

# Estudi per a la millora de l'eficiència energètica dels edificis TR2 i TR3 del campus de Terrassa

Alexis Jesús Pairetti Moya



UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA  
BARCELONATECH

Campus de Terrassa



# INDEX

<b>PART I. INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS .....</b>	<b>1</b>
<b>1 Introducció.....</b>	<b>1</b>
1.1 Consum energètic .....	1
1.2 Consum de fons .....	2
1.3 Què és un POE? .....	3
1.3.1 Sirena.....	4
1.3.2 Edificis a estudiar .....	5
1.3.3 Antics POE .....	6
<b>2 Objectius .....</b>	<b>7</b>
2.1 Què es vol aconseguir?.....	7
2.2 Objectius PFG .....	7
2.3 Objectius UPC.....	8
<b>PART II. METODOLOGIA .....</b>	<b>9</b>
<b>3 Metodologia .....</b>	<b>9</b>
3.1 Treball de camp .....	9
3.2 Model matemàtic .....	10
<b>4 Consum elèctric .....</b>	<b>15</b>
4.1 Treball de camp .....	15
4.2 Indicadors energètics.....	19
4.3 Model matemàtic .....	26
4.3.1 Estructura OE.....	30
4.3.2 Estructura ARX.....	37

4.3.3	Validació dels models .....	44
<b>5</b>	<b>Consum tèrmic .....</b>	<b>48</b>
5.1	Treball de camp .....	48
5.2	Ocupació i T <sup>o</sup> exterior vers consum tèrmic .....	49
5.3	Model matemàtic .....	56
5.3.1	Estructura OE.....	57
5.3.2	Estructura ARX.....	61
5.3.3	Validació dels models .....	67
<b>6</b>	<b>Resultats .....</b>	<b>72</b>
6.1	Què s'ha obtingut? .....	72
6.2	Elecció models matemàtics.....	73
6.3	Observacions .....	76
<b>7</b>	<b>Propostes de millora.....</b>	<b>81</b>
<b>8</b>	<b>Conclusions.....</b>	<b>84</b>
<b>9</b>	<b>Annexes.....</b>	<b>87</b>
A1.	Planta 0 elèctric TR2 .....	87
A2.	Planta 1 elèctric TR2 .....	93
A3.	Planta 2 elèctric TR2 .....	99
A4.	Planta 0 elèctric TR3 .....	107
A5.	Planta 1 elèctric TR3 .....	109
A6.	Indicadors energètics elèctric (setmana TR2)(Watts).....	115
A7.	Percentatge ocupació TR2 setmanal .....	116
A8.	Planta 0 tèrmic TR2 .....	116
A9.	Planta 1 tèrmic TR2 .....	118
A10.	Planta 2 tèrmic TR2.....	119
A11.	Planta 0 tèrmic TR3.....	122

A12.	Planta 1 tèrmic TR3.....	122
A13.	Enquesta despatxos.....	124
A14.	Catàleg radiadors.....	125
<b>Referències</b> .....		<b>127</b>

# Índex de figures

FIGURA 1.3.1 EXEMPLE DADES SIRENA.....	4
FIGURA 1.3.2 PANELL GENERAL SIRENA .....	5
FIGURA 1.3.3 EDIFICI PRINCIPAL UPC .....	5
FIGURA 3.2.1 ESTRUCTURA MODEL OUTPUT ERROR .....	11
FIGURA 3.2.2 ESTRUCTURA MODEL ARX.....	13
FIGURA 4.1.1 TREBALL DE CAMP EXCEL.....	16
FIGURA 4.1.2 DESPATX TREBALL DE CAMP .....	16
FIGURA 4.1.3 AULA TREBALL DE CAMP .....	17
FIGURA 4.1.4 ASCENSOR I AIRE CENTRALITZAT .....	18
FIGURA 4.1.5 PASSADISSOS TREBALL DE CAMP .....	19
FIGURA 4.2.1 TAULA INDICADORS ENERGÈTICS .....	20
FIGURA 4.2.2 CEL·LES INDICADORS ENERGÈTICS .....	21
FIGURA 4.2.3 CORBA ELÈCTRICA (DILLUNS) .....	22
FIGURA 4.2.4 EXEMPLE SIRENA 1.....	23
FIGURA 4.2.5 EXEMPLE SIRENA 2.....	23
FIGURA 4.2.6 EXEMPLE SIRENA 3.....	23
FIGURA 4.2.7 EXEMPLE SIRENA 4.....	24
FIGURA 4.2.8 COMPARATIVA TREBALL DE CAMP-SIRENA (DILLUNS) .....	25
FIGURA 4.3.1 OCUPACIÓ DILLUNS.....	27
FIGURA 4.3.2 OCUPACIÓ DIMARTS.....	27
FIGURA 4.3.3 OCUPACIÓ DIMECRES .....	28
FIGURA 4.3.4 OCUPACIÓ DIJOUS .....	28
FIGURA 4.3.5 OCUPACIÓ DIVENDRES .....	29
FIGURA 4.3.6 OCUPACIÓ CAP DE SETMANA .....	29
FIGURA 4.3.7 RESPOSTA MODEL OE ORDRE 20 ELÈCTRIC .....	32
FIGURA 4.3.8 DIAGRAMA POLS I ZEROS MODEL OE ORDRE 20 .....	33
FIGURA 4.3.9 RESPOSTA MODEL OE ORDRE 5 ELÈCTRIC .....	34
FIGURA 4.3.10 DIAGRAMA POLS I ZEROS MODEL OE ORDRE 5 .....	35
FIGURA 4.3.11 PREDICCIÓ 10 HORES ARX ORDRE 20.....	38

FIGURA 4.3.12 PREDICCIÓ 5 HORES ARX ORDRE 20.....	39
FIGURA 4.3.13 PREDICCIÓ 2 HORES ARX ORDRE 20.....	39
FIGURA 4.3.14 PREDICCIÓ 1 HORA ARX ORDRE 20.....	40
FIGURA 4.3.15 PREDICCIÓ 10 HORES ARX ORDRE 8.....	41
FIGURA 4.3.16 PREDICCIÓ 5 HORES ARX ORDRE 8.....	42
FIGURA 4.3.17 PREDICCIÓ 2 HORES ARX ORDRE 8.....	42
FIGURA 4.3.18 PREDICCIÓ 1 HORA ARX ORDRE 8.....	43
FIGURA 5.1.1 EXCEL TREBALL DE CAMP TÈRMIC .....	49
FIGURA 5.2.1 OCUPACIÓ-CONSUM (DILLUNS).....	50
FIGURA 5.2.2 T°EXT-CONSUM (DILLUNS).....	51
FIGURA 5.2.3 OCUPACIÓ-CONSUM (NOVEMBRE) .....	51
FIGURA 5.2.4 OCUPACIÓ-CONSUM (DESEMBRE) .....	52
FIGURA 5.2.5 OCUPACIÓ-CONSUM (GENER) .....	52
FIGURA 5.2.6 OCUPACIÓ-CONSUM (FEBRER) .....	53
FIGURA 5.2.7 T°EXT-CONSUM (NOVEMBRE) .....	53
FIGURA 5.2.8 T°EXT-CONSUM (DESEMBRE).....	54
FIGURA 5.2.9 T°EXT-CONSUM (GENER).....	54
FIGURA 5.2.10 T°EXT-CONSUM (FEBRER) .....	54
FIGURA 5.2.11 PROPOSTA MODEL TÈRMIC .....	55
FIGURA 5.2.12 MODEL TÈRMIC.....	56
FIGURA 5.3.1 MODEL OE ORDRE 20 TÈRMIC.....	58
FIGURA 5.3.2 MODEL OE ORDRE 3 TÈRMIC.....	59
FIGURA 5.3.3 PREDICCIÓ 10 HORES ARX ORDRE 20.....	61
FIGURA 5.3.4 PREDICCIÓ 5 HORES ARX ORDRE 20.....	62
FIGURA 5.3.5 PREDICCIÓ 2 HORES ARX ORDRE 20.....	62
FIGURA 5.3.6 PREDICCIÓ 1 HORA ARX ORDRE 20.....	63
FIGURA 5.3.7 PREDICCIÓ 10 HORES ARX ORDRE 3.....	64
FIGURA 5.3.8 PREDICCIÓ 5 HORES ARX ORDRE 3.....	65
FIGURA 5.3.9 PREDICCIÓ 2 HORES ARX ORDRE 3.....	66
FIGURA 5.3.10 PREDICCIÓ 1 HORA ARX ORDRE 3.....	66





# PART I. INTRODUCCIÓ I OBJECTIUS

## 1 Introducció

### 1.1 Consum energètic

La situació econòmica actual del país, i del món en general, no permet tenir luxes a la hora de consumir. Un dels majors consums presents a la vida quotidiana actual és el consum elèctric, ja sigui donat per lluminària o per consum de gas. Aquest consum de kiloWatts, malauradament necessari, és present a tota vivenda i, per tant, també a tot edifici com pot ser una Universitat.

El projecte es centrarà purament en el consum de dos edificis de la UPC de Terrassa. Com es pot comprendre el consum energètic d'una Universitat serà molt major que el d'una vivenda on només viurà com a màxim una o dues famílies. Un edifici d'aquestes dimensions compta amb milers de persones que l'utilitzen i aporten un consum important a la factura elèctrica, ja sigui alumnat, professorat, direcció o manteniment. Cada aula, despatx o zona que s'utilitzi tindrà un consum ja sigui amb la il·luminació, ordinadors, projectors, climatització, etcètera. Aquest consum multiplicat pel nombre d'espais, tenint en compte la quantitat d'alumnes matriculats i sense oblidar la il·luminació i manteniment de passadissos, arriba a una conclusió. Efectivament, el consum es dispara.

Però el problema més greu no es troba en aquests consums que són necessaris. Malgrat que s'està consumint i pagant aquesta energia, s'està utilitzant. Per tant lo màxim que es pot fer és intentar reduir aquest consum profitós sense que perdi la seva eficàcia, volem eficiència. Més endavant es tractaran algunes propostes de millora. El problema més greu es troba en l'energia consumida però no aprofitada. Aquesta energia present a la factura que no té cap utilitat és l'anomenat **consum de fons**.

## 1.2 Consum de fons

El consum de fons és aquella energia que sempre està present, energia que no està aprofitada i que està sumant kiloWatts a la factura elèctrica. Per exemple, només el fet de tenir un aparell connectat a la xarxa elèctrica consumeix certa energia encara que no s'estigui utilitzant. Per exemple: un sol ordinador connectat a la xarxa i **apagat** consumeix aproximadament uns 4 Watts l'hora, comptant amb torre i pantalla.

Si es fa un càlcul aproximat d'aquest consum, per exemple en un any, s'obté el següent: Un ordinador a 4 Watts per hora consumeix  **$4W \cdot 24hs \cdot 365 \text{ dies} = 35040 \text{ Watts/any}$** .

Comptant amb la quantitat d'ordinadors que hi ha a un edifici universitari, en aules i despatxos, una barbaritat de kiloWatts estan desaprofitats només per tenir aquests equip connectats a la xarxa encara que no estiguin encesos. El mateix passarà amb televisions, projectors, DVDs, altaveus, etcètera.

Es pot arribar a la conclusió de que aquest és el problema més greu. Aquest projecte es centrarà també en detectar quin és el consum de fons dels edificis estudiats i com es podria solucionar el problema intentant reduir el màxim possible el consum de fons.

Dintre el consum de fons també es pot trobar la presència de la potència tèrmica, no tan sols elèctrica. Els edificis de la UPC compten amb un gran nombre de radiadors que han de rebre calor des d'una caldera, la qual requereix potència tèrmica per generar aquest calor.

Fàcilment es pot trobar la situació de tenir un aula buida on la calefacció es trobi engegada. És necessari això? Depèn, pot ser hi haurà classe la hora següent llavors s'ha de mantenir l'ambient amb la temperatura adequada. La pregunta clau en aquesta part es la de: **Quan s'ha d'engegar la caldera?**

Quan arriba la nit o el cap de setmana s'ha de decidir la hora a la que s'engegarà la caldera per mantenir la temperatura adequada a primera hora del dia següent. Pot ser es pot estalviar energia si s'espera una hora més per fer aquesta acció. Es farà un estudi segons la ocupació de l'edifici i la temperatura exterior del mateix per poder arribar a alguna conclusió per poder reduir el consum tèrmic.

### 1.3 Què és un POE?

Aquest projecte és bàsicament un POE. Un POE és un Projecte d'Optimització Energètica. Com diu el seu nom busca optimitzar l'ús de l'energia utilitzada allà on es faci l'estudi. El procediment per poder dur a terme una tasca així és senzill però laboriós. Principalment consta de dues parts, dites a grosso modo: buscar els consums i intentar reduir-los.

Com s'ha dit és laboriós per senzill que sembli. Tan sols per trobar la font de consums s'ha de fer un gran treball de camp. Aquest treball de camp consisteix en analitzar tots els consums que hi ha en l'edifici, en totes les aules despatxos i passadissos. D'aquesta manera també es pot observar, a mesura que es passeja per l'edifici, si hi ha algun aparell innecessari consumint, com podrien ser fluorescents engegats en una zona il·luminada per llum natural.

L'objectiu d'un POE és el de intentar reduir el consum energètic respecte anys anteriors. Aquesta premissa es pot facilitar de diverses maneres. Primerament, i la més efectiva, seria eliminar consums innecessaris, com l'anomenat consum de fons, en la màxima mida possible. Un altra part important, però més difícil, seria conscienciar al personal que utilitza les diverses zones de l'espai per fer un ús més racionalitzat de l'energia. Es pot trobar fàcilment la situació de tenir una aula amb tres alumnes i un professor i tenir una utilització de tots els fluorescents disponibles, quan només amb una zona il·luminada d'aquesta bastaria.

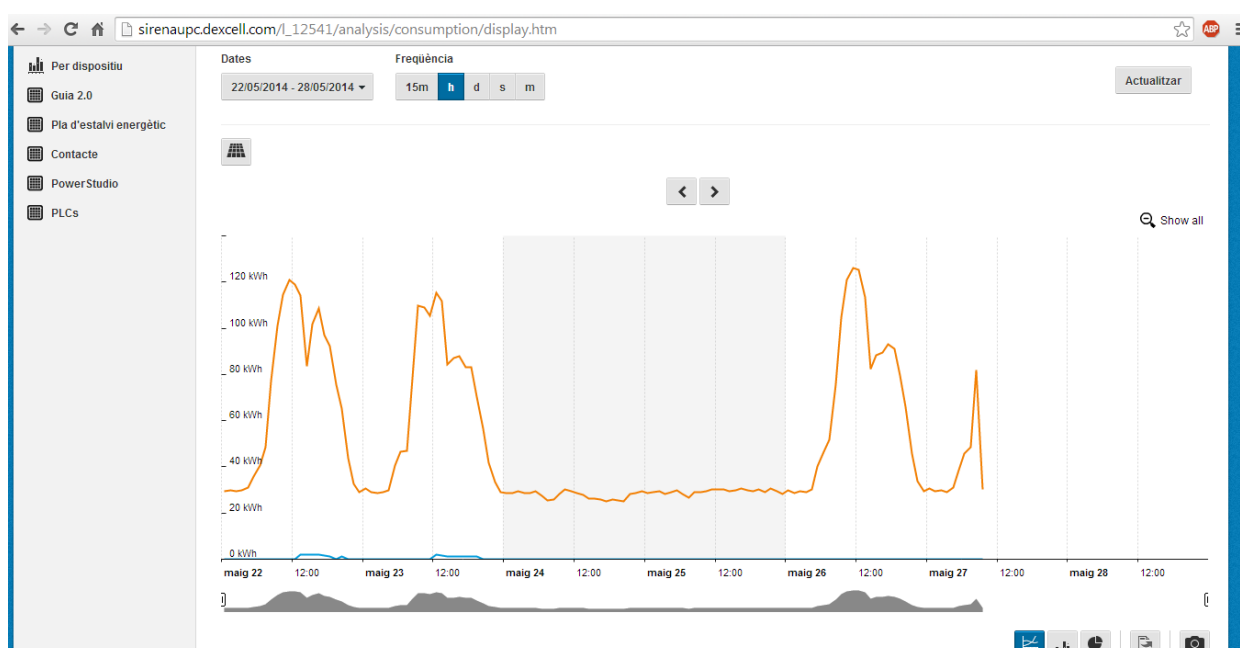
El POE també intenta obtenir un model matemàtic capaç de predir el consum energètic d'escenaris futurs gràcies a dades facilitades de escenaris anteriors amb l'ajuda de **SIRENA** i el treball de camp, més l'ajuda addicional d'altres dades que es detallaran més endavant.

D'aquesta manera es facilitarà la simulació del consum de l'energia segons les diferents variables que introduïm al model per poder aplicar amb més precisió i fiabilitat diferents millores proposades per fer més eficient la utilització d'aquesta energia.

### 1.3.1 Sirena

Sirena és un software on-line on es pot consultar amb una precisió màxima de 15 minuts el consum elèctric, de gas i d'aigua de qualsevol edifici de la UPC. Té emmagatzemades dades des de 2010 fins al dia d'avui.

És capaç de generar comparadors i gràfics amb les seves mesures en el període de temps desitjat entre qualsevol de les dades desitjades. Aquestes dades es poden descarregar fàcilment en un fitxer Excel amb el qual es podrà treballar millor el treball de camp i el model esmentat abans podent fer comparatives amb dades reals del consum en cada moment.



**Figura 1.3.1 Exemple dades Sirena**

Exemple de dades de consum elèctric d'una setmana específica seleccionada amb una precisió d'una hora:

També consta d'una finestra amb un tauler de dades generals:

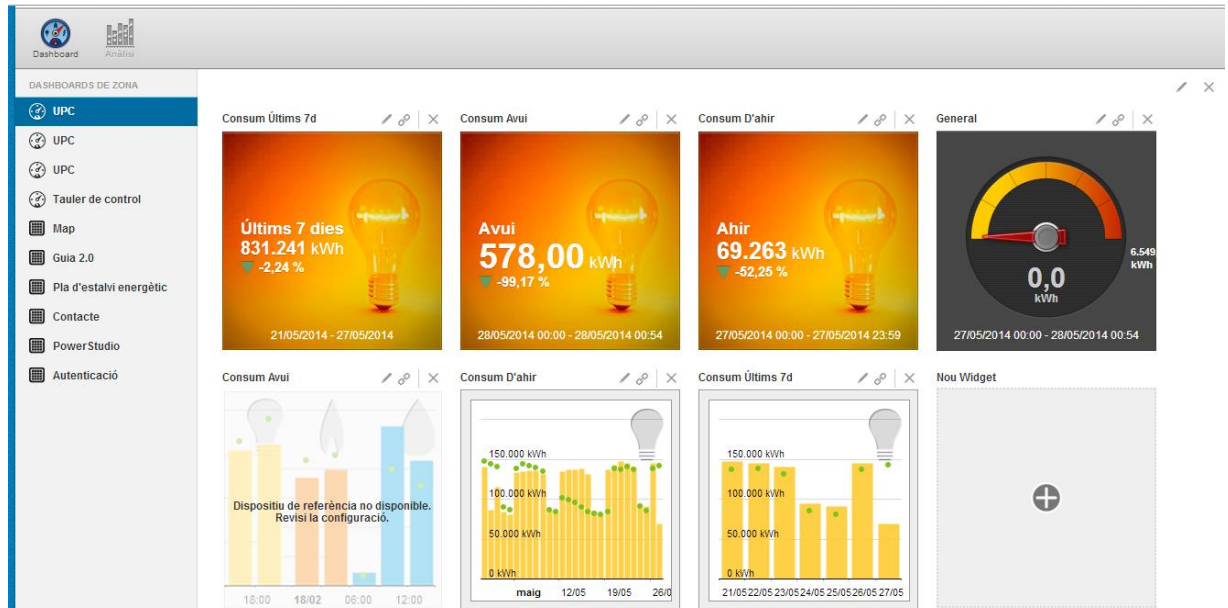


Figura 1.3.2 Panell general Sirena

### 1.3.2 Edificis a estudiar

Aquest projecte es basarà en fer l'estudi de dos edificis de la UPC de Terrassa, TR2 i TR3, tots dos pertanyents a l'edifici principal de la Universitat.



Figura 1.3.3 Edifici principal UPC

El primer edifici, TR2, amb 2.939,66 m<sup>2</sup>, compta amb diversos laboratoris bàsicament d'electrònica i diferents aules d'informàtica. No compta pràcticament amb cap aula simple, sense ordinadors ni aparells electrònics com poden ser oscil·loscopis,

generadors de senyals o fonts d'alimentació. Per altra banda compta amb un gran nombre de despatxos de diferents mides i consums. També compta el consum d'una il·luminació exterior present durant part de la tarda i tota la nit.

El segon edifici, TR3, amb 2.573,40 m<sup>2</sup> i pertanyent a la branca tèxtil i química, és més complex ja que compta amb molta maquinària tèxtil que no té un període d'utilització fixe, el qual complicarà la presa de dades i l'elaboració d'una correcta predicció de la utilització d'energia. També compta amb diversos laboratoris de química on tampoc hi ha un període fixe d'utilització de les màquines i eines amb consum elèctric. Per altra banda té una més escassa, però present, presència de despatxos de professorat.

Cal mencionar que juntament amb aquest projecte s'estan executant paral·lelament dos projectes similars però amb altres edificis de la UPC com a objectiu.

Per una part el més proper és el treball de l'edifici TR1 també pertanyent a l'edifici principal de la UPC de Terrassa. Per altra banda s'està estudiant l'edifici d'òptica, TR8, a una distància aproximada de 600 metres respecte l'edifici principal.

### 1.3.3 Antics POE

La idea de fer un treball d'aquest tipus no és una novetat. Anterior als tres projectes actuals esmentats existeixen diversos projectes de similars característiques ja efectuats i alguns d'ells, per no dir tots, amb bons resultats. Aquests projectes no només son de la UPC de Terrassa, sinó d'altres moltes ciutats com poden ser Sant Cugat, Barcelona, Castelldefels, Manresa, etcètera. Per tant no només és un projecte local sinó que es un projecte efectuat globalment a la UPC.

## 2 Objectius

### 2.1 Què es vol aconseguir?

L'objectiu sembla clar. Es vol trobar les fonts de consum dels diferents edificis estudiats per arribar a descobrir on estan els consums més significatius i on estan els consums innecessaris per tant de reduir un consum general de forma que no deixi de ser eficaç.

Aquests objectius es poden desglossar en dos tipus d'objectius diferents. Els objectius del PFG, important sobretot per l'alumnat que treballa sobre aquest i per altra banda els objectius de la UPC com a global.

### 2.2 Objectius PFG

Dintre dels objectius del PFG es troba el procediment que es durà a terme i els resultats que s'esperen aconseguir finalitzada l'execució.

En definitiva els objectius del projecte en sí seran:

- Aconseguir definir un registre d'inventari on es vegin reflectits tots els consums presents depenent de l'aula, despatx o laboratori i detallant també l'aparell que genera aquest consum.

- A través d'aquest registre d'inventari s'haurà de poder reflectir en una taula o gràfic els consums d'un dia o setmana tipus per després poder comparar-ho amb dades reals. Dintre aquest apartat entrarà la dependència dels horaris de classes i d'atenció de despatxos, sense oblidar els consums dels passadissos.

- Detectar la provenença del consum de fons que es trobi i donar indicacions per reduir-lo suprimint consums innecessaris o amb diferents estratègies.

- Finalment a través de les dades aconseguides s'haurà d'elaborar un model matemàtic capaç de predir el consum energètic en escenaris futurs, tenint com a entrades les dades ja obtingudes d'escenaris anteriors i el treball de camp.

-Per altra banda, fora del consum elèctric es trobarà el consum tèrmic. S'haurà de definir un altre model i trobar una dependència del consum tèrmic de les calderes front a l'entrada de la ocupació dels edificis i la temperatura exterior, ja que evidentment la caldera no s'engegarà igual un mes d'estiu que un més d'hivern.

### 2.3 Objectius UPC

Els objectius que té la UPC com a global depenen dels objectius del PFG. Si aquests s'aconsegueixen la UPC tindrà com a objectiu utilitzar tota la informació aconseguida al punt anterior per a poder arribar a una reducció de gastos energètics.

La UPC té com a objectiu principal acomplir els objectius del Pla de viabilitat econòmica, el qual consisteix en reduir en un 25% el consum energètic de l'any actual respecte el 2010.

Per altra banda s'intentarà conscienciar a tots els usuaris de la UPC de la importància de l'estalvi energètic de cara al futur. Així també com poder controlar les variables que afecten al consum d'energia i també intentar reduir el màxim possible consums innecessaris.

Per la part tèrmica l'objectiu de la UPC és el de respondre a la pregunta anterior. Quan s'ha d'engegar la caldera? Amb la finalitat de reduir gastos podent reduir la utilització de la calefacció.

Altres possibles problemes amb la calefacció es que hi pugui haver excés de potència tèrmica consumida en algunes zones, per exemple aules petites amb sobrecàrrega de radiadors.



## PART II. METODOLOGIA

Abans de passar a explicar la metodologia s'ha de fer un aclariment. Totes les proves s'han efectuat amb l'edifici TR2, mostrant també resultats. Pel que fa l'edifici TR3 es mostraran només resultats, els quals han estat trobats seguint la mateixa metodologia.

### 3 Metodologia

La metodologia a seguir es dividirà en dues parts. Per una banda estarà la part elèctrica, on s'estudiarà espai per espai la potència elèctrica que es pot arribar a consumir segons els aparells elèctrics o electrònics que hi hagi en el mateix. Aquestes dades s'emmagatzemaran en una taula Excel per poder consultar amb més facilitat a l'hora de treballar-les.

Amb l'ajuda d'aquestes dades i de les dades proporcionades del software Sirena, s'elaborarà un model matemàtic capaç de predir el consum elèctric en una setmana tipus que es podrà extrapolar a altres setmanes depenent de la ocupació de l'edifici. Les dades d'ocupació dels edificis han estat lliurades pel departament de secretaria on tenen emmagatzemat tot aquest historial.

Posteriorment al model elèctric es passarà a la part tèrmica. També s'elaborarà un model capaç de predir el consum tèrmic a partir de dades d'entrada com poden ser la temperatura exterior i la ocupació de l'edifici.

Dins la metodologia es poden diferenciar dos grans punts, el treball de camp i l'elaboració de model matemàtic.

#### 3.1 Treball de camp

El treball de camp, tant a la part elèctrica com tèrmica, consisteix en la observació i presa de dades sobre cada espai de l'edifici, prenent nota de tot aparell que afecti al consum energètic. Per exemple, per a la part elèctrica es determinarà tot tipus d'aparell connectat a la xarxa que tingui un consum

elèctric que pugui modificar la corba de consum, com pot ser un ordinador, un oscil·loscopi, una font d'alimentació o simplement els fluorescents. Per la part tèrmica es prendrà dades sobre els diferents radiadors que hi ha instal·lats juntament amb les seves característiques, les quals poden ser número de radiadors per espai, mida i costelles dels mateixos.

A partir d'aquestes dades es generarà un arxiu Excel on figuraran totes les dades de totes les aules, despatxos, laboratoris i passadissos dels edificis a estudiar.

Per altra banda és important també tenir informació sobre l'ocupació de l'edifici en tot moment. Per tal de tenir aquestes dades, secretaria ha facilitat informació sobre els horaris de totes les aules i el número d'alumnes matriculats a cada assignatura. D'aquesta manera i fent uns petits càlculs entre aquestes dades es pot arribar a saber l'ocupació per part de l'alumnat que hi haurà en l'edifici a tot moment.

Per saber l'ocupació de despatxos la situació és diferent, no hi ha horaris marcats. Per tant s'ha procedit a dissenyar una enquesta per Internet on cada professor podria posar l'horari aproximat d'ocupació del seu despatx. Els resultats de les enquestes per via web no va tenir èxit, ja que la gran majoria del professorat no va contestar, per raons desconegudes. Llavors es va decidir fer enquestes personalment, passant per cada despatx i parlar amb cada professor per que omplís l'enquesta. Finalment es va aconseguir una bona aproximació sobre la utilització dels despatxos en tota hora.

Amb l'ajuda d'aquest treball de camp es determinaran unes corbes de comportament energètic que es podran comparar amb les dades reals de consum extretes de Sirena. Posteriorment es definirà si amb les dades preses seria apropiat fer un model matemàtic que simuli o bé predigui la sortida d'un sistema a partir d'introduir dades del treball de camp.

## 3.2 Model matemàtic

Amb l'obtenció de les diferents dades, tant extretes del treball de camp com de les eines informàtiques que es disposen, es procedirà a dissenyar un model

matemàtic capaç de simular o predir la sortida del sistema a dissenyar segons les dades introduïdes com a entrada.

En concret es dissenyaran dos estructures de models. Els models Output error (OE) i els models Auto-Regresius de variable eXògena (ARX), tots dos models lineals invariants en el temps (LTI).

El que es pretén en aquest apartat és explicar el funcionament intern que farà Matlab a l'hora de dissenyar el model i escollir els diferents paràmetres de cadascun.

En primer lloc s'ha parlat dels models d'estructura OE.

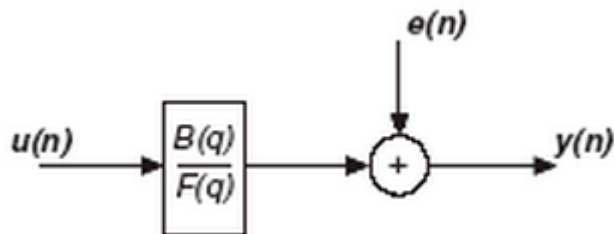


Figura 3.2.1 Estructura model Output error

Aquest tipus de sistema és de simulació pura, és a dir, no depèn de la informació real del moment que es vol predir per simular la sortida. S'utilitza per a la simulació de la sortida en un instant a partir de les entrades actual i d'escenaris passats i les entrades actual i anteriors **simulades**, no reals mesurades.

$B(q)$  i  $F(q)$  són els diferents paràmetres que definiran el comportament del model.

La seva equació en diferències ve definida per

$$y(k) = b_0 u(k) + b_1 u(k-1) + b_2 u(k-2) + \dots - f_1 \hat{y}(k-1) - f_2 \hat{y}(k-2)$$

on  $\hat{y}(k)$  indica la predicció sobre  $y(k)$  en un instant  $k$  determinat. Com es pot observar la funció que tenen els paràmetres B i F és la de multiplicar per algun valor els valors d'entrades i sortides en diferents instants  $k$ . La determinació sobre quants valors d'escenaris passats es voldran prendre per actuar sobre la

sortida vindrà definit per l'ordre del model. A més gran sigui l'ordre del model, més valors passats es tindran en compte a l'hora de simular la sortida i per tant els polinomis B i F seran més grans.

Un model d'ordre 20 tindrà polinomis B i F de 20 components i prendrà com a dades 20 escenaris passats. Sembla lògic que un model d'ordre més alt donarà millors resultats que un de menor grau. Aquesta afirmació no és correcta, ja que implantar un model d'un ordre més alt és més difícil i més laboriós. Es podria dir que el bon resultat que pot donar un model d'ordre elevat es penalitzat per la complexitat del mateix. També es pot donar el cas que un model d'ordre més baix tingui millors resultats.

Per tal de determinar aquesta penalització existeix l'anomenat índex d'Akaike. Aquest índex no té unitats i no està restringit el seu valor. Per tal d'escollir entre dos models és una bona opció consultar el seu índex d'Akaike, donat pel Final Prediction Error (FPE). Aquell que tingui un FPE inferior serà possiblement el més apropiat a escollir. Si dos models tenen una sortida amb una similar fiabilitat però son d'ordres diferents, el model d'ordre més alt tindrà un FPE superior, ja que estarà penalitzat pel seu ordre.

És important afegir sobre el FPE que el bon resultat no depèn de la **magnitud**, sinó de la **diferència**. Serà menys penalitzat un model amb un FPE millor, independentment de la magnitud d'aquest.

Finalment, per tal de determinar la fiabilitat o similitud entre diferents vectors, com poden ser les sortides del model dissenyat i la sortida real, s'efectuarà un anàlisi de la correlació mitjançant el **Coefficient de Pearson**. Aquest coeficient ve definit per:

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

**Equació 1 Coeficient de Pearson**

Aquest valor tindrà un valor entre -1 i 1. Determinarà per quantificar en quina mesura es troben linealment relacionats dos vectors de la mateixa longitud. El

valor positiu 1 determinarà una perfecta correlació positiva, mentre que un valor negatiu 1 determinarà una perfecta correlació negativa.

Per altra banda es trobarà els models d'estructura ARX

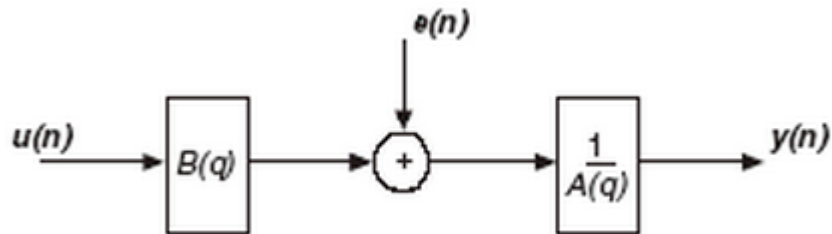


Figura 3.2.2 Estructura model ARX

Aquest tipus de sistema és de predicció. S'utilitza per predir la sortida en un instant a partir de les entrades actual i d'escenaris passats i les entrades actual i anteriors **reals**.

$B(q)$  i  $A(q)$  són els diferents paràmetres que definiran el comportament del model.

La seva equació en diferències ve definida per

$$\hat{y}(k) = b_0 u(k) + b_1 u(k-1) + b_2 u(k-2) + \dots - a_1 y(k-1) - a_2 y(k-2)$$

on  $\hat{y}(k)$  indica la predicció sobre  $y(k)$  en un instant  $k$  determinat.

En aquest model el paràmetres a definir són B i A, amb la mateixa funció que els paràmetres del Output error. També són vàlides les definicions de l'índex d'Akaike i coeficient de Pearson per a aquesta estructura de model, s'utilitzaran de la mateixa manera



## 4 Consum elèctric

### 4.1 Treball de camp

El treball de camp en aquesta part consisteix en definir tot aparell connectat a la xarxa elèctrica que pugui tenir un consum que afecti a la factura elèctrica de la UPC. Per tal de dur-lo a terme s'ha hagut de fer una ronda per tot l'edifici desitjat entrant a cada espai per detectar cada aparell que pugui consumir. Aquests espais poden ser tant aules, despatxos, laboratoris, magatzems, sales de reunions, aules de recerca, seminaris, etcètera. A més d'aquests també trobem els passadissos i les zones exteriors.

S'ha de comptar que totes aquestes zones han de tenir un sistema d'il·luminació com son els fluorescents. Podem trobar fluorescents des de 12, 18, 26, 36 fins a 58 Watts de potència. Un espai gran comptarà amb més il·luminació que un de petit. Aquest detall és important perquè seria interessant que les zones més amples puguin tenir la seva il·luminació dividida per zones, ja que si l'espai no és utilitzat en tota la seva àrea no s'hagi d'utilitzar tota la lluminària de la que disposa aquesta. En canvi un espai petit és més normal que només compti amb una única posició dels llums.

Els laboratoris son un punt de consum molt fort ja que disposen d'aparells electrònics com oscil·loscopis, generadors de senyals i/o fonts d'alimentació. A més solen comptar amb un projector i una considerable quantitat d'ordinadors per als alumnes que han de fer pràctiques amb programes informàtics.

Per altra banda, les aules solen comptar amb un projector i l'ordinador que utilitzarà el professorat per fer la classe. Llavors les aules son menys perjudicials a l'hora de sumar Watts a la factura elèctrica.

Als despatxos és habitual trobar un o dos ordinadors acompanyats per alguna impressora i/o scanner.

Sales de reunions, magatzems, aules de recerca i seminaris son menys freqüentats però encara poden tenir un considerable consum de fons que es podria evitar.

TR2																	
Planta 0					Planta 1					Planta 2							
Ud	Objecte	Comentari	P màx (W)	F.U.	P fons (W)	Ud	Objecte	Comentari	P màx (W)	F.U.	P fons (W)	Ud	Objecte	Comentari	P màx (W)	F.U.	P fons (W)
001 Laboratori automatització					Armari manteniment					244 Despatx							
18	Fluorescent		58	1	0	1	Fluorescent		18	1	0	8	Fluorescent		36	1	0
2	Llum emergència		3	1	3	1	Llum emergència		3	1	3	2	Torre PC		300	0,15	3,5
10	Torre PC		300	0,3	0	Lux: 93					2	Pantalla PC		280	0,12	0,4	
10	Pantalla PC		280	0,25	0	TOTAL					21			3			
Cool					Vestuari neteja					1							
2	Climatitzador		2800		0	Lux: 1530					243 Despatx						
	Hot		5520		0	3	Fluorescent		36	1	0	TOTAL					
	TSX PSY2600		26		0	1	Fluorescent		18	1	0	445,2					
	TSX PSY1634		12		0	1	Llum emergència		3	1	3	7,8					
	ETY PORT		12		0	1	Escalfador		2500	0,5	30	243 Despatx					
	TSX DEY16D2		12	0,5	0	Lux: 247/271					243 Despatx						
	TSX DSY16T2		12		0	TOTAL					1379		33				
	TSX AEY800		12		0	126 Despatx					243 Despatx						
	TSX ASY410		12,2		0	8	Fluorescent		58	1	0	8	Fluorescent		36	1	0
1	Relé programable	SR2 B1218D		0,01	0	1	Llum emergència		3	1	3	1	Torre PC		300	0,01	3,5
1	Projector		270	0,01	0	Lux: 1160					1	Pantalla PC		280	0,01	0,4	
1	Interface P supply	ASI ABLM3024	72	0,01	0	1	Climatitzador		Cool	2800	0	1	Portàtil		70	0,7	0
									Hot	5520	0	2	Impresora	Poc us	30	0,01	6
Lux: 1160																	

Figura 4.1.1 Treball de camp Excel

En aquesta imatge es pot veure un avanç de com està elaborat l'Excel.

Ampliant una zona de la imatge es podrà veure amb més detall.

Planta 2					
Ud	Objecte	Comentari	P màx (W)	F.U.	P fons (W)
243 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	0
1	Torre PC		300	0,01	3,5
1	Pantalla PC		280	0,01	0,4
1	Portàtil		70	0,7	0
1	Climatitzador	Cool	2800		0
		Hot	5520		0
2	Impresora	Poc us	30	0,01	6
Lux: 1160					
TOTAL			343,4		15,9
242 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	
1	Llum taula		60	0	6
1	Portàtil	20hs/setmana	70	0,7	

Figura 4.1.2 Despatx treball de camp

La estructura consta de tres columnes on s'han col·locat les tres plantes de l'edifici. Dintre de cada columna trobem els diferents espais marcats en color verd, amb el seu nom i número d'espai.

De cada espai es detallen tots els aparells que tindran un consum elèctric. Com es pot observar entren els fluorescents, impressores, ordinadors, projectors, etcètera, dels quals es defineix: Les unitats, el nom, un comentari (si cal), la



potència màxima que pot donar l'aparell en qüestió, un factor d'utilització que pot variar segons l'aparell sigui molt utilitzat o poc utilitzat en hores de classe, i finalment de la potència de fons que pot tenir aquest aparell connectat a la xarxa.

Una vegada omplerta la taula de cada aula es fa un sumatori de totes les potències multiplicades pel número d'objectes que hi ha. Per exemple, en aquest cas hi ha 8 fluorescents de 36 Watts cadascun. A la part vermella de sota, on hi ha els totals trobarem que aquests fluorescents sumen **8unitats\*36Watts\*1(factor utilització) = 288 Watts** a la potència màxima de l'aula. Per altre part sumaran **8unitats\*0 Watts de fons = 0 Watts** al total de la potència de fons de l'espai.

Aquesta operació es fa per cada aparell que hi hagi a la llista de cada espai definit i es treu un total de Watts de potència que definiran la potència que te aquest espai **quan s'està utilitzant** i **quan no s'està utilitzant**.

Aquest despatx es troba amb 343,4 Watts quan l'espai està utilitzat i amb 15,9 Watts quan no s'està utilitzant. Aquests 15,9 Watts es poden considerar consum de fons, ja que encara que no estigui l'espai en utilització consumeix una potència.

Crida l'atenció que hi hagi aparells, com per exemple una torre d'ordinador més la seva pantalla, que tenen un consum de fons de aproximadament 4 Watts sense estar en funcionament, tan sols connectats a la xarxa elèctrica. Aquest motiu fa que, per exemple, aules d'informàtica o laboratoris, que tenen des de 10 a 21 ordinadors, tinguin un consum de fons de 90 Watts aproximadament, només comptants ordinadors.

017 Aula informàtica					
18	Fluorescent		28	1	0
2	Fluorescent		36	1	0
2	Llum emergència		3	1	3
21	Torre PC		300	0,3	3,5
21	Pantalla PC		280	0,25	0,4
2	Aire centralitzat				
1	Projector	EPSON 3LED	250	0,1	2
Lux: 340/440/250					
TOTAL			3967		89,9
50%			1983,5		

Figura 4.1.3 Aula treball de camp

En aquesta imatge hi ha un exemple d'una aula d'informàtica de la planta zero del TR2. El consum de fons d'aquesta és de 90 Watts comptant 21 ordinadors i un projector que també queda en standby i per tant té consum de fons.

Altres dades com els aires centralitzats de les aules i l'ascensor que disposa el TR2 estan localitzats a part.

Ascensor					
1	Ascensor		230	1	230
TOTAL			230		230
Aire centralitzat					
1	Aire centralitzat		483	1	483
TOTAL			483		483

Figura 4.1.4 Ascensor i aire centralitzat

L'ascensor té un consum de fons de 230 Watts i s'ha comptat com si mai s'utilitzés, ja que la freqüència amb la que és utilitzat és molt baixa i es impossible determinar-la. Cal afegir que quan està en funcionament consumeix 17595 Watts. És molt consum però no es pot determinar amb exactitud quan s'utilitza així que es deixa segur el consum de fons.

Per altra banda els aires centralitzats, presents a moltes aules, tenen un consum en global de 483 Watts encara que no siguin utilitzats. La explicació a la pregunta de perquè estan consumint si no s'utilitzen és que aquesta potència el que fa es mantenir els aires centralitzats preparats per quan s'hagin d'utilitzar. És com una nevera, si es vol tenir una beguda fresca a l'hora de consumir-la ha d'estar refrigerant-se a la nevera. El mateix passa amb els aires centralitzats, es mantenen preparats per quan s'hagin d'utilitzar.

Altre consum important és el de passadissos. Es poden trobar fluorescents que estan en funcionament les 24 hores del dia i és un gran consum. També s'ha de tenir en compte les fonts d'aigua que tenen un consum de fons aproximat de 13 Watts. Quan s'utilitzen poden arribar als 330 Watts de consum. Els 13 Watts de fons son pel mateix motiu d'abans, l'aigua s'ha de mantenir en temperatura. A més estan els lavabos que estan il·luminats i son freqüentats a lo llarg del dia. Per sort la majoria de lavabos dels edificis no tenen il·luminació permanent, sinó que funcionen amb sensors de presència o simplement amb interruptor.

La següent imatge mostra només el consum de passadissos d'una sola planta del TR2 durant el matí.

Passadissos					
3	Llum gran		150		0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Llum mitjana	Norm. Encesa	26	1	0
Lux:					
8	Fluorescent	2 encesos	58	0,25	0
2	Llum emergència		3	1	3
Lux:					
2	Fluorescent		58	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Llum mitjana		26	1	0
1	Llum gran		150	1	0
Lux:					
10	Fluorescent		58	0,33	0
3	Llum emergència		3	1	3
1	Font d'aigua		322	0,07	12,3
Lux:					
2	Fluorescent		58		0
1	Llum emergència		3	1	3
3	Llum mitjana		26		0
Lux:					
3	Llum emergència		3	1	3
8	Llum mitjana	1 encesa	26	0,13	0
Lux:					
TOTAL			706,94		12

Figura 4.1.5 Passadissos treball de camp

Com es pot veure només amb lluminària de passadissos d'**una sola planta** es troba un consum de **707 Watts cada hora**. Si es fa una suma dels consums només de passadissos del TR2 pel matí son **1700 Watts cada hora**. Si es compta que és des de 8:00h a 15:00h, en aquestes 7 hores hi ha un consum de **11900 Watts**, una barbaritat. Si es compta que hi ha il·luminació les 24 hores del dia en tot l'edifici es pot veure un gran consum només en passadissos.

## 4.2 Indicadors energètics

Els indicadors energètics son les corbes que descriuen la potència consumida a lo llarg de les hores. Gràcies a les dades trobades al treball de camp s'ha elaborat un nou arxiu Excel on es veu el consum per hores tots els dies de la

setmana. Fent una suma a cada hora de tots els espais en funcionament, els espais sense utilitzar, passadissos, aires centralitzats, lavabos i passadissos, s'ha arribat a muntar aquesta corba.

Es veurà més clar amb imatges de l'Excel en qüestió:

	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres
00:00-1:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164
1:00-2:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164
2:00-3:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164
3:00-4:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164
4:00-5:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164
5:00-6:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164
6:00-7:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164
7:00-8:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164
8:00-9:00	10146,072	12657,338	6921,496	10396,582	8461,5822
9:00-10:00	12118,612	14617,478	11279,396	12084,722	12743,102
10:00-11:00	17399,598	20725,374	12187,196	11889,812	13424,366
11:00-12:00	19320,326	21440,258	11369,524	13375,58	12630,734
12:00-13:00	13804,554	15574,72	15733,224	21305,076	14979,794
13:00-14:00	12793,264	15377,87	15733,224	21108,226	14534,464
14:00-15:00	10143,982	10128,282	10114,182	10109,282	10099,382
15:00-16:00	14262,258	10222,558	7187,298	20113,444	18384,658
16:00-17:00	14262,258	12026,718	8589,438	19686,084	18591,198
17:00-18:00	13152,552	11471,012	8906,372	21138,678	12770,292
18:00-19:00	15684,512	14918,732	7898,332	21183,078	13471,692
19:00-20:00	12744,162	13306,876	8587,136	10941,696	9498,056
20:00-21:00	12164,462	10804,936	8149,736	8416,836	8776,736
21:00-22:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164
22:00-23:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164
23:00-00:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164

Figura 4.2.1 Taula indicadors energètics

Això son els indicadors energètics de la setmana lectiva, de dilluns a divendres. A l'esquerra es pot veure les diferents hores i a la columna de cada dia la potència consumida cada hora. Dintre de cada quadre de potències hi ha la suma de les dades per hora del treball de camp. Per exemple, un dilluns de 12:00 a 13:00 conté el següent:

B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M
	3:00-4:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164					
	4:00-5:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164					
	5:00-6:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164					
	6:00-7:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164					
	7:00-8:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164					
	8:00-9:00	10146,0722	12657,3384	6921,496	10396,5822	8461,5822					
	9:00-10:00	12118,6122	14617,4784	11279,396	12084,7222	12743,1022					
	10:00-11:00	17399,5984	20725,3736	12187,196	11889,8122	13424,366					
	11:00-12:00	19320,3764	21440,2584	11369,524	13375,5802	12630,734					
	12:00-13:00	13804,554	15574,7202	15733,224	21305,0764	14979,794					
	13:00-14:00	12793,264	15377,8702	15733,224	21108,2264	14534,464					
	14:00-15:00	10143,982	10128,282	10114,182	10109,282	10099,382					
	15:00-16:00	14262,258	10222,558	7187,298	20113,4442	18384,6576					

**Figura 4.2.2 Cel·les indicadors energètics**

Totes les dades que apareixen a la part de dalt son sumes de diferents celes de la pestanya d'Excel de treball de camp. Consums d'espais en utilització i no utilització més passadissos, lavabos, etcètera. S'ha fet aquesta suma per cada dia a cada hora i s'ha aconseguit la taula mostrada anteriorment.

Cal afegir que per saber els horaris d'utilització de les aules, secretaria ha facilitat informació necessària com son horaris d'aules i alumnes matriculats. El nombre d'alumnes que hi ha a cada classe en utilització s'ha tingut en compte a l'hora de determinar el factor d'utilització dels diferents aparells i per tant d'una aula en general. Gràcies a aquesta informació s'ha pogut aproximar l'horari d'utilització de cada aula per plasmar-ho a la taula d'indicadors energètics.

Amb aquestes dades es pot fer una gràfica per veure amb més claredat els indicadors energètics de la setmana.

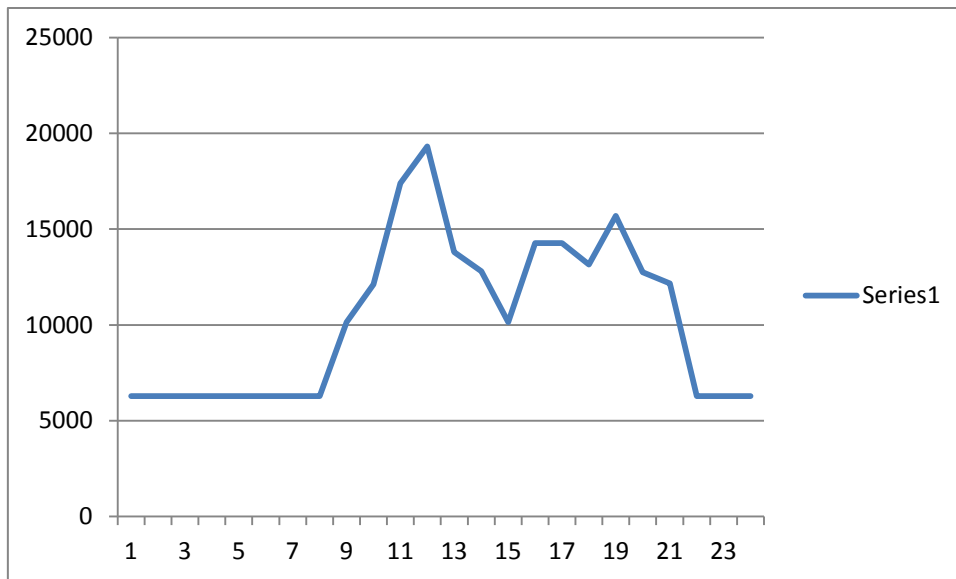


Figura 4.2.3 Corba elèctrica (dilluns)

El gràfic mostra la corba energètica d'un dilluns de 00:00h a 23:00h. Aquest és el consum, per hores que tindrà un dilluns segons els consums predits al treball de camp.

Per poder comprovar que el treball de camp s'aproxima o intenta explicar de manera correcta el comportament energètic del dia seleccionat, s'extrauran dades del comportament energètic **real** d'un dilluns dia lectiu. Aquestes dades seran facilitades pel software de supervisió Sirena de la UPC.

Seguidament, es mostrarà pas a pas com extreure dades de Sirena:

1. Entrar a la pàgina web:  
<http://sirenaupc.dexcell.com/dashboard/widgets.htm>
2. A la part superior s'haurà de seleccionar la ciutat on es troba l'edifici que es vol estudiar i seguidament l'edifici. En aquest cas es seleccionarà la UPC de 'Terrassa' i el grup d'edificis 'TR123'.



Figura 4.2.4 Exemple Sirena 1

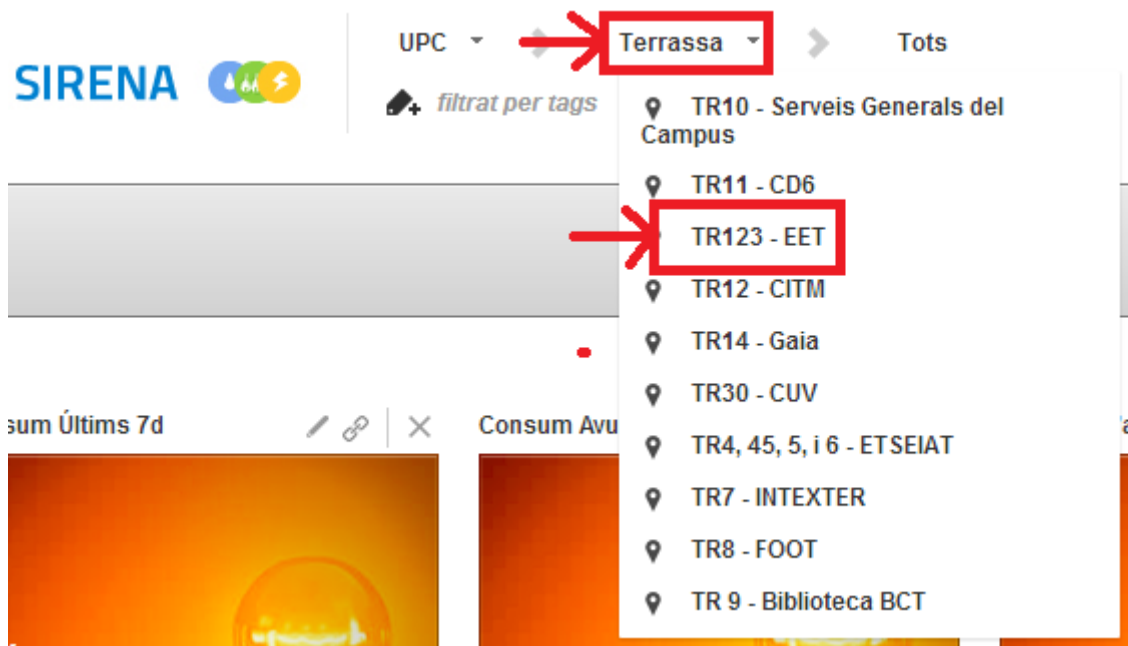


Figura 4.2.5 Exemple Sirena 2

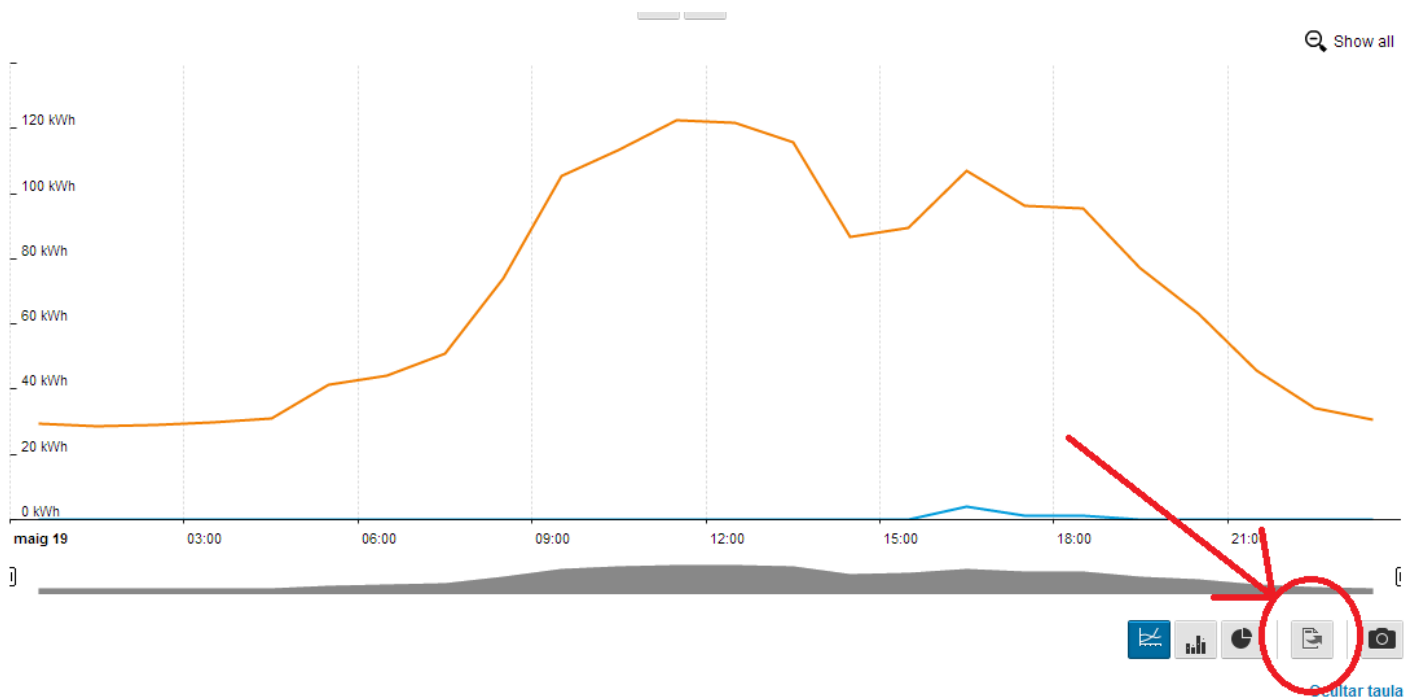
Una vegada seleccionats aquests apartats s'haurà d'entrar a l'apartat d'anàlisi per tal de trobar el consum energètic en un període determinat.



Figura 4.2.6 Exemple Sirena 3

Dintre aquests apartat ja està disponible per seleccionar consum elèctric, consum de gas o consum d'aigua. Després en l'apartat "Dispositius" es pot seleccionar concretament l'espai i el consum desitjat. Posteriorment a l'apartat "Dates" es pot seleccionar el període desitjat.

Per aquest exemple es seleccionarà el dilluns dia 19 de maig de 2014. Una vegada seleccionat el consum elèctric d'aquest dia i es mostri la corba, només caldrà exportar aquestes dades a un fitxer Excel, amb un simple botó:



**Figura 4.2.7 Exemple Sirena 4**

Una vegada es té la informació a Excel es pot representar en un gràfic i comparar amb la mostra del treball de camp.



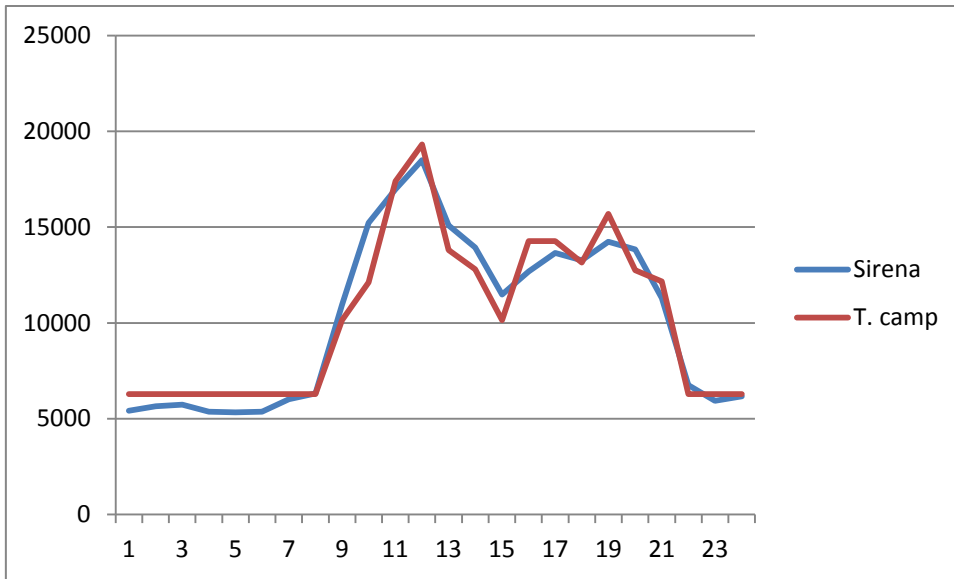
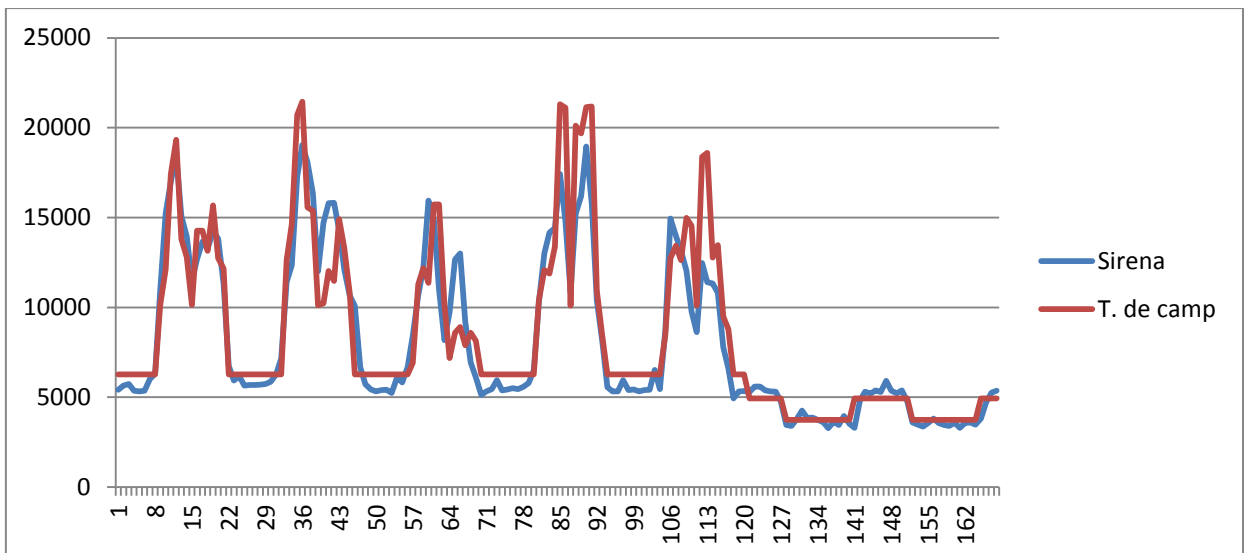


Figura 4.2.8 Comparativa treball de camp-Sirena (dilluns)

En vermell es mostra el comportament energètic d'un dilluns segons els indicadors energètics obtinguts a través del treball de camp i en color blau es mostra la corba de consum real extretes de Sirena. Es pot apreciar un bon ajust de les dades predites front les reals.

Si es mostra la comparativa de tota una setmana es pot observar que el treball de camp ajusta amb bastanta certesa tots els dies, inclosos els cap de setmana.

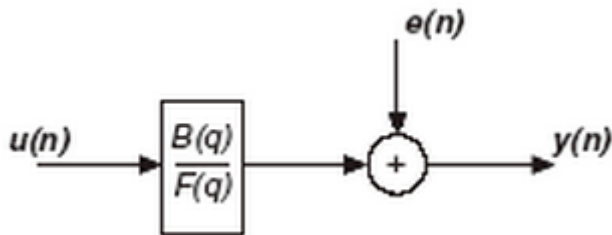


### 4.3 Model matemàtic

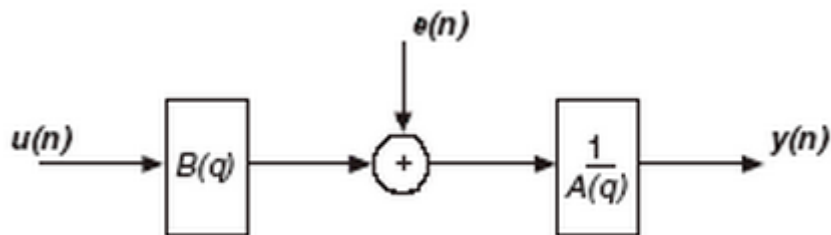
El primer model a generar serà un model LTI (Linear Time-Invariant), un sistema lineal i invariant en el temps.

Es prendran dues alternatives d'estructura a l'hora de generar el model, tal i com s'ha mencionat a la secció '3.2 Model matemàtic'.

**-Model OE (Output error):**



**-Model ARX (Auto-Regresius de variable eXògena):**



Primerament es farà un anàlisi de com la ocupació de l'edifici afecta al consum elèctric del mateix. Per fer aquest anàlisi s'utilitzaran dades com el percentatge d'ocupació de l'edifici i les dades reals de consum elèctric disposades per Sirena.

Per tal d'obtenir dades sobre l'ocupació dels edificis s'han utilitzat els fitxers facilitats per secretaria de l'edifici on figuren alumnes matriculats de totes les titulacions i horaris de les aules presents a l'edifici.

Suposant que la ocupació de l'edifici TR2 és nul·la cap de setmana i totes les nits s'extreuen els següents valors.

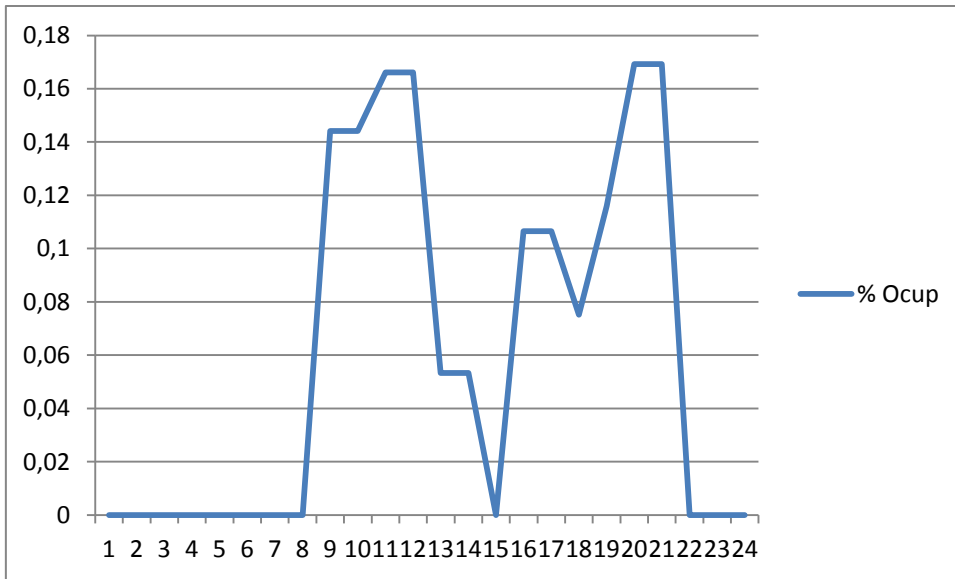


Figura 4.3.1 Ocupació dilluns

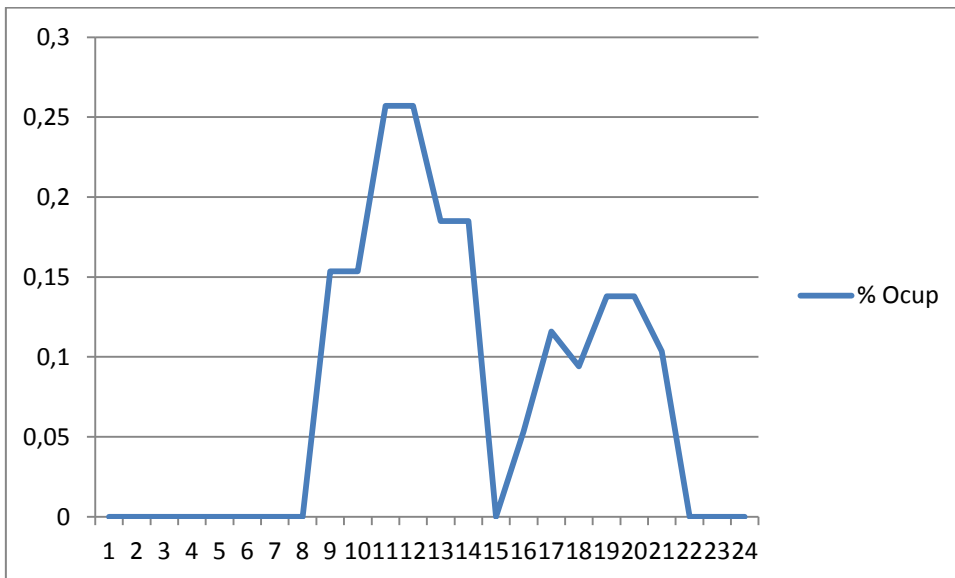


Figura 4.3.2 Ocupació dimarts

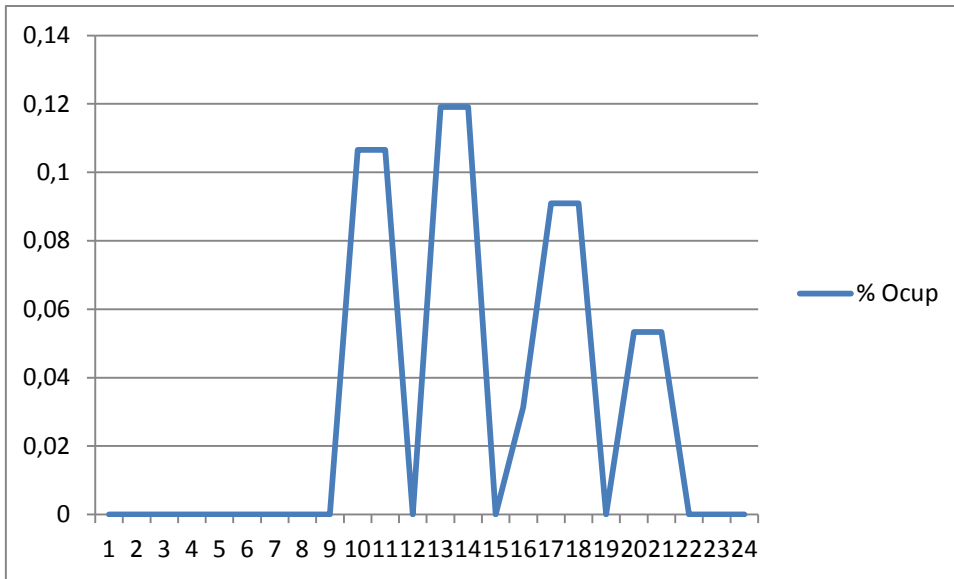


Figura 4.3.3 Ocupació dimecres

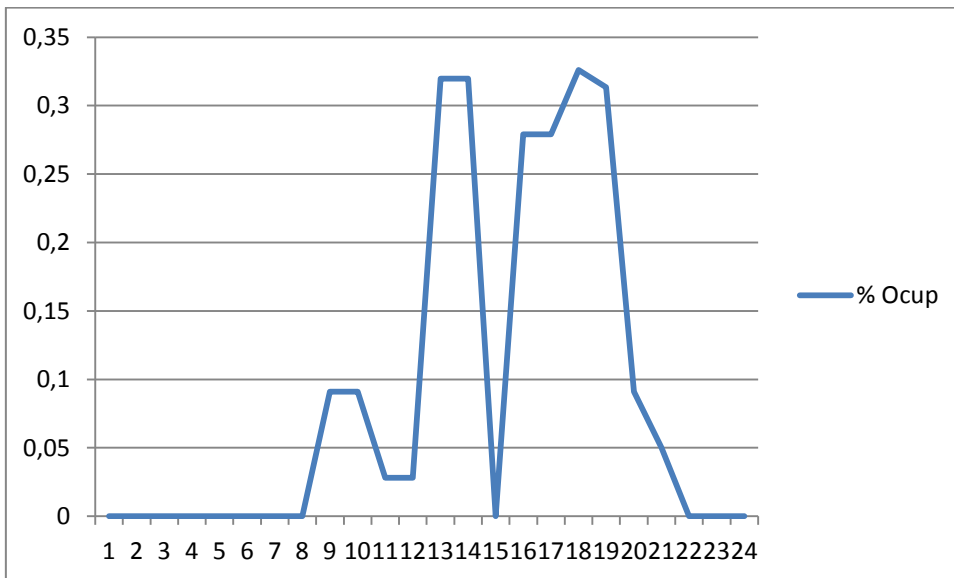


Figura 4.3.4 Ocupació dijous

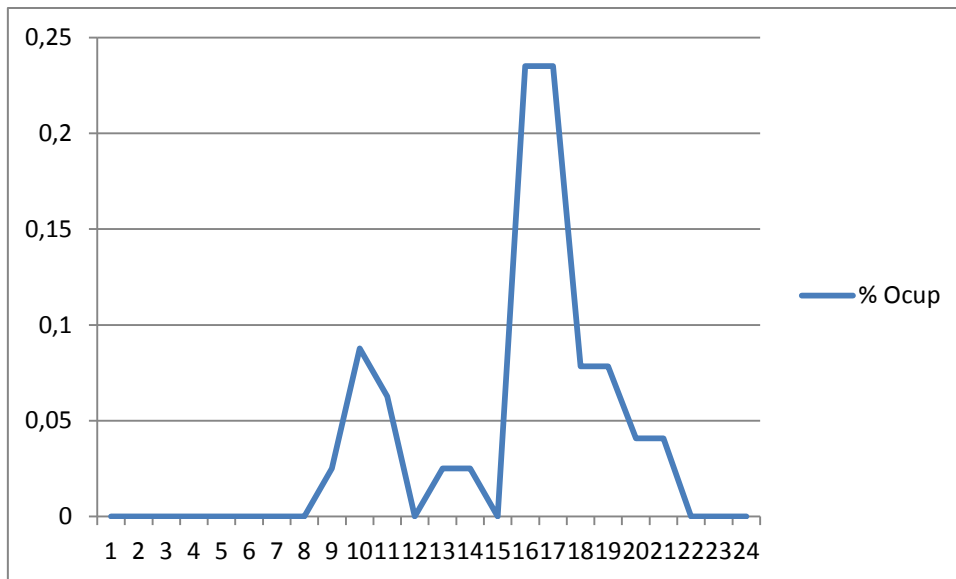


Figura 4.3.5 Ocupació divendres

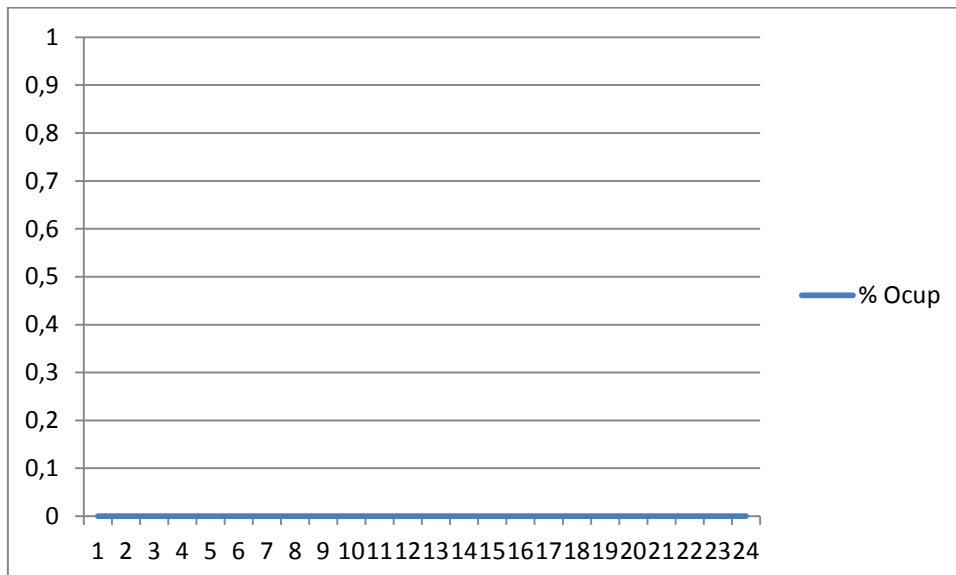


Figura 4.3.6 Ocupació cap de setmana

Donat que el cap de setmana no és gaire important a l'hora de fer un model que descriu el comportament energètic, ja que hi ha suposada absència de personal, es descartarà i s'utilitzaran únicament les dades d'entre setmana, de dilluns a divendres.

### 4.3.1 Estructura OE

En primer lloc es durà a terme un model de l'estructura Output error. Aquest tipus de model servirà per fer una simulació pura del consum elèctric segons l'entrada aplicada. En aquest cas aquesta entrada serà l'ocupació de l'edifici a estudiar. Les dades ja obtingudes d'ocupació i les dades de consum descarregades a un fitxer Excel a través de Sirena s'importaran a Matlab pel seu processat.

El primer pas per a la elaboració del model és decidir l'ordre del mateix. Es començarà amb un model d'ordre elevat per veure la resposta que té i després comprovar com un model d'ordre inferior pot satisfer de similar manera els resultats esperats.

```
%Llegir dades d'ocupació
```

```
entrada=dlmread('ocupacio_19a25.txt');
```

```
%Llegir dades elèctriques
```

```
sortida=dlmread('Dades_elec_19a25_5.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);
```

Primer es defineixen els vectors d'entrada i de sortida a través d'un fitxer d'extensió '.txt' amb la instrucció 'dlmread'. S'introduiran els valors d'entrada i sortida en una sola matriu per posteriorment realitzar el model amb les instruccions que disposa Matlab.

Si es calcula la correlació de Pearson entre els vectors d'entrada i sortida directament, s'obté un valor de  $R = 0,7844$ . Aquest valor determina que la relació entre la ocupació de l'edifici i el consum elèctric és alta. Per tant, és apropiat continuar amb el model. Si s'hagués trobat una correlació baixa entre ambdós vectors no seria de gaire utilitat trobar un model que relacioni ambdues variables.

Es fixarà en primer lloc un model d'ordre 20.

```
%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)
```

La instrucció 'oe' genera automàticament un model de l'ordre que es vol fixar segons la iddata (input-output signal) introduïda. En aquest cas la iddata està definida per la entrada ocupació i la sortida energètica. Per tal de definir l'ordre del model s'han de passar els diferents paràmetres del model: [nb nf nk].

Nb defineix l'ordre del polinomi B + 1 del sistema. Es definirà com 20.

Nf defineix l'ordre del polinomi F del sistema. Es definirà com 20.

Nk indica si hi ha retard pur en el sistema. En aquest cas no hi ha retard, ja que la sortida actual depèn de la ocupació que hi ha en cada moment, no de moments anteriors. Per tant el valor de nk serà 0.

El model s'emmagatzemarà en un objecte del tipus IDPOLY. Aquest tipus defineix un model, on guardarà els diferents paràmetres B i F i el soroll E.

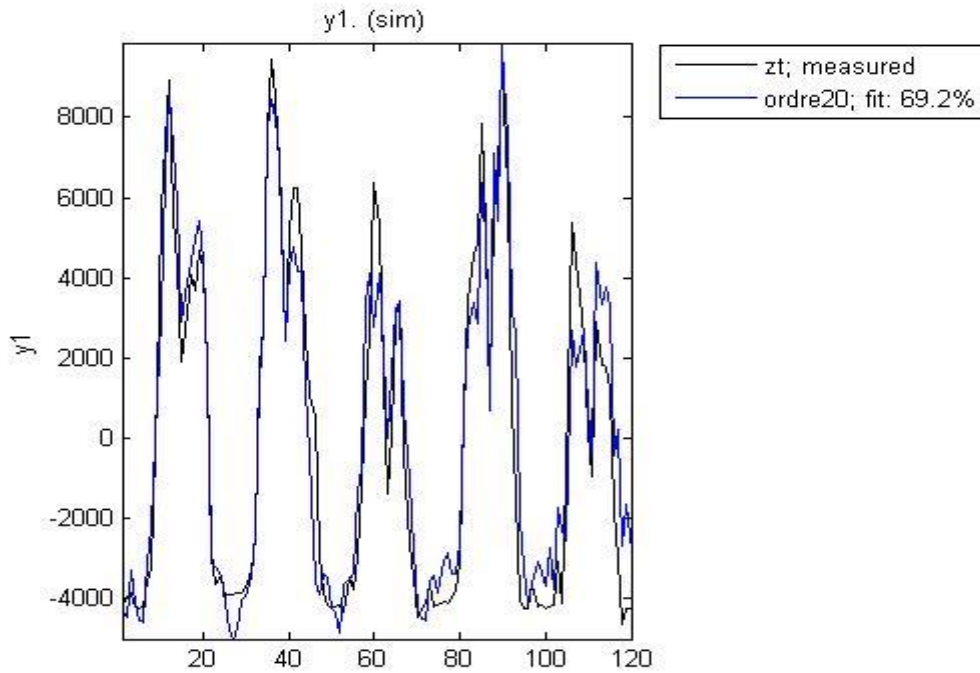


Figura 4.3.7 Resposta model OE ordre 20 elèctric

Aquesta és una comparació entre el model d'ordre 20 i la iddata. Es veu com el model s'ajusta prou bé a la sortida desitjada. Per tal de comprovar la seva validesa es comprovarà la dependència amb la correlació de Pearson. Per tal de fer-ho s'haurà de simular la sortida per tal de tenir la sortida del model en una sola variable, no un objecte complex, per fer la correlació amb la variable sortida real.

`%Vector que numera les hores dels 5 dies`

```
t=dlmread('hores_setmana.txt');
```

`%Simulació del model obtingut`

```
y20 = lsim(tf(ordre20.b,ordre20.f,1),entrada,t);
```

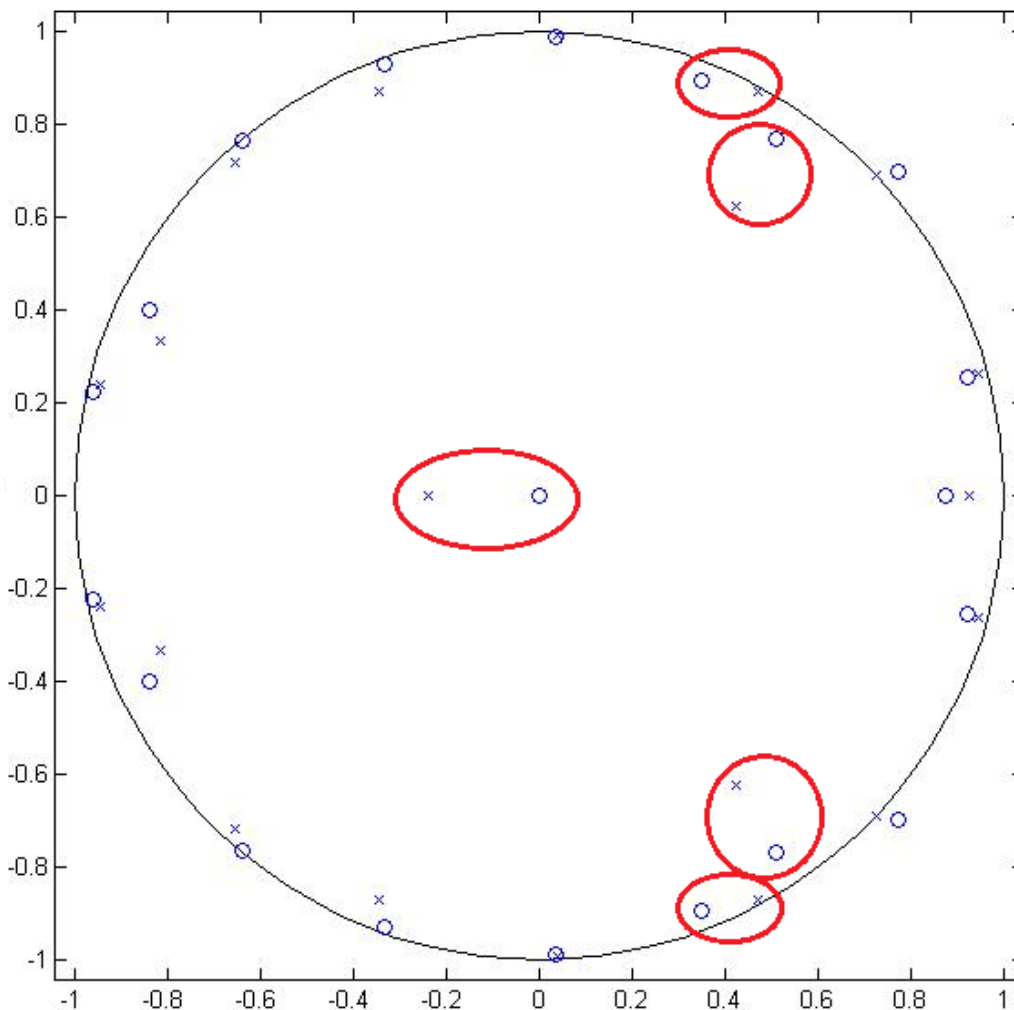
`%Correlació de Pearson entre sortida SIMULADA i sortida REAL`

```
R20=Pearson(sortida,y20);
```

Primer es defineix el vector temps i posteriorment amb a instrucció 'lsim' es fa una simulació del model indicant com a entrada la ocupació. La correlació de Pearson entre la simulació del model d'ordre 20 i la sortida real dóna un valor de **R=0,6551**. Una aproximació gaire dolenta per tenir un model d'ordre tan alt.



Una manera de detectar si s'ha excedit l'ordre del model necessari per explicar la dinàmica del sistema és representar el diagrama de pols i zeros de la funció de transferència. En aquest diagrama es poden visualitzar els pols i zeros i detectar si els valors de les parelles són gaire aproximats com per arribar a definir cancel·lacions entre ells. Si un pol i un zero tenen un valor igual es poden cancel·lar a la funció de transferència i llavors es reduiria l'ordre del sistema en tants ordres com cancel·lacions hi hagi.



**Figura 4.3.8** Diagrama pols i zeros model OE ordre 20

Si s'observa el diagrama de pols i zeros del model es troben 5 parelles de zeros i pols clarament separats. Les altres parelles tenen un valor tan aproximats que a l'equació podrien arribar a cancel·lar-se entre si. Aquesta demostració reduiria l'ordre del model en 15 ordres. Es pot passar llavors a modelar amb ordre 5.

```
%Adequat ordre 5
```

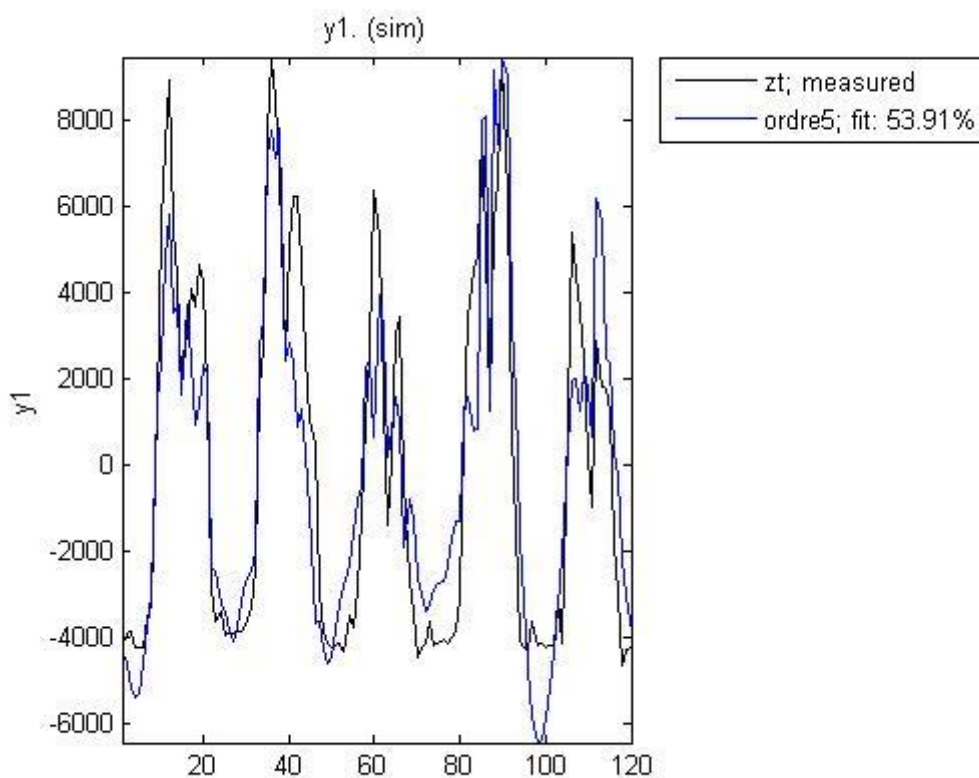
```
ordre5=oe(zt,[5 5 0])
```

```
figure(2);
```

```
compare(zt,ordre5)
```

```
y5 = lsim(tf(ordre5.b,ordre5.f,1),entrada,t);
```

```
R5=Pearson(sortida,y5);
```



**Figura 4.3.9** Resposta model OE ordre 5 elèctric

Un model d'ordre 5 aconseguix una correlació de Pearson de **R=0,7502**. La correlació és superior a la de model d'ordre 20. Per tant es decantarà la decisió d'escollir el model d'ordre 5. Encara es podria mirar de comprovar si es pot simplificar l'ordre del model i aconseguir un millor resultat. S'observarà el diagrama de pols i zeros del nou model.

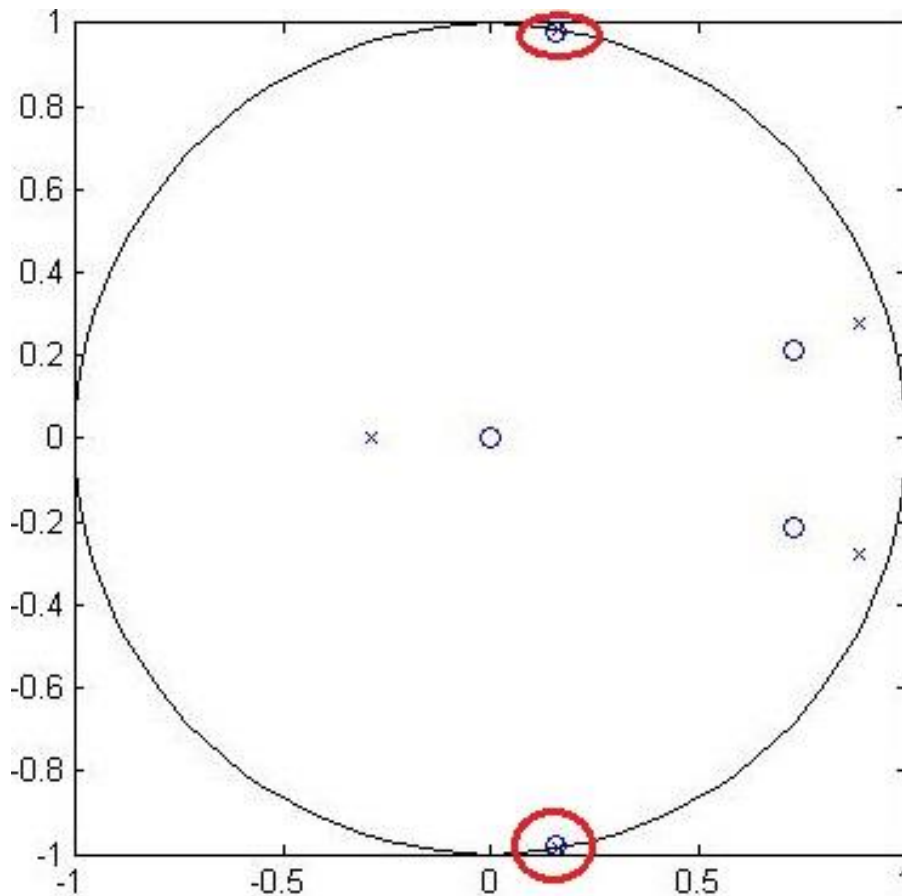


Figura 4.3.10 Diagrama pols i zeros model OE ordre 5

Es pot observar com encara apareixen cancel·lacions de pols i zeros en una magnituds de 2 ordres sobre el model. Es generarà un model d'ordre 3.

```
ordre3=oe(zt,[3 3 0])
```

```
y3 = lsim(tf(ordre3.b,ordre3.f,1),entrada,t);
```

```
R3=Pearson(sortida,y3);
```

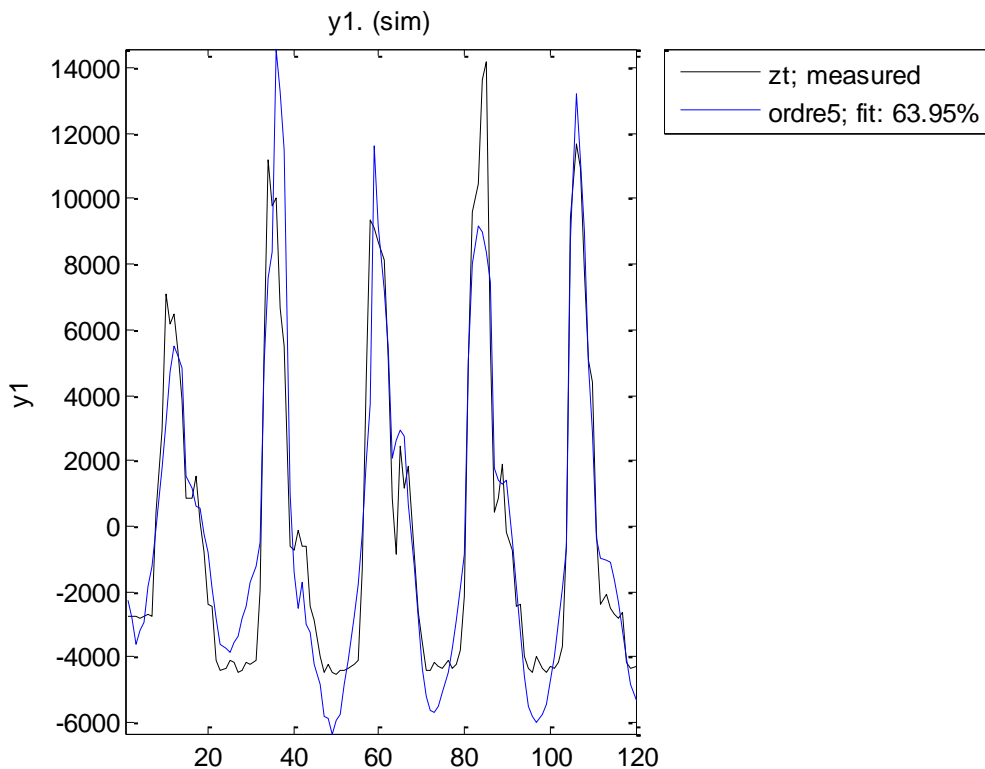
La correlació de Pearson entre la sortida simulada del model d'ordre 3 i la sortida real és de **R = 0,7929**.

Analitzant de forma general es veu:

- Model ordre 20 → R = 0,6551
- Model ordre 5 → R = 0,7502
- Model ordre 3 → **R = 0,7929**

El millor resultat es troba amb un model d'ordre 3. Encara a ser un model més simple és el que millor explica el comportament del sistema a estudiar. Amb aquest model es podrà simular amb una confiança del 80% el comportament del sistema introduint un vector d'ocupació com a entrada.

Aquesta prova s'ha dut a terme amb l'edifici TR2. Seguint el mateix procediment amb l'edifici TR3 s'aconsegueix un model OE, reduït fins a l'ordre 5, el qual té una resposta molt bona per a la setmana escollida. S'ha de comentar que el TR3 disposa de molta maquinària que no té un període de funcionament marcat i tampoc es pot saber amb certesa el consum que tenen, ja que son màquines mot grans i depèn de variats factors. Això implica que el model generat possiblement no respongui amb la mateixa certesa a totes les setmanes, si entre aquestes hi ha diferències de consum molt marcades.



Aquí es veu la resposta del model amb la setmana escollida. El seu coeficient de Pearson és de  $R = 0,8134$ .

### 4.3.2 Estructura ARX

Es comprovarà si un model de predicció com és el ARX pot donar millors resultats que un OE. Aquest dependrà de les entrades actual i anteriors i les sortides anteriors REALS mesurades.

Es faran diferents prediccions a 10 hores, 5 hores, 2 hores i 1 hora vista amb models de diferents ordres, concretament un d'ordre elevat, 20, i un d'ordre molt més simple com un model d'ordre 8, amb l'exemple d'una setmana tipus.

Primerament s'importarà la entrada i la sortida del sistema pel TR2, emmagatzemades en fitxers de text, a Matlab per fer el procés de modelització.

```
%Llegir dades d'ocupació
```

```
entrada=dlmread('ocupacio_19a25.txt');
```

```
%Llegir dades elèctriques
```

```
sortida=dlmread('Dades_elec_19a25_5.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);
```

Es recorda que el coeficient de Pearson entre entrada i sortida és inicialment de  $R = 0,7844$ .

Una vegada introduïdes les dades a la zona de treball s'elaborarà el primer model d'estructura ARX d'ordre 20

```
%Model ARX
```

```
%Ordre 20
```

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

Amb el model creat s'observarà el comportament amb prediccions de diferents hores vista.

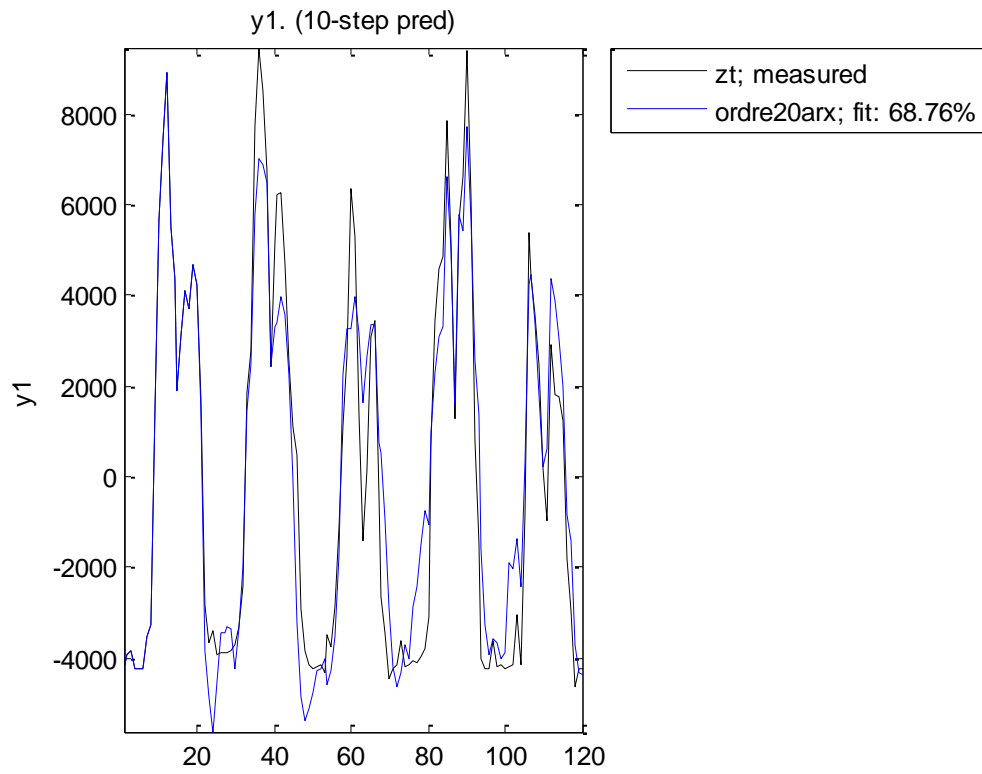
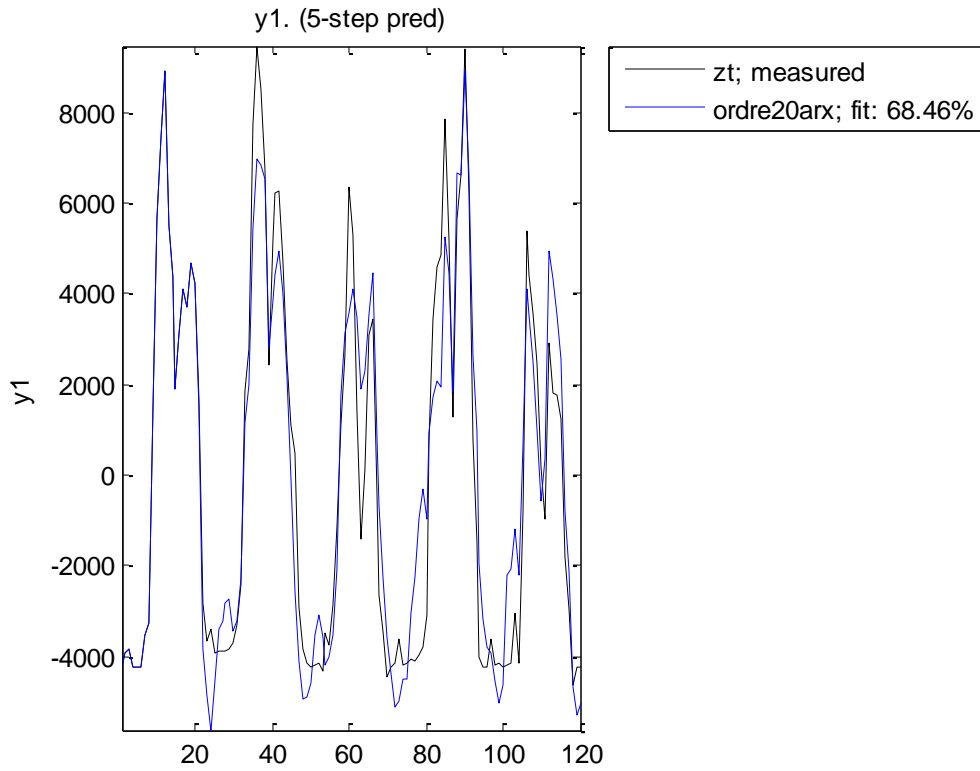
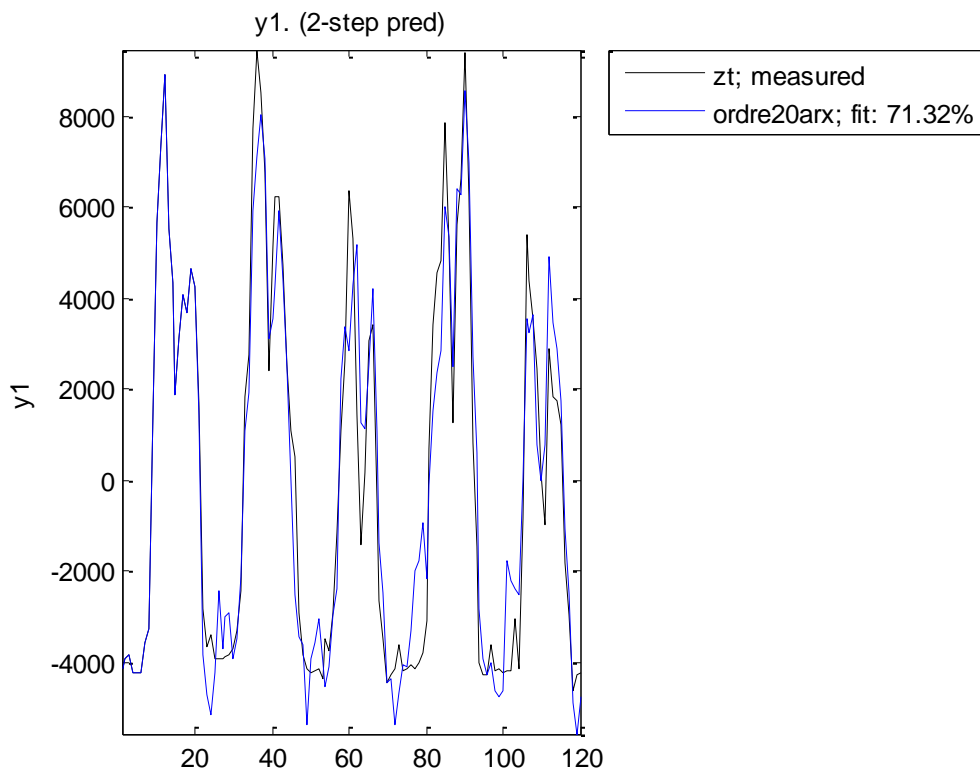
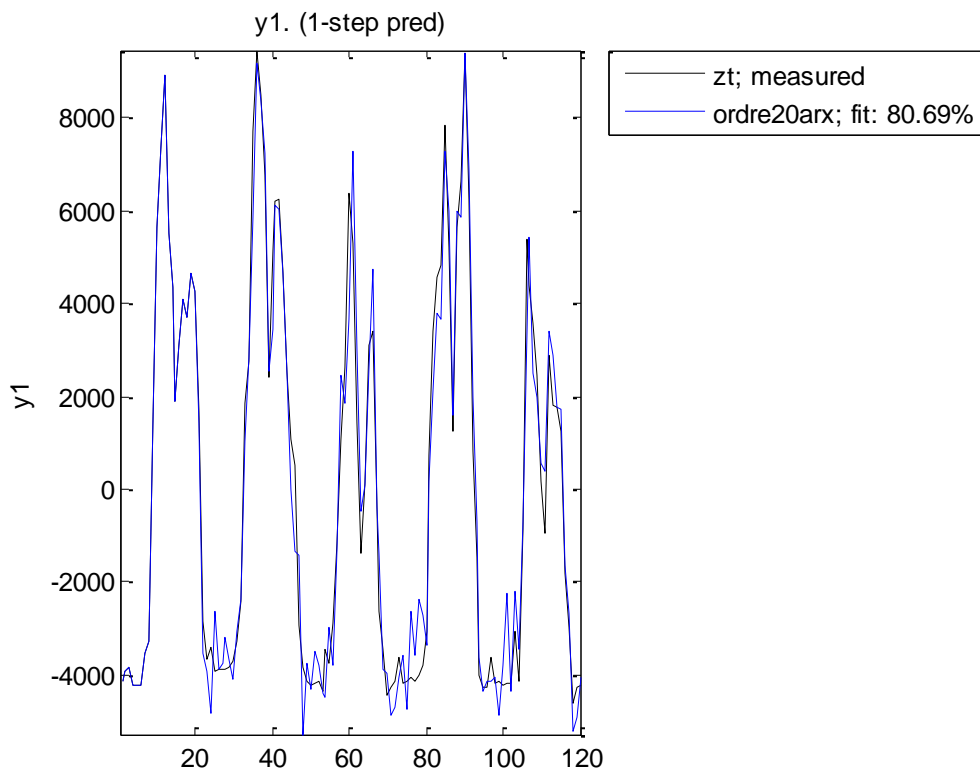


Figura 4.3.11 Predicció 10 hores ARX ordre 20

**Figura 4.3.12 Predicció 5 hores ARX ordre 20****Figura 4.3.13 Predicció 2 hores ARX ordre 20**



**Figura 4.3.14 Predicció 1 hora ARX ordre 20**

Es pot apreciar com és un model que explica prou bé el comportament del sistema. Calculant coeficients de Pearson...

- Previsió 10 hores →  $R = 0,9508$
- Previsió 5 hores →  $R = 0,9492$
- Previsió 2 hores →  $R = 0,9581$
- Previsió 1 hora →  $R = 0,9812$

Un model de predicció ARX explica millor el comportament del sistema que un model OE. Encara es provarà de reduir l'ordre del model per comprovar si un model més simple podria simular amb similar precisió la sortida del sistema. Seria un avanç ja que dissenyar un model d'ordre inferior serà molt menys costós que un d'ordre elevat com poden ser 20 ordres.



Després de fer varies proves s'ha decidit comparar l'ordre 20 amb l'ordre 8, ja que és l'ordre més baix que mostra millors característiques i ja és notablement inferior a un ordre 20.

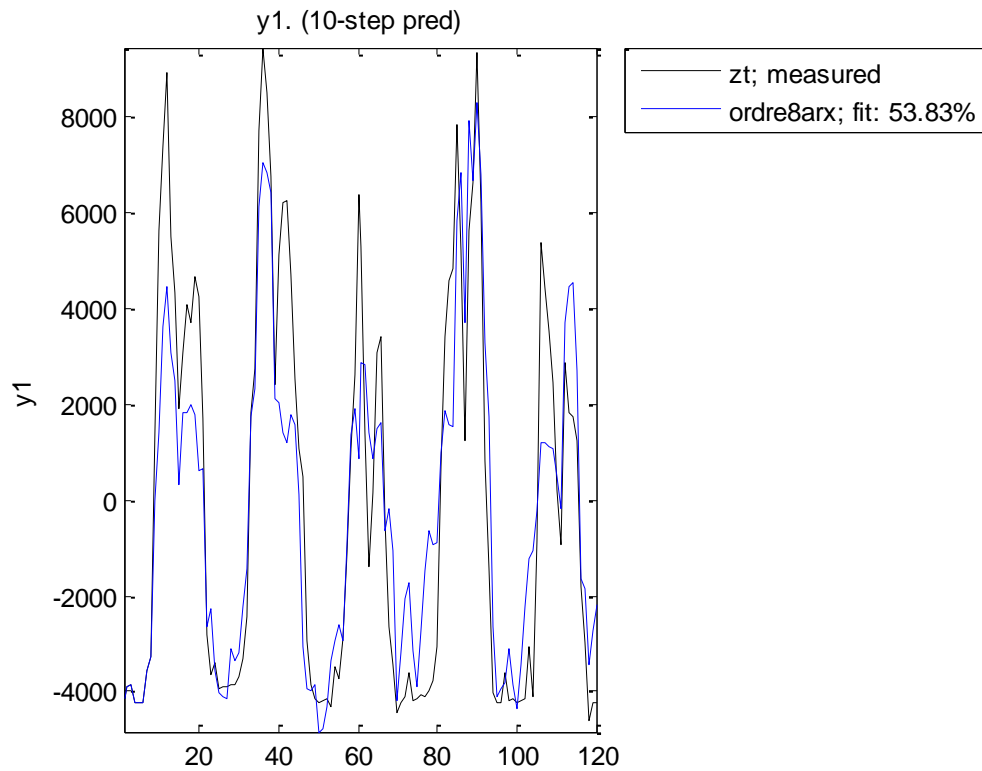


Figura 4.3.15 Predicció 10 hores ARX ordre 8

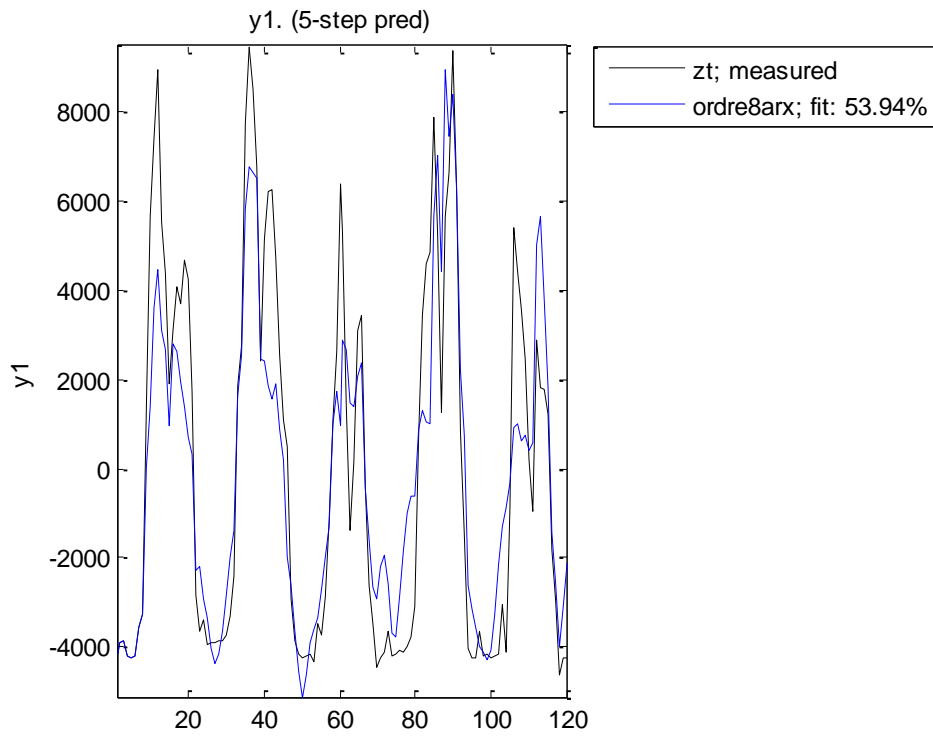


Figura 4.3.16 Predicció 5 hores ARX ordre 8

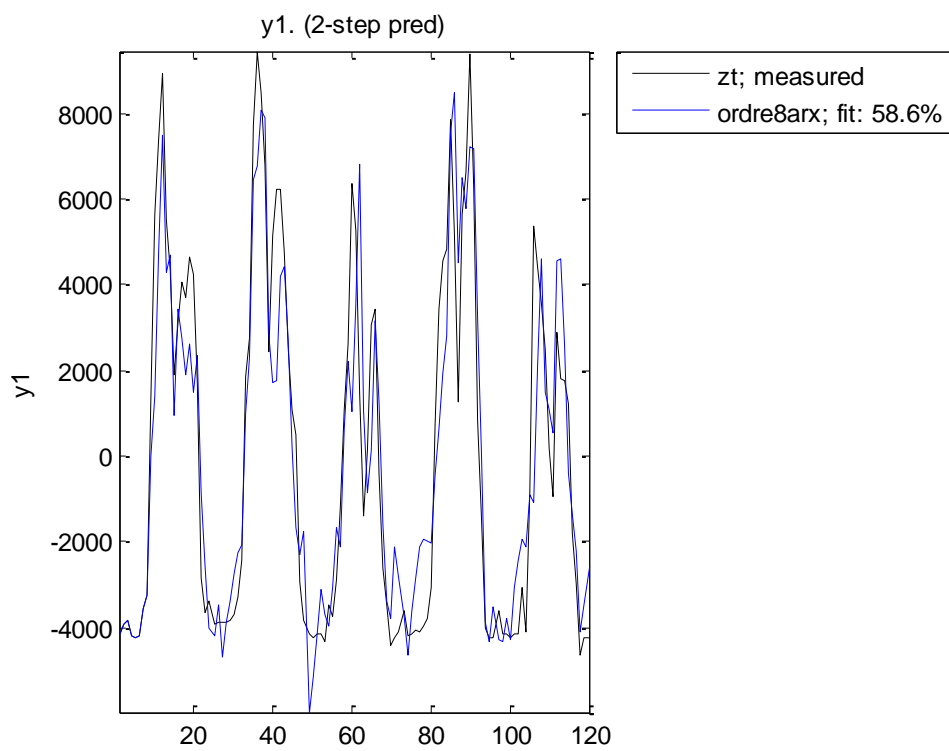
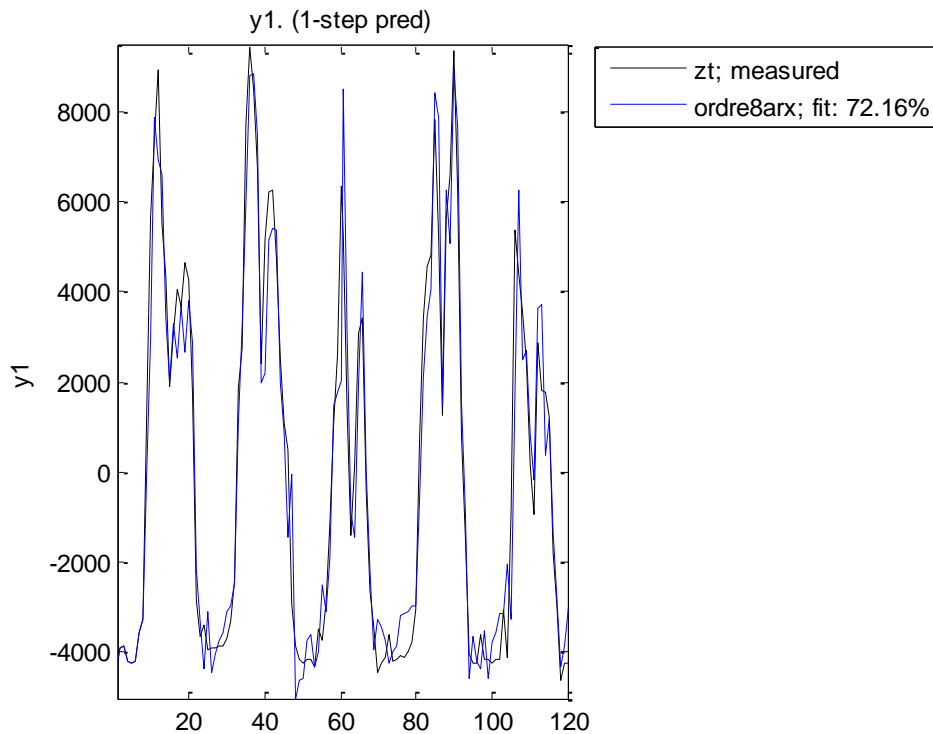


Figura 4.3.17 Predicció 2 hores ARX ordre 8



**Figura 4.3.18 Predicció 1 hora ARX ordre 8**

- Previsió 10 hores →  $R = 0,8943$
- Previsió 5 hores →  $R = 0,8939$
- Previsió 2 hores →  $R = 0,9111$
- Previsió 1 hora →  $R = 0,9605$

La precisió del model empitjora una mica respecte la de model 20 però cal justificar que és per una gran reducció del grau del model, encara així té una resposta molt fiable a hores vista. Això vol dir que el model prendrà menys dades de escenaris anteriors per fer la simulació, concretament 12 valors menys que l'anterior model. De totes maneres el resultat es prou bo com per poder validar el model, essent un model notablement més simple.

En el cas del TR3, seguint les mateixes indicacions i després de diverses proves, s'aconsegueix un model d'ordre 20 que es capaç d'explicar amb molta certesa la sortida de la setmana escollida.

Té una fiabilitat del 95,89%, 95,14%, 95,43%, 97,34% per la predicció a 10h, 5h, 2h i 1h, respectivament.

S'ha decidit agafar un model d'ordre elevat, per les raons esmentades anteriorment. És un edifici complex en quant a consum elèctric, degut a la seva maquinària. Per tant es necessita un model més complex per poder explicar amb més certesa el sistema.

### 4.3.3 Validació dels models

Després d'haver simulat la sortida al sistema amb models de diferents ordres per cada tipus d'estructura de model, s'ha pogut observar i decidir que, en aquest cas, els models amb grau inferior podien explicar de manera altament precisa el comportament de la sortida del sistema. El següent pas per poder fer la validació dels models escollits i determinar si seran útils per a la seva aplicació en la realitat serà el de utilitzar aquests models en diferents escenaris, amb diferents entrades i comprovar si responen amb certesa segons la sortida esperada. Si tenen un poder de predicció alt de la sortida amb qualsevol entrada es podrà validar. Seguidament es farà la validació per cada model de diferent ordre dintre cada estructura.

Dintre l'estructura **Output error** els resultats han sigut:

· Model d'ordre 20

- Índex Akaike = 3,33
- Coef. Pearson = 0,6551

· Model d'ordre 3

- Índex Akaike = 3,63
- Coef. Pearson = 0,7929

Es decantarà per desestimar el model d'ordre 20, ja que, malgrat a tenir un alt ordre no arriba a aconseguir millors resultats que un model d'ordre 3. Un model

molt més simple, com és el de model 3, és capaç de predir amb pràcticament un 80% de fiabilitat la sortida del sistema. Per tant només caldrà validar aquest model per comprovar que serà útil en diferents escenaris.

A l'hora de dissenyar el model s'han pres com a dades mostres d'una setmana del mes de maig. Per fer la validació es faran proves amb 4 setmanes diferents, inclosa la setmana de disseny. S'implementaran setmanes dels mesos de març, abril i maig. De l'abril s'ha escollit concretament una setmana que inclou període d'exàmens, cosa que pot dificultar molt l'ajust de la sortida, ja que l'ocupació no es podrà incloure mai amb precisió i el model no podrà actuar correctament. Aplicant les diferents entrades i sortides dels diferents setmanes sobre el model ja definit anteriorment s'aconsegueixen els següents resultats del càlcul de coeficient de Pearson:

19 a 25 de maig  $\rightarrow R = 0,7929$

12 a 16 de maig  $\rightarrow R = 0,78$

7 a 11 d'abril  $\rightarrow R = 0,5427$

10 a 14 de març  $\rightarrow R = 0,7837$

Es pot observar, com s'ha dit abans, que el model respon bé a totes les setmanes exceptuant la setmana d'exàmens de l'abril on les dades d'ocupació no son concretes. Exceptuant això s'observa com als altres mesos el model actua amb alta fiabilitat.

El següent pas serà comprovar el **model ARX**. Prèviament s'havia descartat un ordre 20 i s'havia decantat per escollir un d'ordre 8, on els resultats eren els següents:

· Model d'ordre 8

- Índex Akaike = 1,73
- Coef. Pearson 10h = 0,8943
- Coef. Pearson 5h = 0,8939
- Coef. Pearson 2h = 0,9111

- Coef. Pearson 1h = 0,9605

El model té una bona resposta i el següent pas serà validar-ho per altres setmanes de diferents mesos. S'utilitzaran les mateixes setmanes que per al Output error.

· 19 a 25 de maig →

- Coef. Pearson 10h = 0,8943

- Coef. Pearson 5h = 0,8939

- Coef. Pearson 2h = 0,9111

- Coef. Pearson 1h = 0,9605

· 12 a 16 de maig →

- Coef. Pearson 10h = 0,8779

- Coef. Pearson 5h = 0,8722

- Coef. Pearson 2h = 0,8923

- Coef. Pearson 1h = 0,9449

· 7 a 11 d'abril →

- Coef. Pearson 10h = 0,6775

- Coef. Pearson 5h = 0,6266

- Coef. Pearson 2h = 0,7602

- Coef. Pearson 1h = 0,9088

· 10 a 14 de març →

- Coef. Pearson 10h = 0,8667

- Coef. Pearson 5h = 0,8583

- Coef. Pearson 2h = 0,8864

- Coef. Pearson 1h = 0,9404

Es pot observar com el model ARX obté una millor resposta a la setmana d'abril, encara que no amb una alta fiabilitat com es podia esperar. Encara així els resultats al demés mesos son notablement millor que del model Output error, i aquests resultats es poden extrapolar a d'altres setmanes que no tinguin una imprecisió a l'entrada de dades com pot ser l'ocupació. El model escollit serà el model ARX d'ordre 8.

Pel que fa a la validació dels models OE i ARX escollits pel TR3 es faran només amb una altra setmana com a exemple.

Els resultats obtinguts per la validació del model OE d'ordre 5 per una setmana diferent dona un bon resultat amb un coeficient de Pearson de  $R = 0,7461$ .

Els resultats obtinguts per la validació del model ARX d'ordre 20, presenten també bones prediccions. Els coeficients de Pearson per a les diferents prediccions son elevats.

$R_{10} = 0,8901$        $R_5 = 0,8528$        $R_2 = 0,8780$        $R_1 = 0,9448$

Es decantarà per escollir el model ARX que, encara que sigui d'un ordre elevat, és precís i aquest edifici requereix complexitat.

## 5 Consum tèrmic

El consum tèrmic que quedarà predit es farà a partir de tres models matemàtics diferents. Primerament es farà un model d'una entrada i una sortida únics. Com a sortida hi haurà el consum tèrmic predit i com a entrada s'utilitzarà la ocupació de l'edifici en qüestió. Per altra banda es farà un model semblant, també amb sortida de consum tèrmic, però amb diferent entrada. Es voldrà veure si hi ha alguna relació entre el consum tèrmic i la temperatura exterior de l'edifici. Per aquest apartat, a través de Sirena s'han agafat les dades de la temperatura exterior de l'edifici durant 4 mesos, 4 mesos on funcionen les calderes dels edificis, des de Novembre fins al Febrer. Per últim es farà un model combinat d'aquests dos anteriors. Un model on la sortida sigui el consum tèrmic i tingui dues entrades, Temperatura exterior i ocupació d l'edifici.

### 5.1 Treball de camp

Sobre la part tèrmica, el treball de camp ha constatat en detectar tots els radiadors que hi ha instal·lats sobre l'edifici. De cadascun d'ells s'ha pres nota de la seva alçada i el numero de costelles(elements) de les que disposa per posteriorment poder calcular la potència que poden arribar a donar. Aquesta potència s'ha aconseguit amb la consulta de catàlegs ROCA amb dades dels diferents tipus de radiadors que hi ha de la marca.

Per tal de poder justificar si hi ha sobrecàrrega de potència tèrmica sobre els diferents espais de l'edifici, s'han demanat plànols de l'escola amb tota mena d'informació sobre superfícies dels espais. De cada espai s'ha aconseguit saber la superfície i es podrà veure la comparació entre la potència per metre quadrat que hi ha a cada espai i la potència per metre quadrat recomanada.

Posteriorment, i ja recollida la informació, s'ha generat un arxiu Excel on figuren totes les dades preses i calculades.



Planta 0					Planta 1						
Ud	Objecte	Superfície	Alçada(cm)	Costelles	P.radiada	Ud	Objecte	Comentari	Alçada(cm)	Costelles	P.radiada
001 Laboratori automatització					Armari manteniment						
1	Radiador		70	28	2790,7348	Vestuari neteja					
1	Radiador		70	24	2392,0584	1	Radiador		50	10	589,641
	m2	61,33		P/m2	84,5066558		m2	23,29		P/m2	25,3173465
004 Automatització aplicada					126 Despatx						
1	Radiador		70	45	4485,1095	2	Radiador		50	10	1179,282
	m2	80,45		P/m2	55,75027346		m2	25,09		P/m2	47,00207254

Figura 5.1.1 Excel treball de camp tèrmic

En aquesta imatge es pot apreciar com al treball de camp de la part tèrmica hi apareixen tots els radiadors presents a tots els espais, amb la seva mida i el seu número de costelles, a través dels quals es calcula la energia radiada per cada calefactor. També apareix l'àrea en metres quadrats de l'espai en qüestió, per posteriorment poder calcular quants kiloWatts per metre quadrat hi ha a cada espai. Amb aquesta dada es podrà observar quants espais es troben dintre dels kW/m2 recomanats i quants fora. Els kW/m2 recomanats son 60kW/m2. Al Excel es podrà apreciar com molts espais es troben fora d'aquesta mida.

Per altra banda s'ha hagut d'observar l'ocupació de l'edifici a cada hora. Amb l'ajuda dels horaris lliurats per secretaria i la informació sobre el numero d'estudiants matriculats a cada assignatura s'ha pogut arribar a calcular de manera aproximada la quantitat d'alumnes que hi ha a cada hora a l'edifici. L'ocupació dels despatxos s'ha determinat per l'enquesta anteriorment esmentada.

Amb l'ajuda de les dades d'ocupació i el treball de camp es podrà procedir a fer proves per a la elaboració d'un model matemàtic capaç de descriure i predir el comportament tèrmic de l'edifici.

## 5.2 Ocupació i T<sup>0</sup> exterior vers consum tèrmic

Abans de passar a la elaboració del model matemàtic es faran proves amb gràfics d'Excel per veure la dependència de la utilització de calderes fronts a la ocupació de l'edifici.

En aquesta part explicativa es mostrarà l'exemple amb un dilluns. Si es mostra la corba d'ocupació front la corba de consum tèrmic de les calderes es veu un gràfic com el següent:



Figura 5.2.1 Ocupació-Consum (dilluns)

S'observa com la dependència del consum tèrmic front a la ocupació és baixa segons el gràfic. La caldera s'encén d'hora per tal de poder tenir una temperatura adequada a la hora que l'edifici comença a tenir activitat.

Una vegada arriba a tenir una temperatura adequada el consum tèrmic s'estabilitza fins al final del dia per tornar a fer un cicle semblant al següent dia. Per veure amb més claredat aquesta conclusió es farà una correlació de Pearson entre aquests dos vectors de valors. D'aquesta manera es podrà veure una dependència entre els diferents vectors.

La correlació de Pearson dona un valor de  $R=0,3529$ . Amb aquest valor es pot demostrar que la dependència entre un vector i l'altre és molt baixa, llavors es pot concloure en que la utilització de la caldera no té en compte el personal que hi hagi en l'edifici, sinó en els horaris i/o la temperatura exterior.

Es farà una comprovació del mateix tipus amb la temperatura exterior. Es determinarà si quan la temperatura baixa la utilització de la caldera actua de forma inversa, és a dir, si fa més fred s'aplica més energia a la caldera.

Primerament es farà un gràfic del mateix dilluns exemple utilitzat amb l'ocupació, però ara es mostrarà la temperatura exterior front al consum tèrmic.

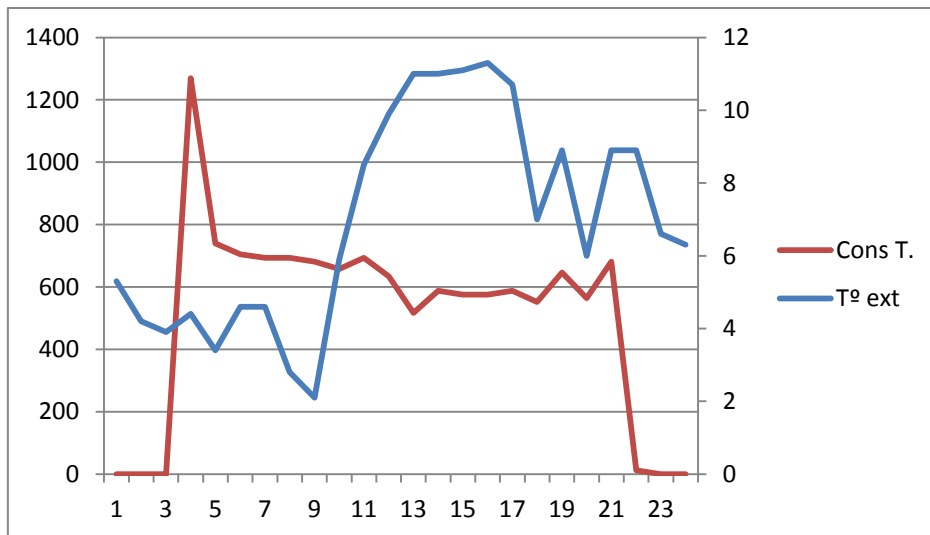


Figura 5.2.2 T°ext-Consum (dilluns)

La correlació de Pearson entre aquests dos vectors és de  $R=0,0157$ . Molt baixa. Aquest resultat explicaria que no hi ha cap dependència entre la temperatura exterior i el consum tèrmic de la caldera.

Cal afegir que ara s'ha fet l'exemple per un sol dia en concret. És molt difícil que d'aquesta manera es pugui determinar una dependència entre vectors. Per tant es mostrarà el mateix procediment aplicat als quatre mesos mencionats anteriorment.

Es farà mes per mes, des de novembre fins al febrer, per poder tenir dades més concretes a l'hora d'avaluar resultats.

Consum tèrmic front ocupació:

· Novembre →  $R = 0,2587$

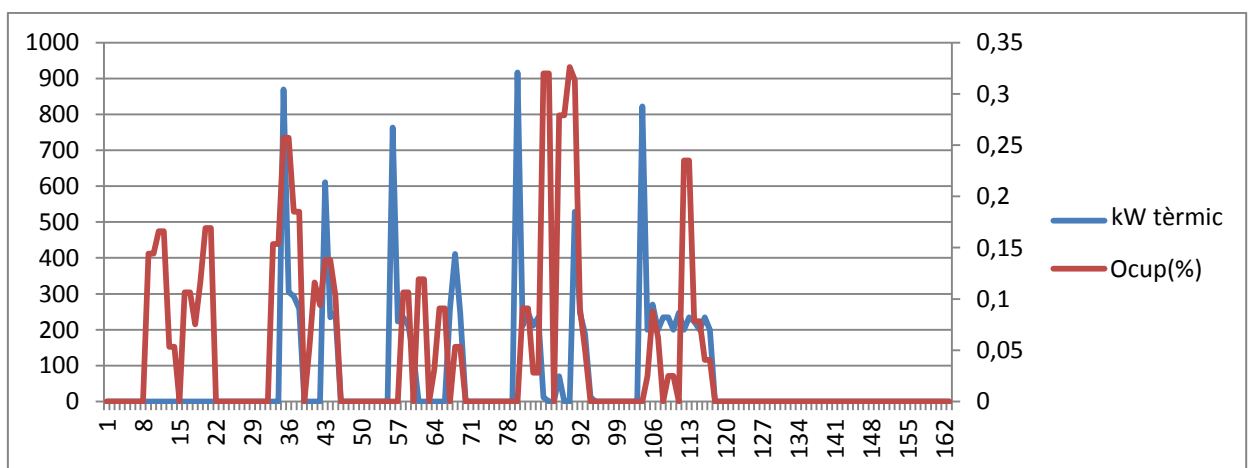


Figura 5.2.3 Ocupació-Consum (novembre)

· Desembre → R = 0,3382

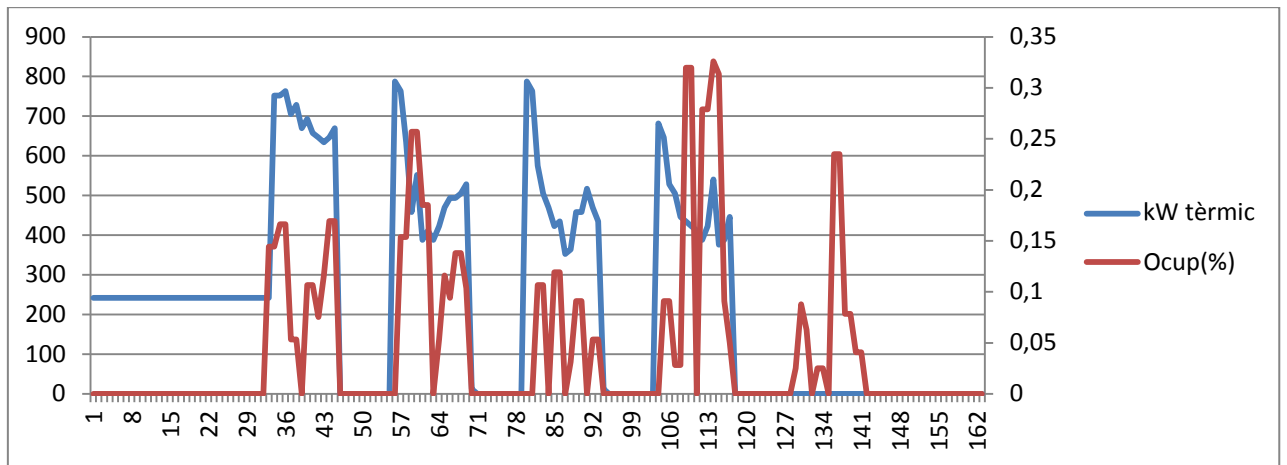


Figura 5.2.4 Ocupació-Consum (desembre)

· Gener → R = 0,3672

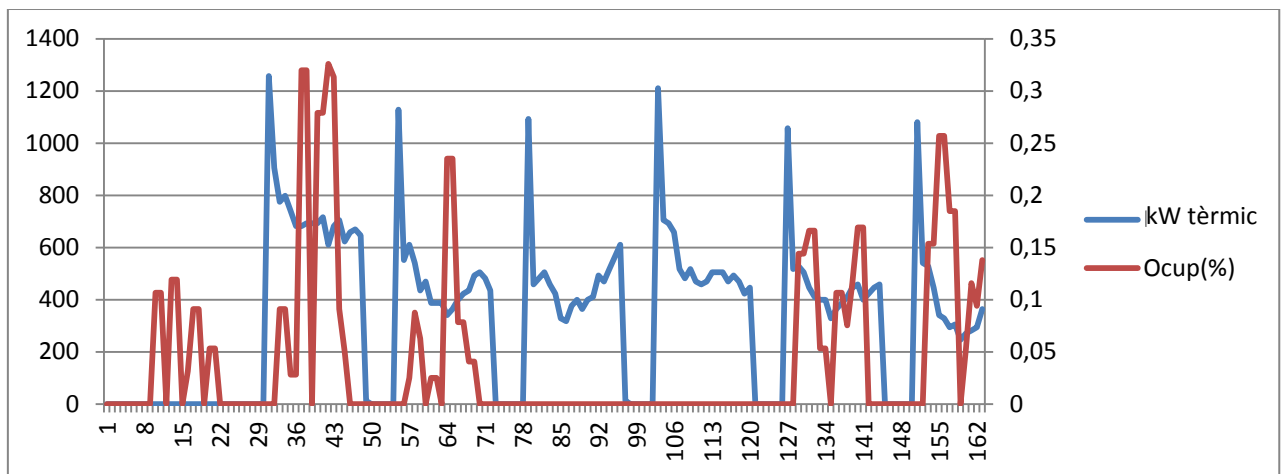


Figura 5.2.5 Ocupació-Consum (gener)

· Febrer → R = 0,3920

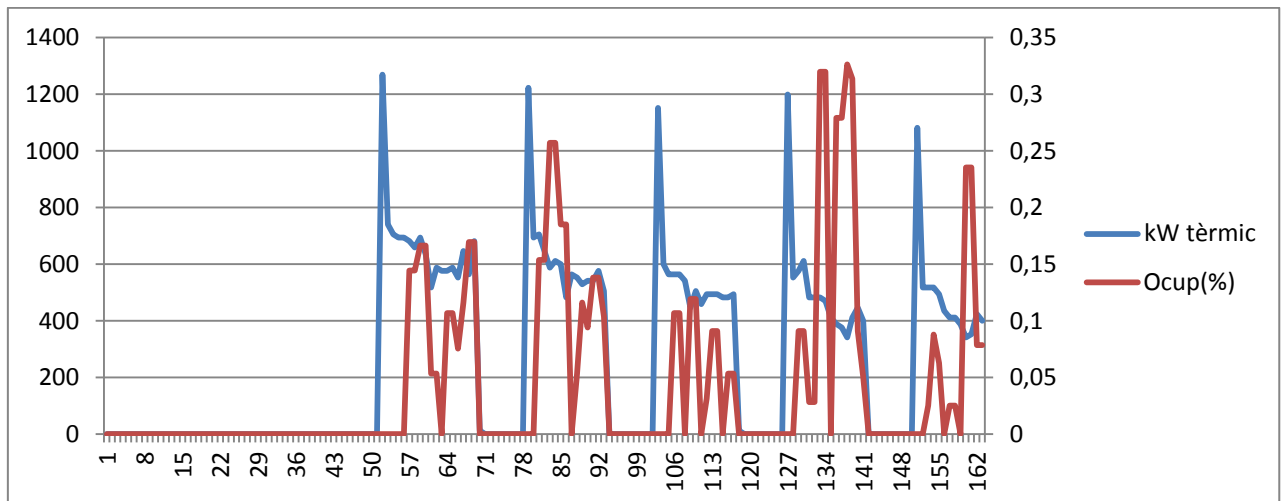


Figura 5.2.6 Ocupació-Consum (febrer)

En aquests resultats es pot apreciar que, efectivament, la ocupació no afecta de manera directa sobre la energia tèrmica consumida al llarg de la utilització de les calderes. Això vol dir que d'alguna manera és independent una magnitud de l'altre, però no certament és d'aquesta manera. Es pot apreciar a les gràfiques d'una setmana tipus de cada mes que el consum tèrmic no varia segons el nivell d'ocupació però si coincideix que hi ha consum tèrmic si hi ha ocupació a l'edifici. Llavors es pot arribar a la conclusió de que les calderes s'utilitzen només si hi ha ocupació, però no varia el seu valor si hi ha més o menys ocupació.

Un altre factor que pot afectar a la pujada o baixada del consum tèrmic és la temperatura exterior d'edifici. Una vegada hi ha ocupació i les calderes han de funcionar pot entrar en vigor la temperatura exterior per determinar si utilitzar més o menys energia. Es farà la mateixa comprovació mes a mes per determinar si la energia utilitzada depèn més o menys de la temperatura exterior.

· Novembre →  $R = -0,2674$

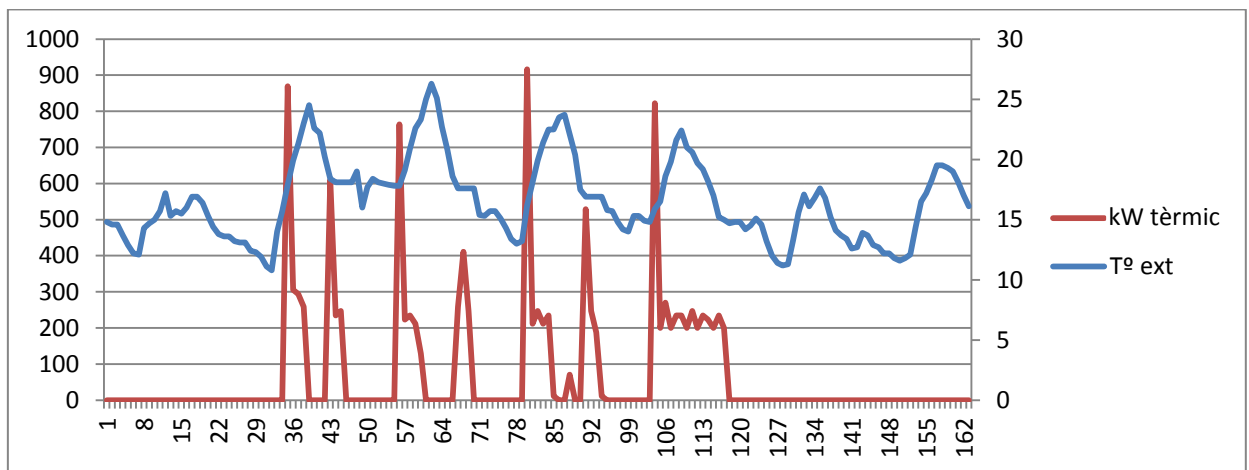


Figura 5.2.7 Tºext-Consum (novembre)

· Desembre →  $R = 0,0131$

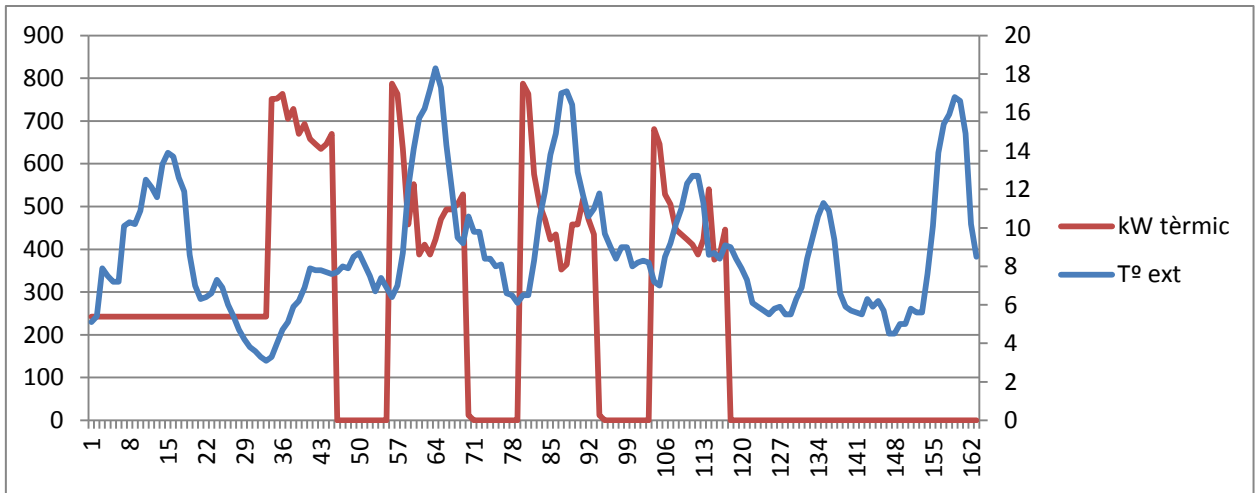


Figura 5.2.8 Tºext-Consum (desembre)

· Gener → R = 0,0419

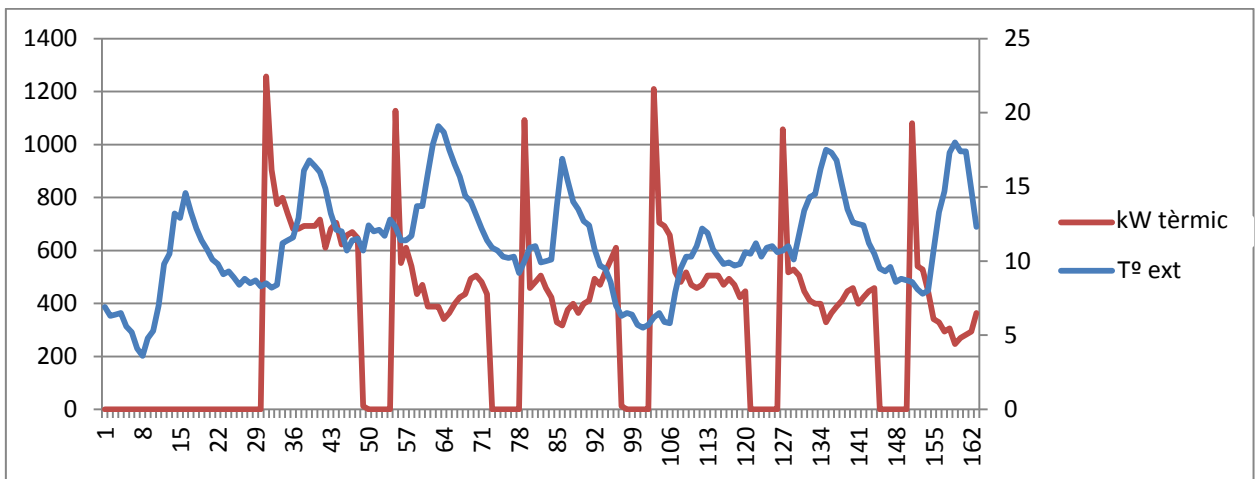


Figura 5.2.9 Tºext-Consum (gener)

· Febrer → R = -0,0387

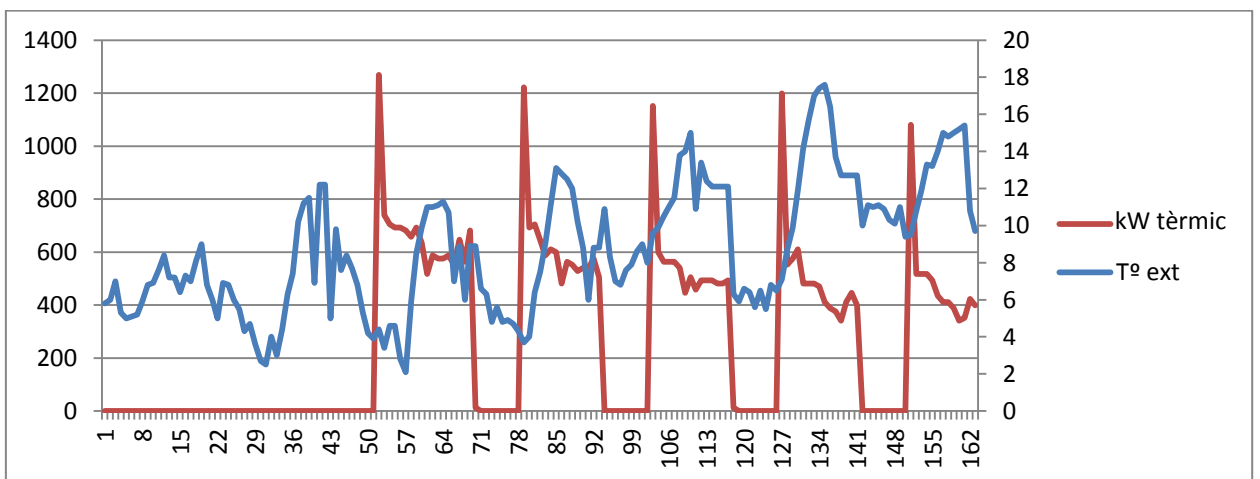


Figura 5.2.10 Tºext-Consum (febrer)

Es pot apreciar que, per exemple, al mes de novembre o al mes de febrer, la correlació de Pearson té valor negatiu. Aquest resultat és apropiat a la situació, ja que aquest valor negatiu vol dir que si un vector disminueix el seu valor, l'altre augmentarà, és a dir, si disminueix la temperatura exterior augmenta el consum energètic de les calderes. Llavors es pot concloure en que d'alguna manera la temperatura exterior afecta al comportament de la corba energètica, malgrat que no sigui en gran magnitud aquesta dependència.

Aquest anàlisi de dades que intenta posar com a objectiu fer un model capaç de predir el consum tèrmic de la caldera amb dependència de la ocupació de l'edifici i la temperatura exterior demostra que no és viable. Els resultats obtinguts són de molt baixa confiança com per elaborar un model que sigui eficaç. El model quedarà descartat.



Figura 5.2.11 Proposta model tèrmic

En el seu lloc s'implementarà un model on entra en dependència també la **temperatura interior** de l'edifici. Aquesta es prendrà com a sortida i el consum tèrmic passarà a ser una entrada al model, juntament amb l'ocupació i la temperatura exterior.

Aquesta conclusió s'ha arribat a fer amb la següent pregunta: **'Si s'engega la caldera una hora més tard, cada matí, s'aconseguirà de totes maneres la temperatura de confort?'**.

Amb el nou model a implementar es predirà la temperatura interior de l'edifici, que concretament és la variable que es vol arribar a controlar per mantenir-la en un estat de confort. El model té l'estructura:

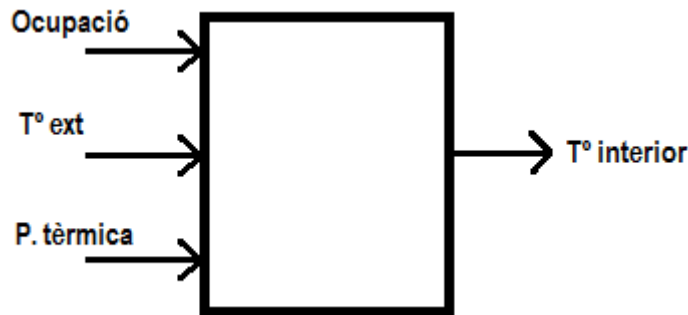


Figura 5.2.12 Model tèrmic

Si es calcula la correlació amb el coeficient de Pearson de les diferents entrades amb la sortida s'obté:

- Segons ocupació →  $R = 0,31$
- Segons  $T^{\circ}$  exterior →  $R = 0,33$
- Segons kW tèrmic →  $R = 0.26$

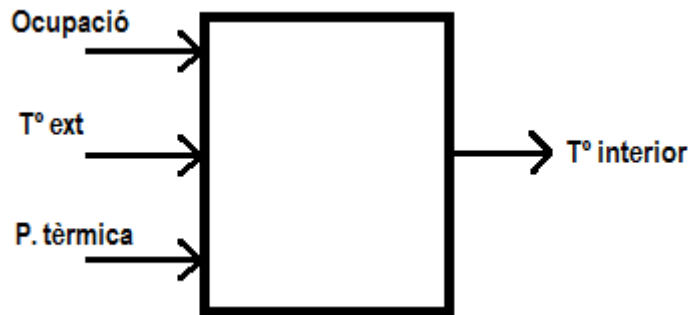
Les tres variables d'entrada son dependència de la sortida. Totes elles tenen un coeficient positiu. Si la ocupació puja augmentarà la temperatura interior de l'edifici, raonable, ja que cada persona aporta calor a l'ambient. Si la temperatura exterior augmenta també augmentarà la temperatura interior. Finalment, si el consum tèrmic augmenta, és a dir, la caldera genera més calor a través dels radiadors, pujarà la temperatura interior de l'edifici.

Aquest model sembla més apropiat per portar-lo a terme.

### 5.3 Model matemàtic

El model matemàtic a dissenyar és el mencionant anteriorment. Consta de tres entrades i una sortida. Com a entrades es troben l'ocupació de l'edifici, la temperatura exterior i el consum en kiloWatts tèrmics, i com a sortida es troba la temperatura interior de l'edifici, la qual es voldrà mantenir en un estat de confort.





Primerament es farà una determinació de model amb estructura OE, per pura simulació, amb dependència de les entrades actual i anteriors i les sortides anteriors simulades, no reals mesurades.

En segon lloc es farà un model amb estructura ARX, per comprovar si s'obté un millor resultat, ja que la sortida d'aquest té dependència sobre les entrades actual i anteriors i les sortides anteriors reals mesurades. És un model per fer predicció a temps vista.

### 5.3.1 Estructura OE

Per començar a fer estimacions es determinarà un model OE d'ordre 20, posteriorment es verificarà com un model més simple pot explicar millor el comportament del sistema i amb més fiabilitat.

```
%Temperatura interior
```

```
T_int_feb=dlmread('T_int_feb.txt');
```

```
T_int_feb=T_int_feb(1:4:end,:);
```

```
T_int_feb=mean(T_int_feb)';
```

```
T_int_feb=T_int_feb(1:668);
```

```
%Gas
```

```
Gas_feb=dlmread('Gas_feb.txt');
```

```
%Ocupació
```

```
Ocup_feb=dlmread('Ocup_feb.txt');
```

```
%Temperatura exterior
```

```
T_ext_feb=dlmread('T_ext_feb.txt');
```

```
%Definir IDDATA
```

```
z=[T_int_feb Ocup_feb T_ext_feb Gas_feb];
```

```
%Treure mitjana
```

```
zt=dtrend(z);
```

En primer lloc s'importaran a Matlab les dades d'entrada i sortida prèviament aconseguides i guardades en fitxers de text. Seguit d'aquest primer pas es farà la creació del model de grau 20 i es farà una comparativa de la sortida d'aquest amb la sortida real de la temperatura interior de l'edifici.

```
%Model OE
```

```
ordre20=oe(zt,[20 20 20 20 20 20 0 0 0])
```

```
figure(1);
```

```
compare(zt,ordre20)
```

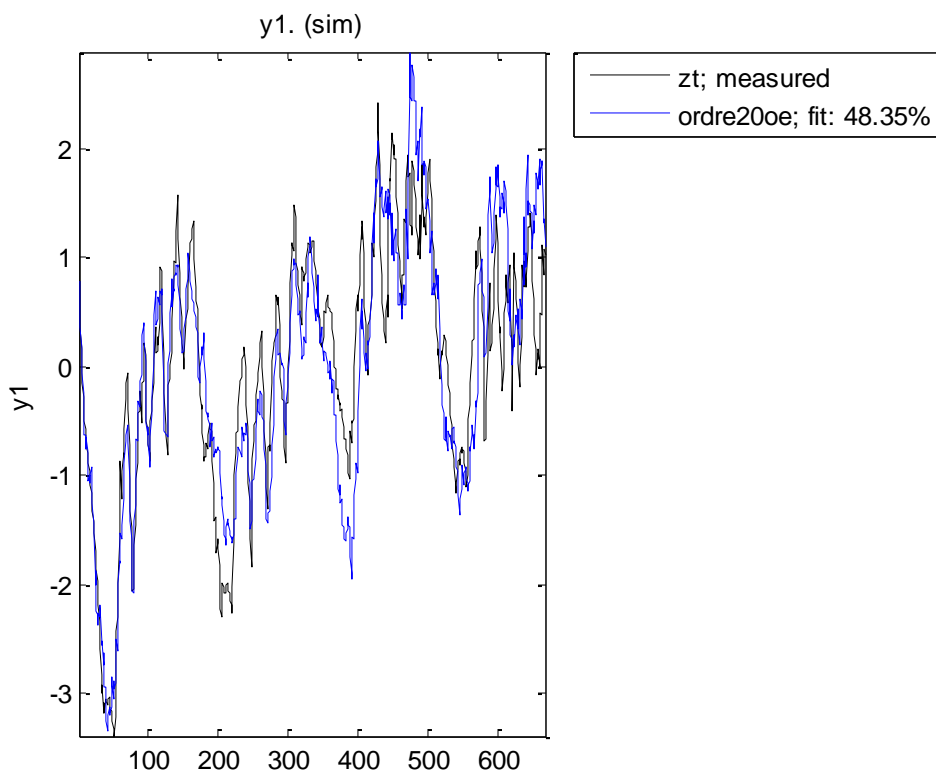


Figura 5.3.1 Model OE ordre 20 tèrmic

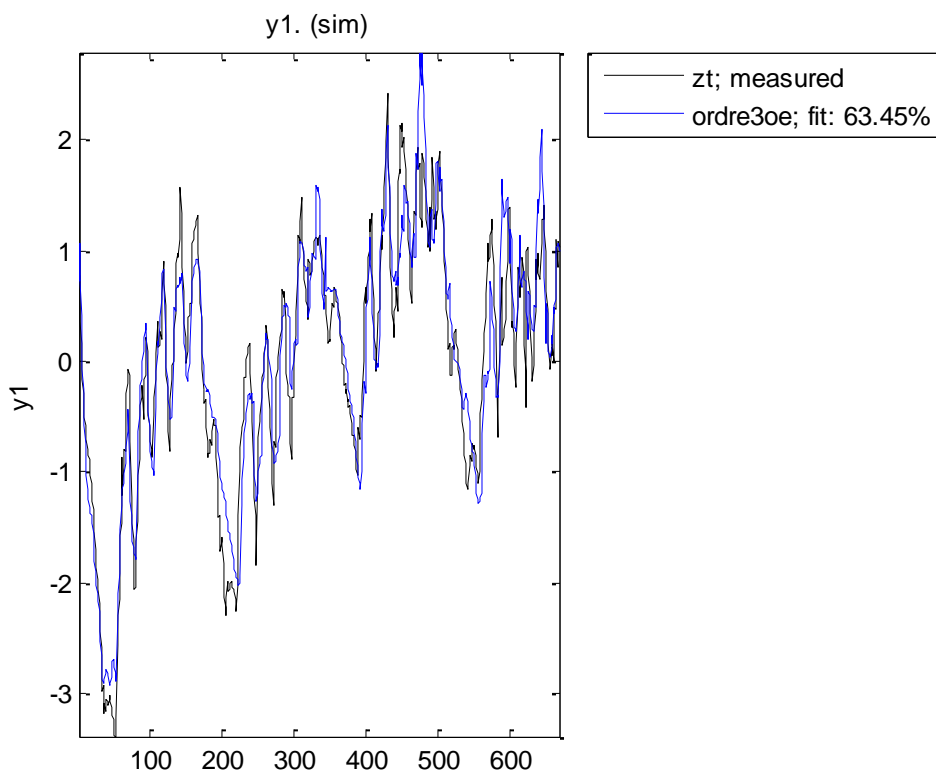
Coefficient de Pearson  $R = 0,8758$ .

Akaike FPE = 0,5089

Es pot observar que l'ajust del model és bastant acertat. Què passa si es redueix l'ordre del model a un ordre 3?

```
ordre3=oe(zt,[3 3 3 3 3 0 0 0])
```

```
figure(2);
compare(zt,ordre3)
```



**Figura 5.3.2 Model OE ordre 3 tèrmic**

L'ajust del model és molt superior i de més fiabilitat segons la comparativa del gràfic. Simulant la sortida i comparant amb la sortida real...

```
%Simular model OE ordre 3
```

```
[Y3, FIT3, X03] = compare(zt,ordre3)
```

```
%Aïllar la sortida Y
```

```
y3=get(Y3{:},'OutputData');
```

$R3 = \text{Pearson}(y3, T\_int\_feb);$

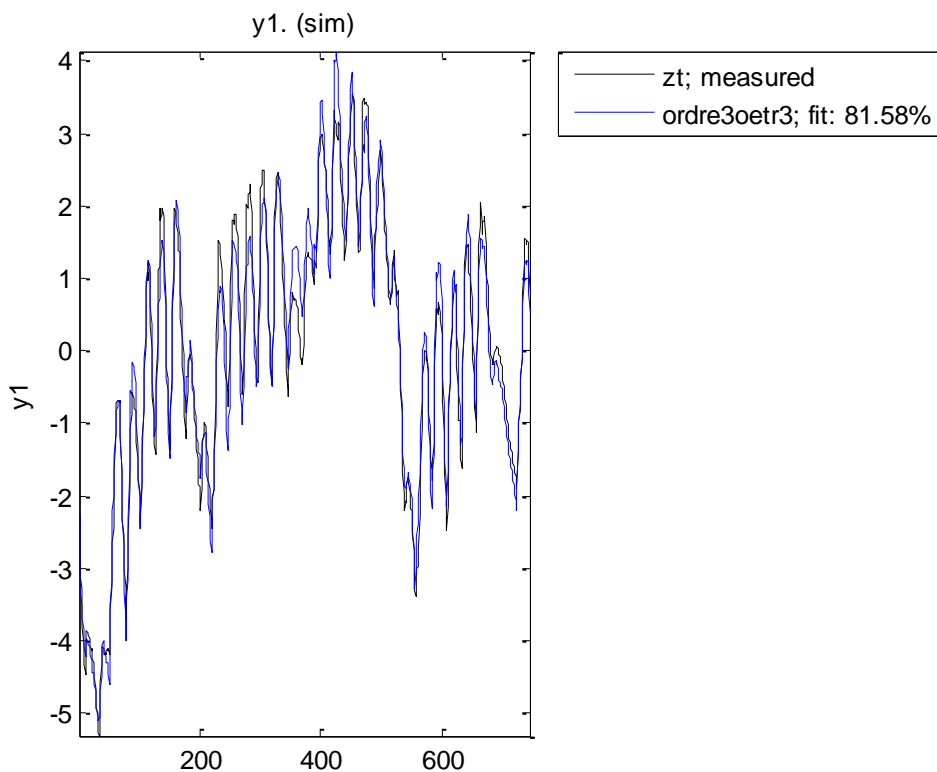
El coeficient de Pearson és de  **$R = 0,9322$** .

Akaike FPE = 0,2016

L'índex d'Akaike és encara menor que el model d'ordre 20 i el coeficient de Pearson arriba quasi bé a la unitat.

Un model Output error de 3r ordre explica amb una altíssima fiabilitat el comportament del sistema. Serà desestimat el model d'ordre 20.

Seguint el mateix procediment amb l'edifici TR3 s'aconsegueix un model OE, reduït fins a l'ordre 3, el qual té una resposta de molta fiabilitat per al mes escollit, març.



Es pot apreciar una corba que descriu perfectament el comportament del sistema, encara a ser un ordre baix de model. El seu coeficient de Pearson és de  $R = 0,9832$ , un valor molt elevat i de molta fiabilitat.

### 5.3.2 Estructura ARX

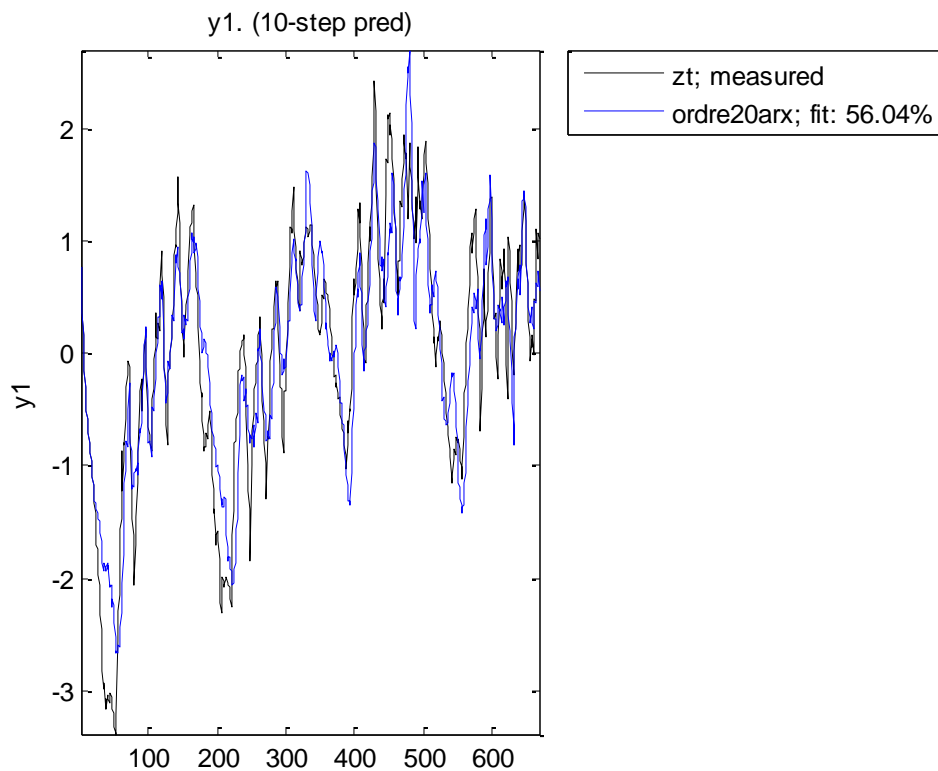
S'ha comprovat que l'estructura OE aconsegueix fer una simulació molt aproximada al sistema que s'estudia. Amb el model ARX es farà un model capaç de predir a hores vista la temperatura interior de l'edifici.

`%Model ARX`

`%Ordre 20`

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

Una vegada definit el model ARX es faran proves de previsions a diferents hores vista.



**Figura 5.3.3 Predicció 10 hores ARX ordre 20**

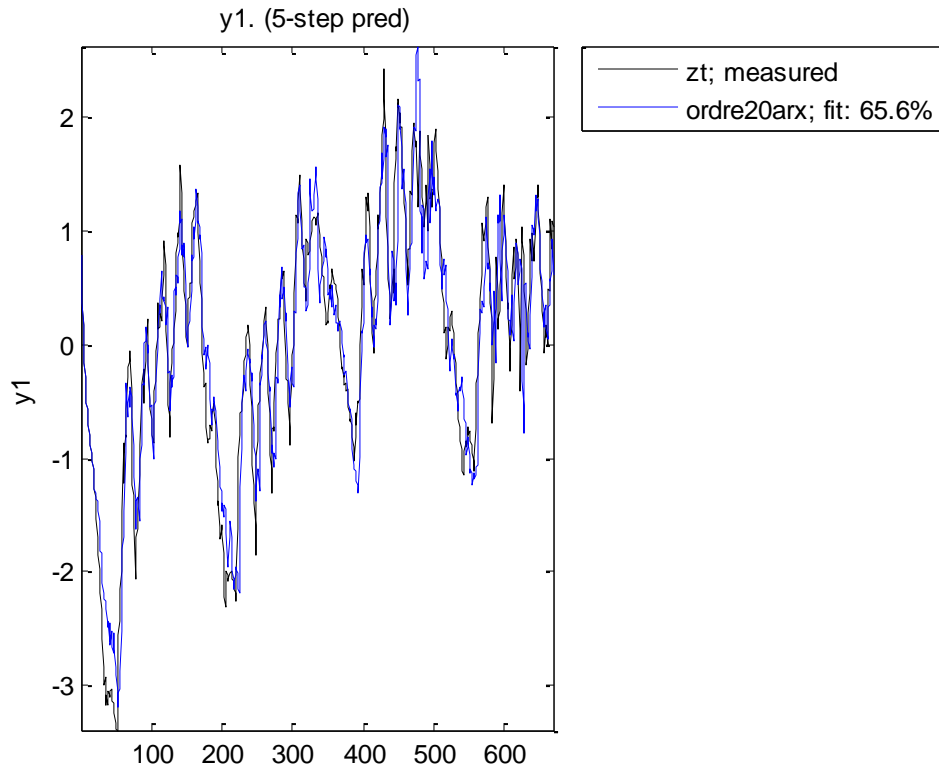


Figura 5.3.4 Predicció 5 hores ARX ordre 20

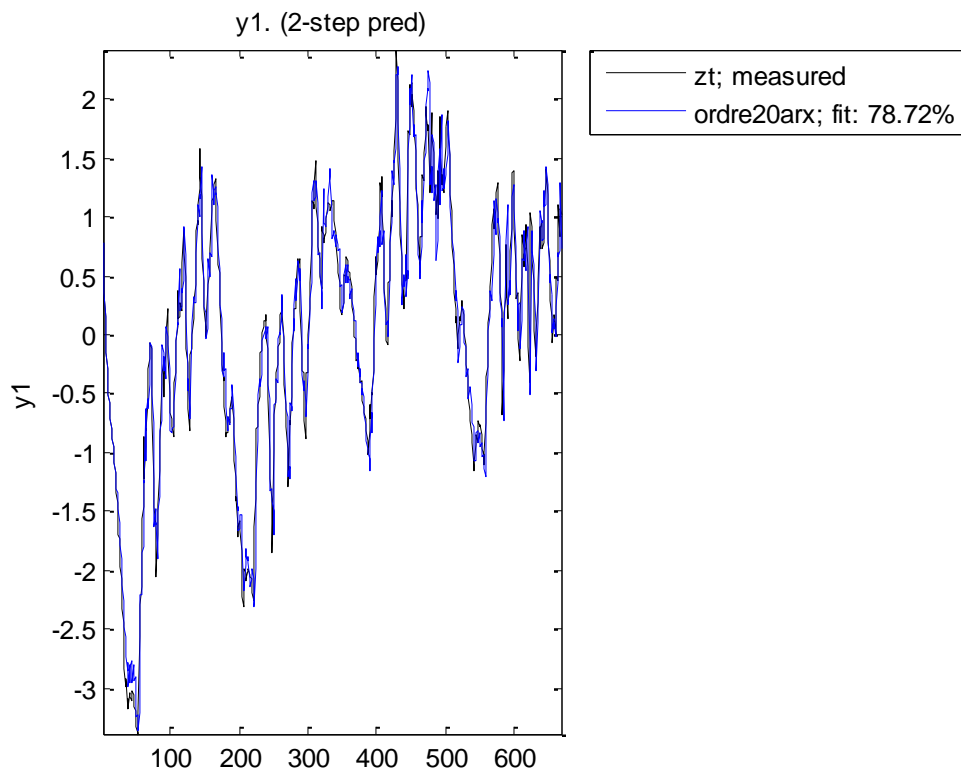
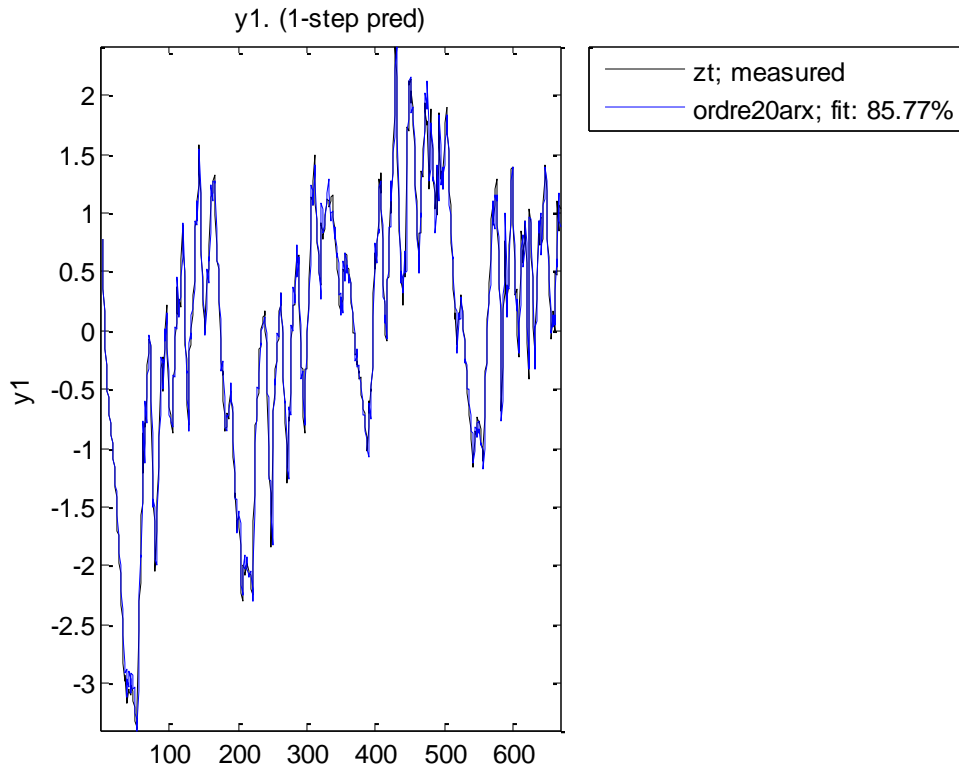


Figura 5.3.5 Predicció 2 hores ARX ordre 20



**Figura 5.3.6 Predicció 1 hora ARX ordre 20**

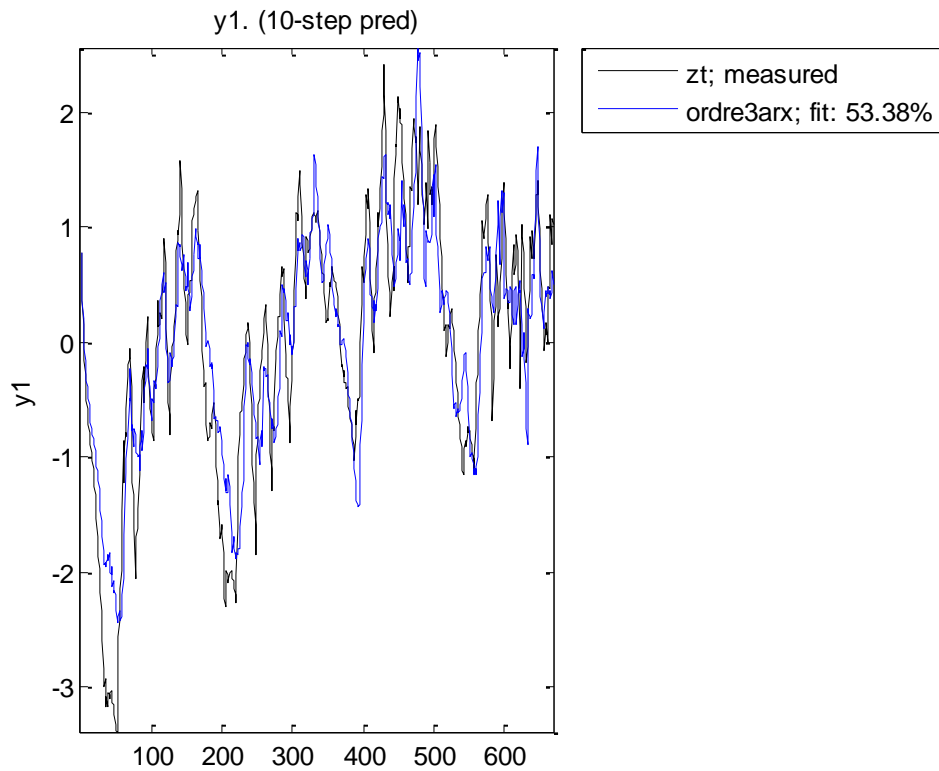
Es pot apreciar com és un model que explica prou bé el comportament del sistema. A més l'índex d'Akaike és prou baix com per poder acceptar-lo,  $FPE=0,0317$ .

Calculant coeficients de Pearson...

- Previsió 10 hores →  $R = 0,8990$
- Previsió 5 hores →  $R = 0,9390$
- Previsió 2 hores →  $R = 0,9771$
- Previsió 1 hora →  $R = 0,9898$

El model ARX és capaç de predir amb molta certesa la sortida del sistema inclús en un temps de 10 hores. Es pot apreciar com quan disminueix el número d'hores a predir la fiabilitat augmenta considerablement, fins al punt d'arribar quasi bé a la perfecció en 1 hora vista, amb un coeficient de Pearson de 0,9897.

S'intentarà reduir el model d'ordre 20, ja que la seva sortida depèn del que passa 20 hores abans i pot ser excessiu. Si es simplifica el model a un ordre 3, per exemple es treuen molt bon resultats també.



**Figura 5.3.7** Predicció 10 hores ARX ordre 3



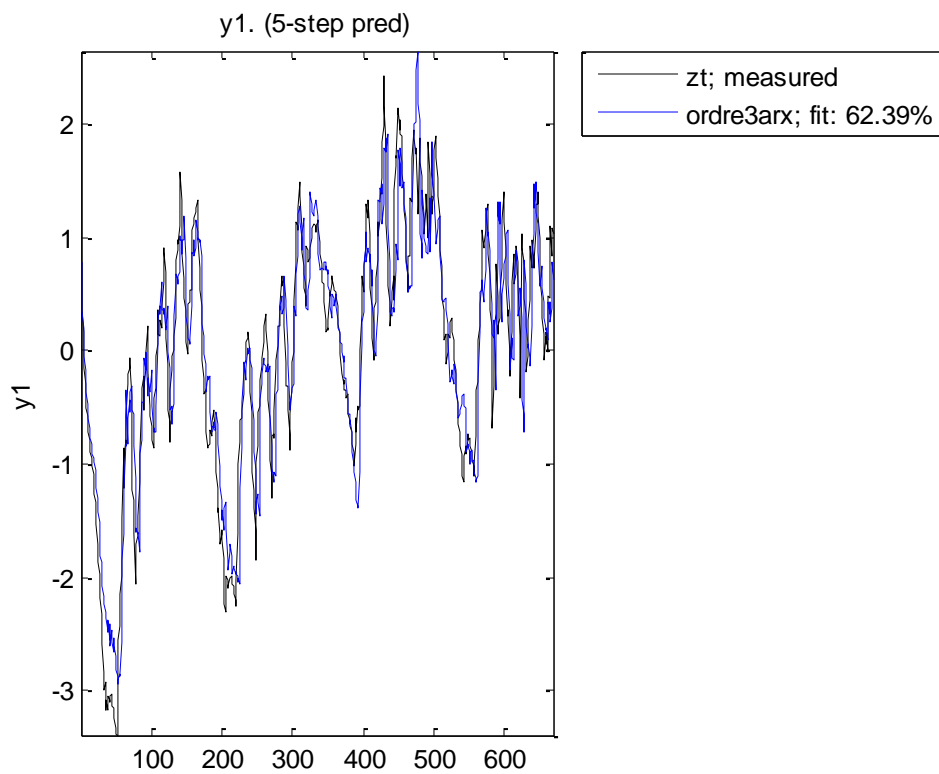


Figura 5.3.8 Predicció 5 hores ARX ordre 3

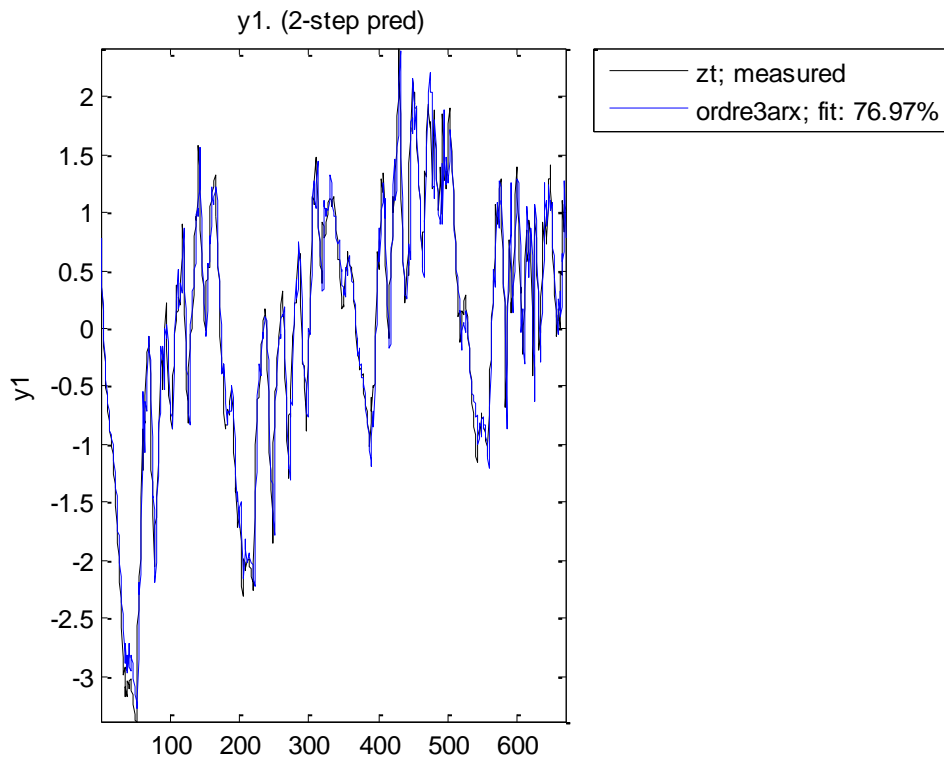


Figura 5.3.9 Predicció 2 hores ARX ordre 3

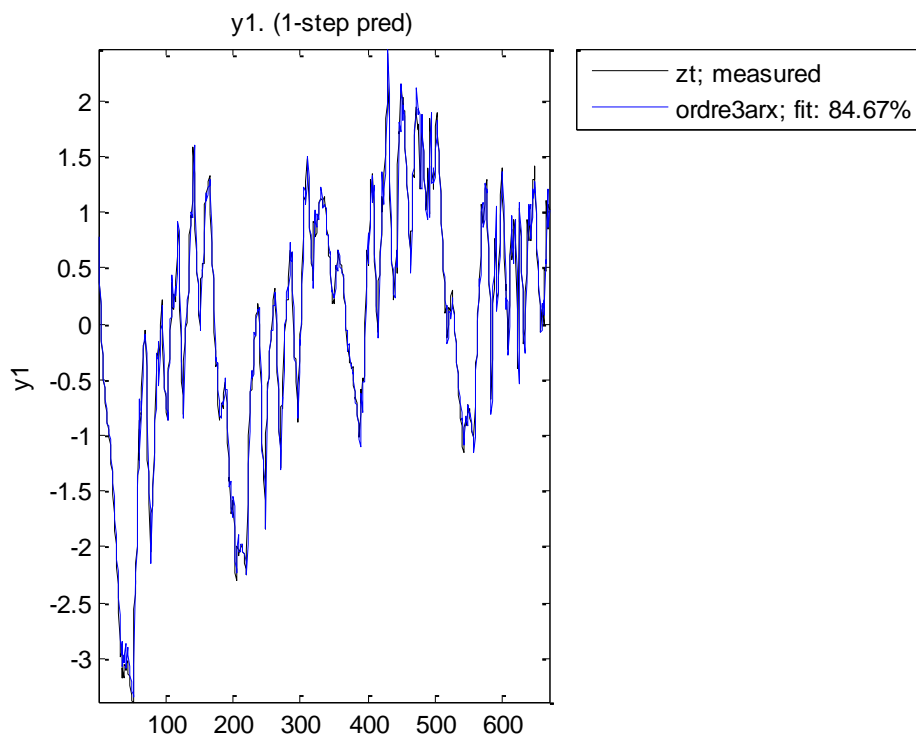


Figura 5.3.10 Predicció 1 hora ARX ordre 3

Simplificar el model en 17 magnituds dóna uns resultats més que acceptables. Son pràcticament iguals que els de model d'ordre 20. L'índex d'Akaike, tot i que el model anterior ja tenia un valor baix, és encara inferior,  $FPE=0,0307$ . Per tant, valdrà més la pena optar per un model molt més simple que pugui explicar de quasi igual manera el sistema que un model molt més complex, com és un d'ordre 20.

- Previsió 10 hores  $\rightarrow R = 0,8871$
- Previsió 5 hores  $\rightarrow R = 0,9267$
- Previsió 2 hores  $\rightarrow R = 0,9731$
- Previsió 1 hora  $\rightarrow R = 0,9882$

Pel que fa al model ARX escollit per al TR3, s'ha decidit escollit un model d'ordre 3 també, el qual presenta una fiabilitat molt elevada inclús per a la predicció cap a 10 hores vista. Els resultats obtinguts per a la correlació de Pearson son

$R_{10} = 0,9696$                        $R_5 = 0,9851$                        $R_2 = 0,9960$                        $R_1 = 0,9985$

Es pot observar com la fiabilitat és màxima.

### 5.3.3 Validació dels models

Després d'haver simulat la sortida al sistema amb models de diferents ordres per cada tipus d'estructura de model, s'ha pogut observar i decidir que, en aquest cas, els models amb grau inferior podien explicar de manera altament precisa el comportament de la sortida del sistema. El següent pas per poder fer la validació dels models escollits i determinar si seran útils per a la seva aplicació en la realitat serà el de utilitzar aquests models en diferents escenaris, amb diferents entrades i comprovar si responen amb certesa segons la sortida esperada. Si tenen un poder de predicció alt de la sortida amb qualsevol entrada es podrà validar. Seguidament es farà la validació per cada model de diferent ordre dintre cada estructura.

Dintre l'estructura **Output error** els resultats han sigut:

- Model d'ordre 20
  - Índex Akaike = 0,5089
  - Coef. Pearson = 0,8758
- Model d'ordre 3
  - Índex Akaike = 0,2016
  - Coef. Pearson = 0,9322

Es decantarà per desestimar el model d'ordre 20, ja que, malgrat a tenir un alt ordre no arriba a aconseguir millors resultats que un model d'ordre 3. Un model molt més simple, com és el de model 3, és capaç de predir amb pràcticament un 94% de fiabilitat la sortida del sistema. Per tant només caldrà validar aquest model per comprovar que serà útil en diferents escenaris.

A l'hora de dissenyar el model s'han pres com a dades mostres del mes de febrer. Per fer la validació es faran proves amb 4 mesos diferents, a més del febrer. S'implementaran els mesos de novembre, desembre, gener i abril. S'ha escollit l'abril ja que té inclosa la setmana santa, on no hi ha presència d'alumnes a l'edifici i hi ha una baixada important de totes les variables que afecten al sistema, el que podria ser un obstacle pel bon funcionament del model.

Aplicant les diferents entrades i sortides dels diferents mesos sobre el model ja definit anteriorment s'aconsegueixen els següents resultats del càlcul de coeficient de Pearson:

Novembre → R = 0,6799

Desembre → R = 0,6381

Gener → R = 0,8871

Febrer → R = 0,9322

Abril → R = 0,5781

Es pot observar com el model Output error no respon bé a tots els mesos. Té bons resultats als mesos de gener i febrer però sortint d'aquí no arriba quasi bé al 70% de fiabilitat. Per tant es pot concloure en que aquest model no serà fiable a l'hora de canviar l'escenari d'aplicació. És un bon model per utilitzar en els mesos de gener i febrer però no a la resta. El model es desestimarà.

El següent pas serà comprovar el **model ARX**. Dintre aquesta estructura amb diferents ordres els resultats han sigut:

· Model d'ordre 20

- Índex Akaike = 0,0317
- Coef. Pearson 10h = 0,8990
- Coef. Pearson 5h = 0,9390
- Coef. Pearson 2h = 0,9771
- Coef. Pearson 1h = 0,9898

· Model d'ordre 3

- Índex Akaike = 0,0307
- Coef. Pearson 10h = 0,8871
- Coef. Pearson 5h = 0,9267
- Coef. Pearson 2h = 0,9731
- Coef. Pearson 1h = 0,9882

Es poden apreciar resultats molt similars a ambdós ordres de model. Això vol dir que amb un model ARX d'ordre 3 es pot obtenir pràcticament la mateixa previsió de la sortida que amb un model d'ordre 20. Lògicament, el model d'ordre 20 ajusta amb molta fiabilitat però serà desestimat per escollir el model d'ordre 3 que respon pràcticament de la mateixa manera.

El següent pas serà validar aquest model per diferents mesos de l'any, d'igual manera que s'ha efectuat amb el model OE. Els resultats aconseguits son:

## · Novembre →

- Coef. Pearson 10h = 0,8362
- Coef. Pearson 5h = 0,9191
- Coef. Pearson 2h = 0,9774
- Coef. Pearson 1h = 0,9913

## · Desembre →

- Coef. Pearson 10h = 0,9316
- Coef. Pearson 5h = 0,9696
- Coef. Pearson 2h = 0,9902
- Coef. Pearson 1h = 0,9960

## · Gener →

- Coef. Pearson 10h = 0,8249
- Coef. Pearson 5h = 0,9137
- Coef. Pearson 2h = 0,9749
- Coef. Pearson 1h = 0,9899

## · Abril →

- Coef. Pearson 10h = 0,8078
- Coef. Pearson 5h = 0,8665
- Coef. Pearson 2h = 0,9514
- Coef. Pearson 1h = 0,9803

Diferenciat al model Output error, el model ARX respon amb molta fiabilitat a qualsevol mes introduït. Per tant el model que s'escollirà per a la utilització de model tèrmic, amb possible aplicació a qualsevol mes de l'any i amb alta precisió, serà el model ARX d'ordre 3.

Pel que fa a la validació de models OE, d'ordre 3, i ARX, d'ordre 3, pertanyents a l'edifici TR3 s'obtenen els següents resultats per a un mes diferent del de disseny del model.

Els resultats obtinguts per la validació del model OE d'ordre 3 dona un bon resultat amb un coeficient de Pearson de  $R = 0,8830$ .

Els resultats obtinguts per la validació del model ARX d'ordre 3, presenten perfectes prediccions. Els coeficients de Pearson per a les diferents prediccions son molt elevats.

$R_{10} = 0,9363$

$R_5 = 0,9659$

$R_2 = 0,99$

$R_1 = 0,9962$

Es decantarà per escollir el model ARX que, encara sent un ordre baix, és molt precís.

## 6 Resultats

### 6.1 Què s'ha obtingut?

Una de les parts més costoses del projecte ha estat el treball de camp. Gràcies a un seguiment insistent d'omplir dades sobre tots els consums, tant elèctrics com tèrmics, que disposen els edificis s'ha obtingut un conjunt de fitxers Excel que emmagatzemen informació útil per ser utilitzada en futures situacions.

Aquests fulls de càlcul contenen informació sobre tots els espais dels edificis estudiats, en quant a consum. La seva utilitat pot ser la de poder consultar quins son els espais que tenen un consum més elevat i quins més baix per, a l'hora d'elaborar horaris de classe, poder aplicar algun tipus de preferència sobre la utilització de cada espai. Les aules que menys consumeixen tendiran a ser més utilitzades que les que tenen un consum més alt per així poder reduir consum ràpidament.

També cal afegir que s'ha descobert, per més d'una persona, que la Universitat disposa d'una eina software, capaç de fer una visualització real dels consums que hi ha, amb una resolució màxima de 15 minuts. S'està parlant del software Sirena, un supervisor de consum de gas, electricitat, aigua i temperatura amb mesures reals. Molt útil per tenir una visió controlada del que passa en tot moment i descobrir si es troba un augment dels consums per poder estar a alerta de prevenir situacions com aquestes.

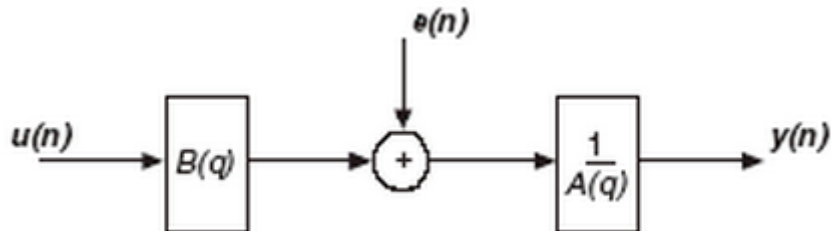
Com a obtenció final s'ha aconseguit definir uns models matemàtics capaços de descriure el comportament energètic, d'una part elèctrica i d'una part tèrmica, amb una fiabilitat alta amb els quals es podrà predir consums futurs variant l'entrada dels sistemes. D'aquesta manera la Universitat podrà comprovar fent hipòtesis de canvis d'horaris o d'aules si tindrà un consum més elevat d'energia o menor i fer plans futurs amb la planificació òptima per tenir el menor consum possible.



## 6.2 Elecció models matemàtics

En quant a l'edifici TR2 els models obtinguts han estat...

Per la part elèctrica s'ha optat per escollir un model lineal, LTI, d'estructura ARX d'ordre 8. Les característiques del model son...



Equació de definició:  $A(q)y(t) = B(q)u(t) + e(t)$

Paràmetres:

$$A(q) = 1 - 1.145 q^{-1} + 0.4452 q^{-2} - 0.02789 q^{-3} + 0.03255 q^{-4} \\ - 0.1254 q^{-5} - 0.0866 q^{-6} + 0.1886 q^{-7} + 0.07604 q^{-8}$$

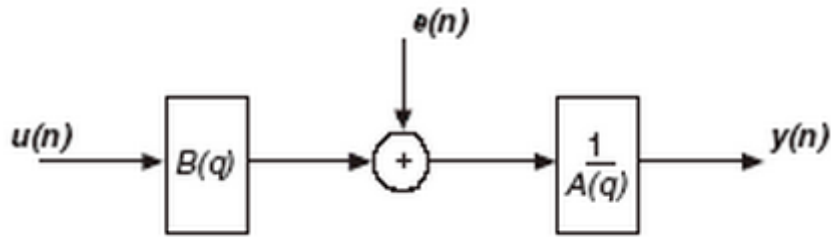
$$B(q) = 1.726e004 - 1.509e004 q^{-1} + 1.14e004 q^{-2} - 6508 q^{-3} \\ + 2217 q^{-4} - 3502 q^{-5} - 2064 q^{-6} + 5239 q^{-7}$$

Aquest model serà capaç de **predir** el futur agafant com a dades 8 mostres d'escenaris passats, degut al seu ordre, concretament, entrades actual i anteriors i sortides actual i anteriors **reals**.

La fiabilitat del seu poder de predicció a diferents intervals d'hores

	10 h	5 h	2 h	1 h
Fiabilitat(%)	87,79	87,22	89,23	94,49

Per la part tèrmica s'ha optat també per escollir un model lineal d'estructura ARX, però en aquest cas d'ordre 3. Les característiques del model son...



Equació de definició:  $A(q) \cdot y(t) = B(q) \cdot u(t) + e(t)$

Paràmetres:

$$A(q) = 1 - 1.122 q^{-1} + 0.08457 q^{-2} + 0.08233 q^{-3}$$

$$B_1(q) = 0.2843 + 0.2423 q^{-1} + 0.3329 q^{-2}$$

$$B_2(q) = 0.01589 - 0.005976 q^{-1} + 0.001128 q^{-2}$$

$$B_3(q) = 8.245e-005 + 7.338e-005 q^{-1} - 0.0001203 q^{-2}$$

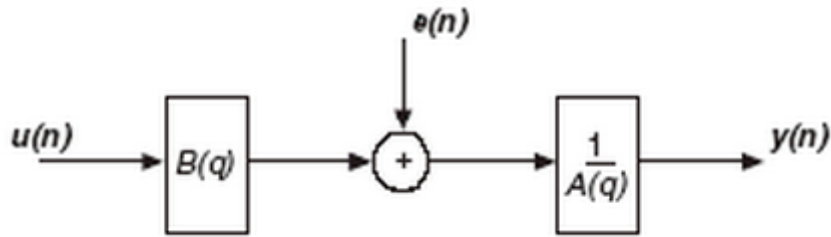
Aquest model serà capaç de **predir** el futur agafant com a dades 3 mostres d'escenaris passats, degut al seu ordre, concretament, entrades actual i anteriors i sortides actual i anteriors **reals**.

La fiabilitat del seu poder de predicció a diferents intervals d'hores

	10 h	5 h	2 h	1 h
Fiabilitat(%)	89	92	96	98,5

En quant a l'edifici TR3 els models obtinguts han estat...

Per la part elèctrica s'ha optat per escollir un model lineal, LTI, d'estructura ARX d'ordre 20, degut a la complexitat de l'edifici en l'àmbit elèctric. Les característiques del model son...



Equació de definició:  $A(q) \cdot y(t) = B(q) \cdot u(t) + e(t)$

Paràmetres:

$$\begin{aligned}
 A(q) = & 1 - 0.8307 q^{-1} + 0.2789 q^{-2} + 0.03549 q^{-3} - 0.03612 q^{-4} \\
 & + 0.2046 q^{-5} + 0.06363 q^{-6} - 0.1213 q^{-7} + 0.1978 q^{-8} \\
 & - 0.1049 q^{-9} + 0.106 q^{-10} + 0.1029 q^{-11} - 0.05366 q^{-12} \\
 & + 0.2032 q^{-13} + 0.01794 q^{-14} - 0.05618 q^{-15} + 0.139 q^{-16} \\
 & - 0.1148 q^{-17} + 0.2608 q^{-18} + 0.1533 q^{-19} - 0.1788 q^{-20}
 \end{aligned}$$

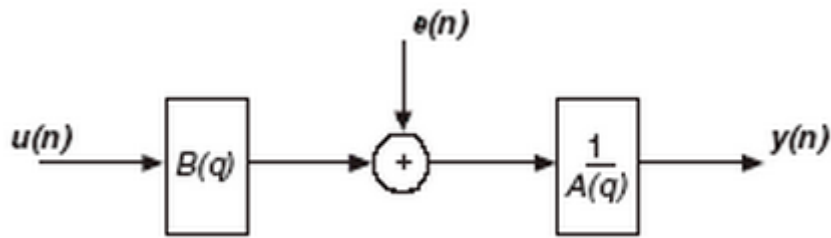
$$\begin{aligned}
 B(q) = & 1.049e004 - 3707 q^{-1} + 354.2 q^{-2} - 739.5 q^{-3} - 2130 q^{-4} \\
 & + 561.4 q^{-5} + 197.1 q^{-6} - 740.4 q^{-7} + 774.5 q^{-8} \\
 & - 3958 q^{-9} + 1695 q^{-10} + 1369 q^{-11} - 974.3 q^{-12} \\
 & - 1055 q^{-13} + 109.3 q^{-14} - 402.3 q^{-15} + 3811 q^{-16} \\
 & - 1745 q^{-17} - 3400 q^{-18} + 1856 q^{-19}
 \end{aligned}$$

Aquest model serà capaç de **predir** el futur agafant com a dades 20 mostres d'escenaris passats, degut al seu ordre, concretament, entrades actual i anteriors i sortides actual i anteriors **reals**.

La fiabilitat del seu poder de predicció a diferents intervals d'hores

	10 h	5 h	2 h	1 h
Fiabilitat(%)	89	86	88	95

Per la part tèrmica s'ha optat també per escollir un model lineal d'estructura ARX, també d'ordre 3. Les característiques del model son...



Equació de definició:  $A(q) \cdot y(t) = B(q) \cdot u(t) + e(t)$

Paràmetres:

$$A(q) = 1 - 1.356 q^{-1} + 0.3684 q^{-2} + 0.007455 q^{-3}$$

$$B_1(q) = 0.5319 + 0.0393 q^{-1} - 0.2692 q^{-2}$$

$$B_2(q) = 0.08089 - 0.07486 q^{-1} + 0.005796 q^{-2}$$

$$B_3(q) = 6.819e-005 + 0.0004251 q^{-1} - 0.0001485 q^{-2}$$

Aquest model serà capaç de **predir** el futur agafant com a dades 3 mostres d'escenaris passats, degut al seu ordre, concretament, entrades actual i anteriors i sortides actual i anteriors **reals**.

La fiabilitat del seu poder de predicció a diferents intervals d'hores

	10 h	5 h	2 h	1 h
Fiabilitat(%)	93	96	98	99

### 6.3 Observacions

Aquest projecte ha ajudat a comprendre situacions i detalls que si no es miren amb deteniment no es poden arribar a imaginar. Un dels exemples més clars és el de consum de fons. Una cosa tan simple com tenir un aparell endollat a la xarxa elèctrica, encara que no sigui utilitzat, consumeix una energia. La suma total d'aparells, multiplicats per la energia consumida, multiplicats pel nombre

d'hores que hi ha entre dos rebuts de consum de llum arriba a donar xifres molt altes que s'han de pagar.

En quant als edificis estudiats s'ha trobat inventari connectat a la xarxa i sense un període d'utilització marcat ni necessari que manté un consum d'energia que no esta aprofitat.

L'ascensor que es troba al TR2 té molt baixa utilització i té un consum constant de 230 Watts cada hora. Aquest no deixa de consumir fins i tot per la nit ni els cap de setmana, cosa que és totalment innecessària. Disposa de lluminària interior que, encara no sent utilitzat, es troba en funcionament.

Per altra banda es troben els aires centralitzats. Aquests tenen un mecanisme de manteniment constant que consumeix gairebé 500 Watts cada hora. El que fa aquest manteniment és mantenir els aparells en continu estat de preparació per ser utilitzats, però, per exemple, a la nit o als cap de setmana no caldria tenir aquesta preparació, ja que no seran utilitzats.

El pati interior que disposa d'un pàrquing té una lluminària de 17 il·luminadors de potència 70 Watts cadascun, els quals es troben en funcionament cada dia de l'any entre les 20:00 i les 8:00. Aquest consum és innecessari, o almenys molt reduïble. La col·locació d'aquests il·luminadors és mot propera entre ells i no faria falta la utilització de molts d'ells.

La maquinària del TR3 de la part tèxtil està majorment connectada a la xarxa elèctrica, essent màquines de grans dimensions que poden tenir un gran consum de fons.

Per altra banda, als laboratoris de química es troben aparells, com les balances, que tenen un consum de fons aproximat de 6 Watts, la majoria, pràcticament el mateix consum que quan es troben en utilització.

La secretaria de departament disposa de servei de megafonia, la qual necessita una alimentació. Aquesta alimentació arriba a consumir 333 Watts, el problema present és que aquest servei es troba alimentat les 24 hores del dia. Efectivament, el servei de megafonia no serà utilitzat per la nit o els cap de setmana, llavors podria ser desconnectat per tal de reduir el consum.

Una dada important en quant a la utilització d'aules o laboratoris és la inconsciència del personal sobre el consum que pot tenir el simple fet d'engegar la lluminària de dit espai. Es pot observar, simplement fent una passada per l'edifici, que la majoria d'aules tenen tota la lluminària de fluorescents en funcionament encara que sigui innecessari. Tenint en compte que un sol fluorescent pot arribar a consumir 58 Watts la hora, es pot fer una idea de que si s'apagués només un parell de fluorescents per aula utilitzada, es sumaria una quantitat de pot ser 50 fluorescents, el que equivaldria a una reducció de consum d'uns 3000 Watts l'hora.

El mateix passa amb els despatxos. Una sola persona en una sala, on només està treballant sobre una taula, no necessitarà més lluminària que aquella que pugui il·luminar la zona de treball. Malgrat això es pot observar que mantenen tots els llums encesos encara que no siguin necessaris. Cal afegir que s'han trobat despatxos on el personal utilitza simplement una llum de taula que il·lumini la zona de treball, quan allò pot arribar a consumir uns 30 o 60 Watts, en comptes de 400 Watts que poden consumir el conjunt de fluorescents.

En quant als passadissos, es troba que a la nit i als cap de setmana hi ha excés d'il·luminació. Respecte a la tarda es redueix el consum d'il·luminació de passadissos, però continua essent innecessari.

Pel que fa la part tèrmica es poden trobar espais amb excés de calefacció. Això pot ser degut a que hi ha zones que han sigut redistribuïdes i no s'ha fet una redistribució dels radiadors.

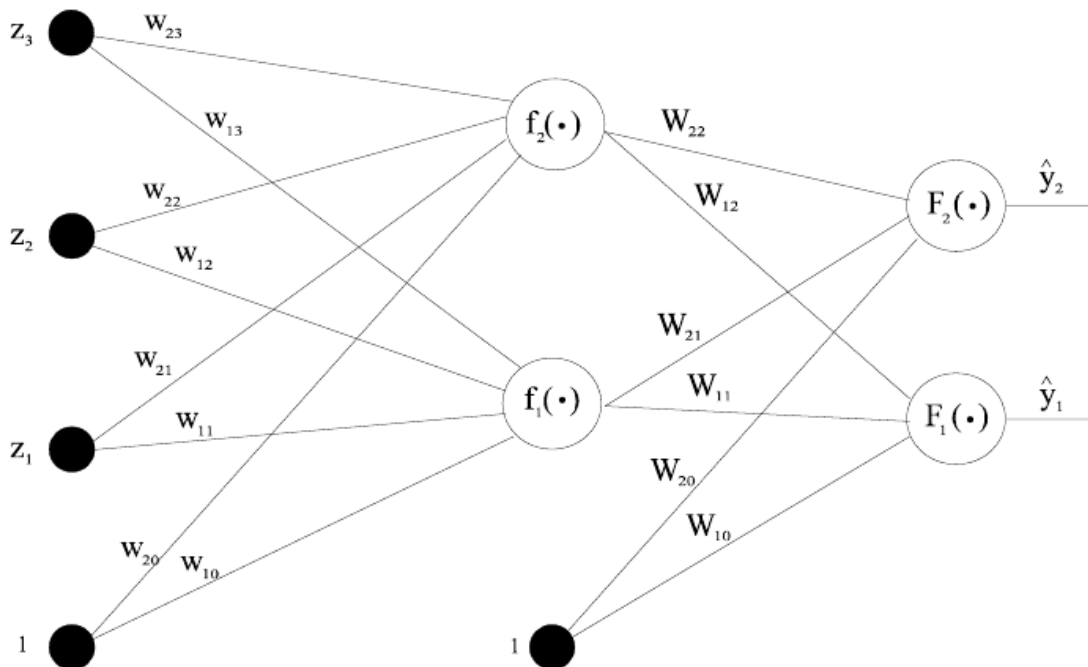
El més important en quant a la part tèrmica és que hi ha espais que no son utilitzats i es troben amb els radiadors en funcionament, encara que després no hi hagi classe. Es tracta d'un consum innecessari que es podria evitar.

A més, segons estudis se sap que la potència que ha de radiar un radiador per estar en una situació idònia son 60kW/m<sup>2</sup>. Si s'observa al fitxer Excel del treball de camp de la part tèrmica, es pot observar com es troben molts espais que superen amb diferència aquesta norma establerta, arribant fins i tot al doble en molts casos.

En relació a l'ajust de paràmetres de models per a la predicció, a més dels models LTI, amb estructura OE i ARX, s'ha optat per provar amb un altre tipus

de model, no lineal, tipus caixa negra: les **xarxes neuronals**. S'ha fet ús de la toolbox per a MATLAB creada per Magnus Nørgaard i anomenada NNSYSID (Neural Networks for System Identification). Es tracta d'un conjunt d'eines de MATLAB per a la identificació de sistemes dinàmics no lineals en forma de xarxa neuronal artificial. La toolbox conté una sèrie d'arxius \*.m per a l'entrenament i l'avaluació de xarxes multicapa en un entorn MATLAB.

Les xarxes neuronals intenten simular el comportament d'aprenentatge que té el cervell humà. Aquestes "aprenen" de l'experiència, generalitzen d'exemples previs a nous exemples i abstraen les característiques principals d'una sèrie de dades.



El sistema rep una sèrie d'entrades, entre les quals s'inclou la sortida del nostre model. Aquestes entrades són ponderades per una sèrie de pesos 'W', els quals són els diferents paràmetres que defineixen el comportament d'aquest tipus de sistemes. El resultat d'aquestes multiplicacions es suma i es sotmet el resultat a una funció d'activació que proporcionarà la sortida del sistema.

Pot haver més d'una capa de processament de dades; malgrat aquest fet, en el cas de la figura apareix una sola capa interna, també anomenada oculta, i també s'observa la capa de sortida. La funció d'activació pot tenir naturalesa lineal o hiperbòlica, principalment.

La fase d'entrenament dels diferents pesos o paràmetres es basa en canviar el valors d'aquests per tal de que la sortida predita pel model s'assembli el més possible a la sortida real del procés. Es fa una sèrie d'iteracions fent variacions dels paràmetres fins que s'aconsegueix el millor resultat; el procediment que el programa segueix a l'hora de variar els valors dels paràmetres és el mètode de Levenberg-Marquadt. Aquest procediment consisteix a guiar-se a través de l'espai de paràmetres (pesos) tot calculant, de forma numèrica i en totes les direccions, el gradient de la funció error (entre la sortida real i la prevista pel model per a cada combinació de paràmetres). Per trobar aquella combinació de pesos òptima (la que minimitza l'error d'identificació) cal seguir sempre la direcció oposada a aquella que assenyala el gradient numèric. Quan el mínim valor d'error no millora en cap direcció, el programa retorna el vector de pesos òptims locals de l'entrenament.

La primera suposició sobre aquest tipus de model fou que, probablement, s'obtidrien millors resultats que no pas amb un model lineal, degut a la seva complexitat davant d'un model LTI. La sorpresa s'ha donat quan, fent aquestes proves, s'ha pogut observar que els resultats no milloren la resposta d'un model lineal i que, en més d'un cas, fins i tot l'empitjora. Per tant, en no obtenir resultats notablement millors que aquells amb el model lineal, s'ha optat per no considerar aquest tipus de model en el treball.



# 7 Propostes de millora

(Es calcularan valors comptant el preu del kWh elèctric = 0,127948 €/kWh)

En gran referència a les observacions que s'han dut a terme a mida que s'elaborava el projecte, sobretot en quant a la part de treball de camp, s'han pogut extreure algunes conclusions que aporten a elaborar propostes de millora per a la eficiència energètica del edificis estudiats.

## 1. Aires centralitzats

Al TR2 hi ha la presència dels aires centralitzats, útil la seva utilització, però innecessari el seu continu consum. Els aires centralitzats per tal d'estar preparats per al seu funcionament, allà quan calgui, mantenen una alimentació continua la qual es podria reduir quan arriba la nit i sobretot el cap de setmana. Està bé que es trobin en estat d'espera als horaris de classe, però no quan no s'espera la seva utilització.

Amb el pas de desconnectar-los cada dia a les 22:00h fins a les 6:00 i els cap de setmana sencers, en una setmana reduiria el consum aproximadament en **42,504 kW en una setmana**. Això equivaldria a **5,44 €/setmana**.

## 2. Il·luminació exterior

Entre el TR2 i el TR3, encara que pertanyent al TR2 en quant a consum, es troba un pati/pàrquing exterior que té una il·luminació nocturna, la qual s'engega a les 20:00h i s'apaga a les 8:00h.

En primer lloc, es considera en aquest estudi que hi ha excés de lluminària exterior. En tot el pati es troben 17 il·luminadors de consum 70Wh. D'aquests 17 il·luminadors, podrien ser realment necessaris uns 8, ja que si s'apaga un de cada dos, continuarà havent-hi bona il·luminació.

Per altra banda, el consum d'aquestes es podria reduir apagant-les també el cap de setmana, tornant al seu funcionament a les 6:00h del dilluns, ja que difícilment aquest pàrquing serà utilitzat.

Considerant aquestes dues reduccions es podria estalviar aproximadament un consum de **63,98 kW** en **una setmana**. Això equivaldria a **8,186 €/setmana**.

### 3. Luminària passadissos

Es considera que la lluminària als passadissos per la nit i els cap de setmana és innecessària. Si s'eliminés el consum de lluminària de passadissos a partir de les 00:00h fins a les 6:00 cada dia entre setmana i s'eliminés també tota la nit del dissabte-diumenge, i també fins a les 6:00h del dilluns, s'estalviaria al voltant de **97,87 kW** en **una setmana**. Això equivaldria a **12,5 €/setmana**.

### 4. Fonts d'aigua

A l'edifici TR2 es troben 3 fonts d'aigua, les quals tenen un consum de fons de 12,3 Wh, per tal de mantenir l'aigua en temperatura per consumir-la. Si es desconnectés aquesta alimentació continua cada nit des de les 00:00h fins a les 7:00h s'estalviaria al voltant de **0,603 W** en **una setmana**. Això equivaldria a **0,077 €/setmana**.

### 5. Interruptor general a les aules per consum de fons.

Es troba que la suma dels consums de fons total entre aules, laboratoris i despatxos del TR2 equival a **2,873 kWh**. Aquest consum es troba quan tots aquests espais es troben sense ser utilitzats, és a dir, tot apagat. La suma de tots els aparells que tenen un consum de fons arriben a donar aquest valor.

Si s'optés per posar a tots els espais un interruptor general que alimenti a tota l'aula, despatx o laboratori, s'aconseguiria reduir aquest consum pràcticament sencer. Si s'eliminés aquest consum per complet cada nit de 00:00h a 6:00h i, almenys, dissabte a la nit i diumenge sencer, s'estalviaria al voltant de **172,38 kW** en **una setmana**. Això equivaldria a **22,06 €/setmana**.

## 6. Ascensor, interior.

L'edifici TR2 disposa d'un ascensor, el qual és de baixa utilització. Aquest consumeix 230 Wh mentre es troba en estat d'espera, és a dir, no està en funcionament. És difícil argumentar que aquesta alimentació es pugui eliminar a certes hores, ja que no se sap si és bo per al seu estat estar connectant-lo i desconnectant-lo de tant en tant. Per tant s'ha optat per vigilar el seu interior. Aquest disposa de lluminària interior, la qual es troba en funcionament encara que no hi hagi ningú. La lluminària interior està consumint al voltant de 50 Wh, el qual es podria reduir o eliminar amb un sensor de presència que activés aquesta il·luminació només si algú es troba dintre de l'ascensor. Si es compta que s'estalvia aquesta energia les 24h del dia i els set dies de la setmana, tenint en compte que la seva utilització és baixa, s'estalviarien al voltant de **8,4 kW en una setmana**. Això equivaldria a **1,07 €/setmana**.

Si es fa una suma dels valors calculats s'aconseguiria estalviar aproximadament **50 €/setmana**. El que equival a uns **2607,14€/any**.

Per últim, i incalculable l'estalvi, es troba el pas de la conscienciació de la gent. Es pot invertir un pressupost en fer cartells o avisos que conscienciïn a la gent del que és l'estalvi energètic. Si cada persona és conscient d'utilitzar la menor energia possible als espais i d'apagar els llums allà d'on marxi, es podria arribar a tenir un gran estalvi energètic en les hores més crítiques.

## 8 Conclusions

Aquest projecte ha ajudat a poder veure el que s'amaga darrere els consums. Ha ajudat a veure que els consums que apareixen a la factura elèctrica no són només aquells consums que estan aprofitats, com pot ser utilitzar un ordinador, o un microones, sinó que darrere de tota la energia aprofitada hi ha un altre tipus d'energia que es pot estalviar i a la llarga suposa un estalvi important de consum, i per tant, de diners.

S'ha aconseguit arribar, través de generar un treball de camp, mirant espai per espai i aparell per aparell, que realment el consum aparent està generat a través dels aparells estudiats, ja que les corbes dels indicadors energètics són molt aproximats als reals. Això implica que editant el fitxer Excel executat, si s'apliquen alguns canvis sobre l'edifici, es podrà preveure el consum aproximat que es trobaria.

En resposta a la pregunta "Arribaré a la temperatura de confort si engego la caldera alguna hora més tard?" s'ha fet un script per Matlab, propi, el qual defineix una predicció, a tantes hores vista com es vulgui, de la temperatura interior que hi haurà a l'edifici segons l'acció de diferents entrades, concretament, ocupació, temperatura exterior i consum de la caldera generadora de calor.

Per tal d'implementar aquest predictor a la realitat, s'hauria d'implementar en temps real per aconseguir resultats, durant un mes. El seu funcionament és el següent:

S'han d'introduir les dades d'ocupació, temperatura exterior i utilització de la caldera que es tindrà sobre el més de prova, i per altra banda se li ha de passar la mesura real de temperatura interior de l'edifici, per exemple, a través d'una sonda que ho pugui mesurar. El predictor utilitzarà aquestes dades d'entrada i les sortides reals per tal de predir el que passarà a tantes hores vista com es desitgi. Només entrant aquestes dades i la temperatura interior a temps real, es podrà saber quina serà la sortida, per exemple, 10 hores endavant. Amb aquesta predicció es podrà jugar amb la utilització de la caldera

i comprovar si es pot mantenir apagada més hores per tal d'augmentar l'estalvi. El codi Matlab que defineix el predictor serà el següent.

En primer lloc es defineixen els diferents arguments a passar a la funció. Aquí s'inclouen els paràmetres del model utilitzat, l'ocupació, la temperatura exterior, el consum de la caldera, la temperatura interior real sense canvis a les entrades i per últim el número d'hores que es volen predir.

```
function ysim =
PredictorTR22(f12,f13,f14,f22,f23,f24,f32,f33,f34,b11,b12,b13,b21,b22,
b23,b31,b32,b33,ocup,Text,Gas,Tint,H)
```

S'inicialitzen els diferents models, segons ocupació, segons  $T^0$  exterior i consum de la caldera, amb relació a la sortida, segons el pes que té cada entrada sobre la sortida.

```
yoc(1:3)=0.9437*Tint(1:3);
yText(1:3)=0.056*Tint(1:3);
ygas(1:3)=(2.4685e-004)*Tint(1:3);
```

Aquí comencen les iteracions on el predictor anirà aplicant els diferents paràmetres del model i multiplicant-los per les diferents entrades i sortides reals a cada moment, fins a arribar a complir el mes sencer.

```
for i=4:length(Tint)-H
```

```
    for k=i:(i+H)
```

```
        yoc(k) = -f12*yoc(k-1) - f13*yoc(k-2) - f14*yoc(k-3) ...
                + b11*ocup(k) + b12*ocup(k-1) + b13*ocup(k-2);
```

```
        yText(k) = -f22*yText(k-1) - f23*yText(k-2) - f24*yText(k-3) ...
                + b21*Text(k) + b22*Text(k-1) + b23*Text(k-2);
```

```
        ygas(k) = -f32*ygas(k-1) - f33*ygas(k-2) - f34*ygas(k-3) ...
                + b31*Gas(k) + b32*Gas(k-1) + b33*Gas(k-2);
```

```
ysim(k)=yoc(k)+yText(k)+ygas(k);
```

```
end
```

```
end
```

Finalment s'imprimirà en un gràfic el resultat de la simulació amb la temperatura real introduïda, la que hi hauria amb comportament normal sense retardar l'efecte de la caldera.

Aquí es podrà comparar si canviaria la temperatura interior apagant la caldera, respecte si no s'apagués.

```
ysim=ysim';
```

```
plot(ysim)
```

```
hold on
```

```
plot(Tint, 'g');
```

## 9 Annexes

### A1. Planta 0 elèctric TR2

Planta 0					
Ud	Objecte	Comentari	P màx (W)	F.U.	P fons (W)
001 Laboratori automatització					
18	Fluorescent		58	1	0
2	Llum emergència		3	1	3
10	Torre PC		300	0,3	0
10	Pantalla PC		280	0,25	0
2	Climatitzador	Cool	2800		0
		Hot	5520		0
10	Autòmates	TSX PSY2600	26	0,5	0
		TSX P571634	12		0
		ETY PORT	12		0
		TSX DEY16D2	12		0
		TSX DSY16T2	12		0
		TSX AEY800	12		0
		TSX ASY410	12,2		0
1	Relé programable	SR2 B121BD		0,01	0
1	Projector		270	0,01	0
1	Interface P supply	ASI ABLM3024	72	0,01	0
1	Projector		690	0,01	0
1	Video Splitter		1,24	0,01	0
Lux: 613/476/607					
<b>TOTAL</b>			3151,3324		6
<b>50%</b>			1575,6662		
004 Automatització aplicada					
24	Fluorescent		58	1	0
2	Fluorescent		18	1	0
2	Llum emergència		3	1	3
4	Torre PC		92	0,2	3,5
4	Pantalla PC		280	0,1	0,4
4	Càmera	AXIS 206	2,55	1	2,55
1	Transformador	Per maqueta tren	70	0,05	0
1	Torretes	De maquinària	690	0,01	60
1	Màquines			0,01	60
Lux: 680/510/50/363					

<b>TOTAL</b>			1640,2		151,8
<b>50%</b>			820,1		
006 Despatx					
6	Fluorescent		36	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Torre PC		300	0,3	3,5
2	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Climatitzador	Cool	2800		0
		Hot	5520		
1	Impresora		667	0,01	60
Lux: 952/465					
<b>TOTAL</b>			455,67		67,3
<b>50%</b>			227,835		
007 Despatx					
6	Fluorescent		36	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		0
		Hot	5520		
2	Torre PC		300	0,01	3,5
1	Impresora	LaserJet 2600n	185	0,01	15
1	Impresora	OfficeJet 5610	60	0,01	5,6
Lux: 541/550					
<b>TOTAL</b>			227,45		30,6
<b>50%</b>			113,725		
008 Laboratori projectes automatització					
8	Fluorescent		36	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		0
		Hot	5520		
1	Autòmates	TSX PSY2600	26	0,5	0
		TSX P571634	12		0
		ETY PORT	12		0
		TSX ETY 5103	2,4		0
6	Torre PC		300	0,3	3,5
5	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1		DeskJet 1120C	47,7	0,01	11,3
5	Càmera	AXIS 206	2,55	1	2,55
3	Processor Modules	P341000	1,73	0,2	0
		NOE0100	2,16		0
		DDM3202k	4		0
		DDO1602	4		0
1	Transformador		23		23



1	Variador		750		
Lux: 560/665					
<b>TOTAL</b>			1227,561		80,7
<b>50%</b>			613,7805		
017 Aula informàtica					
18	Fluorescent		28	1	0
2	Fluorescent		36	1	0
2	Llum emergència		3	1	3
21	Torre PC		300	0,3	3,5
21	Pantalla PC		280	0,25	0,4
2	Aire centralitzat				
1	Projector	EPSON 3LED	250	0,1	2
Lux: 340/440/250					
<b>TOTAL</b>			3967		89,9
<b>50%</b>			1983,5		
018 Aula informàtica					
18	Fluorescent		28	1	0
2	Fluorescent		36	1	0
2	Llum emergència		3	1	3
21	Torre PC		300	0,3	3,5
21	Pantalla PC		280	0,25	0,4
2	Aire centralitzat				
1	Projector	EPSON 3LED	250	0,1	2
Lux: 480/720/375					
<b>TOTAL</b>			3967		89,9
<b>50%</b>			1983,5		
019 Seminari 3					
18	Fluorescent		28	1	0
2	Fluorescent		36	1	0
2	Llum emergència		3	1	3
2	Aire centralitzat				
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		160	0,25	0,4
Lux: 675/723/613					
<b>TOTAL</b>			712		9,9
<b>50%</b>			356		
025 Laboratori projectes					
12	Fluorescent		28	1	0
2	Fluorescent		36	1	0
2	Llum emergència		3	1	3
12	Torre PC	8 norm. Standby	300	0,2	3,5
10	Pantalla PC		280	0,01	0,4
8	Generador senyal		14	0,1	0

8	Oscil·loscopi		230	0,1	0
8	Font alimentació		145	0,1	0
Lux: 380/453/274					
<b>TOTAL</b>			1473,2		52
<b>50%</b>			736,6		
027 Laboratori electrònica bàsica					
12	Fluorescent		28	1	0
2	Fluorescent		36	1	0
2	Llum emergència		3	1	3
12	Torre PC		300	0,3	3,5
12	Pantalla PC		280	0,25	0,4
12	Font alimentació		145	0,1	0
12	Generador senyal		14	0,1	0
12	Oscil·loscopi		45	0,1	0
Lux: 435/489/389					
<b>TOTAL</b>			2578,8		52,8
<b>50%</b>			1289,4		
028 Laboratori sistemes electrònics analògics					
12	Fluorescent		28	1	0
2	Fluorescent		36	1	0
2	Llum emergència		3	1	3
12	Torre PC		300	0,3	3,5
12	Pantalla PC		280	0,25	0,4
12	Font alimentació		145	0,1	0
12	Generador senyal		14	0,1	0
12	Oscil·loscopi		30	0,1	0
Lux: 465/566/400					
<b>TOTAL</b>			2560,8		52,8
<b>50%</b>			1280,4		
029 Laboratori instrumentació electrònica i camp. Energ.					
12	Fluorescent		28	1	0
2	Fluorescent		36	1	0
2	Llum emergència		3	1	3
12	Torre PC		300	0,3	3,5
12	Pantalla PC		280	0,25	0,4
12	Font alimentació		145	0,1	0
12	Generador senyal		14	0,1	0
12	Oscil·loscopi		45	0,1	0
Lux: 435/489/389					
<b>TOTAL</b>			2578,8		52,8
<b>50%</b>			1289,4		
030 Laboratori audiovisual					
12	Fluorescent		28	1	0

2	Fluorescent		36	1	0
2	Llum emergència		3	1	3
13	Torre PC		300	0,3	3,5
13	Pantalla PC		280	0,25	0,4
12	Speaker		1,6	0,6	1
Lux: 500/447/365					
<b>TOTAL</b>			2505,52		68,7
<b>50%</b>			1252,76		
041 Laboratori sistemes electrònics digitals					
24	Fluorescent		36	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
12	Torre PC		300	0,3	3,5
12	Pantalla PC		276	0,25	0,4
12	Speaker		1,6	0,6	1
12	Generador senyal		14	0,1	0
12	Oscil·loscopi		45	0,1	0
12	Font alimentació		145	0,1	0
12	Plaques electr.		7	0,1	0
Lux: 927/615/697					
<b>TOTAL</b>			3039,72		61,8
<b>50%</b>			1519,86		
040 Estudi de so					
4	Fluorescent		58	1	0
2	Torre PC		300	0,3	3,5
2	Pantalla PC		276	0,25	0,4
<b>TOTAL</b>			550		7,8
<b>50%</b>			275		
042 Digitals avançats					
23	Fluorescent		36	0,6	0
2	Fluorescent		18	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
12	Torre PC		300	0,3	3,5
12	Pantalla PC		276	0,25	0,4
12	Speaker		1,6	0,6	1
12	Font alimentació		145	0,1	0
12	Generador senyal		14	0,1	0
12	Oscil·loscopi		45	0,1	0
Lux: 261/424/225/700					
<b>TOTAL</b>			2700,12		61,8
<b>50%</b>			1350,06		
044 Despatx					
4	Fluorescent		36	1	0
1	Llum emergència		3	1	3

1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
Lux: 300					
<b>TOTAL</b>			<b>147</b>		<b>3</b>
045 Despatx					
4	Fluorescent		36	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
4	Torre PC	A regleta	300	0,3	0
4	Pantalla PC	A regleta	276	0,25	0
1	Microones		1200	0,01	0
Lux: 215/287					
<b>TOTAL</b>			<b>795</b>		<b>3</b>
Passadissos					
3	Llum gran		150		0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Llum mitjana	Norm. Encesa	26	1	0
Lux:					
8	Fluorescent	2 encesos	58	0,25	0
2	Llum emergència		3	1	3
Lux:					
2	Fluorescent		58	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Llum mitjana		26	1	0
1	Llum gran		150	1	0
Lux:					
10	Fluorescent		58	0,33	0
3	Llum emergència		3	1	3
1	Font d'aigua		322	0,07	12,3
Lux:					
2	Fluorescent		58		0
1	Llum emergència		3	1	3
3	Llum mitjana		26		0
Lux:					
3	Llum emergència		3	1	3
8	Llum mitjana	1 encesa	26	0,125	
Lux:					
<b>TOTAL</b>			<b>706,94</b>		<b>12</b>
Lavabos					
8	Llum petita		13		
1	Llum emergència		3	1	3
Lavabos home					
12	Llum petita		13	0,1	0

1	Llum emergència		3	1	3
1	Secador			0,01	
Lavabos dona					
8	Llum petita		13	0,1	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Secador			0,01	
Lavabos minusvàlids					
2	Llum petita		13	0,005	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Secador			0,005	
<b>TOTAL</b>			<b>38,13</b>		<b>12</b>
Ascensor					
1	Ascensor		230	1	230
<b>TOTAL</b>			<b>230</b>		<b>230</b>
Aire centralitzat					
1	Aire centralitzat		483	1	483
<b>TOTAL</b>			<b>483</b>		<b>483</b>

## A2. Planta 1 elèctric TR2

Planta 1					
Ud	Objecte	Comentari	P màx (W)	F.U.	P fons (W)
Armari manteniment					
1	Fluorescent		18	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
Lux: 93					
<b>TOTAL</b>			<b>21</b>		<b>3</b>
Vestuari neteja					
3	Fluorescent		36	1	0
1	Fluorescent		18	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Escalfador		2500	0,5	30
Lux: 247/271					
<b>TOTAL</b>			<b>1379</b>		<b>33</b>
126 Despatx					
8	Fluorescent		58	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		0
		Hot	5520		0
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4

Lux: 650/745					
<b>TOTAL</b>			627		6,9
124 Despatx					
8	Fluorescent		58	1	
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
2	Torre PC		300	0,3	3,5
2	Pantalla PC		280	0,25	0,4
2	Impresora	Una més utilitzada	30	0,01	6
1	Portàtil		70	0,7	
Lux: 600/522					
<b>TOTAL</b>			836,6		22,8
123 Laboratori de projectes					
12	Fluorescent		58	1	
1	Llum emergència		3	1	3
8	Torre PC		300	0,3	3,5
8	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Torre PC	24 hs	300	0,3	100
1	Pantalla PC		280	0,1	0,4
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
4	Generador senyal	200 hs/any	50	0,1	0
3	Font alimentació		350	0,1	0
2	Font alimentació		300	0,1	0
2	Oscil·loscopi		100	0,1	0
1	Multímetre		25	0,1	0
Lux: 470/540					
<b>TOTAL</b>			2304,5		134,6
<b>50%</b>			1152,25		
122 Despatx					
4	Fluorescent		58	1	
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
1	Torre PC		300	0,05	3,5
1	Pantalla PC		280	0,05	0,4
1	Portàtil		70	0,7	
Lux: 550					
<b>TOTAL</b>			313		6,9
121 Sala de reunions					
8	Fluorescent		58	1	
1	Llum emergència		3	1	3

2	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
Lux: 760					
<b>TOTAL</b>			<b>467</b>		<b>3</b>
120 Despatx					
4	Fluorescent		58	1	
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
Lux: 695					
<b>TOTAL</b>			<b>395</b>		<b>6,9</b>
119 Despatx					
4	Fluorescent		58	1	
1	Llum emergència		3	1	3
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Impresora		30	0,01	6
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
Lux: 700					
<b>TOTAL</b>			<b>395,3</b>		<b>12,9</b>
118 Despatx					
8	Fluorescent		58	1	
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
2	Torre PC		300	0,3	3,5
2	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Impresora		30	0,01	6
1	Cafetera		900	0,01	
1	Microones		1200	0,01	
1	Nevera petita	350 dia	400	0,04	17
Lux: 600/620					
<b>TOTAL</b>			<b>825,3</b>		<b>33,8</b>
116 Despatx					
8	Fluorescent		58	1	
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
2	Torre PC	2 dies/setmana	300	0,1	3,5
2	Pantalla PC		280	0,1	0,4

1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
Lux: 670/800/620					
<b>TOTAL</b>			<b>743</b>		<b>14,7</b>
Quartet RAC					
2	Fluorescent		36	1	
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cooling	4500		
1	RAC	3,2 A 230 V	630	1	630
Lux: 150					
<b>TOTAL</b>			<b>705</b>		<b>633</b>
108 Despatx					
4	Fluorescent		58	1	
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
1	Speaker		1,6	0,6	1
2	Torre PC		300	0,3	3,5
3	Pantalla PC		280	0,25	0,4
Lux: 664					
<b>TOTAL</b>			<b>625,96</b>		<b>12,2</b>
107 Despatx					
8	Fluorescent		58	1	
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
2	Torre PC		300	0,3	3,5
2	Pantalla PC		280	0,25	0,4
Lux: 620/640					
<b>TOTAL</b>			<b>787</b>		<b>10,8</b>
106 Despatx					
4	Fluorescent		58	1	
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
1	Portàtil		70	0,7	
Lux: 725/740					
<b>TOTAL</b>			<b>284</b>		<b>3</b>
104 Despatx					
8	Fluorescent		58	1	
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		



1	Speaker		1,6	0,6	1
2	Portàtil		70	0,7	
Lux: 690/715					
<b>TOTAL</b>			565,96		4
105 Despatx					
8	Fluorescent		58	1	
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
3	Torre PC		300	0,15	3,5
3	Pantalla PC		280	0,1	0,4
1	Speaker		1,6	0,6	1
2	Impresora		30	0,01	6
Lux: 660/630/510					
<b>TOTAL</b>			687,56		27,7
103 Despatx					
8	Fluorescent		58	1	
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
1	Portàtil		70	0,7	
1	Speaker		1,6	0,6	1
1	Base telèfon		12	1	12
Lux: 680/730					
<b>TOTAL</b>			528,96		16
102 Despatx					
8	Fluorescent		58	1	
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
1	Cafetera		2400	0,01	
2	Portàtil		70	0,7	
Lux: 780/790					
<b>TOTAL</b>			589		3
101 Laboratori teoria del senyal i comunicació					
16	Fluorescent		58	1	
1	Llum emergència		3	1	3
2	Aire centralitzat				
13	Torre PC		300	0,15	3,5
18	Pantalla PC		280	0,1	0,4
1	Router	1A		1	
8	Speaker		1,6	0,6	1
1	Modulador		20		

1	Mesurador nivell	1,5 A			
1	Scanner	1,4 A		0,01	
2	MPEG		50	0,1	
1	Generador senyal		120	0,1	
1	Generador senyal		20	0,1	
2	Oscil·loscopi		100	0,1	
1	Oscil·loscopi		160	0,1	
2	Impresora			0,1	6
1	Receiver	1,6 A			
1	Televisió		110	0,1	
1	Televisió	Sony Trinitron	87	0,1	
3	Pantalla TV		38	0,1	
1	TDT	CSK3800TW		0,1	
1	DVD	16		0,1	
1	Subwoofer			0,1	
Lux: 515/460/520/505/475					
<b>TOTAL</b>			2118,78		75,7
<b>50%</b>			1059,39		
2 Mesos/any a 4h/setmana (1 servidor tot l'any) 1 PC 16 hs /setmana					
Passadissos					
20	Llum petita		13	0,8	
2	Llum emergència		3	1	3
Lux:					
6	Llum petita		13	1	
Lux:					
1	Llum mitjana	Escales	26	1	
1	Llum emergència		3	1	3
Lux:					
40	Llum petita		13	0,3	
2	Llum emergència		3	1	3
Lux:					
8	Llum petita		13	0,5	
1	Font d'aigua		322	0,07	12,3
Lux:					
<b>TOTAL</b>			557,54		27,3
Lavabos					
1	Llum gran		52	0,01	
1	Llum emergència		3	1	3
Lavabos home					
1	Llum gran		52	0,1	
2	Llum mitjana		22	0,1	

1	Llum emergència		3	1	3
1	Secador			0,01	
Lavabos dona					
5	Llum mitjana		22	0,01	
1	Llum emergència		3	1	3
1	Secador			0,01	
Lavabos minusvàlids					
2	Llum mitjana		22	0	
1	Secador			0	
<b>TOTAL</b>			<b>19,454</b>		<b>9</b>

### A3. Planta 2 elèctric TR2

Planta 2					
Ud	Objecte	Comentari	P màx (W)	F.U.	P fons (W)
244 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	0
2	Torre PC		300	0,15	3,5
2	Pantalla PC		280	0,12	0,4
1	Climatitzador	Cool	2800		0
		Hot	5520		0
Lux: 1530					
<b>TOTAL</b>			<b>445,2</b>		<b>7,8</b>
243 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	0
1	Torre PC		300	0,01	3,5
1	Pantalla PC		280	0,01	0,4
1	Portàtil		70	0,7	0
1	Climatitzador	Cool	2800		0
		Hot	5520		0
2	Impresora	Poc us	30	0,01	6
Lux: 1160					
<b>TOTAL</b>			<b>343,4</b>		<b>15,9</b>
242 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	
1	Llum taula		60	0	6
1	Portàtil	20hs/setmana	70	0,7	
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		

1	Impresora		60	0,01	6
Lux: 665					
<b>TOTAL</b>			337,6		12
241 Despatx					
8	Fluorescent		36	0	
1	Llum taula		60	1	6
1	Portàtil		70	0,7	
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
1	Impresora		60	0,01	6
Lux: 570					
<b>TOTAL</b>			109,6		12
240 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	
1	Llum taula				
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
1	Impresora		30	0,01	6
Lux: 765					
<b>TOTAL</b>			448,3		9,9
239 Sala reunions					
16	Fluorescent		36	1	
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
2	Impresora		30	0,01	6
1	Scanner	1,4 A		0,01	
Lux: 895					
<b>TOTAL</b>			736,6		15,9
238 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	0
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Impresora		30	0,01	6
1	Speaker		1,6	0,6	1
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
Lux: 1580					
<b>TOTAL</b>			449,26		10,9
237 Despatx					
32	Fluorescent		36	0,5	
4	Torre PC		300	0,3	3,5

4	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Generador senyal		100	0,01	
1	Generador senyal		120	0,01	
1	Speaker		1,6	0,6	1
1	Impresora		30	0,01	6
1	Forn		1100	0,01	
1	Soldador		75	0,01	
1	Oscil·loscopi		300	0,01	
1	Generador senyal		300	0,01	
1	Multímetre		28	0,01	
1	Visor		120	0,01	
2	Font alimentació		145	0,01	
1	Med. Impedància		44	0,01	
Lux: 900					
<b>TOTAL</b>			1242,03		22,6
228 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	0
2	Torre PC		300	0,15	3,5
2	Pantalla PC		270	0,12	0,4
1	Speaker		1,6	0,6	1
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
Lux: 705					
<b>TOTAL</b>			443,76		8,8
227 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	0
1	Impresora		30	0,01	6
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
Lux: 1421/815					
<b>TOTAL</b>			288,3		6
226 Despatx					
16	Fluorescent		36	0,5	
1	Llum emergència		3	1	3
2	Torre PC		300	0,15	3,5
2	Pantalla PC		280	0,1	0,4
1	Impresora		30	0,01	6
1	Speaker		1,6	0,6	1
1	Base telèfon		12	1	12
Lux: 860/1450					
<b>TOTAL</b>			450,26		29,8
225 TIEG 2					
28	Fluorescent		36	1	

2	Llum emergència		3	1	3
7	Torre PC		300	0,3	3,5
7	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Aire centralitzat				
Lux: 710/965/800/880					
<b>TOTAL</b>			2134		33,3
<b>50%</b>			1067		
224 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
Lux: 550/370					
<b>TOTAL</b>			451		6,9
223 Seminari 2					
16	Fluorescent		36	1	
2	Llum emergència		3	1	3
1	Nevera mitjana		400	0,043	17
2	Microones		1200	0,01	
1	Pantalla projector	ELECOM-2		0,2	
1	Aire centralitzat				
1	Projector	Samsung	160	0,1	2
Lux: 600/700					
<b>TOTAL</b>			639		25
<b>50%</b>			319,5		
222 Seminari 1					
16	Fluorescent		36	1	
2	Llum emergència		3	1	3
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Pantalla projector			0,1	
1	Aire centralitzat				
1	Projector		250	0,1	2
1	Projector		288	0,1	2
4	Altaveus				
Lux: 600/670					
<b>TOTAL</b>			795,8		13,9
<b>50%</b>			397,9		
221 TIEG1					
32	Fluorescent		36	1	
2	Torre PC	24hs	300	0,3	100

2	Pantalla PC		280	0,25	70
1	Torre PC	4hs/dia	300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Cafetera		900	0,01	
1	Aire centralitzat				
1	Torre PC	8hs/dia (5dies/set)	300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Impresora		30	0,01	6
Lux: 610/905					
<b>TOTAL</b>			1801,3		353,8
<b>50%</b>			900,65		
217 Quartet					
4	Fluorescent		18	1	
Lux: 700					
<b>TOTAL</b>			72		0
215 Quartet					
4	Fluorescent		18	1	
Lux: 200					
<b>TOTAL</b>			72		0
212 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	0
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
<b>TOTAL</b>			448		3,9
211 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
1	Speaker		1,6	0,6	1
Lux: 850					
<b>TOTAL</b>			448,96		4,9
210 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	
1	Llum taula				
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
Lux: 1120					
<b>TOTAL</b>			288		0
209 Despatx					

8	Fluorescent		36	1	0
2	Torre PC		300	0,3	3,5
2	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
1	Llum de taula		60	0,01	6
Lux: 1115					
<b>TOTAL</b>			608,6		13,8
208 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	
2	Torre PC		300	0,3	3,5
2	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Impresora		30	0,01	6
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
Lux: 1400					
<b>TOTAL</b>			608,3		13,8
207 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	0
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
1	Llum de taula		60	0,01	6
Lux: 785					
<b>TOTAL</b>			448,6		9,9
206 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	0
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Impresora		30	0,01	6
1	Escalfador		2200	0,01	30
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
Lux: 880					
<b>TOTAL</b>			470,3		39,9
205 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Impresora		30	0,01	6
1	Climatitzador	Cool	2800		



		Hot	5520		
1	Speaker		1,6	0,6	1
1	Cafetera	Cada matí	900	0,01	
Lux: 1080					
<b>TOTAL</b>			458,26		10,9
204 Magatzem					
26	Fluorescent		36	1	
2	Torre PC	24hs	300	0,01	3,5
2	Pantalla PC		280	0,01	0,4
1	Fotocopiadora	Gran	920	0,01	80
Lux: 880/1150					
<b>TOTAL</b>			956,8		87,8
203 Laboratori de circuits					
23	Fluorescent		36	1	
3	Fluorescent		18	1	
2	Llum emergència		3	1	3
3	Torre PC	8hs/dia	300	0,3	3,5
3	Pantalla PC		280	0,25	0,4
2	Aire centralitzat				
1	Font alimentació		45	0,1	0
1	Oscil·loscopi		120	0,1	0
1	Generador senyal		145	0,1	0
2	Impresora		30	0,01	6
2	Soldador	2hs/dia	115	0,1	0
1	Filtre		50	0,1	
1	Campana	5hs/setmana	94	0,1	
1	Microones		2200	0,01	0
1	Aspirador		30	0,01	
1	Secador			0,01	0
1	Màquina		2000	0,01	
1	Fluorescent		120	0,01	
1	Nevera mitjana	400W/dia	400	0,043	17
Lux: 753/880/505					
<b>TOTAL</b>			1497,5		46,7
<b>50%</b>			748,75		
202 Laboratori potència					
30	Fluorescent		36	0,5	
2	Llum emergència		3	1	3
12	Font alimentació		145	0,1	0
12	Oscil·loscopi		35	0,1	0
12	Generador senyal		14	0,1	0
8	Torre PC		300	0,3	3,5
8	Pantalla PC		280	0,25	0,4

12	Transformador		220	0,05	0
12	Mòdul potència		9	0,05	0
Lux: 1215/1070/780/1150					
Lux (sense llum): 300/250/513/750					
<b>TOTAL</b>			2196,2		37,2
<b>50%</b>			1098,1		
201 Aula					
30	Fluorescent		36	0,5	
2	Llum emergència		3	1	3
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Projector		250	0,1	2
1	Speaker		1,6	0,6	1
Lux: 1310					
<b>TOTAL</b>			731,96		12,9
<b>50%</b>			365,98		
Passadissos					
8	Fluorescent		36	0,125	
1	Llum emergència		3	1	3
Lux:					
10	Fluorescent		36	0,1	
1	Llum emergència		3	1	3
Lux:					
3	Fluorescent		36		
1	Llum emergència		3	1	3
Lux:					
10	Fluorescent		36	0,2	
2	Llum emergència		3	1	3
Lux:					
1	Llum mitjana	Escala	26		
1	Llum emergència		3	1	3
Lux:					
6	Fluorescent		36	0,17	
1	Llum emergència		3	1	3
1	Font d'aigua		300	0,07	12,3
Lux:					
27	Fluorescent		36	0,15	
3	Llum emergència		3	1	3
Lux:					
10	Fluorescent		36	0,1	
2	Llum emergència		3	1	3
Lux:					
2	Fluorescent		36		
1	Fluorescent		18	1	

Lux:					
<b>TOTAL</b>			437,52		48,3
Lavabos home					
6	Fluorescent		36		
1	Llum emergència		3	1	3
1	Secador			0,001	
Lavabos dona					
8	Fluorescent		36		
1	Llum emergència		3	1	3
1	Secador			0,001	
<b>TOTAL</b>			6		6

#### A4. Planta 0 elèctric TR3

Planta 0					
Ud	Objecte	Comentari	P màx (W)	F.U.	P fons (W)
003 Magatzem					
3	Fluorescent		36	1	0
2	Llum emergència		3	1	3
1	Motor	24 hs	80	1	80
<b>TOTAL</b>			194		86
005 Secretaria de departament					
8	Fluorescent		36	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Megafonia alim.	24 hs	333	1	333
<b>TOTAL</b>			624		336
006 Seminari					
8	Fluorescent		36	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
3	Torre PC		300	0,3	3,5
3	Pantalla PC		280	0,25	0,4
<b>TOTAL</b>			771		14,7
007 Laboratori química					
59	Fluorescent		58	1	0
6	Fluorescent		18	1	0
8	Llum emergència		3	1	3
1	Bany resistència		1200	0,05	0
1	Forn		1000	0,05	0
1	Acc. Weathering		1200	0,001	0
1	Motor campana	24hs	90	1	90

2	Campana		370	0,5	100
4	Fluor. Campana		28	0	0
1	Bàscula		15	0,1	0
1	Bàscula		7	0,8	6
1	Bàscula		6,6	0,4	2
1	Nevera mitjana		400	0,04	17
1	Caldera		300		
Lux: 370/410/460					
<b>TOTAL</b>			4150,94		339
008 Descansillo					
2	Fluorescent		58	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
<b>TOTAL</b>			119		3
020 Laboratori Tèxtil 1					
32	Fluorescent		58	0,5	0
3	Llum emergència		3	1	3
1	Filadora	Endollada	13000		
1	Filadora	Desendollat	24500		
1	Galan CHGE/8		52000		
Lux: 250					
<b>TOTAL</b>			937		9
018 Lavabo					
2	Fluorescent		58	0,001	0
Lux: 540					
2	Llum		9	0,001	0
1	Secador				
<b>TOTAL</b>			0,134		0
Laboratori Tèxtil 2					
28	Fluorescent		58	0,5	0
2	Llum emergència		3	1	3
1	Electrojet	Motor	120	0	0
1	Filadora				
1	Unitat clima		13400		
<b>TOTAL</b>			818		6
023 Magatzem soterrani					
3	Fluorescent		36	1	0
<b>TOTAL</b>			108		0

## A5. Planta 1 elèctric TR3

Planta 1					
Ud	Objecte	Comentari	P màx (W)	F.U.	P fons (W)
101 Laboratori					
28	Fluorescent		36	1	0
2	Fluorescent		72	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
3	Torre PC		300	0,3	3,5
3	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Motor campana		180	1	180
1	Motor campana		250		0
1	Motor		250		0
1	Forn		1500		0
1	Resistència		120		0
1	Nevera mitjana		400	0,04	17
1	Màquina		50	0,01	0
1	Màquina pressió		750	0,01	0
1	Màquina		250		0
3	Motor		200		0
1	Motor		1930		0
1	Bany aigua		920	0,01	0
1	Bàscula		92	0,01	0
<b>TOTAL</b>			<b>1849,12</b>		<b>211,7</b>
102 Despatx					
4	Fluorescent		36	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
2	Torre PC		300	0,3	3,5
2	Pantalla PC		280	0,25	0,4
<b>TOTAL</b>			<b>467</b>		<b>10,8</b>
103 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Portàtil		70	0,7	
2	Impresora		30	0,01	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
<b>TOTAL</b>			<b>340,6</b>		<b>9</b>
105 Despatx					

1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
1	Control Tº		300	0,01	0
1	Bany resistència		1500	0,01	0
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
<b>TOTAL</b>			<b>181</b>		<b>6,9</b>
111 Seminari					
6	Fluorescent		36	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
Lux: 405/380					
<b>TOTAL</b>			<b>219</b>		<b>3</b>
112 Passadís					
7	Fluorescent	1 Funcionant	26	0,14	0
1	Llum emergència		3	1	3
<b>TOTAL</b>			<b>28,48</b>		<b>3</b>
113 Despatx					
4	Fluorescent		28	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Impresora gran		45	0,25	10,35
1	Llum de taula		40	0	0
1	Scanner		250	0,01	2
Lux: 580					
<b>TOTAL</b>			<b>288,75</b>		<b>19,25</b>
114 Despatx					
6	Fluorescent		28	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Impresora		30	0,01	3
Lux: 853/475					
<b>TOTAL</b>			<b>331,3</b>		<b>9,9</b>
115 Despatx					
4	Fluorescent		28	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		

		Hot	5520		
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Portàtil		70	0,7	0
1	Impresora		30	0,01	3
<b>TOTAL</b>			<b>324,3</b>		<b>9,9</b>
116 Despatx					
6	Fluorescent		28	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Cafetera		1200	0	0
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
2	Torre PC		300	0,3	3,5
2	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Llum taula		60	0,08	4,7
1	Impresora		30	0,01	3
Lux: 420/466					
<b>TOTAL</b>			<b>497,3</b>		<b>18,5</b>
117 Laboratori química					
84	Fluorescent		36	0,5	0
3	Fluorescent		26	1	0
8	Fluorescent		36	1	0
2	Fluorescent		36	1	0
3	Llum emergència		3	1	3
2	Motor campana		370		
2	Microones		1200	0,01	0
1	Màquina assajos		300	0,01	0
1	Forn		1800	0,01	0
1	Drying oven		1500	0,01	0
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Impresora		30	0,01	3
1	Plastograph		22200		0
1	Talla provetes		250	0,01	0
1	Prensa plats		7000		0
1	Laminador		4500		0
1	Nevera mitjana		400	0,04	17
1	Armari productes		132	1	132
5	Bàscula		6,6	0,4	2
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
Lux: 615/647/850					
<b>TOTAL</b>			<b>2343</b>		<b>174,9</b>
124 Laboratori ecoennobliment tèxtil					

80	Fluorescent	3 sectors	36	0,3	0
4	Llum emergència		3	1	3
1	Forn		600	0	0
2	Bàscula		10	0,4	4
2	Motor	24hs	80	1	80
1	Forn		4000	0	0
2	Balança		10	0,4	4
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Màquina		9000	0,001	0
1	Bany resistència		2000	0,001	0
1	Transformador	24hs	80	1	80
1	Armari productes				
<b>TOTAL</b>			<b>1303</b>		<b>271,9</b>
125 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	0
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Scanner		250	0,001	2
<b>TOTAL</b>			<b>448,25</b>		<b>5,9</b>
126 Magatzem					
8	Fluorescent		36	1	0
<b>TOTAL</b>			<b>288</b>		<b>0</b>
127 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	0
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
1	Portàtil		70	0,7	0
1	Impresora		30	0,01	3
Lux: 720					
<b>TOTAL</b>			<b>337,3</b>		<b>3</b>
128 Despatx					
6	Fluorescent		36	1	0
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
2	Torre PC		300	0,3	3,5
2	Pantalla PC		280	0,25	0,4
2	Impresora		30	0,01	3
<b>TOTAL</b>			<b>536,6</b>		<b>13,8</b>
135 Despatx					
12	Fluorescent		36	0,5	0



1	Llum emergència		3	1	3
1	Climatitzador	Cool	2800		
		Hot	5520		
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Impresora		30	0,01	3
Lux: 1890					
<b>TOTAL</b>			<b>379,3</b>		<b>9,9</b>
136-137 Despatx					
8	Fluorescent		36	1	0
2	Impresora	Mitjana	60	0,01	8
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Scanner		250	0,01	2
Lux: 520					
<b>TOTAL</b>			<b>451,7</b>		<b>21,9</b>
138 Laboratori físic de fibres					
8	Fluorescent		36	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
1	Motor extracció		37	0,1	0
8	Fluorescent		58	0,01	0
2	Llum emergència		3	1	3
3	Torre PC		300	0,1	3,5
3	Pantalla PC		280	0,1	4
1	Impresora		30	0,01	3
<b>TOTAL</b>			<b>639,64</b>		<b>38,4</b>
139 Laboratori físic de fils					
8	Fluorescent		36	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
1	Torre PC		300	0,3	3,5
1	Pantalla PC		280	0,25	0,4
2	Impresora		30	0,005	3
1	Forn		3500	0,01	0
1	Dinamòmetre		500	0,2	0
Lux: 860					
<b>TOTAL</b>			<b>586,3</b>		<b>12,9</b>
140 Laboratori microscopia					
2	Fluorescent		58	1	0
<b>TOTAL</b>			<b>116</b>		<b>0</b>
Sala reunions					
16	Fluorescent		26	0,5	0

1	Llum emergència		3	1	3
1	Projector		260	0,1	2
3	Llum regulable		50	0,3	0
Lux: 440					
<b>TOTAL</b>			282		5
Passadís					
4	Fluorescent		18	1	0
3	Fluorescent		26	1	0
2	Llum emergència		3	1	3
<b>TOTAL</b>			156		6
Laboratori filatura					
5	Fluorescent		26	1	0
1	Llum emergència		3	1	3
2	Fluorescent		36	1	0
Lux: 270					
<b>TOTAL</b>			205		3
Saleta					
16	Fluorescent		36		0
8	Fluorescent		36		0
2	Llum emergència		3	1	3
1	Nevera		400	0,04	17
<b>TOTAL</b>			22		23

## A6. Indicadors energètics elèctric (setmana TR2)(Watts)

	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres	Dissabte	Diumenge
00:00-1:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	4930,18	4930,18
1:00-2:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	4930,18	4930,18
2:00-3:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	4930,18	4930,18
3:00-4:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	4930,18	4930,18
4:00-5:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	4930,18	4930,18
5:00-6:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	4930,18	4930,18
6:00-7:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	4930,18	4930,18
7:00-8:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	3740,18	3740,18
8:00-9:00	10146,0722	12657,3384	6921,496	10396,5822	8461,5822	3740,18	3740,18
9:00-10:00	12118,6122	14617,4784	11279,396	12084,7222	12743,1022	3740,18	3740,18
10:00-11:00	17399,5984	20725,3736	12187,196	11889,8122	13424,366	3740,18	3740,18
11:00-12:00	19320,3264	21440,2584	11369,524	13375,5802	12630,734	3740,18	3740,18
12:00-13:00	13804,554	15574,7202	15733,224	21305,0764	14979,794	3740,18	3740,18
13:00-14:00	12793,264	15377,8702	15733,224	21108,2264	14534,464	3740,18	3740,18
14:00-15:00	10143,982	10128,282	10114,182	10109,282	10099,382	3740,18	3740,18
15:00-16:00	14262,258	10222,558	7187,298	20113,4442	18384,6576	3740,18	3740,18
16:00-17:00	14262,258	12026,718	8589,438	19686,0842	18591,1976	3740,18	3740,18
17:00-18:00	13152,552	11471,012	8906,372	21138,6782	12770,292	3740,18	3740,18
18:00-19:00	15684,512	14918,732	7898,332	21183,0782	13471,692	3740,18	3740,18
19:00-20:00	12744,1622	13306,876	8587,136	10941,696	9498,056	3740,18	3740,18
20:00-21:00	12164,4622	10804,936	8149,736	8416,836	8776,736	4930,18	4930,18
21:00-22:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	4930,18	4930,18
22:00-23:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	4930,18	4930,18
23:00-00:00	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	6280,164	4930,18	4930,18

## A7. Percentatge ocupació TR2 setmanal

	Dilluns	Dimarts	Dimecres	Dijous	Divendres	Dissabte	Diumenge
00:00-1:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
1:00-2:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
2:00-3:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
3:00-4:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
4:00-5:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
5:00-6:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
6:00-7:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
7:00-8:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
8:00-9:00	0,144	0,154	0,000	0,091	0,025	0,000	0,000
9:00-10:00	0,144	0,154	0,107	0,091	0,088	0,000	0,000
10:00-11:00	0,166	0,257	0,107	0,028	0,063	0,000	0,000
11:00-12:00	0,166	0,257	0,000	0,028	0,000	0,000	0,000
12:00-13:00	0,053	0,185	0,119	0,320	0,025	0,000	0,000
13:00-14:00	0,053	0,185	0,119	0,320	0,025	0,000	0,000
14:00-15:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
15:00-16:00	0,107	0,053	0,031	0,279	0,235	0,000	0,000
16:00-17:00	0,107	0,116	0,091	0,279	0,235	0,000	0,000
17:00-18:00	0,075	0,094	0,091	0,326	0,078	0,000	0,000
18:00-19:00	0,116	0,138	0,000	0,313	0,078	0,000	0,000
19:00-20:00	0,169	0,138	0,053	0,091	0,041	0,000	0,000
20:00-21:00	0,169	0,103	0,053	0,050	0,041	0,000	0,000
21:00-22:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
22:00-23:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000
23:00-00:00	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000	0,000

## A8. Planta 0 tèrmic TR2

Planta 0					
Ud	Objecte	Superfície	Alçada(cm)	Costelles	P.radiada
001 Laboratori automatització					
1	Radiador		70	28	2790,7348
1	Radiador		70	24	2392,0584
	m2	61,33		P/m2	84,5066558
004 Automatització aplicada					
1	Radiador		70	45	4485,1095
	m2	80,45		P/m2	55,75027346
006 Despatx					
1	Radiador		55	24	1842,192

m2		18,34	P/m2	100,4466739
007 Despatx				
1	Radiador		55	24
				1842,192
m2		18,28	P/m2	100,7763676
008 Laboratori projectes automatització				
1	Radiador		55	25
				1918,95
m2		21,51	P/m2	89,21199442
017 Aula informàtica				
2	Radiador		70	14
				2790,7348
m2		57,7	P/m2	48,36628769
018 Aula informàtica				
2	Radiador		70	14
				2790,7348
m2		52,84	P/m2	52,81481453
019 Seminari 3				
2	Radiador		70	14
				2790,7348
m2		47,47	P/m2	58,78944175
025 Laboratori projectes				
2	Radiador		70	11
				2192,7202
m2		49,38	P/m2	44,40502633
027 Laboratori electrònica bàsica				
2	Radiador		70	11
				2192,7202
m2		49,25	P/m2	44,52223756
028 Laboratori sistemes electrònics analògics				
2	Radiador		70	11
				2192,7202
m2		49,25	P/m2	44,52223756
029 Laboratori instrumentació electrònica i camp. Energ.				
2	Radiador		70	11
				2192,7202
m2		49,25	P/m2	44,52223756
030 Laboratori audiovisual				
2	Radiador		70	11
				2192,7202
m2		49,25	P/m2	44,52223756
041 Laboratori sistemes electrònics digitals				
1	Radiador		70	30
				2990,073
1	Radiador		70	28
				2790,7348
m2		59,22	P/m2	97,61580209
040 Estudi de so				
1	Radiador		70	14
				1395,3674
1	Radiador		70	17
				1694,3747
m2		31,01	P/m2	99,63695905
042 Digitals avançats				
044 Despatx				

1	Radiador		70	9	897,0219
	m2		11,91	P/m2	75,31670025
045 Despatx					
1	Radiador		70	11	1096,3601
	m2		11,91	P/m2	92,05374475
Passadissos					
1	Radiador		70	11	1096,3601
	m2		179,08	P/m2	

## A9. Planta 1 tèrmic TR2

Planta 1					
Ud	Objecte	Comentari	Alçada(cm)	Costelles	P.radiada
Armari manteniment					
Vestuari neteja					
1	Radiador		50	10	589,641
	m2		23,29	P/m2	25,3173465
126 Despatx					
2	Radiador		50	10	1179,282
	m2		25,09	P/m2	47,00207254
124 Despatx					
2	Radiador		50	10	1179,282
	m2		25,09	P/m2	47,00207254
123 Laboratori de projectes					
2	Radiador		50	15	1768,923
	m2		37,84	P/m2	46,74743658
122 Despatx					
1	Radiador		50	10	589,641
	m2		12,34	P/m2	47,78290113
121 Sala de reunions					
1	Radiador		50	20	1179,282
	m2		25,09	P/m2	47,00207254
120 Despatx					
1	Radiador		50	10	589,641
	m2		12,34	P/m2	47,78290113
119 Despatx					
1	Radiador		50	10	589,641
	m2		11,15	P/m2	52,8826009

118 Despatx					
1	Radiador		50	20	1179,282
	m2		25,09	P/m2	47,00207254
116 Despatx					
1	Radiador		50	20	1179,282
	m2		25,22	P/m2	46,75979381
Quartet RAC					
108 Despatx					
1	Radiador		55	10	767,58
	m2		12,3	P/m2	62,40487805
107 Despatx					
1	Radiador		55	20	1535,16
	m2		25,05	P/m2	61,28383234
106 Despatx					
1	Radiador		55	10	767,58
	m2		12,34	P/m2	62,20259319
104 Despatx					
1	Radiador		55	20	1535,16
	m2		25,09	P/m2	61,18612993
105 Despatx					
1	Radiador		55	20	1535,16
	m2		25,09	P/m2	61,18612993
103 Despatx					
1	Radiador		55	20	1535,16
	m2		25,09	P/m2	61,18612993
102 Despatx					
1	Radiador		55	20	1535,16
	m2		25,09	P/m2	61,18612993

## A10. Planta 2 tèrmic TR2

Planta 2					
Ud	Objecte	Comentari	Alçada(cm)	Costelles	P.radiada
244 Despatx					
1	Radiador		70	12	1196,0292
	m2		12,55	P/m2	95,30113147
243 Despatx					
1	Radiador		70	12	1196,0292

m2		15,99	P/m2	74,79857411
242 Despatx				
1	Radiador		70	12
				1196,0292
m2		12,15	P/m2	98,43861728
240 Despatx				
1	Radiador		70	12
				1196,0292
m2		11,31	P/m2	105,7497082
239 Sala reunions				
1	Radiador		70	14
				1395,3674
m2		19,81	P/m2	70,4375265
238 Despatx				
1	Radiador		70	12
				1196,0292
m2		11,39	P/m2	105,0069535
237 Despatx				
1	Radiador		70	12
				1196,0292
1	Radiador		70	18
				1794,0438
1	Radiador		70	21
				2093,0511
m2		12,16	P/m2	418,020074
228 Despatx				
1	Radiador		70	12
				1196,0292
m2		13,36	P/m2	89,52314371
227 Despatx				
1	Radiador		70	12
				1196,0292
m2		13,48	P/m2	88,72620178
226 Despatx				
1	Radiador		70	23
				2292,3893
m2		24,78	P/m2	92,50965698
225 TIEG 2				
2	Radiador		50	25
				1474,1025
m2		53,23	P/m2	27,69307721
224 Despatx				
1	Radiador		70	20
				1993,382
m2		18,39	P/m2	108,3948885
223 Seminari 2				
1	Radiador		70	30
				2990,073
m2		30,25	P/m2	98,84538843
222 Seminari 1				
1	Radiador		70	30
				2990,073
m2		32,52	P/m2	91,94566421
221 TIEG1				
1	Radiador		70	21
				2093,0511



m2		53,23	P/m2	39,32089235
217 Quartet				
215 Quartet				
212 Despatx				
1	Radiador		70	12
				1196,0292
m2		12,5	P/m2	95,682336
211 Despatx				
1	Radiador		70	12
				1196,0292
m2		11,68	P/m2	102,3997603
210 Despatx				
1	Radiador		90	12
				1410,9516
m2		12,52	P/m2	112,6958147
209 Despatx				
1	Radiador		90	12
				1410,9516
m2		11,68	P/m2	120,8006507
208 Despatx				
1	Radiador		90	12
				1410,9516
m2		12,52	P/m2	112,6958147
207 Despatx				
1	Radiador		90	12
				1410,9516
m2		11,68	P/m2	120,8006507
206 Despatx				
1	Radiador		90	12
				1410,9516
m2		12,52	P/m2	112,6958147
205 Despatx				
1	Radiador		90	12
				1410,9516
m2		11,68	P/m2	120,8006507
204 Magatzem				
203 Laboratori de circuits				
202 Laboratori potència				
2	Radiador		90	20
				2351,586
m2		71,1	P/m2	33,07434599
201 Aula				
2	Radiador		70	20
				1993,382
m2		63,65	P/m2	31,31786332

## A11. Planta 0 tèrmic TR3

Planta 0					
Ud	Objecte	Superfície	Alçada(cm)	Costelles	P.radiada
007 Laboratori química					
4	Radiador		70	20	7973,528
3	Radiador		70	30	8970,219
	m2	366,18		P/m2	46,2716342
020 Laboratori Tèxtil 1					
6	Radiador		90	15	10582,137
	m2	227,5		P/m2	46,5148879
Laboratori Tèxtil 2					
5	Radiador		90	16	9406,344
	m2	227,5		P/m2	41,346567

## A12. Planta 1 tèrmic TR3

Planta 1					
Ud	Objecte	Superfície	Alçada(cm)	Costelles	P.radiada
101 Laboratori					
1	Radiador		90	20	2351,586
	m2	67,68		P/m2	34,745656
102 Despatx					
1	Radiador		90	20	2351,586
	m2	9,98		P/m2	235,62986
103 Despatx					
1	Radiador		90	20	2351,586
	m2	15,88		P/m2	148,084761
105 Despatx					
1	Radiador		90	20	2351,586
	m2	23,82		P/m2	98,7231738
111 Seminari					
1	Radiador		90	15	1763,6895
	m2	20,11		P/m2	87,7021134
114 Despatx					
1	Radiador		90	15	1763,6895
	m2	20,07		P/m2	87,8769058

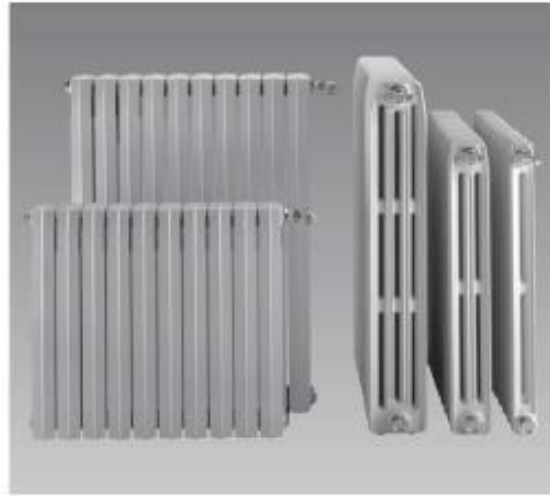
115 Despatx					
1	Radiador		90	15	1763,6895
	m2		9,49	P/m2	185,847155
116 Despatx					
1	Radiador		90	15	1763,6895
	m2		19,25	P/m2	91,6202338
117 Laboratori química					
2	Radiador		90	25	5878,965
2	Radiador		70	25	4983,455
	m2		190,51	P/m2	30,8590888
124 Laboratori ecoennobliment tèxtil					
2	Radiador		70	19	3787,4258
2	Radiador		70	28	5581,4696
1	Radiador		70	17	1694,3747
1	Radiador		70	18	1794,0438
	m2		227,79	P/m2	56,4437153
125 Despatx					
1	Radiador		90	8	940,6344
	m2		15,88	P/m2	59,2339043
127 Despatx					
1	Radiador		70	24	2392,0584
	m2		15,84	P/m2	151,013788
128 Despatx					
1	Radiador		70	25	2491,7275
	m2		26,02	P/m2	95,76201
135 Despatx					
1	Radiador		70	12	1196,0292
	m2		26,34	P/m2	45,4073349
136-137 Despatx					
1	Radiador		50	19	1120,3179
	m2		23,82	P/m2	47,0326574
138 Laboratori físic de fibres					
1	Radiador		90	12	1410,9516
1	Radiador		90	7	823,0551
	m2		4,17	P/m2	535,733022
139 Laboratori físic de fils					
1	Radiador		90	15	1763,6895
	m2		31,57	P/m2	55,8659962
140 Laboratori microscopia					
1	Radiador		90	7	823,0551
	m2		11,22	P/m2	73,3560695

## A13. Enquesta despatxos

	<b>DILLUNS</b>	<b>DIMARTS</b>	<b>DIMECRES</b>	<b>DIJOURS</b>	<b>DIVENDRES</b>	<b>DISSABTE</b>
<b>7:00-8:00</b>						
<b>8:00-9:00</b>						
<b>9:00-10:00</b>						
<b>10:00-11:00</b>						
<b>11:00-12:00</b>						
<b>12:00-13:00</b>						
<b>13:00-14:00</b>						
<b>14:00-15:00</b>						
<b>15:00-16:00</b>						
<b>16:00-17:00</b>						
<b>17:00-18:00</b>						
<b>18:00-19:00</b>						
<b>19:00-20:00</b>						
<b>20:00-21:00</b>						
<b>21:00-22:00</b>						

## A14. Catàleg radiadors

## Radiadores de hierro fundido

**CLASICO y DUBA**

Radiadores de hierro fundido para instalaciones de agua caliente hasta 7 bar y 110 °C o vapor baja presión hasta 0,5 bar.

**Características principales**

- Excepcional resistencia a la corrosión, lo cual confiere al radiador una duración ilimitada, no comparable a ningún otro tipo de material.
- Amplia gama de modelos con elementos de: Cuatro columnas CLASICO. Dos, tres y cuatro columnas DUBA.
- Alturas entre 288 y 870 mm, según modelo.
- Constituidos por elementos acoplables, roscados por las dos caras en sentidos diferentes  $\varnothing 1''$ , cuyo número puede ampliarse o reducirse para adaptarlos a la potencia calorífica deseada.
- El acoplamiento se realiza mediante manguitos de acero de rosca derecha e izquierda y junta de estanquidad.

- Sometidos a una doble prueba con presión hidráulica a 12 bar. La primera con los elementos sueltos y la segunda con el bloque ya formado.

**Radiadores CLASICO y DUBA con una capa de imprimación**

- Suministro en bloques de 10 elementos.
- Accesorios compuestos por: Soporte o pies de apoyo, tapones y reducciones con rosca derecha o izquierda y juntas.

**Radiadores DUBA pintados**

- Acabado en color blanco RAL 9016. Conseguido con una capa de pintura por inmersión total del radiador, y otra definitiva pulverizada y secada al horno de alta temperatura.

- Se suministran en bloques de 3, 4, 5, 6, 7, 8, 10 y 12 elementos a excepción de los modelos 95-3D, N80-4D y N95-4D que no se suministran en bloques de 12 elementos.
- Embalaje individual con protección de cantoneras de cartón y plástico retráctil, que permite su colocación sin desembalarlo.
- Accesorios compuestos por: Tapones y reducciones, cincados o pintados, con rosca derecha o izquierda, juntas y spray de pintura para retoques. (Ver apartado accesorios para radiadores).

**Dimensiones y Características Técnicas**

Modelos	Cotas en mm				Capacidad agua l	Peso aprox. kg	Por elemento en kcal/h		Exponente "n" de la curva característica	
	A	B	C	D			(1)	(2)		
<b>CLASICO 4 columnas</b>	N33-4	288	218	140	50	0,42	2,27	47,7	39,8	1,25
	N46-4	420	350	140	50	0,52	3,02	68,3	50,7	1,26
	N61-4	570	500	140	50	0,65	3,95	91,8	66,0	1,27
	N80-4	720	650	140	55	0,95	5,16	122,0	85,7	1,28
<b>DUBA 2 columnas</b>	N95-4	670	600	140	55	1,07	6,58	146,9	101,1	1,30
	N46-2D	412	350	63	60	0,31	2,90	50,3	38,2	1,29
	N61-2D	562	500	63	60	0,48	3,30	68,9	50,7	1,29
<b>DUBA 3 columnas</b>	N80-2D	712	650	63	60	0,64	4,00	87,5	63,4	1,30
	46-3D	412	350	102	60	0,50	3,40	72,3	52,8	1,31
	61-3D	562	500	102	60	0,63	4,47	94,1	69,7	1,31
<b>DUBA 4 columnas</b>	80-3D	712	650	102	60	0,74	5,48	119,8	86,0	1,31
	95-3D	862	800	102	60	0,80	6,80	139,7	101,9	1,31
	N80-4D	712	650	141	60	1,00	7,40	144,0	107,7	1,31
N95-4D	862	800	141	60	1,20	8,90	173,7	127,2	1,33	

(1) = Emisión calorífica en Kcal/h según UNE 9-015-86 para  $\Delta t_r$  60 °C (A título informativo)

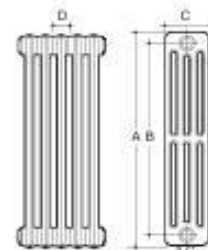
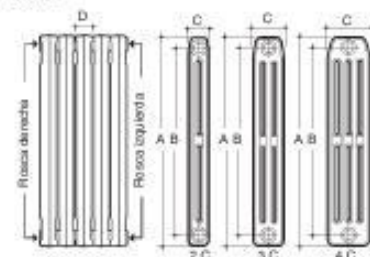
(2) = Emisión calorífica en Kcal/h según UNE EN-442 para  $\Delta t_r$  50 °C

$\Delta t_r$  = (T. media radiador - T. ambiente) en °C

Exponente "n" de la curva característica según UNE EN-442

Los radiadores DUBA no son simétricos y solo pueden instalarse correctamente en una posición.

Al realizar el pedido, prestar especial atención en la acertada elección del sentido de la rosca de las reducciones y tapones.

**CLASICO****DUBA**



## Referencias

- [1] <http://www.valgroup.es/familia/calefaccion/356/>
- [2] <http://www.electrocalculator.com/>
- [3] <http://www.socscistatistics.com/>
- [4] <http://www.mathworks.es/>
- [5] <http://www-rohan.sdsu.edu/doc/matlab/toolbox/ident/ch2gui20.html>
- [6] <http://research.microsoft.com/en-us/um/people/liuj/cse590k2008winter/ct-lecture4.pdf>
- [7] <http://gallery.proficad.eu/tools/autocad-viewer.aspx>
- [8] [http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema\\_LTI#LTI](http://es.wikipedia.org/wiki/Sistema_LTI#LTI)
- [9] <http://www.upc.edu/patrimoni/infraestructures/edificis-upc/directori-edificis/edificis-a-terrassa/edificis-a-terrassa>
- [10] <http://www.legrand.es/terciario/luminarias-de-emergencia/luminarias-de-emergencia-de-interior>