

Treball final de grau

Estudi: Grau en Enginyeria Elèctrica

Títol: Millora de l'eficiència energètica de l'enllumenat del P2 de la EPS - UdG

Document: 1. Memòria

Alumne: David Uroz Matés

Tutor: Miquel Rustullet Reñé

Departament: Enginyeria Elèctrica, Electrònica i Automàtica

Àrea: Enginyeria de Sistemes i Automàtica

Convocatòria (mes/any): Juny/2022

ÍNDEX

1.	Introducció	3
1.1.	Antecedents.....	3
1.2.	Objecte	3
1.3.	Especificacions i abast	3
2.	Descripció i característiques del local	4
2.1.	Il·luminació artificial actual	6
2.2.	Il·luminació natural.....	7
2.2.1.	Detall de la il·luminació natural.....	7
2.3.	Detall de la zona a estudiar	8
3.	Descripció línies actuals zones comunes.....	10
4.	Fonaments teòrics dels equips actuals	11
4.1.	Equips bàsics de la llum artificial	11
4.2.	Eficiència energètica i vida útil de les làmpades	13
5.	Fonaments teòrics dels equips a instal·lar	16
5.1.	LED de baixa intensitat.....	16
5.2.	LED d'alta intensitat.....	17
5.3.	Avantatges i inconvenients dels LEDs	17
5.4.	Llums a instal·lar	18
5.4.1.	Fluorescent LED	18
5.4.2.	Bombeta lineal	18
5.4.3.	Bombeta esfèrica	19
5.4.4.	Regleta fluorescent	19
6.	Descripció dels treballs a realitzar per a l'estudi previ	20
6.1.	Equips utilitzats per les mesures.....	20
7.	Millora de l'eficiència energètica	22
7.1.	Reducció consum elèctric.....	25
8.	Millora en la il·luminació dels laboratoris.....	27
8.1.	Estudi lumínic laboratori.....	29
9.	Descripció diferents enceses	33
9.1.	Aules i laboratoris	33
9.1.1.	Aules zona 1	34
9.1.2.	Aules zona 2	34
9.1.3.	Aules zona 3	35
9.2.	Passadissos	35
9.3.	Lavabos.....	36

10. Instal·lació domòtica	37
10.1. Coneixements bàsics del KNX.....	37
10.1.1. Deficiències en la instal·lació elèctrica	38
10.1.2. Opció convencional.....	38
10.1.3. Tecnologia de bus.....	38
10.1.4. Protocol KNX	39
10.1.5. Rendibilitat d'una instal·lació domòtica de bus	39
10.2. Sistema KNX	40
10.3. Descripció dels components de bus	40
10.3.1. Font d'alimentació	40
10.3.2. Interfície USB.....	40
10.3.3. Acoblador d'àrea o línia.....	41
10.3.4. Sensor de presència i d'il·luminació	41
10.3.5. Mòduls actuadors.....	42
10.3.6. Sensor polsadors	43
10.3.7. Conductor de comunicacions BUS.....	43
10.4. Programació amb ETS5.....	44
10.4.1. Adreça física	44
10.4.2. Adreça de grup.....	45
10.4.3. Distribució de l'edifici.....	47
10.4.4. Localització dels aparells domòtics	49
10.5. Programació control il·luminació KNX de les aules	50
10.5.1. Polsadors.....	51
10.5.2. Sensors moviment	52
10.5.3. Actuadors.....	55
10.6. Programació control il·luminació KNX dels passadissos.....	56
10.6.1. Sensors de moviment.....	56
10.6.2. Actuadors.....	57
10.6.3. Polsador.....	58
10.7. Apagat general	59
11. Simulació d'una aula amb KNX.....	60
12. Resum del pressupost	61
13. Conclusions	62
14. Relació de documents	64
15. Bibliografia.....	65
A. Càlculs	66

1. INTRODUCCIÓ

Actualment la societat s'enfronta a una problemàtica energètica amb una dificultat molt elevada per a poder solucionar-la en un període curt de temps. Davant de l'avenç de les tecnologies que s'ha experimentat en els últims segles després de la revolució industrial, s'ha observat un augment molt desproporcionat del consum elèctric. Per aquests motius és necessari la reducció dels consums energètics de la societat.

1.1. Antecedents

Atès els pronòstics de l'exhauriment dels combustibles fòssils i l'augment de les emissions del CO₂ provocades per a la utilització d'aquests per a generar electricitat, les energies renovables estan agafant el protagonisme per a la transició necessària per a la solució del principal problema del canvi climàtic. Però una transició de la generació elèctrica per la combustió de fòssils a la generació d'aquesta mitjançant les energies renovables passa per reduir els consums de l'electricitat per tota la societat. De moment les energies renovables que tenim ens limiten la generació de grans quantitats d'energia elèctrica i la fiabilitat d'aquestes, ja que depenen de la climatologia en quasi tots els seus aspectes i això fa que pugui variar la seva producció en determinats moments o èpoques de l'any.

1.2. Objecte

L'objecte d'aquest projecte és fer un estudi tècnic, de manera teòrica, pràctica i econòmica sobre la il·luminació actual de l'edifici PII de la Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona, i proposar millores en la instal·lació per a poder reduir els consums elèctrics d'aquest.

1.3. Especificacions i abast

Aquesta reducció del consum elèctric serà implementada per mitjà d'un sistema domòtic, a totes les parts comunes de l'edifici, com són passadissos, aules, lavabos i laboratoris. Aquestes solucions seran per a modificar i adaptar la instal·lació actual per tal de poder abaratir la despesa mensual d'energia. Aquesta modificació estarà condicionada a la instal·lació que hi ha actualment i poder reduir els costos del projecte.

2. DESCRIPCIÓ I CARACTERÍSTIQUES DEL LOCAL

En la ciutat de Girona es troba la seva universitat distribuïda en diferents punts de la ciutat. En la zona centre de la ciutat trobem les facultats on s'imparteixen els graus relacionats amb Lletres, Història, Magisteri, Psicologia. Aquestes seccions es troben en la zona del Barri Vell i el Mercadal. En la zona de Montilivi, cap al Sud-Est de la ciutat, hi tenim les facultats de Enginyeria, Arquitectura, Ciències, Dret i Econòmiques.

L'edifici que es vol estudiar està situat enmig d'una sèrie d'edificis que pertanyen a l'escola politècnica superior de la UdG. Aquesta secció de la UdG està situada en el campus que té en la zona de Montilivi, al Sud-Est de la ciutat de Girona, com es pot observar en la figura 1.



Figura 1: Situació de l'edifici PII de l'EPS

L'escola consta de 4 edificis, numerats del 1 al 4 com es pot observar en la figura 2, en els quals s'imparteixen assignatures relacionades amb la enginyeria industrial, arquitectura, enginyeria biomèdica i enginyeria informàtica. Aquest projecte es centrarà en l'edifici PII, el qual s'imparteixen majoritàriament graus relacionats amb la branca de enginyeria industrial i les seves especialitats.



Figura 2: Vista aèria del Campus de Montilivi

L'edifici PII està edificat en diferents nivells com s'observa en la figura 3. Els nivells S1 i S2 són els subterranis. En el nivell S2, hi ha laboratoris de construcció i, al S1, hi ha els serveis auxiliars com pot ser la calefacció, i alguns laboratoris de recerca. A la planta baixa, tenim les aules i els laboratoris docents o aules pràctiques com tallers, aules d'informàtica o d'electricitat. Els pisos superiors, primer i segon pis, són els destinats a despatxos de professorat, secretaria de professorat i seminaris.

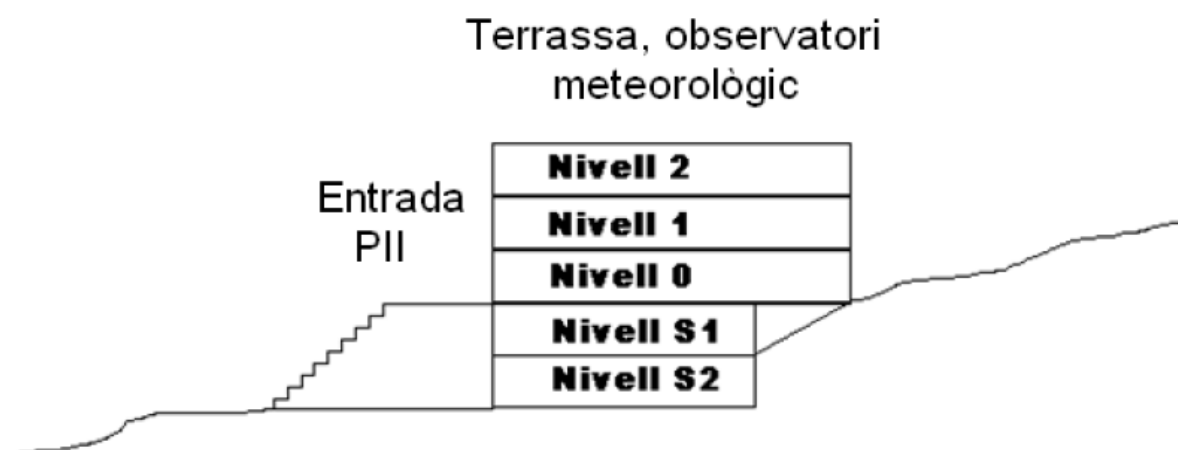


Figura 3: esquema dels diferents nivells de l'edifici PII

L'estudi d'aquest projecte es vol centrar en la planta baixa d'aquest edifici perquè és la planta on es genera major consum energètic destinat a la il·luminació, ja que és la zona del edifici

que està més concorreguda pel major nombre de alumnes i professors, per tant és la zona on es pot millorar més la reducció de la despesa de llum que es fa actualment.

En zones on els llums no estiguin moltes hores en funcionament, és possible que no es pugui amortitzar la inversió necessària per poder canviar i automatitzar la il·luminació, ja que la despesa que genera aquesta no és suficientment elevada com per què sigui rentable. Per tant, el nivell amb un major potencial d'estalvi, és el nivell de planta baixa, el qual anirà dirigit tot el projecte.

Pel que fa les plantes 1, 2 i -1 només es vol regular la lluminària per les zones comunes com són els passadissos. Aquesta regulació anirà amb uns detectors de moviment i uns sensors crepusculars que faran que en cas de ser fosc, es puguin anar encenent els llums amb el pas de la gent. Els passadissos de les plantes 1 i 2 pràcticament estan correctament il·luminats durant tot el dia gràcies a la quantitat de llum natural que pot entrar per les mateixes finestres, i per tant, la seva il·luminació només serà efectiva en hores en les quals la llum solar no serà suficient o existent. En la planta -1 del soterrani, no hi ha cap tipus d'aportació de llum natural i per tant, els llums hauran d'estar sempre en funcionament amb el moviment de persones pels passadissos. Aquests sensors només caldrà que siguin de moviment, sense la necessitat que regulin la quantitat de llum de l'estància.

Per tant, la major part de l'estudi del present projecte anirà dirigida a la planta baixa de l'edifici en qüestió.

2.1. Il·luminació artificial actual

Les zones del PII estan majoritàriament il·luminades per mitjà de il·luminació artificial proporcionada per fluorescents i per il·luminació natural proporcionada pel sol. El sistema d'il·luminació artificial està compost per interruptors a l'interior de cada aula, que accionen el funcionament dels llums, i que separen els fluorescents de cada sala amb diferents enceses, per poder il·luminar zones concretes que requereixin una aportació addicional de llum, quan no queden suficientment il·luminada per la llum natural. Aquests fluorescents són regletes d'un fluorescent de 120 cm de llargada cada un, amb una potència de 36W i d'un diàmetre de 26 mm (T8). Amb l'actual desenvolupament de la tecnologia LED, es poden substituir les làmpades de descàrrega com poden ser els actuals fluorescents per fluorescents LED i així reduir el consum elèctric de cada un d'ells. També es poden eliminar aparells com les

reactàncies i encebadors que fan que es puguin encendre les actuals lluminàries, i reduir el consum actual d'aquests.

2.2. Il·luminació natural

Pel que fa la il·luminació natural, s'ha generat tres zones en l'edifici que es veuen influenciades per la il·luminació del sol en determinades hores del dia.

Tenim les aules orientades al sud, que reben llum solar de manera directa durant la major part del dia i aquestes es pot aprofitar aquesta llum natural per reduir les hores de funcionament de la llum artificial.

Tenim unes altres aules en la zona central de l'edifici, que tenen una entrada de llum natural per unes finestres a una altura molt elevada, però no proporcionen il·luminació natural suficient en cap moment del dia.

Les darreres aules es troben en la cara nord i no reben llum solar suficient en cap moment del dia. Aquestes seran il·luminades en tot moment amb llum artificial, per poder arribar a quantitats lumíniques suficients per a la realització de l'activitat amb total normalitat i les màximes garanties per professors i alumnes.

2.2.1. Detall de la il·luminació natural

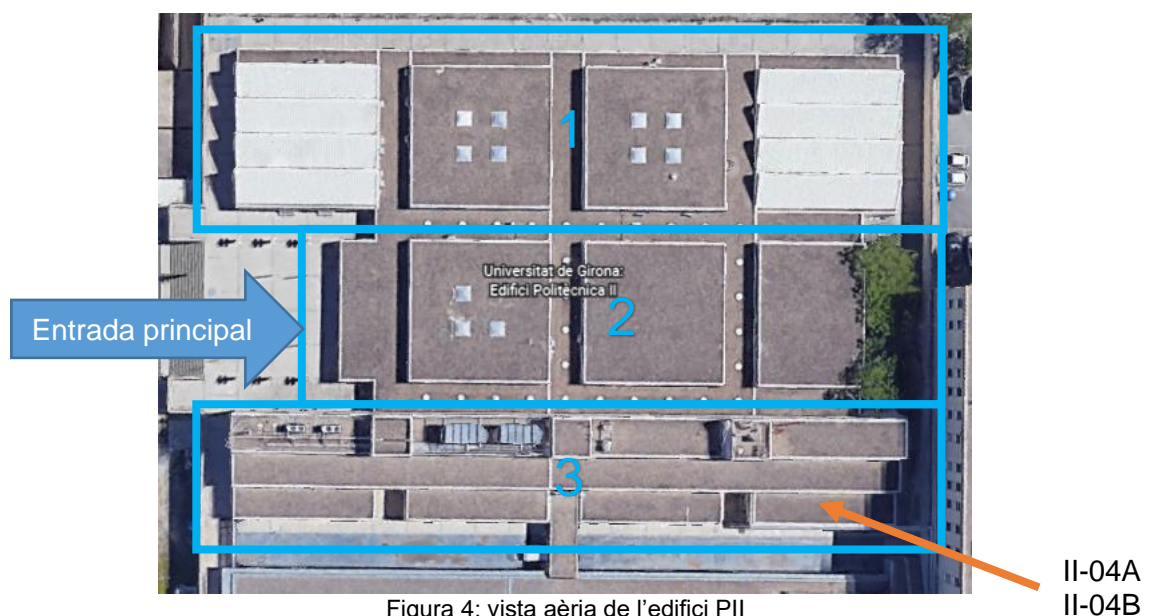


Figura 4: vista aèria de l'edifici PII

Com es pot observar en la figura 4, s'ha marcat 3 zones totalment diferenciades per al acció que reben de la il·luminació natural aportada directament del sol.

La primera zona (1) és on hi ha els laboratoris, i estan orientades cap al Nord – Est, com es pot veure en la figura 1. Molts 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 filtra l'atmosfera i s'escampa de forma uniforme pel cel) o de les finestres que no reben mai llum directa. Aquesta disposició “mirant el Nord – Est” sol donar una sensació de fredor degut a que la temperatura de color és major que la del feix directe del sol.

La segona zona (2) és la central, que compren les aules de la II-05 a la II-09. 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 la tercera zona (3) que és la de les aules orientades al Sud – Oest, que compren les aules de la II-01A fins la II-04B, tenen unes finestres orientades cap a la direcció esmentada, i això fa que rebin una llum diürna d'una forma directa, fent que les aules tinguin nivells d'il·luminació alts. Tot i així, de totes aquestes aules, hi ha la II-04A i la II-04B, que estan tapades durant moltes hores del dia per l'edifici PIV, tal i com es pot veure en la figura 3, i això fa que la llum incident és inferior i més uniforme. En determinades èpoques de l'any, aquesta llum directa pot ser superior, com podria ser la primavera, o inferior com podria ser a l'hivern.

2.3. Detall de la zona a estudiar

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 5 se simplifica aquesta codificació prescindint del prefix per poder facilitar la numeració en el plànol.



Figura 5: plànol de planta del PII

Aules		Laboratoris	
Nomenclatura	Aula	Nomenclatura	Laboratori
PII-01	01	Lab. Proj.	Projectual
PII-02A	02A	Lab. C.T.M.	Ciència i Tecnologia de Materials
PII-02B	02B	Lab. Rob.	Robòtica
PII-03A	03A	Lab. M.F.C.	Mecànica de fluids Computacional
PII-03B	03B	Lab. R.A.	Regulació Automàtica
PII-04A	04A	Lab. Pneu.	Mecànica de fluids: Pneumàtica Flúidica
PII-04B	04B	Lab. Lubri.	Mecànica de Fluids: Lubricants i Combustibles
PII-05	05	Lab. M.F.	Mecànica de Fluids
PII-06	06	Lab. Vis. Comp	Visió per Computador
PII-07	07	Lab. D. Maq.	Disseny de Màquines
PII-08	08	Lab. Mec.	Mecànica
PII-09	09	Lab. T.M.C.N.	Taller Mecànic i Control numèric
		Lab. M.E.	Electrònica, Màq. Elèctriques i Electrònica de Pot.

Taula 1: nomenclatura utilitzades per les aules i els laboratoris

A la taula 1, es pot observar la nomenclatura utilitzada per les aules i laboratoris de l'edifici, i així poder situar les aules esmentades en els plànols adjunts en la segona part del projecte, l'apartat de plànols.

3. DESCRIPCIÓ LÍNIES ACTUALS ZONES COMUNES

En aquest apartat es vol detallar les línies d'il·luminació que existeixen actualment en l'edifici que es vol estudiar. D'aquesta manera es podrà fer una proposta més adient a poder aprofitar el que ara mateix hi ha instal·lat, intentant aprofitar línies i lluminàries actuals.

Numeració	Espai	Numeració	Espai
L1	Escalinata exterior	L16	Vestíbul 5
L2	Plaça exterior	L17	Passadís dreta 1
L3	Focus pàrquing	L18	Passadís aules 05 – 06
L4	Balises pàrquing	L19	Exteriors tallers
L5	Llums sobre portes	L20	Passadís dreta 2
L6	Hall aules 01 – 04	L21	Passadís aules 05 – 06
L7	Hall aules 02 – 03 i ascensor	L22	Entrada vestíbul
L8	Escala 1	L23	Passadís esquerra 1
L9	Escala 2	L24	Passadís dreta 3
L10	Vestíbul 1	L25	Passadís laboratoris
L11	Vestíbul 2	L26	Passadís esquerra 2
L12	Consergeria	L27	Passadís esquerra 3
L13	Vestíbul 3	L28	Passadís dreta 4
L14	Fluorescents sala estudi	L29	Passadís aules 09
L15	Vestíbul 4	L30	Passadís esquerra 4

Taula 2: Línies il·luminació actuals

En la taula anterior s'observa com estan repartides les línies d'il·luminació de tota el PII de l'escola. No totes les línies es volen domotitzar ja que hi ha zones com l'exterior que estan tota la nit connectades, i per tant no seria eficient ni rentable fer-ho. Aquestes ja van controlades amb un sensor crepuscular que detecta les hores que la llum natural és deficient per poder il·luminar els exteriors, i connecta les llums.

A part d'això, les zones interiors sí que les controlarem amb uns mecanismes domòtics per reduir els consums de l'edifici.

A la secció de plànols, estan dibuixades totes les línies que en la taula anterior estan numerades.

En aquesta taula només estan representades les línies que actualment tenen la possibilitat de poder-se encendre d'una manera manual o automàtica des de la consergeria, i el que es pretén fer és automatitzar totes aquestes maniobres.

4. FONAMENTS TEÒRICS DELS EQUIPS ACTUALS

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.

4.1. Equips bàsics de la llum artificial

El primer element a detallar és la 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 làmpades 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 6, totes aquestes parts.

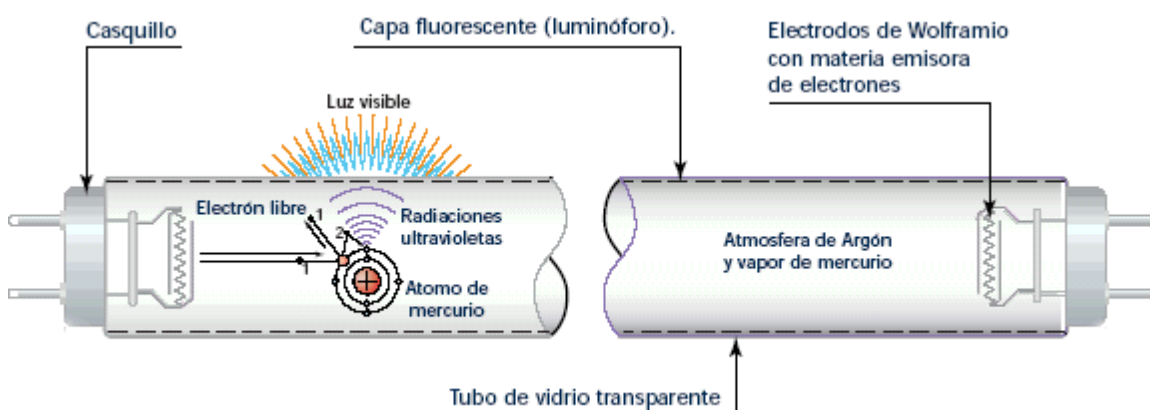


Figura 6. Parts d'un tub fluorescent

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 dona una idea subjectiva de quina sensació transmet la làmpada a l'observador.

Llum Càlida	$T < 3300 \text{ K}$
Llum Neutre	$3300 \text{ K} < T < 5300 \text{ K}$
Llum freda	$T > 5300 \text{ K}$

Taula 3: relació del tipus de llum segons la temperatura del color

La làmpada fluorescent necessita un conjunt d'equips auxiliars per a funcionar correctament. Això es pot veure a la figura 7 que s'observa a continuació:

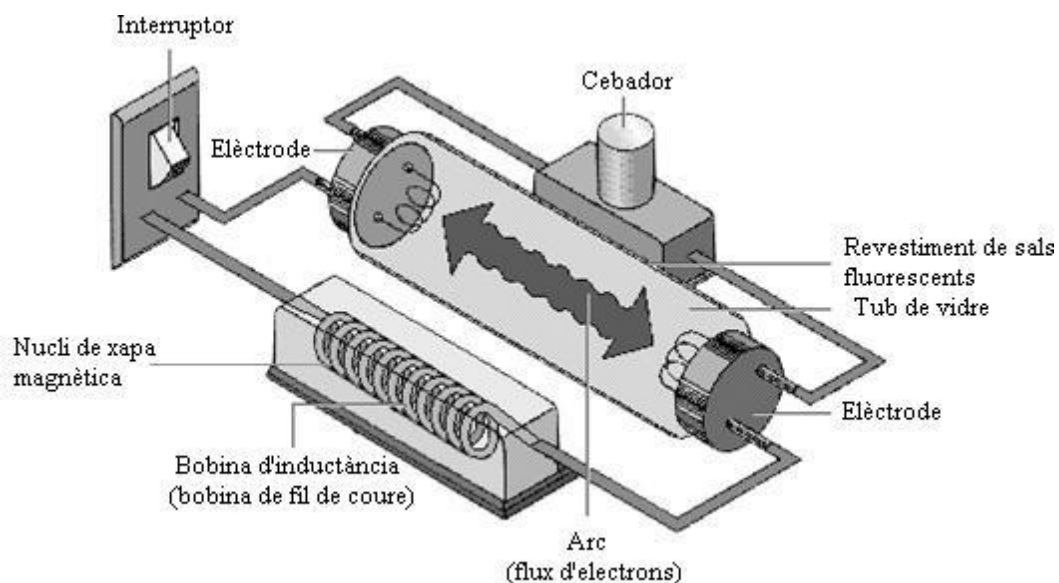


Figura 7: equips necessaris per a una instal·lació de llum fluorescent

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 energia es consumeix.

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'emeta la llum. Els fabricants donen aquesta informació mitjançant gràfiques de distribució lluminosa, tal i com es pot veure a la figura 8:

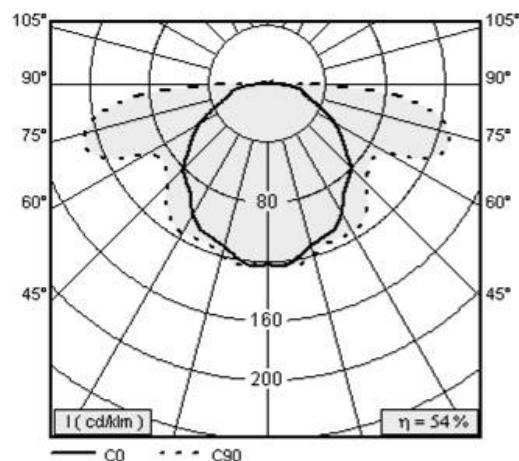


Figura 8: Corba fotomètrica d'una lluminària

4.2. Eficiència energètica i vida útil 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.

La 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 m² de superfície per mantenir un nivell d'il·luminació de 100 lux. Les unitats són els W/m² per cada 100 lux calculats amb la següent fórmula:

$$VEEI = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \quad (\text{Eq.1})$$

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

S: superfície il·luminada en m².

E_m: nivell d'il·luminació mitjà horitzontal mantingut en lux

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.

Quan es parla de vida mitja es refereix al 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.

5. FONAMENTS TEÒRICS DELS EQUIPS A INSTALAR

La tecnologia de lluminàries a utilitzar són amb tecnologia LED, que és un dispositiu semiconductor que pertany al tipus d'il·luminació d'estat sòlid. Això significa que la llum és emesa per un sòlid i no per un gas, plasma o filaments elèctrics com en el cas d'altres tecnologies com la incandescència o la fluorescència. Així doncs, els LEDs segueixen el fenomen de l'electroluminescència, la qual es pot resumir en l'emissió de llum d'un cos quan és travessat per un corrent elèctric.

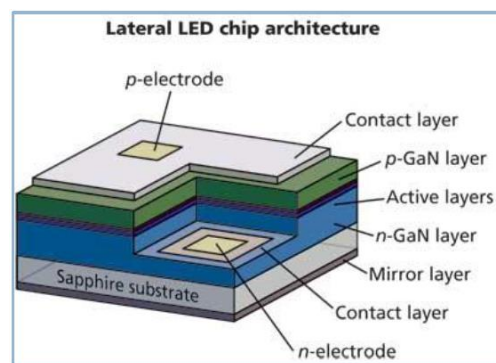


Figura 9. Esquema d'un xip de LED

Un xip de LED està format per tres capes principals: la capa p, la capa n i la capa activa que es troba entre les dues anteriors. En el moment en que es polaritza en directe el díode, degut a la teoria de bandes i al tractar-se d'un material semiconductor, els electrons passen d'un nivell energètic alt a un nivell energètic inferior, alliberant la resta de l'energia entre els dos nivells en forma de fotons. Segons el compost de les capes n i p, s'emetran fotons amb longitud d'ona diferent, i per tant, s'obté un color diferent.

Es poden diferenciar dos tipus principals de LEDs, els de baixa intensitat i els d'alta intensitat. Ambdós tenen encapsulats transparents, amb un alt índex de refracció (el qual es redueix afegint un material entre el xip i la lent), una relativa estabilitat a altes temperatures (amb dissipadors de calor per als d'alta intensitat) i una gran hermeticitat enfront de l'exterior.

5.1. LED de baixa intensitat

L'encapsulat per aquest cas sol ser de 5 mm i de forma hemisfèrica en la majoria dels casos, però també cilíndrica o rectangular, depenen del grau de reflexió desitjat. Aquests tipus de LED són barats i el seu muntatge en gairebé qualsevol aparell lluminós és senzill. A més a

més, tenen unes bones prestacions en relació amb el seu preu, el cicle de vida i l'escassa generació de calor, per lo que no necessiten dissipador de calor. El seu ús se sol limitar a la senyalització, la decoració o altres sistemes d'il·luminació que no necessiten un flux lluminós important.

5.2. LED d'alta intensitat

Per la seva banda, el LED d'alta intensitat se sol utilitzar per la seva elevada aportació de flux lluminós. No obstant, associada a la seva alta intensitat, també genera bastanta calor en la direcció contrària al feix de llum, la qual cal dissipar per a que els components del LED no es vegin afectats. L'encapsulat se sol fabricar de silicona ja que permet conservar les propietats del LED enfront de canvis de temperatura bruscos, a més a més de servir com a lent.

5.3. Avantatges i inconvenients dels LEDs

El fet que la tecnologia LED estigui substituint altres tipus d'il·luminació es deu al gran nombre d'avantatges que presenta com pot ser una major eficàcia lluminosa que les làmpades incandescents, fluorescents i halògenes, amb una encesa instantània del 100% del flux lluminós immediat, i una llarga vida útil de 50.000 hores i bon manteniment del flux lluminós. Tenim una gran varietat cromàtica que va des dels 3.000K fins als 7.500K, amb un índex de reproducció cromàtica alta (>80) i una homogeneïtat més eficient en la distribució del flux lluminós.

Les grans avantatges que té aquesta tecnologia i de les quals ens fa que s'hagi triat per adoptar aquesta opció és la d'una reducció del 50% de l'energia enfront a les lluminàries de baix consum, un 65% menys que els fluorescents i un 80% menys que les halògenes i incandescències. També manquen de radiacions d'infrarojos o ultraviolats i obtenim menor contaminació lumínica al tenir llum direccional.

Els desavantatges que té la tecnologia LED és el elevat cost econòmic de compra que encara està una mica elevat en comparació a altres tecnologies que fa més temps que s'utilitzen i tenen uns costos de fabricació més baixos.

5.4. Llums a instal·lar

Per poder abaratir els costos de la instal·lació es decideix canviar totes les bombetes i fluorescents de descàrrega que hi ha actualment en l'edifici per instal·lar-hi bombetes de la tecnologia LED per poder reduir els consums i així efectuar la millora energètica que es pretén fer. Els llums actuals instal·lats en els laboratoris que funcionen amb làmpades de vapor de sodi a alta pressió seran substituïdes per lluminàries de tipus focus amb la tecnologia LED, per la dificultat de poder trobar bombetes LED que puguin aportar una lluminositat equivalent a la actual en aquestes zones i reduir significativament els consums d'energia d'aquestes.

5.4.1. Fluorescent LED

Tots els fluorescents aniran substituïts per el seu equivalent en format LED. D'aquesta manera les lluminàries o regletes que subjecten aquests seran aprofitades, i la col·locació i distribució dels llums no seran modificades, aprofitant tota la instal·lació de cablejat actual. La temperatura de colors utilitzats per aquesta finalitat seran de 6000K per la necessitat de tenir una sensació de llum més clara per poder realitzar les activitats diàries, i tenen un consum de 24W, que és menys de la meitat que els actuals que tenen un consum de 58W.



Figura 10. Tub fluorescent LED

5.4.2. Bombeta lineal

Pel que fa els aplics de paret existents en tots els passadissos de les 3 plantes del PII estan dotades de bombetes halògenes tenen uns consums molt elevats, uns 150W per cada bombeta, per tant es substituiran per bombetes lineals de la tipologia LED d'una lluminositat equivalent a les actuals amb un consum de 15W per a cada bombeta. La temperatura de color utilitzada per aquestes estàncies serà de 4000K, ja que son zones de pas i en situacions de baixa lluminositat s'ha de poder veure el pas i evitar possibles caigudes o accidents.



Figura 11. Bombeta lineal LED

5.4.3. Bombeta esfèrica

Els aplics que hi ha instal·lats en els passadissos del soterrani funcionen amb bombetes de baix consum i per tant, es proposa que es puguin substituir per bombetes de les mateixes característiques però amb la tecnologia LED per poder reduir el consum i poder obtenir el màxim rendiment lumínic des del primer moment en què es connecten. La potència d'aquestes bombetes serà de 11W i una temperatura de color de 5000K. Les actuals bombetes tenen un consum de 60W.



Figura 12. Bombeta lineal LED

5.4.4. Regleta fluorescent

En la zona dels laboratoris que actualment hi ha uns focus de descàrrega de 150W cada un, es fa una proposta de canvi del sistema de il·luminació per poder millorar l'eficiència energètica i millorar la il·luminació. Per aquest motiu s'han de instal·lar unes regletes per a fluorescents de LED com els instal·lats actualment en les aules. La llargada d'aquesta serà per a tubs de 150 cm, que equival a 24W en llum LED.



Figura 13. Regleta fluorescent LED

6. DESCRIPCIÓ DELS TREBALLS A REALITZAR PER A L'ESTUDI PREVI

Per tal d'assolir l'objectiu d'aquest projecte i poder optimitzar les instal·lacions d'il·luminació del nivell 0 del PII, es realitzaran diferents treballs que es detallaran a continuació.

Es fa un estudi en el lloc a realitzar els canvis, per veure quin tipus d'enllumenat hi ha actualment, i poder adaptar la nova instal·lació però sense canviar les condicions que hi ha actualment en la il·luminació i la seva distribució.

Per a no realitzar masses modificacions en la instal·lació actual i poder garantir els nivells d'il·luminació demanats per a les zones com els passadissos, les aules o els laboratoris, es fa un estudi mesurant el nivell d'il·luminació actual, realitzant uns mostrejos sobre la superfície de treball, que es la zona més important a il·luminar.

Aquestes mesures s'han realitzat amb diferents situacions com és amb les cortines desplegadas per poder aprofitar al màxim la entrada de llum natural i amb les cortines totalment tancades per evitar la entrada d'aquesta. També es mesura la il·luminació amb la ajuda de la il·luminació artificial i les cortines plegades i desplegadas per veure la necessitat d'aquesta en situacions on hi ha plena llum del dia, i així poder regular a més exactitud la instal·lació de llum artificial.

6.1. Equips utilitzats per les mesures

Per a mesurar el nivell d'il·luminació en diferents punts com els passadissos, les aules i els laboratoris, s'ha utilitzat un Luxímetre HT 307 que té unes característiques, segons el fabricant, de un camp de lectura de la mesura de la llum d'entre 20 i 200.000 lux, amb un marge de error del 3% de la lectura realitzada. Té una sortida de corrent continu, amb un voltatge en mV, per a connectar un sistema de recopilació de dades i una velocitat de mostreig de 2,5 mesures per segon. L'alimentació d'aquest aparell es realitza per una pila de 9V i té un sensor de fotodíode de silici.



Figura 14: Imatge del luxímetre utilitzat

Per a mesurar les distàncies de totes les estàncies de l'edifici, s'ha utilitzat un mesurador làser de la marca Bosch, concretament el model DLE 50. Aquest mesurador genera una radiació làser de la classe 2 segons EN 60825-1. Té un abast des de 0,05 m a 50 m, amb una exactitud de 1,5 mm i un temps de mesura inferior als 0,5 s. Té una resolució de 1 mm i està alimentat per quatre piles AAA.



Figura 15: Imatge del mesurador làser utilitzat

Per a mesurar els consum actuals de la Escola Politècnica Superior s'ha utilitzat un analitzador de xarxes de la marca Circutor, model CVM-96-SP. Aquest aparell té la capacitat de analitzar les xarxes monofàsiques de la Escola i això ha facilitat el poder mesurar la potència consumida en un període determinat en kWh, la intensitat màxima que recórrer la instal·lació en els moments de màxima demanda, el voltatge que hi ha en cada moment del dia i el seu desfasament entre tensió i intensitat, provocat per totes les reactàncies que tenen els actuals fluorescents.



0

Figura 16: Analitzador de xarxes utilitzat.

7. MILLORA DE L'EFICIÈNCIA ENERGÈTICA

La secció HE-3 del Codi Tècnic de l'Edificació estableix com a exigència bàsica que els edificis, tant els nous com els que es reformin, disposin d'instal·lacions d'enllumenat adequades a les necessitats dels seus usuaris i alhora eficaços energèticament. Per a això l'eficiència energètica del sistema d'enllumenat no haurà de superar un valor límit i haurà de comptar també amb un sistema de control que permeti ajustar l'encesa a l'ocupació real de la zona, així com un sistema de regulació que optimitzi l'aprofitament de la llum natural.

El Codi Tècnic de l'Edificació fa obligatori l'aprofitament de la llum natural, mitjançant la instal·lació i la utilització de sistemes de control i regulació, en aquelles zones en les quals l'aportació de llum natural així ho permeti. Per aquesta raó, el que abans era exclusivament una elecció del projectista és ara obligació normativa.

L'eficiència energètica d'aquest projecte es vol centrar en analitzar i millorar la gestió que es fa en el procés de convertir la energia elèctrica en lluminosa per aconseguir instal·lacions d'enllumenat eficients i per tant s'ha de tenir en compte els diferents punts com per exemple observar els paràmetres lumínics adequats a cada zona, adequar les lluminàries mecàniques i ambientals a obtenir un alt rendiment i control de la seva energia lumínica emesa, reduir o eliminar els equips auxiliars que permetin la connexió dels sistemes de regulació, la utilització de fonts de llum amb ratis elevats de lm/W, definir un pla de manteniment i servei durant tota la vida útil de les lluminàries i establir uns sistemes de regulació i control que maximitzin la eficiència energètica de la instal·lació.

Un altre aspecte que es té en compte amb l'eficiència energètica es la de la mínima gestió de residus i el reciclat d'aquests, per això es vol aprofitar al màxim la instal·lació existent i es vol fer un seguiment exhaustiu de tot els materials que siguin substituïts per a altres materials més eficients.

Totes les pantalles dels fluorescents que hi ha actualment seran aprofitades per a instal·lar els nous fluorescents de LED. Tots els mecanismes com poden ser les reactàncies i els cebadors que actualment hi figuren per poder posar en funcionament els fluorescents de descàrrega, seran eliminats i els fluorescents de LED es connectaran directament a 230V. Això ja provocarà una reducció de consum energètic molt considerable ja que no es necessitarà un consum molt elevat per a la connexió d'aquests i s'estalviarà el consum de les reactàncies, que a grans trets es podria parlar d'entre un 10% i un 20% del consum del llum

que alimenten, per cada una de elles. Això fa que una lluminària que actualment està consumint entre el fluorescent i la reactància prop de 65W de continu, i que amb la nova proposta podem passar a consumir 24W, això és una reducció superior al 60%.

En referència als llums amb bombetes halògenes, tenen unes pèrdues de del 95% en forma de calor. Això vol dir que només obtenim un 5% de tota la energia consumida, en forma de llum. Això fa que aquesta tecnologia sigui molt poc eficient, i per tant s'hagi de substituir per tecnologies que ens aportin dades molt més eficients.

L'eficiència energètica d'una instal·lació d'il·luminació es defineix com el flux útil respecte a l'energia elèctrica consumida. S'entén per flux útil la quantitat de flux lluminós que rep l'àrea de treball on es desenvolupa l'activitat.

Per entendre el procés, es divideix el càlcul de l'eficiència en dos. Una primera eficiència bàsicament relacionada amb la font de llum i els seus equips auxiliars. Relaciona la llum emesa per la làmpada respecte a l'energia consumida per ella i els seus equips auxiliars. Mitjançant aquest primer càlcul d'eficiència s'avalua la transformació d'energia elèctrica en energia lluminosa.

$$\text{Eficiència 1} = \frac{\text{Energia lumínica útil}}{\text{Energia elèctrica}} \quad (\text{Eq.2})$$

Aquest valor és el que s'anomena eficàcia lluminosa d'una font de llum, els lúmens emesos per watt elèctric consumit. Per exemple, una làmpada d'incandescència convencional està entre els 15 i els 18 lm/W, una làmpada d'halogenurs metàl·lics pot arribar als 105 lm/W i un LED pot arribar (avui) fins als 150 lm/W.

Aquest valor ens dona una idea de la quantitat de flux que emet una làmpada, surt de la lluminària i arriba a la superfície d'estudi, mesurant-se en lm/W.

L'eficiència energètica d'una instal·lació d'il·luminació d'una zona, es determinarà mitjançant el valor d'eficiència energètica de la instal·lació VEEI (W/m²) per cada 100 lux mitjançant la següent expressió:

$$\text{VEEI} = \frac{P \cdot 100}{S \cdot E_m} \quad (\text{Eq.3})$$

P, la potència total instal·lada en làmpades més els equips auxiliars (W);

S, la superfície il·luminada [m²], i

E_m, la luminància mitjana horitzontal mantinguda (lux).

Com a totes les estàncies de la instal·lació la quantitat de llum és la exigida per la normativa i compleix totes les exigències energètiques de la instal·lació de il·luminació, en aquest projecte ens centrarem a comparar la diferència de consum entre el sistema de il·luminació actual i el proposat en el present projecte.

Estància	E _m	Lluminàries	Superfície (m)	Pot.Actual (W)	VEEI actual	Pot. Prop. (W)	VEEI proposada
Aules 01 a 04	500	15	75	870	2,32	360	0,96
Aula 05 i 06	500	34	171	1972	2,31	816	0,95
Aula 07 i 08	500	30	134	1740	2,60	720	1,07
Aula 09	500	28	82	1624	3,96	672	1,64
Passadissos dreta i esq.	100	20	262	3000	11,45	300	1,15
Vestíbul	100	39	176	2262	12,85	936	5,32
Passadissos laboratoris	100	9	77	522	6,78	216	2,81
Laboratori A.Ind	500	24	72	1392	3,87	576	1,60
Laboratori PLC	500	12	39	696	3,57	288	1,48
Laboratoris ME i CTM	500	24	78	1392	3,57	576	1,48
Laboratoris Rob i MF	500	24	78	1392	3,57	576	1,48
Laboratori MFC	500	18	55	1044	3,80	432	1,57
Laboratori RA	500	12	39	696	3,57	288	1,48
Laboratori Pneu	500	18	58	1044	3,60	432	1,49
Laboratori Vis. Comp.	500	18	58	1044	3,60	432	1,49
Laboratori D.Maq.	500	18	55	1044	3,80	432	1,57
Laboratori CN	500	10	30	580	3,87	240	1,60
Laboratori TM	500	24	72	1392	3,87	576	1,60
Lavabos	250	6	15	348	9,28	144	3,84

Taula 4. Comparativa del valor de eficiència energètica de la instal·lació

Els valors que ens marca la normativa dels límits sobre el valor d'eficiència energètica de la instal·lació és de 3,5 pel que fa les aules i els laboratoris, de 4 per a les zones comunes i lavabos. Com es pot observar en la taula anterior, en la gran majoria de zones, aquests valors ja es complien anteriorment, però amb la proposta de renovació de totes les lluminàries existents en les diferents zones, els valors d'eficiència energètica de la instal·lació s'ha millorat moltíssim.

7.1. Reducció consum elèctric

En aquest punt es vol fer una comparativa directa entre el consum elèctric que hi ha actualment en les zones a estudiar amb la il·luminació actual i la proposta de consum que es dona en aquest projecte.

Es farà una comparativa amb la totalitat dels llums que es pretenen canviar, per poder veure el gran canvi que es pot generar de manera conjunta. En la següent taula es pot observar que tenim una totalitat de 743 fluorescents en tota la escola, que pertanyen a les aules, laboratoris i lavabos. Aquests fluorescents tenen un consum, sense contemplar la reactància, de 58W. En els passadissos de la zona del soterrani i les plantes superiors, primera i segona planta, hi ha uns aplics a les parets on hi tenim un total de 85 bombetes esfèriques de uns 60W cada una. En la zona dels passadissos de la planta baixa, hi ha uns aplics de paret que il·luminen en direcció superior en la gran majoria del seu flux i en la direcció inferior una petita part, amb unes bombetes halògenes que tenen un consum de 150W cada una.

Tipus de llum	Unitats	Potència unitat anterior (W)	Potència total anterior (W)	Potència unitat noves (W)	Potència total noves (W)	Potència total reduïda (W)
Fluorescent fluorescent 150cm	743	58	43.094	24	17.832	25.262
Bombeta esfèrica E27	85	60	5.040	11	935	4.105
Bombeta halògena lineal R7S	42	150	6.300	15	672	5.628
Total			54.434			34.995

Taula 5. Reducció consum il·luminació

Com es pot comprovar en la taula anterior actualment hi ha una potència instal·lada de 43kW en fluorescents i amb el canvi de lluminàries es pot reduir fins a poc més de 17,8kW. Això equival a una reducció de més de 25kW en només un tipus de lluminària.

Pel que fa a les bombetes esfèriques instal·lades en els aplics dels passadissos esmentats anteriorment, actualment hi ha una potència instal·lada de 5kW i es podria reduir a menys de 1kW. En aquest punt tenim una reducció de més de 4kW, que no es tant gran com la anterior en xifres totals, però estem parlant de una reducció del 80% entre una i l'altre.

Les bombetes halògenes estan instal·lades en els passadissos de la planta baixa i actualment hi ha una potència instal·lada de 6,3kW, i amb la proposta que es vol fer, aquesta potència es redueix fins a 10 vegades el seu valor, ja que passem a tenir una potència de només 672W. És una reducció molt notable per a poder aconseguir l'objectiu d'aquest projecte.

8. MILLORA EN LA IL·LUMINACIÓ DELS LABORATORIS

La il·luminació dels laboratoris està realitzada amb focus de descàrrega distribuïts de manera que il·luminin de la millor manera possible la sala. Amb el canvi de llums, es vol proposar una millora de distribució de la il·luminació amb regletes de fluorescents i llums LED, la qual ens ajudarà a repartir d'una manera més homogènia la llum i a més, ens ajudarà a poder reduir el consum d'aquesta.

Els laboratoris més grans actualment tenen entre 4 i 8 focus, i la proposta és de poder fer 4 files de fluorescents repartits equitativament per tota la zona a il·luminar. Cada una de les files tindrà un total de 6 fluorescents. Això farà un total de 24 fluorescents en els laboratoris més grans.

Pel que fa els laboratoris més petits, actualment estan il·luminats amb 2 o 3 focus, i la proposta és de poder fer dues o tres files de fluorescents repartits de la mateixa manera que els anteriors laboratoris, i així poder obtenir una il·luminació molt més uniforme.

En tots els càlculs dels nous consums i les noves millores s'hi contempla els canvis de lluminàries dels laboratoris.

L'enlluernament és un efecte no desitjat en el disseny i pràctica de la il·luminació. L'enlluernament es pot produir per visió directa de fonts de llum (làmpades, LED, lluminàries, finestres, etc.) o per reflexió produïda en superfícies d'alta reflectància, que poden estar en el camp de visió de l'observador.

L'enlluernament directe de fonts de llum s'elimina amb la utilització de lluminàries que redistribueixin el flux d'aquestes de forma idònia per a l'activitat a realitzar.

El grau d'enlluernament directe admissible en el camp visual de l'observador va en funció del tipus d'activitat que es realitza en el local. En concret, ens interessarà l'anomenat enlluernament molest, que és aquell que produeix una sensació molesta sense necessàriament originar pèrdua d'eficàcia visual.

Per validar la idoneïtat d'una instal·lació en un centre educatiu pel que fa a enlluernament, seguirem les indicacions de la norma UNE EN-12464.

Edificios educativos				
Tipo de interior, tarea y actividad	\bar{E}_m lux	UGR _L –	R _s –	Observaciones
Aulas, aulas de tutoría	300	19	80	La iluminación debería ser controlable
Aulas para clases nocturnas y educación de adultos	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
Sala de lectura	500	19	80	La iluminación debería ser controlable
Pizarra	500	19	80	Evitar reflexiones especulares
Mesa de demostraciones	500	19	80	En salas de lectura, 750 lux
Aulas de arte	500	19	80	
Aulas de arte en escuelas de arte	750	19	90	TC _p ≥ 5.000 K
Aulas de dibujo técnico	750	16	80	
Aulas de prácticas y laboratorios	500	19	80	
Aulas de manualidades	500	19	80	
Talleres de enseñanza	500	19	80	
Aulas de prácticas de música	300	19	80	
Aulas de prácticas de informática	300	19	80	Trabajo con EPV: véase el apartado 4.11
Laboratorio de lenguas	300	19	80	
Aulas de preparación y talleres	500	22	80	
Halls de entrada	200	22	80	
Áreas de circulación, pasillos	100	25	80	
Escaleras	150	25	80	
Aulas comunes de estudio y aulas de reunión	200	22	80	
Salas de profesores	300	19	80	
Biblioteca: estanterías	200	19	80	
Biblioteca: salas de lectura	500	19	80	
Almacenes de material de profesores	100	25	80	
Salas de deportes, gimnasios, piscinas (uso general)	300	22	80	Para actividades más específicas, se deben usar los requisitos de la norma EN 12193
Cantinas escolares	200	22	80	
Cocina	500	22	80	

Figura 17. Valors requerits en les zones dels centres educatius.

El valor resultant està comprès entre 10 i 30. Com més baix, menor serà l'enlluernament. Es pot obtenir un valor d'UGR no tan exacte utilitzant les taules d'enlluernament UGR estàndard. Aquestes taules proporcionen el valor UGR calculat per a diferents situacions estàndard de la lluminària seleccionada.

8.1. Estudi lumínic laboratori

A continuació s'adjunta unes imatges per representar les deficiències lumíniques que hi ha actualment en alguns laboratoris que funcionen amb uns projectors de descàrrega, i s'ha fet la proposta de substituir-los per unes lluminàries instal·lades en el sostre com les que hi ha actualment en la majoria de laboratoris.



Figura 18. Representació il·luminació actual laboratoris



Figura 19. Representació flux lumínic actual laboratoris

Tal i com es pot observar en la figura 33, les zones properes als projectors actuals, queden molt cremades degut a la saturació de llum que provoca, però en la part central de la sala, la il·luminació es suficient. Això fa que pugui haver enlluernament en determinades ocasions i pugui ser molest per alguns alumnes.

Propiedades	\bar{E} (Nominal)	E_{\min}	E_{\max}	g_1	g_2	Índice
Plano útil (Local 1) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	785 lx (≥ 500 lx) ✓	377 lx	1100 lx	0.48	0.34	WP2

Figura 20. Resultats simulació Dialux

En la figura anterior es pot observar els resultats obtinguts amb el programa Dialux en el pla útil. Com es pot observar tenim zones on el flux màxim es de 1100 lux i el mínim només de 377 lux. Això fa un flux mig de 785 lux, que és superior al mínim establert per aquestes zones, però està repartit d'una manera molt desigual. La normativa es compleix però la uniformitat de la il·luminació en el laboratori és molt baixa, inferior a 0,5. Cal recordar que la normativa ens demana una uniformitat igual o superior a 0,6 en centres educatius, i en algunes zones específiques d'aquests, ens demana una uniformitat específica de 0,7.

A continuació representarem l'índex d'enlluernament de la sala, amb un observador assegut en la fila del centre de la sala, en les cadires del mig per poder comprovar l'enlluernament que pot tenir en la zona amb menor flux de llum.

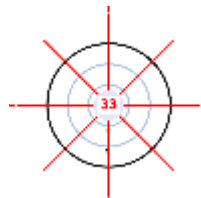


Figura 21. UGR en totes direccions a 0° d'inclinació

Com es pot observar, tenim un índex d'enlluernament molt elevat. Aquest índex hauria d'estar per sota d'un valor de 19, i com es pot comprovar en l'anterior imatge és superior a 30. Aquest resultat és degut a la gran quantitat de llum que fan els projectors i que aquesta té una direcció de 60° respecte del observador.

Amb els resultats obtinguts en la simulació del laboratori amb la il·luminació actual, es vol fer el mateix estudi amb la il·luminació proposada per poder comparar i justificar els avantatges que es poden obtenir amb aquesta modificació.

Tot seguit es representarà la proposta de la il·luminació nova. Aquesta proposta es tracta de la col·locació de 24 lluminàries en els laboratoris de major mida. Aquestes lluminàries serien en format fluorescent com la resta d'aules de la escola, però amb tecnologia LED.



Figura 22. Representació proposta il·luminació laboratoris

Es proposa 4 files de fluorescents amb 6 unitats per fila, i la seva representació es pot observar en la següent figura.

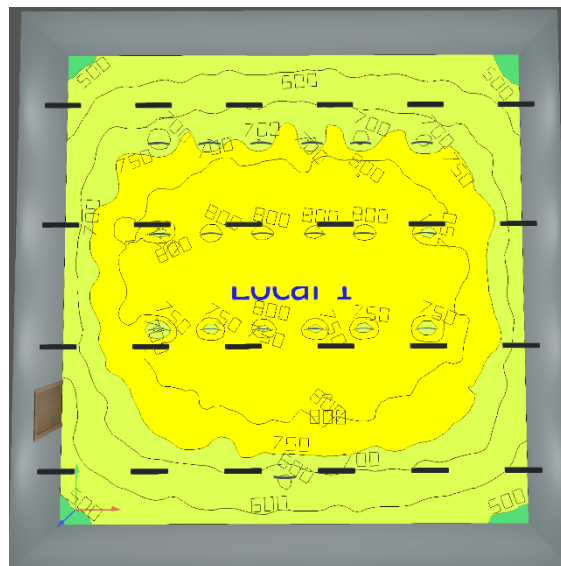


Figura 23. Representació flux lumínic proposta il·luminació laboratoris

Com es pot observar la llum queda molt més repartida de manera homogènia i no hi ha zones on la quantitat d'aquesta pugui ser molt excessiva. Tot això s'ha de tenir en compte que els laboratoris tindran diferents enceses per poder controlar el consum energètic i d'aquesta manera regular també la quantitat de llum que hi haurà en cada moment.

Propiedades	\bar{E} (Nominal)	E_{\min}	E_{\max}	g_1	g_2	Índice
Plano útil (Local 1) Iluminancia perpendicular (Adaptativamente) Altura: 0.800 m, Zona marginal: 0.000 m	725 lx (≥ 500 lx) ✓	497 lx	819 lx	0.69	0.61	WP2

Figura 24. Resultats simulació Dialux

En la figura anterior obtenim els resultats numèrics de la simulació en el Dialux de la nova disposició de llums proposada i es pot observar que tenim una il·luminació màxima una mica superior a 800 lux en determinades zones com pot ser el centre del laboratori, i una mínima de prop dels 500 lux que ens demana la normativa. Això fa una il·luminació mitjana de més de 700 lux, que es compleix amb garanties els valors requerits per la normativa, però el punt on es pot donar major importància és la part de la uniformitat de llum en el laboratori, que en aquest aspecte, si que està per sobre dels valors requerits. Com s'ha comentat anteriorment la normativa ens demana una uniformitat igual o superior a 0,6 i en algunes zones concretes, aquesta augmenta fins a 0,7. Es pot comprovar que tenim una uniformitat propera al 0,7 quan anteriorment la teníem per sota de 0,5. Aquest és un dels punts amb major importància a marcar, ja que s'ha millorat molt la qualitat de la il·luminació en uniformitat en tot el pla útil.

A continuació es farà la representació del valor d'enlluernament amb la lluminària proposada, en les mateixes condicions que el cas anterior. Cal recordar que aquest índex és recomanat que no superi un valor de 19, però hi intervenen molts factors i la simulació està feta en el pitjor cas que es pot trobar l'aula, que és sense cap tipus d'entrada de llum natural per les finestres i amb la il·luminació connectada amb la seva totalitat.

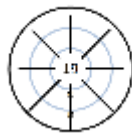


Figura 25. UGR en totes direccions a 0° d'inclinació

En la anterior imatge es pot observar que el valor d'enlluernament d'un espectador assegut en el centre de l'aula seria inferior a 19. Aquest és el valor màxim i en les pitjors condicions no es supera en cap direcció. Aquesta imatge recolza a acceptar la proposta de la substitució dels llums per a la nova distribució.

9. DESCRIPCIÓ DIFERENTS ENCESES

En aquest apartat es vol analitzar les recomanacions que ens dona la guia del IDAE en referència a la il·luminació dels centres educatius i es vol aplicar aquestes recomanacions a l'edifici el qual es vol millorar.

La instal·lació domòtica s'instal·larà en l'edifici pel motiu fonamental de reduir i estalviar en el consum energètic d'aquest.

L'estalvi energètic ens el proporcionarà les lectures dels sensors instal·lats en les aules, laboratoris i passadissos que ajustaran el nivell lumínic segons les necessitats, aprofitant la llum natural, un fet que farà reduir el consum energètic. Aquests sensor no només haurà de informar de la presència o no de persones en les zones instal·lats, sinó que també haurà de informar de la quantitat de llum natural que hi ha en aquesta, i poder regular en tot moment la combinació de la llum natural amb la llum artificial, connectada i regulada per el mateix sistema.

Els locals o espais on es recomana la utilització d'algun dels anteriors sistemes de control i regulació són els següents:

9.1. Aules i laboratoris

En aquestes zones, la il·luminació al 100 % és només necessària quan hi ha absència total d'aportació de llum natural o durant la neteja. L'aprofitament de la llum natural i el control de l'encesa davant la manca d'ocupació de l'aula o la zona permeten aconseguir estalvis de fins a un 60%.

En determinats locals, com poden ser la sala d'actes o les aules de projeccions, resulta gairebé imprescindible el disposar de sistemes de regulació de la il·luminació que permetin el seu ajust a la situació. Per a salons d'actes o zones administratives de certa mida es pot instal·lar un sistema de control domòtic integrat.

Les diferents zones que es refereixen en el següent apartat han estat definides per la figura 4 del apartat 2.2 del present projecte.

9.1.1. Aules zona 1

En la zona 1 tenim els laboratoris que donen a la cara nord de l'edifici. Com s'ha dit anteriorment, els laboratoris tenen les finestres de cara a nord i no tenen una entrada de llum directe. En aquests les finestres són petites a la cara sud i estan a l'alçada del teulat per on entra molta llum natural. Atès que hi ha entrada de llum natural de manera directe per les finestres petites a l'alçada del sostre i llum natural indirecte per les finestres grans que donen a cara nord, és necessari el muntatge de sensors crepusculars a la zona central de la sala. Aquest sensor regularà els llums en dues, tres o quatre enceses segons la superfície de cada laboratori. Aquestes enceses estan enumerades en els plànols adjuntats en la segona part del projecte. Les enceses actuals estan comandades per interruptors que s'hauran de substituir per polsadors amb sistema domòtic per poder comunicar-se amb els actuadors i sensors crepusculars. Pel que fa els actuadors que faran encendre i apagar els llums, seran del tipus binari amb 2 o 4 sortides, depenent del número de enceses que tingui cada espai a il·luminar.

9.1.2. Aules zona 2

En la zona 2 hi tenim les aules 05, 06, 07, 08 i 09. En aquestes aules tenim unes finestres a l'alçada del sostre que tenen una entrada de llum molt insuficient a la necessària per poder realitzar l'activitat que es desenvolupa al dia a dia. Per això, en aquestes zones no tindria massa sentit el muntatge dels sensors crepusculars, però aquests sensors també tenen la particularitat de ser sensors de moviment. Per tant en els casos que les diferents enceses es connectin totes i aquests detectin que hi ha zones on no hi ha gent i es cregui que no són necessàries, s'apagaran per poder estalviar recursos innecessaris.

Aquestes aules tindran entre 3 i 4 enceses, depenent de les seves característiques. Actualment, estan comandades per polsadors que estan a l'entrada de les aules i actuen sobre uns telerruptors que estan instal·lats en els armaris de proteccions en la zona de consergeria. Atès a la actual instal·lació, se substituiran els actuals telerruptors per actuadors de sistema domòtic. A l'entrada de les aules se substituiran els polsadors actuals per polsadors domòtics de 4 entrades. Aquests polsadors estan definits anteriorment en el present projecte.

Pel que fa la il·luminació de la pissarra, actualment té una encesa a part de totes les demés de la aula. Aquesta encesa s'ha optat per conservar-la i mantenir el seu actual funcionament, amb un interruptor a part de totes les demés llums.

9.1.3. Aules zona 3

En la tercera zona hi tenim les aules amb més llum natural de tot l'edifici. Degut a la seves característiques s'ha definit 4 enceses en cada una d'elles. En el costat de les finestres, s'ha definit una encesa que es creu que estarà, els dies de major llum solar, apagada. En la zona més interior de la aula, s'han definit dues enceses per poder regular la lluminositat depenent de la llum solar. En la zona del projector, s'ha decidit optar per una encesa que es pugui apagar quan el projector estigui en funcionament.

A la entrada de les aules, actualment, hi ha interruptors que comanden les diferents enceses. S'ha optat per substituir els interruptors actuals per pulsadors domòtics. Els actuadors es col·locaran en la habitació de darrera de l'ascensor on actualment hi ha totes les proteccions de les aules de la 01 a la 04, i els lavabos de homes i dones de la planta baixa.

Degut a la quantitat de llum natural que tenim en les aules, es creu necessari la instal·lació del sensor crepuscular per poder regular la llum d'aquestes en cas que es cregui innecessari el seu funcionament.

9.2. Passadissos

La zona dels passadissos es vol domotitzar perquè hi ha moments del dia que hi ha una entrada de llum natural que seria totalment suficient. En els dies o moments que aquesta fos insuficient, les lluminàries de llum artificial es posarien en funcionament de manera automàtica quan detectés el sensor de moviment i crepuscular.

Depenent de la situació de cada passadís tenim unes característiques diferents. En els passadissos de la planta baixa, hi ha uns lluernaris que aporten una quantitat de llum suficient durant el dia. Com aquests lluernaris no són excessivament grans, en determinats moments del dia la aportació de llum d'aquests pot ser insuficient per al pas de la gent, per això la importància de la instal·lació dels sensors de moviment i crepusculars. Els actuadors d'aquestes zones estaran ubicats en els armaris localitzats en la zona de consergeria on actualment hi ha les seves proteccions.

Els passadissos de la planta soterrani careixen de llum natural a qualsevol hora del dia. Això fa la necessitat de que aquests estiguin il·luminats per llum artificial en tot moment. Per tal de poder reduir el cost energètic s'ha decidit posar els sensors de moviment i crepusculars que

s'instal·laran en les demés zones però en aquest cas només es necessitaria la funció de moviment d'aquests. Es vol encendre i parar els llums únicament en moments que hi hagi circulació de persones pels passadissos. Cada sensor connectarà una zona propera aquest de llums, i d'aquesta manera no es connectaran llums que possiblement no serien necessàries per determinades circulacions. Aquestes enceses aniran detallades en els plànols adjuntats en el present projecte. Els actuadors de les diferents enceses aniran ubicats en les caixes de protecció que estan instal·lades en el mateix soterrani.

Els passadissos de la planta primera i segona tenen moltes finestres que estan orientades a cara nord però en aquest cas la entrada de llum natural d'aquestes és suficient a la gran majoria d'hores del dia. Degut a aquestes característiques és molt necessari el muntatge dels sensors crepusculars i de moviment per a activar el funcionament dels llums en moments que la llum solar sigui insuficient i que hi hagi algun tipus de circulació per els passadissos. Els actuadors aniran instal·lats en els mateixos armaris de protecció que actualment hi ha en les respectives plantes.

9.3. Lavabos

Són zones amb una ocupació molt intermitent, per la qual cosa l'ajust del temps real d'ocupació amb el real d'encesa pot suposar estalvis superiors al 60%. Per això es recomana utilitzar sistemes de control per presència o pulsadors temporitzats. Si la font de llum emprada és fluorescència, caldrà atendre els temps mínims d'encesa.

Els lavabos es vol domotitzar amb un sensor de moviment instal·lat en una zona central per poder captar la presència de personal en el interior i així evitar que els llums estiguin encesos permanentment com estan actualment.

10. INSTAL·LACIÓ DOMÒTICA

En edificis destinats a usos múltiples, és cada vegada més interessant disposar d'un sistema que permeti el maneig i el control energètic de les instal·lacions d'il·luminació, de forma similar als implantats per a altres instal·lacions com les de climatització.

Cal remarcar que aquest tipus de sistema de regulació i control resulta molt ambiciós per a un centre docent clàssic. No obstant això, la seva utilització sí que és molt recomanable en universitats o complexos de centres de formació.

Aquests sistemes es poden gestionar des d'un lloc central de control amb un PC convencional o bé remotament a través de qualsevol PC connectat via web amb el servidor que gestiona i emmagatzema el sistema. Això fa que per operar no sigui necessari estar en el propi edifici que es controla o que des d' un lloc es pugui gestionar tot un parc d'edificis, com poden ser les diferents facultats d' una universitat o els centres docents d' una població.

Cal a dir que aquestes instal·lacions es poden ampliar i millorar en tots els seus aspectes, i inicialment la proposta que es vol fer és de una instal·lació senzilla i molt intuïtiva per a la adaptació de tot el personal de la universitat, amb la ampliació d'aquesta a altres formes de control anteriorment esmentades.

La instal·lació de domòtica que es vol realitzar en l'edifici PII de la Escola Politècnica Superior funciona amb un protocol de comunicacions KNX, que està basat en la comunicació mitjançant cables a través d'un bus de dades.

S'utilitzarà un cable de parell trenat TP1, el qual envia dades a una velocitat de 9.600 bits/segon. Aquest és el mitjà de comunicació més usat en instal·lacions d'aquests tipus pel baix cost del cable i la seva senzilla instal·lació.

10.1. Coneixements bàsics del KNX

Els sistemes de bus intel·ligents milloren les característiques d'un habitatge o edifici en aspectes com costos de servei, seguretat, flexibilitat en l'ús i eficiència energètica, i en especial, el confort. L'estàndard KNX té una elevada quota de mercat entre els sistemes de control d' edificis.

10.1.1. Deficiències en la instal·lació elèctrica

En els escenaris que ens anem trobant en la actualitat, es pot assegurar que en la majoria dels edificis es necessita una adaptació a les noves tecnologies. En els cotxes ja fa uns anys que el sistema de xarxa i comunicació són habituals, però en els edificis aquest canvi es produeix molt lentament.

Això és degut a la llarga vida útil d'una instal·lació elèctrica, i això necessita un canvi de mentalitat, ja que els edificis i vivendes de nova construcció hauran d'adaptar-se en els pròxims anys a nombrosos canvis. Flexibilitat i intercomunicació són avui dia unes característiques obligades per la societat actual, i des de el punt de vista tècnic, tot això ja és realitzable.

La clau d'un edifici intel·ligent és la instal·lació de sensors i actuadors intercomunicats entre ells, i per això hi ha diverses opcions:

10.1.2. Opció convencional

En un primer pas sembla lògic executar la instal·lació elèctrica amb un cablejat en forma d'estrella. És a dir, totes les preses de corrent, punts de llum i altres elements s'han de cablejar individualment a un quadre elèctric centralitzat, on s'estableixen les funcions lògiques mitjançant un autòmat programable amb els seus relés o contactors corresponents. En habitatges petits pot ser una solució acceptable. Però en immobles més grans s'incrementa el cablejat exponencialment, i la mida del quadre elèctric resulta impracticable. Una ampliació de la instal·lació existent significa un enorme esforç tant en instal·lació com en programació.

10.1.3. Tecnologia de bus

Una solució molt més adequada consisteix a intercanviar tots els sensors i actuadors mitjançant un cable de comunicació, que ha de tenir la capacitat d'intercanviar informació entre els elements connectats. D'aquesta forma, cada dispositiu pot comunicar-se amb qualsevol altre: l'interruptor del llum es comunica amb el dimmer de la lluminària i li indica a quina lluminositat cal regular. El detector de presència informa l'actuador de la llum que es troba una persona al passadís, i al termòstat de la sala que allà ja no hi ha ningú i que pot reduir la temperatura d'aquesta.

10.1.4. Protocol KNX

Existeixen diverses tecnologies de bus al mercat, i cadascuna té la seva justificació i avantatges per a certes aplicacions. Però no hi ha cap altre sistema de bus com KNX que és utilitzada per tants fabricants diferents per diferents motius.

Tots els fabricants líders que es dediquen a la automatització de edificis fomenten l'estàndard KNX. Aquest és un sistema que s'ha desenvolupat específicament pel control i la automatització de vivendes i edificis.

La instal·lació així com la programació o parametrització dels dispositius es realitza per instal·ladors qualificats, on han de obtenir la seva qualificació en centres de formació homologats. KNX és un sistema ben establert, amb una enorme quantitat de funcionalitats.

La eina de software ETS permet dissenyar, programar i posar en marxa tots els dispositius KNX certificats per tots els fabricants.

10.1.5. Rendibilitat d'una instal·lació domòtica de bus

Si es tenen en compte les avantatges que es poden obtenir al llarg de tota la vida útil de la instal·lació, hi ha molts arguments que poden ser decisius per a inclinar-se per un sistema domòtic amb bus.

Si l'edifici requereix una gran quantitat de funcionalitats, la instal·lació bus és molt més senzilla i rentable en comparació d'una instal·lació tradicional.

Estalvi energètic continuat, i en conseqüència la reducció del gestos operatius. L'augment del confort i el benestar. La seguretat mitjançant simulacions de presència, desconexió o tancament de vàlvules en cas de fuites d'aigua durant les hores de no presència de gent. Polsadors antipànic per a situacions de risc davant persones o alumnes. I moltes altres avantatges que es poden obtenir amb instal·lacions com aquestes.

10.2. Sistema KNX

La instal·lació constarà d'una àrea amb 3 línies. Aquesta àrea estarà dotada d'una font d'alimentació de 640 mA i cada una de les línies aniran alimentades per una font de 320 mA. Al tenir diferents línies serà necessari afegir un acoblador de línia per cada un de elles.

10.3. Descripció dels components de bus

Són els elements que reben i envien les ordres que s'han d'executar.

10.3.1. Font d'alimentació

Per l'alimentació de l'àrea general s'utilitza una font de 640 mA i per cada línia s'afegirà una font en el bus de cada un de 320 mA. Ambdós fonts proporcionaran a partir d'una alimentació de 230V i 50 Hz una senyal de 30 Vcc, protegida contra curtcircuit i sobrecàrregues.



Figura 26: Font d'alimentació 640 mA o 320 mA KNX

10.3.2. Interfície USB

A través d'un connector USB, ens permet que aquest dispositiu es pugui connectar a un ordinador, per poder programar, parametritzar, direccionar, o diagnosticar qualsevol dispositiu de bus, a més de controlar el sistema mitjançant un programa de visualització.



Figura 27: Mòdul de comunicació 2130 USB

10.3.3. Acoblador d'àrea o línia

Per poder utilitzar més de 64 components és necessari afegir més línies i connectar entre elles a través d'un dispositiu acoblador de línia o d'àrea. Pel cas que ens ocupa s'ha optat per aquest model pel seu rendiment i senzillesa.



Figura 28: Model línia/àrea acoblador

10.3.4. Sensor de presència i d'il·luminació

En les instàncies comunes on volem evitar el malbaratament energètic serà molt pràctic utilitzar sensors de presència. S'ha optat per un sensor de col·locació en caixes de superfície, de fàcil instal·lació i de petites dimensions.

Destinat a la connexió i desconnexió de bandes de llums en funció de la detecció de presència en aquell espai. Possibilitat de regulació en resposta als nivells lumínics. Aplicació de detectors amb funció de monitorització integrada. Commutació de llum constant amb 4 sortides màxim, per a commutació depenent de la lluminositat de cada una de les bandes de llum a la zona.

Una forma de disminuir el consum elèctric a cada estància és la regulació de la il·luminació segons els nivells lumínics que s'obtinguin de forma natural. Per a fer aquesta lectura de

lúmens obtinguts en cada moment s'utilitza el mateix sensor de moviment per la seva fiabilitat i senzillesa.

En la regulació constant de la llum, la il·luminació es regula al punt de consigna de lluminositat especificat mitjançant actuadors binaris. En aquest tipus de control, el punt de consigna de lluminositat es pot preseleccionar com a paràmetre o alternativament en el bus mitjançant un objecte de comunicació.

A més, en el mode metre/esclau es poden atenuar fins a vuit grups de lluminàries addicionals com a esclaus al mateix valor que el mestre, o cadascun a un valor diferent de l'atenuació per a una compensació positiva o negativa. Controlar un o més grups de lluminàries com a esclau és avantatjós, per exemple, quan hi ha diverses estacions de treball en una mateixa sala però el dispositiu s'ha instal·lat només en una estació de treball. Depenent de si els llocs de treball esclaus es troben més a prop de la finestra o més lluny d'aquesta, el nombre de lluminàries enceses s'ha de reduir o augmentar en conseqüència de la quantitat de llum arribada a la zona.



Figura 29: Detector de presència i d'il·luminació

10.3.5. Mòduls actuadors

S'utilitzarà un actuator de 2 canals i un altre de 4 canals segons les necessitats. Cada un serà capaç de regular una potència màxima de 10A per canal. Amb això es pot disposar de suficient potència per regular la lluminositat de tots els llums de cada estància segons necessitat. Presenten una gran fiabilitat, amb la opció de bloqueig entre d'altres opcions, i és molt interessant per a l'ús que se li vol donar en aquesta instal·lació. Aquest element té una alimentació de 230 V AC i 50 Hz.



Figura 30: Actuator binari

10.3.6. Sensor polsadors

Per poder modificar de manera manual els llums en casos molt concrets, els quals només els podran modificar els responsables d'aquell moment de l'aula o laboratori, s'instal·laran uns polsadors els quals podran encendre i apagar els llums d'aquella sala, i podran regular aquesta en funció de la necessitat. Hi pot haver situacions les quals es necessiti un extra de llum de manera excepcional, i per això s'ha de poder modificar la intensitat de la llum que hi ha en la sala.

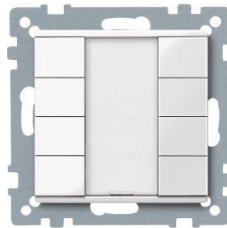


Figura 31: Polsador 4 elements

10.3.7. Conductor de comunicacions BUS

El conductor utilitzat per a la instal·lació del bus de comunicacions entre els diferents elements de la instal·lació domòtica serà d'un conductor amb un parell de cables vermell i negre per diferenciar el positiu i negatiu en cas de ser necessari, un parell de conductors blanc i groc com a reserva, i una coberta metàl·lica per a poder aïllar els conductors que porten la informació de comunicació entre tots els components, de tots els possibles camps magnètics provocats per les línies de tensió que pot haver-hi a prop d'aquests, i així evitar les possibles interferències provocades per harmònics per efecte dels camps magnètics dels conductors amb tensió.

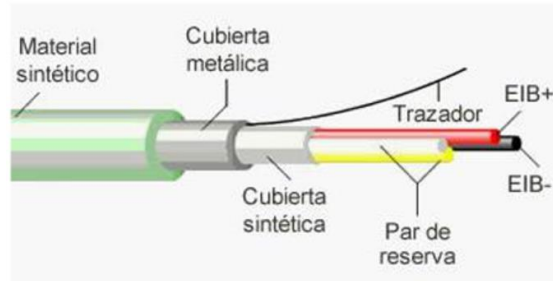


Figura 32: Conductor utilitzat per BUS en KNX

10.4. Programació amb ETS5

Per programar la instal·lació domòtica i configurar tots els dispositius s'utilitzarà el software ETS5 (Engineering Tool Software). Aquesta eina estandarditzada que és independent de qualsevol producte i de qualsevol fabricant suporta la instal·lació de més de 7.000 productes KNX certificats per més de 365 fabricants

10.4.1. Adreça física

A cada dispositiu en un sistema KNX se li assigna una adreça única i inconfusible, l'adreça física. Aquesta adreça consta de tres xifres separades per punts i és assignada en funció de la seva ubicació dins de la topologia del bus: la primera xifra indica el número de l'àrea, la segona xifra indica el número de la línia i la tercera xifra indica un número correlatiu dins de la línia.

L'adreça física serveix per identificar cada dispositiu de forma inequívoca i a més, per poder programar-los. Totes les adreces físiques estan definides en els plànols des del 19 fins al 23, adjuntats a continuació al present projecte. En aquests plànols està definida la línia en la qual està connectat cada dispositiu, i a quines línies elèctriques fa funcionar.

1.1.0	Quadre General Co...	1.1.41	Quadre laboratoris 2	1.2.36	Laboratori C.N.
1.1.1	Quadre General Co...	1.1.42	Laboratori Vis. Com...	1.2.37	Laboratori C.N.
1.1.2	Vestíbul	1.1.43	Laboratori Vis. Com...	1.2.38	Laboratori C.N.
1.1.3	Vestíbul	1.1.44	Laboratori T.M.	1.2.39	Lavabo Homes 1
1.1.4	Quadre General Co...	1.1.45	Laboratori T.M.	1.2.40	Lavabo Homes 1
1.1.5	Passadís Aula 09	1.1.46	Laboratori T.M.	1.2.41	Lavabo Dones 1
1.1.6	Passadís Esquerra 1	1.1.47	Quadre laboratoris 3	1.2.42	Lavabo Homes 2
1.1.7	Passadís Esquerra 2	1.2.0	Quadre General Co...	1.2.43	Lavabo Dones 2
1.1.8	Quadre General Co...	1.2.1	Quadre General Co...	1.3.0	Quadre General Co...
1.1.9	Aula 08	1.2.2	Passadís Aules 01-04	1.3.9	Lavabo Dones
1.1.10	Aula 08	1.2.3	Passadís Aules 01-04	1.3.18	Lavabo Homes
1.1.11	Aula 07	1.2.4	Quadre General Co...	1.3.10	Passadís Primera Planta
1.1.12	Aula 07	1.2.5	Passadís Dreta 1	1.3.11	Passadís Primera Planta
1.1.13	Laboratori A. Ind.	1.2.6	Passadís Dreta 2	1.3.12	Passadís Primera Planta
1.1.14	Laboratori A. Ind.	1.2.7	Passadís Aules 05-06	1.3.1	Quadre passadís primera planta
1.1.15	Quadre laboratoris 1	1.2.8	Aula 01A	1.3.13	Quadre passadís primera planta
1.1.16	Laboratori PLC	1.2.9	Aula 01A	1.3.14	Passadís Segona Planta
1.1.17	Laboratori PLC	1.2.10	Aula 01A	1.3.15	Passadís Segona Planta
1.1.18	Quadre laboratoris 1	1.2.11	Aula 01B	1.3.16	Passadís Segona Planta
1.1.19	Laboratori C.T.M.	1.2.12	Aula 01B	1.3.17	Quadres passadís segona planta
1.1.20	Laboratori C.T.M.	1.2.13	Aula 02A	1.3.2	Passadís Soterrani
1.1.21	Laboratori M.E.	1.2.14	Aula 02A	1.3.3	Passadís Soterrani
1.1.22	Laboratori M.E.	1.2.15	Aula 02A	1.3.4	Passadís Soterrani
1.1.23	Quadre laboratoris 1	1.2.16	Aula 02B	1.3.6	Passadís Soterrani
1.1.24	Laboratori Rob.	1.2.17	Aula 02B	1.3.7	Passadís Soterrani
1.1.25	Laboratori Rob.	1.2.18	Aula 03A	1.3.8	Passadís Soterrani
1.1.26	Aula 09	1.2.19	Aula 03A	1.3.5	Quadre passadís soterrani
1.1.27	Aula 09	1.2.20	Aula 03A	1.3.19	Quadre passadís soterrani
1.1.28	Quadre General Co...	1.2.21	Aula 03B		
1.1.29	Laboratori M.F.C.	1.2.22	Aula 03B		
1.1.30	Laboratori M.F.C.	1.2.23	Aula 04A		
1.1.31	Quadre laboratoris 2	1.2.24	Aula 04A		
1.1.32	Laboratori R.A.	1.2.25	Aula 04A		
1.1.33	Laboratori R.A.	1.2.26	Aula 04B		
1.1.34	Laboratori Pneu.	1.2.27	Aula 04B		
1.1.35	Laboratori Pneu.	1.2.28	Aula 05		
1.1.36	Laboratori Lubri.	1.2.29	Aula 05		
1.1.37	Laboratori Lubri.	1.2.30	Quadre General Co...		
1.1.38	Quadre laboratoris 2	1.2.31	Aula 06		
1.1.39	Laboratori M.F.	1.2.32	Aula 06		
1.1.40	Laboratori M.F.	1.2.35	Quadre laboratoris 3		

Figura 33. Adreces físiques dels dispositius

10.4.2. Adreça de grup

Les adreces de grup serveixen per fer que els objectes de grup formin part de les funcions de l'edifici.

Per ser operativa, una adreça de grup ha d'estar associada amb almenys dos objectes de grup, un per enviar telegrams al bus i l'altre per rebre'ls del bus.

Una adreça de grup té una longitud de dades de 16 bits. En un telegrama, una adreça de grup es divideix en dos octets, és a dir, l'adreça alta i l'adreça baixa. L'adreça alta sempre s'envia primer.

La comunicació entre els dispositius en una instal·lació es duu a terme per mitjà de les adreces de grup. Quan l'adreça de grup es crea amb ETS5, pot seleccionar-se una estructura de 2 nivells (grup principal/subgrup) o de 3 nivells (grup principal/grup intermedi/subgrup).

L'adreça de grup 0/0/0 es reserva per a la transmissió de missatges de multi difusió (dirigit a tots els dispositius del bus disponibles).

Cada adreça de grup pot assignar-se als dispositius del bus segons sigui necessari, sense necessitat de tenir en compte on està situat el dispositiu en la instal·lació KNX.

1/1/0	Llum aula 01A - 1	1/1/33	Llum aula 05 - 2	1/1/65	Llum passadis aules 05 i 06...	1/1/97	Llum Lab. Vis. Comp. - 1
1/1/1	Llum aula 01A - 2	1/1/34	Llum aula 05 - 3	1/1/66	Llum Lab. A. Ind. - 1	1/1/98	Llum Lab. Vis. Comp. - 2
1/1/2	Llum aula 01A - 3	1/1/35	Llum aula 06 - 1	1/1/67	Llum Lab. A. Ind. - 2	1/1/99	Llum Lab. Vis. Comp. - 3
1/1/3	Llum aula 01A - 4	1/1/36	Llum aula 06 - 2	1/1/68	Llum Lab. A. Ind. - 3	1/1/100	Llum Lab. T.M. - 1
1/1/4	Llum aula 01B - 1	1/1/37	Llum aula 06 - 3	1/1/69	Llum Lab. PLC - 1	1/1/101	Llum Lab. T.M. - 2
1/1/5	Llum aula 01B - 2	1/1/38	Llum aula 07 - 1	1/1/70	Llum Lab. PLC - 2	1/1/102	Llum Lab. T.M. - 3
1/1/6	Llum aula 01B - 3	1/1/39	Llum aula 07 - 2	1/1/71	Llum Lab. C.T.M. - 1	1/1/103	Llum Lab. T.M. - 4
1/1/7	Llum aula 01B - 4	1/1/40	Llum aula 07 - 3	1/1/72	Llum Lab. C.T.M. - 2	1/1/104	Llum Lab. D. Maq. - 1
1/1/8	Llum aula 02A - 1	1/1/41	Llum aula 08 - 1	1/1/73	Llum Lab. C.T.M. - 3	1/1/105	Llum Lab. D. Maq. - 2
1/1/9	Llum aula 02A - 2	1/1/42	Llum aula 08 - 2	1/1/74	Llum Lab. C.T.M. - 4	1/1/106	Llum Lab. D. Maq. - 3
1/1/10	Llum aula 02A - 3	1/1/43	Llum aula 08 - 3	1/1/75	Llum Lab. M.E. - 1	1/1/107	Llum Lab. D. Maq. - 4
1/1/11	Llum aula 02A - 4	1/1/44	Llum aula 09 - 1	1/1/76	Llum Lab. M.E. - 2	1/1/108	Llum Lab. C. N. - 1
1/1/12	Llum aula 02B - 1	1/1/45	Llum aula 09 - 2	1/1/77	Llum Lab. M.E. - 3	1/1/109	Llum Lab. C. N. - 2
1/1/13	Llum aula 02B - 2	1/1/46	Llum aula 09 - 3	1/1/78	Llum Lab. M.E. - 4	1/1/110	Llum lavabo homes PB 1
1/1/14	Llum aula 02B - 3	1/1/47	Llum aula 09 - 4	1/1/79	Llum Lab. Rob. - 1	1/1/111	Llum lavabo dones PB 1
1/1/15	Llum aula 02B - 4	1/1/48	Llum vestibul - 1	1/1/80	Llum Lab. Rob. - 2	1/1/112	Llum lavabo homes PB 2
1/1/16	Llum aula 03A - 1	1/1/49	Llum vestibul - 2	1/1/81	Llum Lab. Rob. - 3	1/1/113	Llum lavabo dones PB 2
1/1/17	Llum aula 03A - 2	1/1/50	Llum vestibul - 3	1/1/82	Llum Lab. Rob. - 4	1/1/114	Llum passadis S-1 - 1
1/1/18	Llum aula 03A - 3	1/1/51	Llum vestibul - 4	1/1/83	Llum Lab. M.F.C. - 1	1/1/115	Llum passadis S-1 - 2
1/1/19	Llum aula 03A - 4	1/1/52	Llum passadis aula 09 - 1	1/1/84	Llum Lab. M.F.C. - 2	1/1/116	Llum passadis S-1 - 3
1/1/20	Llum aula 03B - 1	1/1/53	Llum passadis aula 09 - 2	1/1/85	Llum Lab. R.A. - 1	1/1/117	Llum passadis S-1 - 4
1/1/21	Llum aula 03B - 2	1/1/54	Llum passadis esquerra 1 - 1	1/1/86	Llum Lab. R.A. - 2	1/1/118	Llum passadis S-1 - 5
1/1/22	Llum aula 03B - 3	1/1/55	Llum passadis esquerra 2 - 1	1/1/87	Llum Lab. R.A. - 3	1/1/119	Llum passadis S-1 - 6
1/1/23	Llum aula 03B - 4	1/1/56	Llum passadis esquerra 2 - 2	1/1/88	Llum Lab. Pneu. - 1	1/1/120	Llum passadis S-1 - 8
1/1/24	Llum aula 04A - 1	1/1/57	Llum passadis esquerra 2 - 2	1/1/89	Llum Lab. Pneu. - 2	1/1/121	Llum passadis S-1 - 8
1/1/25	Llum aula 04A - 2	1/1/58	Llum passadis dreta 1 - 1	1/1/90	Llum Lab. Pneu. - 3	1/1/122	Llum lavabo dones P1
1/1/26	Llum aula 04A - 3	1/1/59	Llum passadis dreta 1 - 2	1/1/91	Llum Lab. Lubri. - 1	1/1/123	Llum lavabo homes P1
1/1/27	Llum aula 04A - 4	1/1/60	Llum passadis dreta 2 - 1	1/1/92	Llum Lab. Lubri. - 2	1/1/124	Llum passadis P1 - 1
1/1/28	Llum aula 04B - 1	1/1/61	Llum passadis dreta 2 - 2	1/1/93	Llum Lab. M.F. - 1	1/1/125	Llum passadis P1 - 2
1/1/29	Llum aula 04B - 2	1/1/62	Llum passadis aula 01 - 1	1/1/94	Llum Lab. M.F. - 2	1/1/126	Llum passadis P2 - 1
1/1/30	Llum aula 04B - 3	1/1/63	Llum passadis aula 04 - 1	1/1/95	Llum Lab. M.F. - 3	1/1/127	Llum passadis P2 - 2
1/1/31	Llum aula 04B - 4	1/1/64	Llum passadis aula 05 i 06...	1/1/96	Llum Lab. M.F. - 4		
1/1/32	Llum aula 05 - 1						

Figura 34. Adreces de grup utilitzades

Els actuadors poden escoltar a diverses adreces de grup. No obstant això, els sensors poden enviar només una adreça de grup per telegrama.

Les adreces de grup s'assignen als objectes de comunicació dels sensors i actuadors corresponents.

Les adreces utilitzades en el present projecte són les de 1/1/x per a totes les direccions que estiguin relacionades amb les accions de On/Off dels sensors i actuadors, i les de 1/4/x per a totes les direccions relacionades amb l'estat del llum per a poder mantenir els llums encesos i que els diferents dispositius puguin llegir que els llums estan funcionant.

10.4.3. Distribució de l'edifici

La planta baixa de l'edifici PII està dividit bàsicament en tres zones. La primera zona són les aules de la 1 a la 9, la segona zona està dividida en tots els passadissos, banys i zones comunes, i la tercera zona és la dels laboratoris.

A les aules trobarem un actuator de 4 sortides binari, un sensor lumínic i de moviment, i un grup de polsadors a l'entrada per poder connectar o parar les llums de manera manual en cada cas segons la necessitat. Depenent de cada aula i les seves característiques es faran entre 3 o 4 enceses per poder il·luminar de la millor manera la estància i alhora poder utilitzar els mínims recursos possibles. El sensor lumínic té la possibilitat de poder separar cada estància en 4 zones i d'aquesta manera poder apagar o encendre els llums en 4 sectors diferents pels casos que en determinades ocasions, per l'entrada de llum natural per les finestres, el sensor podrà apagar tota la fila de llums que estan més a prop d'aquestes.

Els actuadors binaris han estat agrupats en dispositius de més de 4 sortides per poder reduir els costos de compra amb el material. Encara que es fa referència a les sortides que actuen en cada estància, aquestes poden estar compartint un mateix actuator i funcionar per a diferents sales. Els sensors són els únics aparells que han d'estar dins de la sala que es vol controlar, per això els actuadors s'han agrupats en zones externes a aquestes, la majoria en armaris existents.

En els passadissos, el funcionament serà molt semblant al de les aules, però en aquest cas els llums es connectaran en el cas de que passi gent per aquests i la lluminositat sigui inferior a la recomanada per aquestes zones. El passadís del pis 1 i 2, funcionarà de la mateixa manera, però es preveu que en aquests el funcionament dels llums sigui de molt poques hores, ja que estan molt il·luminats amb llum natural i es preveu molt poca necessitat de llum artificial. En el cas dels passadissos del soterrani, els llums haurien de estar tot el dia encesos per a la nul·la il·luminació natural. Per tant, es proposa regular tota aquesta il·luminació amb sensors de moviment com en els passadissos anteriors però en aquest cas els llums

s'encendran sempre que els sensors detectin moviment, i no caldrà una regulació lumínica ja que la entrada de llum natural és nul·la durant tot el dia.

En els banys de la planta baixa i de la primera planta, s'opta per posar un sensor de moviment amb sensor crepuscular per poder fer la regulació i encesa de les lluminàries quan aquests hi hagi algun tipus de persona. Els banys solen ser zones amb poca il·luminació natural i per tant no serà de vital importància, però en el cas de tenir alguna entrada de llum natural, també es podria fer la regulació només canviant la programació dels sensors i actuadors.

En la zona dels laboratoris de la planta baixa, tenim entrada de llum natural a gran quantitat d'ells, i per tant aquesta regulació que es vol fer amb diferents enceses té molt de sentit. El problema que hi ha en aquesta zona és que està encarada a nord i per tant les hores d'entrada de llum natural i la seva intensitat és més reduïda que en les aules que tenim de cara sud com son les aules de la 01 a la 04. Per això, la elecció per a regular aquests laboratoris és amb un grup de 4 pulsadors a l'entrada de cada laboratori i un sensor de moviment i crepuscular amb la possibilitat de poder regular les 4 zones del laboratori per separat. No tots els laboratoris hi ha la possibilitat de fer 4 enceses, ja que en algun d'ells la seva mida és tant reduïda que amb dues enceses en fa suficient, però en els que sigui possible fer 3 o 4 enceses, es creu que pot ser positiu alhora de poder reduir el consum elèctric d'aquests.

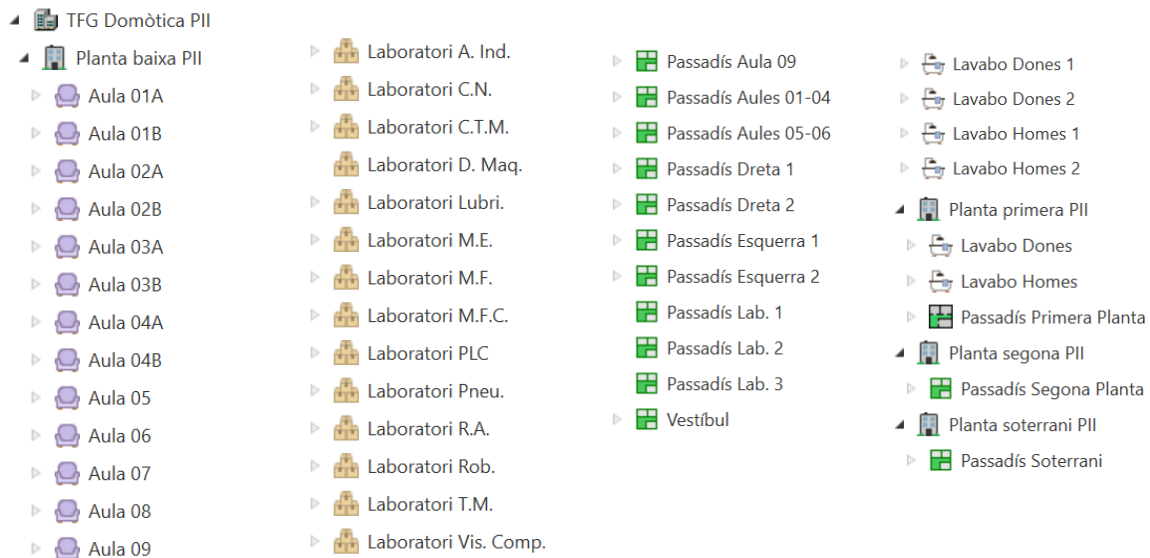


Figura 35. Distribució de l'edifici en ETS5

10.4.4. Localització dels aparells domòtics

Tots els aparells domòtics utilitzats en la instal·lació estan dissenyats per anar instal·lats en caixes de comandament i protecció, amb guies carril DIN per poder anar subjectats. Aquestes caixes es poden col·locar en les mateixes ubicacions on ara mateix hi ha les de protecció de les línies d'il·luminació del edifici.

Totes les proteccions i comandament de les lluminàries dels passadissos de la planta baixa, i les aules 05, 06, 07, 08 i 09, estan ubicades en els armaris de consergeria. Totes aquestes lluminàries actualment funcionen amb polsadors ubicats en les entrades de les aules i telerruptors en els mateixos armaris. Tots aquests aparells podrien ser substituïts per els polsadors d'entrada de domòtica i els seus actuadors binaris utilitzats en el present projecte. Aquests actuadors aniran instal·lats en les caixes on s'ubiquen els telerruptors, que podran ser aprofitades pels forats lliures que hi hauran amb la extracció d'aquests.

Pel que fa les aules 01, 02, 03 i 04, amb les seves variants A i B segons nomenclatura de les aules, i els WC de la planta baixa, tant els dels homes com els de les dones, les seves proteccions estan ubicades en un armari ubicat en la habitació que queda darrera del ascensor. Per a poder evitar el pas de moltes línies fins a aquests quadres, s'ha decidit posar els actuadors dels banys en el armari de darrera del ascensor, i els demás actuadors estaran ubicats en unes caixes de superfície amb carril DIN en cada una de les aules. Les aules aniran agrupades per cada número, per tant A i B aniran juntes, i per cada parell de aules s'hi instal·larà una caixa de les anomenades anteriorment.

En el cas dels laboratoris, tenim 3 caixes de proteccions repartides per les diferents illes dels laboratoris, una per a cada una. Les caixes estan en el taller de mecànica, el laboratori de visió computacional i el laboratori de robòtica. En aquestes caixes estan instal·lades les proteccions dels conductors que alimenten totes les lluminàries existents. Però com actualment aquestes lluminàries van amb un sistema de interruptors a cada laboratori o per uns interruptors instal·lats en la sala de consergeria, s'ha decidit poder instal·lar unes caixes de superfície amb carril DIN per a poder muntar-hi els actuadors necessaris per a fer les enceses de cada estància. Els actuadors també aniran agrupats entre ells per a poder reduir el cost de la instal·lació, i sempre que sigui possible es muntaran actuadors amb 8 sortides binàries.

Totes les aules i laboratoris que seran modificats per a la nova instal·lació aniran dotats de pulsadors a l'entrada per poder encendre i apagar les llums de manera manual. Aquestes enceses sempre podran ser accionades per aquests però aniran regulades de manera automàtica per un sensor crepuscular i de moviment. Aquest llegirà en tot moment la lluminositat de la estància, en les diferents zones, per poder garantir la correcta il·luminació en tot moment i en tots els punts de les mateixes. En els casos que la il·luminació natural sigui suficient en alguna de les zones a il·luminar, la llum artificial s'apagarà donant prioritat a aquesta. Les diferents enceses i zones a il·luminar aniran detallades en un apartat posterior.

Les zones que comprenen passadissos i lavabos no tindran pulsadors per poder encendre o apagar els llums de manera manual, sinó que aquestes es connectaran a través dels sensors de moviment i crepusculars utilitzats en totes les estàncies del edifici. Aquests detectaran la falta de lluminositat i el pas de les persones, i obriran els llums necessaris en cada moment. Només hi haurà un pulsador general que connectarà les llums dels diferents passadissos de manera manual per casos que s'hi hagi de treballar o per situacions concretes que s'hi necessiti molta llum. En els casos de connectar els llums dels passadissos de manera manual, aquests no aniran regulats en les diferents enceses, ja que s'entén que aquesta connexió és deguda a la necessitat de molta llum, i per tant no té cap sentit poder regular o apagar els llums de manera automàtica.

10.5. Programació control il·luminació KNX de les aules

Per la programació, com s'ha anat explicant anteriorment, s'ha dividit l'edifici en diferents plantes, i aquestes per diferents estàncies. Cada estància té una programació en particular adaptant-se a cada situació i a cada característica de les aules i zones a controlar.

Però el principi de funcionament i de programació és molt semblant entre totes les aules, i per poder explicar amb total claredat la programació que s'ha fet, s'explicarà la programació de les aules PII-01A i PII-01B, que actualment estan unides com a una sola aula, però anteriorment va ser dues aules separades.

Les direccions de On/Off són les que associarem als actuadors i pulsadors per tal d'encendre i apagar les lluminàries. El tipus de dada serà d'interruptor i de longitud 1 bit.

10.5.1. Polsadors

Núm	Nombre	Función del Objeto	Descripción	Dirección de Grupo	Longitud	C	R	W	T	U
0	Objeto de conexión A	Tecla 1	Llum aula 01A - 1	1/1/1, 1/0/0	1 bit	C	-	W	T	-
3	Objeto de conexión A	Tecla 2	Llum aula 01A - 2	1/1/2, 1/0/0	1 bit	C	-	W	T	-
6	Objeto de conexión A	Tecla 3	Llum aula 01A - 3	1/1/3, 1/0/0	1 bit	C	-	W	T	-
9	Objeto de conexión A	Tecla 4	Llum aula 01A - 4	1/1/4, 1/0/0	1 bit	C	-	W	T	-
12	Objeto de conexión A	Tecla adicional			1 bit	C	-	W	T	-

Figura 36. Objectes de comunicació polsador aula 01A

A la figura anterior es mostra els objectes de comunicació que s'han relacionat en el polsador de l'aula A1. Com es pot veure hi ha les mateixes direccions de grup en el sensor associades en el polsador. D'aquesta manera quan es premi la tecla 2 o 3 del polsador de l'aula, s'activarà el sensor en mode automàtic perquè vagi regulant les lluminàries a la consigna desitjada de luxs. En aquest cas, per poder fer anar diferents enceses a través del mateix sensor, s'ha distribuït en el sensor 4 zones com a blocs, i en cada un d'ells s'hi ha adjudicat una zona de la sala. Com el sensor que utilitzem permet treballar amb 4 zones diferenciades, s'hi ha adjudicat a cada una de aquestes una sortida del actuator per a fer funcionar els llums per separat. Això ens dona molt de marge per a poder treballar amb les zones per separat i poder regular el llum, ja que el sistema empleat és el de connectar o desconnectar les diferents enceses en cada cas.

En les direccions de grup del polsador es pot observar que tenim la direcció de grup 1/1/1 que com hem explicat anteriorment serveix per transmetre l'ordre de connexió al actuator, però com tenim les banderes de transmetre i escriure activades, això ens diu que el nostre polsador pot rebre senyals d'altres sensors i executar les ordres d'aquests. En els paràmetres que s'han definit a la figura representada a continuació es pot observar que s'ha configurat el polsador amb un sol objecte de transmissió. Es per això que el dispositiu només pot enviar un telegrama, llavors només pot fer la transmissió amb la primera direcció de grup, i amb la segona ja no la pot transmetre, es per això que hi hem afegit la segona direcció de grup la de apagat general 1/0/0. Aquesta segona direcció només es de lectura i per tant només ens serveix en aquest cas per poder apagar el LED que tenim en el polsador.

Avantatges de treballar amb la marca Schneider és que no necessitem la realimentació del actuator per a poder fer les comandes que s'han definit anteriorment. Amb altres marques s'hagés necessitat fer la realimentació del actuator per a poder fer la acció de poder fer un apagat general incloent-hi els LEDs dels polsadors, ja que podríem haver definit que aquesta

realimentació fos la que ens manté oberta la llum dels LEDs d'aquests. Un cop hagéssim aturat la realimentació, aquesta aturaria el LED del polsador.

A continuació es vol ensenyar els paràmetres configurats en els polsadors de les aules i els laboratoris. Es pot observar com els polsadors estan configurats de manera que son capaços de poder connectar i desconectar la llum de cada aula amb el mateix polsador físic. Per això s'hi posa la funció de commutació. El LED d'estat ens donarà la informació si està connectat o desconectat el llum.

Figura 37. Paràmetres polsador aula 01A general

Figura 38. Paràmetres polsador aula 01A tecla 1

10.5.2. Sensors moviment

En aquest cas, el sensor de moviment funciona com a esclau i el polsador funciona com a mestre, ja que el que primer dona l'ordre per a posar en funcionament els llums de l'aula és sempre el polsador d'entrada. Un cop el polsador d'entrada ha donat l'ordre de encendre els llums, el sensor crepuscular comprova la quantitat lumínica que hi ha a les diferents zones de la sala i en el cas que hi hagi una quantitat superior a 800 lux aturaria totes les lluminàries d'aquella zona.

A continuació es pot observar els objectes de comunicació en els sensors de moviment que tenim a les aules. S'observa que hi ha les mateixes direccions de grup que en el polsador. D'aquesta manera quan es polsa

Núm	Nombre	Función del Objeto	Descripción	Dirección de Grupo	Longitud	C	R	W	T	U
0	Objeto de conexión 1	Bloque 1	Llum 1	1/1/1	1 bit	C	-	W	T	-
7	Objeto de disparo	Bloque 1	Llum 1	1/1/1	1 bit	C	-	W	-	-
12	Objeto de conexión 1	Bloque 2	Llum 2	1/1/2	1 bit	C	-	W	T	-
24	Objeto de conexión 1	Bloque 3	Llum 3	1/1/3	1 bit	C	-	W	T	-
36	Objeto de conexión 1	Bloque 4	Llum 4	1/1/4	1 bit	C	-	W	T	-
109	Objeto de realimentación	Pausa de seguridad			1 bit	C	-	W	-	-

Figura 39. Objectes de comunicació sensor lumínic aula 01A

Com els paràmetres del sensor estan configurats com a esclau, la direcció de grup de la encesa 1 està relacionada per desbloquejar el sensor i que comenci a funcionar. Això es degut a la necessitat de no posar-se en funcionament si no s'ha rebut l'ordre previament a través del polsador.

En els paràmetres de configuració es pot observar com es defineixen totes del zones com a esclau, però només necessita una sola comanda per a desbloquejar el sensor.

1.2.9 Sensor de presència i crepuscular Aula 01A > Bloque 1 general

Receptor de infrarrojos	Función de bloqueo	<input type="radio"/> permitido <input checked="" type="radio"/> bloqueado
Bloque 1 general	Modo de funcionamiento	Funcionamiento esclavo
Sensores de movimiento		

Figura 40. Paràmetres sensor lumínic aula 01A bloc 1 general

1.2.9 Sensor de presència i crepuscular Aula 01A > Bloque 2 general

Tiempo	Función de bloqueo	<input type="radio"/> permitido <input checked="" type="radio"/> bloqueado
Bloque 2 general	Modo de funcionamiento	Funcionamiento esclavo
Sensores de movimiento		

Figura 41. Paràmetres sensor lumínic aula 01A bloc 2 general

Un cop desbloquejat aquest ja començarà a funcionar amb normalitat, i apagarà la zona que té assignada en el cas de que no hi hagi presència de persones o la lluminositat sigui superior a la programada. En la figura següent es pot veure com el sensor tant pot funcionar connectant o desconnectant els llums, per els casos que estiguin apagats per no haver-hi gent a la zona i en arribar algú, aquest faria encendre les lluminàries, sempre i quan la lluminositat sigui inferior a 800 lux.

1.2.9 Sensor de presència i crepuscular Aula 01A > General		
General	Pausa de seguridad con objeto de realimentación	por telegrama de Encender / Apagar
Bloque configuración	Pausa de seguridad (1-20) segundos	1
Receptor de infrarrojos	Valor real (luminosidad)	de sensor interno
Bloque 1 general	Corrección de valor real	<input type="radio"/> permitido <input checked="" type="radio"/> bloqueado
Sensores de movimiento	Valor real envío cíclico lugar de montaje	<input type="radio"/> permitido <input checked="" type="radio"/> bloqueado

Figura 42. Paràmetres sensor lumínic aula 01A general

A continuació en la figura es pot observar la configuració de la lluminositat del sensor per poder funcionar. Es dona una lluminositat de 800 lux i aquesta lectura es farà cada 60 segons.

1.2.9 Sensor de presència i crepuscular Aula 01A > Luminosidad		
Sensores de movimiento	Registro de movimiento está	<input type="radio"/> no dependiente de la luminosidad <input checked="" type="radio"/> dependiente de luminosidad
Luminosidad	Umbral de luminosidad ajustable	<input checked="" type="radio"/> mediante parámetro <input type="radio"/> mediante configuración de infrarrojos
Telegramas	Sobrescribir umbral de luminosidad al realizar la descarga	<input checked="" type="radio"/> permitido <input type="radio"/> bloqueado
Salida objeto de conectacion/valor 1	Umbral de luminosidad (10-2000Lux) Véase carpeta general	800
Tiempos	Objeto umbral de luminosidad	<input type="radio"/> permitido <input checked="" type="radio"/> bloqueado
Bloque 2 general	Reacción ante luminosidad suficiente a pesar del movimiento	<input type="radio"/> como detector de movimiento <input checked="" type="radio"/> como detector de presencia
Sensores de movimiento	Histéresis (10%-50%)	25
Luminosidad	Pausa medición de luminosidad (1-120) segundos	60
Telegramas	Objeto de luminosidad 1 bit	no enviar
Salida objeto de conectacion/valor 1	Objeto siempre oscuro (=no depende de la luminosidad)	<input type="radio"/> permitido <input checked="" type="radio"/> bloqueado

Figura 43. Paràmetres sensor lumínic aula 01A lluminositat

En la part de la configuració del temps per encendre o apagar el actuator, aquí es dona 5 min per el cas en que el sensor detecti, en el transcurs d'aquest temps, que no hi ha moviment, aquest aturarà la sortida del actuator apagant les lluminàries.

1.2.9 Sensor de presència i crepuscular Aula 01A > Tiempos		
Salida objeto de conectacion/valor 1	Tiempo de ciclo durante el movimiento	1 Minuto
Tiempos	Base de tiempos	1 Minuto
Bloque 2 general	Factor tiempo (1-255)	5

Figura 44. Paràmetres sensor lumínic aula 01A temps

10.5.3. Actuadors

En la configuració es connecten les zones que es vol que funcionin en el sensor. En aquest cas es connecten les 4 zones per a poder dividir aquestes en la aula a controlar. Les zones estan definides com a la zona propera a les finestres, la qual és més propera a poder aturar-se en cas de molt llum natural. La zona del projector, per poder aturar-se en cas de necessitar poca llum per a la correcta visualització d'aquest. I dues zones en la part més fosca de la aula, per aturar la zona de darrera en el cas de no haver-hi alumnes.

En la figura següent es mostren els objectes de comunicació que s'han utilitzat en el actuador. Com es pot apreciar, en el canal 1 s'ha associat la direcció de grup a l'objecte de connexió que estava associat a la tecla del pulsador 1, i en el mode de connexió del sensor, per tal de que quan es connecti el pulsador s'activi la lluminària i el sensor entri en funcionament i si és necessari procedeixi a apagar-la. En cas de no ser necessari la desconnexió de la lluminària, per a la poca lluminositat que hi pugui haver en la zona, el sensor aturaria aquesta sortida i s'aturaria la il·luminació de la zona.

Núm	Nombre	Función del Objeto	Descripción	Dirección de Grupo	Longitud	C	R	W	T	U
0	Objeto de conexión	Canal 1	Llum 1	1/1/1, 1/0/0	1 bit	C	-	W	-	-
4	Objeto de conexión	Canal 2	Llum 2	1/1/2, 1/0/0	1 bit	C	-	W	-	-
8	Objeto de conexión	Canal 3	Llum 3	1/1/3, 1/0/0	1 bit	C	-	W	-	-
12	Objeto de conexión	Canal 4	Llum 4	1/1/4, 1/0/0	1 bit	C	-	W	-	-

Figura 45. Objectes de comunicació actuador aula 01

Com es pot observar en la figura anterior, en un sol actuador hi tenim les lluminàries de dues aules. Això ens permet poder reduir costos a l'hora de fer el muntatge de la instal·lació. Els aparells domòtic tenen aquesta particularitat, que com ja es defineixen les direccions de grup, podem tenir agrupades diferents enceses o escenes amb una sola direcció física, i tot pot ser modificat amb només una modificació de la programació.

En la configuració dels paràmetres del actuador no s'hi ha fet cap programació especial ja que el actuador romandrà connectat fins que algun dels sensor li doni l'ordre de fer el contrari.

10.6. Programació control il·luminació KNX dels passadissos

En aquest punt es vol representar la programació de un dels passadissos per poder observar les diferències que hi ha entre la programació de les aules representada en el punt anterior. Per a realitzar l'exemple es farà una simulació del passadís de darrera de consergeria, que comunica els passadissos dreta i esquerra, i passa per davant de una de les portes de la aula PII-09.

10.6.1. Sensors de moviment

Com ja s'ha comentat anteriorment les programacions son molt semblants entre les diferents estàncies de l'edifici. En la zona dels passadissos i els banys tenen una característica molt en concret, la de no tenir pulsadors d'engegada, ha que son zones transitades de pas les quals només es necessita il·luminació en els casos que hi ha circulació de persones i una deficiència de il·luminació natural.

Per això s'ha instal·lat sensors de moviment en determinades zones per a poder captar el pas de la gent i poder fer una lectura de la quantitat d'il·luminació que hi ha en cada determinat moment. D'aquesta manera el sensor donarà l'ordre de engegar o parar els llums a l'actuador pertinent.

Núm	Nombre	Función del Objeto	Descripción	Dirección de Grupo	Longitud	C	R	W	T	U
0	Objekto de conectación 1	Bloque 1	Llum passadís aula 09 - 1	1/1/52	1 bit	C	-	W	T	-
12	Objekto de conectación 1	Bloque 2	Llum passadís aula 09 - 2	1/1/53	1 bit	C	-	W	T	-
109	Objeto de realimentación	Pausa de seguridad			1 bit	C	-	W	-	-

Figura 46. Objectes de comunicació sensor passadís 09

En aquesta situació tenim només dos blocs on ens poden donar una sortida a cada un d'ells. Aquestes sortides estan diferenciades per la quantitat de lux que reben les zones esmentades del sensor. Cal recordar que aquests sensors poden donar 4 lectures diferents en 4 zones. Per això el que s'ha fet en aquests casos és el de fer dues zones amb diferents graus de lluminositat. Amb això es vol buscar el que quan la il·luminació del passadís sigui inferior a 150 Lux connecti els dos actuadors i es puguin encendre tots els llums del passadís, però en la situació que la il·luminació d'aquest sigui superior als 150 lux i inferior a 300 lux aportats per llum natural, el sensor només activarà una de les dues sortides del actuador. D'aquesta manera es connectaran la meitat dels llums i obtindrem només un recolzament de llum artificial

a la llum natural que ja tenim. En el cas que la llum natural sigui superior als 300 lux, el sensor no actuarà en cap de les seves sortides i es mantindrà tota la il·luminació apagada.

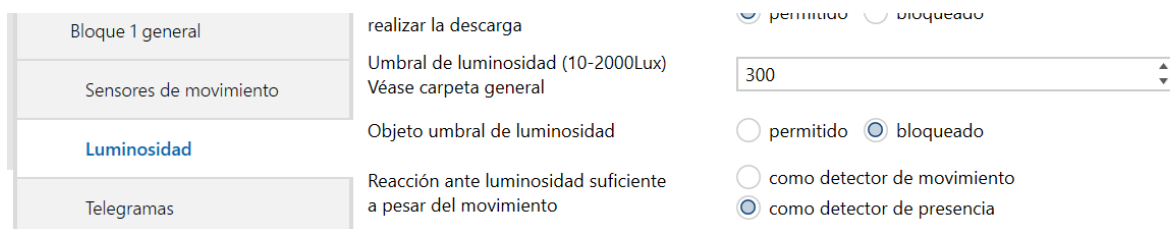


Figura 47. Paràmetres sensor lumínic passadís 09 - 1 Il·luminositat

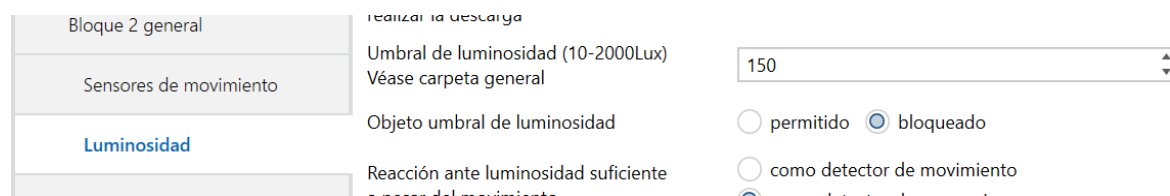


Figura 48. Paràmetres sensor lumínic passadís 09 - 2 Il·luminositat

En la situació dels passadissos, el sensor de moviment no funciona en mode esclau com en les aules, ja que aquest ha de entrar en funcionament de manera automàtica sense rebre l'ordre de cap polsador. Aquest ha de detectar la falta de lluminositat i la presència de persones sense haver rebut cap indicació anteriorment com passa en les aules.

La temporització dels llums en els lavabos i passadissos va programada en el sensor de moviment i no en els actuadors. La configuració en aquest cas és la mateixa que en les aules.

10.6.2. Actuadors

Núm	Nombre	Función del Objeto	Descripción	Dirección de Grupo	Longitud	C	R	W	T	U
0	Objeto de conexión	Canal 1	Llum vestíbul - 1	1/1/48, 1/0/0, 1/4/48	1 bit	C	-	W	-	-
4	Objeto de conexión	Canal 2	Llum vestíbul - 2	1/1/49, 1/0/0, 1/4/49	1 bit	C	-	W	-	-
8	Objeto de conexión	Canal 3	Llum vestíbul - 3	1/1/50, 1/0/0, 1/4/50	1 bit	C	-	W	-	-
12	Objeto de conexión	Canal 4	Llum vestíbul - 4	1/1/51, 1/0/0, 1/4/51	1 bit	C	-	W	-	-
16	Objeto de conexión	Canal 5	Llum passadís aula 09 - 1	1/1/52, 1/0/0, 1/4/52	1 bit	C	-	W	-	-
20	Objeto de conexión	Canal 6	Llum passadís aula 09 - 2	1/1/53, 1/0/0, 1/4/53	1 bit	C	-	W	-	-
24	Objeto de conexión	Canal 7	Llum passadís esquerra 1 - 1	1/1/54, 1/0/0, 1/4/54	1 bit	C	-	W	-	-
28	Objeto de conexión	Canal 8	Llum passadís esquerra 1 - 2	1/1/55, 1/0/0, 1/4/55	1 bit	C	-	W	-	-

Figura 49. Objectes de comunicació actuator passadís 09

En la anterior imatge es vol representar la comunicació amb les direccions de grup que hi ha entre el sensor de moviment del passadís i el seu respectiu actuator.

Com es pot observar, quan el sensor activa la direcció 1/1/52 i 1/1/53 es connecta el canal del actuator que hi ha connectades les línies del passadís. En aquest cas no ens cal un sistema de realimentació ja que el sensor té un sistema de temporització que quan detecta que hi ha moviment dintre dels límits anteriorment definits, aquest clava la sortida i comença una temporització estipulada. Un com aquesta temporització ha arribat al seu fi i no hi ha moviment de persones en el seu radi d'actuació, aquest treu la senyal de connexió i desconnecta l'actuator aturant els llums.

La realimentació està connectada amb el sensor de polsadors que hi ha en la zona de consergeria per poder connectar de manera manual les llums dels passadissos en determinades ocasions. Aquestes ocasions poden ser els dies que s'utilitzen els passadissos de l'escola per a diferents activitats com pot ser el Fòrum Industrial o exposicions d'objectes de algunes maquetes fabricades per alumnes de la universitat.

10.6.3. Polsador

En la zona de consergeria s'ha instal·lat un polsador per a poder connectar els passadissos de una manera fixe. Això es necessita, com s'ha dit anteriorment en determinats casos. En aquest punt només es vol representar la configuració del polsador i la comunicació d'aquest amb els de més actuadors.

Núm	Nombre	Función del Objeto	Descripción	Dirección de Grupo	Longitud	C	R	W	T	U
0	Objekto de conexión A	Tecla 1	Enclavament Llum vestíbul	1/4/48, 1/4/49, 1/4/50, 1/4/51	1 bit	C	-	W	T	-
3	Objekto de conexión A	Tecla 2	Enclavament Llum passadís...	1/4/54, 1/4/55, 1/4/56, 1/4/57	1 bit	C	-	W	T	-
6	Objekto de conexión A	Tecla 3	Enclavament Llum passadís...	1/4/58, 1/4/59, 1/4/60, 1/4/61	1 bit	C	-	W	T	-
9	Objekto de conexión A	Tecla 4	Enclavament Llum passadís...	1/4/52, 1/4/53	1 bit	C	-	W	T	-
12	Objekto de conexión A	Tecla 5	Enclavament Llum passadís...	1/4/64, 1/4/65	1 bit	C	-	W	T	-
15	Objekto de conexión A	Tecla 6	Enclavament Llum passadís...	1/4/62, 1/4/63	1 bit	C	-	W	T	-
18	Objekto de conexión A	Tecla 7			1 bit	C	-	W	T	-
21	Objekto de conexión A	Tecla 8	Apagada general	1/0/0	1 bit	C	-	W	T	-
24	Objekto de conexión A	Tecla adicional			1 bit	C	-	W	T	-

Figura 50. Objectes de comunicació polsador consergeria

Per a fer aquest sistema de poder fixar tots els llums, s'ha fet servir una direcció de grup diferent a les demés, i s'ha optat per fer amb el grup intermedi 1/4, per a no influir amb les direccions de grup per a les enceses normals amb els detectors de moviment.

10.7. Apagat general

Per tal de poder fer l'apagada general de totes les lluminàries de l'edifici des d'un dels pulsadors ubicats a consergeria, s'ha creat una comanda de OFF general i s'ha annexat a tots els actuadors que governen les lluminàries i els pulsadors per apagar els propis LEDs que tenen integrats aquests per a indicar que estan en funcionament, exceptuant a les lluminàries de les façanes que van controlades amb el commutador horari anual. D'aquesta manera al prémer el pulsador de consergeria s'apagaran totes les lluminàries de l'escola.

En la figura anterior es pot observar la tecla 8 que té definida una direcció de grup que s'ha anat repetint en tots els aparells de la instal·lació. Aquesta direcció s'ha definit com a 1/0/0. Això està programat com a apagat general.

A continuació es vol representar la configuració del pulsador de consergeria per a poder fer aquesta acció.

1.2.1 Apagat general i connexió passadissos > Tecla 8		
Tecla 5	Elección de la función	Conectar
Tecla 6	Número de objeto	<input checked="" type="radio"/> uno <input type="radio"/> dos
Tecla 7	Control de LED de estado	Del objeto de conecctacion/ Valor A
Tecla 8	Objeto A	1 Bit
	Valor	<input type="radio"/> Telegrama de encendido <input checked="" type="radio"/> Telegrama de apagado

Figura 51. Paràmetres pulsador consergeria apagat general

Com es pot observar tenim una funció d'aquest pulsador que només fa la funció de enviar una senyal de connectar, però aquesta senyal es de un telegrama amb un valor de apagat.

Cal recordar en aquesta acció que els acobladors no tenen un filtratge activat i per tant una direcció de grup com la del apagat genera pot anar a totes les direccions i a totes les línies. Aquests deixen el pas de les comunicacions en les dues direccions possibles.

11. SIMULACIÓ D'UNA AULA AMB KNX

Es vol fer una simulació del funcionament del KNX en una aula com a exemple per a poder entendre com funcionen entre ells. Per a realitzar la simulació, s'ha temporitzat el sensor amb només 5 segons de funcionament per a no allargar-la massa.

La primera imatge és de l'engegat i parat de la il·luminació de tota l'aula amb el polsador de entrada. S'observa que primer entra en funcionament el polsador de la entrada i tot seguit entra en funcionament el detector de moviment. Quan arriba a la temporització el detector, aquest apaga els llums. Tot seguit torna a detectar moviment i els torna a encendre, i passats 5 segons aquests es tornen a parar per la falta de moviment de persones en les zones.

Tiempo	Servicio técnico	Indicadores	Prio	Dirección de	Nombre de origen	Dirección de	Nombre de destino	Enru	Tipo	DPT	Info
08/06/2022 12:43:08,...	del bus		Bajo	6.1.3	Pulsador 4 elementos plus con re...	1/1/1	Llum 1	6	GroupValueW...	1.001 switch \$01	Encender
08/06/2022 12:43:09,...	del bus		Bajo	6.1.3	Pulsador 4 elementos plus con re...	1/1/3	Llum 3	6	GroupValueW...	1.001 switch \$01	Encender
08/06/2022 12:43:10,...	del bus		Bajo	6.1.3	Pulsador 4 elementos plus con re...	1/1/2	Llum 2	6	GroupValueW...	1.001 switch \$01	Encender
08/06/2022 12:43:10,7...	del bus		Bajo	6.1.3	Pulsador 4 elementos plus con re...	1/1/4	Llum 4	6	GroupValueW...	1.001 switch \$01	Encender
08/06/2022 12:43:36,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/1	Llum 1	6	GroupValueW...	1.001 switch \$01	Encender
08/06/2022 12:43:36,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/2	Llum 2	6	GroupValueW...	1.001 switch \$01	Encender
08/06/2022 12:43:36,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/3	Llum 3	6	GroupValueW...	1.001 switch \$01	Encender
08/06/2022 12:43:37,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/4	Llum 4	6	GroupValueW...	1.001 switch \$01	Encender
08/06/2022 12:43:48,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/2	Llum 2	6	GroupValueW...	1.001 switch \$00	Apagar
08/06/2022 12:43:48,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/3	Llum 3	6	GroupValueW...	1.001 switch \$00	Apagar
08/06/2022 12:43:48,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/4	Llum 4	6	GroupValueW...	1.001 switch \$00	Apagar
08/06/2022 12:43:48,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/1	Llum 1	6	GroupValueW...	1.001 switch \$00	Apagar
08/06/2022 12:43:53,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/1	Llum 1	6	GroupValueW...	1.001 switch \$01	Encender
08/06/2022 12:43:53,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/2	Llum 2	6	GroupValueW...	1.001 switch \$01	Encender
08/06/2022 12:43:53,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/3	Llum 3	6	GroupValueW...	1.001 switch \$01	Encender
08/06/2022 12:43:53,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/4	Llum 4	6	GroupValueW...	1.001 switch \$01	Encender
08/06/2022 12:43:58,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/2	Llum 2	6	GroupValueW...	1.001 switch \$00	Apagar
08/06/2022 12:43:58,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/3	Llum 3	6	GroupValueW...	1.001 switch \$00	Apagar
08/06/2022 12:43:58,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/4	Llum 4	6	GroupValueW...	1.001 switch \$00	Apagar
08/06/2022 12:43:58,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/1	Llum 1	6	GroupValueW...	1.001 switch \$00	Apagar

Figura 52. Simulació funcionament aula

Un cop entès el funcionament de la figura anterior, es passa a representar com el polsador de apagat apaga tots els llums, en aquest cas només de una sola sala. De la manera que s'ha anat veient en el projecte amb la programació dels aparells, amb aquesta funció faria un apagat general de tot l'edifici.

Tiempo	Servicio técnico	Indicadores	Prio	Dirección de	Nombre de origen	Dirección de	Nombre de destino	Enru	Tipo	DPT	Info
08/06/2022 12:45:41,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/1	Llum 1	6	GroupValueW...	1.001 switch \$01	Encender
08/06/2022 12:45:41,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/2	Llum 2	6	GroupValueW...	1.001 switch \$01	Encender
08/06/2022 12:45:41,...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/3	Llum 3	6	GroupValueW...	1.001 switch \$01	Encender
08/06/2022 12:45:41,1...	del bus		Bajo	6.1.4	KNX ARGUS presencia con regul...	1/1/4	Llum 4	6	GroupValueW...	1.001 switch \$01	Encender
08/06/2022 12:45:48,...	del bus		Bajo	6.1.3	Pulsador 4 elementos plus con re...	1/0/0	Apagat general	6	GroupValueW...	1.001 switch \$00	Apagar

Figura 53. Simulació apagat general

12. RESUM DEL PRESSUPOST

El cost del projecte elèctric l'edifici PII de la Escola Politècnica Superior de la Universitat de Girona, sense incloure l'I.V.A., és de quaranta-tres mil huit-cents noranta-dos amb setanta-quatre cèntims. Aquí estan inclosos tot el material necessari per a la instal·lació de la domòtica, la seva programació, la substitució de les bombetes tradicionals per a tecnologia LED i la adaptació dels llums dels laboratoris descrits a la present memòria.

13. CONCLUSIONS

Per dur a terme el projecte elèctric de l'edifici PII de l'Escola Politècnica Superior s'ha hagut de dissenyar una instal·lació pensant en poder aprofitar tota la instal·lació existent i així poder reduir els costos de la execució del projecte. S'ha intentat adaptar canviant totes les lluminàries actuals a bombetes amb tecnologia LED.

Només en aquells casos en què s'ha considerat que era necessària la modificació de la actual instal·lació, s'ha fet un disseny nou per a poder millorar la qualitat de la il·luminació. Aquest és el cas d'alguns laboratoris de l'edifici que estaven il·luminats amb projectors i s'ha optat per el canvi d'aquests per tal de millorar la eficiència lumínica i reduir el consum d'aquests.

En els laboratoris inicialment teníem una il·luminació mitja de 785 lux amb alguna de les zones que arribaven als 1100 lux i la zona central quedava una il·luminació de tant sols 377 lux. Això ens donava un grau de homogeneïtat per sota de 0,5. Juntament amb aquests valors podíem afegir que teníem un índex d'enlluernament de 33 l per tant és massa elevat. Amb aquests valors no es complia la normativa que regeix la il·luminació dels centres educatius i per tant s'ha millorat la il·luminació i la seva distribució. Amb la nova proposta s'ha aconseguit una homogeneïtat de 0,69 i una il·luminació mitja de 725 lux, superior a la mínima exigida que es de 500. L'índex d'enlluernament s'ha aconseguit ajustar fins a 19, que es l'exigit per a locals com poden ser els laboratoris de l'escola.

Pel que fa l'eficiència energètica, hem trobat que els valors de l'escola en general es podien millorar i en algunes zones de pas com poden ser els passadissos, teníem uns valors superiors a 10, i els hem aconseguit rebaixar per sota de 3 en els pitjors dels casos, només canviant les bombetes. En la zona del vestíbul, al voler aprofitar tota la lluminària que hi ha actualment, tenim uns valors en eficiència energètica de 5 però es pot separa amb diferents enceses i d'aquesta manera aquest valor disminueix. El nostre càlcul ha sigut sempre contemplat tota la il·luminació instal·lada en funcionament. Totes les demés estàncies s'han aconseguit valors inferiors a 3 que és el demanat per a locals com son les aules i els laboratoris.

Només amb el canvi de bombetes de les lluminàries s'ha aconseguit rebaixar d'una potència instal·lada superior a 43kW a una potència instal·lada de 17,8kW. Aquesta reducció ha sigut molt considerable i a tot això s'hi ha de afegir el control domòtic.

El control domòtic ens ajuda a poder regular la quantitat de llum que volem tenir a les aules, apagant les zones en les quals no hi tenim activitat ni persones, optimitzant els recursos de l'escola. Aquest control regularà el nombre de lluminàries que funcionen en dies amb molta llum natural i la necessitat de augmentar aquestes quan la llum natural desapareix. Il·luminarà les zones de pas, on no hi tenim gent permanentment només en determinats moments, com son els passadissos i lavabos, que estaran en funcionament quan detectin algú i una il·luminació natural inferior a la necessària.

També s'ha instal·lat un polsador de parada general en qual pot assegurar que un com l'edifici està completament buit, es pugui assegurar l'apagat de totes les llums internes. D'aquesta manera es pot garantir que tota la il·luminació romandrà apagada durant tota la nit. Això no deixa que s'hagi de fer una comprovació de que no queda ningú en el edifici.

Per últim es pot dir que a l'hora de dissenyar el projecte s'ha tingut en compte que tot el material escollit sigui el més respectuós amb el medi ambient, escollint materials de qualitat i primeres marques amb uns preus molt competitius, obtenint així uns rendiments molt elevats per part d'aquesta instal·lació.

Per tant, es pot concloure que es compleixen les expectatives del projecte, tècnicament i econòmicament.

David Uroz Matés
Graduat en Enginyeria Elèctrica

Girona, 10 de juny de 2022

14. RELACIÓ DE DOCUMENTS

La documentació que complementa el present projecte consta de cinc documents que són la memòria, els plànols, el plec de condicions, l'estat d'amidaments i el pressupost.

15. BIBLIOGRAFIA

CTE. Codi tècnic de la edificació.

(<https://www.codigotecnico.org/DocumentosCTE/DocumentosCTE.html>, 23 de febrer de 2022)

Guia Tècnica de la Eficiència Energètica en Il·luminació.

(<https://www.idae.es/tecnologias/eficiencia-energetica/edificacion/iluminacion-eficiente-en-edificios>, 15 de maig del 2022)

KNX. Control per a vivendes i edificis.

(<https://www.knx.org/knx-es/knx/associacion/introduccion/index.php>, 21 de maig del 2022)

KNX. Que és ETS professional?

(<https://www.knx.org/knx-es/para-profesionales/software/ets-professional/>, 5 de maig de 2022)

Reglament Electrotècnic de Baixa Tensió (REBT)

(https://www.boe.es/biblioteca_juridica/codigos/codigo.php?modo=2&id=326_Reglamento_el_electrotecnico_para_baja_tension_e_ITC, 16 de març de 2022)

SCHNEIDER. Material elèctric.

(<https://www.schneider-electric.es/es/about-us/company-profile.jsp>, 3 d'abril del 2022)

A. CÀLCULS

Per efectuar tots els càlculs en el projecte, les equacions que hem fet servir es contemplaran seguidament.

Intensitat de línia monofàsica I(A):

$$I = \frac{P}{V \cdot \cos\varphi} \quad (\text{Eq.4})$$

On:

I : Intensitat que circula pels conductors actius, en ampers (A)

P: Potència de càlcul amb els factors corresponents necessaris, en watts (W).

V: Tensió de línia per trifàsic o monofàsic, en volts (V).

$\cos\varphi$: Factor de potència, adimensional

Caiguda de tensió monofàsica e(%):

$$e(\%) = \frac{2 \cdot P \cdot L \cdot 100}{K \cdot S \cdot V} \quad (\text{Eq.5})$$

On:

e(%): Caiguda de tensió a la línia, expressat en tant per cent.

L: Longitud del receptor més llunya de la línia, en metres(m).

K: Conductivitat elèctrica, en $m/\Omega mm^2$. Pel coure val $56 m/\Omega mm^2$ i per l'alumini $38 m/\Omega mm^2$.

S: Secció normalitzada, en mm^2 .

Els valors d'intensitat utilitzats per el càlcul són els valors comercials dels magnetotèrmics que estan per sobre de la intensitat calculada amb la (Eq.3).

A continuació es pot observar en forma de taula les caigudes de tensió que podem trobar a cada tram en la instal·lació actual, així com la seva secció.

Línia	Nom línia	Potència (W)	Distància (m)	cos ϕ	Secció (mm ²)	Tensió (V)	Intensitat (A)	c.d.t (%)
L1.1	Maniobra llums	300	10	0,95	1,50	230	1,37	0,31
L1.2	Entrada	500	50	0,96	1,50	230	2,26	2,59
L1.3	Fanals	600	12	0,96	1,50	230	2,72	0,75
L1.4	Balises	500	13	0,96	1,50	230	2,26	0,67
L2.1	Emergència passadís	300	30	1,00	1,50	230	1,30	0,93
L2.2	Passadís esquerra 1	750	20	1,00	1,50	230	3,26	1,55
L2.3	Passadís aules 09.1	750	10	1,00	1,50	230	3,26	0,78
L2.4	Passadís dreta 1	750	20	1,00	1,50	230	3,26	1,55
L3.1	Passadís esquerra 2	750	20	1,00	1,50	230	3,26	1,55
L3.2	Passadís esquerra 3	750	30	1,00	1,50	230	3,26	2,33
L3.3	Passadís aules 09.2	750	10	1,00	1,50	230	3,26	0,78
L3.4	Passadís dreta 2	750	20	1,00	1,50	230	3,26	1,55
L4.1	Passadís esquerra 4	750	30	1,00	1,50	230	3,26	2,33
L4.2	Entrada vestíbul	232	20	1,00	1,50	230	1,01	0,48
L4.3	Passadís aules 05-06.1	750	30	1,00	1,50	230	3,26	2,33
L4.4	Passadís dreta 3	750	30	1,00	1,50	230	3,26	2,33
L5.1	Emergència vestíbul	300	20	0,86	1,50	230	1,52	0,62
L5.2	Vestíbul 1	696	20	0,86	1,50	230	3,52	1,44

Taula 6. Caigudes de tensió armari consergeria

Línia	Nom línia	Potència (W)	Distància (m)	cos ϕ	Secció (mm ²)	Tensió (V)	Intensitat (A)	c.d.t (%)
L5.3	Passadís aules 05-06.2	750	30	1,00	1,50	230	3,26	2,33
L5.4	Passadís dreta 4	750	30	1,00	1,50	230	3,26	2,33
L6.1	Vestíbul 2	696	20	0,86	1,50	230	3,52	1,44
L6.2	Consergeria	174	5	0,86	1,50	230	0,88	0,09
L7.1	Vestíbul 3	812	15	0,86	1,50	230	4,11	1,26
L7.2	Vestíbul 4	754	0	0,86	1,50	230	3,81	0,00
L8.1	Emergències escales	300	30	0,86	1,50	230	1,52	0,93
L8.2	Escala 1	900	30	1,00	1,50	230	3,91	2,80
L8.3	Escala 2	900	30	1,00	1,50	230	3,91	2,80
L9.1	Hall aules 01-04	348	30	0,86	1,50	230	1,76	1,08
L9.2	Hall aules 02-03	450	20	1,00	1,50	230	1,96	0,93
L10.1	Focus sobreportes	600	30	0,96	1,50	230	2,72	1,86
L10.2	Escalinata	600	30	0,96	1,50	230	2,72	1,86
L11.1	Emergència aula 05	300	35	0,86	1,50	230	1,52	1,09
L11.2	Globus aula 05	600	40	0,96	1,50	230	2,72	2,48
L12.2	Fluorescent aula 05.1	406	40	0,86	1,50	230	2,05	1,68
L13.1	Fluorescent aula 05.2	870	40	0,86	2,50	230	4,40	2,16
L13.2	Fluorescent aula 05.3	696	40	0,86	1,50	230	3,52	2,88
L14.1	Emergència recepció	300	5	0,86	1,50	230	1,52	0,16
L15.1	Pissarra aula 09	174	5	0,86	1,50	230	0,88	0,09

Taula 7. Caigudes de tensió armari consergeria

Línia	Nom línia	Potència (W)	Distància (m)	cos ϕ	Secció (mm ²)	Tensió (V)	Intensitat (A)	c.d.t (%)
L15.2	Llum aula 09.1	464	10	0,86	1,50	230	2,35	0,48
L15.3	Llum aula 09.2	464	10	0,86	1,50	230	2,35	0,48
L16.1	Emergència aula 09	300	5	0,86	1,50	230	1,52	0,16
L16.2	Fluorescent aula 09.3	348	10	0,86	1,50	230	1,76	0,36
L16.3	Fluorescent aula 09.4	348	10	0,86	1,50	230	1,76	0,36
L17.1	Emergència 06	300	35	0,86	1,50	230	1,52	1,09
L17.2	Globus aula 06	600	40	0,96	1,50	230	2,72	2,48
L18.2	Fluorescent aula 06.1	406	40	0,86	1,50	230	2,05	1,68
L19.1	Fluorescent aula 06.2	870	40	0,86	2,50	230	4,40	2,16
L19.2	Fluorescent aula 06.3	696	40	0,86	1,50	230	3,52	2,88
L20.1	Globus aula 08	300	20	0,96	1,50	230	1,36	0,62
L20.2	Globus aula 07	300	20	0,96	1,50	230	1,36	0,62
L21.1	Fluorescent aula 08.1	464	20	0,86	1,50	230	2,35	0,96
L21.2	Fluorescent aula 07.1	464	20	0,86	1,50	230	2,35	0,96
L22.1	Fluorescent aula 08.2	580	20	0,86	1,50	230	2,93	1,20
L22.2	Fluorescent aula 07.2	580	20	0,86	1,50	230	2,93	1,20
L22.3	Emergència aules 07-08	600	20	0,86	1,50	230	3,03	1,24
L23.1	Fluorescent aula 08.3	696	20	0,86	1,50	230	3,52	1,44
L23.2	Fluorescent aula 07.3	696	20	0,86	1,50	230	3,52	1,44
L23.3	Pissarra aules 07-08	348	20	0,86	1,50	230	1,76	0,72

Taula 8. Caigudes de tensió armari consergeria

Línia	Nom línia	Potència (W)	Distància (m)	cos ϕ	Secció (mm ²)	Tensió (V)	Intensitat (A)	c.d.t (%)
L24.1	Fluorescent aula 01A	1.044	25	0,86	1,50	230	5,28	2,70
L24.2	Fluorescent aula 01B	1.044	25	0,86	1,50	230	5,28	2,70
L24.3	Emergència aula 01	300	25	0,86	1,50	230	1,52	0,78
L25.1	Fluorescent aula 02A	1.044	20	0,86	1,50	230	5,28	2,16
L25.2	Fluorescent aula 02B	1.044	20	0,86	1,50	230	5,28	2,16
L25.3	Emergència aules 02	300	20	0,86	1,50	230	1,52	0,62
L26.2	Fluorescent WC dones 1	348	20	0,86	1,50	230	1,76	0,72
L26.3	Emergència aula 03	300	20	0,86	1,50	230	1,52	0,62
L27.1	Fluorescent aules 03B	1.044	20	0,86	1,50	230	5,28	2,16
L27.2	Fluorescent aula 04B	1.044	25	0,86	1,50	230	5,28	2,70
L27.3	Emergència aula 04	300	25	0,86	1,50	230	1,52	0,78
L28.1	Fluorescent aula 03A	1.044	20	0,86	1,50	230	5,28	2,16
L28.2	Fluorescent aula 04A	1.044	25	0,86	1,50	230	5,28	2,70
L28.3	Fluorescent WC homes 1	348	10	0,86	1,50	230	1,76	0,36
L29.1	Fluorescent WC homes 2	348	10	0,86	1,50	230	1,76	0,36
L29.2	Fluorescent WC dones 2	348	20	0,86	1,50	230	1,76	0,72

Taula 9. Caigudes de tensió armari darrera ascensor

Línia	Nom línia	Potència (W)	Distància (m)	cos ϕ	Secció (mm ²)	Tensió (V)	Intensitat (A)	c.d.t (%)
L30.1	Llum Lab. MFC	464	20	0,86	1,50	230	2,35	0,96
L30.2	Llum Lab. RA	600	15	0,86	1,50	230	3,03	0,93
L30.3	Llum Lab. Pneu.	600	10	0,86	1,50	230	3,03	0,62
L30.4	Llum Lab. Lubri.	416	15	0,86	1,50	230	2,10	0,65
L30.5	Llum Lab. M.F,	600	10	0,86	1,50	230	3,03	0,62
L31.1	Llum Lab. Vis.Comp. 1	150	5	0,86	1,50	230	0,76	0,08
L31.2	Llum Lab. Vis.Comp. 2	150	5	0,86	1,50	230	0,76	0,08
L31.3	Llum Lab. Vis.Comp. 3	150	5	0,86	1,50	230	0,76	0,08
L32.1	Llum Lab. T.M. 1	1.044	10	0,86	1,50	230	5,28	1,08
L32.2	Llum Lab. T.M. 2	1.044	20	0,86	1,50	230	5,28	2,16
L32.3	Llum Lab. C.N.	696	10	0,86	1,50	230	3,52	0,72
L32.4	Llum Lab. D. Maq.	1.044	20	0,86	1,50	230	5,28	2,16
L33.1	Llum Lab. A. Ind.	1.044	20	0,86	1,50	230	5,28	2,16
L33.2	Llum Lab. P.L.C.	696	15	0,86	1,50	230	3,52	1,08
L33.3	Llum Lab. C.T.M.	1.200	10	0,86	1,50	230	6,07	1,24
L34.1	Llum Lab. M.E.	1.200	10	0,86	1,50	230	6,07	1,24
L34.2	Llum Lab. Rob.	1.200	5	0,86	1,50	230	6,07	0,62

Taula 10. Caigudes de tensió armari armaris laboratoris

Línia	Nom línia	Potència (W)	Distància (m)	cos ϕ	Secció (mm ²)	Tensió (V)	Intensitat (A)	c.d.t (%)
L35.1	Llum passadís S-1.1	360	20	1,00	1,50	230	1,57	0,75
L35.2	Llum passadís S-1.2	360	15	1,00	1,50	230	1,57	0,56
L35.3	Llum passadís S-1.3	360	10	1,00	1,50	230	1,57	0,37
L35.4	Llum passadís S-1.4	360	15	1,00	1,50	230	1,57	0,56
L36.1	Llum lavabos P1	348	5	0,86	1,50	230	1,76	0,18
L36.2	Llum passadís P1.1	1.050	20	1,00	1,50	230	4,57	2,17
L36.3	Llum passadís P1.2	1.050	20	1,00	1,50	230	4,57	2,17
L37.1	Llum passadís P2.1	1.050	20	1,00	1,50	230	4,57	2,17
L37.2	Llum passadís P2.2	1.050	20	1,00	1,50	230	4,57	2,17

Taula 11. Caigudes de tensió armaris altres plantes

Com es pot observar a les taules anteriors, tenim zones on s'ha ampliat la secció dels conductors per a la gran distància que hi ha entre els quadres de protecció i comandament. Això es degut a la quantitat de llums que hi ha connectats a les línies i els elevats consums que hi ha en aquestes.

A continuació es vol fer una simple comparativa entre les condicions anteriors, amb els llums actuals que hi ha instal·lats en l'edifici i els proposats en el nou projecte de remodelació.

S'ha de remarcar que no es contempla la substitució dels conductors i les proteccions instal·lades actualment en aquests edificis, però sí que es pot comparar entre les dues situacions per poder replantejar-se si fos necessari la reducció d'alguna d'aquestes en cas de necessitat de substitució.

Línia	Nom línia	Potència (W)	Distància (m)	cos ϕ	Secció (mm ²)	Tensió (V)	Intensitat (A)	c.d.t (%)
L1.1	Maniobra llums	300	10	1,00	1,50	230	1,30	0,31
L1.2	Entrada	500	50	1,00	1,50	230	2,17	2,59
L1.3	Fanals	600	12	1,00	1,50	230	2,61	0,75
L1.4	Balises	500	13	1,00	1,50	230	2,17	0,67
L2.1	Emergència passadís	300	30	1,00	1,50	230	1,30	0,93
L2.2	Passadís esquerra 1	75	20	1,00	1,50	230	0,33	0,16
L2.3	Passadís aules 09.1	75	10	1,00	1,50	230	0,33	0,08
L2.4	Passadís dreta 1	75	20	1,00	1,50	230	0,33	0,16
L3.1	Passadís esquerra 2	75	20	1,00	1,50	230	0,33	0,16
L3.2	Passadís esquerra 3	75	30	1,00	1,50	230	0,33	0,23
L3.3	Passadís aules 09.2	75	10	1,00	1,50	230	0,33	0,08
L3.4	Passadís dreta 2	75	20	1,00	1,50	230	0,33	0,16
L4.1	Passadís esquerra 4	75	30	1,00	1,50	230	0,33	0,23
L4.2	Entrada vestíbul	96	20	1,00	1,50	230	0,42	0,20
L4.3	Passadís aules 05-06.1	75	30	1,00	1,50	230	0,33	0,23
L4.4	Passadís dreta 3	75	30	1,00	1,50	230	0,33	0,23
L5.1	Emergència vestíbul	30	20	1,00	1,50	230	0,13	0,06
L5.2	Vestíbul 1	288	20	1,00	1,50	230	1,25	0,60

Taula 12. Caigudes de tensió armari consergeria

Línia	Nom línia	Potència (W)	Distància (m)	cos ϕ	Secció (mm ²)	Tensió (V)	Intensitat (A)	c.d.t (%)
L5.3	Passadís aules 05-06.2	75	30	1,00	1,50	230	0,33	0,23
L5.4	Passadís dreta 4	75	30	1,00	1,50	230	0,33	0,23
L6.1	Vestíbul 2	288	20	1,00	1,50	230	1,25	0,60
L6.2	Consergeria	174	5	1,00	1,50	230	0,76	0,09
L7.1	Vestíbul 3	336	15	1,00	1,50	230	1,46	0,52
L7.2	Vestíbul 4	312	0	1,00	1,50	230	1,36	0,00
L8.1	Emergències escales	300	30	1,00	1,50	230	1,30	0,93
L8.2	Escala 1	90	30	1,00	1,50	230	0,39	0,28
L8.3	Escala 2	90	30	1,00	1,50	230	0,39	0,28
L9.1	Hall aules 01-04	144	30	1,00	1,50	230	0,63	0,45
L9.2	Hall aules 02-03	45	20	1,00	1,50	230	0,20	0,09
L10.1	Focus sobreportes	600	30	1,00	1,50	230	2,61	1,86
L10.2	Escalinata	600	30	1,00	1,50	230	2,61	1,86
L11.1	Emergència aula 05	300	35	1,00	1,50	230	1,30	1,09
L11.2	Globus aula 05	110	40	1,00	1,50	230	0,48	0,46
L12.2	Fluorescent aula 05.1	168	40	1,00	1,50	230	0,73	0,70
L13.1	Fluorescent aula 05.2	360	40	1,00	2,50	230	1,57	0,89
L13.2	Fluorescent aula 05.3	288	40	1,00	1,50	230	1,25	1,19
L14.1	Emergència recepció	300	5	1,00	1,50	230	1,30	0,16
L15.1	Pissarra aula 09	72	5	1,00	1,50	230	0,31	0,04

Taula 13. Caigudes de tensió armari consergeria

Línia	Nom línia	Potència (W)	Distància (m)	cos ϕ	Secció (mm ²)	Tensió (V)	Intensitat (A)	c.d.t (%)
L15.2	Llum aula 09.1	192	10	1,00	1,50	230	0,83	0,20
L15.3	Llum aula 09.2	192	10	1,00	1,50	230	0,83	0,20
L16.1	Emergència aula 09	300	5	1,00	1,50	230	1,30	0,16
L16.2	Fluorescent aula 09.3	144	10	1,00	1,50	230	0,63	0,15
L16.3	Fluorescent aula 09.4	144	10	1,00	1,50	230	0,63	0,15
L17.1	Emergència 06	300	35	1,00	1,50	230	1,30	1,09
L17.2	Globus aula 06	110	40	1,00	1,50	230	0,48	0,46
L18.2	Fluorescent aula 06.1	168	40	1,00	1,50	230	0,73	0,70
L19.1	Fluorescent aula 06.2	360	40	1,00	2,50	230	1,57	0,89
L19.2	Fluorescent aula 06.3	288	40	1,00	1,50	230	1,25	1,19
L20.1	Globus aula 08	55	20	1,00	1,50	230	0,24	0,11
L20.2	Globus aula 07	55	20	1,00	1,50	230	0,24	0,11
L21.1	Fluorescent aula 08.1	192	20	1,00	1,50	230	0,83	0,40
L21.2	Fluorescent aula 07.1	192	20	1,00	1,50	230	0,83	0,40
L22.1	Fluorescent aula 08.2	240	20	1,00	1,50	230	1,04	0,50
L22.2	Fluorescent aula 07.2	240	20	1,00	1,50	230	1,04	0,50
L22.3	Emergència aules 07-08	110	20	1,00	1,50	230	0,48	0,23
L23.1	Fluorescent aula 08.3	288	20	1,00	1,50	230	1,25	0,60
L23.2	Fluorescent aula 07.3	288	20	1,00	1,50	230	1,25	0,60
L23.3	Pissarra aules 07-08	144	20	1,00	1,50	230	0,63	0,30

Taula 14. Caigudes de tensió armari consergeria

Línia	Nom línia	Potència (W)	Distància (m)	cos ϕ	Secció (mm ²)	Tensió (V)	Intensitat (A)	c.d.t (%)
L24.1	Fluorescent aula 01A	432	25	1,00	1,50	230	1,88	1,12
L24.2	Fluorescent aula 01B	432	25	1,00	1,50	230	1,88	1,12
L24.3	Emergència aula 01	300	25	1,00	1,50	230	1,30	0,78
L25.1	Fluorescent aula 02A	432	20	1,00	1,50	230	1,88	0,89
L25.2	Fluorescent aula 02B	432	20	1,00	1,50	230	1,88	0,89
L25.3	Emergència aules 02	300	20	1,00	1,50	230	1,30	0,62
L26.2	Fluorescent WC dones 1	144	20	1,00	1,50	230	0,63	0,30
L26.3	Emergència aula 03	300	20	1,00	1,50	230	1,30	0,62
L27.1	Fluorescent aules 03B	432	20	1,00	1,50	230	1,88	0,89
L27.2	Fluorescent aula 04B	432	25	1,00	1,50	230	1,88	1,12
L27.3	Emergència aula 04	300	25	1,00	1,50	230	1,30	0,78
L28.1	Fluorescent aula 03A	432	20	1,00	1,50	230	1,88	0,89
L28.2	Fluorescent aula 04A	432	25	1,00	1,50	230	1,88	1,12
L28.3	Fluorescent WC homes 1	144	10	1,00	1,50	230	0,63	0,15
L29.1	Fluorescent WC homes 2	144	10	1,00	1,50	230	0,63	0,15
L29.2	Fluorescent WC dones 2	144	20	1,00	1,50	230	0,63	0,30

Taula 15. Caigudes de tensió armari darrera ascensor

Línia	Nom línia	Potència (W)	Distància (m)	cos ϕ	Secció (mm ²)	Tensió (V)	Intensitat (A)	c.d.t (%)
L30.1	Llum Lab. MFC	192	20	1,00	1,50	230	0,83	0,40
L30.2	Llum Lab. RA	432	15	1,00	1,50	230	1,88	0,67
L30.3	Llum Lab. Pneu.	432	10	1,00	1,50	230	1,88	0,45
L30.4	Llum Lab. Lubri.	336	15	1,00	1,50	230	1,46	0,52
L30.5	Llum Lab. M.F,	576	10	1,00	1,50	230	2,50	0,60
L31.1	Llum Lab. Vis.Comp. 1	240	5	1,00	1,50	230	1,04	0,12
L31.2	Llum Lab. Vis.Comp. 2	120	5	1,00	1,50	230	0,52	0,06
L31.3	Llum Lab. Vis.Comp. 3	120	5	1,00	1,50	230	0,52	0,06
L32.1	Llum Lab. T.M. 1	432	10	1,00	1,50	230	1,88	0,45
L32.2	Llum Lab. T.M. 2	432	20	1,00	1,50	230	1,88	0,89
L32.3	Llum Lab. C.N.	288	10	1,00	1,50	230	1,25	0,30
L32.4	Llum Lab. D. Maq.	432	20	1,00	1,50	230	1,88	0,89
L33.1	Llum Lab. A. Ind.	576	20	1,00	1,50	230	2,50	1,19
L33.2	Llum Lab. P.L.C.	288	15	1,00	1,50	230	1,25	0,45
L33.3	Llum Lab. C.T.M.	576	10	1,00	1,50	230	2,50	0,60
L34.1	Llum Lab. M.E.	576	10	1,00	1,50	230	2,50	0,60
L34.2	Llum Lab. Rob.	576	5	1,00	1,50	230	2,50	0,30

Taula 16. Caigudes de tensió armari armaris laboratoris

Línia	Nom línia	Potència (W)	Distància (m)	cos ϕ	Secció (mm ²)	Tensió (V)	Intensitat (A)	c.d.t (%)
L35.1	Llum passadís S-1.1	66	20	1,00	1,50	230	0,29	0,14
L35.2	Llum passadís S-1.2	66	15	1,00	1,50	230	0,29	0,10
L35.3	Llum passadís S-1.3	66	10	1,00	1,50	230	0,29	0,07
L35.4	Llum passadís S-1.4	66	15	1,00	1,50	230	0,29	0,10
L36.1	Llum lavabos P1	144	5	1,00	1,50	230	0,63	0,07
L36.2	Llum passadís P1.1	105	20	1,00	1,50	230	0,46	0,22
L36.3	Llum passadís P1.2	105	20	1,00	1,50	230	0,46	0,22
L37.1	Llum passadís P2.1	105	20	1,00	1,50	230	0,46	0,22
L37.2	Llum passadís P2.2	105	20	1,00	1,50	230	0,46	0,22

Taula 17. Caigudes de tensió armaris altres plantes

Es pot observar amb les taules anteriors que les caigudes de tensió en les línies que hi ha en l'edifici, passen a ser molt insignificants en comparació a les anteriors calculades. Això es degut a la reducció de la potència instal·lada i consumida de cada una de elles. Amb aquesta reducció també s'ha reduït la intensitat que passa per tots els conductors i per tant es redueix les pèrdues en els conductors per efecte Joule. A menor intensitat pels conductors, menor esclafament d'aquests i es redueixen les pèrdues.