573 and FPE 0.0187022

Sampling interval: 1

Com es pot observar en els càlculs realitzats amb el model ARX d'ordre 3 el FPE = 0,0187022, valor inferior al obtingut a partir del model OE, per tant és pot afirmar que aquest tipus de model simular millor que l'utilitzat anteriorment.

A continuació es poden observar els resultats obtinguts de la simulació del model d'ordre 3 tant del tipus OE com ARX.

Model Tèrmic d'ordre 3					
	OE	ARX 10 hores	ARX 5 hores	ARX 2 hores	ARX 1 hora
R	0,9895	0,9312	0,9640	0,9864	0,9937
FIT(%)	85,28	63,46	73,38	83,58	88,77

Figura 7.14. Taula resultats simulació model tèrmic ordre 3

Un cop realitzat l'estudi dels dos tipus de models LTI per a un mes tipus concretament el de Febrer i per models d'ordre 20 i 3, i observant la resposta en els dos tipus de models el OE i en el cas del model ARX per a diferents intervals de temps, ja és pot decidir quin és el model que serà utilitzat. En aquest cas el model d'ordre 3 ja que per tots els estudis realitzats s'observa que té una exactitud molt elevada i a més és redueixen notablement el nombre de paràmetres, factor importantíssim.

A continuació es realitzarà la validació del model. Per a fer això s'utilitzarà el model obtingut a partir de l'estudi anterior per a altres mesos del període lectiu i així poder comprovar que aquest funciona correctament. Si el resultat és positiu és podrà afirmar que el model obtingut es funciona correctament. És validaran els dos tipus de model tant el OE com l'ARX ja que els resultats són molt satisfactoris en els dos casos.

Aquestes són les instruccions utilitzades amb el programa Matlab per a dur a terme la validació del model per als diferents mesos, per als dos tipus de model utilitzats OE i ARX per a diferents intervals de temps.

```
load models_termics_escollits.mat

%Entrar T° interior, Consum, Ocupació, T°exterior
%Temperatura interior
%Novembre
T_int_nov=dlmread('temperaturessondesnovembre.txt');
T_int_nov=T_int_nov(1:4:end,:);
T_int_nov=mean(T_int_nov)';
T_int_nov=T_int_nov(1:668);

%Desembre
% T_int_des=dlmread('temperaturessondesdesembre.txt');
% T_int_des=T_int_des(1:4:end,:);
% T_int_des=mean(T_int_des)';
% T_int_des=T_int_des(1:668);
%Gener
% T_int_gen=dlmread('temperaturessondesgener.txt');
% T_int_gen=T_int_gen(1:4:end,:);
% T_int_gen=mean(T_int_gen)';
% T_int_gen=T_int_gen(1:668);

%Març
% T_int_març=dlmread('temperaturessondesmarç.txt');
% T_int_març=T_int_març(1:4:end,:);
% T_int_març=mean(T_int_març)';
% T_int_març=T_int_març(1:668);

%Gas
Gas_nov=dlmread('consumgasnovembre.txt');
Gas_nov=Gas_nov(1:668);
% Gas_des=dlmread('consumgasdesembre.txt');
% Gas_des=Gas_des(1:668);
% Gas_gen=dlmread('consumgasgener.txt');
% Gas_gen=Gas_gen(1:668);
```

```
% Gas_març=dlmread('consumgasmarç.txt');
% Gas_març=Gas_març(1:668);

%Ocupació
Ocup_nov=dlmread('ocupacionnovembre.txt');
Ocup_nov=Ocup_nov(1:668);
% Ocup_des=dlmread('Ocup_des.txt');
% Ocup_des=Ocup_des(1:668);
% Ocup_gen=dlmread('ocupaciogener.txt');
% Ocup_gen=Ocup_gen(1:668);
% Ocup_març=dlmread('ocupaciomarç.txt');
% Ocup_març=Ocup_març(1:668);

%Temperatura exterior
T_ext_nov=dlmread('temperaturaexteriornovembre.txt');
T_ext_nov=T_ext_nov(1:4:end,:);
T_ext_nov=T_ext_nov(1:668);
% T_ext_des=dlmread('temperaturaexteriordesembre.txt');
% T_ext_des=T_ext_des(1:4:end,:);
% T_ext_des=T_ext_des(1:668);
% T_ext_gen=dlmread('temperaturaexteriorgener.txt');
% T_ext_gen=T_ext_gen(1:4:end,:);
% T_ext_gen=T_ext_gen(1:668);
% T_ext_març=dlmread('temperaturaexteriormarç.txt');
% T_ext_març=T_ext_març(1:4:end,:);
% T_ext_març=T_ext_març(1:668);

%Definir IDDATA
z=[T_int_nov Ocup_nov T_ext_nov Gas_nov];
% z=[T_int_des Ocup_des T_ext_des Gas_des];
% z=[T_int_gen Ocup_gen T_ext_gen Gas_gen];
% z=[T_int_març Ocup_març T_ext_març Gas_març];
```

```
%Treure mitjana
zt=dtrend(z);

%Model OE

%Ordre 3
% ordre3oe=oe(zt,[3 3 3 3 3 3 0 0 0])
figure(2);
compare(zt,ordre3oe)

%Simular model OE ordre 3
[Y3oe, FIT3oe, X03e] = compare(zt,ordre3oe)

%Aïllar la sortida Y
y3oe=get(Y3oe{:},'OutputData');

R3oe =Pearson(y3oe,T_int_nov)
% R3oe =Pearson(y3oe,T_int_des)
% R3oe =Pearson(y3oe,T_int_gen)
% R3oe =Pearson(y3oe,T_int_març)

%Model ARX
%Ordre 3
% ordre3arx=arx(zt,[3 3 3 3 0 0 0])
%PREDICCIO X HORES
compare(zt,ordre3arx,10)
[YH10, FIT, X0] = compare(zt,ordre3arx,10)
y10arx=get(YH10{:},'OutputData');
R10arx=Pearson(y10arx,zt(:,1))

compare(zt,ordre3arx,5)
[YH5, FIT, X0] = compare(zt,ordre3arx,5)
y5arx=get(YH5{:},'OutputData');
R5arx=Pearson(y5arx,zt(:,1))
```

```
compare(zt,ordre3arx,2)
[YH2, FIT, X0] = compare(zt,ordre3arx,2)
y2arx=get(YH2{:},'OutputData');
R2arx=Pearson(y2arx,zt(:,1))

compare(zt,ordre3arx,1)
[YH1, FIT, X0] = compare(zt,ordre3arx,1)
y1arx=get(YH1{:},'OutputData');
R1arx=Pearson(y1arx,zt(:,1))
```

- Validació mes de Novembre:

Novembre					
	OE	ARX 10 hores	ARX 5 hores	ARX 2 hores	ARX 1 hora
R	0,9433	0,8615	0,9475	0,9835	0,9936
FIT(%)	66,33	46,02	64,12	78,89	87,89

Figura 7.15. Taula resultats validació model tèrmic Novembre

- Validació mes de Desembre:

Desembre					
	OE	ARX 10 hores	ARX 5 hores	ARX 2 hores	ARX 1 hora
R	0,9595	0,9620	0,9832	0,9944	0,9977
FIT(%)	67,25	65,36	76,78	87,26	92,43

Figura 7.16. Taula resultats validació model tèrmic Desembre

- Validació mes de Gener:

Gener					
	OE	ARX 10 hores	ARX 5 hores	ARX 2 hores	ARX 1 hora
R	0,9605	0,9365	0,9730	0,9912	0,9962
FIT(%)	70,49	60,58	73,31	85,03	90,63

Figura 7.17. Taula resultats validació model tèrmic Gener

- Validació mes de Març:

Març					
	OE	ARX 10 hores	ARX 5 hores	ARX 2 hores	ARX 1 hora
R	0,973	0,8782	0,9489	0,9833	0,9932
FIT(%)	76,51	49,86	65,78	80,19	87,7

Figura 7.18. Taula resultats validació model tèrmic Març

En les taules anteriors es poden observar els valors obtinguts a partir de la validació del model per a 4 mesos diferents al qual s'ha creat el model. S'observa que els resultats són molt satisfactoris tant pel model del tipus OE com pel model ARX. Però en aquest cas s'ha escollit el model ARX ja que el model OE pren valors anteriors simulats, en canvi el model ARX ho fa amb valors anteriors reals i això és la utilitat principal del model. Ja que aquest model està dissenyat per poder predir a quina hora s'ha d'engegar la caldera de l'edifici per tenir la temperatura de confort interior desitjada a partir de les variables d'entrada

(temperatura exterior, ocupació i el consum tèrmic). I com és pot comprovar en els resultats, la correlació de Pearson és correcta amb una predicció de 10 hores el que ens ajudaria a poder variar l'hora de posta en marxa de la caldera.

Finalment s'ha escollit un tipus de model del tipus ARX i d'ordre 3. Per poder donar funcionalitat a aquest model i poder-lo posar en pràctica s'ha de comprovar si funciona correctament en la seva funció principal, que és predir l'hora en que s'ha de posar en funcionament la caldera.

Per a poder assolir aquest objectiu s'ha creat un predictor amb el qual és podrà predir l'hora de posta en marxa de la caldera en funció de les variables del model escollit.

Primerament s'han de carregar les dades de ocupació, temperatura interior, consum de gas, temperatura exterior, del mes en que volem treballar i que són les entrades i sortides del sistema.

```
%Entrar T° interior, Consum, Ocupació, T°exterior
%Llegir dades temepertura interior de les sondes
%Temperatura interior
T_int_feb=dlmread('temperaturainteriortr8.txt');
T_int_feb=T_int_feb(1:4:end,:);
T_int_feb=mean(T_int_feb)';
T_int_feb=T_int_feb(1:672);

%Llegir dades consum gas Sirena
%Gas
Gas_feb=dlmread('consumgasmarcetard.txt');
Gas_feb=Gas_feb(1:672);

%Llegir dades ocupació a partir de l'enquesta
%Ocupació
Ocup_feb=dlmread('ocupacionarc.txt');
Ocup_feb=Ocup_feb(1:672);
```



```

%Llegir dades temperatura exterior Sirena
%Temperatura exterior
T_ext_feb=dlmread('temperaturaexteriormarc.txt');
T_ext_feb=T_ext_feb(1:4:end,:);
T_ext_feb=T_ext_feb(1:672);

%Definir IDDATA
z=[T_int_feb Ocup_feb T_ext_feb Gas_feb];

%Treure mitjana

zt=dtrend(z);

```

Un cop el programa ja ha llegit les dades, s'han de carregar les dades del model per a poder accedir als paràmetres.

```

%Ordre 3
ordre3arx=arx(zt,[3 3 3 3 0 0 0])

```

S'executa el predictor creat, el qual esta format pels paràmetres introduïts manualment en el model del tipus ARX d'ordre 3 creat anteriorment.

```

function
ysim=Predictor2(a1,a2,a3,b11,b12,b13,b21,b22,b23,b31,b32,b33
,ocup,Text,Gas,Tint,H)
for i=4:length(Tint)-H
for k=i:(i+H)
ysim(k,1)= -a1*Tint(k-1) - a2*Tint(k-2) - a3*Tint(k-3)...
+ b11*ocup(k) + b12*ocup(k-1) + b13*ocup(k-2)...
+ b21*Text(k) + b22*Text(k-1) + b23*Text(k-2)...
+ b31*Gas(k) + b32*Gas(k-1) + b33*Gas(k-2);
end
plot(ysim)
hold on
plot(Tint,'g')

```

Figura extreta a partir de les instruccions anteriors on s'observa que la temperatura, després d'haver variat l'horari de funcionament de la caldera i que aquesta és posi en marxa dues hores mes tard, és menor. Però això s'ha produït en tota la gràfica de manera igual, per tant el predictor no treballa correctament. La causa d'aquest resultat és que el model del tipus ARX treballa amb les dades reals de la temperatura que hi hauria si la caldera és poses en funcionament dues hores mes tard i aquestes dades no és poden obtenir.

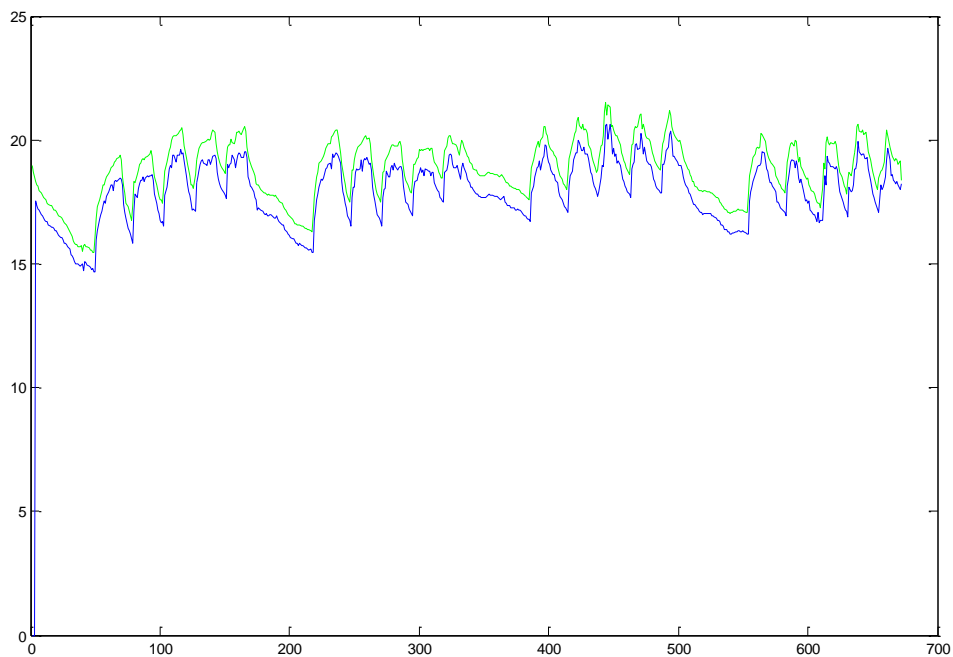


Figura 7.19. Gràfica comparació temperatura amb el predictor ARX

A partir d'aquests resultats es conclou que s'ha d'utilitzar un model OE per a crear el predictor, ja que aquest tipus de model utilitza en al seva entrada les dades simulades a partir del mateix i per tant si li entrem el consum de gas reduint dues hores el funcionament de la caldera el model en simularà el que passarà a partir de la sortida obtinguda i les dades de temperatura interior les simularà.

A continuació és duu a terme el predictor utilitzant el model OE, i comprovar si amb aquest tipus de model funciona correctament i realitza la funció que s'espera d'ell.

```
%Entrar T° interior, Consum, Ocupació, T°exterior

%Llegir dades temperatura interior de les sondes
%Temperatura interior
T_int_feb=dlmread('temperaturainteriortr8.txt');
T_int_feb=T_int_feb(1:4:end,:);
T_int_feb=mean(T_int_feb)';
T_int_feb=T_int_feb(1:672);

%Rasar T°int a zero (treure mitjana)
Tint=dtrend(T_int_feb);

%Llegir dades consum gas Sirena
%Gas
Gas_feb=dlmread('consumgasmare retard.txt');
Gas_feb=Gas_feb(1:672);

%Llegir dades ocupació a partir de l'enquesta
%Ocupació
Ocup_feb=dlmread('ocupaciomarc.txt');
Ocup_feb=Ocup_feb(1:672);

%Llegir dades temperatura exterior Sirena
%Temperatura exterior
T_ext_feb=dlmread('temperaturaexteriormarc.txt');
T_ext_feb=T_ext_feb(1:4:end,:);
T_ext_feb=T_ext_feb(1:672);

%Definir IDDATA
z=[T_int_feb Ocup_feb T_ext_feb Gas_feb];
```

```
%Treure mitjana
zt=dtrend(z);

%creem el model
ordre3oe=oe(zt,[3 3 3 3 3 3 0 0 0])

%Simular model OE ordre 3
[Y3oe, FIT3oe, X03e] = compare(zt,ordre3oe)

%Aïllar la sortida Y
y3oe=get(Y3oe{:},'OutputData');

%Calculem la diferència entre REAL i SIMULADA (rasades a 0)
dif=Tint-y3oe;

%Sumar diferència a la REAL per tal de "pujar" la simulada a
°C
Tsim=T_int_feb+dif;

%Mostrem la comparació
plot(Tsim)
hold on
plot(T_int_feb,'g')
```

Aquest tipus de model tampoc respon de la forma esperada i per tant no podem concloure que el model que s'ha desenvolupat no pot desenvolupar per la funció per a la qual s'havia creat.

Per aquest motiu s'ha decidit comparar directament les dues funcions, amb lla única diferència que en una el consum de gas és el real obtingut directament del Sirena i en l'altra aquestes dades s'han retardat dues hores per poder observar com respon la temperatura interior de l'edifici.

```
clc
close all
plot(Gas_feb)
plot(Gas_feb(1:168))
GasRetard=Gas_feb
GasNoRetard=dlmread('consumgasmarc.txt')
whos
close all
plot(GasRetard)
hold
plot(GasNoRetard,'r')
zR=[T_int_feb Ocup_feb T_ext_feb GasRetard];
zNR=[T_int_feb Ocup_feb T_ext_feb GasNoRetard(1:672)];
zNRt=dtrend(zNR)
zRt=dtrend(zR)
who
[Y3NoRetard, FIT3oe, X03e] = compare(zNRt,ordre3oe)
[Y3Retard, FIT3oe, X03e] = compare(zRt,ordre3oe)
y3Retard=get(Y3Retard{:},'OutputData');
y3NoRetard=get(Y3NoRetard{:},'OutputData');
close all
plot(y3NoRetard,'b')
hold
plot(y3Retard,'r')
close all
plot(y3NoRetard+T_int_feb(1),'b')
hold
plot(y3Retard+T_int_feb(1),'r')
figure
plot(T_ext_feb)
plot(T_int_feb,'k')
```

A la gràfica següent s'observa el resultat de les instruccions anteriors. Com es pot observar la temperatura quan el consum de gas és el real (gràfica color blau), la temperatura comença a augmentar més aviat que per a la gràfica realitzada amb el consum de gas retardat dues hores (gràfica color vermell). També s'observa en la resposta que la temperatura assolida en la gràfica que conté el retard és més elevada això es degut a que el consum de gas és el mateix en les dues gràfiques i durant el mateix període de temps. Però també s'ha de tenir en compte que la caldera s'atura en el mateix instant en els dos casos, per això en la part del descens de la temperatura les dues gràfiques tenen una semblança major.

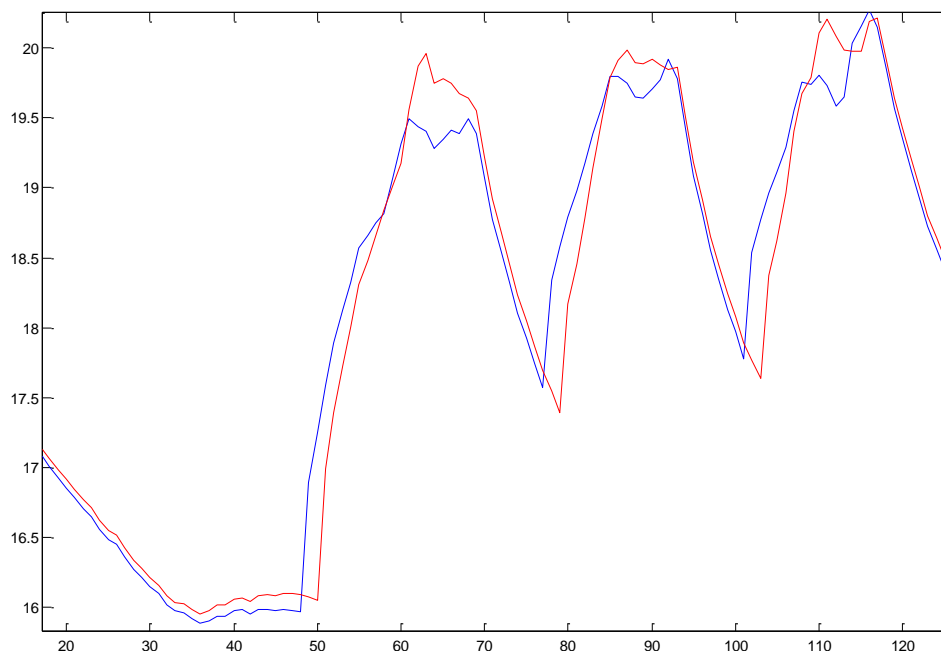


Figura 7.20. Gràfica simulació temperatura amb retard

En conclusió després dels estudis realitzats, s'ha de dir que no s'ha pogut obtenir el model matemàtic desitjat per a poder predir l'hora de posta en funcionament de la caldera a partir de les dades extretes del Sirena i de les sondes de temperatura situades en diferents espais de l'edifici.

La raó de no haver pogut assolir l'objectiu marcat, es que per a poder predir l'hora de posta en marxa de la caldera per un dia del qual encara no es tenen dades del que passarà no es possible, ja que el model necessita tenir unes dades per poder predir el que passarà, les quals no es poden simular, ja que el model no

les pot suposar, ja que treballa a partir de les dades que se l'hi imputen a les diferents entrades. Per tant per poder assolir l'objectiu, s'hauria d'implantar el model en el control que hi ha actualment de la caldera i que aquest li subministres les dades instantàniament per a poder realitzar la predicció correcta.

Però això no fa que el treball realitzat sigui inútil, ja que s'ha obtingut un model amb el qual es pot començar a treballar i implantar per a obtenir els resultats desitjats.

8. Conclusions

A partir de la realització d'aquest projecte d'estudi d'eficiència energètica es poden extreure conclusions molt positives referents al consum d'energia elèctrica i gas, a la il·luminació dels diferents espais, i el funcionament i organització de l'edifici en funció de l'ús per al que està destinat.

- La instal·lació de calefacció està sobredimensionada, ja que la potència que poden arribar a radiar els radiadors és superior a la potència de la caldera.
- En alguns espais com ara el Laboratori visió binocular (301 Wh/m²), el Laboratori òptica fisiològica (301 Wh/m²), el Despatx situat a la porta 1.23 (180 Wh/m²), al Seminari situat a la porta 2.50 (162 Wh/m²), a la sala PDI i PAS (132 Wh/m²) entre d'altres és supera amb escreix els Wh/m² recomanats.
- El consum de fons que proporcionen els diferents aparells electrònics, és elevat d'uns 1.770 (W·h) i per tant és podria reduir considerablement aquest consum si aquest estiguessin desconnectats per tant sense tensió quan no estan en funcionament.
- La disminució de l'horari de funcionament de la il·luminació exterior produiria una reducció del consum d'energia elèctrica.
- Al software SIRENA s'observa que els dies festius la il·luminació exterior no és posa en marxa ja que es tindria que produir un descens considerable de la potència elèctrica consumida entre la nit i el dia i no és així.
- Les persones que fa ús de l'edifici no estan totalment conscienciades que amb petits detalls és podria reduir considerablement el consum d'energia.
- La majoria d'espais tenen una luminància lux/m² superior a la necessària per poder realitzar les tasques que és duen a terme.

- La regulació de la caldera és suficientment correcta, encara que es podria millorar. Reduir les hores de funcionament de la mateixa i els pics de potència consumida en les hores inicials de la posta en marxa, ja que es creu que s'obtindria igualment la temperatura desitjada.
- El control de la il·luminació de l'edifici és manual gairebé en la seva totalitat i la seva automatització seria una millora a tenir en compte.
- S'ha dut a terme un model matemàtic per al consum elèctric el qual ajudarà a preveure el consum esperat en l'edifici i el que realment hi ha, i així poder trobar els espais que no estan ocupats i per tant els quals estan produint un consum innecessari.
- El model elèctric pot preveure el consum esperat molt més equilibrat, contribuint pot ser d'aquesta manera a reduir el factor de potència contractada dins de la factura i això produiria un estalvi econòmic.
- El model tèrmic o de la temperatura interior, és un model matemàtic amb el qual és pot observar la resposta en la temperatura interior a partir de les variables d'entrada.
- Per a que el model creat pugui respondre a la pregunta sol·licitada i així assolir l'objectiu marcat, aquest s'hauria d'implementar en la instal·lació, ja que així utilitzaria les dades reals instantànies i podria dur a terme la seva funció.

Annex A. Recull i anàlisi de dades

Les dades utilitzades en l'estudi estan organitzades en fulls de càlcul, separades en les diferents plantes i espais que hi ha a l'edifici.

En l'annex **A.1** és troben els fulls de càlcul que s'han realitzat per a cadascun dels espais, ja que l'edifici té moltes divisions s'ha optat per indicar algunes de les taules com a exemple.

En aquestes taules també s'observa a **Figura A.1** on s'indica la potència consumida total de l'espai indicat a la part superior està ressaltat en diferents colors la llegenda dels quals és la següent.

	24 h
	Segons horari
	8:00 - 21:00
	14:00 - 15:00
	21:00 - 8:00
	No hi ha horari

Figura A.1. Llegenda fulls de càlcul

En l'annex **A.2** és troben les taules i les gràfiques comparatives entre la potència elèctrica calculada a partir del treball de camp i la potència elèctrica obtinguda a partir del software Sirena.

En l'annex **A.3** és troben les taules realitzades per a l'obtenció de la potència tèrmica instal·lada i radiada pels diferents punts de consum que hi ha a l'edifici.

A.1. Consum Elèctric

A.1.1. Passadissos

Passadissos Planta 0								
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència de fons W	Potència Instal·lada W	Factor d'utilització	Energia Consumida W·h
1	3	Passadís 1	Enllumenat	Enllumenat Passadís 1 (11 llums de 58 W)	0,00	638,00	0,75	478,50
2	3	Passadís 1	Enllumenat	Enllumenat d'emergència (3 x 3 W)	9,00	9,00	1,00	9,00
3	3	Passadís 2	Enllumenat	Enllumenat Passadís 2 (16 llums de 58 W)	0,00	928,00	0,75	696,00
4	3	Passadís 2	Enllumenat	Enllumenat d'emergència (2 x 3 W)	6,00	6,00	1,00	6,00
5	3	Passadís 3	Enllumenat	Enllumenat Passadís 3 (2 llums de 58 W)	0,00	116,00	1,00	116,00
6	3	Passadís 3	Enllumenat	Enllumenat Passadís 3 (2 llums de 20 W)	0,00	40,00	1,00	40,00
7	3	Passadís 3	Enllumenat	Enllumenat d'emergència (1 x 3 W)	3,00	3,00	1,00	3,00
8	3	Passadís 4	Enllumenat	Enllumenat Passadís 4 (16 llums de 58 W)	0,00	928,00	0,75	696,00
9	3	Passadís 4	Enllumenat	Enllumenat d'emergència (2 x 3 W)	6,00	6,00	1,00	6,00
10	3	Passadís 4	Informàtica	Router Wifi Cisco	0,00	30,00	1,00	30,00
11	3	Passadís 5	Enllumenat	Enllumenat Passadís 5 (3 llums de 20 W)	0,00	30,00	1,00	30,00
12	3	Passadís 5	Enllumenat	Enllumenat d'emergència (1 x 3 W)	3,00	3,00	1,00	3,00
TOTALS					27,00	2.737,00		2.113,50

A.1.2. Laboratoris

Laboratori Tecnologia Òptica (005)								
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència de fons W	Potència Instal·lada W	Factor d'utilització	Energia Consumida W·h
1	0	005	Enllumenat	Enllumenat Laboratori (24 llums de 58 W)	0,00	1.392,00	1,00	1.392,00
2	0	005	Enllumenat	Enllumenat Laboratori (4 llums de 18 W)	0,00	72,00	1,00	72,00
3	0	005	Enllumenat	Enllumenat Laboratori (2 llums de 60 W)	0,00	120,00	0,01	1,20
4	0	005	Enllumenat	Enllumenat d'emergència (1 x 3 W)	3,00	3,00	1,00	3,00
5	0	005	Informàtica	Ordenador (1 x 80 W)	5,00	80,00	1,00	80,00
6	0	005	Maquinària	Màquines Òptica (4 x 142) (Engegades)	0,00	568,00	0,50	284,00
7	0	005	Maquinària	Màquines Òptica (Apagades)	0,00	13.458,00	0,01	134,58
TOTALS					8,00	15.693,00		1.966,78
TOTAL AL 50%								983,39

A.1.3. Despatxos

Despatx (343, 344, 345, 346)								
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència de fons W	Potència Instal·lada W	Factor d'utilització	Energia Consumida W·1h
1	3	343	Enllumenat	Enllumenat Despatx (12 llums de 58 W)	0,00	696,00	0,25	174,00
2	3	343	Enllumenat	Lampares incandescents (2x100 W)	0,00	200,00	0,05	10,00
3	3	343	Enllumenat	Enllumenat d'emergència	3,00	3,00	1,00	3,00
4	3	343	Clima	Màquina A.C. Fujitsu	0,00	0,00		0,00
				Hivern	0,00	0,00	0,00	0,00
				Estiu	0,00	3.450,00	0,00	0,00
5	3	343	Clima	Màquina A.C.	0,00	0,00		0,00
				Hivern	0,00	0,00	0,00	0,00
				Estiu	0,00	5.250,00	0,00	0,00
6	3	343	Informàtica	Ordenadors HP COMPAQ dc 7900 (5 x 80 W)	25,00	400,00	1,00	400,00
7	3	343	Informàtica	Impresora HP Laser Jet CH2015	8,00	700,00	0,05	35,00
8	3	343	Informàtica	Ordenadors (2 x 80 W)	10,00	160,00	1,00	160,00
9	3	343	Informàtica	Escaner HP Scanjet G3110	3,00	20,00	0,02	0,40
10	3	343	Informàtica	Impresora HP Laserjet 1100	8,00	20,00	0,05	1,00
11	3	343	Electrodomestics	Nevera	50,00	300,00	0,05	15,00
TOTALS					107,00	11.199,00		798,40

A.1.4. Exterior

Exterior								
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència de fons W	Potència Instal·lada W	Factor d'utilització	Energia Consumida W·h
1	2	Exterior	Enllumenat	Enllumenat Façana 4 llums de 500 W	0,00	2.000,00	1,00	2.000,00
2	2	Exterior	Enllumenat	Enllumenat Façana 4 llums BEGA 100 W	0,00	400,00	0,00	0,00
3	2	Exterior	Enllumenat	Enllumenat Carrer 4 llums tipus VAPS 1000 W	0,00	4.000,00	1,00	4.000,00
4	2	Passadis 1	Enllumenat	Enllumenat Passadis 1 (21 llums de 58 W)	0,00	1.218,00	0,50	609,00
5	2	Passadis 2	Enllumenat	Enllumenat Passadis 2 (5 llums de 2 x 26 W)	0,00	260,00	1,00	260,00
6	2	Passadis 3	Enllumenat	Enllumenat Passadis 3 (21 llums de 58 W)	0,00	1.218,00	0,50	609,00
7	2	Passadis 4	Enllumenat	Enllumenat Passadis 4 (14 llums de 58 W)	0,00	812,00	0,50	406,00
8	2	Passadis 5	Enllumenat	Enllumenat Passadis 4 (14 llums de 58 W)	0,00	812,00	0,50	406,00
9	2	Entrada	Enllumenat	Enllumenat Entrada 10 llums de 100 W	0,00	1.000,00	0,20	200,00
TOTALS					0,00	11.720,00		8.490,00

A.1.5. Aula

Aula 2.4 (273, 274)								
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència de fons W	Potència Instal·lada W	Factor d'utilització	Energia Consumida W·1h
1	2	273-274	Enllumenat	Enllumenat Aula 2.4 (32 llums de 58 W)	0,00	1.856,00	1,00	1.856,00
2	2	273-274	Enllumenat	Enllumenat Pissarra (4 llums de 36 W)	0,00	144,00	0,25	36,00
3	2	273-274	Enllumenat	Enllumenat d'emergència (2 x 3 W)	6,00	8,00	1,00	8,00
4	2	273-274	Informàtica	Ordenador HP Compaq Platic 2013	5,00	80,00	1,00	80,00
5	2	273-274	Informàtica	Projector EPSON EH-TN490	0,44	337,00	1,00	337,00
6	2	273-274	Àudio	Altaveus (2 x 1)	0,00	2,00	0,05	0,10
TOTALS					11,44	2.427,00		2.317,10

A.1.6. Serveis

Serveis (359,360,361)								
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència de fons W	Potència Instal·lada W	Factor d'utilització	Energia Consumida W·1h
1	3	359	Enllumenat	Enllumenat Lavabos (2 llums de 58 W)	0,00	116,00	0,02	2,32
2	3	359	Enllumenat	Làmpara incandescent 30 W (abocador)	0,00	30,00	0,02	0,60
3	3	360	Enllumenat	Làmpara incandescent 30 W (entrada)	0,00	30,00	0,02	0,60
4	3	361	Enllumenat	Enllumenat W.C. (3 llums de 58 W)	0,00	174,00	0,02	3,48
5	3	361	Eixugamans	Eixugamans	0,00	2.540,00	0,02	50,80
TOTALS					0,00	2.890,00		57,80

A.1.7. Sala Calderes

Sala Calderes (321, 322)								
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència de fons W	Potència Instal·lada W	Factor d'utilització	Energia Consumida W·1h
1	3	322	Enllumenat	Enllumenat Sala (1 llums de 58 W)	0,00	58,00	0,01	0,58
2	3	322	Enllumenat	Enllumenat d'emergència	3,00	3,00	1,00	3,00
3	3	322	Calefacció	Caldera Roca-NTD-360 PR55/2G (734 kW)	0,00	750,00	1,00	750,00
4	3	322	Calefacció	Bombes Roca MC-65 (3 x 500W)	0,00	1500,00	1,00	1500,00
5	3	322	Calefacció	Bomba Roca PC-1065 (1 x 200W)	0,00	200,00	1,00	200,00
6	3	322	Calefacció	Servomotor Climatec RMC	0,00	4,50	1,00	4,50
7	3	322	Calefacció	Limitador de Temperatura Sonder Mod. LTM.4	0,00	500,00	1,00	500,00
TOTALS					3,00	3.015,50		2.958,08

A.1.8. Consergeria

Consergeria (245, 246)								
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència de fons W	Potència Instal·lada W	Factor d'utilització	Energia Consumida W·h
1	2	245	Enllumenat	Enllumenat Consergeria (6 llums de 26 W)	0,00	156,00	1,00	156,00
2	2	245	Enllumenat	Enllumenat d'emergència (1 x 3 W)	3,00	3,00	1,00	3,00
3	2	245	Informàtica	Ordenador NEC Plastic 2008 Bul PC 47262 (4x80 W)	20,00	320,00	1,00	320,00
4	2	245	Informàtica	Impresora HP Officejet Pro 8000	8,00	5,00	0,20	1,00
5	2	245	Informàtica	FAX Brother 2820	0,00	150,00	0,02	3,00
6	2	246	Enllumenat	Enllumenat magatzem (2 x 36 W)	0,00	72,00	0,02	1,44
7	2	245	Electrodomestics	Estufa elèctrica S&P Sahara 2000 Plus	0,00	2.000,00	0,50	1.000,00
8	2	246	Electrodomestics	Microones	0,00	1.350,00	0,05	67,50
9	2	246	Electrodomestics	Nevera RESPEKTA	0,00	300,00	0,20	60,00
10	2	245	Informàtica	Videograbador PELCO Shneider Electric	0,00	312,00	0,01	1,87
11	2	245	Informàtica	Video Input PCI Express 16 CH	0,00	12,00	1,00	12,00
12	2	245	Alarmes	Central d'alarms GENT 3302 Sistema 3300	0,00	50,00	1,00	50,00
13	2	246	Informàtica	SAI	3,00	1.980,00	0,01	11,88
14	2	245	Clima	Màquina A.C. Daikin FTKS35BVMB	0,00	0,00		0,00
				Hivern	0,00	0,00	0,00	0,00
				Estiu	0,00	2.200,00	0,00	0,00
TOTALS					34,00	8.910,00		1.687,69

A.1.9. Secretaria

Secretaria (219,227,223,225)								
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència de fons W	Potència Instal·lada W	Factor d'utilització	Energia Consumida W·1h
1	2	219-227	Enllumenat	Enllumenat Secretaria (30 llums de 58 W)	0,00	1.740,00	0,50	870,00
2	2	219-227	Enllumenat	Enllumenat d'emergència (2 x 3 W)	6,00	6,00	1,00	6,00
3	2	219-227	Informàtica	Ordenador NEC Plastic 2008 Bul PC 47262 (6x80 W)	30,00	480,00	1,00	480,00
4	2	219-227	Informàtica	Impresora HP Deskjet 5940	8,00	44,00	0,10	4,40
5	2	219-227	Informàtica	Impresora RICOH MP C2800	8,00	1.500,00	0,10	150,00
6	2	223	Enllumenat	Enllumenat magatzem (1x18 W)	0,00	18,00	0,05	0,90
7	2	223	Electrodomestics	Font d'aigua	0,00	400,00	0,05	20,00
8	2	223	Electrodomestics	Microones	0,00	1.150,00	0,05	57,50
9	2	223	Electrodomestics	Nevera	0,00	300,00	0,05	15,00
10	2	225	Enllumenat	Enllumenat Despatx (12x26 W)	0,00	312,00	0,50	156,00
11	2	225	Enllumenat	Enllumenat d'emergència (1 x 3 W)	3,00	3,00	1,00	3,00
12	2	225	Informàtica	Ordenadro NEC (1X80 W)	5,00	80,00	1,00	80,00
13	2	225	Informàtica	Impresora HP Deskjet 2420	8,00	22,80	0,10	2,28
14	2	225	Clima	Màquina A.C.	0,00	0,00		0,00
				Hivern	0,00	0,00	0,00	0,00
				Estiu	0,00	5.450,00	0,00	0,00
TOTALS					68,00	11.505,80		1.845,08

A.1.10. Aula Informàtica

Aula informàtica (133)								
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència de fons W	Potència Instal·lada W	Factor d'utilització	Energia Consumida W·1h
1	1	133	Enllumenat	Enllumenat Aula (18 llums de 28 W)	0,00	504,00	1,00	504,00
2	1	133	Enllumenat	Enllumenat Pissarra (2 llums de 36 W)	0,00	72,00	1,00	72,00
3	1	133	Enllumenat	Enllumenat d'emergència (1 x 3 W)	3,00	3,00	1,00	3,00
4	1	133	Informàtica	Ordenador HP Compact (15x80 W)	75,00	1.200,00	1,00	1.200,00
5	1	133	Informàtica	Projector EPSON	0,44	337,00	1,00	337,00
TOTALS					78,44	2.116,00		2.116,00

A.1.11. Sala Menjador

Sala Menjador - Estudiants (031)								
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència de fons W	Potència Instal·lada W	Factor d'utilització	Energia Consumida W·1h
1	0	031	Enllumenat	Enllumenat Despatx (18 llums de 28 W)	0,00	504,00	1,00	504,00
2	0	031	Enllumenat	Enllumenat d'emergència (1 x 3 W)	3,00	3,00	1,00	3,00
3	0	031	Maquinària	Extractor	0,00	1.150,00	0,01	11,50
4	0	031	Clima	Màquina A.C. Daikin Cassette FLXS25B	0,00	0,00		0,00
				Hivern	0,00	0,00	0,00	0,00
				Estiu	0,00	5.200,00	0,00	0,00
TOTALS					3,00	6.857,00		518,50

A.1.12. Sortida d'Emergència

Sortida Emergència (018)								
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència de fons W	Potència Instal·lada W	Factor d'utilització	Energia Consumida W·1h
1	0	018	Enllumenat	Enllumenat Sortida (1 llums de 18 W)	0,00	18,00	1,00	18,00
2	0	018	Enllumenat	Enllumenat d'emergència (1 x 3 W)	3,00	3,00	1,00	3,00
TOTALS					3,00	21,00		21,00

A.1.13. Seminari

Seminari (250)								
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència de fons W	Potència Instal·lada W	Factor d'utilització	Energia Consumida W·1h
1	2	250	Enllumenat	Enllumenat Seminari (10 llums de 2x26 W)	0,00	520,00	1,00	520,00
2	2	250	Informàtica	Projector EPSON	0,44	337,00	1,00	337,00
3	2	250	Clima	Màquina A.C. Mitsubishi electric PC-38 J Mr. Slim	0,00	0,00		0,00
				Hivern	0,00	0,00	0,00	0,00
				Estiu	0,00	3.800,00	0,00	0,00
4	2	250	Electrodomestics	Cafetera Nespresso	0,00	700,00	0,05	35,00
TOTALS					0,44	5.357,00		892,00

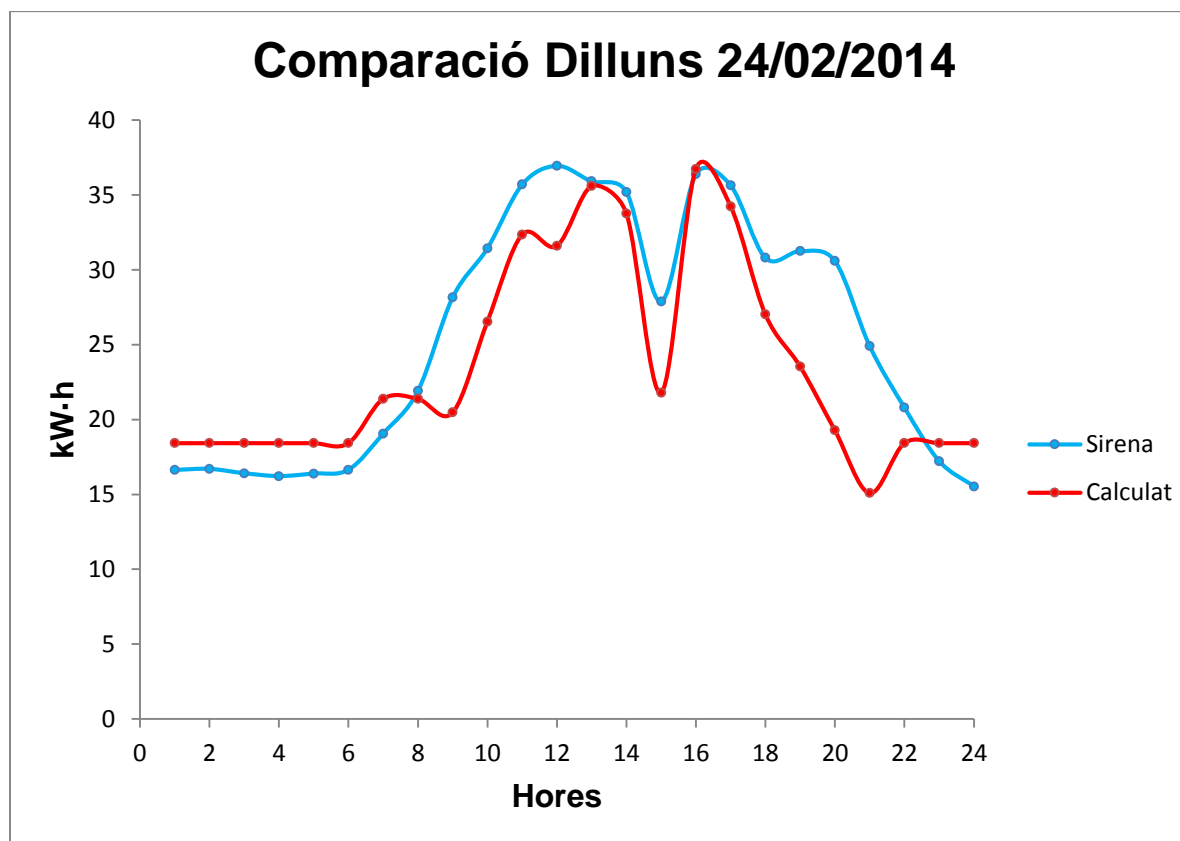
A.1.14. Accessos

Accessos Plantes (301, 308, 340)								
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència de fons KW	Potència Instal·lada KW	Factor d'utilització	Potència Consumida KW
1	0-3	Accès 9	Enllumenat	Enllumenat Accès 9 (7 llums de 58 W)	0,00	406,00	1,00	406,00
2	0-3	Accès 9	Enllumenat	Enllumenat d'emergència (4 x 3 W)	12,00	32,00	1,00	32,00
3	0-3	Accès 9	Ascensor	Ascensor Plantes 0-3	138,00	12.420,00	0,01	124,20
4	0-3	Accès 10	Enllumenat	Enllumenat Accès 10 (7 llums de 58 W)	0,00	406,00	1,00	406,00
5	0-3	Accès 10	Enllumenat	Enllumenat d'emergència (3 x 3 W)	9,00	24,00	1,00	24,00
6	2-3	Accès 11	Enllumenat	Enllumenat Passadís 3 (3 llums de 58 W)	0,00	174,00	1,00	174,00
7	2-3	Accès 11	Enllumenat	Enllumenat d'emergència (2 x 3 W)	6,00	16,00	1,00	16,00
TOTALS					165,00	13.478,00		1.182,20

A.2. Gràfiques comparatives

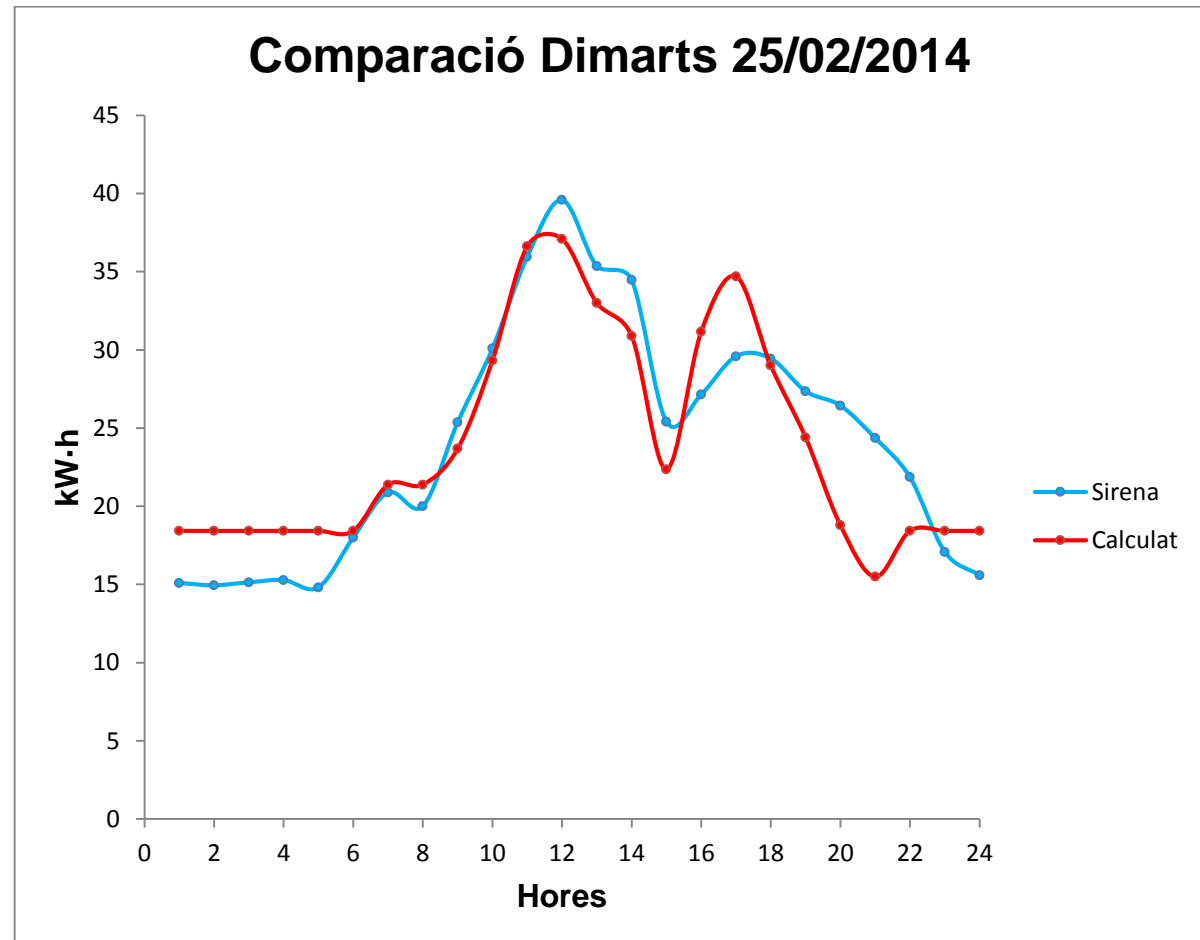
A.2.1. Gràfica comparativa dilluns

Hora	Dilluns Sirena	Dilluns Calculat
00:00 - 1:00	16,63	18,42
1:00 - 2:00	16,70	18,43
2:00 - 3:00	16,41	18,43
3:00 - 4:00	16,22	18,43
4:00 - 5:00	16,39	18,43
5:00 - 6:00	16,64	18,43
6:00 - 7:00	19,06	21,39
7:00 - 8:00	21,91	21,39
8:00 - 9:00	28,16	20,47
9:00 - 10:00	31,44	26,54
10:00 - 11:00	35,70	32,35
11:00 - 12:00	36,95	31,60
12:00 - 13:00	35,91	35,60
13:00 - 14:00	35,20	33,76
14:00 - 15:00	27,88	21,79
15:00 - 16:00	36,39	36,74
16:00 - 17:00	35,64	34,23
17:00 - 18:00	30,80	27,02
18:00 - 19:00	31,25	23,54
19:00 - 20:00	30,59	19,28
20:00 - 21:00	24,91	15,09
21:00 - 22:00	20,80	18,43
22:00 - 23:00	17,22	18,43
23:00 - 00:00	15,53	18,43



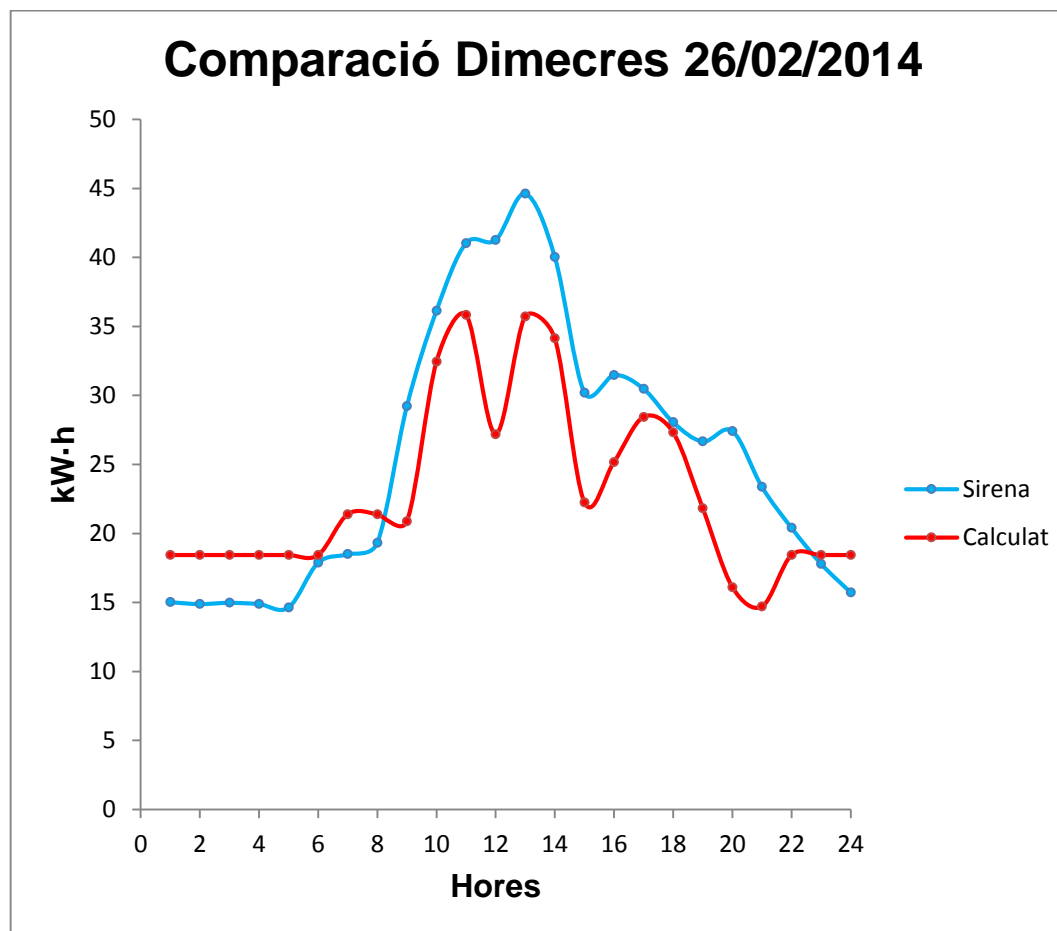
A.2.2. Gràfica comparativa dimarts

Hora	Dimarts Sirena	Dimarts Calculat
00:00 - 1:00	15,09	18,43
1:00 - 2:00	14,94	18,43
2:00 - 3:00	15,13	18,43
3:00 - 4:00	15,27	18,43
4:00 - 5:00	14,81	18,43
5:00 - 6:00	18,00	18,43
6:00 - 7:00	20,88	21,39
7:00 - 8:00	20,00	21,39
8:00 - 9:00	25,36	23,68
9:00 - 10:00	30,09	29,32
10:00 - 11:00	35,95	36,63
11:00 - 12:00	39,59	37,09
12:00 - 13:00	35,36	32,99
13:00 - 14:00	34,48	30,90
14:00 - 15:00	25,41	22,35
15:00 - 16:00	27,14	31,16
16:00 - 17:00	29,59	34,70
17:00 - 18:00	29,45	29,00
18:00 - 19:00	27,36	24,41
19:00 - 20:00	26,44	18,79
20:00 - 21:00	24,36	15,49
21:00 - 22:00	21,86	18,43
22:00 - 23:00	17,08	18,43
23:00 - 00:00	15,58	18,43



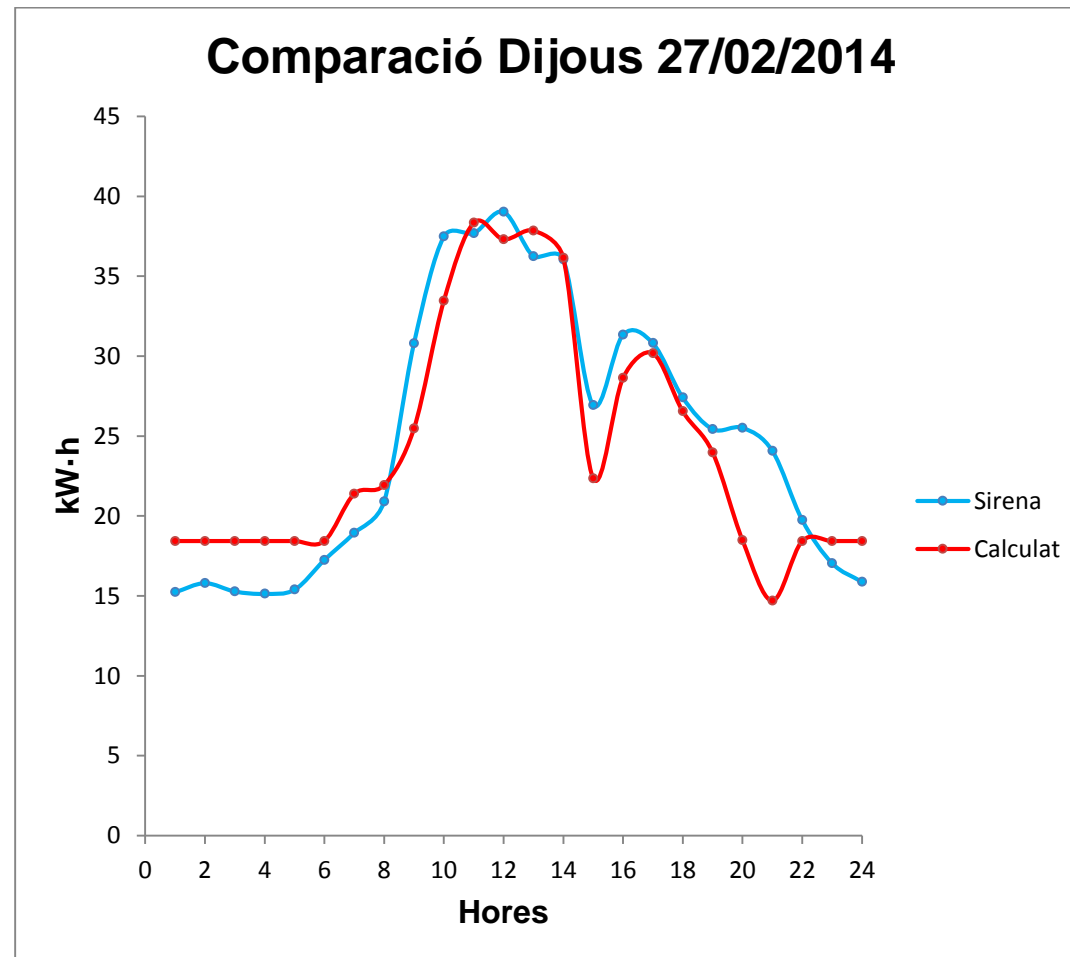
A.2.3. Gràfica comparativa dimecres

Hora	Dimecres Sirena	Dimecres Calculat
00:00 - 1:00	15,02	18,43
1:00 - 2:00	14,89	18,43
2:00 - 3:00	14,98	18,43
3:00 - 4:00	14,89	18,43
4:00 - 5:00	14,64	18,43
5:00 - 6:00	17,88	18,43
6:00 - 7:00	18,50	21,39
7:00 - 8:00	19,33	21,39
8:00 - 9:00	29,22	20,87
9:00 - 10:00	36,14	32,44
10:00 - 11:00	41,03	35,83
11:00 - 12:00	41,25	27,19
12:00 - 13:00	44,61	35,72
13:00 - 14:00	40,03	34,13
14:00 - 15:00	30,20	22,25
15:00 - 16:00	31,48	25,17
16:00 - 17:00	30,48	28,44
17:00 - 18:00	28,05	27,31
18:00 - 19:00	26,66	21,82
19:00 - 20:00	27,42	16,11
20:00 - 21:00	23,38	14,69
21:00 - 22:00	20,41	18,43
22:00 - 23:00	17,80	18,43
23:00 - 00:00	15,73	18,43



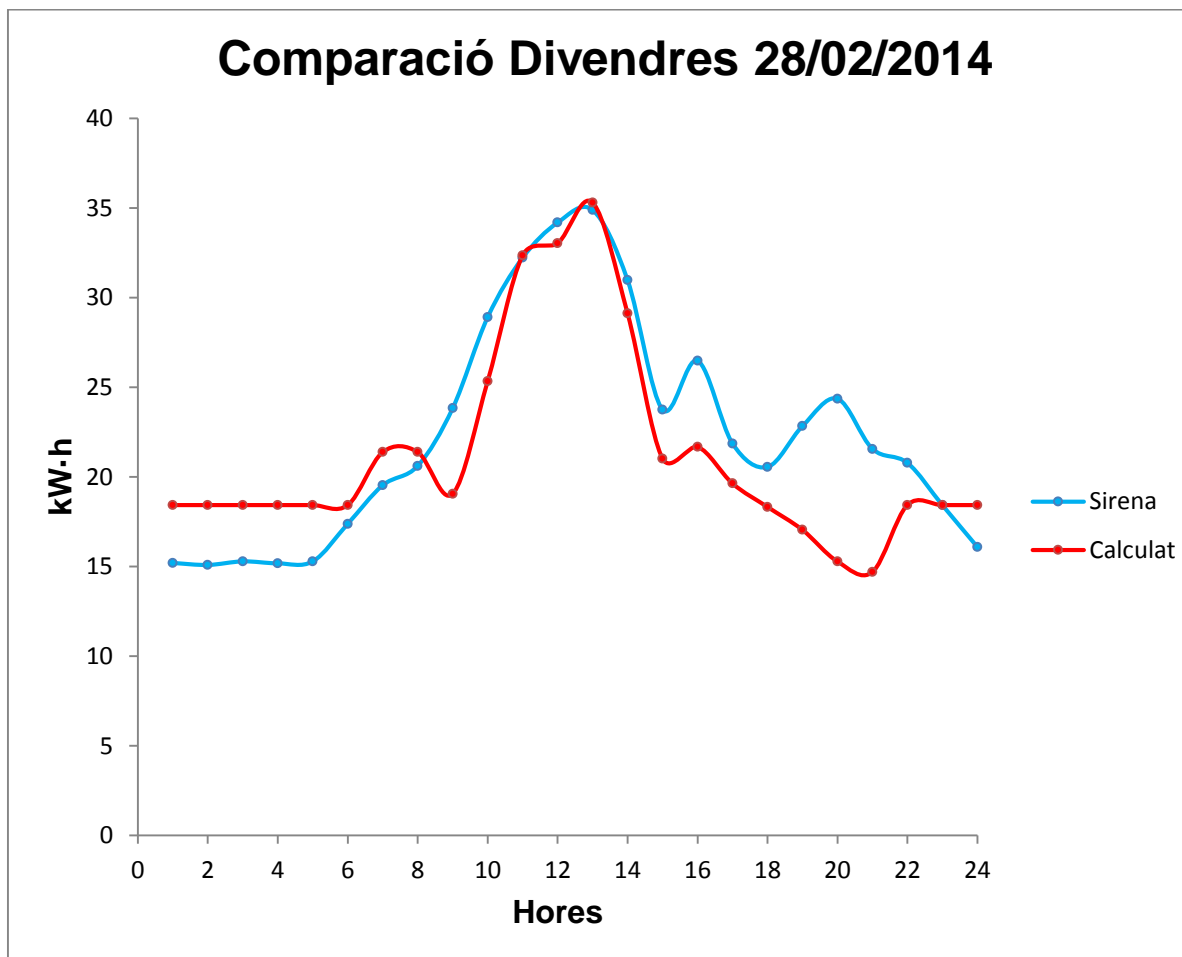
A.2.4. Gràfica comparativa dijous

Hora	Dijous Sirena	Dijous Calculat
00:00 - 1:00	15,23	18,43
1:00 - 2:00	15,80	18,43
2:00 - 3:00	15,28	18,43
3:00 - 4:00	15,13	18,43
4:00 - 5:00	15,39	18,43
5:00 - 6:00	17,25	18,43
6:00 - 7:00	18,94	21,38
7:00 - 8:00	20,91	21,93
8:00 - 9:00	30,80	25,46
9:00 - 10:00	37,48	33,46
10:00 - 11:00	37,69	38,34
11:00 - 12:00	39,03	37,31
12:00 - 13:00	36,25	37,85
13:00 - 14:00	36,05	36,16
14:00 - 15:00	26,94	22,35
15:00 - 16:00	31,34	28,63
16:00 - 17:00	30,81	30,18
17:00 - 18:00	27,41	26,55
18:00 - 19:00	25,44	23,97
19:00 - 20:00	25,52	18,48
20:00 - 21:00	24,08	14,69
21:00 - 22:00	19,75	18,43
22:00 - 23:00	17,05	18,43
23:00 - 00:00	15,88	18,43



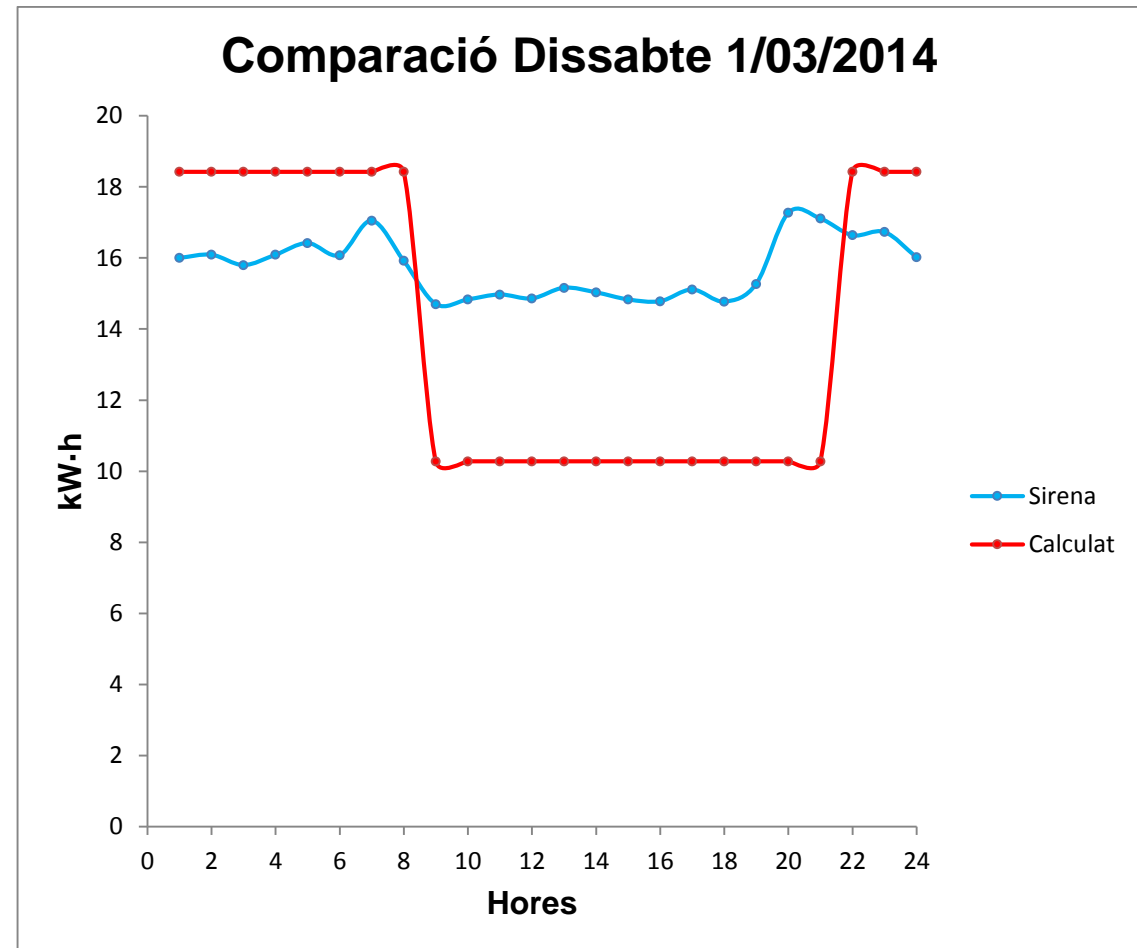
A.2.5. Gràfica comparativa divendres

Hora	Divendres Sirena	Divendres Calculat
00:00 - 1:00	15,19	17,25
1:00 - 2:00	15,08	17,25
2:00 - 3:00	15,28	17,25
3:00 - 4:00	15,17	17,25
4:00 - 5:00	15,28	17,25
5:00 - 6:00	17,38	17,25
6:00 - 7:00	19,53	20,20
7:00 - 8:00	20,61	20,20
8:00 - 9:00	23,83	17,87
9:00 - 10:00	28,91	24,16
10:00 - 11:00	32,23	31,18
11:00 - 12:00	34,19	31,85
12:00 - 13:00	34,89	34,13
13:00 - 14:00	30,98	27,94
14:00 - 15:00	23,75	19,84
15:00 - 16:00	26,48	20,50
16:00 - 17:00	21,86	18,45
17:00 - 18:00	20,55	17,14
18:00 - 19:00	22,83	15,86
19:00 - 20:00	24,36	14,10
20:00 - 21:00	21,56	13,51
21:00 - 22:00	20,78	17,25
22:00 - 23:00	18,42	17,25
23:00 - 00:00	16,09	17,25



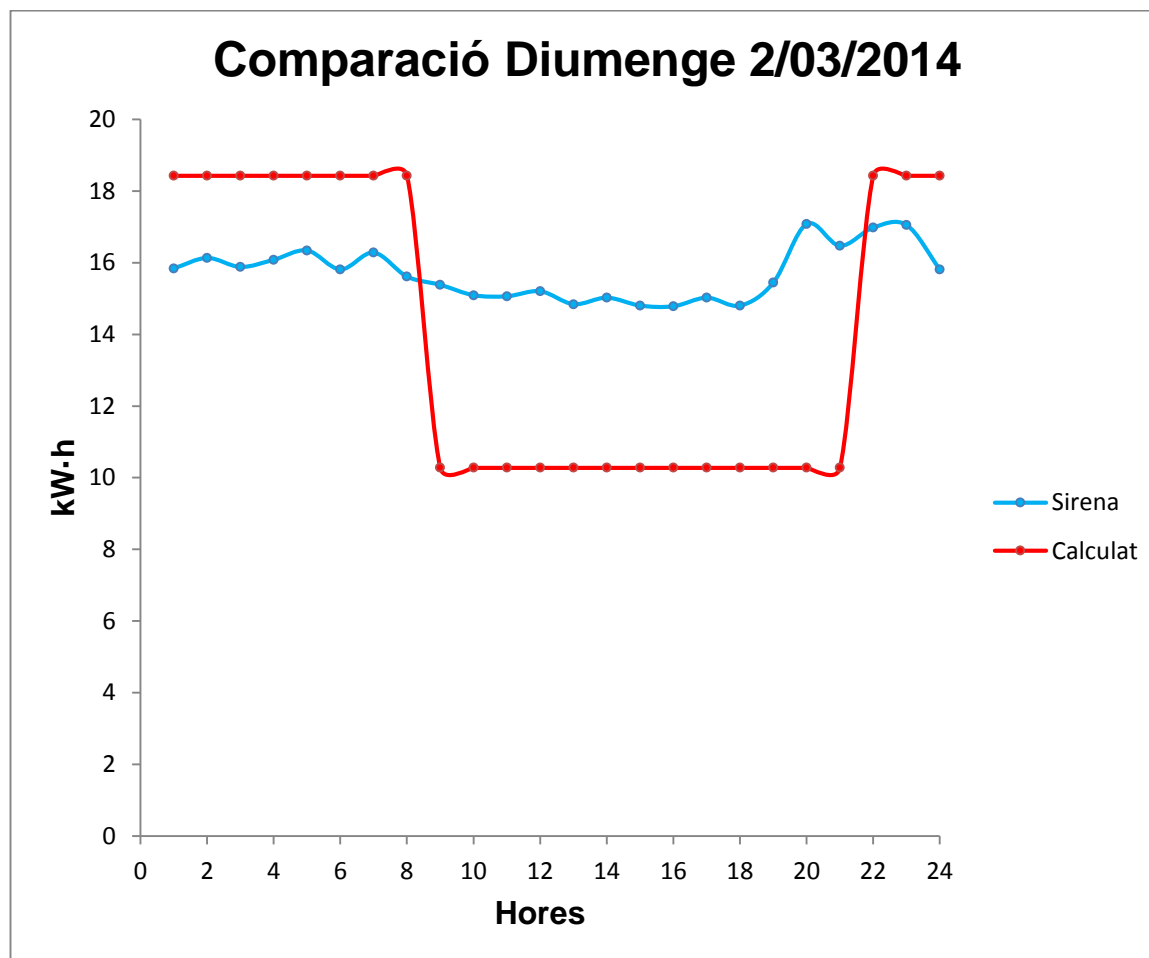
A.2.6. Gràfica comparativa dissabte

Hora	Dissabte Sirena	Dissabte Calculat
00:00 - 1:00	16,00	18,43
1:00 - 2:00	16,09	18,43
2:00 - 3:00	15,80	18,43
3:00 - 4:00	16,09	18,43
4:00 - 5:00	16,42	18,43
5:00 - 6:00	16,08	18,43
6:00 - 7:00	17,05	18,43
7:00 - 8:00	15,92	18,43
8:00 - 9:00	14,70	10,28
9:00 - 10:00	14,83	10,28
10:00 - 11:00	14,97	10,28
11:00 - 12:00	14,86	10,28
12:00 - 13:00	15,16	10,28
13:00 - 14:00	15,03	10,28
14:00 - 15:00	14,83	10,28
15:00 - 16:00	14,78	10,28
16:00 - 17:00	15,11	10,28
17:00 - 18:00	14,77	10,28
18:00 - 19:00	15,27	10,28
19:00 - 20:00	17,27	10,28
20:00 - 21:00	17,11	10,28
21:00 - 22:00	16,64	18,43
22:00 - 23:00	16,73	18,43
23:00 - 00:00	16,02	18,43



A.2.7. Gràfica comparativa diumenge

Hora	Diumenge Sirena	Diumenge Calculat
00:00 - 1:00	15,84	18,43
1:00 - 2:00	16,13	18,43
2:00 - 3:00	15,88	18,43
3:00 - 4:00	16,08	18,43
4:00 - 5:00	16,34	18,43
5:00 - 6:00	15,81	18,43
6:00 - 7:00	16,28	18,43
7:00 - 8:00	15,61	18,43
8:00 - 9:00	15,38	10,28
9:00 - 10:00	15,09	10,28
10:00 - 11:00	15,06	10,28
11:00 - 12:00	15,20	10,28
12:00 - 13:00	14,84	10,28
13:00 - 14:00	15,02	10,28
14:00 - 15:00	14,80	10,28
15:00 - 16:00	14,78	10,28
16:00 - 17:00	15,02	10,28
17:00 - 18:00	14,80	10,28
18:00 - 19:00	15,44	10,28
19:00 - 20:00	17,08	10,28
20:00 - 21:00	16,47	10,28
21:00 - 22:00	16,98	18,43
22:00 - 23:00	17,05	18,43
23:00 - 00:00	15,81	18,43



A.3. Càlcul lumínic

A.3.1. Planta 3

Planta 3					
Espai	Dimensions [m ²]	Lux	Potència Instal·lada (W)	Lux/m ²	VEEI
Lab. Contactologia (319)	89,92	815	1390	9,06	1,90
Despatx (317)	30,07	1900	290	63,19	0,51
Despatx (315)	17,14	1500	290	87,51	1,13
Sala Calderes (322)	24,27	135	58	5,56	1,77
Catedra Unesco (336)	25,56	1244	650	48,67	2,04
Lab. Optometria (307)	30,51	635	350	20,81	1,81
Lab. Recerca Optometria (303)	16,75	520	170	31,04	1,95
Lab. Recerca Optica (302)	17,12	620	170	36,21	1,60
Serveis (368)	17,10	95	116	5,56	7,14
Serveis (359)	15,10	95	116	6,29	8,09
Espai Polivalent (367)	63,50	768,33	1160	12,10	2,38
Lab. Optometria (362)	77,55	600	504	7,74	1,08
Despatx (358)	30,04	1410	348	46,94	0,82
Despatx (356)	30,00	1525	348	50,83	0,76
Despatx (351)	10,62	790	116	74,39	1,38
Despatx (352)	18,35	1815	232	98,91	0,70
Despatx (353)	30,00	2075	348	69,17	0,56
Despatx (347)	30,00	1477,5	348	49,25	0,79
Laboratori (337)	61,72	771,5	608	12,50	1,28
Despatx (343)	9,00	570	174	63,33	3,39
Despatx (344)	21,38	580	174	27,13	1,40
Despatx (312)	15,85	545	174	34,38	2,01
Despatx (311)	17,05	1003,5	174	58,86	1,02

A.3.2. Planta 2

Planta 2					
Espai	Dimensions [m ²]	Lux	Potència Instal·lada (W)	Lux/m ²	VEEI
Aula 2.4 (275, 276)	96,52	891,5	2000	9,24	2,32
Aula dibuix (269)	60,12	815	696	13,56	1,42
Serveis (270)	15,26	820	224	53,74	1,79
Direcció (226)	30,43	530	416	17,42	2,58
Serveis (277)	17,10	482,5	224	28,22	2,71
Consergeria (245)	17,21	284	156	16,50	3,19
Consergeria (246)	16,85	238	72	14,12	1,80
Despatx (214)	29,24	1940,5	336	66,36	0,59
Despatx (216)	29,19	1322,5	336	45,31	0,87
Aula 2.1 (211, 212)	96,47	857,5	2000	8,89	2,42
Aula 2.2 (209, 210)	97,54	930	2000	9,53	2,20
Aula 2.3 (275,276)	97,73	865	2000	8,85	2,37
Secretaria DOO (240)	39,41	1625	392	41,23	0,61
Direcció DOO (239)	18,25	1120	168	61,37	0,82
Seminari (250)	35,36	771,5	520	21,82	1,91
Sala PDI i PAS (251)	22,92	1615	312	70,46	0,84
Sala d'estudi (263)	60,85	850	1392	13,97	2,69
Sala d'audicions (267)	90,79	970	1392	10,68	1,58

A.3.3. Planta 1

Planta 1					
Espai	Dimensions [m ²]	Lux	Potència Instal·lada (W)	Lux/m ²	VEEI
Càtedra Unesco (107)	12,55	263	72	20,96	2,18
Despatx (110)	12,72	1100	232	86,48	1,66
Despatx (109)	35,02	725	348	20,70	1,37
Despatx (120, 121)	19,11	870	348	45,53	2,09
Despatx (122)	18,30	1165	348	63,66	1,63
Despatx (123)	18,65	1187,5	348	63,67	1,57
Despatx (124)	17,43	1050	348	60,24	1,90
Despatx (125, 126)	19,16	1142,5	348	59,63	1,59
Aula informàtica 2 (133)	52,15	595	576	11,41	1,86
Serveis (111)	15,38	539,33	80	35,07	0,96
Lab. Anatomia Biològica (163)	92,26	1282,5	1392	13,90	1,18
Lab. Recerca (166)	11,23	250	116	22,26	4,13
Lab. Recerca (167)	17,63	1600	232	90,75	0,82
Lab. Recerca (168)	8,14	560	116	68,80	2,54
Lab. Recerca (169)	21,42	770	232	35,95	1,41
Sala Usuaris (134)	24,45	840	336	34,36	1,64
Sala Càlcul (138)	26,52	547,5	336	20,64	2,31
Aula informàtica 1 (137)	54,48	690	576	12,67	1,53
Aula 1.1 (130, 131)	49,44	1063,66	1392	21,51	2,65
Aula 1.2 (132)	49,33	992,5	1276	20,12	2,61
Lab. Materials i química (102)	90,85	500	1152	5,50	2,54
Lab. Fisiologia (105)	60,15	683	720	11,35	1,75

A.3.4. Planta 0

Planta 0					
Espai	Dimensions [m ²]	Lux	Potència Instal·lada (W)	Lux/m ²	VEEI
Lab. Tecnologia Òptica (005)	90,81	910	1504	10,02	1,82
Lab. Lents (008)	54,25	1084	1062	19,98	1,81
Delegació Alumnes (012)	30,44	550	348	18,07	2,08
Serveis (013, 017)	21,27	128	270	6,02	9,92
Lab. Visió Binocular (032)	55,86	1147,5	1044	20,54	1,63
Lab. Òptica (033)	55,89	1124	1044	20,11	1,66
Lab. (046)	77,68	1265	1044	16,28	1,06
Menjador PDI i PAS(049)	43,91	325	336	7,40	2,35
Lab. Física (077)	60,12	1007	1044	16,75	1,72
Lab. Microbiologia (072)	60,09	590	864	9,82	2,44
Seminari (068)	29,38	940	348	31,99	1,26
Reprografia (066)	30,77	810	348	26,32	1,40
Sala Menjador (031)	66,31	255,33	504	3,85	2,98

A.4. Consum Tèrmic

A.4.1. Radiadors Planta 0

RADIADORS PLANTA 0							
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència Radiada KW	Superfície m ²	Energia Wh/m ²
1	0	031	Calefacció	Radiador Roca de 40 elements (77 cm alt)	7,52	66,41	113,24
2	0	003	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (180 cm llarg) sense difusor	1,18	29,49	40,01
3	0	005	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (260 cm llarg) sense difusor	1,70	45,40	37,40
4	0	005	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (260 cm llarg) sense difusor	1,70	45,40	37,40
5	0	008	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (190 cm llarg) sense difusor	1,24	27,12	45,76
6	0	008	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (190 cm llarg) sense difusor	1,24	27,12	45,76
7	0	012	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (240 cm llarg) amb difusor	2,07	30,44	67,87
8	0	013	Calefacció	Radiador Roca de 12 elements (67 cm alt)	2,02	11,59	174,29
9	0	017	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (110 cm llarg) amb difusor	0,99	12,46	79,70
10	0	032	Calefacció	Radiador Roca de 50 elements (67 cm alt)	8,43	27,93	301,83
11	0	032	Calefacció	Radiador Roca de 13 elements (67 cm alt)	2,19	27,93	78,41
12	0	033	Calefacció	Radiador Roca de 50 elements (67 cm alt)	8,43	27,94	301,72
13	0	033	Calefacció	Radiador Roca de 13 elements (67 cm alt)	2,19	27,94	78,38
14	0	046	Calefacció	Radiador Roca de 50 elements (67 cm alt)	8,43	55,49	151,92
15	0	049	Calefacció	Radiador Roca de 40 elements (67 cm alt)	6,74	43,91	153,60
16	0	072	Calefacció	Radiador Roca de 18 elements (77 cm alt)	3,39	30,04	112,75
17	0	072	Calefacció	Radiador Roca de 18 elements (77 cm alt)	3,39	30,04	112,75
18	0	048	Calefacció	Radiador Roca de 25 elements (67 cm alt)	4,22	38,84	108,55
19	0	048	Calefacció	Radiador Roca de 30 elements (67 cm alt)	5,06	38,84	130,28
20	0	069	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (220 cm llarg) amb difusor	1,99	29,36	67,68
21	0	068	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (160 cm llarg) amb difusor	1,38	29,38	46,90
22	0	066	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (190 cm llarg) amb difusor	1,64	30,77	53,17
23	0	079	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (140 cm llarg) amb difusor	1,26	17,21	73,45
24	0	Passadís 1	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (400 cm llarg) sense difusor	1,98	36,28	54,58
25	0	Passadís 1	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (400 cm llarg) sense difusor	1,98	36,28	54,58
26	0	Passadís 2	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (440 cm llarg) sense difusor	2,18	36,28	60,03
27	0	Passadís 2	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (440 cm llarg) sense difusor	2,18	36,28	60,03
28	0	Passadís 4	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (500 cm llarg) sense difusor	2,47	36,28	68,08
29	0	Passadís 4	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (500 cm llarg) sense difusor	2,47	36,28	68,08
TOTALS Potència Radiada 1h					91,64		
TOTALS Potència Radiada 16h					1.466,28		

A.4.2. Radiadors Planta 1

RADIADORS PLANTA 1							
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència Radiada KW	Superfície m²	Energia Wh/m²
1	1	102	Calefacció	Radiador Roca de 10 elements (67 cm alt)	1,69	30,28	55,68
2	1	102	Calefacció	Radiador Roca de 9 elements (67 cm alt)	1,52	30,28	50,11
	1	102	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (300 cm llarg) sense difusor	1,96	30,28	64,70
3	1	105	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (190 cm llarg) amb difusor	1,72	30,07	57,07
4	1	105	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (190 cm llarg) amb difusor	1,72	30,07	57,20
5	1	109	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (160 cm llarg) sense difusor	1,05	17,51	59,68
6	1	109	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (160 cm llarg) sense difusor	1,05	17,51	59,68
7	1	121	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (200 cm llarg) sense difusor	1,31	19,11	68,34
8	1	123	Calefacció	Radiador Roca de 20 elements (67 cm alt)	3,37	18,65	180,70
9	1	124	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (220 cm llarg) amb difusor	1,44	17,43	82,44
10	1	126	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (200 cm llarg) amb difusor	1,31	19,16	68,16
11	1	133	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (320 cm llarg) amb difusor	2,76	52,15	52,83
12	1	111	Calefacció	Radiador Runtal de 4 elements (180 cm llarg) sense difusor	0,62	17,20	35,81
13	1	163	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (220 cm llarg) sense difusor	1,44	46,13	31,15
14	1	163	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (220 cm llarg) sense difusor	1,44	46,13	31,15
15	1	167	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (140 cm llarg) sense difusor	0,91	17,63	51,84
16	1	169	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (180 cm llarg) sense difusor	1,18	21,42	54,86
17	1	172	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (200 cm llarg) amb difusor	1,99	30,06	66,10
18	1	172	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (200 cm llarg) amb difusor	1,99	30,06	66,10
19	1	137	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (180 cm llarg) amb difusor	0,95	54,48	17,38
20	1	173	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (110 cm llarg) amb difusor	0,99	17,21	57,70
21	1	130 - 131	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (320 cm llarg) amb difusor	2,76	49,44	55,72
22	1	132	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (260 cm llarg) amb difusor	2,24	24,66	90,79
23	1	132	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (170 cm llarg) amb difusor	2,41	24,66	97,77
24	1	Passadís 1	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (400 cm llarg) sense difusor	1,98	36,72	53,92
25	1	Passadís 2	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (400 cm llarg) sense difusor	1,98	36,72	53,92
26	1	Passadís 2	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (600 cm llarg) sense difusor	2,97	36,72	80,88
27	1	Passadís 2	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (600 cm llarg) sense difusor	2,97	36,72	80,88
28	1	Passadís 4	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (400 cm llarg) sense difusor	1,98	36,72	53,92
29	1	Passadís 4	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (600 cm llarg) sense difusor	2,97	36,72	80,88
30	1	Passadís 4	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (600 cm llarg) sense difusor	2,97	36,72	80,88
TOTALS Potència Radiada 1h					57,58		
TOTALS Potència Radiada 16h					921,29		

A.4.3. Radiadors Planta 2

RADIADORS PLANTA 2							
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència Radiada KW	Superfície m ²	Energia Wh/m ²
1	2	231	Calefacció	Radiador Roca de 8 elements (57 cm alt)	1,17	13,67	85,59
2	2	240	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (150 cm llarg) sense difusor	0,98	19,71	49,72
3	2	240	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (260 cm llarg) amb difusor	2,35	19,71	119,13
4	2	239	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (200 cm llarg) sense difusor	1,31	18,25	71,56
5	2	250	Calefacció	Radiador Roca de 34 elements (67 cm alt)	5,73	35,36	162,05
6	2	251	Calefacció	Radiador Roca de 18 elements (67 cm alt)	3,03	22,92	132,20
7	2	263	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (200 cm llarg) sense difusor	1,31	30,42	43,06
8	2	263	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (200 cm llarg) sense difusor	1,31	30,42	43,06
9	2	267	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (140 cm llarg) sense difusor	1,15	45,39	25,23
10	2	267	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (140 cm llarg) sense difusor	1,15	45,39	25,23
11	2	227	Calefacció	Radiador Roca de 13 elements (67 cm alt)	2,19	30,01	72,98
12	2	227	Calefacció	Radiador Roca de 8 elements (67 cm alt)	1,35	30,01	44,95
13	2	227	Calefacció	Radiador Roca de 19 elements (67 cm alt)	3,20	30,01	106,63
14	2	225	Calefacció	Radiador Roca de 12 elements (67 cm alt)	2,02	16,05	125,86
15	2	273-274	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (200 cm llarg) amb difusor	2,41	48,26	49,85
16	2	273-274	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (200 cm llarg) amb difusor	2,41	48,26	49,85
17	2	269	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (170 cm llarg) sense difusor	1,11	30,06	36,93
18	2	269	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (170 cm llarg) sense difusor	1,11	30,06	36,93
19	2	270	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (120 cm llarg) sense difusor	0,78	16,66	47,06
20	2	226	Calefacció	Radiador Roca de 19 elements (57 cm alt)	2,78	30,43	91,36
21	2	277	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (120 cm llarg) sense difusor	0,78	18,96	41,14
22	2	245	Calefacció	Radiador Roca de 13 elements (57 cm alt)	1,90	17,21	110,40
23	2	246	Calefacció	Radiador Roca de 13 elements (57 cm alt)	1,90	16,85	112,76
24	2	228	Calefacció	Radiador Runtal de 9 elements (80 cm llarg) amb difusor	0,59	20,02	29,32
25	2	214	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (240 cm llarg) sense difusor	1,57	29,24	53,59
26	2	216	Calefacció	Radiador Roca de 12 elements (57 cm alt)	1,75	14,59	119,95
27	2	216	Calefacció	Radiador Roca de 10 elements (57 cm alt)	1,46	14,59	100,07
28	2	211-212	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (200 cm llarg) amb difusor	2,41	48,23	49,89
29	2	211-212	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (200 cm llarg) amb difusor	2,41	48,23	49,89
30	2	209-210	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (220 cm llarg) amb difusor	2,65	48,77	54,28
31	2	209-210	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (220 cm llarg) amb difusor	2,65	48,77	54,28
32	2	275-276	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (220 cm llarg) amb difusor	2,65	48,86	54,18
33	2	275-276	Calefacció	Radiador Runtal de 10 elements (220 cm llarg) amb difusor	2,65	48,86	54,18
34	2	Passadís 1	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (200 cm llarg) sense difusor	0,99	42,49	23,30
35	2	Passadís 1	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (380 cm llarg) sense difusor	1,88	42,49	44,27
36	2	Passadís 1	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (360 cm llarg) sense difusor	1,78	42,49	41,94
37	2	Passadís 2	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (280 cm llarg) amb difusor	2,41	42,49	56,74
38	2	Passadís 2	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (280 cm llarg) amb difusor	2,41	42,49	56,74
39	2	Passadís 3	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (380 cm llarg) sense difusor	1,88	42,49	44,27
40	2	Passadís 3	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (380 cm llarg) sense difusor	1,88	42,49	44,27
41	2	Passadís 4	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (300 cm llarg) sense difusor	1,49	42,49	34,95
42	2	Passadís 4	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (280 cm llarg) sense difusor	1,39	42,49	32,62
43	2	Passadís 5	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (300 cm llarg) sense difusor	1,49	42,49	34,95
44	2	Passadís 5	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (300 cm llarg) sense difusor	1,49	42,49	34,95
				TOTALS Potència Radiada 1h	83,25		
				TOTALS Potència Radiada 16h	1.332,02		

A.4.4. Radiadors Planta 3

RADIADORS PLANTA 3							
Nº	PLANTA	ESPAI	FAMÍLIA	CONCEPTE	Potència Radiada KW	Superfície m ²	W/m ²
1	3	307	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (130 cm llarg)	0,85	15,26	55,65
2	3	307	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (130 cm llarg)	0,85	15,26	55,65
3	3	307-3/9	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (130 cm llarg)	0,85	14,46	58,71
4	3	307-3/11	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (130 cm llarg)	0,85	14,46	58,71
5	3	307	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (130 cm llarg)	0,85	15,33	55,38
6	3	307-3/15	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (130 cm llarg)	0,85	14,46	58,71
7	3	303	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (130 cm llarg)	0,85	16,75	50,69
8	3	302	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (130 cm llarg)	0,85	17,12	49,59
9	3	368,359	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (180 cm llarg)	1,18	20,78	56,54
10	3	367	Calefacció	Radiador Roca de 16 elements (67 cm alt)	2,32	31,75	73,07
11	3	367	Calefacció	Radiador Roca de 16 elements (67 cm alt)	2,32	31,75	73,07
12	3	362	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (150 cm llarg)	0,98	38,77	25,28
13	3	362	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (150 cm llarg)	0,98	38,77	25,28
14	3	358	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (130 cm llarg)	0,85	15,02	56,52
15	3	358	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (130 cm llarg)	0,85	15,02	56,52
16	3	356	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (130 cm llarg)	0,85	15,00	56,60
17	3	356	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (130 cm llarg)	0,85	15,00	56,60
18	3	351	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (150 cm llarg)	0,98	18,35	53,41
19	3	353	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (130 cm llarg)	0,85	15,00	56,60
20	3	353	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (70 cm llarg)	0,46	15,00	30,47
21	3	347	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (130 cm llarg)	0,85	15,00	56,60
22	3	347	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (70 cm llarg)	0,46	15,00	30,47
23	3	337	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (220 cm llarg)	1,44	30,86	46,57
24	3	337	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (220 cm llarg)	1,44	30,86	46,57
25	3	343	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (200 cm llarg)	1,31	18,37	71,09
26	3	343	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (200 cm llarg)	1,31	21,36	61,14
27	3	312	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (140 cm llarg)	0,91	15,85	57,67
28	3	311	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (200 cm llarg)	1,31	17,05	76,60
29	3	310	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (260 cm llarg)	1,70	29,96	56,68
30	3	336	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (260 cm llarg)	1,70	25,56	66,43
31	3	336	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (260 cm llarg)	1,70	33,80	50,24
32	3	319	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (200 cm llarg) amb difusor	2,16	44,96	48,00
33	3	319	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (200 cm llarg) amb difusor	2,16	44,96	48,00
34	3	317	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (170 cm llarg) amb difusor	1,54	30,00	51,17
35	3	315	Calefacció	Radiador Runtal de 8 elements (190 cm llarg) amb difusor	1,72	17,14	100,12
36	3	Passadís 1	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (160 cm llarg)	0,79	26,07	30,38
37	3	Passadís 1	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (320 cm llarg)	1,58	26,07	60,76
38	3	Passadís 1	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (320 cm llarg)	1,58	26,07	60,76
39	3	Passadís 2	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (280 cm llarg)	1,39	26,07	53,16
40	3	Passadís 2	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (280 cm llarg)	1,39	26,06	53,18
41	3	Passadís 3	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (160cm llarg)	0,79	26,07	30,38
42	3	Passadís 3	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (320 cm llarg)	1,58	26,07	60,61
43	3	Passadís 3	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (320 cm llarg)	1,58	26,07	60,61
44	3	Passadís 4	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (280 cm llarg)	1,39	26,07	53,32
45	3	Passadís 4	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (280 cm llarg)	1,39	26,07	53,32
46	3	Passadís 5	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (160 cm llarg)	0,79	26,07	30,30
47	3	Passadís 6	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (400 cm llarg)	1,98	26,07	75,95
48	3	Passadís 7	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (160 cm llarg)	0,79	26,07	30,30
49	3	Passadís 8	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (240 cm llarg)	1,19	26,07	45,57
50	3	Passadís 8	Calefacció	Radiador Runtal de 6 elements (240 cm llarg)	1,19	26,07	45,57
TOTALS Potència Radiada 1h					61,32		
TOTALS Potència Radiada 16h					981,15		

9. Bibliografía

- [1] Philips Ibérica, S.A.U., «<http://www.lighting.philips.es/>,» Philips Ibérica, S.A.U., Junio 2006. [En línea]. Available: http://www.lighting.philips.es/pwc_li/es_es/connect/tools_literature/assets/pdfs/Codigo_Tecnico_de_la_Edificacion.pdf. [Últim accès: 21 Mayo 2014].
- [2] BAXI ROCA, «<http://www.baxi.es/home/>,» 2014. [En línea]. Available: http://www.baxi.es/docs/sp_cataleg/h9.pdf. [Último acceso: Març 2014].
- [3] BAXI ROCA, «<http://www.baxi.es/home/>,» 2014. [En línea]. Available: http://www.baxi.es/docs/sp_cataleg/h13.pdf. [Último acceso: Març 2014].
- [4] ZEHNDER GROUP IBÉRICA IC, S.A., «www.runtal.es,» 2013. [En línea]. Available: <http://www.runtal.es/product/es/runtal-jet-x>. [Último acceso: Març 2014].
- [5] Universitat Politècnica de Catalunya, «Sirena UPC,» UPC, [En línea]. Available: <http://sirenaupc.dexcell.com/dashboard/widgets.htm>. [Último acceso: 2014].
- [6] Socscistatistics, «<http://www.socscistatistics.com/>,» 2014. [En línea]. Available: <http://www.socscistatistics.com/tests/pearson/Default2.aspx>. [Último acceso: Maig 2014].

- [7] UPC, «<http://sirenaupc.dexcell.com>,» UPC, [En línea]. Available: http://sirenaupc.dexcell.com/l_12838/dashboard/widgets.htm. [Último acceso: 2014].
- [8] MathWorks, «<http://www.mathworks.es/>,» [En línea]. Available: <http://www.mathworks.es/>. [Último acceso: 2014].
- [9] UPC, «Facultat d'optica i optometria de Terrassa,» [En línea]. Available: <https://foot.upc.edu/>. [Último acceso: 2014].