

---

PRESENTACIÓ DE RESULTATS DELS PROJECTES DE MILLORA DE LA DOCÈNCIA  
2008

**TÍTOL DEL PROJECTE:  
ELABORACIÓ DE MATERIAL MULTIMÈDIA DE SUPORT PER  
AL LABORATORI DE FÍSICA APLICADA.**

*Professor responsable: Joan M. Mercadé Capellades  
mercade@epsem.upc.edu, Física Aplicada, EPSEM de Manresa*

*Professorat que ha intervingut: Laura Conangla Triviño, Joan Jorge Sánchez,  
Enriqueta Ferreres Soler*

*Hi ha intervingut personal de la Factoria de Recursos Docents de la UPC*

Tipus d'ajut rebut: UPC\_2008

Data de la comunicació de resultats: 27 de gener de 2010

## **Resum**

L'objectiu del projecte ha estat incrementar el material docent, digital i multimèdia, del laboratori de física, per tal d'optimitzar els resultats d'anteriors projectes (2007MQD00084, UPC\_PMD2007), centrant-nos en el rendiment de les màquines relacionades amb processos industrials.

Els futurs enginyers han de saber dissenyar màquines més eficients en un entorn tecnològic cada vegada més competitiu sense oblidar d'analitzar els efectes que poden transcendir en el medi ambient. El rendiment o eficiència és un paràmetre clau que cal ser estimat.

El projecte es desenvolupa a l'entorn de la filmació de vídeos de quatre temàtiques diferents: calorimetria (calorímetre elèctric), energia elèctrica (pila elèctrica), màquines tèrmiques (motor Stirling) i energia solar (col·lector solar tèrmic). En els dos primers casos s'ha elaborat material en format digital que permet preparar, realitzar i després analitzar les dades obtingudes, i elaborar un informe de les pràctiques igual com si l'estudiantat l'hagués fet al laboratori. També s'ha dissenyat un sistema d'autoavaluació de l'aprenentatge de l'estudiantat i d'avaluació de companys. En els altres dos casos, el material elaborat es dedica preferentment a explicar el funcionament dels aparells.

Aquest material permetrà a l'estudiantat realitzar pràctiques de laboratori no presencials, complementant l'experimentació al laboratori en augmentar les seves competències formatives: capacitat d'anàlisi i síntesi, treball en equip, presa de decisions, compromís ètic, ...

## **Paraules clau**

e-learning, laboratori, rendiment o eficiència.

## **Catalogació**

- planificació orientada a resultats d'aprenentatge
- atenció a la progressió de l'estudiantat
- ús de metodologies docents actives
- diversificació dels mètodes d'avaluació
- desenvolupament de competències
- implantació sistemes d'assegurament de la qualitat de la docència
- foment de la coordinació entre el PDI i del treball en equips multidisciplinaris
- valoració de la pròpia pràctica docent (observació entre iguals, avaluació de la docència, elaboració de portafolis docents)
- integració de les competències transversals definides per la UPC: emprenedoria i innovació; sostenibilitat i compromís social; tercera llengua; comunicació eficaç oral i escrita; treball en equip; ús solvent dels recursos d'informació; aprenentatge autònom.

## **Àmbit o matèria**

En l'àmbit de totes les ciències experimentals, enginyeries i graus amb continguts de física a desenvolupar en el laboratori.

## **Destinataris**

Tots els/les alumnes que es matriculin a les titulacions de Grau a l'Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa, ja que tots ells han de fer les assignatures obligatòries de Física, que inclouen una part experimental al laboratori.

També serien beneficiaris potencials d'aquest projecte, tots els estudiants i estudiantes que cursen l'assignatura de física en d'altres centres.

## **Resultat**

Amb l'elaboració d'aquest material s'aconsegueix:

- Proporcionar material multimèdia per utilitzar-lo com a recurs educatiu.
- Que l'estudiantat que compatibilitza els estudis amb la pràctica laboral i el que comença el curs més tard, pugui realitzar algunes de les

- pràctiques experimentals a casa seva, sense perdre competències que adquireixen els seus companys i les seves companyes en el laboratori.
- Millorar el rendiment acadèmic de l'estudiantat, adquirint competències (coneixements, habilitats i destreses, i actituds i valors) en el camp experimental.
  - Completar els projectes engegats, amb l'ajut de la UPC i l'AGAUR, amb experiències relacionades amb el concepte fonamental de rendiment.
  - Elaborar material en format digital, que permeti preparar, realitzar i després analitzar les dades obtingudes de les pràctiques: rendiment del calorímetre elèctric, motor de Stirling, col·lector solar tèrmic i pila elèctrica. Aquest material consta de:
    - tutorials que permeten introduir la pràctica i entendre els conceptes teòrics que hi intervenen;
    - programes interactius d'ordinador o simulacions (applets) de sistemes físics relacionats amb la pràctica, amb els quals es pot visualitzar el procés físic a estudiar, o bé es descriu el funcionament dels aparells a utilitzar;
    - filmacions digitals amb les quals l'estudiantat pot realitzar la pràctica com si estigués en el laboratori, permetent-li obtenir les mesures directament, i
    - tests d'autoavaluació i d'avaluació que acreditin l'aprenentatge de l'estudiantat.
  - Que tot l'alumnat pugui realitzar simultàniament una mateixa pràctica de laboratori de forma virtual.
  - Avaluar i fer el seguiment de l'estudiantat que realitzi pràctiques de laboratori utilitzant aquesta metodologia.
  - Un cop elaborat el material i avaluat el seu resultat en termes d'aprenentatge de l'estudiantat i de la qualitat docent, es pretén difondre la metodologia i els resultats obtinguts.

Aquest projecte docent es pot trobar en l'enllaç :

<http://www.epsem.upc.edu/~practiquesfisica/>

en l'apartat Rendiment o eficiència

<http://www.epsem.upc.edu/~practiquesfisica/part5/presenta/inici.htm>

A la pàgina web, a més d'altres productes resultants d'altres projectes d'innovació educativa finançats per altres entitats, es pot diferenciar en relació a aquest projecte, l'últim apartat:

- El laboratori de física
- Pràctica 0 "pràctica zero"
- Moment d'inèrcia de sòlids rígids i Teorema de Steiner.
- Camp magnètic generat per un corrent
- **Rendiment o eficiència**



Aquesta web està optimitzada per a una resolució de 800x600 píxels i necessita Adobe Flash® per funcionar

Aquest apartat conté els següents subapartats:

- **Pila elèctrica**
- **Calorímetre elèctric**
- **Motor de Stirling**
- **Col·lector solar**

**Rendiment o eficiència**  
 Presentació

Presentació  
 Pila elèctrica  
 Calorímetre elèctric  
 Motor Stirling  
 Col·lector solar

El concepte de **rendiment o eficiència** l'apliquem abastament en tots els camps ja sigui en la tecnologia, en la recerca científica, en la psicologia, en la pedagogia, a nivell esportiu, en les empreses, etc. Nosaltres, evidentment, ens plantejem aplicar el concepte de rendiment o eficiència en les activitats que pertiquen en un laboratori de física.

Us proposem **calcular el rendiment de diferents enginyers tecnològics**. Els resultats us han de permetre fer una valoració crítica dels mateixos i veure la seva viabilitat tecnològica tenint en compte el medi ambient.

Us trobareu amb dues pràctiques Rendiment d'una pila elèctrica i Rendiment d'un calorímetre elèctric amb les quals podreu experimentar de manera virtual des de casa, en el laboratori de física aplicada, o des de qualsevol ordinador. Aquestes dues pràctiques també les podreu experimentar directament en el laboratori manipulant els estris de la mateixa.

A més a més, hi ha dues pestanyes que parlen del Rendiment d'un motor Stirling i del Rendiment d'un col·lector solar. S'hi inclouen filmacions que no tenen activitats a fer per l'estudiant, però és una pàgina que us permetrà aprendre alguns coneixements elementals d'aquests enginyers i a més podreu observar el seu funcionament.

J. Mercadé, L. Conangla, E. Ferreres, J. Jorge  
 Optimitzat per a visualització en 800x600

Produït a LA FACTORIA

En el cas de la pila elèctrica i el calorímetre elèctric se segueix l'esquema següent:

- Presentació
- Fonaments teòrics
  - o Contingut teòric de la pràctica.

- Autoavaluació dels fonaments teòrics
- Realització de la pràctica
  - Vídeo de la pràctica.
  - Autoavaluació de la realització de la pràctica
- Elaborar resultats
  - Procés d'elaboració dels resultats.
  - Autoavaluació de l'elaboració dels resultats.
  - Presentació de l'informe de la pràctica.
- Test d'avaluació
 

Un cop hagi realitzat la pràctica, l'alumnat es connectarà al campus virtual per autoavaluar-se.
- Enquesta d'opinió
 

Un cop hagi realitzat la pràctica i s'hagi avaluat, l'alumnat es connectarà al campus virtual per contestar una enquesta.



## Rendiment o eficiència - Calorímetre elèctric

Laboratori de Física - Contingut teòric de la pràctica

Presentació

Fundaments teòrics

Realització pràctica

Elaborar resultats

Text d'avaluació

Enquesta d'opinió

Índex Rendiment

**Els objectius** d'aquesta pràctica són:


- Avaluar el rendiment d'un calorímetre elèctric amb les resistències connectades en sèrie.
- Avaluar el rendiment d'un calorímetre elèctric amb les resistències connectades en paral·lel.

**El material** que s'utilitzarà és el següent:


- font d'alimentació
- un polímetre com a voltímetre
- un altre polímetre com a amperímetre
- cronòmetre
- balança
- cables de connexió
- aigua destil·lada



Primera part



Segona part



## Rendiment o eficiència- Pila elèctrica

Laboratori de Física - Pràctica d'elaboració de resultats

Presentació

Fundaments teòrics

Realització pràctica

Elaborar resultats

Text d'avaluació

Enquesta d'opinió

Índex Rendiment

### ELABORACIÓ DE RESULTATS

En el vídeo que heu vist se us ha anat guiant sobre com s'havien de treballar les dades que anirau mesurant per tal d'assolir l'objectiu de la pràctica. De tota manera, en aquest document s'afegix la llista de tasques a fer.

**1a part. Determinació de les característiques de la pila: força electromotriu i resistència interna.**

Feu una taula on figuren: la resistència externa  $R_x$ , la intensitat que circula pel circuit i la diferència de potencial, tot en unitats del sistema internacional

$R_x$ ( $\Omega$ )	$I$ (A)	$V$ (V)

Representeu gràficament: la diferència de potencial en ordenades i la intensitat en abscisses. Mitjançant regressió lineal, determineu els valors de la força electromotriu  $\mathcal{E}$  que coincideix amb el valor de l'ordenada a l'origen, i de la resistència interna  $r$  que correspon al valor del pendent de la recta de regressió canviat de signe.

$$V = (-r) I + \mathcal{E}$$

$$y = a x + b$$

Penseu a escriure correctament aquest resultat.

En el cas del motor de Stirling i el col·lector solar tèrmic el material s'organitza en un sol apartat que conté tota la informació.

Presentació  
Inici rendiment

Cicle complet

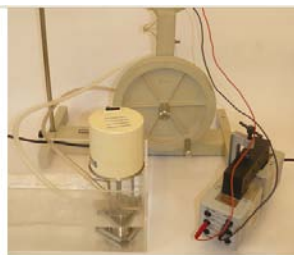
Si ara considerem el cicle complet, les magnituds valorades anteriorment són:

- Variació de l'energia interna:

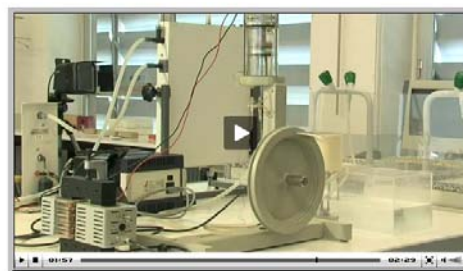
Ja que és una funció d'estat  $\Delta U_{cicle} = 0$  que comprovem amb les expressions calculades anteriorment:

$$\Delta U_{cicle} = \Delta U_{12} + \Delta U_{23} + \Delta U_{34} + \Delta U_{41} = -n c_V (T_2 - T_1) + n c_V (T_3 - T_2) = 0$$

- Treball realitzat pel sistema en un cicle:

$$W_{cicle} = W_{12} + W_{23} + W_{34} + W_{41} = nRT_1 \ln \frac{V_2}{V_1} - nRT_2 \ln \frac{V_2}{V_1} = nR(T_1 - T_2) \ln \frac{V_2}{V_1}$$


Podeu veure aquest motor tèrmic en funcionament en el vídeo següent:



Rendiment o eficiència - Col·lector solar

**EL COL·LECTOR SOLAR**

Les instal·lacions d'energia solar tèrmica són sistemes cada vegada més utilitzats per a la producció d'aigua calenta sanitària. A més, ofereixen instal·lacions per a calefacció i climatització per les estacions secces i el resort Golf Fàbrica de l'Estació (CEG).

Les instal·lacions d'energia solar tèrmica es poden utilitzar en residències, hotels, centres d'oci i urbanes. Una instal·lació solar tèrmica pot produir aigua calenta sanitària i de calefacció per a la residència amb sistema radiant. Les instal·lacions poden ser individuals o comunitàries, i aquests poden ser més eficients.

És necessari que hi hagi un bon manteniment de la instal·lació, per tal de garantir un rendiment òptim tant per a la producció com per a l'aprofitament màxim de l'energia mitjançant el sistema de la bomba, que transforma l'energia solar tèrmica en energia elèctrica a través de la reducció de les emissions de gasos d'efecte hivernacle.

Una instal·lació solar tèrmica permet obtenir el 50 - 70% de l'energia anual d'energia per a aigua calenta sanitària, reduint significativament l'impacte ambiental del Sol. El rendiment al llarg del dia de les instal·lacions d'energia solar té un efecte que s'aproxima al 100%, per exemple aigua, i l'energia tèrmica del Sol que s'obté.

**Presentació**

**Final rendiment**

Podeu veure el funcionament d'un col·lector solar, quan sobre d'ell incideix la radiació procedent d'una llampada halògena en substitució de la radiació solar, en aquest vídeo.

[Següent](#)

## Avaluació del projecte

Com s'ha comentat, l'objectiu d'aquest projecte era elaborar material multimèdia que permeti estudiar diferents enginyers tecnològics i calcular el seu rendiment de forma experimental sense necessitat d'estar en el laboratori. Els resultats de cada experiment han de permetre fer una valoració crítica dels mateixos i veure la seva viabilitat tecnològica tenint en compte el medi ambient.

Un cop realitzades les pràctiques proposades se segueix la següent estratègia de seguiment i valoració de resultats:

- Recollir la valoració qualitativa que cada alumne/a ha fet de la pràctica



- Valorar el nombre de dubtes plantejats per l'alumne/a en relació a la pràctica virtual.
- Avaluar i comparar les competències adquirides per aquest alumnat respecte a les que adquirien en cursos anteriors.
- Realitzar una enquesta d'opinió del grau de satisfacció a l'alumnat i al professorat.

Un cop valorats els resultats es procedirà, si cal, a introduir millores en el projecte.

Del projecte elaborat encara queda pendent fer algunes valoracions, ja que tot just es comença a aplicar en aquest curs 2009-2010, tant per part del professorat com de l'alumnat. S'espera que els resultats siguin tan satisfactoris com els obtinguts en projectes anteriors (Ferrerres et al., 2009; Jorge et al., 2009). La metodologia i els resultats obtinguts seran presentats en congressos i revistes d'innovació educativa.

## Conclusions

Una de les problemàtiques més generalitzades que es donen en els laboratoris de les Universitats és la falta de material adequat perquè els/les alumnes puguin fer un seguiment simultani de la teoria amb la pràctica; aquest projecte innovador pot resoldre aquesta problemàtica.

Un altre aspecte molt important a considerar és l'econòmic. El material de laboratori és molt car, tant la seva adquisició com el seu manteniment, i a més, només possibilita l'experimentació de com a molt dos o tres alumnes simultàniament. La filmació en vídeo d'alta qualitat d'algunes pràctiques de laboratori, que es realitzen any rere any pels alumnes que cursen l'assignatura, requereix una inversió econòmica important però a la llarga resulta molt rentable, tenint en compte que la pràctica la poden fer molts estudiants i estudiantes a la vegada sense multiplicar material, no cal manteniment, no es generen residus, es minimitzen els riscos, ...

La generació d'aquest tipus de material docent propicia un laboratori amb més recursos, en molts casos acostant la formació de l'estudiantat al món laboral.

La metodologia d'aquest projecte docent és aplicable a la matèria de física alhora que és transferible cap a d'altres matèries on es facin pràctiques de laboratori, com poden ser les de química, mecànica, electricitat, .... El material elaborat serà utilitzat per tots els/les alumnes que es matriculin a les titulacions de Grau a l'Escola Politècnica Superior d'Enginyeria de Manresa, ja que tots ells han de fer les assignatures obligatòries de Física, que inclouen una part experimental al laboratori, i també són beneficiaris potencials d'aquest projecte, tots els estudiants i estudiantes que cursen l'assignatura de física en d'altres centres.

El fet que aquest material estigui en una pàgina web possibilita la màxima accessibilitat.

Aquest projecte ha incrementat el material docent, digital i multimèdia, del laboratori de física, elaborat en projectes anteriors. El material utilitzat fins ara ha obtingut una valoració molt positiva tant per part de l'estudiantat com del professorat. S'espera que els resultats del nou material siguin tan satisfactoris.

## Referències/més informació

Aquest projecte docent es pot trobar en l'enllaç :

<http://www.epsem.upc.edu/~practiquesfisica/>

en l'apartat Rendiment o eficiència

<http://www.epsem.upc.edu/~practiquesfisica/part5/presenta/inici.htm>

## Bibliografia

F Bohigas, X.; Estradé, S.; Madrueño, M.; Porquer, Ll. (2008). Què pensem el professorat i l'alumnat de primer curs universitari sobre la física de batxillerat? *Revista de Física*. Barcelona: Societat Catalana de Física (IEC).

Breen, R., Lindsay, R., Jenkins, A., & Smith, P. (2001). The role of information and communication technologies in a university learning environment. *Studies in Higher Education*, 26(1), 95-114.

Cooper, M. (2000). The challenge of practical work in an eUniversity –real, virtual and remote experiments. In *Proc. IST2000 The Information Society for All*, Nice, France, 6-8 November 2000.

Fernandez, V., Simo, P. & Sallan, J.M. (2009). Podcasting: A new technological tool to facilitate good practice in higher education. *Computers & Education*, 53, 385-392.

Ferreres, E.; Conangla, L.; Mercadé, J; Jorge, J. (2009). Protocol and material for the introduction to the laboratory experimentation. *Active Learning for Engineering Education (ALE2009)*. Barcelona: UPCommons, 2009, p. 1-9. <http://hdl.handle.net/2117/6160>

Fill, K. and Ottewill, R. (2006). Sink or Swim: Maximising the potential of video streaming. *Innovations in Education and Teaching International*, 43 (4). pp. 397-408.

Gomes, L. & García-Zubía, J. (Eds.) (2007). *Advances on remote laboratories and e-learning experiences*. Bilbao, Universidad de Deusto.

Hoffmaster, S. (1991). Using video equipment as a physics laboratory tool. *Am. J. Phys.* 59 (4), 375-376, April 1991.

Jorge, J.; Mercadé, J; Conangla, L.; Ferreres, E. (2009). Making a virtual learning environment for non-assisted Physics laboratory. *Active Learning for Engineering Education (ALE2009)*. Barcelona: UPCommons, 2009, p. 1-8. <http://hdl.handle.net/2117/6161>

Marchionini, G. (2003). Video and learning redux: new capabilities for practical use. *Educational Technology*, 43(2), 36–41.

Martínez, M.R. et al. (2009). *Guia per a l'avaluació de competències als laboratoris en l'àmbit de ciències i tecnologies*. Barcelona, Agència per a la Qualitat del Sistema Universitari de Catalunya.

Mercadé, J.; Ferreres, E; Conangla, L. (2008). *Fonaments físics de l'enginyeria: Pràctiques de laboratori*. Manresa, EPSEM-UPC.

Palazzo, D.J. (2008). Video Analysis: The Next Physics Laboratory? *Proceedings of the "Engineering education: 21st Century Frontiers"*. United States Military Academy, West Point, NY, March 28-29, 2008.

Sassi, E. & Vicentini, M. (2008). Aims and Strategies of Laboratory Work. In Vicentini, M. & Sassi, E. (Eds.) *Connecting Research in Physics Education with Teacher Education*. I.C.P.E. Book.

Shephard, K. (2003). Questioning, promoting and evaluating the use of streaming video to support student learning. *British Journal of Educational Technology*, 34 (3), 295–308.

Altres referències:

VideoPoint. LENOX SOFTWARES, INC. DOI=<http://www.lsw.com/videopoint/>

Measurement in motion. Learning in Motion®  
DOI=<http://www.learninginmotion.com/products/measurement/index.html>

Experiencias de Física. Demostraciones y prácticas de laboratorio.  
[http://dfists.ua.es/experiencias\\_de\\_fisica/index1.html](http://dfists.ua.es/experiencias_de_fisica/index1.html)

Física con ordenador: <http://www.sc.ehu.es/sbweb/fisica/>

Innovació educativa a la Física <http://baldufa.upc.es>

El motor de Stirling <http://www2.ubu.es/ingelec/maqmot/StirlingWeb/>