



MÉS ENLLÀ DE LES COMPETÈNCIES: NOUS REPTES EN LA SOCIETAT DIGITAL

TDR/TFG: una col·laboració entre universitat i ensenyamentsecundari

Una experiència en el camp de l'ensenyament de Química

Masdeu Bultó, Anna Maria
Universitat Rovira i Virgili
Departament de Química Física i Inorgànica. Facultat de Química
C/ Marcel·lí Domingo, 1. 43007. Tarragona. Espanya.
annamaria.masdeu@urv.cat

Pocurull Aixalà, Eva
Universitat Rovira i Virgili
Departament de Química Analítica i Química Orgànica. Facultat de Química
C/ Marcel·lí Domingo, 1. 43007. Tarragona. Espanya.
eva.pocurull@urv.cat

Reguero de la Poza, Mar
Universitat Rovira i Virgili
Departament de Química Física i Inorgànica. Facultat de Química
C/ Marcel·lí Domingo, 1. 43007. Tarragona. Espanya.
mar.reguero@urv.cat

Borrell Vilanova, Ester
IES Sant Pere i Sant Pau
c/ de l'Institut, s/n, 43007. Sant Pere i Sant Pau. Tarragona. Espanya.
eborrel3@xtec.cat

1. RESUM:

En la present comunicació es presenta una experiència de col·laboració universitat-centre de secundària en les assignatures Treball Fi de Grau en Química i Treball de Recerca. Els objectius han estat apoderar les dues institucions per ampliar la seva oferta docent i millorar la transició entre l'ensenyament secundari i la universitat. El projecte ha consistit



MÉS ENLLÀ DE LES COMPETÈNCIES: NOUS REPTES EN LA SOCIETAT DIGITAL

en la construcció d'un colorímetre de baix cost i la seva aplicació a la determinació d'alumini i ferro en mostres comercials.

2. ABSTRACT:

In this communication we present an experience of university-high school collaboration in the subjects Bachelor's Thesis and Research Work. The aim was empowering the two institutions to expand their teaching offer and improve the transition between high school and college. The project involved the construction of a low-cost colorimeter and its application for the determination of aluminum and iron in commercial samples.

3. PARAULES CLAU: 4-6

universitat-secundària, TFG, TDR, colorímetre baix cost, anàlisi de metalls

4. KEYWORDS: 4-6

university-high school, bachelor's thesis, research project, low cost colorimeter, metal analysis



MÉS ENLLÀ DE LES COMPETÈNCIES: NOUS REPTES EN LA SOCIETAT DIGITAL

5. DESENVOLUPAMENT:

Introducció

En el marc de les relacions entre la Facultat de Química (FQ) de la Universitat Rovira i Virgili (URV) i els Centres d'Ensenyament Secundari, aquests darrers demanen sovint suport tècnic i d'equipaments per desenvolupar Treballs de Recerca (TDR) més sofisticats que requereixen la utilització d'equips dels quals no es disposa als centres. Una possible resposta a aquest requeriment és posar a disposició dels centres els equips propis dels laboratoris de docència o recerca de la universitat. Això implica una supervisió continua d'una docent universitària amb el corresponent requeriment de temps del qual sovint no disposa o no pot invertir sempre en aquestes tasques. Per solucionar una d'aquestes demandes, en aquest treball, s'ha plantejat construir conjuntament entre les participants de la URV i les del INS Baix Camp (Reus) uns equips que permetin analitzar substàncies colorides. Així, s'han construït dos colorímetres que es poden emprar per fer anàlisis químiques. Per fer aquests equips s'han emprat components de baix cost i tecnologia de programari lliure desenvolupada amb programari del *Massachusetts Institute of Technology*. La fiabilitat d'aquests equips es va contrastar amb un colorímetre comercial del que es disposava a la Facultat de Química. Aquests equips han quedat als dos centres de manera que es podran utilitzar per a posteriors TDRs a l'INS i també a la FQ per les seves tasques de divulgació. Això suposa l'apoderament de les dues institucions per ampliar la seva oferta docent.

La Facultat de Química de la Universitat Rovira i Virgili (Tarragona) té un llarg bagatge d'interacció amb centres de secundària de les comarques de Tarragona (veure els programes actius a <http://www.fq.urv.cat/ca/secundaria/activitats/>). Així, en els darrers anys ha participat en programes com ara les Xerrades Divulgatives a Centres de Secundària, Fem Recerca, EstiURV, entre d'altres. A part d'això col·labora activament en tasques de divulgació en el territori, especialment en la Setmana de la Ciència, Nit Europea de la Recerca, etc. Aquestes accions van encaminades a assolir objectius d'un dels eixos estratègics de la Universitat relacionat amb la Tercera Missió, que és l'impuls de la societat del coneixement, amb un clar component social, lligat al caràcter de servei públic que té la institució pública. Entre els cinc eixos del Pla estratègic de la tercera missió està la transferència de coneixement i de tecnologia, i és en aquest eix en el que s'emmarca



MÉS ENLLÀ DE LES COMPETÈNCIES: NOUS REPTES EN LA SOCIETAT DIGITAL

aquest projecte que ha tingut per objectiu la transferència recíproca de coneixement entre la universitat i un centre de secundària, l'INS Baix Camp de Reus.

Objectius

L'objectiu principal ha estat apoderar l'INS Baix Camp de manera que pogués ampliar la seva oferta de Treballs de Recerca comptant amb nou equipament, en concret amb un aparell per analitzar anàlisis de mostres acolorides, un colorímetre, i que a la FQ també se'n quedés una unitat per a les seves tasques de divulgació. L'assoliment d'aquest objectiu s'ha plantejat de manera que les estudiants implicades participessin activament en el desenvolupament del projecte dins del seu currículum formatiu. L'estudiant de l'INS Baix Camp ha cursat el Treball de Recerca (TDR) i l'estudiant de la Facultat de Química, l'ha realitzat dins de l'assignatura de Treball Fi de Grau (TFG) del grau de Química. Finalment, s'ha perseguit que el professorat d'ambdues institucions aprenguéssin maneres alternatives, de baix cost, per construir un colorímetre. D'aquesta manera, s'ha buscat també reforçar la relació entre els dos centres i crear sinergies positives entre ambdues parts.

Desenvolupament

En el projecte ha participat una professora de l'INS Baix Camp de Reus (Ester Borrell Vilanova, actualment professora a l'INS Sant Pere i Sant Pau), un estudiant de l'INS Baix Camp del curs 2018-19 (Marcos Rodríguez Soler), tres professores de la Facultat de Química de la URV (Eva Pocurull Aixalà, Mar Reguero de la Poza i Anna M. Masdeu Bultó) i un estudiant del Grau de Química de la Facultat de Química de la URV del curs 2019-20 (Alejandro Almazán Martín).

La metodologia emprada inclou les diferents etapes d'un projecte científic: cerca bibliogràfica, plantejament de l'experimentació, realització dels experiments, contrast dels resultats per diferents mètodes, anàlisi dels resultats, extracció de conclusions i propostes de millora. Les diferents participants han intervingut en cada etapa de manera adequada a la seva formació i als objectius de l'assignatura relacionada.

En la Taula 1, es relacionen les diferents fases del projecte i s'especifiquen les assignatures implicades, els espais on s'han realitzat les diferents accions i els conceptes treballats.



MÉS ENLLÀ DE LES COMPETÈNCIES: NOUS REPTES EN LA SOCIETAT DIGITAL

En la primera etapa de **cerca bibliogràfica**, el professorat participant i l'estudiant de la URV va fer una prospecció inicial dels equips de colorimetria mencionats prèviament. Es van trobar diferents prototips. Un grup dels equips descrits emprava com a font LEDs o font lumínica que s'ha de filtrar i inclou detectors fets de manera complexa. Així, el colorímetre Littrow (Vanderveen, Martin, & Ooms, 2013) utilitza un detector que pot ser un ocular o una càmera comercial o de transmissió en viu (càmeres web) però requereix d'un seguit de lents i reixes de difracció per processar la llum entrant que el fa complex de muntar. En un altre exemple descrit per Clippard *et al.* (Clippard, Hughes, Chohan, & Sykes, 2016) la llum és generada per un LED de baixa tensió però el detector consisteix en una matriu de fotodíodes de silici tricolor el muntatge dels quals és complex. Un altre equip descrit a la bibliografia és un colorímetre de doble LED, en el que el detector es construeix amb un multímetre (Asheim, Kvittingen, Kvittingen, & Verley, 2014). Finalment, en el prototip descrit per Albert *et al.* (Albert, Todt, & Davis, 2012) s'empra un fotodíode sobre un braç giratori per a seleccionar i detectar la llum i un multímetre com a detector.

Donada la complexitat del muntatge d'aquests colorímetres es va optar per un altre tipus d'equips descrits a la bibliografia que empraven detectors que es podien obtenir de programari lliure d'internet fent ús del mòbil. En un dels exemples més senzills es podia emprar la font de llum de l'ordinador i com a detector l'aplicació mòbil *ColorMeter Free* (Kuntzleman & Jacobson, 2016). Finalment es va optar pel descrit per Hosker *et al.* que implicava una etapa de filtració de la llum i emprava també una "app" lliure (*Shoebox spectrophotometer*) que s'havia desenvolupat amb programari lliure del *Masachusetts Institute of Technology*, el programa, per mesurar l'absorbància de la dissolució (havent fet abans el calibratge amb el blanc) (Hosker, 2018).



MÉS ENLLÀ DE LES COMPETÈNCIES: NOUS REPTES EN LA SOCIETAT DIGITAL

Taula 1. Etapes del projecte, assignatures relacionades, lloc on s'ha realitzat i conceptes treballats.

Etapa	Assignatura/es ^a	Lloc	Conceptes treballats	Eines
1) Cerca bibliogràfica	<ul style="list-style-type: none"> • TDR/TFG • Física i Química (1erBAT) • Anàlisi Instrumental (GQ) 	Treball autònom	<ul style="list-style-type: none"> • Cerca bibliogràfica • La llum visible • Anàlisi instrumental: parts d'un espectrofotòmetre. • LEDs • Dispersió de la llum 	<ul style="list-style-type: none"> • Cercadors web (1erBAT) • Bases de dades especialitzades (GQ)
1) Construcció del colorímetre	TDR/TFG	INS Baix Camp/URV	<ul style="list-style-type: none"> • Fonts lumíniques • Filtres de llum • Detectores 	<ul style="list-style-type: none"> • Treball amb materials reciclats • Bricolatge
2) Aplicació a anàlisi	TDR/TFG	INS Baix Camp/URV	<ul style="list-style-type: none"> • Llei de Lambert-Beer • Formació de complexos acolorits • Preparació de dissolucions de concentració coneguda • Construcció d'una recta de calibratge amb patrons • Tractament de mostres • Càlcul estequiomètrics 	<ul style="list-style-type: none"> • Material volumètric • Estadística: rectes de regressió
3) Comparació dels resultats del colorímetre construït amb un colorímetre comercial	<ul style="list-style-type: none"> • TDR/TFG • Anàlisi Instrumental (GQ) 	URV	<ul style="list-style-type: none"> • Càlcul d'errors • Repetibilitat i reproductibilitat de la mesura 	<ul style="list-style-type: none"> • Programari fulls de càlcul
4) Optimització de les anàlisis i ampliació de les aplicacions	TFG	URV	<ul style="list-style-type: none"> • Cerca bibliogràfica • Càlcul d'incertesa 	<ul style="list-style-type: none"> • Bases de dades especialitzades (GQ) • Programari fulls de càlcul

^aTDR: Treball de Recerca, TFG: Treball Fi de Grau, 1er BAT: 1er de Batxillerat, GQ: Grau de Química



MÉS ENLLÀ DE LES COMPETÈNCIES: NOUS REPTES EN LA SOCIETAT DIGITAL

L'estudiant de l'INS va dur a terme la construcció del primer dels colorímetres seguint el disseny de *Hosker et al.*, seleccionant i muntant tots els components: font de llum visible, monocromador de la llum per seleccionar cada longitud d'ona i detector, construït emprant un telèfon mòbil i el programari lliure instal·lat en ell (Figura 1).

Amb aquest primer estudi que va formar part del seu TDR (Rodríguez Soler, 2019), l'equip es va **aplicar a l'anàlisi d'alumini** en mostres comercials de paper d'embolicar adaptant un mètode descrit a la bibliografia en el que s'emprava una anàlisi gravimètrica (De Lima, Da Silva, De Souza, Das Neves, & Gasparotto, 2014). Per desenvolupar aquest mètode va caler construir la corba de calibratge amb dissolucions patró (Figura 2) i fer el tractament de les mostres que es va realitzar a l'institut. Si bé els resultats obtinguts eren coherents amb les dades bibliogràfiques, van sorgir una sèrie de discrepàncies a l'hora de **comparar els resultats** obtinguts amb l'equip construït de baix cost i el espectrofotòmetre comercial probablement relacionades amb la menor sensibilitat de l'equip construït. Així, doncs, calia una optimització de l'equip i una ampliació a d'altres aplicacions, la qual cosa es va desenvolupar en un Treball Fi de Grau.

L'optimització de l'anàlisi del contingut d'alumini en mostres de paper d'embolicar requeria un estudi més aprofundit dels diferents paràmetres implicats: concentració, interval de linealitat i quantitat de l'additiu afegit, que es va fer en el TFG (Almazán Martín, 2019) . En aquest treball també es va construir un altre colorímetre que ha quedat per la Facultat de Química a disposició d'activitats de divulgació i col·laboració amb altres centres de secundària (Figures 3-6). L'optimització d'aquests paràmetres implicava aplicar conceptes treballats a l'assignatura Anàlisi Instrumental del Grau de Química i desenvolupar competències d'organització del treball, disseny d'experiments i calibratge amb mètodes d'ajust per rectes de regressió. Com a resultat d'aquesta part, es van determinar els paràmetres de validesa del mètode per l'anàlisi de l'alumini.

En la part final, es va procedir a **ampliar els analits** que es podien analitzar amb l'aparell construït. D'aquesta manera es va optimitzar l'anàlisi de ferro en mostres sòlides amb l'exemple de pastilles per l'anèmia. Els resultats obtinguts amb aquest mètode es van



MÉS ENLLÀ DE LES COMPETÈNCIES: NOUS REPTES EN LA SOCIETAT DIGITAL

comparar amb els obtinguts emprant un espectrofotòmetre comercial. Finalment es va fer també un càlcul de la incertesa associada.

Conclusió

S'ha desenvolupat una experiència formativa enllaçant ensenyament secundari (Treball de Recerca) i universitari (Treball Fi de Grau) amb la que s'ha demostrat que es pot treballar de manera complementària i satisfactòria en un tema des dels dos nivells educatius. El projecte ha sorgit com a resultat d'una necessitat expressada pel centre de secundària, és a dir, que suposava inicialment una experiència d'aprenentatge servei (àmbit 3 de relació entre universitat-societat). Apropant aquests dos mons s'ha aconseguit millorar en diferents aspectes. En primer lloc, s'ha millorat la transició entre l'ensenyament secundari i la universitat, ja que s'ha dotat al professorat d'un centre de secundària amb la capacitat de construir per ell mateix un equip instrumental amb el que poder ampliar la seva oferta educativa en TDR o pràctiques de laboratori. És un exemple més que la col·laboració entre institucions educatives millora el desenvolupament professional de les acadèmiques (Alvarez Alvarez & Osoro Sierra, 2014). En el mateix sentit, un estudiant de l'INS ha estat en contacte amb els laboratoris de recerca i docència de la URV. Aquesta experiència permet conèixer noves maneres d'abordar problemes i la possibilitat d'emprar l'equipament del centre universitari. Tanmateix, ha existit en tot moment una voluntat que l'experiència fos enriquidora en ambdós sentits i defugís de qualsevol relació desigual entre les dues parts. Un bon ambient de confiança entre iguals i uns objectius comuns ben definits són fonamentals perquè les col·laboracions d'aquest tipus siguin fructíferes tal com s'ha constatat en les interaccions entre ensenyament primari i universitat (Quebec Fuentes & Spice, 2015). És interessant que aquesta relació entre institucions vagi més enllà de la tradicional de servir només com a espai on les futures professores de secundària realitzin les pràctiques docents (Estebaranz García & Marcelo, 1998). Tant les professores com l'estudiant de la URV han guanyat perspectiva amb l'experiència de col·laboració amb el centre de secundària i entre elles, amb la pràctica de la docència compartida. Ha estat una oportunitat de col·laboració que no haurien tingut en la seva docència universitària habitual que es desenvolupa en àrees de coneixement diferents. Per altre costat, l'estudiant de la URV s'ha hagut de plantejar com es pot realitzar una anàlisi amb un equip de baix cost en un tema que pugui tenir interès per la societat. És a dir, plantejar el seu TFG per a projectar-lo a fora de l'àmbit purament acadèmic o industrial i en un llenguatge



MÉS ENLLÀ DE LES COMPETÈNCIES: NOUS REPTES EN LA SOCIETAT DIGITAL

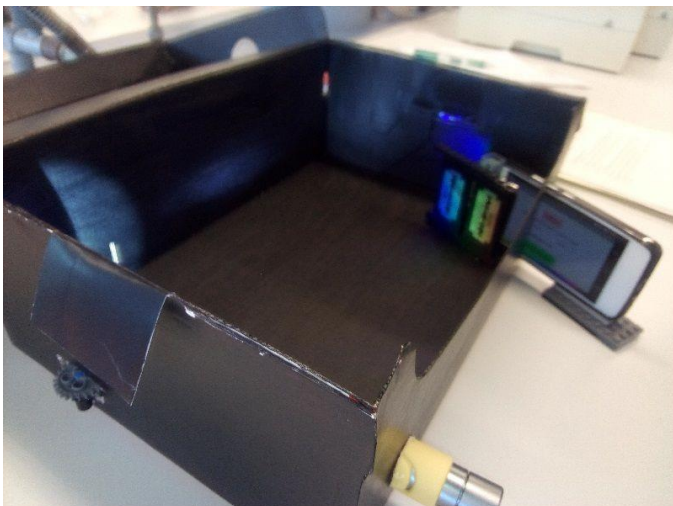
i uns conceptes entenedors (àmbit d'arquitectures i espais d'aprenentatge). S'ha d'afegir a això que, el fet d'haver de construir l'equip confereix una major comprensió del seu funcionament i requereix una síntesi dels sabers adquirits durant el grau que poden portar a un aprenentatge significativament millor.

Més enllà de l'experiència positiva extreta d'aquest projecte, detectem limitacions en el treball que volem posar de manifest i que es poden millorar en futures col·laboracions. Si bé la col·laboració del professorat entre les dues institucions ha estat molt estreta, els treballs dels estudiants no han estat simultanis i, per tant, no hi ha hagut col·laboració entre ells. Això no ha permès afegir una experiència docent enriquidora (Sabella, Van Duzor, Passehl, & Weisenburger, 2012) ni tampoc no s'han pogut generar sinèrgies que haurien pogut complementar la interacció professores-estudiants afegint una dimensió entre *quasi-iguals*. Per altre part, la valoració dels resultats d'aquesta col·laboració és en gran mesura limitada, pel petit nombre de persones implicades, i de difícil quantificació més enllà de l'estudi de cas subjectiu.



MÉS ENLLÀ DE LES COMPETÈNCIES: NOUS REPTES EN LA SOCIETAT DIGITAL

5.1. FIGURA 1. ESPECTROFOTÒMETRE IES (RODRÍGUEZ SOLER, 2019)



5.2. FIGURA 2. MOSTRES PER CONSTRUIR LA RECTA DE CALIBRATGE (RODRÍGUEZ SOLER, 2019)



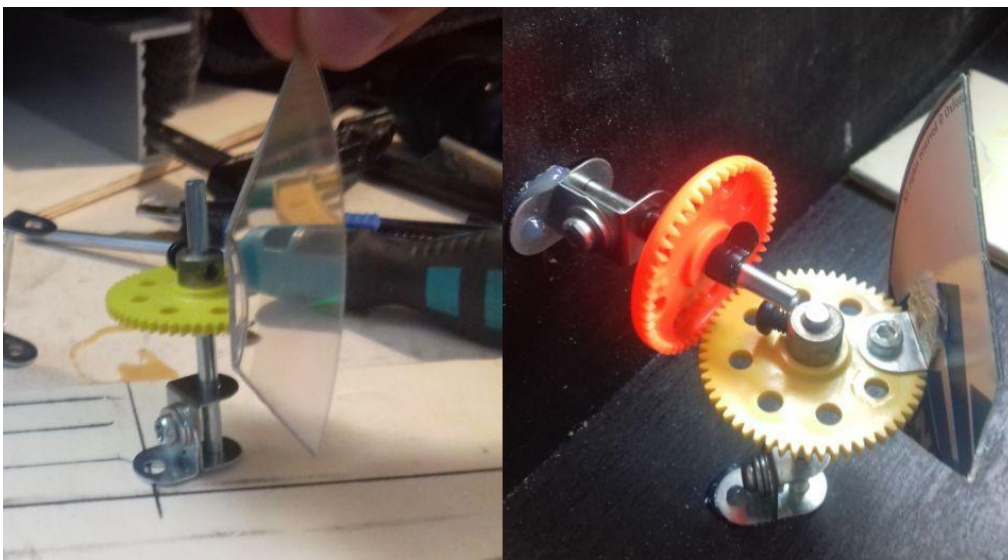


MÉS ENLLÀ DE LES COMPETÈNCIES: NOUS REPTES EN LA SOCIETAT DIGITAL

5.3. FIGURA 3. FONT DE LLUM DE L'ESPECTOFOTÒMETRE URV (ALMAZÁN MARTÍN, 2019)



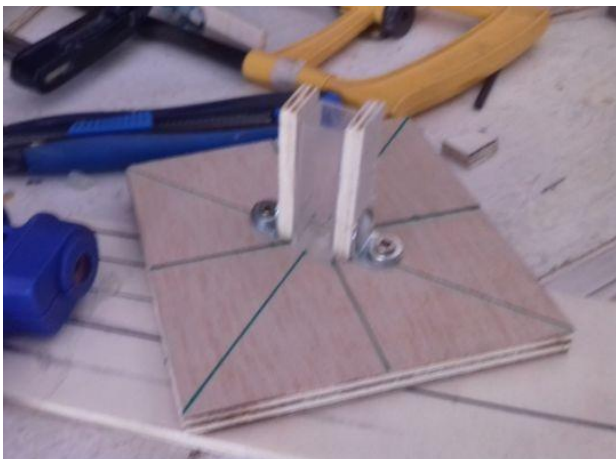
5.4. FIGURA 4. SISTEMA PER FER GIRAR EL MIRALL ORIENTADOR DEL FEIX DE L'ESPECTOFOTÒMETRE URV (ALMAZÁN MARTÍN, 2019)



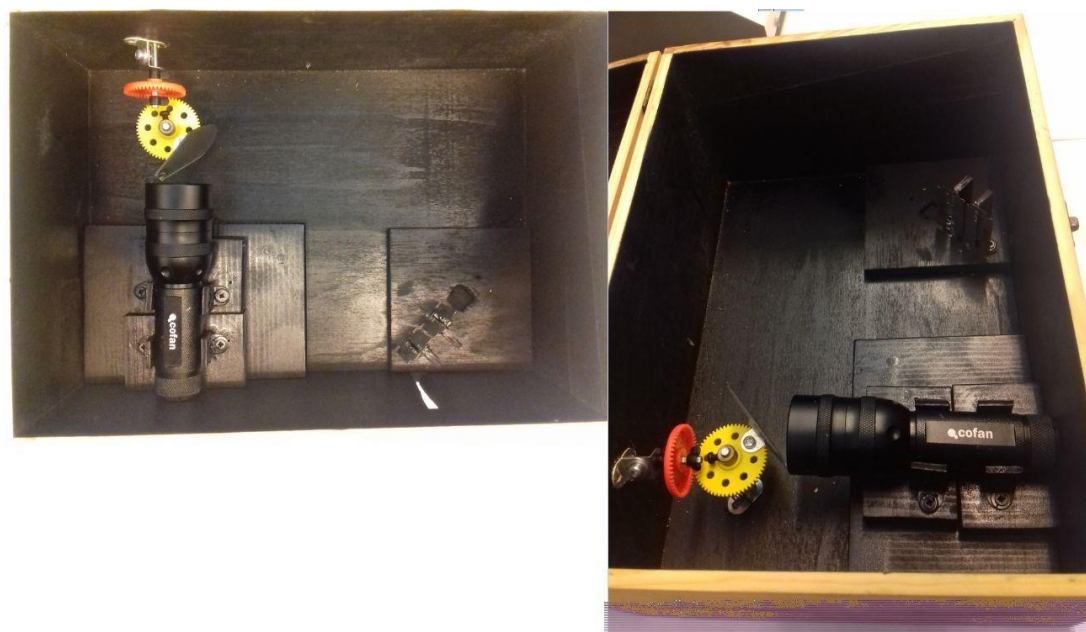


MÉS ENLLÀ DE LES COMPETÈNCIES: NOUS REPTES EN LA SOCIETAT DIGITAL

5.5. FIGURA 5. SUPORT DE LA CEL·LA DE L'ESPECTOFOTÒMETRE URV (ALMAZÁN MARTÍN, 2019)



5.6. FIGURA 6. ESPECTROFOTÒMETRE URV DE L'ESPECTOFOTÒMETRE URV (ALMAZÁN MARTÍN, 2019)





6. REFERÈNCIES BIBLIOGRÀFIQUES

- Albert, D. R., Todt, M. A., & Davis, H. F. (2012). A low-cost quantitative absorption spectrophotometer. *Journal of Chemical Education*, 89(11), 1432–1435.
<https://doi.org/10.1021/ed200829d>
- Almazán Martín, A. (2019). Construcció d'un colorímetre amb un telèfon intel·ligent. Aplicació a la determinació d'Al i Fe. Treball Fi de Grau.
- Alvarez Alvarez, C., & Osoro Sierra, J. M. (2014). University-School collaboration for school innovation. An action research in process. *INNOVACION EDUCATIVA*, 24(24), 215–227.
- Asheim, J., Kvittingen, E. V., Kvittingen, L., & Verley, R. (2014). A simple, small-scale lego colorimeter with a light-emitting diode (LED) used as detector. *Journal of Chemical Education*, 91(7), 1037–1039. <https://doi.org/10.1021/ed400838n>
- Clippard, C. M., Hughes, W., Chohan, B. S., & Sykes, D. G. (2016). Construction and characterization of a compact, portable, low-cost colorimeter for the chemistry lab. *Journal of Chemical Education*, 93(7), 1241–1248.
<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00729>
- De Lima, K. M. G., Da Silva, Á. R. L., De Souza, J. P. F., Das Neves, L. S., & Gasparotto, L. H. S. (2014). Determination of Al content in commercial samples through stoichiometry: A simple experiment for an advanced high-school chemistry olympiad preparatory course. *Journal of Chemical Education*, 91(9), 1473–1476.
<https://doi.org/10.1021/ed400683r>
- Estebaranz García, A., & Marcelo, C. (1998). Modelos de colaboración entre la Universidad y las Escuelas en la formación inicial del profesorado. *Revista de Educación (Madrid)*, 317(317), 97–120.
- Hosker, B. S. (2018). Demonstrating Principles of Spectrophotometry by Constructing a



MÉS ENLLÀ DE LES COMPETÈNCIES: NOUS REPTES EN LA SOCIETAT DIGITAL

Simple, Low-Cost, Functional Spectrophotometer Utilizing the Light Sensor on a Smartphone. *Journal of Chemical Education*, 95(1), 178–181.

<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.7b00548>

Kuntzleman, T. S., & Jacobson, E. C. (2016). Teaching Beer's Law and absorption spectrophotometry with a smart phone: A substantially simplified protocol. *Journal of Chemical Education*, 93(7), 1249–1252.

<https://doi.org/10.1021/acs.jchemed.5b00844>

Quebec Fuentes, S., & Spice, L. (2015). Challenges Encountered in Building a University-High School Collaboration: A Case Study. *The Professional Educator*, 39(1).

Retrieved from <https://files.eric.ed.gov/fulltext/EJ1062276.pdf>

Rodríguez Soler, M. (2019). Mesurant el color. Treball de Recerca de Batxillerat.

Sabella, M. S., Van Duzor, A. G., Passehl, J., & Weisenburger, K. (2012). A Collaboration Between University and High School in Preparing Physics Teachers: Chicago State University's Teacher Immersion Institute. *The Physics Teacher*, 50(5), 296–300.

<https://doi.org/10.1119/1.3703548>

Vanderveen, J. R., Martin, B., & Ooms, K. J. (2013). Developing tools for undergraduate spectroscopy: An inexpensive visible light spectrometer. *Journal of Chemical Education*, 90(7), 894–899. <https://doi.org/10.1021/ed300396x>