



**EPS**

Escola Politècnica  
Superior

## Projecte/Treball Fi de Carrera

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

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

**Document:** MEMÒRIA

**Alumne:** IVAN BRUN TORRAS

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

**Convocatòria** (mes/any): 06/08

## Document 1: MEMÒRIA

### ÍNDIX DE LA MEMÒRIA

1.1. INTRODUCCIÓ.....	9
1.1.1. Antecedents.....	9
1.1.2. Objecte .....	9
1.1.3. Abast .....	9
1.2. DESENVOLUPAMENT.....	11
1.2.1. Mesures de nivel d'il·luminació.....	11
1.2.2. Experimentació al laboratori de Control de Processos .....	12
1.2.3. Instal·lació projectada .....	12
1.3. RESUM DEL PRESSUPOST .....	13
1.3.1. Estudi econòmic.....	13
1.4. PLA D'EXECUCIÓ .....	14
1.5. CONCLUSIONS .....	15
1.6. RELACIÓ DE DOCUMENTS.....	16
1.7. BIBLIOGRAFIA.....	17
1.7.1. Llibres i Catàlegs consultats .....	17
1.7.2. Pàgines web consultades.....	17

### ÍNDIX DELS CÀLCULS JUSTIFICATIUS

2.1. INTRODUCCIÓ.....	5
2.1.1. Antecedents.....	5
2.1.2. Objecte .....	5
2.1.3. Abast .....	5
2.1.4. Ubicació de l'edifici estudiat .....	6
2.2. DESCRIPCIÓ DELS DIFERENTS NIVELLS DE L'EDIFICI ESTUDIAT .....	11

2.3. EXPLICACIÓ DE LA DECISIÓ DE CENTRAR EL TREBALL A LA PLANTA BAIXA (NIVELL 0) .....	12
2.4. FONAMENTS TEÒRICS .....	16
2.4.1. Equips bàsics de llum artificial .....	16
2.4.2. Magnituds i conceptes fonamentals .....	19
2.4.3. Eficiència energètica i vida de les làmpades.....	22
2.5. DESCRIPCIÓ DEL TREBALL A REALITZAR I EQUIPS UTILITZATS.....	24
2.5.1. Descripció del pla de treball .....	24
2.5.2. Equips i materials utilitzats .....	27
2.5.2.1. Equips utilitzats en les mesures a les aules i laboratoris.....	27
2.5.2.2. Equips i material utilitzats en el treball experimental sobre la regulació del flux lluminós de les làmpades fluorescents.....	27
2.5.2.2.1. Equip per realitzar les mesures .....	28
2.5.2.2.2. Equip convencional .....	30
2.5.2.2.3. Equip electrònic .....	31
2.6. MESURES DE NIVELL D'IL·LUMINACIÓ A LES AULES I LABORATORIS.....	37
2.6.1. Aules orientades al sud .....	37
2.6.1.1. Mesures amb: cortines desplegadas (impedint l'entrada de llum), il·luminació artificial encesa .....	41
2.6.1.2. Mesures amb: cortines plegades, il·luminació natural amb llums apagats .	46
2.6.1.3. Conclusions de les mesures realitzades a les aules sud .....	68
2.6.2. Aules centrals.....	71
2.6.2.1. Mesures amb: cortines desplegadas (impedint l'entrada de llum), il·luminació artificial encesa .....	72
2.6.2.2. Mesures amb: cortines plegades, il·luminació natural amb llums apagats .	88
2.6.2.3. Conclusions de les mesures realitzades a les aules centrals.....	98
2.6.3. Laboratoris docents.....	99

2.7. CONCLUSIONS I OBSERVACIONS DE LES MESURES REALITZADES A LES AULES I LABORATORIS.....	126
2.7.1. Aules orientades al sud (II01A fins II04B).....	126
2.7.2. Aules centrals (II05 fins II09).....	126
2.7.3. Laboratoris .....	127
2.7.4. Altres.....	127
2.8. ASSAJOS REALITZATS EN EL LABORATORI DE CONTROL DE PROCESSOS DE L'EDIFICI PI.....	128
2.8.1. Introducció: aparells utilitzats.....	128
2.8.2. Assajos de laboratori.....	130
2.8.3. Fonaments teòrics en els que es basen els assajos de laboratori.....	131
2.8.4. Equip de Connexió Convencional .....	134
2.8.5. Equip de Connexió Electrònic (ECE) d'OSRAM .....	136
2.8.5.1. Fluorescents ½ vida útil .....	137
2.8.5.2. Fluorescents COOL WHITE.....	141
2.8.5.3. Fluorescents COOL DAYLIGHT .....	145
2.8.6. Conclusions dels assaigs al laboratori.....	149
2.9. INSTAL·LACIÓ ELÈCTRICA DE L'EDIFICI PII.....	151
2.9.1. Instal·lació elèctrica a les aules sud (II01A fins II04B).....	152
2.9.2. Instal·lació elèctrica de l'aula II05.....	155
2.9.3. Instal·lació elèctrica de l'aula II06.....	157
2.9.4. Instal·lació elèctrica de l'aula II07.....	159
2.9.5. Instal·lació elèctrica de l'aula II08.....	161
2.9.6. Instal·lació elèctrica de l'aula II09.....	163
2.9.7. Lavabos .....	165
2.10. PROPOSTA DE LA INSTAL·LACIÓ A REALITZAR: NECESSITATS D'EQUIPAMENTS.....	166
2.10.1. Necessitats d'equipament a les aules sud (II01A...II04B).....	167

2.10.2. Necessitats d'equipament a l'aula II05 .....	169
2.10.3. Necessitats d'equipament a l'aula II06 .....	171
2.10.4. Necessitats d'equipament a l'aula II07 .....	173
2.10.5. Necessitats d'equipament a l'aula II08 .....	175
2.10.6. Necessitats d'equipament a l'aula II09 .....	177
2.10.7. Necessitats d'equipament als lavabos .....	179
2.11. CONSUMS I EFICIÈNCIA ENERGÈTICA DE LA INSTAL·LACIÓ ACTUAL I LA FUTURA .....	181
2.11.1. Estimació de l'estalvi energètic instal·lant l'equip d'OSRAM de regulació del flux lluminós de les làmpades fluorescents amb detecció de presència a les aules ...	182
2.11.1.1. Consum actual .....	182
2.11.1.2. Consum futur amb equip electrònic: amb regulació del flux lluminós, sense detecció de presència .....	184
2.11.1.3. Consum futur amb equip electrònic: amb regulació de flux lluminós i detecció de presència .....	194
2.11.1.4. Estalvi energètic a les aules amb l'equip de regulació de flux lluminós i detecció de presència .....	196
2.11.2. Estalvi energètic amb detecció de presència als lavabos .....	197
2.11.2.1. Consum actual .....	197
2.11.2.2. Consum futur amb detecció de presència de sostre Legrand .....	198
2.11.2.3. Estalvi energètic .....	199
2.11.3. Estalvi energètic i econòmic total: aules i lavabos .....	200
2.11.4. Repercussió mediambiental de l'estalvi energètic total a les aules i lavabos	200
2.11.5. Canvi en l'índex d'eficiència energètica .....	201

## ÍNDIX DELS PLÀNOLS

1. PII – Planta baixa .....	3
2. PII – Ubicació lluminàries .....	4

3. Identificació fluorescents (II01A) .....	5
4. Connexió fluorescents/DALI (II01A) .....	6
5. Identificació fluorescents (II01B).....	7
6. Connexió fluorescents/DALI (II01B).....	8
7. Identificació fluorescents (II02A) .....	9
8. Connexió fluorescents/DALI (II02A) .....	10
9. Identificació fluorescents (II02B).....	11
10. Connexió fluorescents/DALI (II02B).....	12
11. Identificació fluorescents (II03A) .....	13
12. Connexió fluorescents/DALI (II03A) .....	14
13. Identificació fluorescents (II03B).....	15
14. Connexió fluorescents/DALI (II03B).....	16
15. Identificació fluorescents (II04A) .....	17
16. Connexió fluorescents/DALI (II04A) .....	18
17. Identificació fluorescents (II04B).....	19
18. Connexió fluorescents/DALI (II04B).....	20
19. Identificació fluorescents (II05) .....	21
20. Connexió fluorescents/DALI (II05) .....	22
21. Identificació fluorescents (II06) .....	23
22. Connexió fluorescents/DALI (II06) .....	24
23. Identificació fluorescents (II07) .....	25
24. Connexió fluorescents/DALI (II07) .....	26
25. Identificació fluorescents (II08) .....	27
26. Connexió fluorescents/DALI (II08) .....	28
27. Identificació fluorescents (II09) .....	29
28. Connexió fluorescents/DALI (II09) .....	30
29. Equips utilitats .....	31

30. PII – Ubicació sensors .....	32
----------------------------------	----

## ÍNDIX DEL PRESSUPOST

A. Material.....	2
B. Mà d'obra .....	6
C. Pressupost General.....	9

## ÍNDIX DEL PLEC DE CONDICIONS

5.1. APLICACIONS DEL PLEC .....	2
5.1.1. Objecte .....	2
5.1.2. Documents contractuals i informatius .....	2
5.1.3. Compatibilitat entre els documents.....	2
5.2. DISPOSICIONS TÈCNIQUES GENERALS .....	3
5.3. CONDICIONS TÈCNIQUES .....	3
5.3.1. Abast .....	3
5.3.2. Connexions .....	4
5.3.3. Tubs fluorescents .....	4
5.3.4. Balasts electrònics d'OSRAM .....	4
5.3.5. Controlador DALI MULTI 3 d'OSRAM .....	5
5.3.6. Sensor de llum i presència mòbil LS/PD MULTI 3 B d'OSRAM .....	6
5.3.7. Polsadors .....	7
5.3.8. Detector de presència temporitzat de sostre Legrand .....	7
5.3.9. Mesura de l'aïllament .....	7
5.4. PLEC DE CONDICIONS FACULTATIVES.....	8
5.4.1. Obligacions i responsabilitats del contractista .....	8
5.4.2. Facultats de la direcció tècnica .....	8
5.4.3. Termini de garantia i conservació de l'obra .....	8

## ÍNDEX DE L'ESTUDI ECONÒMIC

6.1. INTRODUCCIÓ.....	2
6.2. VALOR ACTUAL (VA) .....	3
6.3. VALOR ACTUAL NET (VAN) .....	4
6.4. TAXA INTERNA DEL VALOR DE LA INVERSIÓ (TIR) .....	5
6.5. RENDIBILITAT FINANCERA (R) .....	6
6.6. PERÍODE DE RETORN DE LA INVERSIÓ (Pay-back) .....	7
6.7. CONCLUSIONS .....	8

## ÍNDEX DE L'ANNEX A

A.1 Mesures a les aules i laboratoris docents de l'edifici PII .....	2
A.2 Assajos al laboratori de Control de Processos de l'edifici PI.....	75

## ÍNDEX DE L'ANNEX B

B.1 Manual de luminotècnia.....	2
B.2 Normativa .....	135
B.3 Documents IDAE.....	183
B.4 Instruccions dels aparells utilitzats .....	227
B.5 Catálogo General de Luz 2007 (fragments).....	253
B.6 Cablejat .....	259
B.7 Glossari tècnic.....	268

## ÍNDEX DE L'ANNEX C

C.1 PII – NIVELL S2.....	2
C.2 PII – NIVELL S1 .....	3
C.3 PII – NIVELL 0 .....	4
C.4 PII – NIVELL 1 .....	5



C.5 PII – NIVELL 2 .....	6
C.6 PII – NIVELL 3 .....	7
C.7 PII – NIVELL 4 .....	8
C.8 ESQUEMA ELÈCTRIC AULES II01A-II04B .....	9
C.9 ESQUEMA ELÈCTRIC AULES II05-II09.....	10
C.10 UBICACIÓ DE LLUMINÀRIES.....	11
C.11 ESQUEMA CONNEXIÓ AL LABORATORI DEL SISTEMA ECE.....	12
C.12 ESQUEMA CONNEXIÓ AL LABORATORI DEL SISTEMA ECE.....	13
C.13 ESQUEMA CONNEXIÓ AL LABORATORI DEL SISTEMA ECC .....	14
C.14 DIMENSIONS SENSOR .....	15
C.15 DIMENSIONS DALI .....	16
C.16 DIMENSIONS QUICKTRONIC INTELLIGENT DIM .....	17

## **1.1. INTRODUCCIÓ**

### **1.1.1. Antecedents**

Majoritàriament les aules de la Universitat de Girona estan il·luminades amb l'ajuda d'enllumenat fluorescent.

El sistema de control de la il·luminació de les aules es fa mitjançant un interruptor que apaga o encén una zona. Això suposa que el consum elèctric destinat a la il·luminació arriba a un valor considerable.

La Direcció de l'Escola Politècnica Superior (EPS), sensible al tema del consum energètic i de la contaminació de l'atmosfera que deriva d'ell, ha volgut conèixer la situació de la il·luminació en un dels centres. En aquest sentit s'ha optat per estudiar-ne un amb una edat mitja, ni el més antic ni el més nou. Això vol dir que les instal·lacions de protecció de la llum solar no són les que s'utilitzarien en un edifici d'última generació.

### **1.1.2. Objecte**

L'objecte del present projecte és conèixer la realitat de la il·luminació de les aules de l'edifici PII per intentar definir les possibilitats de millora i reduir el consum energètic.

### **1.1.3. Abast**

S'estudia l'evolució de la il·luminació en totes les aules de l'edifici PII. També es verifica la situació de la il·luminació de tots els laboratoris.

Per conèixer aquesta realitat s'han efectuat mesures d'il·luminació al llarg de les hores del dia i de diferents mesos de l'any en aules i laboratoris.

Assajar un sistema de regulació del flux lluminós dels equips diferents als que hi ha instal·lats a les aules actualment.

En el laboratori de control de processos es realitza un muntatge experimental per analitzar el funcionament escollit de regulació del flux lluminós.

Es revisa el projecte de la instal·lació elèctrica de la planta on hi ha les aules.

S'estima l'estalvi que es podria aconseguir instal·lant reactàncies electròniques enlloc de les electromagnètiques que hi ha actualment per accionar les làmpades fluorescents i també la millora que s'obtidria afegint controladors de la intensitat lluminosa i elements sensibles per mesurar el nivell d'il·luminació a l'aula i també la presència de persones. En termes energètics, l'estalvi és de 27.535 kWh/any.

El resultat d'aquests treballs finalitza amb una proposta del model a instal·lar en cada aula, el pressupost, l'estudi econòmic, el plec de condicions i els plànols. S'adjunta a més un apartat d'annexes on s'inclou tota la documentació que s'ha utilitzat en la presa de dades, els assajos realitzats al laboratori i documents complementaris necessaris per a realitzar l'estudi. També s'adjunta una còpia dels plànols elèctrics de la instal·lació del PII que ha subministrat el servei de manteniment de la universitat.

Encara que al principi de l'estudi es pensava abordar la totalitat de les instal·lacions d'il·luminació del PII i accessos, donada la magnitud del treball s'ha estudiat la totalitat de les mesures a les aules, laboratoris i lavabos de la planta baixa, deixant per un altre possible estudi la solució pels laboratoris, passadissos i exteriors. L'estudi s'ha centrat exclusivament en la il·luminació mitjançant tubs fluorescents.

## 1.2. DESENVOLUPAMENT

### 1.2.1. Mesures de nivell d'il·luminació

Des del setembre del 2007 a la primavera del 2008 s'han mesurat els nivells d'il·luminació de totes les aules de l'edifici PII. S'han mesurat a diferents hores del dia amb objecte de conèixer al incidència de l'alçada del Sol sobre el nivell d'il·luminació a l'aula.

Amb objecte de simplificar la presa de dades s'han realitzat 3 variants de la mesura decidint-se per un dels 3 en el qual es verificarà la incidència de la precisió al reduir el nombre mesures.

En els càlculs justificatius s'ha explicat tots els passos seguits en una aula que posteriorment s'han repetit a la resta. Tots els valors d'aquests es poden veure a l'annex A.1.

S'han diferenciat 2 grups d'aules (veure plànol nº1). En el primer grup hi ha totes les orientades al sud (II01A fins II04B) i un altre grup d'aules que reben il·luminació natural de forma zenital o pels laterals superiors (II05 a II09).

Tant en unes com altres s'han seguit els mateixos procediments de mesura. S'ha representat en una escala de grisos el grau d'il·luminació en les aules sobre les que incideix el sol directament (II01A a II04B, veure apartat 2.6.1.2. dels Càlculs justificatius). En aquest dibuix es veu clarament que el nivell d'il·luminació natural a l'aula no és homogeni, és adir, a prop de les finestres hi ha un nivell superior que lluny.

A les aules interiors s'observa un fenomen semblant. En una primera aproximació ja es va pensar que s'hauria de localitzar més d'un regulador d'il·luminació a una mateixa aula degut al que s'acaba de dir.

S'ha de destacar també, que al no existir a la instal·lació actual detectors de presència, a les aules, independentment que hi hagi o no alumnes, els enllumenats poden estar encesos. La mateixa observació es pot fer pels lavabos, ja que les 24 hores del dia hi ha la il·luminació artificial funcionant, hi hagi o no ocupació.

### **1.2.2. Experimentació al laboratori de Control de Processos**

Dels sistemes existents en el mercat s'ha adquirit un equip de control d'il·luminació a la casa OSRAM. S'ha fet una instal·lació al taller de Control de Processos per poder mesurar nivells d'il·luminació, consums i possibilitats de regulació d'un equip convencional i d'un altre equip de regulació electrònica. Aquests assajos s'han repetit amb 3 tipus de fluorescents, uns amb  $\frac{1}{2}$  de vida útil i altres dos comprats específicament per fer l'assaig, la diferència entre els quals és la temperatura de la llum, i per tant el color. Tota aquesta informació es recull a l'apartat 2.5.2. dels Càlculs justificatius.

S'ha comprovat que l'equip electrònic consumeix menys electricitat que el convencional (veure Càlculs justificatius apartat 2.8.)

Amb els valors obtinguts amb l'equip electrònic s'ha pogut conèixer la disminució del consum per a diferents nivells d'il·luminació emesos pels fluorescents i també l'afectació d'aquestes variacions sobre el valor del cosφ. A partir d'aquí s'ha pogut fer una comparació entre els consums actuals i els futurs si s'equipen les aules amb equips electrònics, mesuradors d'il·luminació i detectors de presència. Com s'indica en l'abast d'aquesta memòria, l'estalvi s'estima en 27.535 kWh/any.

### **1.2.3. Instal·lació projectada**

Es canviaran les actuals reactàncies convencionals per els balasts electrònics assajats al laboratori. Aquests estaran manats per una central de control.

Cada central estarà equipada per un sensor d'il·luminació amb detector de presència.

La instal·lació de potència de tota la planta estudiada seguirà essent la mateixa. Només es modifica a les aules els interruptors per polsadors.

En previsió que al canviar les reactàncies s'hagi de canviar alguns dels cables, en el pressupost es preveu una partida de conductors elèctrics que en el pitjor dels casos es necessitaran canviar. També hi ha una partida de material consumible (regletes, terminals, cinta aïllant, elements de connexió) i imprevistos.

### **1.3. RESUM DEL PRESSUPOST**

Per a la realització de la modificació que es proposa s'ha calculat un pressupost amb el següent valor:

**TOTAL PRESSUPOST ..... 17.171,23 €**  
**(DISSET MIL CENT SETANTA-UN EUROS AMB VINT-I-TRES CÈNTIMS).**

#### **1.3.1. Estudi Econòmic**

Un cop calculat el pressupost s'ha fet un estudi econòmic considerant el valor de la inversió a realitzar i els fluxos de caixa de l'estalvi obtingut. A partir d'aquests valors s'ha calculat mitjançant diferents criteris l'interès de la inversió: VA 29.571,88 €, VAN 12.400,65 €, Pay-Back 8 anys, TIR 45%, Rendibilitat 4,81%.

Com es pot observar és interessant realitzar la instal·lació des del punt de vista de la rendibilitat econòmica.

## 1.4. PLA D'EXECUCIÓ

A la figura 1 es pot veure el pla d'execució de les instal·lacions projectades, suposant que s'inicien les obres el 4 d'agost de 2008.

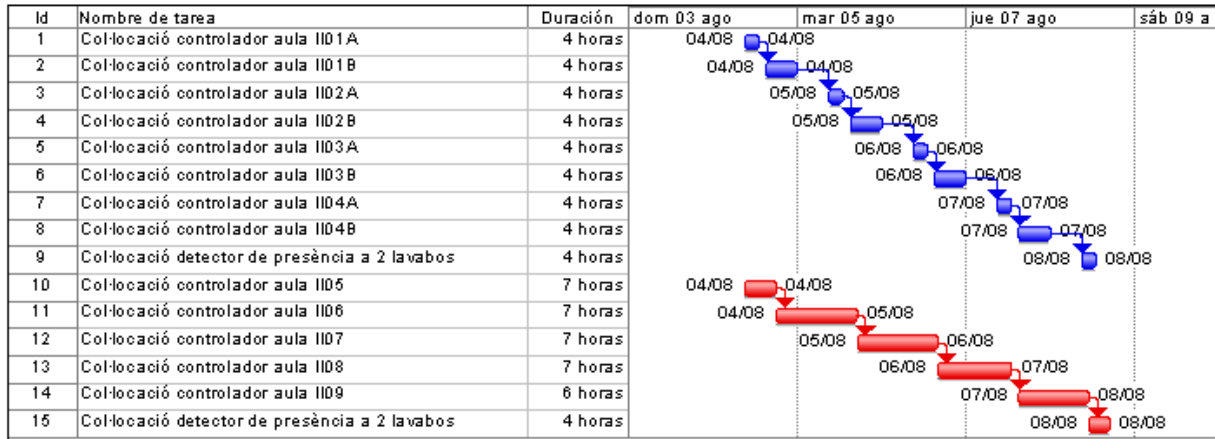


Figura 1: diagrama de Gantt

## **1.5. CONCLUSIONS**

La conclusió d'aquest estudi és que s'ha aconseguit projectar la instal·lació desitjada per tal de disminuir el consum energètic destinat a la il·luminació de la planta baixa del PII.

Per a fer això primer s'ha vist com incidia la llum natural a dins de les aules i laboratoris, al mateix temps s'ha buscat noves tecnologies. Aquestes s'han assajat per veure si realment permetien estalviar energia i el resultat ha estat positiu.

Ivan Brun Torras

45549600-D

Girona, 9 de juny de 2008



## **1.6. RELACIÓ DE DOCUMENTS**

Els documents que formen part d'aquest projecte són els que es relacionen a continuació.

1. Memòria.
2. Càlculs justificatius.
3. Plànols.
4. Pressupost.
5. Plec de condicions.
6. Estudi econòmic.
7. Annex A.
8. Annex B.
9. Annex C.
10. Resum.

## **1.7. BIBLIOGRAFIA**

### **1.7.1. Llibres i Catàlegs consultats**

CÓDIGO TÉCNICO DE LA EDIFICACIÓN. Documento Básico HE: Ahorro de energía.

FERCA. Guía de instalación para viviendas. Ediciones Experiencia S.L. Barcelona. 2004.

IDAE. Guía Técnica de Eficiencia Energética en Iluminación. Centros Docentes. Madrid.

IDAE. Guía Técnica de Iluminación Eficiente. Madrid. 2003.

IDAE. Guía Técnica. Aprovechamiento de la luz natural en la iluminación de edificios. Madrid. 2005.

AMICK, CHARLES. Manual de Luz Fluorescente. Editorial Arbó. Buenos Aires. 1946.

SAN MARTÍN PÁRAMO, RAMÓN. Manual de luminotecnia. Edita: General de ediciones especializadas S.L. Madrid.

OSRAM S.A. Catálogo General de Luz 2007.

OSRAM S.A. Lista de precios Enero 2007.

OSRAM S.A. UNE-EN 12464-1:2003. Iluminación. Iluminación de los lugares de trabajo. Parte 1: lugares de trabajo en interiores. Edita: AENOR. Madrid. 2004.

PHILIPS. Código Técnico de la Edificación Y otras normas relacionadas con el alumbrado.

### **1.7.2. Pàgines web consultades**

Per a obtenir els catàlegs tècnics i les instruccions dels aparells utilitzats en aquest projecte s'han consultat les següents pàgines web:

[www.osram.com](http://www.osram.com), 25 d'octubre de 2007.

[www.edison.upc.edu](http://www.edison.upc.edu) , 15 de novembre de 2007.

[www.philips.es](http://www.philips.es), 25 d'octubre de 2007.

[www.idae.es](http://www.idae.es), 26 d'octubre de 2007.

[www.voltimum.es](http://www.voltimum.es), 17 de novembre de 2007.

[www.legand.es](http://www.legand.es), 21 de març de 2008.

[www.simon.es](http://www.simon.es), 17 de febrer de 2008.

[www.es.prysmian.com.](http://www.es.prysmian.com), 20 de maig de 2008.

[www.nexans.es](http://www.nexans.es), 17 de maig de 2008.