



**EPS**

Escola Politècnica  
Superior

## **Projecte/Treball Fi de Carrera**

**Estudi:** Enginyeria Tècn. Ind. Química Ind. Pla 2002

**Títol:** ESTUDI DE LA IL·LUMINACIÓ A LES AULES,  
LABORATORIS DOCENTS I ACCESSOS DE L'EDIFICI P2 DE  
L'EPS DE LA UdG

**Document:** CÀLCULS JUSTIFICATIUS

**Alumne:** IVAN BRUN TORRAS

**Director/Tutor:** ÀNGEL LÓPEZ SÁNCHEZ  
**Departament:** Eng. Química, Agrària i Tecn. Agroalimentària  
**Àrea:** ENGINYERIA QUÍMICA

**Convocatòria** (mes/any): 06/08

## Document 2: CÀLCULS JUSTIFICATIUS

### ÍNDIX DELS CÀLCULS JUSTIFICATIUS

2.1. INTRODUCCIÓ.....	5
2.1.1. Antecedents.....	5
2.1.2. Objecte .....	5
2.1.3. Abast .....	5
2.1.4. Ubicació de l'edifici estudiat .....	6
2.2. DESCRIPCIÓ DELS DIFERENTS NIVELLS DE L'EDIFICI ESTUDIAT .....	11
2.3. EXPLICACIÓ DE LA DECISIÓ DE CENTRAR EL TREBALL A LA PLANTA BAIXA (NIVELL 0) .....	12
2.4. FONAMENTS TEÒRICS .....	16
2.4.1. Equips bàsics de llum artificial .....	16
2.4.2. Magnituds i conceptes fonamentals .....	19
2.4.3. Eficiència energètica i vida de les làmpades.....	22
2.5. DESCRIPCIÓ DEL TREBALL A REALITZAR I EQUIPS UTILITZATS.....	24
2.5.1. Descripció del pla de treball .....	24
2.5.2. Equips i materials utilitzats .....	27
2.5.2.1. Equips utilitzats en les mesures a les aules i laboratoris.....	27
2.5.2.2. Equips i material utilitzats en el treball experimental sobre la regulació del flux lluminós de les làmpades fluorescents.....	27
2.5.2.2.1. Equip per realitzar les mesures .....	28
2.5.2.2.2. Equip convencional .....	30
2.5.2.2.3. Equip electrònic .....	31
2.6. MESURES DE NIVELL D'IL·LUMINACIÓ A LES AULES I LABORATORIS .....	37

2.6.1. Aules orientades al sud .....	37
2.6.1.1. Mesures amb: cortines desplegades (impedint l'entrada de llum), il·luminació artificial encesa .....	41
2.6.1.2. Mesures amb: cortines plegades, il·luminació natural amb llums apagats .	46
2.6.1.3. Conclusions de les mesures realitzades a les aules sud .....	68
2.6.2. Aules centrals.....	71
2.6.2.1. Mesures amb: cortines desplegades (impedint l'entrada de llum), il·luminació artificial encesa .....	72
2.6.2.2. Mesures amb: cortines plegades, il·luminació natural amb llums apagats .	88
2.6.2.3. Conclusions de les mesures realitzades a les aules centrals.....	98
2.6.3. Laboratoris docents.....	99
2.7. CONCLUSIONS I OBSERVACIONS DE LES MESURES REALITZADES A LES AULES I LABORATORIS .....	126
2.7.1. Aules orientades al sud (II01A fins II04B).....	126
2.7.2. Aules centrals (II05 fins II09).....	126
2.7.3. Laboratoris .....	127
2.7.4. Altres.....	127
2.8. ASSAJOS REALITZATS EN EL LABORATORI DE CONTROL DE PROCESSOS DE L'EDIFICI PI.....	128
2.8.1. Introducció: aparells utilitzats.....	128
2.8.2. Assajos de laboratori.....	130
2.8.3. Fonaments teòrics en els que es basen els assajos de laboratori.....	131
2.8.4. Equip de Connexió Convencional .....	134
2.8.5. Equip de Connexió Electrònic (ECE) d'OSRAM .....	136
2.8.5.1. Fluorescents ½ vida útil .....	137
2.8.5.2. Fluorescents COOL WHITE.....	141
2.8.5.3. Fluorescents COOL DAYLIGHT.....	145
2.8.6. Conclusions dels assaigs al laboratori.....	149

2.9. INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA DE L'EDIFICI PII.....	151
2.9.1. Instal·lació elèctrica a les aules sud (II01A fins II04B).....	152
2.9.2. Instal·lació elèctrica de l'aula II05.....	155
2.9.3. Instal·lació elèctrica de l'aula II06.....	157
2.9.4. Instal·lació elèctrica de l'aula II07.....	159
2.9.5. Instal·lació elèctrica de l'aula II08.....	161
2.9.6. Instal·lació elèctrica de l'aula II09.....	163
2.9.7. Lavabos.....	165
2.10. PROPOSTA DE LA INSTAL·LACIÓ A REALITZAR: NECESSITATS D'EQUIPAMENTS.....	166
2.10.1. Necessitats d'equipament a les aules sud (II01A..II04B).....	167
2.10.2. Necessitats d'equipament a l'aula II05.....	169
2.10.3. Necessitats d'equipament a l'aula II06.....	171
2.10.4. Necessitats d'equipament a l'aula II07.....	173
2.10.5. Necessitats d'equipament a l'aula II08.....	175
2.10.6. Necessitats d'equipament a l'aula II09.....	177
2.10.7. Necessitats d'equipament als lavabos.....	179
2.11. CONSUMS I EFICIÈNCIA ENERGÈTICA DE LA INSTAL·LACIÓ ACTUAL I LA FUTURA.....	181
2.11.1. Estimació de l'estalvi energètic instal·lant l'equip d'OSRAM de regulació del flux lluminós de les làmpades fluorescents amb detecció de presència a les aules...182	
2.11.1.1. Consum actual.....	182
2.11.1.2. Consum futur amb equip electrònic: amb regulació del flux lluminós, sense detecció de presència.....	184
2.11.1.3. Consum futur amb equip electrònic: amb regulació de flux lluminós i detecció de presència.....	194
2.11.1.4. Estalvi energètic a les aules amb l'equip de regulació de flux lluminós i detecció de presència.....	196

2.11.2. Estalvi energètic amb detecció de presència als lavabos .....	197
2.11.2.1. Consum actual .....	197
2.11.2.2. Consum futur amb detecció de presència de sostre Legrand .....	198
2.11.2.3. Estalvi energètic .....	199
2.11.3. Estalvi energètic i econòmic total: aules i lavabos .....	200
2.11.4. Repercussió mediambiental de l'estalvi energètic total a les aules i lavabos	200
2.11.5. Canvi en l'índex d'eficiència energètica.....	201

## **2.1. INTRODUCCIÓ**

### **2.1.1. Antecedents**

La il·luminació de les aules i laboratoris docents de l'edifici PII es realitza mitjançant un control tot o res amb l'ajuda d'interruptors i l'accionament manual de la posició de les persianes i cortines.

És una instal·lació rígida que no permet adequar el nivell d'il·luminació de cada local a l'ocupació de l'aula ni al nivell d'il·luminació que prové de les finestres.

### **2.1.2. Objecte**

L'objectiu del present estudi és optimitzar la instal·lació d'il·luminació de l'edifici PII de l'Escola Politècnica Superior (EPS) de la Universitat de Girona.

Aquesta optimització es basa en l'aprofitament de la llum natural per tal de reduir el consum energètic que deriva de l'ús de l'enllumenat artificial.

Per aconseguir-ho s'han de cercar les últimes tecnologies en il·luminació i estudiar com és la instal·lació actual.

### **2.1.3. Abast**

Mesurar els nivells d'il·luminació actual de les aules i laboratoris i comptabilitzar la quantitat de llum natural que es pot aprofitar.

Analitzar el comportament de les làmpades fluorescents accionades amb reguladors de flux lluminós.

Conèixer la instal·lació elèctrica actual.

Proposar millores per fer més flexible la instal·lació i disminuir el consum energètic.

Realitzar els plànols, pressupost de la inversió, plec de condicions i estudi econòmic.

#### 2.1.4. Ubicació de l'edifici estudiat

A la figura 1 es pot apreciar la situació geogràfica de Girona (A) a dins de Catalunya. Aquesta ciutat es troba situada al nord-est de la comunitat autònoma catalana. A l'any 2007 la població d'aquesta ciutat era d'aproximadament 92200 habitants.



Figura 1: vista aèria de Catalunya.

Girona és una ciutat ben comunicada amb l'exterior gràcies a la xarxa de carreteres de què disposa, entre elles la Nacional II i l'autopista AP-7, tal i com es pot veure a la figura 2:

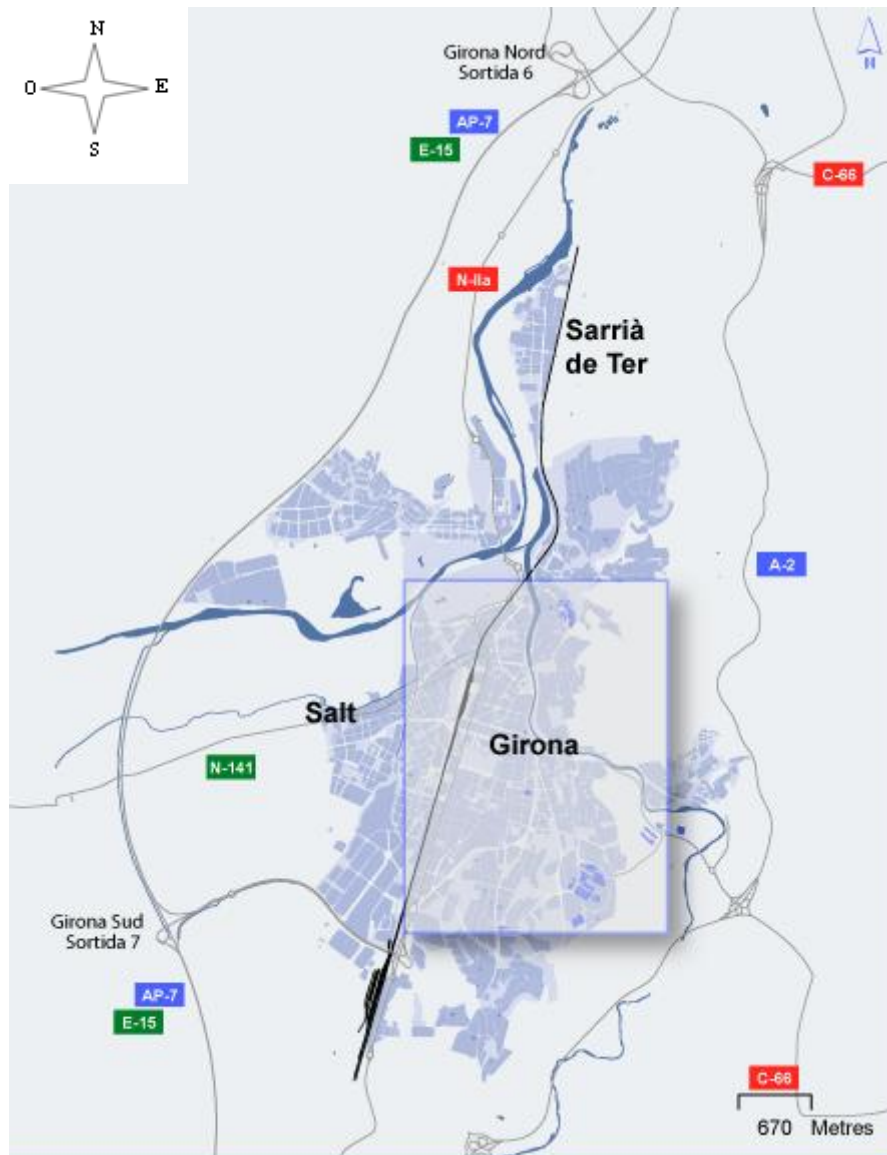


Figura 2: xarxa de carreteres que passen per Girona..



L'estudi es centra en un edifici concret de l'Escola Politècnica Superior (EPS) de la Universitat de Girona (UdG), anomenat PII. Aquesta escola es troba situada al barri de Montilivi de Girona (Capital de la Província de Girona).

A la següent figura es poden observar marcats els diferents Campus de la Universitat de Girona. A la part superior (nord) del mapa hi ha el Campus del Barri Vell i Mercadal (on s'hi imparteixen estudis de lletres, història...). Al centre del mapa hi ha el Campus Centre on s'hi dóna infermeria entre altres. I **a la part inferior hi ha el Campus de Montilivi i el Parc Tecnològic**, on estan ubicades l'Escola Politècnica Superior, la Facultat de Ciències, la de Dret i Econòmiques.

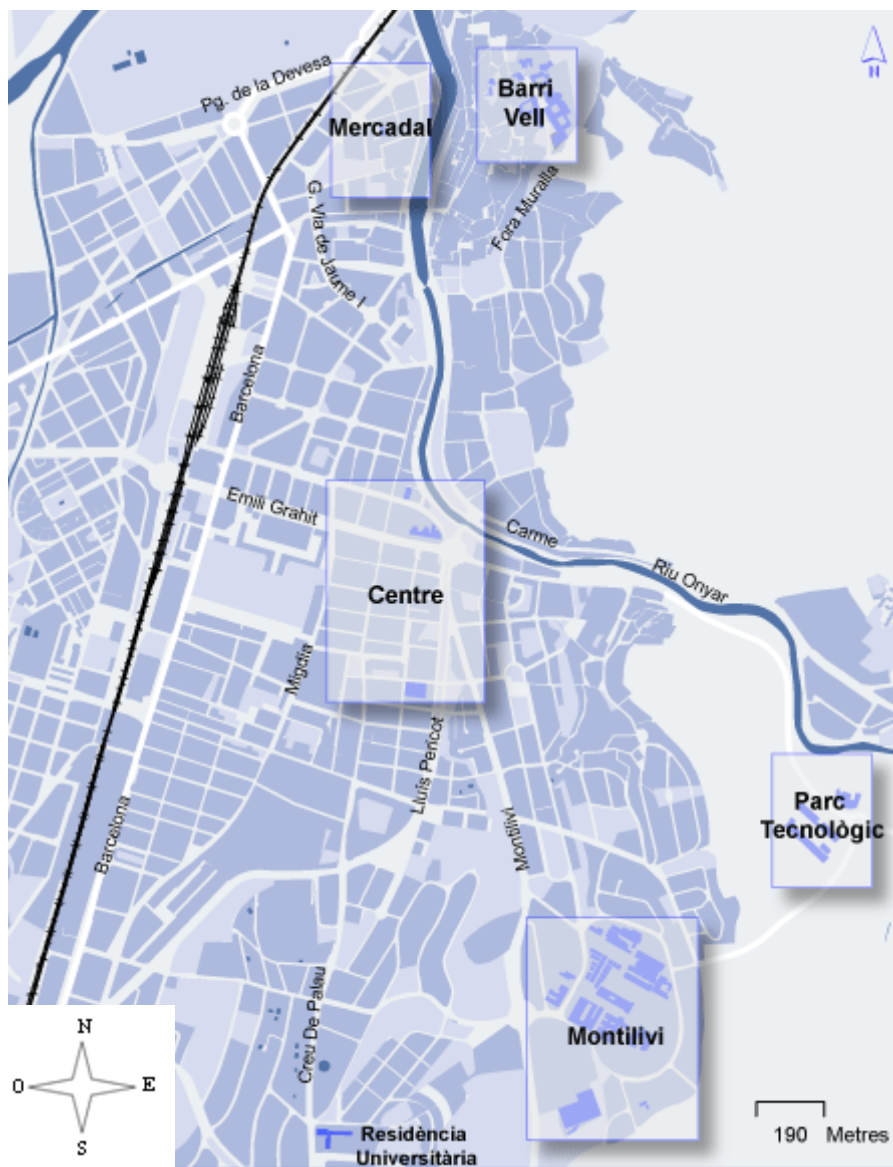


Figura 3: vista dels diferents Campus que hi ha a la ciutat de Girona.

El Campus de Montilivi està format amb diferents edificis, tal com es mostra a la següent figura:



*Figura 4: vista aèria del Campus de Montilivi.*

A la part inferior de la figura 4 hi ha la Facultat de Dret i la de Ciències Econòmiques i Empresarials, separades de la Facultat de Ciències on s'hi imparteixen estudis com biologia, química...

A l'oest hi ha el CIAE (centre d'informació i assessorament d'estudiants) i l'aulari comú.

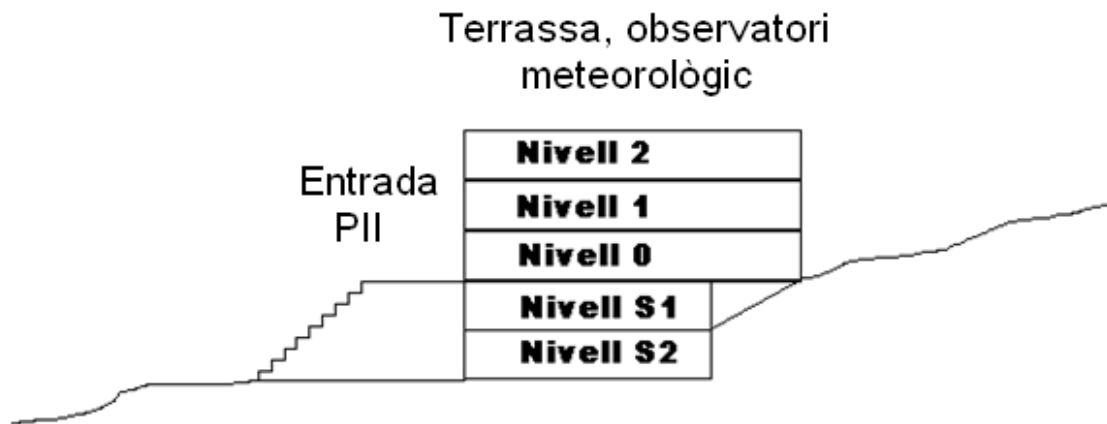
Els edificis Politècnica 1, 2, 3, 4, els Tallers i part dels Mòduls Centrals formen l'anomenada Escola Politècnica Superior (EPS).

L'edifici estudiat en el present treball és l'anomenat Politècnica 2, que dins de l'àmbit universitari s'anomena PII. Aquí s'imparteixen moltes de les classes als futurs enginyers tècnics o superiors, comptant també amb despatxos pel professorat.

Com s'ha dit a l'inici d'aquest document, l'objectiu d'aquest estudi és millorar les instal·lacions d'il·luminació de l'edifici PII. No s'ha escollit el PIII (Politècnica 3) perquè és el més nou i s'entén que els equips que hi ha col·locats són de menor consum que no els instal·lats a l'edifici estudiat. Tampoc no s'ha estudiat el PI (Politècnica 1) perquè és el més antic i actualment està en fase de reforma. A l'edifici PIV (Politècnica 4) només hi ha despatxos de professorat i per tant els usuaris són pocs en comparació a l'ús que se'n pot fer de les aules.

## 2.2. DESCRIPCIÓ DELS DIFERENTS NIVELLS DE L'EDIFICI ESTUDIAT

L'edifici PII està edificat en un baixant d'un turó i té varis nivells construïts que permeten aprofitar la situació del terreny.. De forma simplificada es poden dividir en els següents:



*Figura 5: esquema dels diferents nivells de l'edifici PII.*

Els nivells S1 i S2 són els subterranis. Al nivell S2 hi ha laboratoris de construcció i al S1 hi ha els serveis auxiliars (calefacció, aire comprimit..) i laboratoris de recerca (microscòpia electrònica...)

A la planta baixa (nivell 0) és on hi ha les aules i els laboratoris docents o aules de pràctiques com tallers, aules d'informàtica, d'electricitat...

Els pisos superiors són destinats a despatxos de professorat, secretaria de professorat i seminaris (nivells 1 i 2).

### **2.3. EXPLICACIÓ DE LA DECISIÓ DE CENTRAR EL TREBALL A LA PLANTA BAIXA (NIVELL 0)**

A l'apartat anterior, ja s'ha vist que al PII s'hi realitzen activitats prou diferenciades (docència, investigació...). Com que l'estudi es basa en disminuir el consum energètic destinat a la il·luminació s'han d'estudiar les zones de l'edifici on el consum és major i on sigui possible obtenir una millora.

Com que als subterranis no hi entra la llum natural, no té sentit estudiar com aprofitar-la en aquest nivell.

En els despatxos (nivells superiors) hi pot haver una il·luminació localitzada i la utilitza poca gent, fent que, molt probablement, el mateix professor encengui o apagui els llums quan calgui. Per tant, en aquesta primera fase no s'estudia el control de la il·luminació en aquestes parts.

La planta de més moviment d'estudiants i de personal és la planta baixa. Aquí hi ha les aules i la majoria de laboratoris i tallers per a les carreres tècniques. Per tant, en aquest nivell el potencial d'estalvi és més important.

La utilització dels laboratoris és menor que les aules, ja que s'hi realitzen tasques molt concretes. En canvi, a les aules, on hi ha actualment làmpades fluorescents T8 (26 mm Ø) de 36 W, són les més concorregudes.

Degut a la gran quantitat de persones que estudien i treballen en aquesta planta es fa difícil un control de la il·luminació de forma manual que sigui correcte i estricte. Prova d'això és que en nombroses ocasions queden els fluorescents engegats encara que a les aules no hi hagi ningú.

A continuació es poden veure les diferents aules i laboratoris que formen el PII:

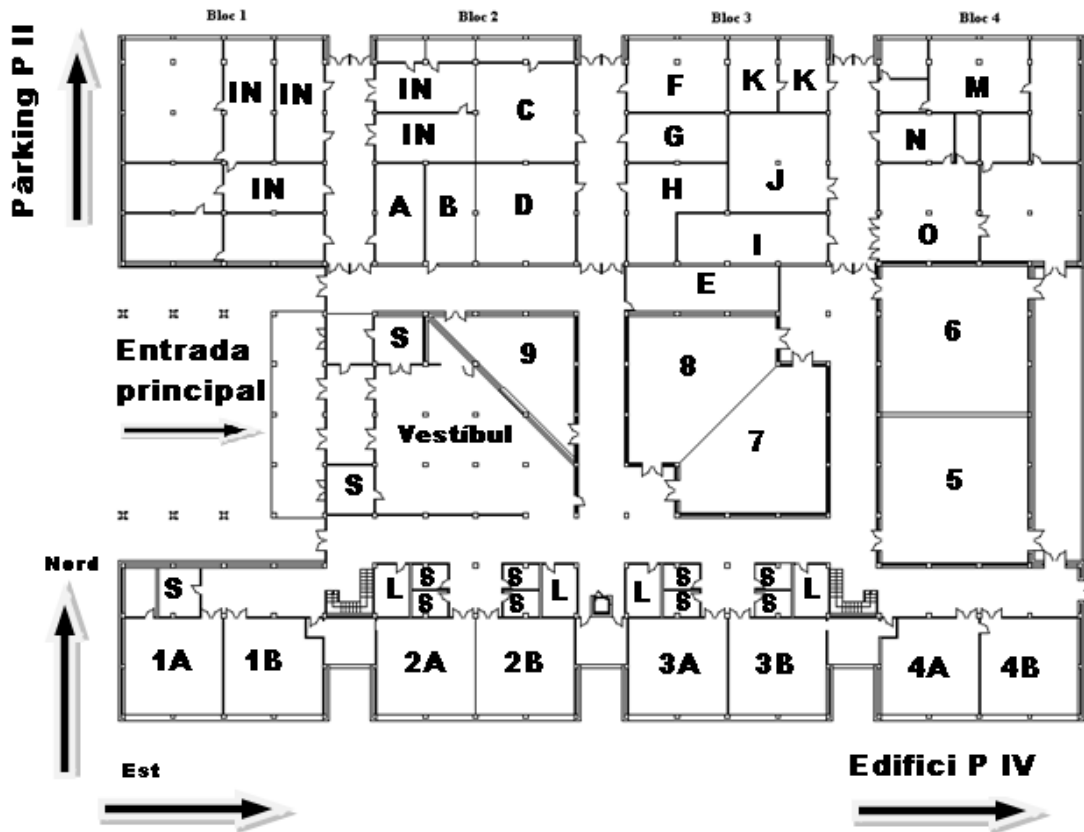


Figura 6: plànol de planta del PII.. A l'apartat de plànols del projecte es pot trobar molt més detalladament aquesta figura.

Per tal de simplificar el plànol s'ha utilitzat nombres i lletres per no fer massa carregosa la identificació de tots els locals.

Les aules dels 4 edificis denominats PI, PII, PIII i PIV s'identifiquen amb el prefix del nombre de l'edifici, seguidament del nombre de l'aula amb dos xifres. A més, a l'edifici estudiat, el PII, n'hi ha que estan diferenciades per les lletres A i B. No obstant, a la figura 1.6 es simplifica aquesta codificació prescindint del prefix. A continuació hi ha un exemple del que s'acaba d'explicar.

Taula 1: nomenclatura utilitzada per a les aules.

Nomenclatura real	II01A	II04B	II05	II09
Nomenclatura de la figura	1A	4B	5	9

A la taula següent hi ha les lletres que s'han utilitzat per a la resta d'aules i laboratoris:

Taula 2: nomenclatura utilitzada pels laboratoris.

Lletra	Aula	Lletra	Aula
A	Electrònica bàsica	H	Pneumàtica fluídica
B	Microprocessadors	I	Ciència i tecnologia dels materials
C	Electrotècnia	J	Hidràulica i mecànica de fluids
D	Robòtica	K	Lubricants i combustibles
E	Visió per computadors	M	Mecànica i manteniment
F	Mecànica de fluids computacional	N	Assaig de màquines
G	Regulació automàtica	O	Taller mecànic i control numèric
L	Lavabos	IN	Investigació
S	Aules petites de reunió o d'estudi		

Per a l'aprofitament de la llum natural, que és un aspecte molt important en aquest estudi, es poden definir 3 zones diferents. Aquestes es poden observar a la figura 7:

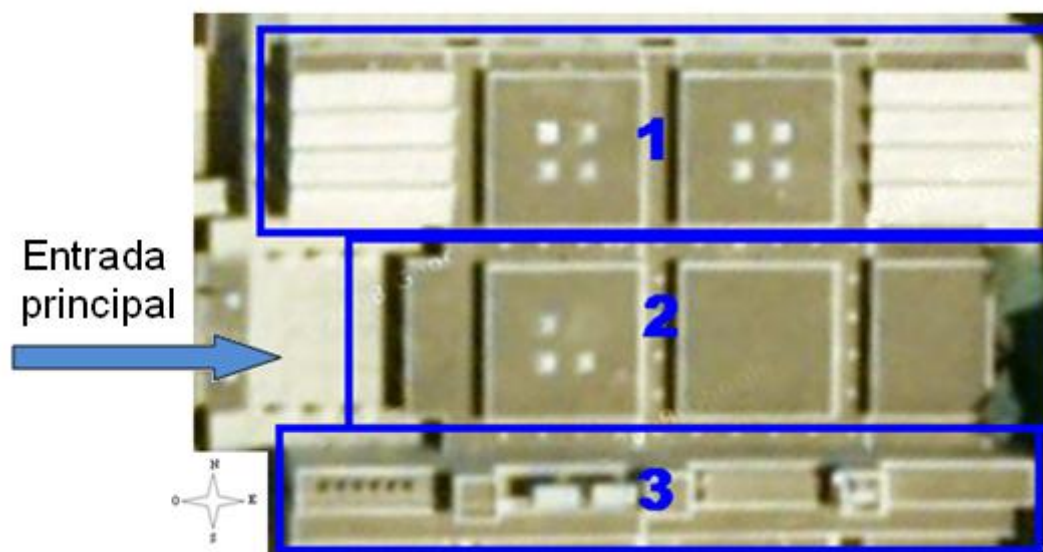


Figura 7: vista aèria de l'edifici PII.

La primera zona (1) és on hi ha els laboratoris (o aules de pràctiques), orientades al nord. Moltes disposen de claraboies, sostres translúcids o finestres altes i de forma general la il·luminació natural que cal esperar-hi pot ser bastant constant al llarg del dia ja que reben només la llum zenital (no del sol directament, sinó la llum que filtra l'atmosfera i s'escampa de forma uniforme pel cel) o de les finestres que no reben mai llum directa. Aquesta disposició “mirant al nord” sol donar una sensació de fred degut que la temperatura de color és major que la del feix directe del sol.

La segona zona (2) és la central, que comprèn les aules II05, II06, II07, II08 i II09. En aquesta zona la il·luminació que hi ha és zenital degut a que tenen finestres altes, que fan que la llum natural es pugui distribuir uniformement.

Finalment hi ha la tercera (3) que és la de les aules orientades al sud. És a dir, des de la II01A fins a la II04B, essent un total de 8. Es parla d'orientació al sud degut a que totes aquestes tenen dues finestres que “miren cap aquesta direcció”. Aquestes reben la llum diürna d'una forma directa, fent que les aules tinguin nivells d'il·luminació alts. Tot i així, d'aquestes, les que estan més sud-est (II04A i II04B), la llum incident és inferior i més uniforme ja que tenen l'edifici PIV i els tallers a prop que fan ombra fent que hi hagi major quantitat de llum reflectida que no pas directa (figura 8).

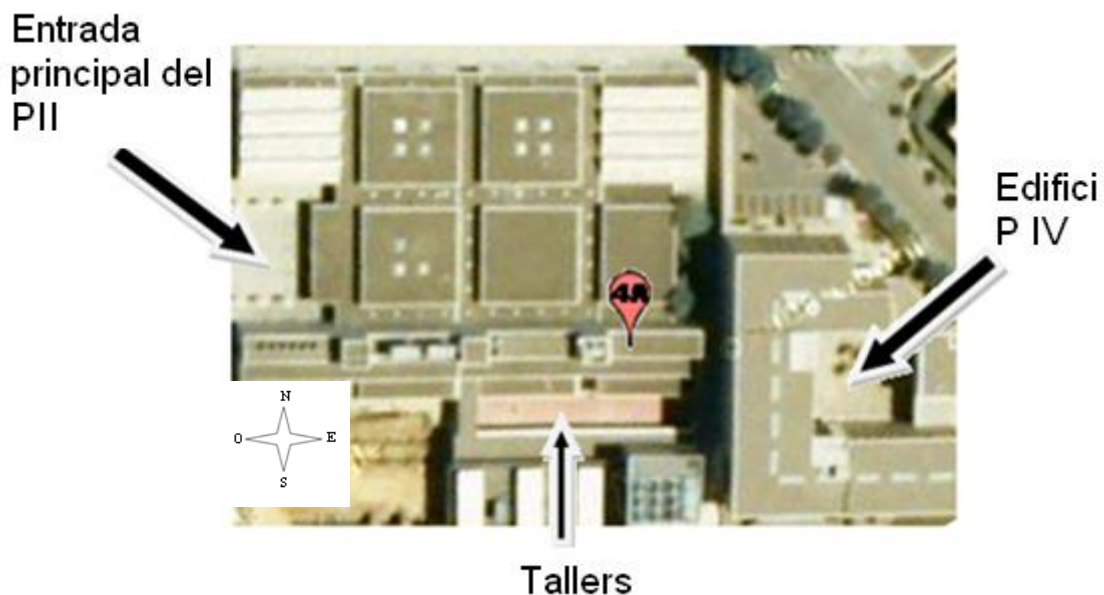


Figura 8: vista aèria del PII on es mostra l'ombra que fan l'edifici PIV i el dels Tallers.



## 2.4. FONAMENTS TEÒRICS

Per tal d'entendre certs paràmetres luminotècnics que hi ha en aquest estudi, cal introduir paraules pròpies d'aquesta ciència que permetin seguir-ne el desenvolupament.

### 2.4.1. Equips bàsics de llum artificial

**Làmpada:** aquest és l'element que transforma un tipus d'energia (normalment elèctrica) en lluminosa (llum artificial). La majoria de les làmpades no poden anar directament connectades a la corrent, excepte les d'incandescència, i necessiten l'ús d'uns **equips auxiliars**. Els equips auxiliars es poden dividir en dos grups, els **Equips de Connexió Convencional (ECC)** basats en aparells electromagnètics o els recents **Equips de Connexió Electrònics (ECE)** que estan basats en aparells electrònics i presenten grans avantatges energètiques enfront els ECC.

La major part de les aules de l'edifici PII estan il·luminades mitjançant làmpades fluorescents T8 (26 mm de Ø).

Les làmpades fluorescents són transformadors de radiació. Aquestes estan formades per un tub de vidre transparent, recobert d'unes sals fluorescents, que té a cada extrem un elèctrode unit als casquets que el tanquen. A dins del tub hi ha un gas inert amb una petita quantitat de mercuri. A continuació es pot veure, a la figura 9, totes aquestes parts.

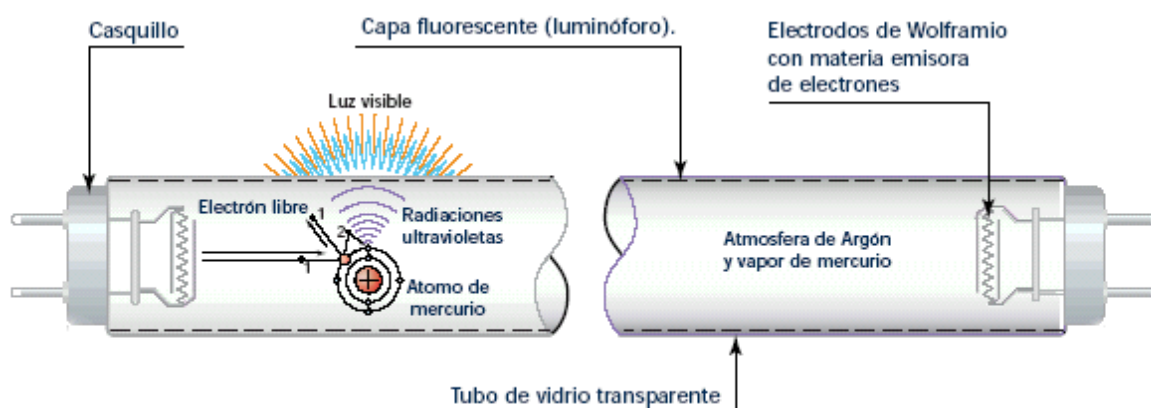


Figura 9: parts d'un tub fluorescent (font: [www.voltimum.es](http://www.voltimum.es)).

Mitjançant l'energia elèctrica, l'elèctrode permet que els àtoms de mercuri s'excitin i els seus electrons arribin a estats energètics superiors, fent el gas conductor i que salti l'arc elèctric. Quan els electrons tornen al seu estat de repòs alliberen energia en forma de radiació ultraviolada que no és útil per permetre la visió humana.

En aquest punt intervenen les sals que recobreixen l'interior del tub ja que són les encarregades de transformar la radiació ultraviolada a visible.

Per aquest motiu, en funció de les sals que hi hagi, el tub tindrà un color o un altre. Aquesta aparença de color que tenen aquestes làmpades (i la resta de làmpades també) ve classificada per la **temperatura de color**. Aquesta dóna una idea subjectiva de quina sensació dóna la làmpada a l'observador.

Taula 3: relació entre el tipus de llum i la temperatura de color.

<b>Llum Càlida</b>	$T < 3300 \text{ K}$
<b>Llum Neutra</b>	$3300 \text{ K} < T < 5300 \text{ K}$
<b>Llum Freda</b>	$T > 5300 \text{ K}$

La làmpada fluorescent necessita un conjunt d'equips auxiliars per a funcionar correctament. Això es pot veure a la figura següent:

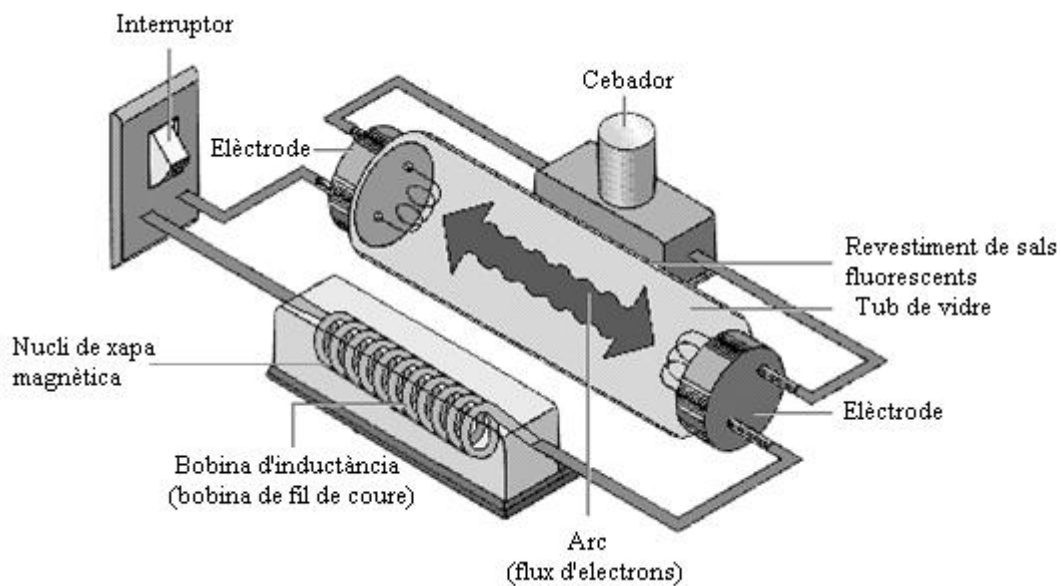


Figura 10: equips necessaris per a una instal·lació de llum fluorescent (font: [www.voltimum.es](http://www.voltimum.es)).

El **cebador** (també anomenat arrencador) és l'encarregat de donar un valor prou alt de tensió per tal de generar l'arc, ja que en principi, el gas de l'interior del tub no és conductor. Quan aquest gas es torna conductor i s'ionitza donant lloc al pas de corrent elèctric, la resistència a l'interior del tub disminueix fent que cada vegada hi passi més intensitat de corrent.

Per tal de frenar aquesta intensitat, que podria arribar a malmetre la làmpada, es posa el **balast** (anomenat també reactància). Aquest element s'oposa al pas de corrent per estabilitzar-lo.

Degut a que aquest balast té un comportament inductiu, s'utilitza el **condensador** per tal d'augmentar el factor de potència o  $\cos\phi$ . Quan més proper a 1 és aquest factor, menys es paga de rebut elèctric en una instal·lació gran.

Aquests tres elements (cebador, balast, condensador) queden englobats amb el que s'ha definit anteriorment com a ECC. Els Equips de Connexió Convencional s'utilitzen sovint per la seva facilitat de muntatge i el baix preu.

Actualment, hi ha l'anomenat **balast electrònic** o ECE que amb un mateix aparell ja compleix les 3 funcions de l'ECC, consumint menys energia.

Un cop s'ha obtingut radiació visible, la **lluminària** la distribueix per l'espai en funció de les necessitats de l'aplicació. Per a un bon dimensionat d'una instal·lació d'enllumenat cal conèixer les característiques fotomètriques d'aquest element, ja que així es pot saber cap a quina direcció s'emet la llum. Els fabricants donen aquesta informació mitjançant gràfiques de distribució lluminosa, tal i com es pot veure a la figura 11:

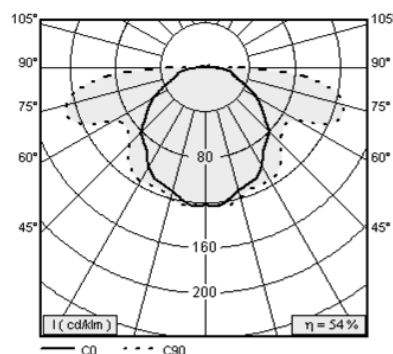


Figura 11: corba fotomètrica d'una lluminària (font: base de dades del programa Il·lugar).

### 2.4.2. Magnituds i conceptes fonamentals

A partir de la fórmula bàsica per a calcular el nombre de punts de llum necessaris en una instal·lació es definiran els conceptes més importants per a l'estudi realitzat:

$$n = \frac{E \times S}{\Phi \times F_u \times F_c} \quad [\text{Eq. 1}]$$

- La **superfície** que s'ha d'il·luminar és **S** i ve donada en **m<sup>2</sup>**.
- El **flux lluminós** d'una làmpada es simbolitza amb **Φ** i és la potència lluminosa d'una làmpada expressada en lúmens (**lm**). En els catàlegs s'especifica quina potència lluminosa té cada tipus de làmpada.
- **E** és la relació entre el flux lluminós i la superfície il·luminada expressat en **lux**. Rep el nom de **nivell d'il·luminació** (o il·luminància de forma més tècnica), i dóna una idea de quina quantitat de llum té un local. Es mesura amb un luxímetre.

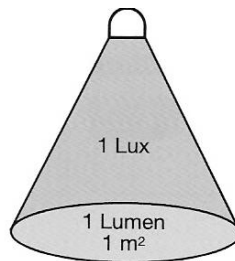


Figura 12: esquema representatiu del lux.

Quan aquest valor de lux ve donat per la normativa es defineix com a Il·luminància Mantinguda ( $E_m$ ), i és el valor per sota del qual no es permet que caigui mai el nivell d'il·luminació en una superfície determinada, per l'adequada realització d'una tasca concreta.

El Codi Tècnic de l'Edificació recomana mesurar en un nombre mínim de punts el nivell d'il·luminació per tal de realitzar una mitjana adequada. Aquest nombre es troba a partir de la fórmula de l'**índex del local** i s'ha de repartir les mesures de forma simètrica.

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)} \quad [\text{Eq. 2}]$$

Essent L: longitud del local

A: amplada del local

H: distància del pla de treball a les lluminàries

4 punts si  $K < 1$

9 punts si  $2 > K > 1$

16 punts si  $3 > K > 2$

25 punts si  $K > 3$

Si es vol saber quina il·luminació hi ha d'haver a un local es pot consultar la normativa UNE 12464-1:2003 (veure annex B.2).

En el present estudi, les mesures s'han de realitzar a sobre del pla de treball (les taules) tal i com diu la normativa UNE 12464 ja esmentada.

- El **factor d'utilització Fu** depèn dels coeficients de reflexió de parets i sostre i de l'índex del local (consultar annex B.1). Tot seguit hi ha diferents factors de reflexió i un exemple per a una lluminària concreta.

	Color	Factor de reflexió ( $\rho$ )
<b>Sostre</b>	Blanc o molt clar	0.7
	Clar	0.5
	Mitjà	0.3
<b>Parets</b>	Clar	0.5
	Mitjà	0.3
	Fosc	0.1
<b>Terra</b>	Clar	0.3
	Fosc	0.1

Figura 13: factors de reflexió segons [www.edison.upc.edu](http://www.edison.upc.edu).



Tipo de aparato de alumbrado	Índice del local k	Factor de utilización ( $\eta$ )								
		Factor de reflexión del techo								
		0.7			0.5			0.3		
		Factor de reflexión de las paredes								
		0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1	0.5	0.3	0.1
	1	.28	.22	.16	.25	.22	.16	.26	.22	.16
	1.2	.31	.27	.20	.30	.27	.20	.30	.27	.20
	1.5	.39	.33	.26	.36	.33	.26	.36	.33	.26
	2	.45	.40	.35	.44	.40	.35	.44	.40	.35
	2.5	.52	.46	.41	.49	.46	.41	.49	.46	.41
	3	.54	.50	.45	.53	.50	.45	.53	.50	.45
	4	.61	.58	.52	.60	.58	.52	.60	.58	.52
	5	.63	.60	.56	.63	.60	.56	.62	.60	.56
	6	.68	.63	.60	.66	.63	.60	.65	.63	.60
	8	.71	.67	.64	.69	.67	.64	.68	.67	.64
	10	.72	.70	.67	.71	.70	.67	.71	.70	.67

Figura 14: forma de trobar el coeficient d'utilització segons [www.edison.upc.edu](http://www.edison.upc.edu).

Com es pot veure a la figura 14, un cop trobat l'índex del local i els factors de reflexió corresponent es pot determinar el factor d'utilització.

- **Fc** és el **factor de conservació** o manteniment ja que es considera que durant la utilització de la instal·lació el flux lluminós disminueix degut a l'embrutiment de la làmpada o la lluminària. Se sol agafar 0,8 si l'ambient és net i 0,6 si és brut.

### 2.4.3. Eficiència energètica i vida de les làmpades

A continuació hi ha definits conceptes relacionats amb l'eficiència energètica de la instal·lació que seran útils per a comparar-los amb l'estat actual de les instal·lacions del PII i amb la solució que es proposarà. També hi ha altres paràmetres que es poden tenir en compte per a valorar les millores que es volen realitzar.

- **Eficàcia lluminosa:** és la relació entre els lúmens i els watts consumits per una làmpada. Quan es parla de làmpades de baix consum significa que donen igual de lúmens que una altra consumint molts menys watts. En aquest concepte no s'inclou el consum dels equips auxiliars.
- S'interpreta per **valor d'eficiència energètica de la instal·lació** la potència que consumeixen les làmpades i equips auxiliars referits a 1 m<sup>2</sup> de superfície per mantenir un nivell d'il·luminació de 100 lux. Les unitats són els W/m<sup>2</sup> per cada 100 lux calculats amb la següents fórmula:

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S \times E_m} \quad [\text{Eq. 3}]$$

Essent P: potència total instal·lada en làmpades més equips auxiliars en W

S: superfície il·luminada en m<sup>2</sup>

E<sub>m</sub>: nivell d'il·luminació mitjà horitzontal mantingut en lux

En el nou CTE es recullen els valors límits de VEEI, tal i com es pot veure a l'annex B.2. Aquest valor també pot servir per comparar la instal·lació actual amb la que es projectarà.

Tant l'eficàcia lluminosa com el valor d'eficiència energètica de la instal·lació passaran de ser un nombre fix a ser dinàmic si es pot implantar un sistema que reguli l'aportació de llum artificial en funció de la que entra per les finestres.

- **Vida mitja:** indica el nombre d'hores de funcionament en les quals la mortalitat d'un lot representatiu de fonts de llum del mateix model i tipus arriba al 50% en condicions estandarditzades. Aquesta dada la subministren els fabricants de làmpades.

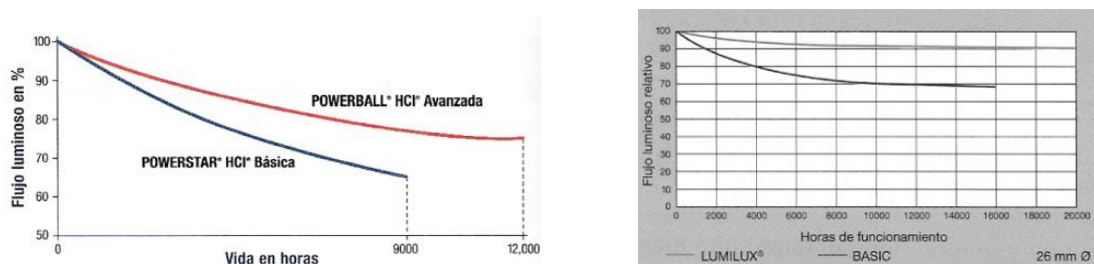
Si d'alguna manera s'aconsegueix aprofitar la llum natural reduint l'ús de l'artificial, aquest paràmetre continua essent el mateix, però el temps de canvi de les làmpades serà major.

- Hi ha certs tipus de làmpades (per exemple les fluorescents) les quals el seu flux lluminós disminueix al llarg del temps, aleshores cal definir el concepte de **vida útil**, que és el temps en el qual el flux lluminós de la làmpada ha baixat per sota d'un valor que no és rentable pel bon ús de la instal·lació. Aquest escapa del control dels fabricants ja que depèn en gran mesura de les condicions d'utilització de les fonts de llum. Tot i així, es poden donar valors orientatius.

Pel mateix motiu que les làmpades tardaran més temps a canviar-se si s'aprofita la llum natural, també augmentarà la vida útil de les làmpades fluorescents de les aules del PII.

Aquests dos valors es poden obtenir a partir de corbes experimentals com la corba de depreciació o la de mortalitat, en funció de si es vol obtenir la vida útil o la vida mitja respectivament.

Tot seguit hi ha dos exemples de vida útil per a dos tipus de làmpades diferents:



Figures 15 i 16: a l'esquerra, corbes de depreciació del flux lluminós per a dos tipus de làmpades ceràmiques, i a la dreta, per a dos fluorescents (font: "Catálogo General de Luz 2007" d'OSRAM).

Si es desitja conèixer més a fons els conceptes luminotècnics es pot consultar l'annex B.1.



## 2.5. DESCRIPCIÓ DEL TREBALL A REALITZAR I EQUIPS UTILITZATS

### 2.5.1. Descripció del pla de treball

Per tal d'assolir l'objectiu del projecte, optimitzar les instal·lacions d'il·luminació del nivell 0 de l'edifici PII, s'ha seguit la següent estructura:

a) Conèixer la instal·lació "in situ". Veure quins tipus d'enllumenat hi ha actualment i com s'accionen.

b) **Mesurar el nivell d'il·luminació a les aules** a partir de mostrejos realitzats a sobre de la superfície de treball (les taules), que és on interessa conèixer la quantitat de llum que hi ha.

Tots aquests han estat realitzats entre els mesos d'octubre i gener. Perquè no hi hagi malentesos totes les mesures en aquest document estan corregides en horari d'hivern (veure annex A.1 per a més informació).

Aquest apartat es divideix en els següents subapartats:

b<sub>1</sub> **Amb les cortines desplegadas** (impedint el pas de llum exterior), mesurar el nivell d'il·luminació que proporciona l'enllumenat artificial i comparar-lo amb el que diu la normativa UNE 12464-1:2003 (veure apartats 2.6.1.1. i 2.6.2.1.).

b<sub>11</sub> Mesurar a tots els plans de treball individual d'una aula (taules) i realitzar la mitjana d'aquests valors.

b<sub>12</sub> Buscar un procediment per reduir el nombre de mesures per obtenir una mitjana amb un error baix.

b<sub>2</sub> **Amb les cortines plegades** (deixant entrar la llum natural), mesurar el nivell d'il·luminació natural que hi ha a l'interior de les aules (veure apartats 2.6.1.2. i 2.6.2.2.).

b<sub>21</sub> Amb la simplificació que s'ha fet a l'apartat b<sub>12</sub>, fer mesures al llarg de la franja horària i realitzar la mitjana de cadascuna.

b<sub>22</sub> Amb aquestes mitjanes, elaborar gràfics que mostrin com evoluciona la llum interior natural en funció de l'hora del dia.

b<sub>23</sub> Realitzar diagrames de grisos (explicats més endavant) per tal de facilitar la comprensió de les dades mesurades.

b<sub>25</sub> Treure conclusions dels resultats obtinguts.

c) **Mesurar el nivell d'il·luminació als laboratoris** a sobre de les superfícies de treball (veure apartat 2.6.3.).

c<sub>1</sub> Mesurar el nivell d'il·luminació natural al llarg de la franja horària diürna que hi ha a l'interior dels laboratoris.

c<sub>2</sub> Amb els valors mesurats, realitzar una mitjana per a cada hora que s'ha mesurat.

c<sub>3</sub> Realitzar gràfics que permetin veure l'evolució de la llum natural en funció de l'hora del dia.

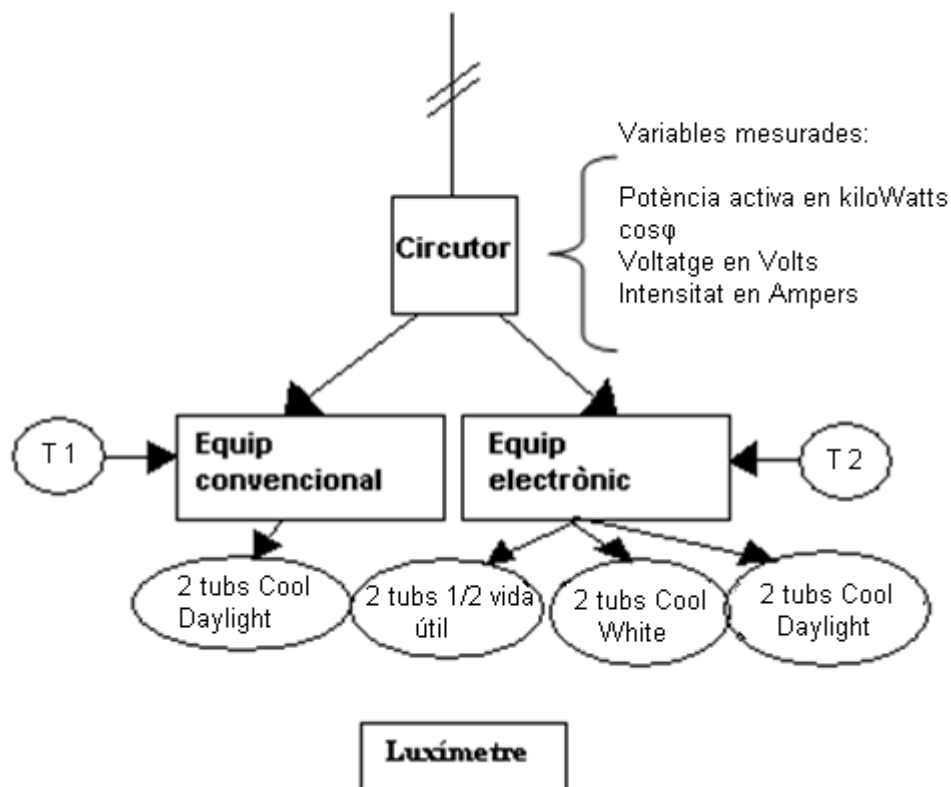
d) **Treball experimental sobre la regulació del flux lluminós** de les làmpades fluorescents (veure apartat 2.8.).

d<sub>1</sub> Mesurar els consums elèctrics de làmpades fluorescents noves amb Equips de Connexió Convencional semblants a les que hi ha actualment a les aules del PII.

d<sub>2</sub> Mesurar els consums elèctrics de làmpades fluorescents noves amb Equips de Connexió Electrònics que permeten variar el flux lluminós de les làmpades.

d<sub>3</sub> Mesurar els consums elèctrics de làmpades fluorescents a la 1/2 de la seva vida útil amb Equips de Connexió Electrònics.

d<sub>4</sub> Mesurar la temperatura al cap d'un temps d'utilització del balast convencional i del balast electrònic.



Figures 17: esquema de les mesures realitzades del treball experimental sobre la regulació del flux lluminós.

- e) Estudi comparatiu de les 3 mesures anteriors i proposta de l'equip a instal·lar.
- f) Conèixer la instal·lació elèctrica de les aules i locals de servei on pot ser interessant realitzar alguna millora.
- g) Necessitats de materials per modificar el sistema d'il·luminació actual.
- h) Pressupost.
- i) Estudi econòmic.
- j) Plec de condicions.
- k) Plànols.

## 2.5.2. Equips i materials utilitzats

Per a realitzar el pla de treball que s'ha descrit anteriorment, s'ha necessitat des d'instruments que permetin mesurar els nivells d'il·luminació fins a equips auxiliars més moderns de làmpades fluorescents. A continuació es descriuen tot el conjunt d'equips i materials que han fet possible el desenvolupament del present estudi.

### 2.5.2.1. Equips utilitzats en les mesures a les aules i laboratoris

- **Luxímetre HT 307:** és l'aparell que mesura el nivell d'il·luminació i té les següents característiques.

#### Característiques:

- Camps de mesura de la llum: 20 lux a 200 klux.
- Precisió:  $\pm 3\%$  de la lectura realitzada.
- Sortida analògica de corrent continu per a connectar a un sistema d'adquisició de dades.
- Sensor: fotodíode de silici.
- Velocitat de mostreig: 2,5 mesures per segon.
- Alimentació per pila de 9 V.



Figura 18:  
fotografia del luxímetre.

- **Mesurador de distàncies DLE 50 de BOSCH:** aparell per mesurar distàncies, àrees i volums, que genera radiació làser de la classe 2 segons EN 60825-1.

#### Característiques:

- Camp de mesura: 0,05 a 50 m.
- Exactitud:  $\pm 1,5$  mm.
- Temps de mesura: inferior als 0,5 s.
- Resolució: 1 mm.
- Alimentació amb 4 piles AAA.

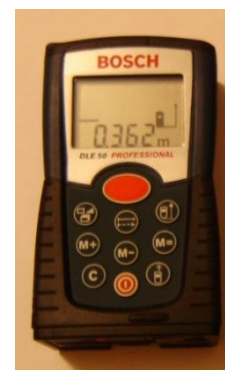


Figura 19: fotografia del mesurador de distàncies utilitzat.

### 2.5.2.2. *Equips i materials utilitzats en el treball experimental sobre la regulació del flux lluminós de les làmpades fluorescentes*

Com a resultat del treball realitzat a les aules s'han buscat les últimes tecnologies en aprofitament de la llum natural. Aquestes són de la marca OSRAM.

Per poder comparar aquestes equips més moderns amb els sistemes d'il·luminació convencional com el que hi ha actualment a les aules s'han utilitzat el següent conjunt d'aparells

#### 2.5.2.2.1. Equip per realitzar les mesures

- **Analitzador de xarxes** : s'ha utilitzat per a mesurar diferents paràmetres elèctrics, com ara la potència consumida en kW, la intensitat en A, el voltatge o el cosφ. Concretament aquest aparell és anomenat Circutor CVM-96-SP i analitza xarxes monofàsiques.



*Figures 20 i 21: a l'esquerra, mesura de voltatge i intensitat; a la dreta, mesura de la potència instantània consumida i del factor de potència.*

A les figures anteriors es pot apreciar com és el Circutor des de sobre. Variant la tecla amb les fletxes canvien les escales. Aquestes últimes s'indiquen amb un punt vermell. A l'esquerra es pot veure com el punt vermell està en el voltatge (V), a la intensitat (A) i a la freqüència (Hz). En canvi, a la dreta es pot observar com està a la potència consumida (kW) i al factor de potència a la part de baix (PF). La resta de paràmetres no són interessants pels càlculs que s'han de realitzar o per les gràfiques que es volen obtenir. **Luxímetre HT 307**: és el mateix aparell utilitzat per a realitzar les

mesures a les aules. Mitjançant aquest es pot calcular el percentatge de flux lluminós aportat.

- **Fluorescents:** per al balast que s'ha dispostat s'han d'utilitzar dos tubs fluorescents T8 de diferents tipologies ( $\varnothing$  26 mm).

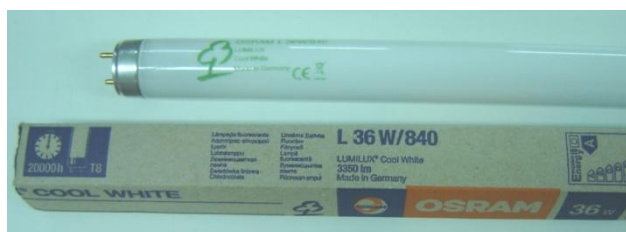


Figura 22: fotografia d'un fluorescent.

Els diferents tipus de fluorescents que s'han tingut en compte en l'experimentació són 3:

1. Fluorescents utilitzats (1/2 vida útil): retirats de l'aula amb una utilització suposada de 4000 hores.

OSRAM L36 W/1-860 Lumilux plus ECO

OSRAM L36 W/765 Cool Daylight

2. 2 unitats d'OSRAM LUMILUX COOL WHITE L36W/840 (3350 lm) (nous)

3. 2 unitats d'OSRAM LUMILUX COOL DAYLIGHT L36W/865 (3250 lm) (nous)

- **Termòmetre digital 638 Pt de CRISON** permet mesurar la temperatura final dels equips electrònics i convencionals.



Figura 23: imatge de la termosonda utilitzada.

- **Interruptors magnetotèrmics:** elements de seguretat per a realitzar l'assaig, un per accionar el Circutor i l'altre per a donar electricitat al balast.
- **Cablejat d'1x1 mm<sup>2</sup>:** element d'unió elèctrica de les diferents parts de l'assaig.
- **Cronòmetre**

#### 2.5.2.2.2. Equip Convencional

- **Equip de connexió convencional:** per tal de poder comparar un balast electrònic amb un de convencional s'ha fet ús d'un ECC de la marca Phillips BTA 36 W 230 V B2 per 2 tubs fluorescents. Aquest està format de 2 balasts convencionals (electromagnètics), d'un condensador i 2 cebadors.



Figura 24: fotografia de la reactància convencional.

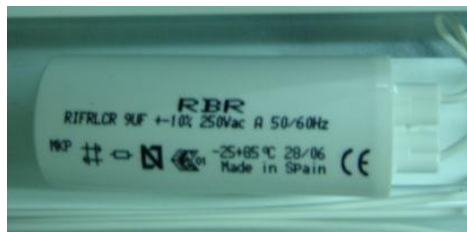


Figura 25: fotografia del condensador.



Figura 26: fotografia del cebador.

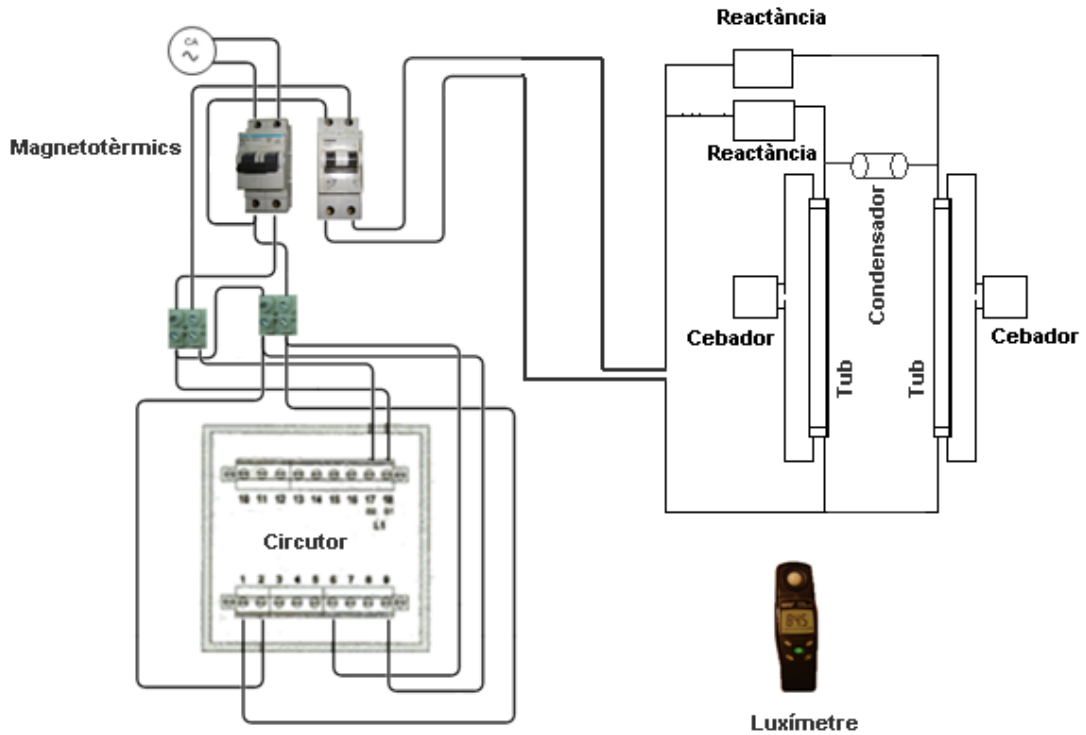


Figura 27: esquema de connexions d'un equip convencional.

A la figura 27 es mostren les connexions de l'experiència realitzada amb l'Equip de Connexió Convencional (ECC). Un magnetotèrmic protegeix el Circutor i l'altre l'ECC.

#### 2.5.2.2.3. Equip Electrònic

- **Balast electrònic Quicktronic Intelligent Dim:** és l'element que dona la tensió a les làmpades fluorescents. Rep l'acció correctiva del DALI i s'encarrega de modificar l'electricitat d'entrada als fluorescents per variar la llum artificial aportada. Aquest element ja va directament connectat als fluorescents.

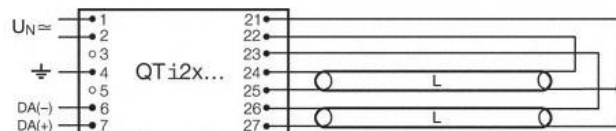


Figura 28: esquema del connexionat del balast i els tubs fluorescents.





Figura 29: fotografia del balast electrònic.

- **Controlador DALI:** aquest element és l'encarregat de donar l'ordre al balast per tal de regular el flux lluminós. Es pot accionar connectant-lo a un pulsador i/o a un sensor de lluminositat que, mitjançant un llaç de control, li permeti variar l'acció correctiva que envia al balast.

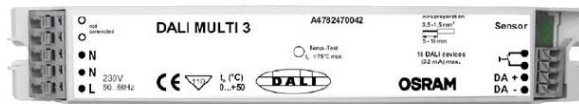


Figura 30: fotografia de l'aparell DALI MULTI 3.

- **Sensor de presència i lluminositat:** s'encarrega de mesurar la quantitat de llum natural + artificial que hi ha a sota seu, transmetre-la al controlador DALI perquè aquest reguli l'aportació de llum elèctrica comparant amb un punt de consigna preestablert.



Figura 31: fotografia del sensor de moviment i de presència.

- **Pulsador:** per tal de donar el punt de consigna al DALI és necessari tenir-hi un pulsador connectat perquè, mitjançant diferents formes de realitzar les pulsacions (estan a l'annex amb les instruccions), es pot modificar aquest valor desitjat, apagar els fluorescents... Aquest element pot ser de qualsevol marca. A més de les funcions ja descrites, permet variar manualment el flux lluminós de les làmpades. Va connectat al DALI, no a la xarxa elèctrica.

Tots aquests aparells s'han connectat amb les indicacions de les instruccions de tots els aparells. Aquestes instruccions estan als annexes.

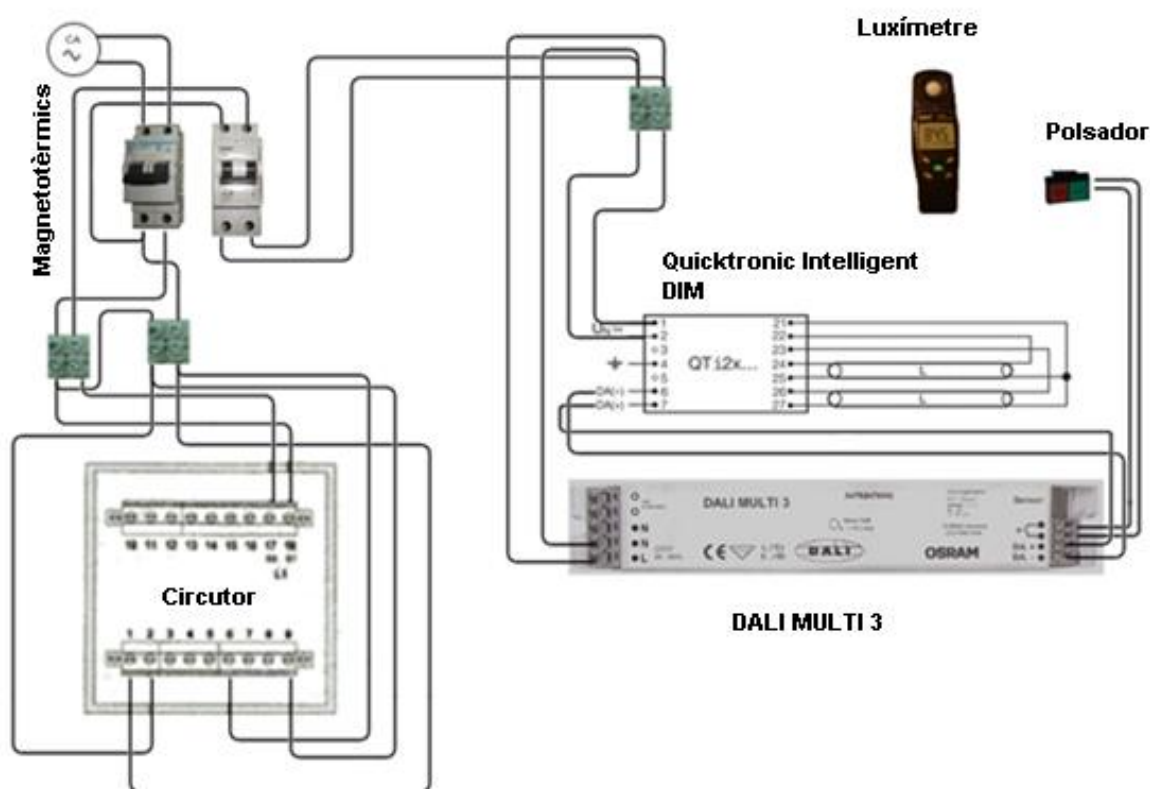


Figura 32: esquema de les connexions de tots els aparells utilitzats a l'assaig (ampliat a l'annex C).

A la figura anterior es pot observar l'esquema del connexionat experimental. Com es pot veure hi ha un magnetotèrmic que permet accionar el Circutor, o analitzador de xarxes. Un altre interruptor magnetotèrmic acciona el DALI i el balast electrònic. Cal recordar que aquest tipus de balasts no disposen ni de condensador ni de cebador ja que porten totes aquestes funcions incorporades en el circuit electrònic. La distància a la qual s'ha posat el luxímetre no és rellevant, ja se sap que quan més a prop dels tubs més lux es mesuraran, però el que més interessa és veure el percentatge de flux lluminós, i aquest s'entén que és independent de la distància.

L'analitzador de xarxes Circutor és vist des de la part posterior que és on va el connexionat.

La figura 32 pot ser una mica ambigua encara que és el connexionat real del laboratori. Per aquest motiu a continuació hi ha una figura que resumeix l'esquema elèctric de forma més senzilla:

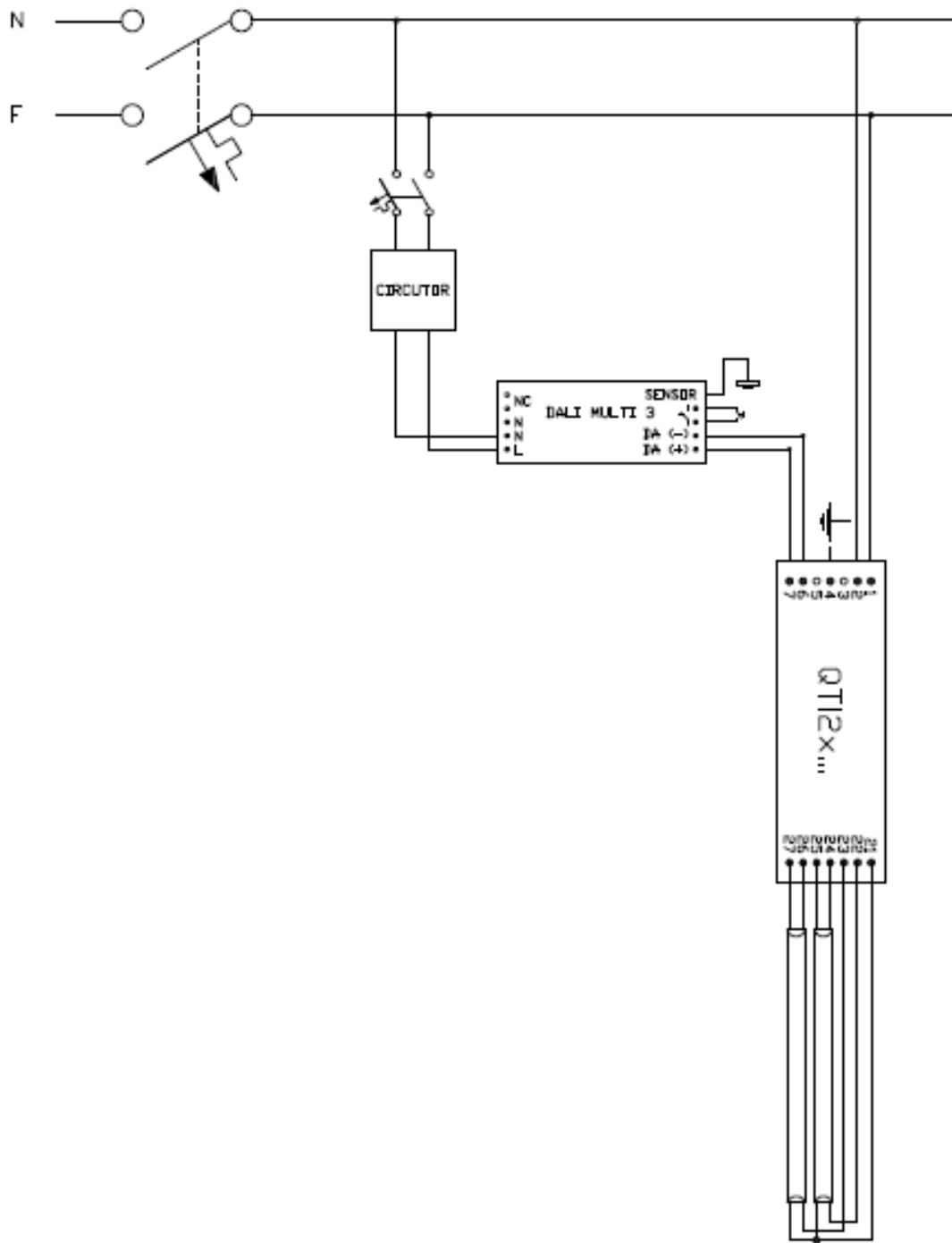


Figura 33: esquema de les connexions de tots els aparells utilitzats a l'assaig (ampliat a l'annex C).

- **Bancada:** suport per els tubs fluorescents que van centrats a la part superior d'aquesta. El luxímetre va ubicat a la part central a 0,8 metres del terra.

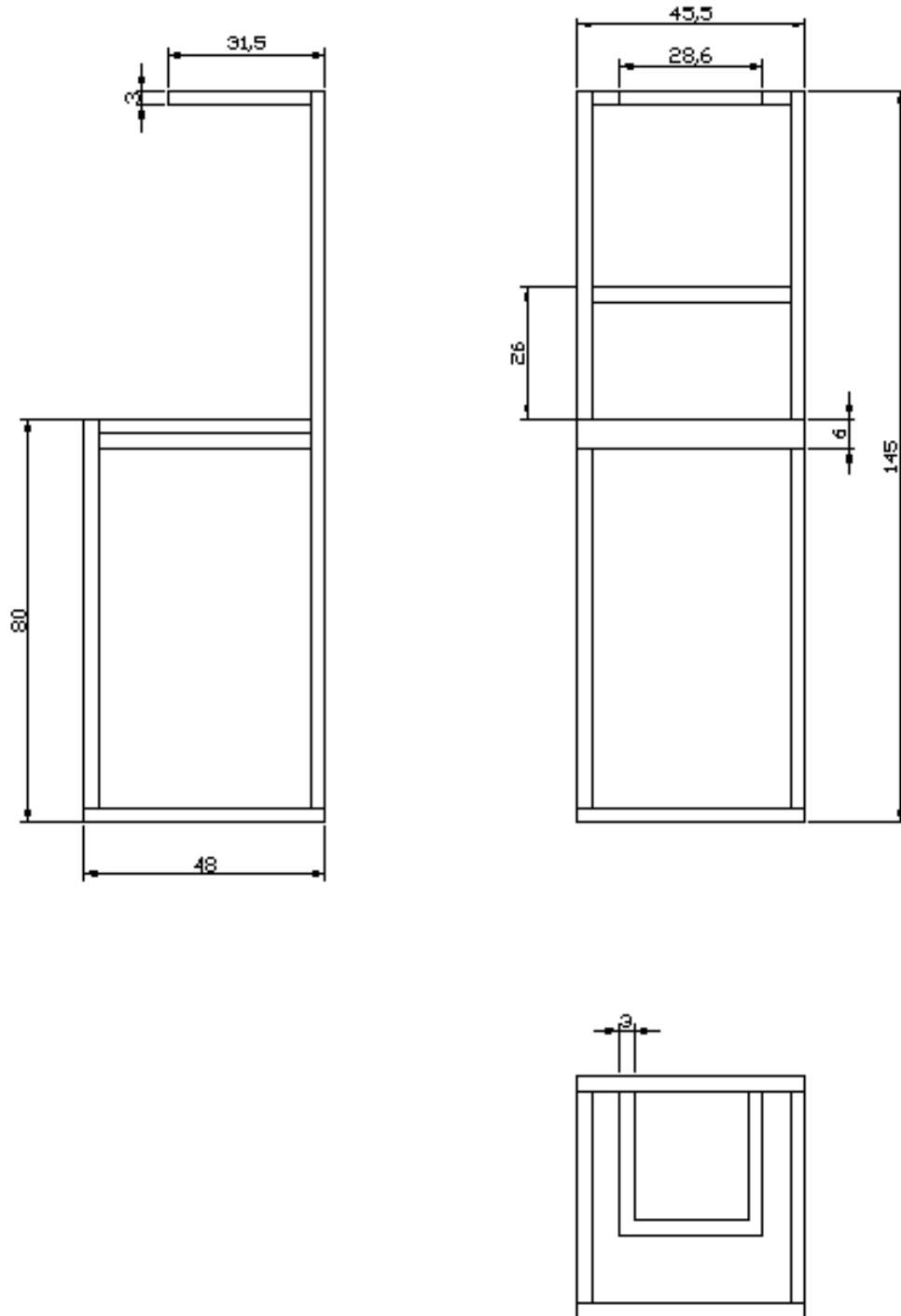


Figura 34: esquema de la bancada utilitzada per a realitzar les mesures (dimensions en cm).



Per aconseguir que tot el flux lluminós no se n'anés per tota la sala i per a concentrar d'alguna manera tota la potència lumínica enviada pels tubs s'ha col·locat un reflector fet amb paper d'alumini de tal manera que el luxímetre pogués detectar el màxim de lux possibles.

En aquesta figura es pot observar el muntatge realitzat. A l'esquerra hi ha el Circuitur, mentre que al centre es poden veure el luxímetre i els tubs fluorescents amb els reflectors.

*Figura 35: fotografia del conjunt d'instruments.*



A la figura 36 es pot observar la separació dels fluorescents (12 cm) i la bancada de forma més detallada.

*Figura 36: fotografia del conjunt de d'instruments.*

## 2.6. MESURES DE NIVELL D'IL·LUMINACIÓ A LES AULES I LABORATORIS

### 2.6.1. Aules orientades al sud

Aquest grup d'aules comprèn tot el conjunt que tenen una finestra orientada al sud, és a dir, de la II01A fins a la II04B. A la figura 37 es pot veure la seva localització.



Figura 37: situació de les aules sud a la planta baixa de l'edifici PII.

Totes aquestes aules tenen unes dimensions i instal·lacions d'il·luminació semblants. En la taula 4 es resumeixen:

Taula 4: dimensions i accionament elèctric de les aules sud.

<b>Amplada (m)</b>	8,7
<b>Llargada (m)</b>	8,9
<b>Alçada del pla de treball (m)</b>	0,75
<b>Distància pla de treball a fluorescents (m)</b>	2
<b>Punts de llum (fluorescents 36W)</b>	18
<b>Amplada finestres (m)</b>	8,6
<b>Alçada finestres (m)</b>	1,85
<b>Nº d'interruptors</b>	3
<b>Nº de files de fluorescents</b>	3

Tal i com s'indica a la taula anterior, els 18 fluorescents són accionats per tres interruptors. Estan dividits en 3 files paral·leles a la finestra de 6 fluorescents cada una (amb 2,85 metres de separació entre elles aproximadament). Cada fila és accionada per 1 interruptor diferent. A la figura 38 es pot observar la distribució de les files de fluorescents (amb línies gruixudes).

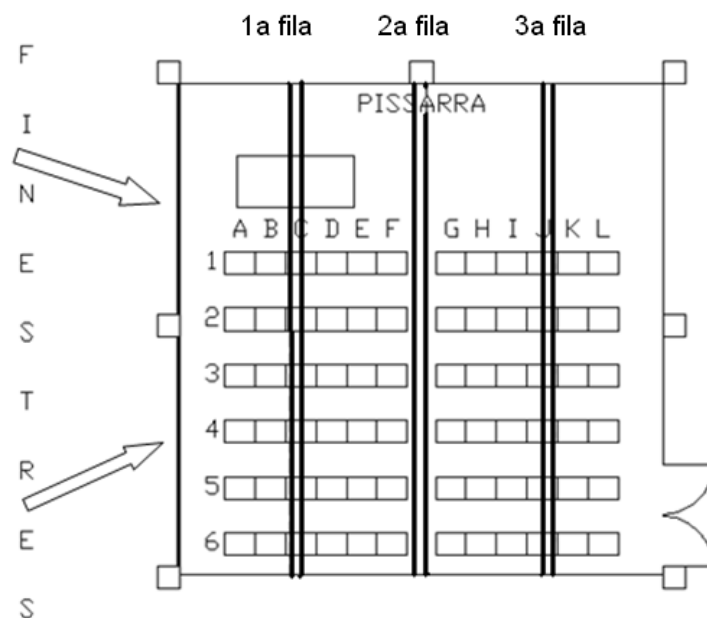


Figura 38: dibuix d'una de les aules per tal de mostrar la situació dels fluorescents.

A la figura anterior es pot apreciar el nombre de plans de treball individual que hi ha. Hi ha 6 files de taules amb capacitat per a 12 alumnes a cadascuna, amb un passadís entremig que divideix dues zones simètriques. El total és de 72 taules individuals. S'ha fet ús de diferents lletres i nombres per tal de poder definir en quin punt de l'aula s'han pres les mesures.

L'única diferència que hi ha en aquest grup és la ubicació de les pissarres. A la figura 39 es pot observar que totes estan situades de la mateixa forma a dins de les aules excepte la II01B.

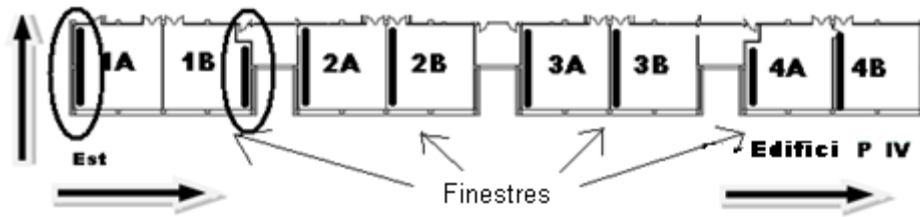


Figura 39: dibuix per mostrar la ubicació de les pissarres.

Les línies més gruixudes signifiquen les pissarres, i s'ha marcat amb un cercle la pissarra de l'aula II01A (igual que les altres) i la de la II01B per tal de diferenciar-les.

Per tant, la figura 38, únicament per a l'aula II01B queda modificada de la següent manera:

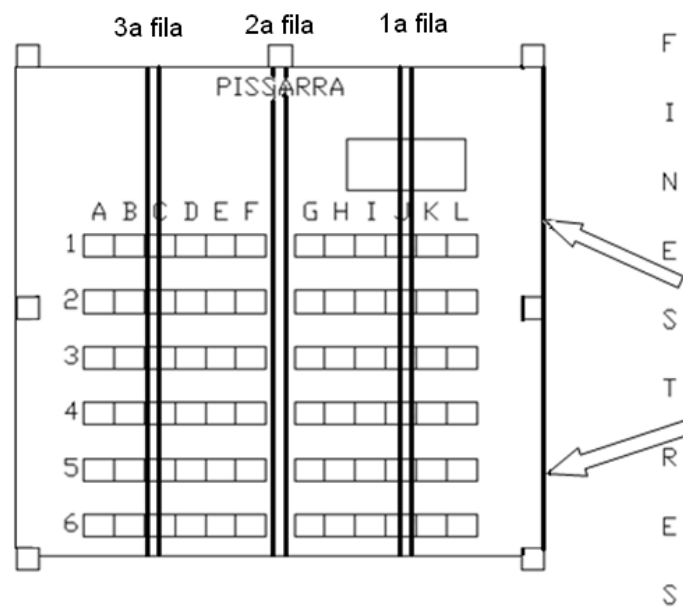


Figura 40: dibuix de l'aula II01B, que és l'única que té la pissarra amb diferent orientació.



La següent fotografia és d'una de les aules orientades al sud, per tal de fer-se una idea de com estan distribuïdes les taules i les cadires.

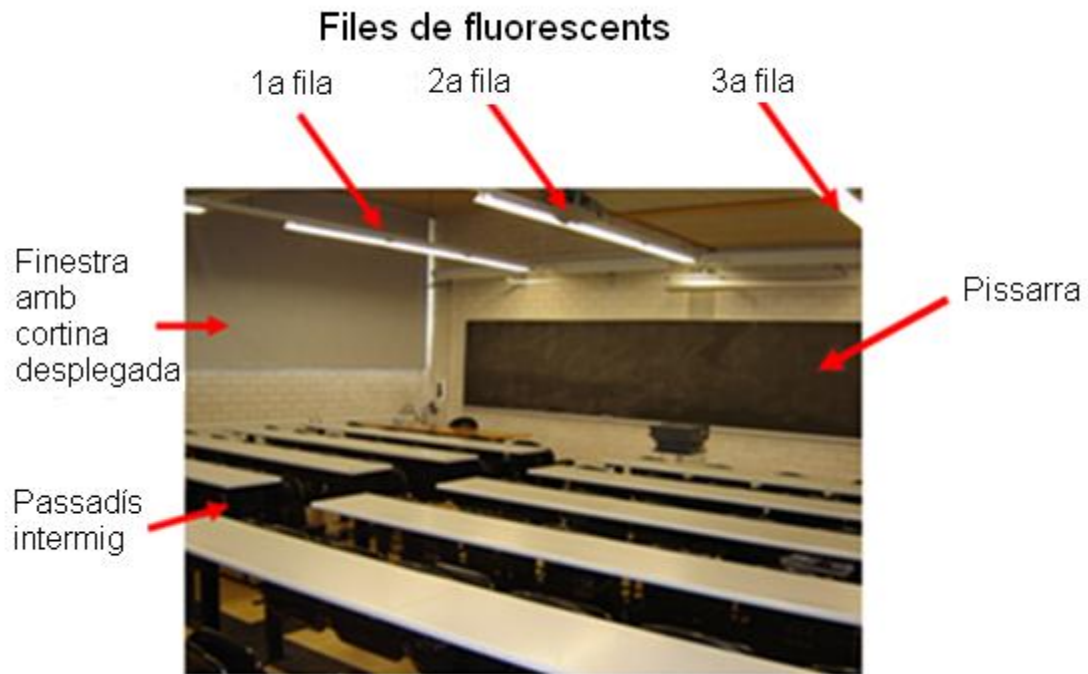


Figura 41: fotografia de l'aula II04A, on es poden veure les 3 tires de fluorescents i les cortines desplegadas.

A l'esquerra del passadís de la figura anterior hi ha les columnes de la A a la F (veure figura 38) i a la dreta hi ha les columnes de la G a la L.

### 2.6.1.1. Mesures amb: cortines desplegadas (impedint l'entrada de llum), il·luminació artificial encesa

Per facilitar l'explicació s'utilitzarà la figura en planta del nivell 0 del PII acolorint l'aula on es realitzen les mesures, tal i com es pot veure a la figura 37.

En aquesta part s'ha calculat el nivell d'il·luminació actual que aporta la llum artificial a sobre dels pupitres, és a dir, els 18 tubs fluorescents.

No s'ha considerat necessari mesurar aquest paràmetre a totes les aules, ja que com que són idèntiques el resultat per a una ha de ser semblant a les altres. Per aquest motiu s'ha estudiat dues aules diferents. Aquestes són la II04A i la II03A que estan marcades a la següent figura:



Figura 42: localització de les mesures.

Mesurant a l'aula II04A s'ha observat que hi ha 2 tubs fluorescents apagats. Com que aquesta situació es pot repetir en qualsevol aula i època de l'any s'han realitzat les mesures en aquestes condicions que són molt properes a la realitat.



Figura 43: localització del mostreig.

S'ha mesurat el nivell d'il·luminació en cadascuna de les 72 taules que hi ha a l'aula II04A (taula 5). Amb tots aquests valors s'ha realitzat la mitjana aritmètica.

**Aula:** II04A.

Taula 5.

	A	B	C	D	E	F		G	H	I	J	K	L
1	369	450	502	527	530	547		547	529	527	497	450	360
2	347	413	462	487	484	482		501	488	480	458	397	357
3	362	435	464	477	467	474		475	474	478	456	411	335
4	360	428	476	478	450	427		439	459	491	486	444	365
5	347	413	452	442	391	348		356	402	456	472	436	390
6	296	354	387	377	325	277		264	317	380	400	372	315
Mitjanes	347	416	457	465	441	426		430	445	469	462	418	354

**Nivell d'il·luminació mitjà real:** 427,38 lux.

Com es pot apreciar, la quantitat de punts mesurats són molts (72). Amb l'objectiu de trobar un procediment abreujat de presa de dades s'han proposat dues disposicions diferents (taula 6 i 7).

Taula 6.

	A	B	C	D	E	F		G	H	I	J	K	L
1	369					547		547					360
2		413			484				488			397	
3			464	477						478	456		
4			476	478						491	486		
5		413			391				402			436	
6	296					277		264					315
Mitjanes	333	413	470	478	438	412		406	445	485	471	417	338

**Nivell d'il·luminació mitjà aproximat: 425,21 lux.**

Ja es veu clarament que la diferència no és significativa, amb un error de:

$$\frac{427,38-425,21}{427,38} \times 100 = \mathbf{0,507\%}.$$

També s'ha comprovat una altra distribució de mesures. Aquesta forma de mostrejar 36 valors dividits en 6 columnes, quedant de la següent forma:

Taula 7.

	A	B	C	D	E	F		G	H	I	J	K	L
1	369		502		530			547		527		450	
2	347		462		484			501		480		397	
3	362		464		467			475		478		411	
4	360		476		450			439		491		444	
5	347		452		391			356		456		436	
6	296		387		325			264		380		372	
Mitjanes	347		457		441			430		469		418	

**Nivell d'il·luminació mitjà aproximat: 427,08 lux.**

Per tant, l'error que hi ha és  $\frac{427,38-427,08}{427,38} \times 100 = \mathbf{0,07\%}$

A partir d'aquí, totes les mesures a les aules sud es faran d'aquesta última manera. A més, quan es facin els mostrejors amb il·luminació natural, permetrà veure com canvia cada columna que hi ha a mesura que ens allunyem de la finestra.

Seguidament s'ha anat a l'aula II03A per tenir una altra mitjana del nivell d'il·luminació. En aquesta tots els fluorescents funcionen correctament.

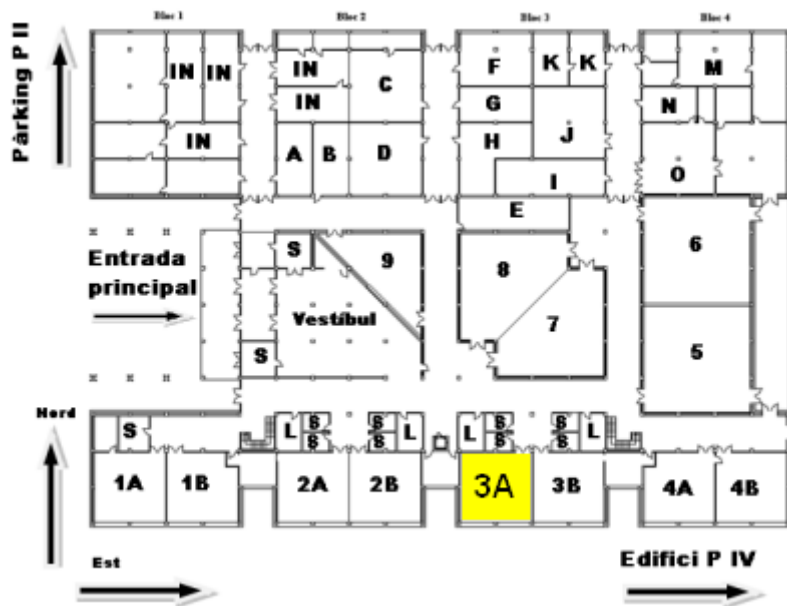


Figura 44: localització del mostreig.

**Aula:** II03A.

Taula 8.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	385		430		564		601		525		445	
2	394		452		555		595		579		452	
3	404		490		559		544		552		454	
4	378		531		563		501		575		502	
5	346		536		570		441		584		495	
6	374		498		564		438		567		497	
Mitjanes	380		490		563		520		564		474	

**Nivell d'il·luminació mitjà aproximat:** 498,33 lux.

En aquest apartat, l'únic que falta és comparar l'estat actual de les instal·lacions amb el que diu la normativa d'il·luminació de llocs de treball en interiors (UNE 12464-1:2003).

Aquesta normativa diu que el nivell d'il·luminació sota el qual no pot baixar el nivell d'il·luminació mitjà és de 300 lux.

Taula 9: valors mitjans obtinguts amb els dos mostrejos a les aules.

Aula II03A	Aula II04A
498 lux	427 lux

Els valors superen clarament els de la normativa. El menor nivell d'il·luminació de l'aula II04A pot ser degut a que hi havia 2 tubs fluorescents sense funcionar, com ja s'ha explicat anteriorment.

Per verificar la bondat o exactitud del mètode empleat per mesurar el nivell d'il·luminació a les aules II04A i II03A s'ha recorregut al Codi Tècnic de l'Edificació (CTE) a l'apartat "HE3 Eficiència enèrgica de las instalaciones de iluminación", on hi ha la fórmula de l'índex del local K que determina el nombre mínim de punts de mesura a realitzar.

$$K = \frac{L \times A}{H \times (L + A)}$$

Essent L: longitud del local

A: amplada del local

H: distància del pla de treball a les lluminàries

Amb una longitud de 8,9 m, amplada de 8,7 i H de 2 m el valor que es troba és de 2,2. Aleshores el mateix CTE ens indica que s'haurien d'haver pres com a mínim 16 punts per trobar el nivell d'il·luminació mitjà, i se n'han pres 36 d'una forma simètrica.

2.6.1.2. *Mesures amb: cortines plegades, il·luminació natural amb llums apagats*

En aquest apartat s'ha obtingut l'evolució de la llum interior a les aules a partir de la radiació provinent de l'exterior.

Per fer més entenedora aquesta explicació, es descriurà el procés sencer realitzat en una aula, ometent per la resta d'aules tots els valors mesurats i mostrant els resultats importants (si es desitja consultar totes les dades s'ha de mirar l'annex A.1).

A. Aula II04A

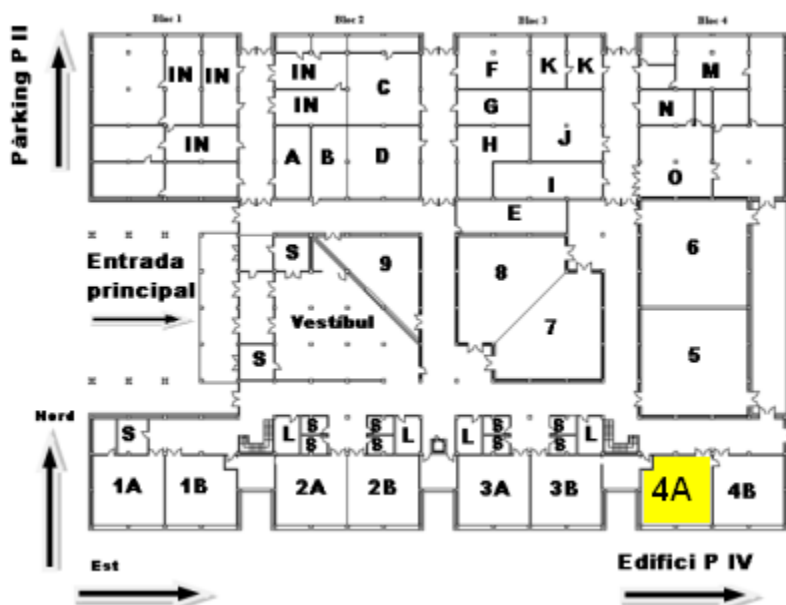


Figura 1.45: localització de l'aula II04A a dins del conjunt de les aules sud.

Els passos que s'han seguit són els següents:

- a) Mesurar el nivell d'il·luminació en les 6 zones en què s'ha dividit cada aula, amb 6 valors mesurats a cada zona (taula 10).

Taula 10: nivells d'il·luminació en lux mesurats a l'aula II04A.

Lux exterior: 277, 270, 288, 280,

7:05

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	60,3		40,4		24		6,6		4,7		4	
2	94,8		72,3		35		11		7,9		5,6	
3	106,3		71,3		36,6		13,1		8,9		6,1	
4	126,6		85,8		42,8		17,1		12,4		5,6	
5	160,1		86,1		41,9		18,4		14,6		8,8	
6	139,9		86,3		42		19,1		12,6		7,9	
Mitjanes	114,7		73,7		37,1		14,2		10,2		6,3	

- b) Repetir les mesures a diferents hores del dia (taula 11-18).

Taula 11: nivells d'il·luminació en lux mesurats a l'aula II04A.

Lux exterior: 1024, 978, 1127, 1143.

8:00

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	271		235		100		29		22		17	
2	268		191		101		32		23		18	
3	266		210		105		40		29		22	
4	297		197		106		44		31		27	
5	309		204		109		47		34		23	
6	317		206		121		49		27		19	
Mitjanes	288,0		207,2		107,0		40,2		27,7		21,0	



Taula 12: nivells d'il·luminació en lux mesurats a l'aula II04A.

Lux exterior: 1486, 1432, 1657, 1814.

8:50	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	383		308		141		42		31		25	
2	391		284		144		47		33		25	
3	393		292		158		56		37		27	
4	466		312		169		66		43		30	
5	471		308		173		75		53		37	
6	444		303		182		83		54		42	
Mitjanes	424,7		301,2		161,2		61,5		41,8		31,0	

Taula 13: nivells d'il·luminació en lux mesurats a l'aula II04A.

Lux exterior: 1878, 1800, 1860, 1960.

9:05	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	501		389		174		52		36		30	
2	481		341		170		56		38		29	
3	507		350		182		67		44		31	
4	569		360		193		74		49		33	
5	562		345		188		80		56		39	
6	513		339		191		90		60		44	
Mitjanes	522,2		354,0		183,0		69,8		47,2		34,3	

Taula 14: nivells d'il·luminació en lux mesurats a l'aula II04A.

Lux exterior: 3050, 2460, 2500, 3000.

10:30	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	1338		1074		435		160		113		92	
2	1138		809		416		168		118		91	
3	965		698		401		179		126		96	
4	1007		671		420		181		133		100	
5	941		612		440		192		145		106	
6	783		584		395		211		155		101	
Mitjanes	1028,7		741,3		417,8		181,8		131,7		97,7	

Taula 15: nivells d'il·luminació en lux mesurats a l'aula II04A.

Lux exterior: 7400, 4200, 4210, 5270.

13:50	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	1425		2960		1300		210		147		119	
2	1210		1730		1070		228		146		110	
3	980		1150		1060		250		160		120	
4	1140		2300		877		330		160		110	
5	1190		1168		737		239		160		112	
6	1160		1165		715		329		135		110	
Mitjanes	1184,2		1745,5		959,8		264,3		151,3		113,5	

Taula 16: nivells d'il·luminació en lux mesurats a l'aula II04A.

Lux exterior: 5230, 5380, 6900, 4390.

14:30	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	1080		1400		3290		340		160		120	
2	1100		1350		3170		5130		630		140	
3	920		1150		1020		320		910		140	
4	1010		1100		770		430		230		150	
5	1070		1150		1340		390		220		150	
6	1130		1190		1920		1150		700		200	
Mitjanes	1051,7		1223,3		1918,3		1293,3		475,0		150,0	

Taula 17: nivells d'il·luminació en lux mesurats a l'aula II04A.

Lux exterior: 3940, 4260, 3660, 3760.

15:00	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	920		1140		740		1100		127		97	
2	890		1120		750		250		590		154	
3	790		990		740		290		1510		140	
4	840		920		670		310		200		330	
5	930		960		660		310		260		160	
6	1000		1120		720		640		380		650	
Mitjanes	895,0		1041,7		713,3		483,3		511,2		255,2	

Taula 18: nivells d'il·luminació en lux mesurats a l'aula II04A.

Lux exterior: 3040, 2740, 2600, 2900.

15:35	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L
1	738		788		509		152		110		89	
2	670		800		567		263		159		117	
3	586		722		560		323		652		234	
4	604		672		500		280		310		873	
5	653		655		456		247		211		191	
6	695		709		477		246		200		189	
Mitjanes	657,7		724,3		511,5		251,8		273,7		282,2	

c) A partir de les mesures anteriors, calcular el nivell d'il·luminació mitjà de l'aula a les diferents hores del dia (taula 19).

Taula 19: valors mitjans calculats a partir de les mesures realitzades a l'aula II04A.

Hora	7:05	8:00	8:50	9:05	10:30	13:50	14:30	15:00	15:35
Lux interior mitjà	42,7	115,2	170,2	201,8	433,2	736,4	1018,6	649,9	450,2
Lux exterior mitjà	278,8	1068,0	1597,3	1874,5	2752,5	5270	5475	3905	2820

d) Representar els valors mitjans calculats per l'aula a diferents hores.

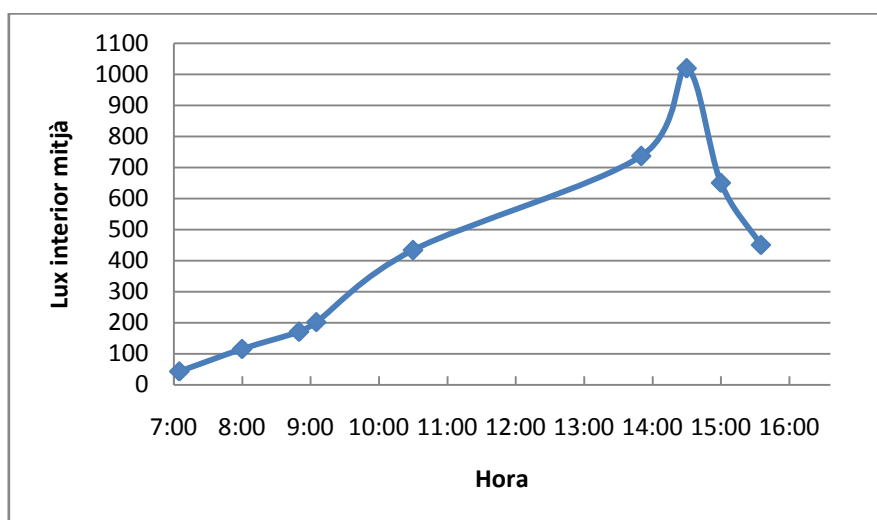


Figura 46: evolució de la radiació interior en funció de l'hora del dia.

e) Representar els diagrames de grisos a l'aula realitzats a partir de les mitjanes de les 6 zones a les diferents hores del dia (figures 48-56).

S'espera tenir una distribució lluminosa diferent en comparació als punts mesurats a prop de la finestra o amb els mesurats lluny. Per aquest motiu s'ha realitzat les mesures de forma paral·lela a la finestra i els diagrames de grisos, ja que amb aquests últims es pot veure gràficament com varia la il·luminació interior de forma paral·lela a les finestres.

Aquesta escala indica l'equivalència entre els colors i els lux corresponents per tal de fer més il·lustratiu els valors mesurats.

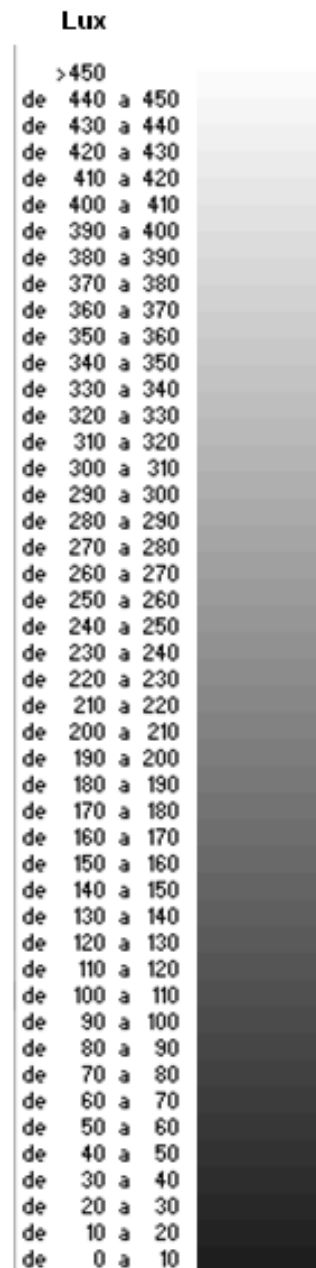


Figura 47: relació entre els lux i el to del gris corresponent.

**Diagrama de grisos:**

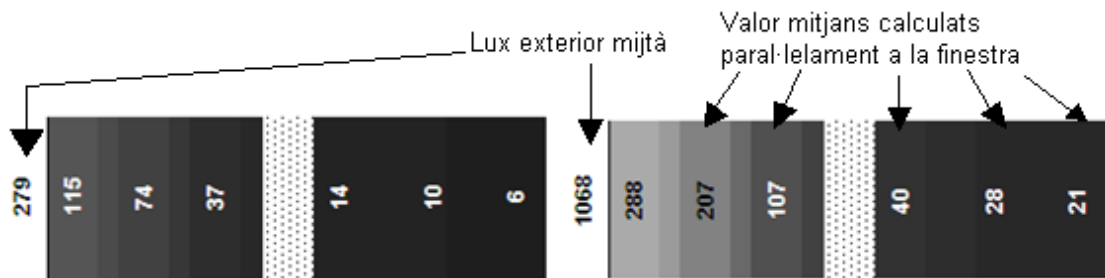


Figura 48: 7:05 h.

Figura 49: 8:00 h.



Figura 50: 8:50 h.

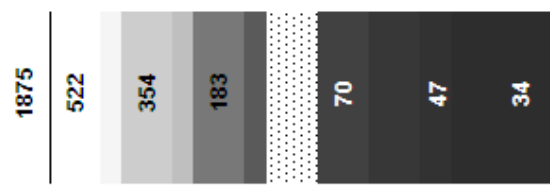


Figura 51: 9:05 h.

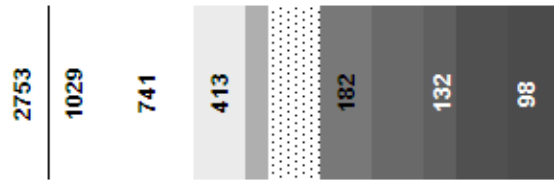


Figura 52: 10:30 h.

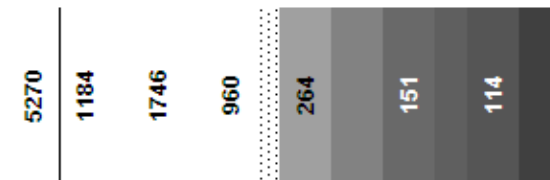


Figura 53: 13:50 h.

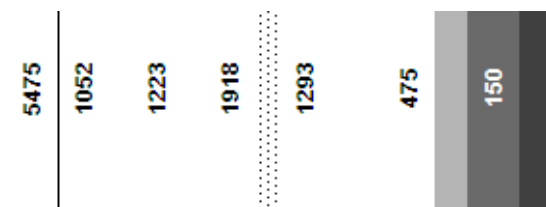


Figura 54: 14:30 h.

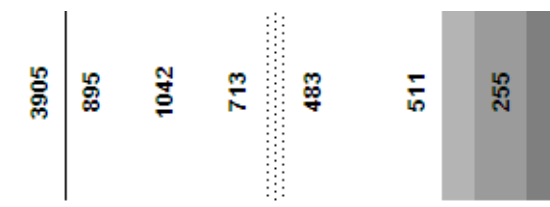


Figura 55: 15:00 h.

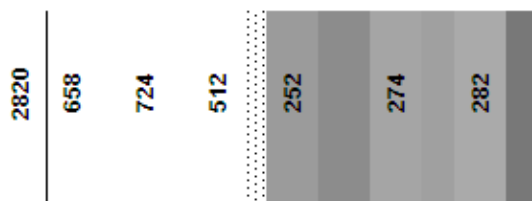


Figura 56: 15:35 h.

A la major part de les hores seria necessari una aportació petita de llum artificial al centre de l'aula, i en la majoria d'hores cal encendre els fluorescents a la part més allunyada de les finestres per tal de tenir els 300 lux que demana la normativa.

B. Aula II01A

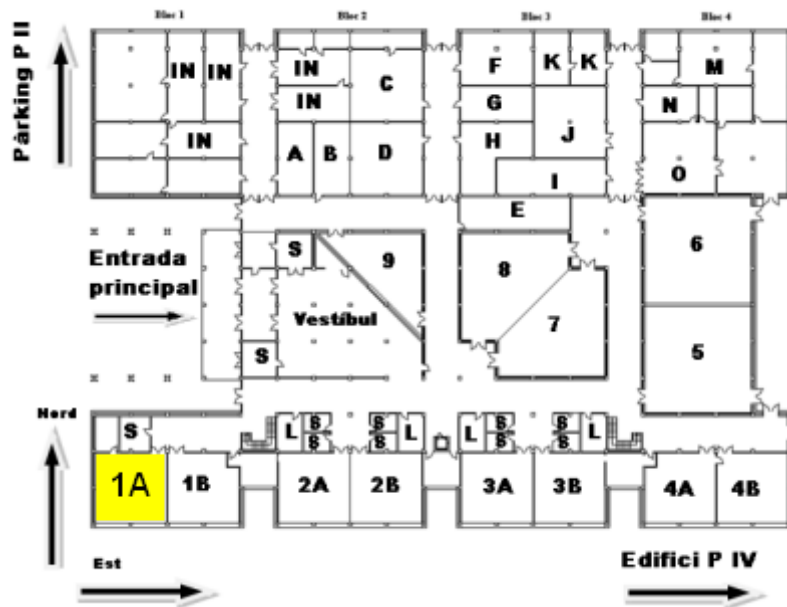


Figura 57: localització de l'aula II01A a dins del conjunt de les aules sud.

**Evolució de la radiació interior al llarg del dia:**

Taula 20: valors mitjans calculats a partir de les mesures realitzades a l'aula II01A-

Hora	7:35	9:25	11:15	15:00
Lux interior mitjà	122,0	877,1	6353,3	7409,4
Lux exterior mitjà	1280,3	15775	59350	36375

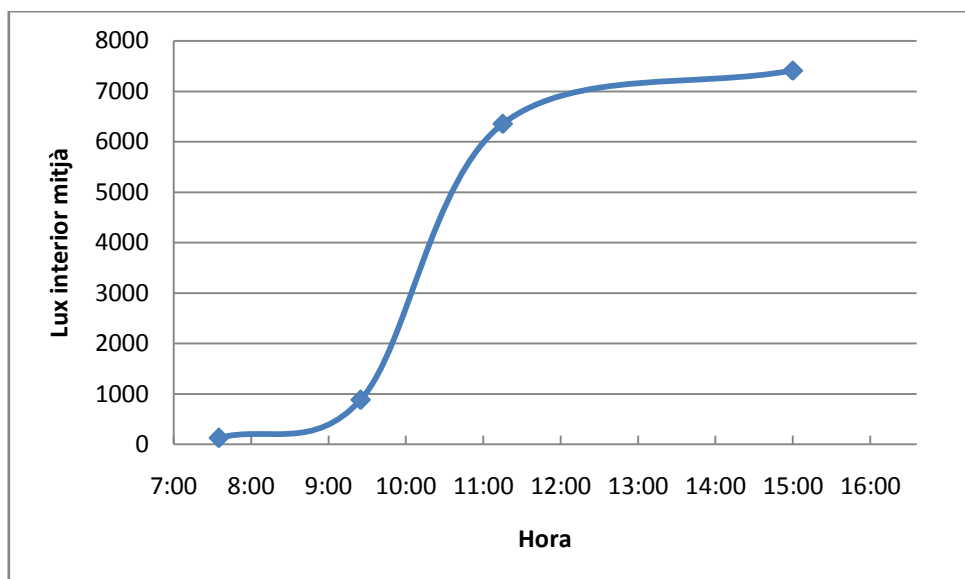


Figura 58: evolució de la radiació interior en funció de l'hora del dia.

**Diagrama de grisos:**

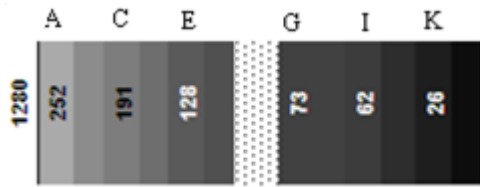


Figura 59: 7:35 h.

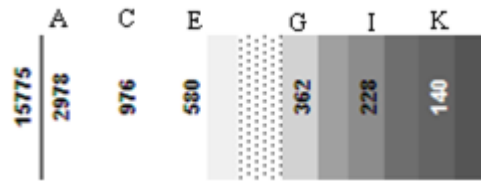


Figura 60: 9:25 h.

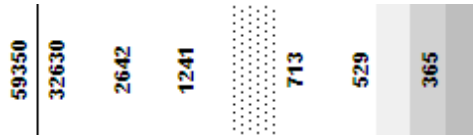


Figura 61: 11:15 h.

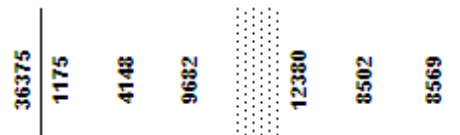


Figura 62: 15:00 h.

Es pot observar que a primera hora ja és possible aprofitar llum natural a les zones més properes a la finestra, però el més destacable és que durant la major part del dia no caldria disposar de llum artificial.

Com a curiositat, a la figura 62 es pot veure que hi ha més il·luminació a les zones centrals que a les properes a la finestra. Això pot ser degut a que a partir d'una certa hora quan el sol s'està a punt de pondre els raigs entren a l'aula des de l'oest de forma tangencial a les taules, projectant-se la majoria cap al fons de l'aula. A la següent figura hi ha un esquema de com els raigs de sol entrarien de forma tangencial al pla de treball (o taules).

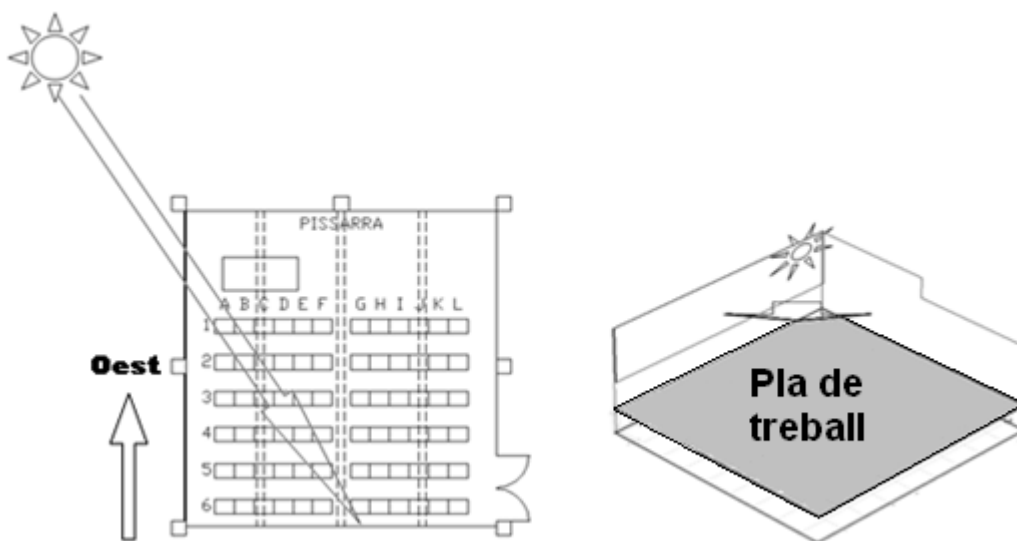


Figura 63: raigs de sol tangencials a la superfície de treball.

### C. Aula II01B

Aquesta aula és diferent a les altres orientades al sud. A l'inici d'aquest apartat ja s'ha explicat la diferència que hi ha, i per aquest motiu no es torna a explicar.

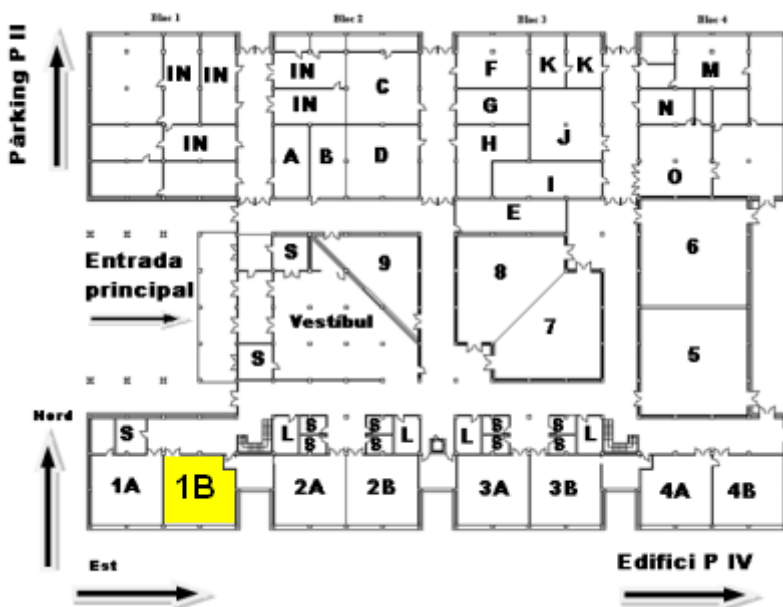


Figura 64: localització de l'aula II01B a dins del conjunt de les aules sud.

### Evolució de la radiació interior al llarg del dia:

Taula 21: valors mitjans calculats a partir de les mesures a l'aula II01B.

Hora	7:45	8:30	9:30	10:30	11:30	14:25	15:15
Lux interior mitjà	118,5	260,3	857,8	941,9	6493,5	8273,9	4423,6
Lux exterior mitjà	1355,5	3137,5	15017,5	25050	50800	67800	26600

Hi ha uns valor d'il·luminació interiors molt elevats degut a que els exteriors també ho són perquè hi ha molta incidència directa del sol. Per tant, hi ha molta quantitat de llum que es pot aprofitar si s'utilitza la tecnologia convenient.

A la pàgina següent hi ha el gràfic que representa l'evolució interior en funció de l'hora del dia. Es pot observar que a partir d'una certa hora augmenta molt bruscament, es manté relativament constant i llavors disminueix.



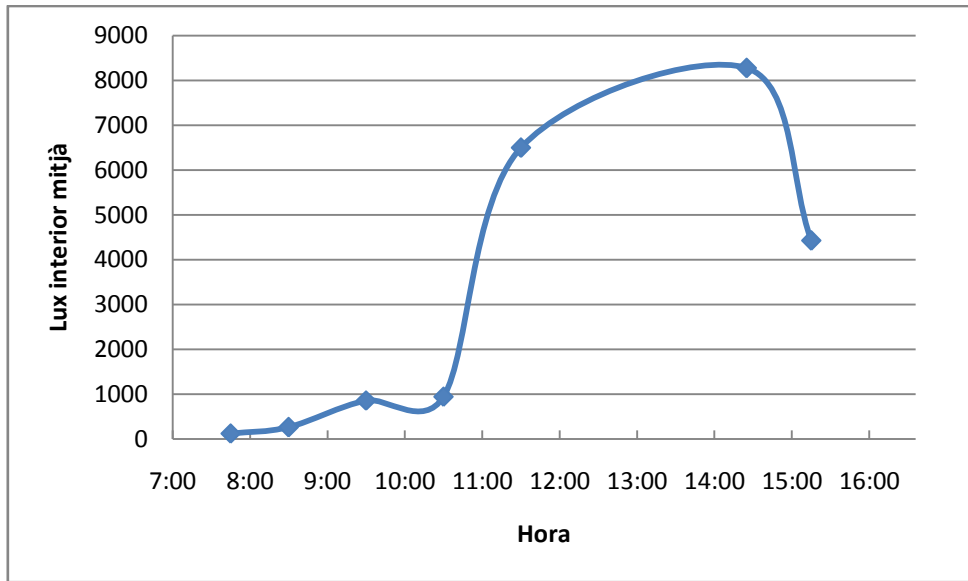


Figura 65: evolució de la radiació interior en funció de l'hora del dia.

**Diagrama de grisos:**



Figura 66: 7:45 h.

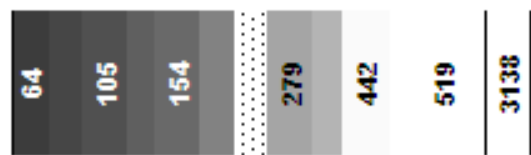


Figura 67: 8:30 h.

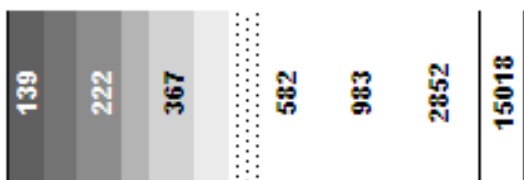


Figura 68: 9:30 h.

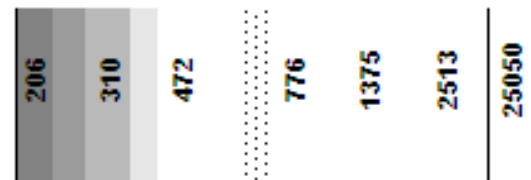


Figura 69: 10:30 h.

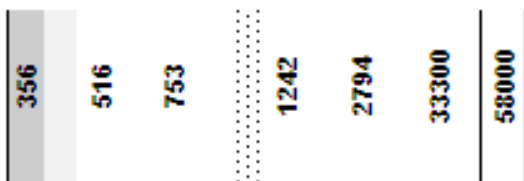


Figura 70: 11:30 h.

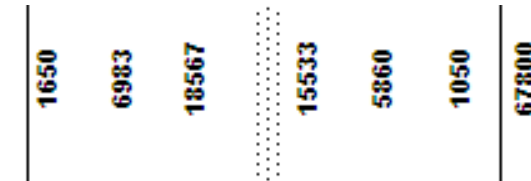


Figura 71: 14:25 h.

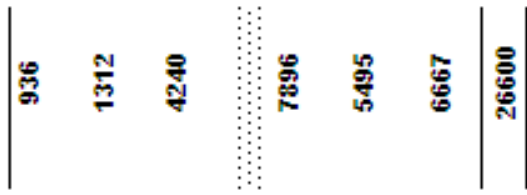


Figura 72: 15:15 h.

La zona més allunyada de la finestra té nivells d'il·luminació inferiors al que recomana la normativa fins a les 10:30. A partir d'aquí, els valors són alts.

D. Aula II02A

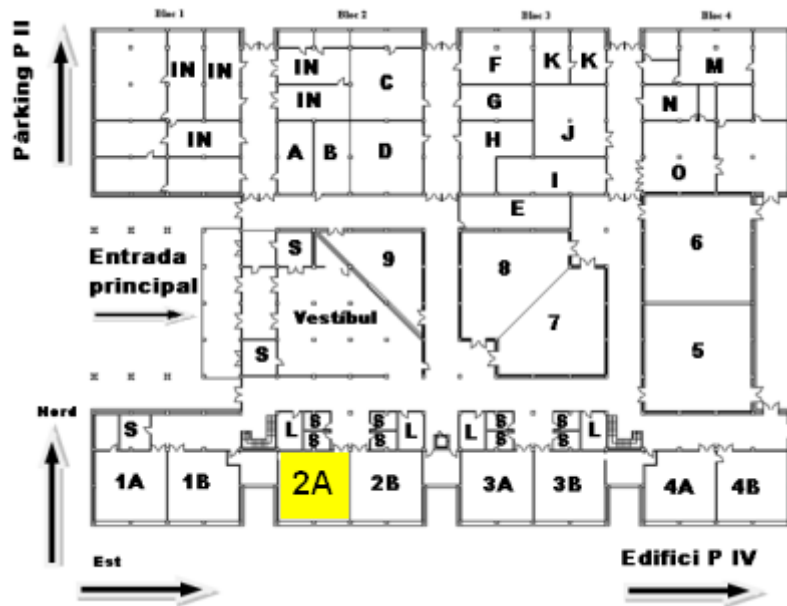


Figura 73: localització de l'aula II02A a dins del conjunt de les aules sud.

**Evolució de la radiació interior al llarg del dia:**

Taula 22: valors mitjans calculats a partir de les mesures a l'aula II02A.

Hora	7:30	8:25	11:45	14:00	14:45	15:05	15:45
Lux interior mitjà	88,5	203,5	12358,4	13981,1	8851,4	4136,3	462,5
Lux exterior mitjà	916,7	2289,5	58575	67050	19350	23425	3335

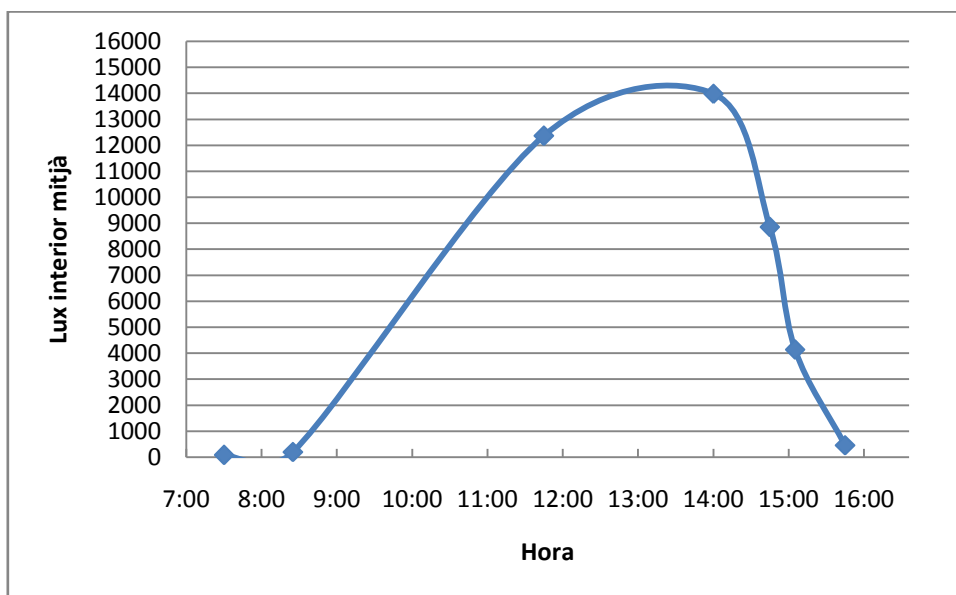


Figura 74: evolució de la radiació interior en funció de l'hora del dia.

A la gràfica anterior es pot veure que els nivells d'il·luminació són bastant alts en comparació al que es necessitaria (300 lux). Tant aquesta aula com l'adjunta no disposen de cap element que pugui causar ombra a la major part d'hores del dia.

**Diagrama de grisos:**

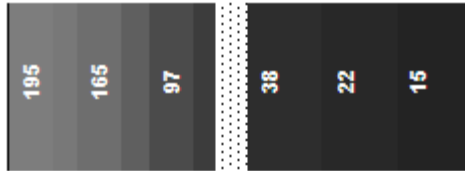


Figura 75: 7:30 h.

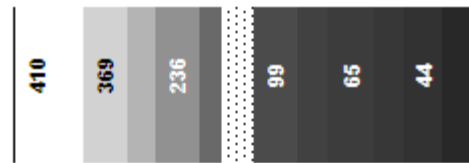


Figura 76: 8:25 h.

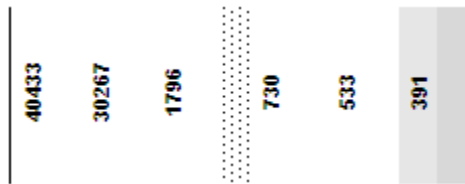


Figura 77: 11:45 h.

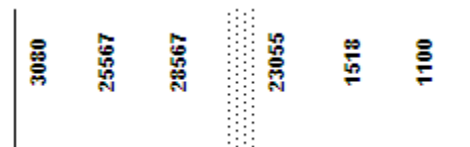


Figura 78: 14:00 h.

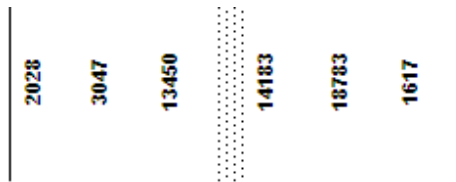


Figura 79: 14:45 h.

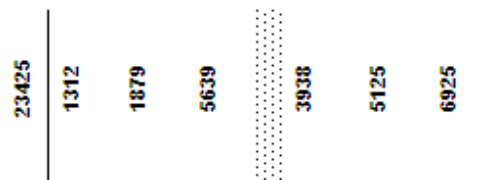


Figura 80: 15:05 h.

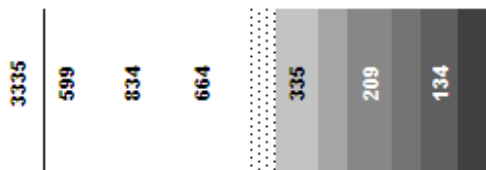


Figura 81: 15:45 h.

A les 15:05 es veu que hi ha més il·luminació lluny d'on hi ha la finestra que no pas a prop. Aquesta explicació s'ha de buscar en el subapartat A. II01A a la figura 63. És degut a la projecció tangencial dels rajos del sol a sobre la superfície de treball a dins de l'aula.

E. Aula II02B



Figura 82: localització de l'aula II02B a dins del conjunt de les aules sud.

**Evolució de la radiació interior al llarg del dia:**

Taula 23: valors mitjans calculats a partir de les mesures a l'aula II02B.

Hora	8:00	12:00	15:00
Lux interior mitjà	115,4	13099,9	4067,6
Lux exterior mitjà	1161	60100	31275

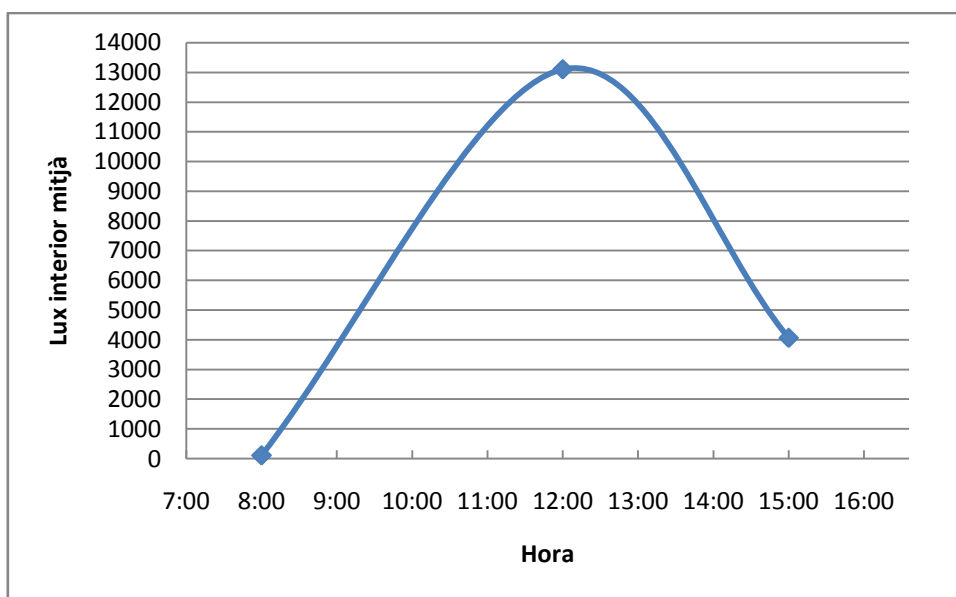


Figura 83: evolució de la radiació interior en funció de l'hora del dia.

**Diagrama de grisos:**

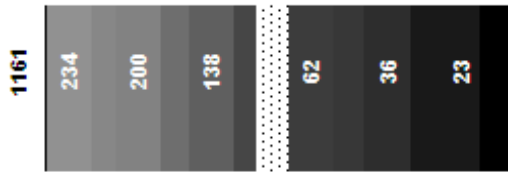


Figura 84: 8:00 h.

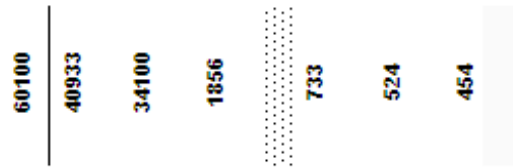


Figura 85: 12:00 h.

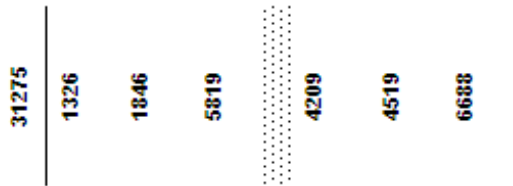


Figura 86: 15:00 h.

A les 8:00, seria possible aprofitar llum si es disposés de l'aparell adient que permetés encendre o apagar els fluorescents en funció de la llum incident.

A les 15:00 passa exactament el mateix que ha passat a l'apartat A. i al C. que els punts més allunyats de la finestra reben més llum que els propers. Aquest fenomen ja ha estat explicat amb anterioritat.

F. Aula II03A



Figura 87: localització de l'aula II03A a dins del conjunt de les aules sud.

**Evolució de la radiació interior al llarg del dia:**

Taula 24: valors mitjans calculats a partir de les mesures a l'aula II03A.

Hora	9:00	12:00	15:00
Lux interior mitjà	231,0	11998,3	3568,8
Lux exterior mitjà	1249,5	60675	28850

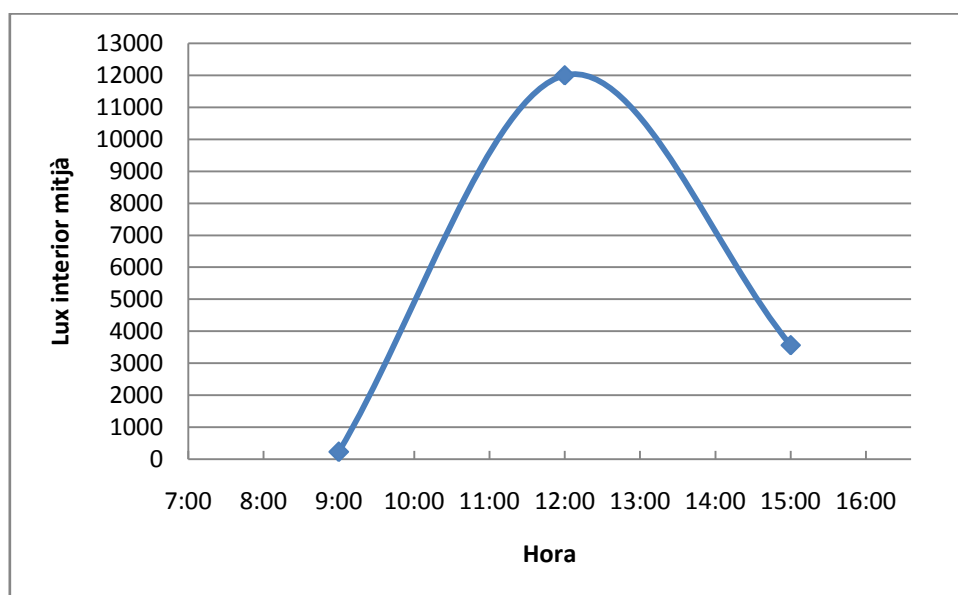


Figura 88: evolució de la radiació interior en funció de l'hora del dia.

**Diagrama de grisos:**

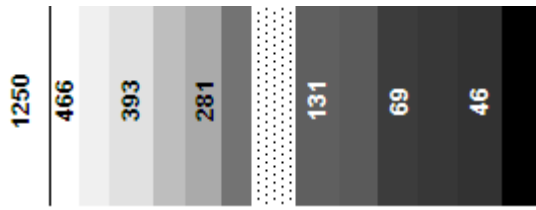


Figura 89: 9:00 h.

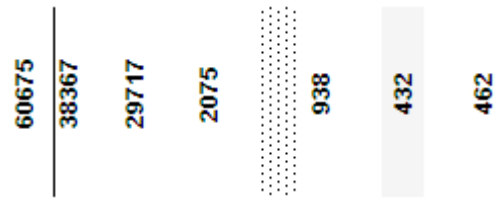


Figura 90: 12:00 h.

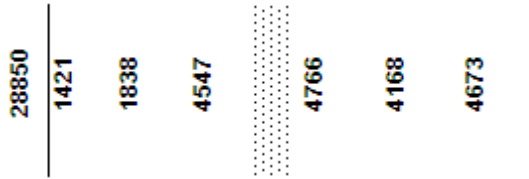


Figura 91: 15:00 h.

S'ha pogut observar que el nivell d'il·luminació és bastant alt, i com en les parts anteriors a la tarda hi ha més il·luminació al fons que a prop de les finestres.



## G. Aula II03B

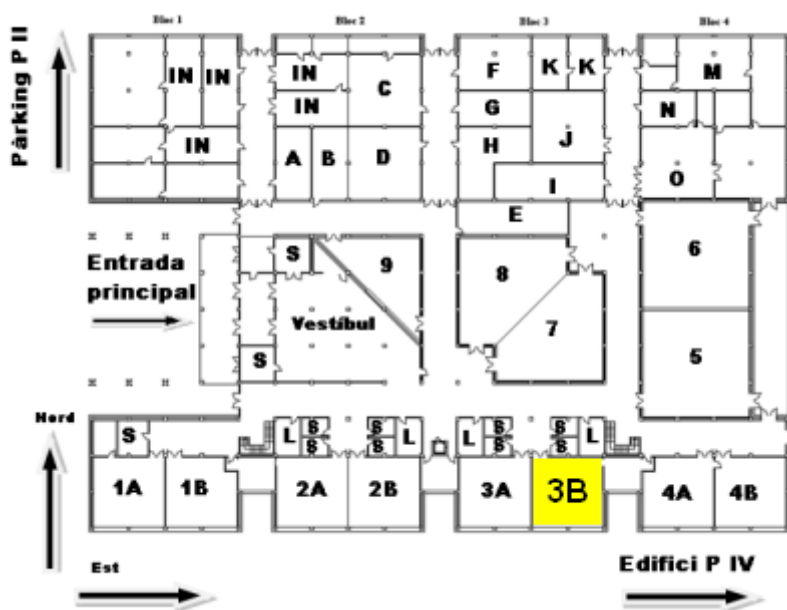


Figura 92: localització de l'aula II03B a dins del conjunt de les aules sud.

### Evolució de la radiació interior al llarg del dia:

Taula 25: valors mitjans calculats a partir de les mesures a l'aula II03B.

Hora	9:00	12:00	15:00
Lux interior mitjà	212,1	9709,2	3775,6
Lux exterior mitjà	1158,8	60100	26625

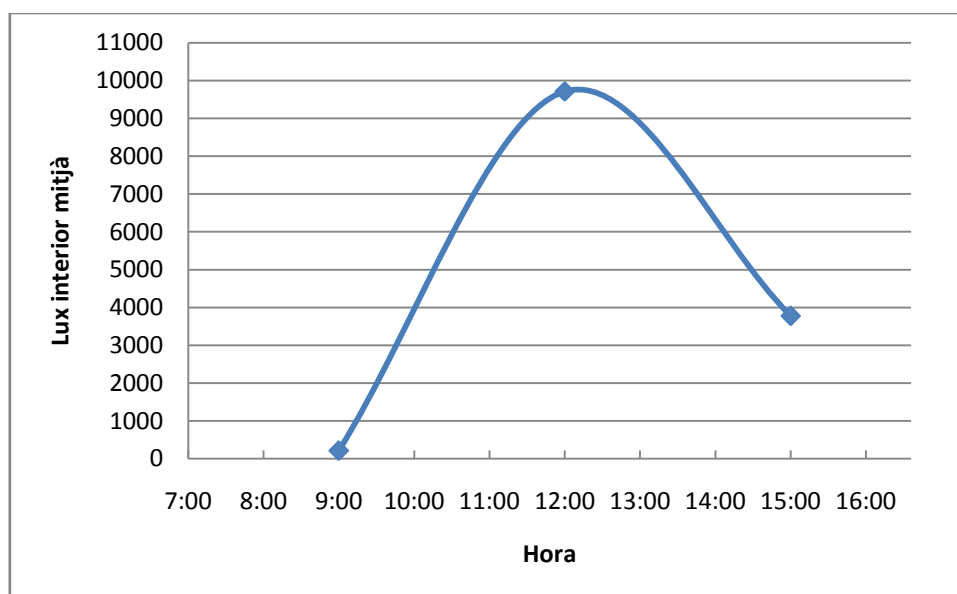


Figura 93: evolució de la radiació interior en funció de l'hora del dia.

**Diagrama de grisos:**

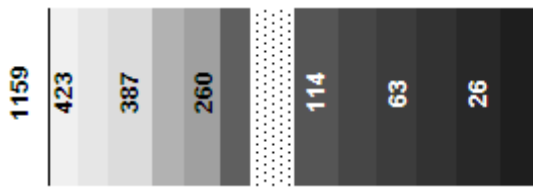


Figura 94: 9:00 h.

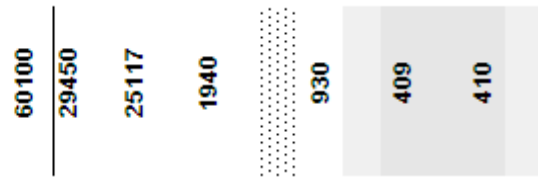


Figura 95: 12:00 h.

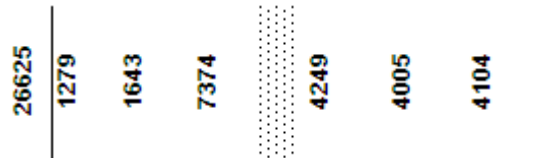


Figura 96: 15:00 h.

Com es pot observar, el comportament lluminós d'aquesta aula és molt semblant a l'anterior.

## H. Aula II04B

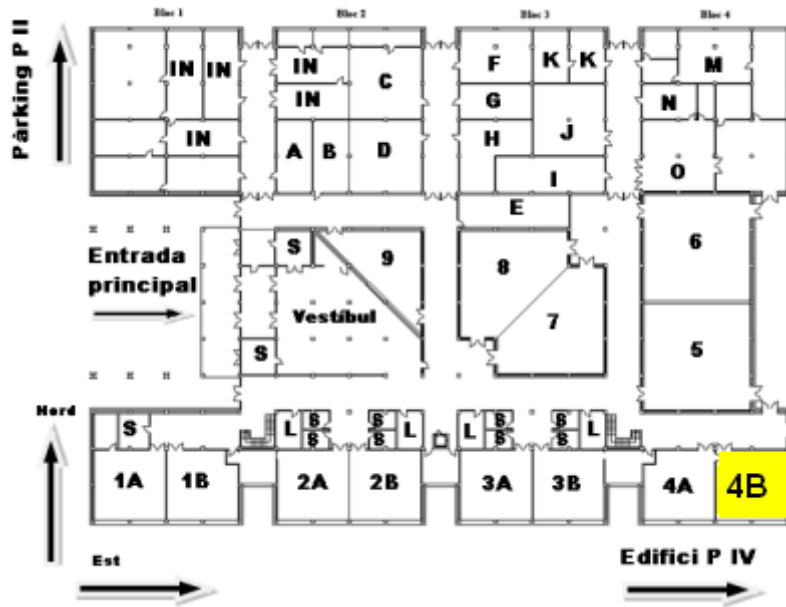


Figura 97: localització de l'aula II04B a dins del conjunt de les aules sud.

### Evolució de la radiació interior al llarg del dia:

Taula 26: valors mitjans calculats a partir de les mesures a l'aula II04B.

Hora	9:00	11:00	15:00
Lux interior mitjà	170,2	461,2	632,8
Lux exterior mitjà	1480,5	2664,3	3985

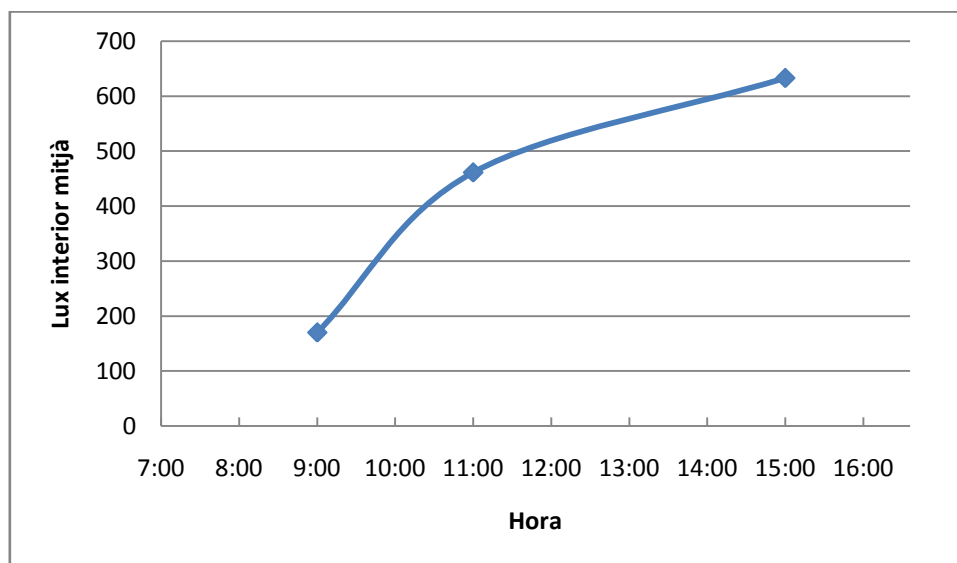


Figura 98: evolució de la radiació interior en funció de l'hora del dia.

**Diagrama de grisos:**

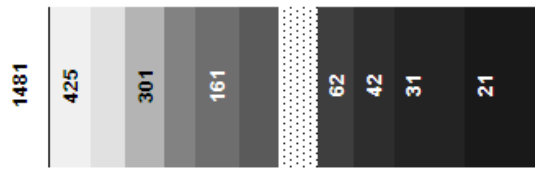


Figura 99: 9:00 h.

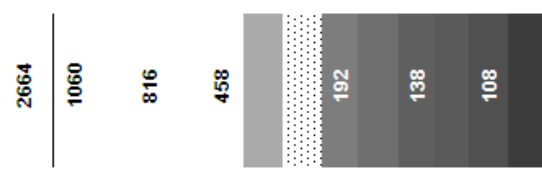


Figura 100: 11:00 h.

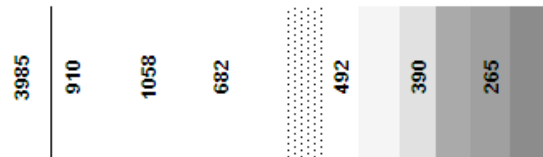


Figura 101: 15:00 h.

Les zones més properes a la finestra tenen prou nivell d'il·luminació per tal de no haver d'utilitzar la fila de fluorescents que tenen a sobre.

2.6.1.3. *Conclusions de les mesures realitzades a les aules sud*

- S'ha comprovat, a l'apartat 2.6.1.1. que les aules orientades al sud tenen una il·luminació artificial per sobre del valor que marca la normativa (300 lux).
- Si s'ajunten totes les corbes de nivell d'il·luminació en funció de l'hora del dia es pot observar que les aules que estan junts tenen un comportament lluminós semblant:

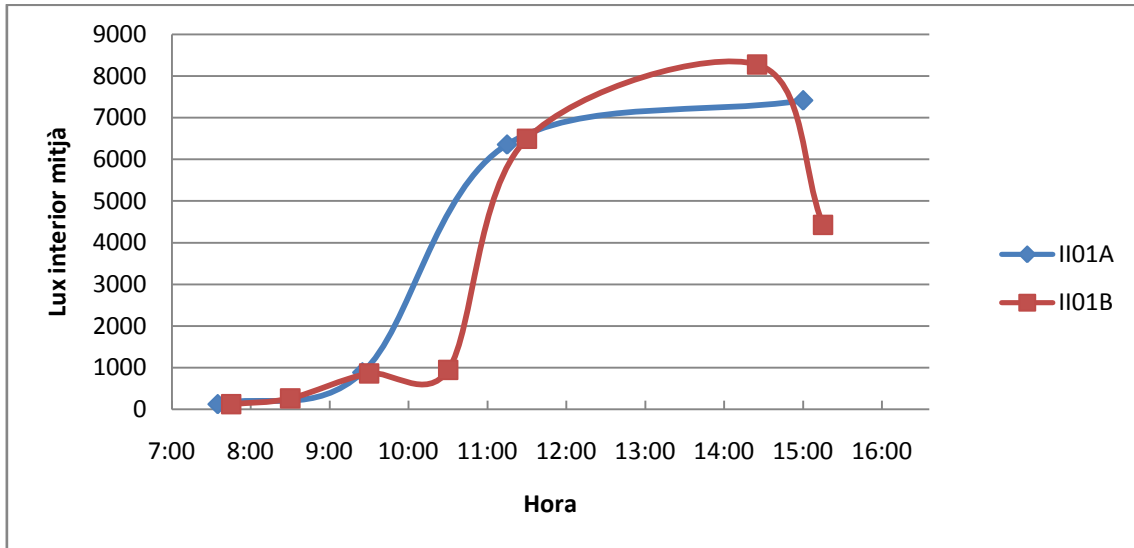


Figura 102: evolució del nivell d'il·luminació mitjà per a les aules II01A i II01B.

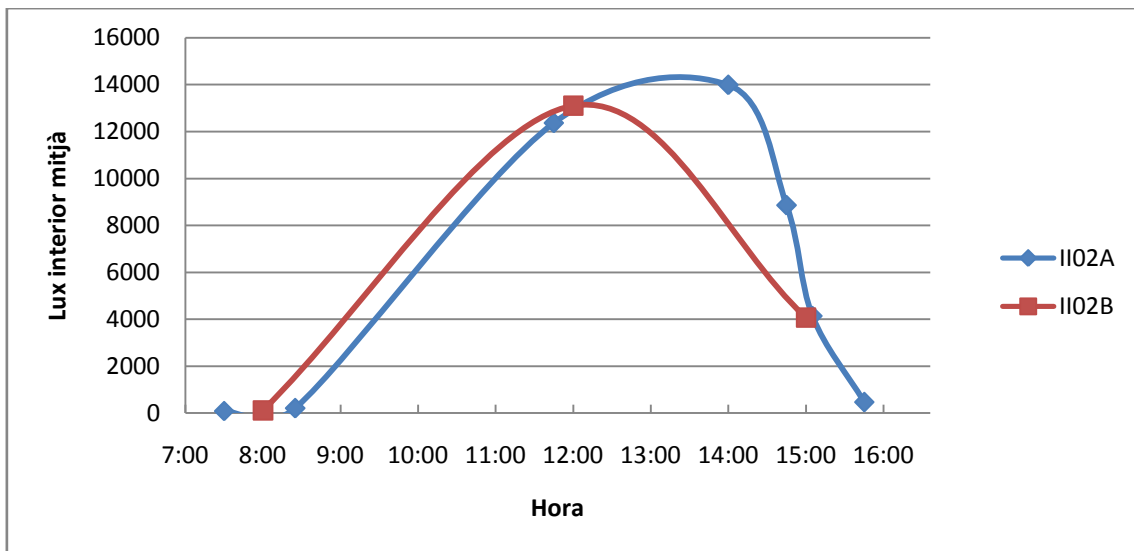


Figura 103: evolució del nivell d'il·luminació mitjà per a les aules II02A i II02B.

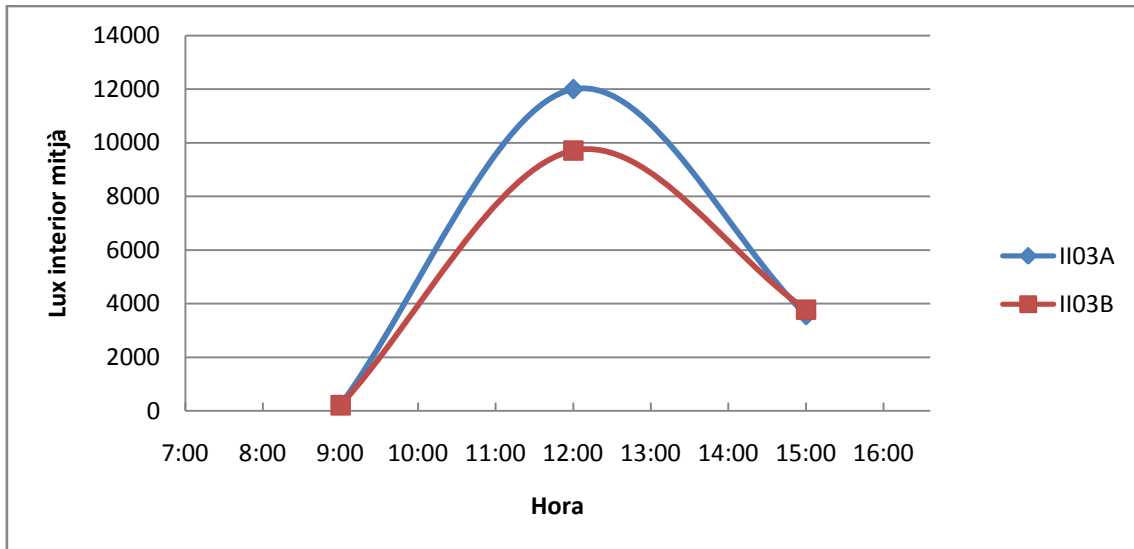


Figura 104: evolució del nivell d'il·luminació mitjà per a les aules II03A i II03B.

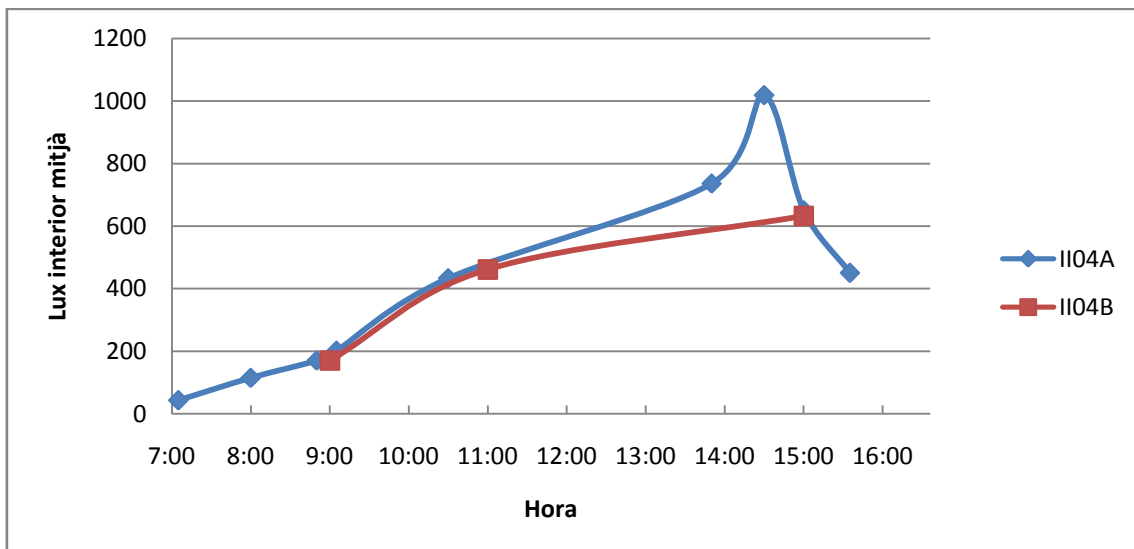


Figura 105: evolució del nivell d'il·luminació mitjà per a les aules II04A i II04B.

- De la figura 102 fins a la 105 queda reflectit que les aules col·locades de costat tenen nivells d'il·luminació mitjans semblants.
- Hi ha relació entre la quantitat de llum que entra per les finestres i el nivell d'il·luminació interior.
- També es pot observar que les aules II04A i II04B són les que tenen un nivell d'il·luminació notablement inferior. Això és degut a que estan situades en un indret on la major part del dia hi ha ombra (veure figura 106)

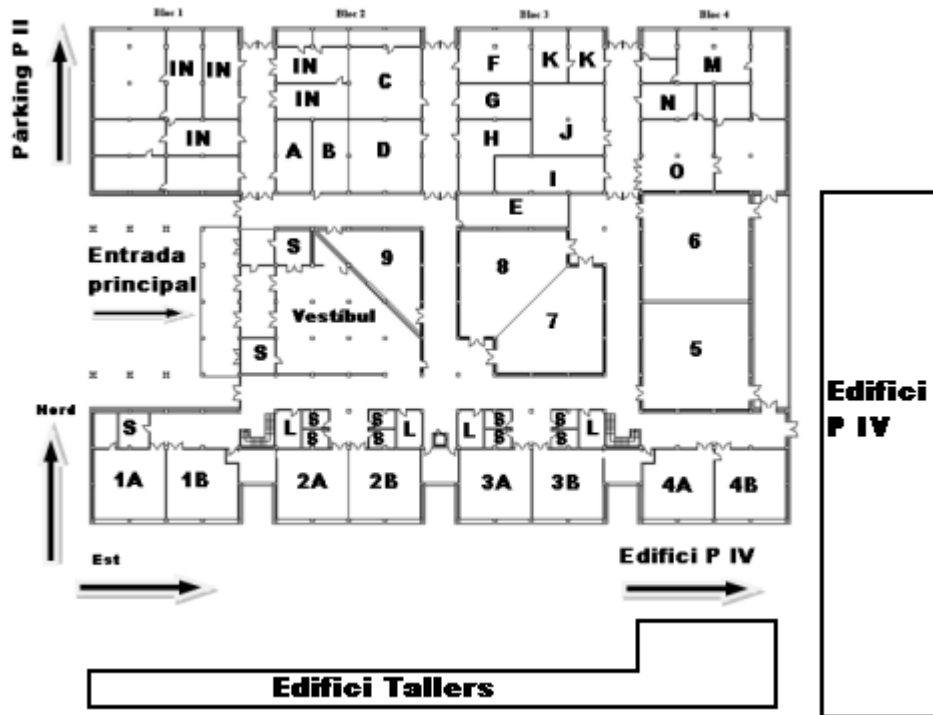


Figura 106: situació física de l'aula II04A, es veu que a la dreta de la imatge hi ha l'edifici PIV que fa ombra a les aules més properes, juntament amb el laboratori de calor i fred.

- Amb els diagrames de grisos s'arriba a la conclusió que durant el matí les zones més properes a la finestra són les que reben millor il·luminació natural, i les allunyades menys. A la tarda és al revés, les zones més allunyades reben més il·luminació (veure apartat B. Aula II01A.).
- Degut al que s'ha dit al punt anterior, s'intueix que no es pot aprofitar la llum natural d'igual forma a prop de la finestra que a les zones més allunyades.

## 2.6.2. Aules centrals

El següent grup d'aules són les que tenen majors dimensions dins de l'edifici PII. Comprenen des de l'aula II05 (5 a la figura) fins a la II09 (9 a la figura). Totes disposen de finestres altes on hi ha cortines que s'accionen manualment mitjançant un motor elèctric connectat a un pulsador.

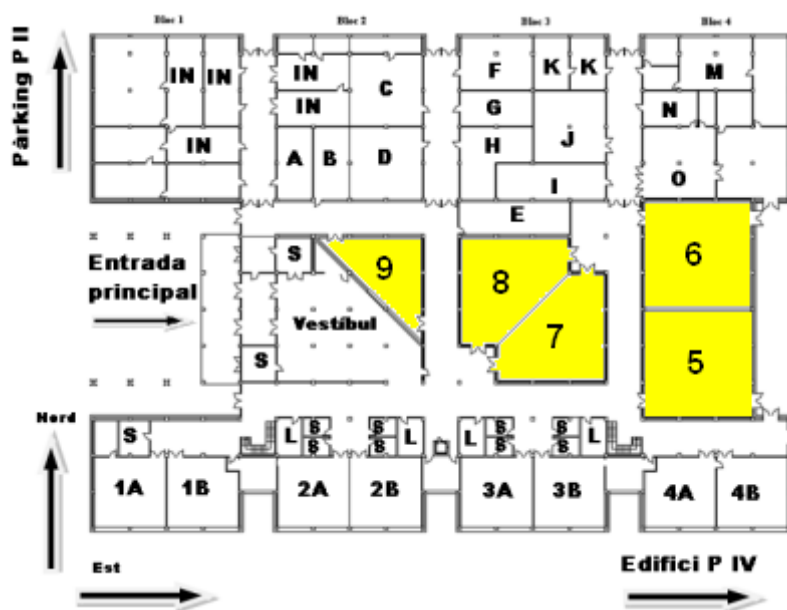


Figura 107: localització de les aules centrals.

La figura 107 mostra que les aules II05 i II06 són simètriques, igual que la II07 amb la II08.

Com en el cas de les aules sud, s'avaluarà primer l'estat luminotècnic actual impedit l'entrada de llum natural (cortines desplegadas) i posteriorment l'evolució de la radiació interior en cadascuna d'elles deixant entrar la llum natural. No obstant, en aquest cas no s'ha pogut mesurar la radiació a les finestres degut a l'alçada d'aquestes.

Si es desitja conèixer les dimensions d'aquestes aules s'ha de consultar el plànol 1. En aquesta part de l'estudi no s'han considerat perquè no eren rellevants per a realitzar cap càlcul, sobretot el de l'índex del local perquè aquest paràmetre només és útil per locals amb geometria rectangular i sense desnivells.



2.6.2.1. *Mesures amb: cortines desplegadas (impedint l'entrada de llum), il·luminació artificial encesa*

A. Aula II05

Aquesta aula, juntament amb la II06, tenen forma d'amfiteatre i són les més grans que hi ha a l'edifici PII.



Figura 108: localització de l'aula II05.

A la següent figura es pot apreciar la baixada que fa l'aula:

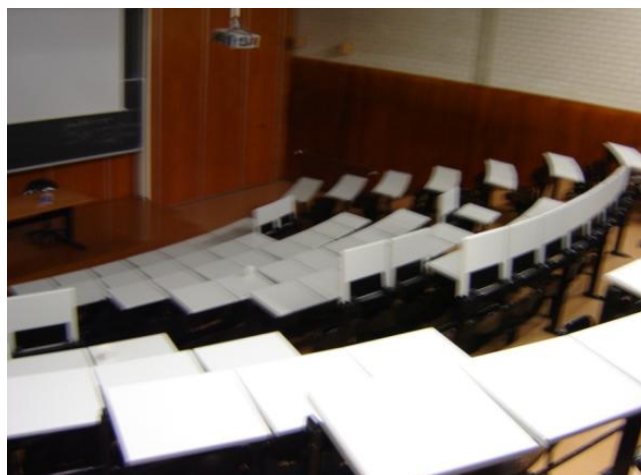


Figura 109: fotografia de l'aula II05.

Com es pot veure a la figura 110, aquesta aula té un total de 140 plans de treball individuals pels alumnes, dividits en 10 files de taules.

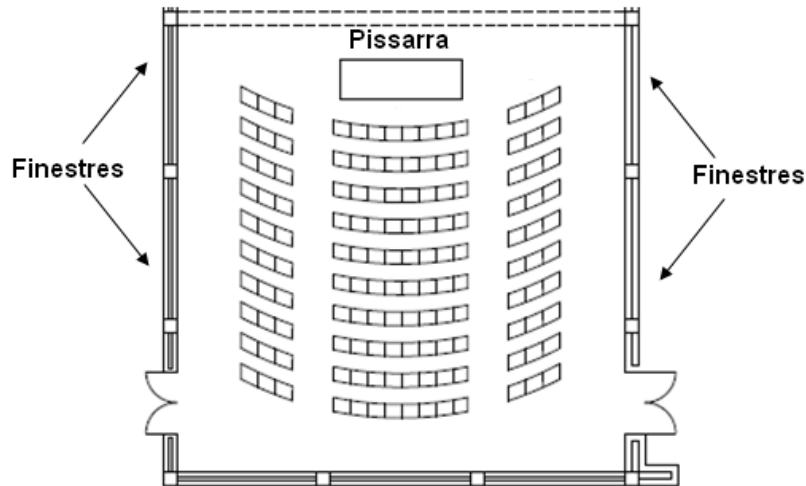


Figura 110: taules de l'aula II05.

Tota aquesta superfície de treball està il·luminada per 68 tubs fluorescents (de 36 W, en lluminàries on hi caben 2 tubs), dividits en 3 zones, cadascuna accionada per un polsador. Les 3 zones es mostren a la següent figura:

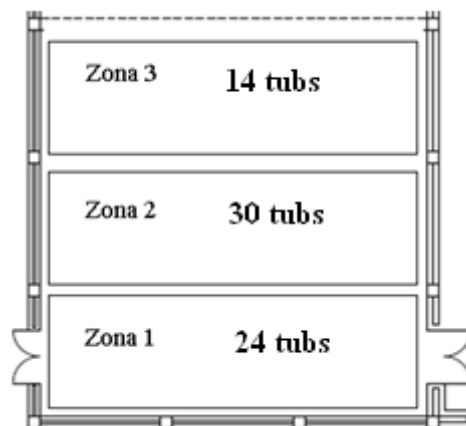


Figura 111: zones de l'aula II05.

A més, aquesta aula i la II06 disposen de lluminàries en forma de globus on hi ha làmpades incandescentes. Aquestes no es comptabilitzen en aquest estudi ja que no s'utilitzen quasi mai.

Primerament s'ha mesurat a tots els plans de treball individuals per a calcular el nivell d'il·luminació mitjà:

Taula 27: recull del mostreig realitzat a l'aula II05 (valors en lux).

469	543	476	409	529	434	498	588	508	538	571	458	558	450
480	<b>433</b>	547	467	421	533	<b>564</b>	508	592	497	443	576	<b>414</b>	562
447	563	548	435	548	534	473	611	594	459	594	577	579	563
442	586	422	431	572	410	468	639	443	454	621	429	605	423
532	770	695	519	751	678	575	857	768	559	835	748	808	726
505	<b>515</b>	591	492	502	576	<b>731</b>	554	644	527	538	626	<b>567</b>	610
477	473	460	357	460	447	509	504	489	366	489	474	479	465
476	495	498	507	481	509	508	530	534	545	514	497	503	503
446	661	593	433	645	578	471	728	647	457	708	629	688	613
421	<b>490</b>	499	499	478	485	<b>579</b>	524	534	535	510	518	<b>568</b>	598

**Nivell d'il·luminació mitjà: 538,69 lux.**

S'ha provat de fer una simplificació prenent només 9 valors, els que estan en negreta a la taula anterior, de la següent manera:

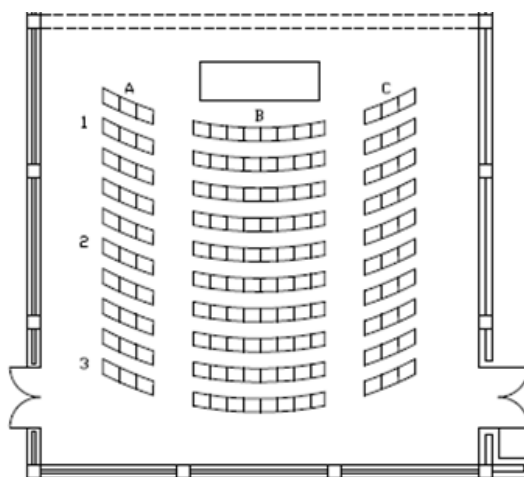


Figura 112: simplificació a l'aula II05.

A la figura anterior es pot veure la quadrícula de 9 mesures que s'ha fet. Aquesta serveix per anomenar els punts que hi haurà a partir d'ara. D'aquesta manera els valors queden definits per una lletra i un nombre de forma senzilla.

A continuació hi ha els valors mesurats als 9 punts i la mitjana aproximada:

Taula 28: simplificació a l'aula II05 (valors en lux).

	A	B	C
1	433	564	414
2	515	731	567
3	490	579	568

**Nivell d'il·luminació mitjà aproximat: 540,11 lux.**

Si es compara el nivell d'il·luminació prenent els 140 valors i prenent-ne 9, la diferència és prou petita com per considerar mostrejar només en 9 punts. L'error és de  $[538,69-540,11]/538,69 \times 100 = 0,26\%$ .

Per tant, ja queda demostrat que amb 9 valors es pot tenir una idea del nivell d'il·luminació artificial que hi ha a aquestes aules.

El valor mitjà que ha sortit, sigui el real o l'aproximat, és molt superior al de la normativa ja que **540 > 300 lux**.

B. Aula II06

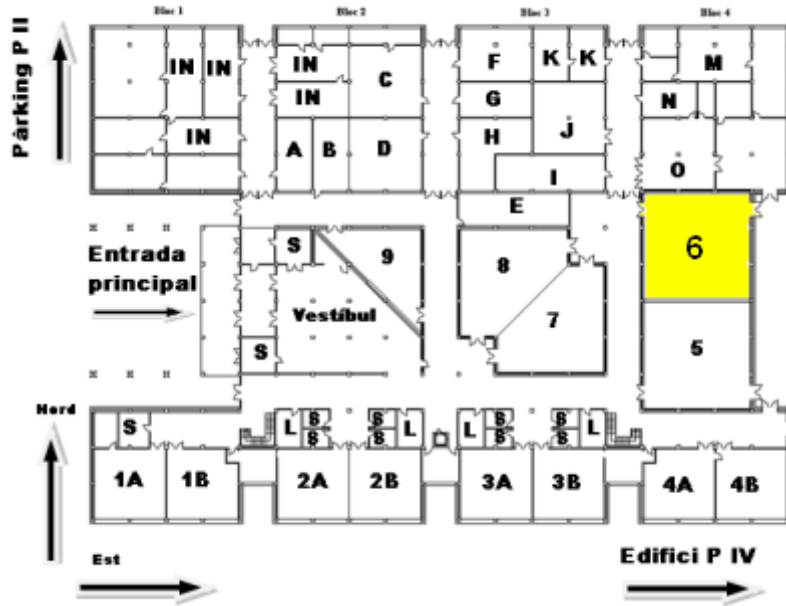


Figura 113: localització de l'aula II06.

Aquesta aula presenta una distribució de les taules i dels tubs fluorescents simètrica a l'anterior (II05). Això es pot veure en les dues següents figures on ja es mostra directament els punts on s'han realitzat les mesures ja que al subapartat anterior s'ha arribat a la conclusió que amb 9 punts era suficient.

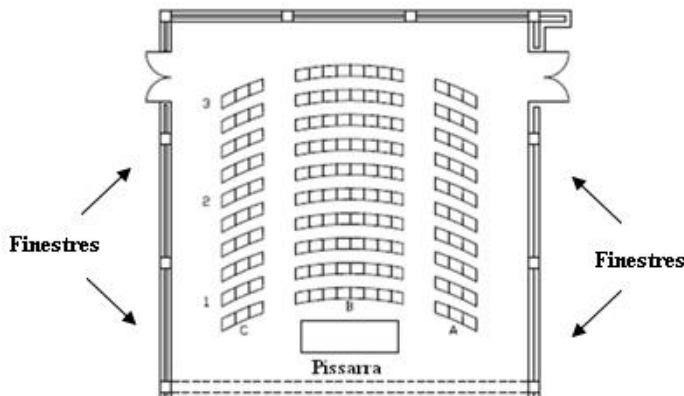


Figura 114: mesures a l'aula II06.

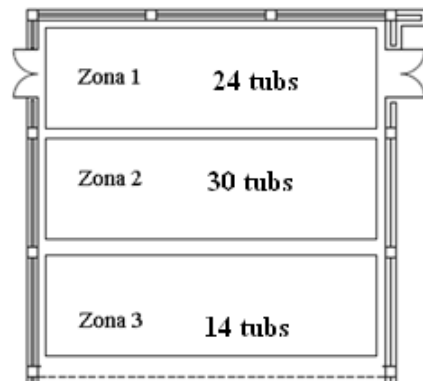


Figura 115: zones a l'aula II06.

La figura 114 mostra la quadrícula de mesures que s'ha realitzat, i la 115 les 3 zones amb el nombre de tubs accionats per un polsador.

A continuació hi ha la part important d'aquest subapartat, que és saber el nivell d'il·luminació mitjà de la present aula:

Taula 29: mesures realitzades a l'aula II06 (valors en lux).

	A	B	C
1	276	452	363
2	368	632	511
3	465	301	530

**Nivell d'il·luminació mitjà:** 433,11 lux.

Es compleix la normativa ja que **433,11 > 300 lux**.

### C. Aula II07

A la següent figura hi ha la localització de l'aula II07 a dins del nivell 0 de l'edifici PII:



Figura 116: localització de l'aula II07.

Aquesta és simètrica a la II08. Per tant, les característiques que es descriguin per a una també valen per l'altra.

Les taules que hi ha tenen la següent distribució:



Figura 117: fotografia de l'aula II07.

En total hi ha 106 llocs de treball individual dividits en 6 files de taules, (figura 118) que estan il·luminats per 54 tubs fluorescents accionats per 3 polsadors.

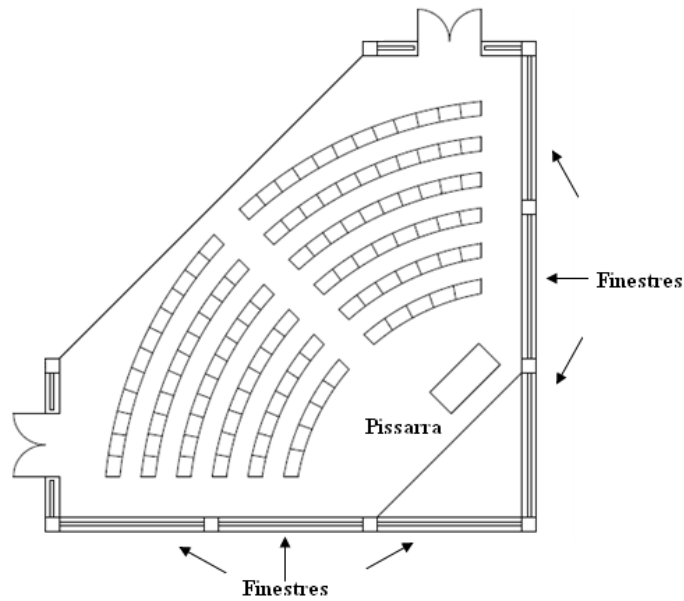


Figura 118: taules a l'aula II07.

El 1r polsador acciona 24 tubs, el 2n 24 més i el 3r n' acciona 6 (figura 119).

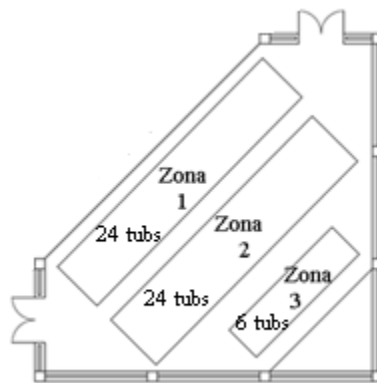


Figura 119: accionament dels tubs fluorescents a l'aula II07.

A la figura anterior es pot veure com es distribueixen els tubs fluorescents. Aquesta distribució ve determinada per l'estructura de l'aula i com que pot ser difícilós descriure-la amb detall s'ha realitzat aquesta figura per tal de simplificar-la (consultar plànols).



Un cop ja s'ha detallat com és l'aula i com s'aciona la llum artificial, cal mesurar en el total de 106 llocs de treball individual que hi ha:

Taula 30: mesures realitzades a l'aula II07 (valors en lux).

			<b>462</b>	383	472	411	<b>493</b>										<b>430</b>	364	448	390	<b>392</b>					
		530	528	501	498	465	411	418									500	498	468	465	429	370	378			
		<b>528</b>	508	528	473	409	431	458	<b>636</b>								<b>527</b>	554	576	549	446	470	499	<b>395</b>		
		521	502	521	468	405	426	453	627	425	403				508	489	508	456	491	416	607	612	414	393		
		<b>509</b>	520	498	521	459	387	459	442	583	631	<b>403</b>				<b>464</b>	488	543	489	424	469	424	601	554	605	<b>388</b>
		509	526	505	526	463	391	464	450	597	513	408	398		515	528	505	528	460	498	462	447	498	514	449	391

**Nivell d'il·luminació mitjà: 478,74 lux.**

Seguidament s'ha analitzat disminuir aquest nombre de valors fins a 12 per tal de veure com s'allunya la mitjana real de l'aproximada. A la següent figura es mostra en quins punts s'ha mesurat:

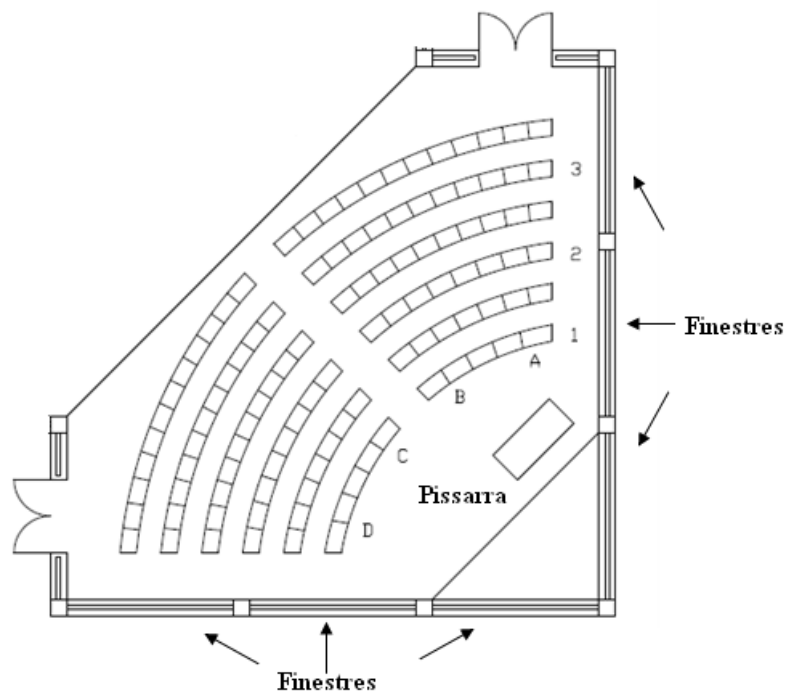


Figura 120: simplificació del mostreig a l'aula II07.

La taula 30 queda modificada de la següent manera:

Taula 31: simplificació de les mesures realitzades a l'aula II07 (valors en lux).

	A	B	C	D
1	462	493	430	392
2	528	636	527	395
3	509	583	464	388

**Nivell d'il·luminació mitjà aproximat: 483,92**

Si es compara el valor mitjà comptant les 106 mesures i el que s'obté de comptar-ne 12, l'error és de  $\frac{[478,74-483,92]}{478,74} \times 100 = 1,08\%$ .

L'error que es realitza és molt petit per la quantitat de mesures que s'han realitzat, per aquest motiu en el següent subapartat es realitzaran les mesures aproximades.

Comparant amb la normativa el valor aproximat és major ja que **483,92 > 300 lux**.

D. Aula II08



Figura 121: localització de l'aula II08.

Com en el cas de l'aula II05 i II06, la II07 i la II08 també són simètriques entre elles tenint per tant la mateixa distribució de taules i de punts de llum:

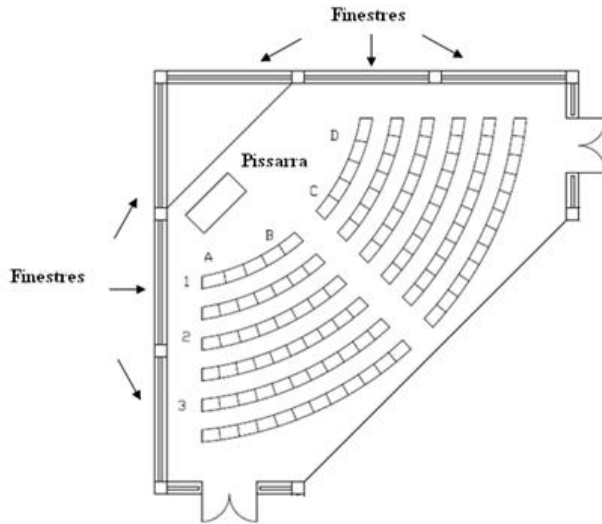


Figura 122: mesures a l'aula II07.

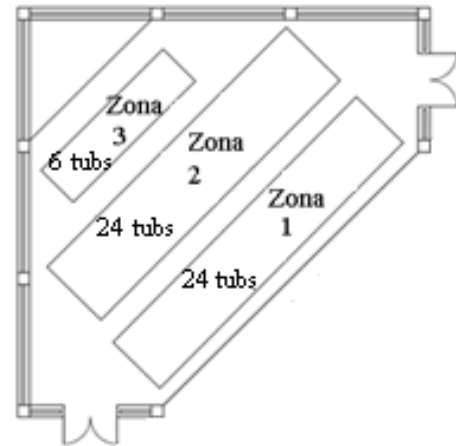


Figura 123: zones a l'aula II07.

A continuació hi ha el mostreig realitzat per tal de trobar el nivell d'il·luminació mitjà aproximat en lux:

Taula 32: mostreig a l'aula II08 (valors en lux).

	A	B	C	D
1	390	437	320	295
2	359	475	478	400
3	361	433	453	459

**Nivell d'il·luminació mitjà aproximat: 405 lux.**

Com tots els valors anteriors, sempre s'està per sobre de la normativa perquè **405 > 300 lux.**

## E. Aula II09

Aquesta és la última aula que s'ha estudiat del conjunt d'aules centrals. És la més petita de tot aquest grup tal i com es pot observar a la següent figura:



Figura 124: localització de l'aula II09.

A la figura 125 es mostra com hi ha taules a diferent nivell que altres:



Figura 125: fotografia de l'aula II09.

La distribució dels 30 tubs fluorescents (36 W) que il·luminen la superfície de treball és, igual que en els casos anteriors, difícil de descriure si no es fa amb una figura.

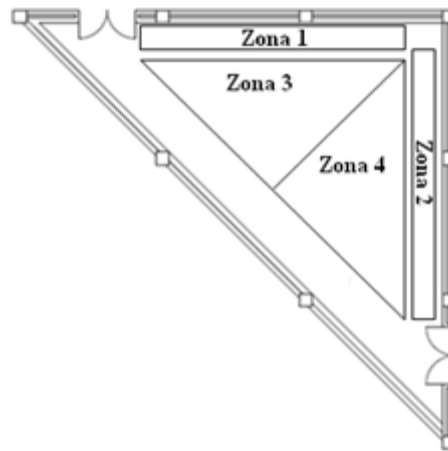


Figura 126: zones de l'aula II09.

Tant a la zona 1 com a la zona 2 hi ha 9 tubs fluorescents que s'accionen amb 2 polsadors (1 per zona). A la zona 3 i a la 4 n'hi ha 6 a cadascuna també accionats per 2 polsadors.

La il·luminació artificial de l'aula ha de permetre la visió de 54 llocs de treball tal i com es representa a la figura següent:

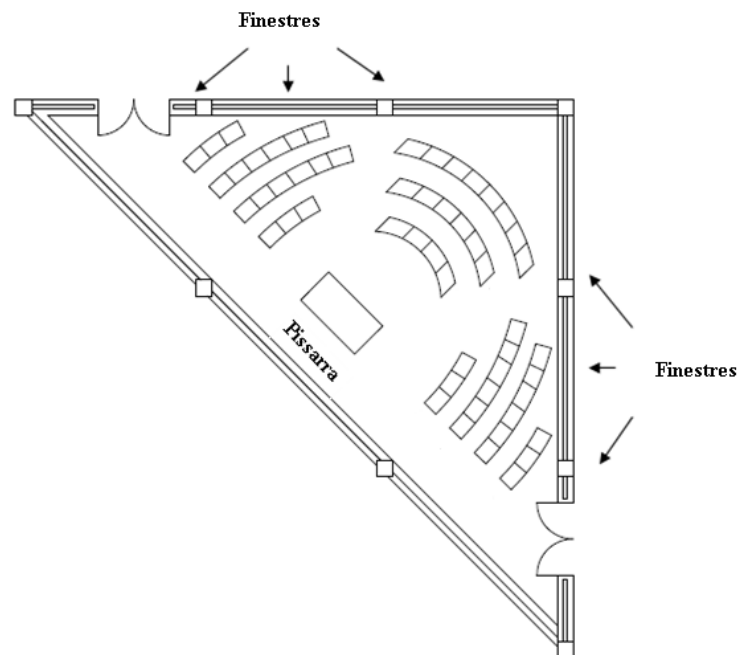


Figura 127: taules a l'aula II09.

Per tant, seguint els passos que s'han realitzat en els altres subapartats, tot seguit es calcula el nivell d'il·luminació mitjà mesurant a tot els punts on hi pot haver algú treballant a l'aula.

Taula 33: mostreig a l'aula II09 (valors en lux).

447	467	432	397	438	412	423	389
<b>480</b>	<b>470</b>	<b>445</b>	<b>432</b>	<b>423</b>	<b>391</b>	<b>398</b>	<b>404</b>
451	436	449	425	453	437	450	425
	445	441			446	442	
	474	459			412	461	
	483	434			431	455	
		441	<b>433</b>	<b>432</b>	445		
	449	461	<b>455</b>	<b>459</b>	572	412	
421	449	431	<b>490</b>	<b>492</b>	451	417	391

**Nivell d'il·luminació mitjà:** 442 lux.

Dels 54 valors mesurats s'ha passat a una simplificació comptabilitzant-ne 11 de la següent manera:

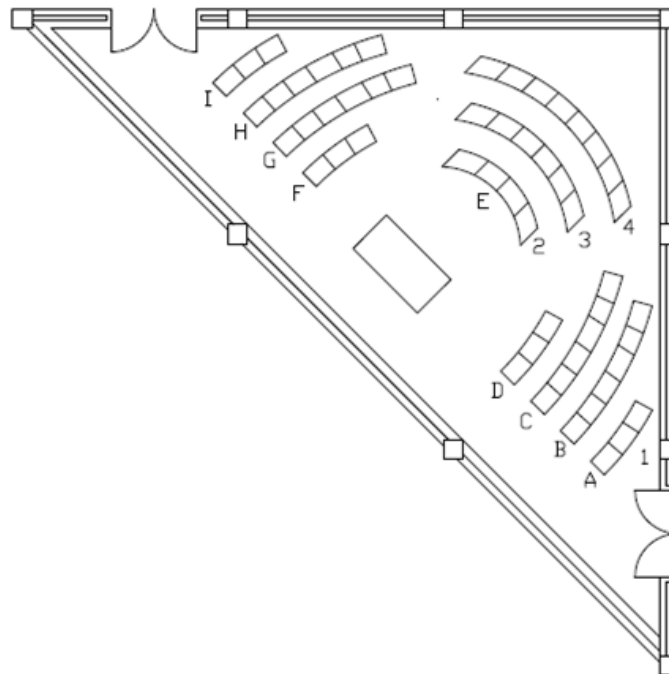


Figura 128: simplificació de les mesures a l'aula II09.

Per tant, la taula anterior (33) queda modificada amb només 11 valors, tenint en compte que a la figura 128, a la columna E, el luxímetre es col·loca entre dos llocs de treball diferents:

Taula 34: mostreig simplificat a l'aula II09 (valors en lux).

	A	B	C	D	E	F	G	H	I
1	480	470	445	432		423	391	398	404
2					433				
3					457				
4					492				

**Nivell d'il·luminació mitjà aproximat: 438,64 lux.**

En aquest cas, l'error que hi ha de passar de 54 valors a 11 és de  $[442-438,64]/442 \times 100 = 0,76\%$ .

Ja queda demostrat que hi ha poc error i que per tant les mesures es poden realitzar d'aquesta forma per tenir una idea del nivell d'il·luminació en aquesta aula.

A més, es compleix la normativa ja que **438,64 > 300 lux**.



### 2.6.2.2. *Mesures amb: cortines plegades, il·luminació natural amb llums apagats*

Com en l'apartat 2.6.1.2. es busca l'evolució del nivell d'il·luminació interior de les aules centrals en lux, durant una franja horària, essent funció de la radiació que entra per les finestres. Per tal de realitzar-ho s'han plegat totes les cortines per aconseguir que entri el màxim de llum natural possible.

Aquesta evolució s'ha calculat realitzant la mitjana aproximada del nivell d'il·luminació a partir de les simplificacions realitzades (veure apartat 2.6.2.1.).

Degut a que s'han mesurat menys valors en comparació a l'apartat 2.6.1.2. (aules sud), s'ha realitzat, per a cada aula, 1 mostreig durant la tardor i 1 durant l'hivern per saber si el canvi en el recorregut solar afecta a la il·luminació a l'interior.

El conjunt d'aules que s'estudien en aquest apartat disposen totes de finestres altes, que permeten una il·luminació natural zenital. Per aquest motiu no es pot mesurar la radiació provinent de l'exterior ja que no és possible arribar-hi.

Per la mateixa raó que la il·luminació és zenital, també s'espera una distribució més uniforme dels nivells d'il·luminació en cada punt de mesura, comparant amb les aules sud. Per tant, no s'ha realitzat diagrames de grisos.

Amb tot aquest conjunt de valors mesurats (que es poden consultar a l'annex A.1) es pretén veure si hi ha una quantitat aprofitable de llum natural.

## A. Aula II05

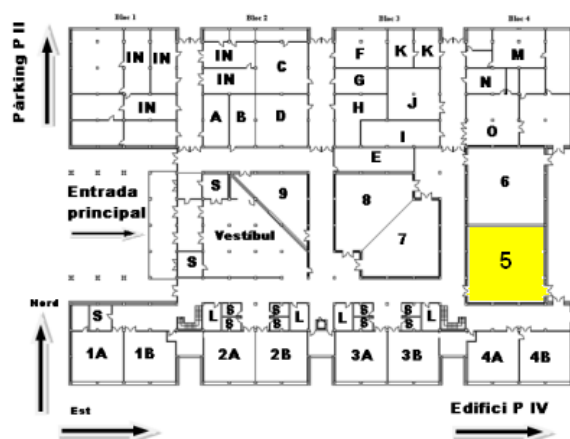


Figura 129: localització de l'aula II05.

A continuació, la taula 35 és la que fa referència al mostreig realitzat a la tardor, la 36 a l'hivern (per veure data concreta annex 1):

Taula 35: nivells d'il·luminació (lux) natural mitjans a l'aula II05 a la tardor.

Hora	8:30	9:05	9:45	10:35	11:05	15:20	16:25
Lux interior mitjà	31,79	33,91	58,13	60,44	59,67	106,50	55,79

Taula 36: nivells d'il·luminació (lux) natural mitjans a l'aula II05 a l'hivern.

Hora	10:10	10:50	11:30	12:10	13:00	15:20	15:40	16:10	16:30
Lux interior mitjà	42,44	58,67	62,11	62,00	80,22	90,00	50,67	38,67	28,11

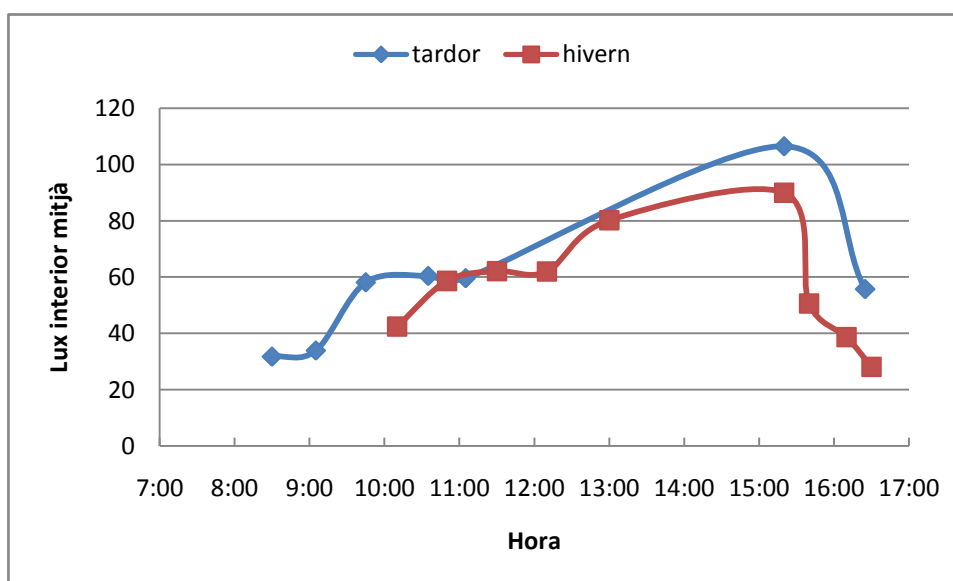


Figura 130: evolució de la radiació interior en funció de l'hora a l'aula II05.

Els nivells d'il·luminació mitjans són relativament baixos ja que en cap cas no s'arriba al valor marcat per la normativa (300 lux). Això és degut a que aquesta aula no té cap finestra orientada al sud, que és on es rep més sol, i al seu costat hi ha l'edifici PIV de major alçada:

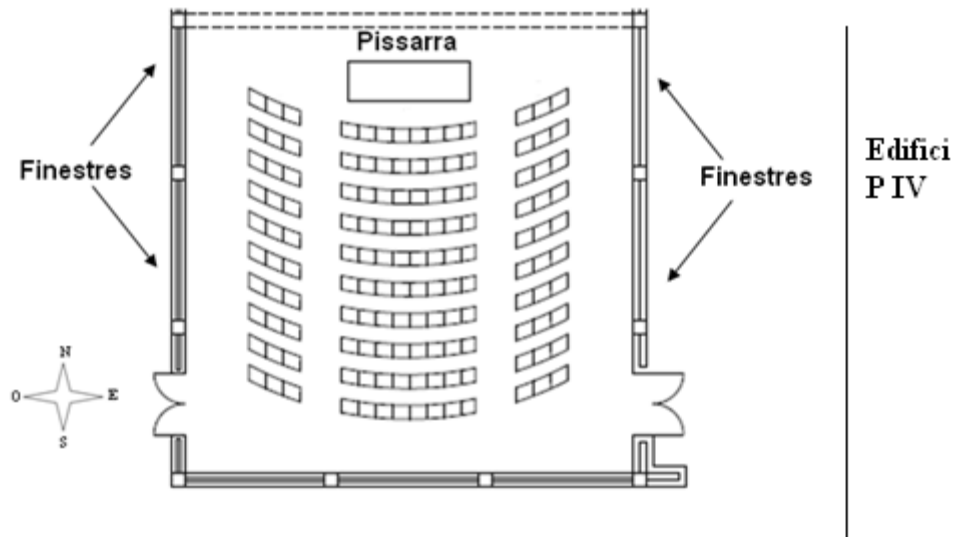


Figura 131: esquema on es mostra la dificultat d'entrada de llum a l'aula II05.

A l'aula que ve a continuació, la II06, també hi ha nivells d'il·luminació baixos pel mateix motiu.

## B. Aula II06

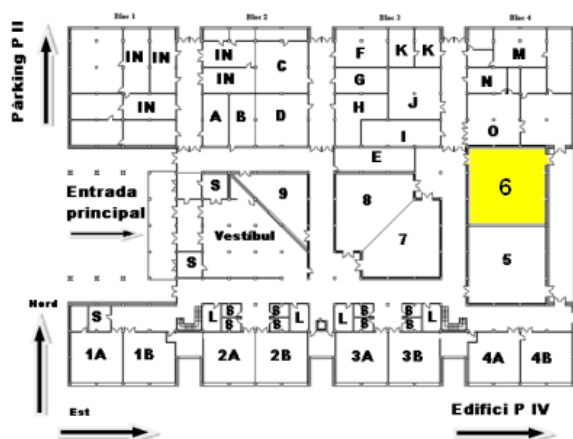


Figura 132: localització de l'aula II06.

Taula 37: nivells d'il·luminació (lux) natural mitjans a l'aula II06 a la tardor.

Hora	8:35	9:10	9:50	10:40	11:10	15:25	16:30
Lux interior mitjà	108,17	135,67	133,00	80,56	74,56	124,61	48,04

Taula 38: nivells d'il·luminació (lux) natural mitjans a l'aula II06 a l'hivern.

Hora	10:20	10:55	11:30	12:15	13:05	15:25	15:45	16:13	16:35
Lux interior mitjà	73,00	94,22	97,89	94,89	149,89	109,33	69,22	52,00	35,33

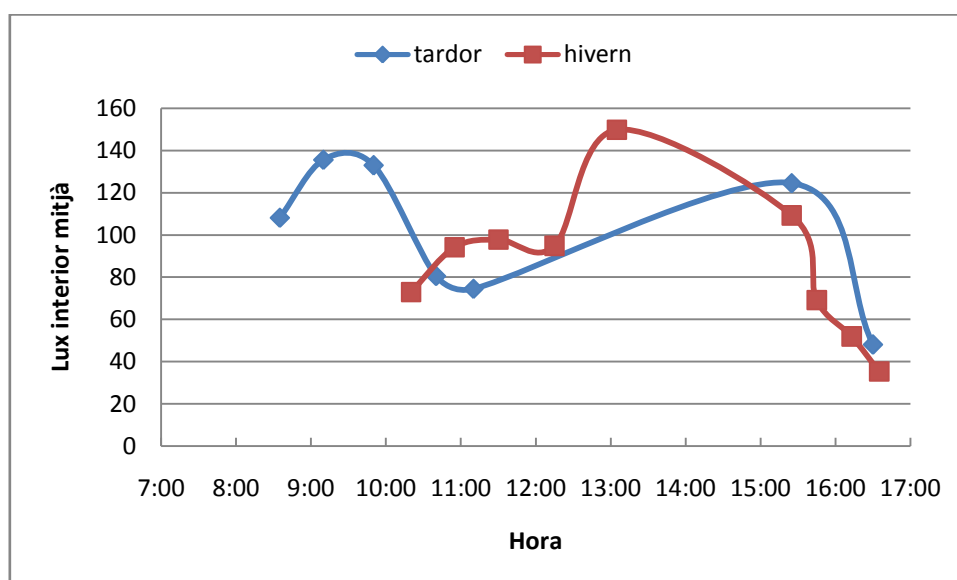


Figura 133: evolució de la radiació interior en funció de l'hora a l'aula II06.

### C. Aula II07

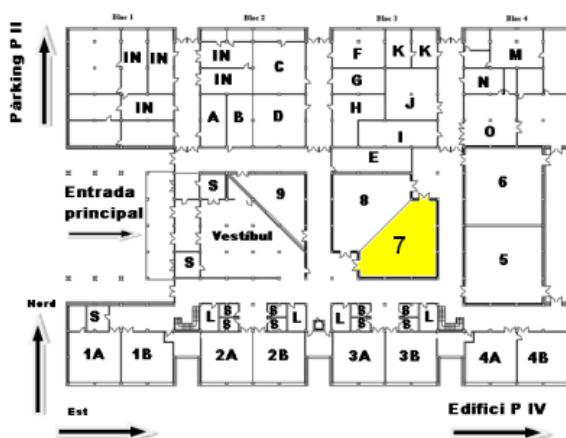


Figura 134: localització de l'aula II07.

Taula 39: nivells d'il·luminació (lux) natural mitjans a l'aula II07 a la tardor.

Hora	8:45	9:20	9:55	10:45	11:20	15:30	16:25
Lux interior mitjà	139,67	165,50	1061,08	870,17	792,50	178,55	76,46

Taula 40: nivells d'il·luminació (lux) natural mitjans a l'aula II07 a l'hivern.

Hora	10:25	11:00	11:35	12:15	13:10	15:35	15:45	16:15	16:40
Lux interior mitjà	245,75	615,75	558,33	474,17	366,75	165,00	121,67	97,00	67,42

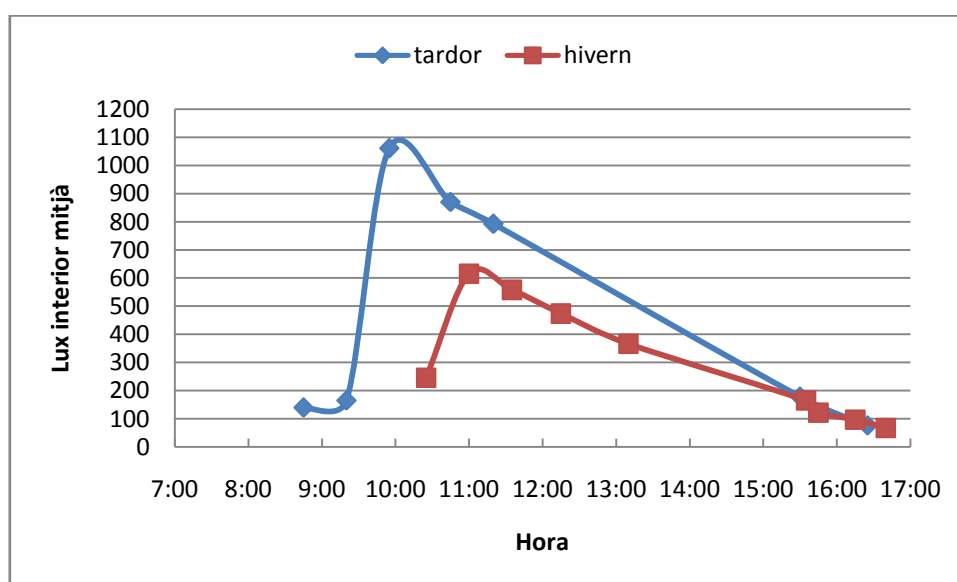


Figura 135: evolució de la radiació interior en funció de l'hora a l'aula II07.

A la figura 135 es mostra l'evolució dels lux mitjans interiors en funció de les hores del dia. Aquests valors són comparativament majors als de les aules II05 i II06. El motiu pot ser que la II07 té finestres orientades al sud tal i com s'ensenya a la figura següent:

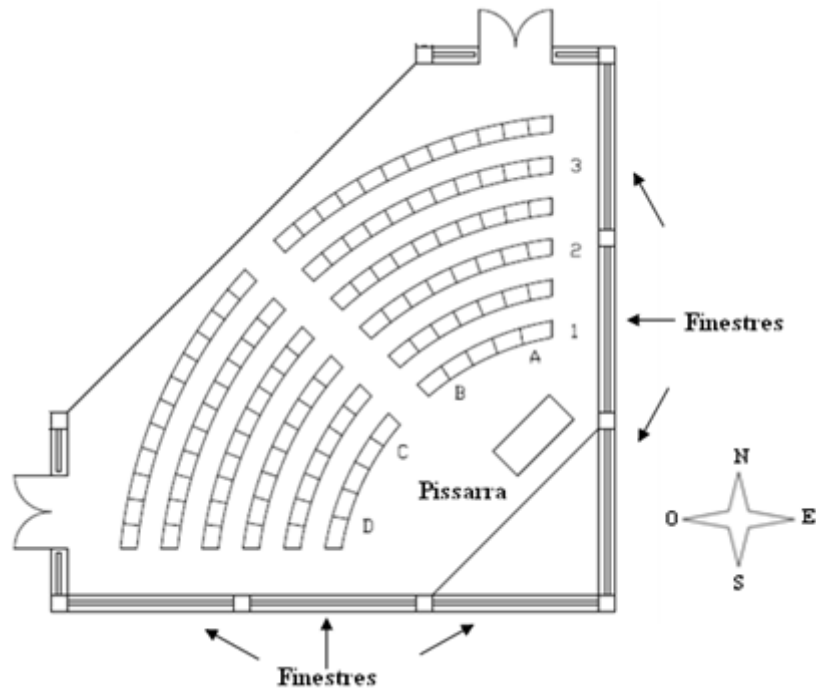


Figura 136: esquema on es mostra la localització de les finestres a l'aula II07.

D. Aula II08

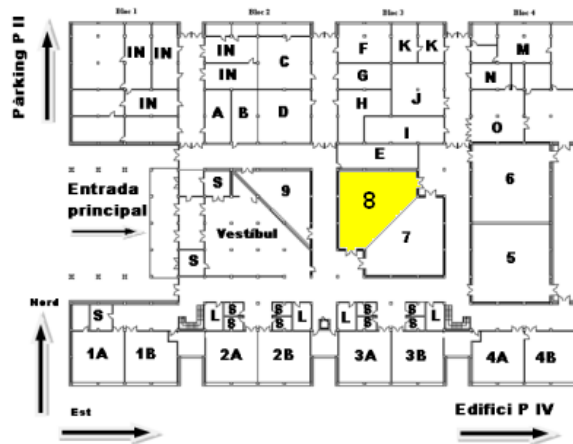


Figura 137: localització de l'aula II08.

Abans d'entrar amb els valors calculats a partir de les mesures realitzades en aquesta aula, cal dir que les cortines que mostren la següent figura no s'han pogut plegar degut a que estaven encallades.

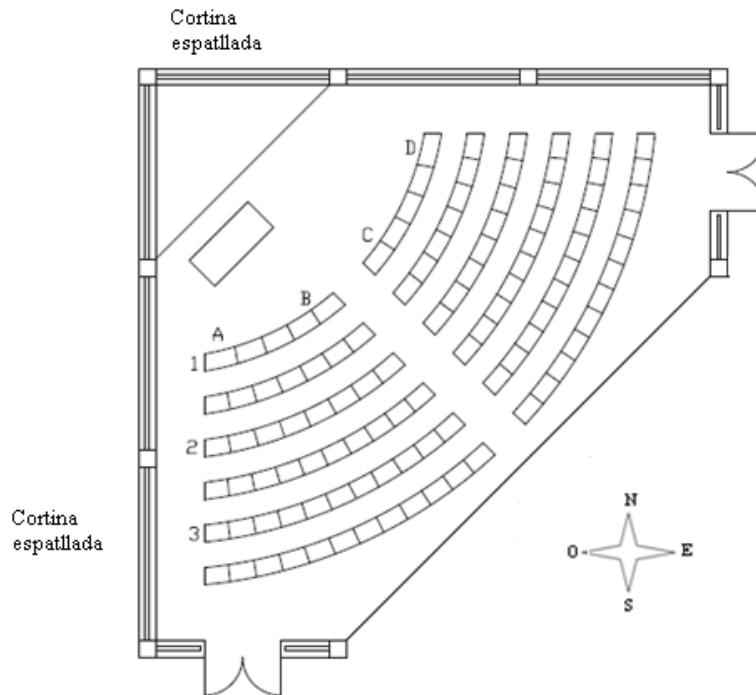


Figura 138: cortines espatllades a l'aula II08.

Aquest fet fa més realista el mostreig ja que impedeix que part de la llum natural entri, i pot ser una aspecte habitual a tenir en compte durant el curs universitari.

Taula 41: nivells d'il·luminació (lux) natural mitjans a l'aula II08 a la tardor.

Hora	8:50	9:25	10:00	10:50	11:25	15:35	16:40
Lux interior mitjà	188,58	200,42	262,92	234,67	233,50	156,04	84,99

Taula 42: nivells d'il·luminació (lux) natural mitjans a l'aula II07 a l'hivern.

Hora	10:35	11:05	11:40	12:20	13:15	15:35	15:50	16:17	16:40
Lux interior mitjà	218,92	253,75	267,50	275,42	287,17	145,67	149,08	114,67	78,08

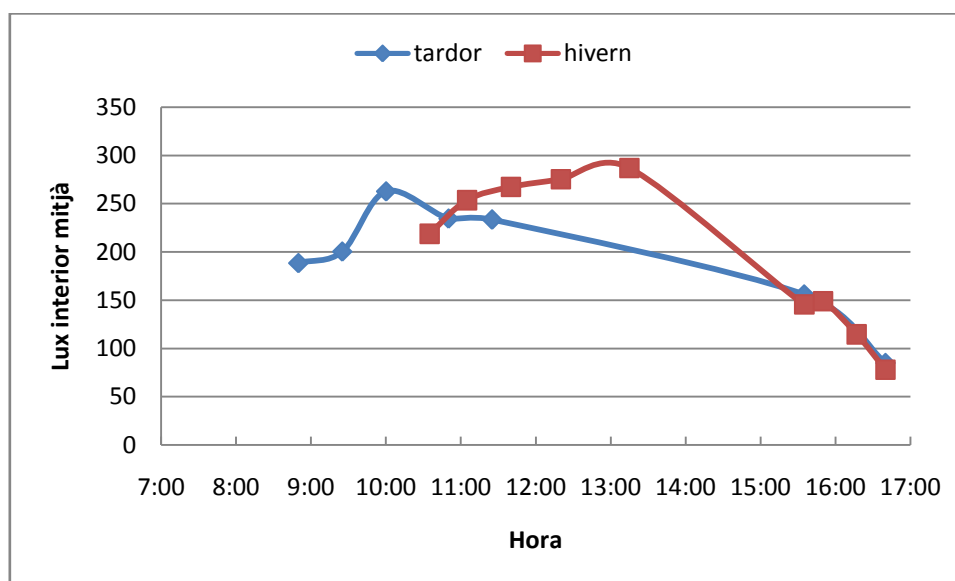


Figura 139: evolució de la radiació interior en funció de l'hora a l'aula II08.

Aquests valors serien majors si les totes les cortines s'haguessin obert correctament. Malgrat tot, el nivell d'il·luminació és notablement inferior en comparació a l'aula II07 (que és simètrica). La raó d'això ve degut a l'orientació de les finestres, ja que l'aula II07 pot rebre més llum del sud.



E. Aula II09

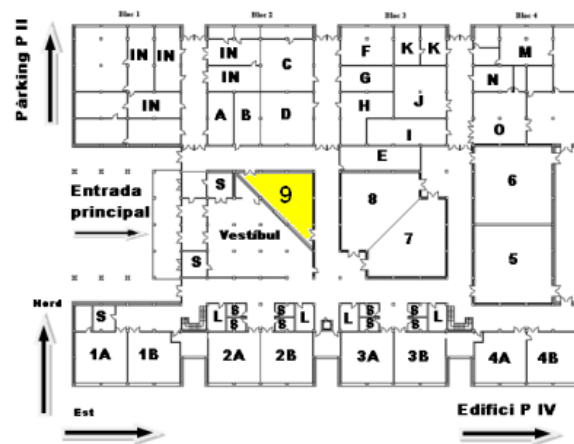


Figura 140: localització de l'aula II09.

De les 6 cortines que hi ha en aquesta aula per privar del pas de llum natural a través de les 6 finestres, 4 no s'han pogut accionar degut a que estaven encallades. Per tant, només per 2 ha entrat il·luminació natural, tal i com es mostra a la figura següent:

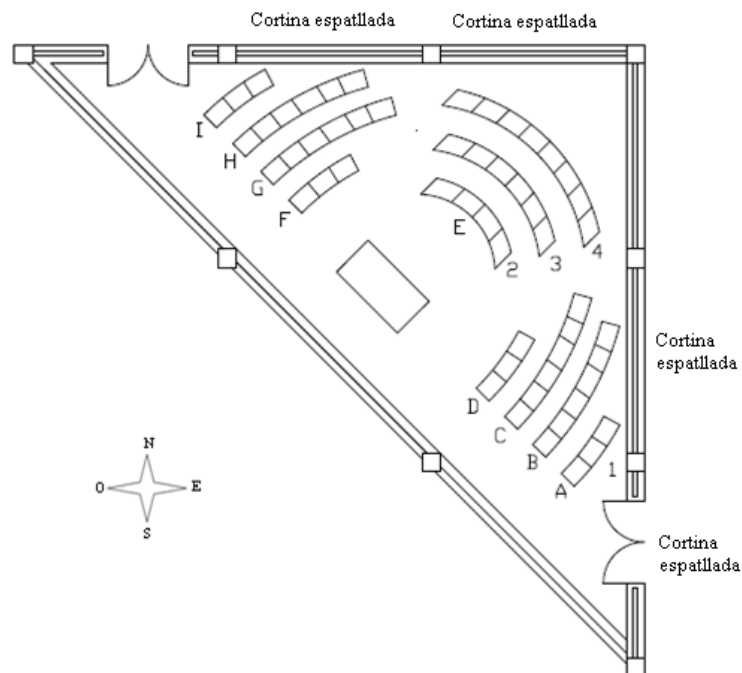


Figura 141: cortines espallades a l'aula II09.

Tot i no poder comptabilitzar la quantitat total de llum que podria entrar a l'aula, la situació reflexa la realitat. Si amb les mesures realitzades ja hi ha un nivell d'il·luminació natural considerable, amb les cortines funcionant encara n'hi hauria més.

A les següents taules hi ha els valors mitjans dels nivells d'il·luminació mesurats:

Taula 43: nivells d'il·luminació (lux) natural mitjans a l'aula II09 a la tardor.

Hora	9:00	10:00	12:30	15:50	16:20	16:45
<b>Lux interior mitjà</b>	382	415	626	115	80	58

Taula 44: nivells d'il·luminació (lux) natural mitjans a l'aula II09 a l'hivern.

Hora	10:00	10:40	11:20	12:05	12:45	13:10	14:40	15:15	16:00	16:40
<b>Lux interior mitjà</b>	354,91	661,45	652,64	578,00	481,18	387,55	272,45	238,09	182,55	116,55

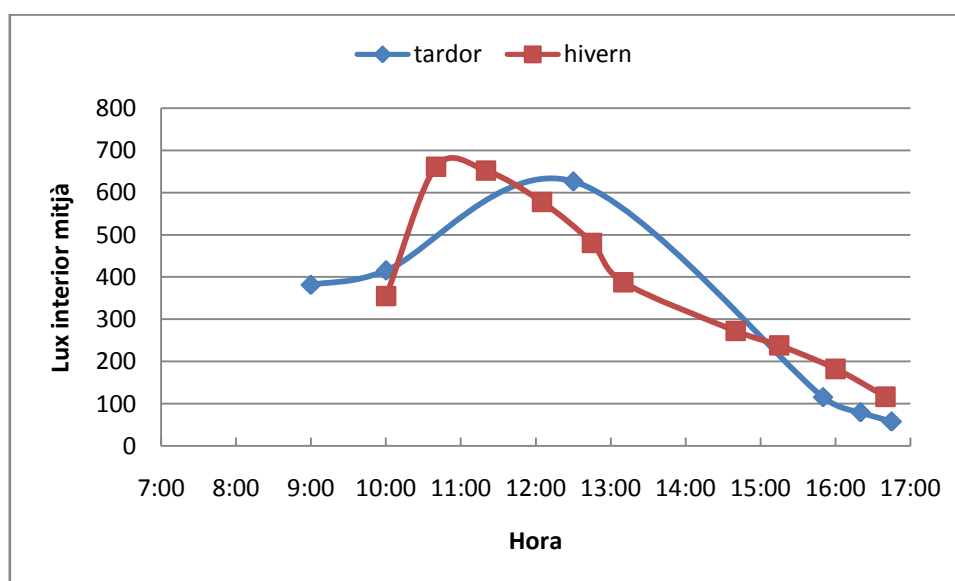


Figura 142: evolució de la radiació interior en funció de l'hora a l'aula II09.

### 2.6.2.3. *Conclusions de les mesures realitzades a les aules centrals*

En referència a l'apartat 2.6.2.1 sobre la il·luminació artificial, queda demostrat que tots els locals estudiats compleixen la normativa UNE 12464-1:2003.

Pel que fa a la il·luminació natural provinent de les finestres, el nivell d'il·luminació en els punts de mesura de totes les aules centrals és molt més uniforme que en les aules sud (consultar annex A.1). Amb això es vol dir que no hi ha zones notablement diferenciades. El motiu és la posició de les finestres, que amb l'alçada que tenen permeten que la llum es distribueixi més uniformement.

Encara que els nivells d'il·luminació mitjans no siguin molt alts, especialment a les aules II05 i II06, hi ha un potencial d'aprofitament gran ja que amb la tecnologia adequada no caldria que la il·luminació artificial funcionés al 100% durant el dia.

### 2.6.3. Laboratoris docents

La zona estudiada comprèn les següent part del nivell 0 del PII.

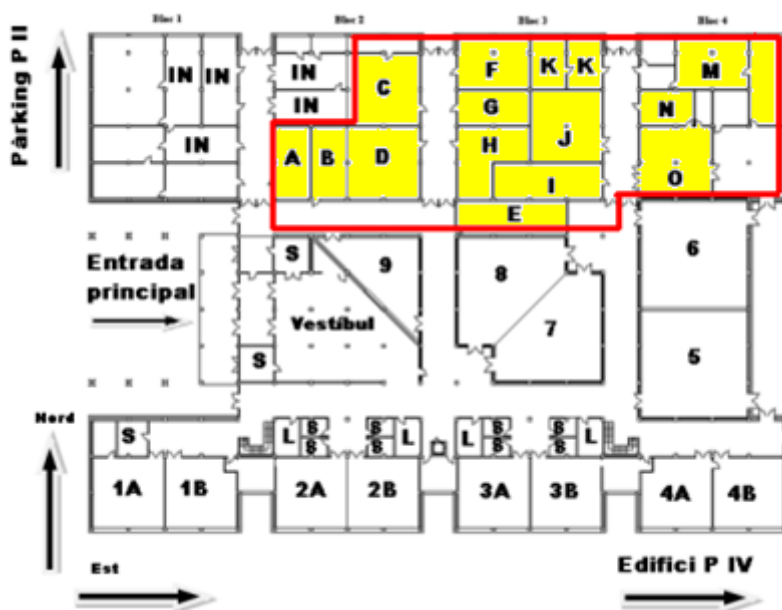


Figura 143: localització dels laboratoris estudiats.

En aquest apartat, només s'ha estudiat com incideix la il·luminació natural a dins de cada laboratori. Molts d'ells tenen claraboies o finestres altes que permeten la penetració de llum de forma zenital, distribuint-se uniformement pel local.

No s'ha considerat l'enllumenat artificial per varis motius: el primer perquè a molts s'hi realitzen tasques específiques, que necessiten sempre d'un suport de llum elèctrica. Els segon perquè s'utilitzen menys que les aules i l'ús d'aquests recau en menys gent fent que en nombroses ocasions no s'utilitzi l'enllumenat si no és necessari. El tercer motiu ve del fet que no es pugui realitzar una divisió simètrica i quadriculada de les zones de treball.

A més, tal i com es pot veure més endavant (apartat 2.8.) els aparells considerats en el present estudi per aprofitar la llum natural només són aptes per a regular làmpades fluorescentes, i en els laboratoris hi ha làmpades de vapor de mercuri.

Degut a la distribució complexa de les zones de treball que hi ha en aquests locals, a cadascun hi ha una figura on es mostra els punts on s'han realitzat les mesures. Llavors, com s'ha anat fent en tots els apartats, es calcula la mitjana i l'evolució al llarg d'una franja horària.

Tots els valor s mesurats estan a l'annex A.1, però a continuació hi ha un **exemple** per tal d'entendre com s'ha realitzat el càlcul.

Exemple: laboratori d'Electrotècnia

Primerament hi ha la localització de l'aula a la planta baixa de l'edifici PII.

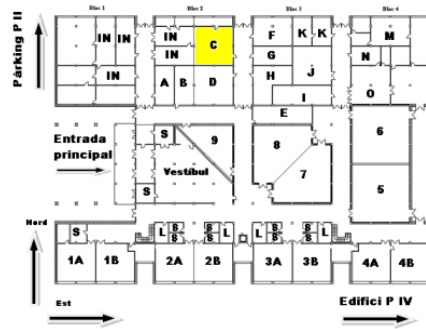


Figura 144: localització del laboratori d'Electrotècnia.

Els punts de l'aula on s'ha mesurat es mostren amb la següent figura:

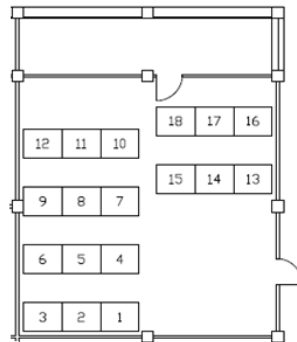


Figura 145: localització dels punts de mostreig al laboratori d'Electrotècnia.

A la següent taula hi ha tots els valors mesurats a cada punt i la mitjana realitzada per una hora concreta. Aquestes taules estan a l'annex A.1.

**Hora:** 10:15.

**Nivell d'il·luminació mitjà:** 827 lux.

Taula 45:

Posició	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Lux	997	1064	1019	1087	1217	1285	966	963	1340
Posició	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Lux	682	761	727	331	598	685	242	488	442

Amb diferents valors mitjans calculats al llarg del dia es pot realitzar la taula 46 que resumeix el nivell d'il·luminació mitjà a sobre de la superfície de treball:

Taula 46: nivells d'il·luminació natural mitjans (lux) al llarg de la franja horària.

Hora	10:15	10:50	11:30	12:30	12:50	14:30	15:15	15:55	16:35
Lux interior mitjà	827	878	953	1014	1027	873	724	548	370

Amb els valors de la taula anterior es confecciona la figura següent, que mostra l'evolució del nivell d'il·luminació interior al llarg del dia.

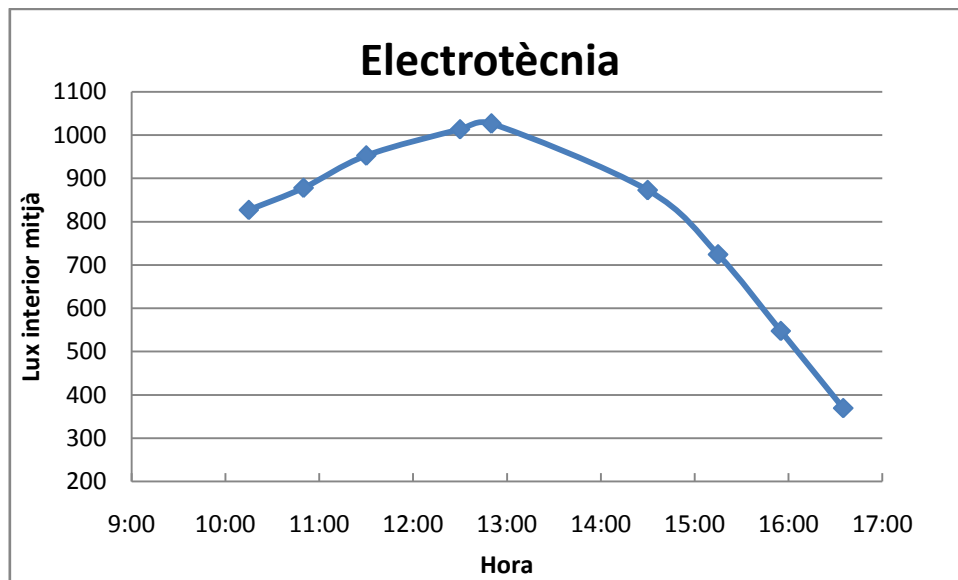


Figura 146: evolució del nivell d'il·luminació interior al laboratori d'Electrotècnia.

Amb aquest exemple queda resumit com s'han realitzat tots els gràfics que apareixen seguidament. L'únic que hi ha als annexes són els valors concrets de cada punt, ja que amb el valor mitjà ja es dona una idea de com està el laboratori en quan a la il·luminació natural.

A. Laboratori d'Electrotècnia

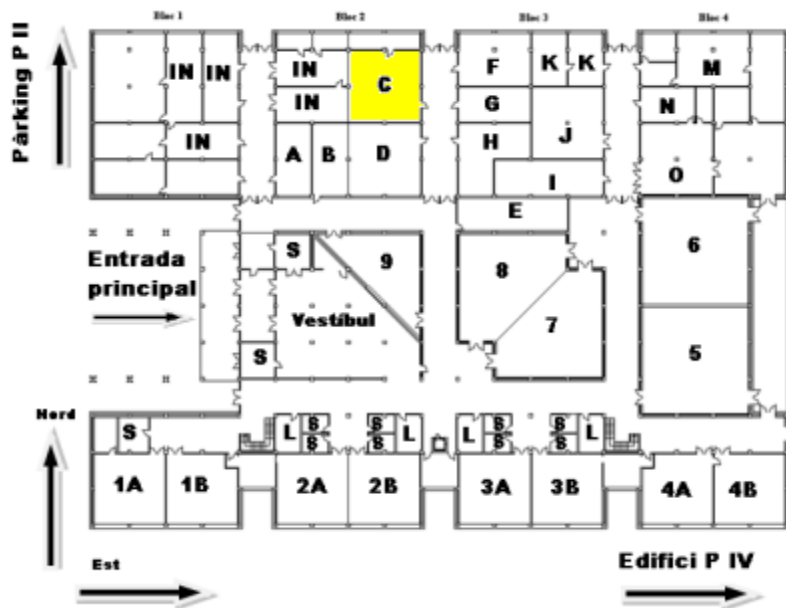


Figura 147: localització del laboratori d'Electrotècnia.

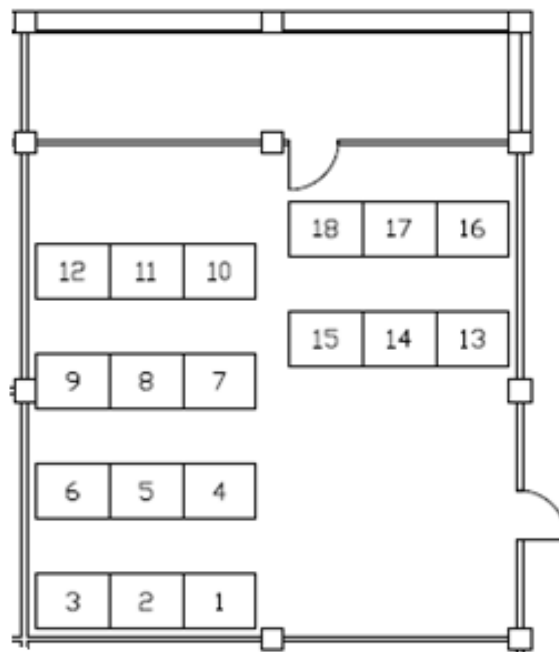


Figura 148: localització dels punts de mostreig al laboratori d'Electrotècnia.

Taula 47: nivells d'il·luminació natural mitjans (lux) al llarg de la franja horària.

Hora	10:15	10:50	11:30	12:30	12:50	14:30	15:15	15:55	16:35
<b>Lux interior mitjà</b>	827	878	953	1014	1027	873	724	548	370

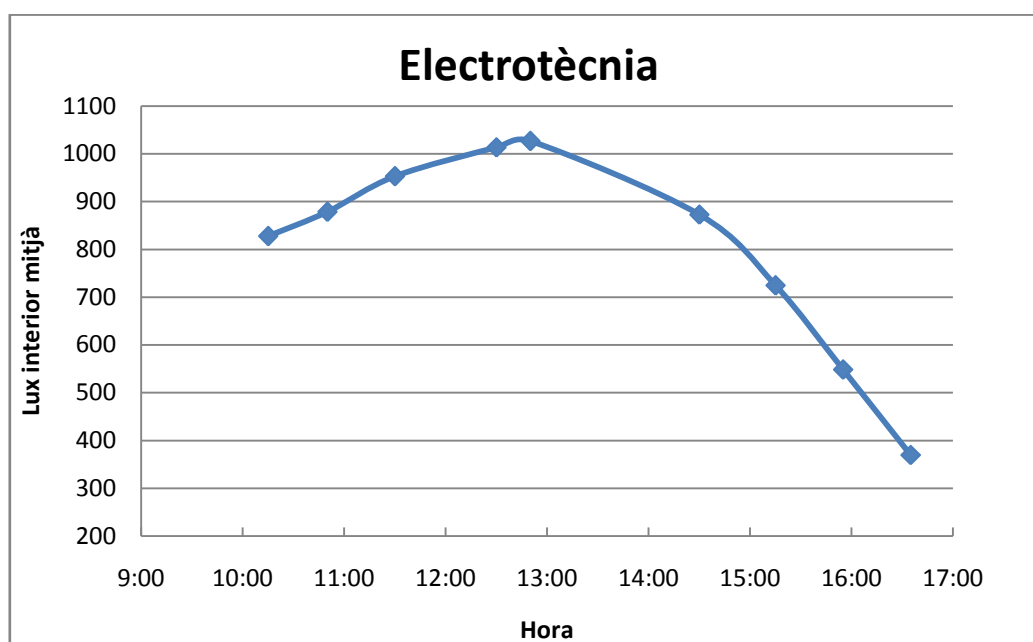


Figura 149: evolució del nivell d'il·luminació interior al laboratori d'Electrotècnia.

Durant la major part del dia hi ha una il·luminació suficient. Aquest laboratori disposa de claraboies que permeten una entrada de llum zenital. Si es mira l'annex A.1 es pot veure que els valors mesurats són molt uniformes.



## B. Laboratori de Robòtica



Figura 150: localització del laboratori de Robòtica.

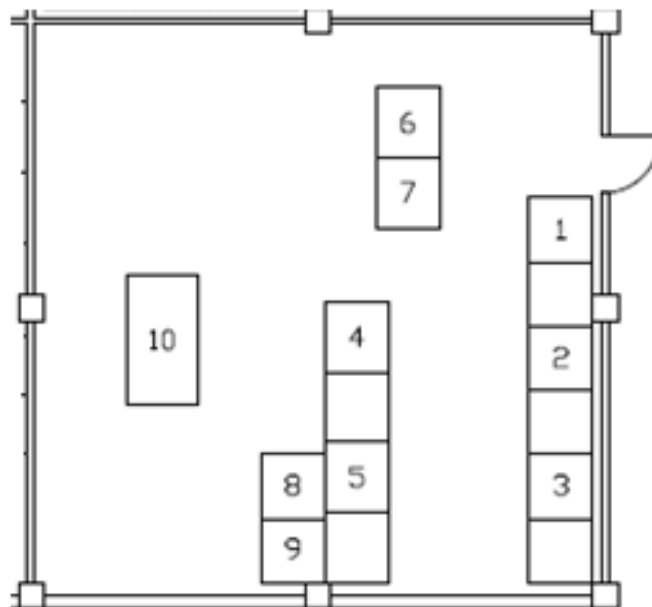


Figura 151: localització dels punts de mostreig al laboratori de Robòtica.

Taula 48: nivells d'il·luminació natural mitjans (lux) al llarg de la franja horària.

Hora	10:05	10:45	11:25	12:10	12:45	14:25	15:05	15:50	16:30
Lux interior mitjà	444	610	715	747	753	637	579	396	175

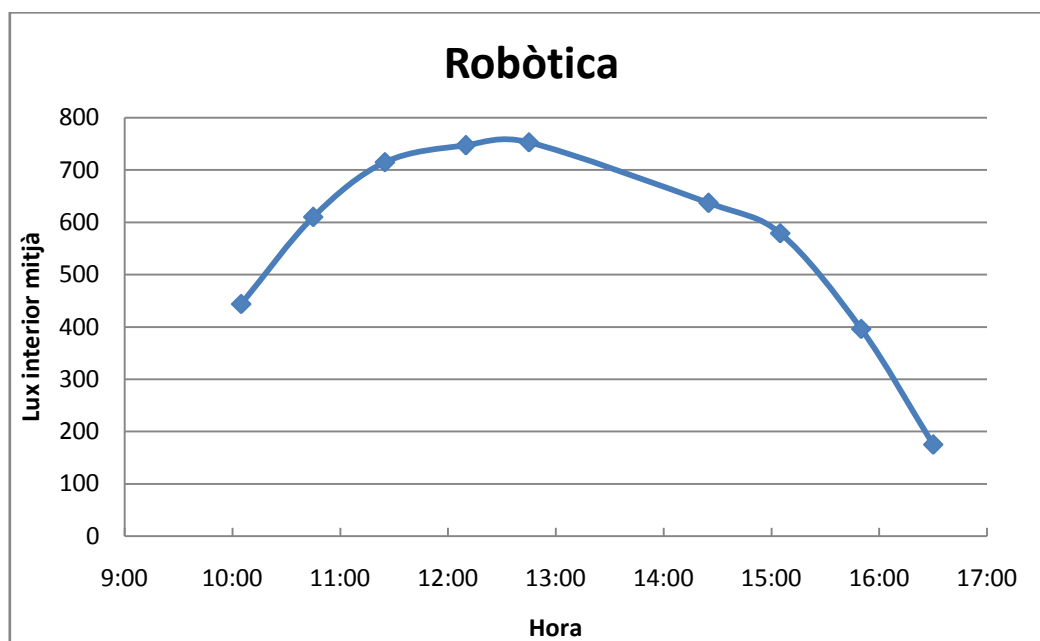


Figura 152: evolució del nivell d'il·luminació interior al laboratori de Robòtica.

Aquest laboratori disposa d'un nivell d'il·luminació natural suficient quasi tot el dia, comparat amb el que marca la normativa que són 300 lux.

C. Laboratori de Mecànica de Fluids

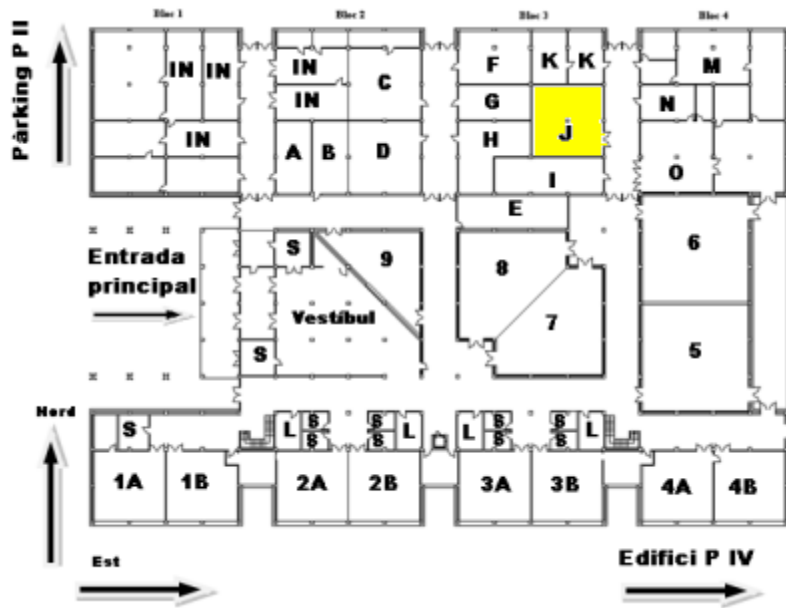


Figura 153: localització del laboratori de Mecànica de Fluids.

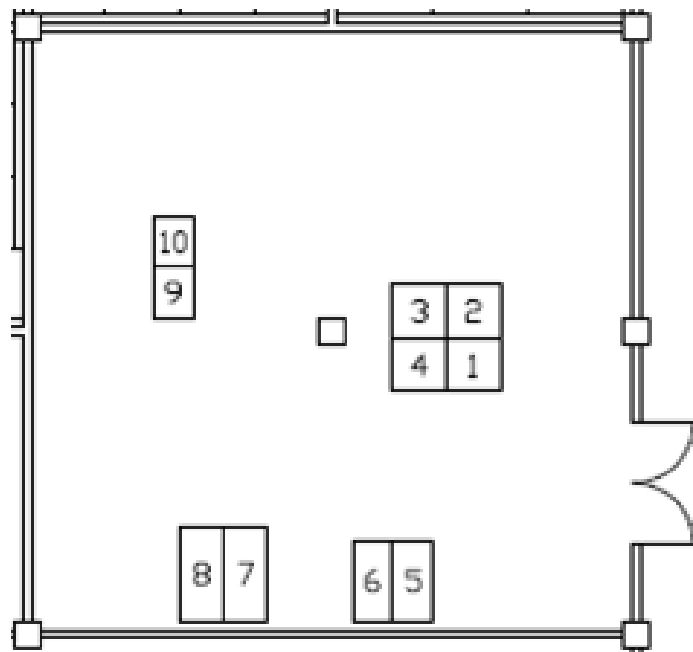


Figura 154: localització dels punts de mostreig al laboratori de Mecànica de Fluids.

Taula 49: nivells d'il·luminació natural mitjans (lux) al llarg de la franja horària.

Hora	10:25	11:00	11:35	12:15	13:00	14:45	15:20	16:05	16:40
<b>Lux interior mitjà</b>	1067	1077	1206	1281	1181	913	752	551	295

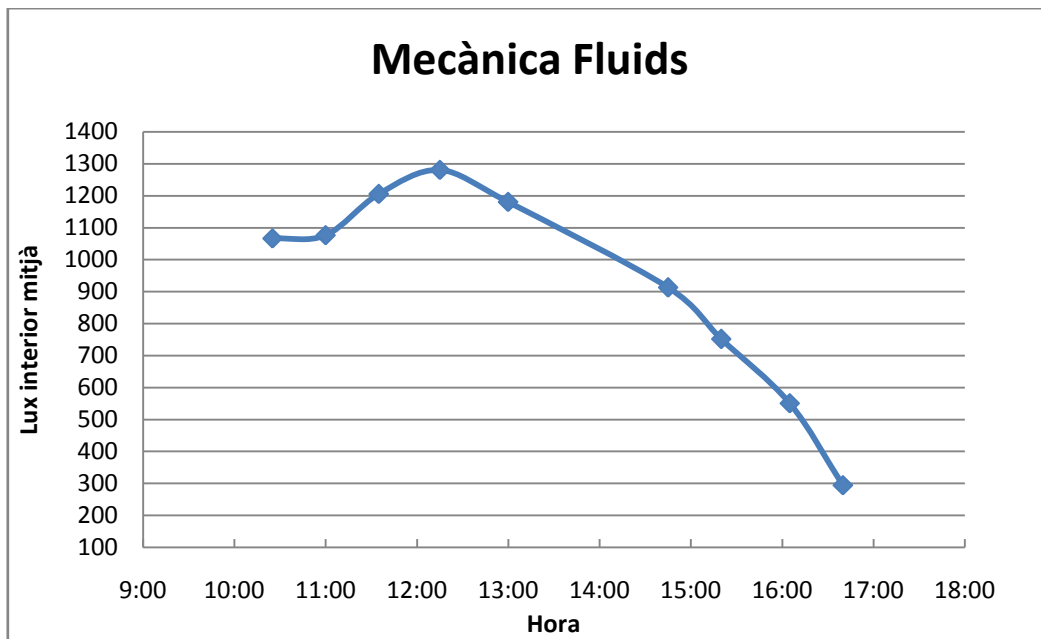


Figura 155: evolució del nivell d'il·luminació interior al laboratori de Mecànica de Fluids.

Tal com s'ha vist en els altres dos laboratoris, aquest també disposa d'una molt bona il·luminació natural.

## D. Laboratori de Lubricants i Combustibles

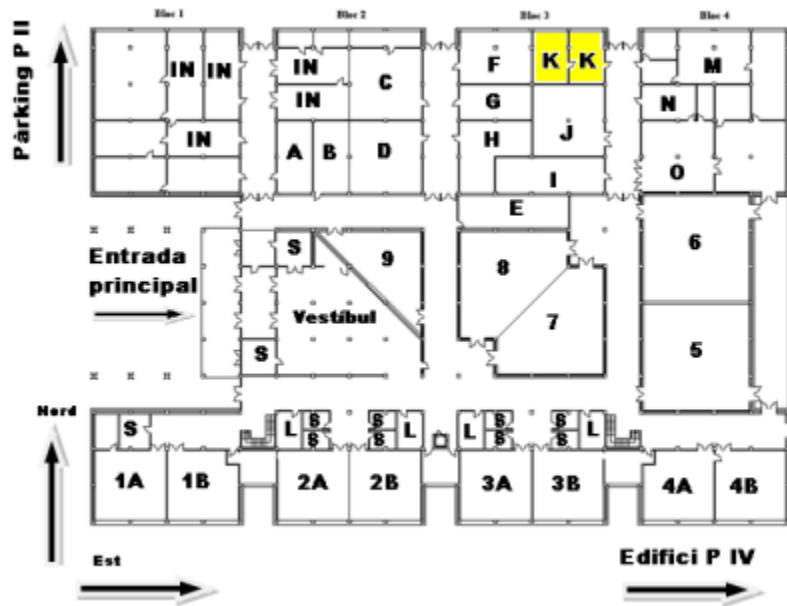


Figura 156: localització del laboratori de Lubricants i Combustibles.

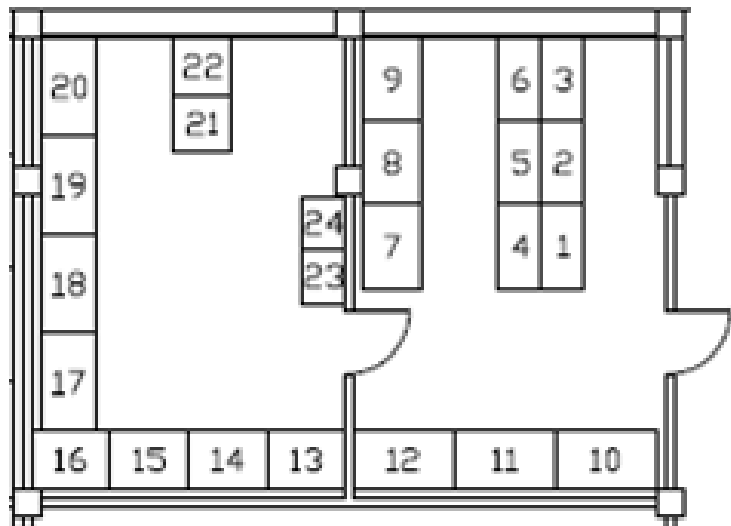


Figura 157: localització dels punts de mostreig al laboratori de Lubricants i Combustibles.

Taula 50: nivells d'il·luminació natural mitjans (lux) al llarg de la franja horària.

Hora	10:35	11:05	11:40	12:20	13:05	14:50	15:35	16:10	16:45
<b>Lux interior mitjà</b>	384	383	364	343	305	256	239	204	147

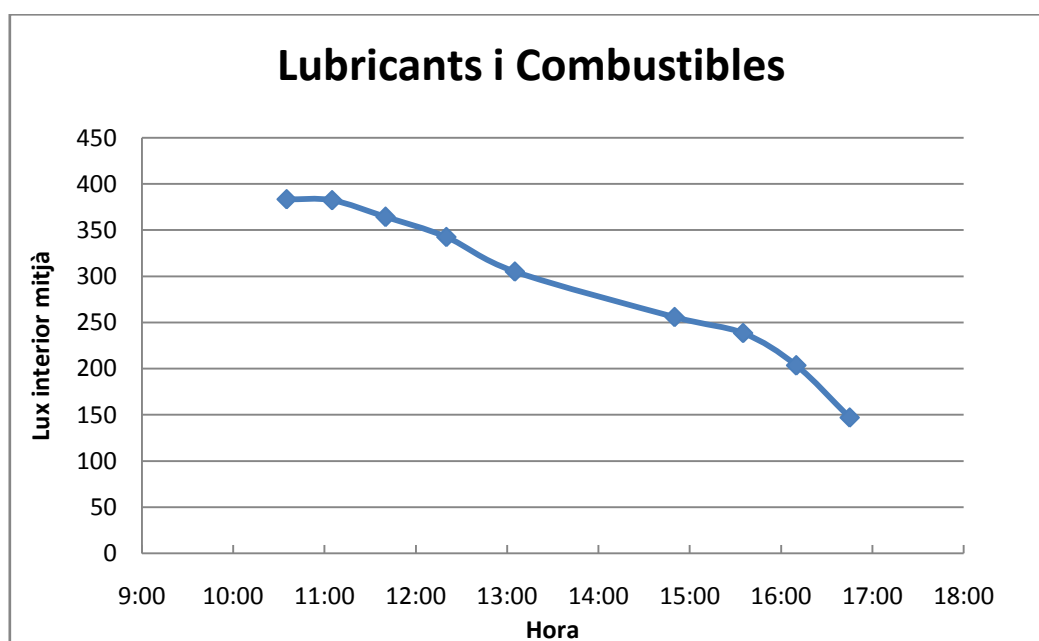


Figura 158: evolució del nivell d'il·luminació interior al laboratori de Lubricants i Combustibles.

A diferència dels laboratoris anteriors, aquest presenta un nivell d'il·luminació inferior. No gaudeix d'entrades de llum pel sostre i té finestres orientades al nord, fent que no entri massa llum diürna.

### E. Laboratori de Mecànica de Fluids Computacional



Figura 159: localització del laboratori de Mecànica de Fluids Computacional.

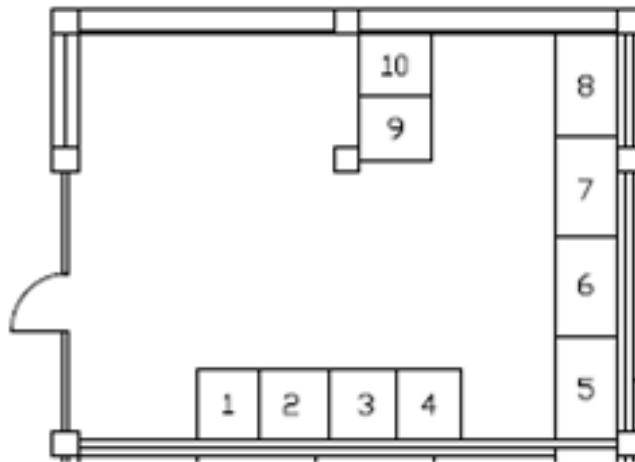


Figura 160: localització dels punts de mostreig al laboratori de Mecànica de Fluids Computacional.

Taula 51: nivells d'il·luminació natural mitjans (lux) al llarg de la franja horària.

Hora	10:45	11:25	12:05	12:45	13:15	15:25	16:00	16:45
Lux interior mitjà	508	557	542	675	553	478	422	277

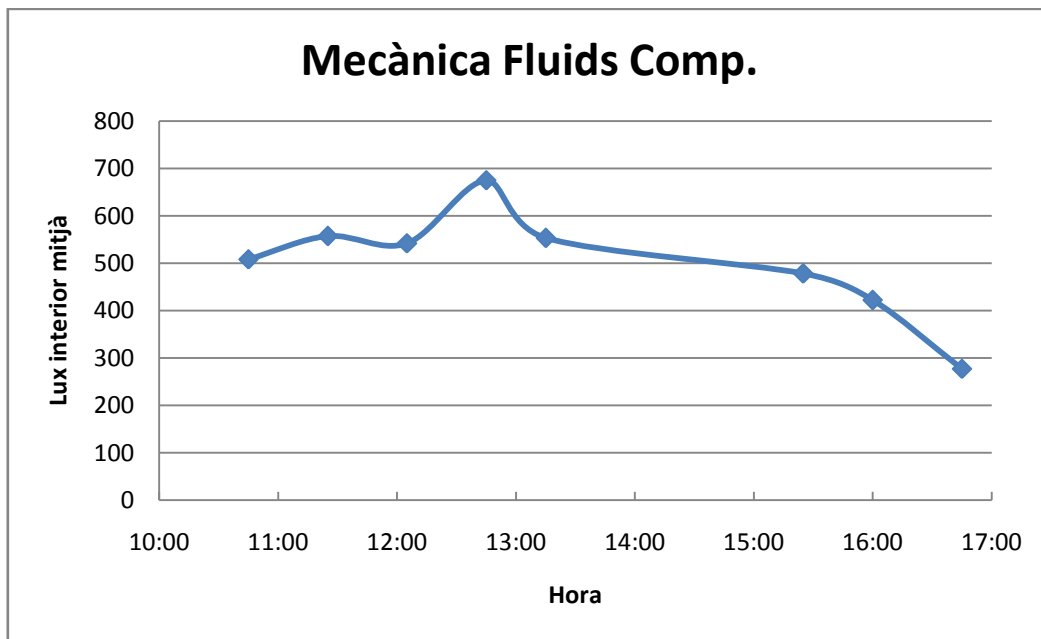


Figura 161: evolució del nivell d'il·luminació interior al laboratori de Mecànica de Fluids Computacional.

El nivell d'il·luminació es manté molt constant al llarg del dia. Com que té les finestres en direcció nord, permet una entrada de llum més regular i uniforme.



F. Laboratori de Regulació Automàtica

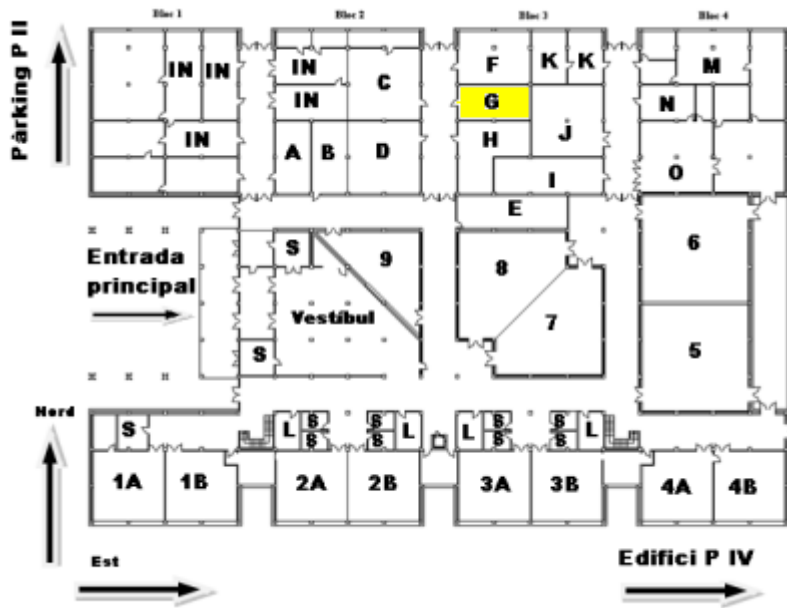


Figura 162: localització del laboratori de Regulació Automàtica.

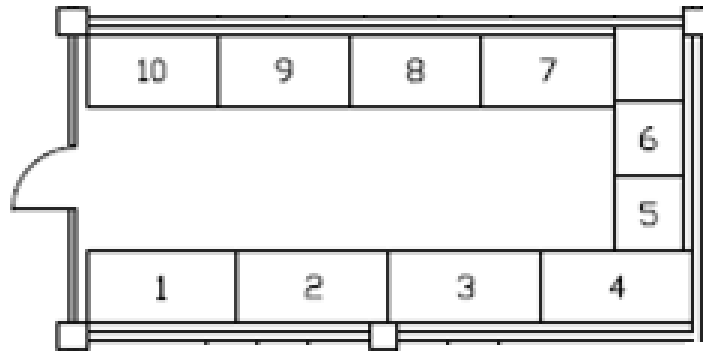


Figura 163: localització dels punts de mostreig al laboratori de Regulació Automàtica.

Taula 52: nivells d'il·luminació natural mitjans (lux) al llarg de la franja horària.

Hora	10:50	11:25	12:05	12:45	13:20	15:15	16:05	16:50
<b>Lux interior mitjà</b>	678	818	858	1020	956	661	541	202

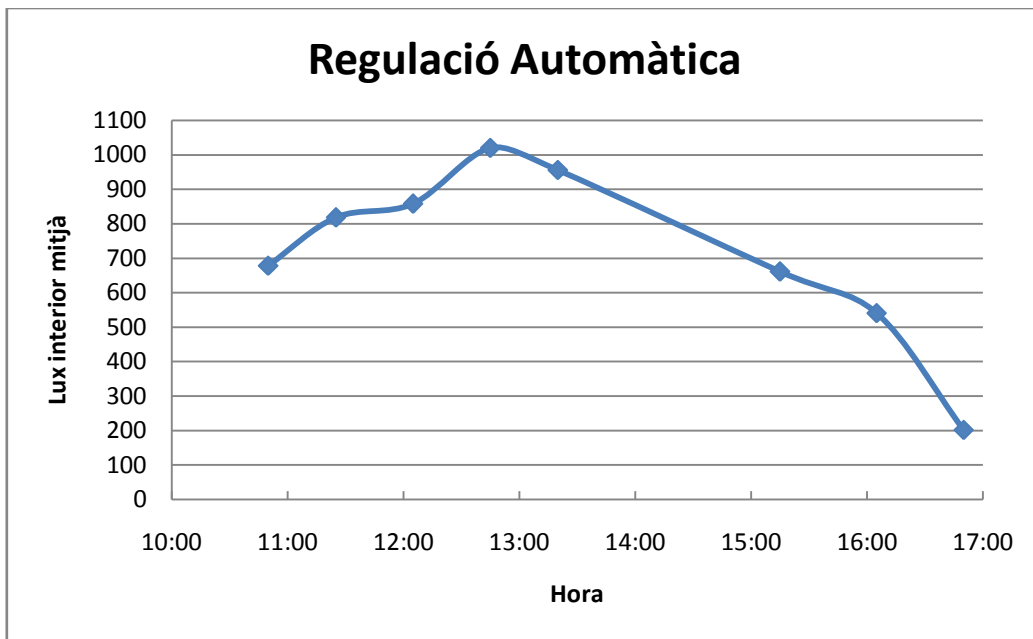


Figura 164: evolució del nivell d'il·luminació interior al laboratori de Regulació Automàtica.

Hi ha un nivell d'il·luminació que sobrepassa el doble de 300 lux (normativa) durant moltes hores del dia. Per tant es pot considerar que té un molt bon nivell d'il·luminació.

## G. Laboratori de Pneumàtica Fluídica



Figura 165: localització del laboratori de Pneumàtica Fluídica.

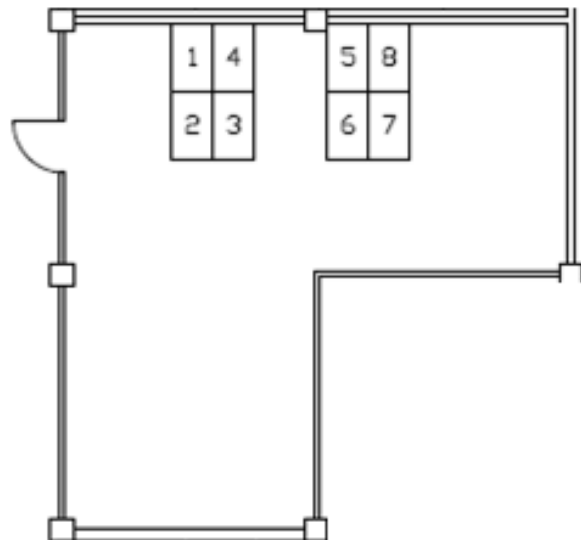


Figura 166: localització dels punts de mostreig al laboratori de Pneumàtica Fluídica.

Taula 53: nivells d'il·luminació natural mitjans (lux) al llarg de la franja horària.

Hora	10:50	11:25	12:10	12:50	13:20	15:25	16:05	16:50
<b>Lux interior mitjà</b>	961	1263	1306	1520	1407	1281	968	156

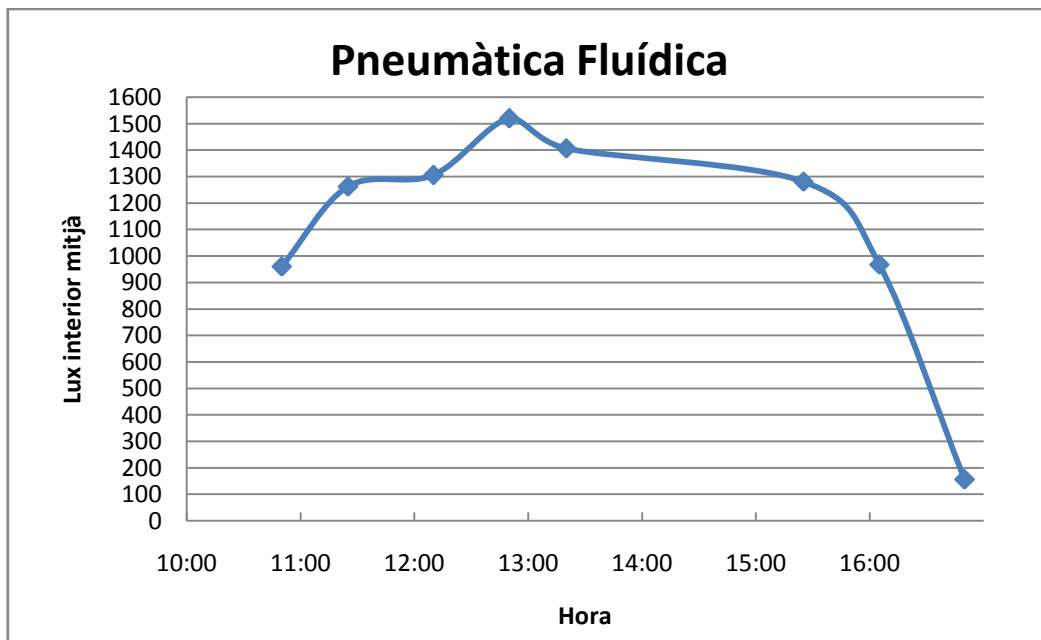


Figura 167: evolució del nivell d'il·luminació interior al laboratori de Pneumàtica Fluídica.

Les mitjanes en els punts mesurats són molt altes, tant que sobrepassen la normativa del triple en nombroses ocasions. Al final del dia la il·luminació interior en funció de la llum que penetra per les obertures decau ràpidament.

## H. Laboratori de Microprocessadors

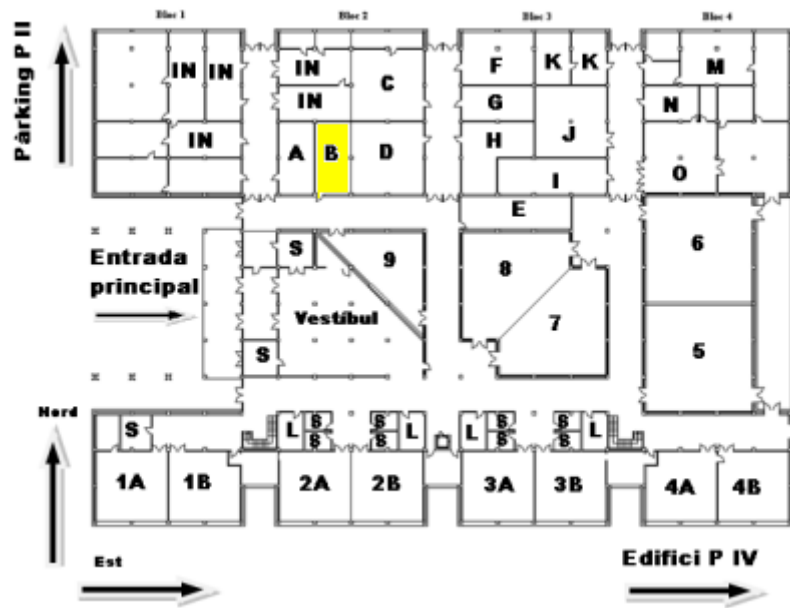


Figura 168: localització del laboratori de Microprocessadors.

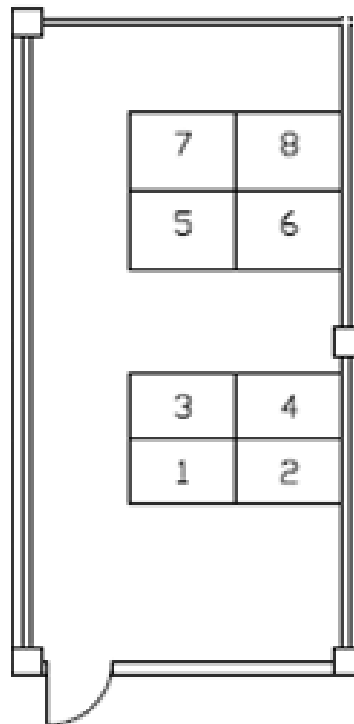


Figura 169: localització dels punts de mostreig al laboratori de Microprocessadors.

Taula 54: nivells d'il·luminació natural mitjans (lux) al llarg de la franja horària.

Hora	10:55	11:30	12:15	12:55	13:25	15:30	16:10	16:55
<b>Lux interior mitjà</b>	878	893	1135	1276	1238	1019	654	284

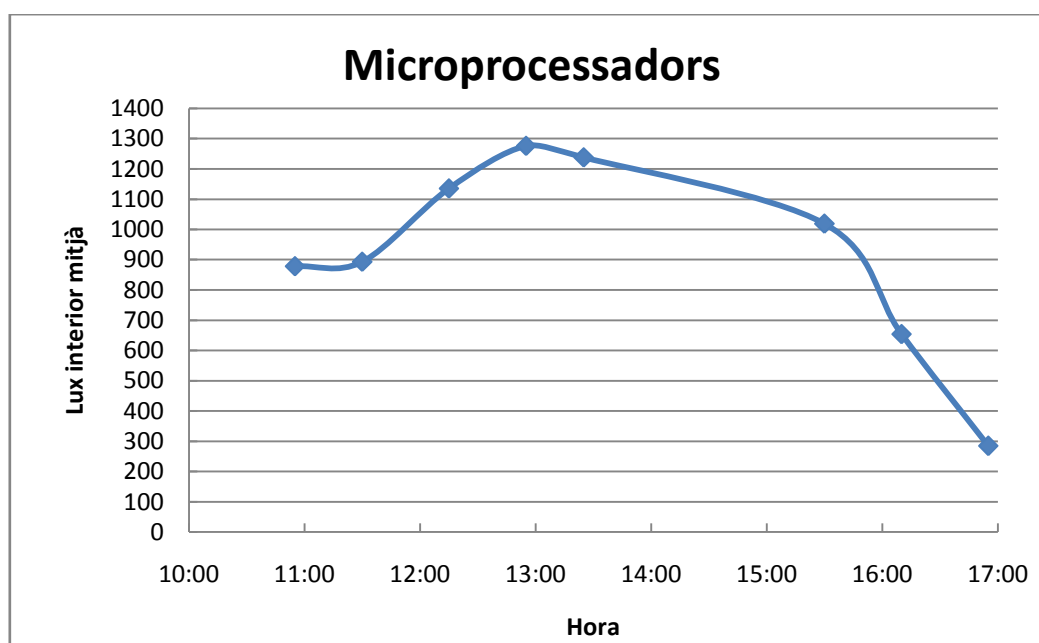


Figura 170: evolució del nivell d'il·luminació interior al laboratori de Microprocessadors.

Aquest, igual que en molts dels anteriors, té un nivell d'il·luminació més que suficient durant tot el dia.

## I. Laboratori d'Electrònica bàsica

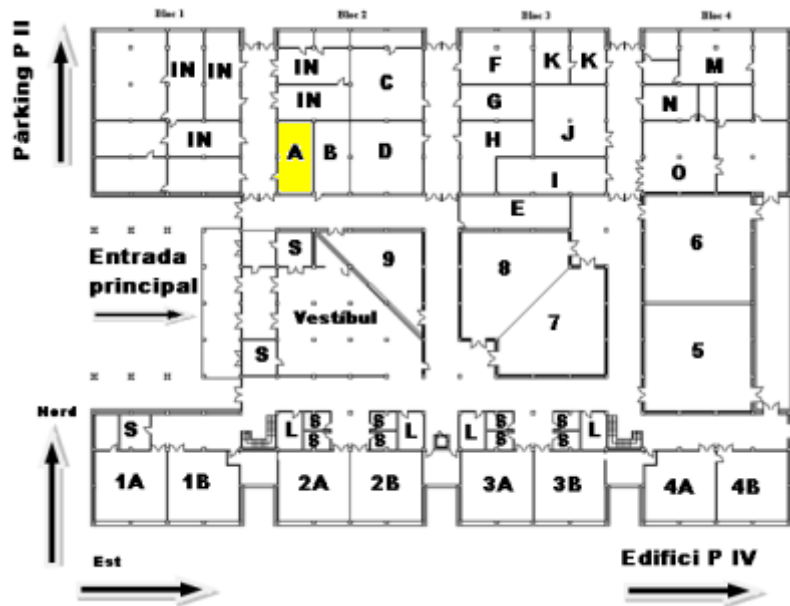


Figura 171: localització del laboratori d'Electrònica bàsica.

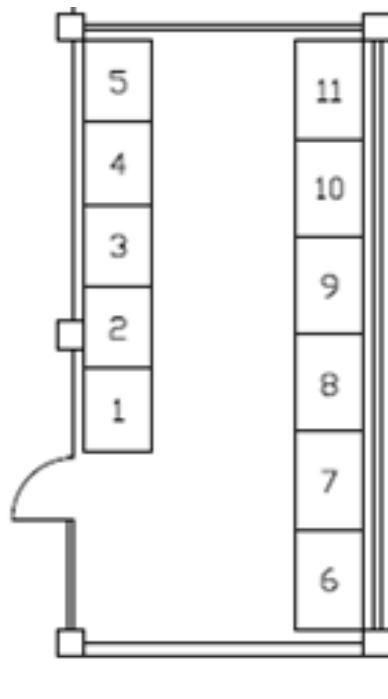


Figura 172: localització dels punts de mostreig al laboratori d'Electrònica bàsica.

Taula 55: nivells d'il·luminació natural mitjans (lux) al llarg de la franja horària.

Hora	10:55	11:30	12:10	12:50	13:25	15:25	16:10	16:50
<b>Lux interior mitjà</b>	189	238	329	425	408	502	475	147

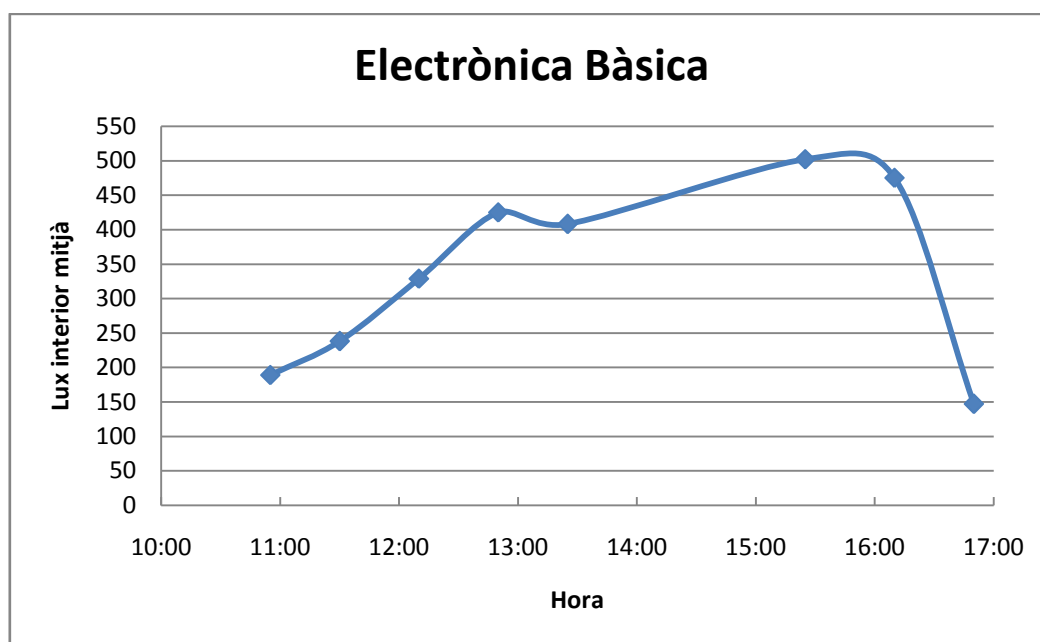


Figura 173: evolució del nivell d'il·luminació interior al laboratori d'Electrònica bàsica.

Tot i tenir un nivell d'il·luminació més que acceptable en comparació a la normativa, els valors no són tan alts com anteriorment.



J. Laboratori de Ciència i Tecnologia dels Materials

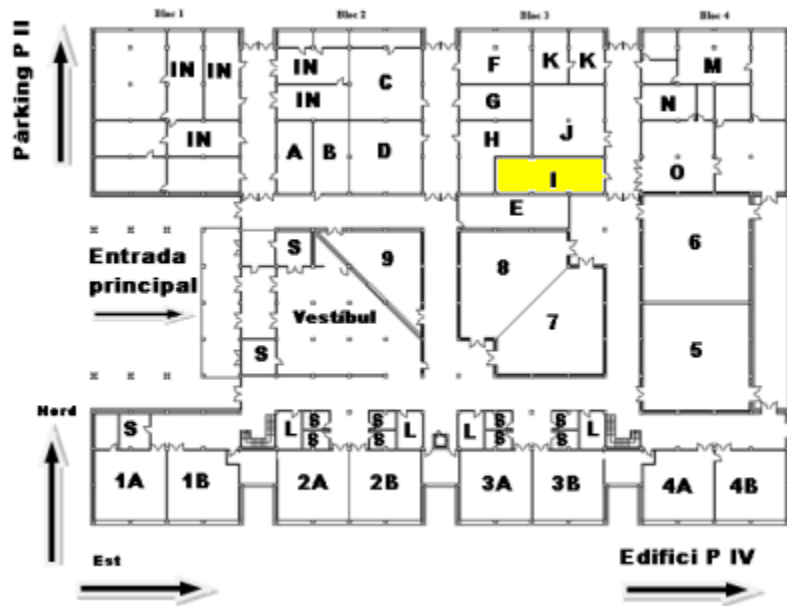


Figura 174: localització del laboratori de Ciència i Tecnologia dels Materials.

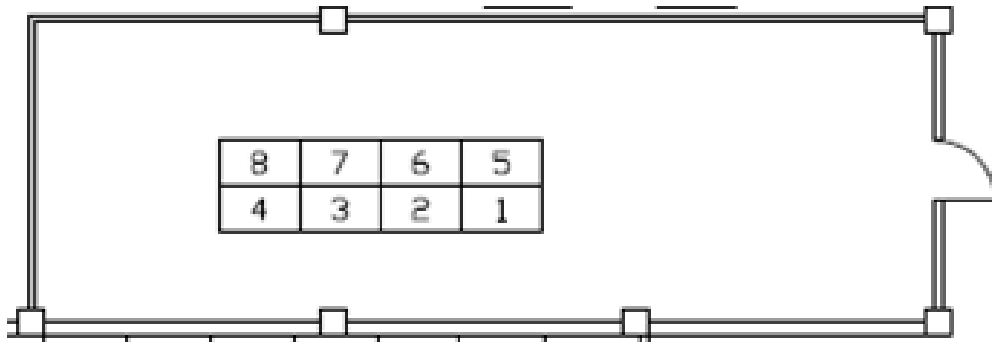


Figura 175: localització dels punts de mostreig al laboratori de Ciència i Tecnologia dels Materials.

Taula 56: nivells d'il·luminació natural mitjans (lux) al llarg de la franja horària.

Hora	11:05	11:35	12:25	13:00	13:35	15:15	15:55	16:40
Lux interior mitjà	621	658	802	993	1102	1168	808	78

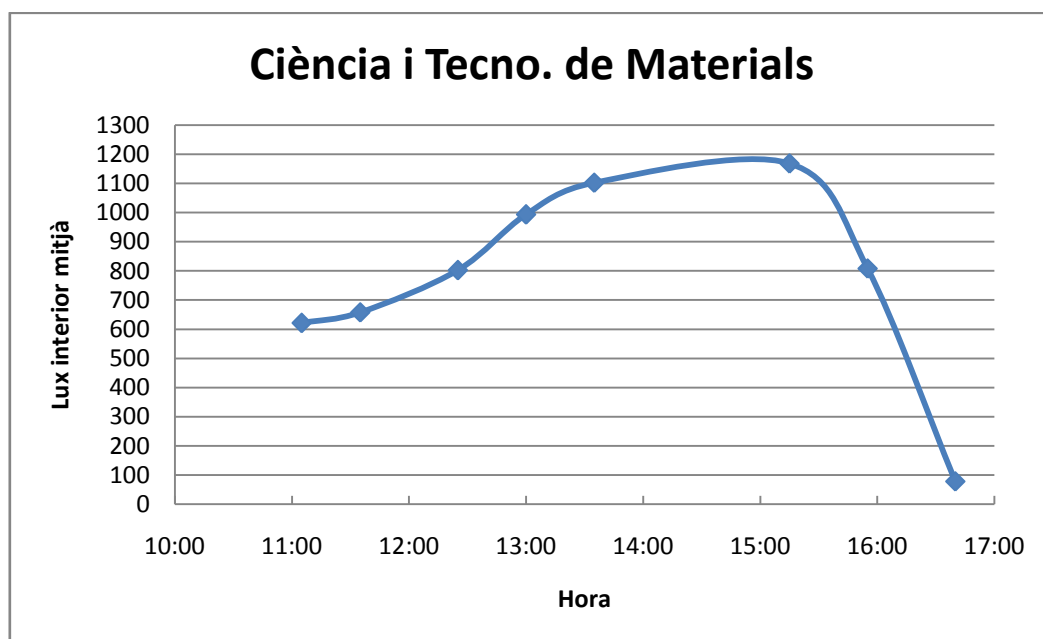


Figura 176: evolució del nivell d'il·luminació interior al laboratori de Ciència i Tecnologia dels Materials.

## K. Laboratori de Visió per Computadors

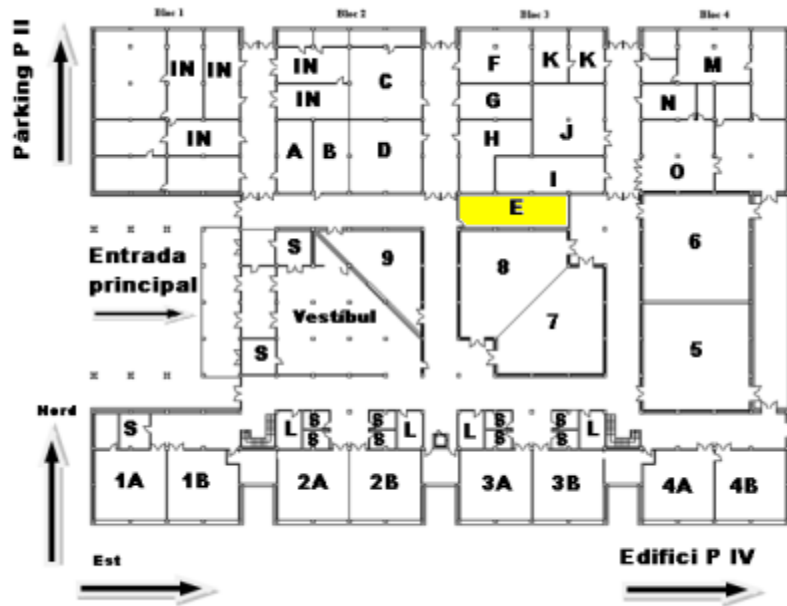


Figura 177: localització del laboratori de Visió per Computadors.

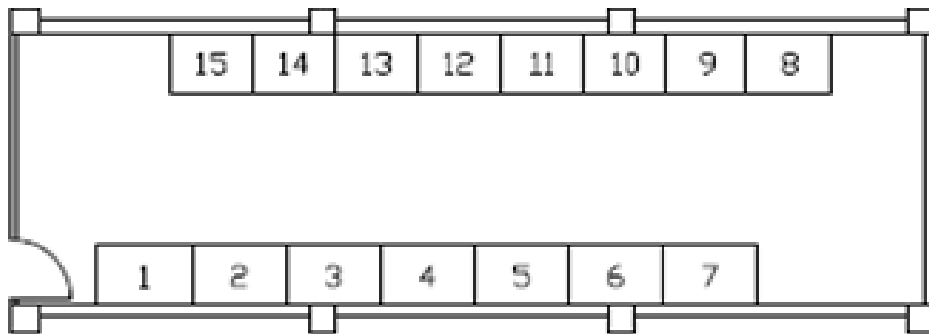


Figura 178: localització dels punts de mostreig al laboratori de Visió per Computadors.

Taula 57: nivells d'il·luminació natural mitjans (lux) al llarg de la franja horària.

Hora	11:00	11:30	12:15	12:55	13:30	15:30	16:10	16:55
Lux interior mitjà	101	67	53	56	53	46	32	14

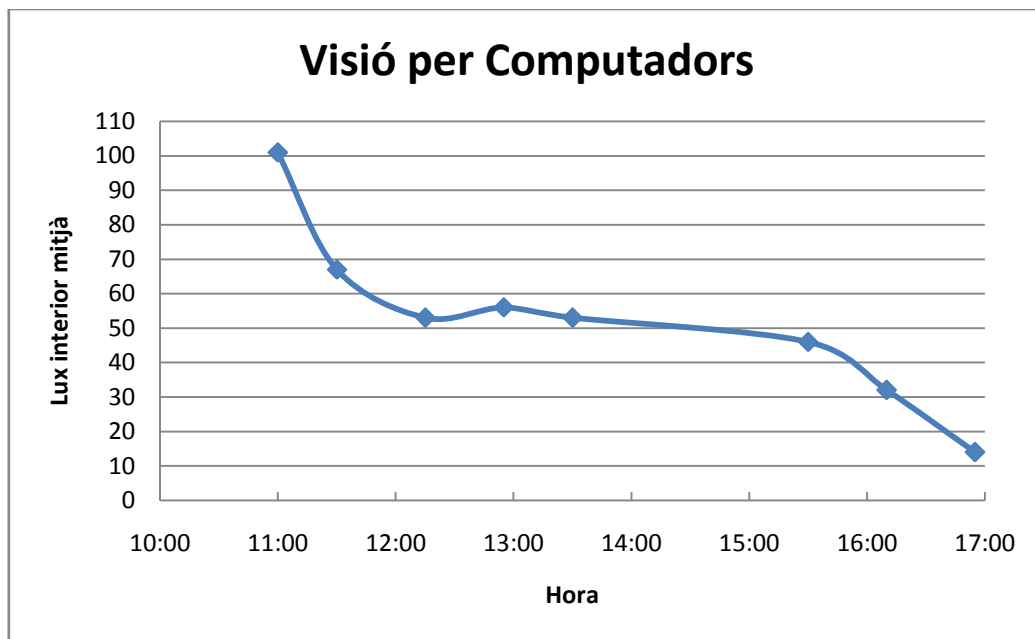


Figura 179: evolució del nivell d'il·luminació interior al laboratori de Visió per Computadors.

Aquest és el que presenta nivells d'il·luminació natural més baixos ja que no disposa de cap finestra, només d'una entrada de llum petita al sostre.

L. Laboratori de Mecànica i Manteniment Industrial

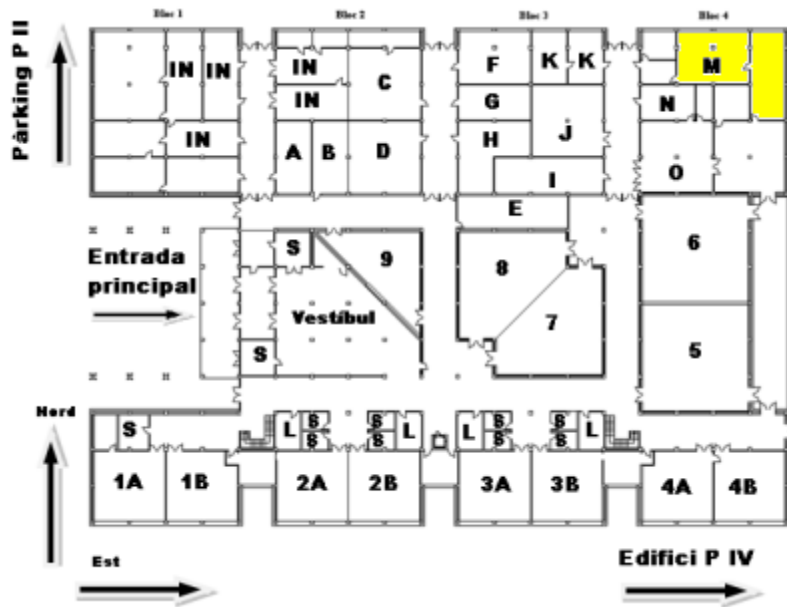


Figura 180: localització del laboratori de Mecànica i Manteniment Industrial.

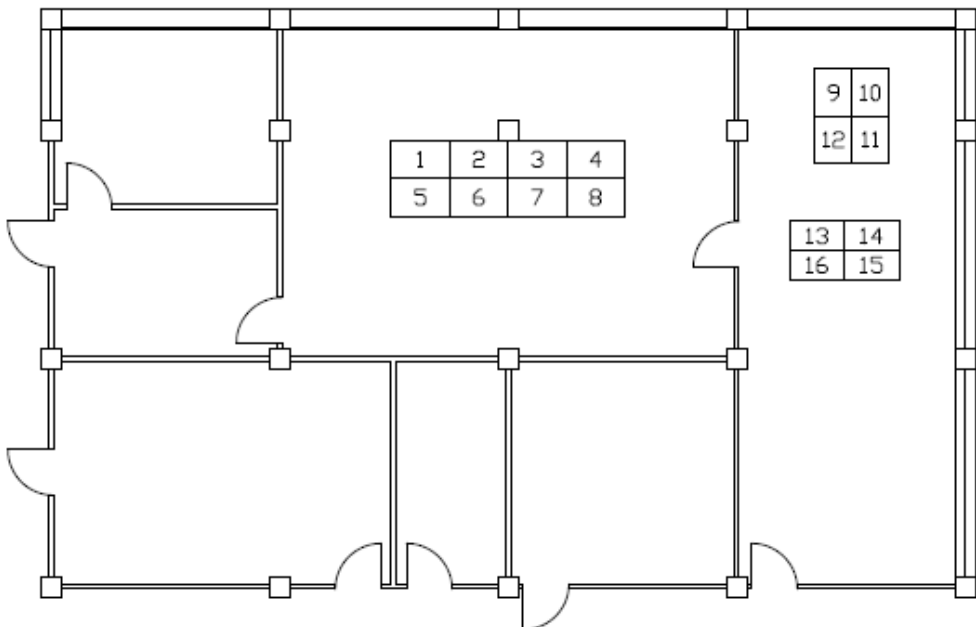


Figura 181: localització dels punts de mostreig al laboratori de Mecànica i Manteniment Industrial.

Taula 58: nivells d'il·luminació natural mitjans (lux) al llarg de la franja horària.

Hora	11:10	11:40	12:25	13:00	13:35	15:15	16:00	16:45
<b>Lux interior mitjà</b>	206	211	258	259	231	245	209	131

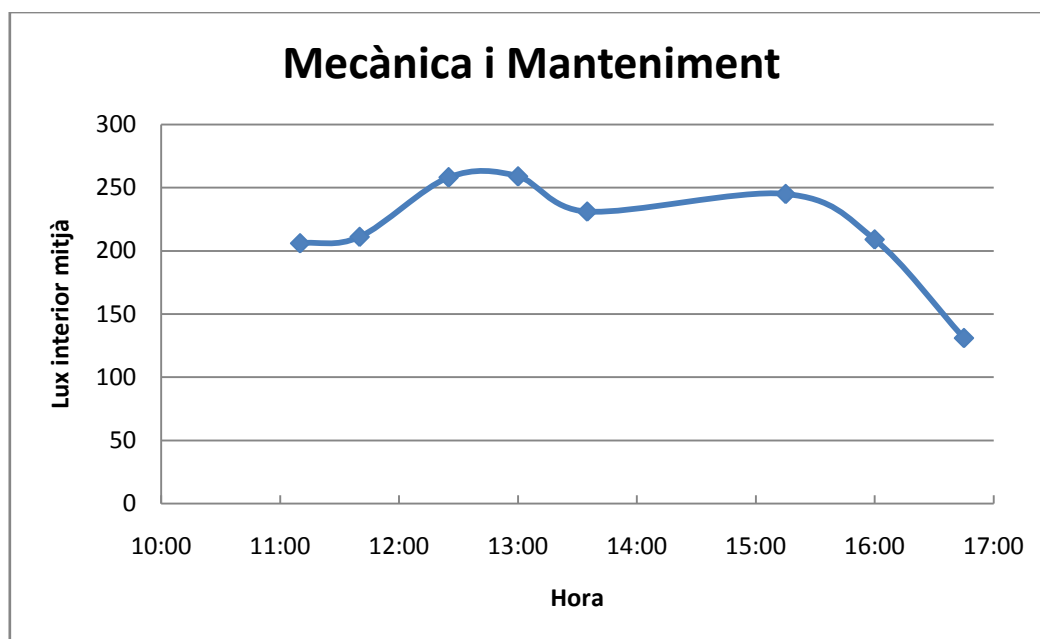


Figura 182: evolució del nivell d'il·luminació interior al laboratori de Mecànica i Manteniment Industrial.

Degut a que aquest laboratori té totes les finestres mirant al nord, la llum que hi arriba és molt uniforme durant el dia però no s'arriba a nivells d'il·luminació gaire alts.

## **2.7. CONCLUSIONS I OBSERVACIONS DE LES MESURES REALITZADES A LES AULES I LABORATORIS**

### **2.7.1. Aules orientades al sud (II01A fins II04B)**

- La il·luminació artificial d'aquest conjunt d'aules compleixen els requeriments de la normativa UNE 12464-1:2003 sobre il·luminació d'interiors (veure annex A.1.)
- La il·luminació natural a l'interior d'aquestes no és uniforme i varia paral·lelament a les finestres (apartat 2.6.1.1.), tal i com es pressuposava. Com a conseqüència d'això, s'intueix que no es podrà regular les 3 files de tubs fluorescents paral·leles a la finestra de la mateixa manera.
- Els nivells d'il·luminació en aquest grup són alts en comparació amb la normativa fet que significa que hi ha un gran potencial d'estalvi amb llum artificial.
- S'ha pogut observar que en nombroses ocasions l'enllumenat està funcionant sense que hi hagi persones a dins de les aules.

### **2.7.2. Aules centrals (II05 fins II09)**

- La il·luminació artificial d'aquestes aules compleix amb la normativa UNE 12464-1:2003 sobre il·luminació d'interiors (veure annex A.1.).
- La il·luminació interior provinent únicament de les finestres a les aules centrals (II05 a II09) és molt més uniforme que a les orientades al sud, fent que pràcticament no hi hagi cap zona que sigui molt més il·luminada que una altra. Els nivells d'il·luminació mitjans no són tant alts però hi ha possibilitat d'aprofitar llum natural en moltes hores del dia (apartat 2.6.2.2.).
- Degut a aquesta uniformitat s'han simplificat molt les mesures a cada instant de temps però s'han repetit en dues estacions diferents, per veure la diferència.
- La diferència entre els nivells d'il·luminació mitjans a la tardor i a l'hivern no és molt significativa. Tot i així, s'observa que les aules que tenen finestres orientades al sud (II05 i II07) tenen un nivell inferior a l'estació hivernal. Aquest fenomen és degut a la trajectòria més "baixa" del sol en aquesta estació.

- Independentment que les aules s'utilitzin o no, en nombroses ocasions hi ha la il·luminació encesa.

### **2.7.3. Laboratoris**

- La majoria dels laboratoris estudiats disposen de llum natural suficient durant el dia per tal de dur a terme les seves tasques (veure apartat 2.6.3.) degut a les finestres azimuthals que hi ha.
- Si no estaven ocupats la il·luminació sempre estava apagada.
- La mitjana de làmpades instal·lades a cada laboratori està compresa entre 4 i 6, i són de vapor e mercuri. Es decideix deixar el control del nivell d'il·luminació en aquests locals per a un pròxim estudi i centrar-se en optimitzar els que tenen la il·luminació natural menys uniforme que els laboratoris.

### **2.7.4. Altres**

- Durant tot aquest conjunt de mesures s'ha observat que la il·luminació dels 4 lavabos de la planta baixa del PII no deixen de funcionar mai perquè no hi entra llum natural. Per tant, s'ha considerat incloure en aquest estudi algun mecanisme que permeti apagar els 6 tubs fluorescents de cada lavabo quan no hi ha ningú.



## 2.8. ASSAJOS REALITZATS EN EL LABORATORI DE CONTROL DE PROCESSOS DE L'EDIFICI PI

### 2.8.1. Introducció: aparells utilitzats

Al mateix temps que s'ha anat veient l'estat actual de les instal·lacions d'il·luminació de l'edifici estudiat i l'afectació de la llum natural que penetra a dins de les aules, s'ha buscat informació sobre les tecnologies luminotècniques actuals.

Dins del camp de la luminotècnia, una de les marques més importants i amb més prestigi és OSRAM. Aquesta porta més de 100 anys dedicant-se a innovar en aquest sector. Des de les típiques làmpades incandescents fins als últims LED's, passant per baix consum, lluminàries... I també mecanismes que permeten aprofitar la llum natural.

Després de posar-nos en contacte amb el servei tècnic d'OSRAM i tenir-hi varies reunions, la solució òptima que ens ha proposat l'empresa ha estat instal·lar uns Equips de Connexió Electrònics per a controlar el flux lluminós de les làmpades fluorescents.

El controlador DALI MULTI 3 va ser desenvolupat per a regular i controlar el nivell d'il·luminació en els llocs de treball. Els sensors mesuren el nivell d'il·luminació i detecten la presència de persones. Les condicions d'il·luminació en un lloc de treball són mantingudes amb un punt de consigna. Si hi ha suficient llum natural la unitat de control de llum apaga les làmpades. El mateix passa per qualsevol nivell d'il·luminació quan el sistema detecta que no hi ha persones al recinte. Aquest control pot ser activat o desactivat quan es desitgi.

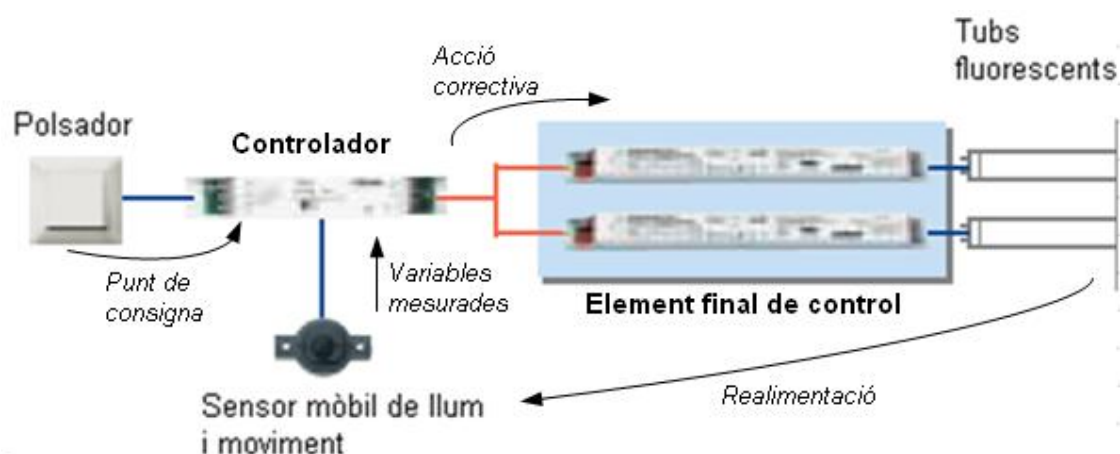


Figura 183: esquema de les diferents parts que integren el control del flux lluminós de les làmpades fluorescents.

A la figura 183 es pot veure els diferents elements que permeten regular el flux lluminós de les làmpades fluorescents. L'acció correctiva del controlador és enviada a l'element final de control, que és un balast electrònic anomenat Quicktronic Intelligent DIM.

Un gran avantatge que té aquest sistema és que **no cal canviar la instal·lació elèctrica actual de les aules**. L'únic que cal fer és substituir les actuals reactàncies per balasts electrònics, eliminar cebadors i condensadors, connectar aquest per una banda als tubs fluorescents i per altra al DALI MULTI 3. Després memoritzar el punt de consigna.

Per calibrar el punt de consigna s'han de desplegar totes les cortines (o de nit), per tal que no entri llum de fora, i tenir un polsador i el sensor connectat al DALI. Es col·loca un luxímetre a sota del sensor, a sobre del pla de treball (les taules) i es varia el flux lluminós de les làmpades mitjançant el polsador (veure instruccions a l'annex B.4) que s'ha de prémer fins al valor desitjat. Llavors, es dona l'ordre al controlador que memoritzi aquest valor.

Cada DALI MULTI 3 (amb 1 sensor) pot donar ordres a 32 balasts electrònics. Això permet que es pugui governar un grup de lluminàries nombrós amb el mateix controlador.

Un altre avantatge d'aquest sistema és que té un índex d'eficiència energètica A1, que en el mercat significa que és dels aparells més eficients que hi ha en termes de consum energètic (veure annex B.4).

Per tant, ja s'ha trobat en un element la detecció de presència i el control de llum que permet disminuir el consum elèctric gràcies a l'aprofitament de llum natural.

## 2.8.2. Assajos de laboratori

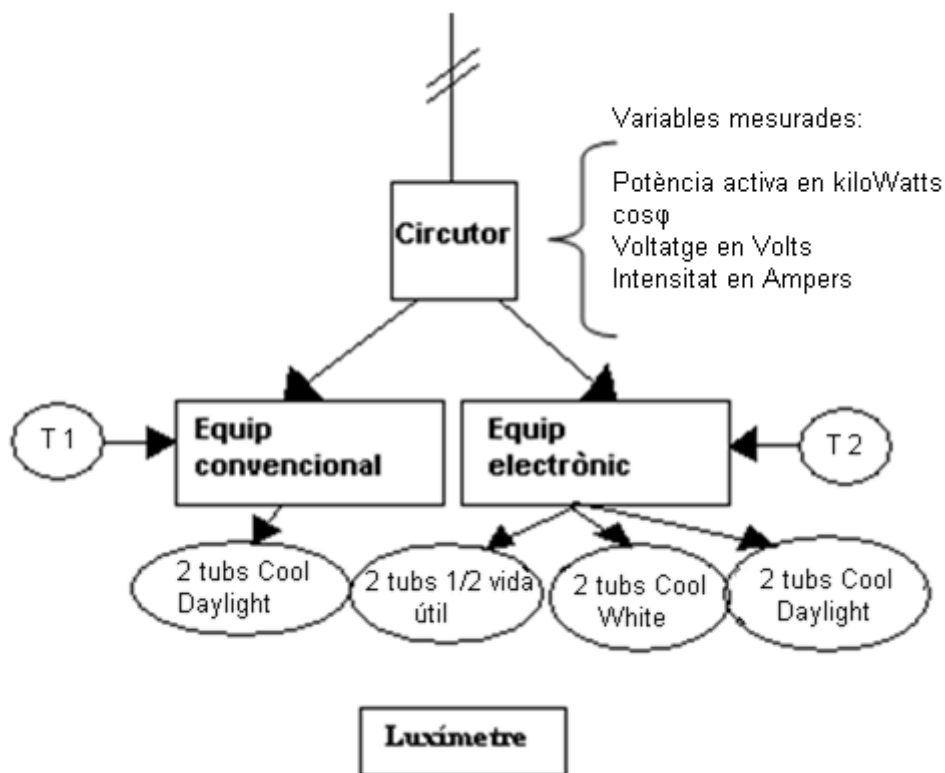
Un cop trobats els mecanismes per millorar l'aportació de llum artificial, s'han comprat els aparells que ha recomanat el fabricant per tal de poder analitzar el seu funcionament al laboratori.

Els aparells són un controlador DALI MULTI 3, el sensor mòbil LS/PD MULTI 3 B, el balast electrònic Quicktronic Intelligent DIM per 2 làmpades fluorescents T8 (Ø 26 mm) com les que hi ha actualment a les aules. Encara que en el laboratori només s'han provat dues làmpades ja que el balast és especial per aquesta quantitat, el DALI pot controlar fins 32 balasts.

També s'ha comprat un Equip de Connexió Convencional, format per dues reactàncies Phillips, 2 cebadors i 1 condensador, semblant al que hi ha actualment a les aules de l'edifici PII, per poder comparar els dos sistemes.

La resta d'elements i el connexionat d'aquests estan descrits a l'apartat 2.5.2.2. i són necessaris per a tot el muntatge.

Els passos que s'han seguit estan resumits a la figura 184:



Figures 184: esquema de les mesures realitzades del treball experimental sobre la regulació del flux lluminós.

1. Mesurar els consums elèctrics de làmpades fluorescents noves amb Equips de Connexió Convencional semblants a les que hi ha actualment a les aules del PII.
2. Mesurar els consums elèctrics de làmpades fluorescents a la 1/2 de la seva vida útil amb Equips de Connexió Electrònica.
3. Mesurar els consums elèctrics de 2 parells de làmpades fluorescents noves amb Equips de Connexió Electrònica que permeten variar el flux lluminós de les làmpades. Aquestes es diferencien pel color de la llum emesa.
4. Mesurar la temperatura al cap d'un temps d'utilització del balast convencional i del balast electrònic.

Per simplificar el seguiment de la part de l'assaig d'ara en endavant s'utilitzarà la figura 184 acolorint l'experiència que s'està realitzant. També es simplifica la nomenclatura dels tubs fluorescents amb els següents números:

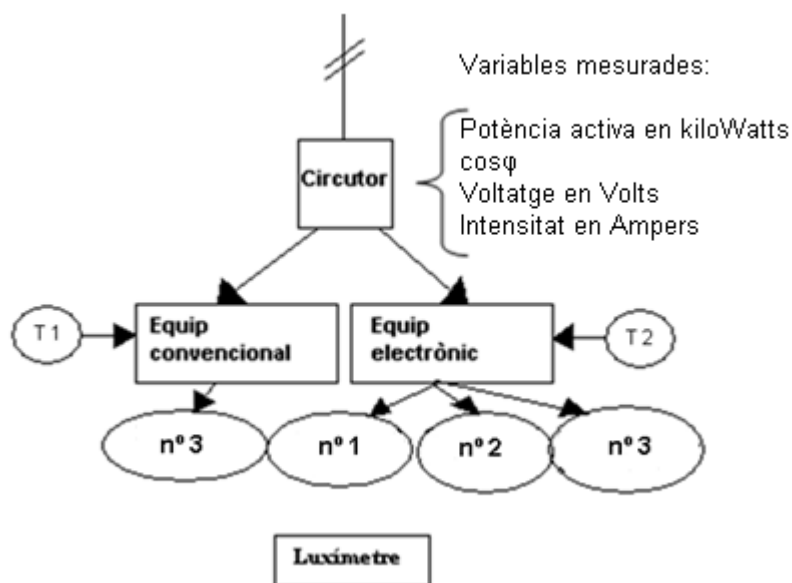
1. Fluorescents 1/2 de vida útil: s'estima que estan a la meitat de la seva vida útil.

1 tub d'OSRAM L36 W/1-860 Lumilux plus ECO

1 tub d'OSRAM L36 W/765 Cool Daylight

2. 2 unitats d'OSRAM LUMILUX COOL WHITE L36W/840 (3350 lm) (nous)

3. 2 unitats d'OSRAM LUMILUX COOL DAYLIGHT L36W/865 (3250 lm) (nous)



Figures 185: esquema de les mesures realitzades del treball experimental sobre la regulació del flux lluminós.

Amb aquesta informació s'han elaborat diferents gràfics que permeten veure com varia la potència consumida i el cosq en funció del nivell d'il·luminació mesurat pel luxímetre.

5. Comentaris a cada part apartat dels anteriors.
6. Conclusions finals i comparació entre els l'ECC i l'ECE.

Totes aquestes mesures s'han realitzat en un laboratori on no hi havia llum natural. En aquest document només hi ha una mostra de totes les mesures realitzades, si es desitja conèixer la resta s'ha de mirar l'annex A.2.

### 2.8.3. Fonaments teòrics en els que es basen els assajos de laboratori

Per entendre el tractament de les dades cal saber un concepte important en electricitat com és el triangle de potències:

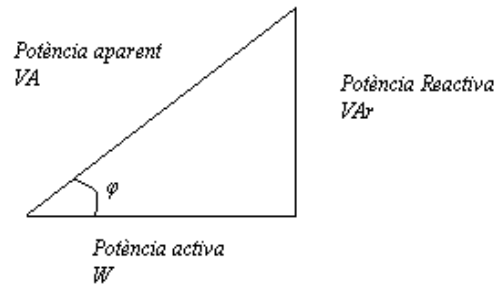


Figura 186: esquema del triangle de potències

$$P_{activa} = V \times I \times \cos\varphi \quad [\text{Eq. 4}]$$

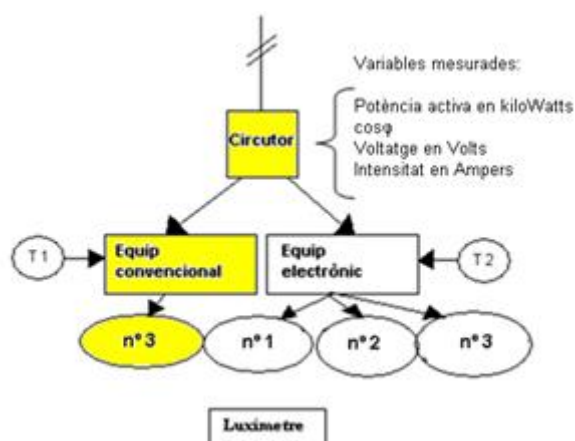
$$P_{reactiva} = V \times I \times \sin\varphi \quad [\text{Eq. 5}]$$

$$P_{aparent} = V \times I \quad [\text{Eq. 6}]$$

Les unitats de la potència activa són Watts, de la potència reactiva són Volt Ampers reactius i de la potència aparent Volt Ampers.

S'utilitzarà l'equació 4 per calcular el valor de potència activa a partir del voltatge, intensitat i  $\cos\varphi$  donats pel Circutor i comparar-lo amb el valor de potència activa que dóna directament aquest aparell.

## 2.8.4. Equip de Connexió Convencional (ECC)



Figures 187: part de l'experiència dedicada a l'Equip de Connexió Convencional.

Aquest equip no permet regular el flux lluminós de les làmpades, per tant és important veure les variables mesurades al cap d'un temps de posada en marxa (2 hores).

Si es desitja veure com canvia el nivell d'il·luminació al principi d'encendre els tubs fluorescents es pot consultar l'annex A.2. Es podrà veure que passen uns minuts abans que no s'arriba al màxim de nivell d'il·luminació. Això és degut a que no tots els electrons del gas contingut a dins del tub fluorescent s'exciten al mateix temps. A l'inici s'exciten la majoria, i a mesura que augmenta la temperatura de la làmpada ho fa la resta.

Aquest assaig s'ha realitzat amb les làmpades fluorescents OSRAM LUMILUX Cool Daylight que són les més semblants a les que hi ha actualment a les aules.

Taula 59: resum assaig amb equip convencional.

Paràmetre mesurat	Valor
Nivell d'il·luminació	1990 lux
Potència consumida per dos tubs	85 W
Voltatge	229,8 V
Intensitat	0,397 A
Cosφ	0,93
Temperatura a les 2 reactàncies amb 2 hores de funcionament	60°C (Tamb.19°C)

a) Diferència entre la potència activa mesurada i la calculada:

Potència activa mesurada d'1 tub fluorescent:  $85\text{W}/2 = \mathbf{42,5\ W}$

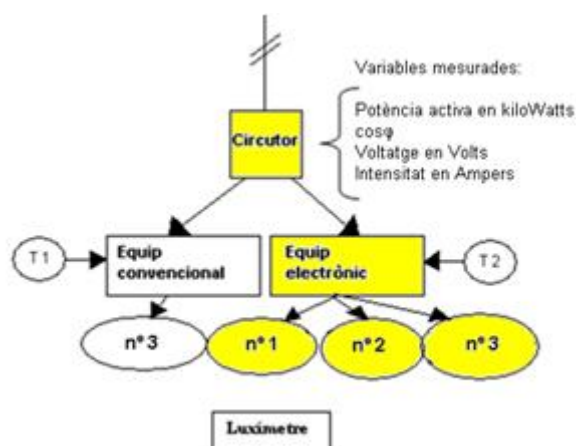
Potència activa calculada per 1 tub fent servir l'equació 4 quan el flux lluminós està estabilitzat:

$$P = (229,8 \times 0,397 \times 0,93)/2 = \mathbf{42,4\ W}$$

Es pot veure que no hi ha diferència significativa, per aquest motiu en els gràfics que es realitzaran més endavant s'utilitzaran els valors de potència activa mesurats directament amb el Circutor.



### 2.8.5. Equip de Connexió Electrònic (ECE) d'OSRAM



Figures 188: part de l'experiència dedicada a l'Equip de Connexió Electrònic.

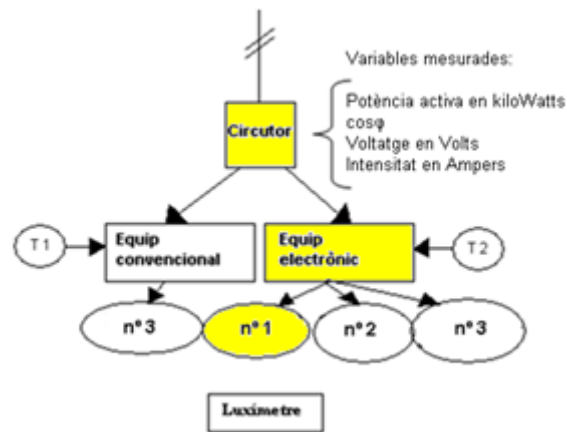
En aquesta part de l'experiència s'ha fet rampes ascendents i descendents de flux lluminós i de potència consumida mitjançant un polsador connectat al controlador DALI (anul·lant la funció del sensor). S'han mesurat els diferents paràmetres que surten a la figura 188 per poder realitzar gràfics de com canvien els diferents paràmetres elèctrics en funció del nivell d'il·luminació mesurat. D'aquesta forma s'observa si hi ha un comportament d'histèresis o lineal.

S'han realitzat gràfics amb els valors anteriors de potència activa i  $\cos\phi$  en funció del nivell d'il·luminació. També s'han realitzat els mateixos gràfics prenent el nivell d'il·luminació relatiu agafant com a base el valor màxim, ja que d'aquesta forma els valors no depenen de l'alçada a la qual estaven els tubs ni de la quantitat d'aquests, podent extrapolar el comportament lluminós de 2 fluorescents a més tubs.

Per cada parell de tubs fluorescents es mostrarà un resum de les dades (consultar annex A.2. per veure tots els valors).

Com en l'apartat 2.8.4. també hi ha un cert temps que les làmpades tarden a arribar al màxim del flux lluminós. A les conclusions (apartat 2.8.6.) es dona aquest valor que està detallat a l'annex A.2.

### 2.8.5.1. Fluorescents 1/2 de vida útil



Figures 189: part de l'experiència dedicada a l'Equip de Connexió Electrònic amb làmpades a 1/2 de vida útil.

Taula 60: evolució de les variables mesurades per a 2 fluorescents a la 1/2 de vida útil.

Lux	Intensitat (A)	Voltatge (V)	Cosφ	Potència consumida (kW)	
1530	0,313	229,6	0,98	0,071	màxim
1156	0,25	230,2	0,97	0,056	
827	0,198	229,6	0,96	0,044	
396	0,134	230,7	0,92	0,028	
17	0,079	231,1	0,75	0,014	mínim
32	0,082	228,9	0,77	0,014	
826	0,204	225,7	0,96	0,044	
1178	0,262	228,4	0,97	0,059	
1526	0,315	228,5	0,98	0,071	màxim

Resum de les dades més rellevants de la taula anterior:

Valor màxim de nivell d'il·luminació: 1530 lux.

Valor màxim de potència consumida: 0,071 kW.

Valor mínim de nivell d'il·luminació: 17 lux.

Valor mínim de potència consumida: 0,014 kW

Valor màxim de cosφ: 0,98.

Valor mínim de cosφ: 0,75.

a) Evolució de la potència consumida en funció del nivell d'il·luminació:

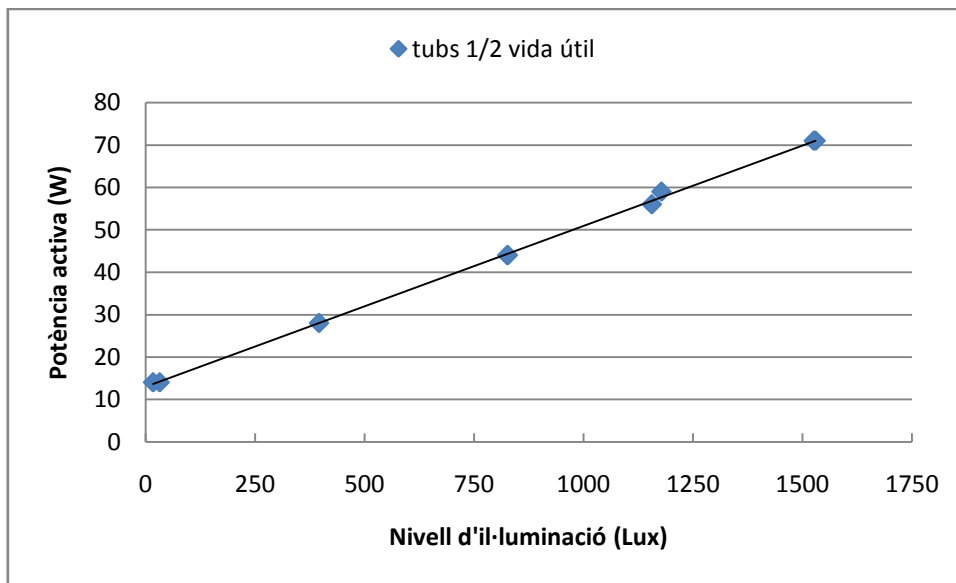


Figura 190: gràfic on es mostra la potència consumida en funció del nivell d'il·luminació.

L'equació de tendència lineal és la següent:

$$y = 0,038x + 12,95$$

$$r^2 = 0,999$$

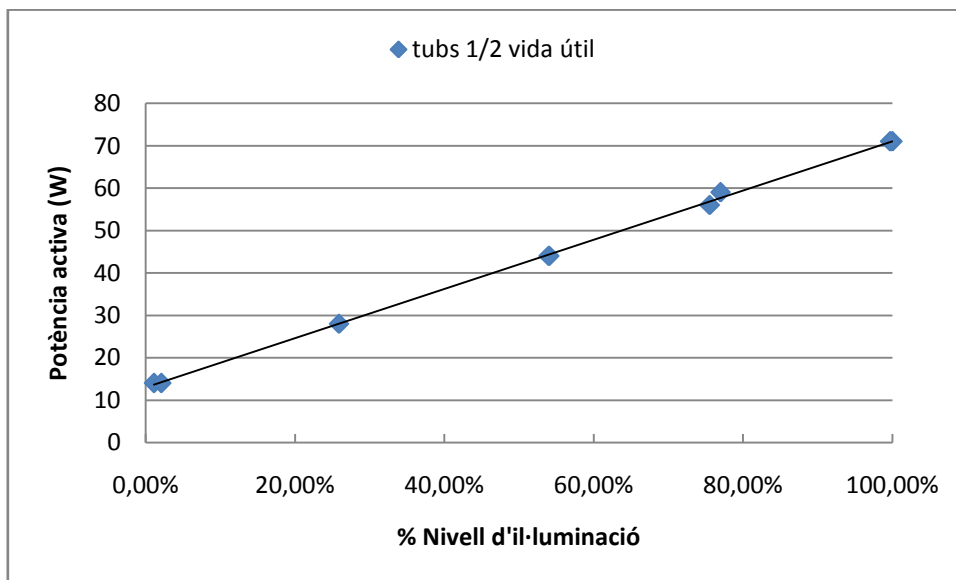


Figura 191: gràfic on es mostra la potència consumida en funció del percentatge de nivell d'il·luminació.

L'equació de tendència lineal és la següent:

$$y = 58,11x + 12,95$$

$$r^2 = 0,999$$

b) Evolució del  $\cos\phi$  en funció del nivell d'il·luminació:

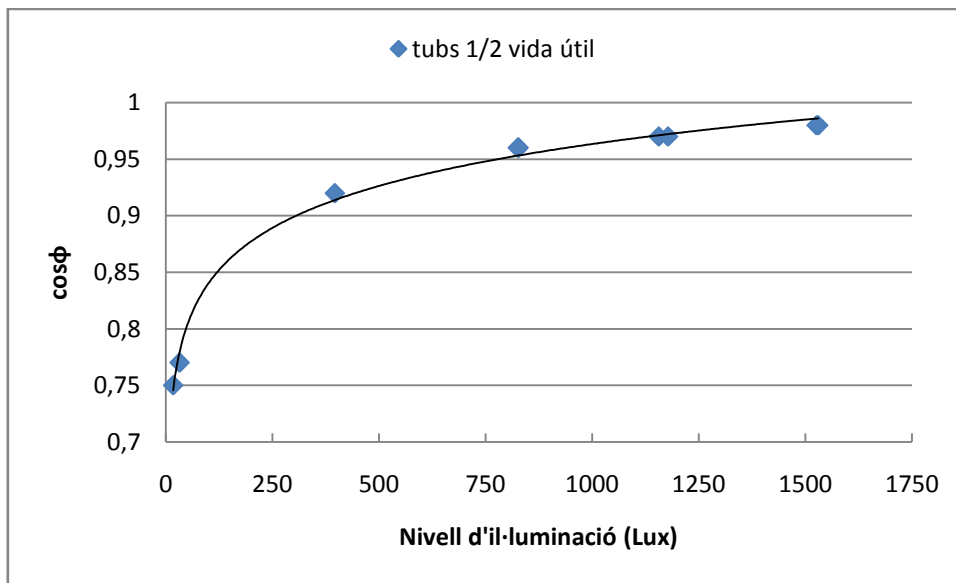


Figura 192: gràfic on es mostra el  $\cos\phi$  en funció del nivell d'il·luminació.

L'equació de tendència logarítmica és la següent:

$$y = 0,053 \ln x + 0,594$$

$$r^2 = 0,995$$

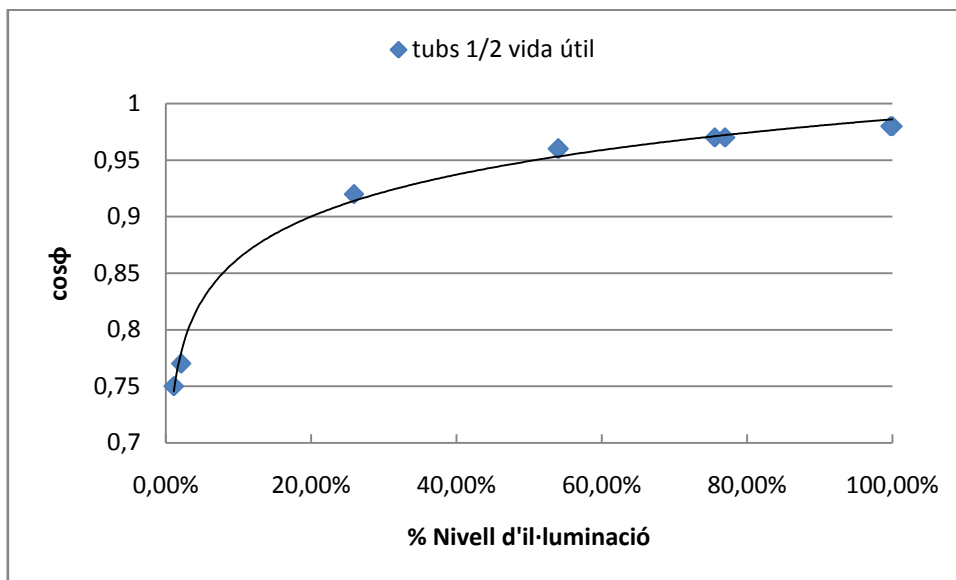


Figura 193: gràfic on es mostra el  $\cos\phi$  en funció del percentatge de nivell d'il·luminació.

L'equació de tendència logarítmica és la següent:

$$y = 0,053 \ln x + 0,986$$

$$r^2 = 0,995$$

S'observa a les figures 190 i 191 que la potència varia linealment amb el nivell d'il·luminació.

Encara que pel mínim valor de lux la potència consumida sigui 14 W, si s'apaguen els tubs fluorescents el consum mesurat és de 0 W.

En canvi, el cosφ en funció del nivell d'il·luminació segueix una tendència logarítmica. Si ens fixem en la gràfica obtinguda del cosφ en funció del percentatge de nivell d'il·luminació el valor de cosφ no cau per sota de 0,9 fins al 20% de nivell d'il·luminació:

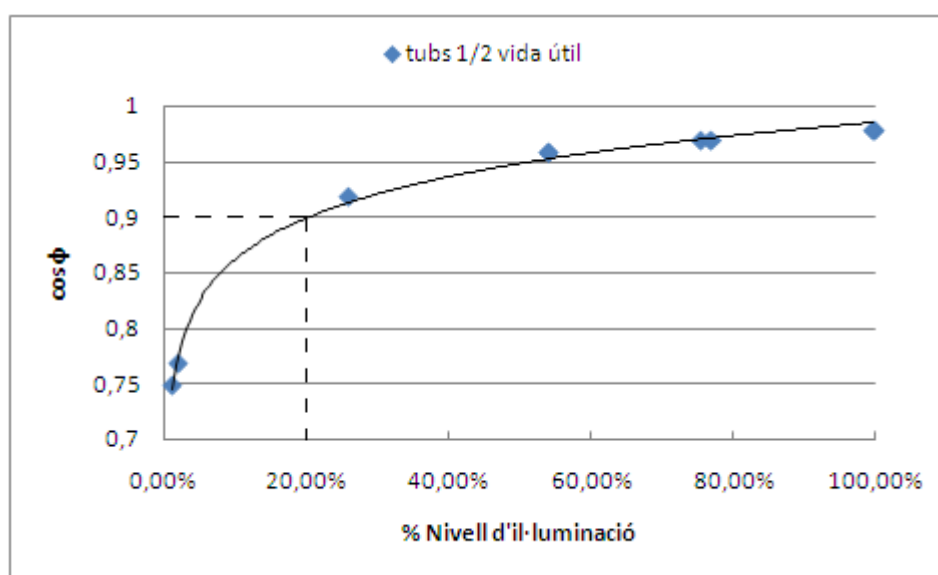


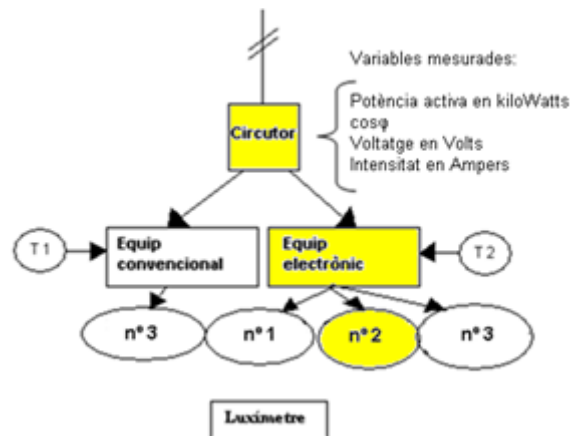
Figura 194: gràfic on es mostra el cosφ en funció del percentatge de nivell d'il·luminació.

Aquest valor és el mínim que marca el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió per tal de no tenir recàrrec en la factura d'electricitat. Si es cau per sota d'aquest valor s'incrementa el preu de la factura, i si s'augmenta hi ha bonificació.

c) Temperatura del balast electrònic:

Taula 61.

	Inici	Final (2 hores)
Temperatura ambient (°C)	18,8	18,5
Temperatura balast (°C)	18,7	30,2

2.8.5.2. *Fluorescents COOL WHITE*

Figures 195: part de l'experiència dedicada a l'Equip de Connexió Electrònica amb làmpades Cool White.

Taula 62: evolució de les variables mesurades per a 2 fluorescents COOL WHITE 840.

Lux	Intensitat (A)	Voltatge (V)	Cosφ	Potència consumida (kW)	
1760	0,313	228,2	0,98	0,07	màxim
985	0,206	227,9	0,96	0,045	
523	0,143	229	0,92	0,03	
232	0,108	227,9	0,85	0,021	
18	0,077	228,5	0,74	0,013	mínim
461	0,138	230,1	0,91	0,029	
1178	0,234	232,2	0,97	0,053	
1407	0,267	234	0,97	0,061	
1714	0,309	233,3	0,98	0,071	màxim

Resum de les dades més rellevants de la taula anterior:

Valor màxim de nivell d'il·luminació: 1760 lux.

Valor màxim de potència consumida: 0,071 kW.

Valor mínim de nivell d'il·luminació: 18 lux.

Valor mínim de potència consumida: 0,013 kW

Valor màxim de cosφ: 0,98.

Valor mínim de cosφ: 0,74.

a) Evolució de la potència consumida en funció del nivell d'il·luminació:

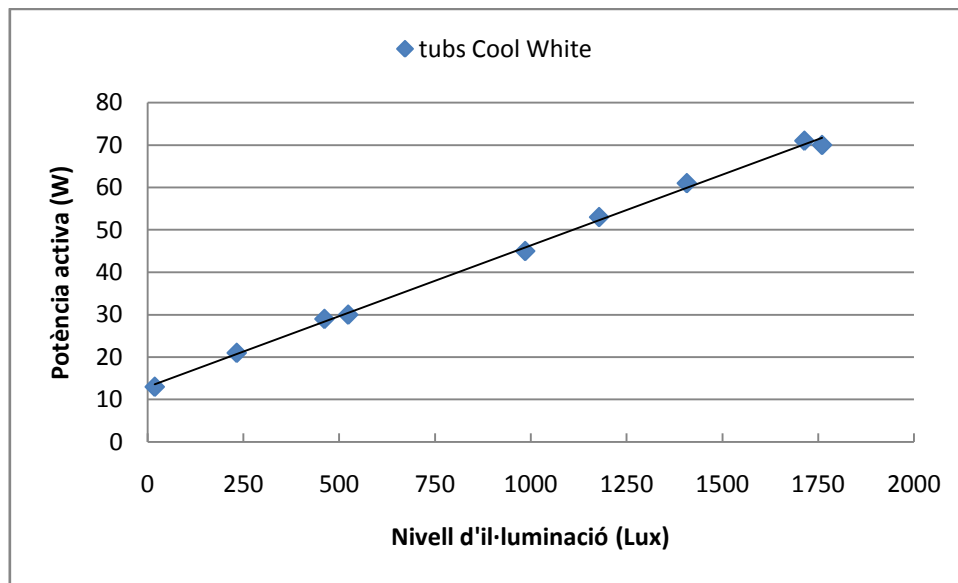


Figura 196: gràfic on es mostra la potència consumida en funció del nivell d'il·luminació.

L'equació de tendència lineal és la següent:

$$y = 0,033x + 12,95$$

$$r^2 = 0,998$$

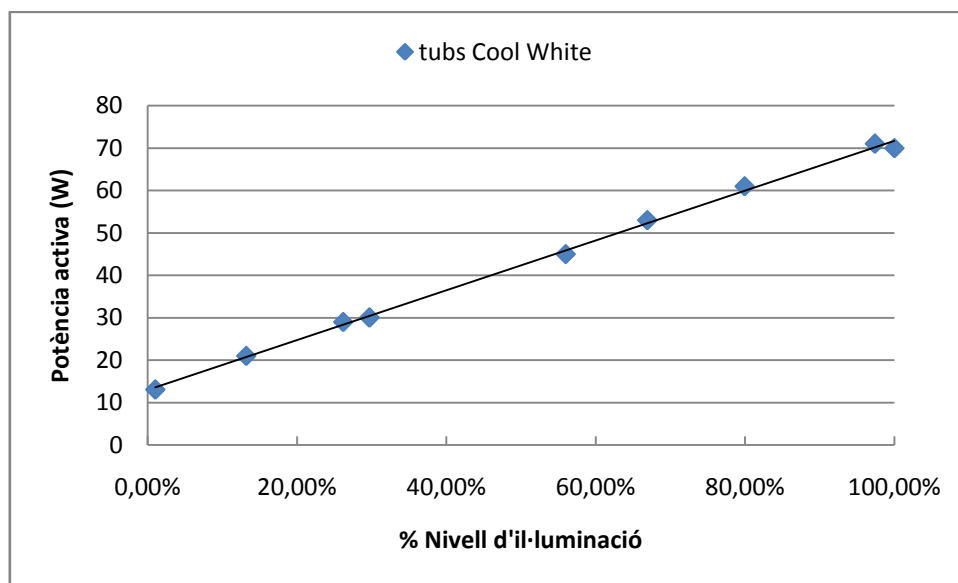


Figura 197: gràfic on es mostra la potència consumida en funció del percentatge de nivell d'il·luminació.

L'equació de tendència lineal és la següent:

$$y = 58,77x + 12,95$$

$$r^2 = 0,998$$

b) Evolució del  $\cos\phi$  en funció del nivell d'il·luminació:

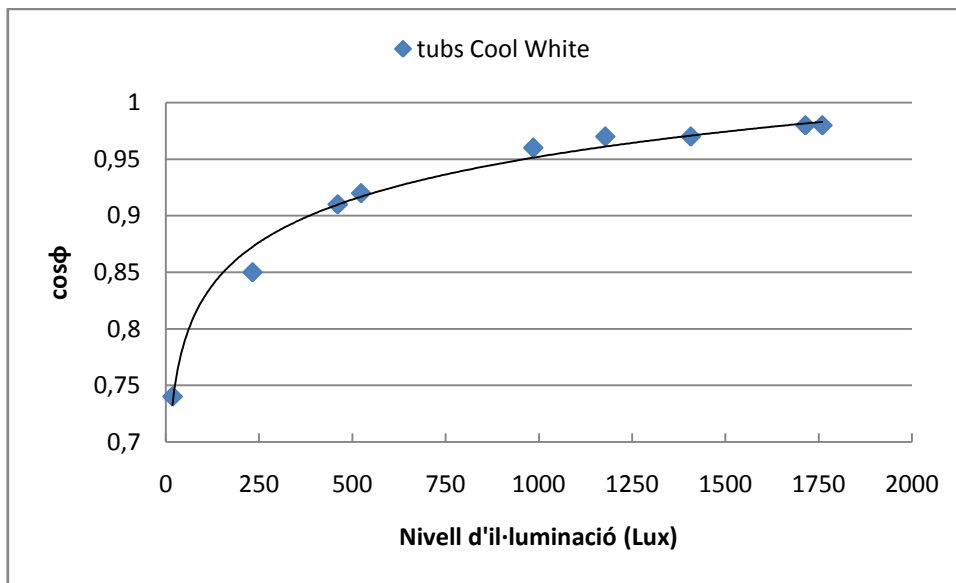


Figura 198: gràfic on es mostra el  $\cos\phi$  en funció del nivell d'il·luminació.

L'equació de tendència logarítmica és la següent:

$$y = 0,054 \ln x + 0,574$$

$$r^2 = 0,985$$

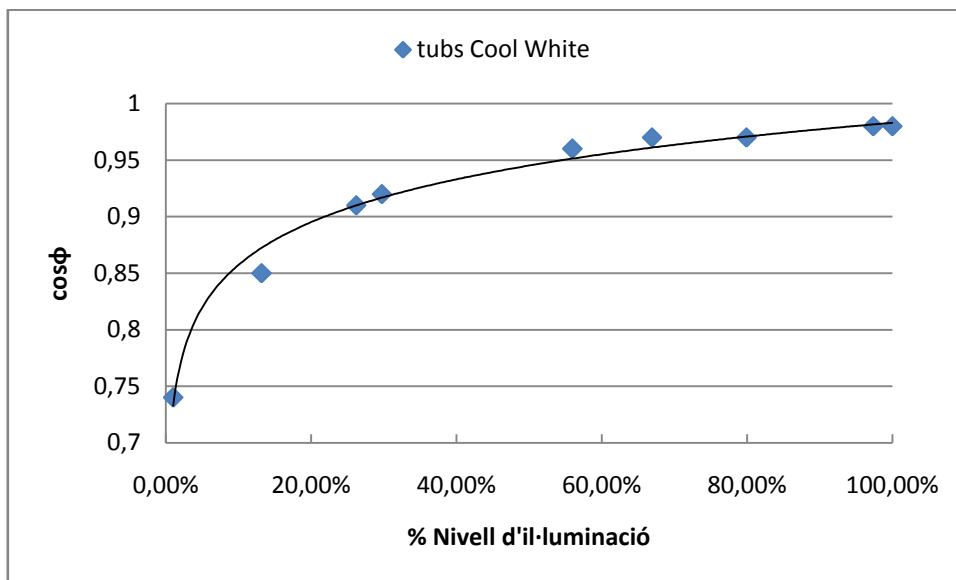


Figura 199: gràfic on es mostra el  $\cos\phi$  en funció del percentatge de nivell d'il·luminació.

L'equació de tendència logarítmica és la següent:

$$y = 0,054 \ln x + 0,983$$

$$r^2 = 0,985$$



El consum mínim de potència és de 13 W, però com en el cas anterior (tubs ½ vida), si s'apaguen els tubs la potència mesurada és 0 W.

La relació logarítmica entre el  $\cos\phi$  i el nivell d'il·luminació mostra que per un ampli marge de regulació (aproximadament el 80%), el factor de potència es manté per sobre 0,9 tal i com interessa:

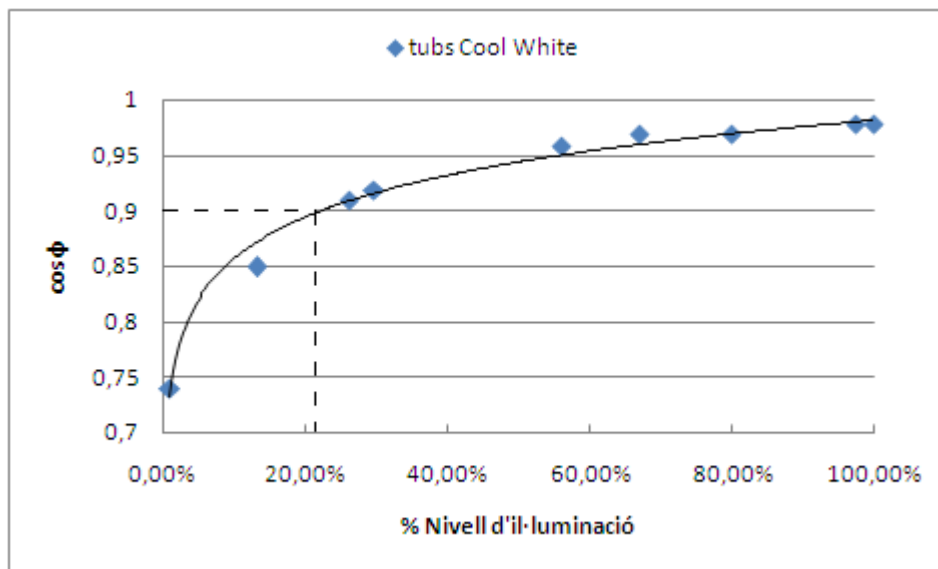


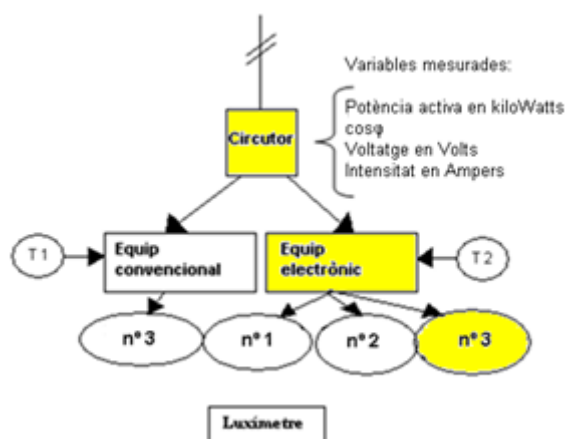
Figura 200: gràfic on es mostra el  $\cos\phi$  en funció del percentatge de nivell d'il·luminació.

c) Temperatura del balast electrònic:

Taula 63.

	Inici	Final (2 hores)
Temperatura ambient (°C)	19,5	19,5
Temperatura balast (°C)	19,6	29,8

### 2.8.5.3. Fluorescents COOL DAYLIGHT



Figures 201: part de l'experiència dedicada a l'Equip de Connexió Electrònic amb làmpades Cool Daylight.

Taula 64: evolució de les variables mesurades per a 2 fluorescents COOL DAYLIGHT 865.

Lux	Intensitat (A)	Voltatge (V)	Cosφ	Potència consumida (kW)	
2000	0,312	229,2	0,98	0,07	màxim
1492	0,246	229,2	0,97	0,055	
847	0,169	229,8	0,94	0,037	
251	0,106	230,3	0,84	0,02	
18	0,076	230,3	0,74	0,013	mínim
526	0,136	229,7	0,92	0,029	
1288	0,229	230,1	0,97	0,051	
1716	0,282	230,5	0,97	0,064	
1970	0,313	230,3	0,98	0,071	màxim

Resum de les dades més rellevants de la taula anterior:

Valor màxim de nivell d'il·luminació: 2000 lux.

Valor màxim de potència consumida: 0,071 kW.

Valor mínim de nivell d'il·luminació: 18 lux.

Valor mínim de potència consumida: 0,013 kW

Valor màxim de cosφ: 0,98.

Valor mínim de cosφ: 0,74.

a) Evolució de la potència consumida en funció del nivell d'il·luminació:

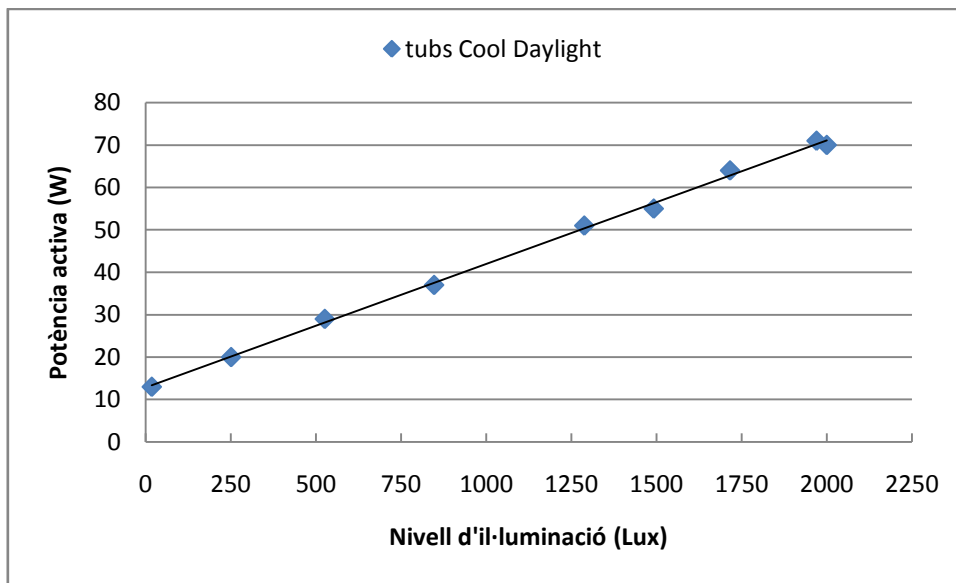


Figura 202: gràfic on es mostra la potència consumida en funció del nivell d'il·luminació.

L'equació de tendència lineal és la següent:

$$y = 0,029x + 12,79$$

$$r^2 = 0,998$$

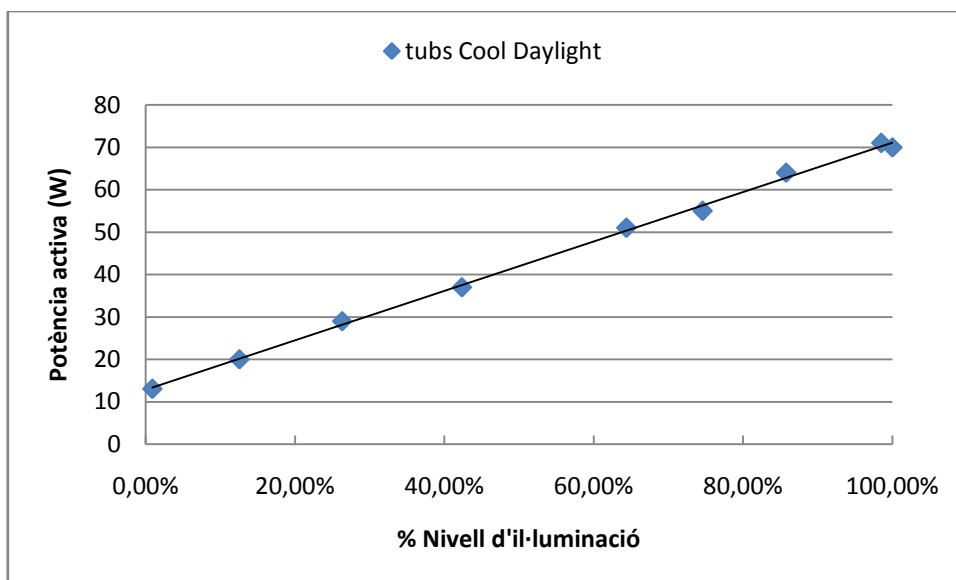


Figura 203: gràfic on es mostra la potència consumida en funció del percentatge de nivell d'il·luminació.

L'equació de tendència lineal és la següent:

$$y = 58,34x + 12,79$$

$$r^2 = 0,998$$

b) Evolució del  $\cos\phi$  en funció del nivell d'il·luminació:

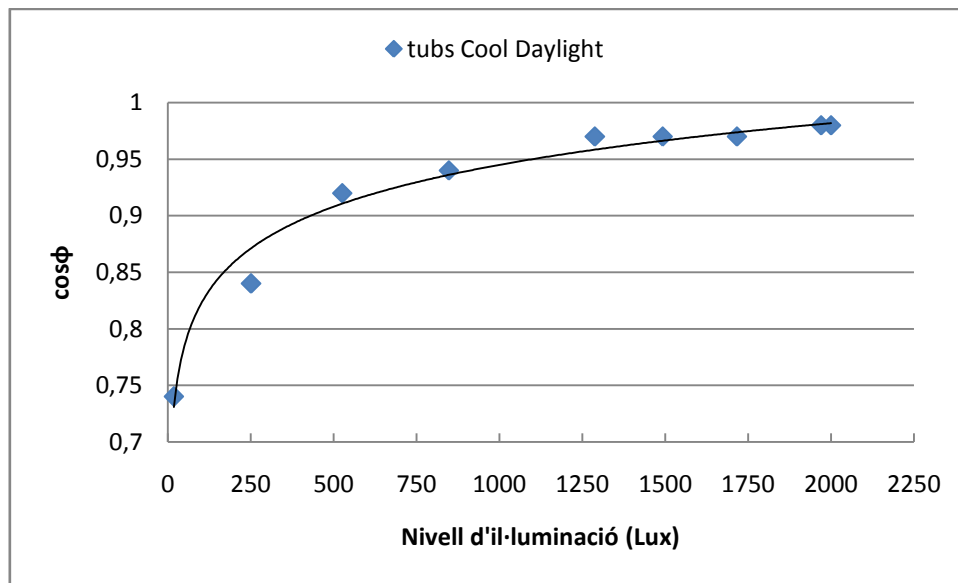


Figura 204: gràfic on es mostra el  $\cos\phi$  en funció del nivell d'il·luminació.

L'equació de tendència logarítmica és la següent:

$$y = 0,053 \ln x + 0,576$$

$$r^2 = 0,975$$

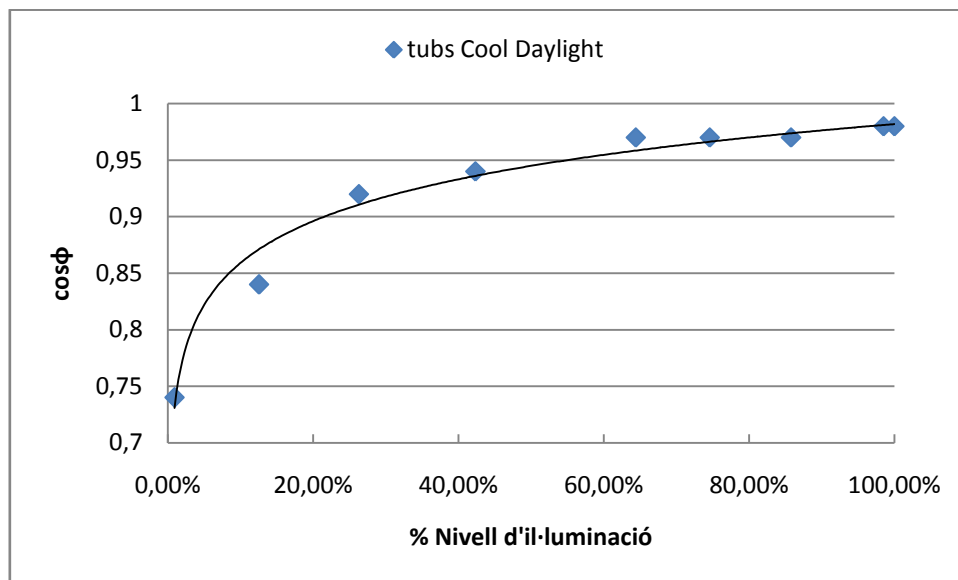


Figura 205: gràfic on es mostra el  $\cos\phi$  en funció del nivell d'il·luminació.

L'equació de tendència logarítmica és la següent:

$$y = 0,053 \ln x + 0,981$$

$$r^2 = 0,975$$

La potència consumida es comporta linealment en funció del flux lluminós, com en els altres 2 casos.

El marge de regulació en el qual es compleix el Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió en referència al factor de potència és quasi el mateix que en els 2 tipus de tubs fluorescents estudiats anteriorment:

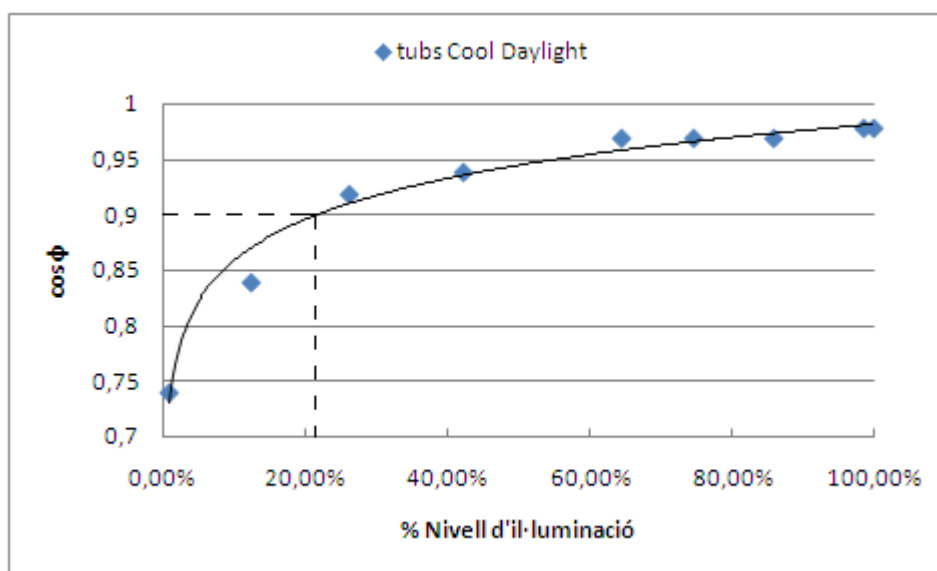


Figura 206: gràfic on es mostra el  $\cos\phi$  en funció del nivell d'il·luminació.

Per ser més exactes, si se substitueix el valor de  $\cos\phi$  de 0,9 a l'equació de tendència logarítmica corresponent es troba un valor de percentatge de nivell d'il·luminació igual a 21,69%. Per tant, la diferència fins arribar a 100% (78,31%) està per sobre del que penalitza la companyia elèctrica a la factura d'electricitat.

c) Temperatura del balast electrònic:

Taula 65.

	Inici	Final (2 hores)
Temperatura ambient (°C)	19,2	19,2
Temperatura balast (°C)	19,2	28,1

### 2.8.6. Conclusions dels assaigs al laboratori

- L'equip de regulació DALI MUTLI 3 funciona de forma semblant independentment del fluorescent utilitzat.
- Els tubs a la  $\frac{1}{2}$  de vida útil són els que donen menys nivell d'il·luminació.
- En l'Equip de Connexió Electrònic (ECE), el cosφ varia en funció del nivell d'il·luminació, caient per sota de 0,9 quan el percentatge de flux lluminós està per sota del 20%. Així, es pot afirmar que en un tram de regulació del 80% el factor de potència està per sobre dels mínims establerts pel REBT (ITC-BT-44).
- A més, si es consulta el Bolletí Oficial de l'Estat es pot veure que hi ha recàrrec a la factura de l'electricitat si el factor de potència és inferior a 0,9, essent 0 a 0,9 i havent-hi bonificació per valors majors en instal·lacions trifàsiques.
- Com a conseqüència del que s'ha dit en el punt anterior, no és necessari l'ús de condensadors amb l'Equip Electrònic.
- Funcionant al màxim, l'Equip de Connexió Convencional (ECC) i l'Equip de Connexió Electrònic (ECE) tenen les següents característiques:

Taula 66: consums elèctrics i factors de potència pels diferents equips i làmpades:

Tipus d'equip	Tipus de tubs	Potència consumida màxima per 2 tubs (W)	Potència consumida màxima per 1 tub (W)	Cosφ	Temperatura final al cap de 2 hores de funcionament al màxim (°C)	Temps d'estabilització (min)	Nivell d'il·luminació mesurat (Lux)
Convencional (ECC)	3	85	42,5	0,93	Aprox. 60	16	1990
Electrònic (ECE)	1	71	35,5	0,98	30,2	10	1530
	2	71	35,5	0,98	29,8	10	1760
	3	71	35,5	0,98	28,1	10	2000

De la taula anterior es pot treure les següents conclusions:

- L'estalvi utilitzant ECE funcionant al màxim de potència és de 7 W per cada tub fluorescent en comparació a l'ECC.
- El major consum i el menor factor de potència en l'ECC venen donats pels materials utilitzats en la fabricació dels dos sistemes. Per demostrar-ho s'ha mesurat la temperatura dels balasts i s'ha vist que és molt superior a l'ECC.
- Els ECC són construïts a partir de materials barats. Aquests desprenen calor degut als corrents de Foucault, que es generen quan el nucli de ferro d'un electroimant és sotmès a una camp magnètic variable, creant una f.e.m. induïda. El resultat és calor i pèrdues de potència incrementat així el consum.

Un altre motiu de la diferència de temperatures és l'efecte Joule de l'escalfament del coure de tots els conductors que uneixen el conjunt balast-cebador-condensador.

En canvi, en un ECE hi ha circuits electrònics i estan fabricats amb millors materials, comptant també que les pèrdues per Foucault no hi són presents ni l'efecte Joule perquè no hi ha cablejat d'unió a dins del balast.

- El nivell d'il·luminació tarda més temps a estabilitzar-se amb l'equip convencional (veure annex A.2.).
- Les làmpades noves LUMILUX Cool Daylight són les que donen un nivell d'il·luminació més alt. Aquest valor és semblant utilitzant ECC o ECE.

- En resum, l'Equip de Connexió Electrònic d'OSRAM consumeix menys que un Equip de Connexió Convencional semblant als que hi ha actualment a les aules de l'edifici PII. A més, ofereix la possibilitat de regular el flux lluminós de les làmpades per tal de mantenir el nivell d'il·luminació desitjat, disminuint el consum energètic si es pot aprofitar llum natural.

## 2.9. INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA DE L'EDIFICI PII

S'ha estudiat el projecte d'il·luminació de l'edifici PII. A l'annex C. es pot veure els plànols de la instal·lació realitzats per SOCLESA (SDAD. CLIMATIZACION Y ELECTRIFICACION, S.A.). El treball que s'ha realitzat no suposa cap modificació de la instal·lació elèctrica.

Fent referència a l'observació 2.7.4. sobre els lavabos, no és necessari saber com són alimentats perquè el que s'ha fet és estudiar el control de l'encesa dels tubs fluorescents mitjançant un detector de presència. Col·locar aquest element no comporta cap canvi a les lluminàries.

La metodologia utilitzada per a descriure la instal·lació elèctrica i de làmpades actual és la següent:

- a) Esquema de localització de l'aula a dins de la planta de l'edifici PII.
- b) Esquema de l'aula amb la distribució dels punts de llum. Aquests aniran acompanyats d'un nombre que correspon al comandament que els acciona (polsador o interruptor).
- c) Localització dels elements de protecció de la instal·lació elèctrica (veure annex C.). Aquests estan ubicats en un quadre elèctric general.

Cal remarcar que en cap cas es té en compte la il·luminació de les pissarres, ja que no és necessari regular el seu flux lluminós.



### 2.9.1. Instal·lació elèctrica a les aules sud (II01A fins II04B)

a) Esquema de la localització de l'aula:

Com que totes aquestes aules són semblants en dimensions i en la distribució dels punts de llum es descriuen posant un exemple que serveix en general.

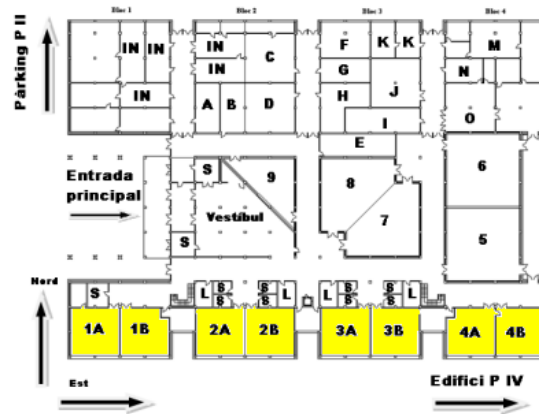


Figura 207: localització de les aules sud.

b) Esquema de l'aula amb la distribució dels punts de llum:

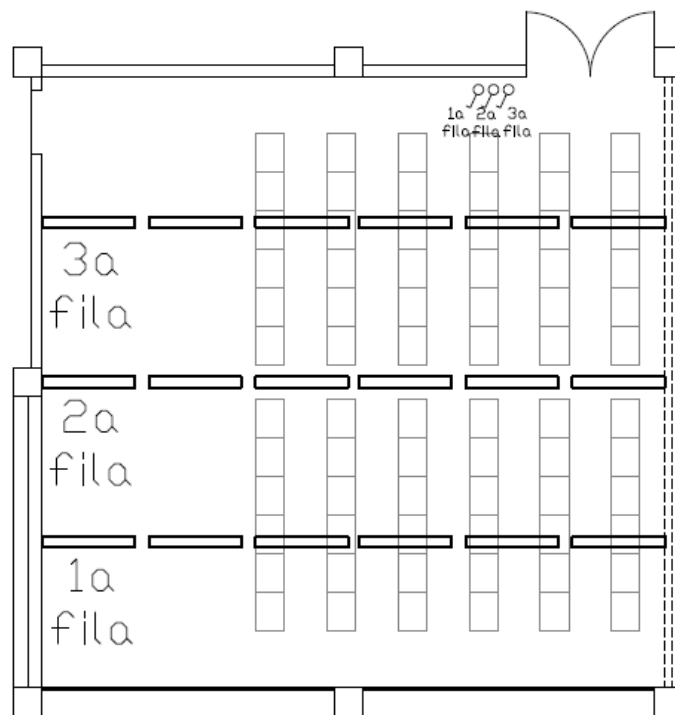


Figura 208: distribució de lluminàries de les aules sud.

A la figura 208 es pot veure que el nombre de tubs fluorescents de 36 W que il·luminen la superfície de treball de l'alumnat són 18 a cada classe. Aquests estan dividits en 3 files paral·leles a la finestra accionades cadascuna per 1 interruptor. Cada fila consta de 6 tubs. A la figura següent es mostra la distribució de les lluminàries (amb capacitat per a 1 làmpada).

c) Localització dels elements de protecció de la instal·lació elèctrica.

Les càrregues estan repartides de la següent forma, tenint per a cada aula una única fase.

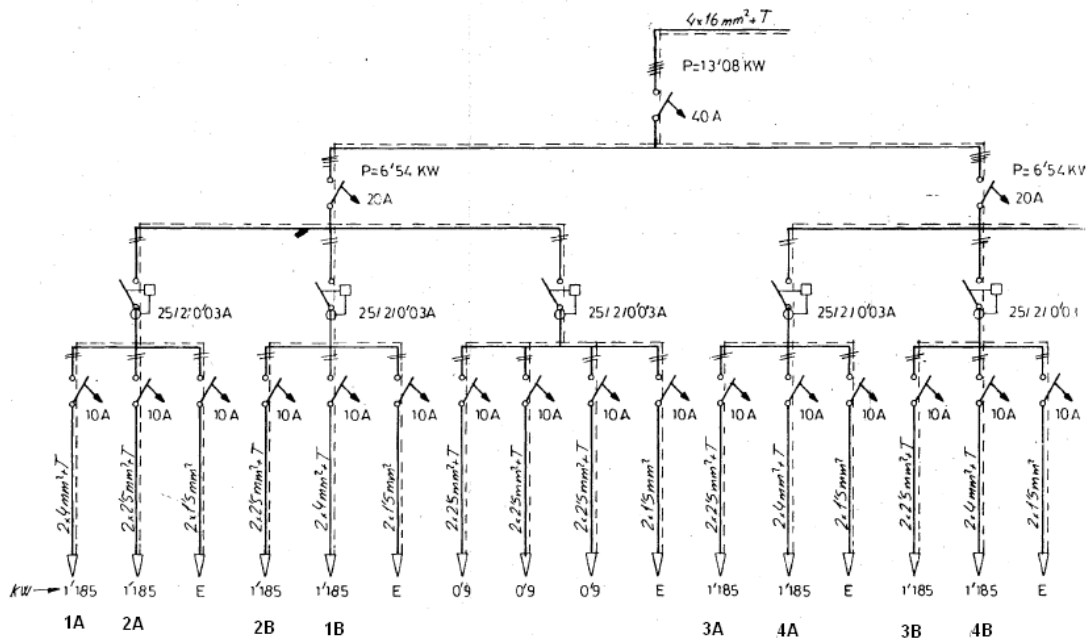


Figura 209: fragment del plànol elèctric on hi ha les línies que arriben a les aules sud (font: SOCLESA).

Ampliant la figura 210 queda més clara la secció dels conductors a l'entrada de cada aula:

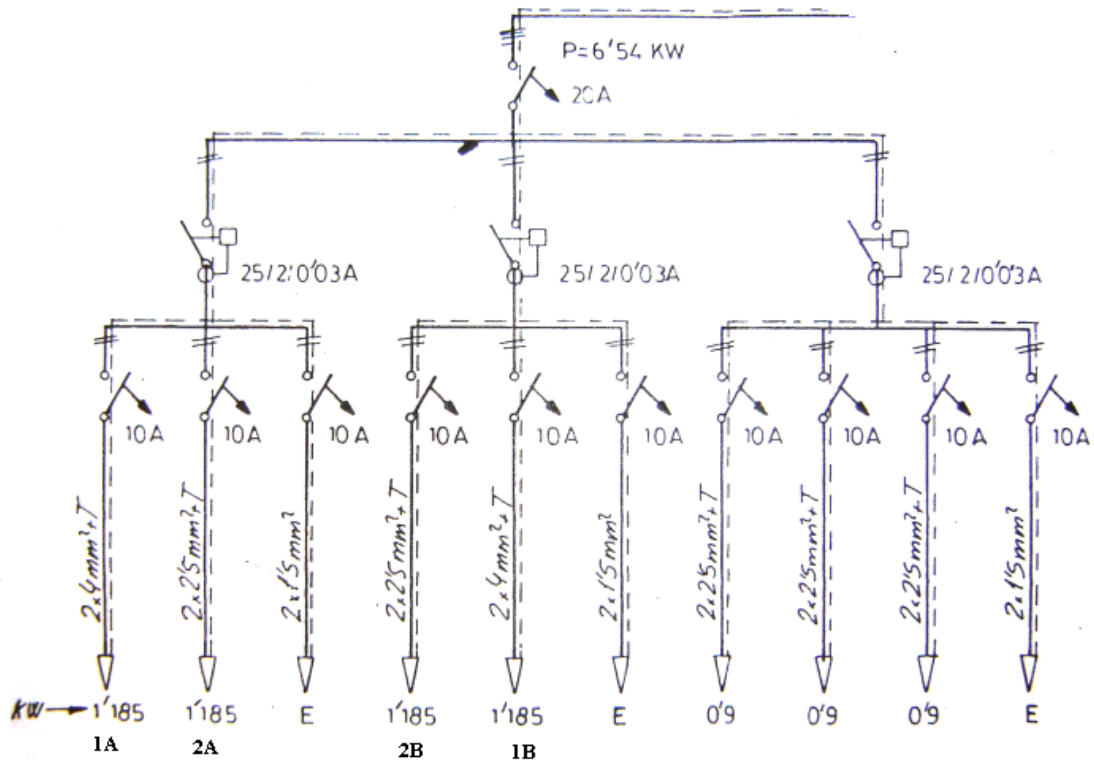


Figura 210: fragment dels plànols elèctrics on es mostra en detall la secció dels conductors que arriben a les aules sud (font: SOCLESA).

A la figura anterior es pot apreciar els magnetotèrmics de 10A que protegeixen de sobrecàrregues i curtcircuits. També es veu que de la línia trifàsica es passa a 3 monofàsiques i que cada aula rep electricitat d'una fase.

A l'arribada a cada aula, la secció del cablejat és de com a mínim  $2,5 \text{ mm}^2$ . S'ha de tenir present que l'energia es reparteix de forma igual per 3 files de tubs fluorescents. Per tant, la secció dels cables que alimenten les regletes dels tubs serà inferior.

## 2.9.2. Instal·lació elèctrica de l'aula II05

a) Esquema de la localització de l'aula:

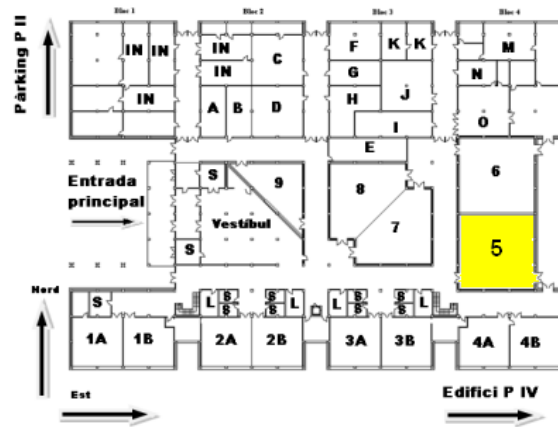


Figura 211: localització de l'aula II05.

b) Esquema de l'aula amb la distribució dels punts de llum:

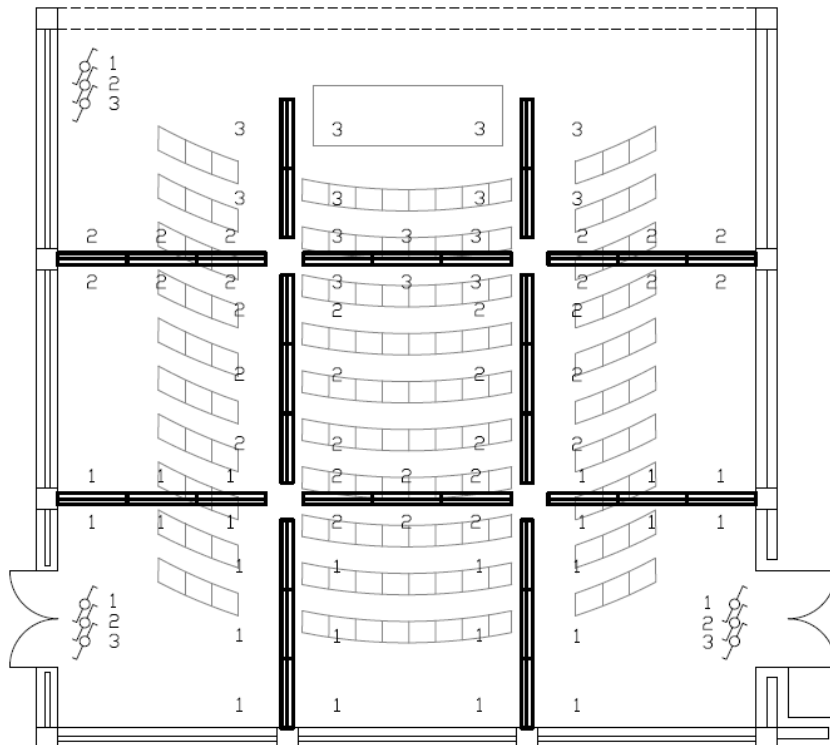


Figura 212: distribució de lluminàries a l'aula II05.

Les 32 lluminàries destacades en negre que es mostren a la figura 212 (aula II05), les quals contenen 2 tubs cada una (com a l'aula II06), estan accionades per 3 polsadors. Aquestes són les encarregades de proporcionar un nivell d'il·luminació que permeti als estudiants realitzar la seva tasca. Al costat dels polsadors hi ha la identificació de les lluminàries que accionen. A la taula següent es resumeix en nombre de tubs que acciona cada polsador.

Taula 67: accionament de cada tub.

Polsador	Tubs accionats a l'Aula II05
1	24
2	30
3	14

c) Localització dels elements de protecció de la instal·lació elèctrica:

L'alimentació elèctrica d'aquest conjunt d'aules es mostra a continuació. 1, 2, 3, són la nomenclatura de les lluminàries amb làmpades fluorescents que il·lumina el pla de treball, d'aquesta manera es poden identificar a la figura 212.

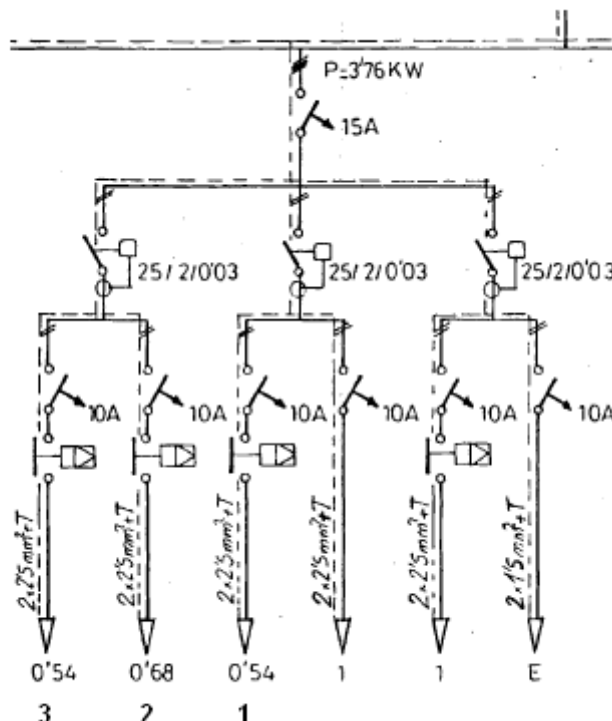


Figura 213: fragment dels plànols elèctrics d'alimentació a l'aula II05 (font: SOCLESA).

### 2.9.3. Instal·lació elèctrica de l'aula II06

a) Esquema de la localització de l'aula:

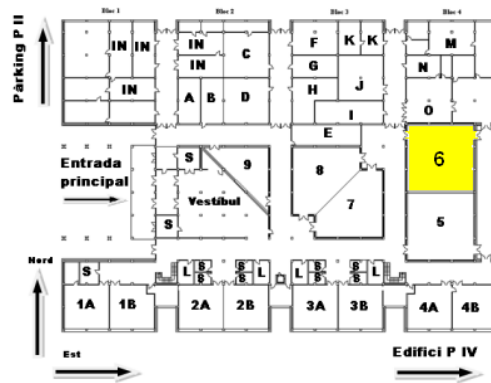


Figura 214: localització de l'aula II06.

b) Esquema de l'aula amb la distribució dels punts de llum:

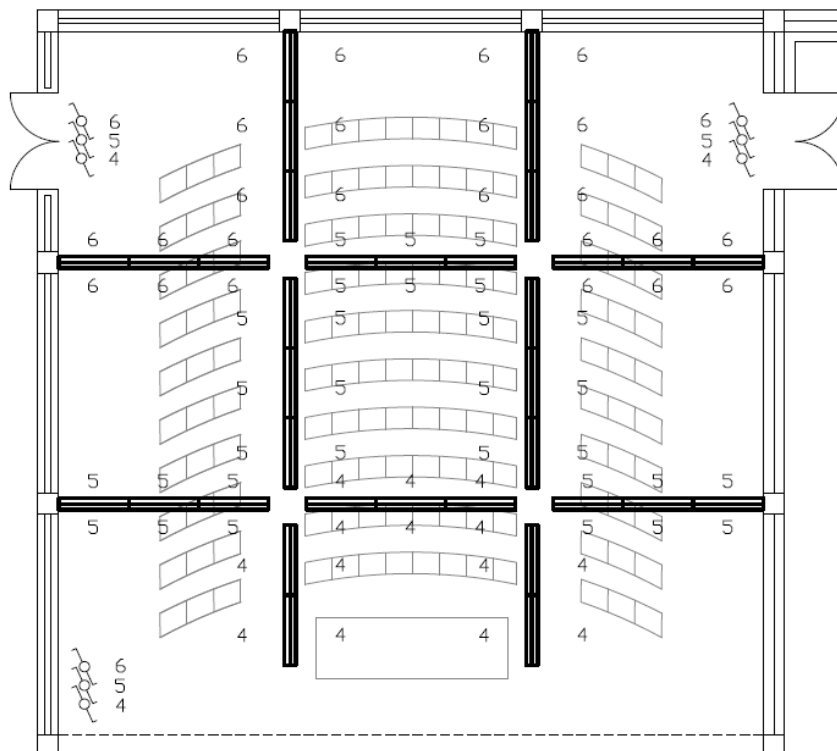


Figura 215: distribució de lluminàries a l'aula II06.

A la taula següent es resumeixen els pulsadors que accionen a cada tub.

Taula 68: accionament de cada tub.

Pulsador	Tubs accionats a l'Aula II06
4	14
5	30
6	24

c) Localització dels elements de protecció de la instal·lació elèctrica:

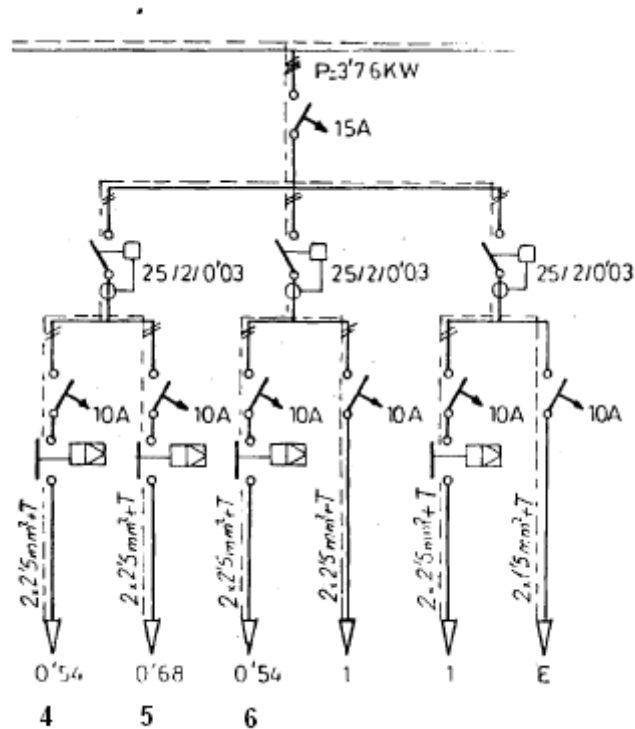


Figura 216: fragment dels plànols elèctrics d'alimentació a l'aula II06 (font: SOCLESA).

### 2.9.4. Instal·lació elèctrica de l'aula II07

a) Esquema de la localització de l'aula:

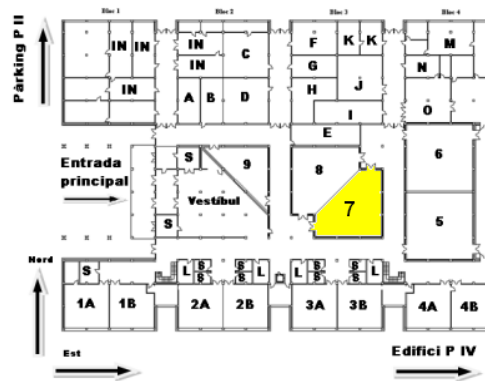


Figura 217: localització de l'aula II07.

b) Esquema de l'aula amb la distribució dels punts de llum:

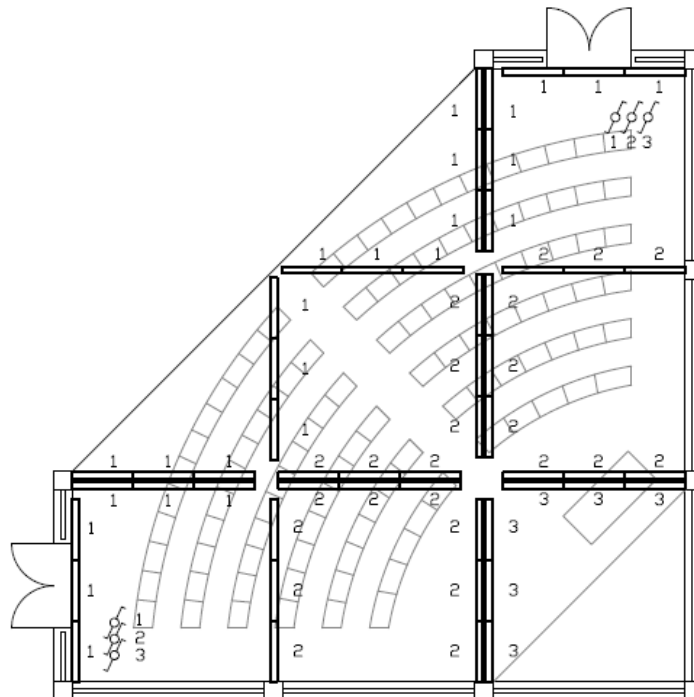


Figura 218: distribució de lluminàries a l'aula II07.



Taula 69: nombre de tubs fluorescents que acciona cada polsador.

Polsador	Tubs accionats a l'Aula II07
1	24
2	24
3	6

c) Localització dels elements de protecció de la instal·lació elèctrica:

Els nombres 1, 2, 3, representen la nomenclatura de les làmpades fluorescents, D'aquesta manera se sap quines fases alimenten a cada grup.

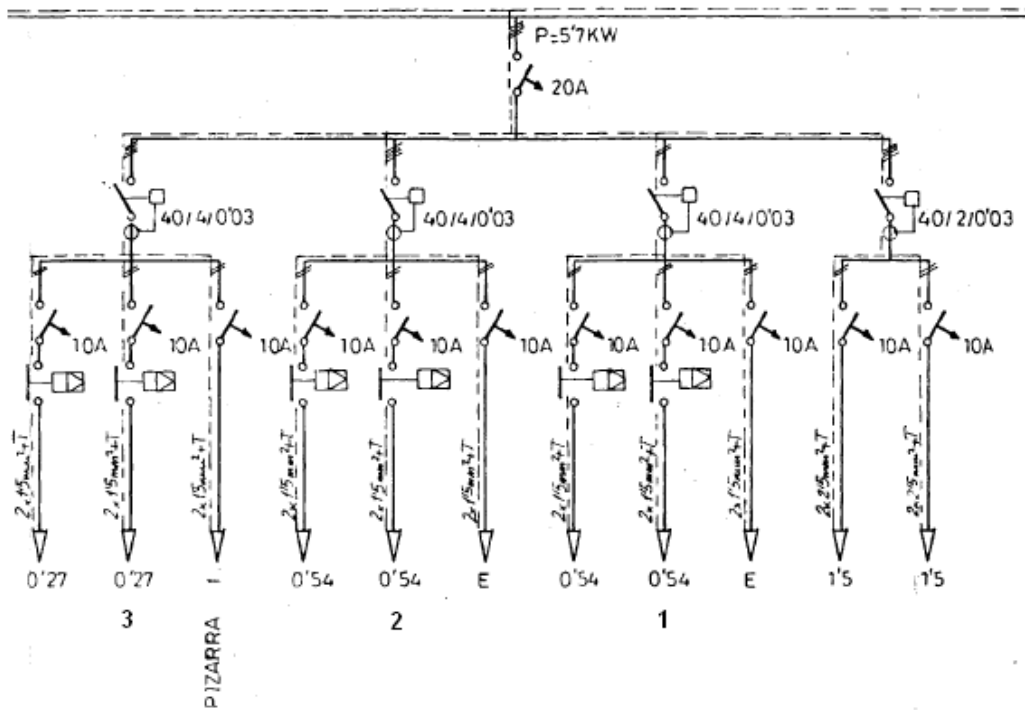


Figura 219: fragment dels plànols elèctrics d'alimentació a l'aula II07 (font: SOCLESA).

S'observa que l'aula II07 està alimentada per la mateixa fase amb 3 conductors diferents.

### 2.9.5. Instal·lació elèctrica de l'aula II08

a) Esquema de la localització de l'aula:

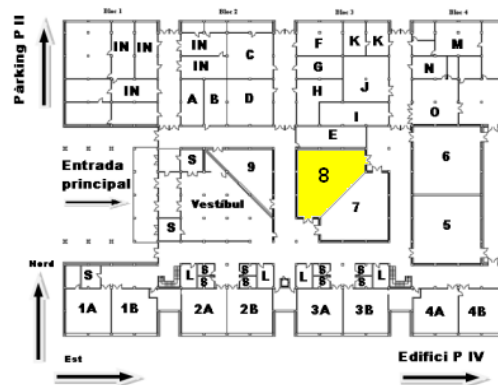


Figura 220: localització de l'aula II08.

b) Esquema de l'aula amb la distribució dels punts de llum:

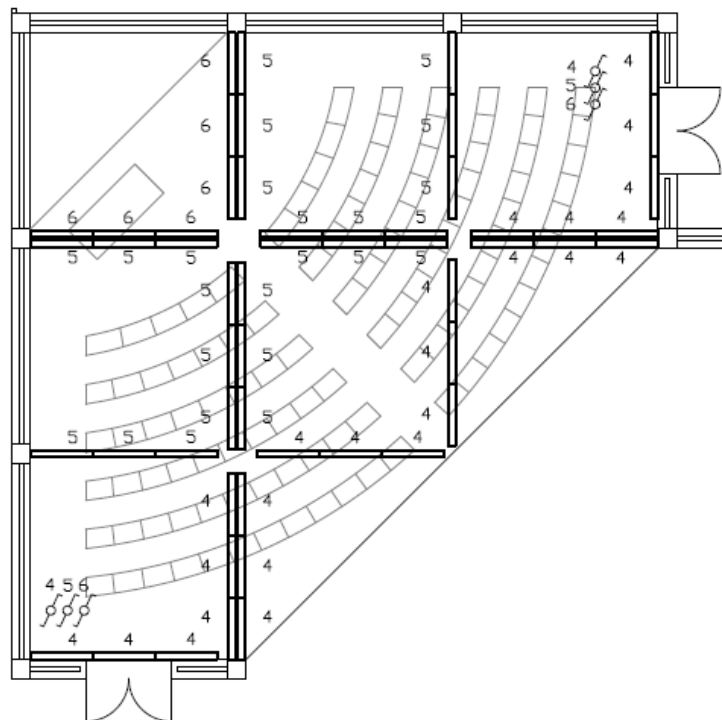


Figura 221: distribució de lluminàries a l'aula II08.

Taula 70: nombre de tubs fluorescents que acciona cada polsador.

Polsador	Tubs accionats a l'Aula II08
4	24
5	24
6	6

c) Localització dels elements de protecció de la instal·lació elèctrica:

A la figura 222 hi ha el nombre amb el qual s'han designat les làmpades a la figura 221. Es pot veure la secció que alimenta a cada grup de tubs.

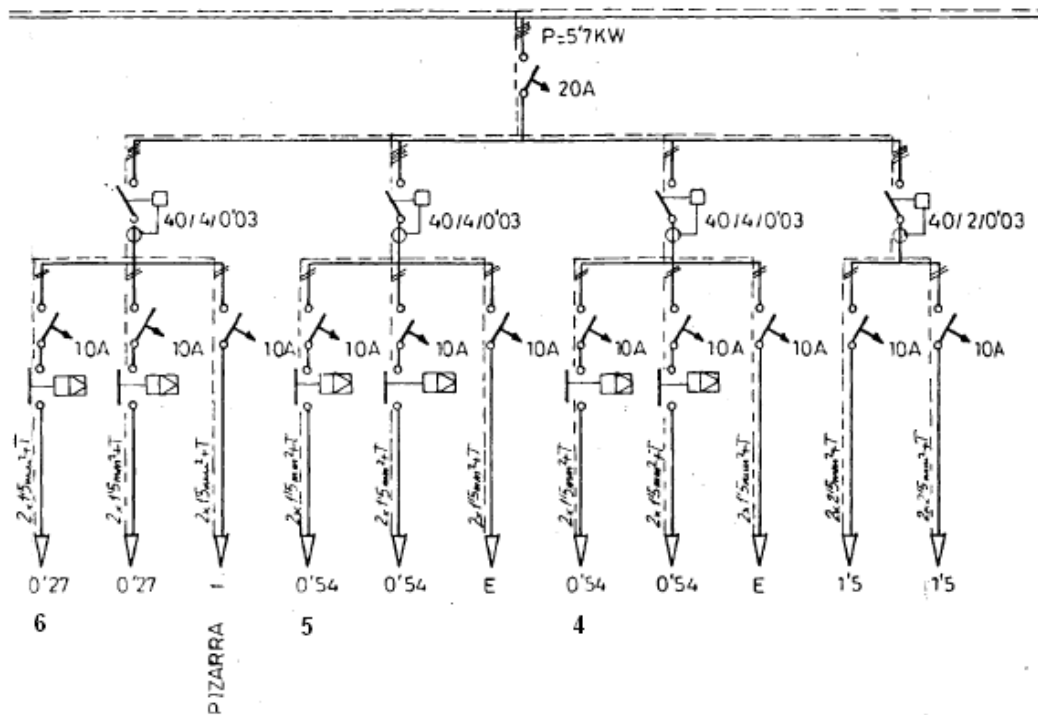


Figura 222: fragment dels plànols elèctrics d'alimentació a l'aula II08 (font: SOCLESA).

### 2.9.6. Instal·lació elèctrica de l'aula II09

a) Esquema de la localització de l'aula:

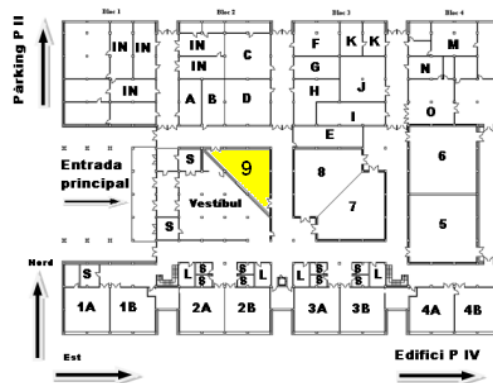


Figura 223: localització de l'aula II09.

b) Esquema de l'aula amb la distribució dels punts de llum:

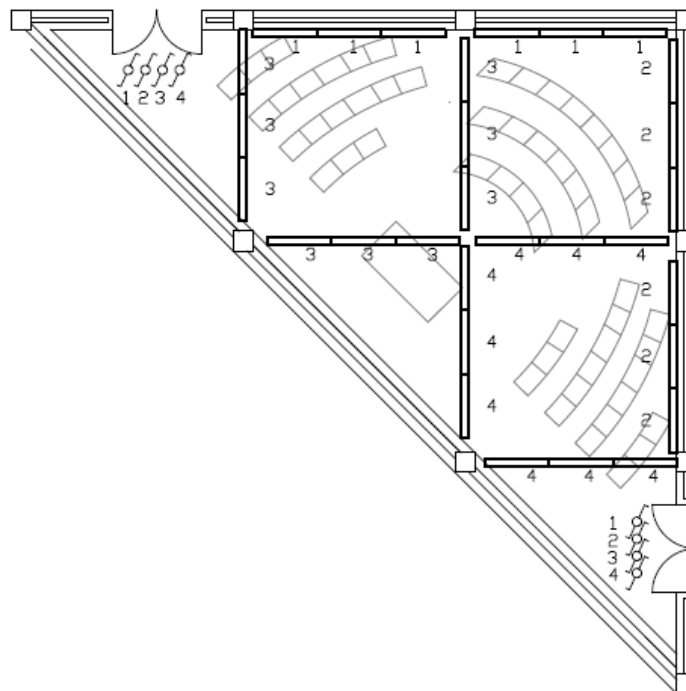


Figura 224: distribució de les lluminàries a l'aula II09.

Com es mostra a la següent taula, hi ha 2 polsadors que accionen 6 tubs cadascun i 2 que n'accionen 9.

Taula 71: nombre de tubs fluorescents que acciona cada polsador.

Polsador	Tubs accionats a l'Aula II08
1	6
2	6
3	9
4	9

c) Localització dels elements de protecció de la instal·lació elèctrica:

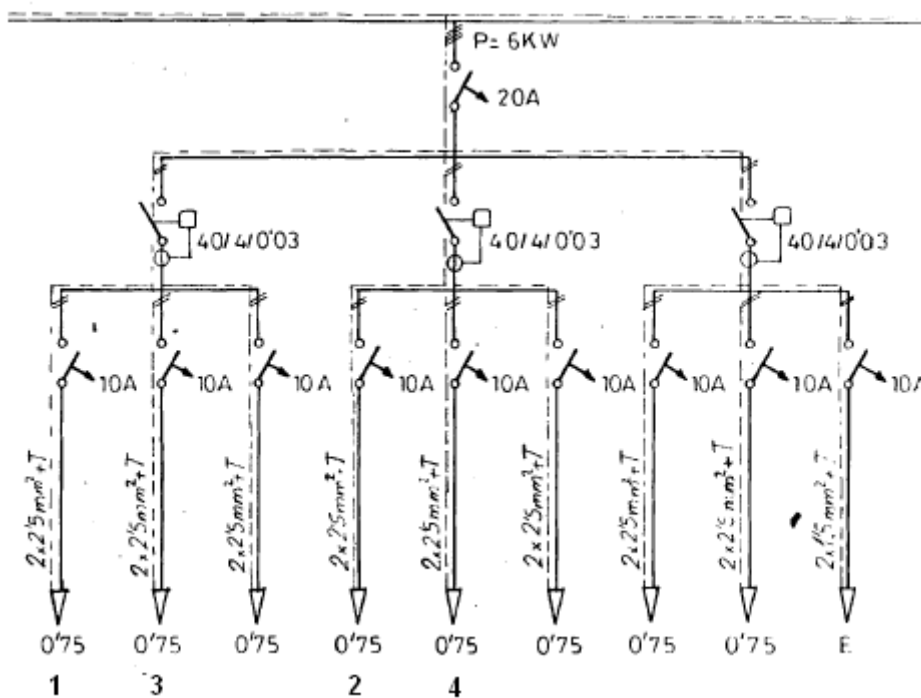


Figura 225: fragment dels plànols elèctrics d'alimentació de l'aula II09 /font: SOCLESA).

## 2.9.7. Lavabos

Aquesta part s'estudia degut a les conclusions de l'apartat 2.7.4. La millora que s'hi pot dur a terme és la col·locació d'un detector de presència temporitzat per tal que aquests locals no romanguin amb les llums enceses quan no hi ha ningú.

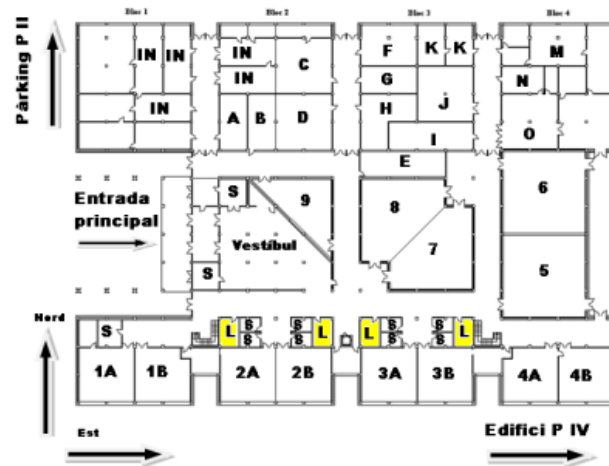


Figura 226: localització dels lavabos de la planta baixa del PII.

A la planta baixa de l'edifici PII hi ha 4 lavabos (figura 226). Cada un està il·luminat per 6 tubs fluorescents de 36 W i no hi ha cap finestra per aprofitar la llum natural (figura 227).

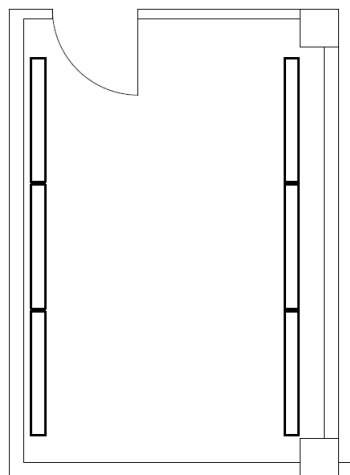


Figura 227: dibuix realitzat a partir dels plànols de distribució de lluminàries.

## 2.10. PROPOSTA DE LA INSTAL·LACIÓ A REALITZAR: NECESSITATS D'EQUIPAMENTS

Un cop coneguda l'afectació de la llum natural a dins de les aules, l'estat actual de les instal·lacions d'il·luminació, les característiques de la xarxa de distribució d'electricitat, la posició de les lluminàries i les noves tecnologies per reduir el consum energètic, cal dir quina quantitat d'elements fan falta i a on.

De forma general, cal recordar que cada controlador DALI MULTI 3 necessita 1 sensor, 1 polsador, i pot governar 32 balasts electrònics Quicktronic Intelligent DIM, i que cadascun d'aquests actua sobre 2 tubs fluorescents T8 (els que hi ha actualment a la planta baixa del PII).

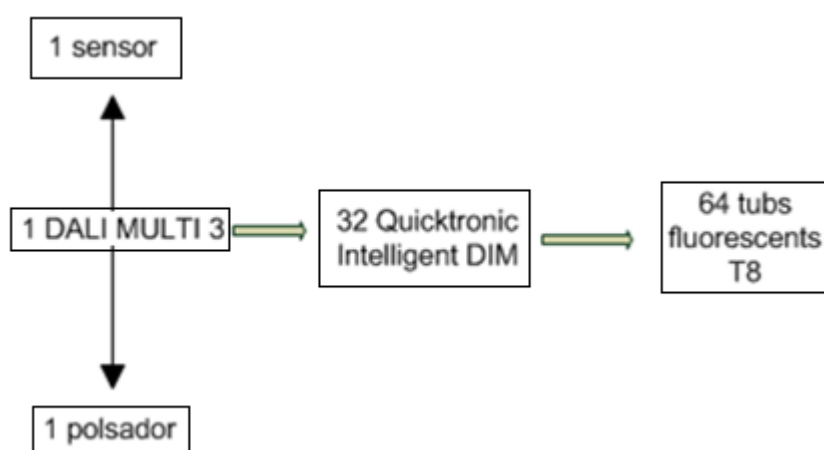


Figura 228: esquema on es mostra la quantitat d'equips que poden haver-hi en el sistema de control d'OSRAM.

La metodologia per descriure les necessitats de material és la següent:

- Localització de l'aula.
- Número d'elements necessaris.
- Localització del sensor i del controlador a dins de l'aula.



Símbol del sensor i controlador del nivell d'il·luminació (aules).



Símbol del detector de presència (lavabos).

### 2.10.1. Necessitats d'equipament a les aules orientades al sud (II01A...II04B)

a) Localització de l'aula:

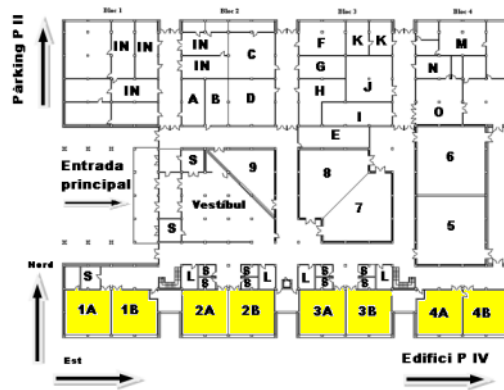


Figura 229: localització de les aules sud.

b) Número d'elements necessaris:

La possibilitat de posar només 1 DALI a cada aula es descarta en aquest grup pel següent motiu: hi ha molts contrastos entre la zona propera a la finestra i la més allunyada (veure apartat 2.6.1.2.)

Com que hi ha 3 files de fluorescents paral·leles a la finestra, a sota de les quals hi ha un nivell d'il·luminació diferent, cal estudiar la possibilitat de regular les 3 per separat. Per tant, per una aula, s'han de posar 9 balasts, 3 controladors i 3 sensors. Aquesta instal·lació també ha estat recomanada pel fabricant i pel nou Codi Tècnic de l'Edificació.

A més, actualment hi ha interruptors a les aules, per tant s'han de substituir per polsadors.

- Nº de balasts electrònics ..... 18 fluorescents/2 = 9 balasts/aula
- 1 controlador per fila .....3 controladors/aula
- 1 sensor d'il·luminació per controlador ..... 3 sensors/aula
- 1 polsador per controlador ..... 3 polsadors/aula

Faltarien petits elements com regletes, cablejat d'unió entre el DALI i el balast,i entre aquest últim i els tubs fluorescents. El fabricant recomana cable d'1 mm<sup>2</sup> de secció.



A la taula següent hi ha la quantitat total d'elements necessaris per a les 8 aules:

Taula 72: quantitat d'elements necessaris a les sud.

Aula	Balasts	Controladors	Sensors	Polsadors
II01A	9	3	3	3
II01B	9	3	3	3
II02A	9	3	3	3
II02B	9	3	3	3
II03A	9	3	3	3
II03B	9	3	3	3
II04A	9	3	3	3
II04B	9	3	3	3
<b>Subtotal 1</b>	72	24	24	24

c) Localització dels sensors i controladors a dins de l'aula:

La ubicació física dels sensors s'assenyala a la figura que hi ha a continuació:

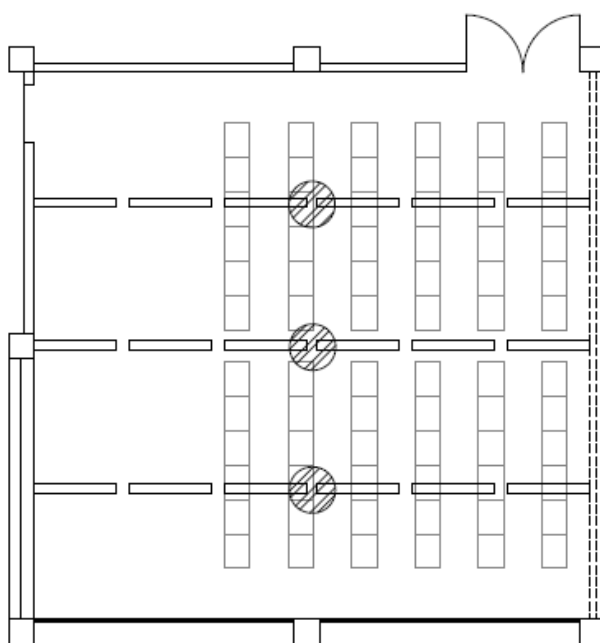


Figura 230: ubicació dels sensors a les aules sud.

### 2.10.2. Necessitats d'equipament a l'aula II05

a) Localització de l'aula:

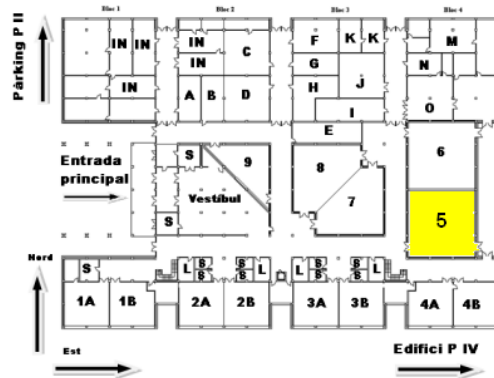


Figura 231: localització de l'aula II05.

b) Número d'elements necessaris:

A l'apartat 2.6.2.2. es pot veure com en aquesta aula la il·luminació natural provinent de les finestres es distribueix de forma molt uniforme i amb nivells d'il·luminació relativament baixos. Per aquest motiu, amb el nombre mínim de controladors i sensors per aula a col·locar ja és suficient.

Hi ha 68 tubs fluorescents i 1 DALI en pot governar 64. Amb un total de 2 DALI, 2 sensors i 34 balasts Quicktronic per aula se'n fa prou. A més, són necessaris elements d'unió. No calen nous polsadors perquè actualment ja n'hi ha i es poden utilitzar els mateixos.

Nº de balasts electrònics ..... 68 fluorescents/2 = 34 balasts/aula

Controlador.....2 controladors/aula

Sensor ..... 2 sensors/aula

Taula 73: quantitat d'elements necessaris a l'aula II05.

<b>Aula</b>	<b>Balasts</b>	<b>Controladors</b>	<b>Sensors</b>	<b>Polsadors</b>
II05	34	2	2	0
<b>Subtotal 1</b>	72	24	24	24
<b>Subtotal 2</b>	106	26	26	24

c) Localització dels sensors i controladors a dins de l'aula:

La ubicació del sensor i també del controlador ja que són propers és la següent:

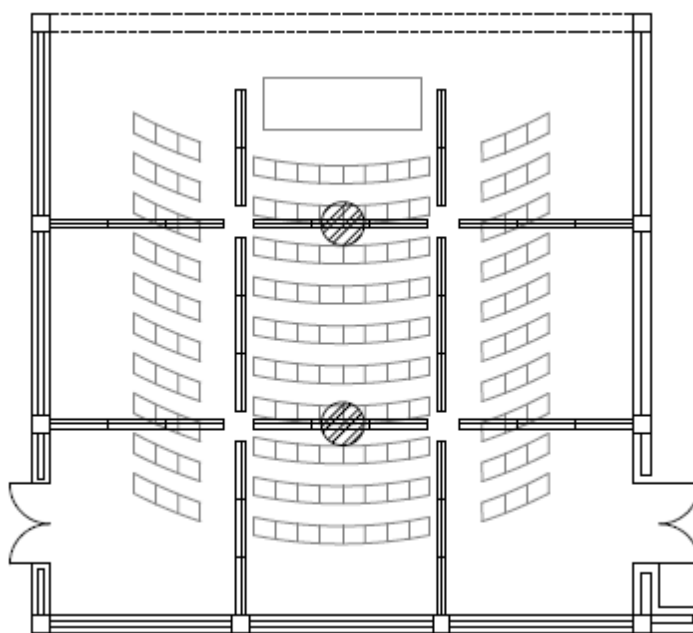


Figura 232: ubicació dels sensors a l'aula II05.

### 2.10.3. Necessitats d'equipament a l'aula II06

a) Localització de l'aula:

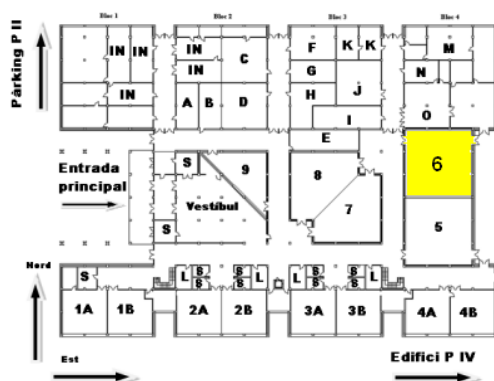


Figura 233: localització de l'aula II06.

b) Número d'elements necessaris:

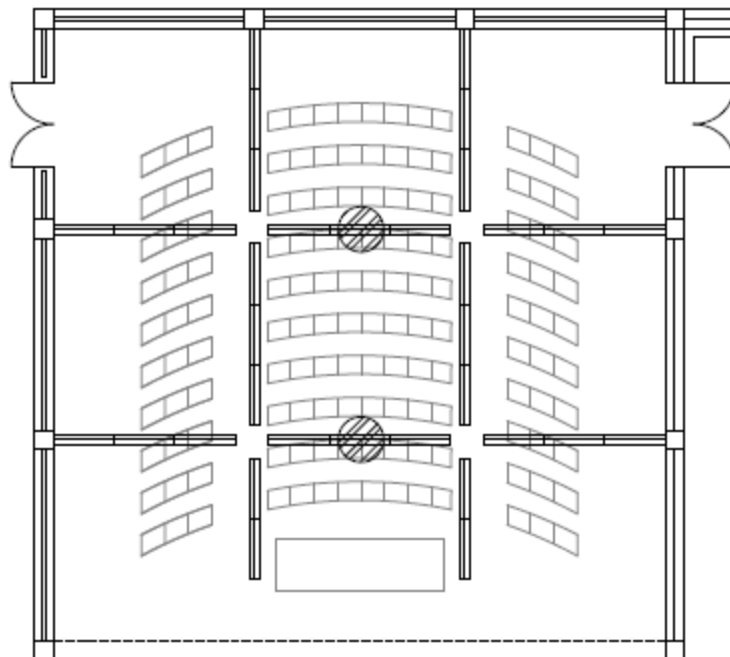
Les consideracions fetes a l'apartat anterior (2.10.2.) per a l'aula II05 es poden extrapolar a l'aula actual ja que són simètriques i tenen una il·luminació interior semblant (veure apartat 2.6.2.2.).

- Nº de balasts electrònics ..... 68 fluorescents/2 = 34 balasts/aula
- Controlador.....2 controladors/aula
- Sensor ..... 2 sensors/aula

Taula 74: quantitat d'elements necessaris a l'aula II06.

Aula	Balasts	Controladors	Sensors	Polsadors
II06	34	2	2	0
<b>Subtotal 2</b>	106	26	26	24
<b>Subtotal 3</b>	140	28	28	24

c) Localització dels sensors i controladors a dins de l'aula:



*Figura 234: ubicació dels sensors a l'aula II06.*

D'aquesta forma s'aprofita l'estructura actual de les lluminàries i es fa un repartiment el més uniforme possible.

### 2.10.4. Necessitats d'equipament a l'aula II07

a) Localització de l'aula:

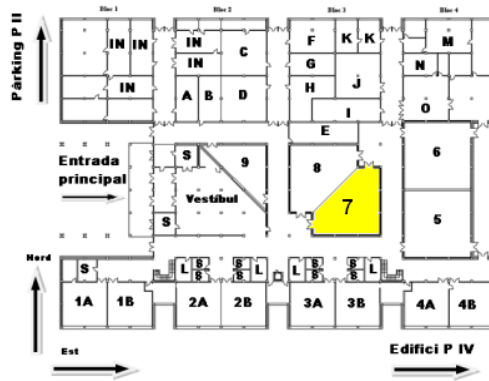


Figura 235: localització de l'aula II07.

b) Número d'elements necessaris:

Aquestes, reben un nivell d'il·luminació uniforme gràcies a les finestres altes de que disposen (veure apartat 2.6.2.2.), però tenen la diferència que hi entra més llum que a les dues aules vistes a l'apartat 2.10.2. i 2.10.3.

Com que a cadascuna hi ha 54 tubs fluorescents que il·luminen la superfície de treball de l'alumnat, amb 1 controlador i 1 sensor ja n'hi hauria suficient. Tot i així, com que els nivells d'il·luminació en certs moments són considerables (veure annex A.1), i per tal d'aprofitar l'estructura de les lluminàries actuals, se'n col·loquen 2 per fer un repartiment simètric.

No són necessaris polsadors nous perquè aquestes aules ja en tenen.

Nº de balasts electrònics ..... 54 fluorescents/2 = 27 balasts/aula

Controlador.....2 controladors/aula

Sensor ..... 2 sensors/aula

A la taula 75 es mostra la quantitat d'elements necessaris.

Taula 75: quantitat d'elements necessaris a l'aula II07.

Aula	Balasts	Controladors	Sensors	Polsadors
II07	27	2	2	0
<b>Subtotal 3</b>	140	28	28	24
<b>Subtotal 4</b>	167	30	30	24

c) Localització dels sensors i controladors a dins de l'aula:

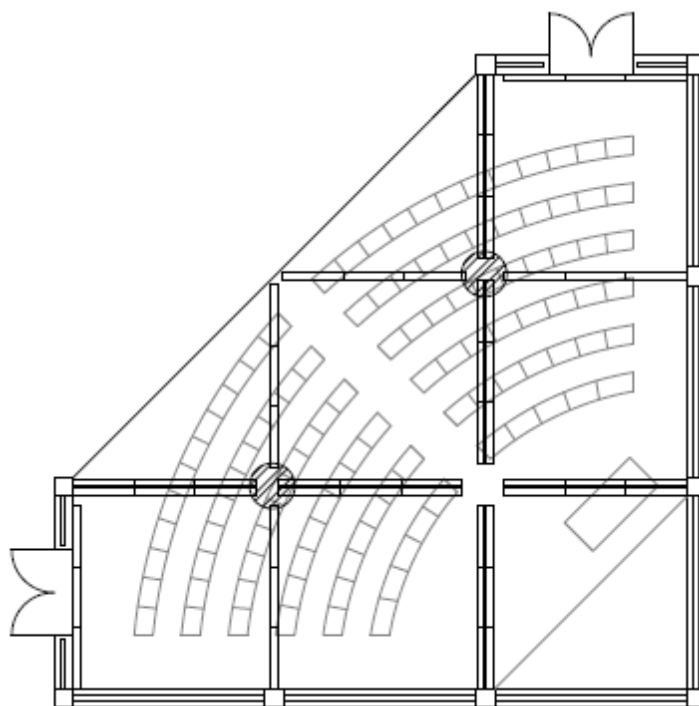


Figura 236: ubicació dels sensors a l'aula II07.

## 2.10.5. Necessitats d'equipament a l'aula II08

a) Localització de l'aula:

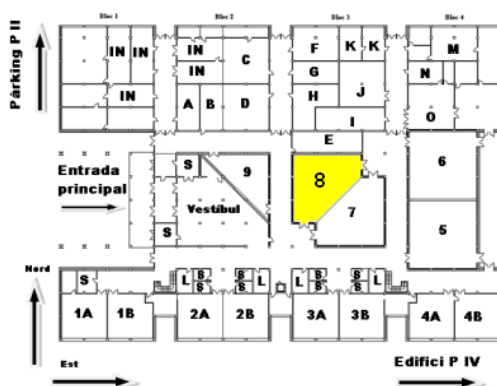


Figura 237: localització de l'aula II08.

b) Número d'elements necessaris:

Les mateixes consideracions fetes a l'apartat 2.10.4. per l'aula II07 es tenen en compte en aquesta perquè és simètrica a l'anterior.

Nº de balasts electrònics ..... 54 fluorescents/2 = 27 balasts/aula

Controlador ..... 2 controladors/aula

Sensor ..... 2 sensors/aula

Taula 76: quantitat d'elements necessaris a l'aula II08.

Aula	Balasts	Controladors	Sensors	Polsadors
II08	27	2	2	0
<b>Subtotal 4</b>	167	30	30	24
<b>Subtotal 5</b>	194	32	32	24



c) Localització dels sensors i controladors a dins de l'aula:

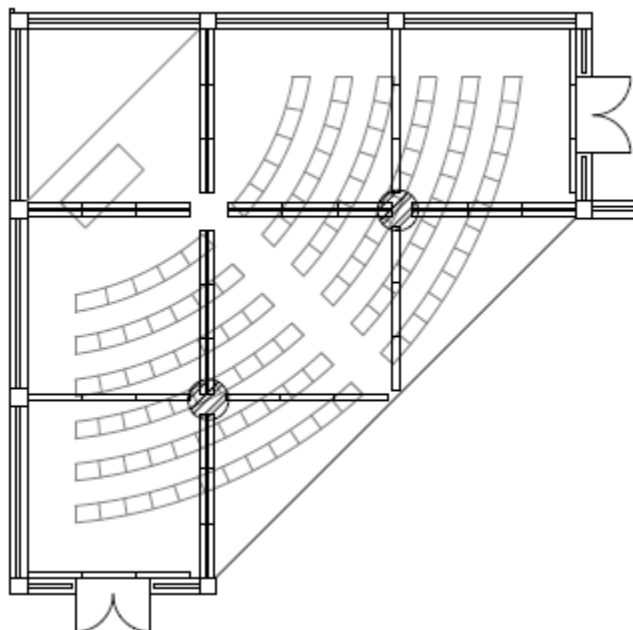


Figura 238: ubicació dels sensors a l'aula II08.

### 2.10.6. Necessitats d'equipament a l'aula II09

a) Localització de l'aula:

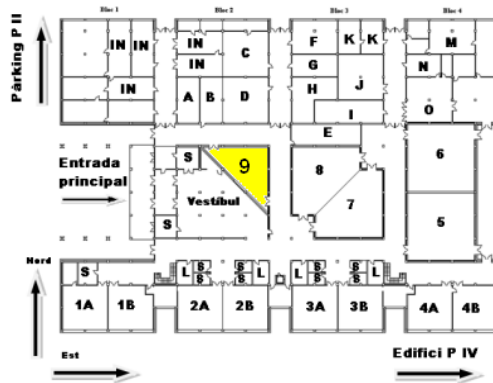


Figura 239: localització de l'aula II09.

b) Número d'elements necessaris:

Com s'ha explicat a l'apartat 2.6.2.2. durant les mesures en aquesta aula hi havia 4 cortines de les 6 que no es podien moure i impedingent el pas de llum natural, Com es pot veure a l'annex A.1, la part més fosca és davant mateix d'on hi ha les cortines obstruïdes.

Per aquest motiu se suposa que si totes funcionessin correctament hi hauria un nivell d'il·luminació uniforme tal i com hi havia a l'aula II07 i II08 (apartat 2.10.3.).

Actualment hi ha 30 tubs fluorescents, que necessiten 15 balasts electrònics Quicktronic Intelligent DIM. Amb 1 DALI MULTI 3 i 1 sensor és suficient. La utilització actual de polsadors fa que no calgui obtenir-ne de nous. Fa falta cable d'unió entre els diferents elements.

- Nº de balasts electrònics ..... 30 fluorescents/2 = 15 balasts/aula
- Controlador.....1 controlador/aula
- Sensor .....1 sensor/aula

Taula 77: quantitat d'elements necessaris a l'aula II09.

Aula	Balasts	Controladors	Sensors	Polsadors
II09	15	1	1	0
<b>Subtotal 5</b>	194	32	32	24
<b>Subtotal 6</b>	209	33	33	24

c) Localització dels sensors i controladors a dins de l'aula:

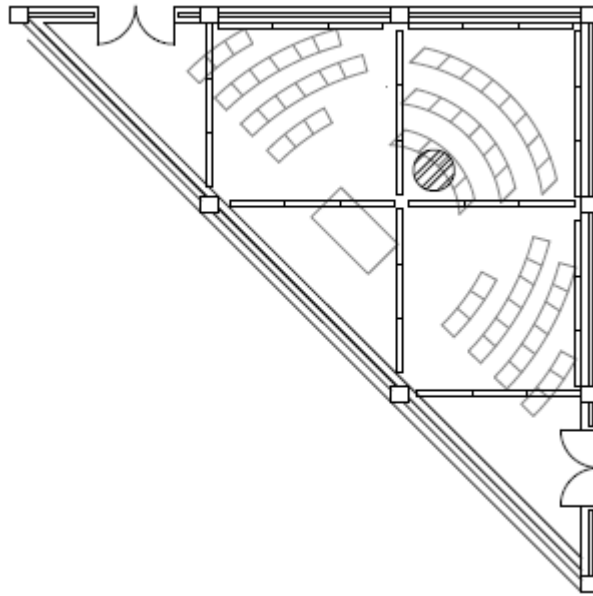


Figura 240: ubicació del sensor a l'aula II09.

## 2.10.7. Necessitats d'equipament als lavabos

a) Localització dels lavabos:

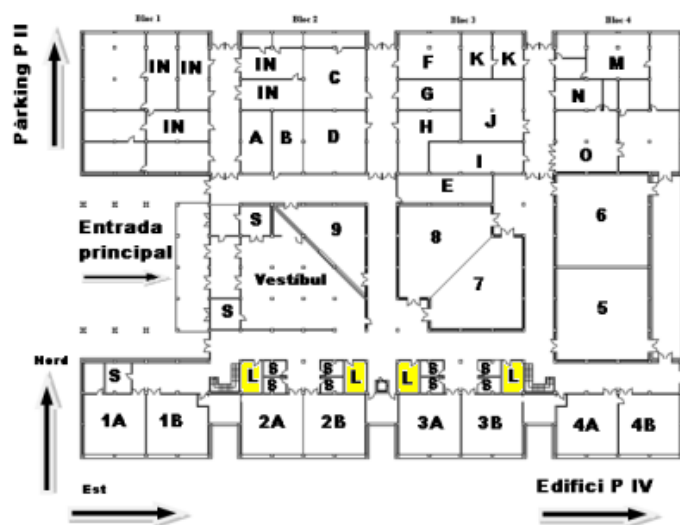


Figura 241: localització dels lavabos de la planta baixa del PII.

b) Número d'elements necessaris:

Es necessita 1 detector de presència a cada lavabo. Els escollits, de la marca Legrand, poden suportar una potència aparent de 500 VA.

Si es fa ús de l'equació 6 es pot trobar la intensitat que pot suportar cada detector:

$$P_{\text{aparent}} = V \times I \quad [\text{Eq. 6}]$$

$$I = \frac{500}{230} = 2,174 \text{ A}$$

Sabent que a cada lavabo hi ha 6 tubs de 36 W, i havent trobat al laboratori que el consum dels tubs + equips auxiliars és de 42,5 W, es fa ús de l'equació 4 per saber la intensitat que actualment consumeix els tubs d'1 lavabo:

$$P_{\text{activa}} = V \times I \times \cos\phi \quad [\text{Eq. 4}]$$

$$I = \frac{42,5 \text{ W} \times 6}{230 \times 0,93} = 1,192 \text{ A}$$

Com que  $2,174 \text{ A} > 1,192 \text{ A}$ , amb 1 sensor es pot suportar la càrrega elèctrica dels 6 tubs.

Taula 78: quantitat d'elements necessaris als lavabos.

Equip o material	Quantitat
Detector de presència Legrand (sostre)	4

Cal connectar en sèrie el detector a l'alimentació de cada lavabo.

c) Ubicació del detector de presència a dins dels lavabos:

Com que tots els lavabos tenen una geometria semblant, es mostra la ubicació del detector en un.

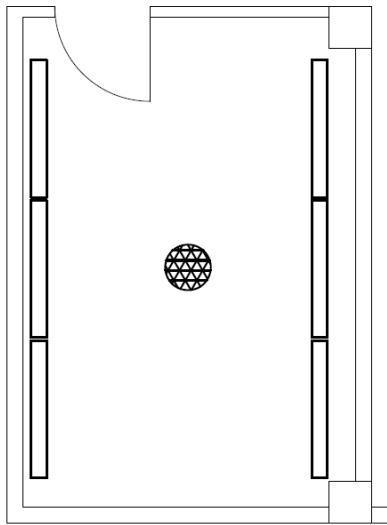


Figura 242: ubicació del detector de presència als lavabos de la planta baixa del PII.

## 2.11. CONSUMS I EFICIÈNCIA ENERGÈTICA DE LA INSTAL·LACIÓ ACTUAL I LA FUTURA

En aquest apartat es vol demostrar que la instal·lació proposada és energèticament millor a la que hi ha actualment.

Tot i que es pot disposar dels consums elèctrics de l'EPS, seria difícil dir quina part correspon a la il·luminació de les aules i lavabos.

Per tant, s'ha buscat una alternativa a fi de calcular el consum energètic actual i futur de forma aproximada.

Aquesta alternativa ha estat realitzar un seguit d'estimacions, detallades a les pàgines següents, a partir d'observacions realitzades durant les mesures a les aules, per tal d'aconseguir calcular els consums elèctrics.

Cal recordar que:

$$\text{Energia en kWh} = \text{Potència en kW} \times \text{temps en hores} \quad [\text{Eq. 8}]$$

A continuació (taula 79) hi ha les potències consumides obtingudes al laboratori amb els balasts convencionals i amb un balast electrònic (ambdós casos amb 2 tubs fluorescents OSRAM LUMILUX COOL DAYLIGHT L36W/865 amb casquet T8 (26 mm Ø). Aquests valors seran útils pels càlculs energètics:

Taula 79: potència consumida (màxima) de dos tubs fluorescents de 36 W i els equips auxiliars corresponents.

Potència consumida en Watts	Phillips BTA 36 W 230 V B2 (doble reactància)	Quicktronic Intelligent Dim d'Osram
Dos tubs	85	71
Un tub	42,5	35,5

### 2.11.1. Estimació de l'estalvi energètic instal·lant l'equip d'OSRAM de regulació del flux lluminós de les làmpades fluorescents amb detecció de presència a les aules

Els passos que s'han seguit per comptabilitzar l'estalvi energètic a les aules són els següents:

- Estimar el consum actual.
- Estimar l'energia consumida per la instal·lació proposada a l'apartat 2.10. En aquest punt s'ha utilitzat els nivells d'il·luminació naturals de l'apartat 2.6.1.2. i 2.6.2.2. i els valors obtinguts en el laboratori de Control i Instrumentació de Processos (apartat 2.8.4.3.)
- Calcular l'estalvi energètic i la repercussió mediambiental que comporta

#### 2.11.1.1. Consum actual

S'han fet varies observacions de forma generalitzada per observar quin percentatge aproximat de les aules estan amb les instal·lacions d'il·luminació funcionant, tant si hi ha alumnes com si no. Això és degut a que en nombroses ocasions no s'apaga l'enllumenat quan s'acaben les classes. Aquests percentatges poden semblar excessius, però si per exemple a les 14:00 s'observa l'estat de les aules, quasi totes queden amb els fluorescents encesos ja que ningú es preocupa de tancar-los, exceptuant el servei de neteja que fa la seva tasca a les 14:15. A la següent taula es pot veure els valors que s'han considerat:

Taula 80: horari de funcionament aproximat de la il·luminació per a una aula.

Horari	Hores	% aules amb il·luminació funcionant	Hores d'il·luminació funcionant
<b>8:00-10:00</b>	2	50%	1
<b>10:00-14:00</b>	4	85%	3,4
<b>15:00-18:00</b>	3	85%	2,6
<b>18:00-22:00</b>	4	100%	4
			<b>11 hores/dia</b>

Amb aquest càlculs s'han estimat el total d'hores al dia que les aules estan il·luminades, tant si s'hi imparteix classe com si no. Aquest valor és molt aproximat ja que pot haver-hi aules que estiguin més ocupades que altres.

Per tal de poder realitzar els càlculs també s'ha tingut en compte un total de 34 setmanes per curs (o any lectiu), unes 30 lectives i 4 pels exàmens. Per tant:

$$34 \text{ setmanes/any} \times 5 \text{ dies/setmana} = 170 \text{ dies/any}$$

Aleshores, comptant unes 11 hores/dia de funcionament de l'enllumenat:

$$170 \text{ dies/any} \times 11 \text{ hores/dia} = 1870 \text{ hores/any}$$

Taula 81: consums energètics actuals estimats.

Aula	Potència instal·lada (kW)	Utilització en hores/any	Consum energètic en kWh/any
II01A	0,765	1870	1430,55
II01B	0,765	1870	1430,55
II02A	0,765	1870	1430,55
II02B	0,765	1870	1430,55
II03A	0,765	1870	1430,55
II03B	0,765	1870	1430,55
II04A	0,765	1870	1430,55
II04B	0,765	1870	1430,55
II05	2,890	1870	5404,3
II06	2,890	1870	5404,3
II07	2,295	1870	4291,65
II08	2,295	1870	4291,65
II09	1,275	1870	2384,25
<b>Total</b>			<b>33220,55</b>



### 2.11.1.2. Consum futur amb equip electrònic: amb regulació de flux lluminós, sense detecció de presència

En aquest apartat s'ha calculat l'energia consumida per l'equip de regulació de flux lluminós suposant que a les aules hi ha presència totes les hores del dia (13).

Fent ús de les dades que es disposen de la llum natural que entra a les aules s'ha estimat el percentatge de llum "elèctrica" que s'ha d'aportar suposant que es desitgen 300 lux (norma UNE 12464-1:2003). Aquest percentatge s'ha calculat a partir de l'expressió:

$$\% \text{ nivell d'il·luminació artificial} = \frac{(300 \text{ lux} - \text{valor mesurat de lux natural})}{300 \text{ lux}} \times 100 \quad [\text{Eq. 9}]$$

Amb aquest valor es pot anar a una gràfica obtinguda a partir de les mesures al laboratori de Control i Instrumentació (apartat 2.8.4.3.) i trobar la potència consumida.

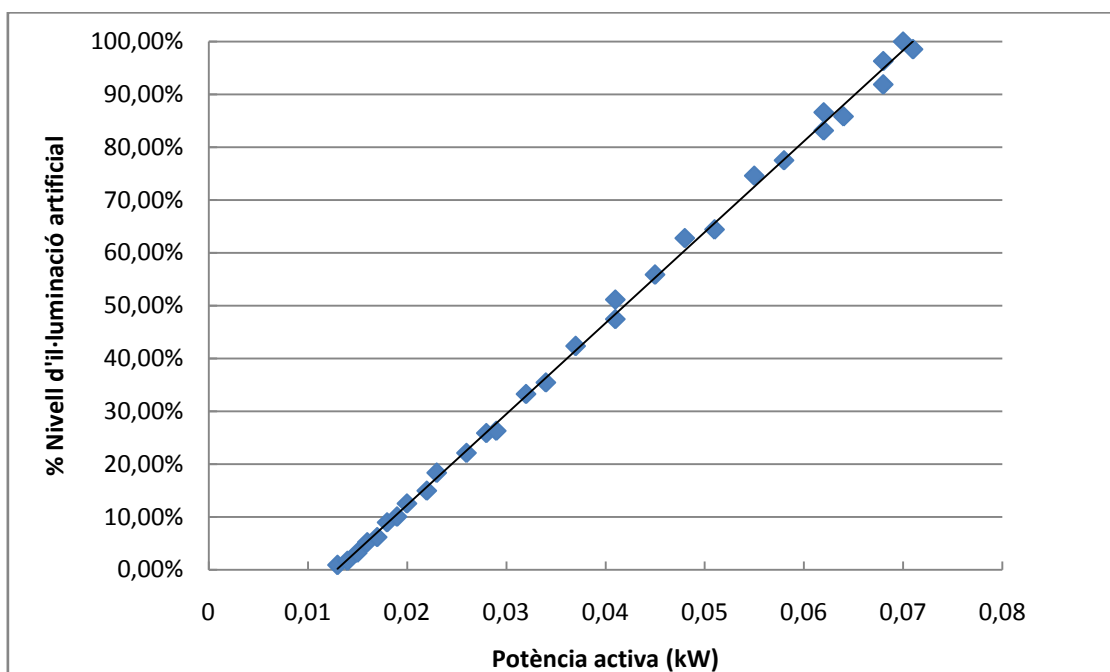


Figura 243: % nivell d'il·luminació aportat artificialment en funció de la potència consumida per 2 fluorescents.

El gràfic s'ha realitzat a partir de les làmpades OSRAM LUMILUX COOL DAYLIGHT L36W/865 (3250 lm). S'han utilitzat aquestes perquè tenen la temperatura de color més adient a la que hauria d'anar a les aules i també el tipus de làmpada que és més probable que hi hagi actualment. Malgrat això, si es realitzés amb altres tubs assajats a l'experimentació els valors serien molt semblants.

Tenint la potència consumida, i sabent les hores d'utilització, es pot calcular amb l'equació 8 l'energia elèctrica consumida.

En aquest cas s'ha extrapolat el comportament lluminós de dues làmpades al de tot un grup que hi ha en una aula. Això és possible perquè tot aquest conjunt de làmpades que hi ha actualment són capaces de donar el nivell d'il·luminació en lux desitjat (300 lux). A la taula 82 es resumeixen els valors mesurats a les aules amb presència de llum artificial únicament.

Taula 82: resum de l'estat de la il·luminació artificial a les aules estudiades.

	<b>Aules II01A a II04B</b>	<b>Aula II05</b>	<b>Aula II06</b>	<b>Aula II07</b>	<b>Aula II08</b>	<b>Aula II09</b>
<b>E (lux)</b>	427	540	433	484	405	439
<b>Nº fluorescents</b>	18	68	68	54	54	30

Si la instal·lació actual de llums fluorescents no fos capaç de donar els 300 lux, no tindria sentit agafar com a valor de referència aquest nombre. Com que a la taula anterior es veu que el nombre de punts lluminosos permeten sobrepassar lleugerament aquest valor, es pot aproximar a través de la gràfica obtinguda per 2 tubs (figura 243) l'energia que cal aportar per assolir el nivell establert per la normativa.

Llavors, per a cada tipus d'aules s'ha plantejat un horari adequat a les dades que es disposa. Per tal de comptabilitzar correctament aquest horari i no barrejar horari d'estiu amb horari d'hivern se separen les setmanes de la següent manera:

Taula 83: separació de setmanes.

Mes	Set.	Oct.	Nov.	Des.	Gen.	Feb.	Mar.	Abr.	Mai.
Nº setmanes	2	4	4	4	4	4	4	4	4

Se setembre a octubre s'entén com a horari d'estiu, igual que des d'abril a maig. De novembre a març s'entén que l'horari és d'hivern. En total hi ha 34 setmanes.

No s'ha aplicat cap factor correctiu per núvols perquè sempre s'han tingut en compte les condicions més adverses dels llocs on s'ha mesurat, ja sigui perquè hi havia alguna cortina que no podia plegar-se, o considerant aules on hi ha més ombra que altres.

A. Aules sud (II01A fins II04B)

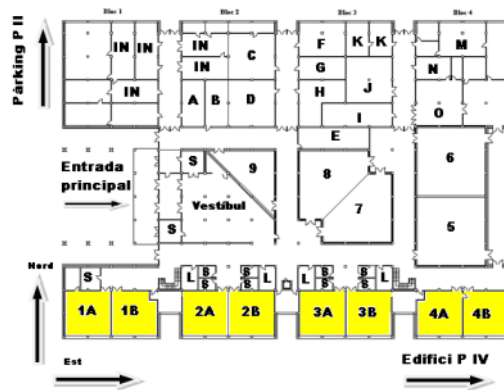


Figura 244: localització de les aules sud.

Per aquest conjunt s'agafen per tot l'any els valors mesurats a la II04A ja que és on se'n tenen més i la que rep menys il·luminació natural (com la II04B). Considerant el local que rep menys radiació no es sobrevalora el possible estalvi energètic.

Com que els diagrames de grisos de l'apartat 2.6.1.2. mostren que hi ha diferències en funció de la distància amb la finestra, s'ha considerat que cada fila de tubs fluorescents aportarà una quantitat diferent de llum elèctrica. Per tant, cal conèixer el valor mitjà mesurat a sota de cadascuna, tal i com s'ensenya a la figura següent.

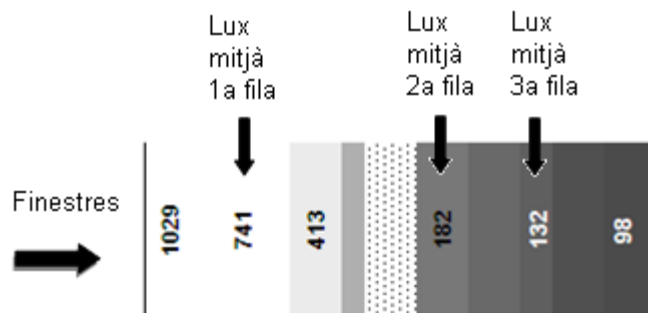


Figura 245: exemple dels valors que s'han tingut en compte al càlcul del % de flux lluminós elèctric.

A la taula 84 hi ha els valors de lux mitjans calculats, el percentatge de llum elèctrica calculat i la potència consumida per 2 tubs a partir de la figura 243 a cada fila de fluorescents:

Taula 84: valors necessaris pel càlcul de consum energètic.

Hora	Fila (Lux natural calculat)			Fila (% nivell d'il·luminació elèctric)			Fila (potència consumida en kW per 2 tubs)		
	1	2	3	1	2	3	1	2	3
7:05	74	14	6	75,33%	95,33%	98,00%	0,056	0,068	0,07
8:00	207	40	28	31,00%	86,67%	90,67%	0,031	0,063	0,067
8:50	301	62	42	0,00%	79,33%	86,00%	0	0,059	0,063
9:05	354	70	47	0,00%	76,67%	84,33%	0	0,057	0,062
10:30	741	182	132	0,00%	39,33%	56,00%	0	0,036	0,046
13:50	1746	264	151	0,00%	12,00%	49,67%	0	0,02	0,043
14:30	1223	1293	150	0,00%	0,00%	50,00%	0	0	0,043
15:00	1042	483	511	0,00%	0,00%	0,00%	0	0	0
15:35	724	252	274	0,00%	16,00%	8,67%	0	0,023	0,018

A continuació hi ha l'energia consumida pel conjunt de les aules orientades al sud. Per fer això s'ha realitzat la mitjana dels valors de potència consumida en certs intervals horaris i s'ha aplicat el següent càlcul per trobar els kWh consumits.:

$$\frac{\text{n}^\circ \text{setmanes}}{\text{any}} \times \frac{5 \text{ dies}}{\text{setmana}} \times \frac{\text{n}^\circ \text{ hores}}{\text{dia}} \times \frac{\text{kW}}{\text{fluorescent}} \times \frac{48 \text{ fluorescents}}{\text{fila}}$$

Taula 85: consums energètics de cada fila de fluorescents.

		<b>Fila</b>		
<b>Set.-Oct.</b>	<b>(energia consumida en kWh)</b>			
<b>Interval horari</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
8:00-9:00	20,88	45,60	48,00	
9:00-10:00	0,00	41,04	44,64	
10:00-14:00	0,00	80,64	128,16	
15:00-18:00	0,00	16,56	43,92	
18:00-22:00	204,48	204,48	204,48	
		<b>Fila</b>		
<b>Nov.-Març</b>	<b>(energia consumida en kWh)</b>			
<b>Interval horari</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
8:00-9:00	69,60	151,20	160,80	
9:00-10:00	0,00	136,80	148,80	
10:00-14:00	0,00	268,80	432,00	
15:00-17:00	0,00	38,40	96,00	
17:00-22:00	852,00	852,00	852,00	
		<b>Fila</b>		
<b>Abril-Maig</b>	<b>(energia consumida en kWh)</b>			
<b>Interval horari</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	
8:00-9:00	27,84	60,48	64,32	
9:00-10:00	0,00	54,72	59,52	
10:00-14:00	0,00	107,52	172,80	
15:00-20:00	0,00	38,40	96,00	
20:00-22:00	136,32	136,32	136,32	
<b>Total</b>	<b>1311,12</b>	<b>2232,96</b>	<b>2687,76</b>	

**Total d'energia consumida = 6231,84 kWh/any**

## B. Aules centrals II05 i II06

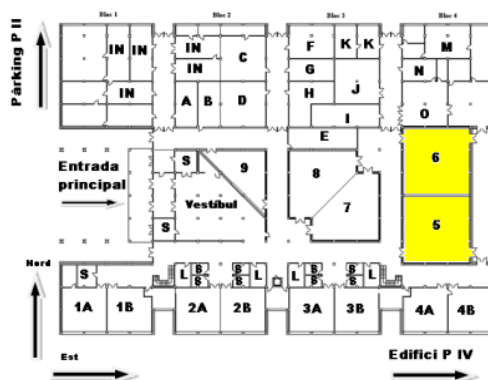


Figura 246: localització de les aules II05 i II06.

Aquest conjunt té la característica que els nivells d'il·luminació mesurats són relativament baixos i uniformes, per aquest motiu s'ha calculat la mitjana al llarg de les hores que es tenen mesurades (apartat 2.6.2.2.) i s'ha aplicat a tot el dia.

Com que es disposen de mesures a la tardor i a l'hivern, per calcular els consums energètics de les setmanes de setembre a octubre i les d'abril a maig s'utilitzen les primeres (tardor) i per les de novembre a març les segones (hivern).

Taula 86: valors necessaris pel càlcul de consum energètic.

Lux mitjans calculats			% nivell d'il·luminació elèctric			Potència consumida en kW per 2 tubs		
Set.-Oct.	II05	II06	Set.-Oct.	II05	II06	Set.-Oct.	II05	II06
8:00-14:00	58,03	100,66	8:00-14:00	80,66%	66,45%	8:00-14:00	0,060	0,053
15:00-18:00	58,03	100,66	15:00-18:00	80,66%	66,45%	15:00-18:00	0,060	0,053
18:00-22:00	0	0	18:00-22:00	100,00%	100,00%	18:00-22:00	0,071	0,071
Nov.-Març	II05	II06	Nov.-Març	II05	II06	Nov.-Març	II05	II06
8:00-14:00	56,99	86,2	8:00-14:00	81,00%	71,27%	8:00-14:00	0,061	0,054
15:00-17:00	56,99	86,2	15:00-17:00	81,00%	71,27%	15:00-17:00	0,061	0,054
17:00-22:00	0	0	17:00-22:00	100,00%	100,00%	17:00-22:00	0,071	0,071
Abril-Maig	II05	II06	Abril-Maig	II05	II06	Abril-Maig	II05	II06
8:00-14:00	58,03	100,66	8:00-14:00	80,66%	66,45%	8:00-14:00	0,060	0,053
15:00-20:00	58,03	100,66	15:00-20:00	80,66%	66,45%	15:00-20:00	0,060	0,053
20:00-22:00	0	0	20:00-22:00	100,00%	100,00%	20:00-22:00	0,071	0,071

A continuació hi ha l'energia elèctrica consumida amb la regulació del flux lluminós calculada de la mateixa forma que abans:

$$\frac{\text{n}^\circ \text{setmanes}}{\text{any}} \times \frac{5 \text{ dies}}{\text{setmana}} \times \frac{\text{n}^\circ \text{ hores}}{\text{dia}} \times \frac{\text{kW}}{\text{fluorescent}} \times \frac{68 \text{ fluorescentes}}{\text{aula}}$$

Taula 87: consums energètics a les aules II05 i II06.

<b>Energia consumida en kWh</b>		
<b>Set.-Oct.</b>	<b>II05</b>	<b>II06</b>
8:00-14:00	367,20	324,36
15:00-18:00	183,60	162,18
18:00-22:00	289,68	289,68
<b>Nov.-Març</b>	<b>II05</b>	<b>II06</b>
8:00-14:00	1244,40	1101,60
15:00-17:00	414,80	367,20
17:00-22:00	1207,00	1207,00
<b>Abril-Maig</b>	<b>II05</b>	<b>II06</b>
8:00-14:00	489,60	432,48
15:00-20:00	408,00	360,40
20:00-22:00	193,12	193,12
<b>Total</b>	<b>4797,40</b>	<b>4438,02</b>

**Total d'energia consumida = 9235,42 kWh/any**

## C. Aules centrals II07 i II08

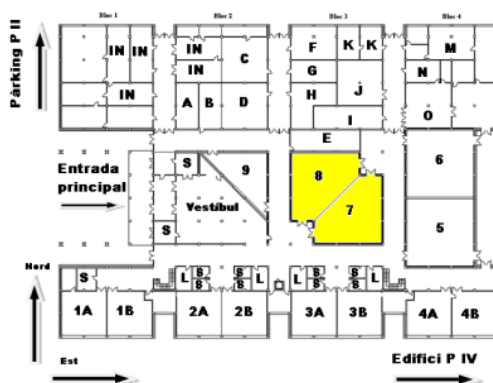


Figura 247: localització de les aules II07 i II08.

Aquestes dues, tot i tenir una distribució considerablement uniforme de nivells d'il·luminació, al llarg de les hores varia sensiblement la mitjana. Per tant s'ha considerat la possibilitat de tenir en compte diferents valors mitjans en intervals horaris. A més, es disposa de valors mesurats a la tardor que es poden aplicar a la primavera i d'altres a l'hivern (veure annex A.1 i apartat 2.6.2.2. del present document).

Seguidament hi ha els valors mitjans calculats extrets de l'apartat 2.6.2.2. i la potència consumida trobada a partir de la figura 243.

Taula 88: valors necessaris pel càlcul de consum energètic.

Lux mitjans calculats			% nivell d'il·luminació elèctric			Potència consumida en kW per 2 tubs		
Set.-Oct.	II05	II06	Set.-Oct.	II05	II06	Set.-Oct.	II05	II06
8:00-10:00	152,59	188,58	8:00-10:00	49,14%	37,14%	8:00-10:00	0,044	0,035
10:00-14:00	887,92	232,88	10:00-14:00	0,00%	22,37%	10:00-14:00	0,000	0,025
15:00-18:00	127,51	120,52	15:00-18:00	57,50%	59,83%	15:00-18:00	0,046	0,047
18:00-22:00	0	0	18:00-22:00	100,00%	100,00%	18:00-22:00	0,071	0,071
<b>Nov.-Març</b>								
8:00-10:00	150	190	8:00-10:00	50,00%	36,67%	8:00-10:00	0,044	0,035
10:00-14:00	452,15	260,65	10:00-14:00	0,00%	13,12%	10:00-14:00	0,000	0,020
15:00-17:00	95,36	113,92	15:00-17:00	68,21%	62,03%	15:00-17:00	0,053	0,050
17:00-22:00	0	0	17:00-22:00	100,00%	100,00%	17:00-22:00	0,071	0,071
<b>Abril-Maig</b>								
8:00-10:00	152,59	188,58	8:00-10:00	49,14%	37,14%	8:00-10:00	0,044	0,035
10:00-14:00	887,92	232,88	10:00-14:00	0,00%	22,37%	10:00-14:00	0,000	0,025
15:00-20:00	127,51	120,52	15:00-20:00	57,50%	59,83%	15:00-20:00	0,046	0,047
20:00-22:00	0	0	20:00-22:00	100,00%	100,00%	20:00-22:00	0,071	0,071



Tot seguit queda comptabilitzar el consum:

$$\frac{\text{n}^\circ \text{setmanes}}{\text{any}} \times \frac{5 \text{ dies}}{\text{setmana}} \times \frac{\text{n}^\circ \text{ hores}}{\text{dia}} \times \frac{\text{kW}}{\text{fluorescent}} \times \frac{54 \text{ fluorescents}}{\text{aula}}$$

Taula 89: consums energètics a les aules II07 i II08.

<b>Energia consumida en kWh</b>		
<b>Set.-Oct.</b>	<b>II07</b>	<b>II08</b>
8:00-10:00	71,28	56,7
10:00-14:00	0,00	81,00
15:00-18:00	111,78	114,21
18:00-22:00	230,04	230,04
<b>Nov.-Març</b>		
	<b>II07</b>	<b>II08</b>
8:00-10:00	237,6	189
10:00-14:00	0,00	216,00
15:00-17:00	286,20	270,00
17:00-22:00	958,50	958,50
<b>Abril-Maig</b>		
	<b>II07</b>	<b>II08</b>
8:00-10:00	95,04	75,6
10:00-14:00	0,00	108,00
15:00-20:00	248,40	253,80
20:00-22:00	153,36	153,36
<b>Total</b>	<b>2392,20</b>	<b>2706,21</b>

**Total d'energia consumida = 5098,41 kWh/any**

## D. Aula II09

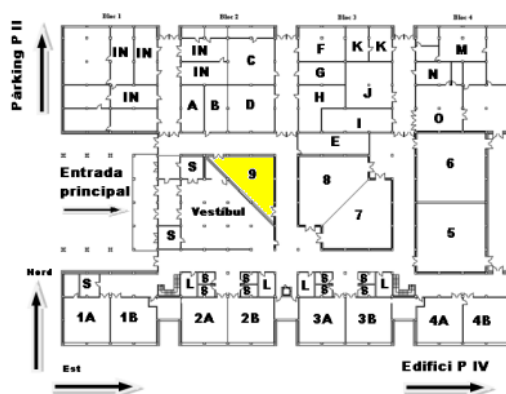


Figura 248: localització de l'aula II09.

Com en l'apartat anterior, també es realitza les mitjanes en diferents intervals horaris. Cal recordar, com mostra l'apartat 2.6.2.2., que de 6 possibles finestres que disposa aquesta aula només per 2 entrava llum perquè la resta tenia les cortines obstruïdes. Per tant, com que els següents nivells d'il·luminació ja suposen un estalvi considerable d'energia, més n'hi podria haver si per totes les finestres hi entrés radiació.

Taula 90: valors necessaris pel càlcul de consum energètic.

Lux mitjans calculats		% nivell d'il·luminació elèctric		Potència consumida en kW per 2 tubs	
Set.-Oct.	II09	Set.-Oct.	II09	Set.-Oct.	II09
8:00-10:00	382	8:00-10:00	0,00%	8:00-10:00	0,000
10:00-14:00	520,5	10:00-14:00	0,00%	10:00-14:00	0,000
15:00-18:00	84,33	15:00-18:00	71,89%	15:00-18:00	0,055
18:00-22:00	0	18:00-22:00	100,00%	18:00-22:00	0,071
<b>Nov.-Març</b>					
8:00-10:00	354,91	8:00-10:00	0,00%	8:00-10:00	0,000
10:00-14:00	552,6	10:00-14:00	0,00%	10:00-14:00	0,000
15:00-17:00	202,41	15:00-17:00	32,53%	15:00-17:00	0,032
17:00-22:00	0	17:00-22:00	100,00%	17:00-22:00	0,071
<b>Abril-Maig</b>					
8:00-10:00	382	8:00-10:00	0,00%	8:00-10:00	0,000
10:00-14:00	520,5	10:00-14:00	0,00%	10:00-14:00	0,000
15:00-20:00	84,33	15:00-20:00	71,89%	15:00-20:00	0,055
20:00-22:00	0	20:00-22:00	100,00%	20:00-22:00	0,071

A la taula anterior es pot veure que la majoria d'hores no necessiten aportació de flux lluminós elèctric per tal de mantenir la il·luminació desitjada a dins de l'aula.

Per a calcular el consum es modifica l'expressió anterior:

$$\frac{\text{n}^\circ \text{setmanes}}{\text{any}} \times \frac{5 \text{ dies}}{\text{setmana}} \times \frac{\text{n}^\circ \text{ hores}}{\text{dia}} \times \frac{\text{kW}}{\text{fluorescent}} \times \frac{30 \text{ fluorescents}}{\text{aula}}$$

Taula 91: consum energètic en kWh a l'aula II09.

<b>Energia consumida en kWh</b>	
<b>Set.-Oct.</b>	<b>II09</b>
8:00-10:00	0
10:00-14:00	0
15:00-18:00	74,25
18:00-22:00	127,8
<b>Nov.-Març</b>	<b>II09</b>
8:00-10:00	0
10:00-14:00	0
15:00-17:00	93
17:00-22:00	532,5
<b>Abril-Maig</b>	<b>II09</b>
8:00-10:00	0
10:00-14:00	0
15:00-20:00	159
20:00-22:00	31,2
<b>Total</b>	<b>1017,75</b>

**Total d'energia consumida = 1017,75 kWh/any**

## E. Consum total

El consum total calculat suposant que s'utilitza la instal·lació de 8:00 a 14:00 i de 15:00 a 22:00 (13 hores) aprofitant la llum natural i no tenint detecció de presència és el següent:

Taula 92: resum del consum a les aules estudiades.

Aules	II01A fins II04B	II05 i II06	II07 i II08	II09	Total
<b>Consums kWh/any</b>	6231,84	9235,42	5098,41	1017,75	<b>21583,42</b>

### 2.11.1.3. Consum futur amb equip electrònic: amb regulació de flux lluminós i detecció de presència

Per tal de poder realitzar aquests càlculs s'ha d'estimar el percentatge d'utilització de les aules.

S'ha aplicat a la taula 80 on es donava les hores d'utilització actual de les aules el percentatge estimat d'utilització.

Taula 93: horari de funcionament aproximat de la il·luminació per a una aula quan hi ha presència d'alumnat.

Horari	Hores d'il·luminació funcionant	% d'utilització de les aules	Hores d'il·luminació amb presència
8:00-10:00	1	80%	0,8
10:00-14:00	3,4	65%	2,2
15:00-18:00	2,6	65%	1,7
18:00-22:00	4	35%	1,4
			<b>6,1 hores/dia</b>

Per tant, de les 13 hores que s'ha comptabilitzat l'ús de les aules amb regulació de flux lluminós, només 6,1 estan ocupades de mitjana.

Aleshores, el consum de l'apartat 2.11.1.2. queda modificat amb:

$$21583,42 \text{ kWh/any} \times 6,1/13 = 10127,61 \text{ kWh/any}$$

2.11.1.4. *Estalvi energètic a les aules amb l'equip de regulació de flux lluminós i detecció de presència*

Aquest estalvi es calcula fent la diferència entre el consum actual (apartat 2.11.1.1) i el consum futur amb l'equip electrònic d'OSRAM:

$$33220,55 \text{ kWh/any} - 10127,61 \text{ kWh/any} = 23092,94 \text{ kWh/any estalviats}$$

## 2.11.2. Estalvi energètic amb detecció de presència als lavabos

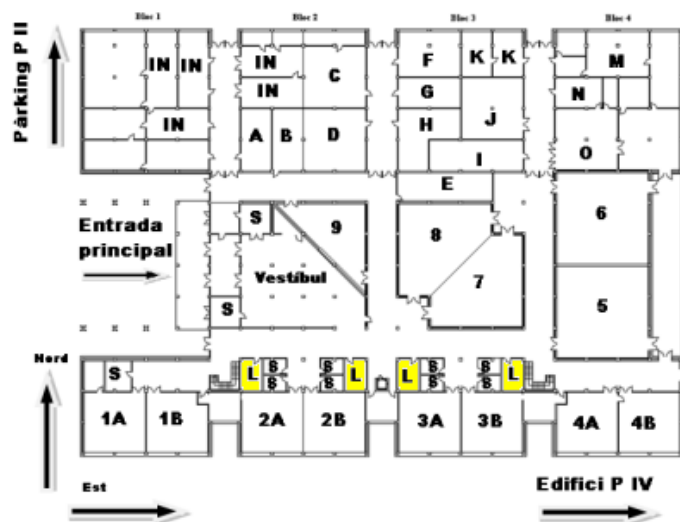


Figura 249: localització dels lavabos de la planta baixa del PII.

Per realitzar aquests càlculs també es parteix del consum actual, es calcula el futur amb detecció de presència i es fa la diferència.

### 2.11.2.1. Consum actual

A l'edifici PII hi ha 4 serveis. Cadascun d'aquests té 6 tubs fluorescents i no es disposa d'entrada de llum natural. Aleshores, la potència total instal·lada seria de:

$$42,5 \text{ W/tub} \times 6 \text{ tubs/WC} \times 4 \text{ WC} = 1020 \text{ W}$$

I suposant les 34 setmanes (que en serien més) treballant a un règim de 24 hores cada dia:

$$34 \text{ setmanes/any} \times 7 \text{ dies/setmana} \times 24 \text{ hores/dia} = 5712 \text{ hores/any}$$

Per tant, el consum en kWh/any és de:

$$1,020 \text{ kW} \times 5712 \text{ hores/any} = 5826,24 \text{ kWh/any}$$

### 2.11.2.2. Consum futur amb detector de presència de sostre Legrand

Entre setmana, l'horari s'ha de diferenciar amb les següents franges que hi ha a la taula de la propera pàgina. S'estima que la utilització durant el dia és del 50%, per tant, se suposa que el 50% de les hores del dia la il·luminació dels serveis ha d'estar funcionant, mentre que de nit només se suposa un 5% de les hores, per no posar 0%.

Taula 94: horari estimat per dies lectius.

Hora	Nº hores cada dia	Utilització	Hores d'utilització cada dia
8:00-22:00	14	50%	7
22:00-8:00	10	5%	0,5
			7,5

$$34 \text{ setmanes/any} \times 5 \text{ dies/setmana} \times 7,5 \text{ hores/dia} = 1275 \text{ hores/any}$$

Si a més es té en compte que el cap de setmana podria tenir una utilització també del 5% de les 24 hores del dia, per tant 1,2 hores/dia:

$$34 \text{ setmanes/any} \times 2 \text{ dies/setmana} \times 1,2 \text{ hores/dia} = 81,6 \text{ hores/any}$$

$$\text{Total hores: } 1275 + 81,6 = 1356,6 \text{ hores/any}$$

Per tant el consum anual seria de:

$$1,020 \text{ kW} \times 1356,6 \text{ hores/any} = 1383,73 \text{ kWh/any}$$

### 2.11.2.3. *Estalvi energètic*

Per saber l'estalvi anual cal restar el consum actual amb el que s'espera col·locant detector de presència:

$$5826,24 \text{ kWh/any} - 1383,73 \text{ kWh/any} = \mathbf{4442,51 \text{ kWh/any}}$$



### 2.11.3. Estalvi energètic i econòmic total: aules i lavabos

Comptabilitzant el possible estalvi calculat a les aules i el que s'ha trobat en els serveis es pot dir que en total es pot arribar a estalviar:

$$23092,94 \text{ kWh/any} + 4442,51 \text{ kWh/any} = \mathbf{27535,45 \text{ kWh estalviats/any}}$$

Si el total d'energia consumida actualment és de:

$$33220,55 \text{ kWh/any} + 5826,24 \text{ kWh/any} = \mathbf{39046,79 \text{ kWh consumits/any}}$$

L'estalvi representa de forma percentual:

$$\frac{27535,45}{39046,79} \times 100 = \mathbf{70,52\% \text{ d'estalvi}}$$

Comtant que aproximadament el preu del kWh és de 0,1€:

$$27535,45 \text{ kWh/any} \times 0,1 \text{ €/kWh} = \mathbf{2753,55 \text{ €/any}}$$

### 2.11.4. Repercussió mediambiental de l'estalvi energètic total a les aules i lavabos

No solament es deixaria de consumir energia sinó que no s'emetrien a l'atmosfera la següent quantitat de gasos contaminants ni es consumiria l'equivalent en barrils de petroli que hi ha a continuació:

$$27535,45 \text{ kWh/any} \times 435,5 \text{ litres de gasos/kWh} \times 1 \text{ m}^3 / 1000 \text{ litres} = \mathbf{11991,7 \text{ m}^3 \text{ de gasos /any}}$$

$$27535,45 \text{ kWh/any} \times 1 \text{ barril de petroli} / 1214,4 \text{ kWh} = \mathbf{22,67 \text{ barrils de petroli/any}}$$

### 2.11.5. Canvi en l'índex d'eficiència energètica

Utilitzant l'equació 3 per determinar l'índex d'eficiència energètica es pot comparar aquest valor en l'actualitat i el que tindria utilitzant balasts electrònics.

$$VEEI = \frac{P \times 100}{S \times E_m} \quad [\text{Eq. 3}]$$

a) Actualment

Taula 95: potència total instal·lada a les aules.

	<b>Aules II01A a II04B</b>	<b>Aula II05</b>	<b>Aula II06</b>	<b>Aula II07</b>	<b>Aula II08</b>	<b>Aula II09</b>
<b>Em (lux)</b>	300	300	300	300	300	300
<b>Nº fluorescents</b>	18	68	68	54	54	30
<b>S aprox. (m<sup>2</sup>)</b>	75	174	174	135	135	85
<b>Potència 1 tub (W)</b>	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5	42,5
<b>Potència total instal·lada (W)</b>	765	2890	2890	2295	2295	1275
<b>VEEI</b>	<b>3,40</b>	<b>5,54</b>	<b>5,54</b>	<b>5,67</b>	<b>5,67</b>	<b>5</b>

Segons el nou Codi Tècnic de l'Edificació el límit hauria de ser  $VEEI = 4$ .

Ja es veu que la majoria de les aules no compleixen. Aquest motiu és degut a que aquestes no tenen una distribució simple, ja que algunes fan baixada i altres juguen molt amb il·luminació indirecta. I quan es va realitzar la instal·lació el nou CTE no era d'aplicació.

## b) Futur

Taula 96: potència total instal·lada a les aules.

	<b>Aules II01A a II04B</b>	<b>Aula II05</b>	<b>Aula II06</b>	<b>Aula II07</b>	<b>Aula II08</b>	<b>Aula II09</b>
<b>Em (lux)</b>	300	300	300	300	300	300
<b>Nº fluorescents</b>	18	68	68	54	54	30
<b>S aprox. (m<sup>2</sup>)</b>	75	174	174	135	135	85
<b>Potència consumida (W) per tub</b>	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5	35,5
<b>Potència total instal·lada (W)</b>	639	2414	2414	1917	1917	1065
<b>VEEI</b>	<b>2,84</b>	<b>4,62</b>	<b>4,62</b>	<b>4,73</b>	<b>4,73</b>	<b>4,18</b>

Ja es veu que s'ha millorat els índex d'eficiència energètica respecte la taula 95.

Com que en les aules que fan baixada (II05 i II06) l'àrea s'ha considerat horitzontal (ja que el codi tècnic no preveu aquest tipus de locals) en realitat l'àrea il·luminada seria major, fent disminuir el VEEI.

Un altre motiu que podria ser causant d'una augment del VEEI és que no es coneix el nivell d'il·luminació pel qual va ser dissenyada la instal·lació. Si en comptes de 300 lux hagués estat de 400, l'índex disminuiria.

A més, aquest valor esdevé variant ja que des del moment que es regula el flux lluminós la potència consumida baixa.