

## **ENGINYERIA D'EDIFICACIÓ**

### **PROJECTE FINAL DE GRAU**

# **ESTUDIS PREVIS D'UN CENTRE DOCENT DE 1975, REHABILITACIÓ ENERGÈTICA, ACONDICIONAMENT ACÚSTIC-TÈRMIC I PLA DE MANTENIMENT.**

ESCOLA ISABEL DE VILLENA, ESPLUGUES DE LLOBREGAT.

**Projectista/es:** David Gilberte Méndez  
Omar Rubén Marcos Méndez  
**Director/s:** Angelina Peñaranda Ayllon  
Montserrat Bosch González  
**Convocatòria:** Novembre 2012



**ABSTRACT****English**

This final degree project aims to boost and promote the building energy efficiency, from demand limitation like a fundamental tool at existing buildings, combining *in-situ methodology analysis, data collection, thermography and three dimensional simulation with informatic tools, to obtain objective data at the moment we create solutions for diagnostic problems and use this to encourage minimize intrinsic negative impact about constructive processes saving the environment.*

The building object of study, actually and since their construction at Esplugues de Llobregat in 1975 has been dedicated to educational use (tertiary sector). The Isabel de Villena School Centre carries 37 years of exercise although by different reasons has had several reforms, we can to say that is not progressing adequately, because the analyzed deficiencies hinder the purpose academic quality.

Separated building on a plot, was conceived to maximize the natural light and ventilation through its shape and orientation, including the basement floor. On the other hand, the traditional construction used, techniques, procedures and systems solutions of that time, today originate torts and disconformities, especially when we want develop the normal educational activity and achieve low energy standards, contributing to the common purpose of reducing greenhouse gases emissions such as CO<sub>2</sub>.

This study is a clear example about how the lack of foresight in project phase and construction regarding subsequent maintenance and use stages of systems leads to decisive problems during building exploitation stage and adequate rehabilitation possibilities. Saving in important areas such as insulation, increases demand, the inefficiency and substantially energetic costs, moreover, favour the contamination depending upon no renewable energetic sources.

Desiring to guide the transformation process to a sustainable scholar centre, improving the building's lifecycle and the users comfort, we pose this project that focuses in:

- **The building previous study and constructive typology, creating and updating the graphic documentation that actually was inexact or inexistent.**
- **Systems parameters use analysis, of consumption and energetic demand.**
- **Acoustic and thermal parameters study.**
- **Energetic rehabilitation, acoustic – thermal conditioning and maintenance proposals.**

**RESUM****Català**

El present projecte final de grau pretén potenciar i promoure la rehabilitació energètica, des de la limitació de la demanda com a eina fonamental en la intervenció d'edificis existents, combinant la metodologia d'anàlisi *in-situ*, recollida de dades, termografia i simulació tridimensional amb eines informàtiques, per tal d'obtenir dades objectives a l'hora de crear propostes de millora que cerquin la resolució de les problemàtiques diagnosticades i que amb aquestes es fomenti minimitzar l'impacte negatiu intrínsec dels processos constructius salvaguardant el medi ambient.

L'edifici objecte d'estudi, actualment i des de la seva construcció a Esplugues de Llobregat el 1975 ha estat dedicat a l'ús docent (sector terciari). El **Centre escolar Isabel de Villena** du 37 anys d'exercici i encara que per diferents motius ha tingut varies reformes<sup>(1)</sup> podem dir que no progressa adequadament, ja que les deficiències analitzades obstaculitzen la qualitat del propòsit lectiu.

Edifici aïllat a parcel·la, va ésser concebut per poder aprofitar al màxim la il·luminació i ventilació natural mitjançant la seva forma i orientació, fins i tot al soterrani. D'altra banda, la construcció tradicional emprada, les tècniques, procediments i sistemes resoltos d'ençà, avui originen greuges i disconformitats, sobretot quan volen continuar desenvolupant l'activitat docent amb normalitat i assolir estàndards de baix consum energètic, contribuint en el propòsit comú de la reducció d'emissions de gasos d'efecte hivernacle com el CO<sub>2</sub>.

Aquest estudi és un clar exemple de que la manca de previsió en fase de projecte i construcció vers les posteriors etapes de manteniment i ús de les instal·lacions desemboca en problemàtiques de caire decisiu durant l'etapa d'explotació de l'edifici i les possibles rehabilitacions escaients. Estalviant en partides importants com l'aïllament, s'augmenta la demanda, la ineficiència i substancialment els costos energètics, i d'altra banda afavorim l'augment de la contaminació al dependre de fonts energètiques no renovables.

Amb el desig de guiar el procés de transformació cap a un centre escolar més sostenible, millorant la vida útil de l'edifici i el confort dels usuaris, plantegem aquest projecte que es centrarà en:

- **L'estudi previ de l'edifici i la seva tipologia constructiva, creant i actualitzant la documentació gràfica que fins ara era inexacta o inexistent.**
- **Anàlisi dels paràmetres d'ús de les instal·lacions, de consum i de demanda energètica.**
- **Estudi dels paràmetres de confort acústic i tèrmic.**
- **Propostes de rehabilitació energètica, acondicionament acústic – tèrmic i manteniment.**

(1). 3.2.2 Històric d'actuacions de millora i manteniment. Pàg. 12



**ÍNDEX**

1. INTRODUCCIÓ	5	5.6. Anàlisis dels consums	59
2. DEFINICIÓ DEL PROJECTE	7	5.6.1. Aigua	59
2.1. METODOLOGIA	7	5.6.2. Energia elèctrica	59
2.2. MARC NORMATIU	9	5.6.3. Gas	60
3. FASE 0: PREDIAGNÒSI	11	5.6.4. Gasoil	61
3.1. DESCRIPCIÓ EDIFICI	11	5.6.5. Global de recursos energètics	61
3.1.1. Emplaçament geogràfic i climatologia	11	5.6.6. Comparació amb altres escoles	62
3.1.2. Planejament urbanístic i dades de l'edificació	11	6. FASE 3: DIAGNÒSTIC I LÍNIES D'ACTUACIÓ	63
3.2. AVALUACIÓ INICIAL	12	6.1. Diagnòstic disconformitats	63
3.2.1. Detecció de disconformitats	12	6.2. Línies d'actuació	70
3.2.2. Històric d'actuacions de millora i manteniment	12	6.2.1. LA1. Actuacions sobre l'envolupant	70
3.3. OBJECTIUS	12	6.2.2. LA2. Actuacions sobre les instal·lacions	72
4. FASE 1: AIXECAMENT DE DADES	13	6.2.3. LA3. Actuacions sobre la gestió dels recursos	72
4.1. Antecedents i documentació prèvia	13	6.2.4. LA4. Actuacions gestió dels residus	73
4.2. Dades Estàtiques	13	6.3. Quadre de prioritats	73
4.2.1. Arquitectura	13	7. FASE 4: PROPOSTES D'INTERVENCIÓ	75
4.2.2. Construcció	16	7.1. ACONDICIONAMENT ACÚSTIC	75
4.2.3. Instal·lacions	18	7.2. ACONDICIONAMENT TÈRMIC I EFICIÈNCIA	75
4.2.4. Perfil d'ús	20	7.3. ACONDICIONAMENT LUMÍNIC	76
4.3. Dades Dinàmiques	22	7.4. SOSTENIBILITAT I CONSCIENCIACIÓ	76
4.3.1. Seguiment del consum energètic i recursos	22	8. PLA DE MANTENIMENT – LLIBRE DEL EDIFICI	77
4.3.2. Seguiment de la intensitat d'ús	23	9. CONCLUSIONS / RECOMANACIONS	79
4.3.3. Seguiment de la gestió	24	10. BIBLIOGRAFIA	81
4.3.4. Seguiment de les condicions de confort	25	10.1. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES	81
5. FASE 2: AVALUACIÓ	27	10.1.1. ANNEX A – 1. ANTECEDENTS	81
5.1. Procés d'avaluació	27	MEDIAMBIENTALS	81
5.2. Tècniques d'avaluació in-situ	27	10.1.2. ANNEX A – 1.1. CONSUMS D'ENERGIA EN	81
5.2.1. Termografies	27	L'ÀMBIT DE L'EDIFICACIÓ	81
5.2.2. Mesuraments de l'Acústica	32	10.1.3. DEFINICIÓ DEL PROJECTE.	81
5.3. Tècniques d'avaluació informatitzades	35	METODOLOGIA	81
5.4. Anàlisi de l'eficiència energètica	36	10.1.4. FASE 0 - DEFINICIÓ DEL PROJECTE	81
5.4.1. Demanda tèrmica	36	10.1.5. FASE 2 – AVALUACIÓ DEL PROJECTE	82
5.4.2. Demanda Lumínica	45	10.1.6. FASE 4 – DIAGNÒSTIC I LÍNIES	82
5.4.3. Qualificació dels sistemes	53	D'ACTUACIÓ	82
5.5. Anàlisis del funcionament	57	10.2. NORMATIVA	82
5.5.1. Ocupació	57	10.3. GUIES DE CONSULTA	82
5.5.2. Gestió i manteniment	57	11. AGRAÏMENTS	83
5.5.3. Paràmetres de confort	58		

**ÍNDEX ANNEX (resum)**ANNEX A – FASE 0: PREDIAGNOSI

GLOSARI	3
1. ANTECEDENTS MEDIAMBIENTALS	7
2. PLANEJAMENT URBANÍSTIC	11

ANNEX B – FASE 1: AIXECAMENT DE DADES

1.1. MEMÒRIA GRÀFICA	1
1.2. DESCRIPCIÓ ELEMENTS CONSTRUCTIUS	21
1.3. INVENTARI EDIFICI	31
2.1. ENQUESTES	95
2.2. SEGUIMENT DELS CONSUMS	136
2.3. SEGUIMENT DE CONDICIONS DE CONFORT	143

ANNEX C – FASE 2: AVALUACIÓ

1. MESURAMENTS D'ACÚSTICA	3
2.1. DEFINICIÓ EDIFICI <i>LIDER</i>	11
2.2. AVALUACIÓ SISTEMES <i>CALENER</i>	23
3. RESULTATS SITUACIÓ INICIAL	29
4. RESULTATS PROPOSTES D'ACTUACIÓ	61
5. INFORMES RESULTATS <i>LIDER CALENER</i>	139
6. INTRODUCCIÓ EDIFICI <i>DIALUX</i>	257
7. SIMULACIÓ 3D i INFORME <i>DIALUX</i>	263
8. INTRODUCCIÓ EDIFICI <i>CYPE</i>	465
9. RESULTATS <i>CYPE</i> DB-HE1 i DB-HR	475

ANNEX D – FASE 3/4: LÍNIES D'ACTUACIÓ i PROPOSTES

1.1. LLUERNA POLICARBONAT	3
1.2. FAÇANA VENTILADA	5
1.3. TENDALS CORREDISSOS	16
1.4. COBERTA NO TRANSITABLE	17
1.5. CORTINES ACÚSTICA	18
1.6. PROJECTE D'IL·LUMINACIÓ	25
1.7. PROTECCIÓ SOLAR VEGETAL	83
1.8. SERVEI DE RECOLLIDA I RECICLATGE D'OLI	86

ANNEX E – GESTIÓ DEL MANTENIMENT

1. LLIBRE DE L'EDIFICI	1
------------------------	---



## 1. INTRODUCCIÓ

Partint de la iniciativa entre el Departament de Construccions Arquitectòniques II i Física Aplicada de l'EPSEB<sup>(1)</sup>, amb l'alumnat i els Centres docents oferts a estudi, es crea un conjunt de sinèrgies amb la finalitat de **promoure l'avaluació i rehabilitació energètica en edificis existents**, donant resposta a les problemàtiques ambientals que patim en l'actualitat i d'aquesta manera tractar les deficiències a diagnosticar.

Des de la coordinació dels diferents PFGs, s'ha proposat que s'utilitzi la mateixa metodologia en l'obtenció de paràmetres i resultats per a tots els grups de treball, partint d'una exhaustiva presa de dades de característiques de l'edifici i de les instal·lacions; comparativa entre la demanda energètica i el consum real de l'edifici; estudi del comportament dels usuaris i del manteniment, per tal de poder obtenir propostes de millora considerant la normativa aplicable (**CTE DB HE, DB HR, Decret d'ecoeficiència**, etc.) i la possibilitat real d'intervenció en aquests edificis; tot plegat per tal de poder realitzar un recull i tractament significatiu de la informació obtinguda col·lectivament, i d'aquesta manera tenir com a referència dades d'edificis actualment en ús en la realització de futurs estudis.

El **Centre Isabel de Villena** va mostrar la seva voluntat per solucionar les diferents mancances en matèria de confort tèrmic i acústic que pateix l'escola (any de construcció: 1975), les quals al no ser tractades correctament dificulten i disminueixen la qualitat de l'ensenyament. Per aquesta raó es va voler integrar aquest edifici com a objecte d'avaluació en el present PFG i, en definitiva, al conjunt de sinèrgies esmentades anteriorment, al encaixar plenament en la línia d'estudis a realitzar, vist que el centre necessita assessorament tècnic en quant a l'acondicionament acústic - tèrmic i a l'eficiència energètica dels sistemes buscant convertir-se en un centre docent més sostenible.

Com a primera presa de contacte va caldre comprendre l'edifici, veure com responia a les demandes dels usuaris, trobar quins eren els seus punts forts i com potenciar-los. La resposta cridava al cel; és la seva arquitectura totalment orientada per l'aprofitament màxim de l'energia solar. Encara que no podíem deixar-nos enlluernar per la troballa realitzada degut al potencial de millora que es pressentia, calia utilitzar una metodologia molt ben articulada que ens permetés quantificar rigorosament l'estat actual de l'edifici.

(1). Aquesta col·laboració no és troba a la resta de PFG's d'Avaluacions Energètiques.

La **metodologia** realitzada en el present projecte es compon de les següents fases (Fig. 1.1).

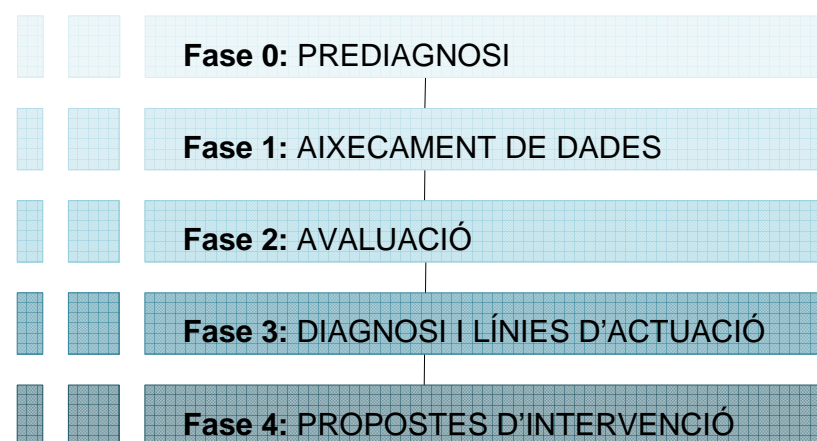


Fig.1.1: Metodologia d'estudi Font: Elaboració Pròpia

Iniciant l'aixecament de dades (Fase 1), ha calgut realitzar **l'aixecament complet de la memòria gràfica de l'edifici**, degut a que la disponible resultava obsoleta i hagués originat imprecisions en els resultats obtinguts.

Per la definició de l'envolupant i les característiques dels materials que la formen, s'ha consultat la base de dades de l'**Institut Tecnològic de Catalunya (iTec)** i del **Catàleg de dades d'elements constructius del CTE** a l'hora d'adequar els elements existents amb informació significativa (transmissió del calor, vapor d'aigua, etc).

En l'avaluació de la demanda tèrmica (Fase 2) s'ha realitzat el **Balanç energètic de l'edifici**, mitjançant el qual s'ha establert la **transmitància de l'envolupant (U)** a partir de l'ajuda de programari informàtic en la comprovació del **mètode general per a edificis del sector terciari** descrit en el **CTE DB-HE1**. Per aconseguir aquest fi, s'ha introduït l'edifici en dos programes amb llicència lliure, desenvolupats mitjançant la promoció del Ministeri de Foment del Govern de l'Estat.

El **LIDER** es basa en la verificació de la *Limitació de la demanda*, i el **CALENER VyP** que d'altra banda, es centra en l'estudi de les instal·lacions i el consum energètic associat, juntament amb la contaminació generada, tot realitzant *La certificació energètica de l'edifici*.

Per tal de dur a terme dita qualificació dels sistemes, s'ha comprovat també la **instal·lació d'il·luminació** verificant el compliment del **CTE DB-HE3**, mitjançant el programa de càlcul **DIALUX** a l'hora d'obtenir els valors d'eficiència energètica en il·luminació. Cercant aquesta eficiència, ha calgut enregistrar l'aprofitament que realitza l'edifici de la llum natural, mitjançant un **estudi lumínic amb mesures in situ** amb ajuda d'un luxòmetre en els espais més significatius.

Paral·lelament, s'ha realitzat l'**estudi d'insolació i ombres** de l'envolupant de l'edifici utilitzant el programa **Google SketchUp**, per tal de mostrar que l'aprofitament sense sistemes de protecció genera la disminució de les condicions de confort.

Referent a l'**anàlisi del consum de recursos actuals** s'ha fet un estudi detallat del consum en electricitat, aigua, gas i gasoil, parant especial atenció en el sistema de calefacció i climatització.

Tot complementant les dades obtingudes amb la simulació, s'han realitzat **termografies de les façanes** per estudiar el comportament real dels tancaments i els ponts tèrmics a partir d'eines d'avantguarda. Aquestes, en col·laboració mútua amb un altre PFG de l'EPSEB.

Un cop tractada la informació abans esmentada se'ns permet avaluar la seva petjada ecològica, mitjançant el còmput d'energia total per sistemes (ACS, climatització, il·luminació) i energia primària per fonts d'origen (electricitat, gasoil, gas, aigua). Encara que el nostre objectiu no serà tant ambiciós com per arribar a certificar energèticament el nostre cas pràctic, creiem necessària l'obtenció de dits resultats per tal de tenir els paràmetres adequats alhora d'avaluar el potencial d'estalvi energètic.

D'altra banda, a l'hora de tractar els paràmetres referents a l'**acondicionament acústic dels espais interiors** s'han realitzat **mesuraments in-situ** a les estances més representatives per tal de comprovar l'**índex de reverberació**. També en una aula tipus, s'ha calculat la **resistència acústica** front els espais adjacents.

Un cop valorades les singularitats del nostre projecte (estudi acústic - tèrmic), s'han desitjat complementar els paràmetres a estudiar, donant així major fiabilitat dels resultats obtinguts a partir dels mesuraments acústics i del programa LIDER en quant a la comprovació de l'envolupant, mitjançant altres recursos informàtics.

Trobar el programa **CYPE**, a partir del seu **mòdul Instal·lacions** (apartat d'aïllament), ens ha permès verificar simultàniament les exigències del DB-HR i el DB-HE 1 en espais interns i tancaments amb l'exterior. Dit apartat d'aïllament realitza la comprovació del **confort acústic** vers el **DB HR del CTE**, mitjançant el qual hem pogut detectar els punts febles de l'edifici enfront el soroll. Respecte la comprovació de transmitàncies i condensacions de l'envolupant, el programa cerca el compliment del **mètode simplificat del CTE DB-HE1**.

Encara que desafortunadament la comparació dels valors obtinguts en ambdós programes (LIDER i CYPE) no ha resultat contrastable degut a que la metodologia de càlcul per l'opció general i simplificada s'obté mitjançant procediments diferenciats. També, perquè la definició dels edificis a dits programes, crea necessitats diferenciades en quant a l'apartat de confort acústic, pel qual ha calgut que la descripció constructiva interior dels espais fos molt més acurada que en el cas del LIDER. Per aquestes raons, **els resultats de CYPE no s'han tingut en compte en la comprovació de l'envolupant**, sinó només en l'estudi del soroll. Aquests informes es poden consultar als annexos.

Proseguint en la introducció del projecte, per tal de complementar l'estudi realitzat s'ha elaborat un element tangible on recollir tota la informació de l'estat actual del centre que sigui consultable en el futur. La creació del **llibre de l'edifici** pretén figurar com a eina primordial en l'**adequació i manteniment dels sistemes**.

Les línies d'actuació i les propostes de millora s'han realitzat tenint en compte que en alguns casos els pressupostos disponibles són mínims, degut al tractament teòric del projecte i marcats per l'actual època de crisi. Dins d'aquest estudi es suggereixen les més econòmiques, amb més benefici i viabilitat real d'actuació partint des del nostre parer com a tècnics.

En resum, s'han verificat els següents aspectes de l'edifici amb l'objectiu últim d'introduir mesures d'estalvi energètic per poder reduir les emissions de CO<sub>2</sub> i així contribuir activament al compliment del protocol de Kyoto:

- Envolupant.
- Particions interiors.
- Instal·lacions de climatització.
- Il·luminació.
- Gestió d'espais.
- Hàbits dels usuaris.
- Disseny de l'edifici.

Així com altres aspectes que inclou el decret d'ecoeficiència i el CTE, els quals contribueixen a la sostenibilitat i habitabilitat de l'edifici com per exemple:

- Estalvi d'aigua.
- Acústica.
- Tractament de residus.
- Materials i sistemes de construcció.

Tot finalitzant, volem esmenar un parell d'aclariments tot i no estar reflectits literalment en els mètodes de treball.

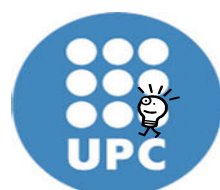
Nosaltres des de la nostra posició, amb l'empenta de les nostres tutores i els seus respectius departaments, hem volgut col·laborar amb l'escola per tal de sumar esforços en la conscienciació mediambiental i de divulgació amb l'alumnat del centre aprofitant la fantàstica oportunitat existent, volent-hi proposar activitats i tasques que complementin l'eficàcia de les millores a realitzar, ja que es necessita de la participació de tots els col·lectius per aconseguir que els resultats siguin perdurables en el temps.

Sens més dilació presentem les nostres cordials salutacions,

David Gilbete Méndez  
[david.gilbete@estudiant.upc.edu](mailto:david.gilbete@estudiant.upc.edu)

Omar Rubén Marcos Méndez  
[omar.ruben.marcos@estudiant.upc.edu](mailto:omar.ruben.marcos@estudiant.upc.edu)





## CAS PRÀCTIC

ESCOLA ISABEL DE VILLENA

Esplugues de Llobregat

## DESENVOLUPAMENT DEL PROJECTE

## 2. DEFINICIÓ DEL PROJECTE

Aquest cas pràctic presenta la singularitat d'englobar dues branques d'especialització completament diferenciades, **l'anàlisi del confort acústic i tèrmic**.

Donada la necessitat de trobar una solució conjunta que contempli l'adequació final dels espais de l'edifici, hem adaptat la metodologia d'actuació per poder solucionar correctament ambdues matèries.<sup>(1)</sup>

### 2.1. METODOLOGIA

El procés per a establir criteris d'estalvi energètic i confort acústic en edificis precisa de medis i col·laboracions a diferents nivells. Per tant, cal que des d'un principi es pugui comptar amb la participació i la implicació de tots els agents que intervenen en el procés.

Inicialment, en la introducció de la memòria s'ha presentat l'esquema de la metodologia de treball (figura 1.1), la qual s'organitza en quatre grans fases diferenciades, més la prèvia Fase 0 de Prediagnosi que és la que serveix per definir l'escenari d'inici dels treballs.

- **Fase 0:** Prediagnosi
- **Fase 1:** Aixecament de dades
- **Fase 2:** Avaluació
- **Fase 3:** Diagnòstic i línies d'actuació
- **Fase 4:** Propostes d'intervenció

#### Fase 0: Prediagnosi

La Prediagnosi és la primera fase de tot el procés, i està orientat a descobrir les disfuncions presents en l'edifici. Cercant aquest fi, és presentarà l'edifici, la seva localització i geometria, el punt de partida en el que es troba, les problemàtiques detectades i els objectius principals a seguir.

D'aquesta manera es pot valorar l'escenari inicial i determinar el potencial de millora i viabilitat dels objectius. Si l'objectiu, per exemple, és reduir el 50% del consum d'un edifici, cal saber respecte a quin paràmetre (vers al consum anual; al consum total de recursos; al consum d'una banda d'usos energètics; per m<sup>2</sup>; etc.).

Aquest escenari requereix d'informació suficient per poder identificar la tendència dels paràmetres a estudiar, i segons el nivell de detall de la informació que es disposi, identificar línies d'actuació específiques que puguin desenvolupar-se. Com que es tracta de definir l'escenari de sortida a partir de la informació disponible, el que fem en realitat és un **Prediagnosi**, ja que el diagnòstic pròpiament dit serà el resultat que obtinguem un cop s'hagi fet l'estudi, amb un anàlisi molt més detallat i a un altre nivell després de la recollida de tota la informació específica. En el cas d'actuacions a gran escala, el propi estudi pot derivar en la necessitat de realitzar una auditoria energètica completa.

En el nostre cas, l'Escola Isabel de Villena, s'ha realitzat la Prediagnosi en funció de la informació disponible.

- Nivell 1: Anàlisi del consum de recursos en el global de l'edifici.
- Nivell 2: Anàlisi del confort ambiental per desenvolupar l'activitat. (acústic - tèrmic).

D'acord amb la valoració dels nivells analitzats es podran definir possibles línies d'actuació:

- Actuacions específiques en l'edifici:
  - Avaluació energètica i de residus
  - Avaluació acústica
  - Anàlisi de la qualitat de l'aire interior
  - Anàlisi de la gestió de l'edifici

#### Fase 1: Aixecament de dades

És la primera fase de tot l'exercici i en depèn el bon resultat i la fiabilitat que se'n puguin derivar en les següents fases de treball. Cal doncs que l'accessibilitat a les diferents fonts d'informació sigui facilitada al màxim pels gestors i diferents usuaris dels edificis. En aquest sentit, nosaltres hem considerat que podem establir tres tipus d'accessibilitat:

- **Accessibilitat a nivell bàsic NB:** pels edificis amb escassa informació o dades que cal verificar.
- **Accessibilitat a nivell mitjà NM:** pels edificis amb disponibilitat de dades parcials i de les que ha de millorar-se la quantitat i la qualitat.
- **Accessibilitat a nivell detallat ND:** pels edificis amb gran disponibilitat de dades, de bona qualitat, i que només cal constatar.

(1). Metodologia adaptada per donar cabuda als estudis d'acústica i d'avaluació energètica, prenen com a referència els mètodes descrits al llibre "Avaluació energètica d'edificis, la experiència de la UPC".<sup>23</sup>

També s'han de diferenciar els tipus de dades recollides com a “**dades estàtiques**” i “**dades dinàmiques**” segons les modificacions que registren al llarg del temps. Així, tenim les característiques arquitectòniques de l'edifici, que en principi no variaran i que es consideren “estàtiques”, mentre que la intensitat d'ús o les condicions de confort d'un edifici es consideren “dinàmiques”. Fem aquesta diferenciació perquè cadascuna d'aquestes dades necessita d'un treball de camp diferent i haurà de reflectir-se, també, en uns formats de documents específics.

Com ja hem dit, el procés d'aixecament de dades té com a objectiu recollir tota aquella informació de l'edifici que ens permeti entendre com funciona, en quines condicions es troba i quin consum de recursos està generant. Per aquest motiu hem de distingir clarament el que seran: “**dades arquitectòniques**”, que ens ajudaran a entendre com funciona l'edifici envers l'entorn (l'orientació, el volum, o les ombres que es produeixen sobre la façana, per exemple); “**dades constructives**”, que han de donar-nos la informació sobre com treballa l'edifici per si sol i **quin paper té l'envolupant en el balanç energètic o els acabats interiors en la qualitat de l'acústica** (la disposició de les obertures, els tipus de tancaments, els materials que hi intervenen...); i les “**dades referides a les instal·lacions**”, com els tipus de sistemes de refrigeració i calefacció, si existeix sectorització de xarxes, o la qualitat lumínica assolida, etc.

Finalment hi ha una valoració de les dades que es recullen que nosaltres diferenciem entre **quantitat** i **qualitat**. Per tal d'implementar la quantitat de dades, sota criteris raonables, es pot: millorar la informació que ofereixen els plànols disponibles de l'edifici, realitzar seccions constructives i crear un annex fotogràfic per deixar constància de la informació.

Un cop s'ha tingut accés al màxim de dades cal millorar-ne la qualitat, cosa que aconseguirem transformant a formats digitals els plànols en suport paper, fent enquestes als usuaris de l'edifici per a detectar conflictes o desconforts, etc.

Les dades que recollim en origen i les que puguem aconseguir durant l'aixecament són determinants, ja que marcaran la direcció en que hem d'enfocar el procés d'anàlisi complet, la direcció de les nostres conclusions i perquè ens permetran també albirar les propostes d'intervenció que se'n puguin derivar. Cal, això sí, **ser realistes i procurar ajustar-se a les possibilitats i peculiaritats de l'edifici a estudiar per tal d'extreure'n el màxim profit de les seves singularitats**.

## **Fase 2: Avaluació**

Un cop feta la tasca de recollida de dades que, com ja hem indicat, és la més entretinguda i exigeix un grau de precisió important per tal que la documentació sigui fiable, cal fer-ne una avaluació que ens servirà, a la fi, per realitzar el diagnòstic de l'edifici que s'està estudiant.

Es tracta doncs de processar les dades recollides per tal d'avaluar els següents conceptes:

- El consum de recursos a partir de la monitorització de comptadors quan sigui possible
- Els consums de recursos a partir de la lectura i informatització de dades de les factures.
- La caracterització dels sistemes i aparells que consumeixen energia i que cobreixen la demanda per a Climatització i Il·luminació.
- Els resultats obtinguts de proves in-situ (termografies de l'envolupant, mesura del flux lumínic, mesura de la reverberació acústica interna, etc)
- Quan sigui possible, les condicions de Funcionament (pel que fa a l'Ocupació, el Manteniment i la Gestió, i els Paràmetres de Confort)

Amb aquestes dades es poden extreure el que anomenem **índex o valors significatius**, que permeten caracteritzar l'edifici.

No hem d'oblidar que l'avaluació global de l'eficiència energètica d'un edifici es realitza mitjançant la **comparació entre la demanda energètica teòrica i el consum efectiu** que s'observa a través de la facturació anual. L'anàlisi del que consumeix l'edifici, respecte al que hauria de consumir teòricament, permetrà valorar el potencial d'estalvi i les oportunitats de millora. Tanmateix, en **altres aspectes com la transmitància tèrmica, la qualitat lumínica o la sonoritat** dels espais de treball **s'haurà d'avaluar mitjançant la normativa vigent**.

Així mateix, l'estudi de les rutines en la gestió i el manteniment dels sistemes de l'edifici és útil per detectar mancances en el funcionament de les instal·lacions i, alhora, permet determinar l'ajust entre el nivell d'ocupació real i el grau de resposta dels sistemes a la seva demanda d'energia i recursos. Les possibles desviacions en aquests aspectes poden oferir la resposta a la diferència entre la demanda teòrica i el consum real enregistrat.

Finalment, la valoració del consum de recursos no ha de deixar de banda la valoració del confort dels usuaris de l'edifici: es tracta de conèixer si l'edifici és eficaç atenent les necessitats energètiques,

però el que és més important, si és eficient en relació als recursos que consumeix per a assolir-ho.

Amb els **Índexs o valors significatius** aconseguirem transformar les dades aixecades, en diferents unitats i amb diverses eines, en valors unificats i comparables (kWh/m<sup>2</sup>, lux/espai, etc) amb d'altres edificis semblants. Donat que existeixen molts tipus d'índexs que busquen caracteritzar energèticament els edificis, caldrà escollir els més adients en funció dels objectius de l'anàlisi.

En aquest punt és on l'aixecament de dades pren significat, ja que la tasca mecànica de recollida i registre es transforma en uns **Índexs significatius** que permeten comparar l'edifici amb aquells **Índexs o paràmetres de referència**, que ens ajudaran a definir l'escenari de partida des del qual poder identificar les oportunitats de millora de l'edifici.

En aquesta fase del treball ja es pot realitzar el diagnòstic, al que s'arriba després d'avaluar les dades i de comparar-les amb els valors de referència, i a partir d'aquí, es poden definir les línies d'actuació en què cal intervenir.

## **Fase 3: Diagnòstic:**

El reconeixement del comportament general de l'edifici i de les seves possibilitats de millora s'obté del diagnòstic parcial de cadascun dels àmbits analitzats: **l'envolupant arquitectònica, els sistemes energètics, l'ús i la gestió**. Aquest diagnòstic pot començar a definir les línies d'actuació on millorar l'eficiència del servei (l'educació en primer terme), de l'ús energètic i del consum de recursos a l'edifici, sempre tenint en compte la seva viabilitat, tant tècnica com econòmica i logística.

Amb el diagnòstic hem de ser capaços de detectar les diferents possibilitats de millora en cadascun dels àmbits d'actuació esmentats, i també hem de poder valorar les propostes en funció de les dificultats que comporti la seva execució i posterior manteniment. En el cas d'un edifici en el que s'identifiquin actuacions de millora tant en l'envolupant com en el funcionament dels aparells de climatització, i en el supòsit que ambdues proporcionin un estalvi energètic similar, caldrà determinar la inversió necessària per a cadascuna, tant en costos com en logística, abans de decidir una proposta d'intervenció.

Per tant, l'adequació i el grau de certesa del diagnòstic dependran directament de la qualitat de la informació recollida durant l'aixecament de dades i del rigor amb què s'hagi fet l'avaluació dels resultats.

**Fase 4: Les línies d'actuació**

Finalment, a partir del diagnòstic es poden identificar les mancances de l'edifici, i per tant, es poden començar a plantejar les accions específiques per tal de solucionar-les. Les diferents propostes caldrà agrupar-les en el que anomenem línies d'actuació, que venen determinades per la metodologia emprada durant l'aixecament de dades i l'avaluació. Així definirem:

- Actuacions relacionades amb l'envolupant: són aquelles que tenen a veure amb les característiques arquitectòniques i constructives de l'edifici i específicament amb la seva envolupant (tancaments exteriors verticals, cobertes, soleres, etc.) i particions interiors. Aquest tipus d'actuacions actuen sobre la demanda energètica amb l'objectiu de reduir-la i sobre el confort dels espais pel correcte desenvolupament de l'activitat.
- Actuacions relacionades amb els sistemes i les instal·lacions: on es recolliran totes aquelles intervencions que poden millorar el funcionament dels aparells i dels sistemes que atenen la demanda energètica de l'edifici (lluminàries, aparells de climatització, reguladors de fluxos, etc.).
- Actuacions relacionades amb la gestió dels recursos energètics: agruparan aquelles actuacions identificades amb les característiques d'ocupació de l'edifici i els seus usos i funcions (horaris, períodes, etc.).

Cadascuna de les actuacions identificades haurà de ser valorada en quatre aspectes: pel que fa a la seva incidència sobre la demanda energètica de l'edifici, respecte al consum global o percentatge d'estalvi que pot significar, sobre el confort dels usuaris i per la seva viabilitat tant tècnica com econòmica.

**El Quadre de prioritats:**

Una vegada identificades les oportunitats de millora en cada àmbit i valorades les diferents viabilitats tècniques, econòmiques i logístiques, és necessari fer un quadre de prioritats per tal que els recursos disponibles siguin invertits de la manera més efectiva i eficient possible.

En aquest sentit, volem insistir que estem fent una primera "fotografia" de l'estat actual i real del CEIP IES Isabel de Villena respecte al consum de recursos i eficiència, avaluant si aquest consum es desvia dels paràmetres de referència i, finalment, proposant algunes possibles línies d'actuació, de caràcter general, que poden donar resposta a les polítiques de gestió, confort o estalvi. Abans de dur a terme qualsevol d'aquestes mesures s'haurà de realitzar el que anomenem una "auditoria energètica",

que és el següent pas per a detectar, ja en un altre grau de precisió, les possibles mancances de projecte, de construcció, d'ús o de manteniment dels edificis.

Entenem que l'auditoria energètica és un procés fonamental de diagnòstic que ha de permetre orientar els esforços econòmics, tècnics i logístics de manera eficient, per tal de corregir les deficiències identificades en qualsevol edifici. Així, considerem que la darrera fase de tot aquest procés hauria de comportar les corresponents avaluacions energètiques completes que serveixin per proposar les actuacions a realitzar en els edificis i que aquestes s'hauran de traduir en projectes específics, a desenvolupar d'acord amb les prioritats dels responsables de la seva gestió.

Per tal de validar la necessitat d'una auditoria energètica, cal demostrar a partir de l'anàlisi dels principals indicadors de consum de recursos, amb una evolució en augment i, per tant, unes emissions de CO<sub>2</sub> també amb un fort increment any per any, a més de comparar vers altres edificis si aquest consumeix més energia que altres equipaments similars, i així justificar la realització de l'auditoria.

**2.2. MARC NORMATIU**

L'objectiu la **Directiva 2002/91/CE** és fomentar l'eficiència energètica dels edificis de la Comunitat Europea, tenint en compte les condicions climàtiques exteriors i les particularitats locals, així com els requisits ambientals interiors i la relació cost-eficàcia.

Aquesta Directiva estableix requisits en relació a:

- El marc general d'una metodologia de càlcul de l'eficiència energètica integrada dels edificis.
- L'aplicació de requisits mínims d'eficiència energètica als edificis nous i als grans edificis existents que siguin objecte de reformes importants.
- La certificació energètica d'edificis.
- La inspecció periòdica de calderes i sistemes d'aire acondicionat d'edificis i l'avaluació de l'estat de la instal·lació de calefacció de calderes de més de 15 anys.

La transposició a l'Estat Espanyol dels objectius de la Directiva 2002/91/CE (que recentment ha estat modificada per la Directiva 2010/31/UE) s'ha dut a terme mitjançant una sèrie de normatives:

- **El Reial Decret 314/2006**, de 17 de març de 2006, pel qual s'aprova el Codi Tècnic de l'Edificació. Les exigències bàsiques establertes en els articles 4, 5 i 6 de la Directiva 2002/91/CE s'incorporen al Codi Tècnic de l'Edificació en el Documents Bàsics d'estalvi d'energia (DB-HE).

- **El Reial Decret 1027/2007**, de 20 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament d'Instal·lacions tèrmiques als edificis. Aquest Reial Decret deroga i substitueix el Reglament d'Instal·lacions Tèrmiques en els Edificis (RITE), aprovat pel Reial Decret 1751/1998, de 31 de juliol.
- **El Reial Decret 47/2007**, de 19 de gener, pel qual s'aprova la Certificació Energètica d'edificis nous. Aquest Reial Decret estableix el procediment bàsic que deu complir la metodologia de càlcul de la qualificació d'eficiència energètica, amb el que s'inicia el procés de certificació, considerant aquells factors que més incidència tenen en el consum d'energia.

Dita transposició també té marcats els presents objectius a nivell autonòmic de la Generalitat de Catalunya, on trobem:

- **El Decret 21/2006**, de 14 de febrer de 2006, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis.

Des del punt de vista normatiu, el present estudi s'ha realitzat tenint en compte tot allò establert en el Codi Tècnic de l'Edificació, **DB HE Estalvi energètic** (apartat 1 "Limitació de la demanda energètica", apartat 3 "Eficiència energètica de les instal·lacions d'il·luminació"), **DB HS Salubritat** (apartat 2 "Recollida i evacuació de residus", apartat 3 "Qualitat de l'aire interior"), **RITE i el Decret d'ecoeficiència**; referent als aspectes i apartats escaients a demanda tèrmica, eficiència dels sistemes i condicions internes de salubritat. En l'estudi **termogràfic** també s'ha contemplat la **UNE-EN 13187:1999**, la qual ens facilita els procediments a seguir.

En quant als temes referents a l'adequació acústica s'ha consultat el DB HR Protecció front el soroll. Pels processos en tècniques d'avaluació, **temps de reverberació UNE-EN ISO 3382:2001** i sobre l'**aïllament acústic, UNE-EN ISO 140-4:1999**.



### 3. FASE 0: PREDIAGNOSI

En el següent punt es fa el primer apropament a les característiques actuals de l'edifici, complementant-les amb un petit esbós de les intervencions més importants que s'han realitzat, ja siguin de manteniment, ampliació o millorar les instal·lacions i serveis del centre, per tal de poder visualitzar l'estat inicial de l'avaluació a realitzar.

Tot plegat per tal de poder establir el punt de partida de l'estudi, on inicialment s'ha avaluat el conjunt de les problemàtiques cercant les possibilitats de millora i situant els objectius que es volen aconseguir.

#### 3.1. DESCRIPCIÓ EDIFICI

##### 3.1.1. Emplaçament geogràfic i climatologia

L'edifici construït a l'any 1975, CEIP – IES Isabel de Villena es troba situat al C/ Joan Miró s/n, 08950, al sector de Finestrelles a la localitat d'Esplugues de Llobregat, comarca del Baix Llobregat, província de Barcelona.

El clima a Esplugues és del tipus mediterrani, el qual es caracteritza per tenir hiverns humits i suaus, d'altra banda els estius són secs. Les estacions més plujoses són la tardor i la primavera. S'hi troben pocs dies amb temperatures extremes, de fred o calor, per això les mitjanes anuals màximes i mínimes són moderades pròpies d'un clima mediterrani suau.

A la zona metropolitana de Barcelona la mitjana anual de dies de pluja es de 90 dies. No obstant és important matisar que els dies completament coberts i totalment plujosos són menys habituals que en el clima continental, vist que no és habitual encadenar varis dies de pluja continuada. Les tempestes d'estiu poden ser fortes, però de poca durada.

A la nostre ubicació, la besant sud-oest del Parc de Collserola, ens trobem protegits del vent del nord encara que totalment desprotegits de les marinades que poden ser fortes. Emplaçat en una zona de densitat edificatòria menor, apartat del centre urbà i per trobar-se a una alçada aproximada de 136m sobre el nivell del mar, hi ha una petita variació de la humitat relativa mitja, així com una lleu disminució de la temperatura ambiental.

(1). ANNEX A - Modificació Pla General, article 16. 2012. Pàg. 11

##### 3.1.2. Planejament urbanístic i dades de l'edificació

El Col·legi Isabel de Villena dins les Normes Urbanístiques del Pla General d'Ordenació <sup>24</sup> del Terme Municipal d'Esplugues de Llobregat consta com a àmbit d'aplicació **zona 7a** (clau 7/IV) a l'àmbit Nord, el qual té una **superfície de sòl de 3.454 m<sup>2</sup>** (confirmat segons cadastre). L'ús previst és el d'equipament docent de titularitat privada. L'ordenació de les edificacions seguirà els següents paràmetres:

- La tipologia de l'edificació aïllada.
- L'aprofitament net màxim és de 1,5 m<sup>2</sup> de sostre per m<sup>2</sup> de sòl.
- Ocupació sobre rasant 50%.
- Ocupació sota rasant 100%.
- La separació mínima de les edificacions a vial serà de 7 metres.
- La separació mínima de les edificacions a la resta de l'indret serà de 5 metres.
- Les construccions auxiliars, d'una planta d'alçada podran ocupar els espais lliures anteriors amb un màxim del 20%.
- L'alçada màxima de l'edificació es fixa en planta baixa i 4 pisos (16,70 metres)
- Els espais lliures podran destinar-se a joc, àrees esportives a l'aire lliure, etc.

Dit pla general d'ordenació a sofert recentment una modificació puntual per tal de corregir errades detectades que contradeien la **situació actual de l'edifici de planta baixa i 3 pisos "13,20 m"** (abans deia 12,50 m) . També s'ha aprofitat per afegir altres punts per la necessitat d'ampliació dels equipaments de l'escola, permetent la construcció d'un poliesportiu soterrat (ocupació sota rasant 100%) i pujant l'alçada màxima de l'edificació fins a planta baixa i 4 pisos "16,70 m". Aquesta modificació de l'article 16 ha entrat en vigor a partir de Març de 2012 <sup>(1)</sup>.

L'edifici té un sostre construït de 5120,89 m<sup>2</sup> (3511,12 m<sup>2</sup> sobre rasant i 1609,78 m<sup>2</sup> sota rasant). També l'edifici s'inscriu dins dels gàlils màxims de la planta i el volum que estableix l'ordenació, tan mateix l'activitat és compatible i hi està permès l'ús al que es destina l'edifici. Actualment l'entorn es troba en fase d'adequació urbanística, ja que alguns carrers encara no tenen obert el pas. Els serveis de recollida pneumàtica de residus estan en previsió, però no en servei.

Les característiques arquitectòniques i constructives específiques del projecte, les trobem en els apartats de la Fase 1, aixecament de dades.



Fig.4.1: Emplaçament edifici objecte estudi – Vista aèria Annex B: Memòria gràfica, Plànol núm. 1 - Emplaçament

ESPLUGUES DE LLOBREGAT - altitud 110 m												Dades observatori: Barcelonès - Zona Universitària			
GE	FE	MA	AB	MA	JU	JU	AG	SE	OC	NO	DE	AN			
TEMPERATURA MITJANA MENSUAL ( °C )															
9	10,3	11,8	16,3	19	20,7	22,5	24,6	22,8	19	14,7	10,8	16,8			
TEMPERATURA MÀXIMA MITJANA MENSUAL ( °C )															
13,9	15,7	16,5	21,3	24,1	25,5	27,3	29,8	28,6	24,8	19,3	15,9	21,9			
TEMPERATURA MÍNIMA MITJANA MENSUAL ( °C )															
5,5	6,5	8,3	12,4	14,5	16,7	18,6	20,4	18,2	14,7	11,6	7	12,9			
NOMBRE DE DIES DE GLAÇADA ( TN < / = 0 °C )															
3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3		
PRECIPITACIÓ MENSUAL ( mm )															
36,5	24,9	152,9	13,3	63,3	113,2	99,6	4,6	8,3	86,7	230,6	0,1	834			
NOMBRE DE DIES DE PRECIPITACIÓ ( PPT > / = 1 mm )															
7	6	10	6	9	7	7	4	5	5	14	1	81			
VELOCITAT MITJANA DEL VENT MENSUAL ( m/s - H nanòmetre 10m )															
1,9	2,4	2,6	2,4	2,2	2	2,3	1,9	1,8	1,8	1,9	2,7	2,2			
MITJANA MENSUAL DE LA RATXA MÀXIMA DIÀRIA DEL VENT ( m/s - Alçada 10m )															
7,4	8,8	9	8,6	8,1	8	9,5	7,6	7,4	7,7	7,7	10	8,4			
DIRECCIÓ DOMINANT DEL VENT ( H nanòmetre 10m )															
NW	NW	E	E	E	SW	SW	SW	SW	NW	NE	NW	NW			
HUMITAT RELATIVA MITJANA MENSUAL ( % )															
68	66	70	65	65	68	69	66	68	63	78	61	67			
MITJANA MENSUAL DE LA HUMITAT RELATIVA MÀXIMA DIÀRIA ( % )															
84	83	86	84	85	89	87	85	86	82	93	78	85			
MITJANA MENSUAL DE LA HUMITAT RELATIVA MÍNIMA DIÀRIA ( % )															
47	43	49	43	42	45	47	42	42	41	56	41	45			
MITJANA MENSUAL IRRADIACIÓ SOLAR GLOBAL DIÀRIA ( kWh/m <sup>2</sup> )															
2,1	3,0	4,14	5,5	6,7	6,5	6,1	6,18	5,1	3,4	1,8	2,1	4,4			

Fig.4.2: Dades meteorològiques rellevants observatori Z. Universitària Font: METEOCAT. Anuari dades meteorològiques 2011 <sup>25</sup>

### 3.2. AVALUACIÓ INICIAL

#### 3.2.1. Detecció de disconformitats

En el centre Isabel de Villena hem pogut detectar algunes mancances relacionades principalment amb el confort dels usuaris i les dificultats que aquestes situacions originen alhora de realitzar l'activitat docent.

Creiem molt encertat que el disseny, orientació i compacitat de l'edifici hagi estat des de la seva construcció ideat primordialment per l'aprofitament de la il·luminació i la radiació solar. Encara que en contra partida, l'aprofitament energètic sense mesures de control, pot comportar la **pèrdua de la eficiència**.

A l'edifici es detecten situacions de **malbaratament energètic** que es deuen a la manca de sistemes de control per adaptar-se a la demanda real. Per tractar aquests factors cal concebre l'edifici en sectors (zones sud, i nord) amb comportaments i necessitats heterogènies en funció dels espais i dels usuaris.

Per exemple, la **façana sud** es caracteritza per la forta insolació que rep, en conseqüència caldria instal·lar-hi **proteccions solars** a les obertures per evitar situacions de sobreescalfament a les aules. Al hivern, vist que tampoc hi ha una **sectorització del sistema de calefacció** en funció de la demanda dels espais, les aules calefactades i amb plena ocupació reben també l'aportació solar, creant freqüentment situacions de desconfort on cal obrir les finestres per ventilar, generant així una **problemàtica d'acústica** a afegir. Aquestes situacions es repeteixen a l'estiu, a on ha calgut que s'instal·lin cortines interiors per **graduar l'excessiva il·luminació interna** i al mateix temps evitar l'escalfament directe, encara que aquestes són poc eficients. En canvi amb les correctes proteccions solars, les aules no tindrien una radiació directe, la temperatura dels espais disminuiria i s'acabaria afavorint les condicions per du a terme les classes.

En canvi a la zona nord (**façanes nord-est i nord-oest**), l'origen de les problemàtiques recau en la necessitat d'aïllament dels tancaments i en la millora de les obertures. La solució constructiva de les façanes, no està adaptada per l'orientació a la qual es troba, vist des de l'òptica d'un balanç energètic, les aportacions rebudes són inferiors a les pèrdues globals; accentuada aquesta situació amb la incorrecta solució constructiva que trobem a les lluernes de soterrani i coberta. Aquestes ventilen lliurement tot l'any, inclòs al hivern, factor pel qual van haver de complementar el sistema de calefacció del menjador amb una altra caldera (de gasoil) que calefactes únicament aquest espai de grans dimensions per cobrir la forta demanda. En definitiva, tenim espais

que s'abasteix exclusivament per llençar gran quantitat d'energia mitjançant una envolupant de prestacions molt millorables.

#### 3.2.2. Històric d'actuacions de millora i manteniment

En el present projecte per tal de poder valorar l'estat inicial del centre i de les seves instal·lacions, ens ha calgut investigar quines han sigut les actuacions més destacables en els sistemes de l'edifici. D'aquesta manera poder obtenir una evolució en el temps de les tasques de millora, ampliació o manteniment més importants realitzades.

Aquestes dades les hem pogut extreure en les entrevistes realitzades al Cap de Manteniment del centre en les visites realitzades en l'aixecament de dades, ja que no hi ha constància en documents escrits.

- 1996 Adequació acústica del menjador i la sala de música, mitjançant plafons acústics sobre el revestiment interior.
- 1998 Reforma dels serveis d'alumnes a la P3. S'ha creat serveis per minusvàlids. // Creació dels despatxos del vestíbul a PB, mitjançant fusteria d'alumini (actualment, tenen l'estructura en males condicions).
- 1999 Ampliació de l'escola, cobrint la terrassa de P3 i la lluern de la sala de vestíbul central. Es crea l'aula A47 i la nova biblioteca; al espai lliurat de PB s'ha condicionat per acollir la nova sala d'actes.
- 1999 / 2001 Als extrems dels passadissos s'han creat despatxos pels departaments, mitjançant fusteria d'alumini. P2, P3.
- 2000 / 2001 Reforma dels serveis d'alumnes a la P1, P2. S'ha creat serveis per minusvàlids.
- 2001 Reconversió del Laboratori de Física del soterrani en dues aules d'estudi, mitjançant divisòries de fusteria d'alumini.
- 2002 Projecte elèctric de baixa tensió (Numatec) i adaptació de la il·luminació d'emergència.
- 2003 Reforma dels serveis de personal. // Substitució de les xarxes metàl·liques (reixat 45°) en males condicions que hi havia als forats del vestíbul del passadís i escales, per una balla rígida d'acer més estable (reixat 90°).
- 2004 Instal·lació d'una caldera de gasoil al menjador. // Canvi del mobiliari d'aules (taules i cadires).
- 2005 / 2008 Finestres d'alumini amb trencament de pont tèrmic aules (una planta per any, P3, P2, P1; PB amb persianes).
- 2006 Projecte de millora del pati de parvulari, amb paviment de cautxú, instal·lació de noves lluernes transitables. Pati exterior, modificació i formigonat de les pistes esportives.
- 2007 Instal·lació de les canalitzacions per a manega en cas d'incendis a cada extrem del passadís principal. // Pintar

passadissos i parts de la façana principal. // Canvi d'ascensor, maquinaria i actualització dels quadres elèctrics de protecció.

- 2008 Projecte d'evacuació en cas d'emergència (Proden), adaptació de les sortides, instal·lació d'extintors. Les portes talla focs van ser corregides i la inspecció del cos de bombers les va fer retirar. Avui estan sense instal·lar.
  - 2009 Instal·lació d'una capa de policarbonat de doble cel·la sota la lluern de la cuina, creant cambra d'aire per millorar el confort.
  - 2010 i 2011 Renovació d'una caldera de gas, tipus condensació pel sistema de calefacció i ACS (una per any).
  - 2010 / 2012 Actualització i millora de la xarxa interna de telecomunicacions. Instal·lació de pissarres electròniques a les aules.
  - 2011 Adequació del gimnàs. Instal·lació de paviment continu amb làmina de cautxú rígid. Protecció de pilars i parets amb revestiment protector de polièster i PVC.
  - 2012 Pavimentació amb betum per regularització de la rampa d'accés al soterrani – cuina. // Instal·lació de purgadors en els emissors de les aules de P2, P3.
- Previsions de futur: canvi dels penjadors de les aules (són poc segurs); millora del paviment del menjador; instal·lació de tendals al pati de parvulari; creació de fals sostre al passadís de soterrani per protegir les instal·lacions.

### 3.3. OBJECTIUS

Els objectius a cobrir pel present projecte són els següents:

- Realitzar un aixecament de dades òptim pel reconeixement de les característiques arquitectòniques i constructives de l'envolupant.
- Crear el inventari dels les instal·lacions de climatització i il·luminació del centre, detectant tots els aparells de consum que s'integren per cobrir les necessitats dels usuaris.
- Control i seguiment de les condicions de confort per desenvolupar correctament l'activitat docent.
- Detecció de les disconformitats per tal de cercar les solucions més escaients, que potenciïn l'estalvi, l'eficàcia i l'eficiència de recursos i energies.
- Càlcul i avaluació del balanç energètic de l'escola, tenint en compte els paràmetres que generen el consum i la demanda de recursos energètics.
- Optimització de l'ús, la gestió i el manteniment dels espais.
- Difusió i conscienciació contribuint a l'efectivitat de les propostes de millora a adoptar.

## 4. FASE 1: AIXECAMENT DE DADES

En el present apartat es fa un reconeixement de les dades estàtiques, les quals pertanyen a l'edifici, la seva composició arquitectònica, constructiva, sistemes i instal·lacions; d'altra banda també es mostren les dades dinàmiques, referents al comportament dels usuaris, de les quals ha calgut realitzar un seguiment per tal de poder extreure la informació necessària.

### 4.1. Antecedents i documentació prèvia

En el cas de l'Escola Isabel de Villena, hem considerat que **l'accessibilitat a les dades és de Nivell Mitjà**. A continuació es desenvolupa la informació pertanyent a les dades existents:

- Hi havia un joc de plànols del primer projecte bàsic, visat al Desembre de 1975. A partir d'aquest es interpreta que en fase de projecte no es va poder solucionar plenament el procés constructiu, degut possiblement a la complicada topografia del solar on es situa l'escola, ja que l'edifici finalment executat dista molt del que marquen els plànols inicials. Encara que no contenen gran nombre de detalls, hem pogut extreure'n informació de l'envolupant i sostres. Però al resultar antics i lògicament no contemplar les posteriors intervencions que s'han realitzat al llarg de la seva vida útil, hem cregut necessari l'actualització de la documentació gràfica.
- L'empresa Numatec va realitzar un Estudi elèctric de Baixa tensió visat al Juliol de 2002, del qual tenim copia en format paper de les plantes i de la memòria en format PDF.
- El despatx d'enginyeria Proden va estar encarregat de realitzar el projecte executiu per la concessió de la Llicència municipal Ambiental necessària a partir del Decret 3/98; dit projecte va ser visat al Febrer de 2008, encara que la llicència no ha sigut resolta avui dia. En aquest cas, tenim dades en format CAD dels plànols d'evacuació en cas d'emergència. Per tal d'aprofitar dita informació de les plantes, es van comprovar les dimensions in-situ, però al detectar gran nombre d'inexactituds, el material va restar només per a informació en cas d'evacuació d'emergència.
- De la resta d'instal·lacions o sistemes no comptem amb millor informació que la facilitada pel Cap de Manteniment del centre, mitjançant les entrevistes realitzades.

- L'estudi AM arquitectes ens facilita informació sobre un avantprojecte d'ampliació de l'edifici en planta quarta i de la creació d'una pista poliesportiva sota rasant situada en la part posterior de la parcel·la, sota l'actual pista a l'aire lliure. Aquestes actuacions queden contemplades en les modificacions del planejament esmenat anteriorment en l'apartat de Normativa.
- A l'ajuntament d'Esplugues de Llobregat l'arquitecte municipal ens informa de l'aprovació i concessió de la nova llicència per la permuta del terreny en març de 2012, facilitant-nos el plànols amb les modificacions que afecten a la planta de la parcel·la on s'ubica l'escola.
- Es disposa dels llistats de consums reals d'energia i aigua; facilitats per l'administració del centre, mitjançant les factures d'electricitat, gas, gasoil i aigua. Un cop treballades es vol realitzar l'històric de consum del període entre agost de 2005 i Juliol de 2011. Tan mateix ens van facilitar els catàlegs amb les fitxes tècniques dels principals equips de consum d'energia com són les calderes i el cremador de gasoil.

Durant el període d'aixecament de dades varem realitzar diverses visites a l'edifici acompanyats pel Cap de Manteniment de l'escola, per guiar-nos i poder accedir als diferents espais destinats a instal·lacions, aules, despatxos, menjador, cuina, coberta, etc; i poder obtenir de primera mà tota la informació necessària.

Primerament per fer les modificacions en els plànols que disposàvem, per tal de poder aixecar la memòria gràfica actualitzada. Posteriorment per dur a terme un exhaustiu inventari per espais (aparells de consum, il·luminació, climatització, nombre d'usuaris, ús, etc) i així poder crear una base de dades necessària pels posteriors estudis.

### 4.2. Dades Estàtiques

#### 4.2.1. Arquitectura

Les dades arquitectòniques ens van permetre fer la primera aproximació a l'edifici, amb la finalitat de conèixer les característiques formals, l'orientació, l'emplaçament i, en definitiva, de quina manera s'integra i treballa amb el seu entorn.

El centre consta d'un edifici aïllat, delimitat pel carrer principal i les zones verdes i d'esbarjo de la parcel·la. L'edifici es compon de planta soterrani, planta baixa, tres plantes pis, coberta no

transitable i inclinada. Encara que a partir de la informació recollida inicialment no teníem indicis suficients per confirmar-ho, avui dia podem dir que aquest centre **ha estat dissenyat mitjançant criteris d'Arquitectura bioclimàtica**.

Gràcies a la situació geogràfica, la topografia del terreny, la orientació dels tancaments (entre d'altres factors que es detallaran en els següents apartats), la seva integració resultant fa que l'edifici doni bona resposta a l'aprofitament dels recursos naturals renovables de que disposa (radiació solar, il·luminació i ventilació natural) encara que al no disposar actualment de cap sistema de control (proteccions solars, etc), dit aprofitament energètic juga en contra del propi confort dels usuaris.

Aprofundint en aspectes més concrets, a continuació trobem la descripció de la composició arquitectònica de l'envolupant:

- A la **façana principal orientada al Nord-oest (Fig.4.10)** és on trobem els diferents accessos a l'edifici. Aquesta es troba condicionada pel fort pendent del vial. En el nivell inferior, a cota 133,50 m (sobre el nivell mar) es situa una sortida d'emergència en cas d'evacuació que comunica directament amb el pati exterior, mitjançant una escala d'obra que desemboca al carrer Joan Miró. A tocar d'aquesta zona destinada a sortida d'emergència, en un segon pla trobem el recinte per a residus, amb capacitat per a dos containers de 1100 litres cadascun. A la cota 134,14 es localitza l'accés per a mercaderies mitjançant una rampa amb pendent del 20%, la qual comunica directament amb el passadís del soterrani i la zona d'emmagatzematge del servei de cuina. D'altra banda l'accés dels alumnes de parvulari i primària es realitza a cota 136,30 mitjançant el vestíbul principal format per un cos sortint de l'edifici creant una zona coberta amb el seu accés compost per tancaments de vidre, el qual comunica amb la consergeria, el passadís de planta baixa i la caixa d'escala. Continuant per la cota 138,58 es situa l'accés de la zona de secretària, consergeria i despatxos d'administració mitjançant una passarel·la a la cota 139,50 que salva la distància de separació entre el carrer i la porta d'accés en la planta primera. Finalitzant els accessos, a la cota 141'13 inicia una rampa amb pendent del 16% que finalitza a planta baixa en l'accés al pati, per on accedeixen a l'edifici els alumnes de secundària i batxillerat. En aquesta façana situem, la lluernà que correspon a la cuina i part del menjador (per aquesta raó, cal salvar la distància a planta primera mitjançant un pont d'accés des del carrer), a planta baixa l'aula d'informàtica, a les plantes primera i segona, aules de primària i batxillerat, i a la planta tercera

la façana longitudinal de la biblioteca. També els serveis d'alumnes de cada planta.

- La **façana Sud** (Fig.4.11) es on trobem la majoria de les aules, la qual és la que més incidència té de la radiació solar, ja que disposa de 46,61% de buits, per aquest factor podem dir que la gran majoria d'activitats és poden realitzar sense necessitat d'il·luminació artificial durant les hores diürnes ja que la seva orientació és favorable per l'aprofitament de la il·luminació natural, sempre i quant les condicions meteorològiques i les necessitats dels usuaris així ho permetin. En aquesta façana situem la zona de parvulari a la cota de planta baixa (136,30). Dites aules accedeixen directament a un pati d'esbarjo exterior (Fig.4.2) separat de la resta d'alumnes, condicionat amb paviment esmorteïdor i elements d'esbarjo propis per a infants, de la mateixa manera també existeix una font i uns serveis adaptats exteriors. Sobre aquesta zona de pati infantil trobem les subestructures d'antics elements de protecció solar i els restants tendals que avui dia estan en deficientes condicions d'utilització. A les plantes superiors trobem des de planta primera a tercera, les aules de primària, batxillerat i secundària en aquest ordre.
- La tercera **façana** i última, està orientada al **Nord-est** (Fig.5.12), la qual comunica i dona accés al pati a través de la cota 132 (sota rasant) mitjançant una escala exterior de dos trams, que comunica amb l'interior del passadís del soterrani, el qual uneix el gimnàs amb la pista exterior a cota 136,20. Tot seguit a la cota 136,45 es situa l'accés al pati des del passadís principal a planta baixa (136,30) mitjançant un porxo (Fig.4.13). En aquest emplaçament, trobem uns serveis exteriors, juntament amb l'accés a una zona separada que es destina als alumnes de batxillerat, la qual queda situada entre l'accés general al pati i el recinte exterior de manteniment i jardineria, a on hi ha instal·lat el dipòsit de gasoil que abasteix la caldera del menjador. Aquest es situa en aquest punt estratègic, per ser accessible als subministradors mitjançant la rampa amb pendent del 16% (anteriorment descrit a la Façana Nord-oest) que uneix el pati i la zona enjardinada perimetral amb el carrer Joan Miró. Continuant amb els usos de la façana, a planta baixa trobem la lluerna del sostre soterrani pertanyent al vestuari femení, el vestíbul i la zona de bugaderia (no ventilada, transitable), el menjador i la sala polivalent (ventilada, no transitable); també les finestres de la sala d'actes i els serveis d'alumnes de cada planta. A planta primera la zona d'administració i aules de primària; a l'alçada de planta segona les aules de batxillerat i la sala

de professors; i per finalitzar en la planta tercera les aules de secundària, la biblioteca i l'arxiu del centre.

- En quant a les **cobertes** (Fig.4.9), es divideixen en dues zones diferenciades. La coberta principal (només per a tasques de manteniment) accessible des del passadís de planta tercera, es defineix com a **no transitable amb graves**, la qual conté els recintes d'accés a la coberta i el pertanyent a la maquinària de l'ascensor; a l'exterior trobem diversos equips del sistema de climatització i les xemeneies de l'extracció de fums de cuina i calderes. Per l'altra banda, des del 1999 (ampliació i creació biblioteca) és va construir la **coberta inclinada** a partir de **panells sandvitx** amb aïllament, sobre estructura metàl·lica que transmet les carregues d'aquesta directament als pòrtics de l'estructura de formigó armat existent.
- Situat al centre de l'edifici, entre ambdues cobertes es forma un **lluernari interior** (26,11 m<sup>2</sup> Fig.4.1) cobert mitjançant panells de policarbonat amb cambra de doble cel·la, el qual es troba permanentment ventilat. Aquest espai comunica a doble alçada des de coberta a planta segona i és divideix en dos obertures de 8,40 m<sup>2</sup> (en total) en els sostres fins a sostre de planta baixa, els quals permeten il·luminar i ventilar el centre de l'edifici.
- D'altra banda, com s'ha esmenat anteriorment es disposa de **lluernaris perimetrals a les façanes** situats al **sostre del soterrani** (Fig.4.3), els quals permeten beneficiar-se de la il·luminació natural tot l'any. Aquests presenten diferències en funció de la seva tipologia. A la façana nord-est i nord-oest (sobre la cuina i el menjador) aquest és no transitable i té obertures que el fan permanentment ventilat; en canvi en la façana sud (sobre laboratoris i gimnàs) i nord-est (sobre els banys i bugaderia) aquest està adaptat per ser transitable, encara que no permet la ventilació.

També dir que no es troben edificis veïns que projectin ombra. Encara que, cal tenir en compte que existeixen zones enjardinades al nord amb arbres de fulla perenne, pi blanc de 10 metres aproximadament; i al sud arbres de fulla caduca, morera blanca de 6 metres (alçades aproximades). Aclarir finalment, que l'edifici no contempla cap servituds amb parcel·les veïnes.



Fig.4.1: Vista inferior i detall, lluernari policarbonat coberta  
Font: Elaboració pròpia

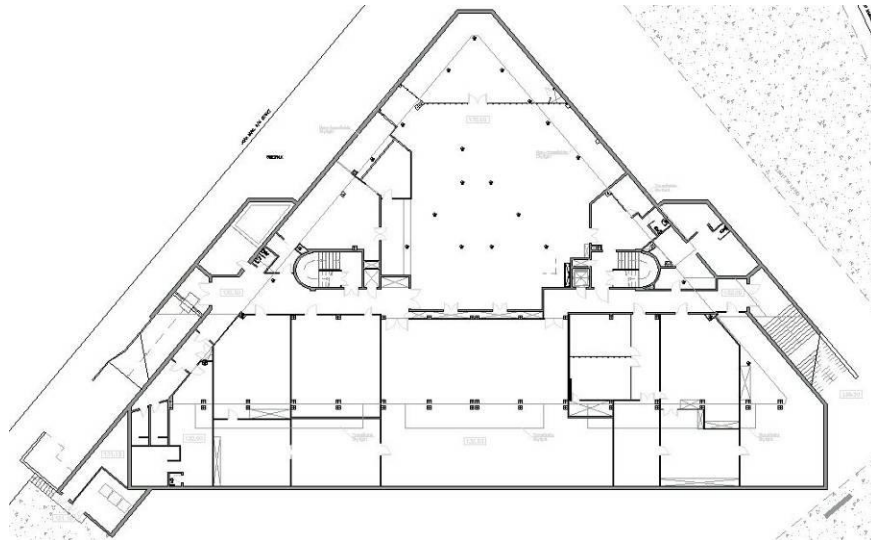


Fig.4.2: Vista general pati parvulari, lluernari transitable  
Font: Elaboració pròpia

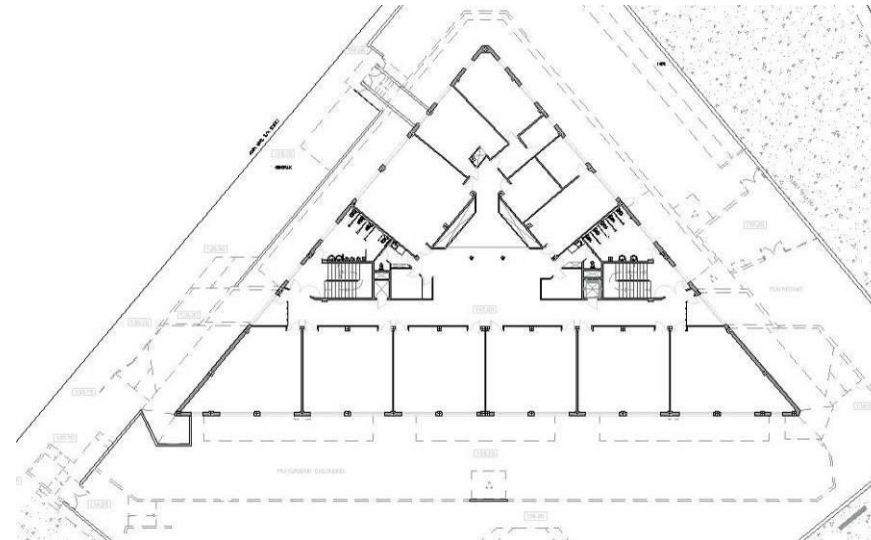


Fig.4.3: Detall lluernari ventilada no transitable, façana nord-est  
Font: Elaboració pròpia

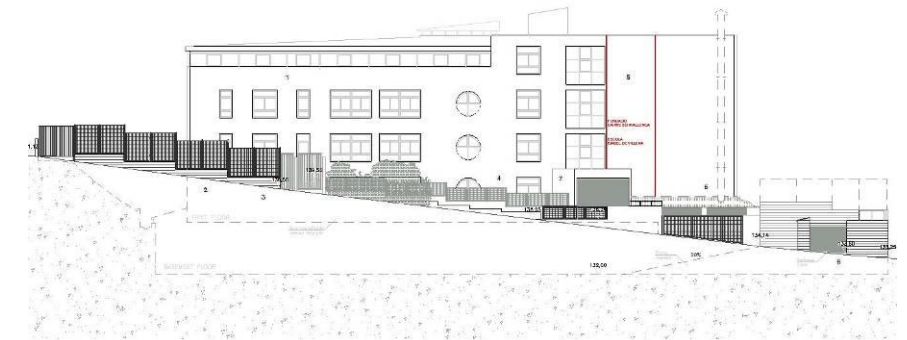




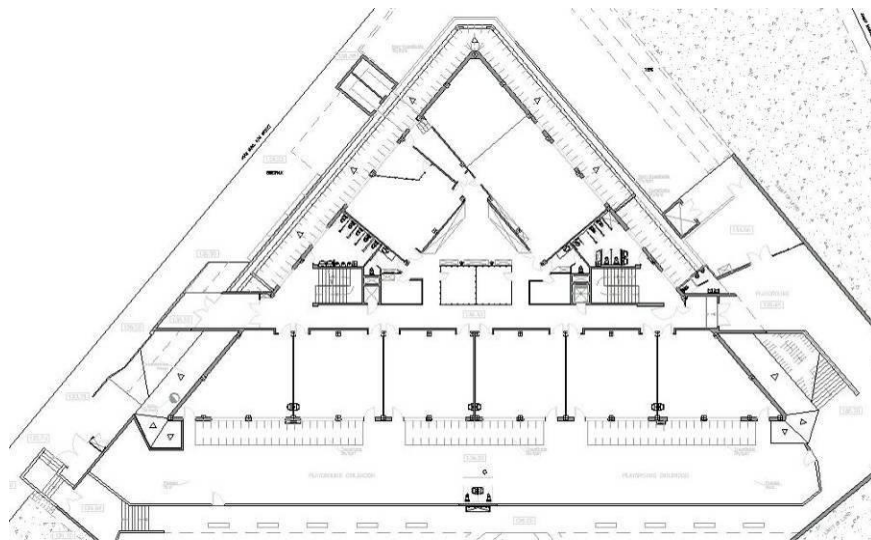
**Fig.4.4: Planta soterrani – sense escala**  
Font: *Elaboració pròpia – Annex B: Memòria gràfica*



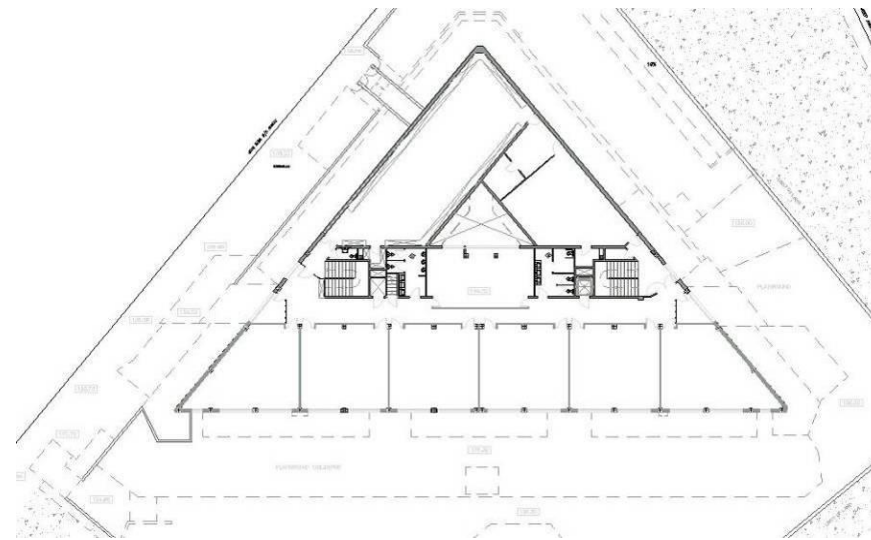
**Fig.4.7: Planta segona – sense escala**  
Font: *Elaboració pròpia – Annex B: Memòria gràfica*



**Fig.4.10: Façana nord-oest – sense escala**  
Font: *Elaboració pròpia – Annex B: Memòria gràfica*



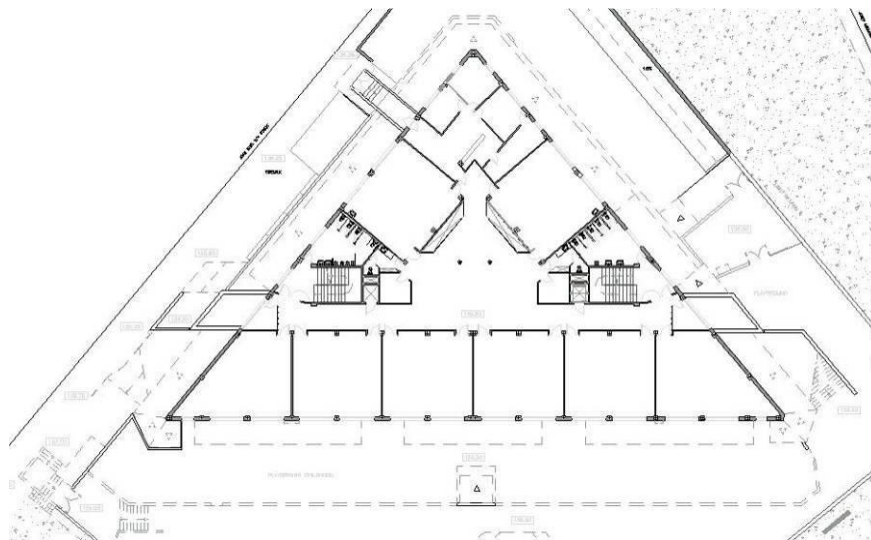
**Fig.4.5: Planta baixa – sense escala**  
Font: *Elaboració pròpia – Annex B: Memòria gràfica*



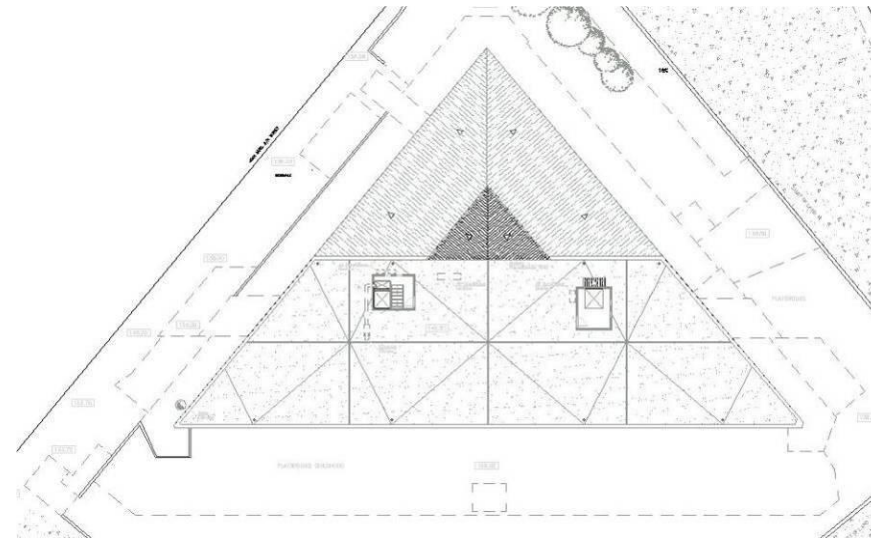
**Fig.4.8: Planta tercera – sense escala**  
Font: *Elaboració pròpia – Annex B: Memòria gràfica*



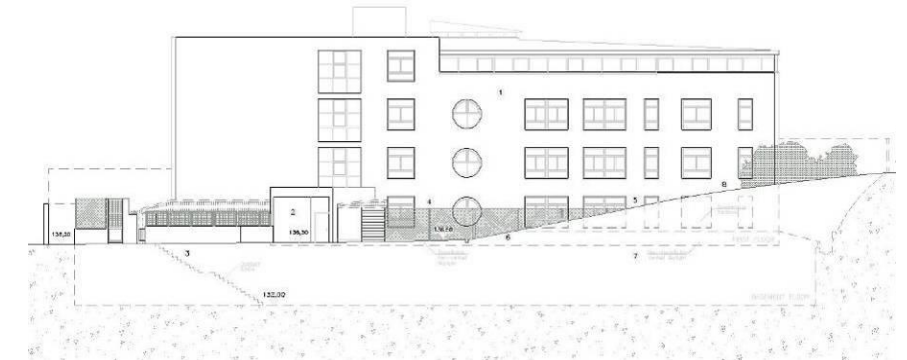
**Fig.4.11: Façana sud – sense escala**  
Font: *Elaboració pròpia – Annex B: Memòria gràfica*



**Fig.4.6: Planta primera – sense escala**  
Font: *Elaboració pròpia – Annex B: Memòria gràfica*



**Fig.4.9: Planta coberta – sense escala**  
Font: *Elaboració pròpia – Annex B: Memòria gràfica*



**Fig.4.12: Façana nord-est – sense escala**  
Font: *Elaboració pròpia – Annex B: Memòria gràfica*

#### 4.2.2. Construcció

En aquest subapartat per tal de definir l'edifici objecte s'ha fet especial èmfasi en les característiques de la seva envoltant constructiva. Tractant d'obtenir la millor i més fiable informació dels materials que componen l'envoltant (tancaments exteriors, divisions interiors, fusteries) fins a establir el conjunt global de tècniques i materials per a conèixer com es relacionen.

En el cas de l'Escola Isabel de Villena, es disposava de plànols de planta, secció i alçats del edifici, veient que els detalls constructius eren escassos s'ha completat mitjançant la informació aportada pel Cap de Manteniment i basant-nos en les tècniques constructives emprades als setanta. A partir d'aquí en els apartats d'avaluació s'han pogut calcular els índexs normatius més rellevants per tal de poder establir les condicions de l'estat actual i així poder fixar el grau necessari d'intervenció.

L'envoltant de l'edifici es compon de murs sota rasant en contacte amb el terreny, tancaments exteriors (façanes), sostre sanitari, sostres interiors i exteriors (cobertes transitables, no transitables i inclinades). També afegint les obertures d'aquest, buits verticals i horitzontals (finestres, portes i lluernes).<sup>(1)</sup> Aprofundint amb més detall tenim:

- Els **tancaments exteriors** es componen per façanes de doble fulla per a revestir, amb les següents capes (enumeració d'exterior a interior):

1. Morter monocapa,
2. Fàbrica de maó ceràmic calat (13 cm),
3. Morter de ciment o calç per a ram de paleta,
4. Cambra d'aire sense ventilar (5 cm),
5. Fàbrica de maó ceràmic buit (7 cm),
6. Enguixat de guix,
7. Pintura plàstica; **(total 29,6 cm)**

En el cas de les zones humides:

6. Morter de ciment o calç per a ram de paleta,
7. Rajola ceràmica. **(total 31,0 cm)**

- Els **murs sota rasant** tenen impermeabilització exterior en contacte amb el terreny. Segons el tipus d'acabat interior tenim quatre tipologies diferenciades:

1. Subcapa de feltre,
2. Làmina de poliestirè,
3. Pintures asfàltiques,
4. Mur per a soterrani de formigó armat (30 cm),
5. Enguixat de guix,
6. Pintura plàstica; **(total 35,1 cm)**

En el cas de les zones humides:

5. Morter de ciment o calç per a ram de paleta,
6. Rajola ceràmica; **(total 36,5 cm)**

El detall, del revestiment protector, gimnàs:

7. Revestiment (poliester i PVC); **(total 37,0 cm)**

I per últim les zones insonoritzades, menjador i aula de música (Fig.5.6):

7. Revestiment insonoritzant. **(total 37,0 cm)**

- Els terres o **sostres en contacte amb el terreny** són de tipus sostre sanitari, en el nostre cas amb cambra semi ventilada (en anteriors actuacions de reforma al paviment del soterrani s'han anat tapant les obertures que comunicaven amb la cambra d'aire sanitària) la qual es separa una distància de 50 cm de la base de sorra i grava compactada de 20 cm de gruix que fa la funció de solera sobre els fonaments. A partir d'aquest nivell es forma el sostre pròpiament dit, amb les següents capes (enumeració de la part superior a la inferior):

1. Plaqueta o rajola ceràmica,
2. Morter de ciment o calç per a ram de paleta,
3. Sostre unidireccional (30 cm); **(total 34,0 cm)**

En el cas del gimnàs (Fig.4.14), té un altre acabat interior:

1. Làmina de cautxú rígid (ebonita). **(total 34,0 cm)**

- Els terrats o **sostres en contacte amb l'exterior (Fig.4.13)** tenen la mateixa base estructural, encara que varien també en funció de l'acabat, es defineixen de la següent manera:

1. Morter de ciment o calç per a ram de paleta,
2. Làmina de betum,
3. Sostre unidireccional (30 cm).
4. Lliscat de guix; **(total 33,6 cm)**

En el cas dels vestuaris femenins de soterrani amb fals sostre:

5. Cambra d'aire no ventilada (20 cm),
6. Plaqueta de guix o escaiola; **(total 53,6 cm)**

D'altra banda, tenim la solució constructiva per al pati de parvulari amb paviment esmorteïdor (Fig. 4.2):

1. Plaqueta de cautxú cel·lular ,
2. Morter de ciment o calç per a ram de paleta,
3. Làmina de betum,
4. Sostre unidireccional (30 cm).
5. Lliscat de guix; **(total 36,6 cm)**

(1). ANNEX B: Descripció de materials i elements constructius de l'edifici. Pàg. 21



Fig.4.13: Vista exterior pati, façana Nord-est, sostre exterior  
Font: Elaboració pròpia



Fig.4.14: Vista interior gimnàs, revestiment protector  
Font: Elaboració pròpia

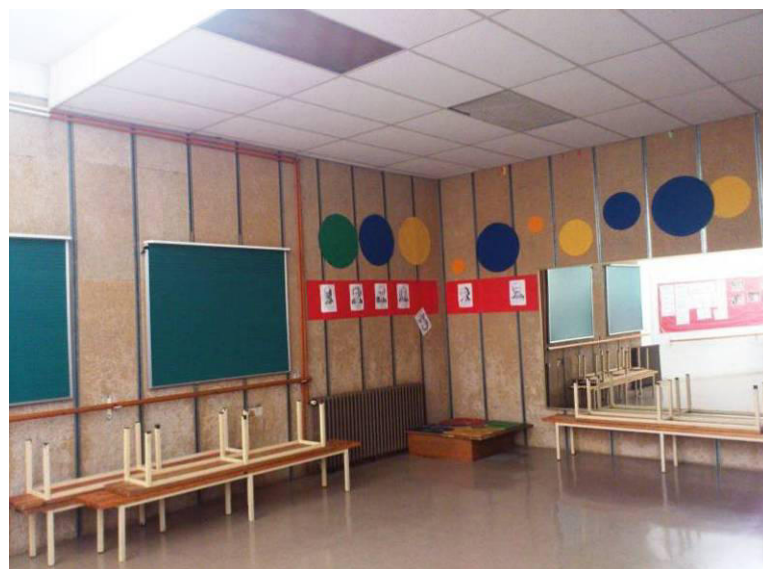


Fig.4.15: Vista interior aula música, fals sostre, rev. insonoritzat  
Font: Elaboració pròpia

I també amb la variant d'acabat interior amb fals sostre a l'aula de música (Fig. 4.15):

6. Cambra d'aire no ventilada (20 cm),
7. Plaqueta de guix o escaiola. **(total 56,6 cm)**

- Un altre tipus de terrat és la **coberta no transitable** amb graves la qual es compon de les següents capes:

1. Argila expandida (àrids solts) (15 cm),
2. Subcapa de feltre,
3. Formigó cel·lular curat en autoclau,
4. Làmina de betum,
5. Sostre unidireccional (30 cm)
6. Lliscat de guix. **(total 50,1 cm)**

- Les teulades en trobem amb diferents solucions constructives. La **coberta inclinada** (Fig. 4.16.) més representativa és situa com a sostre de la planta tercera (zona ampliada) la qual es recolza sobre estructura metàl·lica composta amb **panell sandvitx**, les seves capes són les següents:

1. Pintura acrílica (protecció acer),
2. Acer làminat,
3. EPS Polièstirè expandit (0,037 W/mK) (5 cm),
4. Acer làminat,
5. Pintura acrílica (protecció acer),
6. Cambra d'aire sense ventilar (20 cm)
7. Plaqueta de guix o escaiola. **(total 27,7 cm)**

- Finalitzant les teulades, tenim les cobertes de **xapa grecada**, les quals es situen en planta baixa sobre l'aula de música i el recinte d'instal·lacions de la façana principal; les seves capes són les següents:

1. Acer inoxidable làminat,
2. Cambra d'aire sense ventilar (20 cm)
3. Plaqueta de guix o escaiola. **(total 21,9 cm)**

Els **buits verticals exteriors** estan protegits amb finestres i portes diverses que es descriuen a continuació:

- Finestres d'obertura horitzontal amb envidriament senzill de 5 mm amb fusteria de PVC.
- Finestres d'obertura lliscant amb envidriament doble amb cambra d'aire (6/6/4 mm) i fusteria metàl·lica d'alumini amb trencament de pont tèrmic (classe 2) (Fig.4.2.).
- Finestres d'obertura vertical amb envidriament senzill 5 mm i fusteria de fusta (serveis alumnes).
- Portes de fusta contraxapada, acabat en pintura.

- Portes de xapa metàl·lica per a recintes d'instal·lacions, amb obertures per ventilació.

- Portes amb envidriament doble amb cambra d'aire (6/6/4 mm) i fusteria metàl·lica d'alumini amb trencament de pont tèrmic.

- Portes sense fusteria, amb vidre trempat (seguretat) de 6 mm en zones de circulació (vestíbul accés planta baixa).

Els **buits horitzontals exteriors** estan coberts formant lluernes, les quals trobem transitables sense ventilar i no transitables permanentment ventilades, les diferents tipologies són les següents:

- Lluerna de policarbonat de doble cel·la de 8 mm, subestructura i marcs metàl·lics, superfície inclinada, no transitable, permanentment ventilada (Fig.4.1/4.17).
- Lluerna amb envidriament temprat de 25 mm, acabat superficial rugós antilliscant, subestructura de bigues d'acer laminat, juntes segellades, superfície plana (pendent coberta) transitable no ventilada (Fig.4.2).
- Lluerna amb envidriament senzill de 5 mm, subestructura i marcs metàl·lics, superfície inclinada, no transitable, permanentment ventilada (Fig.4.3).

D'altra banda el sistema de compartimentació i divisió d'espais interiors es compon per particions verticals, sostres entre pisos i buits interiors (Fig.4.18), els quals es descriuen a continuació:

- Les particions verticals com a norma general es tracten d'**envans d'una fulla per a revestir**. En el cas de les particions a base de **fàbrica de maó calat i maó perforat ceràmic buit** els seus gruixos de peça són de 13, 7 i 4 cm. Encara que els seus acabats van en funció de les característiques a complir en cada espai. Les solucions constructives més freqüents o singulars són les següents (la resta de solucions es poden consultar en l'annex d'elements constructius):

1. Pintura plàstica,
2. Enguixat de guix,
3. Fàbrica de maó ceràmic buit (7 cm),
4. Enguixat de guix,
5. Pintura plàstica; **(total 10,2 cm)**

En el cas de les zones humides:

- 1/5. Rajola ceràmica,
- 2/4. Arrebossat de morter de ciment; **(total 13,0 cm)**

En el cas de les zones insonoritzades del menjador:

5. Revestiment insonoritzat (2 cm); **(total 12,1 cm)**



Fig.4.16: Vista exterior coberta no transitable, coberta inclinada  
Font: Elaboració pròpia



Fig.4.17: Vista interior lluerna policarbonat, fusteria PVC aula A48  
Font: Elaboració pròpia



Fig.4.18: Vista planta pis, revestiments interiors, reixa protec.  
Font: Elaboració pròpia

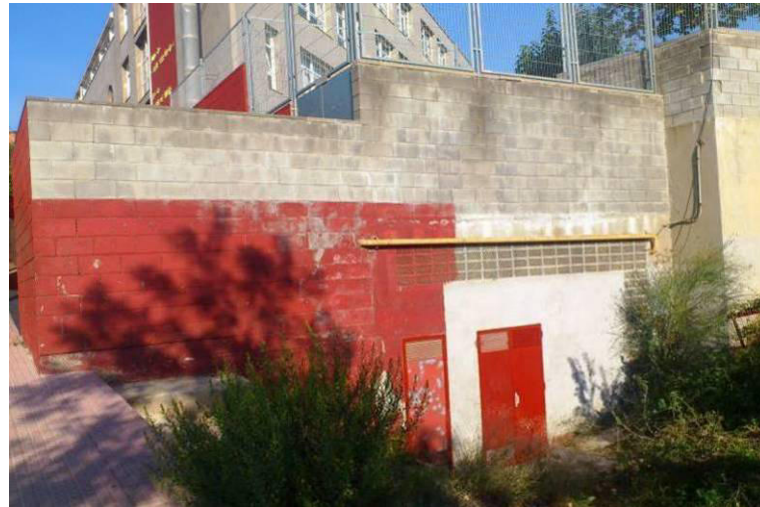


Fig.4.19: Vista exterior sala de calderes, accés exterior  
Font: Elaboració pròpia



Fig.4.20: Vista conjunt calderes S. Calefacció, ACS i xemeneies  
Font: Elaboració pròpia



Fig.4.21: Col·lectors generals calefacció, ACS, dipòsit 300 L  
Font: Elaboració pròpia

Per tal d'aïllar acústicament les aules d'estudi de planta soterrani vers el gimnàs (emissor de soroll), es va optar per l'envà amb extradossat en una cara, les seves capes són les següents:

1. Revestiment protector (polièster i PVC)
2. Enguixat de guix,
3. Fàbrica de maó ceràmic buit (7 cm),
4. MW Llana mineral (0,04 W/mK) (4 cm)
5. Cambra d'aire sense ventilar (1 cm)
6. Placa de guix làminat sobre estructura independent
7. Pintura plàstica; **(total 17,1 cm)**

Com **element singular**, trobem les divisòries realitzades a partir de **fusteria metàl·lica** per la formació de despatxos de professors en passadissos.

La delimitació **d'espais no acondicionats dels habitables**, tenim el següent cas:

1. Pintura plàstica,
2. Enguixat de guix,
3. Fàbrica de maó ceràmic buit (13 cm),
4. Enguixat de guix,
5. Pintura plàstica; **(total 16,2 cm)**

En el cas de les zones humides:

1. Rajola ceràmica,
2. Arrebossat de morter de ciment. **(total 17,6 cm)**

- Els **sostres entre pisos** són de tipus unidireccional formats per bigues prefabricades de formigó armat amb intereix de revoltó ceràmic alleugerit, aquests es componen de les següents capes:

1. Plaqueta o rajola ceràmica,
2. Morter de ciment o calç per a ram de paleta,
3. Sostre unidireccional (30 cm)
4. Lliscat de guix; **(total 35,5 cm)**

En el cas de les zones amb fals sostre:

4. Cambra d'aire sense ventilar (20 cm)
5. Plaqueta de guix o escaiola. **(total 55,5 cm)**

En els **buits verticals interiors** estan protegits mitjançant:

- Finestres d'obertura horitzontal amb envidriament armat de 5 mm amb fusteria de PVC.(Fig. 4.17.)
- Finestres fixes i d'obertura vertical amb envidriament senzill 5 mm i fusteria de fusta (aules i despatxos).
- Portes de fusta contraxapada, acabat per a pintura, en alguns espais en trobem amb part envidriada amb vidre de 5 mm.

#### 4.2.3. Instal·lacions

S'han caracteritzat els sistemes i aparells amb els quals l'edifici procura donar resposta a la demanda de confort i necessitats dels seus usuaris, els quals s'han classificat segons els usos energètics dels quals es disposa (enllumenat, equipaments, climatització, etc.).<sup>(2)</sup>

En aquest punt, s'ha de dir que ha calgut recórrer a totes les fonts d'informació disponibles i cercant sempre les dades més actualitzades, per tal de que la informació permetés contrastar els plànols disponibles amb l'estat real de les instal·lacions. Realitzant inspeccions "in situ" i entrevistes amb els responsables de la gestió de l'edifici. També verificant si les instal·lacions han experimentat alguna modificació respecte del projecte inicial o si els usuaris han hagut d'incorporar aparells per millorar el seu confort.

Volem fer constar que l'avaluació energètica no pretén suplantar la informació dels plànols d'instal·lacions de l'edifici sinó, simplement, identificar els punts de consum d'energia i les característiques dels sistemes als quals pertanyen. El present apartat està orientat per a centrar-se en la descripció dels sistemes que generen demanda/consum de fonts energètiques.

En aquest sentit, el **sistema de climatització** de l'edifici en qüestió es divideix en dos conjunts independents (calefacció i refrigeració) encarregats de donar resposta al grau de confort necessari en funció de les condicions de temperatura i humitat exteriors. Aquests són:

- El **sistema mixt de calefacció i generació d'ACS** (aigua calenta sanitària) s'abasteix energèticament mitjançant la xarxa local de gas natural. A la cota 131,15 trobem el recinte de calderes (Fig.4.19), mitjançant un accés exterior des del carrer Joan Miró. El cos central de la instal·lació està ocupat pel conjunt de tres calderes de condensació amb una potència calorífica de 90 kW cadascuna (Fig.4.20), per l'abastiment del col·lector general (Fig.4.21), el qual immediatament es divideix en diferenciades tasques des d'origen:
  1. Col. encarregat d'abastir la demanda de calefacció de la Façana Sud, des de pta. soterrani fins a pta. tercera.
  2. Col. encarregat d'abastir la demanda de calefacció de la Façana Nord, des de pta. soterrani fins a pta. tercera.

>

(2). ANNEX B – Inventari equips climatització i fitxes de característiques generals edifici, per espais i individuals aparells. Pàg. 31-94

>

3. Col. encarregat d'abastir la **demanda d'ACS** de l'edifici amb l'ajuda d'un dipòsit en paral·lel de 300 L (Fig.4.21)

Degut a que els dos col·lectors encarregats de la calefacció treballen a la mateixa temperatura de consigna, es va voler diferenciar l'aportació que aquests reben **instal·lant una vàlvula termostàtica al ramal que distribueix a la façana sud** (Fig.4.22), com a sistema de control, per tal de poder adequar les condicions de confort a la realitat d'aquestes zones tan oposades, ja que com es obvi al hivern ambdues no reben la mateixa aportació calorífica a partir de la radiació solar.

És comprensible que quan a la façana sud és percep l'excés de calor en l'ambient interior, la primera intenció es forçar la ventilació natural obrint les finestres amb el conseqüent malbaratament d'energia. Encara que d'altra banda, al mateix temps en els espais de la façana nord la sensació de confort sol ser adequada. Aquest desconfort general crea una forta sensació d'ineficàcia del sistema de calefacció entre els usuaris.

Tot i la voluntat de millorar aquesta problemàtica, **l'actuació no va tenir l'èxit** esperat ja que la vàlvula termostàtica va ser instal·lada en el ramal de soterrani que distribueix la façana sud, sense tenir en compte que quan la vàlvula funcionava **es deixava sense subministrament als espais de pta. soterrani** (situats sota la façana sud), ja que s'entén que on s'havia d'actuar era en els muntants de les plantes superiors, els quals es situen després del recorregut per l'interior d'aquests espais.

Llevat d'aquest inconvenient, cal dir que el conjunt del sistema de calefacció treballa correctament (tot i els aspectes a millorar). Els circuits que transcorren per l'interior de l'edifici són vistos, circulen per planta soterrani pel sostre tècnic i a la resta de plantes pel perímetre dels espais, ubicant els emissors normalment en façana. Aquests emissors els tenim de dos tipus, els antics que són de ferro colat i els emissors de zones ampliades d'alumini. En les parts altes dels circuits de cada façana trobem instal·lats purgadors d'aire automàtics.

Finalitzant aquest sistema mixt de calefacció i ACS, cal dir que encara que actualment no hi ha l'exigència per normativa, aquesta instal·lació no compleix la recomanació del CTE-HE4 en quant aprofitament d'energia solar en un 30% de la demanda d'ACS.

- El **sistema de calefacció "unizona"** (Fig.4.23), el situem al menjador de planta baixa, a on hi ha instal·lada una **caldera de gasoil** amb potència calorífica de 41 kW per la aclimatació únicament d'aquest espai. Degut a que la sala de gran superfície està constantment ventilada per la lluerna perimetral, l'espai té una forta demanda en calefacció, la qual els antics ventiloconvectors instal·lats no podien fer-hi front. Aquests avui dia no s'utilitzen.
- El **sistema de refrigeració** és cobert mitjançant equips partits independents a cada espai. Degut a l'augment de demanda en refrigeració per part dels usuaris, s'han instal·lat equips en aules i despatxos sense ventilació natural, zones d'administració, sala d'actes i biblioteca. Els equips varien en quan l'any d'instal·lació, marca o model, però tot i això trobem que els equips instal·lats són bombes de calor, encara que la gran majoria només funcionen en l'època estival per subministrar fred als espais. L'excepció la marquen els espais que no es contempen en el circuit de calefacció general o espais que necessiten un control més estricte de la temperatura i humitat, com és el cas de la biblioteca que funciona amb un equip autònom amb potència de calefacció i refrigeració de 29 kW. Els equips exteriors d'aquest sistema els trobem generalment en coberta (Fig.4.24); encara que també trobem l'excepció sobre els porxos d'accés de planta primera, els quals subministren els despatxos de passadís; i en la façana Nord-est tenim els encarregats de la climatització individual de sala d'actes i els despatxos d'administració.
- En quant a la **ventilació** dels espais es realitza de manera natural mitjançant les finestres i lluernes. Encara que l'extracció de banys i vestuaris sense ventilació directe es realitza amb petits extractors de conducte. La cuina per exemple té una campana extractora de potència industrial. L'inconvenient el trobem en espais interiors que no tenen accés a la ventilació natural, com les sales d'estudis, la copisteria, despatxos de professors o l'aula A48 que ventila al pati interior.
- La **instal·lació d'il·luminació** als espais es realitza en gran mesura amb làmpades fluorescents de superfície. Originalment eren vistes i de 58W de potencia amb reactància electromagnètica. Aquestes a mesura que calia renovar-les s'han canviat per làmpades estanques també amb reactància electromagnètica, encara que de moment no estan totes actualitzades. En quant a la resta d'espais trobem variacions en quant al tipus de lluminària en funció dels usos, aquestes i exemples de les seves ubicacions és detallen a continuació:

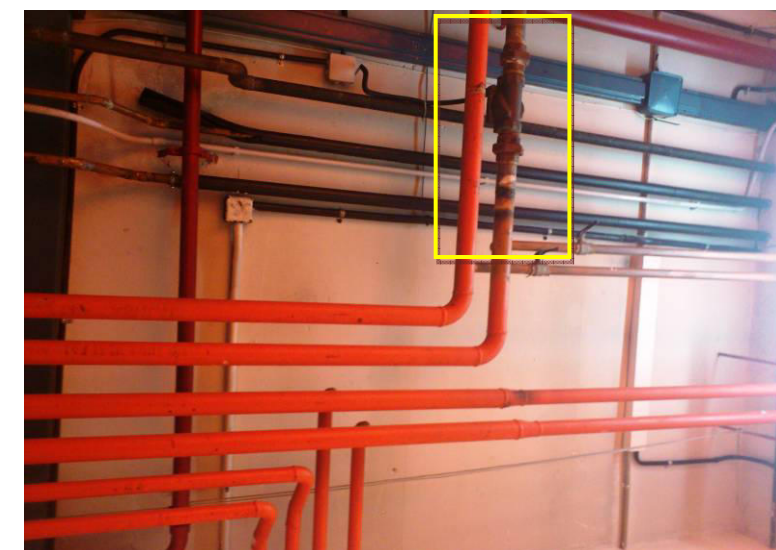


Fig.4.22: Vista pas instal·lacions soterrani, **vàlvula termostàtica**  
Font: Elaboració pròpia



Fig.4.23: **Caldera gasoil menjador, ventiloconvector anul·lat**  
Font: Elaboració pròpia



Fig.4.24: **Equip exterior biblioteca, resta equips exteriors coberta**  
Font: Elaboració pròpia

1. P. Soterrani, menjador: Làmpades encastades en fals sostre amb reflector, reactància electromagnètica i sense pantalla protectora, fluorescent de 58W.

2. P. Soterrani, gimnàs: Làmpades de superfície amb carcassa, reixa metàl·lica i pantalla protectora, reactància elèctrica, fluorescent de 80W.

3. P. Soterrani, vestuaris: Làmpades encastades en fals sostre amb reflector, reactància electromagnètica i sense pantalla protectora, fluorescent de 18W.

3. P. Baixa, banys personal: Làmpades encastades en fals sostre amb reflector, reactància electrònica i pantalla difusora, fluorescent compacte de 26W.

4. P. Baixa, escenari sala d'actes: Focus de superfície, fixat mitjançant guia, filtres colors, halogen 150W.

5. P. Primera, passadís porta ascensor: Làmpada de superfície paret, reactància electromagnètica i pantalla protectora estanca, fluorescent de 18W.

6. P. Primera, taulell consergeria: Làmpades penjants, amb carcassa, reflectants laterals, pantalla difusora i reactància electromagnètica, fluorescent 58W.

7. P. Tercera, prestatges biblioteca: Làmpades de superfície amb carcassa, reactància electromagnètica, reflectant d'una cara i sense pantalla, fluorescent 58W.

8. P. Tercera, biblioteca general: Làmpades encastades en fals sostre amb reflector, reactància electrònica i sense pantalla difusora, fluorescent compacte 14W.

#### 4.2.4. Perfil d'ús

A partir de les enquestes als usuaris del centre, diferenciant per zones de treball i professió, s'ha realitzat un perfil d'ús de les instal·lacions a partir de les activitats que s'hi desenvolupen, així com de l'ocupació que teòricament fan dels diferents espais (distribució i tipologia d'ús, horaris d'ocupació, estacionalitat, nombre i tipus d'usuaris, etc).

La informació obtinguda és útil per tal de valorar les necessitats energètiques dels usuaris i en definitiva de l'edifici. Finalitzant amb el posterior anàlisi gestió que se'n dels espais, i establint si el comportament de l'edifici és conseqüent amb aquest perfil teòric.

En el cas de l'Escola Isabel de Villena, l'horari escolar és de 9 a 12h/13h i de 15 a 17h. A la franja horària de migdia s'utilitza el menjador (ubicat a la planta soterrani) en torns per edats i després de les 17h es manté un cert ús de les aules per a activitats i tallers d'extraescolars. D'igual manera de 18 fins a les 21h a s'hi realitzen tasques de neteja i manteniment. A continuació descrivim la varietat d'usos ubicats per plantes, aquest són els següents:

- Planta soterrani: actua com a zona de serveis, menjador, cuina i magatzem, vestidors de personal; gimnàs, vestuari de nois i noies, laboratoris de tecnologia, ciències i química, a més de l'aula de música i arts plàstiques, sales de desdoblament de grups, el taller de manteniment i la zona de la farmaciola. També l'accés per a mercaderies amb rampa des de la façana principal i accés al pati mitjançant escala exterior.
- Planta baixa (1): a la façana principal hi ha l'accés al centre mitjançant rampa adaptada, trobem la recepció d'alumnes i pares, l'àrea de gestió acadèmica, aules de parvulari amb accés directe al pati infantil, serveis adaptats per alumnes i personal, aula d'informàtica, aules de reforç, copisteria, sala d'actes amb accés a l'escenari per sala adjacent; a més de l'accés al pati i la zona esportiva exterior situades a la zona sud de la parcel·la des de el passadís principal.
- Planta primera (2): mitjançant el pont d'accés, trobem l'àrea de consergeria, administració i gerència del centre, les aules de primària, on al vestíbul central l'utilitzen per a treballs polivalents, serveis adaptats per alumnes i personal, aules de reforç i despatxos del professorat.
- Planta segona (3): aules de batxillerat, vestíbul central amb màquines expendedores de begudes fredes i calentes per a zona d'esbarjo interior, serveis adaptats per alumnes i personal, sala principal i despatxos de professors, aules de reforç, despatx de direcció i el del psicopedagog.
- Planta tercera (4): hi trobem la biblioteca, la qual disposa d'un petit magatzem i oficina per al personal, a més de l'arxiu administratiu del centre; també si troben les aules de secundària, serveis adaptats per alumnes i personal, despatxos del professorat i per últim l'accés a coberta, el qual té restringit el pas tan sols per a tasques de manteniment.
- Coberta: la qual està composta de dues zones diferenciades, la coberta de graves no transitable on hi situem les xemeneies de la cuina i la sala de calderes, les

unitats exteriors dels aparells de climatització i la cambra d'instal·lacions per a la maquinària de l'ascensor, a més de la sala d'accés des de la planta quarta. L'altre zona, és la coberta inclinada de la zona ampliada (antiga coberta transitable a planta tercera) on es situa la actual biblioteca, l'aula de secundària A47; i el lluernari ventilat del vestíbul central.

A partir del **qüestionari d'avaluació del confort en l'ús** <sup>(3)</sup> realitzat als usuaris del centre (professorat, administradors i cap de manteniment) hem obtingut la següent informació respecte als diferents aspectes que influeixen en el comportament dels usuaris i les mancances que detecten en l'ús dels espais del centre.

Referent a la **climatització dels espai de treball**, en general:

- La gran majoria d'aules no disposen de termòstats per controlar la demanda de temperatura.
- És perceput que com a norma, la temperatura a l'estiu sigui diferent de 25°C i de 20°C al hivern (en ambdós casos la sensació és superior); la meitat dels enquestats consideren que al hivern cal obrir finestres per excés de calor.
- Amb unanimitat, al hivern no cal portar jaqueta a les aules, excepte en alguns casos (no com a norma); al estiu mai cal portar jaqueta (no hi ha sensació de fred per temperatura excessivament baixa en aires acondicionats).
- L'espai s'escalfa amb radiació solar, sobretot la façana sud.
- La franja horària on és més forta la radiació solar, es al mig dia a la façana sud i a la tarda a la façana nord-oest.
- Els usuaris tenen constància de les fonts energètiques que s'utilitzen pels sistemes de climatització; gas natural (calefacció) i energia elèctrica (estufes i equips autònoms per calor i splits climatització fred).
- La calefacció és centralitzada de gas i els emissors en molts casos no tenen claus pròpies per tallar el subministrament; no hi han vàlvules termostàtiques, d'altra banda no estan coberts pel mobiliari, en algun cas es disposa d'estufes elèctriques i en cap zona amb calefacció per terra radiant.
- En quant a les finestres hi ha multituds de respostes: en general es respon que, les finestres són estanques; només disposen de persianes a planta baixa; tenen cortines, encara que aquestes són translúcides i no adequen 100% el grau de fosc en dies solejats per tal d'utilitzar els projectors i/o pisares electròniques sense enlluernaments o reflexions.

(3). ANNEX B – Qüestionaris d'avaluació del confort en l'ús i fitxa de resum en percentatges d'usuaris enquestats. Pàg. 95-135

- Els espais no disposen de ventiladors de sostre, de peu o de taula.

#### En quant a **la il·luminació de l'espai de treball:**

- En general (85,71%), es pot treballar amb llum natural.
- Com a norma general (92,59%), a totes les estances hi ha tubs fluorescents.
- Es considera necessari diferenciar l'encesa de les llums properes a finestres.
- El 50 % del usuaris no saben detectar si hi ha làmpades amb fluorescent compacte (baix consum).
- No hi ha constància de bombetes d'incandescència que no es canviïn per bombetes de baix consum.
- Normalment s'apaguen les llums quan no són necessàries (64,00%) i els aparells elèctrics quan no es fan servir (65,38%).
- Els usuaris no saben si es fa un manteniment o neteja d'aparells (60,00 %); o qui és la persona encarregada d'aquestes tasques, ni la freqüència amb que es realitzen.

Pel que fa a les **proteccions solars de les façanes**, inicialment en la construcció de l'escola hi havia proteccions fixes que amb el temps es van malmetre i va caler retirar-les. Avui es troben a faltar ja que es rep una forta radiació solar als interiors de les aules. Generalment es percep que les cortines instal·lades al interior no cobreixen aquesta mancança. També s'observa que al pati infantil hi ha instal·lats tendals que avui dia estan en desús ja que amb l'acció del vent i el pas del temps s'han malmès i no es poden fer servir.

La **qualitat ambiental interior**, generalment els espais disposen de ventilació natural i es té cura de ventilar els espais 10 minuts/dia com a mínim (a la realitat aquest temps es superior).

#### La **qualitat sonora dels espais de treball:**

- Es percep que a totes les aules tenen problemes de soroll.
- Diferencien que en alguns casos els soroll prové de l'exterior (55,56%), del pati o el carrer (quan hi ha excés de calor i obren finestres per ventilar).
- Encara que tots els enquestats estan d'acord en que el soroll prové de l'interior (94,74%), de passadissos (al haver diversitat de cicles educatius els horaris de circulació són diversos), classes contigües, etc.

#### Sobre **les temàtiques de residus i reciclatge:**

- El 100% dels enquestats opina o no té constància de que, es separin els residus per tipus de materials reciclables, com paper i cartró, plàstic, metall, tintes d'impressores, piles.
- Es dona un segon ús al material d'oficina (77,27%) i es gestiona el retorn dels sobres de correu intern (56,52%).
- També cal dir (encara que no és la norma general), que hi ha professors que estan disposats a realitzar tasques de conscienciació amb els alumnes, encara que no és gens fàcil ja que no hi ha la possibilitat de realitzar el reciclatge per manca de servei de recollida de residus separatius municipals que sigui pròxim al centre.

#### Referent als **aparells electrònics:**

- S'utilitzen alguns aparells a piles (ratolins d'ordinadors).
- Hi ha gran nombre d'ordinadors portàtils.
- En algunes aules i/o espais els ordinadors estan sempre encesos (56,52%).
- S'utilitzen projectors habitualment (80,00%), no tant pissarres electròniques (30,00%).
- Les impressores són làser.

#### Pel que fa als **desplaçaments dels usuaris i el medi utilitzat:**

- No es sol fer servir l'ascensor per a 1 o 2 plantes (73,08%).
- Excepcionalment, alguns poden realitzar desplaçament al lloc de treball a peu (11,54%). Cap dels enquestats utilitza bicicleta (0%), es dona com a justificació la forta pendent i la manca d'aparcament per a bicicletes.
- També en transport públic (19,23%) o moto (20,83%).
- La gran majoria ho fa amb cotxe individual (65,38%).
- Encara que en aquest trajectes es comparteix vehicle pels desplaçaments (40,00%).
- El trajecte de mitja és superior als 3-5 Km (73,91%).

Un cop expressats en resum les respostes generals utilitzades per definir el comportament i perfil de l'usuari, també ens cal analitzar els comentaris puntuals i les observacions redactades pels enquestats. Aquestes són individuals i s'enumeren en funció de la zona habitual de treball d'aquests usuaris.

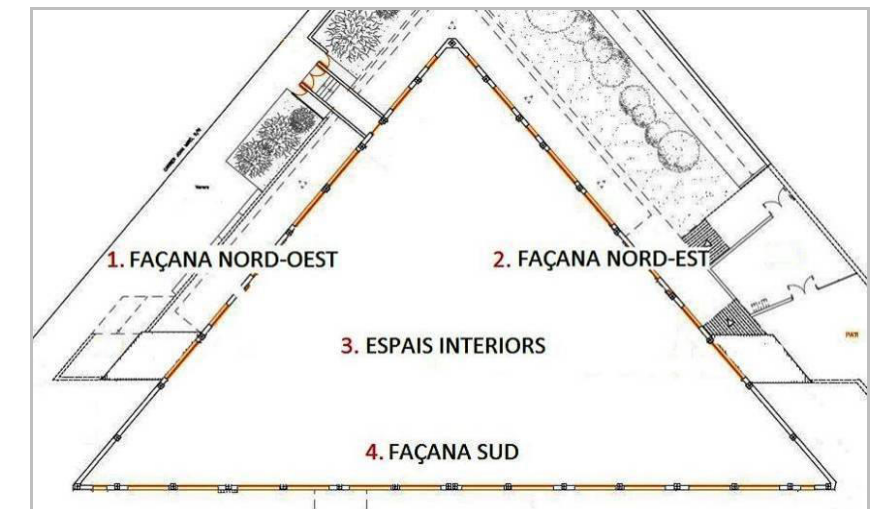


Fig.4.25: **Esquema d'orientacions i espais interiors, enquesta**  
Font: **Elaboració pròpia – Annex B Enquestes usuaris**

#### **1. Façana Nord-oest:**

Per aquesta zona només s'ha trobat un comentari, el qual pertany als despatxos d'administració i consergeria de planta primera, a on es diu que a l'estiu la temperatura de climatització està a 21° C. A la resta d'espais no es troben comentaris.

#### **2. Façana Nord-est:**

Els comentaris més destacats observen que la temperatura a l'estiu està a bastant més de 25°C i al hivern igual o inferior a 20°C, l'espai s'escalfa amb radiació solar fins a migdia. En alguns casos s'observa que quan toca el sol, i la temperatura és excessiva no es poden tancar els emissors (claus trencades) i cal obrir les finestres. Les finestres disposen de cortines, encara que deixen passar la claror la pissarra i les projeccions es veuen prou bé. També diuen que al hivern cal portar jaqueta de vegades els dilluns fins que els espais estan prou calefactats.

En quant a la il·luminació de l'espai de treball, poques vegades s'obren els fluorescents perquè hi ha moltíssim llum solar i pràcticament sempre es pot treballar amb llum natural, s'hauria de diferenciar l'encesa de les llums properes a finestres.

La qualitat ambiental, l'espai disposa de ventilació natural obrint les finestres, però fan molta corrent d'aire i si obren la porta és encara més forta.

La qualitat sonora; el soroll prové de l'interior, passadissos i aules contigües que projecten àudios, moviments de cadires i taules al pis superior, canvis de classe i sortida al pati (hi ha un problema

d'horaris no sincronitzats entre etapes), guarderia de petits al matí a la planta 1, megafonia a les tardes (a partir de 16:40h), vehicles al carrer (a primera i darrera hora, a la façana nord-oest)

### 3. Espais interiors:

En els espais interiors, despatxos professorat i gestió acadèmica s'observa que la qualitat ambiental és deficient ja que no hi ha cap tipus de ventilació.

La percepció de la qualitat sonora; el soroll prové de l'interior de l'escola, passadissos, causat pel cel obert que hi comunica totes les plantes.

### 4. Façana Sud:

Sobre les qüestions de la climatització dels espais, la temperatura és molt superior als estàndards, a l'estiu 25°C i al hivern 20°C, sense comptar els dies més freds, que en són pocs, la majoria de dies es podria estar a les aules amb els radiadors tancats però les claus d'aquests estan extraviades o no funcionen, per això a vegades cal obrir finestres per excés de calor. La franja horària més forta de radiació solar és de 11 a 17h.

A més la il·luminació, es percep excessiva moltes vegades i no cal encendre els llums, però troben insuficient el control lumínic que ofereixen les cortines que són molt translúcides i no es veuen bé les projeccions, caldria algun sistema que permetés enfosquir l'aula quan convé, a més es suma l'inconvenient que no deixen passar l'aire quan fa molta calor i cal adaptar la il·luminació exterior per tenir un cert grau de confort per veure la pissarra.

Un altre participant, afegeix sobre la il·luminació de l'espai de treball, dient que es pot treballar amb llum natural gairebé sempre i si fa molt sol, molesta als alumnes i han de córrer les cortines, els quals a vegades l'espai s'enfosqueix massa i cal encendre el llum.

En quant a la qualitat ambiental interior, segons un usuari l'edifici hauria de permetre la circulació d'aire des de les façanes d'ombra a la façana sud. Proposa, que es podria aconseguir obrint les finestres i la porta de la classe (façana sud), i obrint les finestres que hi ha situades al passadís, al costat dels despatxos de coordinació (façanes nord), malauradament aquestes finestres sempre estan bloquejades, a més si hi ha nens al pati (gairebé sempre) i nens als passadissos, suposa massa soroll a l'aula i s'opta per tancar traient l'opció a la ventilació.

Un altre usuari afegeix en referència a la qualitat sonora, que hi ha mala acústica, tenen molts problemes de soroll. Considera que és una escola molt sorollosa i que quan fa calor a les aules cal obrir

les finestres però que del pati de preescolar el soroll és molt fort, inclús també que arriben fins i tot des del gimnàs (puntualment fort: xiulets, gols, etc.).

### 4.3. Dades Dinàmiques

#### 4.3.1. Seguiment del consum energètic i recursos

En aquesta fase del treball és important tenir la previsió d'ús a la que ha de donar resposta l'edifici, per tal de detectar i enregistrar tota aquella activitat que pugui influir en la gestió i el consum dels recursos. El seguiment detallat i la valoració de les dades obtingudes seran fonamentals per tal de valorar quina és la dispersió, i en conseqüència en quin grau cal millorar globalment per tal d'adaptar-se a la demanda teòrica i apropar-se a la sostenibilitat del conjunt.

En el cas de l'Escola Isabel de Villena la franja d'estudi assoleix 6 anys, des 2005 fins a 2011 <sup>(4)</sup>, dels quals com a dades de partida s'ha obtingut per part de l'administració del centre les factures o albarans de consum de les companyies subministradores en cada cas. Les factures facilitades comencen a setembre de 2005 i finalitzen a juliol de 2011 tenint per tant sis cursos complets, dels quals cal aclarir inicialment que a les vacances (desembre, juliol i agost) es realitzen freqüentment les tasques de manteniment.

Per ajudar-nos en la tasca de fer tangible als usuaris aspectes abstractes com el consum o la demanda, cal obtenir les dades diferenciades segons cadascun dels usos energètics, els perfils de consum al llarg d'un període determinat, o recórrer a la presa de dades *in situ* mitjançant el inventari dels aparells de consum, per tal de reconèixer qui ho gasta, com i quan, tenint la premissa de fer intel·ligible allò que trobem agrupat a peu d'una factura. I en definitiva poder comparar-ho amb la demanda teòrica i obtenir el balanç d'eficiència i eficàcia.

Ja que l'objectiu d'aquest apartat és arribar a identificar, amb el màxim detall possible, qui consumeix cada kWh d'energia o cada m<sup>3</sup> d'aigua de l'edifici, a continuació mostrem el seguiment realitzat per fonts d'origen:

#### Electricitat

Vers l'energia elèctrica, l'edifici té contractada una potencia de subministrament de 75 kWh.

(4). ANNEX B - Base de dades de consums per factures. Pàg. 136-141

El consum d'electricitat a l'Escola Isabel de Villena és el derivat dels usos d'il·luminació i força. La manera en que varien aquests consums al llarg del temps la podem observar mitjançant les factures de la companyia subministradora Endesa. Aquesta informació s'ha introduït en una fulla de càlcul fixant-les en cada curs acadèmic, agrupades de setembre a agost.

Una vegada introduïda i ordenada tota la informació de les factures com són: dates, còmput de dies per factura, consums d'electricitat activa, plana, punta i reactiva; ha estat possible realitzar indicadors del consum per dia (kWh/dia), diagrames de barres i gràfics on es relacionen consum i temps amb els quals sintetitzar les dades, obrint-nos la possibilitat d'analitzar visualment l'evolució d'aquests consums al llarg del període objecte d'estudi i que serà descrit al punt 5.8.1 *Anàlisi dels consums electricitat*.

ISABEL DE VILLENA SCHOOL								
BUILDING	YEAR	DATE	TOTAL DAYS	CONSUMPTION (KWh)	PLA (KWh)	TIP (KWh)	REACTIVE (KVArh)	CONSUMPTION (KWh/day)
	START	08/08/2005						
	2005	02/09/2005	26	3535	2904	631	2567	135,96
		27/09/2005	25	11053	7465	3588	5556	442,12
		03/11/2005	37	13884	9389	4495	6588	375,24
		07/12/2005	34	15982	11077	4905	5810	470,06
		05/01/2006	29	12658	8740	3918	4231	436,48

Fig.4.26: Tractament de factures de consum **ELECTRICITAT**  
Font: **Elaboració pròpia – Veure Annex B, CONSUMS**

#### Gas

El consum de gas a l'Escola Isabel de Villena és el derivat pel conjunt de calderes (3 ut) encarregades de proveir a la gran majoria d'estances de l'edifici, a més de l'aigua calenta sanitària. També cal tenir en compte el consum del servei de cuina de l'escola, encara que no el podem separar del total ja que el conjunt queda enregistrat tan sols en un comptador de la companyia subministradora gas Natural Fenosa.

ISABEL DE VILLENA SCHOOL							
BUILDING	YEAR	DATE	TOTAL DAYS	CONSUMPTION (KWh)	CONSUMPTION (m <sup>3</sup> )	CONSUMPTION (kWh/m <sup>3</sup> )	CONSUMPTION (kWh/day)
	INICI	12/08/2005					
	2005	12/09/2005	31	3757,44	320	11,742	121,21
		13/10/2005	31	9513,075	825	11,531	306,87
		14/11/2005	32	13034,241	1089	11,969	407,32
		12/12/2005	28	57276,366	4947	11,578	2045,58
		16/01/2006	35	62865,006	5477	11,478	1796,14

Fig.4.27: Tractament de factures de consum **GAS**  
Font: **Elaboració pròpia – Veure Annex B, CONSUMS**

Aquesta informació s'ha tractat de la mateixa manera que la del anterior punt, la diferència és que en aquest cas s'han introduït les dades referents a consum en kWh i a més en m<sup>3</sup> de gas (kWh/m<sup>3</sup>), obtenint l'indicador consum per dia (kWh/dia), els diagrames de



barres i gràfics relacionant consum i temps per tal de sintetitzar i facilitar la tasca d'anàlisi, descrita al punt 5.8.2 *Anàlisi dels consums de gas*.

### Gasoil

El **consum de gasoil** a l'escola només és el que es consumeix a la caldera instal·lada al menjador de soterrani a 2004, a conseqüència de les grans pèrdues d'escalfor que es produeixen mitjançant les lluernes perimetrals d'aquest espai.

Sobre el seguiment realitzat a partir dels albarans de l'empresa subministradora, hem extrapolat un consum diari i a partir d'aquest l'**evolució del consum per curs** dins del període de 6 anys objecte d'estudi. Donat que la informació continguda als albarans és molt bàsica i que aquests no és regeixen per mensualitats si no per comandes, el tractament de les dades ha sigut diferent que a la resta. Ha calgut repartir les comandes de subministrament del període d'hivern de cada any, estimant el consum mensual a l'hora de realitzar el còmput de consum per curs.

Cal afegir que les unitats de partida eren litres de gasoil i per tal de obtenir l'equivalència en kWh aplicarem factor de conversió:

**1 litre de gasoil equival a 9,8 kWh**

D'aquesta manera unificar les unitats amb la resta de recursos energètics, sent possible realitzar gràfics per tal de analitzar l'evolució i resultats de consum energètic que es descriu al punt 5.8.3. *Anàlisi dels consums de gasoil*.

ISABEL DE VILLENA SCHOOL			
DATE	TOTAL DAYS	CONSUMPTION (L)	CONSUMPTION (L/dia)
xx/xx/2005			
07/11/2005		450	
12/12/2005	35	600	17,14
23/01/2006	72	588	8,17
22/02/2006	30	654	21,80
14/12/2006	303	588	1,94
30/01/2007	47	536	11,40

Fig.4.28: **Tractament de factures de consum GASOIL**  
Font: *Elaboració pròpia – Veure Annex B, CONSUMS*

### Aigua

El consum d'aigua a l'Escola Isabel de Villena ve donat pels serveis que cobreix l'edifici: banys, vestuaris amb dutxes, cuina, menjador, fonts exteriors, jardineria, etc.

La seva variació al llarg del temps d'aquest recurs també ha estat possible fer-hi un seguiment gràcies als registres contemplats a les factures de la companyia subministradora Aigües de Barcelona.

El procediment de tractament d'aquestes dades ha sigut el mateix que amb els consums d'electricitat i gas però en aquest cas els paràmetres introduïts a la fulla de càlcul han sigut la data, còmput de dies per factura, consum en m<sup>3</sup> i s'ha obtingut el indicador del consum d'aigua per dia (m<sup>3</sup>/dia). També s'han tret diagrames de barres i gràfics relacionant consum i temps.

ISABEL DE VILLENA SCHOOL				
BUILDING	YEAR	DATE	TOTAL DAYS	CONSUMPTION (m <sup>3</sup> )
	START	16/08/2005		
		16/09/2005	31	236
	2005	14/10/2005	28	595
		16/11/2005	33	624
		16/12/2005	33	621
				16,09

Fig.4.29: **Tractament de factures de consum AIGUA**  
Font: *Elaboració pròpia – Veure Annex B, CONSUMS*

### 4.3.2. Seguiment de la intensitat d'ús

Amb la recollida d'aquestes dades es pretén conèixer l'ocupació real de l'edifici i la seva distribució en el temps i en l'espai (nombre d'usuaris i hores d'utilització). Es tracta d'un paràmetre molt important a l'hora de determinar l'eficiència de l'edifici quant al consum de recursos. Més usuaris i més utilització poden comportar variacions importants en el consum energètic, però també un aprofitament millor del propi edifici i, per tant, una eficiència més gran en l'aprofitament dels espais.

Les eines per fer el seguiment de l'ús de l'edifici consisteixen en visites aleatòries als diferents locals i en diferents franges horàries, per tal de constatar el nivell d'ocupació de l'edifici al llarg del dia. En el cas d'edificis que tenen sistema de control d'accés, aquesta feina es pot veure facilitada i potser només cal fer una verificació de les dades recollides.

A l'Escola Isabel de Villena hi ha diversos àmbits d'activitat independents: aules, laboratoris, gimnàs, biblioteca, etc. Espais heterogenis amb diferents tipologies constructives, usos, necessitats energètiques varies i gestió diferenciada. L'escola no compta amb sistemes de control d'accés. Encara que hem pogut contrastar que al llarg del curs el nombre d'usuaris no varia gaire, d'igual manera que els usos o la ocupació diària. Degut a les entrevistes i les visites al centre, per fer l'aixecament de dades podem dir que:

- Les **aules** dels grups de tutoria, tenen normalment un funcionament òptim tant de matí com de tarda.
- Els **laboratoris** es diferencien en tres espais independents. Laboratori de ciències naturals, química i tecnologia. Aquest tenen en conjunt 208,70 m<sup>2</sup> de superfície en planta, i cal dir que l'aprofitament d'aquest espai és només d'unes poques classes l'any pels alumnes de secundària i batxillerat, realitzant algunes classes i tallers puntuals a l'any.
- El **menjador** és un espai que degut al seu ús intrínsec, té una intensitat d'ús que es concentra en la franja horària de migdia entre les 12 i les 15 h. La resta de la jornada, es realitzen tasques de preparació i neteja. Cal afegir que aquest espai anteriorment, degut a les necessitats de tenir un espai polivalent es va dividir la superfície 375,47 m<sup>2</sup> del menjador originant una zona de 69,20 m<sup>2</sup> que avui dia no té un ús amb gaire intensitat d'ocupació al any.
- Les **sales d'estudi** de soterrani i planta, donen servei en els grups de desdoblament i reforç; encara que no a horari complet. D'altra banda, també s'utilitzen puntualment com a sales de reunions dels departaments de l'escola. Cal puntualitzar, que en cap visita hem vist utilitzar-les, encara que tenim constància del horari que estan reservades i a quin curs pertany.
- Els **despatxos de professors** tenen ús regular, encara que no a jornada completa.
- Els **despatxos i oficines d'administració**, tenen ocupació completa tot el dia, encara que els despatxos de reunions tan sols són moments puntuals.
- La **sala d'actes** només s'utilitza per a reunions grans i espectacles o representacions teatrals.
- La **biblioteca** durant la jornada lectiva, normalment estan només el personal de sala, encara que s'hi realitzen tasques de cerca d'informació en els diferents cursos. També les assignatures de lectura pels infants. Fora d'horari, s'hi realitzen les reunions del professorat i del patronat escolar.

### 4.3.3. Seguiment de la gestió

La finalitat del present subapartat és determinar com es gestiona l'edifici des del comportament en les rutines quotidianes dels ocupants, com en les tasques de manteniment de.

Sovint, en l'anàlisi de l'eficiència energètica, es du a terme un estudi de les dades relacionades amb els tancaments i una recollida de dades sobre els sistemes que donen servei al propi edifici, sense tenir en compte els aspectes relacionats amb la gestió. És molt important incloure aquest factor si es pretén fer un anàlisi complet i exhaustiu de la situació real en què treballa l'edifici. Així doncs, cal obtenir el màxim de dades sobre la gestió del centre, per saber fins a quin punt es mantenen les característiques edificatòries inicials i la corresponent demanda teòrica de les instal·lacions.

Val a dir que, l'obtenció de dades en aquest apartat, és sovint força complicada, perquè en pocs casos els gestors segueix un protocol d'actuació predeterminat i, per tant, cal buscar altres fonts d'informació vàlides. Volem subratllar que la gestió energètica és un concepte ampli i complex que recull diferents aspectes com els següents:

- Pel que fa als sistemes, ha de tractar de millorar l'eficiència energètica però garantint el confort. Cal doncs flexibilitzar el funcionament i la gestió dels sistemes per tal d'ajustar-los a les demandes, que varien segons els nivells d'ocupació, l'ús que es fa dels espais i les condicions atmosfèriques.
- Pel que fa a l'envolupant, cal mantenir les característiques d'aïllament de l'edifici per tal de no augmentar la demanda energètica (evitant l'obertura de finestres quan s'està escalfant l'edifici).
- Pel que fa al conjunt de tasques de manteniment i de millora dels espais, s'haurien d'establir criteris d'estalvi energètic a l'hora de projectar les millores en els sistemes de climatització, canvis d'ús o d'ocupació, redistribucions o altres modificacions edificatòries.

En el cas de l'Escola Isabel de Villena l'única gestió controlable que es realitza és el protocol d'encesa de les calderes per a calefacció durant els mesos d'hivern. La gestió del qual és manual per part del Cap de manteniment i els horaris establerts són les següents:

- Dilluns **de 5:00 a 19:00 h;**  
Dimarts a divendres és **de 7:00 a 19:00 h** (hivern).
- Només resta una de les tres calderes encesa, encarregada del ACS (estiu).

S'ha realitzat una **enquesta al cap de manteniment** de la qual hem extret la següent informació:

- En aquest tècnic recau tota la organització i planificació en les tasques de manteniment del centre i dels seus sistemes, per garantir el confort i el bon funcionament de les intervencions anteriorment enumerades.
- El grau d'aïllament de les instal·lacions de climatització és regular – dolent.
- El tipus de tancament en façana, no fa distinció per orientacions.
- Es disposa d'instal·lació de gas per calefacció i ACS amb un acumulador de 300 litres, els anys d'instal·lació de les calderes són 1975, 2010 i 2011. Aquests dos últimes corresponen a la substitució d'una de les antigues per dues de més modernes.
- Disposen d'estufes d'uns 2000-2500 W i aire condicionat en algunes estances.
- Els protocols d'encesa i apagada de calderes es el anteriorment citat, les temperatures interiors dels espais de consigna tenen una mitja: estiu 25°C al hivern i 22°C a l'estiu. Cal dir que no hi ha termòstats i que la gestió es fa per demanda dels usuaris i del confort que es percep.
- Existeix aparells elèctrics i maquinaria varia a les aules, tallers i laboratoris, aquests aparells s'apaguen al final del dia excepte els servidors i concentradors de xarxa.
- Al centre hi ha ventilació natural mitjançant finestres i claraboia, no existeix ventilació forçada amb el sistema individuals d'aire condicionat, tan sols als banys i cuina mitjançant extractors.
- No es disposen de plaques solars ni bateries per emmagatzemar corrent elèctrica. L'escola no té contractat l'electricitat mitjançant tarifa contractada d'horari nocturn.

- El sistema d'il·luminació dels espais no disposa de fotosensors, ni de sensors de presència.
- El centre disposa del butlletí de reconeixement d'instal·lacions elèctriques de baixa tensió del any 2012.
- La recollida de residus està subcontractada com a requeriment pel servei de cuina del centre. Encara que el reciclatge, no és de gestió privada, si no municipal encara que per les condicions de la urbanització de la zona, no hi ha el servei pròpiament dit, encara que si l'espai per a la separació selectiva pneumàtica en el propi carrer principal.

#### **Observacions i propostes personals**

- Se'ns comenta que es preveu col·locar vàlvules termostàtiques com a element de control individual del sistema de calefacció. Situant-les a cada emissor, juntament amb les proteccions contra la lliure manipulació dels aparells. Cercant que es pugui garantir el confort per a cada perfil d'usuari, en funció de l'activitat a realitzar, l'estació del any i la zona de l'edifici a que pertanyin, tot tenint com a paràmetre preferent l'estalvi i l'eficiència energètica.
- Realitzar el projecte per la instal·lació de la renovació de tendals pertanyents al pati infantil, ja que els actuals després de 20 anys de vida útil no estan operatius, ni estan en condicions de seguretat.
- L'altre factor de gestió que es podria portar a terme a l'edifici és la millora del sistema d'il·luminació, instal·lant elements de control per horaris i presència. Encara que aquesta depèn de molts factors, cal adaptar per exemple l'horari lectiu, en funció de les necessitats de cada etapa escolar, a part de tenir en compte la resta de serveis, d'administració, manteniment, cuina i neteja.

#### 4.3.4. Seguiment de les condicions de confort

Finalment, s'ha tractat de recollir totes les dades possibles que permetin caracteritzar el confort en els diferents espais de l'edifici Escola Isabel de Villena (temperatura, humitat, percepció dels usuaris, etc).

L'objectiu últim d'un edifici hauria de ser, que la seva arquitectura i els seus sistemes permetessin el desenvolupament òptim de l'activitat per a la qual ha estat projectat. El correcte desenvolupament de l'activitat és directament proporcional a les condicions de confort que l'edifici pugui garantir als seus usuaris. Així doncs, l'obtenció de les dades sobre els nivells de confort i el seu anàlisi posterior han de ser una prioritat a l'hora de fer qualsevol avaluació sobre l'eficiència energètica de l'edifici, ja que **el confort és una característica irrenunciable dels edificis**.

En el cas de l'Escola Isabel de Villena, s'han realitzat mesuraments d'humitat, temperatura, nivell d'il·luminació <sup>(5)</sup> i confort acústic <sup>(6)</sup> dels espais, mitjançant enregistraments in situ i realitzant seguiment, simulació i tractament informatitzat de les dades obtingudes durant el seguiment. A partir del treball d'estudi ens ha permès la creació **del perfil de confort de l'edifici**.

D'altra banda encara que no impliquen augment del consum energètic, s'han valorat paràmetres importants referents als nivells de **confort acústic** (Fig.4.30), com són el temps de reverberació intern dels espais i l'aïllament al soroll aeri interior (verificats amb CTE HR) dels paraments per tal de donar solució a les problemàtiques detectades front el confort necessaris per la realització de l'activitat docent.

Vista la voluntat de contrastar les dades obtingues amb els mesuraments a l'edifici es va crear un estudi de l'acústica interior dels espais amb el programa CYPE <sup>(7)</sup>, i d'aquesta manera comprovar la validesa d'altres eines. Cal dir que els valors obtinguts en la comprovació del temps de reverberació de les estances, no s'han pogut tenir en compte degut a què el mètode de càlcul no valora la capacitat d'absorció del mobiliari intern o dels elements com cortines, els quals regulen les ones sonores treballant com a reflectors i absorbents respectivament. El qual és un factor molt important a l'hora de donar classe. Cal dir també que les dades obtingudes referents a l'aïllament dels paraments (envans, sostres, etc.) si s'han pogut tenir en compte.

(5). ANNEX B – Mesuraments luxòmetre. Pàg. 86

(6). ANNEX C – Tècniques d'avaluació Acústica. Pàg. 3

(7). ANNEX C – 9. Estudi d'acústica CYPE. Pàg. 475

#### Seguiment d'humitat i temperatura

En aquest apartat cal destacar que resulta especialment interessant la recollida de dades sobre la percepció del confort que tenen els propis usuaris de l'edifici, tot i que són dades poc precises i molt subjectives. Els usuaris tenen un record i un registre "històric" de la sensació de confort dels espais, i aquesta informació permet detectar punts de desconfort importants i contrastar-los amb les dades objectives obtingudes amb els instruments de mesurament. Els termohigròmetres, han estat instal·lats a les aules més significatives de la façana sud i nord-oest, a les aules A23 (Fig.4.31) i A27 (Fig.4.32), realitzant mesuraments cada 15 min. durant dues setmanes les 24h del dia.

A mode de resum, analitzem els factors que condicionen el confort centrant-nos en l'horari lectiu del centre (8-17h), en quant a temperatura i humitat relativa:

- **Façana Sud TEMPERATURA:** mitjana 26,81°C  
Mín 23°C (7:15-9:30h, 46%), Màx 32,7°C (15h, 39,5%)
- **Façana Sud HUMITAT RELATIVA:** mitjana 45,59%  
Mín 22,9%(14h, 29,5°C), màx 66,2%(12:30h, 27,3°C)
- **Façana Nord TEMPERATURA:** mitjana 25,26°C  
Mín 22,1°C (9:00h, 48,2%), Màx 27,8°C (18:15h, 46,9%)
- **Façana Nord HUMITAT RELATIVA:** mitjana 51,2%  
Mín 31,2% (9:00h, 24°C), Màx 72,9% (16:00h, 24,7°C)

Encara que les mitjanes anteriors, puguin aproximar-se a dits intervals, detectem que es generen valors extrems en ambdós mesuraments, els quals caldria corregir; donat que des del punt de vista dels estàndards de confort, la humitat relativa ha de trobar-se entre el 45-65% i la temperatura seca entre 20-26°C (Font:ISO 7730 y EN-27730).



Fig.4.30: Presa de mesuraments acústica  
Font: Elaboració Pròpia – Annex C mesuraments d'Acústica

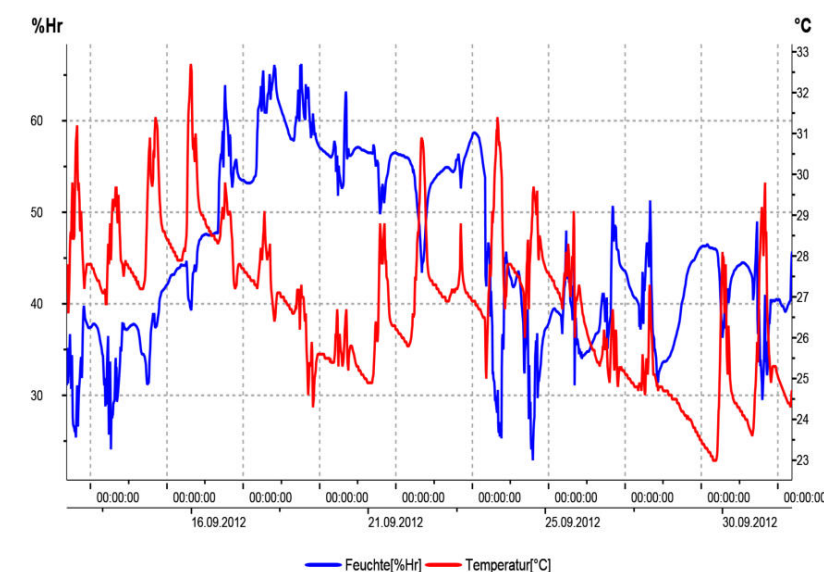


Fig.4.31: Gràfic evolució humitat-temperatura/Façana Sud A23  
Font: Testo Comfort Software – Annex B seguiment confort

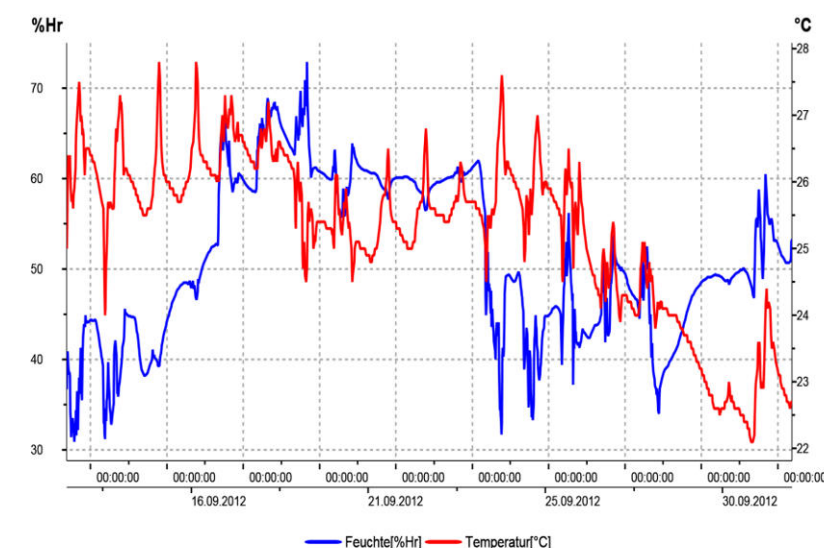


Fig.4.32: Gràfic evolució humitat-temperatura/Façana Nord oest A27  
Font: Testo Comfort Software – Annex B seguiment confort



Fig.4.33: Termohigròmetres, mesuraments per façanes  
Font: Elaboració Pròpia - Veure Annex B seguiment confort



## 5. FASE 2: AVALUACIÓ

### 5.1. Procés d'avaluació

Un cop feta la tasca de recollida de dades, hem procedit a fer una avaluació dels següents conceptes:

- La demanda energètica (tèrmica i lumínica), per aquest fi, s'han emprat diferents tècniques d'estudi entre d'elles destaquen la Termografia digital i les eines informatitzades de càlcul.
- Els sistemes i aparells que consumeixen energia i que cobreixen la demanda identificada al punt anterior (climatització i il·luminació).
- Les condicions de funcionament (pel que fa a l'ocupació, manteniment, gestió, i paràmetres de confort).
- El consum de recursos energètics (electricitat, gas, gasoil i aigua).

Els resultats d'aquestes avaluacions s'han sintetitzat en unes dades de les quals hem pogut extreure el que anomenem índex o valors significatius, i que ens han permès caracteritzar l'edifici. No hem d'oblidar que l'avaluació global de l'eficiència energètica es realitza mitjançant la comparació entre la demanda energètica teòrica (estimant un rendiment dels equips i sistemes) i el consum efectiu que s'observa per mitjà de la facturació anual, el monitoratge o la simulació informàtica.

L'anàlisi del que consumeix l'edifici respecte al que hauria de consumir teòricament permet valorar el potencial d'estalvi i les oportunitats de millora.

Així mateix, l'estudi de les rutines en la gestió i el manteniment dels sistemes és útil per detectar mancances en el funcionament de les instal·lacions i, alhora, permet determinar l'ajust entre el nivell d'ocupació real i el grau de resposta dels sistemes a la seva demanda d'energia i recursos. Les possibles desviacions en aquests aspectes poden oferir la resposta a la diferència entre la demanda teòrica i el consum real enregistrat.

Finalment la valoració del consum de recursos no ha de deixar de banda la valoració del confort dels usuaris de l'edifici, ja que es tracta de conèixer si l'edifici és eficaç atenent les necessitats energètiques però, i el que és més important, també si és eficient amb la relació als recursos que consumeix per assolir-les.

Amb els índex o valors significatius hem aconseguit transformar les dades obtingudes, en diferents unitats i amb diverses eines, en valors unificats i comparables amb els d'altres edificis en les

mateixes condicions. Atès a que existeixen molts tipus d'índexs que tracten de caracteritzar energèticament els edificis, hem escollit aquells que hem considerat més adients segons els objectius de l'anàlisi que volíem realitzar i que, en el nostre cas, han estat els índexs relacionats amb el grau d'aïllament de l'envolupant, l'eficiència en el consum de recursos i els que analitzen el rendiment dels sistemes i aparells.

### 5.2. Tècniques d'avaluació in-situ

#### 5.2.1. Termografies

<b>Títol PFG:</b>	<b>CARACTERITZACIÓ DE L'ENVOLVENT DE DOS CONJUNTS D'EDIFICIS, MITJANÇANT TÈCNiques TERMOGRÀFIQUES</b>	
<b>Autora PFG col·laborador:</b>	Patricia Sánchez Manchon	
<b>Tutors PFG:</b>	Montserrat Bosch	Francesc Jordana

\* Apartat format en col·laboració entre Projectes Finals de Grau.

#### ANÀLISI TERMOGRÀFIC ESCOLA ISABEL DE VILLENA:

La inspecció d'aquest Centre educatiu, s'ha dut a terme seguint les directrius de la normativa UNE- EN 13187:1999, la qual ens facilita els procediments a seguir per analitzar termogràficament un edifici.

El mètode d'anàlisi exposat en aquesta norma, està dirigit a treballs realitzats a l'aire lliure, per aquest motiu cal remarcar que l'estudi de les zones interiors de l'escola, s'ha realitzat fent una adaptació d'aquesta norma.

#### Introducció

Mitjançant la tècnica de la termografia es poden realitzar dos tipus de mesures diferents:

**Mesures quantitatives:** S'utilitza quan el procés implica un canvi en les variables de temperatura i emissivitat. Aquestes mesures es divideixen en dues subcategories:

- Mesures directes: La temperatura en cada zona es mesura amb termoparells o termòmetres de contacte. Mitjançant la termografia es determinen els punts a mesurar i, una vegada mesurada la temperatura superficial, s'estudien les diferències d'emissivitat.
- Mesures relatives: S'utilitza una emissivitat de referència coneguda de l'objecte, i a partir d'aquesta referència, es calcula la temperatura de la superfície. Una vegada tinguem la temperatura, es mesura l'emissivitat sobre l'objecte.

**Mesures qualitatives:** S'utilitzen quan canvia una variable del procés, i sabem que tots els factors erroris no alteren la superfície a mesurar. Per exemple, si l'emissivitat és constant ja que es tracta del mateix material o molt semblant entre materials, ens permet interpretar canvis de temperatura fàcilment.

Durant l'anàlisi termogràfic d'aquest edifici, es treballaran sobre mesures quantitatives directes, ja que el paràmetre que es coneixerà serà la temperatura del material i no la emissivitat. Aquesta temperatura es mesurarà a partir d'un termòmetre de contacte de la superfície.

#### Treballs previs

Prèviament a la inspecció termogràfica, s'han de tenir presents diferents factors que comportaran una presa correcta de les imatges termogràfiques. Aquests factors són:

- Coneixement de l'equip a utilitzar (capacitat de l'equip, resolució, etc.), i necessitat d'equips complementaris durant la inspecció.
- Característiques dels materials a analitzar (radiació de la superfície, etc.)
- Presència de fonts de radiació que provoquin irradiació sobre l'objecte a mesurar.
- Obtenció de plànols i informació sobre l'edifici.
- Factors ambientals i climàtics 24 hores abans de la inspecció, i durant la inspecció.
- Distància càmera- objecte.
- Angles d'incidència entre la càmera i l'objecte.
- Data i hora de la inspecció.
- Etc.

#### Equips utilitzats

Per realitzar l'estudi termogràfic de l'edifici escolar Isabel de Villena, s'han utilitzat els següents equips:

- Càmera termogràfica: S'ha utilitzat la càmera termogràfica NEC TH9100, la qual es compon per un sensor de radiació infraroja, que detecta temperatures, i genera una imatge tèrmica.
- Psicòmetre digital: Aparell que mesura la temperatura ambiental i de contacte, la humitat relativa.



Fig.5.1: Càmera termogràfica NEC THp100

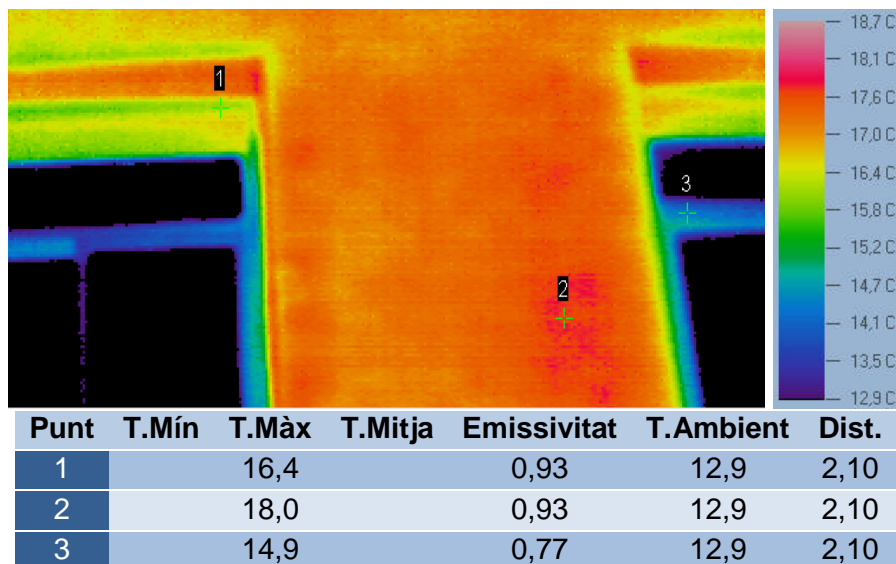
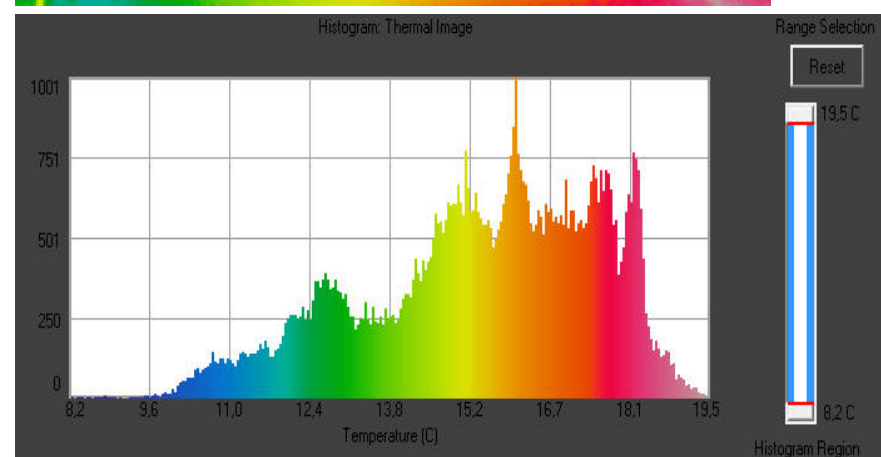
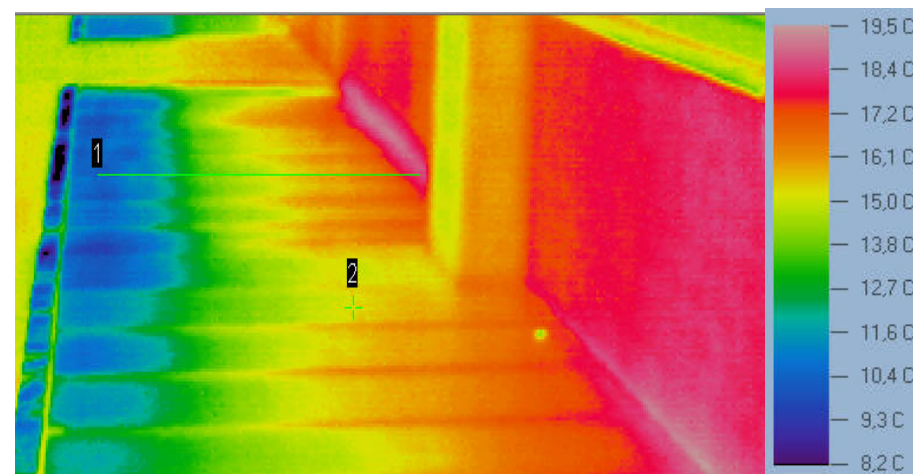
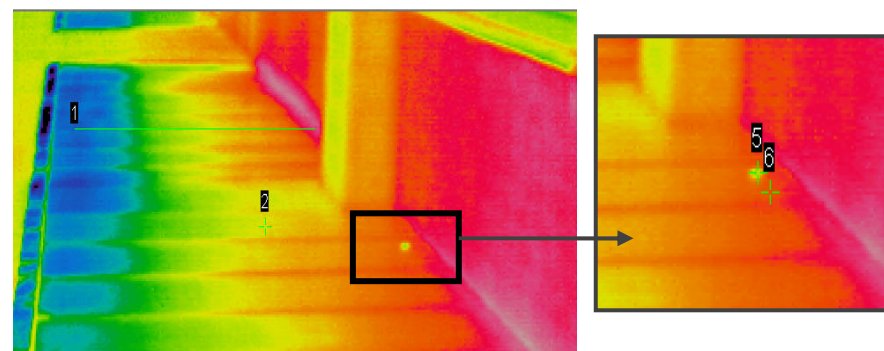
**Tractament de dades**

Fig.5.2: Termograma façana Sud / Quadre dades significatives  
Font: programa Image Processor Pro II



Línea Punt	T. Mín	T. Màx	T. Mitja	Emissivitat	T. Ambient	Dis-tància	Long línea
1	9,8	19,2	14,7	0,84	12,9	1,00	137
2		15,6		0,84	12,9	1,00	

Fig.5.3: Termograma terrat pati infantil, façana Sud / Quadre dades significatives / Histograma de temperatura  
Font: programa Image Processor Pro II



Punt	T.Mín	T.Màx.	T.Mitja	Emissivitat	T.Ambient	Dist.
5		15,1		0,84	12,9	1,00
6		18		0,84	12,9	1,00

Fig.5.4: Imatge real zona / Termograma ampliat (Fig. 5.3) / Quadre dades significatives Font: programa Image Processor Pro II

Un cop obtinguts els termogrames de l'edifici, s'ha realitzat un anàlisi amb el **programa Image Processor Pro II i Report Generator Lite**, que es tracten dels softwares que acompanyen a la càmera termogràfica i els resultats obtinguts són:

**Façana Sud:**

En aquest termograma de part de la façana Sud (Fig. 5.2), es poden observar les diferències de temperatura entre la llinda i la caixa de persiana, el que suposa un pont tèrmic a tenir en compte. La fusteria es troba a temperatura més baixa, el que suposa que no es produeixen pèrdues energètiques, ja que es tracta d'una fusteria amb trencament de pont tèrmic.

Si observem tota la façana en general, es troba a una temperatura més elevada, a causa d'un inexistent aïllament tèrmic en tot l'edifici, a més, si ens fixem el punt 2 del termograma, es pot veure que hi ha una zona amb més temperatura que la resta de la façana (18°C), no podem deduir que es tracti de falta d'aïllament en aquesta zona, ja que la façana està composta per una capa de morter monocapa, una capa de maó ceràmic buit, capa de morter de ciment o cal, cambra d'aire, fàbrica de maó ceràmic buit i enguixat de guix, i per tant no està aïllada. Per tant, existeixen fugues de calor per aquest punt, degut a la deficiència de materials en aquesta zona (capes que conformen la façana).

**Terra del pati (FAÇANA SUD):**

En aquesta imatge (Fig. 5.3), es mostra el pont tèrmic que provoca la part del lluernari, que conforma el sostre de la planta soterrani. En aquest histograma es pot observar com evoluciona la temperatura al llarg del sostre, i es poden observar les pèrdues d'energia entre paret de façana i terra, on la junta no està ben segellada. La façana es troba a una temperatura elevada en algunes zones (color vermell) i (color taronja), que fan referència a la posició dels radiadors, els quals acumulen calor en aquesta zona inferior i aquesta s'escapa pel parament exterior.

La zona esquerra del sostre, on es poden observar temperatures mínimes (colors blaus), fa referència al reflex de la radiació del Sol, que comporta mesures confoses. A continuació es mostra una imatge visual on es pot observar aquest reflex solar

**Problema important detectat:**

Observem una diferència de temperatura important en un punt del sostre, ja que si visualitzem bé la zona d'estudi (Fig. 5.4), existeix un forat del material per on està entrant aire exterior fred a l'interior de l'edifici amb el seu perjudici.

**Cantonada Façana Nord- Oest, amb façana Sud:**

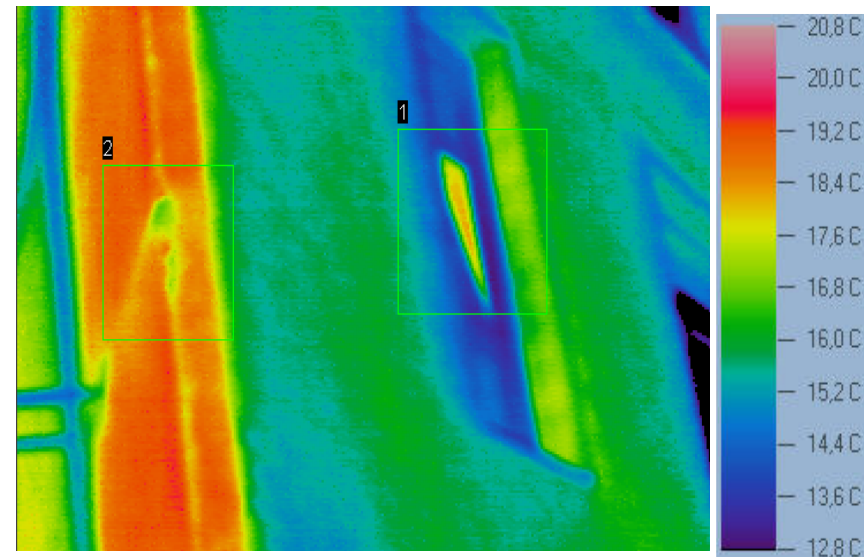
L'àrea analitzada en el rectangle 1 (Fig.5.5/5.6), correspon a una finestra oberta, amb lo que es pot observar les pèrdues energètiques que es produeixen de l'interior a l'exterior.

A l'àrea analitzada del rectangle 2 (Fig.5.5/5.7), es pot observar un punt on la temperatura és mínima de 15,9 °C exactament, mentre que la resta de la paret es troba a 18,5 °C aproximadament. Aquest resultat, és degut a la presència d'humitat en aquest buit, o causat per l'aire durant la presa del termograma. La zona de l'esquerra que es troba a 15°C de temperatura aproximadament, fa referència a la ombra del baixant.

**Façana Sud:**

Observem la junta de dilatació de la façana Sud, on es pot observar que al no estar ben segellada, l'aire exterior penetra per la façana, provocant humitat (Fig.5.8). També és probable que es mostri menys temperatura, degut a l'acció del vent. Aquest punt és una via d'entrada de la temperatura exterior a l'interior de l'edifici, el que comporta una demanda més gran d'energia, en el moment de calefatar l'interior de l'Escola.

Com es pot observar a la resta de la junta (Fig.5.9), la qual es troba en general ben segellada, però si que és una entrada d'aire fred a l'interior de l'edifici, i per tant un pont tèrmic a tractar.



Àrea	T. Mín.	T. Màx.	T. Mitja	Emissi-vitat	T. Ambient	Àrea (m2)	Watts
1	12,9	18,6	15,6	0,93	13,3	0,24	4,09
2	15,9	19,8	18,5	0,93	13,3	0,20	8,41

Fig.5.5: Termograma façana NE - S / Quadre dades significatives  
Font: programa Image Processor Pro II

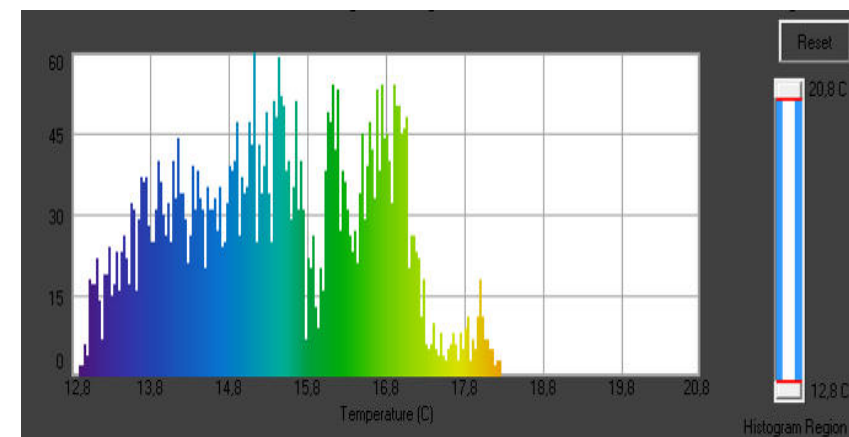


Fig.5.6: Histograma de temperatura RECTANGLE 1  
Font: programa Image Processor Pro II

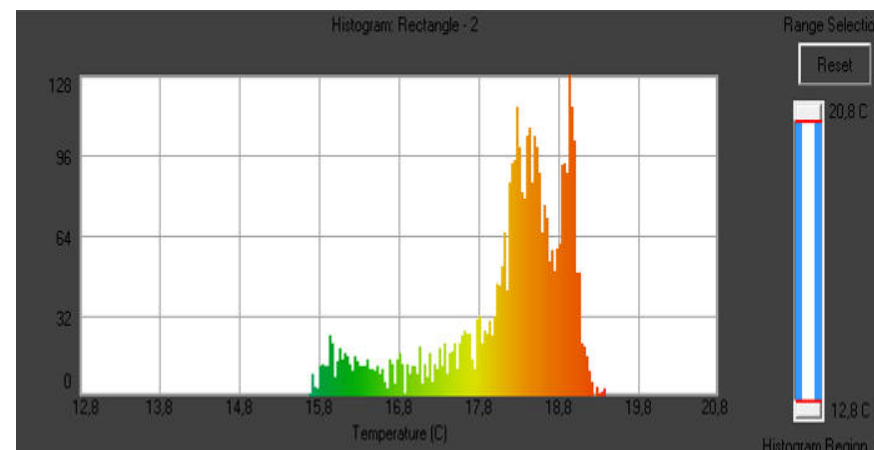
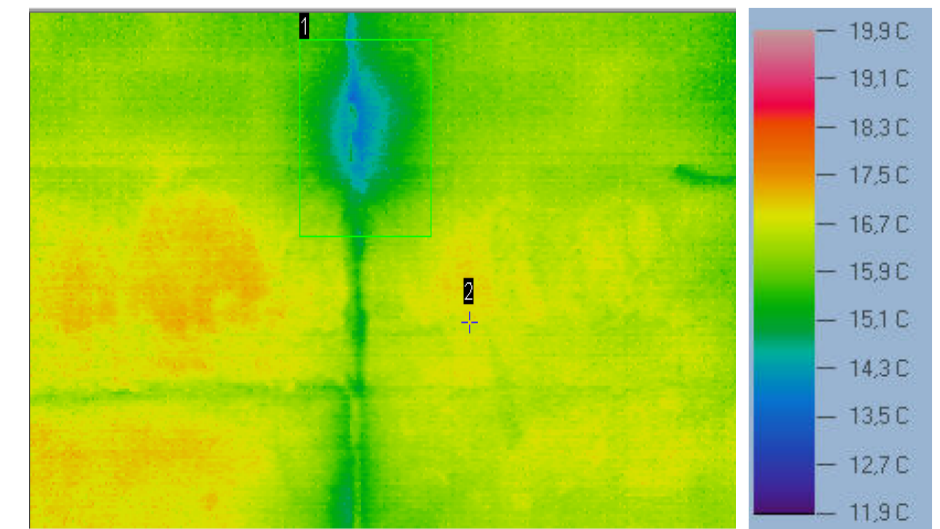
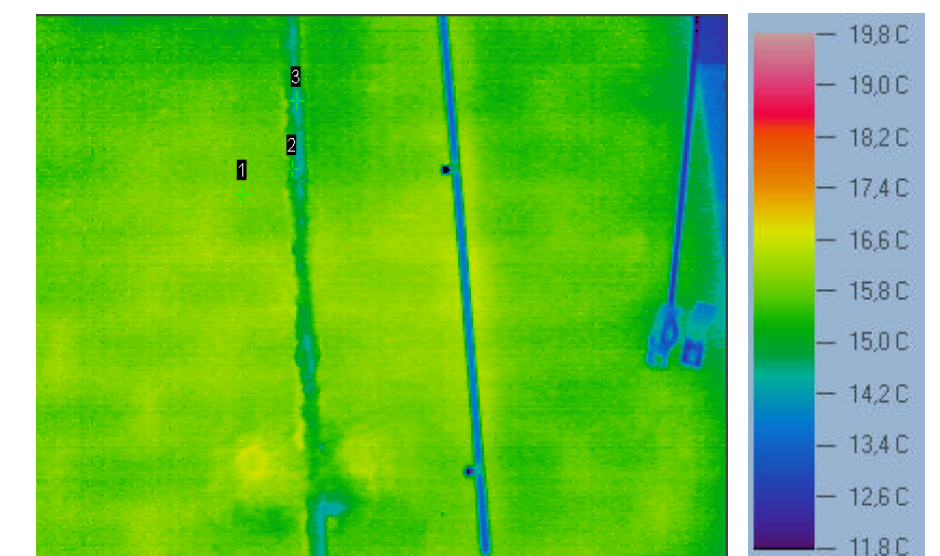


Fig.5.7: Histograma de temperatura RECTANGLE 2  
Font: programa Image Processor Pro II



Àrea Punt	T. Mín.	T. Màx.	T. Mitja	Emissi -vitat	T. Ambie	Àrea (m2)	Watt s
1	13,5	16,8	15,4	0,93	13,3	0,01	0,23
2		17,2		0,93	13,3		

Fig.5.8: Termograma junta dilatació façana Sud / Quadre dades significatives  
Font: programa Image Processor Pro II



Punt	T. Mín.	T. Màx.	T. Mitja	Emissi-vitat	T. Ambient
1		15,9		0,93	13,3
2		14,9		0,93	13,3
3		4,6		0,93	13,3

Fig.5.9: Imatge real zona / Termograma junta dilatació façana Sud / Quadre dades significatives  
Font: programa Image Processor Pro II

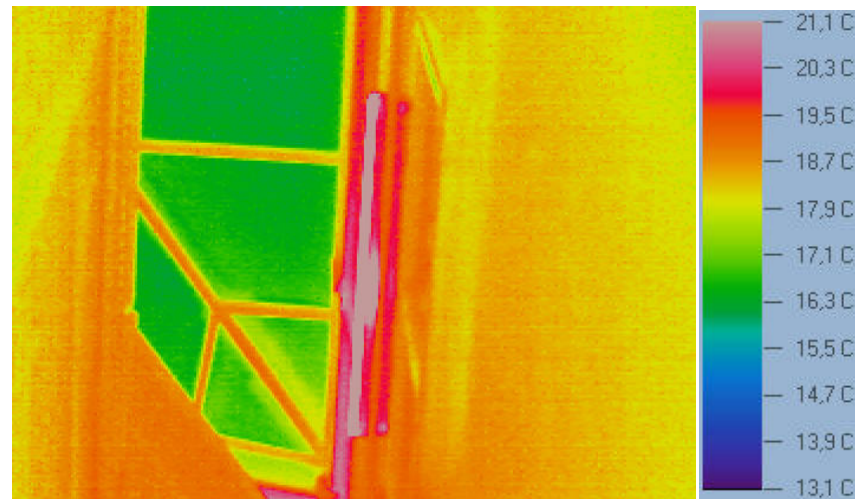


Fig.5.10: Termograma zona vestíbul interior  
Font: programa Image Processor Pro II

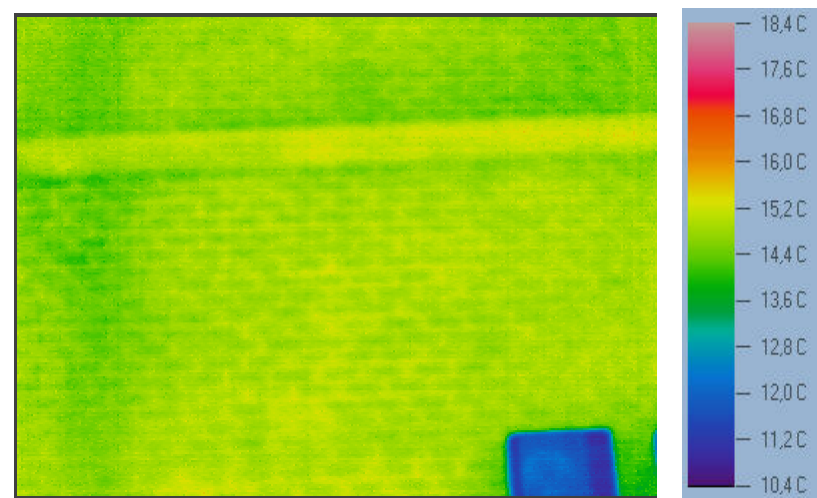
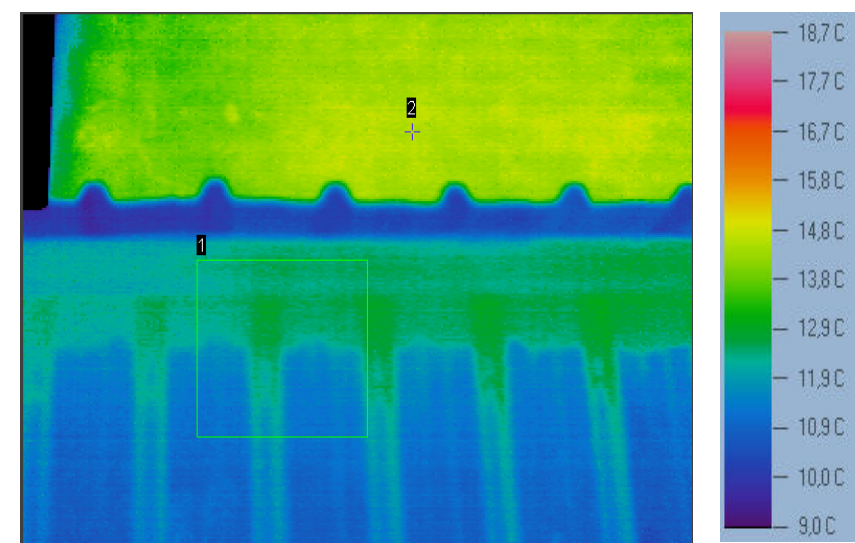


Fig.5.11: Termograma façana Nord-est  
Font: programa Image Processor Pro II



Àrea Punt	T. Mín.	T. Màx.	T. Mitja	Emissi-vitat	T. Ambient	Àrea (m2)	Watts
1	9,2	15,5	12,6	0,28	13,3	0,46	2,11
2		15,3		0,93	13,3		

Fig.5.12: Termograma Aula Música / Quadre dades significatives  
Font: programa Image Processor Pro II

#### Interior edifici, lluernari:

Aquest termograma està pres des de l'interior de l'edifici (Fig. 5.10). Es pretenia poder analitzar la claraboia que conforma una part del sostre de l'edifici, per veure si aquest canvi de material produeix pèrdues energètiques. En la imatge termogràfica es pot observar que la zona de vidre de la claraboia es troba a una temperatura de 16,3°C, a diferència de les parets que es troben a una temperatura més elevada, i per tant, s'arriba a la conclusió de que es necessitarà més quantitat d'energia per escalfar l'edifici, ja que tenim aquest zona enviadriada que s'equilibra amb la temperatura exterior.

La zona de color vermell fa referència a un fluorescent encès, on es pot observar que és la part amb més elevada temperatura del termograma.

#### Façana Nord-est:

Aquesta imatge termogràfica (Fig.5.11), ens revela el sistema constructiu de la façana, ja que es poden observar els maons que formen la paret, els quals es troben sota una capa de morter monocapa, i que a simple vista no es poden veure; també es pot observar el cantell del sostre. En referència a les temperatures, es pot observar que les juntes de morter entre maons i el cantell de sostre es troben a una temperatura més elevada que els maons, amb lo que es produeixen pèrdues energètiques per les juntes i el cantell. Aquesta situació és deguda a l'absència d'aïllament tèrmic vers tot l'edifici.

A la imatge termogràfica (Fig.5.11), també es pot observar que la màquina condensadora d'aire condicionat està en una temperatura més baixa, ja que actua com a evaporador al hivern, degut a que l'aparell està funcionant com a bomba de calor, i la màquina que es troba a l'exterior està freda.

En aquesta imatge termogràfica (Fig.5.12), es pot observar dos tipus de materials diferents. Un material que es tracta de morter de ciment que conforma la capa exterior de la façana principal de l'edifici, i un material de xapa, que conforma l'envolvent de l'aula de música.

Es poden observar clarament diferents temperatures, ja que la xapa es troba a 9,2 °C de temperatura mínima, mentre que la paret de façana de maó i morter es troba a 15,3 °C.

En aquesta zona del termograma, es poden detectar dos colors diferents (verd i groc), que fan referència a les juntes entre maons per on es produeixen petites pèrdues energètiques, i per aquest motiu es troba a més temperatura (color groc).

El revestiment d'una fulla de xapa, comporta un inconvenient considerable per poder escalfar aquesta zona de l'Escola al hivern.

Si observem detingudament la junta entre el parament vertical de xapa, i el sostre vertical de xapa, observem que tenim una temperatura de 15,3 °C, mentre que la resta de parament es troba a temperatura inferior. Amb això es dedueix, que s'estan produint pèrdues d'energia per aquesta zona. La temperatura interior d'aquesta estància, no és elevada, ja que ha estat calefactada només al matí, i com la xapa no ens aïlla de l'exterior i existeix aquesta entrada de fred a l'edifici, s'està arribant a un equilibri de temperatura entre interior i exterior.

En la imatge exposada (Fig.5.13), es pot observar que el punt 1 es troba a una temperatura molt elevada, exactament 18,7°C. Es tracta d'una finestra oberta per on s'està escapant energia de l'interior. Aquesta aula ha estat calefactada tot el dia, i utilitzada pels usuaris de l'escola, per aquest motiu la temperatura interior és més elevada. També podem observar el reflex dels arbres en els vidres, i que ens generen mesures confoses, i que per tant, no podem analitzar.

L'àrea del rectangle 2, fa referència a la llinda i caixa de persiana de la finestra, la qual es troba a una temperatura màxima de 15,8 °C i per on s'estan produint pèrdues energètiques. També podem observar la zona per sota de la finestra, la qual es troba a una temperatura més elevada que la resta de la façana, el que ens està indicant la posició dels radiadors. Observem també, el cantell del sostre i les juntes entre maons les quals es troben a més temperatura que els maons.



**Façana Nord-oest:**

En aquesta imatge (Fig.5.14) es poden observar els maons que componen la paret, els quals no es poden veure a simple vista, ja que hi ha una capa de morter monocapa en la part exterior.

Es dedueix que es tracta d'una finestra, la qual s'ha tapiat, ja que a la zona inferior existeix un escopidor, i on les juntes entre maons es troben a una temperatura més elevada, i per on es produeixen més pèrdues energètiques.

La zona que es troba a temperatura més baixa, fa referència a les peces ceràmiques (escopidors).

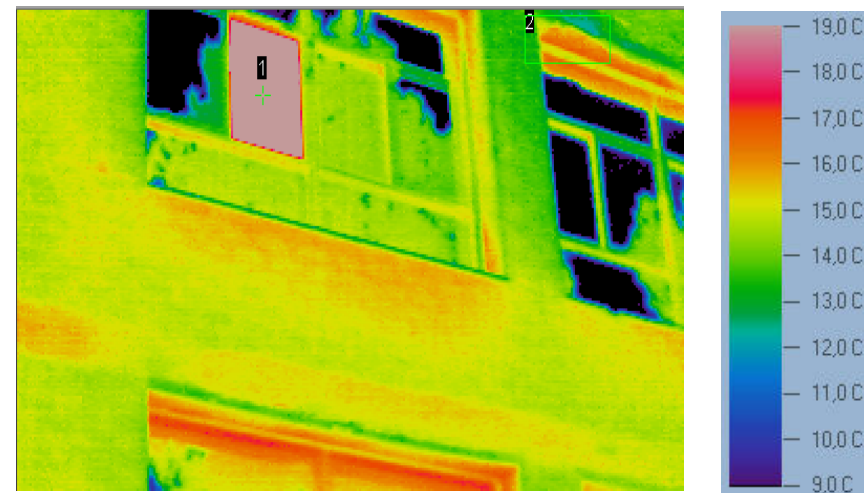
Aquesta imatge termogràfica (Fig.5.15), ens mostra la situació dels radiadors (en la part inferior de les finestres, i cara interior de la façana) que es troben en funcionament, i es produeixen pèrdues energètiques a través del mur exterior.

També es pot observar clarament com els perfils de la fusteria estan més freds, ja que es tracta de fusteria metàl·lica amb trencament de pont tèrmic.

En aquesta imatge (Fig.5.16) es pot observar que hi ha zones del parament exterior que es troben a més temperatura que altres. En aquest termograma, la zona marcada en l'àrea 1, es troba a una temperatura de 17,3°C, això és degut a que el parament pertany a la façana oest i les termografies van ser preses al vespre, el qual denota que el tancament encara estava radiant l'energia absorbida durant la tarda.

En aquest imatge (Fig.5.18), es poden observar clarament el recorregut dels sostres que conformen l'estructura de l'edifici. També es pot observar que la xemeneia de xapa es troba a temperatura més baixa, i genera una ombra al parament vertical, que comporta que aquesta zona ombrejada es trobi a menys temperatura.

Paral·lelament, el parament vertical es troba a temperatura de 16,4 °C, per on es produeixen pèrdues energètiques per absència d'aïllament tèrmic. En la zona de l'àrea 1 existeix una temperatura més elevada de 17,3 °C, que destaca sobre la temperatura mitja de la paret.



Àrea Punt	T.Mín.	T.Màx.	T.Mitja	Emissi-vitat	T. Ambient	Àrea (m2)	Watts
1		18,7		0,92	12,8		
2	11,6	15,8	13,9	0,93	12,8	0,09	0,76

Fig.5.13: Termograma Façana Nord-est / Quadre dades significatives  
Font: programa Image Processor Pro II

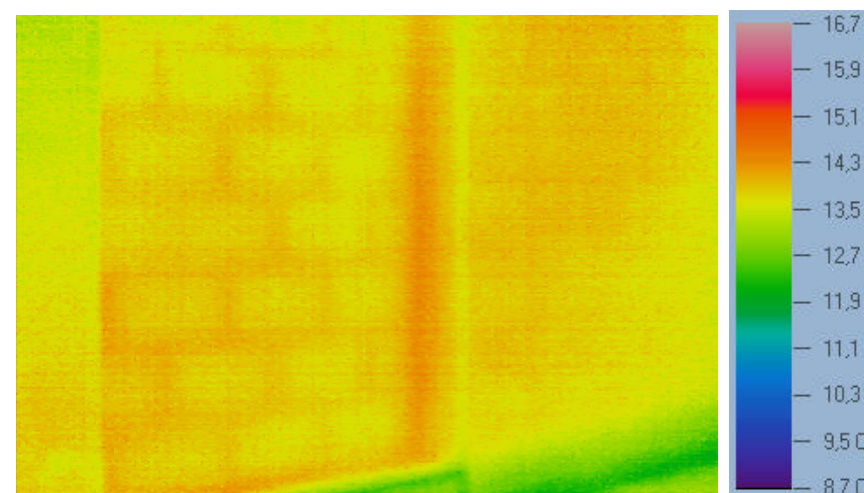
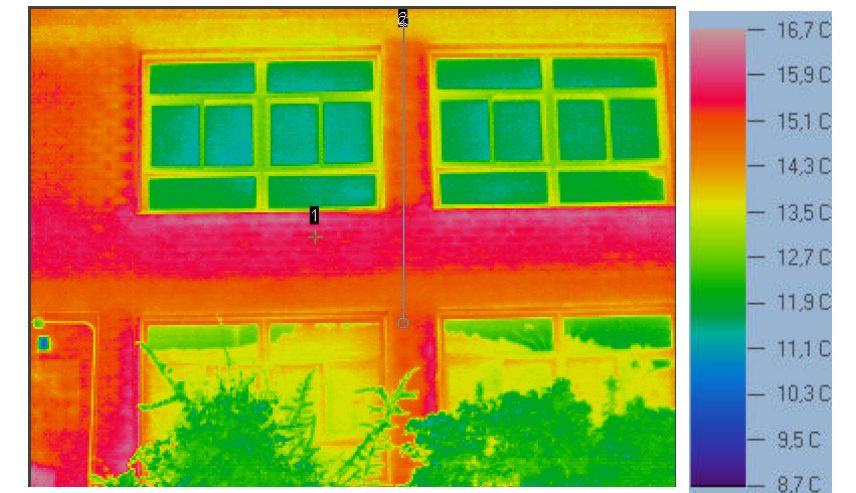
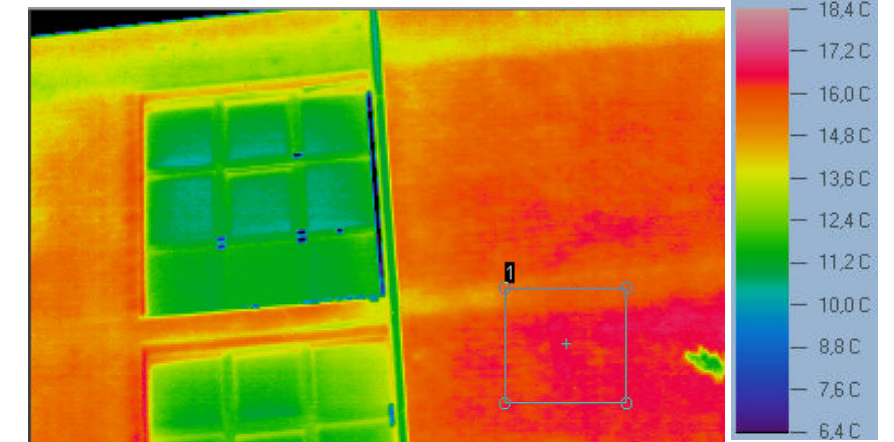


Fig.5.14: Termograma Façana Nord-oest  
Font: programa Image Processor Pro II



Línea Punt	T. Mín.	T. Màx.	T. Mitja	Emissi-vitat	T. Ambient	Dist-ància	Long línea
1		16,4		0,93	12,8		
2	13,3	16,2	15,1	0,93	12,8		1,77

Fig.5.15: Termograma Façana Nord-oest / Quadre dades significatives  
Font: programa Image Processor Pro II



Àrea	T. Mín.	T. Màx.	T. Mitja	Emissi-vitat	T. Ambient	Àrea (m2)	Watts
1	15,2	17,3	16,5	0,93	12,8	0,38	10,85

Fig.5.16: Termograma Façana Nord-oest / Quadre dades significatives  
Font: programa Image Processor Pro II

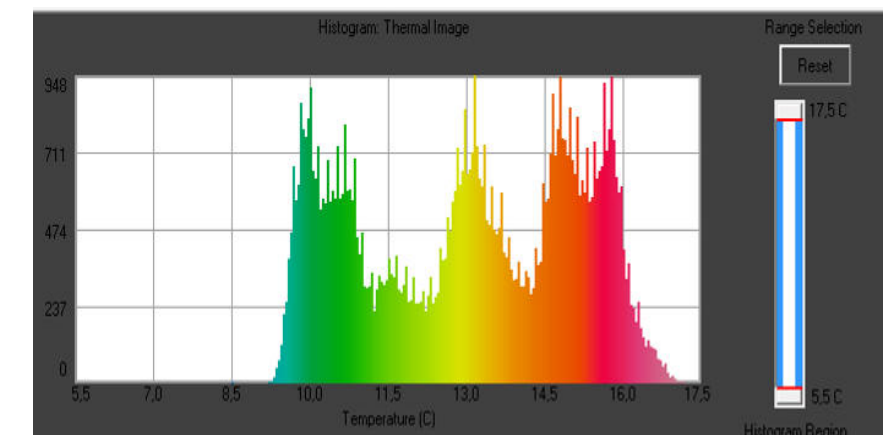
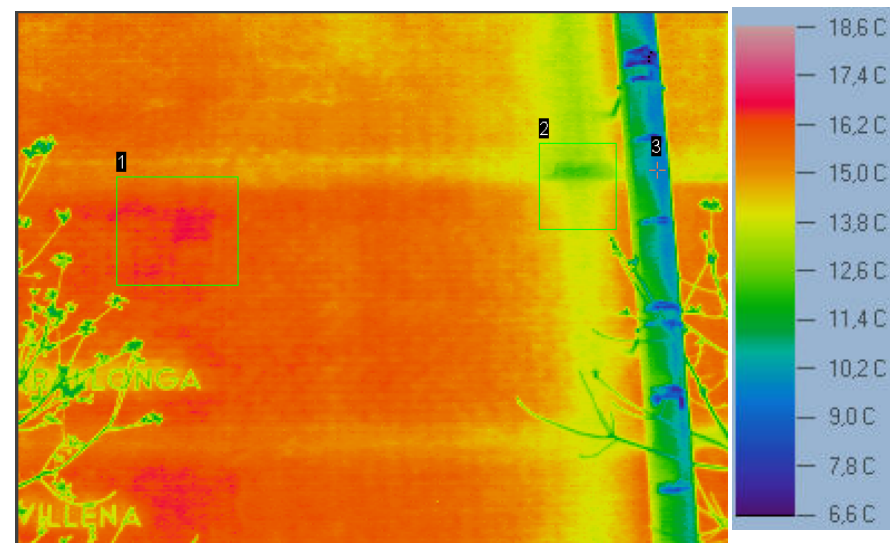


Fig.5.17: Histograma de temperatura Rectangle 1  
Font: programa Image Processor Pro II



Àrea Punt	T. Mín.	T. Màx.	T. Mitja	Emissivitat	T. Ambient	Àrea (m2)	Watts
1	15,1	17,3	16,4	0,93	12,8	0,37	10,28
2	12,1	15,3	13,8	0,93	12,8	0,19	1,29
3		8,6		0,56	12,8		

Fig.5.18: Termograma Façana Nord-oest / Quadre dades significatives  
Font: programa Image Processor Pro II

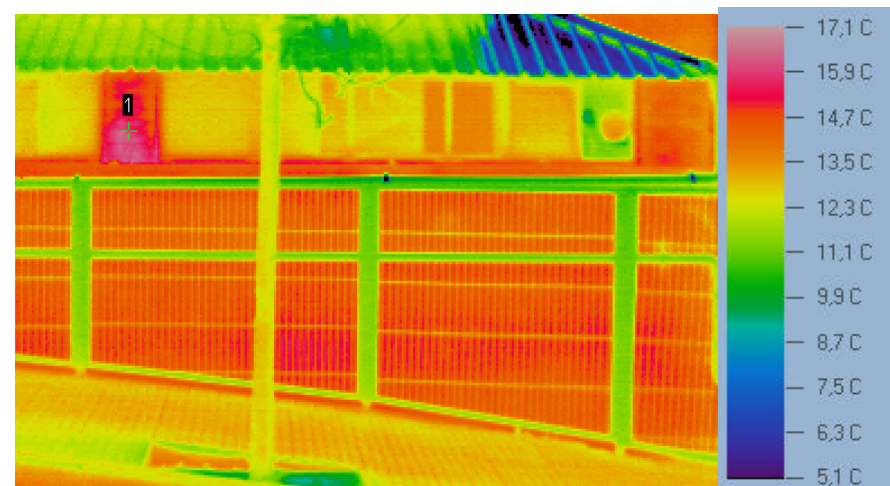


Fig.5.19: Termograma Façana Nord-oest / Quadre dades significatives  
Font: programa Image Processor Pro II

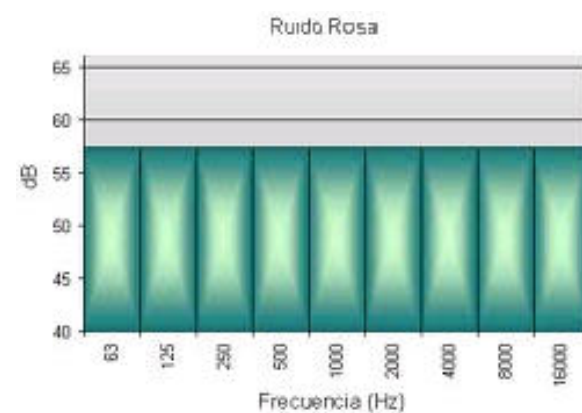


Fig.5.20: Espectre soroll Rosat  
Font: Cesva instruments

Si ens fixem atentament en la imatge, aquesta zona amb més temperatura es troba sota el sostre, i si ens fixem en el sostre inferior, també existeix aquesta àrea amb més temperatura. Es dedueix que es tracta d'un pont tèrmic en la trobada del sostre. En cas de que les aules tinguessin cel ras, podríem deduir que es tracta d'algun tipus d'instal·lació que discorre per sota el sostre i que estaria facilitant la pèrdua d'energia, però en aquest cas l'escola no disposa de cel ras a les aules i per això ens centrem en el pont tèrmic que crea la trobada del sostre amb el mur de tancament ja observat en altres termografies.

La imatge termogràfica exposada (Fig.5.19), fa referència a la zona de maquinària de l'escola. Si observem la part inferior es troba a temperatura elevada, degut a l'acumulació de calor que desprèn la maquinària i que es dissipa cap a l'exterior a través del mur de façana, el qual no està aïllat. La zona amb més temperatura (color vermell inferior), fa referència a la ubicació exacta de les màquines. El punt 1 que s'ha marcat, el qual té la temperatura màxima del termograma (16°C), fa referència a una finestra oberta per on està sortint l'energia interior. Si ens fixem la coberta, es tracta de xapa grecada, la qual té una temperatura inferior.

### 5.2.2. Mesuraments de l'Acústica

Departament col·laborador:	Física Aplicada EPSEB *
Supervisió mesurament i càlculs:	Angelina Peñaranda

\* Cessió d'aparells i col·laboració material.

A continuació detallem el procés realitzat en els mesuraments in-situ per la comprovació i càlcul posterior, referent al temps de reverberació i l'aïllament acústic, realitzats en els espais més destacats de l'edifici.

El procediment de mesuraments del temps de reverberació de recintes que s'han realitzat, es regeix per la norma UNE-EN ISO 3382:2001 d'Acústica.

El procediment de mesurament de l'aïllament front el soroll aeri entre locals (ISO 140-4:1998) es regeix per la Norma UNE-EN ISO 140-4:1999 de Mesurament de l'aïllament acústic en els edificis i dels elements de construcció, Part 4: Mesurament "in situ" de l'aïllament al soroll aeri entre locals. El valor global d'aïllament s'obté aplicant els càlculs descrits a la norma UNE-EN ISO 717-1.

Els mètodes d'anàlisi exposats en aquestes normes, s'han adaptat per realitzar els mesuraments en espais interns.

### Introducció

Per tal de comprendre el procés detallat a continuació cal que exposem un parell de termes a mode d'explicació:

**Temps de reverberació (Tr):** És el temps que triga un senyal, des de que aquesta deixa de sonar, en atenuar un nivell de 60 dB. Per realitzar la mesura es genera un soroll i es mesura a partir de que la font deixa d'emetre, llavors es determina el temps que triga a atenuar 60 dB. El Temps de Reverberació es mesura de forma freqüencial, és a dir, un local no té el mateix Tr en 200 Hz que en 4 kHz.

Això és perquè el Tr ve determinat pel Volum de la sala, i pels coeficients d'absorció de les seves superfícies, o si es prefereix per les superfícies amb un coeficient d'absorció determinat. Com els coeficients d'absorció dels diferents materials que componen qualsevol local no són iguals per a totes les freqüències, les reflexions generades a l'interior del local seran diferents per a cada freqüència i per tant el Tr del local és diferent segons cadascuna de les freqüències.

Per calcular el Tr d'un local sense realitzar mesuraments es pot utilitzar la **fórmula de Sabine**:

$$RT60 = 0,163 * (V / A)$$

V = Volum de la sala en m3

A = Superfície d'absorció en m2

Com a norma com més gran sigui el local més gran és el Tr. Si els materials que el componen internament són poc absorbents el Tr també augmentarà. El valor de Tr és molt important si es vol aconseguir bons nivells d'intel·ligibilitat dins dels locals.

**Soroll Rosa o Rosat:** El soroll rosa (Fig. 5.20), és un soroll amb un nivell sonor que està caracteritzat per una densitat espectral inversament proporcional a la freqüència. Quan el soroll rosa es visualitza en un analitzador amb filtres d'octava, el soroll es veu com si totes les bandes d'octava tinguessin el mateix nivell sonor.

Aquest s'utilitza per analitzar el comportament d'espais, equips de so etc. És una senyal coneguda, mateix nivell en totes les bandes (so "pla"), i si ho amplifiquem amb un altaveu dins d'una sala podem conèixer dades sobre el comportament acústic de l'altaveu, la sala etc. Normalment es genera entre 20 Hz i 20 kHz.

El seu so és molt semblant al que podem sentir quan es sintonitza entre dues emissores de FM. A l'espai es rep únicament el soroll, és com una gran bufada.

**Treballs previs**

Prèviament a la presa de mesures in-situ, s'han de tenir presents diferents factors que comportaran una presa correcta de les dades necessàries pels posteriors càlculs. Aquests factors són:

- Característiques de l'envolupant (materials a analitzar, ús dels espais, etc.)
- Obtenció de plànols i informació sobre l'edifici.
- Distància emissor- receptor.
- La presa de dades ha de tenir unes pautes homogènies d'actuació en la captació de mesures, obtenint així dades amb bona representació i qualitat.
- S'ha de seguir el protocol establert per tal d'estar segurs que no es rep contribució sonora en els mesuraments, degut a la reflexió d'ona que es genera en les diferents superfícies de mobiliari i/o paraments pròxims al receptor, les quals distorsionarien els resultats.
- Mesuraments realitzats en horari no lectiu, per tal de no interrompre el funcionament del centre i sobretot per no obtenir distorsions en el soroll de fons durant les mesures. Cal treballar amb la menor influència possible sobre el procés de les mesures realitzades.
- Etc.

**Equips utilitzats**

Per realitzar els mesuraments acústics de l'edifici escolar Isabel de Villena, s'han utilitzat els següents equips (Fig.5.21):

- Com a font emissora s'ha utilitzat un **ALTAVEU AMB AMPLIFICADOR** amb pressió sonora de 100 dB.
- S'ha utilitzat el sonòmetre **CESVA SC-310 Analitzador Acústic**. Pot funcionar com a sonòmetre o com analitzador d'espectre en temps real per bandes de terç d'octava i octava.
- Programa **Cesva Capture Studio Editor**, software que acompanya el sonòmetre.



Fig.5.21: **Altaveu amplificador / Sonòmetre**  
Font: **Cesva instruments**

**Tractament de dades**

Les dades obtingudes són de dos tipus, els mesuraments del **temps de reverberació** dins de cadascun dels espais i d'altra els **d'aïllament de paraments separadors entre locals**. A continuació es descriuen ambdós casos:

**Dades general i procediment TEMPS REVERBERACIÓ:**

Per tal de desenvolupar els mesuraments es necessita la reproducció del "Soroll rosa". Gravació amb soroll ROSA NORMALITZAT. Els mesuraments es realitzen per freqüències en 1/3 de vuitena. El mètode escollit és el següent:

- **Mètode de interrupció sobtada de la font emissora:** Es manté el soroll emes per la font de soroll fins que el camp sonor es mantingui uniforme. La interrupció sobtada de la font ens permetrà obtenir la caiguda de nivell i el efecte de la reverberació.
- Es mesuren diferents punts del mateix espai, per tal de poder establir el promig i extreure així el TEMPS DE REVERBERACIÓ. La funció temps es realitzarà en T:20 dB i T:30 dB; al saber la magnitud de la pendent en la funció temps podem establir la necessària per normativa de 60dB (multiplicant aquests valors per x2 o x3 respectivament)
- **PAS 1º:** S'estableix la magnitud del soroll de fons, el qual es fixa al sonòmetre.
- **PAS 2º:** Encenem la font emissora fins que el receptor (sonòmetre) estabilitzi la magnitud rebuda.
- **PAS 3º:** Es deté sobtadament la font emissora i s'executa el mesurament de la reverberació en el punt receptor.

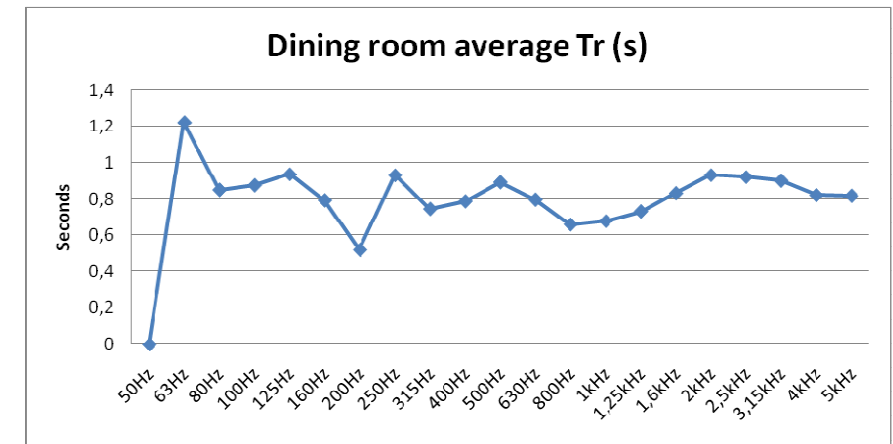


Fig.5.22: **Càlcul temps de reverberació MENJADOR**  
Font: **Elaboració Pròpia – Annex C mesuraments d'Acústica**

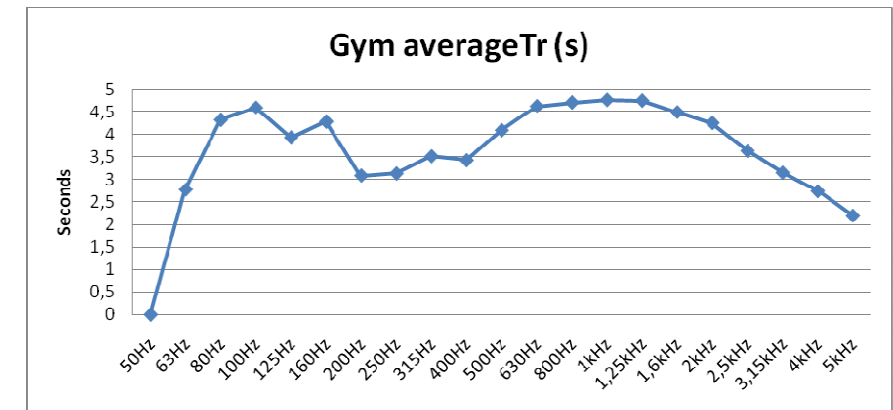


Fig.5.23: **Càlcul temps de reverberació GIMNÀS**  
Font: **Elaboració Pròpia – Annex C mesuraments d'Acústica**

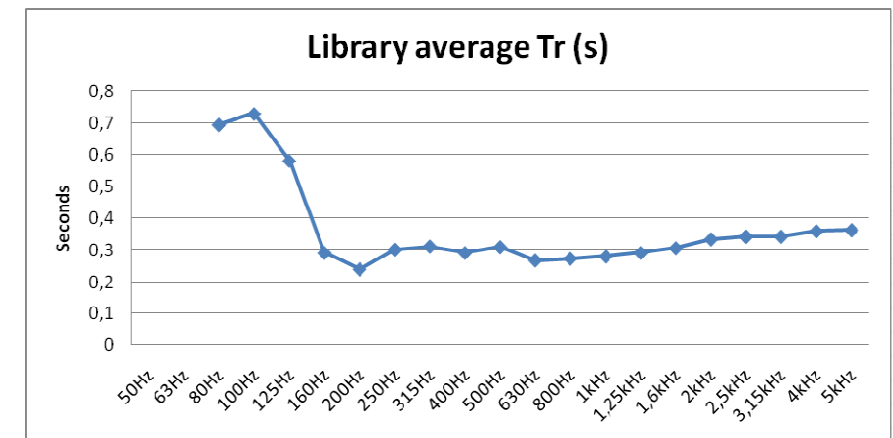


Fig.5.24: **Càlcul temps de reverberació BIBLIOTECA**  
Font: **Elaboració Pròpia – Annex C mesuraments d'Acústica**

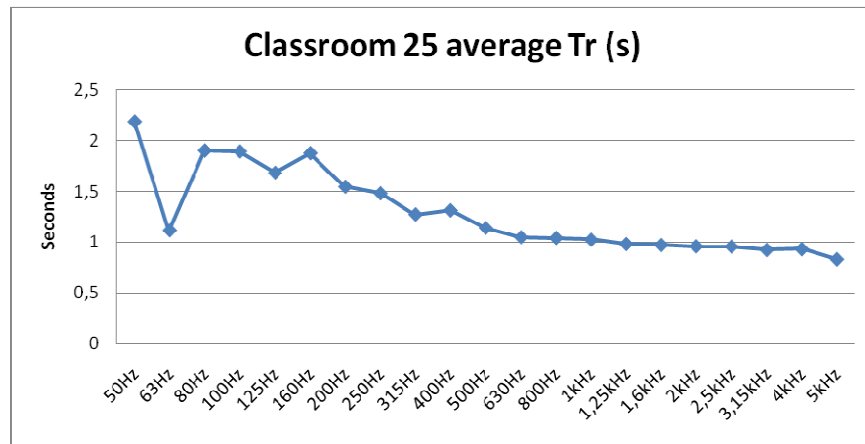


Fig.5.25: Càlcul temps de reverberació AULA A25  
Font: Elaboració Pròpia – Annex C mesuraments d'Acústica

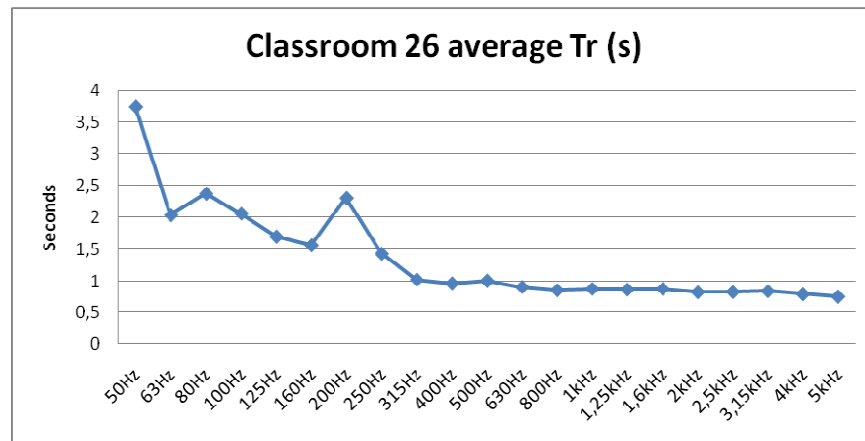


Fig.5.26: Càlcul temps de reverberació AULA A26  
Font: Elaboració Pròpia – Annex C mesuraments d'Acústica

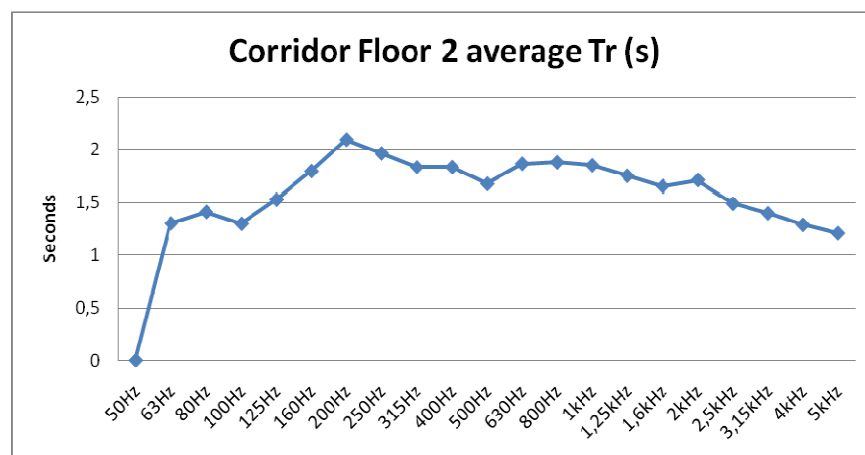


Fig.5.27: Càlcul temps de reverberació Passadís Pta. Segona  
Font: Elaboració Pròpia – Annex C mesuraments d'Acústica

Es repeteix els apartats anteriors en diferents punts receptors, seguint unes pautes en l'espai per tenir homogeneïtat en les mesures, tot seguint el protocol per realitzar els mesuraments tenint en compte les pautes anteriorment citades.

La situació de la font emissora i per cada posició d'aquesta, el nombre de punts receptors i el seus emplaçaments, dependran de les característiques del local.

Del anterior procediment es generaran els mesuraments i el posterior càlcul del Tr (temps de reverberació) mitjana per freqüència, mitjançant les dades obtingudes en els mesuraments i exportats del software que acompanya al sonòmetre. Dades amb les quals podem realitzar els gràfics que es mostren a continuació (Fig.5.22/5.27) i a més procedirem a calcular els **temps de reverberació mitjans de cada local (Tmig)** <sup>(1)</sup>, amb la formula següent:

$$\text{Tmig del local} = \frac{T500(\text{Hz}) + T1000(\text{Hz}) + T2000(\text{Hz})}{n}$$

(resultat en segons, mesuraments en 1/3 d'Octaves)

On :

$T_{xx}$  (Hz) = és el mesurament per cada freqüència

$n$  = nombre de mesuraments

Finalment aquest valor en *segons*, l'hem de comparar amb els resultats obtinguts a la simulació amb el programa CYPE per tal de contrastar-los amb els valors límits que exigeix la normativa CTE-HR per verificar si compleix. En cas contrari caldrà aplicar mesures correctores.

#### Presca de dades Tr

En el cas de l'Escola Isabel de Villena s'ha realitzat l'estudi dels usos més significatius del centre.

#### Menjador:

- EMISSOR 1: **Posició centrada (vestíbul escala B)**
- RECEPTOR: Arxius de registre 164 / 165 / 166 / 167 / 168 / 169 / 170\* / 171 / 172

(\*) En soroll de fons, s'ha encès el descalcificador de la cuina

- EMISSOR 2: **Posició centrada (zona bar - cuina)**
- RECEPTOR: Arxius de registre 173 / 174 / 175 / 176

Tr mitjana per freqüències (Fig.5.22)

$$\text{Tmig del menjador} = 0,825+0,690+0,894= \mathbf{0,8 s}$$

Temps de reverberació màxim permès CTE-HR = 0,90 s

#### Gimnàs:

- EMISSOR 3: **Posició centrada**
- RECEPTOR: Arxius de registre 177 / 178 / 179 / 180 / 181 / 182

Tr mitjana per freqüències (Fig.5.23)

$$\text{Tmig gimnàs} = 4,043+4,736+4,122 = \mathbf{4,3 s}$$

No s'exigeix cap limitació atenent al seu ús.

#### Biblioteca:

- EMISSOR 4: **Posició centrada**
- RECEPTOR: Arxius de registre 183 / 184 / 185 / 186 / 187 / 188

Tr mitjana per freqüències (Fig.5.24)

$$\text{Tmig Biblioteca} = 0,289+0,281+0,328 = \mathbf{0,3 s}$$

No s'exigeix cap limitació atenent al seu ús.

#### Aula A26:

- EMISSOR 5: **Posició centrada**
- RECEPTOR: Arxius de registre 189 / 190 / 191 / 192

Tr mitjana per freqüències (Fig.5.25)

$$\text{Tmig Aula A26} = 0,957+0,863+0,840 = \mathbf{0,9 s}$$

Temps de reverberació màxim permès CTE-HR = 0,7 s

#### Aula A25:

- EMISSOR 6: **Posició centrada**
- RECEPTOR: Arxius de registre 193 / 194 / 195 / 196

Tr mitjana per freqüències (Fig.5.26)

$$\text{Tmig Aula A25} = 1,171+1,019+0,965 = \mathbf{1,1 s}$$

Temps de reverberació màxim permès CTE-HR = 0,7 s

#### Passadís pta 2º hall:

- EMISSOR 8: **Posició centrada**
- RECEPTOR: Arxius de registre 218 / 219 / 220 / 221 / 222

Tr mitjana per freqüències (Fig.5.27)

$$\text{Tmig Passadís pta 2º hall} = 1,792+1,828+1,619 = \mathbf{1,8 s}$$

No s'exigeix cap limitació atenent al seu ús.

(1). ANNEX C – Mesuraments i càlculs d'acústica. Pàg. 3

**Dades general i procediment AÏLLAMENT:**

Per determinar l'aïllament d'un parament separador entre dos locals, es situa la font emissora de soroll en un d'ells, que actuarà com a local emissor; l'altre serà el local receptor. Es mesura el soroll de la font en el local emissor, en camp reverberat. En el local receptor i, mantenint-se la font en marxa, es mesura el soroll transmès al local receptor. Les mesures s'han de corregir amb el soroll de fons en el local receptor així com per l'efecte de la reverberació en aquest local. Les mesures tant dels nivells de soroll com dels temps de reverberació s'han efectuat en 1/3 d'octava.

**Presa de dades**

En el cas de l'Escola Isabel de Villena s'han pres dades als espais mes representatiu de l'edifici que són, les aules tipus per comprovar la seva envolupant; les divisòries entre aules, també entre l'aula i el passadís i per últim, amb el sostre inferior mesurant entre aules de plantes contigües.

**Emissor aula A25 / receptor aula A24/15:**

- EMISSOR 7 (A25): Posició centrada
- RECEPTOR (A25): Arxius de registre 197 / 198 / 199 / 200
- RECEPTOR (A24): Soroll de fons (emissor off)  
Arxius de registre 201 / 202 / 203
- RECEPTOR (A24): Soroll de emissor (emissor on)  
Arxius de registre 204 / 205 / 206

**Aïllament paret separació A25-A24**

Valoració d'acord a la Norma ISO 717-1  
DnT,w(C;Ctr) = **42 (-1 ; -3) dB < 50 db**

- RECEPTOR (A15): Soroll de emissor (emissor on)  
Arxius de registre 207/208/209/210

**Aïllament sostre separació A25-A15**

Valoració d'acord a la Norma ISO 717-1  
DnT,w(C;Ctr) = **44 (-1 ; -3) dB < 50 db**

**Emissor passadís 2ª / receptor aula A25:**

- RECEPTOR (A25): Arxius de registre 211 / 212 / 213 / 214
- RECEPTOR (PAS.2ª): Arxius de registre 215 / 216 / 217

**Aïllament paret separació Pass2ª-A24**

Valoració d'acord a la Norma ISO 717-1  
DnT,w(C;Ctr) = **26 (-1 ; -1) dB < 50 db**

**5.3. Tècniques d'avaluació informatitzades**

Al present estudi d'avaluació energètica cal que ens recolzem en les diferents eines informatitzades que avui dia podem trobar regulades per la normativa a aplicar en el nostre cas d'un centre escolar (sector terciari).

A continuació exposarem el programari emprat i la tasca que s'ha desenvolupat.

<b>Requeriment a estudi:</b>	<b>Limitació de la demanda energètica <sup>(2)</sup></b>
<b>Normativa referència:</b>	CTE – HE1 Estalvi d'energia
<b>Software utilitzat:</b>	LIDER versió 1.0 - Juliol 2009

LIDER és l'aplicació informàtica que permet complir amb la opció general de verificació de l'exigència de Limitació de Demanda Energètica establida en el *Documento Básico de la Habitabilidad y Energía del Código Técnico de la Edificación (CTE-HE1)*. En el nostre cas l'hem utilitzat per la verificació de l'estat actual de l'edifici, realitzar la descripció geomètrica, constructiva i operacional, així com per du a terme l'establiment de la demanda tèrmica de l'edifici.

<b>Requeriment a estudi:</b>	<b>Qualificació de l'eficiència energètica dels sistemes <sup>(3)</sup></b>
<b>Normativa referència:</b>	CTE – HE1 Estalvi d'energia
<b>Software utilitzat:</b>	CALENER VYP versió 1.0 Desembre de 2009

Amb el programa informàtic CALENER VYP se'ns permet determinar el nivell d'eficiència energètica corresponent a un edifici del sector residencial o petit/mitjà terciari. Mitjançant aquest, podem verificar els sistemes de climatització (calefacció, refrigeració, ACS) i il·luminació, obtenint la seva demanda i consums reals, degut als factors de correcció i corbes de comportament dels equips instal·lats. Tot plegat amb el maquinari ESTO2, el qual ens generarà la qualificació energètica, obtenint així la petjada ecològica de l'activitat del centre del qual podem mesurar la seva contribució en Kg de CO<sub>2</sub> a l'atmosfera.

(2). ANNEX C – Definició del edifici LIDER. Pàg. 11

(3). ANNEX C – Verificació eficiència energètica CALENER. Pàg. 23

<b>Requeriment a estudi:</b>	<b>Anàlisi de la instal·lació d'il·luminació <sup>(4)</sup></b>
<b>Normativa referència:</b>	CTE – HE3 Eficiència energètica instal·lacions d'il·luminació
<b>Software utilitzat:</b>	DIALUX versió 4.10 – 2012

DIALUX com a eina de simulació i càlcul de l'eficiència energètica de la instal·lació d'il·luminació dels espais interiors i exteriors. En el nostre cas, l'emprarem com a recolzament de l'avaluació a realitzar a més de avaluar en conjunt tots els sistemes mitjançant CALENER VYP. A partir dels càlculs realitzats en els espais més singulars de l'edifici obtenim els Valors d'eficiència energètica d'il·luminació (VEEI) i la relació de potència instal·lada per espais, adequant així la demanda lumínica global.

<b>Requeriment a estudi:</b>	<b>Estudi d'ombres i radiació solar de l'envolupant <sup>(5)</sup></b>
<b>Software utilitzat:</b>	SketchUp 7 versió 1.0 – 2008

Amb SketchUp hem realitzat una evolució diària de les hores de sol als mesos de gener i juny, per tal d'avaluar la incidència de la radiació a l'envolupant de l'edifici.

<b>Requeriment a estudi:</b>	<b>Estudi de l'envolupant, avaluació tèrmica i acústica <sup>(6)</sup></b>
<b>Normativa referència:</b>	CTE – HE1 Estalvi d'energia CTE – HR Protecció front el soroll
<b>Software utilitzat:</b>	CYPE aïllament - 2011

CYPE\* aïllament ens ha servit per l'anàlisi tèrmic i acústic, en quant al acondicionament dels paraments (limitació de la demanda – estudi de la qualitat sonora), mitjançant el qual hem obtingut informes sobre la descripció de materials, del comportament de l'envolupant vers l'anàlisi tèrmic i acústic.

- Com dèiem a la introducció, els valors referents al CTE-HE1 obtinguts amb CYPE (opció simplificada) no s'han utilitzat, per no resultar contrastables amb LIDER (opció general).

(4). ANNEX C – Anàlisi instal·lació d'il·luminació DIALUX. Pàg. 257

(5). ANNEX B – M. Gràfica, Estudi d'ombres façanes. Plànols nº 14-20

(6). ANNEX C – Comprovació tèrmica i acústica edifici CYPE. Pàg. 475

#### 5.4. Anàlisi de l'eficiència energètica

Per tal d'avaluar l'eficiència energètica de l'Escola Isabel de Villena inicialment cal conèixer els factors que condicionen la demanda de l'edifici, ja que al comparar-la amb els consums reals dels sistemes que cobreixen dites necessitats, podrem obtenir els índexs d'eficiència que situaran el potencial d'estalvi energètic al present estudi.

Alhora de caracteritzar les condicions que generen aquesta demanda, cal estudiar prèviament els aspectes següents de l'edifici:

- Les condicions dels espais: que són aquells aspectes que poden influir en la necessitat més gran o més petita d'aportació energètica per aconseguir les condicions òptimes pel confort.
- Les condicions ambientals: que hem de contemplar per avaluar la influència de les condicions climàtiques de l'emplaçament (temperatura, humitat, radiació, etc.).
- Les condicions d'utilització: que comporten l'anàlisi de les condicions teòriques i reals d'ocupació i utilització de l'edifici.

Encara que en l'anàlisi de la demanda energètica incloem els aspectes tèrmics i lumínics, cal indicar que aquests es tractaran per separat, tot i que tindrem com a principal objectiu de l'avaluació **la limitació de la demanda**.

A mode de resum, cal analitzar les característiques de l'envolupant de l'edifici, detectant els elements que no compleixen les prestacions exigides. Així poder ser rigorosos alhora d'avaluar el comportament dels espais que formen en última instància el conjunt del centre escolar, obtenint el **Balanç energètic global** mitjançant la demanda tèrmica en calefacció i refrigeració. També d'altra banda, establim la demanda lumínica dels espais de treball, tot avaluant-los a partir dels valors d'eficiència energètica en il·luminació.

Un cop obtinguts els paràmetres necessaris per l'establiment de la demanda global, cal verificar-la a partir de la simulació dels sistemes que permeten assolir les condicions confort. La qual ens qualificarà en funció de la petjada ecològica que genera la nostre activitat.

A partir d'aquesta informació s'obtenen els *índex significatius* següents de l'edifici:

- Coeficients de transmissió de l'envolupant (U)
- Renovacions d'aire requerides per hora (V)

- Valors d'eficiència energètica d'il·luminació (VEEI)
- Balanç energètic per abastir la demanda de calefacció i refrigeració (kWh)
- Emissions de CO<sub>2</sub> que genera el consum de recursos no renovables (Kg CO<sub>2</sub>)

##### 5.4.1. Demanda tèrmica

Mitjançant el balanç energètic obtenim l'avaluació de les pèrdues i els guanys a partir de les variacions climatològiques exteriors i dels paràmetres de confort interiors, els quals podrem garantir en funció del grau d'aïllament de la pell de l'edifici segons els materials utilitzats i les condicions constructives. Aquestes ja definides a la *Fase 1, Aixecament de dades estàtiques* (pàg. 13).

Per tal de verificar la idoneïtat dels elements que formen dita envolupant, mostrem l'anàlisi realitzat en quant la *Limitació de la demanda tèrmica* amb dels resultats obtinguts a LIDER (Fig.5.31) en la comprovació **de l'opció general descrita al DB-HE1 apartat 3.3** <sup>(7)</sup>, on l'objecte de l'anàlisi consta de:

*L'avaluació de la demanda energètica dels edificis mitjançant la comparació del cas en estudi, a un edifici de referència que la pròpia opció defineix. Es limitarà la transmitància de l'envolupant amb l'ambient exterior, la presència de condensacions en la superfície i en l'interior dels tancaments, i es limiten les pèrdues energètiques degudes a les infiltracions d'aire, per a unes condicions normals d'utilització dels edificis. Aquesta avaluació s'ha realitzat considerant l'edifici en dues situacions:*

- *Com edifici objecte, es a dir, el edifici tal qual ha sigut projectat en geometria (forma i dimensions), construcció i ús; és "l'estat actual de l'edifici".*
- *Com edifici de referència, que té la mateixa forma i dimensió de l'edifici objecte; la mateixa zonificació interior i el mateix ús de cada zona té l'edifici objecte; els mateixos obstacles remots (edificis veïns, ombres, etc); qualitats constructives dels components de façana, terra i coberta d'una banda, i elements d'ombra d'altra, que garantiran el compliment de les exigències de demanda energètica permeses per la norma.*

(7). Fragment extret de la norma CTE DB-HE1, apartat 3.3 comprovació pel mètode de càlcul de l'opció general.

El procediment d'aplicació per verificar que un edifici és conforme amb l'opció general consisteix en comprovar que:

- *Les demandes energètiques de l'envolupant tèrmica de l'edifici objecte per a règim de calefacció i refrigeració són inferiors a les del edifici de referència. Per a règim de calefacció es prenen els mesos compresos de desembre a febrer ambdós inclosos, i per a règim de refrigeració els mesos de juny a setembre, ambdós inclosos.*
- *La humitat relativa mitja mensual en la superfície interior sigui inferior al 80% per a controlar les condensacions superficials. Es comprova, a més, que la humitat acumulada a cada capa del tancament, és secada al llarg d'un any, i que la màxima condensació acumulada en un mes no és major que el valor admissible per a cada material aïllant.*
- *Es compleixen les limitacions de permeabilitat a l'aire de les fusteries dels buits establert a l'apartat 2.3 de la norma.*

El mètode de càlcul utilitzat per demostrar el compliment de l'opció general es basa en el càlcul hora a hora, en règim transitori, del comportament tèrmic de l'edifici, tenint en compte de manera simultània les sol·licitacions exteriors i interiors, considerant els efectes de la inèrcia tèrmica de les masses. En concret, el mètode de càlcul utilitzat contempla els aspectes següents:

- *Particularització de les sol·licitacions exteriors de radiació solar a les diferents orientacions i inclinacions dels tancaments de l'envolupant, tenint en compte les ombres pròpies de l'edifici i la presència d'altres edificis o obstacles que pugin bloquejar dita radiació.*
- *Determinació de les ombres produïdes sobre els buits per obstacles de façana tals com volades, reculades, sortints laterals, etc.*
- *Valoració dels guanys i pèrdues per conducció a través de tancaments opacs i buits envidrats considerant la radiació absorbida.*
- *Transmissió de la radiació solar a través de les superfícies semitransparents tenint en compte la dependència amb l'angle d'incidència.*
- *Valoració de l'efecte de persiana i cortines exteriors a través de coeficients correctors del factor solar i de la transmitància tèrmica del buit.*
- *Càlcul d'infiltracions a partir de la permeabilitat de les finestres.*
- *Comprovació de la limitació de condensacions superficials i intersticials.*

- Presa en consideració de la ventilació en termes de renovacions/hora per les diferents zones i d'acord amb uns patrons de variació horaris i estacionals.
- Valoració de l'efecte de les carregues internes, diferenciant les seves fraccions radiants i convectives i tenint en compte les variacions horàries de la intensitat de les mateixes per a cada zona tèrmica.
- Valoració de la possibilitat de que els espais es comportin a temperatura controlada o oscil·lin lliurement (durant els períodes en els que la temperatura d'aquests es situï espontàniament entre els valors de consigna i durant els períodes sense ocupació).
- Acoblament tèrmic entre zones adjacents de l'edifici que es trobin a diferent nivell tèrmic.

Per tal de donar conformitat amb el procés esmentat, l'annex C, apartat de LIDER, s'ha creat per deixar constància de la introducció de l'edifici i resumir els passos realitzats per a l'obtenció dels resultats sobre la Limitació de la demanda. Abans de justificar les disconformitats trobades a l'envolupant, cal aclarir:

- Els valors utilitzats tenen una limitació expressa en funció de la zona climàtica pel cas de BARCELONA (Fig.5.28) a la Taula 2.1. (Fig.5.29) "Transmitància tèrmica màxima de cerramientos y particiones interiores (en contacte amb espais no habitables) de la envoltant tèrmica", pertanyent al DB-HE1.
- Dita transmitància energètica U (W/m²K) ve donada per la formula:

$$U = \frac{1}{R_T}$$

Sent  $R_T$  la resistència tèrmica total del component constructiu [m²K / W]

$$R_T = R_{si} + R_1 + R_2 + \dots + R_n + R_{se}$$

Sent  $R_1, R_2, \dots, R_n$  les resistències tèrmiques de cada capa definides segons l'expressió següent (R) [m²K / W]

$R_{se}$  i  $R_{si}$  les resistències superficials de l'aire exterior i interior (Fig.5.30) [m²K / W]

$$R = \frac{e}{\lambda}$$

Sent  $e$  el gruix de la capa [m]

$\lambda$  la conductivitat tèrmica de disseny del material que compona la capa [W / mK]

- Definim **conductivitat tèrmica** dels materials, com: "Quantitat de calor que es transmet a partir d'una unitat de material, quan la diferència de temperatura entre ambdues cares és de 1°C" "Mesurable en W/mK".

D'altra banda cal recordar en quant a ventilació, que s'ha de tenir present les exigències front la **qualitat de l'aire interior** dels espais (CTE DB-HE3 i RITE), les quals regulen que:

"Els edificis disposaran de medis per a que els seus recintes puguin ventilar adequadament, eliminant els contaminants que es produeixen de forma habitual durant l'ús normal dels edificis, de forma que s'aporti un caudal suficient d'aire exterior i es garanteixi l'extracció i expulsió d'aire viciat per contaminants".

**Resultats Informe Limitació de la Demanda (LIDER)**

Amb la finalitat de tenir una estructura marcada en aquest punt, inicialment es comprovaran les exigències de l'envolupant, detectant les disconformitats que s'han trobat, per tal de presentar el balanç energètic total. Un cop obtinguda la demanda de l'edifici per a calefacció i refrigeració tan sols ens restarà caracteritzar espai per espai els casos més significatius per comprendre des d'una visió global la demanda de l'edifici.

Fent una classificació d'aquests espais, veiem que són en general de tipus "acondicionat", a excepció dels que no tenen climatització. Aquests tan sols són, les caixes d'escala que són "no acondicionat"; el conducte de l'ascensor (inclòs el pas d'instal·lacions adjacent) i la sala de calderes que es classifiquen com "no habitable".

Quan revisem el **l·listat resum d'elements que no compleixen** (8) les transmitàncies de la Taula 2.1 (Fig.5.29), si deixem de banda per un moment els tancaments exteriors que apareixen a la llista, trobem gran nombre de disconformitats que cal localitzar la seva procedència. Cercant dits errors dins la geometria definida pel càlcul, detectem que molts d'aquests són particions interiors que separen espais acondicionats (aules, passadissos, vestíbuls, etc). En quant a les limitacions per transmitància de dites particions entre espais acondicionats (les quals no consten a la Fig.5.29), es consideraran els casos puntuals d'error originats a la simulació amb LIDER, el qual transforma els valors màxims lineals en valors reals d'intercanvi energètic entre espais. Aquest valors originats els anomenarem Uint (interior). Cal dir que el programa les assimila en el càlcul com a mitjaneres (Ucte 1 W/m²K), ja que en aquestes tampoc procedeix l'existència de flux energètic.

(8). ANNEX C – Llistat d'elements. No compleixen LIDER. Pàg. 141

Capital de provincia	Capital	Altura de referencia (m)
Albacete	D3	677
Alicante	B4	7
Almería	A4	0
Ávila	E1	1054
Badajoz	C4	168
Barcelona	C2	1
Bilbao	C1	214
Burgos	E1	861

Fig.5.28: Zonas climáticas, Capital de Provincia  
Font: Tabla D.1 - Apéndice D. CTE DB-HE1

Cerramientos y particiones interiores	ZONAS C
Muros de fachada, particiones interiores en contacto con espacios no habitables, primer metro del perímetro de suelos apoyados sobre el terreno <sup>(1)</sup> y primer metro de muros en contacto con el terreno	0,95
Suelos <sup>(2)</sup>	0,65
Cubiertas <sup>(3)</sup>	0,53
Vidrios y marcos	4,40
Medianerías	1,00

(1) Se incluyen las losas o soleras enterradas a una profundidad no mayor de 0,5 m  
(2) Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de cámaras sanitarias, se consideran como suelos  
(3) Las particiones interiores en contacto con espacios no habitables, como en el caso de desvanes no habitables, se consideran como cubiertas

Fig.5.29: Transmitància tèrmica màxima envoltant. Zona C  
Font: Tabla 2.1 - Apartado 2 CTE DB-HE1

Posición del cerramiento y sentido del flujo de calor	Rse	Rsi
Cerramientos verticales o con pendiente sobre la horizontal >60° y flujo horizontal	0,04	0,13
Cerramientos horizontales o con pendiente sobre la horizontal ≤60° y flujo ascendente	0,04	0,10
Cerramientos horizontales y flujo descendente	0,04	0,17

Fig.5.30: Resistències tèrmiques superficials cerramientos  
Font: Tabla E.1 - Apéndice E. CTE-HE1

<b>TANCAMENTS EXTERIORS</b>	<b>U màx. (W/m²K)</b>	<b>CTE U (W/m²K)</b>
<b>MUR SOTERRANI</b> Impermeabilitzat 30cm	1,43	0,95
<b>SOSTRE UNIDIREC. SANITÀRIA</b> Cambra d'aire semi ventilada 50cm	1,76	0,65
<b>FAÇANA</b> doble fulla per a revestir 13_5_7cm	1,18	0,95
<b>COBERTA PLANA TRANS.</b> Sostre unidirec. (pati) 30cm	1,56	0,53
<b>COBERTA INCLINADA</b> Xapa grecada, fals sostre (A. música)	2,32	0,53
<b>COBERTA INCLINADA</b> Xapa grecada (Recinte instal·lacions)	5,87	0,53
<b>COBERTA PLANA NO TRANS.</b> Sostre unidirec. graves 30cm	1,07	0,53
<b>COBERTA INCLINADA LLUERNA</b> policarbonat	2,78	0,53
<b>COBERTA INCLINADA</b> Panell Sandvitx (zona ampliada P3)	0,56	0,53

Fig.5.31: **Quadre verificació transmitàncies TANCAMENTS EXTERIORS**  
Font: **Limitació de la demanda – Veure annex resultats LIDER**

<b>DIVISIONS INTERIORS</b> Càlcul LIDER	<b>U màx. (W/m²K)</b>	<b>U int. (W/m²K)</b>	<b>CTE U (W/m²K)</b>
<b>SOSTRE UNIDIREC.</b> planta 30cm	1,59	1,39	1,00
<b>PARTICIÓ INT.</b> envà 13cm	1,99	1,31	1,00
<b>PARTICIÓ INT.</b> envà 7cm	2,30	1,91	1,00

Fig.5.32: **Quadre verificació transmitàncies DIVISIONS INTERIORS**  
Font: **Limitació de la demanda – Veure annex resultats LIDER**



Fig.5.33/34: **Cobertes de xapa grecada, transició entre façanes**  
Font: **Annex fotogràfic. Elaboració pròpia**

Tot analitzant el concepte de diferència de temperatures referent a la conductivitat tèrmica, cal dir que aquests espais sempre es regiran per la tendència a establir les seves condicions internes entre ells, originant una transferència igual a zero entre espais de la mateixa condició, inclòs al tindre contribucions energètiques de l'exterior, ja que en tot cas les condicions internes variaran al uníson. Seguint aquest raonament no haurien de tenir transferència d'energia entre espais que estan a la mateixa temperatura, en definitiva el programa no hauria de trobar disconformitats amb les particions interiors (Fig.5.32).

Però a la realitat aquesta situació tan sols és compleix en els casos idíl·lics, a on per exemple la ventilació és totalment controlada i no origina flux energètic entre les estances de la mateixa classificació. Contràriament en el nostre cas, degut a la necessitat de garantir un flux d'aire provinent de l'exterior per tal de que es mantingui la qualitat de l'aire interior als espais, veurem a la segona part de l'anàlisi, que crea un excessiu malbaratament energètic degut a la manca de control d'aquests règims de ventilació.

Un cop realitzats els aclariments pertinents iniciem l'esmentada comprovació (Fig.5.31) a partir dels **elements en contacte amb el terreny**. El mur soterrani amb impermeabilització exterior i el sostre sanitari amb cambra d'aire semi ventilada, els quals entren en la classificació del CTE de *Muros en contacto con el terreno* i *Suelos* respectivament, tenen una limitació sobre la transmitància màxima permesa de 0,95 W/m²K pel primer metre de mur i 0,65 W/m²K pels sostres en contacte amb cambres sanitàries. Observem que el programa no els denota en el seu llistat de resum com a elements problemàtics, atribuïble a la ventilació que exerceix la cambra d'aire de 50cm; tot i complir, veiem que la seva transmitància lineal com a detall constructiu és molt desfavorable i per això cal tenir-ho en compte.

En quant a les **façanes perimetrals**, cal dir que tenim la mateixa solució constructiva tant per les orientacions a nord-est i nord-oest com per la façana sud, el qual ens mostra que l'edifici no presenta una adaptació condicionada per les sol·licitacions ambientals. La façana de doble fulla amb cambra d'aire no ventilada, té una transmitància de 1,19 W/m²K, novament per sobre de l'exigència com a *Muro de fachada* pel qual la norma ens demana 0,95 W/m²K. Aquest resultat es atribuïble a la manca d'aïllament que presenta el tancament, el qual podem comprovar mitjançant les termografies realitzades a l'envolupant (Fig.5.11 *Termograma façana nord-est*); a la qual s'observa com les juntes de ciment entre els maons es troben a major temperatura, evidència de com el flux de calor travessa el parament. D'altra banda també és

percep clarament com el front de sostre està malament solucionat creant un pont tèrmic directe amb l'exterior.

A planta baixa, com a unió entre el parament de façana i els murs de sota rasant trobem la formació de **coberta transitable** amb lluernes (transitables i no transitables), les quals caracteritzen el pati perimetral. Centrant-nos en la coberta plana, trobem que la solució constructiva escollida no té cap millora expressa per la seva condició d'element exterior, a excepció de la capa anivelladora per a formació de pendents, ja que dita coberta resulta una prolongació del sostre interior. En aquest cas l'exigència com a *Cubierta* de 0,53 W/m²K es sobrepassa en més d'un punt, sent aquesta 1,56 W/m²K.

Continuant al mateix pla de treball, tenim els elements de transició entre façanes i els accessos a soterrani. Aquest cossos que sobresurten a mitja alçada de planta baixa, donen aixopluc a l'aula de música (*est, calefactat Fig.5.33*) i l'espai per a maquinaria de ventilació (*oest, no habitable Fig.5.34*) mitjançant **coberta inclinada de xapa grecada**. La transmitància exigida pel tancament de l'aula de música és de 0,53 W/m²K tot i que aquesta només dona 2,32 W/m²K, el qual denota clarament la ineficiència de la solució constructiva ja detectat amb anterioritat a les termografies realitzades (Fig.5.12 *coberta aula música*) per ser un element metàl·lic sense aïllament. Tot i el seu no compliment, podem observar la millora que s'obté amb la instal·lació de fals sostre, en contraposició al tancament del recinte d'instal·lacions (U=5,87 W/m²K). Aquest espai d'instal·lacions no té limitació expressa pel CTE ja que és no habitable.

Per finalitzar els tancaments exteriors, arribem a cota superior de l'edifici on trobem dues tipologies de cobertes ben diferenciades. Com a element longitudinal tenim la **coberta no transitable** amb una transmitància de 1,07 W/m²K, la qual veu millorada les prestacions del sostre unidireccional amb el tractament impermeabilitzant i la capa de graves exteriors. D'altra banda, la **coberta inclinada** composta per panell sandvitx autoportant i amb data de construcció més recent que la resta de l'edifici, és l'únic element de l'envolupant amb aïllament, factor que és percep al trobar-se aquesta a tres dècimes de complir l'exigència del CTE (Ucoberta cte=0,53 W/m²K) al donant un valor de 0,56 W/m²K.

Després de la comprovació dels tancaments exteriors toca passar a definir les **particions interiors** (Fig.5.32) de l'edifici. En aquest punt tenim tres elements a definir: el sostre unidireccional de biguetes prefabricades i revoltó ceràmica; l'envà de 13cm per a separació d'espais habitables dels no habitables i no acondicionats; i l'envà de 7cm per a separació entre espais habitables.



Referent al llistat resum de disconformitats en elements que no compleixen trobem diversos paraments a corregir, a continuació presentem la seva ubicació i el raonament de quin és el factor detonant juntament amb el valor de càlcul per simulació Uint.

**Planta soterrani**

- **Parament vertical de separació entre les dutxes del vestuari masculí (acondicionat) i la sala de calderes (no habitable):** aquest està compost per envà de 13cm el qual té una  $U_{int} = 1,31 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Com aquesta divisió es realitza amb un espai no habitable es pren la limitació de tancament exterior  $U_{ext} = 0,95 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- **Parament vertical de separació entre el magatzem de cuina (acondicionat) i la cuina (no acondicionat):** mitjançant envà de 7cm,  $U_{int} = 1,91 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Entre espais acondicionat i no acondicionat no pot haver-hi transmitància, l'exigència es marca igual que en mitjaneres,  $U_{mit} = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

**Planta baixa**

- **Parament horitzontal de separació entre el menjador soterrani (acondicionat) i el vestíbul del passadís (acondicionat):** mitjançant sostre unidireccional de 30cm de cantell,  $U_{int} = 1,39 \text{ W/m}^2\text{K}$ . Com dèiem a la introducció, entre espais acondicionats no hauria d'haver-hi transferència d'energia, tot i això en el nostre cas tenim un espai que comunica des de planta baixa (sostre soterrani) fins a coberta realitzant efecte xemeneia a tot l'edifici, al crear un flux d'aire ascendent constant a través dels tancaments (Fig.5.35). El programa detecta aquest element per ésser la base de la xemeneia a sostre soterrani, l'exigència es marca igual que en mitjaneres,  $U_{mit} = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

**Plantes tipus (primera i segona)**

- En aquest cas trobem el mateix efecte en els paraments produït pel flux ascendent originat per la lluernia central, però en aquestes plantes l'efecte augmenta, degut a que les disconformitats es generalitzen a gairebé tots els elements en planta.

**Paraments horitzontals:** el programa detecta que els sostres que formen el sostre planta baixa i sostre primera donen error a totes les estances (descrits de sud a nord): aules, passadís central, sales d'estudi vestíbul, serveis de planta (tots acondicionats). La transmitància del sostre és  $U_{int} = 1,39 \text{ W/m}^2\text{K}$ ; contra l'exigència de  $U_{mit} = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

**Paraments verticals:** formats per envà de 7cm, els elements que donen disconformitat són els perimetrals al nucli de ventilació (Fig.5.36) amb una  $U_{int} = 1,91 \text{ W/m}^2\text{K}$ , novament amb l'exigència per mitjaneres  $U_{mit} = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

**Planta tercera**

- Seguint la mateixa tònica, trobem que els paraments de sostre donen tots disconformitats igual que a les plantes inferiors, a més dels paraments verticals que voregen el nucli de ventilació. Encara que en aquest cas tenim altres elements que no compleixen:

**Paraments verticals:** formats per envà de 7cm, els casos que donen disconformitat són: les divisions entre els serveis de planta i l'aula central A48 (Fig.5.37), la qual tan sols ventila a l'espai interior de lluernia; també les divisòries entre la biblioteca i l'arxiu de l'escola. Tots els casos amb una  $U_{int} = 1,91 \text{ W/m}^2\text{K}$ , en contra de l'exigència per mitgeres  $U_{mit} = 1,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

A l'hora de finalitzar les comprovacions sobre la part opaca de l'envolupant, tan sols ens manca verificar els índexs referents a les condensacions superficials i intersticials.

**Condensacions superficials**

- Es troben als sostres dels espais amb gran generació de vapor d'aigua, com són els vestuaris de nois i noies a planta soterrani (classe higrotèrmica 4).  
 $fR_{si} = 0,61$  ;  $fR_{si} \text{ mín (cte)} = 0,69$
- La coberta de l'aula de música, realitzada amb xapa grecada també condensa superficialment. En aquest cas presenta un punt greu pel possible deteriorament del fals sostre format amb plaques de guix.  
 $fR_{si} = 0,42$  ;  $fR_{si} \text{ mín (cte)} = 0,56$
- La lluerna pertanyent a la cuina (classe higrotèrmica 4) i el menjador (classe higrotèrmica 3) de soterrani, degut a que la lluernia perimetral està formada de vidre, el qual amb el xoc tèrmic genera la condensació del vapor d'aigua, encara que degut a que la lluernia està permanentment ventilada, el vapor d'aigua no arriba a condensar. Informació que el programa no detecta.  
 $fR_{si} = -0,46$  ;  $fR_{si} \text{ mín (cte)} = 0,56$
- També la lluernia central formada amb policarbonat de doble cel·la dona al càlcul l'existència de condensacions superficials, encara que com dèiem, aquesta també es troba ventilada constantment i les condensacions no es manifesten.  
 $fR_{si} = 0,31$  ;  $fR_{si} \text{ mín (cte)} = 0,56$

**Condensacions intersticials**

- El programa detecta que és la lluernia de la cuina. La qual és de vidre i no té capes. O atribuïm a un error de càlcul.  
Tot i així el resultat és:  
 $fR_{si} = 0,66$  ;  $fR_{si} \text{ mín (cte)} = 0,69$



Fig.5.35: Secció transversal. Flux ventilació vestíbul central  
Font: Memòria gràfica. Elaboració pròpia

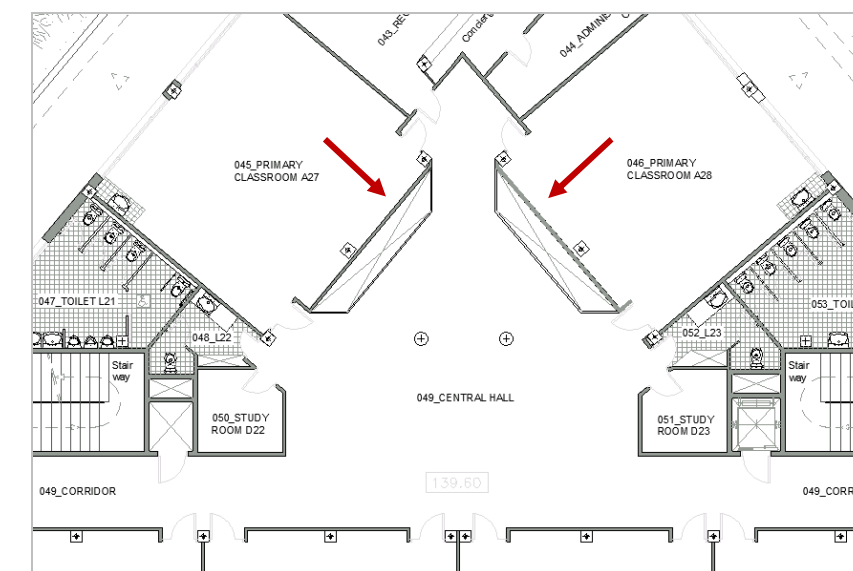


Fig.5.36: Planta segona. Vestíbul central passadís  
Font: Memòria gràfica. Elaboració pròpia

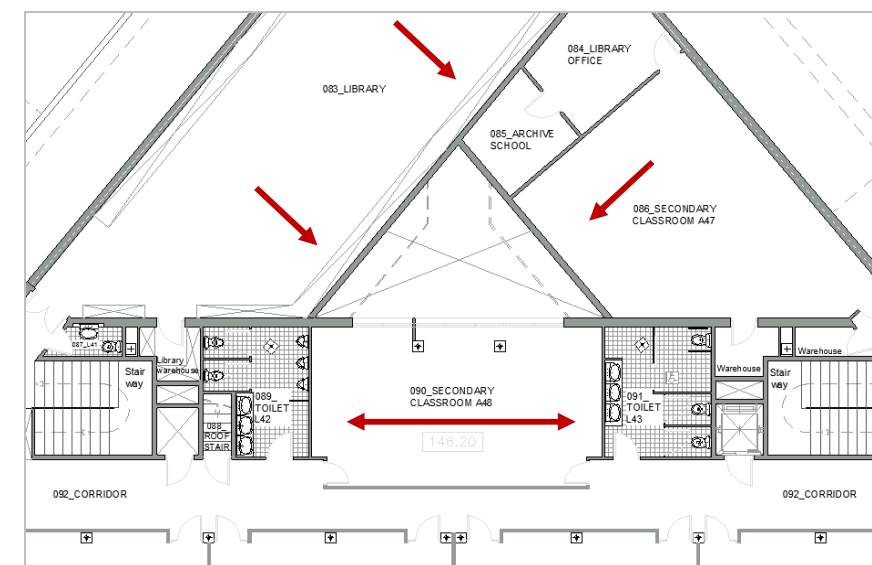


Fig.5.37: Planta tercera. Nucli lluernari  
Font: Memòria gràfica. Elaboració pròpia

<b>FUSTERIA BUITS</b> CTE U = 4,40 W/m²K	<b>U</b> (W/m²K)	<b>Permeabilitat</b> (m³/hm² 100Pa)	<b>Fsolar</b>
F_alumini_RPT_lliscant	3,37	27,00	0,69
F_PVC_practicable	3,19	40,00	0,68
F_fusta_circular_practicable	5,35*	50,00	0,80*
L_estructura_met_ventilat	5,70*	50,00	0,80*
L_transitable_no_ventilat	5,70*	50,00	0,80*
L_policarbonat_coberta	5,76	50,00	-0,88
P_metàl·lica_instal·lacions	4,00	60,00	0,11
P_metàl·lica_RPT_vidre	3,37	60,00	0,69
P_fusta_exterior	2,20	60,00	0,06
P_metàl·lica_RPT_opaca	4,00	60,00	0,11

Fig.5.38: **Quadre verificació transmissió FUSTERIA BUITS**  
Font: **Limitació de la demanda – Veure annex C resultats LIDER**



Fig.5.39: **Vista fusteria d'alumini, lliscant. Classe 2**  
Font: **Elaboració pròpia**

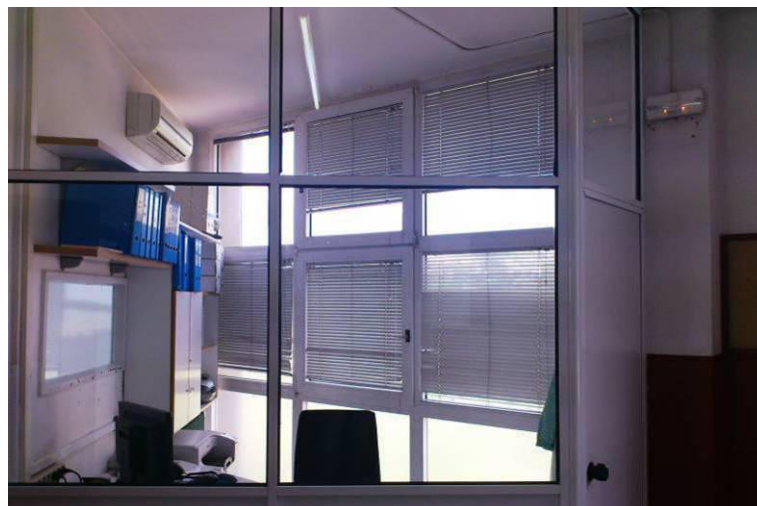


Fig.5.40: **Vista fusteria PVC i divisòria d'alumini.**  
Font: **Elaboració pròpia**

### Tractament dels buits

Havent tractat els elements opacs de l'envolupant ens disposem a realitzar l'anàlisi del tractament de buits (Fig.5.38), quines fusteries es troben al centre i quin comportament tenen en funció de les exigències de la norma. Abans de realitzar dit anàlisi cal observar que els elements de la taula amb (\*) no han sigut calculats amb LIDER degut a la impossibilitat de calcular que ofereix el programa les fusteries originals amb vidre simple de 6 mm, per aquesta raó a l'informe de resultats obtenim els valors amb doble vidre i cambra d'aire. Els valors aquí presents s'han consultat de la comprovació a CYPE.

Iniciem amb el cas més abundant al centre (aules, sala d'actes, administració, etc), que són les **finestres de fusteries d'alumini, trencament de pont tèrmic al marc** (Fig.5.39) amb doble vidre i cambra d'aire (4-6-6 mm), les quals van ser instal·lades en el període de 2005 a 2008. La solució escollida té la part superior i inferior fixa, instal·lant-hi les fulles practicables al centre amb obertura lliscant per tal de preservar la seguretat d'ús a l'escola. Cal dir que aquesta tipologia tan sols té caixa de persiana a les finestres de planta baixa i que generalment duen cortines a totes les estances, aquestes d'opacitat qüestionable com a sistema de control lumínic. Aquest conjunt compleix amb els requeriment de la norma  $U_{fus} = 3,37 \text{ W/m}^2\text{K}$ , a on la limitació és troba  $U_{cte} = 4,40 \text{ W/m}^2\text{K}$ . També cal observar que compleixen la classificació front la permeabilitat a l'aire per la classe 2 requerida a la zona C ( $27 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  a 100 Pa).

D'altra banda tenim les finestres de **fusteria de PVC amb doble cambra d'aire al marc**, vidre doble i cambra d'aire (4-6-6 mm) però sense trencament de pont tèrmic (Fig.5.40). Formen el tancament de tota l'alçada lliure a planta, les situem als extrems dels passadissos en els despatxos de professorat. Aquestes tan sols tenen dos elements practicables dels nou que hi ha, i disposen de persianes com a protecció solar interior encara que aquestes no es troben en general en les millors condicions d'ús. Tot i no complir en la permeabilitat a l'aire ( $40 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  a 100 Pa) que se li requereix per la zona C, ja que es perceben les infiltracions d'aire (extret de les enquestes d'usuaris), aquesta solució dona el millor resultat en quant la transmissió del buit  $U_{fus} = 3,19 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Per últim les finestres destinades al serveis d'alumnes a planta són les més antigues ja que estan instal·lades des de que el centre va obrir al 1975. Aquestes són de **geometria circular** realitzades amb **fusta de densitat mitja-alta i vidre simple**. La finestra es divideix en quatre parts, de les quals dues són abatibles 180°; trobem que en les seves juntes no tenen cap tipus d'element que controli les infiltracions.

Observem que restaria la seva substitució, ja que aquesta solució dona una permeabilitat a l'aire ( $50 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  a 100 Pa) i transmissió del buit superior a l'exigida  $U_{fus} = 5,35 \text{ W/m}^2\text{K}$ , fixant-se com al pitjor resultat de les finestres esmentades.

Passem ara al tractament dels **lluernaris** situats a sostre soterrani realitzant el tancament perimetral. La seva composició es perceptiblement diferenciada, ja que aquests són transitables (pati parvulari, façana sud) i no transitables (menjador i cuina, façanes nord). A la façana sud es realitza el tancament mitjançant **l'estructura d'IPN amb distància d'intereix de 60 cm**, com a suport dels **panys de vidre transitable**, els quals no permeten la ventilació encara que el segellat perimetral està en males condicions (hi ha aparició d'humitats per filtracions d'aigua). D'altra banda tenim els elements no transitables, també sobre **subestructura metàl·lica amb tancament de vidre simple**, formant una obertura longitudinal que permet la ventilació constant. Degut a les similituds de les solucions (vidre simple sobre estructura metàl·lica) i la poca resistència a les infiltracions d'aire ( $50 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  a 100 Pa) s'ha realitzat un mateix tractament alhora de definir-ho a LIDER, lògicament adaptant-se a la geometria en planta de cadascun; tot i això aquesta solució no compleix la transmissió exigida  $U_{fus} = 5,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

L'altre lluern important a tractar és la cobertora del vestíbul central, construïda en l'ampliació de la planta tercera mitjançant **subestructura metàl·lica i tancament de policarbonat de doble cel·la**. Aquesta solució de coberta a dues aigües permet en tot el seu perímetre la ventilació constant, fent com dèiem efecte de xemeneia en l'edifici. El càlcul realitzat obté la pitjor qualificació amb una  $U_{fus} = 5,76 \text{ W/m}^2\text{K}$ , sobre la  $U_{cte} = 4,40 \text{ W/m}^2\text{K}$  exigida, a més de tenir una permeabilitat a l'aire de  $50 \text{ m}^3/\text{hm}^2$  a 100 Pa.

Finalitzant aquesta avaluació de l'envolupant ens resta el grup de **portes**, les quals totes compleixen la transmissió requerida a la norma. Aquestes s'exposen breument a continuació:

- Porta metàl·lica per a recintes d'instal·lacions amb obertura de ventilació.  $U_{fus} = 4,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- Porta en fusteria d'alumini amb trencament de pont tèrmic i parament de vidre doble amb cambra d'aire (4-6-6 mm)  $U_{fus} = 3,37 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- Porta en fusteria d'alumini amb trencament de pont tèrmic, opaca,  $U_{fus} = 2,20 \text{ W/m}^2\text{K}$ .
- Porta de fusta exterior amb densitat mitja-alta, opaca,  $U_{fus} = 4,00 \text{ W/m}^2\text{K}$ .

Abans de procedir amb el procés de càlcul ens resta tractar els valors referents als **punts tèrmics** (Fig.5.41) utilitzats per adaptar-nos a les condicions actuals, aquests es defineixen a continuació:

*Es consideren punts tèrmics les zones de l'envolupant de l'edifici en les que s'aprecia una variació de la uniformitat de la construcció, ja sigui per un canvi del gruix del tancament, dels materials utilitzats, per penetració d'elements constructius amb diferent conductivitat, etc., el qual comporta necessàriament una minoració de la resistència tèrmica respecta la resta del tancament. Els punts tèrmics són parts sensibles de l'edifici a on augmenta la possibilitat de producció de condensacions superficials, en la situació d'hivern o períodes freds.*

Es troben indicats amb deteniment segons el procés d'introducció de l'edifici a l'Annex C, apartat referent a la introducció de dades de LIDER, tot i això cal mostrar les consideracions obtingudes en el càlcul:

- Degut a la manca d'aïllament en els tancaments de façana, degut a la incorrecta solució de la trobada entre finestra i parament alhora d'instal·lar els nous elements tan sols substituint els antics sense preveure la necessitat de possibles intervencions posteriors. A partir del càlcul i de la naturalesa metàl·lica de les fusteries, es detecta la creació de condensacions superficials:

BUIT DE FINESTRA:  $fR_{si} = 0,66$  ;  $fR_{si} \text{ mín (cte)} = 0,69$

- D'altra banda cal dir, que encara que els altres valors no donin error en quant a les condensacions superficials, no significa que estiguin ben executats, ja que com hem vist amb anterioritat es poden detectar punts de fuga d'energia.

PONTS TÈRMICS	Y ( W/mK )	Frsi
Trobada sostre-façana	0,41	0,75
Trobada sòl exterior-façana	0,39	0,71
Trobada sòl coberta-façana	0,39	0,71
Cantonada sortint	0,08	0,82
Buit finestra	0,40	0,66
Cantonada entrant	-0,15	0,90
Pilar	0,08	0,86
Unió solera paret exterior	0,12	0,70

Fig.5.41: Quadre resum punts tèrmics envolupant  
Font: Limitació de la demanda – Veure annex C resultats LIDER

### OBTENCIÓ DE LA DEMANDA DE L'EDIFICI

Realitzada la definició de l'envolupant tan sols queda realitzar l'establiment de la *Demanda global de l'Edifici*.

Com veiem a peu de pàgina l'edifici objecte **NO COMPLEIX** l'exigència referent a la *Limitació de la demanda* (Fig.42/43) en quant **sobrepassa en un 32,5% la demanda de refrigeració**.

D'altra banda **la demanda de calefacció és un 7,30% inferior** a l'edifici de referència, la qual **SI COMPLEIX**.

Aquests valors són atribuïbles al disseny de l'edifici, el qual es troba orientat per la màxima captació d'energia solar. Obtenim d'aquesta manera una acceptable adaptació en quant la demanda de calefacció dels mesos d'hivern, encara que a les franges horàries de més calor i l'època d'estiu, aquest factor du intrínsecament la pèrdua de confort tèrmic degut a l'excessiu aprofitament de la radiació sobre l'envolupant que al estar condicionada per la manca d'aïllament i de proteccions solars fan que l'edifici es torni totalment dependent de la climatologia exterior.

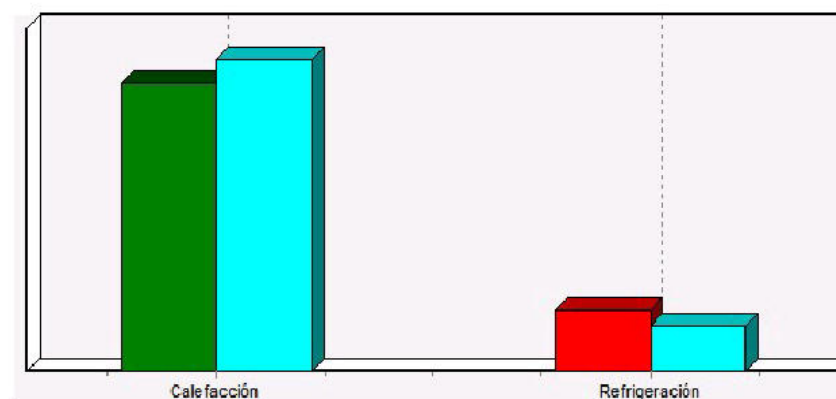


Fig.5.42: Demanda energètica edifici. CALEFACCIÓ i REFRIGERACIÓ  
Font: Limitació de la demanda – Veure annex C resultats LIDER

	CALEFACCIÓ	REFRIGERACIÓ
Demanda energètica vers l'Edifici de Referència	92,70%	132,50%
Proporció relativa Edifici objecte (calefacció - refrigeració)	82,80%	17,20%
Índex energètic per superfície de mitjana anual	- 51,86 kWh / m2	10,74 kWh / m2
<b>TOTAL demanda energètica de mitjana anual (valor absolut)</b>	<b>236.012,96 kWh</b>	<b>48.895,17 kWh</b>

Fig.5.43: Demanda energètica edifici. CALEFACCIÓ i REFRIGERACIÓ  
Font: Limitació de la demanda – Veure annex C resultats LIDER

Per tal d'indicar la contribució dels índexs energètics abans exposat referents a la superfície acondicionada del centre (4551,04 m<sup>2</sup>), realitzem una **evolució mensual de la demanda** (Fig.5.44) en la qual veiem els valors de calefacció en negatiu i els de refrigeració en positiu segons el càlcul realitzat en LIDER.

Cal observar que la simulació energètica es realitza en quant l'exercici global d'un any natural per a un edifici del sector terciari a partir de mitjanes de comportament estàndards.

En el nostre cas hem de tenir present que l'activitat a l'escola en l'època estival es redueix considerablement la intensitat d'ocupació, romanent oberta tan sols per a serveis d'extraescolars, tasques administratives i de manteniment al mes de juliol; a l'agost normalment el centre es troba tancant. En definitiva s'haurien d'excloure dits valors que podrien condicionar els futurs anàlisi del consum de l'edifici.

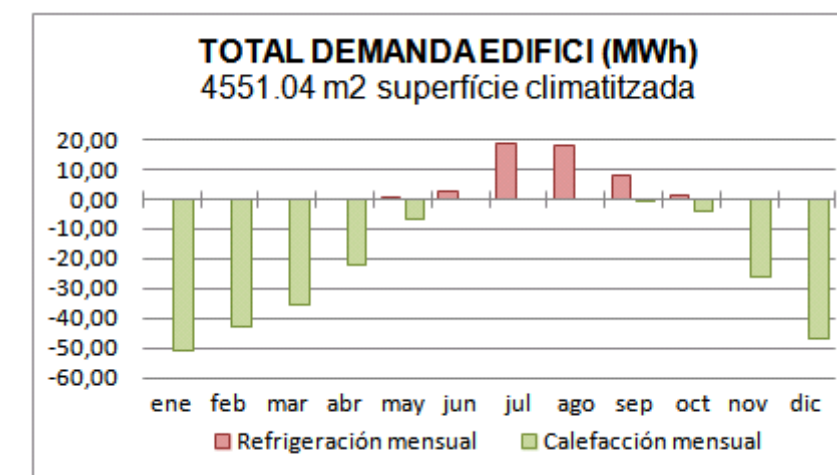


Fig.5.44: Evolució mensual Total demanda edifici  
Font: Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER

EVOLUCIÓ MENSUAL DEMANDA ENERGÈTICA												
Calefacció mensual (kWh)												
EN	FE	MA	AB	MA	JN	JL	AG	SE	OC	NO	DE	
-51,1	-42,9	-35,5	-22,1	-7	0	0	0	-0,1	-4,3	-26,4	-47	
Refrigeració mensual (kWh)												
EN	FE	MA	AB	MA	JU	JU	AG	SE	OC	NO	DE	
0	0	0	0	0,2	2,7	18,9	17,9	8	1,3	0	0	

Fig.5.45: Evolució mensual CALEFACCIÓ i REFRIGERACIÓ kWh  
Font: Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER

A continuació presentem el balanç de guanys i pèrdues <sup>(9)</sup> realitzat als espais més representatius. Cal parar atenció en els aspectes que poden resultar difícils d'establir, com és el cas de la previsió de renovacions d'aire (amb l'exterior), donat que a la majoria d'espais és realitzen pels usuaris en funció del confort percebut. Trobada la dificultat de justificar el nombre de renovacions exactes que es realitzen en el còmput diari real (estimació de la pressió atmosfèrica, velocitat de l'aire, nombre de vegades que s'obren les finestres, etc.) s'ha cregut oportú realitzar un estimació a partir de la taula E.8 *Tasa de renovación de aire entre espacios no habitables y el exterior*. En alguns casos, al no adaptar-se aquesta taula a les condicions reals d'ús per ser valors inferiors a la realitat, s'ha estimat que sigui com a mínim dues vegades les infiltracions de la fusteria <sup>(10)</sup>.

(9). ANNEX C – Informe resultats LIDER, edifici objecte. Pàg. 29

(10). ANNEX B – Quadre del càlcul renovacions/hora espais. Pàg. 79

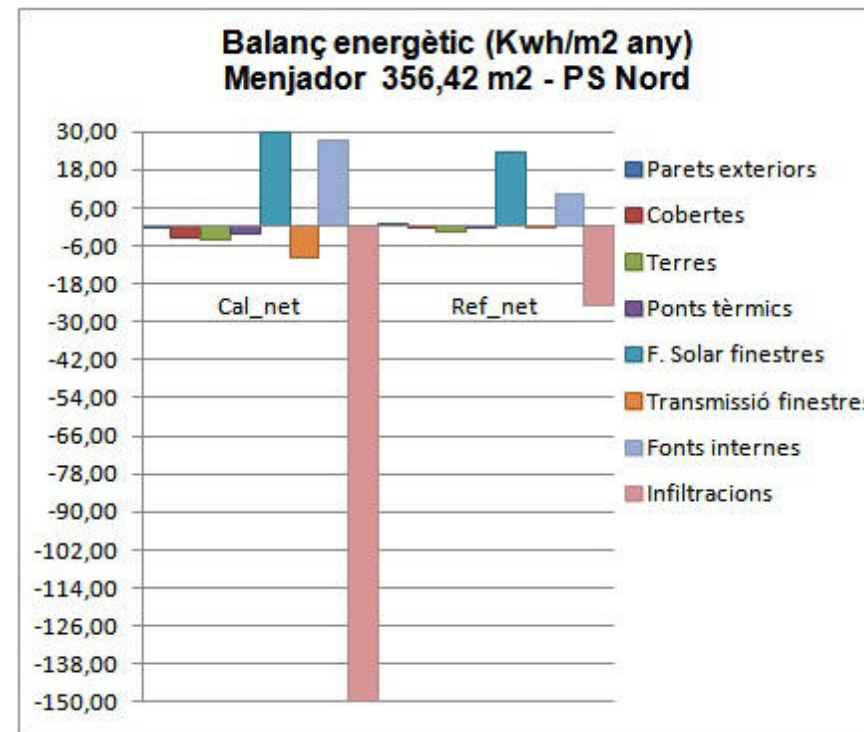


Fig.5.46: **Balanç energètic Menjador – PS façana Nord**  
Font: **Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER**

Fig.5.46 – Vist que el programa no percep transferència a partir dels murs de sota rasant, obtenim els guanys a partir del lluernari (F. Solar) i les pèrdues en les infiltracions degut a la ventilació constant.

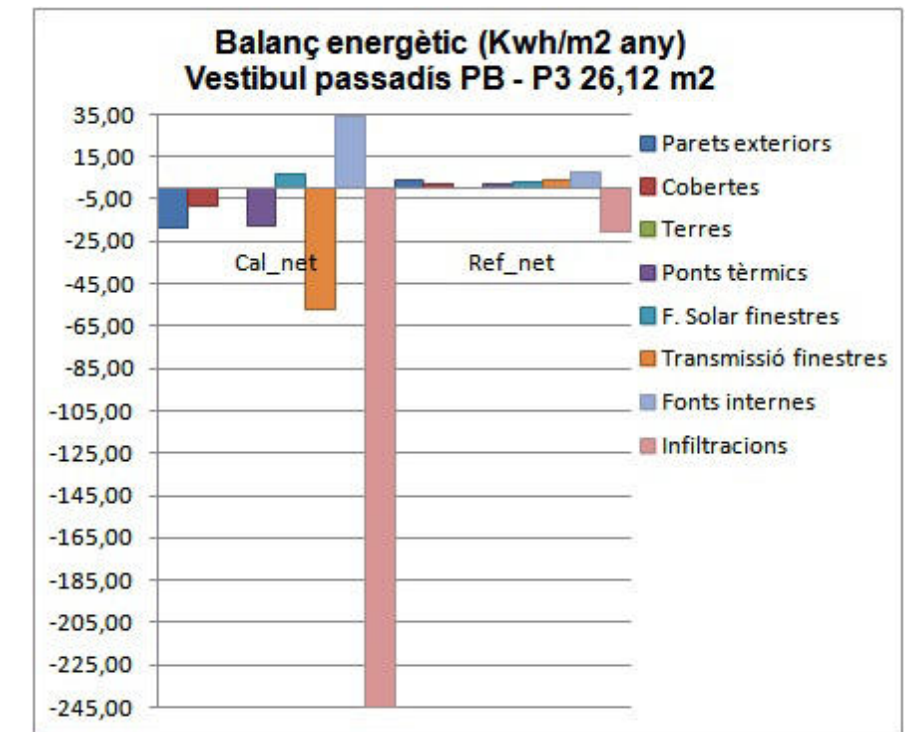


Fig.5.47: **Balanç energètic Vestíbul Passadís PB – P3**  
Font: **Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER**

Fig.5.47 – Aquest (P03\_E08 nomenclatura LIDER) el programa el situa com l'espai de major demanda, atribuïble a la transmissió dels tancaments i indiscutiblement la transmissió de la llum amb les respectives infiltracions.

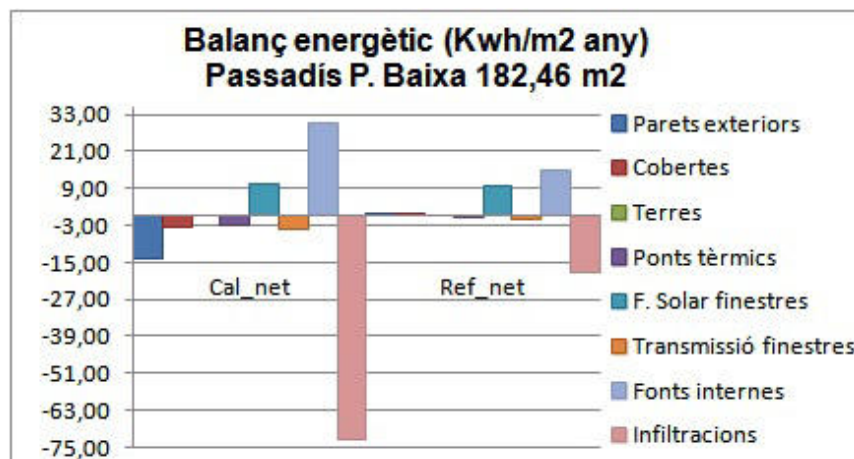


Fig.5.48: **Balanç energètic Passadís PB**  
Font: **Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER**

Fig.5.48 – El passadís de planta baixa presenta una major intensitat d'ús (Fonts internes) al ser l'accés al centre des del carrer i el pati. Veiem l'acció dels porxos (Parets exteriors i Cobertes) en les pèrdues. Novament les infiltracions pertanyents a les portes d'accés.

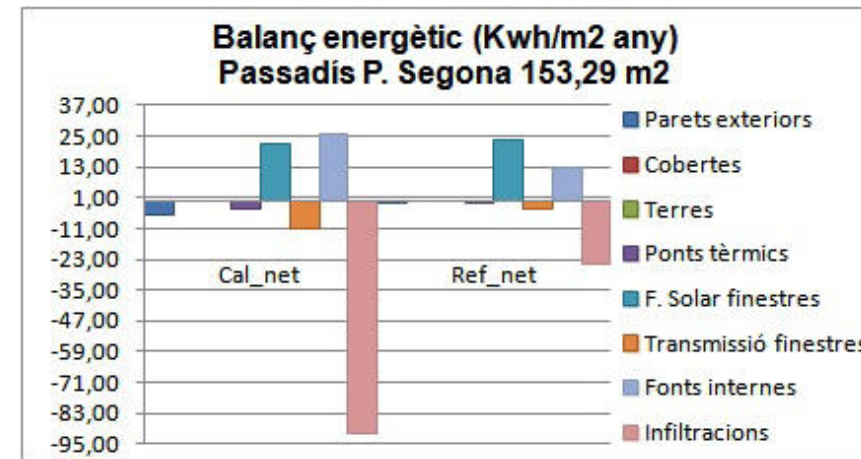


Fig.5.49: **Balanç energètic Passadís P2**  
Font: **Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER**

Fig.5.49 – El passadís de planta segona (igual a planta primera) veiem disminuïda l'aportació per intensitat d'ús (Fonts internes) i les pèrdues per tancaments exteriors (Parets exteriors i Cobertes) encara que augmenten les referents a infiltracions exteriors en quant les fusteries de PVC dels despatxos de passadís (Fig.5.40).

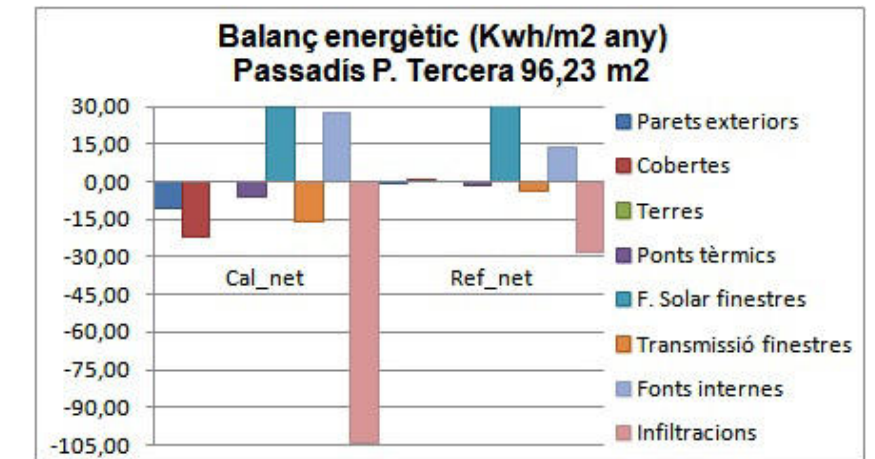


Fig.5.50: **Balanç energètic Passadís P3**  
Font: **Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER**

Fig.5.50 – El passadís de planta tercera redueix la seva superfície en planta, tot i això els índexs per m<sup>2</sup> es conserven, inclòs augmenten ja que degut a l'alçada de l'edifici aquest rep major radiació solar (F. Solar). També s'observa l'acció dels tancaments de la coberta superior.

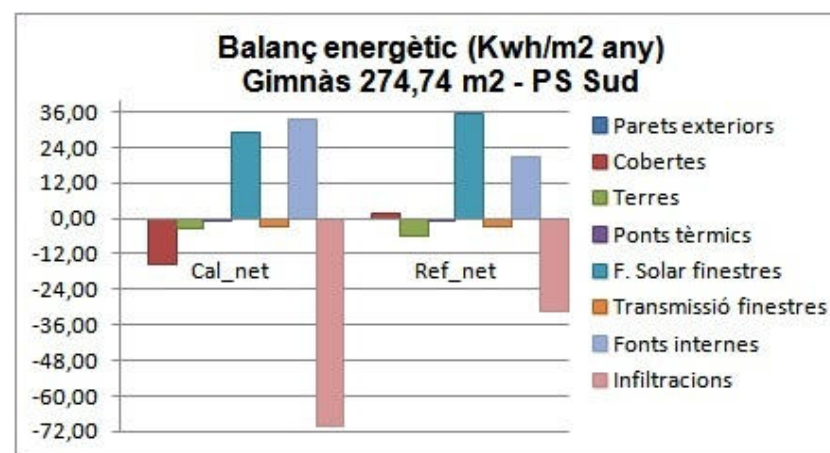


Fig.5.51: Balanç energètic Gimnàs - PS Sud  
Font: Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER

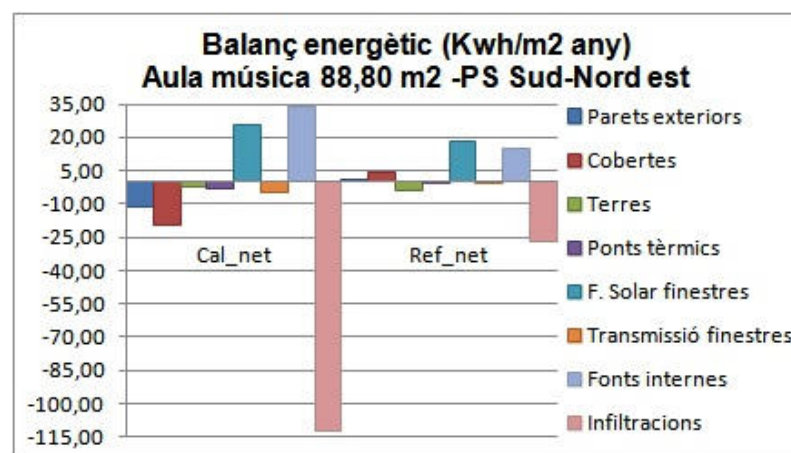


Fig.5.52: Balanç energètic Aula música - PS Sud/Nord-est  
Font: Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER

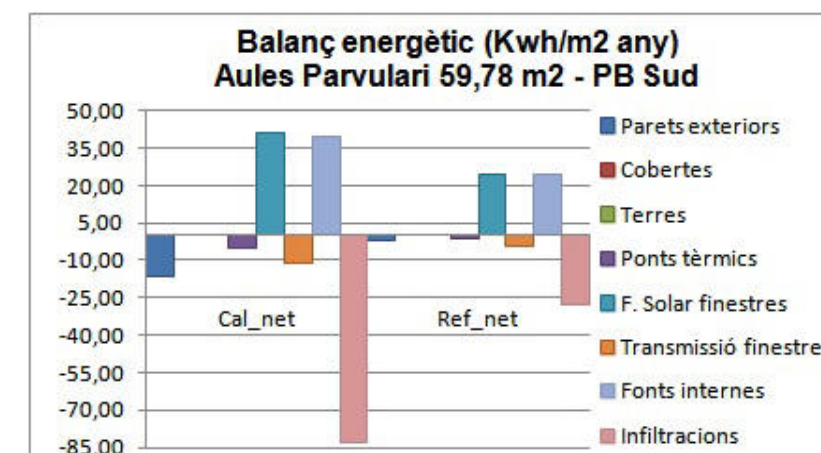


Fig.5.53: Balanç energètic A. Parvulari – PB Sud  
Font: Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER

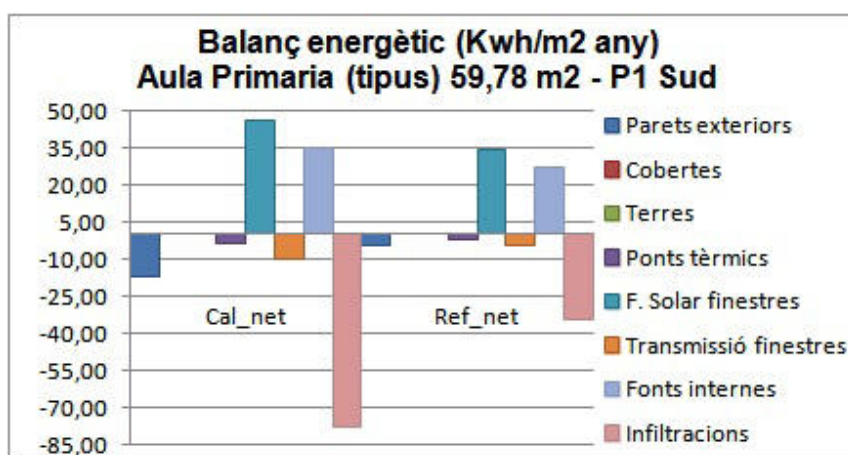


Fig.5.54: Balanç energètic A. Primària – P1 Sud  
Font: Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER

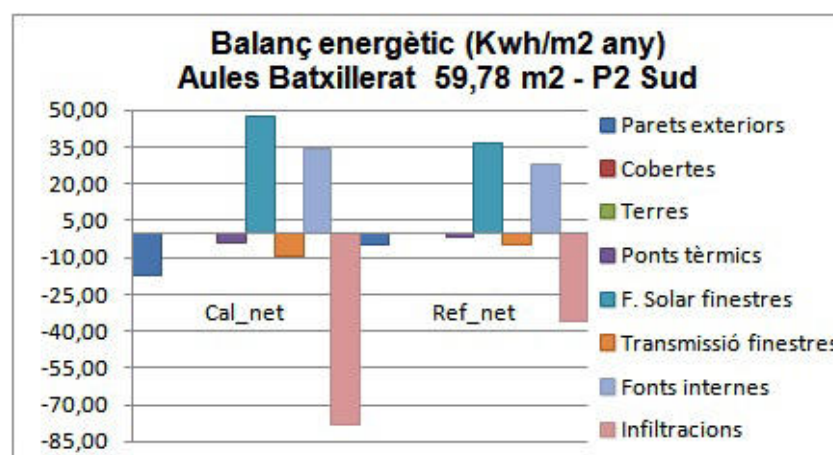


Fig.5.55: Balanç energètic A. Batxillerat – P2 Sud  
Font: Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER

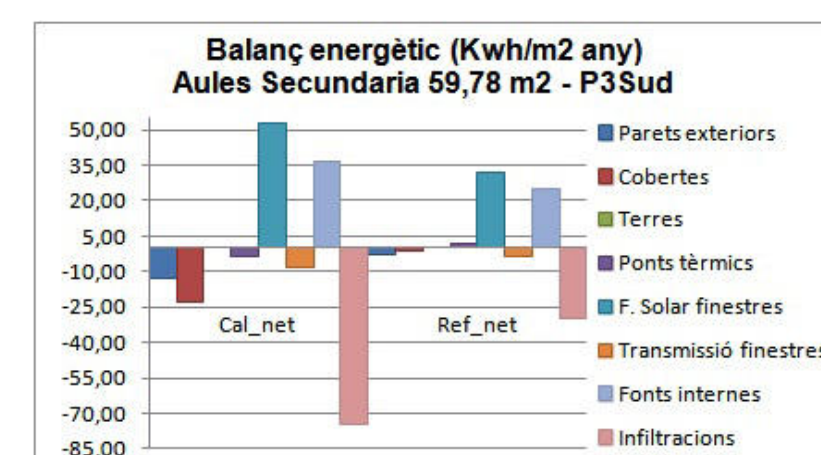


Fig.5.56: Balanç energètic A. Secundària – P3 Sud  
Font: Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER

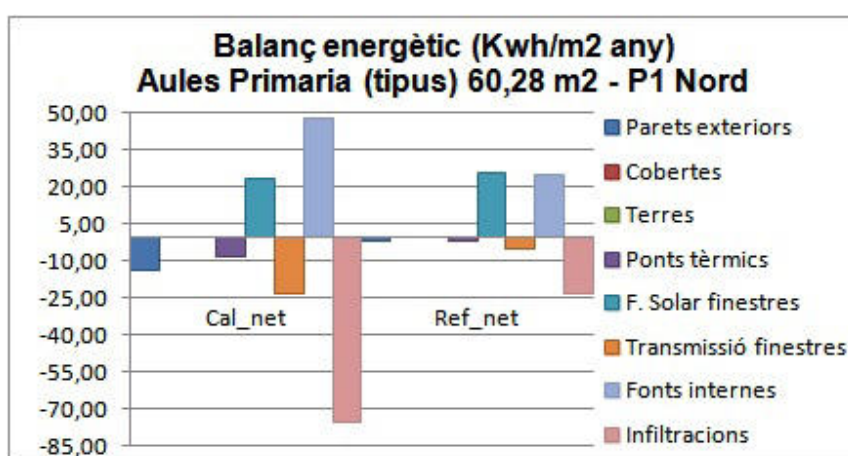


Fig.5.57: Balanç energètic A. Primària – P1 Nord  
Font: Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER

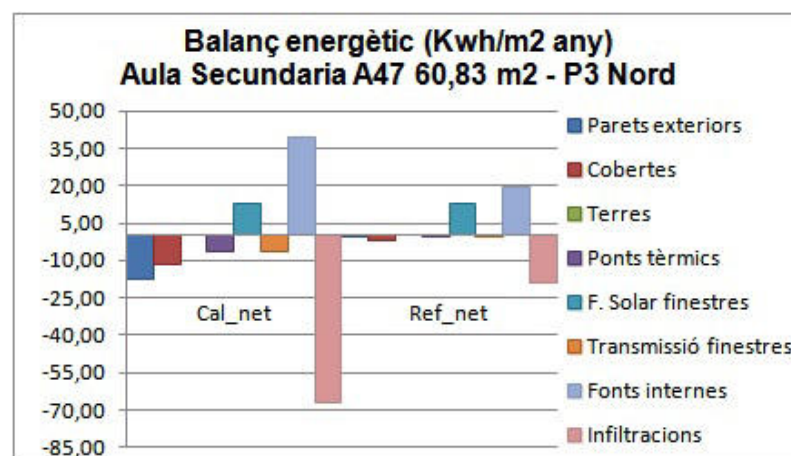


Fig.5.58: Balanç energètic A. Secundària A47 – P3 Nord  
Font: Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER

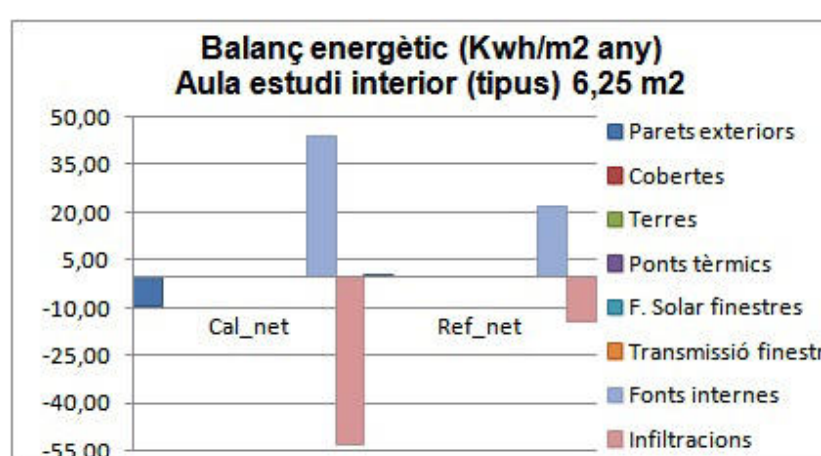


Fig.5.59: Balanç energètic Aula estudi interior (tipus)  
Font: Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER

En aquest apartat realitzem la comparació entre les diferents tipologies d'aules des de P. soterrani fins a P. tercera, de façana sud a nord i el centre. Iniciant amb el gimnàs (F.5.51) trobem el increment de la captació solar degut als m<sup>2</sup> de lluerna, en canvi a música (F.5.52) augmenten les infiltracions a la coberta inclinada.

A les aules de façana (F.5.53-5.58) trobem una estabilitat en els valors degut a que tenen la mateixa intensitat d'ús i construcció, en canvi trobem diferència en la captació solar de zona sud i nord, variant en funció de l'alçada de planta i de la superfície de finestres, com veiem a l'aula A47 que decreix per tenir menor superfície d'obertures.

En canvi els valors de les aules d'estudi de l'interior (F.5.59) varien molt per la diferent composició d'aquetes, al tan sols tenir aportació en funció de la intensitat d'ús (Fonts internes), a més de la qüestió de no tenir finestres per on ventilar. Les infiltracions són altes degut a la reduïda superfície que augmenten el índex per m<sup>2</sup>.

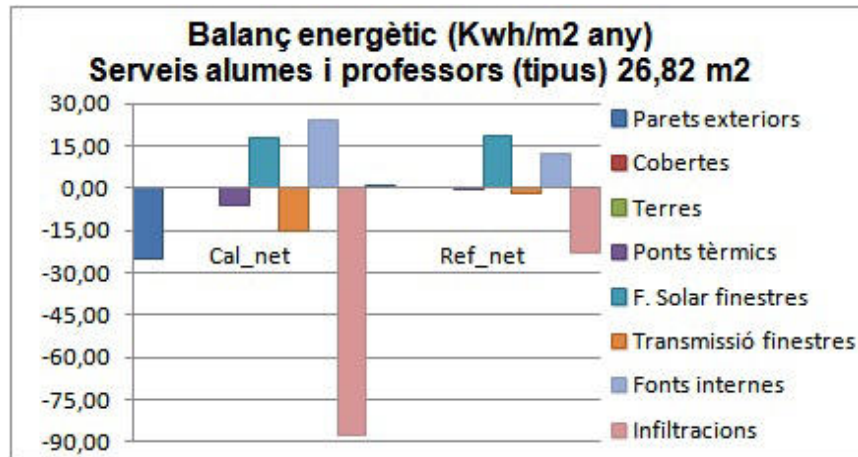


Fig.5.60: **Balanç energètic Serveis alumnes i professors (tipus)**  
Font: *Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER*

Al tractar els serveis de planta cal aclarir que per la introducció de LIDER s'ha realitzat l'agrupament d'aquest dos espais, els quals caldrà aplicar l'índex per  $m^2$  a cadascuna. Observant la figura (F.5.60) s'aprecia la forta infiltració degut a la baixa permeabilitat de les finestres de fusta amb vidre senzill.

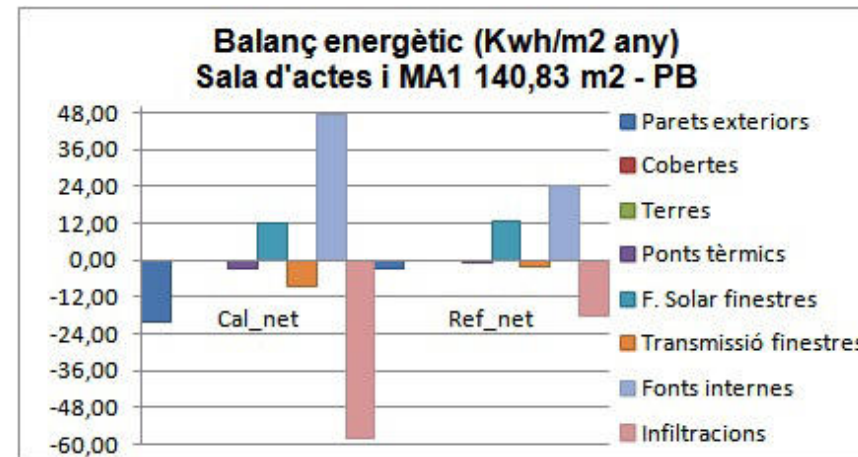


Fig.5.61: **Balanç energètic Sala d'actes i MA1 – PB Nord**  
Font: *Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER*

La sala d'actes i l'espai MA1 (F.5.61) utilitzat com a camerino, també s'han integrat junts en un sol espai. D'aquests cal observar que els resultats estan condicionats per la gran superfície de la sala, la qual té un ús reduït, encara que quan s'utilitza pot acollir a gran nombre d'usuaris (*Fonts internes*).

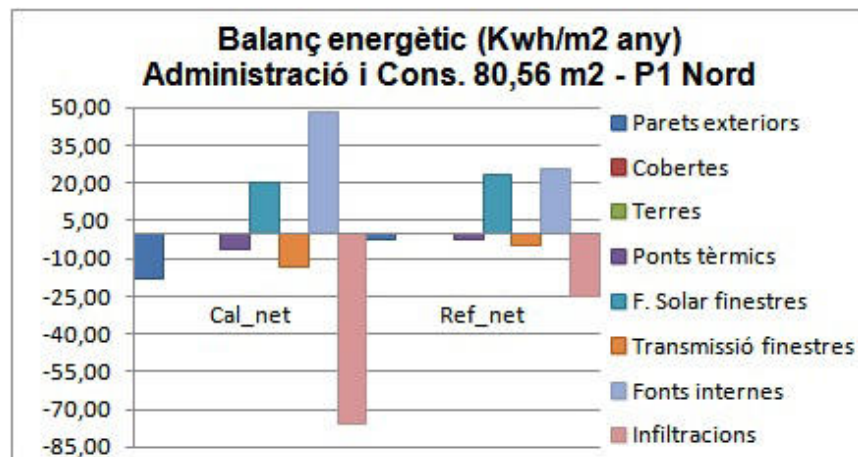


Fig.5.62: **Balanç energètic Administració i consergeria – P1 Nord**  
Font: *Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER*

En la zona destinada a administració i consergeria, trobem quatre espais que es caracteritzen per la condició de rebre la influència de les dues façanes nord-est i nord-oest degut això tenim aquestes altes infiltracions. També es pot observar els guanys per l'alta intensitat d'ús durant la jornada (*Fonts internes*).

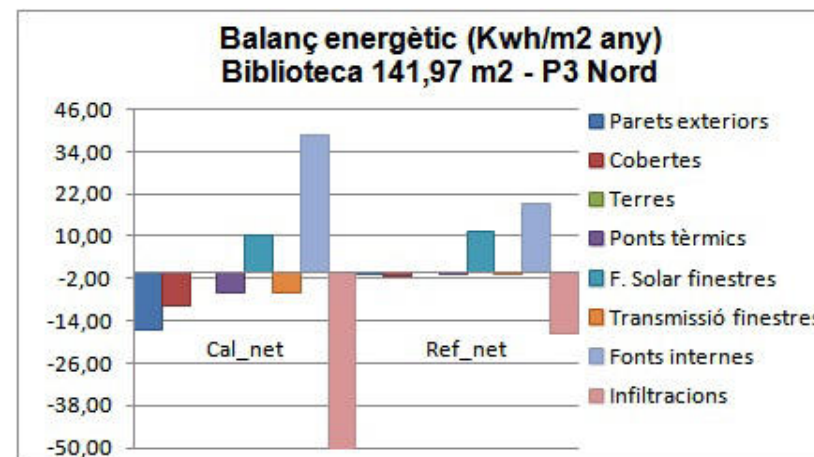


Fig.5.63: **Balanç energètic Biblioteca – P3 Nord**  
Font: *Elaboració pròpia – Veure annex C resultats LIDER*

Si prenem atenció a la figura (F.5.63) de la biblioteca, situada a la P. Tercera, observem l'efecte de la coberta de panell sandvitx produint pèrdues tot i tenir una transmitància "adequada". D'altra banda, veiem reduïdes les infiltracions i la radiació solar a causa de la menor superfície de finestres, igual que a l'aula A47.

5.4.2. Demanda Lumínica

L'objecte d'aquest apartat es determinar la demanda lumínica de l'edifici a partir de les dades característiques de cada local i dels aparell dels quals disposa. Aquesta demanda teòrica d'il·luminació es calcula a partir de les possibilitats d'il·luminació natural de l'edifici i de les característiques especials dels espais. És a dir, es tracta de dimensionar l'aportació lumínica necessària per a poder oferir les condicions de confort adequades a les necessitats de cada activitat en funció de la tipologia de recinte.

Per tal de poder determinar les característiques que condicionen la demanda lumínica de l'edifici, cal conèixer diferents aspectes de l'edifici:

- Estudi dels aspectes que poden influir en l'aprofitament del flux lumínic de les làmpades, els factors a verificar es troben condicionats en funció de la claror del local, del nivell d'envidrament (relació ple/buit) i de les dimensions dels espais.
- També cal analitzar els perfils d'utilització de les diferents estances i la seva distribució en l'edifici.

Una vegada caracteritzats tots els elements que determinen la demanda lumínica, s'han realitzat amidaments *in situ* amb luxòmetre en diferents punts dels locals per tal de valorar l'aprofitament estimat que té l'edifici en una jornada estàndard. D'altra banda, mitjançant l'eina de càlcul DIALUX hem pogut quantificar els valors deficiència energètica VEEI (W/m<sup>2</sup>/100 lux) de les làmpades, la qual ve donada (segons la nomenclatura del CTE HE3 *Tabla 2.1 Valores límite de eficiencia energética de la instalación*) per la potencia instal·lada en funció de la superfície en m<sup>2</sup>, el nivell d'il·luminació mitjana mantinguda (E<sub>m</sub>) en lux, i els valors límit del índex d'enlluernament (UGR) necessaris per valorar dites làmpades en cada cas, a més de tenir en compte les diferents tipologies d'àrees i les activitats a realitzar, basant-nos en la Norma Europea UNE-EN 12464-1.

A l'hora de justificar el procés de càlcul amb dita simulació remetem a l'Annex C <sup>(11)</sup>, on es troba un resum de la introducció dels espais i els passos realitzats.

Pel que fa a l'avaluació de la demanda a l'Escola Isabel de Villena a continuació realitzem un anàlisi de les estances més significatives:

Menjador	VEEI (W/m <sup>2</sup> /100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	1,77	461	17
Normativa	≤10	200	≤22

- \* 29 Làmpades encastades en fals sostre amb reflector, sense pantalla protectora; 2x58W fluorescents, reactància electromagnètica.

El menjador, es un local molt ample en planta irregular delimitat pels murs de sota rasant, a on s'hi va afegir una aula per a ús polivalent. Està dotat de lluernes a tot el seu perímetre permetent l'aprofitament de la llum natural, la qual cosa redueix durant les hores de sol la demanda lumínica per oferir les condicions de confort adequades.

Donats els valors calculats que es mostren a la taula i si observem la simulació de colors falsos (Fig.5.64) ens adonem que aquest local pateix un excés d'il·luminació, encara que es detecten zones (al perímetre, on es troben les lluernes) sense cap tipus de aparell que en el cas de absència de llum natural quedarien deficientment il·luminats amb valors E<sub>m</sub> per sota de 100 lux. Cal dir que l'aula polivalent es troba a la superfície amb manca de llum i que en el seu cas al ser un espai destinat a la docència les exigències dels paràmetres de confort lumínic són majors. En general trobem gran variació en les superfícies, excessos i deficiències, es a dir no existeix equilibri.

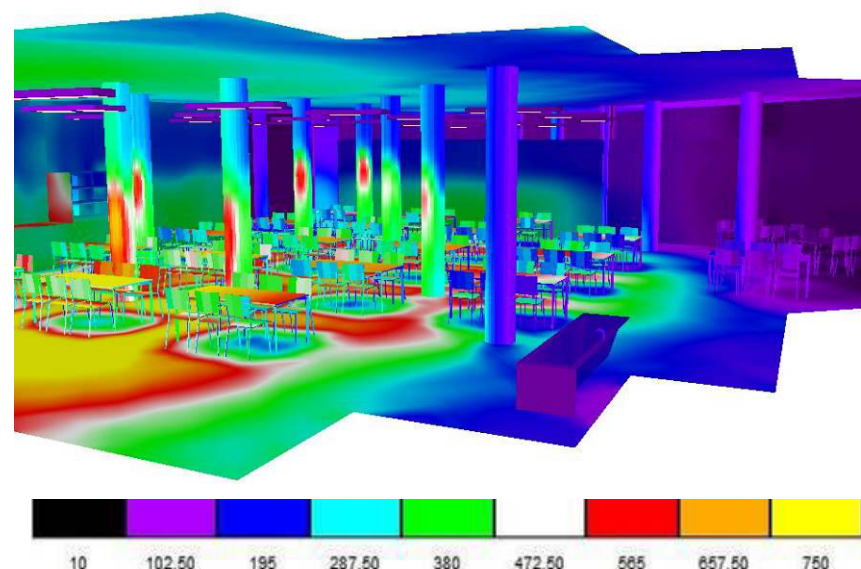


Fig.5.64: Rendering de colors falsos / menjador PS  
Font: Veure Annex C resultats DIALUX

Cuina	VEEI (W/m <sup>2</sup> /100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	4,79	233	18
Normativa	≤ 5	500	≤ 22

- \* 1 làmpada de superfície, estanca fluorescent 1x18W
- \* 2 làmpades de superfície, estanques fluorescents 1x58W
- \* 6 làmpades de superfície, fluorescents 2x58W

La cuina (Fig.5.65) és un local que es defineix per les tasques que es desenvolupen a cadascuna de les seves àrees; té una geometria irregular i es comunica amb el menjador a la zona del bar. També disposa d'una important superfície de lluernes al seu perímetre, possibilitant la il·luminació natural, la qual cosa redueix la necessitat d'aportació lumínica per poder oferir les condicions de confort adequades. Encara que en aquest cas podem dir que en condicions d'absència de llum natural, amb la lluminària existent no s'aconsegueix la demanda d'il·luminació adequada.

D'altra banda, al magatzem pertanyent a la cuina trobem un espai amb una qualitat superior a la exigida i per tant amb excés de consum.

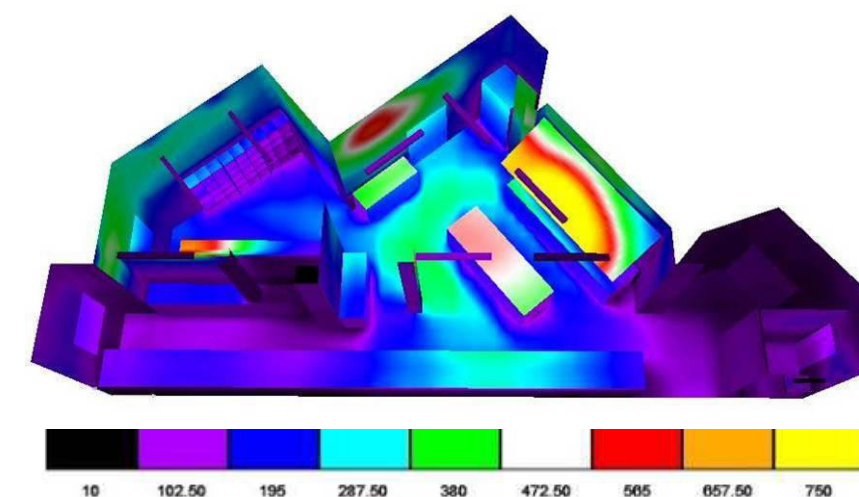


Fig.5.65: Rendering de colors falsos / cuina PS  
Font: Veure Annex C resultats DIALUX

(11). ANNEX C – Resum introducció DIALUX. Pàg. 257

**Passadissos i vestíbuls**

Passadís PS	VEEI (W/m²/100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent (Oest)	2,64	178	16
Existent (Est)	3,18	178	11
Normativa	≤ 4,5	100	≤25

**Sector oest** (Fig.5.66)

- \* 4 làmpades de superfície, estanques fluorescents 1x58 W

**Sector est** (Fig.5.67)

- \* 2 làmpades de superfície, estanques fluorescents 1x58 W
- \* 1 làmpada de superfície, estanca fluorescent 1x18W

Iniciem amb el **passadís de planta soterrani** on trobem una zona de distribució caracteritzada per l'absència de llum natural i amb una altura lliure de 4 metres, la qual cosa influeix directament a la dispersió de la qualitat de la il·luminació, per situar-se aquesta massa lluny del pla útil.

La seva planta està composta per dos sectors, l'est i l'oest; amb superfície longitudinal, té eixamples als seus extrems on es troben els vestíbuls d'accés. Tot i que tenim valors molt similars en ambdós sectors, podem dir que aquests espais estan lleugerament sobre il·luminats en algunes àrees, ja que seria possible extreure un millor aprofitament de les llumeneres instal·lades a partir de la instal·lació de fals sostre, per tal d'apropar-nos al valors límits que estableix la norma.

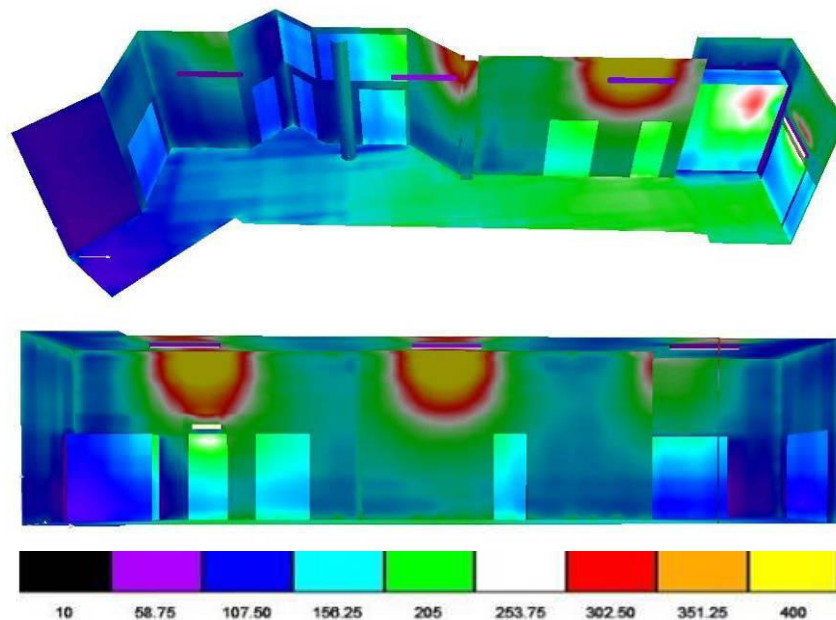


Fig.5.66/67: **Rendering de colors falsos / Planta passadís PS**  
Font: **Veure Annex C resultats DIALUX**

Passadís i vestíbul PB	VEEI (W/m²/100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	2,83	327	14
Normativa	≤ 4,5	100	≤ 25

- \* 14 làmpades de superfície, estanques fluorescents 1x58 W
- \* 3 làmpades de superfície, estanques fluorescents 2x58W
- \* 1 làmpada de superfície, estanca fluorescent 1x18W
- \* 5 focus encastat, fluorescents compactes 2x26W

El **passadís de planta baixa** de geometria longitudinal s'uneix en el centre de la planta amb el vestíbul, el qual comunica amb la resta de plantes superiors mitjançant els buits dels sostres fins la llumera situada a la coberta, encara que sent aquesta la planta inferior la possibilitat d'aprofitament de llum natural és escassa.

Com podem observar al rendering (Fig: 5.68), trobem zones amb excés d'il·luminació al passadís, en canvi al vestíbul el nivell d'il·luminació mitjana mantinguda s'aproxima més a la demanda exigida per aquest espai, sent aquesta gairebé la meitat que l'existent al passadís. Cal afegir que aquest vestíbul conté a la zona central dos **despatxos pel professorat**, en els quals l'exigència per aquesta tipologia d'espais és superior a la del passadís (300 lux), tot i així encara segueix sent excessiva i amb manca d'uniformitat en el repartiment de la llum.

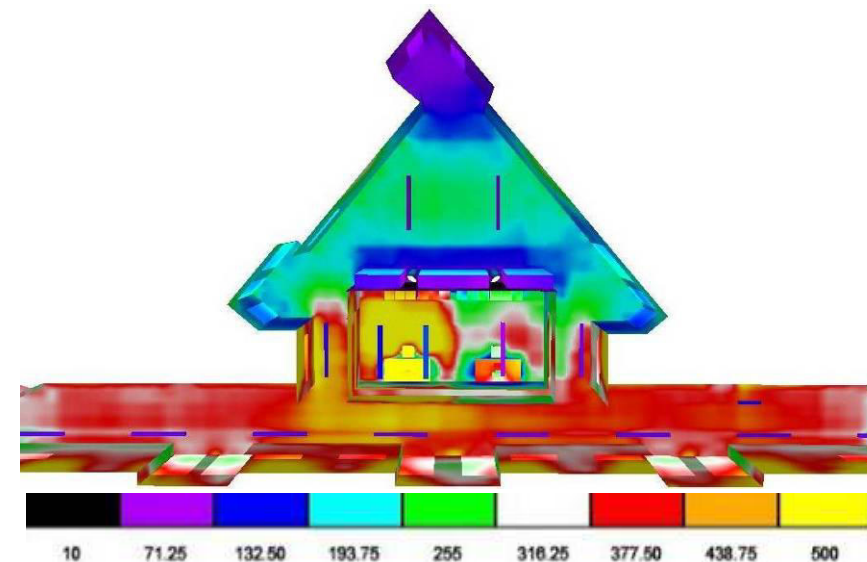


Fig.5.68: **Rendering de colors falsos / Planta passadís i vestíbul PB**  
Font: **Veure Annex C resultats DIALUX**

Passadís i vest. P1 / P2	VEEI (W/m²/100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	1,98	325	16
Normativa	≤ 4,5	100	≤ 25

- \* 17 làmpades de superfície, estanques fluorescents 1x58W
- \* 1 làmpada de superfície, estanca fluorescent 1x18W

Els **passadissos de planta primera i segona** també de geometria longitudinal, amb la mateixa singularitat de tenir il·luminació natural en el vestíbul fins a coberta. A part d'aquesta entrada de llum de l'exterior, també tenim la possibilitat a partir dels despatxos realitzats en els extrems mitjançant divisòries amb fusteria d'alumini.

La lluminària existent a aquests passadissos també produeix excés d'il·luminació, a excepció del cas de dits despatxos, on no hi ha cap tipus d'instal·lació.

Passadís P3	VEEI (W/m²/100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	2,57	315	13
Normativa	≤ 4,5	100	≤ 25

- \* 11 làmpades de superfície estanques fluorescents 1x58W
- \* 1 làmpada de superfície estanca fluorescent 1x18W

Per últim esmentarem el cas del passadís de planta **tercera** de geometria longitudinal amb despatxos als extrems, mitjançant aquests és a on rebem la única aportació d'il·luminació natural.

Continuant la tònica dels anteriors la potencia instal·lada es molt superior a la demanda per normativa i per tant en aquestes espais hi ha l'oportunitat d'estalviar energèticament.



Vest. nois	VEEI (W/m²/100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	9,50	168	17
Normativa	≤ 10	100	≤ 25

- \* 8 focus encastrats en fals sostre amb reflector amb fluorescents compactes de 26W.

**Vestuari de nois**, espai ubicat al sector oest del soterrani, de planta irregular i longitudinal. És una estança delimitada pels murs de soterrani i amb una petita aportació de llum natural a partir de la lluerna en la coberta del pati superior. Podem dir que en aquest la il·luminació existent es la adequada.

Dutxes	VEEI (W/m²/100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	6,12	106	15
Normativa	≤ 10	100	≤ 25

- \* 3 llampades estanques fluorescents de 18W
- \* 1 focus encastrat en fals sostre amb reflector amb fluorescents compactes de 26W (bany integrat a una de les cantonades)

D'altra banda tenim l'espai destinat a les **dutxes** ubicades al mateix vestuari, les quals s'han diferenciat del mateix a l'hora de quantificar l'eficiència de les llampades i que en aquest cas ens trobem un espai de planta quadrada. Aquest sense possibilitats d'il·luminació natural. Obtenim valors similars als del vestuari i per tant correctes.

Vest. noies	VEEI (W/m²/100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	3,54	250	18
Normativa	≤ 10	100	≤ 25

- \* 6 llampades encastrades en fals sostre amb reflector, reactància electromagnètica i sense pantalla protectora, fluorescent de 3x18W

**Vestuari de noies**, ubicat al sector est del soterrani amb una geometria molt particular e irregular. Una petita porció del seu sostre gaudeix de lluernari, el qual ofereix la possibilitat d'il·luminació amb llum natural. En aquest cas en canvi predomina l'excés d'il·luminació artificial, però donada la seva distribució tan irregular trobem racons per sota del nivell adequat, degut a la posició on estan col·locades les llampades.

Lab. ciències i química	VEEI (W/m²/100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	2,42	393	17
Normativa	≤ 4	500	≤ 19

**Lab. Ciències**

- \* 5 llampades de superfície, estanques fluorescents 1x58W

**Lab. Ciències**

- \* 8 llampades de superfície, estanques fluorescents 1x58W

**Laboratori de ciències**, es tracta d'un local de geometria predominantment rectangular amb una mena de xamfrà a un dels seus costats; està separat per una divisòria del **Laboratori de química**, de planta totalment rectangular. Degut a que comparteixen les mateixes exigències, s'han estudiat conjuntament.

Aquests espais també comparteixen entre ells i amb el laboratori de tecnologia, un lluernari que discorre pel seu sostre i els proporciona gran quantitat de llum solar. Per aquest factor hem realitzat mesuraments *in situ* per tal de comprovar el grau d'il·luminació que s'assoleix a un dia solejat prescindint de llum artificial i el resultat que hem obtingut són de 683,17 lux i 247,17 lux respectivament <sup>(12)</sup>. Dits valors ens indica que en el primer cas (L. Ciències) es cobreix sobradament la demanda lumínica exigida per al seu ús, en canvi al laboratori de química, no s'assoleix però ajudaria a disminuir la aportació lumínica artificial per tal d'estalviar energia.

Resta analitzar els resultats obtinguts a la simulació informàtica sense tindre en compte l'influència de llum natural, els quals mostren una qualitat lumínica de les llampades existents per sota de les recomanacions de la normativa i per tant deficient.

Laboratori tecnologia	VEEI (W/m²/100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	2,73	521	12
Normativa	≤ 4	500	≤ 19

- \* 9 llampades de superfície, estanques fluorescents 2x58W

**Laboratori de tecnologia**, la seva planta es perfectament rectangular a on veu diferenciada l'aula del taller. Aquest espai gaudeix d'il·luminació natural zenital proporcionada per la lluerna que es troba a la coberta superior.

En aquest espai es van realitzar mesuraments *in situ* sense cap tipus de il·luminació artificial en un dia solejat i els valors obtinguts en el càlcul donen un E<sub>m</sub> de 1424,29 lux <sup>(11)</sup>, es a dir que aquest espai dona la possibilitat de ser utilitzat sense aportació lumínica artificial.

D'altra banda amb les dades de la taula superior, podem dir que la il·luminació existent es adequada. Observant la imatge inferior (Fig. 5.69) podem observar com els nivells E<sub>m</sub> que arriba a les superfícies de treball es troben al voltant dels 500 lux i 300 lux a les zones de pas.

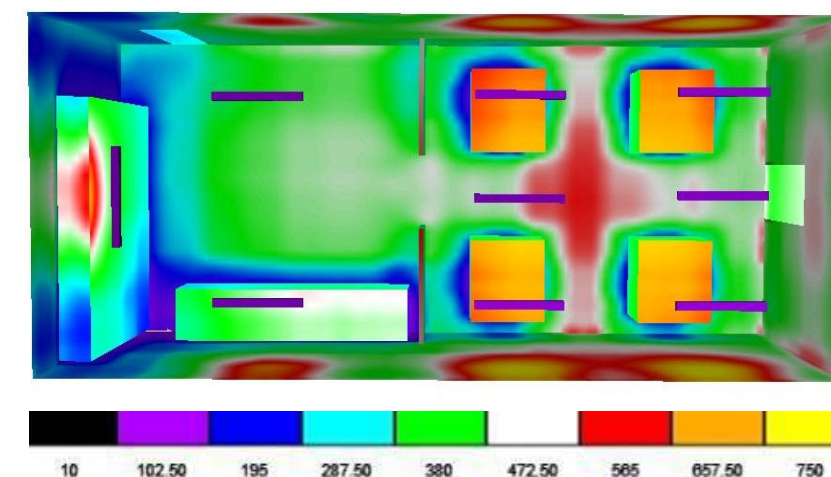


Fig.5.69: Rendering de colors falsos / laboratori tecnologia PS  
Font: Veure Annex C resultats DIALUX

(12). ANNEX B: Llistat d'inventari sistemes i equips. Pàg 84

Aula de plàstica	VEEI (W/m <sup>2</sup> /100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	2,56	315	14
Normativa	≤ 4	500	≤ 19

- \* 4 làmpades de superfície, estanques fluorescents 1x58W
- \* 4 làmpades de superfície, estanques fluorescents 2x58W

**Aula de plàstica**, recinte de planta longitudinal amb irregularitats als seus costats en forma de xamfrà; a la part posterior es troba el taller de manualitats, també utilitzat com a magatzem. Els recintes comparteixen llum al sostre que travessa per damunt del parament separador entre ambdós espais, el qual ofereix la possibilitat d'il·luminació natural.

En aquest cas si ens centrem simplement als valors de la taula diríem que estem davant un espai deficientment il·luminat però si contrastem aquestes dades amb el rendering (Fig:5.70) ens adonarem de que realment només a un dels espais els valors d'E<sub>m</sub> estan per sota dels recomanats. D'altra banda a l'aula s'arriba a 500 lux en les superfícies de treball i per tant podem dir que els aparells instal·lats assoleixen les condicions de confort recomanades, encara que restaria la millora de la il·luminació del taller.

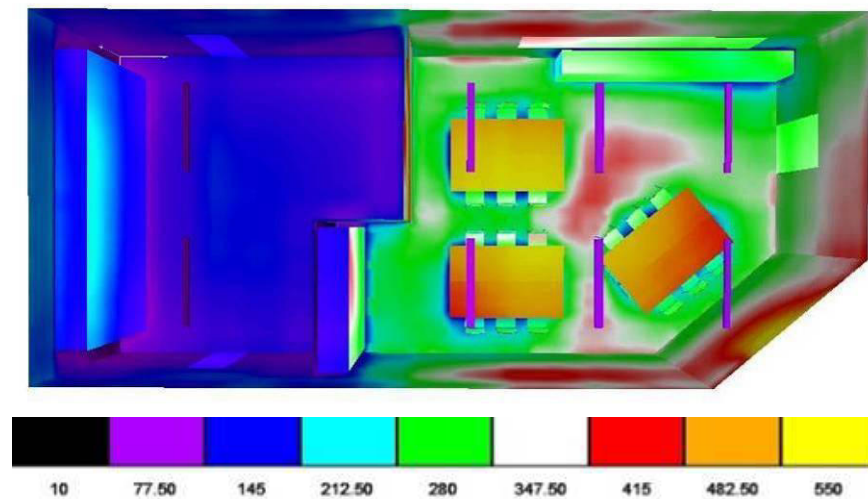


Fig.5.70: Rendering de colors falsos / aula i taller de plàstica PS  
Font: Veure Annex C resultats DIALUX

Gimnàs	VEEI (W/m <sup>2</sup> /100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	1,81	516	20
Normativa	≤ 5	300	≤ 22

- \* 7 Làmpades de superfície amb carcassa i reixa metàl·lica, pantalla difusora translúcid; reactància elèctrica, fluorescent de 80W

**Gimnàs**, es un espai de planta quadrada amb pilars al centre, realitzant la junta estructural entre l'edifici i la zona del pati. La planta té una zona annexada, la qual abans era l'antic escenari d'aquest gimnàs polivalent. Aquest espai disposa d'una gran superfície de llum a la seva part central que el dota d'una importat capacitat d'il·luminació natural. Per aquesta raó s'ha trobat interessant fer mesuraments *in situ* amb el fi de comprovar l'aprofitament de llum solar sense cap aportació de llum artificial, donant-nos un valor de E<sub>m</sub> que arriba als 2455 lux molt per damunt del recomanat, doncs podem afirmar que aquest espai es pot emprar en un dia solejat sense cap tipus de consum energètic pel que fa als sistemes d'il·luminació.

D'altra banda atenent a la verificació de l'eficiència dels elements instal·lats, veiem que aquestes làmpades generen un excés d'il·luminació al local (Fig:5.71).

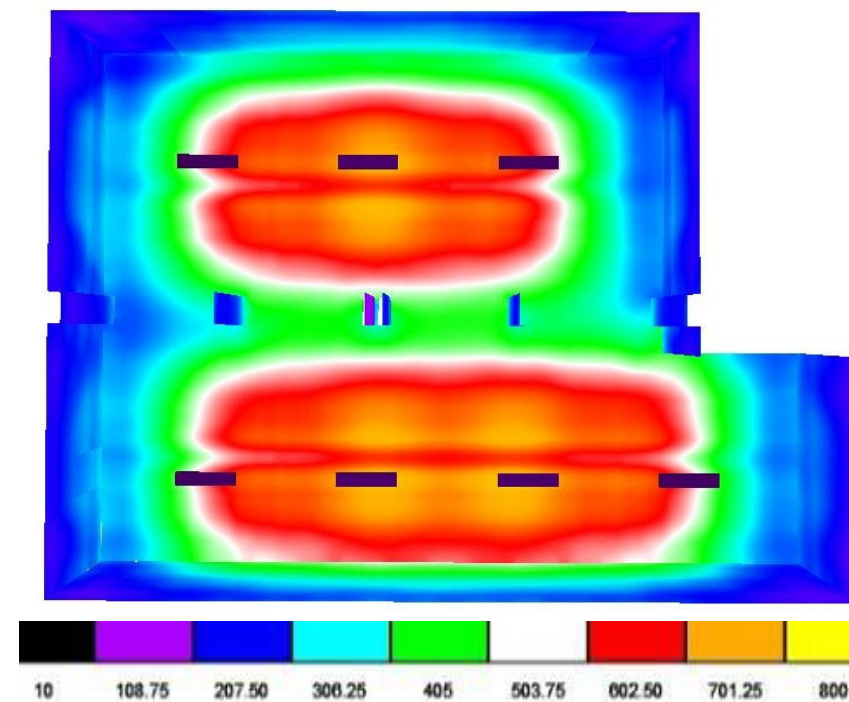


Fig.5.71: Rendering de colors falsos / gimnàs polivalent PS  
Font: Veure Annex C resultats DIALUX

Aules estudi PS	VEEI (W/m <sup>2</sup> /100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	3,01	300	17
Normativa	≤ 4	200	≤ 22

- \* 2 làmpades de superfície, estanques fluorescents 1x58W
- \* 3 làmpades de superfície, estanques fluorescents 2x58W

**Sales d'estudi a soterrani**, es tracta d'un espai compost per una zona de pas, que uneix el taller de manteniment amb el passadís exterior, aquesta zona també s'utilitza com a farmaciola. La resta de l'espai, mitjançant divisòries d'alumini es divideixen dues sales d'estudi. Aquest conjunt d'espais no disposen d'il·luminació natural alguna.

Encara que la normativa recomana una il·luminació mitjana de 200 lux en aules comuns d'estudi, tenim constància de que aquestes sales s'utilitzen a vegades com aules de desdoblament per a grups d'alumnes on la recomanació és més alta, exigint 300 lux, per tant podem dir que la il·luminació mitjana mantinguda per les làmpades existents es correcta, inclús a les superfícies de pissarra.

A. estudi Pta. tipus	VEEI (W/m <sup>2</sup> /100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	3,41	468	-
Normativa	≤ 4	200	≤ 22

- \* 2 làmpades de superfície, estanques fluorescents 1x58W

**Sales d'estudi i reunions tipus**, aquestes sales les trobem a planta baixa, primera i segona, la seva geometria es caracteritza per un xamfrà d'entrada que dona a un petit espai rectangular. Són espais totalment interiors amb manca d'obertures translúcides sense possibilitats d'il·luminació natural.

Aquests espais reben més del doble del valor en il·luminació mitjana sostinguda del que es recomana, per tant en aquest espai els equips instal·lats estan sobre dimensionats donant resultats excessius i generant una despesa innecessària d'energia.

Despatx secretaria	VEEI (W/m²/100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	4,6	476	12
Normativa	≤ 3,5	500	≤ 19

- \* 2 làmpades estanques fluorescents 2x58W

**Despatx secretaria**, espai estret i allargat comunicat amb recepció. Disposa d'una finestra que fa possible l'aportació de llum natural exterior.

En aquest cas encara que es supera el VEEI màxim per normativa, no s'assoleix el nivell d'il·luminació mitjana recomanat, per tant aquest espai que pateix deficiències degut a que les làmpades instal·lades no són les adequades.

Despatx d'administració	VEEI (W/m²/100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	4,1	286	-
Normativa	≤ 3,5	500	≤ 19

- \* 1 làmpada de superfície, estanca fluorescent 2x58W

El **despatx d'administració** té accés a partir de la recepció i comunica interiorment amb secretaria; de planta quadrada, aquest espai disposa d'una gran finestra que dona la possibilitat d'aprofitament de la llum natural exterior.

Tal i com succeeix al espai anterior es supera el VEEI límit i no s'assoleix la il·luminació mitjana recomanada el qual ens indica novament que les làmpades instal·lades no són les adequades per aquest local.

Recepció i consergeria	VEEI (W/m²/100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	3,18	462	19
Normativa	≤ 6	300	≤ 22

- \* 1 làmpada de superfície, estanca fluorescent 1x58W
- \* 1 làmpada de superfície, estanca fluorescent 2x58W
- \* 2 Làmpades penjants, amb carcassa, reflectants laterals, pantalla difusora i reactància electromagnètica, fluorescent 2x58W

**Recepció i consergeria** (Fig.5.72), aquesta estança en forma de L es compon d'una zona d'espera amb cadires i un mostrador d'atenció al públic. Les possibilitats d'aprofitament de llum natural les trobem mitjançant la porta envidriada d'entrada i a les finestres interiors a les particions amb els despatxos d'administració i secretaria.

En aquest espai en van realitzar mesuraments *in situ* i el resultat d'il·luminació mitjana sostinguda 544,29 lux, encara que aquestes no es va poder mesurar tan sols l'aprofitament de la llum natural per impossibilitat, per això els mesuraments mostren l'acció conjunta amb la il·luminació artificial.

A l'hora d'efectuar la verificació de l'eficiència veiem que tenim valors E<sub>m</sub> per damunt dels recomanats, ens trobem doncs davant un altre espai amb excés d'il·luminació artificial.

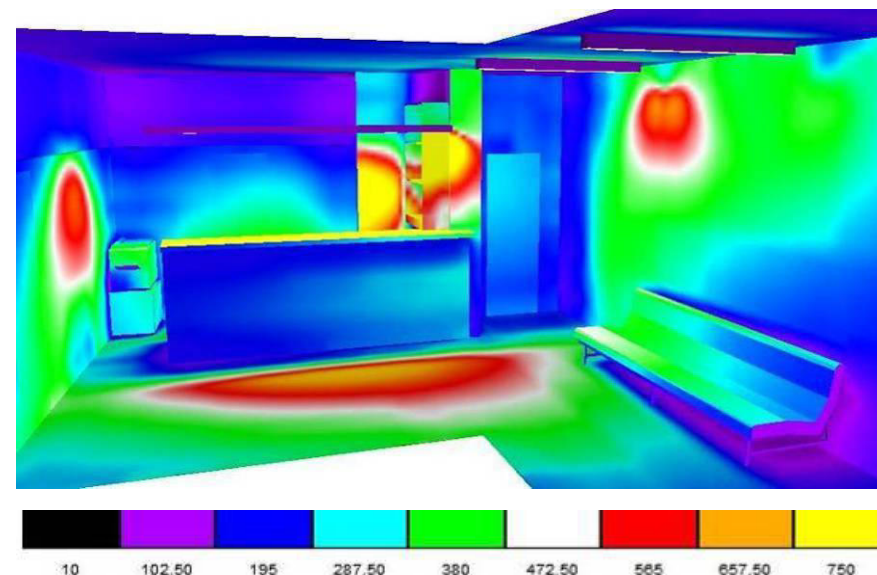


Fig.5.72: **Rendering de colors falsos / recepció i consergeria**  
Font: Veure Annex C resultats DIALUX

Sales de reunions	VEEI (W/m²/100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent (DG)	5,16	445	13
Existent (DP)	4,19	569	-
Normativa	≤ 10	200	≤22

**Sala de reunions DG**

- \* 2 làmpades de superfície, estanques fluorescents 2x58W

**Sala de reunions DP**

- \* 1 làmpada de superfície, estanca fluorescent 1x58W
- \* 1 làmpada de superfície, estanca fluorescent 2x58W

Adjunts als anteriors trobem dues **sales de reunions** de planta quadrada on s'atenen a les visites.

En ambdues existeix la possibilitat d'aportació de llum natural mitjançant finestres, les quals tenen cortines enrotllables.

En ambdues es pateix excés d'il·luminació. Si observem el cas de la sala de reunions DP a la simulació de colors falsos (Fig.5.73) podem observar com a la taula els nivells d'il·luminació mantinguda arriba al valor de 700 lux més de tres vegades per sobre del nivell recomanat.

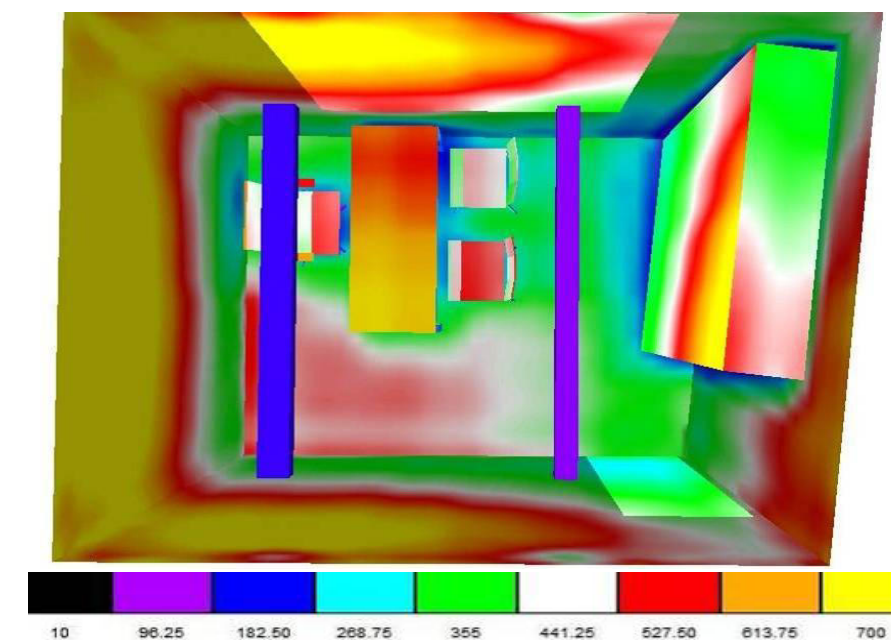


Fig.5.73: **Rendering de colors falsos / sala reunions DP\_P1**  
Font: Veure Annex C resultats DIALUX

**Aules façana Sud**

Aula de musica	VEEI (W/m <sup>2</sup> /100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	2,1	707	18
N. Aula	≤ 4	300	≤ 19
N. Pissarra	-	300	-

- \* 8 làmpades encastades amb reflector fluorescents 2x58W
- \* 3 làmpades de superfície, estanques fluorescents 2x58W

**Aula de musica** (Fig.5.74) està ubicada a la planta soterrani; s'accedeix des de el passadís de la zona est, en un nexa allargat fins a la zona de treball la qual gaudeix d'una planta perfectament quadrada. Aquest espai obté aportació de llum natural mitjançant una petita porció de llum al sostre i finestres en la part alta dels murs de façana sota la coberta de xapa grecada.

Es van realitzar mesuraments *in situ* en aquest espai sense cap tipus d'aportació de llum artificial obtenint un valor d'il·luminació mitjana sostinguda de 446,67 lux. A on podem dir doncs es torba capacitat d'oferir les condicions de confort lumínic adequat sense aportació de llum artificial durant els dies de sol.

D'altra banda els resultats obtinguts a la simulació informàtica sense tindre en compte l'aportació de llum natural, denoten uns valors excessius, havent-hi massa potencia instal·lada, a més que d'altra banda l'índex d'enlluernament (UGR) es troba al límit establert per normativa.

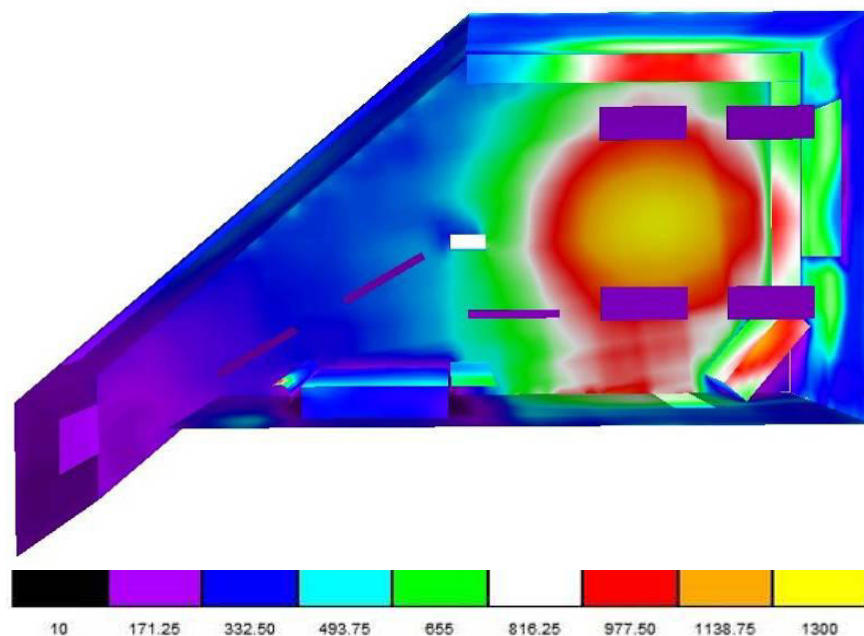


Fig.5.74: **Rendering de colors falsos / aula música soterrani**  
Font: Veure Annex C resultats DIALUX

Aules sud cantonada	VEEI (W/m <sup>2</sup> /100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	2,35	512	17
N. Aula	≤ 4	300	≤ 19
N. Pissarra	-	300	-

- \* 5 làmpades de superfície, estanques fluorescents 2x58W

**Aula façana sud tipus de cantonada** (Fig.5.75), aquest tipus d'aula la trobem als extrems de planta, a tota la façana des de planta baixa fins a planta tercera, hi ha dues per pis i la seva planta forma un trapezi amb un angle tancat a un dels seus vèrtex que coincideix amb les cantonades de l'edifici. Totes gaudeixen de la possibilitat d'il·luminació natural mitjançant grans finestres al seu tancament exterior.

En els mesuraments realitzats amb luxòmetre sobre l'aprofitament de la llum natural, el valor obtingut de E<sub>m</sub> ha sigut 1455 lux molt per damunt del necessari. Sent en moltes ocasions prescindible la llum artificial.

Referents als valors calculats a la simulació informàtica indiquen un excés d'il·luminació mitjana tant en el conjunt de l'aula com en l'àrea de la pissarra i per tant resta inadequada la instal·lació d'il·luminació en aquest espai.

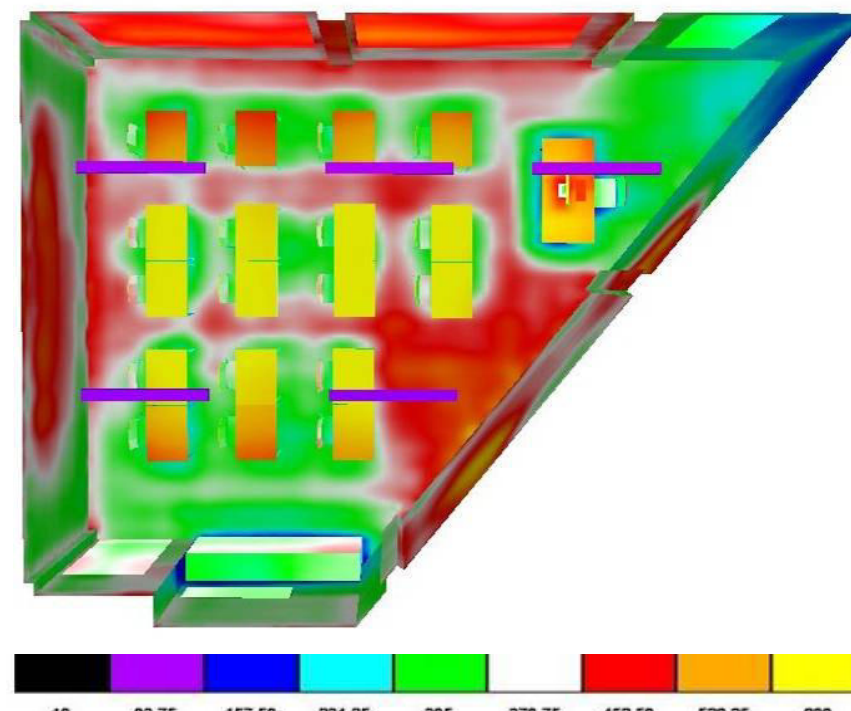


Fig.5.75: **Rendering de colors falsos / aula façana sud tipus (central)**  
Font: Veure Annex C resultats DIALUX

Aules sud central	VEEI (W/m <sup>2</sup> /100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	2,30	594	17
N. Aula	≤ 4	300	≤ 19
N. Pissarra	-	300	-

- \* 6 làmpades de superfície, estanques fluorescents 2x58W

**Aula façana sud tipus central**, ubicades entremig de les anteriors, n'hi ha quatre per pis i la seva planta és quadrada.

Dotades de grans superfícies de finestres i la corresponent aportació de llum natural, en els mesuraments realitzats *in situ* s'ha obtingut un E<sub>m</sub> de 518,75 lux lo qual cobreix la demanda lumínica de la estança sense aportació de llum artificial.

Els resultats obtinguts a la simulació del sistema d'il·luminació artificial indica es dobla la necessitat exigida sent a les taules de treball major que en la zona de la pissarra, per tant en general trobem excessiva la quantitat lumínica (Fig.5.76).

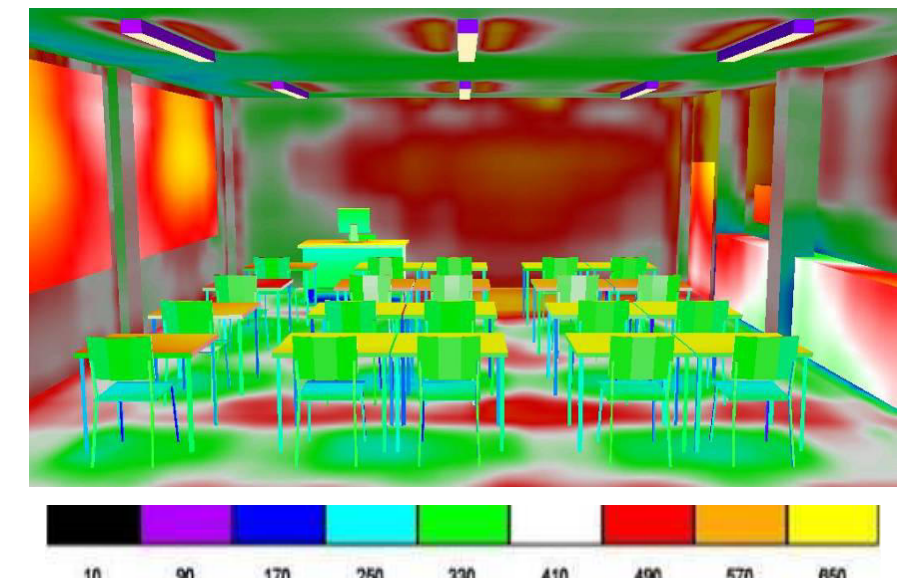


Fig.5.76: **Rendering de colors falsos / aula façana sud tipus (central)**  
Font: Veure Annex C resultats DIALUX

**Aules façana Nord**

Aula d'informàtica	VEEI (W/m²/100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	2,83	481	18
N. Aula	≤ 4	500	≤19
N. Pissarra	-	300	-

\* 6 làmpades de superfície, estanques fluorescents 2x58W

**Aula informàtica**, ubicada a planta baixa conté un recinte destinat als servidors de xarxa, el qual la converteix en un local de planta irregular amb dos espais diferenciats. La aportació de llum natural prové de les finestres.

Els resultats obtinguts indiquen un nivell d'il·luminació deficient en el conjunt de l'aula per tal de treballar amb ordinadors, requerint una il·luminació mitjana mantinguda a les zones de treball de 500 lux, d'altra banda excessiu la superfície de la pissarra està correctament il·luminada. (Fig: 5.77).

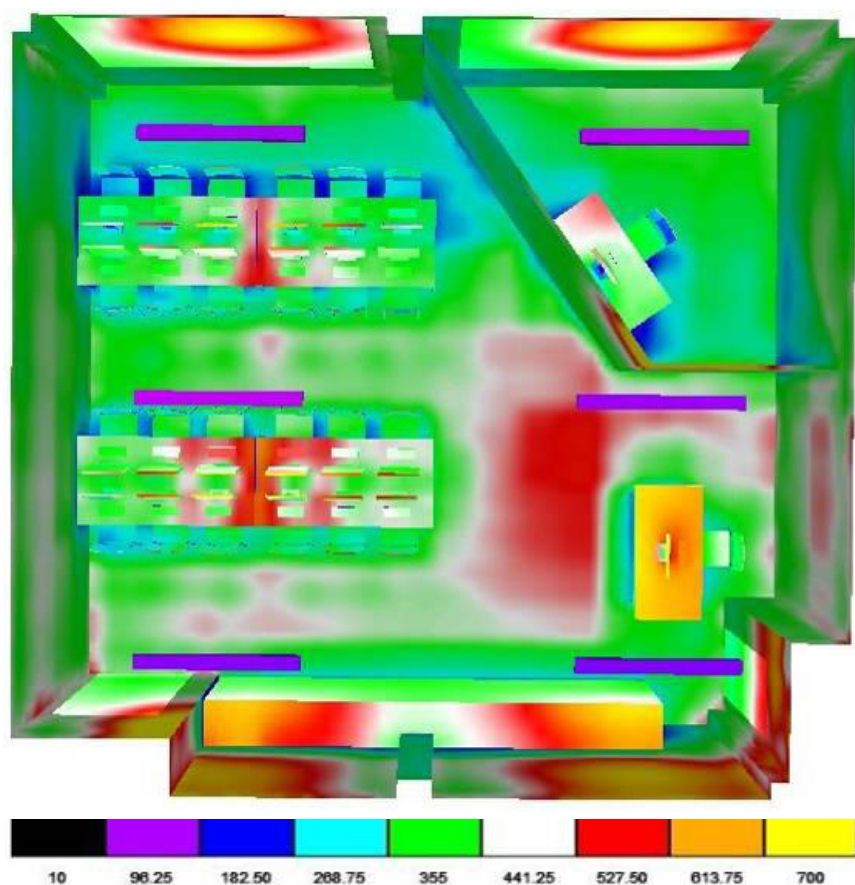


Fig.5.77: Rendering de colors falsos / aula d'informàtica PB  
Font: Veure Annex C resultats DIALUX

Aula A48	VEEI (W/m²/100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	2,72	807	13
N. Aula	≤ 4	300	≤19
N. Pissarra	-	300	-

\* 8 làmpades estanques fluorescents 2x58W

**Aula A48**, ubicada al tercer pis i de planta perfectament rectangular. Aquest espai encara que és interior obté aportació de llum natural mitjançant finestres que donen al nucli central de la lluern de policarbonat

Es van fer mesuraments de la il·luminació amb luxòmetre *in situ* per avaluar l'aprofitament lumínic interior i els valors resultants donen uns 930,83 lux de E<sub>m</sub>, els quals permetrien realitzar l'activitat en un dia solejat fins i tot a l'interior de l'edifici gràcies a l'aportació de la lluern.

D'altra banda amb la simulació informàtica sense tindre en compte cap aportació de llum natural obtenim un valor de 807 lux d'il·luminació mitjana sostinguda, per tan podem afirmar que en aquest espai hi ha un greu excés de malbaratament d'energia i desconfort lumínic (Fig: 5.78).

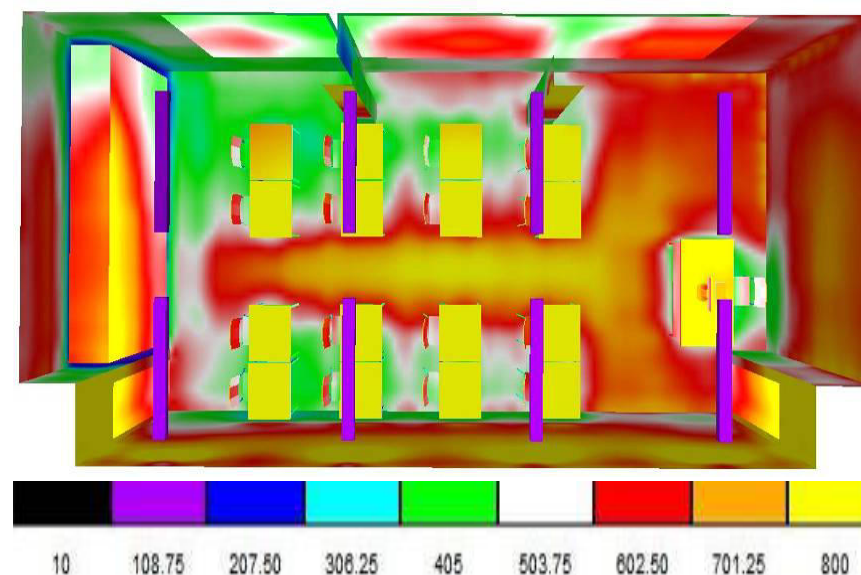


Fig.5.78: Rendering de colors falsos / aula secundaria A48 interior P3  
Font: Veure Annex C resultats DIALUX

Aula A38	VEEI (W/m²/100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	2,50	693	-
N. Aula	≤ 4	300	≤19
N. Pissarra	-	300	-

\* 4 làmpades estanques fluorescents 2x58W

**Aula A38**, ubicada a la planta segona, orientada a nord-oest i de superfície rectangular amb un armari d'obra al centre de la paret d'accés que desequilibra la regularitat de la estança. Gaudeix de possibilitat d'aprofitament de llum natural mitjançant finestres.

Amb els resultats estrets de la simulació informàtica podem avaluar aquest com un espai amb una aportació lumínica artificial excessiva, tant en el pla de treball com en la superfície de pissarra, ja que trobem que hi ha instal·lades massa quantitat de làmpades per a una superfície d'aula que no es correspon si es cerca l'eficiència del sistema d'il·luminació.

Aula A47	VEEI (W/m²/100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	2,25	396	13
N. Aula	≤ 4	300	≤19
N. Pissarra	-	300	-

- \* 11 Làmpades encastades en fals sostre amb reflector, reactància electromagnètica i sense pantalla protectora, fluorescent de 3x18W
- \* 1 làmpada superfície, estanca fluorescent 1x18W (armari)

**Aula A47**, ubicada al tercer pis, orientada al nord-est i de planta irregular. A les finestres d'aquest espai s'han instal·lat una làmina adhesiva amb filtre atenuant de la llum solar. Es van fer mesuraments *in situ* amb la llum artificial encesa i el valor de E<sub>m</sub> resultant va ser 438 lux.

Els resultats de la simulació informàtica indica un estem en un aula que s'aproxima als estàndards exigits d'aportació lumínica per part de la lluminària instal·lada al espai i la pissarra, encara que aquesta no té una il·luminació específica també s'aconsegueixen els objectius de demanda.

Biblioteca	VEEI (W/m <sup>2</sup> /100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent	3,98	416	17
N. Zona lectura	≤ 6	500	≤19
N. Ambient i prestatgeries	≤ 6	200	≤19

- \* 15 Làmpades encastades en fals sostre amb reflector, reactància electrònica i sense pantalla difusora, fluorescent compacte 2x14W
- \* 24 Làmpades vistes amb reflector, fluorescent 1x58W
- \* 1 Làmpada superfície, estanca fluorescent 1x18W

**Biblioteca**, espai ubicat a la tercera planta, a la zona ampliada juntament amb la A47, orientada a nord i de planta rectangular. Mitjançant finestres contínues a tot el seu perímetre exterior rep il·luminació natural. Amb els mesuraments realitzats *in situ* amb les làmpades enceses, s'han fet els càlculs del nivell d'il·luminació mitjana mantinguda (E<sub>m</sub>) resultant un valor de 786,11 lux; novament obtindríem valors adequats per treballar en algunes ocasions, encara que les zones com prestatgeries o les més allunyades de les finestres la qualitat de la llum seria ineficient.

Encara que el resultat de la simulació informàtica donen un valor de E<sub>m</sub> per sota del nivell recomanat a la normativa, i per tant diríem que les condicions de confort lumínic no són assolides per aquesta estança amb els elements instal·lats, si anem més enllà i ens fixem al rendering de colors falsos (fig:5.79) tret amb la mateixa eina de càlcul, veiem amb l'ajuda de l'escala de colors, com a les taules arriben nivells del ordre de 500 lux i d'altra banda als prestatges que menys il·luminació arriba que serien els de la part baixa, estan coberts amb nivells per damunt dels 200 lux al pla vertical. No obstant podem dir que la instal·lació d'il·luminació es acceptable.

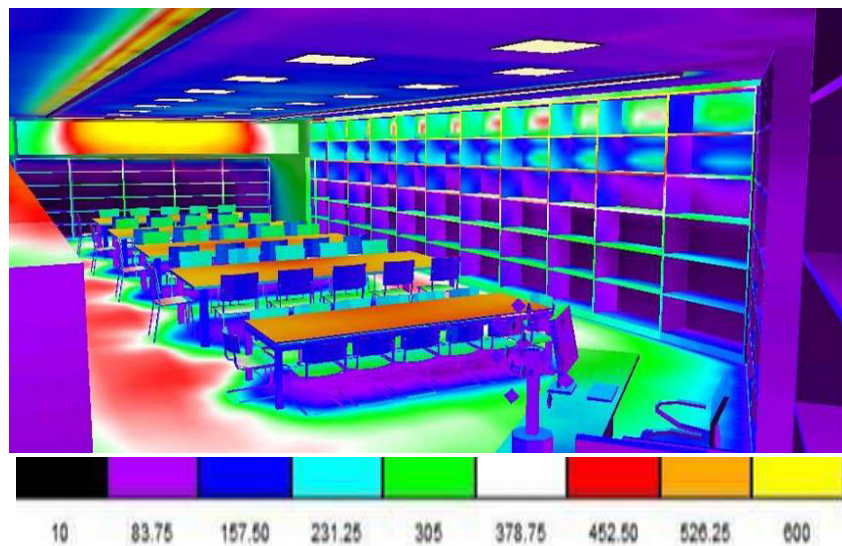


Fig.5.79: Rendering de colors falsos / biblioteca\_P3

Font: Veure Annex C resultats DIALUX

Serveis professors	VEEI (W/m <sup>2</sup> /100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent (tipus)	9,37	377	14
Existent (P3)	10,4	616	-
Normativa	≤ 10	100	≤ 25

- \* 3 focus encastat en fals sostre amb reflector amb fluorescents compactes de 26W
- \* 2 focus encastat en fals sostre amb reflector amb fluorescents compactes de 26W

**Serveis professors**, petits espais de planta irregular que es repeteixen a totes les plantes excepte al soterrani que no hi ha. Al tercer pis, trobem un altre de superfície més reduïda i planta rectangular. Ambdós locals són interiors i no disposen de cap possibilitat d'aprofitament de llum natural.

En aquests casos existeix un important excés d'il·luminació, el qual indica que el tipus de lluminària emprada no és adequada; sobretot en el cas de planta tercera al tenir menor superfície, per el valor potència/m<sup>2</sup> sobrepassa el VEEI límit, alhora que també hi ha un excés de consum.

Serveis alumnes	VEEI (W/m <sup>2</sup> /100 lux)	E <sub>m</sub> (lux)	UGR
Existent (tipus)	3,10	230	14
Existent (P3)	2,76	340	-
Normativa	≤ 10	100	≤ 25

- \* 2 làmpades de superfície, estanques fluorescents 1x58W
- \* 2 làmpades de superfície, estanques fluorescents 1x58W

**Serveis alumnes**, són espais de planta irregular que de la mateixa manera que els serveis de professors es repeteixen a totes les plantes excepte al soterrani. Al tercer pis novament els trobem amb planta rectangular.

Els serveis d'alumnes tipus obtenen aportació de llum natural mitjançant finestres circulars, en canvi els de planta tercera són interiors i no disposen de cap possibilitat d'aprofitament de llum exterior.

En aquests casos també existeix excés d'aportació d'il·luminació artificial, cal dir que no tan greument com al cas dels serveis de professors però si per a tindre en compte plantejar una combinació que dones un rendiment molt més eficient.

### Resum avaluació

Per finalitzar amb la intenció de sintetitzar l'avaluació d'aquest apartat s'ha realitzat un còmput referent a les estances del centre analitzades amb la qualificació que s'ha extret d'elles, alhora de realitzar percentatges sobre l'estat actual del conjunt de l'edifici.

Veurem els casos en que s'ha detectat una demanda lumínica deficient, correcta o excessiva, d'aquesta manera podrem valorar de forma més concisa quin grau de millora tindrem a l'hora d'avaluar l'oportunitat d'estalvi energètic en cas d'actuar en el conjunt de la instal·lació d'il·luminació.

	NOMBRE D'ESPais AVALUATS	PERCENTATGE SOBRE EL TOTAL
DEFICIENT	10	10,31%
CORRECTE	8	8,25 %
EXCESSIU	79	81,44 %

5.4.3. Qualificació dels sistemes

En el present apartat ens disposem a realitzar l'avaluació dels sistemes i equips dissenyats per garantir les condicions de confort del centre. Aquests originalment s'idearen per tal de suplir les mancances que l'edificació no pogués abastir per si mateix mitjançant la seva arquitectura, construcció, orientació, etc.

Avui dia hi ha gran nombre de tècniques i sistemes per tal de disminuir fortament la necessitat de tenir que dependre d'aquests "aparells" per tal d'aconseguir els nostres objectius; una d'aquestes tècniques la utilitzarem en el nostre anàlisi per tal d'esclarir com i en quin grau cal que dits sistemes i equips treballin per tal de mantindre les condicions de confort al centre, ja que aquest és el punt de partida abans de poder millorar. Inicialment cal que avaluem.

Si analitzem la situació, de que els nostres edificis tracten de satisfer la demanda exercida pels usuaris i que d'aquest procés a l'hora de la veritat tan sols coneixem el final, el qual arriba per correu i en forma de factura. Ens salta a la vista que en aquesta qüestió hi ha masses incògnites, les quals tractarem desbrinar a partir de les tasques realitzades fins ara i amb l'ajuda de la simulació informàtica amb el programa **CALENER VYP**, especialitzat per a l'estudi de l'eficiència energètica dels sistemes de climatització (calefacció, aigua calenta sanitària i refrigeració) i il·luminació en edificis del sector terciari, com és el nostre cas d'estudi d'un centre escolar.

Obtindrem el **còmput global de la demanda i el consum de l'edifici**, en funció de l'energia primària (font energètica) i l'energia final consumida, **per tal d'esclarir finalment quina és la petjada global d'emissions de CO<sub>2</sub>** d'aquesta escola a l'hora d'abastir algunes de les seves necessitats.

Aquest programa a estat dissenyat específicament per tal de complir l'exigència derivada de la **Directiva 2002/91/CE**, la qual es transposa a la ordenació jurídica espanyola a través del **Real Decreto 47/2007, de 19 de enero, Procedimiento básico para la certificación de la eficiencia energética de edificios de nueva construcción**.

En el nostre cas d'estudi, com vam aclarir inicialment no cerquem com objectiu la certificació energètica del nostre edifici, tot i que la nostre tasca agrairà la qualificació obtinguda, si no que la nostre principal pretensió es poder obtenir el grau d'eficiència energètica de dites instal·lacions per tal de comparar-ho amb els consums reals i d'aquesta manera poder realitzar un diagnòstic veraç a l'hora de proposar les línies d'actuació front la millora del conjunt.

Al realitzar dita qualificació, sobre un certificat i una etiqueta d'eficiència energètica, la qual s'assignarà a cada edifici una **Classe Energètica d'Eficiència**, que variarà des de la classe A, pels energèticament més eficients, fins la classe G, pels menys eficients.

Per tal de donar constància del **procés d'introducció dels equips i sistemes** que integren l'edifici, s'ha realitzat un resum amb els passos més significatius; els trobem a l'**Annex C** <sup>(13)</sup>.

Abans de presentar l'anàlisi realitzat, és molt important advertir amb antelació un aspecte clau referent al programa de simulació. Veiem que aquest estableix els paràmetres de consum i demanda amb les conseqüents emissions contaminants associades; conjunt de valors el qual es compara amb l'edifici de referència.

L'edifici de referència pot no ajustar-se estrictament al perfil d'ús d'un centre escolar, degut a que el perfil d'ús estàndard per al sector terciari engloba des d'edificis d'oficines fins a hotels, a més dels casos de poliesportius, escoles, etc, havent de descartar per la nostre part els valors que veiem que s'allunyen del perfil d'ús de l'escola ha avaluar.

Volem remarcar aquesta premissa vist que els resultats obtinguts són completament vàlids, encara que qüestionables en molts casos, com per exemple: donat el cas que l'edifici objecte tingui una instal·lació d'il·luminació infradimensionada, on els seus valors VEEI normatius (eficiència energètica per m<sup>2</sup>) es situaran per sota del exigít a la norma, el qual trobarem correcte per la posterior comparació (edifici objecte-referència), però com l'edifici de normativa treballa amb els valors VEEI màxims exigits, el resultat de la instal·lació de referència consumirà molta més energia, degut a que els valors d'eficiència atribueixen major potencia instal·lada per cada m2 de superfície. En definitiva al comparar els edificis el nostre resultarà satisfactori i menys consumidor, però no voldrà dir que sigui correcta, ja que el resultat estarà condicionat per un edifici que consumeix més i que té un perfil d'ús estàndard.

Volent justificar el nostre discurs anteriorment plantejat, exposem a continuació les limitacions trobades també per a dites eines de simulació "oficials" (LIDER / CALENER) a partir dels fragments extrets de l'Informe final de les jornades de treball sobre **Certificación de Eficiencia Energética. La calificación de los edificios, en el 9º Congreso Nacional del Medio Ambiente** <sup>26</sup>.

(13). ANNEX C: Resum introducció sistemes CALENER. Pàg 23



Limitaciones de los procedimientos de Certificación Energética

- Pueden obtenerse buenas calificaciones para edificaciones "inhóspitas", ya que un sistema infradimensionado emite menos CO<sub>2</sub> que uno correctamente dimensionado –
- Consideración parcial de las emisiones de CO<sub>2</sub> generadas por el proceso edificatorio, que deja a un lado aspectos importantes del ciclo de vida de la edificación –
- El procedimiento actual no contempla la no utilización de instalaciones activas de climatización en edificios de uso terciario, por el contrario Lider y Calener siempre comparan con edificios de referencia que sí contemplan instalaciones activas – (por esta razón pueden ser edificios con mayor consumo)
- Ligado al punto anterior, las "simplificaciones" que han de realizarse para la introducción de sistemas pasivos en las herramientas proporcionadas pueden resultar problemáticas – (introducción de lluernaris, renovacions d'aire natural, etc.)

Propuestas de líneas de trabajo futuras

- Se propone la incorporación al sistema de los edificios a rehabilitación –
- Conseguir que el procedimiento reconocido nos conduzca realmente a reducir emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera por parte de nuestro sector. Para esto debería respetar el siguiente esquema:

DEMANDA ENERGÉTICA REAL		
INCORPORACIÓN / NO INCORPORACIÓN SISTEMAS ACTIVOS DE CLIMATIZACIÓN		
PROCEDIMIENTO DE CERTIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA		
OBTENCIÓN DE CALIFICACIÓN DE EFICIENCIA ENERGÉTICA		
Calificación MUY ALTA, si:	Demanda nula No incorporación de sistemas activos de climatización	= ninguna emisión de CO <sub>2</sub> a la atmósfera
Calificación ALTA, si:	Poca demanda Incorporación de pocos (o muy eficientes) sistemas activos de climatización	= pocas emisiones de CO <sub>2</sub> a la atmósfera
Calificación BAJA, si:	Mucha demanda Incorporación de muchos (o no eficientes) sistemas activos de climatización	= muchas emisiones de CO <sub>2</sub> a la atmósfera

Fig.5.80: **Propuesta Certificación Energética de Edificios**  
Font: **GT – 9º Congreso Nacional del Medio Ambiente** <sup>26</sup>

En cara que pugui semblar desencoratjador el panorama relacionat amb les eines disponibles oficialment, no cal alarmar-se, ja que en el nostre cas ens centrarem en la certificació del centre, tot i que ha calgut remarcar les problemàtiques trobades al procés.

De totes menes la utilització de dites eines de simulació, ens servirà per valorar quin grau d'eficiència assoleix el nostre edifici (edifici objecte) a partir del rendiment dels equips, la demanda dels sistemes i el posterior consum que originen, per tal de caracteritzar la responsabilitat de cadascuna en el global de l'edifici i així valorar la potencial millora de les actuacions a realitzar.

Esclartit els conceptes anteriors, iniciem a partir dels valors obtinguts dels arxius de càlcul que realitza el programa en la simulació <sup>(14)</sup>, a l'hora d'avaluar l'evolució de la demanda i del consum al llarg d'un any en els equips instal·lats. En l'avaluació d'aquest tindrem en compte els equips més singulars que ens ajudin a descriure amb major claredat el perfil consumidor del centre.

A l'hora de realitzar el còmput de l'eficiència <sup>27</sup> dels equips i sistemes, utilitzarem la fórmula:

$$CEE = \frac{\text{Energia Consumida}}{\text{Energia Necesaria}} \times 100^{(*)}$$

Si CEE > 100 % → **INEFICIENT** Consum més del necessari  
Si CEE < 100 % → **EFICIENT** Consum menys del necessari

(\*) *Degut al tractament teòric de la simulació validarem els valors a partir del 100%, encara que arribats al cas de comparació de demanda i consums reals, seria correcte donar un marge a la instal·lació degut a problemes de rendiment, rutines de manteniment, etc. del 20%, sent:*

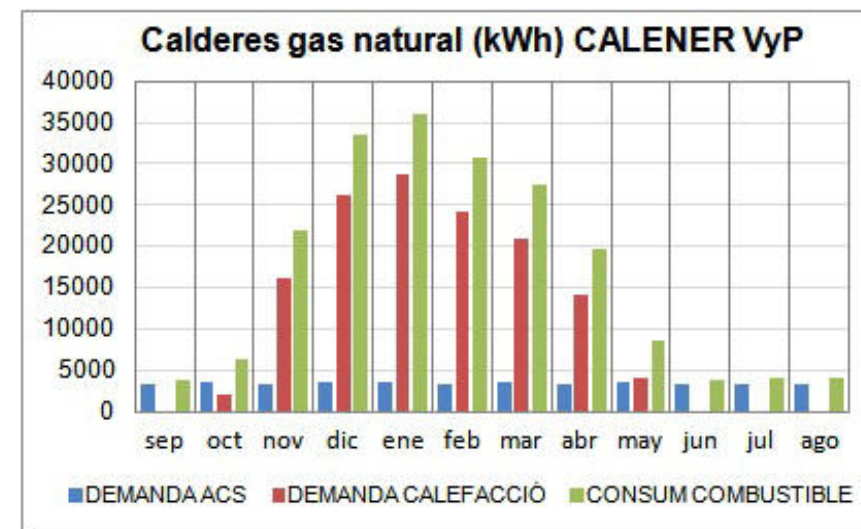
Si CEE > 120 % → INEFICIENT Consum més del necessari  
Si CEE < 120 % → EFICIENT Consum menys del necessari

### Sistema mixt de Calefacció i Aigua calent sanitària

Com es narra a l'apartat d'instal·lacions a la *Fase 1: Aixecament de dades (apartat 4.2.3)*, el sistema de calefacció general i de producció d'aigua calent sanitària de l'edifici es regeix per la producció energètica a partir d'un conjunt de tres calderes de 90 kW i un acumulador d'ACS de 300 l.

A l'evolució anual (*Fig.5.81*) veiem com la demanda i el consum s'adapten a les exigències referents a l'activitat. La calefacció es centra entre el mesos d'octubre a maig, arribant al seu punt àlgid al gener; d'altra banda tenim una demanda constant d'ACS al llarg de l'any. Com dèiem els mesos de juliol i agost, serien descartats degut a que gairebé no hi ha activitat al centre.

Si analitzem el factor consum de combustible i demanda total trobem que el valor d'eficiència energètica és INEFICIENT, degut a que és consumeix més energia, en aquest cas gas natural de la necessària per a suplir la demanda de l'edifici. Caldria cercar la manera d'abastir els sistema de calefacció i ACS amb equips més eficients i menys contaminants.



TOTAL (kWh/any)	Demanda ACS	Demanda CAL	Consum Combustible	Eficiència CEE
Caldera mixta	40625,64	136520,02	200145,82	112,98

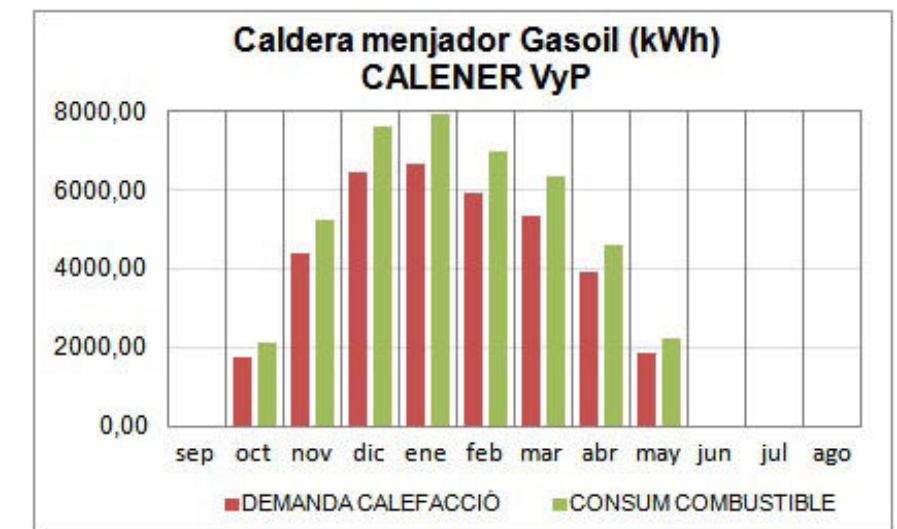
Fig.5.81: Evolució anual demanda i consum CALDERA MIXTA  
Font: *Elaboració pròpia – Veure annex C resultats CALENER VYP*

### Sistema unizona Caldera calefacció gasoil

Tractant el sistema de calefacció pertanyent a l'espai de menjador, trobem una caldera que funciona a la vegada com emissor, la qual s'abasteix energèticament a partir de gasoil. Dita caldera té una potencia nominal de 41kW.

Analitzant l'evolució anual del còmput realitzat per mesos, el més consumidor és gener, el qual té la severitat més alta dins l'estació d'hivern alhora que es va disminuint fins arribar a octubre i maig a ¼ del consum necessari del més de referència.

Com es mostra aquí tan sols s'està avaluant un únic espai el qual té una demanda teòrica de 36357,7 kWh de mitjana anual, per tant caldria repensar-se tant la pròpia font energètica per ser molt contaminant, com les qualitats dels elements de l'envolupant d'aquest espai, ja que a més de que dita demanda ve estretament lligada al nombre de renovacions hora, veiem a la taula (*Fig. 82*) que per aquest equip de caldera té un valor CEE que el fa altament INEFICIENT, consumint un 19% més de l'energia que proporciona.



TOTAL (kWh/any)	Demanda CAL	Consum Combustible	Eficiència CEE
Caldera gasoil	36357,7	43121,02	118,6

Fig.5.82: Evolució anual demanda i consum CALDERA GASOIL  
Font: *Elaboració pròpia – Veure annex C resultats CALENER VYP*

(14). ANNEX C: Resultats CALENER edifici objecte. Pàg. 42



**Sistema unizona amb Bomba de Calor**

Tal i com s'expressa a la guia resum d'introducció de dades de CALENER VYP, a l'escola ens trobem amb sistemes que comparteixen els mateixos espais, com pot ser els sistemes de bomba de calor instal·lats en recintes on també hi ha emissor del sistema central de calefacció. En aquests casos com és d'esperar els usuaris no utilitzaran la funció de calor al hivern. Cal observar que aquesta contradicció realitzaria una impossibilitat de càlcul al programa, que en el nostre cas s'ha resolt instal·lant bomba de calor tan sols en els espais sense emissors de calefacció i sistemes d'expansió directa sols aire a on si n'hi ha.

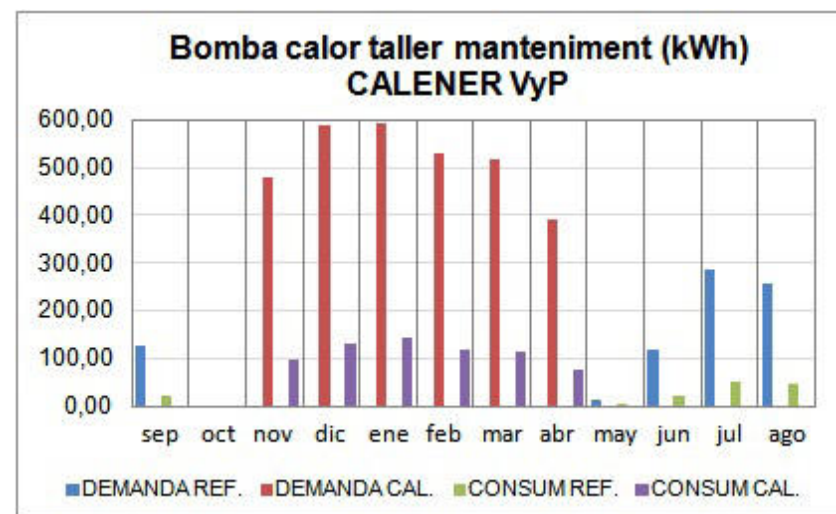
Com veiem en el cas del taller de manteniment (F.5.83), aquesta bomba de calor té dues èpoques de treball les quals es diferencien de novembre fins abril (calefacció) i de juny fins setembre (refrigeració), sent la demanda de calefacció 3,8 vegades superior a la de refrigeració. D'altra banda observant el valor CEE de l'equip veiem que aquest és molt EFICIENT. Si observem alhora els valors sobre el consum i potencia nominal veiem que els valors segueixen la mateixa tònica.

**Taller manteniment:**

**consum energètic (kW) / potencia nominal (kW)**

refrigeració 0,83kW / 2,3kW = 37,5

calefacció 0,75kW / 2,2kW = 34,1



TOTAL (kWh/any)	Demanda REF	Consum REF	Eficiència CEE - REF
	809,73	148,85	18,36
Bomba calor Taller mantenim.	Demanda CAL	Consum CAL	Eficiència CEE- CAL
	3094,49	689,64	22,29

Fig.5.83: Evolució anual demanda i consum Bomba calor Manteniment  
Font: Elaboració pròpia – Veure annex C resultats CALENER VYP

Analizant el sistema instal·lat a la biblioteca (Fig.5.84) situada a la planta tercera, abocat a la façana nord; podem dir al observar l'evolució anual que aquest sistema no necessitarà durant els mesos de l'època lectiva (setembre - juny) abastir demanda de refrigeració, ja que aquesta apareix en els mesos d'inactivitat d'aquest espai a l'estiu, de juliol a agost. En cas de necessitar-ho seria poder en moments puntuals de màxima concurrència, el qual s'escaparia de la mitjana d'intensitat d'ús que és troba en mitjana durant les 8h de la jornada. D'aquesta manera, seguint el plantejament teòric s'estaria realitzant un ús EFICIENT donat que valor CEE compleix l'índex de consum - demanda

**Biblioteca escolar:**

**consum energètic (kW) / potencia nominal (kW)**

refrigeració 11,8kW / 29,0kW = 40,7

calefacció 11,8kW / 29,0kW = 40,7

**Sala d'estudi tipus:**

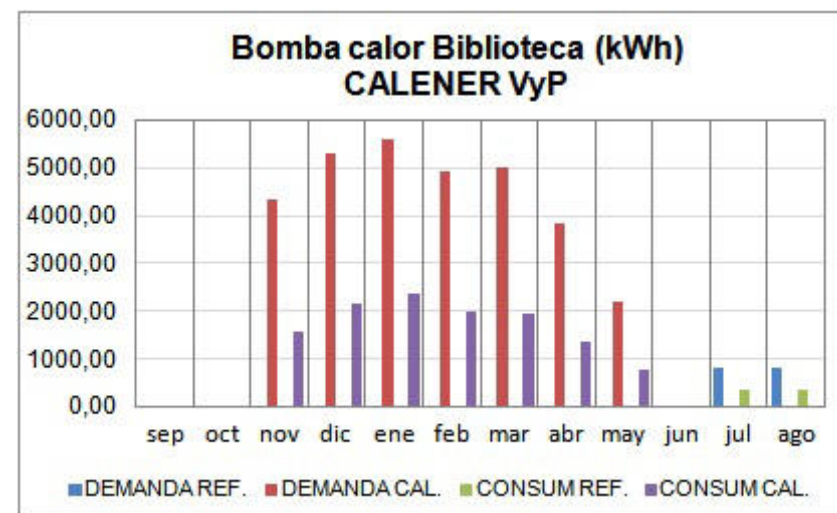
**consum energètic (kW) / potencia nominal (kW)**

refrigeració 11,8kW / 29,0kW = 40,7

**Aula A48 P3:**

**consum energètic (kW) / potencia nominal (kW)**

refrigeració 2,7kW / 8,0kW = 33,75

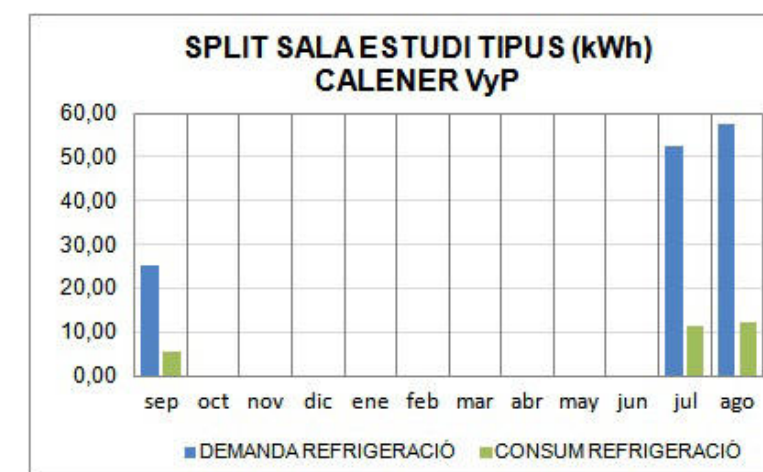


TOTAL (kWh/any)	Demanda REF	Consum REF	Eficiència CEE - REF
	1675,9	750,47	44,78
Bomba calor Biblioteca	Demanda CAL	Consum CAL	Eficiència CEE- CAL
	31203,03	12198,02	39,09

Fig.5.84: Evolució anual demanda i consum Bomba calor Biblioteca  
Font: Elaboració pròpia – Veure annex C resultats CALENER VYP

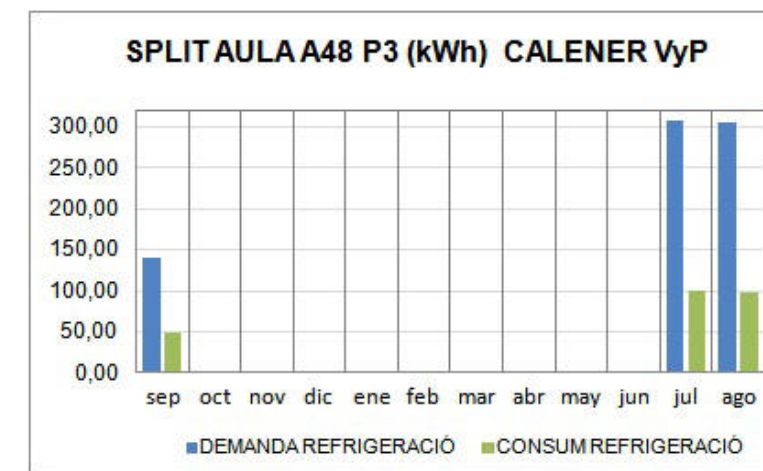
**Sistema unizona amb Expansió directa sols fred**

En aquest punt iniciem tractant la situació de dos espais de l'interior de l'edifici, els quals ha calgut instal·lar-hi equips de fred alhora de regular el confort de les aules degut a que en l'ús la situació de manca de ventilació fa necessària la climatització en quant a refrigeració; tot i que els diagrames amb demanda - consum de la sala d'estudi (Fig.5.85) i l'aula A48 (Fig.8.86) no corresponen amb les necessitats que exerceixen els usuaris, vist que amb la intensitat d'ús fixada en mitjana i alta respectivament duran la jornada lectiva, el programa senyala que tan sols hi ha demanda des de juliol a setembre. D'altra banda els equips treballen amb unes proporcions de CEE EFICIENTS.



TOTAL (kWh/any)	Demanda REF	Consum REF	Eficiència CEE
Split S. Estudi	135,21	29,03	21,47

Fig.5.85: Evolució anual demanda i consum Split Sales estudi  
Font: Elaboració pròpia – Veure annex C resultats CALENER VYP



TOTAL (kWh/any)	Demanda REF	Consum REF	Eficiència CEE
Split Aula A48 P3	752,99	245,78	32,64

Fig.5.86: Evolució anual demanda i consum Split Aula A48 P3  
Font: Elaboració pròpia – Veure annex C resultats CALENER VYP

Per finalitzar els casos singulars dels equips del centre escolar cal exposar l'àrea referent a administració i consergeria. En aquest cas va caldre crear un sol espai conjunt unint els quatre equips instal·lats degut a la impossibilitat del programa de calcular en simultaneïtat, els quals responen per:

**Recepció consergeria:**

**consum energètic (kW) / potencia nominal (kW)**

refrigeració 2,76kW / 7,03kW = 39,5

**Administració:**

**consum energètic (kW) / potencia nominal (kW)**

refrigeració 0,75kW / 2,2kW = 34,1

**Secretaria:**

**consum energètic (kW) / potencia nominal (kW)**

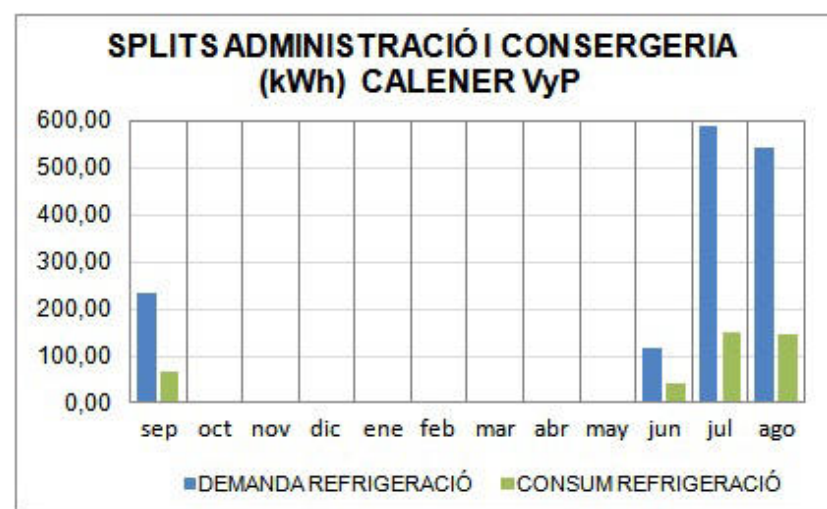
refrigeració 0,75kW / 2,2kW = 34,1

**Despatx, sala de reunions DG:**

**consum energètic (kW) / potencia nominal (kW)**

refrigeració 0,75kW / 2,2kW = 34,1

Si comparem aquest espai de façana nord havent-hi sumat els equips (F.5.87) amb els espais anteriors (F.5.85/86) situats al interior del centre, trobem un augment de la demanda al emplaçar aquest amb contacte directe a l'exterior. Cal observar novament que l'evolució anual no contempla la necessitat real de l'espai, el qual a causa a la zona de recepció al no trobar cap element de vestíbul per aïllar l'estança i per tenir la zona d'accés molt freqüentada hi ha una manca d'estanquitat que no es pot assolir en el plantejament teòric, la qual marca fortament la necessitat de refrigerar, per exemple al mes de maig, no present en el gràfic.



TOTAL (kWh/any)	Demanda REF	Consum REF	Eficiència CEE
<b>Splits Admin.</b>	<b>1485,05</b>	<b>401,91</b>	<b>27,06</b>

Fig.5.87: Evolució anual demanda i consum Splits Administració  
Font: Elaboració pròpia – Veure annex C resultats CALENER VYP

**Resultats de l'opció general – CALENER**

Com a últim pas, després d'analitzar l'envolupant de l'edifici, el comportament dels espais amb el seu perfil d'utilització i els paràmetres referents al confort lumínic necessaris per la correcta realització de l'activitat, tot havent realitzat l'avaluació dels sistemes i equips instal·lats al centre, tan sols ens resta finalitzar amb la certificació energètica global.

El centre escolar Isabel de Villena, dins les seves austeres infraestructures ha satisfet la demanda energètica a partir d'uns valors de consum raonables, assolint la qualificació energètica de l'edifici i les pròpies instal·lacions per a climatització i il·luminació obtenint un valor final referent a la seva petjada ecològica de:

**Classe B (\*) - 27,6 kg de CO<sub>2</sub>/m<sup>2</sup>**

- Clase A si C < 0.40
- Clase B si 0.40 ≤ C < 0.65
- Clase C si 0.65 ≤ C < 1.00
- Clase D si 1.00 ≤ C < 1.30
- Clase E si 1.30 ≤ C < 1.60
- Clase F si 1.60 ≤ C < 2.00
- Clase G si 2.00 ≤ C

$$C = \frac{I_{objeto}}{I_{referencia}}$$

(\*) Extret del RD. 47/2007 Certificació Energètica

Amb un valor d'eficiència energètica CEE<sub>27</sub> en climatització:

Energia primària consumida CAL + REF = **80,8%**  
Demanda CAL + REF

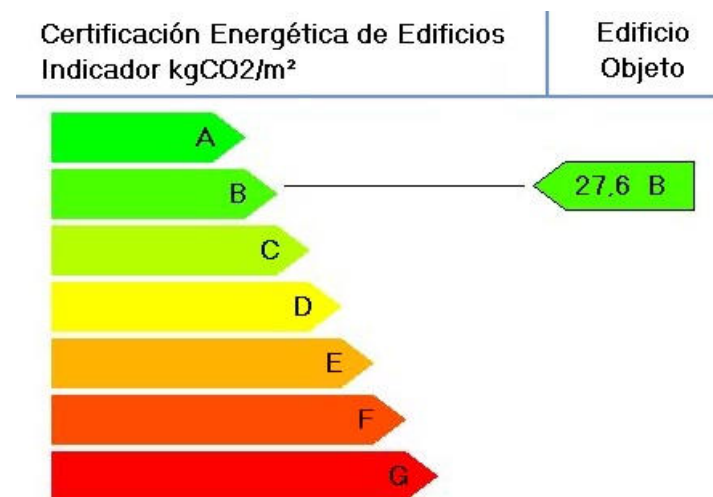


Fig.5.89 / 5.90: Etiquetatge edifici objecte CLASSE B – Taula resultats qualificació energètica  
Font: Elaboració pròpia – Veure annex C resultats CALENER VYP

	Edifici Objecte		Edifici Referència	
Demanda	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/any	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/any
Calefacció	51,9	246176,0	55,9	265149,1
Refrigeració	10,7	50753,1	8,1	38420,5

	Edifici Objecte		Edifici Referència	
Cons. Energia Final	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/any	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/any
Calefacció	43,9	208298,8	84,8	402061,6
Refrigeració	0,5	2207,9	0,6	2924,2
ACS	9,9	46703,4	5,7	27196,6
Il·luminació	22,2	105241,7	43,7	207192,8
<b>TOTAL</b>	<b>76,4</b>	<b>362451,8</b>	<b>134,8</b>	<b>639375,1</b>

	Edifici Objecte		Edifici Referència	
Cons. Energia Primària	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/any	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/any
Calefacció	49,4	234113,7	91,6	434628,5
Refrigeració	1,2	5747,1	1,6	7611,6
ACS	10,0	47217,1	14,9	70792,7
Il·luminació	57,8	273944,2	113,7	539322,8
<b>TOTAL</b>	<b>118,3</b>	<b>561022,1</b>	<b>221,9</b>	<b>1052355,6</b>

	Edifici Objecte		Edifici Referència	
Emissions associades	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /any	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /any
Calefacció	10,9	51701,7	24,3	115261,6
Refrigeració	0,3	1423,0	0,4	1897,3
ACS	2,0	9486,6	3,7	17550,1
Il·luminació	14,4	68303,2	28,4	134468,1
<b>TOTAL</b>	<b>27,6</b>	<b>130914,4</b>	<b>56,8</b>	<b>269408,2</b>

Fig.5.88: Resultats càlcul simulació d'Eficiència energètica  
Font: Elaboració pròpia – Veure annex C resultats CALENER VYP

	Classificació	kWh/m <sup>2</sup>	kWh/any
Demanda calefacció	C	51,9	246176,0
Demanda refrigeració	E	10,7	50753,1
	Classificació	kgCO <sub>2</sub> /m <sup>2</sup>	kgCO <sub>2</sub> /any
Emissions CO2 calefacció	B	10,9	51701,7
Emissions CO2 refrigeració	C	0,3	1423,0
Emissions CO2 ACS	B	2,0	9486,6
Emissions CO2 il·luminació	B	14,4	68303,2
<b>Emissions CO2 TOTALS</b>			<b>130.914,40</b>

## 5.5. Anàlisis del funcionament

Per tal de conèixer quin grau de responsabilitat té la gestió i el manteniment de l'edifici a l'hora de condicionar el consum final, cal caracteritzar els següents aspectes del seu funcionament:

- Condicions d'utilització
- Possibilitats de regulació i modulació dels aparells i sistemes
- Zonificació climàtica
- Manteniment dels sistemes d'enllumenat i climatització
- Criteri en la reposició dels elements, reforma i ampliació de les instal·lacions
- Optimització dels sistemes per extreure'n el màxim rendiment i reduir els consums innecessaris.

### 5.5.1. Ocupació

L'Escola Isabel de Villena com a centre d'ensenyament, manté una ocupació regular al llarg del any, marcada pel calendari escolar amb inici al setembre, desenvolupant-se en tres períodes trimestrals amb els corresponents espais per vacances fins al juny. Els horaris d'ocupació habituals comencen a les 8:00h i finalitzen a les 17:00h, encara que dins d'aquesta franja horària hi trobem diversitat de grups escolars amb ocupació diferenciada, els quals definim a continuació:

- Infants de parvulari de 10h fins 17h.
- Alumnes de primària de 9-12h i de 15-17h
- Alumnes de secundària de 9-13h i de 15-17h
- Alumnes de batxillerat de 8-15h

D'altra banda cal afegir les activitats extraescolars que es desenvolupen de 17h fins a les 19h; a més de les tasques de neteja del centre que es realitzen de 18h a 21h.

A partir de les dades extretes a l'aixecament de dades podem dir respecte a l'ocupació dels diferents espais el següent:

- Les **aules** dels grups de tutoria estan ben aprofitades amb un ús i ocupació continuada.
- Caldria fer un millor aprofitament dels **laboratoris** donat que són espais dotats amb instal·lacions, mobiliari i equips específics, pels quals ha calgut destinar-hi una forta inversió i que avui dia no estan tenint un ús continuat, propiciant el deteriorament i la infrautilització d'aquests. Mitjançant el seguiment realitzat no s'ha registrat activitat.
- Podem dir que el **menjador** és un espai ben aprofitat, encara que la seva modificació amb el fi de millorar el seu rendiment afegint una **sala polivalent** no ha estat del tot un èxit, donat que actualment es troba acondicionada per a

realitzar-hi classe de música, dotada d'instruments i mobiliari per a tal finalitat malgrat que en el procés de seguiment no s'ha enregistrat cap activitat.

- El **despatxos de professors** tenen una ocupació acord a la seva funció d'organització i preparació de les classes, moltes vegades fora d'horari lectiu.
- Amb la **sala d'actes** succeeix el mateix que amb els laboratoris, degut a la seva ampla superfície i els equipaments destinats, el seu ús i ocupació són puntuals per a realitzar representacions escolars o reunions amb necessitat de gran aforament.
- A la **biblioteca** ens hem trobat que encara que és un espai que normalment la seva ocupació es limita al personal de sala, el seu aprofitament es veu incrementat mitjançant activitats en grup com són les lectures d'infants durant la jornada lectiva, i fora d'horaris amb reunions del claustre de professors i la comissió del patronat fundacional.

A partir de l'aixecament de dades en les visites de control i inventari per espais s'ha pres nota de la capacitat d'ocupació existent a cadascun, en base a aquestes dades s'ha realitzat uns càlculs de on hem tret els indicadors d'ocupació següents <sup>(15)</sup>, **usuaris/superfície**, **superfície/usuari**, **usuaris/volum** i **volum/usuaris**, amb els quals podem fer-nos una idea de l'aprofitament dels espais relacionant-los amb el temps de permanència i les activitats que es desenvolupen als mateixos.

Room	Useful Area (m <sup>2</sup> )	Volume (m <sup>3</sup> )	Usual users N°	User/area	Area/user	User/volume	Volume/user
001_2_3 - BF_Dining room	367.46	1469.8	292	0.79 User/m <sup>2</sup>	1.26 m <sup>2</sup> /user	0.20 User/m <sup>3</sup>	5.03 m <sup>3</sup> /user
004 - BF_Kitchen	80.68	322.72	10	0.12 User/m <sup>2</sup>	8.07 m <sup>2</sup> /user	0.03 User/m <sup>3</sup>	32.27 m <sup>3</sup> /user
005_6 - BF_Warefood. table	26.92	107.68	2	0.07 User/m <sup>2</sup>	13.46 m <sup>2</sup> /user	0.02 User/m <sup>3</sup>	53.84 m <sup>3</sup> /user
007 - BF_Corridor	92.5	370	60	0.65 User/m <sup>2</sup>	1.54 m <sup>2</sup> /user	0.16 User/m <sup>3</sup>	6.17 m <sup>3</sup> /user
008 - BF_Pers. KI Changling	26.64	106.56	7	0.26 User/m <sup>2</sup>	3.81 m <sup>2</sup> /user	0.07 User/m <sup>3</sup>	15.22 m <sup>3</sup> /user
009 - BF_Boyschanging room	46.63	186.52	20	0.43 User/m <sup>2</sup>	2.33 m <sup>2</sup> /user	0.11 User/m <sup>3</sup>	9.33 m <sup>3</sup> /user
010 - BF_Technology Lab.	84.34	337.36	21	0.25 User/m <sup>2</sup>	4.02 m <sup>2</sup> /user	0.06 User/m <sup>3</sup>	16.06 m <sup>3</sup> /user
011 - BF_Nat. Science Lab.	56.33	225.32	21	0.37 User/m <sup>2</sup>	2.68 m <sup>2</sup> /user	0.09 User/m <sup>3</sup>	10.73 m <sup>3</sup> /user
012 - BF_Chemistry Lab.	56.04	224.16	21	0.37 User/m <sup>2</sup>	2.67 m <sup>2</sup> /user	0.09 User/m <sup>3</sup>	10.67 m <sup>3</sup> /user

Fig.5.91: Anàlisis de l'ocupació

Font: **Elaboració pròpia – Veure annex B Occupation analysis**

L'ocupació més baixa es dona al taller de manteniment de la planta soterrani amb 14,73 m<sup>2</sup>/usuari i a la cuina 8,07 m<sup>2</sup>/usuari, aquest valor es acceptable donat que són espais de treball físic on es manipulen eines i utensilis.

La més alta es dona al vestuari de noies amb 0,51 m<sup>2</sup>/usuari, la qual cosa vol dir que es l'espai on toquen a menys superfície per persona encara que cal tenir en compte que la utilització d'aquest es realitza tan sols després de les classes d'esport, cal veure que la tipologia d'ocupació en aquest cas es caracteritzarà per estades breus on es cobreix el seu aforament màxim. Al referir-la com a estança d'ocupació puntual, aquest índex es pot considerar acceptable.

A les aules trobem que l'ocupació es de 2,29 m<sup>2</sup>/usuari, si tenim en compte el temps d'utilització i les activitats que es desenvolupen en aquest espai sembla un indicador raonable.

### 5.5.2. Gestió i manteniment

En el cas de l'Escola Isabel de Villena les condicions d'utilització són les de un centre escolar concertat gestionat per professionals de l'educació que engloben administració, secretariat, professorat, serveis i manteniment. D'altra banda trobem com a part administrada i principals usuaris, els alumnes que van des de l'etapa infantil fins a batxillerat.

#### Possibilitat de regulació

Les possibilitats de regulació - modulació dels aparells i sistemes de climatització podem dir en general que **és limitada**. Aquesta depenen del cap de manteniment en quant el sistema centralitzat de calefacció, el qual s'encarrega de la seva posta a punt, controlant les enceses i aturades de les calderes. Aquestes es componen de tres equips autònoms instal·lats en línia per abastir els col·lectors centrals, durant l'època d'hivern funcionen totes tres a ple rendiment, en canvi a l'estiu tan sols resta una per tal de realitzar l'acondicionament de l'aigua calent sanitària.

Referent als equips emissors dels espais, els usuaris (normalment el professorat) és qui s'encarrega de la regulació, encara que a moltes estances les claus estan deteriorades o inclús extraviades per comportaments incívics. D'altra banda en alguns espais (despatxos professorat, administració, aules interiors, etc) hi ha instal·lats equips de climatització aire-aire, els quals es gestionen mitjançant comandament individual per estances.

Pel que fa als sistemes d'enllumenat l'edifici disposa d'un sistema general que cobreix els espais comuns com són passadissos i escales regulat pel cap de manteniment, en canvi interruptors específics a la resta d'estades manipulats pels usuaris. Cal dir, que s'ha detectat la necessitat per part dels usuaris, de disposar de major maniobrabilitat a l'hora de poder sectoritzar la il·luminació de les aules a les franges més pròximes a les finestres.

#### Zonificació

La instal·lació de calefacció està zonificada mitjançant dos col·lectors principals que subministren el sistema de calefacció per una banda la demanda referent a les façanes nord i per l'altra la façana sud.

(15). ANNEX B: Anàlisi de l'ocupació. Pàg. 94

Encara que ambdues treballen a la mateixa temperatura de consigna, el col·lector encarregat d'abastir la façana sud disposa d'una vàlvula termostàtica, però quan es posa en funcionament deixa sense subministrament als espais de planta soterrani situats sota la façana sud, degut a que va ser instal·lada al ramal de soterrani i no després, als muntants del mateix que abasteixen les plantes superiors que és on s'hauria d'actuar i per tant no es fa servir.

### **Manteniment**

En quant al manteniment, cal dir que no hi ha cap sistema de gestió ni planificació específica per a realitzar les tasques referents a manteniment preventiu, tan sols hi ha una persona encarregada, el cap de manteniment, el qual ha d'encarregar-se dels sistemes en general, solucionant com a tònica general durant gran part de la jornada laboral els imprevistos d'última hora, que dificulten i encareixen moltes vegades per la urgència les tasques a realitzar.

Per tant caldria fer servir una guia amb la periodicitat expressa per a cada tasca a realitzar, adaptant-se a les característiques dels sistemes constructius, d'instal·lacions, etc. Per tal d'anticipar-se als inconvenients reduint les urgències i garantint amb major fiabilitat la continuïtat i qualitat de l'activitat a les instal·lacions de l'edifici.

### **5.5.3. Paràmetres de confort**

Els paràmetres de confort són les condicions de tipus ambiental, arquitectònic, personal i sociocultural, que poden afectar la sensació de confort d'un individu. En aquest cas tractarem les ambientals, les quals engloben temperatura de l'aire, humitat relativa, velocitat de l'aire, temperatura radiant, radiació solar i nivells de soroll.

En el cas de l'Escola Isabel de Villena la **temperatura de l'aire** ha sigut mesurada mitjançant termohigròmetres instal·lats a dues aules diferents de les quals una està ubicada a façana Nord i l'altra a la Sud, obtenint valors mitjans de 25,26°C i 26, 81°C al interior de les aules respectivament pel mes de setembre.

Si ho comparem amb la temperatura mitjana exterior en aquest mateix mes, segons *l'Anuari dades meteorològiques 2011<sub>25</sub>* és 22,8°C, evidenciant que en l'interior de les aules (vers l'ambient exterior) hi ha un increment de temperatura del ordre de 2,5 i 4°C. Com veiem la sensació de temperatura és diferent en funció de la ubicació, el qual ens indica l'augment del desconfort trobat entre els usuaris.

Comparant aquests valors obtinguts del seguiment intern amb la percepció dels usuaris reflectida a les enquestes realitzades, veiem que els usuaris com a norma, tenen la sensació de que la temperatura al estiu és superior als 25°C i que al hivern aquesta es situa també per sobre dels 20°C, arribant inclús a afirmar que s'ha d'obrir les finestres per excés de calor. Cal afegir que revisant l'enquesta realitzada al cap de manteniment, veiem que al hivern la T<sup>a</sup> de consigna es situa a 22°C.

Abans de valorar el factor de **temperatura radiant**, cal observar que es defineix com *l'energia emmagatzemada per l'envolupant de l'edifici a partir de la radiació solar, la qual transmetrà al interior dels espais amb major o menor celeritat en funció de la capacitat d'inèrcia tèrmica de dits paraments*.

Tal i com mostren la simulació amb els programes LIDER i CALENER, aquest edifici el qual no compta amb cap tipologia d'aïllament ni protecció solar exterior, respon amb una demanda en calefacció per sota de l'exigida per un edifici de referència que compleix les disposicions del CTE, cosa que en el nostre cas vam comprovar a l'apartat de *Demanda Tèrmica*, on cap dels components exteriors assolien les exigències. Des de el punt de vista d'aquest raonament, podem dir que **el confort dels usuaris es veu molt perjudicat a costa de que l'edifici tingui menys demanda en calefacció**, ja que els resultats de la simulació energètica tan sols mostra el resultat d'un balanç de guanys i pèrdues, però no té en compte cap aspecte relacionat al confort intern dels espais, dificultant enormement les possibilitats de dur a terme les tasques docents amb uns paràmetres que és regeixin dins les recomanacions establertes amb anterioritat <sup>(16)</sup>.

La **velocitat mitjana del vent** mensual en tot l'any 2011<sub>25</sub> va ser de 2,2 m/s, prenent com a referència la que es considera dins de les condicions de confort de 0,25 m/s (segons la norma ISO 7730 y EN-27730), veiem que aquesta zona està per damunt d'aquest valor normal, ja que l'edifici es troba a una parcel·la aïllada sense tenir al voltant cap altre edifici o obstacle que li faci de paravent, per tant **es troba molt exposat en aquest sentit**. Caldria afegir que els usuaris i el cap de manteniment ens van avisar que als passadissos s'originen corrents d'aire molt forts que produeixen sensació de desconfort i que a vegades no és possible obrir finestres o portes per aquest motiu.

La mitjana mensual de la **irradiació solar global diària** al mes de setembre es 5,10 kWh/m<sup>2</sup> i 4,44 kWh/m<sup>2</sup> de mitjana anual a Esplugues de Llobregat. Cal dir que a l'Escola Isabel de Villena un altre factor que influeix de forma important al confort dels usuaris es la incidència solar, que arriba a l'interior de l'edifici com a llum natural mitjançant les grans superfícies de finestres que disposa a

les façanes i malauradament degut a la manca d'adequació i en algun cas absència de sistemes de regulació de la mateixa, els efectes són negatius vers les condicions de confort lumínic dels usuaris quan desenvolupen les activitats habituals, al haver de protegir-se de la forta acció del sol. Cal afegir que donat el gran percentatge de buits a les façanes i l'orientació de l'edifici aquest factor hauria de ser beneficiós amb uns sistemes de protecció solar adequats, tant per al confort com per a l'estalvi energètic.

Finalment en quant als **nivells de soroll** que s'assoleix a l'escola, ocasionen un important desconfort acústic davant els usuaris. En aquest cas el 100% de les enquestes realitzades, coincideixen responnent a la qüestió de si tenen problemes de soroll afirmativament, a més identifiquen com a origen de procedència del soroll l'interior els passadissos, classes contigües, etc.

Per avaluar el comportament del soroll al edifici es va realitzar mesuraments amb sonòmetre i a partir d'aquests es calcularen els paràmetres de **temps de reverberació** en aules, menjador, biblioteca, passadís i gimnàs, d'altra banda l'aïllament de paraments i sostre del passadís i aules, considerant les escollides com les estances més representatives de l'escola. Els resultats <sup>(17)</sup> indiquen que a les aules existeixen uns temps de reverberació per sobre del que estableix la normativa (CTE-HR) com a límit. En canvi al menjador tenim valors per sota i per tan compleix.

A la resta d'estances hem comprovat que la normativa no estableix cap tipus de limitació, però cal destacar que el valor obtingut al gimnàs està molt per sobre dels altres, al qual segueix per ordre de magnitud el valor del passadís. Al contrari observant els resultats de la Biblioteca s'ha obtingut un valor molt petit, lo qual es lògic per la gran quantitat de material absorbent que hi trobem (llibres, mobiliari, etc).

D'altra banda analitzant els resultats d'**aïllament acústic** tenim que els valors de la separació entre aules (envà 7cm) es de 41 dB, i en el cas de separació d'aules mitjançant sostre resulta un valor molt similar 43 dB, els quals es troben molt a prop de l'exigència de normativa front el soroll aeri. El valor més negatiu el trobem en la separació entre passadís i aula, també amb la mateixa tipologia de divisòria (envà 7 cm), però amb la diferència de que aquest conté un buit de 0,75 m<sup>2</sup>, tancat amb finestra de vidre fix a on el valor de l'aïllament és 25 dB. Per tant aquest últim es veu perjudicat degut a que l'obertura es converteix en un punt feble de la paret divisòria, originant la pèrdua d'aïllament.

(16). Apartat 4.3.4. Seguiment de les condicions de Confort. Pàg. 25

(17). Apartat 5.2.2. Mesuraments de l'acústica. Pàg. 32

### 5.6. Anàlisis dels consums

En aquest apartat analitzarem el consum d'energia (electricitat, gas, gasoil) i recursos (aigua) necessaris per abastir la demanda del centre Isabel de Villena. Per tal de poder valorar amb visió espacial l'evolució del consum, hem fixat la franja d'estudi en 6 anys, des 2005 fins a 2011 <sup>(18)</sup>. L'accés a les dades dels registres històrics ens permet tenir un punt referència del propi edifici mitjançant la tònica predominant dels últims temps, tot comparant amb el curs més recent i així poder veure el potencial de millora i estalvi energètic. Encara que per aquesta fita, entre d'altres aspectes, també cal fer-ne consciència entre el col·lectiu d'usuaris. Resumint, aquestes dades ens ajudaran a detectar els sistemes i comportaments responsables de la nostra petjada ecològica.

#### 5.6.1. Aigua

L'aigua és un recurs molt important a analitzar, la seva variació al llarg del temps la podem observar al diagrama de **consum d'aigua per cursos** (Fig.5.93), si parem atenció als consums, aquests es mantenen en torn a uns valors similars excepte els cursos 06-07 i 08-09 on es produeix un augment del 20% i 24% sobre la mitja.

Observant els antecedents del centre i **l'evolució mensual per curs** (Fig.5.94) trobem que al gener del curs 06-07 es van instal·lar les canalitzacions de la manega contra incendis i que al curs 08-09 van haver obres importants per l'adequació de la resta de sistemes de protecció contra incendis (Empresa Proden). D'altra banda, a principis de curs 09-10 detectem que en l'encesa del sistema de calefacció (octubre 2009) s'ha realitzat un pic de consum amb 1050 m<sup>3</sup>, el que es pot assimilar a omplir el circuit per calefactar els espais. A continuació presentem els valors més significatius, que en aquest cas són també el total de recursos i els indicadors:

<b>m<sup>3</sup>/Nº Usuaris</b>	Màxim =	7038 / 780	9,02 m <sup>3</sup>
	Mitja =	5669 / 780	7,27 m <sup>3</sup>
	Mínim =	4580 / 780	5,87 m <sup>3</sup>
<b>m<sup>3</sup>/m<sup>2</sup></b>	Màxim =	7038 / 5325	1,32 m <sup>3</sup>
	Mitja =	5669 / 5325	1,06 m <sup>3</sup>
	Mínim =	4580 / 5325	0,86 m <sup>3</sup>

Fig.5.92: **INDICADORS consum Aigua, per Ús, Superfície**  
 Font: **Elaboració pròpia – Veure Annex B base dades consum**

### 5.6.2. Energia elèctrica

Analitzant la figura del **consum d'energia elèctrica per cursos** (Fig.5.96) podem extreure de la mitjana en kWh/curs que dits valors en els anys amb una activitat normal, es troben estables al voltant de **144.500 kWh/curs**, encara que en el curs 06-07 ja percebem l'augment de la mitjana en 4,87%, per continuar augmentant en el curs 07-08 fins els 164.463 kWh/curs (13,81%). Aquest augment del consum elèctric es atribuïble a les actuacions de reforma i manteniment que es van realitzar al centre durant aquest període.

Tot continuant amb l'anàlisi, proposem la superposició dels **consums d'energia elèctrica veient l'evolució mensual per curs** (Fig.5.97) i així poder detectar en quin període de l'any es van realitzar dites actuacions. Observem inicialment el patró general del consum, el qual augmenta durant el primer trimestre, fins arribar al desembre quan decreixement coincidint amb l'aturada de l'activitat per les vacances de Nadal; tornar a augmentar amb la represa de les classes on es manté fins a finals de març, a les vacances de Pasqua i de un nou augment al reprendre el tercer trimestre. En el cas d'un curs amb aquesta evolució estàndard, *trimestres - vacances*, trobaríem una forta baixada en els mesos d'estiu, encara que com anteriorment exposàvem, és el període predilecte i més segur per realitzar les tasques de millora i manteniment sense influir en l'activitat docent.

Com podem apreciar, al final del curs 06-07 (**vermell** juliol, agost) ja es nota un augment vers la resta d'anys, per continuar amb l'augment en el curs 07-08 (**verd** maig, juny, juliol) i novament estabilitzar-se amb la normal activitat. Si observem també, la forta pendent al curs 07-08 es reflexa una pujada de consum important al mes de juny, arribant a la xifra de 41589 kWh, que es quan van tindre lloc l'execució de les millores en cas d'emergència per l'obtenció de la llicència ambiental (*projecte de l'empresa Proden*).

A continuació i com a resum, facilitem els indicadors (Fig.5.95) que ens permetran estimar la repercussió per usuari, superfície i també poder computar la petjada ecològica que té el consum d'electricitat front el medi ambient en quant a emissions de CO<sub>2</sub>. Cal dir que aquest factor de conversió varia segons l'origen d'obtenció de l'energia originant el mix elèctric de l'estat Espanyol (producció en cicle combinat, termoelectriques, etc.) degut a que aquest valor s'estima per l'exercici de cada any, en aquest cas hem emprat la mitjana historica <sup>28</sup>, 0,5 kg CO<sub>2</sub> / kWh amb el qual la quantitat d'emissions ens surten 14,55 kg CO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup> de superfície construïda, amb un total de mitjana anual de 74500,50 kg CO<sub>2</sub>.

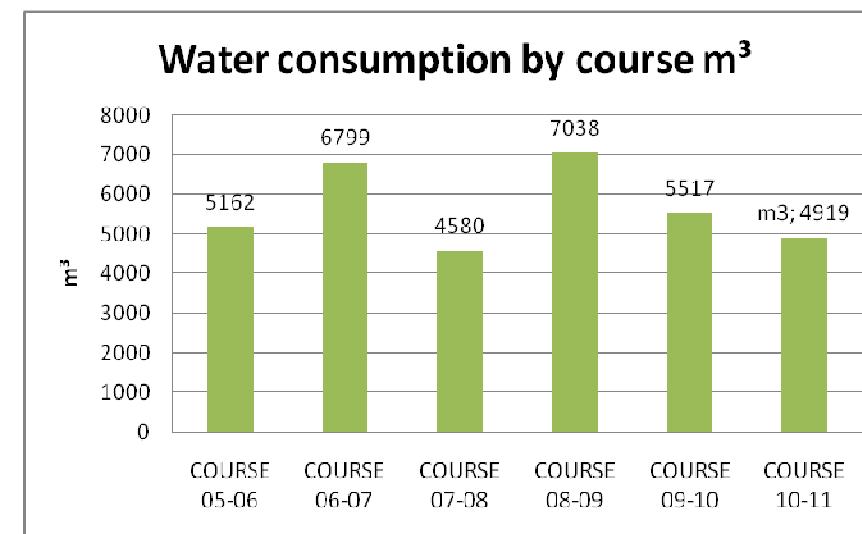


Fig.5.93: **Consum d'Aigua per cursos**  
 Font: **Elaboració pròpia – Veure Annex B base dades consum**

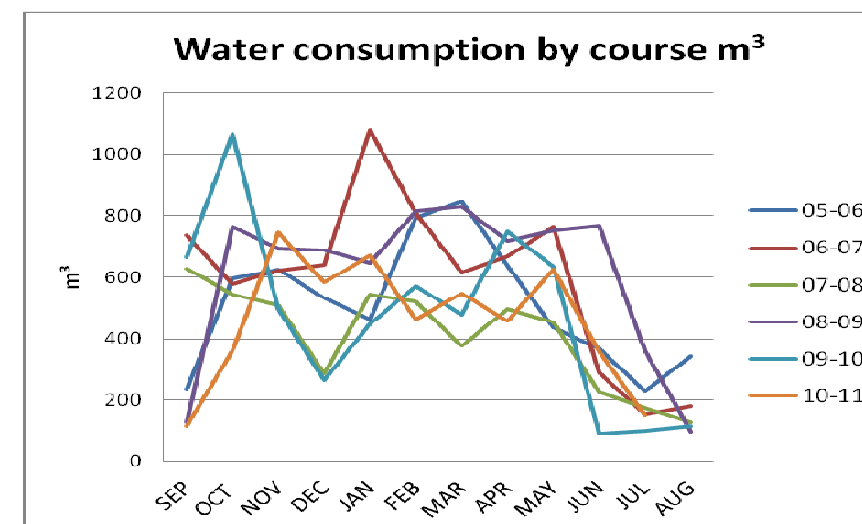


Fig.5.94: **Vista Evolució mensual per curs Aigua**  
 Font: **Elaboració pròpia – Veure Annex B base dades consum**

<b>kWh/Nº Usuaris</b>	Màxim =	164463 / 780	210,85 kWh
	Mitja =	149001 / 780	191,03 kWh
	Mínim =	143964 / 780	184,57 kWh
<b>kWh/m<sup>2</sup></b>	Màxim =	164463 / 5120,89	32,12 kWh
	Mitja =	149001 / 5120,89	29,10 kWh
	Mínim =	143964 / 5120,89	28,11 kWh
<b>kg CO<sub>2</sub> <sup>28</sup></b>	Màxim =	164463 * 0,5	82232 kg
	Mitja =	149001 * 0,5	74501 kg
	Mínim =	143964 * 0,5	71982 kg

Fig.5.95: **INDICADORS de consum elèctric per Ús, Superfície i CO<sub>2</sub>**  
 Font: **Elaboració pròpia – Veure Annex B base dades consum**

(18). ANNEX B – Base de dades de consums per factures. Pàg. 141

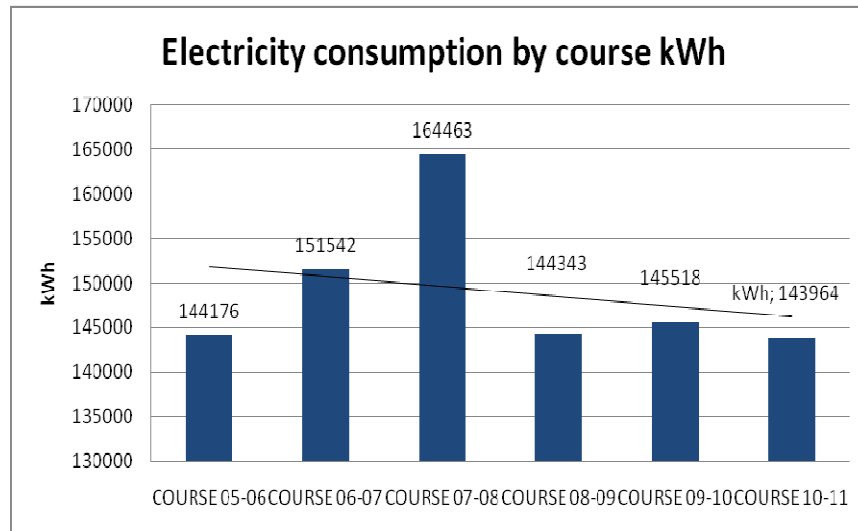


Fig.5.96: Consum d'Energia elèctrica per cursos

Font: Elaboració pròpia – Veure Annex B base dades consum

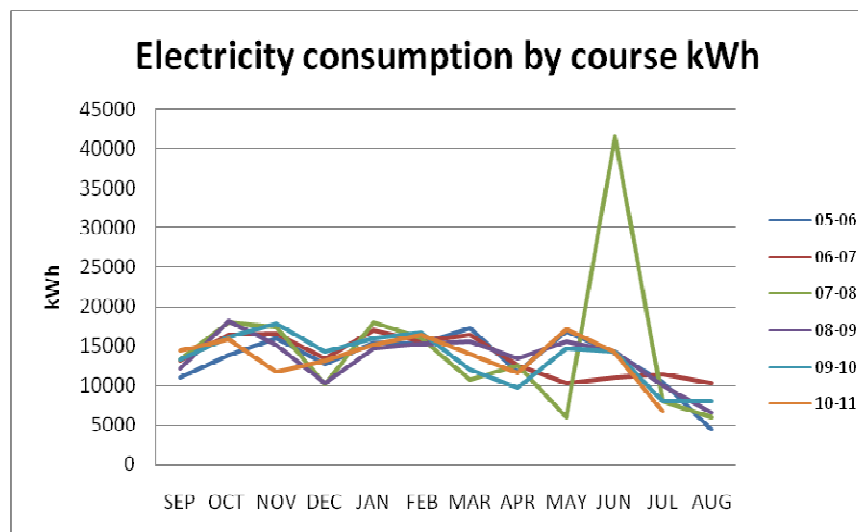


Fig.5.97: Evolució mensual per curs Energia elèctrica

Font: Elaboració pròpia – Veure Annex B base dades consum

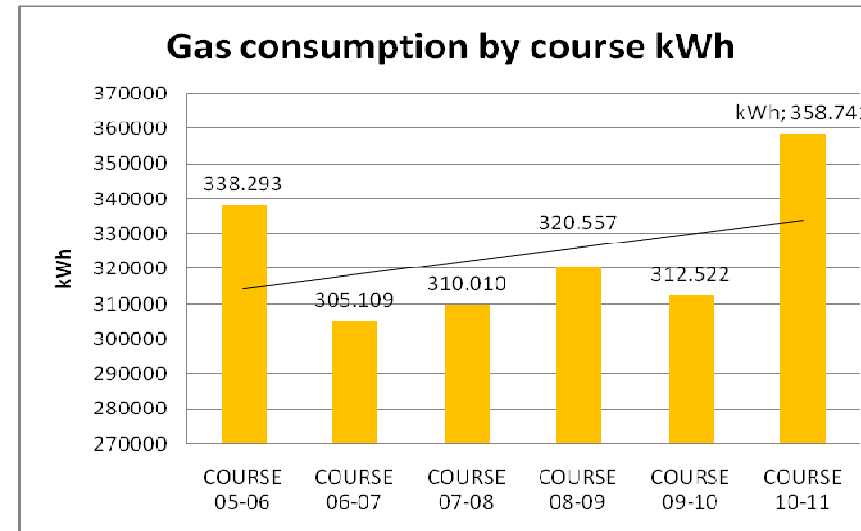


Fig.5.98: Consum de Gas natural per cursos

Font: Elaboració pròpia – Veure Annex B base dades consum

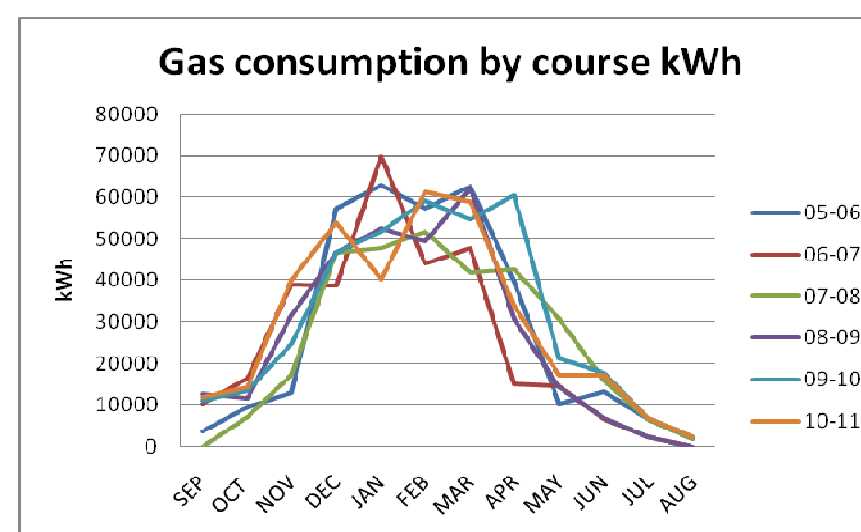


Fig.5.99: Evolució mensual per curs Gas natural

Font: Elaboració pròpia – Veure Annex B base dades consum

### 5.6.3. Gas

Si observem la figura del **consum de gas natural per cursos** (Fig.5.98) podem extreure, a partir dels cursos amb valors més estables, la mitjana del consum de gas en kWh/curs obtenint el perfil de consum descartant els anys amb situacions excepcionals. Aquest període compren des del curs 06-07 fins el 09-10 amb una mitjana de **310.425 kWh/curs**.

Tot observant els índexs per any, veiem que en 2006 es va reduir el consum un 10,88% (amb referència al consum del curs 05-06); si acumulem la reducció **des de 2006 fins al curs 09-10, trobem un estalvi en global del 28,5%**. Al comprovar el llistat de la cronologia de millores realitzades en l'envolupant, aquest fet és **assimilable a l'etapa de 05-08 quan van instal·lar finestres de doble vidre amb trencament de pont tèrmic a l'edifici**.

Parant atenció al increment total del consum, especialment ens sobta que després de les millores en les finestres, al curs 10-11 (Fig.5.98) es crea un augment del 14,78% (en comparació amb l'any anterior). Novament veiem que a les tasques de millora del centre, l'any 2010 i 2011 respectivament, es van haver de substituir les calderes del sistema de calefacció i ACS vist que aquestes no treballaven correctament. Dit augment es va correspondre per les pèrdues energètiques que generen els aparells en mal estat i la substitució d'aquests. Avui dia en aquest cas, són dues calderes noves i una tercera antiga, la qual compleix en potencia calorífica però en els últims temps han augmentant les múltiples tasques de manteniment que se li han fet.

Proseguint amb la lectura del consum, observem l'**evolució mensual del consum de gas per cursos** (Fig.5.99) on podem apreciar que el consum com a norma sempre realitza una evolució adaptada en funció de la severitat del clima, tot i les seves oscil·lacions els valors segueixen la mateixa tònica augmentant en octubre, es mantenen inestables fins a març per minvar cada vegada al mes d'abril. Cal també tenir en compte l'augment del consum en la posada en funcionament i el calibratge de la instal·lació, la qual pot veure's al gener de 2011 (Fig.5.99 **taronja**) amb un increment del consum del 50% fins al febrer.

Tot seguit trobem els indicadors més destacables, els quals fan referència al consum en funció dels usuaris i/o els m<sup>2</sup> de superfície de l'edifici. Tot plegat realitzant l'equivalència de 0,20kg CO<sub>2</sub>/kWh de les emissions associades <sup>28</sup> el qual vol dir que es considera el gas natural com a font energètica menys contaminant a efectes d'escalfament global que l'electricitat, amb una quantitat de 12,62 kg CO<sub>2</sub> / m<sup>2</sup> i un total anual de 63963,20 kg CO<sub>2</sub>.

KWh/Nº Usuaris	Màxim =	344551 / 780	441,00 kWh
	Mitja =	319816 / 780	388,26 kWh
	Mínim =	302840 / 780	410,00 kWh
KWh/m <sup>2</sup>	Màxim =	344551 / 5120,89	67,28 kWh
	Mitja =	319816 / 5120,89	62,45 kWh
	Mínim =	302840 / 5120,89	59,14 kWh
kg CO <sub>2</sub> <sup>28</sup>	Màxim =	344551 * 0,20	68910 kg
	Mitja =	319816 * 0,20	63963 kg
	Mínim =	302840 * 0,20	60568 kg

Fig.5.100: INDICADORS consum gas, per Ús, Superfície i CO<sub>2</sub>

Font: Elaboració pròpia – Veure Annex B base dades consum

### 5.6.4. Gasoil

El **consum de gasoil** (Fig.5.101/5.102) a l'escola només és el que es consumeix a la caldera instal·lada al menjador de soterrani a 2004, a conseqüència de les grans pèrdues d'escalfor que es produeixen mitjançant les lluernes perimetrals d'aquet espai. Sobre el seguiment realitzat a partir dels albarans de l'empresa subministradora, hem extrapolat un consum anual i a partir d'aquest **l'evolució del consum al curs**.

Als diagrames es pot observar una disminució del consum en el curs 07-08 un 50% en comparació a la mitjana, el que ens fa detectar la manca d'albarans, vist que no hi ha cap altre motiu que pugui influir al consum normal, ja que la demanda a l'espai a sigut sempre estable. Tot i aquesta singularitat trobem que la tònica predominant d'aquest espai va lleugerament en augment, situació que anirà empitjorant amb el temps si no és millora l'estanquitat de l'espai.

D'altra banda volem afegir que aquest equip resulta insostenible degut al increment constant del preu del petroli que cada any augmenta per l'escassetat del recurs. Per aquesta raó creiem favorable estudiar la substitució d'aquest equip per un que s'abasteixi a partir de fonts energètiques renovables, com poden ser les calderes de pallets a partir de restes forestals.

### 5.6.5. Global de recursos energètics

Fent la suma de tots els recursos energètics emprats a l'Escola Isabel de Villena tenim els resultats totals del conjunt en forma d'indicadors per curs lectiu.

Pel que fa al global de recursos energètics podem apreciar al diagrama de barres on es comparen (Fig.5.104) que el que més es consumeix es el gas natural amb un ordre del doble aproximadament que d'electricitat, en canvi si analitzem les emissions de CO<sub>2</sub> de cadascuna de les fonts energètiques (Fig.5.105) veurem clarament que la repercussió mediambiental més destacada prové del consum d'electricitat, encara que el seu consum sigui 2,15 vegades inferior respecte el de gas natural. Cal dir que les emissions del gasoil resulten tan reduïdes en comparació, degut a que com dèiem amb aquest tan sols s'abasteix un espai en contraposició a l'electricitat i gas abasteixen la demanda col·lectiva del centre.

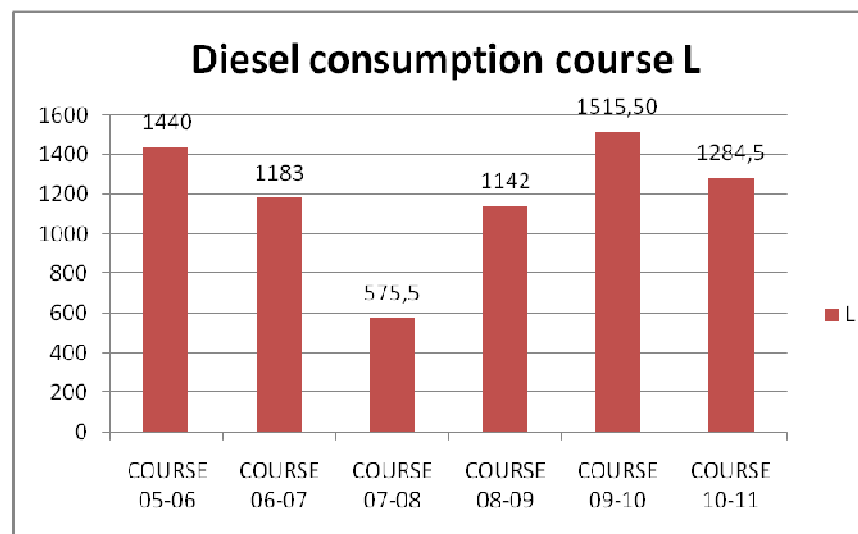


Fig.5.101: Consum de Gasoil per cursos, Litres  
Font: Elaboració pròpia – Veure Annex B base dades consum

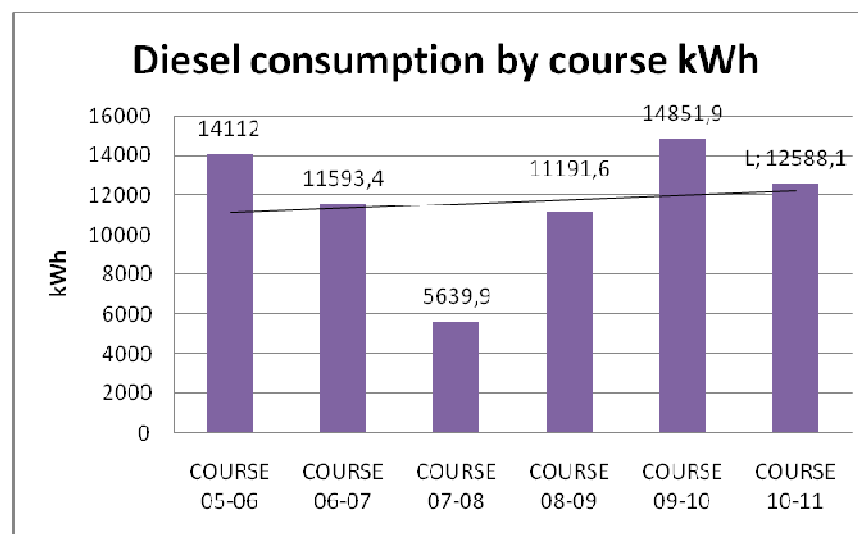


Fig.5.102: Consum de Gasoil per cursos, kWh  
Font: Elaboració pròpia – Veure Annex B base dades consum

<b>KWh/Nº Usuaris</b>	Màxim =	14851 / 780	19,04 kWh
	Mitja =	11663 / 780	14,95 kWh
	Mínim =	5640 / 780	7,23 kWh
<b>KWh/m²</b>	Màxim =	14851 / 5120,89	2,90 kWh
	Mitja =	11663 / 5120,89	2,28 kWh
	Mínim =	5640 / 5120,89	1,10 kWh
<b>kg CO<sub>2</sub></b> <sup>29</sup>	Màxim =	1515,5 L * 2,79	4228,25 kg
	Mitja =	1190,08 L * 2,79	3320,33 kg
	Mínim =	575,5 L * 2,79	1605,65 kg

Fig.5.103: INDICADORS consum gasoil, per Ús, Superfície i CO<sub>2</sub>  
Font: Elaboració pròpia – Veure Annex B base dades consum

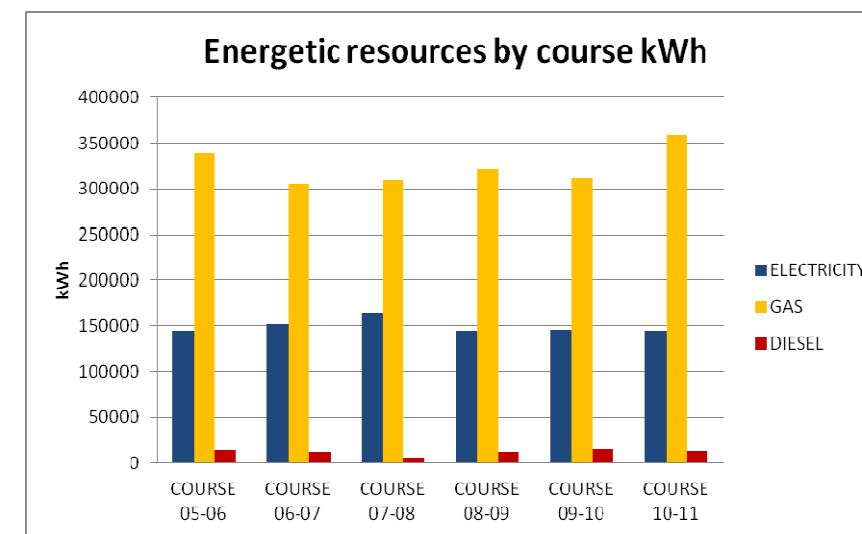


Fig.5.104: Consum Total fonts energètiques per cursos  
Font: Elaboració pròpia – Veure Annex B base dades consum

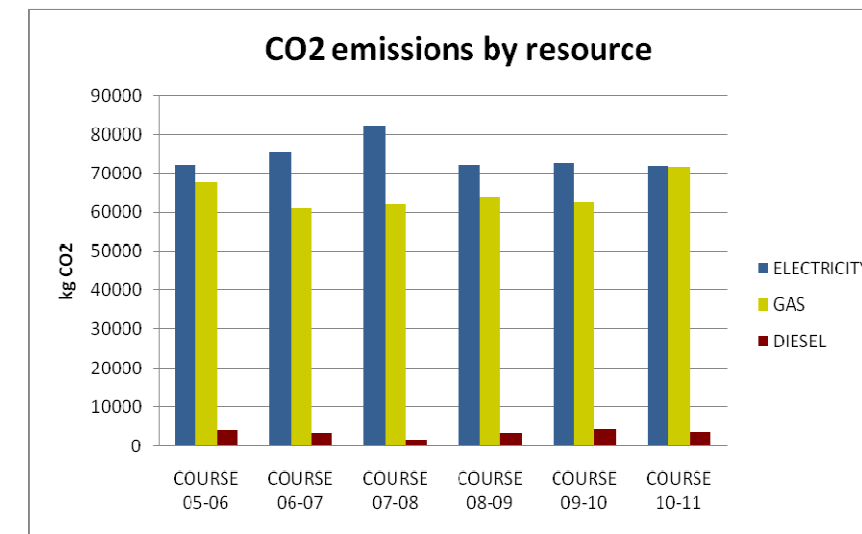


Fig.5.105: Emissions Totals fonts energètiques per cursos  
Font: Elaboració pròpia – Veure Annex B base dades consum

<b>KWh/Nº Usuaris</b>	Màxim	670,89 kWh
	Mitja	594,24 kWh
	Mínim	601,8 kWh
<b>KWh/m²</b>	Màxim	102,3 kWh
	Mitja	93,83 kWh
	Mínim	88,35 kWh
<b>kg CO<sub>2</sub></b>	Màxim	86528,66 kg
	Mitja	77884,79 kg
	Mínim	73648,22 kg

Fig.5.106: INDICADORS consum TOTAL, per Ús, Superfície i CO<sub>2</sub>  
Font: Elaboració pròpia – Veure Annex B base dades consum

### 5.6.6. Comparació amb altres escoles

Per finalitzar l'apartat de consums volem posicionar el nostre edifici a partir de realitzar una comparació que ens pugui donar informació real del seu comportament energètic, degut a que amb una simulació teòrica, per exemple com la realitzada amb CALENER VYP, els paràmetres a estudi estan qüestionats en funció de la comparació amb un edifici de referència el qual desconeixem amb exactitud el seu comportament, la qual cosa ens podria dur a errors en la valoració.

Amb aquest propòsit hem volgut analitzar el consum de recursos energètics dels apartats anteriors front a casos reals de centres escolars que puguin indicar-nos si la mitjana de consum segueix la tònica general o d'altra banda si s'allunya d'aquesta, valorant el grau de disconformitat.

La mostra comparativa s'ha extret a partir dels registres obtinguts pel Departament de Construccions Arquitectòniques II de l'EPSEB, el qual ha pogut recollir una suma de 25 centres <sup>(19)</sup> pertanyents a l'àrea metropolitana de Barcelona, a la que voldrem afegir el nostre cas de l'Escola Isabel de Villena.

Referent als índexs d'energia elèctrica (**Fig.5.107**), on el valor màxim es situa en 64,40 kWh/m<sup>2</sup> i el mínim en 12,08 kWh/m<sup>2</sup>, la nostra escola es situa amb 29,10 kWh/m<sup>2</sup>, en la 20<sup>a</sup> posició de 26. Encara que si observem la mitjana de consum (23,54 kWh/m<sup>2</sup>) veiem que el nostre cas d'estudi es troba un 23,62% per sobre de la mitjana, el qual ens marca la potencialitat de millora en eficiència elèctrica.

D'altra banda tenim també l'indicador obtingut a partir del **consum de gas (Fig.108)** dels centres, on en aquests la màxima es situa en 207,98 kWh/m<sup>2</sup>, la mínima en 29,20 kWh/m<sup>2</sup> i la mitjana en 60,73 kWh/m<sup>2</sup>. Comparant aquesta última amb el nostre valor de 62,45 kWh/m<sup>2</sup> veiem que ens trobem tan sols un 2,83% per sobre (en comparació amb el valor d'electricitat), quedant relegat a la 15<sup>a</sup> posició del total de 26 i per tant a considerar les oportunitats d'estalvi energètic aplicant mesures correctores.

Finalment cal afegir que en general el que podem extreure de la mostra, és que si observem detingudament les gràfiques veiem que els casos que no superen la mitjana de consum es tornen situacions excepcionals, ja que la norma general tendeix a superar-la, el que ens indica que aquesta tipologia d'edificis (època de construcció, materials i sistemes utilitzats, etc.), s'allunya molt del concepte estalvi d'energia o eficiència energètica. De on es mostra novament que el potencial d'estalvi energètic es troba principalment en el parc d'edificis existent.

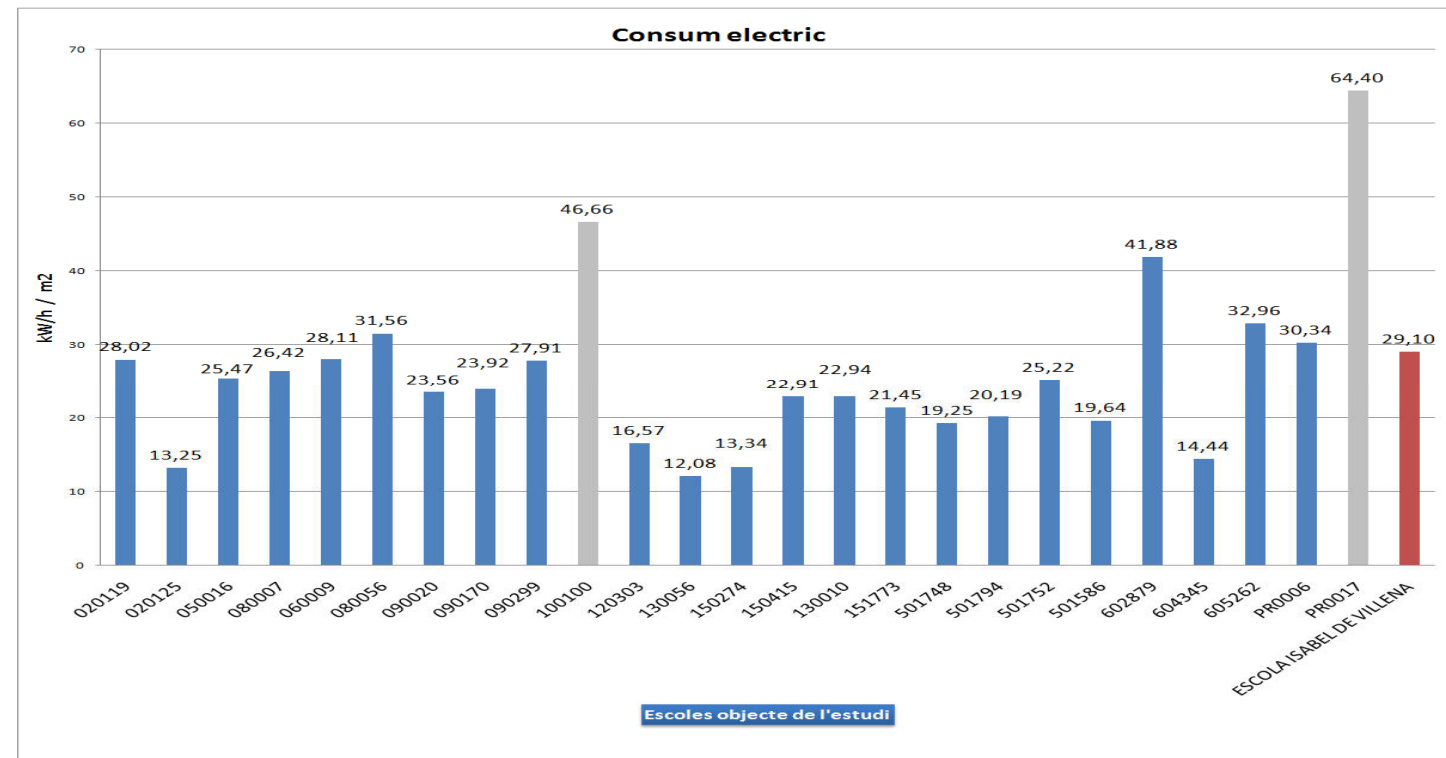


Fig.5.107: **INDICADORS consum TOTAL, de Centre Escolars a l'àrea metropolitana de Barcelona** <sup>(20)</sup>  
Font: Departament EPSEB Construccions Arquitectòniques II – Veure annex B base dades consum

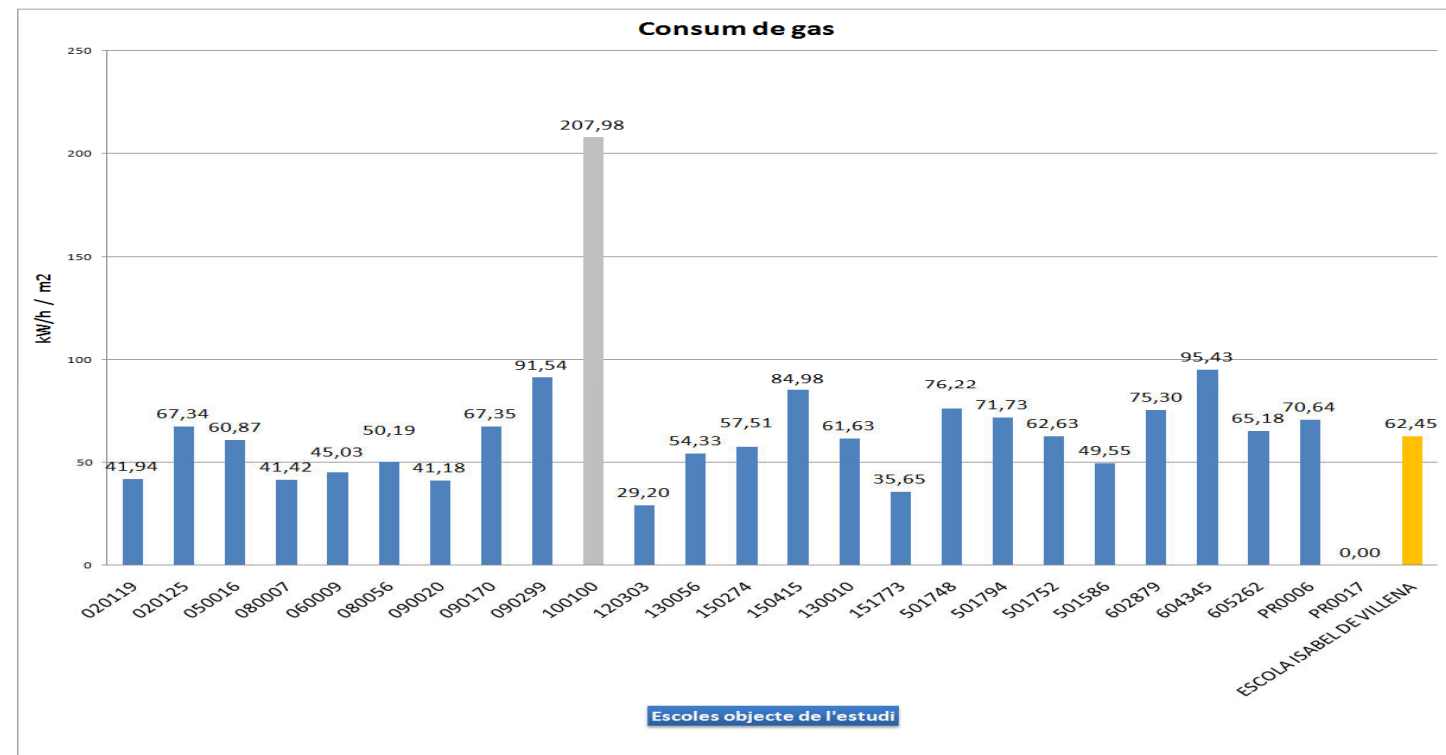


Fig.5.108: **INDICADORS consum TOTAL, de Centre Escolars a l'àrea metropolitana de Barcelona** <sup>(20)</sup>  
Font: Departament EPSEB Construccions Arquitectòniques II – Veure annex B base dades consum

(19). Com a desig de les escoles ha calgut mantindre les dades d'aquestes amb confidencialitat.

(20). Les escoles ombrejades s'han extret de la mostra a efectes de calcular la mitjana donat que no són representatives de la resta.



## 6. FASE 3: DIAGNÒSTIC I LÍNIES D'ACTUACIÓ

En aquesta fase del treball ja es pot realitzar el diagnòstic, al qual s'arriba després d'avaluar les dades i de comparar-les amb els valors de referència, per finalitzar amb la definició de les línies d'actuació en que cal intervenir.

### El diagnòstic

El reconeixement del comportament energètic de l'edifici i de les seves possibilitats de millora s'obté de la diagnosi parcial de cadascun dels àmbits analitzats: l'envolupant arquitectònica, els sistemes energètics, l'ús i la gestió. Aquest diagnòstic pot començar a definir les línies d'actuació amb què millorar l'eficiència energètica i el consum de recursos del centre, sempre tenint en compte la seva viabilitat, tant tècnica, com econòmica i logística.

Per tant, l'adequació i el grau de certesa del diagnòstic depenen directament de la qualitat de la informació recollida durant l'aixecament de dades i del rigor amb que s'ha fet l'avaluació dels resultats. Amb el diagnòstic hem de ser capaços de detectar les diferents possibilitats de millora de cadascun dels àmbits d'actuació esmentats.

### Les línies d'actuació

Com ja hem dit, a partir del diagnòstic es pot identificar les mancances de l'edifici i, per tant, es poden començar a plantejar les accions específiques per tal de solucionar-les. Les diferents propostes cal agrupar-les en el que anomenem *línies d'actuació*, que vénen determinades per la metodologia emprada durant l'aixecament de dades i l'avaluació. Així definim:

- **LA1 Actuacions relacionades amb l'envolupant.** Tenen a veure amb les característiques arquitectòniques i constructives de l'edifici i, específicament, amb la seva envolupant (tancaments exteriors verticals, cobertes, soleres, etc.). Aquestes actuacions incideixen en la demanda energètica amb l'objectiu de reduir-la i poden comportar des de col·locació d'elements de protecció solar (ràfecs, lames, vegetació) a reforç de l'aïllament dels tancaments, correcció de ponts tèrmics, substitució de materials o afavoriment de la ventilació natural encreuada.

- **LA2 Actuacions relacionades amb els sistemes i les instal·lacions.** Recullen totes aquelles intervencions que poden millorar el funcionament dels aparells i dels sistemes que atenen la demanda energètica de l'edifici (lluminàries, aparells de climatització, reguladors de fluxos, millora dels sistemes de distribució o de conductes, etc.).
- **LA3 Actuacions relacionades amb la gestió dels recursos energètics.** Agrupen actuacions identificades amb les característiques d'ocupació de l'edifici i els seus usos i funcions (horaris, períodes, etc.) i poden referir-se a un millor ajust de la demanda identificada o a un control dels paràmetres de confort i les condicions de funcionament de l'edifici.

Cadascuna de les actuacions identificades s'ha de valorar en tres aspectes: la seva incidència sobre la demanda energètica de l'edifici, el consum global o percentatge d'estalvi que pot significar, i la seva viabilitat, tan tècnica com econòmica.

D'altra banda complementant el procés de diagnòstic del projecte ha calgut incloure una nova línia d'actuació vist el interès demostrat des del propi centre escolar:

- **LA4 Actuacions relacionades amb la gestió dels residus.** Engloben les actuacions relacionades amb la conscienciació dels usuaris vers la voluntat de gestionar els residus d'una manera més sostenible.

### El quadre de prioritats

Una vegada identificades les oportunitats de millora en cada àmbit i valorades les diferents viabilitats tècniques, econòmiques i logístiques, cal fer un quadre de prioritats per tal que els recursos disponibles s'esmercin de la manera més efectiva i eficient.

Cal insistir que l'avaluació fa la "fotografia" de l'estat actual i real de l'edifici quant a consum de recursos i eficiència: avalua si aquests consums es desvien dels paràmetres de referència i, finalment, proposa unes línies d'actuació que han de donar resposta a les polítiques de gestió, confort o estalvi, alhora que garanteixen que es compleixin els objectius finals.

## 6.1. Diagnòstic disconformitats

### Lluerna soterrani obsoleta – Façana Nord

Referint-nos a la lluerna de soterrani situada al perímetre dels espais de cuina, menjador, bugaderia i vestuari femení; la qual presenta dues zones diferenciades que tractarem per separat.

Iniciem tal i com s'observa a la primera imatge (Fig.6.1) amb la lluerna inclinada que cobreix el perímetre de cuina i menjador, tractant en primera posició aquest últim. El tema principal avaluar recau en la manca d'estanquitat de la fusteria, a la qual se li atribueixen unes pèrdues per infiltracions quantificades en **53.487,94 kWh de mitjana anual** (vers el balanç en demanda de calefacció LIDER), representant un 40% de les pèrdues totals a l'espai. Aquest lluernari arriba a tal grau d'obsolescència que ha calgut instal·lar al menjador un sistema propi de calefacció a partir d'una caldera de gasoil (41kW potencia nominal).



Fig.6.1: Lluerna inclinada soterrani – Cuina, Menjador  
Font: *Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic*

D'altra banda la zona de cuina és no acondicionada (propi de la seva activitat) i degut a la manca de confort al hivern ha calgut instal·lar-hi una doble lluerna per contenir l'escalfor, aquesta es compona de policarbonat de doble cel·la.



Fig.6.2: Lluerna policarbonat interior Cuina  
Font: *Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic*

Com a últim punt evidenciar el mal estat de conservació general, es perceben (Fig.6.1) esquerdes per impactes i oxidacions a la subestructura. Aquestes lesions es deuen a l'acció de la climatologia, les condensacions originades pel xoc tèrmic de l'aire calent que s'extreu del local i per la manca de manteniment en la reposició de pintures per la protecció d'elements metàl·lics.

Continuant amb les lluernes de la zona nord trobem la pertanyent als espais de bugaderia i vestuari femení. Aquesta és de tipologia transitable a la qual se li detecten lesions a tractar. Tal i com és veu a la imatge (Fig.6.3) el vidre té esquerdes que han sigut "reparades", al mur de soterrani es percep un cert grau d'erosió, degut possiblement a la manca estanquitat del perímetre. D'altra banda detectem també un alt grau d'oxidació a les bigues.

Volem aclarir que la zona transitable d'aquesta lluernia es situa en un espai ballat del pati exterior, accessible tan sols per a tasques de manteniment. Per aquesta raó, es recomana realitzar un anàlisi acurat del conjunt com a mesura de precaució abans de que empitjorin dites lesions. Cal remarcar la necessitat de control d'aquest element, donat que en el supòsit d'empitjorar augmentaria el risc de col·lapse de l'estructura quan aquesta entra en carrega al ser transitada, el qual comportaria una caiguda a diferent nivell amb una alçada lliure de 4 metres.



Fig.6.3: Lluerna deteriorada, lesions al mur, espai Bugaderia  
Font: Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic

### Coberta de xapa grecada, aula de música

Tractem ara la coberta de xapa grecada que trobem entre façana nord-est i sud, situada sobre l'aula de música. La solució constructiva d'aquest element sobrepasa l'exigència del CTE-HE1, en quant a transmitància de cobertes exteriors en 4,5 vegades; factor que es va detectar en l'apartat 5.4.1. *Demanda tèrmica* al avaluar l'envolupant de l'edifici.

Si quantifiquem les pèrdues d'aquest element de xapa grecada i fals sostre interior, obtenim un valor de **32,48 kWh/m<sup>2</sup>**. Valorant aquesta dada, si també hi afegim les produïdes per infiltracions a l'espai **145 kWh/m<sup>2</sup>**, sumen un total de pèrdues energètiques de 12.910,53 kWh com a mitjana anual. Aquest resultat es tradueix com el 36,27% de les pèrdues totals comptabilitzades al local.

D'altra banda cal sumar a la problemàtica energètica dues lesions que s'han trobat. En primer cas es detecten taques d'humitat situades en el conjunt del fals sostre, format aquest amb planxes de cartró guix. Segons l'apartat mencionat anteriorment a la comprovació de l'envolupant (pàg.39), es van detectar la formació de condensacions superficials en aquest tancament de coberta, les quals relacionem amb l'aparició de dites taques. En segon cas es perceben deformacions en el fals sostre i taques d'òxid a la paret (Fig.6.4). Creiem que en aquest cas seria favorable realitzar una comprovació de les trobades de la coberta amb els murs exteriors (esquerra de la imatge) per tal de cercar l'origen d'aquestes lesions, degut a que poden ser atribuïbles a diferents factors (resolució incorrecta de la impermeabilització a la trobada de coberta amb els murs, deformacions per diferència de coeficients de dilatació dels materials, etc.). **Vist que les humitats afecten a la resistència tèrmica** (l'aigua té una conductivitat tèrmica més elevada  $\lambda=0,58$  W/mK que l'aire  $\lambda=0.024$  W/mK).



Fig.6.4: Coberta xapa grecada A. Música, lesions Fals Sostre  
Font: Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic

### El tancament exterior de façana

Durant l'evolució d'aquest projecte s'han trobat deficiències referents amb la solució constructiva executada en el tancament de façana, el qual caldrà estudiar amb deteniment.

Es defineix la seva composició a partir de doble full de fàbrica de maó per a revestir amb cambra d'aire interior (no ventilada). A

l'hora de comprovar el comportament real del conjunt, vista la impossibilitat de realitzar obertures físiques per tal de verificar per exemple, l'existència d'aïllament al interior a la cambra d'aire, va caldre obtenir dita informació a partir de tècniques no invasives.

Mitjançant termografies dels tancaments exteriors es van evidenciar amb gran definició la nostre sospita referent a la manca de resistència tèrmica del parament. A l'apartat 5.2.1. referent a dit estudi termogràfic, es mostra detalladament com el flux de calor travessa les juntes de ciment entre les peces de fàbrica o el conjunt de ponts tèrmics de façana, com el que s'aprecia a l'esquerra de la imatge (Fig.6.5) sobre la deficient execució del segellat a la junta estructural que trobem a la façana sud, el qual també origina una entrada d'humitat i amb la conseqüent pèrdua de resistència tèrmica, a més de les fissures superficials que també es veuen a la imatge, degudes per contraccions del revestiment atribuïbles a la inexistència de malla entre les capes del morter.

D'altra banda si ens fixem a la fotografia de la dreta observem també com al parament de façana a nord-est es continuen evidenciant lesions i irregularitats en el revestiment, en aquest cas ja solucionades a l'actualitat.



Fig.6.5: Façana de doble fulla, irregularitats en el revestiment  
Font: Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic

Si transposem aquests factors negatius a valors energètics, per exemple analitzant un aula tipus de façana sud amb una superfície mitjana interior de 60 m<sup>2</sup>, i 18 m<sup>2</sup> de tancament dels quals 12m<sup>2</sup> són obertures de finestres, veiem que els tancaments exteriors tenen unes pèrdues d'energia de 1152,56 kWh (mitjana anual). Observant aquestes dades a partir de l'aula tipus podem obtenir el valor total de les pèrdues a la façana sud, la qual conté la majoria d'aules (vers la resta de façanes) amb sis aules per planta el que ens origina unes **pèrdues totals de la part opaca de façana sud 27.661,40 kWh** (mitjana anual).

Un cop obtingudes les pèrdues de la part opaca ens cal comparar amb els guanys per les finestres, degut a que aquestes signifiquen el 46,61% del total de façana sud. El **total de guanys és 67.202,58 kWh per finestres** (mitjana anual) en comparació són 2,5 vegades les pèrdues que és produeixen per la part opaca.

Com es pot veure, el balanç energètic ens està mostrant que l'edifici treballa "tan bé" front la demanda de calefacció gràcies al seu disseny i el conseqüent aprofitament passiu de la radiació solar, però a vista del desconfort que es pateix per part del usuari, a cost de passar per alt els paràmetres de confort necessaris per a dur a terme l'activitat en unes condicions internes raonables.

Per aquesta raó (l'aprofitament excessiu de radiació solar) als espais acaba sent primordial la necessitat de ventilar tot sovint, per tal de poder alleujar el calor intern de les aules. Donada la inexistència de normativa oficial en rehabilitació (l'assignatura pendent del CTE), que inclogui criteris alhora d'assolir correctament el còmput per infiltracions degut a les ventilació natural, vam arribar a l'acord de situar-ho en com a mínim una vegada més les infiltracions pròpies de la fusteria de cada espai (menys en els casos regulats a la Taula E.8 del HE1). Aclarida aquesta premissa les **pèrdues dels espais de façana sud al ventilar són de 111.190,8 kWh** (mitjana anual) el 34,76% de la mitjana de consum de gas natural dels últims cinc anys.

En definitiva podem dir que resta més que justificada la ineficiència del tancament exterior de l'edifici.

### Mancança de proteccions solars per l'exterior

Seguint el fil del raonament tractat vers el balanç de pèrdues i guanys de la façana, salta a la vista que la problemàtica deriva de la forta radiació solar incident en l'envolupant i els espais, per a la qual no hi ha avui dia protecció solar apte per l'ús (pati parvulari, obsoletes) o instal·lada (al exterior) que realitzi la funció de controlar quant aquesta és massa incident originant situacions de sobreescalfament.

Quan dèiem que les proteccions solars actualment instal·lades es troben no aptes, ens referim específicament als tendals de planta baixa sobre el pati de parvulari (Fig.6.6); Aules dels quals, són les úniques que compten amb persianes enrotllables (persianes instal·lades tan sols a finestres de planta baixa). Sobre dits tendals, aquests han caigut en l'obsolescència per manca de manteniment i de control, vist que a la zona on es situa l'escola no és troba cap element o edifici que exerceixi un control sobre les fortes marines que pugen fins a Collserola, originant que

aquests s'inflin i facin efecte vela, que com a conseqüència amb el temps han acabat inutilitzables per deixar-los oberts quan feia vent fort.



Fig.6.6: **Façana sud, manca de protecció solar per l'exterior**  
Font: **Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic**

Per tal d'intentar controlar la radiació i la il·luminació dels espais, la qual és excessiva a l'hora de poder adaptar-se a les necessitats derivades de l'activitat (projeccions, pissarra electrònica, etc.) s'han instal·lat cortines, les quals presenten diferències en quant l'opacitat del material a on trobem que les més antigues (Fig.6.7) solucionen pitjor el control lumínic (esquerra de la imatge).



Fig.6.7: **Façana sud, manca de protecció solar per l'exterior**  
Font: **Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic**

Com es veu, aquests elements no són eficaços per regular la temperatura, ja que la necessitat bé donada per haver d'allunyar la radiació de les finestres, cosa que no aconsegueixen al ser "proteccions" internes. La problemàtica s'agreuja sobretot quan cal reduir la incidència i alhora és necessita una contribució lumínica tal que permeti continuar amb les tasques de lectura i escriptura. Per acabar de completar els infortunis, dir que alhora de protegir-

se amb aquestes cortines es troben amb la impossibilitat de ventilar, sent la única solució que tenen per disminuir la calor interna percebuda.

Traduint aquests valors d'aportació energètica com a guanys del sistema per radiació obtenim que dita aula estàndard (60 m<sup>2</sup> planta i 12 m<sup>2</sup> d'obertures) rep de mitjana anual 2766,02 kWh. Calculant el valor de **façana sud referent als guanys de les finestres tenim 67.202,58 kWh** (tal i com dèiem al apartat de façana) el equivalent al un 21,01% de la mitjana de gas natural consumida en els últims cinc anys.

Tot i la necessitat de protegir les aules de la forta radiació solar, hem de tenir ben present, que aquest factor és clau aprofitar-lo sobretot en els mesos d'hivern per estalviar en calefacció, a més de la necessitat d'il·luminació natural.

### Coberta transitable necessitat de manteniment

Fent referència a la coberta transitable la qual avui dia tan sols té la funció com a espai per instal·lacions (equips exteriors climatització, sala ascensor, etc) sent des del punt de vista d'aquest diagnòstic un espai desaprofitat, al comparar-ho amb les necessitats de superfície que regeix com a norma el centre (voldrien ampliar el centre per donar lloc a més activitats), al tenir tota la seva superfície de parcel·la construïda.

Com es pot observar a la imatge (Fig.6.8) aquesta tipologia de façana té una forta necessitat de manteniment, tal i com es reflexa clarament a la fotografia de la dreta. Es detecta gran part del feltre geotèxtil trencat amb la problemàtica de deixar al descobert la impermeabilització, el qual originaria una seqüència de lesions sempre i quan no s'actui des de la prevenció.



Fig.6.8: **Coberta transitable necessitat de manteniment**  
Font: **Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic**

Si tractem aquest parament pels seus valors d'aïllament front la transmitància de la norma trobem que aquesta es situa en 1,07 W/m<sup>2</sup>K, dues vegades per sobre de l'exigència. D'altra banda si la definim en quant les seves pèrdues d'energia, aquestes responen a 23,49 kWh/m<sup>2</sup>, valor que podem transposar al conjunt de les sis aules de façana sud (superfície total) 9441,32 kWh/m<sup>2</sup> anual.

### Lluerna de policarbonat, infiltracions vestíbul

Espai cobertor a la mateixa alçada que la coberta transitable, es troba entre aquesta i la coberta inclinada formada per l'ampliació de la planta tercera. Aquest element resguarda l'espai més consumidor d'energia de l'edifici, el vestíbul central, el qual comunica directament amb els passadissos des de planta baixa. Mitjançant aquest lluernari es nodreix d'il·luminació natural el nucli central de l'edifici, però la problemàtica ve donada per dos aspectes clau en el balanç de pèrdues i guanys, les infiltracions degudes a que el lluernari es ventilat constantment d'una banda i d'altra els rebuts per la transmitància del conjunt. Com diem factors clau que condicionen la limitació de la demanda a assolir.

Tractem doncs els valors energètics:

#### • Infiltracions (manca d'estanquitat) kWh/m<sup>2</sup> mitjana anual

Guany CAL = 2,60	Guany REF = 2,67
Pèrdues CAL = -248,02	Pèrdues REF = -22,83
Balanç CAL = -245,42	Balanç REF = -20,16

#### • Infiltracions (manca d'estanquitat) kWh/m<sup>2</sup> mitjana anual

Guany CAL = 47,04	Guany REF = 10,33
Pèrdues CAL = -105,02	Pèrdues REF = -0,42
Balanç CAL = -57,98	Balanç REF = 9,91



Fig.6.9: Lluerna de policarbonat de doble cel·la, infiltracions  
Font: Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic

Si obtenim els totals a partir de la superfície acondicionada, que és amb la que treballa LIDER tenim:

\* **DEMANDA CAL = -7.924,80 kWh**

\* **DEMANDA REF = -267,73 kWh**

\* valors obtinguts amb la superfície de l'espai vestíbul 26,12 m<sup>2</sup>, els quals no potencien totalment l'efecte xemeneia entre plantes, valors aproximats. S'ha utilitzat la superfície màxima possible.

Per últim sobre aquest espai, **remarcant que la seva geometria i acabat superficial resulten deficientes per l'acústica, sent font de soroll** (detectat a les enquestes), i més concretament la transmitància que generen els tancaments interiors (U divisòries aules= 1,91 W/m<sup>2</sup>K, Ucte= 1 W/m<sup>2</sup>K) amb el vestíbul, el qual és un element interior que caldria aïllar, sense oblidar l'efecte que realitza la manca d'estanquitat al global de l'edifici.

### Finestres circulars, problemes d'estanquitat

Com mostràvem a l'apartat de comprovació de l'envolupant, existeixen als serveis d'alumnes les úniques finestres que encara resten des de la construcció de l'edifici. Aquestes es componen de marc de fusta densitat mitja-alta i vidre simple. Trobem que les juntes entre marc i part practicable no tenen cap material que controli les infiltracions, situació que afavoreix la manca d'estanquitat (permeabilitat a l'aire = 50 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 100Pa; exigida 27 m<sup>3</sup>/hm<sup>2</sup> 100Pa) a les quals se li atribueixen unes renovacions d'aire excessives amb unes **pèrdues de mitjana anual 1.538 kWh**.



Fig.6.10: Finestres de fusta, excessiva permeabilitat a l'aire  
Font: Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic

### Accessos edificis, pèrdua d'estanquitat

Els accessos a l'edifici com explicàvem a l'aixecament de dades (4.2.1 Arquitectura) es realitzen a diferents cotes del carrer principal Joan Miró (planta soterrani, baixa i primera), a més de les pròpies d'interiors (planta soterrani i baixa) des del pati perimetral. Aquests casos tenen una gran aflluència d'ús al ser primordials pels moviments d'usuaris, el que comporta que masses hores al dia estiguin amb la porta oberta realitzant excessives renovacions d'aire, corrents entre els passadissos, etc, amb la conseqüent pèrdua energètica en l'aire climatitzat. En climes freds, l'arquitectura respon a aquesta necessitat instal·lant vestíbuls d'accés amb doble porta, com en el nostre cas trobem en l'accés de planta baixa des del carrer principal (Fig.6.11) el qual, encara i que les fusteria són de vidre amb una permeabilitat deficient per la manca de juntes al marc, el vestíbul compta amb doble porta i així controlar millor l'estanquitat.



Fig.6.11: Accessos edifici, vestíbul doble fusteria  
Font: Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic

A la resta d'accessos, no existeixen com són el cas de l'accés de planta soterrani connectat amb el gimnàs, l'accés principal al pati des de planta baixa i l'accés d'administració, en definitiva, els casos on més intensitat de pas existeix (Fig.6.12)



Fig.6.12: Accessos edifici, pèrdua d'estanquitat  
Font: Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic

Les estimacions de pèrdues energètiques comprovades dels dos cassos amb més representativitat són el passadís de planta soterrani, que mitjançant l'aixecament de dades hem detectat que es troba gran part del dia obert i sense control (fins i tot al hivern) i el passadís de planta baixa, el qual realitza la intensitat més alta. El còmput total d'aquests dos espais, referents a **les pèrdues totals de mitjana anual és de 16.482,31 kWh**. Vers el total de consum de gas natural de l'edifici aquests dos espais representen un 5% més a tenir en compte.

### Excés d'il·luminació als espais

Pel que fa als sistemes d'il·luminació a la fase d'avaluació hem detectat que de 97 espais analitzats un total de 79 pateixen un excés d'aportació de llum artificial mitjançant les làmpades instal·lades. Aquest factor suposa que **més del 80 % dels locals malbaratant energia elèctrica cada dia del curs**, d'altra banda tan sols de 8 proporcionen les condicions confort i els 10 restants estan deficientment il·luminades, per tant caldria replantejar aquesta instal·lació.

A partir de l'eina informàtica CALENER podem tenir una aproximació dels consums reals d'energia elèctrica que aquesta instal·lació té. Com el programa comptabilitza per a tots els mesos de l'any a nosaltres ens cal extreure la informació sense els períodes de vacances escolars, el que representa  $\frac{3}{4}$  dels totals extrets per la simulació.

Segons el inventari d'aparells elèctrics d'il·luminació hi ha **7,19kW** instal·lats a l'escola, els quals tenen un **consum d'energia final** pels maquinaris (extret de la potencia/m<sup>2</sup> de DIALUX, i avaluat a CALENER) **de 78.975,62 kWh de mitjana anual**.

D'altra banda cal tenir present que l'energia final consumida no és la mateixa que la primària, amb la qual és perd un 54,35% en la conversió d'energia elèctrica en llum (a més de produir escalfor que allibera als espais). Després de tenir en compte aquest factor, tenim que el total d'**energia primària consumida és de 205.621,19 kWh mitjana anual**. Amb el conseqüent impacte ambiental, sent **402,6 TnCo2/any**.

En resum, veiem que tenim aquí un gran potencial d'estalvi al veure que el 80% dels casos produeixen una quantitat de lúmens excessiva, segons normativa. A la imatge (Fig.6.13) podem observar els dos casos més oposats que trobem amb l'avaluació de la demanda d'il·luminació de DIALUX. A l'esquerra tenim els despatxos de professorat pertanyents als passadissos els quals no compten amb cap tipus d'instal·lació a part de la pròpia

captació de l'obertura posterior a façana.

D'altra banda, a la dreta tenim l'aula de música de soterrani, la qual, vol aprofitar al màxim la potencia lumínica apropant el pla de treball mitjançant fals sostre, tot i que no ho resol correctament, ja que de il·luminació mitjana mantinguda al local obté 707 Lux, amb punts màxims (mostrat a la imatge) on arriba fins a 1300 Lux. Si tenim en compte que els **valors recomanats tan sols ens demanen 300 Lux per aula** (a la superfície de treball), veiem clarament la sobre il·luminació que és pateix.



Fig.6.13: **Il·luminació espais del centre, ESQ deficient DRE excessiva**  
Font: **Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic**

### Aprofitament d'il·luminació i d'eficiència

Com a primera qüestió a tractar referent a l'aprofitament d'il·luminació, ens cal mostrar l'**òptim aprofitament de la llum natural** (inclús excessiu en alguns casos), tal i com s'extreu dels resultats dels mesuraments realitzats a l'escola, on a les classes es redueix significativament l'ús de les làmpades abans comentades, a la gran majoria d'hores diürnes. Al dies solejats, que són la tònica general de la ubicació del centre, a la façana sud hi ha una mitjana de 1000 Lux i a la façana nord-oest (mig dia) 430 Lux; factor pel qual l'edifici pot controlar satisfactòriament el seu consum energètic en il·luminació, tot i tenir espais que no compleixen les limitacions.

Ja que avui dia resulta difícil adaptar-se a les multituds de necessitats que desenvolupa una classe estàndard (reproduir imatges amb qualitat a les pissarres electròniques i projectors, tenir alhora en la superfície de treball una il·luminació correcta, etc.) on punt negatiu on detectem que l'edifici troba gran nombre d'impediments (control lumínic procedent de l'exterior, exigències de les activitats, etc) per satisfer correctament les necessitats dels espais.

D'altra banda en referència a l'ús adequat de les làmpades i la reproducció lumínica òptima hi ha factors que denoten casos a tractar.

Encara que trobem excepcions, les làmpades del centre presenten una neteja periòdica adequada, tot i que caldria revisar amb més profunditat el procés que és realitza i establir un calendari recomanat, el qual manca. Tanmateix detectem punts de la instal·lació on caldria adaptar les làmpades (Fig.6.14) que poguessin presentar riscos sobre les persones en quant a les condicions de treball per a dites tasques.



Fig.6.14: **Manca de neteja, situació de risc personal neteja**  
Font: **Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic**

Com es veu a dita imatge, la làmpada esta instal·lada en un punt que el personal quedaria abocat al buit, pel qual avui dia no es realitza la neteja. Remarquem que s'està presentant una excepció, ja que la gestió del centre a l'hora de **substituir les làmpades antigues** com la de la imatge (Fig.6.15) s'estan instal·lant sistemes **amb làmpades estanques** (amb pantalla difusora, per tal de que no es cobreixen els fluorescents de pols, que els limita la qualitat de llum produïda) que milloren l'actual i alhora es fa que la tasca sigui més rendible al treball facilitant la neteja.



Fig.6.15: **Substitució d'equips antics per làmpades estanques**  
Font: **Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic**

En quant a les propostes dels usuaris que van realitzar les enquestes, estan d'acord amb la necessitat de diferenciar l'encesa de les llums de les aules. On seria favorable **que l'encesa dels equips més pròxims a façana es pogués realitzar per separat** de la resta de l'aula per tal de millorar el sistema de la línia de finestres treballades per separat.

D'altra banda referent a les condicions de l'actual instal·lació d'il·luminació, **no hem detectat cap element de control automatitzat** (sensor de presència o fotosensibles) que regulin l'encesa o apagada de les llums dels espais en funció de l'ocupació i de la quantitat de llum detectada.

### Cercant l'eficiència, làmpades LED

A les últimes visites al centre, se'ns van informar de noves millores. S'han instal·lat durant l'estiu a dues aules de parvulari làmpades LED (setembre 2012), per tal de verificar el seu funcionament real abans de decidir-se a realitzar una inversió que avarques tot el centre. Es cerca la possibilitat d'instal·lar reguladors d'intensitat que permetessin adaptar-se a la quantitat lumínica necessària, això si de manera manual segons el plantejament inicial. Però de moment al estar en fase de proves tan sols estan instal·lades les làmpades.

Encara que se'ns escapava per ja tenir el projecte gairebé enllestit, hem volgut comentar la nostra opinió sobre alguns aspectes referents a la seva inquietud en quant la cerca de l'eficiència amb aquests nous equips instal·lats (Fig.6.16).



Fig.6.16: El centre cerca l'eficiència, instal·la làmpades LED  
Font: Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic

Analitzant les làmpades, tenen un flux lumínic equivalent a l'anterior (2x58W fluorescent T5, amb reactància electromagnètica), però aquestes amb una vida útil de 50.000 hores (aproximada) i un estalvi considerable on el consum per LED és

de 30W i el total de l'equip 32W. Encara que s'han escollit sense pantalla difusora de flux, la qual afavoriria a reduir l'índex d'UGR ja que com es veu **produeixen un fort enlluernament**.

Però com aquestes dades criden molt l'atenció, i degut al creixent nombre de dispositius que estan sorgint al mercat, els quals que prometen ser "altament eficients", cal tenir precaució amb els distribuïdors d'aquests equips, i sempre que sigui possible amb el suport d'un tècnic especialista en il·luminació.

En aquest cas veiem bé que es vulgui millorar en quant la vida útil dels equips facilitant i reduint costos de manteniment i gestió, alhora que també creix l'índex d'eficiència del centre. Però degut a la baixa necessitat d'aportació lumínica artificial que tenen els espais del centre i si prenem com a referència<sup>32</sup> que els experts en la matèria, tenen com a percentatge de millora en quant al canvi d'il·luminació en un 4% d'estalvi energètica (als tres anys), la actualització total dels equips comportarà una forta inversió que la qual caldria estudiar la seva viabilitat econòmica.

### Sistema de calefacció general

Iniciant aquest punt per tal de donar constància volem fer referència a l'apartat 4.2.3 *Instal·lacions*, en el qual mostràvem els equips instal·lats de caldera, encarregats d'abastir el sistema mixt de calefacció i aigua calent sanitària. En aquest cas ens centrem en la caldera ampliada a la dreta de la imatge (Fig.6.17), la qual és la única que resta sense canviar a l'actualitat i també dir, que es desconeix el seu any d'instal·lació.



Fig.6.17: Equip de calderes per calefacció, Equip obsolet  
Font: Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic

Aquest equip per la informació facilitada pel centre, resulta que en els últims mesos han calgut realitzar-li gran nombre d'intervencions de manteniment, raó per la qual li atribuïm l'augment en 14,78% del consum en gas natural pel curs 2010-11 (en comparació amb el curs anterior 09-10).

Obtenim de l'enquesta al tècnic, que la temperatura dels col·lectors es fixa per a què la interna del centre es situï al voltant dels 22º, encara que dita acció de **regular la temperatura de consigna del conjunt de calderes** ens consta que **es realitza manualment** per part del cap de manteniment, ja que no hi ha termòstat a l'escola i la demanda va en funció de les necessitats dels usuaris. Definitivament, aquest criteri ens resulta una "tècnica" totalment ineficient a l'hora de voler controlar el consum realitzat, tot i que s'adapti a les disposicions dels usuaris; la qual no ens garanteix que dependre del criteri de l'usuari sigui el més correcte.

D'altra banda parlant ara del sistema de calefacció dels espais, trobem que aquests tenen dificultats per adaptar la demanda de calefacció en funció de l'ús, ocupació, radicació solar, etc. Dits **espais no compten amb vàlvules d'obertura o tancament als emissors**, ni vàlvules termostàtiques (més sofisticades), en tot cas el que si es troba és que els emissors han sigut sabotejats amb la pèrdua de les vàlvules originals impeding la regulació.

Tal i com es va mostrar a dit apartat (4.2.3), a l'escola s'ha intentat zonificar la demanda, diferenciant la façana sud de la resta, però sens èxit. Es va instal·lar la **vàlvula reguladora de façana** al col·lector de soterrani, el qual abans d'abastir a les aules superiors, realitza els circuits propis dels laboratoris i tallers de soterrani. Com és lògic, al entrar en funcionament dita vàlvula es queden sense calefacció els espais esmentats i per això no es troba en funcionament.

### Discontinuitat en l'aïllament dels conductes d'ACS



Fig.6.18: Discontinuitat en l'aïllament dels conductes d'ACS  
Font: Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic

Tal com és veu a la imatge (Fig.6.18) en la inspecció del recorregut dels conductes que abasteixen la xarxa d'aigua calenta sanitària existeixen discontinuitats. Un punt feble per on l'energia dipositada al fluid produeix fuga. Imatge presa al soterrani, la resta del recorregut transcorre per fals sostre i paret.

**Sistema de ventilació a planta soterrani**

Encara que hi ha constància de l'existència d'un sistema de ventilació propi a planta soterrani (Fig.6.19), encarregat de realitzar les renovacions hora dels espais (sota lluerns façana sud) sense ventilació amb l'exterior, tenim constància de que aquest no s'utilitza degut a la incertesa del seu estat de conservació. Es troba situat en un recinte propi d'instal·lacions, al qual s'accedeix a partir del fals sostre situat a la zona de vestuaris (per raons de seguretat no hem accedit).



Fig.6.19: **Equip ventilació planta soterrani, Façana Nord-oest**  
Font: **Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic**

Com podem observar a la imatge, l'equip es troba instal·lat sota una coberta de xapa grecada. Trobem que aquest emplaçament resulta inadequat per ser contraproduent a la necessitat dels espais, degut a que en estiu en cas de ser utilitzat l'equip, introduiria aire calent a l'espai augmentant la demanda de refrigeració dels espais.



Fig.6.20: **Equip ventilació planta soterrani, Gimnàs**  
Font: **Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic**

En definitiva, al no funcionar aquest equip es creen situacions de desconfort; a les classes de gimnàs (Fig.6.20) on l'activitat esportiva es l'objectiu principal, es genera gran quantitat de vapor d'aigua degut a l'ocupació; als laboratoris, sobretot en el cas de química cal garantir situacions segures pels usuaris, degut al risc que comportaria la utilització de productes que poguessin dependre gasos perjudicials, etc.

Projectistes PFG: David Gilbete Méndez Omar Rubén Marcos Méndez

**Infrautilització d'espais al centre**

Analitzant la gestió del centre vers la utilització i ocupació que tenen els espais de l'escola durant el curs, detectem casos d'espais amb gran superfície que resten en l'oblit, sent aquests utilitzats tan sols de manera esporàdica. A dits casos, veiem un gran desaprofitament dels recursos, ja que ha calgut disposar gran quantitat de medis en equipaments i material.



Fig.6.21: **Espais infrautilitzats, ESQ Aula MA1 DRE Sala Actes**  
Font: **Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic**

Ja que la resta d'espais desenvolupen correctament les seves funcions amb una ocupació plena, els casos més destacables com a disconformitat són la sala d'actes (Fig. 6.21) i els laboratoris (Fig.6.22) de ciències, química i el taller de tecnologia.



Fig.6.22: **Espais infrautilitzats, ESQ Lab. Ciències DRE Tecnologia**  
Font: **Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic**

Fins i tot com hem dit en varis punts, que segons la direcció necessitarien més espais per tal de tenir cabuda a més activitats. Per aquesta raó els veiem punts clau a l'hora de repensar les funcions de l'edifici. Creiem que abans d'idear nous espais cal tenir present les possibilitats de millora en la utilització dels ja existents, com en el cas de la sala d'actes, realitzant xerrades, conferències, etc.

**Manca de planificació de la gestió del manteniment**

Referent a les tasques de manteniment del centre trobem que tot i que es realitzen d'una manera molt raonada (s'intenta no generar residu, es mira d'aprofitar els elements reutilitzar, reparar, etc) existeixen punts de millora. Els conceptes que integren la branca del manteniment preventiu es converteixen en casos puntuals (la inspecció periòdica de sistemes, instal·lacions, equips, components, etc) perdent el protagonisme degut a que les urgències que tenen un caràcter impositiu, convertint-se el manteniment corrector en la norma general. I com és d'esperar es perd la possibilitat de gestionar i planificar amb previsió.

Les tasques a realitzar durant el curs recauen totes sota el control i/o execució de tan sols un tècnic, el Cap de manteniment, amb l'excepció dels casos de gran abast o especialització que cal subcontractar a tècnics o empreses externes.

Vist que la principal finalitat d'aquestes actuacions recauen en poder allargar la vida útil de l'edifici per tal de garantir unes condicions aptes per l'ús i òptimes pel desenvolupament de les activitats. A nostre parer, la situació de que una sola persona hagi de dur a terme la gestió, planificació i execució de totes les tasques a realitzar és insuficient per tenir al dia l'escola, com veiem en aquest diagnòstic. Per aquesta raó volem proposar que es tingui present la necessitat d'incorporar un altre tècnic per a tasques de suport i complement de la gestió.

**Necessitat de realitzar la separació de residus**

Fig.6.23: **Tasques d'urbanització, recollida de residus sense servei**  
Font: **Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic**

Degut a que l'emplaçament de l'escola en els darrers anys a sofert un procés important d'urbanització els serveis de recollida de residus ha quedat limitada en alguns punts estratègics, com és el cas d'un centre escolar, ja que prima la necessitat d'infondre en els alumnes la necessitat de separar els residus i l'escola que els educa cal que doni exemple.

## 6.2. Línies d'actuació

Per tal de situar les línies d'actuació sorgides a partir de l'anterior diagnòstic, cal acotar inicialment l'escenari legislatiu que regirà els projectes en el sector de la construcció per a futures intervencions.

Encara que a l'actualitat es troba en fase d'estudi, des del Ministeri de Foment s'està treballant en l'**actualització del DB-HE d'Estalvi Energètic**, el qual derrogarà l'actual R.D. 314/2006, de 17 de Març.

A continuació exposem els punts extrets de l'esborrany (*Propuesta de actualización Julio 2012*) de la norma que cal destacar:

*“(Directiva 2010/31/UE) ... la obligatoriedad de fijar unos requisitos mínimos de eficiencia energética de los edificios o partes de éste, con el fin de alcanzar niveles óptimos de rentabilidad... ...se establezca una definición de ámbito nacional del concepto ‘edificio de consumo casi nulo’ determinándose el correspondiente nivel de eficiencia energética así como el porcentaje de la energía requerida que deberá estar cubierta por energía procedente de fuentes renovables”*

...  
“Introducción

...  
IV Criterios de aplicación en edificios existentes

Criterio 1: no empeoramiento

...  
Criterio 2: flexibilidad

*En los casos en los que no sea posible alcanzar el nivel de prestación establecido con carácter general en el DB podrán adoptarse soluciones que permitan el mayor grado de adecuación posible, determinándose el mismo, siempre que se dé alguno de los siguientes motivos:*

- en edificios con valor histórico o arquitectónico reconocido, cuando pudiese alterar de manera inaceptable su carácter o aspecto, o;*
- su aplicación no suponga una mejora efectiva en la demanda energética del edificio, o;**
- no sea técnica o económicamente viable, o;**
- implique cambios sustanciales en otros elementos de la envolvente sobre los que no se fuera a intervenir inicialmente...”*

### 6.2.1. LA1. Actuacions sobre l'envolupant

Abans d'iniciar ens cal un punt clau per l'amortització de les propostes, el preu del combustible, el qual ens marcarà el temps en que es recuperaran les inversions a realitzar.

$$\begin{aligned} \text{Electricitat}_{28} &= 0,1511 \text{ €/m}^2 \\ \text{Gas}_{28} &= 0,0479 \text{ €/m}^2 \\ \text{Gasoil}_{30} &= 1,3943 \text{ €/m}^2 \end{aligned}$$

#### LA1.1 SUBSTITUCIÓ LLUERNARIS INCLINATS, CUINA, MENJADOR I VESTÍBUL CENTRAL

##### Antecedents - Factors decisius de la Línia d'Actuació

###### Cuina – Menjador

- Mal estat de conservació (esquerdes superfície semitransparent, oxidacions subestructura, etc.)
- Obertura longitudinal en tot el seu perímetre (manca d'estanquitat, excessives renovacions per hora)
- Excessiva transmitància del tancament ( $U=5,70 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- Excessiu consum energètic de l'espai (ha calgut instal·lar una caldera suplementària de gasoil)

###### Vestíbul central

- Obertura longitudinal en tot el seu perímetre (manca d'estanquitat, excessives renovacions per hora)
- Crea el denominat “efecte xemeneia” en el centre, condicionant l'augment de la demanda global
- Excessiva transmitància del tancament ( $U=5,76 \text{ W/m}^2\text{K}$ )
- Genera excessiu consum dels espais que l'envolten

##### Plec de condicions proposta

- La fusteria ha de respectar la classe 2 (permeabilitat a l'aire  $27 \text{ m}^3/\text{hm}^2 \text{ 100Pa}$ )
- L'element ha de conservar les mateixes proporcions
- El nou disseny ha de comptar amb:
  - elements que permetin garantir les renovacions/hora per la ventilació controlada dels espais als mesos d'hivern (airejadors)
  - elements amb superfície practicable suficient per garantir la ventilació del centre a l'estiu (incloure sistema d'obertura des de planta)

##### Càlcul justificació

LA1.1 CÀLCUL SIMULACIÓ <sup>(1)</sup>			
Situació inicial (kwh/m2)		Situació proposada (kwh/m2)	
Demanda CAL	Demanda REF	Demanda CAL	Demanda REF *
51,86	10,74	39,78	13,21
<b>Estalvi energètic mitjana anual</b>		12,08	-2,47
		23,29 %	-23,00 %

<b>POTENCIAL D'ESTALVI</b> Demanda CAL	23,29 %	83,46 % Gasoil <sub>20</sub>	45.883,44 kWh/any
		16,54 % Gas <sub>21</sub>	9.093,12 kWh/any
Cost de la proposta	41.204,82 € <sup>(2)</sup>	Termini d'amortització: 5,98 anys	

(\*) Aquesta simulació energètica no permet adaptar-se a la situació específica dels mesos d'hivern i estiu per separat. Vist que al estiu es continuarà ventilant com la Situació inicial, no és tenen en compte aquests valors de *Demanda REFRIGERACIÓ*.

(1). ANNEX C – Resultats simulació lluernaris. Pàg. 61

(2). ANNEX D – Pressupost de lluernari policarbonat. Pàg. 3



**LA1.2 AÏLLAMENT PER L'EXTERIOR FAÇANA**

**Antecedents - Factors decisius de la Línia d'Actuació**

- Irregularitats al revestiment exterior
- Incorrecta execució dels ponts tèrmics
- Excessiva transmissió del tancament (U=1,18 W/m²K)
- La demanda global de l'edifici es incorrecta segons l'exigència

**Plec de condicions proposta**

- El sistema escollit es compon de façana ventilada amb revestiment exterior de peces ceràmiques de gres
- L'aïllament ha de ser continu amb fixació mecànica ancorat al parament exterior per a cobriment dels ponts tèrmics
- La solució constructiva ha de garantir la correcta trobada entre: paraments de façana, obstacles i obertures (marcs de finestres, caixes de persiana, etc.), coronació de mur a coberta, etc.

**Càlcul justificació**

LA1.2 CÀLCUL SIMULACIÓ <sup>(3)</sup>			
Situació inicial (kwh/m2)		Situació proposada (kwh/m2)	
Demanda CAL	Demanda REF	Demanda CAL	Demanda REF
51,86	10,74	47,72	12,33
<b>Estalvi energètic mitjana anual</b>		4,14	-1,59
		7,98 %	-14,80 %

POTENCIAL D'ESTALVI			
Demanda REF	-14,80%	Electricitat	-7.236,15 kWh/any
Demanda CAL	7,98 %	Gas	18.841,31 kWh/any
Cost de la proposta	192.109,10 € <sup>(4)</sup> Termini d'amortització: 1006,42 any		
<b>NO PROCEDEIX</b>	<i>IV Criterios de aplicación en edificios existentes c) no sea técnica o económicamente viable,</i>		

(3). ANNEX C – Resultats simulació façana ventilada. Pàg. 76

(4). ANNEX D – Pressupost façana ventilada. Pàg. 5

(5). ANNEX C – Resultats simulació tendals Parvulari. Pàg. 92

**LA1.3 PROTECCIONS SOLARS PATI PARVULARI**

**Antecedents - Factors decisius de la Línia d'Actuació**

- Manca de zona d'ombra per a esbarjo d'infants
- Forta insolació a façana sud
- Els actuals elements es troben en inutilitzables per la manca de previsió front les marines (efecte vela)
- Sobre el pati d'esbarjo existeixen tres tipologies diferents de subestructures d'anteriors sistemes (és desconegut l'estat de conservació, a l'actualitat no tenen us)
- Mal estat de conservació (esquerdes superfície semitransparent, oxidacions subestructura, etc.)

**Plec de condicions proposta**

- La solució ha de basar-se en un sistema mòbil, articulable per braços resistents a la flexió i l'acció del vent
- El teixit de material inalterable a l'acció meteorològica, apte per ser enrotllable
- Es necessària la instal·lació d'equips de control remot i detectors d'intensitat del vent per a seguretat

(\*) Aquesta simulació energètica no permet adaptar-se a la situació específica dels mesos d'hivern i estiu per separat. Vist que al hivern es recolliran els tendals, no és tenen en compte aquests valors de *Demanda CALEFACCIÓ*.

**Càlcul justificació**

LA1.3 CÀLCUL SIMULACIÓ <sup>(5)</sup>			
Situació inicial (kwh/m2)		Situació proposada (kwh/m2)	
Demanda CAL	Demanda REF	Demanda CAL *	Demanda REF
51,86	10,74	52,35	10,49
<b>Estalvi energètic mitjana anual</b>		-0,49	0,25
		-0,94 %	2,33 %

<b>POTENCIAL D'ESTALVI</b>	23,29 %	Electricitat <sub>20</sub>	1.137,76 kWh/any
Demanda CAL			
Cost de la proposta	62.645,37 € <sup>(6)</sup> Termini d'amortització: 364,60 anys		
<b>NO PROCEDEIX</b>	<i>IV Criterios de aplicación en edificios existentes c) no sea técnica o económicamente viable,</i>		

(6). ANNEX D – Pressupost tendals. Pàg. 16

**LA1.4 PROTECCIONS SOLARS AULES FAÇANA SUD**

**Antecedents - Factors decisius de la Línia d'Actuació**

- Manca de protecció solar a les aules de la façana sud
- Manca de confort tèrmic, lumínic i acústic degut a la forta insolació a façana sud
- Anteriorment van existir uns elements semblants, tot i que en la renovació de les fusteries es van retirar per estar obsolets

**Càlcul justificació**

LA1.4 CÀLCUL SIMULACIÓ <sup>(7)</sup>			
Situació inicial (kwh/m2)		Situació proposada (kwh/m2)	
Demanda CAL	Demanda REF	Demanda CAL	Demanda REF
51,86	10,74	52,73	9,62
<b>Estalvi energètic mitjana anual</b>		-0,87	1,12
		-1,68 %	10,43 %

**Plec de condicions proposta**

- El voladiu a instal·lar tindrà 1m de volada, sent un element fix amb pendent del 3%, que es situaran a planta primera, segona i tercera.
- La seva longitud compren tota la façana i es situen a 10 cm de la part superior de les obertures de finestres
- En l'elecció del material cal tenir present l'efecte del vent i la possibilitat d'aprofitar la il·luminació natural
- El conjunt de l'element a de necessitar poques tasques de manteniment degut a la seva instal·lació en alçada

POTENCIAL D'ESTALVI			
Demanda REF	10,43 %	Electricitat	5.097,16 kWh/any
Demanda CAL	-1,68 %	Gas	-3.959,40 kWh/any
Cost de la proposta	---		

(7). ANNEX C – Resultats simulació voladiu façana sud. Pàg. 107

### LA1.5 AÏLLAMENT I REFORMA COBERTA PLANA INVERTIDA NO TRANSITABLE

#### Antecedents - Factors decisius de la Línia d'Actuació

- Estat de conservació actual molt deteriorat. El feltre protector esta trencat a la majoria de trobades
- Excessiva transmitància del tancament ( $U=1,07 \text{ W/m}^2\text{K}$ )

#### Plec de condicions proposta

- Inicialment s'ha d'incloure el tractament dels materials existents com a residus de construcció
- La solució constructiva a adoptar és la coberta aïllada plana invertida, amb acabat de graves
- Les trobades amb el mur perimetral, embornals de recollida, etc. s'ha de tractar correctament les impermeabilització per tal de no patir lesions posteriors.
- Cal tenir en compte els coeficients de dilatació dels materials vista la seva condició d'element exterior

#### Càlcul justificació

LA1.5 CÀLCUL SIMULACIÓ <sup>(8)</sup>			
Situació inicial (kwh/m2)		Situació proposada (kwh/m2)	
Demanda CAL	Demanda REF	Demanda CAL	Demanda REF
51,86	10,74	50,80	10,86
<b>Estalvi energètic mitjana anual</b>		1,06	-0,12
		2,04 %	-1,12 %

POTENCIAL D'ESTALVI			
Demanda REF	-1,02 %	Electricitat	-546,12 kWh/any
Demanda CAL	2,04 %	Gas	4824,10 kWh/any
Cost de la proposta	31927,10 € <sup>(9)</sup>	Termini d'amortització: 214,92 anys	
<b>NO PROCEDEIX</b>	<i>IV Criterios de aplicació en edificios existentes c) no sea técnica o económicamente viable,</i>		

(8). ANNEX C – Resultats simulació coberta plana invertida. Pàg. 123

(9). ANNEX D – Pressupost aïllament i reforma coberta. Pàg. 17

### 6.2.2. LA2. Actuacions sobre les instal·lacions

#### LA2.1 ESTUDI D'IL·LUMINACIÓ D'ESPAIS

#### Antecedents - Factors decisius de la Línia d'Actuació

- El 10,31 % dels espais presenten deficiències
- El 8,25 % dels espais es presenten correctes
- El 81,44 % dels espais es presenten excessius

#### Plec de condicions proposta

- La proposta d'instal·lació ha d'incloure un informe detallat amb l'avaluació dels espais més significatius del centre
- Es necessari baixar el rati de potència per m2, i que d'aquesta manera els valors d'eficiència energètica VEEI siguin més favorables
- Cal que el valor UGR de les làmpades es compregui entre els valors de la norma per evitar enlluernaments
- Cada tipologia de làmpada dura el seu resum, total i individual amb les característiques específiques de cadascuna

<b>POTENCIAL D'ESTALVI ENERGÈTIC</b>	4,00 % <sub>31</sub> en 3 anys	Electricitat <sub>20</sub>	1.986,68 kWh/any
Cost de la proposta	137.172,78 € <sup>(10)</sup>	Termini d'amortització: 456 anys	
<b>NO PROCEDEIX</b>	<i>IV Criterios de aplicació en edificios existentes c) no sea técnica o económicamente viable,</i>		

#### LA2.2 DIFERENCIAR ENCESA LLUMS FAÇANA

#### Antecedents - Factors decisius de la Línia d'Actuació

- Prima la necessitat de diferenciar l'encesa de la línia d'il·luminació més pròxima a finestres degut al potencial d'estalvi

#### Plec de condicions proposta

- Cal separar les línies instal·lades a l'actualitat diferenciant l'encesa en tres fases, finestres, central i interior.

<b>POTENCIAL D'ESTALVI ENERGÈTIC</b>	1,00 % <sub>31</sub>	Electricitat	1490,01 kWh immediat
Cost de la proposta	---	---	

(10). ANNEX D – Pressupost Projecte il·luminació Lledó. Pàg. 25

### 6.2.3. LA3. Actuacions sobre la gestió dels recursos energètics

#### LA3.1 PROGRAMACIÓ TEMPERATURES DE CONFORT EN CLAU D'ESTALVI ENERGÈTIC

#### Antecedents - Factors decisius de la Línia d'Actuació

- No hi ha termòstat de control al centre, es fa manual
- Durant els mesos d'hivern es varia la temperatura a disposició dels usuaris
- Als espais de planta sud no es té zonificació i amb la forta radiació pateixen de sobreescalfament, obrint les finestres el qual produeix fortes pèrdues energètiques

#### Plec de condicions proposta

- Segons l'Agència d'Energia de Barcelona, la temperatura de confort durant l'estiu hauria d'establir-se en 25°C i a l'hivern a 19-20°C
- Es important que el sistema tingui sondes exteriors per controlar el salt tèrmic necessari en l'establiment de la temperatura de consigna de les calderes

<b>POTENCIAL D'ESTALVI ENERGÈTIC</b>	10,00 % <sub>31</sub>	Gas	31.981,6 kWh immediat
	10,00 % <sub>31</sub>	Electricitat	14.900,1 kWh immediat
Cost de la proposta	---		

6.2.4. LA4. Actuacions relacionades amb la gestió dels residus

**LA4.1 FOMENT DEL RECICLATGE AMB ELS ALUMNES**

**Antecedents - Factors decisius de la Línia d'Actuació**

- La voluntat dels professors i personal del centre en poder reciclar, encara que al trobar-se amb la problemàtica de no tenir servei de recollida selectiva no és podia realitzar
- Si l'escola no recicla és molt difícil voler conscienciar els alumnes. S'ha de donar exemple

**Plec de condicions proposta**

- Contactar amb el departament de Medi Ambient de l'Ajuntament d'Esplugues per a concertar una cita i tractar les possibilitats que existeixen
- Tractar amb el professorat les temàtiques de reciclatge, per tal de proposar concursos de creació artística a partir de materials reciclats
- Voler implantar a l'escola un sistema de recollida individual d'oli reciclat, amb elements de recollida a l'escola. En aquests els tècnic dipositaran les ampolles netes perquè quan deixem allà els nostre, recollir-ne un altre. Fent que els nens s'integrin des de petits en tasques de reciclatge a casa i l'escola. La recollida la realitza una fundació que treballa amb persones amb minusvàlides

<b>GESTIÓ RECOLLIDA</b>	0 €	Reunió amb Departament municipal de Medi Ambient
<b>RECICLATGE OLI</b>	1028,5 €	1,57 € per alumne (655 ud)

6.3. Quadre de prioritats

Amb la finalitat de facilitar el futur procés d'elecció de les propostes a intervenció en el centre, s'ha realitzat el present quadre de prioritats (Fig.6.24) com a síntesi de les dades obtingudes anteriorment.

Aquestes propostes caldrà que en el futur siguin estudiades per part dels responsables de la gestió del centre.

Degut a la voluntat d'esclarir dites dades, s'han ordenat les línies d'actuació en funció de l'energia que consumeixen (primordial per detectar quines són les àrees que més contaminen a partir de la seva font energètica d'origen), l'estalvi que generen en kWh (traduïble directament a factor moneda) i per últim el potencial d'amortitzar en anys les inversions a realitzar a dites actuacions en funció de l'energia que estalviaran amb la seva implantació.

L'ordre seguit es divideix per *Línies amb més estalvi*, *Recomanades* i per últim les que **No procedeixen**. Aquestes s'han avaluat a partir de la seva potencialitat d'estalvi i encara que a simple vista pot semblar que tenen uns valors correctes, al avaluar-les mitjançant els costos i l'amortització energètica resultaven ser econòmicament inviables quan es superava en anys la vida útil esperada per l'actuació a realitzar, com es veu clarament en els casos de l'aïllament de façana i coberta no transitable.

D'altra banda, tenim elements que resulten ser tot el contrari ja que aquests normalment responen per ser els casos més perjudicats i amb més despesa energètica, per això el seu temps d'amortització es redueix vertiginosament, sent punts clau on cal actuar en primer lloc.

També hem volgut incloure una nova línia a estudi, relacionada directament amb la sostenibilitat, ja que aquestes actuacions basades en la participació dels usuaris pren forma quan aquests senten que formen part de la solució i d'aquí la voluntat d'incloure-les en la present avaluació.

QUADRE DE PRIORITATS		ENERGIA	ESTALVI (kWH)	ANYS
<b>1. LÍNIES AMB MÉS ESTALVI</b>				
LA3. 1	PROGRAMACIÓ TEMPERATURES DE CONFORT EN CLAU D'ESTALVI ENERGÈTIC	GAS	31.981,60	immediat
		ELECT.	14.900,01	
LA1. 1	SUBSTITUCIÓ LLUERNARIS INCLINATS, CUINA, MENJADOR I VESTÍBUL CENTRAL	GASOIL	45.883,44	5,98 anys
		GAS	9.093,20	
LA2. 2	DIFERENCIAR ENCESA LLUMS AULES, FINESTRES	ELECT.	1.490,01	immediat
LA1. 4	PROTECCIONS SOLARS AULES FAÇANA SUD, VOLADIU	ELECT.	5.097,16	---
		GAS	-3.959,40	
<b>2. RECOMANATS</b>				
LA4. 1	FOMENT DEL RECICLATGE AMB ELS ALUMNES	---	---	---
<b>3. NO PROCEDEIX</b>				
LA1. 2	AÏLLAMENT FAÇANA PER L'EXTERIOR	GAS	18841,14	> 100 anys
		ELECT	-7236,09	
LA1. 3	PROTECCIONS SOLARS PATI PARVULARI	ELECT.	1.137,76	> 100 anys
LA1. 5	AÏLLAMENT I REFORMA COBERTA PLANA INVERTIDA NO TRANSITABLE	GAS	4824,06	> 100 anys
		ELECT	-546,12	
LA2. 1	ESTUDI D'IL·LUMINACIÓ D'ESPAIS	ELECT.	1.986,68	> 100 anys

Fig.6.24: Quadre de prioritats en les línies d'intervenció  
Font: Elaboració pròpia – ANNEX B Arxiu fotogràfic



## 7. FASE 4: PROPOSTES D'INTERVENCIÓ

En el present apartat tractarem les propostes concretes que cal estudiar amb més deteniment a cadascun dels punts que s'inclouen. El material suplementari el trobem a l'Annex D.

### 7.1. ACONDICIONAMENT ACÚSTIC

Referent al confort acústic dels casos estudiats en la diagnosi dels espais, trobem que es necessari introduir millores front l'adequació de la superfície total d'absorció de les aules del centre.

Com mostren els mesuraments realitzats, els temps de reverberació sobrepassen l'exigència, situada en menor o igual a 0,7 s, on les disconformitats trobades donen resultats de 0,88s i 1,052s per les aules A25 i A26 respectivament (aules tipus).

Per la qual resoltem en l'adequació d'aquesta solució que mostrem a la imatge (Fig.7.1) mitjançant cortines acústiques compostes per lames regulables.

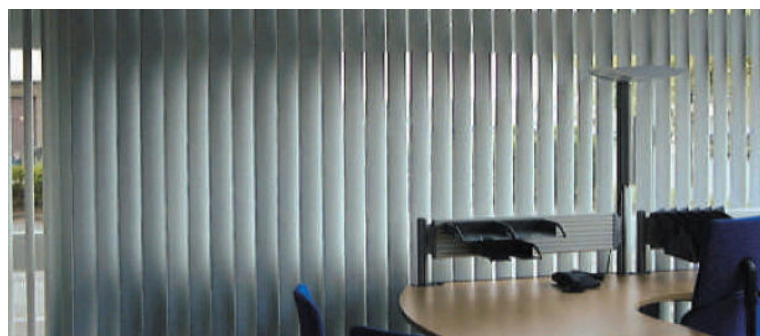


Fig.7.1: **Element vertical practicable per a lluernes**  
Font: **Abso, empresa fabricant**

Aquesta element, a més de garantir l'augment de la superfície absorbent (Fig.7.2) encarregada de regular les reverberacions d'ona, també ens permeten donar un àgil control lumínic dels espais a l'hora d'adaptar-se a les condicions d'ús que tot sovint necessita el ritme lectiu. D'altra banda gràcies a les lames es podrà continuar tenint ventilació natural i alhora estar protegits de l'acció del sol o la llum excessiva.

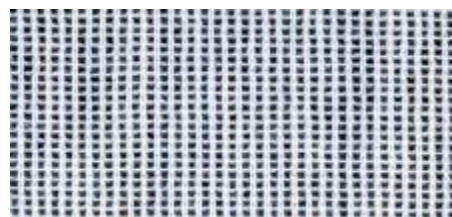


Fig.7.2: **Teixit microporós apte per l'acondicionament acústic**  
Font: **Abso, empresa fabricant**

### 7.2. ACONDICIONAMENT TÈRMIC I EFICIÈNCIA

Seguint el fil de les línies d'actuació, cal mostrar inicialment la necessitat de realitzar una adequada **programació de calderes** i equips per a que treballin en consonància dins les **temperatures de confort** cercant sempre l'estalvi energètic.

Per tal de plantejar situacions òptimes aprofitant al màxim les prestacions dels nostres equips, seria favorable que aquests treballessin a partir de la menor temperatura possible (dins els mínims que garanteixen les condicions de confort), per aconseguir d'aquesta manera, estar el major temps possible en rangs de temperatura amb millor rendiment (entre 30-50°C). Per a poder automatitzar aquest funcionament hauria d'incorporar-se un control de temperatura amb sonda exterior, de tal manera que la caldera funcionés a la mínima temperatura necessària per salvar el salt tèrmic amb l'aportació necessària d'energia, adaptant-se a la demanda en funció de les condicions climatològiques. Encara que abans de proposar components tan sofisticats, cal cercar l'eficiència des de la cerca de bones pràctiques com és l'establiment dels estàndards de temperatura interior als espais (25°C a l'estiu i 19-20°C a l'hivern) i el que és més important ajudar a que els usuaris compreguin la importància de complir-ho, per tal d'aconseguir uns resultats satisfactoris.

D'altra banda i afegint a la **possible renovació de les calderes**, volem que es tingui present per la substitució dels equips la valoració d'energies renovables, com les **calderes de biomassa**. Aquestes empren en la combustió, pellets de fusta compactada procedent del rebuig forestal. Les cendres no són tòxiques i es poden utilitzar com adob per la terra en tasques de jardineria.

Com es veu el camí a seguir és clar, cal cercar l'aprofitament dels recursos al nostre abast, adaptant-nos a les condicions que es generen, tot i que n'hi ha que s'escapen del nostre control.

A l'escola per tal de **garantir la ventilació dels espais** mitjançant la ventilació creuada, factor que cal valorar positivament sempre i quan hi hagi un control exprés per a tal situació, ja que si no es torna un problema. Aquest cas s'ha detectat en dos espais clau en l'activitat del centre, la cuina i menjador de soterrani, i a entre plantes el vestíbul central que comunica l'interior de l'edifici des de planta baixa fins a coberta. Per aquests volem presentar una proposta de millora de la seva estanquitat.

Mitjançant la reposició de les fusteries existents per elements més estancs i amb millors prestacions de transmitància que les actuals. Es vol que la seva geometria i funcionalitat es conservin (aportació de llum natural, ventilació dels espais) però amb millores substancials a incloure.

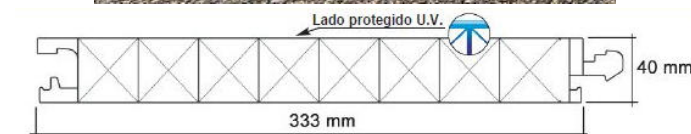


Fig.7.3: **Simulació lluernera, cuina menjador - Secció policarbonat**  
Font: **SUP Cype ingenieros - INF Aislux**

Com veiem a la imatge (Fig.7.3) es compon a partir de policarbonat amb múltiples cambres d'aire a l'interior en disposició de gelosia per reforçar l'element. Pot semblar que al vestíbul central existeixen ja uns elements iguals, però els proposats tenen el doble de gruix, amb 4cm i el que és més important la seva transmitància  $U=2,0 \text{ W/m}^2\text{K}$ , és inferior a la meitat de la necessària per complir avui dia l' HE-1 front els tancaments de buits de l'opció general ( $U_{cte}=4,40 \text{ W/m}^2\text{k}$ ).

Encara que la principal necessitat a complir per aquest es adaptar-se a la necessitat de control sobre les infiltracions a voluntat i adaptant-se a la climatologia favorable en cada moment d'utilització. Per això hem escollit aquest sistema, al permetre la incorporació de finestres (Fig.7.4) amb mecanismes d'obertura manual (i/o a distància) com es mostra a la imatge, existent la possibilitat de realitzar obertures que s'adaptin a les nostres necessitats.



Fig.7.4: **Element vertical practicable per a lluernes**  
Font: **Aislux, empresa fabricant**

Si continuem amb la cerca de les millores en el centre Isabel de Villena, ara ens toca observar un punt clau de la façana; la manca de proteccions solars.

Mitjançant els programes de simulació energètica hem calculat el seu comportament i així avaluat la solució a presentar. A partir de correlacions geomètriques i proves en els càlculs hem arribat a la geometria necessària vers la demanda actual, encara que com diem l'estudi de LIDER es "aproximat".

En cas de disposar un element per planta (primera, segona i tercera) com veiem a la imatge (Fig.7.5) situat longitudinalment amb una pendent del 5% i un metre d'ample en el voladiu, amb excepció de planta baixa on es volen instal·lar un sistema per tendals. Degut a la impossibilitat de trobar sistemes fixes, que ens garantissin amb un preu raonable la resistència als vents de la zona, no s'ha pogut presentar una solució constructiva òptima per aquest element.

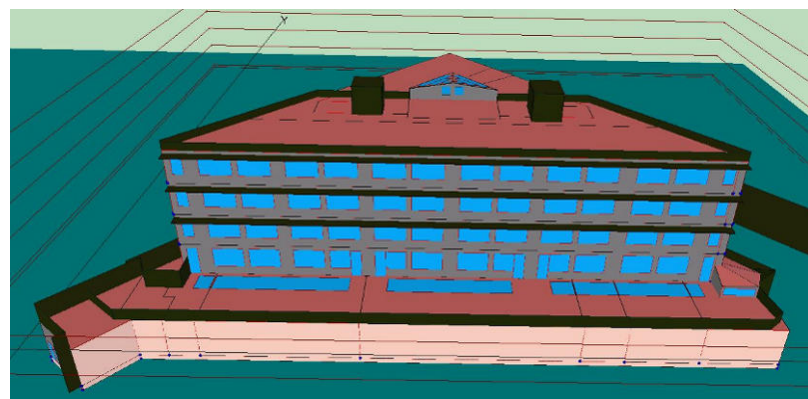


Fig.7.5: **Estudi d'ombres en façana sud, voladís a planta**  
Font: **Elaboració pròpia – Comprovació LIDER**

### 7.3. ACONDICIONAMENT LUMÍNIC

En quant l'acondicionament lumínic i l'adaptació de la instal·lació cercant el màxim de profit energètic, volem presentar el projecte realitzat per l'empresa Lledó instal·lacions com a proposta d'intervenció, la qual trobarem en l'Annex D.

Encara que cal observar que dit estudi no entra tan al detall com la nostre avaluació, si no que realitza tan sols els casos més importants, sala d'actes, aules de tutoria, d'informàtica, passadissos, biblioteca i administració; englobant així gairebé totes les diferents activitats del centre.

Observar també, que l'amortització resulta desorbitada i per això recomanem continuar buscant noves ofertes.

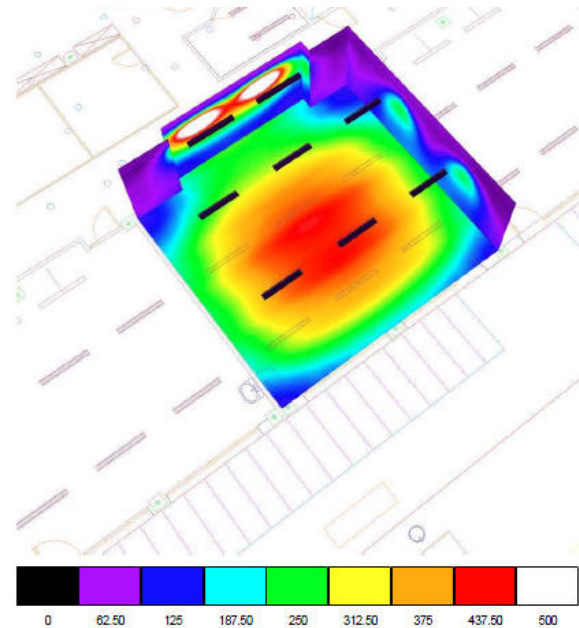


Fig.7.6: **Estudi d'il·luminació Isabel de Villena**  
Font: **Proposta Lledó instal·lacions**

Si canviem de punt de vista, com a proposta de millora en il·luminació, també tenim l'encesa sectoritzada a les aules.

Utilitzant la imatge anterior per explicar el cas de l'encesa diferenciada per línies; on trobem que avui dia a l'escola aquestes es divideixen per proximitat a la pissarra (transversal a la façana) encara que el cas òptim pel màxim aprofitament de la llum exterior es realitza en sentit contrari.

D'aquesta manera tan sols cal encendre els punts de llum on no hi arriba la suficient quantitat de llum per les finestres. Actuació que seria òptima ja que l'escola té un aprofitament molt adequat, inclús excessiu en algunes àrees.

### 7.4. SOSTENIBILITAT I CONSCIENCIACIÓ

Com alternativa a les propostes tradicionals que estem acostumats a realitzar en avaluacions energètiques volem recordar un tècnica que ve des de l'antiguitat, per ser eficient, eficaç i molt sostenible per aconseguir el que avui dia solucionem amb un tendal industrialitzat.

No parlem d'altra cosa que de la **generació d'umbracles a partir de vegetació d'ombra caduca**. Hem volgut introduir aquest punt al projecte vista la necessitat de protecció solar al pati de parvulari a on l'estiu es rep amb molta intensitat i degut a la gran inversió que seria necessària (segons el pressupost obtingut), on a més s'estalviaria gran quantitat d'emissions de CO2 al ser aquesta una proposta de construcció vegetal (Lowtech).

A partir de posar-nos en contacte amb la *Fundació Proa*, vam decidir col·laborar mútuament, sempre i quan es donés la conformitat, en quant a realitzar diferents tasques a l'escola, com per exemple el manteniment de la jardineria, entre d'altres que exposarem també a continuació.

Els treballen amb persones molt especials, les quals tenen dificultats per trobar lloc en el món laboral i més avui dia. Van presentar un pressupost per a la creació de dita zona d'ombra (Annex D) on s'aprofitarà les subestructures en desús que es troben instal·lades al mateix pati infantil (Fig.7.7).

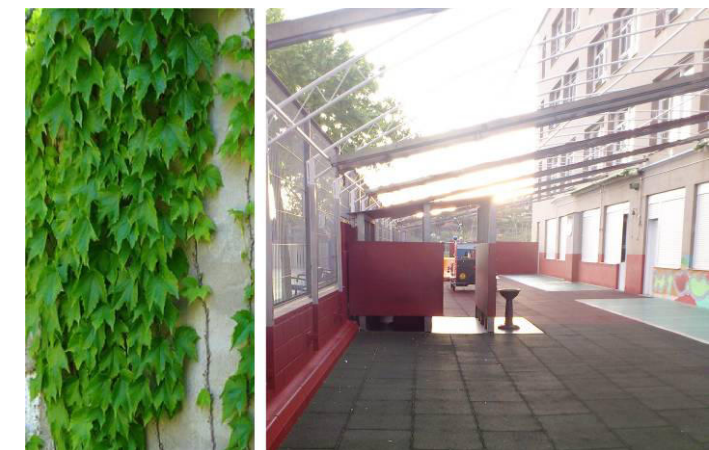


Fig.7.7: **Proposta d'ombra vegetal de fulla caduca**  
Font: **Elaboració pròpia – Annex B Arxiu fotogràfic**

A la esquerra de la imatge trobem la planta trepadora, anomenada "*Ampelopsis*", la qual es caracteritza per tenir una alçada indefinida, de creixement ràpid, tenen la necessitat de terra fèrtil, necessiten poda un cop l'any (si es vol controlar el seu creixement), es propaguen per tiges i llavors, el seu ús es destinat a murs i pèrgoles (com el nostre cas), tenen floració verda a la primavera estiu, i tons vermellencs a la tardor, on finalment li cauen les fulles per tal de permetre la radiació solar en els mesos de més severitat climàtica.

Per tal de realitzar la seva instal·lació, tan sols caldria construir o cercar jardineres longitudinals amb unes dimensions tals que permetessin el creixement sense impediments, al voltant d'un 1m d'ample x 1,20m d'alt x 5 de longitud. Les quals podríem situar a tocar el mur de separació entre patis, zona que es veu al centre de la imatge (Fig. 7.7).

Creiem molt positiu valorar aquesta opció, tan per la part de coneixement del medi per els infants, com per evitar la creació d'un altre sistema de protecció solar, evitant el consum energètic dels dispositius d'activació i control front el vent de la zona (nanòmetres). Estalviant-nos per altra banda el pressupost sobre els tendals, que trobàvem a les línies d'actuació.

Continuant amb el temes de sostenibilitat, en el transcurs de l'aixecament de dades ens va cridar l'atenció que a l'escola no es perceben els punts separatius de residus. El qual ens va dur a investigar.

Ens van informar que al mateix carrer hi ha la previsió d'una zona per a recollida pneumàtica de residus, per les cinc fraccions, encara que degut a l'aturada del procés d'urbanització que pateix la zona, no es troben operatius.

En la nostre gestió vam aconseguir reunir-nos amb els responsables de l'ajuntament, els quals ens van informar de les possibilitats de deixalleria mòbil, a més de que disposarien una petita modificació en el servei de recollida habitual, creant un nou punt provisional a 50 metres de l'escola (Fig.7.8)



Fig.7.8: Nou punt de recollida selectiva

Font: *Elaboració pròpia – Annex B Arxiu fotogràfic*

D'altra banda amb la voluntat de voler donar cabuda als alumnes en activitats relacionades amb el reciclatge, també des de la *Fundació Proa*, es van prestar al servei de recollida d'oli procedent de l'ús familiar i industrial (cuina escola), encara que aquest últim té la concessió amb altres empreses per ser un servei de càtering extern al centre escolar.

S'ha demanat pressupost per a dit servei (recollida d'oli domèstic), el qual inclou punts de recollida (Fig.7.9), distribució d'envasos nets per reutilitzar, dissenyats aquests per a transportar-los amb facilitat sense besaments, aptes pels més petits (Fig.7.10).

Creiem molt encertada aquesta proposta, degut a lo econòmic que és (1,50€ per alumne participant) i per la gran tasca comunitària que realitza, reduint els abocaments d'oli al circuit general de recollida d'aigües grises, tenint cura del medi i evitant la contaminació d'aigua potable, alhora que es genera una conscienciació amb els alumnes des de casa i l'escola.



Fig.7.9: Punt de recollida per dipositar els envasos  
Font: *Oliklak, empresa de reciclatge d'oli post-consum*



Fig.7.10: Envasos de recollida amb tancament de seguretat  
Font: *Elaboració pròpia – Annex B Arxiu fotogràfic*

## 8. PLA DE MANTENIMENT – LLIBRE DEL EDIFICI

Pel referent a la gestió de manteniment del centre, degut a la manca de planificació i control detectada, s'ha creat l'eina del *LLIBRE DE L'EDIFICI*, per tal de facilitar les tasques a realitzar a l'escola incloent els següents punts destacats:

- Estructures
- Façanes
- Particions
- Instal·lacions
- Aïllament i impermeabilitzacions
- Cobertes
- Revestiments
- Senyalització i equipament
- Urbanització interior de parcel·la

A cada apartat dels exposats, s'inclou una descripció dels elements que componen l'envolupant, sistemes i serveis que recull l'escola en les seves funcions. En ells a part de les recomanacions d'ús és realitza **la periodicitat de manteniment**, recollint la persona en qui recau la tasca a desenvolupar.

Creiem que com a primera presa de contacte per part de l'escola, serà molt favorable ja que obre les portes a una nova manera de gestionar el conjunt de l'edifici, primordial per a mantenir l'estat de benestar necessari a l'hora de realitzar l'activitat docent.

El llibre de l'edifici es recull a l'Annex E, creat per aquest apartat.





## 9. CONCLUSIONS / RECOMANACIONS

Del centre escolar Isabel de Villena podem dir que és inigualable, ens ha demostrat amb la seva senzillesa i humilitat, que no calen grans equips o sofisticats sistemes per respondre correctament als seus requeriments, encara que hem vist l'existència d'aspectes importants que cal millorar.

Amb un sublim sentit de l'orientació s'aboca dia a dia a l'adoració del sol, però aquest factor li passa factura.

La seva pell sembla insuficient, que no tingui resistència, però l'avaluació ens ha mostrat quin és el seu paper, treballa sent un element molt higroscòpic que és regulat per les condicions que l'envolten. En el transcurs d'un any natural el balanç energètic de gairebé tots els espais es troba molt a prop d'igualar-se, cosa que ens indica el baix marge de desviació. No sabrem mai si l'atzar o el disseny la varen executar així en el seu inici, però el que si sabem és que *"intentar arreglar-la, l'empitjora"*.

Per activa i per passiva s'ha provat gairebé tot, però finalment s'ha trobat el fil que ens guíés fins l'agulla que s'amaga sota el paller. D'una banda veiem les infiltracions, que tenen una doble besant a tenir ben present; a l'hivern es converteixen en el nostre mal son, però a l'estiu no és podria realitzar l'activitat sense la seva existència. D'altra banda les proteccions exteriors o en aquest cas millor dit la manca d'elles, juntament amb la modernitat, ha fet que el centre hagi necessitat la contribució dels equips de climatització

per regular les condicions internes (de refrigeració), deixant de banda que en ja el seus inicis l'edifici comptava amb proteccions solars a totes les finestres, tal i com es presenta a la imatge (Fig.9.1) pertanyent a la memòria gràfica original de 1975, les quals es van retirar fa uns anys per obsoletes i avui es troben a faltar. Però la modernitat ens ha portat meravellosos descobriments que ens fan ser més precisos i eficients, encara que abans de poder valorar cal que llegim l'edifici entre línies.

Gràcies a les termografies hem pogut fer un anàlisi complert dels tancaments sense necessitat d'emprar tècniques invasives que malmetessin l'envolupant. Amb les primeres reflexions, aquest centre complia la tònica estereotípica de l'edifici dels setanta, amb les seves lesions, la manca d'aïllament, els ponts tèrmics, etc.

Llevat d'això la diagnosi amb el recolzament de les simulacions informàtiques ens van ajudar a comprendre més a fons quin és el comportament del centre, quin grau té la demanda o quines instal·lacions eren les més consumidores. Però no tot són flors i violes, a quedat clarament contrastades les limitacions que poden tindre aquestes eines a l'hora de reflectir amb propietat, el perfil d'ús que distingeix i caracteritza cada cas d'una manera diferent. Observem també que si haguessin de permetre adaptar-se a "tots" els escenaris possibles, les tornarien eines molt més complicades, en les que existirien majors entrebancs per tal de resoldre els trencaclosques de l'energia.

Tot i així ens quedem amb la utilitat que comporten com a mecanisme de detecció dels punts febles que es trobe al conjunt de l'edifici, a l'hora de localitzar les possibles actuacions.

Ja que el procés de verificació del nostre cas real amb un edifici de referència fixat per la normativa, ens suposa a nostre parer una comparació que dona una nota un tant inflada, vist que amb el disseny bioclimàtic les nostres instal·lacions no necessiten un gran dimensionat, permetent que aquestes s'ajustin als mínims necessaris gràcies a l'aprofitament energètic passiu. En canvi l'edifici de referència al estar dimensionat pels estàndards que regeixen la legislació actual (avui dia revisats per ser massa permissius), originen l'existència d'un marge de diferència, que el fan ser més consumidor d'energia i en definitiva més contaminant, amb lo qual la comparació ens acaba afavorint.

Discurs que veiem contrastat en la comparació de consums d'electricitat i gas amb altres edificis reals (5.6.6. *Estudi comparatiu amb centre escolars de l'àrea metropolitana de Barcelona*) construïts a la mateixa època i que ens situa per sobre de la mitjana d'ells, posició que ens fa pensar que en realitat ens situem en un punt no tan favorable com l'extrem de la qualificació energètica. Però en definitiva i resumint, volem concloure en que si es tenen en compte les línies d'actuació proposades, l'edifici estarà encaminat en el sentit correcte per continuar millorant i originant ser cada vegada més, **un edifici sostenible**.

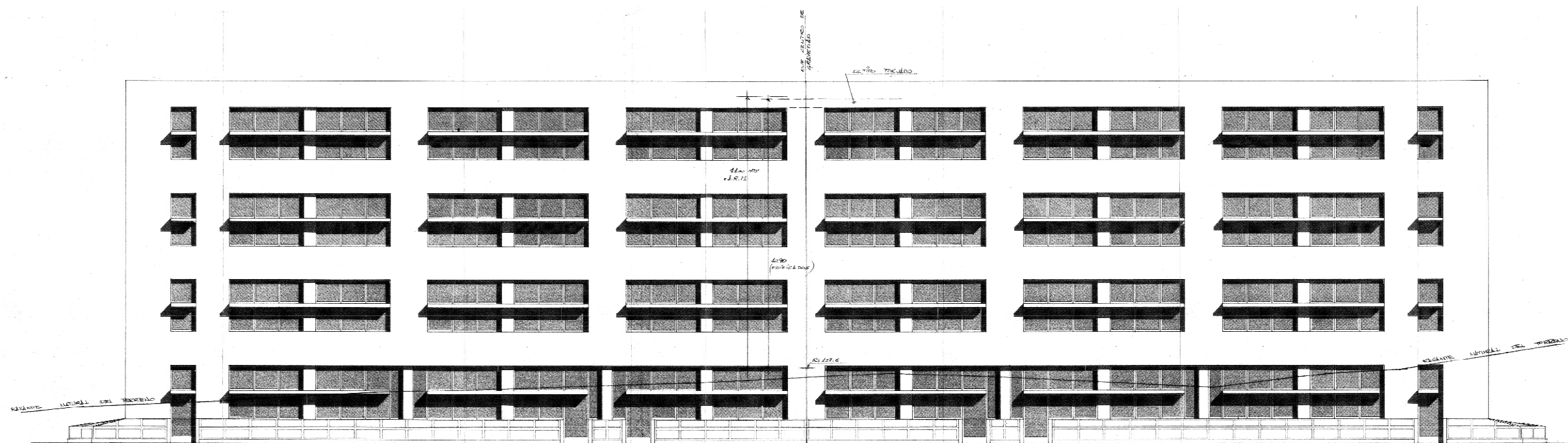


Fig.9.1: Alçat de façana Sud. Projecte Inicial Escola Isabel de Villena, 1975

Font: Antecedents AM Arquitectura – Arquitecte director del projecte Sr. Yago Bonet Correa



## 10. BIBLIOGRAFIA

### 10.1. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

#### 10.1.1. ANNEX A – 1. ANTECEDENTS MEDIAMBIENTALS

1. International Union for Conservation of Nature and Natural Resources, any de fundació 1948 [En línia] disponible a:  
<http://www.uicn.es/content/view/1/4/lang.spanish/> (accés novembre 2012)
2. TURNER, Graham. (2008) *"A comparison of the limits of growth with thirty years of reality"*. Ed. CSIRO Sustainable Ecosystems. Canberra, Australia. [En línia] disponible a:  
<http://www.clubofrome.org/?p=1161> (accés novembre 2012)
3. ONU, Organización de las Naciones Unidas. Medio ambiente, reseñas [En línia] disponible a:  
<http://www.un.org/es/globalissues/environment/> (accés novembre 2012)
- 3a. ONU, Organización de las Naciones Unidas. Guía de investigación [En línia] disponible a:  
<http://www.un.org/Depts/dhl/spanish/resguids/specenvsp.htm> (accés novembre 2012)
4. Aalborg Charter (1994), Charter of European Cities & Towns Towards Sustainability, [En línia] disponible a:  
[http://ec.europa.eu/environment/urban/pdf/aalborg\\_charter.pdf](http://ec.europa.eu/environment/urban/pdf/aalborg_charter.pdf) (accés novembre 2012)
5. Agenda 21 (1996). *"Carta de Lisboa, d'Aalborg a l'acció"* [En línia] disponible a:  
<http://www.gencat.cat/A21CAT/locals.htm> (accés novembre 2012)
6. UN (1998) *"Protocolo de Kyoto de la Convención marco de las Naciones unidas sobre cambio climático"* [En línia] disponible a:  
<http://unfccc.int/resource/docs/convkp/kpspan.pdf> (accés novembre 2012)
7. Council of European Municipalities and Regions (2004). *"The Aalborg commitments"* Els compromisos d'Aalborg [En línia] disponible a:  
[http://www.ccre.org/docs/Aalborg03\\_05\\_span.pdf](http://www.ccre.org/docs/Aalborg03_05_span.pdf) (accés novembre 2012)
8. UNFCCC (2007) *"Convención Marco sobre el Cambio Climático"*. Bali [En línia] disponible a:  
<http://unfccc.int/resource/docs/2007/cop13/spa/06a01s.pdf> (accés novembre 2012)
9. UN (2009) *"Copenhagen Climate Change Conference"* [En línia] disponible a:  
[http://unfccc.int/files/meetings/cop\\_15/application/pdf/cop15\\_cph\\_auv.pdf](http://unfccc.int/files/meetings/cop_15/application/pdf/cop15_cph_auv.pdf) (accés novembre 2012)
10. Observatorio de la sostenibilidad en España (2010) *"Inventario de Emisiones de la Atmosfera 1990-2008"*, Ed. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. [En línia] disponible a:  
[http://www.sostenibilidad-es.org/sites/default/files/\\_Documentos/pregunta\\_4.pdf](http://www.sostenibilidad-es.org/sites/default/files/_Documentos/pregunta_4.pdf) (accés novembre 2012)
11. WWF (2009). *"Propuestas de WWF para reducir un 30% las emisiones de CO2 de sectores difusos en España 2005-2020"*. [En línia] Disponible a:  
[http://assets.wwfspania.panda.org/downloads/espana\\_hacia\\_copenhague.pdf](http://assets.wwfspania.panda.org/downloads/espana_hacia_copenhague.pdf) (accés novembre 2012)
12. WWF (2010). *"Potencial de ahorro energético y de reducción de emisiones de CO2 del parque residencial existente en España en 2020"*. [En línia] disponible a:  
[http://assets.wwfspania.panda.org/downloads/informe\\_potencial\\_final.pdf](http://assets.wwfspania.panda.org/downloads/informe_potencial_final.pdf) (accés novembre, 2012)

13. UN (2011) *"Discussions begin on Rio+20 outcome document"*. [En línia] Disponible a:  
[http://www.un.org/wcm/content/site/climatechange/pages/gateway/template/news\\_item.jsp?cid=31263](http://www.un.org/wcm/content/site/climatechange/pages/gateway/template/news_item.jsp?cid=31263) (accés novembre, 2012)
14. Grupo de articulación internacional de la Cumbre de los Pueblos por la Justicia Social y Medio Ambiental (2012). *"Lo que está en juego en Río+20"* [En línia] disponible a:  
<http://rio20.net/documentos/lo-que-esta-en-juego-en-rio20> (accés novembre, 2012)
15. UN (2011) *"Canada's withdrawal from Kyoto Protocol"* [En línia] disponible a:  
[http://www.un.org/wcm/content/site/climatechange/pages/gateway/template/news\\_item.jsp?cid=31525](http://www.un.org/wcm/content/site/climatechange/pages/gateway/template/news_item.jsp?cid=31525) (accés novembre, 2012)

#### 10.1.2. ANNEX A – 1.1. CONSUMS D'ENERGIA EN L'ÀMBIT DE L'EDIFICACIÓ

16. Llei 38/1999 *"Llei Ordenació de l'Edificació"* BOE núm. 266, de 6 de novembre de 1999 [En línia] disponible:  
[http://www20.gencat.cat/docs/Joventut/Documents/Arxiu/Lleure/Llei\\_38\\_1999.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/Joventut/Documents/Arxiu/Lleure/Llei_38_1999.pdf) (accés novembre, 2012)
17. CTE. Codi Tècnic de l'Edificació. "Historia" [En línia] disponible a:  
<http://www.codigotecnico.org/web/cte/historia/> (accés novembre 2012)
18. Ministerio de Industria, Turismo y Comercio. *"Balance energético anual 1990-2010"* [En línia] disponible a:  
[http://www.idae.es/index.php/id.481/mod.pags/mem\\_detalle](http://www.idae.es/index.php/id.481/mod.pags/mem_detalle) (accés novembre 2012)
19. Institut Català d'energia. *"Balanz energètic de Catalunya 1990-2009"* [En línia] disponible a:  
[http://www20.gencat.cat/docs/icaen/03\\_Planificacio%20Energetica/Documents/Balancos%20energetics/Arxius/Balanc\\_energetic\\_1990\\_2009.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/icaen/03_Planificacio%20Energetica/Documents/Balancos%20energetics/Arxius/Balanc_energetic_1990_2009.pdf) (accés novembre 2012)
20. Institut Català d'energia. *"Balanz d'energia elèctrica de Catalunya 1990-2009"* [En línia] disponible:  
[http://www20.gencat.cat/docs/icaen/03\\_Planificacio%20Energetica/Documents/Balancos%20energetics/Arxius/Balan%C3%A7%20el%C3%A8ctric%201990-2007.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/icaen/03_Planificacio%20Energetica/Documents/Balancos%20energetics/Arxius/Balan%C3%A7%20el%C3%A8ctric%201990-2007.pdf) (accés novembre 2012)
21. Fundación de la energía de la comunidad de Madrid (2011) *"Guía de ahorro y eficiencia energética en Centros docentes"*. [En línia] disponible a:  
<http://www.fenercom.com/pdf/publicaciones/Guia-de-Ahorro-y-Eficiencia-Energetica-en-Centros-Docentes-fenercom-2011.pdf> (accés novembre 2012)
22. Plazas López, Fabián. (2006) *"Sobre el uso y la gestión como los factores principales que determinan el consumo de energía en la edificación."* (Tesis de Doctoral – Universitat Politècnica de Catalunya) [En línia] disponible a:  
<http://www.tdx.cat/handle/10803/6122> (accés novembre 2012)

#### 10.1.3. DEFINICIÓ DEL PROJECTE. METODOLOGIA

23. Bosch, M. López, F. Rodríguez, I. Ruíz, G. (2007) *"L'Experiència de l'UPC, La rehabilitació energètica d'edificis"* Edicions UPC.

#### 10.1.4. FASE 0 - DEFINICIÓ DEL PROJECTE

24. Planejament general: *"Modificació PGM al sector afectat pel soterrament de les línies elèctriques aèries d'alta tensió de Fecsa"*. Data d'aprovació: 06/03/2001 [En línia] Disponible a:  
<http://ptop.gencat.net/rpuportal/AppJava/cercaExpedient.do?reqCode=veure&codintExp=80327&fromPage=load> (accés novembre 2012)

- 24a. Planejament derivat: "Pla parcial del sector afectat pel soterrament de les línies elèctriques aèries d'alta tensió de Fecsa". Data d'aprovació: 15/12/2004 [En línia] Disponible a:  
<http://ptop.gencat.net/rpucportal/AppJava/cercaExpedient.do?reqCode=veure&codintExp=208407&fromPage=load> (accés novembre 2012)
- 24b. Trama urbana consolidada: "Delimitació de la trama urbana consolidada". Data d'aprovació: 19/11/2010 [En línia] Disponible a:  
<http://ptop.gencat.cat/rpucportal/AppJava/cercaExpedient.do?reqCode=veure&codintExp=252759&fromPage=load> (accés novembre 2012)
25. Meteocat (2011) "Taulas de Dades de la Xarxa d'Estacions Meteorològiques Automàtiques" [En línia] Disponible a:  
[http://www20.gencat.cat/docs/meteocat/Continguts/Climatologia/Anuaris/Estacions%20meteorologiques/static\\_files/EMAtaules2011.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/meteocat/Continguts/Climatologia/Anuaris/Estacions%20meteorologiques/static_files/EMAtaules2011.pdf) (accés novembre 2012)

### 10.1.5. FASE 2 – AVALUACIÓ DEL PROJECTE

26. CONAMA (2008) 9º Congreso Nacional de Medio Ambiente – Cumbre del Desarrollo Sostenible. "Informe del grupo de trabajo GT-EEDF, Certificación de Eficiencia Energética. La calificación de los edificios." [En línia] Disponible a:  
[http://www.conama9.org/conama9/download/files/GTs/GT\\_EEDF//EEDF\\_final.pdf](http://www.conama9.org/conama9/download/files/GTs/GT_EEDF//EEDF_final.pdf) (accés novembre 2012)
27. IDAE (2009) "Escala de certificación energética. Edificios de nueva construcción" Ed. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid. IDAE miniteur [En línia] Disponible a:  
[http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergética/CertificacionEnergética/DocumentosReconocidos/OtrosDocumentos/Calificaci%C3%B3n%20energ%C3%A9tica.%20Viviendas/Escala\\_%20calif\\_energ%C3%A9tica.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergética/CertificacionEnergética/DocumentosReconocidos/OtrosDocumentos/Calificaci%C3%B3n%20energ%C3%A9tica.%20Viviendas/Escala_%20calif_energ%C3%A9tica.pdf) (accés novembre 2012)
- 27a. IDAE (2009) "Condiciones de aceptación de procedimientos alternativos a LIDER y CALENER" Ed. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid. IDAE miniteur [En línia] Disponible a:  
[http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergética/CertificacionEnergética/DocumentosReconocidos/OtrosDocumentos/Calificaci%C3%B3n%20energ%C3%A9tica.%20Viviendas/Guia-8\\_Condiciones\\_Alternativos.pdf](http://www.minetur.gob.es/energia/desarrollo/EficienciaEnergética/CertificacionEnergética/DocumentosReconocidos/OtrosDocumentos/Calificaci%C3%B3n%20energ%C3%A9tica.%20Viviendas/Guia-8_Condiciones_Alternativos.pdf) (accés novembre 2012)
28. CENER (2004) "CTE Plus, El potencial de ahorro de energía y reducción de emisiones de CO2 en viviendas mediante incremento del aislamiento. España 2005-2012" Ed. Rockwool España. [En línia] Disponible a:  
<http://www.cteplus.es/files/RW-ES/CTE%20Plus/pdf%27s/CTEPLUS.pdf> (accés novembre 2012)
29. Oficina catalana de Canvi Climàtic (2011). "Guía práctica para el cálculo de emisiones de gases de efecto invernadero" Ed. Comisión Interdepartamental de Cambio Climático, Generalitat de Catalunya. Barcelona [En línia] Disponible a:  
[http://www20.gencat.cat/docs/canviclimatic/Home/Politiques/Politiques%20catalanes/La%20mitigacio%20del%20canvi%20climatic/Guia%20de%20calcul%20de%20emissions%20de%20CO2/110301\\_Guia%20practica%20calcul%20emissions\\_rev\\_ES.pdf](http://www20.gencat.cat/docs/canviclimatic/Home/Politiques/Politiques%20catalanes/La%20mitigacio%20del%20canvi%20climatic/Guia%20de%20calcul%20de%20emissions%20de%20CO2/110301_Guia%20practica%20calcul%20emissions_rev_ES.pdf) (accés novembre 2012)
- 29a. UPC (2011) "Informe Sirena UPC, Anàlisi dels resultats d'estalvi energètic i aigua, i propostes de futur" Ed. Institut de Sostenibilitat, Universitat Politècnica de Catalunya. Barcelona [En línia] Disponible a:  
[http://www.upc.edu/sirena/docs/informe\\_sirena\\_2010.pdf](http://www.upc.edu/sirena/docs/informe_sirena_2010.pdf) (accés novembre 2012)

### 10.1.6. FASE 4 – DIAGNÒSTIC I LÍNIES D'ACTUACIÓ

30. Servirama. (recurs web) "Precio de venta gasoleo C, Cataluña, Barcelona" [En línia] Disponible a:  
<http://www.servirama.com/precio-de-la-gasolina/cataluna/barcelona/#gasoleo-c> (accés novembre 2012)
31. Araújo Corral, Víctor. Loi, Raffaelina.(2012) Conferencia "III European Conference on Energy Efficiency and Sustainability in Architecture and Planning: arquitectura y crisis" Universidad del País Vasco, Departamento de Arquitectura en el marc del congrés: Jornadas Europeas sobre Eficiencia Energética y Sostenibilidad en la Arquitectura y el Urbanismo (3es : 2012 : San Sebastián, País Basc)

## 10.2. NORMATIVA

- CTE-DB-HE1. Document bàsic de la Limitació de la Demanda Energètica.
- CTE-DB-HE2. Document bàsic de Rendiment de les instal·lacions tèrmiques.
- CTE-DB-HE3. Document bàsic de l'Eficiència energètica de les instal·lacions d'il·luminació
- "ESBORRANY" Juliol 2012, CTE-DB-HE Document bàsic d'Estalvi d'Energia.
- CTE-DB-HR. Document bàsic de Protecció vers el soroll
- CTE-DB-HS3. Document bàsic de la Qualitat de l'aire interior
- Decret 21/2006, del 14 de febrer, pel qual es regula l'adopció de criteris ambientals i d'ecoeficiència en els edificis
- Directiva 2010/31/UE relativa a la eficiència energètica dels edificis

## 10.3. GUIES DE CONSULTA

- Departament d'Ensenyament (2009) "Criteris per a la construcció de nous edificis per a centres docents públics". Ed. Generalitat de Catalunya, Barcelona.
- Secretaria d'Habitatge (2010) "Guia de la renovació energètica d'edificis d'habitatges. Envolupant tèrmica i instal·lacions" Ed. Generalitat de Catalunya, Barcelona.
- Molina, J. Garriga, N. Boada, M. Huelin, S. Martí, X. Domene, E. Saurí, D. (2004) "Estudi del consum d'aigua als edificis de la Regió Metropolitana de Barcelona. Situació Actual i Possibilitats d'Estalvi". Ed. Institut de Ciència i Tecnologia Ambiental, Universitat Autònoma de Barcelona.
- IDAE (2001) "Guía técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Centros docentes" Ed. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid.
- IDAE (2007) "Guía técnica de Contabilización de Consumos" Ed. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid.
- IDAE (2008) "Guía técnica de Procedimientos y aspectos de la Simulación de Instalaciones térmicas en edificios" Ed. Instituto para la Diversificación y Ahorro de la Energía, Madrid.
- Guerrero, M. Rebolé, L.(2006) "Guía de la Energía para Centros Escolares" Ed. Centro de Recursos Ambientales de Navarra
- Arnaiz, V. De Basterrechea, I. Salvador, S. (2011) "Guía para proyectar y construir escuelas infantiles". Ed. Federación Española de municipios y provincias; Ministerio de Educación. Madrid
- FENERCOM (2011) "Guía de ahorro y Eficiencia Energética en Centros Docentes". Ed. Fundación de la Energía de la Comunidad de Madrid

(\*) Data d'accés, Novembre 2012. Darrera comprovació de la operativitat dels enllaços en línia.

## 11. AGRAÏMENTS

Finalitzant el projecte resulta inevitable recapacitar sobre les persones i institucions que han fet possible la realització d'aquest. És per aquest motiu que fer un escrit d'agraïments, sent justos i conseqüents amb les persones que ens han ajudat, resulta un plaer.

Durant el transcurs d'aquest projecte hem pogut extreure de moltes persones consells, agraïments, ajuda, amistat i ànims amb els quals hem crescut i madurat tant en l'aspecte professional com en el personal. És per aquest motiu que volem agrair a diverses persones la seva ajuda, perseverança i paciència.

Entre elles volem agrair, de manera especial i sincera a les nostres tutores de PFG, Montserrat Bosch i Angelina Peñaranda, per la seva disposició per guiar-nos en aquest camí, les seves ensenyances, correccions i suport incondicional han sigut vitals per aconseguir-ho.

Recordar també el conjunt de professorat i professionals de l'Escola Politècnica Superior d'Edificació de Barcelona, els quals hem tingut la sort de conèixer al llarg d'aquests anys i que han ajudat a reafirmar la nostre voluntat per treballar dia rere dia en aquesta lloable professió.

D'altra banda les institucions amb que hem tractat, principalment esmenar a l'Escola Isabel de Villena i tot el seu magnífic personal, els quals ens han deixat un grat record d'aquest projecte. Especialment per l'ajuda facilitada a Teresa Ferré administradora del centre; i a en Lluís Nadal cap de manteniment, pel seu suport en els visites realitzades.

També, tenir present l'Ajuntament d'Esplugues de Llobregat i els seus Departaments Tècnic i Medi Ambiental, per la seva ajuda en quant el planejament aplicable i la satisfactòria solució referent a la recollida de residus urbans permetent el reciclatge al usuaris del centre. Tanmateix per haver-nos posat en contacte amb la Fundació Proa, la qual realitza una tasca imprescindible dins la nostre societat.

Amb caràcter personal a l'Arquitecte Francesc Gruartmoner, per la documentació i coneixements oferts en el desenvolupament del projecte; i a en David Llop, company d'estudis i professió, per la seva guia en l'aprenentatge i resolució de les eines de simulació Lider i Calener.

Per suposat, l'agraïment més profund i sentit va per les nostres respectives famílies que sense el seu recolzament, col·laboració i paciència hagués estat impossible aconseguir aquest repte.

Per últim ambdós volem agrair-nos recíprocament l'amistat, l'ajuda, l'esforç i tot el coratge dipositat en aquest projecte per tal de que tirés endavant i es convertís en un fet.