

ANNEX 4. EXEMPLES D'ACTIVITATS DE LABORATORI DE CIÈNCIES I TECNOLOGIA

4.1. Exemple 5. Experiment: cinètica de la reacció entre els ions iodur i peroxodisulfat

4.1.1. Fitxa de disseny d'activitat de l'experiment: cinètica de la reacció entre els ions iodur i peroxodisulfat

DADES GENERALS DE L'ACTIVITAT		
MATÈRIA/ASSIGNATURA: Experimentació en Enginyeria Química		
NIVELL COMPETENCIAL: 2 i 3	COMPONENTS DE LA COMPETÈNCIA: tots	
NÚM. D'ACTIVITAT: 2	NOM DE L'ACTIVITAT: cinètica de la reacció entre els ions iodur i peroxodisulfat	
TEMPS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANT/ESTUDIANTA A L'ACTIVITAT		
Prelaboratori: 6 hores	Durant laboratori: 4 hores	Postlaboratori: 8 hores
DESENVOLUPAMENT DE L'ACTIVITAT		
CONTINGUTS QUE ES TREBALLEN EN L'ACTIVITAT		
<p>Experiment 2: cinètica de la reacció entre els ions iodur i peroxodisulfat</p> <ul style="list-style-type: none"> Conceptes relatius a la cinètica d'una reacció química: ordre de reacció parcial i total, constant de velocitat Influència de la concentració i la temperatura en la velocitat d'una reacció química Càlculs gràfics per determinar, a partir de la regressió lineal, l'equació cinètica de la reacció i les dades corresponents a l'equació d'Arrhenius Utilització dels models escollits per determinar concentracions en altres condicions (extrapolació) Manipulació amb seguretat i higiene de materials, reactius i residus químics Seguiment adequat dels procediments estàndards i ús adequat de la instrumentació bàsica del laboratori químic 		
OBJECTIUS I RESULTATS D'APRENTATGE		
<p>Objectius i resultats d'aprenentatge propis de l'activitat:</p> <ol style="list-style-type: none"> Determinar la influència de la temperatura i la concentració en la velocitat de reacció. Establir una correlació entre la concentració i la velocitat de reacció. Establir una correlació entre la concentració i el temps de reacció. Establir una correlació entre la temperatura i la velocitat de reacció. Establir una correlació entre la temperatura i el temps de reacció. Establir una equació cinètica idònia per a la reacció que s'estudia. Utilitzar l'equació obtinguda per deduir resultats en noves condicions d'operació. <p>Els objectius i resultats d'aprenentatge esperats per a aquesta activitat sobre la competència específica "Aplicar el mètode científic per a la resolució d'un problema en l'àmbit de l'enginyeria de la reacció química" són els que s'especifiquen a la rúbrica dels nivells competencials 2 i 3.</p>		

METODOLOGIA DE L'ACTIVITAT

Amb l'objectiu que l'alumnat situï l'experiment en el món real, se li planteja el problema com una alternativa a la forma d'obtenir iode amb la finalitat de produir tintura de iode. En aquest sentit es fa necessari conèixer la cinètica de la reacció proposada.

L'activitat s'ha programat en tres moments:

- *Prelaboratori*: consisteix en qüestions relatives al plantejament de la reacció i a la possible forma de seguir-ne l'evolució. En aquest moment s'elegeixen les dissolucions, el material de laboratori i l'estratègia que s'ha de seguir.
- *Durant laboratori*: realització de l'experiment en les condicions escollides per parelles, presa de dades experimentals i comprovació d'algunes hipòtesis.
- *Postlaboratori*: interpretació de dades obtingudes al laboratori, comprovació d'hipòtesis, extracció de conclusions i presa de decisions.

AVALUACIÓ: ESTRATÈGIES, INSTRUMENTS, CRITERIS I QUALIFICACIÓ

Abans d'iniciar el treball de laboratori, té lloc una sessió presencial en què el professorat comprova, a través de qüestions orals, el contingut treballat i revisa, a través de l'**informe prelaboratori**, el desenvolupament de la competència específica en aquesta activitat concreta.

La valoració del treball al laboratori es fa mitjançant l'**enregistrament de l'observació directa** tant de l'adquisició, l'enregistrament i l'expressió adequada de dades experimentals com de l'execució de l'experiment. Al final de l'experiment cada parella ha de lliurar un informe amb els càlculs, els gràfics i els resultats obtinguts, que el professorat ha de retornar en la sessió següent corregits amb la retroacció corresponent, amb la qual cosa dona l'opció a l'estudiantat de tornar a lliurar l'informe una segona vegada. Aquesta avaluació és principalment formativa, ja que tota aquesta informació servirà a l'alumnat per fer una **prova pràctica final**, en la qual en un temps limitat ha de demostrar el seu grau d'assoliment de la competència específica de laboratori en el nivell competencial establert en l'activitat. Tota aquesta informació també servirà per elaborar l'informe postlaboratori, en què s'han de fer els càlculs que han de conduir a la presa de decisions.

En la presentació dels informes per escrit (el de laboratori i postlaboratori) es valora l'organització i el format, el contingut, les aportacions personals i la bibliografia, mitjançant una rúbrica detallada amb els diferents aspectes i criteris de qualitat, que és pública per a l'alumnat des de l'inici del curs.

Com a criteris d'avaluació propis del nivell competencial, s'utilitzen els criteris establerts a la rúbrica elaborada per als nivells competencials 2 i 3

La **qualificació** d'aquesta activitat representa un 10 % de la nota final, ja que és una de les pràctiques inicials de l'assignatura.

Es preveu la valoració contínua de la pràctica mitjançant un mínim d'una sessió de seguiment presencial del professor o professora amb tot el grup per avaluar el treball previ de laboratori abans de passar a executar l'experiment, amb la retroacció formativa corresponent.

4.1.2. Desenvolupament de l'experiment: cinètica de la reacció entre els ions iodur i peroxodisulfat

a) Escenificació

La tintura de iode és una solució entre un 3 % i un 10 % de iode molecular (I₂) en etanol, que s'empra com a desinfectant. El iode es troba en petites quantitats a l'aigua de mar en forma de iodurs (I⁻). Per obtenir-lo comercialment s'acostumen a oxidar els iodurs amb clor gas,

segons la reacció $2 \text{I}^- + \text{Cl}_2 (\text{g}) \rightarrow \text{I}_2 + 2 \text{Cl}^-$.

Es vol estudiar un sistema alternatiu d'obtenció de iode, utilitzant com a oxidant el peroxodisulfat ($\text{S}_2\text{O}_8^{2-}$). Heu de determinar les millors condicions de temps i temperatura per dur a terme aquesta reacció

b) Treball de prelaboratori

Responen les qüestions següents després de llegir el guió de l'experiment i abans de dur a terme l'experiment al laboratori:

1. Plantegeu la reacció d'estudi i considereu la manera com s'ha de dur a terme l'estudi experimental per poder-ne fer el seguiment i arribar-ne a determinar la cinètica.
2. Planifiqueu el material de laboratori i els reactius que us faran falta per dur a terme l'assaig: material de vidre, dissolucions, etc.
3. Decidiu en quines unitats es mesuraran: volum, concentració... i fins a quina precisió es podran mesurar.
4. Decidiu quines són les variables de control i de resposta del sistema i quines cal fixar d'entrada.
5. Plantegeu les possibles hipòtesis per a l'equació cinètica.
6. Deduïu quines simplificacions es poden fer segons les condicions de l'assaig.
7. Deduïu les equacions integrades que relacionen la concentració amb el temps.
8. Decidiu quina representació gràfica cal fer per obtenir l'ordre de reacció i la constant de velocitat.
9. Trieu l'equació que s'ha d'utilitzar per relacionar la temperatura amb la velocitat de reacció.
10. Deduïu l'equació que relaciona la temperatura amb el temps.
11. Decidiu quina representació gràfica cal fer per obtenir la relació entre la constant de velocitat i la temperatura.

Informe prelaboratori (Aquest informe pot ser útil tant per a l'autoavaluació de l'estudiantat com per a l'avaluació que ha de fer el professorat del prelaboratori. Aquesta avaluació és bàsicament formativa.)

Mesurar/Adquirir	
Quines reaccions tenen lloc?	Comprovar que cal afegir algun altre reactiu per dur a terme el seguiment de la cinètica de la reacció.
Quina és la precisió amb què s'han de mesurar les diferents magnituds de l'experiment?	La precisió del material volumètric i del cronòmetre que s'utilitzen durant els apartats del procediment experimental.
En quines unitats s'ha de treballar per a la concentració, el volum i el temps?	Molaritat, mL, segons.
Fins a quants decimals s'han d'aproximar els valors que intervenen en els càlculs?	En funció dels valors obtinguts, s'han d'aproximar els resultats a un mateix nombre de decimals.

Experimental	
<p>Quines són les variables de control i quines són les variables de resposta del sistema que s'estudia?</p> <p>Quines variables del sistema han d'estar explícitament fixades per simplificar l'estudi?</p>	<ul style="list-style-type: none"> • Variables de control, volum (concentració) 1a part i temperatura 2a part; variables de resposta, el temps. • La temperatura en la 1a part i la concentració en la 2a part.
<p>Decisions: rang de variació de les variables de control? Per què? Nombre de mesures? Per què?</p>	<p>El que s'especifica en el procediment. Amb cinc assaigs es pot representar una bona recta.</p>
Modelitzar	
<p>Quin model s'ha d'utilitzar per correlacionar els valors de les variables de control i les de resposta?</p>	<p>Hipòtesi de l'equació cinètica: 1r ordre respecte del iodur, 2n ordre respecte del peroxodisulfat.</p> <p>Comprovar que s'introdueix una quantitat en molt excés de iodur respecte a la quantitat de peroxodisulfat.</p> <p>Simplificació: reacció de pseudoprimer ordre respecte del peroxodisulfat.</p> <p>Buscar les possibles equacions que relacionen la velocitat de reacció amb la temperatura, decidir quina s'ha d'utilitzar (equació d'Arrhenius).</p>
<p>Quina representació s'ha de dur a terme per deduir l'ordre de la reacció?</p>	<p>Deduir l'equació integrada que relaciona la concentració amb el temps suposant aquest ordre de reacció.</p> <p>Decidir quina funció es representa segons les dades experimentals que s'obtenen. Relacionar l'equació anterior amb l'equació de variació de concentracions amb el temps, per obtenir una equació que relacioni la variació de temperatura amb el temps.</p> <p>Decidir quina funció es representa a partir de les dades obtingudes.</p>

c) Treball al laboratori

INTRODUCCIÓ

Hi ha reaccions molt ràpides (es desenvolupen en qüestió de segons) i altres de molt lentes (poden durar unes quantes hores). Perquè el procés sigui factible a escala industrial és interessant conèixer en primer lloc la cinètica de la reacció. D'aquesta forma sabrem si la reacció es pot desenvolupar en un temps raonable i en quina franja de temperatures és més convenient treballar.

En aquest experiment es tracta de determinar l'equació cinètica de la reacció entre el peroxodisulfat i el iodur, que té com a objectiu l'obtenció de iode. Per aconseguir-ho cal recórrer

a altres reactius (tiosulfat i midó), que ajuden a poder fer el seguiment de la reacció que ens interessa.

PROCEDIMENT EXPERIMENTAL

- *1a part: variació de les concentracions dels reactius a temperatura constant*

Feu cinc assaigs variant les concentracions i a temperatura constant.

Tub A: introduïu 20 mL de iodur de potassi.

Tub B: introduïu una mescla en proporció 2:1 de peroxodisulfat-tiosulfat més 3 o 4 gotes de la solució de midó.

1. Introduïu els tubs A i B en un bany d'aigua a temperatura constant i amb agitació.
2. Quan s'ha assolit l'equilibri tèrmic, introduïu el contingut del tub A en el tub B i poseu en marxa el cronòmetre.
3. Anoteu el temps que triga a produir-se el canvi de color.

- *2a part: variació de la temperatura a concentració constant*

Feu cinc assaigs a diferents temperatures compreses entre 200 °C i 400 °C, mantenint constants les proporcions següents:

Tub A	20 mL KI
Tub B	20 mL $K_2S_2O_8$ + 10 mL $Na_2S_2O_3$ + 3 o 4 gotes de midó

Procediu com en l'apartat anterior i anoteu el temps que triga a produir-se el canvi de color.

RESULTATS I CÀLCULS PER A LA DETERMINACIÓ

Contesteu les qüestions següents (plantejades durant la sessió presencial) i lliureu-les al professorat en acabar l'experiment:

1. Elaboreu una taula de valors i expresseu-hi les concentracions de iodur, peroxodisulfat i tiosulfat, i el temps de reacció (1a part del procediment experimental).
2. A partir de les dades experimentals, representeu gràficament la funció que s'ajusti a alguna de les hipòtesis proposades, per obtenir l'equació cinètica de la reacció.
3. Elaboreu una taula de valors per als assaigs que feu a diferents temperatures (2a part del procediment experimental).
4. A partir de les dades experimentals, representeu gràficament la funció que permeti determinar l'energia d'activació.

d) Treball postlaboratori

DISCUSSIÓ DE RESULTATS

1. Determineu l'ordre i la constant de velocitat de la reacció.

2. Deduïu l'equació que relaciona l'evolució de la concentració de reactius i productes al llarg del temps i representeu-la gràficament.
3. Calculeu les concentracions de peroxodisulfat quan ha passat el doble de temps al corresponent al final de cadascun dels assaigs.
4. Calculeu l'energia d'activació a partir de la representació.
5. Determineu les concentracions de reactius i productes suposant que l'assaig es du a terme a 60 °C, en un temps que sigui la meitat del corresponent al final de l'assaig a 20 °C.
6. Decidiu quines serien les millors condicions per dur a terme la reacció, basant-vos en el temps necessari i la temperatura de treball.

Informe de laboratori i postlaboratori (*És útil tant per al professorat quan planifica o dissenya l'activitat al laboratori i també per a l'avaluació, amb la rúbrica del nivell, com per a l'estudiantat com a autoavaluació.*)

Mesurar/Adquirir		
Adquirir dades	En procediment experimental	Lab
Enregistrar i documentar resultats i condicions experimentals	Resultats i càlculs: taules amb dades experimentals (1 i 3)	Lab
Expressar correctament dades i resultats	V (mL); concentració (mol/L); temps (s); constant de velocitat (s ⁻¹); velocitat de reacció (mol/l.s)	Lab
Utilitzar les eines de mesura necessàries per dur a terme les pràctiques	Material i instrumentació utilitzats adequadament (segons el procediment experimental)	Lab
Experimentar		
Aplicar tècniques instrumentals de forma adient	En procediment experimental	
Planificar i executar l'experiment/protocol	Planificar/dissenyar i executar l'experiment al laboratori	Pre Lab
Tractar i interpretar correctament les dades experimentals	Resultats i càlculs: 2 i 4 Discussió de resultats: 1 i 4	Lab Post
Fer gràfics i interpretar-los correctament	En resultats i càlculs: 2 i 4	Lab Post
Modelitzar		
Proposar, escollir models matemàtics (analítics i numèrics) que descriguin acuradament els resultats experimentals	Hipòtesis de diferents ordres de reacció Discussió de resultats: 1 i 4	Lab Post
Ajustar els paràmetres del model a les dades experimentals	Comprovar que alguna de les funcions mostra una relació lineal adequada	Lab

Establir els límits del model, analitzant-ne i discutint-ne la validesa (capacitat d'extrapolació i d'interpolació...)	Discussió de resultats: 3 i 5	Post
Validar, mitjançant l'observació/experimentació, els models proposats	Discussió de resultats: 1 i 4, relacionat amb la repetició d'altres experiments i/o la comparació amb altres grups	Lab Post

4.2. Exemple 6. Experiment: mesura i modelització de l'equilibri líquid-vapor d'un sistema binari

4.2.1. Fitxa de disseny d'activitat de l'experiment: mesura i modelització de l'equilibri líquid-vapor d'un sistema binari

DADES GENERALS DE L'ACTIVITAT		
MATÈRIA/ASSIGNATURA: Experimentació en Enginyeria Química I		
NIVELL COMPETENCIAL: 3	COMPONENTS DE LA COMPETÈNCIA: tots	
NÚM. D'ACTIVITAT: 1	NOM DE L'ACTIVITAT: mesura i modelització de l'equilibri líquid-vapor d'un sistema binari	
TEMPS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANT/ESTUDIANTA A L'ACTIVITAT		
Prelaboratori: 4 hores	Durant laboratori: 6 hores	Postlaboratori: 20 hores
DESENVOLUPAMENT DE L'ACTIVITAT		
OBJECTIUS I RESULTATS D'APRENTATGE		
<p>En acabar l'activitat l'estudiantat ha de ser capaç del següent:</p> <ol style="list-style-type: none"> Mesurar els valors de la composició de les fases líquida i vapor, així com la temperatura d'ebullició. Construir el diagrama d'equilibri líquid-vapor a pressió constant. Comparar els resultats experimentals amb els que proporciona un model teòric com el de Van Laar, havent calculat prèviament els coeficients d'activitat de cada component. Utilitzar el refractòmetre d'Abbe com a instrument analític per determinar la composició de mesclures líquides de dos components. Utilitzar l'equació obtinguda per deduir resultats en noves condicions d'operació. Avaluar les decisions mitjançant dades. <p>Els objectius i resultats d'aprenentatge esperats per a aquesta activitat sobre la competència específica "Aplicar el mètode científic per a la resolució d'un problema en l'àmbit de l'enginyeria química" queden explicats a la rúbrica del nivell competencial 3.</p>		
METODOLOGIA DE L'ACTIVITAT		
<p>En primer lloc, és important que l'alumnat prengui consciència que l'experiment que s'ha de fer té una correspondència amb el món real de la indústria, cosa que servirà per estimular el seu interès. En aquest sentit, el professor o professora que tutoritza aquest experiment els ha de demanar que relacionin els resultats obtinguts en l'experiment amb algun dels problemes que s'han exposat en la sessió (p. ex., columnes de destil·lació).</p> <p>L'activitat s'ha programat en tres apartats:</p>		

- Activitats **prelaboratori**: consisteix en qüestions relatives a l'experiment, mitjançant la cerca bibliogràfica, perquè l'estudiantat sigui conscient dels conceptes associats a l'experiment.
- Activitats **laboratori**: realització de l'experiment per parelles en les condicions escollides, presa de dades experimentals i comprovació d'algunes hipòtesis.
- Activitats **postlaboratori**: interpretació de les dades que s'han obtingut al laboratori, comprovació d'hipòtesis, extracció de conclusions i presa de decisions. Addicionalment es nomenarà un "equip d'experts" de l'experiment, format per quatre estudiants, que tindrà la missió principal d'aprofundir en el coneixement del tema a partir d'una cerca addicional d'informació i el tractament de les seves dades experimentals i les de la resta de grups, i que finalment haurà de lliurar un "miniprojecte" que haurà de presentar en públic davant de tot el grup. Per fer aquest "miniprojecte" el professor tutor o professora tutora farà una sessió presencial inicial d'orientació i consells relatius al treball en equip (ingredients del treball cooperatiu, designació de rols...) i una altra a meitat de curs per comprovar el funcionament del grup. Així mateix, s'informarà l'alumnat que per mitjà del campus virtual podrà accedir a guies per elaborar un treball acadèmic i una presentació oral. Dins de la documentació de la guia docent de l'assignatura, al campus virtual, hi ha exemples d'altres projectes elaborats durant cursos anteriors que es consideren com a models i d'instruments com ara plantilles d'actes de reunió i qüestionaris de funcionament de grup. Finalment, es preveu que abans de la versió final es pugui fer el lliurament d'una o dues versions prèvies amb la retroacció corresponent del tutor o tutora.

En la taula següent, centrada en la competència específica dels laboratoris, es fa una relació de les estratègies, instruments i criteris utilitzats per avaluar les evidències que es recullen en els diferents moments de l'activitat que es du a terme.

AVALUACIÓ: ESTRATÈGIES, INSTRUMENTS, CRITERIS I QUALIFICACIÓ

Moment	Elements/ parts de l'activitat	Evidències	Estratègia	Instruments d'avaluació	Criteris d'avaluació (nivell 3)
Pre	Treball previ de planificació i comprensió de l'experiment	Qüestionari	▪ Avalució del professorat o campus virtual	Qüestionari d'avaluació de les respostes de l'estudiantat	Adquisició i documentació adequada de les dades
		Qüestions orals	▪ Avalució del professorat	Qüestionari d'avaluació de les respostes orals de l'estudiantat a les qüestions	Disseny correcte de l'experiment
		Informe de prelaboratori	▪ Avalució del professorat	Rúbrica d'avaluació de l'informe	Selecció adient dels instruments
Durant	Execució de l'experiment	Llibreta de laboratori	▪ Avalució del professorat	Correcció de la llibreta	Model ajustat a les dades experimentals
		Informe de resultats i càlculs	▪ Avalució del professorat	Rúbrica d'avaluació dels resultats i dels càlculs	Validació correcta del model escollit
		Enregistrament de l'actuació de l'estudiantat	▪ Avalució del professorat	Rúbrica d'observació de l'actuació	Presa de decisions

Post	Elaboració del projecte	Projecte	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Avaluació del professorat 	Rúbrica d'avaluació	coherent amb les conclusions extretes
	Presentació del pòster	Presentació	<ul style="list-style-type: none"> • Avaluació del professorat • Coavaluació 	Rúbrica d'avaluació i de coavaluació	
<p>Com a estratègia d'avaluació, abans d'iniciar el treball de laboratori té lloc una curta sessió presencial en què el professorat comprova, per mitjà d'una sèrie de preguntes orals, el grau de comprensió de l'experiment que s'ha d'executar. L'alumnat ha hagut d'anotar a la llibreta de laboratori les respostes a una sèrie de qüestions prèvies que constitueixen l'informe prelaboratori. L'<i>informe prelaboratori</i> permet al professorat comprovar el desenvolupament de la competència específica en aquesta activitat concreta.</p> <p>La valoració del treball <i>durant el laboratori</i> es fa mitjançant l'enregistrament de l'observació directa tant de l'adquisició, l'enregistrament i l'expressió adequada de dades experimentals com de l'execució de l'experiment. Al final de l'experiment cada parella ha de lliurar un informe de resultats amb els càlculs (que s'ha d'haver fet al mateix laboratori amb un full de càlcul), gràfics i resultats obtinguts, que el professorat haurà de retornar corregit amb la retroacció corresponent.</p> <p>Finalment, tota aquesta informació ha de servir per elaborar l'informe postlaboratori, en què es fan els càlculs i s'extrauen les conclusions que han de permetre la presa de decisions.</p> <p>Pel que fa al "grup expert", el seu tractament avaluador del postlaboratori és el següent: disposarà d'un professor tutor o professora tutora de l'experiència al llarg de tot el procés. La seva tasca quedarà recollida a un "miniprojecte", que haurà de presentar formalment en una sessió específica de "defensa de projectes" davant els companys i el professorat tutor.</p> <p>Per a l'avaluació de l'<i>informe postlaboratori</i>, s'estableixen uns criteris de correcció que permeten determinar el grau de compliment de les pautes establertes, a través d'una rúbrica del nivell competencial 3 elaborada amb aquesta finalitat.</p> <p>Com a estratègia, l'avaluació de la presentació oral es fa en una sessió única i pública. Tots els grups han de portar una "presentació" del seu treball, que han d'exposar davant els companys. Durant aquest temps el professorat també fa preguntes i valora els diferents aspectes de les presentacions. Al final de la sessió, cada grup valora la resta de les presentacions i, finalment i per potenciar la discussió i extreure'n conclusions generals, dins l'aula el professorat planteja preguntes de forma oral i en públic a cadascun dels grups, tant de manera individual com grupal, sobre el seu treball i el de la resta.</p> <p>La qualificació d'aquesta activitat representa un 35 % de la nota final de l'assignatura, ja que s'hi inclou, a més de l'activitat de prelaboratori i la de laboratori, l'elaboració i presentació del miniprojecte en format escrit i de presentació (25 %).</p> <p>Es preveu l'avaluació contínua del procés d'elaboració del miniprojecte mitjançant un mínim de dues sessions de seguiment presencials del professorat tutor amb tot el grup i el lliurament de versions prèvies abans de la versió final. En l'avaluació de la presentació es considera la coavaluació i la capacitat d'anàlisi i crítica observada en la sessió final conjunta de discussió.</p>					

4.2.2. Desenvolupament de l'experiment: mesura i modelització de l'equilibri líquid-vapor d'un sistema binari

a) Escenificació

Del procés de fabricació s'obté com a subproducte una mescla d'A i B en diferents proporcions. És possible recuperar A de les mescles?

b) Treball prelaboratori

Responen en la llibreta de laboratori les qüestions següents després de llegir el treball al laboratori i abans de dur a terme l'experiment al laboratori:

1. Plantegeu el sistema binari d'estudi i considereu el procediment de dur a terme l'estudi experimental. Planifiqueu el material de laboratori i els reactius que us faran falta per dur a terme l'assaig: material de vidre, dissolucions.
2. Decidiu en quines unitats es mesuraran: volum, concentració... i fins a quina precisió es podran mesurar.
3. Decidiu quines són les variables de control i de resposta del sistema i quines cal fixar d'entrada.
4. Plantegeu les possibles hipòtesis per a l'equació d'equilibri de fases.
5. Deduïu quines simplificacions es poden fer segons les condicions de l'assaig.
6. Decidiu quina representació gràfica cal efectuar per obtenir la corba de calibratge.
7. Trieu l'equació que s'ha d'utilitzar per relacionar la temperatura amb la fracció molar.
8. Decidiu quin és el camí per predir el diagrama d'equilibri líquid-vapor mitjançant el model de van Laar o Margules.

Informe prelaboratori (Aquest informe pot ser útil tant per a l'autoavaluació de l'estudiantat com per a l'avaluació que ha de fer el professorat del prelaboratori. Aquesta avaluació és bàsicament formativa.)

Mesurar/Adquirir	
Quina és la precisió amb què s'han de mesurar les diferents magnituds de l'experiment?	La precisió del material volumètric que s'utilitza durant els apartats del procediment experimental.
Quins són els patrons de referència d'aquestes mesures? S'ha de fer alguna prova de control o en blanc?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Valors tabulats de les substàncies de l'experiment. ▪ Sí, es fa una corba de calibratge amb el refractòmetre.
Fins a quants decimals s'han d'aproximar els valors que intervenen en els càlculs?	En funció dels valors obtinguts, s'aproximen els resultats a un mateix nombre de decimals.
Experimentar	
Quines seran les variables de control i quines seran les variables de resposta del sistema que s'estudia? Quines variables del sistema han d'estar fixades explícitament per simplificar l'estudi?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Variables de control: temperatura i composició ▪ La pressió del laboratori
Decisions: rang de variació de les variables de control? Per què? Nombre de mesures? Per què?	Des de $x = 0$ fins a $x = 1$

Modelitzar	
Quin model s'ha d'utilitzar per correlacionar els valors de les variables de control i de les variables de resposta?	Buscar les possibles equacions que relacionen la temperatura i la composició, decidir quina s'ha d'utilitzar.
El model que s'ha d'utilitzar, és empíric o de principis bàsics/fonamentals? Quin és el rang de validesa del model? Es pot fer servir el model per extrapolar o només per interpolar?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Sí, empíric ▪ Des de $x = 0$ fins a $x = 1$ ▪ Per interpolar
S'han d'assajar diferents models? S'han de validar aquests models? En què es basa la decisió d'escollir-ne un i no un altre?	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Van Laar o Margules ▪ Sí ▪ El que descriu millor les dades experimentals

c) Treball al laboratori

INTRODUCCIÓ

El canvi de fase líquid-vapor, però, és la base del funcionament de les calderes, dels sistemes de calefacció i de bescanvi de calor, de la destil·lació i d'altres operacions de separació. Poder predir en quines condicions es produeix el canvi de fase és essencial per al disseny i l'operació d'aquests processos.

El canvi de fase líquid-vapor té lloc de manera superficial a qualsevol temperatura fins que la quantitat de líquid evaporat satura el medi (generalment, aire) on està confinat. A partir d'una certa temperatura (temperatura d'ebullició, T_b), el canvi de fase esdevé violent i es produeix en tot el líquid i com a resultat s'hi formen bombolles. Aquest fenomen es coneix com a *ebullició* i és el que s'estudia en aquest experiment.

La condició perquè es produeixi l'ebullició és que es produeixin bombolles dins del líquid, la qual cosa només és possible si la pressió del mateix líquid no les esclafa. Llavors la temperatura d'ebullició d'un líquid coincideix amb la temperatura a la qual la pressió de vapor d'aquest líquid s'iguali a la pressió a la qual està sotmès (i que, si no es tracta amb grans columnes de líquid, es pot considerar igual a tot el sistema).

PROCEDIMENT EXPERIMENTAL

Es munta el sistema de destil·lació, que permet mesurar la temperatura d'ebullició i obtenir mostres de les fases líquida i de vapor per mesurar-ne després la composició.

La pràctica es fa en dues parts:

- 1a part: corba índex de refracció-fracció molar. Refractòmetre d'Abbe.

Abans d'utilitzar el refractòmetre, practiqueu amb un component pur, del qual conegueu l'índex de refracció, per comprendre el funcionament de l'aparell (vegeu el protocol de funcionament de l'instrument).

Per dibuixar aquesta corba, partim de mescles la composició de la qual és coneguda.

Quan tingueu els parells de punts, doneu els resultats següents en una taula i representeu la corba índex de refracció-composició (no l'aproximeu a una recta).

- 2a part: obtenció de les corbes (T-xy)

Verifiqueu que l'ebulliómetre està buit i net. Ompliu-lo amb un mínim de 50 mL d'un dels components. Poseu el refrigerant en marxa obrint amb molt de compte l'aixeta de l'aigua, de manera que el cabal sigui molt baix.

A continuació s'ha d'escalfar fins que arribi a l'ebullició, procurant que l'ebullició sigui lenta, i quan la temperatura es mantingui estable, preneu-ne el valor com a temperatura d'ebullició del component pur.

Deixeu-ho refredar una mica i afegiu la quantitat especificada de l'altre component a la taula que ve a continuació. Utilitzeu una pipeta per a cada component a fi de no barrejar-los. Torneu-ho a escalfar. El sistema tornarà a entrar en ebullició, heu d'esperar que la temperatura es mantingui ben constant i que hi hagi una certa quantitat de destil·lat (fase de vapor que ha condensat). Anoteu la temperatura i a continuació preneu mostres del destil·lat i del residu, i poseu-les en tubs d'assaig. S'ha d'agafar la mínima quantitat necessària que en permeti l'ús al refractòmetre.

Per recollir una mostra del destil·lat, obriu la clau E. Tapeu de seguida el tub en què heu recollit la mostra, perquè els components són força volàtils. Per recollir una mostra del residu, primer apagueu la manta calefactora i amb una pipeta traieu-ne una mostra per l'orifici d'addició de líquid F, introduïu-la en el tub d'assaig i tapeu-lo de seguida. Aquest líquid estarà calent. Heu d'esperar que es refredi abans de mirar-ne l'índex de refracció.

S'ha de tenir molta cura a l'hora d'extreure el residu o de manipular els diferents elements. Cal escalfar-los lentament, evitant ebullicions violentes i sobrepressions. Recordeu que aquests productes són altament inflamables. Si teniu cap dubte, consulteu sempre el personal docent.

A continuació feu el pas següent que s'indica en la taula.

Base: 50 ml de component 1 (CHCl ₃)	Base: 50 ml de component 2 (CH ₃ OH)
1. Component 1 pur	1. Component 2 pur
2. Afegiu 0,4 ml del component 2	2. Afegiu 4 ml del component 1
3. Afegiu 1 ml del component 2	3. Afegiu 4 ml del component 1
4. Afegiu 2 ml del component 2	4. Afegiu 8 ml del component 1
5. Afegiu 4 ml del component 2	5. Afegiu 8 ml del component 1
6. Afegiu 4 ml del component 2	6. Afegiu 12 ml del component 1
7. Afegiu 8 ml del component 2	7. Afegir 12 ml del component 1
8. Afegiu 10 ml del component 2	8. Afegir 12 ml del component 1
9. Afegir 10 ml del component 2	

Procediu d'aquesta manera amb les diferents dissolucions i al final tindreu un conjunt de tubs d'assaig que us permetran obtenir els parells de punts necessaris per dibuixar el diagrama T - xy , una vegada en conegueu la composició.

Signeu estrictes amb la utilització de les mostres. Això minimitza el volum de residus generats i redueix el cost de la pràctica. Cal tenir cura de retornar els líquids que ja no s'utilitzen al flascó corresponent.

En l'enginyeria química s'utilitza molt l'equació d'Antoine per a la predicció de la pressió de vapor de substàncies pures. Els tres paràmetres de l'equació són propis per a cada espècie i es poden trobar tabulats degudament a la bibliografia. Si esteu connectats a la xarxa resulta molt útil consultar el NIST Chemistry WebBook (<http://webbook.nist.gov/chemistry>).

Anoteu el procediment experimental a la llibreta de laboratori.

RESULTATS I CÀLCULS PER A LA DETERMINACIÓ

Els resultats de la pràctica s'han de presentar en un informe, les dades que s'han de presentar en aquest fitxer són les temperatures d'ebullició de cada mescla i la composició de cada compost en les mostres de líquid i les de vapor.

d) Treball postlaboratori

DISCUSSIÓ DE RESULTATS

1. Breu explicació del tractament de les dades, que ha de contenir el següent:
 - Taula amb els resultats obtinguts dels coeficients d'activitat de cada espècie, suposant la fase de vapor ideal.
 - Test de consistència termodinàmica.
 - Paràmetres d'interacció ajustats dels models de van Laar o Margules.
 - Diagrama d'equilibri binari y_x i T_{xy} , en el qual heu de mostrar clarament els punts experimentals que heu obtingut, comparats amb les dades de la bibliografia i amb les prediccions dels vostres models de Margules o van Laar (Excel). Cal mostrar també els resultats de la corba índex refracció-fracció molar.
2. Observacions i conclusions.
3. Bibliografia.

Informe de laboratori i postlaboratori (*És útil tant per al professorat a l'hora de planificar o dissenyar l'activitat al laboratori i per a l'avaluació, amb la rúbrica del nivell competencial, com per a l'estudiantat, com a autoavaluació.*)

Identifiqueu els components de la competència específica "Aplicació del mètode científic per a la resolució de problemes" que heu aplicat després de l'experiment:

Mesurar/Adquirir	Apartat de l'experiment	
Adquirir dades	En procediment experimental	Lab
Enregistrar i documentar resultats i condicions experimentals	En resultats i càlculs: taula amb dades experimentals	Lab
Expressar correctament dades i resultats	T (°C)	Lab
Utilitzar les eines de mesura necessàries per fer les pràctiques	Material i instrumentació utilitzats adequadament (segons el procediment experimental)	Lab
Experimentar		
Aplicar tècniques instrumentals de forma adient	En procediment experimental	Lab
Planificar i executar l'experiment/protocol	Planificar/dissenyar i executar l'experiment	Pre Lab
Tractar i interpretar correctament les dades experimentals	Resultats i càlculs	Lab Post
Fer gràfics i interpretar-los correctament	Resultats i càlculs	Lab Post
Analitzar els resultats obtinguts	Discussió de resultats	Post
Modelitzar		

Proposar, escollir models matemàtics (analítics i numèrics) que descriguin acuradament els resultats experimentals	Corba de regressió de l'índex de refracció-fracció molar.	Lab
	Van Laar o Margules Discussió de resultats	Post
Establir els límits del model, analitzant-ne i discutint-ne la validesa (capacitat d'extrapolació i d'interpolació...)	Discussió de resultats	Post
Validar, mitjançant l'observació/experimentació, els models proposats	Discussió de resultats. Relacionat amb la repetició d'altres experiments i/o comparació amb altres grups	Post
Projectar / Predir		
Argumentar els resultats i extreure'n conclusions	Discussió de resultats	Post
Utilitzar el model per fer prediccions (calcular, simular...) en casos interessants	Discussió de resultats	Post
Decidir		
Prendre decisions en funció dels resultats	Discussió de resultats	Post
Comunicar i defensar les decisions	Projecte: presentació de la memòria escrita i en format de presentació a la resta de grups	Post

4.3. Exemple 7. Elaboració del projecte: millor que GOCAR

4.3.1. Fitxa de disseny d'activitat per a l'elaboració del projecte: millor que GOCAR

DADES GENERALS DE L'ACTIVITAT		
MATÈRIA/ASSIGNATURA: Projectes		
NIVELL COMPETENCIAL: 4	COMPONENTS DE LA COMPETÈNCIA: tots	
NÚM. D'ACTIVITAT: única	NOM DE L'ACTIVITAT: millor que GOCAR	
TEMPS DE DEDICACIÓ DE L'ESTUDIANT/ESTUDIANTA A L'ACTIVITAT		
Prelaboratori: 15 hores	Durant laboratori: 30 hores	Postlaboratori: 15 hores
DESENVOLUPAMENT DE L'ACTIVITAT		
CONTINGUTS QUE ES TREBALLEN EN L'ACTIVITAT		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Planificació i programació Concepte i implicacions de la planificació. Establiment d'un pla. Prelacions. Importància del temps en el projecte. Relació entre cost i temps. Programació. Conceptes bàsics de programació. El mètode PERT. El mètode CPM. El gràfic Gantt. ▪ Solució de conflictes Identificació dels conflictes de programació. Resolució dels conflictes de programació. Assignació de 		

recursos. Identificació dels conflictes de recurs. Resolució dels conflictes de recurs. Anivellació.

- **Control del projecte**

Control de la programació. Control del temps. Posada al dia de la programació. Integració de la metodologia en el desenvolupament del projecte.

- **Programació amb mitjans informàtics**

Opcions generals. Opcions de càlcul. El calendari del projecte. La llista de tasques. Creació de tasques. La durada que interessa. L'enllaç de tasques. Tipus d'enllaç. Opcions de tasca. L'assignació de recursos. Calendari del recurs. Càlcul de la durada programada.

- **Teoria de sistemes**

Concepte de sistema. Propietats dels sistemes. Mètode d'anàlisi. Mètode de síntesi. Retroalimentació. Sistemes jeràrquics. L'enginyeria de sistemes: definició i fases.

- **El projecte com a sistema**

Definició del projecte. Etapes del projecte. Procés del projecte. Matriu d'activitats. Les fases del projecte.

- **Estructura de les fases del projecte**

Fase 1: ordre de magnitud. Fase 2: estudi de viabilitat. Fase 3: disseny bàsic. Fase 4: disseny de detall.

- **Els documents del projecte**

Els documents del projecte. La memòria i els annexos. Els plànols. El plec de condicions. El pressupost.

- **Avaluació tècnica**

Objectius i definició. Necessitat d'avaluació. Definició del problema. Mètodes d'avaluació. Jerarquia simple. Valor tècnic. Valor tècnic ponderat. Mètodes d'avaluació multicriteri: la matriu d'avaluació. Mètode de la suma ponderada. Mètode del producte ponderat. Mètode Press.

- **Estimació del pressupost d'inversió i avaluació econòmica**

El cost del projecte. Coeficient de circulació. Coeficient d'inversió unitària. Ràtio cost/capacitat. Mètode de Williams. Mètode de Lang. Mètode de Hang. Mètode de Chilton. Punt d'equilibri. Període de retorn. Valor actualitzat net. Taxa interna de rendiment.

- **Direcció i gestió de projectes**

Conceptes bàsics. Funcions de la direcció i la gestió. Definició i abast del projecte. Estructura de descomposició del projecte (EDP). Planificació del projecte. Programació del projecte. Seguiment del projecte. Plans del projecte.

- **Gestió de la qualitat i del risc**

Concepte de qualitat. Planificació de la qualitat. Assegurament de la qualitat. Control de la qualitat. Concepte de risc. Activitats de l'anàlisi del risc. Identificació del risc. Projectió del risc. Avaluació del risc.

OBJECTIUS I RESULTATS D'APRENENTATGE

Objectius i resultats d'aprenentatge propis de l'activitat:

- Abordar adequadament la resolució d'un projecte d'enginyeria a través d'un cas concret.
- Aplicar de manera adient les eines necessàries per a aquesta resolució, com ara destresa en el plantejament i la consegüent transformació en problemes tecnològics resolubles, tot considerant els diferents factors que poden influir el projecte i que hi estan associats (ambigüitat en la formulació, quantitat de variables i elements no tecnològics).
- Desenvolupar les àrees estratègiques, economicofinanceres, de màrqueting i d'operacions.
- Organitzar les diferents àrees, especialment la d'operacions (explotació, manteniment de vehicles, localització, recursos humans, etc.).

Els objectius i resultats d'aprenentatge de les competències són els que s'estableixen a la rúbrica del

nivell competencial 4.

METODOLOGIA DE L'ACTIVITAT

Aquesta activitat és la part pràctica de l'assignatura de Projectes d'Enginyeria. S'ha enfocat com l'encàrrec d'una empresa d'enginyeria i cal desenvolupar-la durant un quadrimestre, en grup i amb la supervisió d'un tutor o tutora. Per dur a terme aquesta tasca, el primer dia de classe el professorat organitza l'estudiantat en grups de 6 a 10 persones.

L'assistència a les classes pràctiques és OBLIGATÒRIA per a tots els membres de tots els grups, i es considera una activitat d'avaluació.

Aquesta activitat es divideix en tres etapes:

- el treball que es du a terme abans de les sessions presencials,
- el que es realitza durant les sessions,
- el que cal fer després de les sessions.

En la primera sessió presencial es planteja un projecte (necessitat o problema) i la cerca que ha de fer cada grup per demostrar la viabilitat tècnica de la millor de les diferents alternatives estudiades al llarg de totes les sessions.

Seguidament, es fan sessions presencials en format "reunió d'enginyeria", en les quals tots els membres d'un grup exposen el que s'ha estudiat/dissenyat/plantejat, etc. durant el prelaboratori. Les anàlisis s'han de presentar de forma individual i s'han de consensuar en grup els resultats finals.

L'alumnat ha de planificar el conjunt del projecte i posteriorment n'ha de fer el seguiment. Al final, es presenten les desviacions i se n'analitza el perquè.

En les reunions presencials s'han d'enumerar els criteris que cal considerar per analitzar les diferents alternatives. S'han d'analitzar els possibles models matemàtics o de simulació necessaris per fer el projecte. També s'han d'analitzar i definir les especificacions tècniques o restriccions que imposaria el client a l'hora de contractar aquest projecte.

L'alumnat té dos lliuraments de resultats, orals i escrits, davant d'un tribunal de tres membres, en què han d'exposar totes les decisions i conclusions assolides.

AVALUACIÓ: ESTRATÈGIES, INSTRUMENTS, CRITERIS I QUALIFICACIÓ

Aquesta activitat és un treball en grup amb nota grupal, però setmanalment s'ha de fer, a més, un treball individual que també s'observa i s'avalua amb la rúbrica de nivell competencial 4. També se sol·licita el lliurament d'un exemplar imprès i la presentació oral del treball davant un tribunal perquè en faci l'avaluació, a més d'una avaluació entre iguals (coavaluació) mitjançant una rúbrica subministrada pel professorat en la qual es valora fonamentalment la comunicació oral, per ajudar l'estudiantat en el procés d'aprenentatge.

Aquesta activitat constitueix un 60 % de la **qualificació** global de l'assignatura. Està subdividida en la presentació inicial i el lliurament preliminar, la presentació final, el pòster, en el qual s'ha de presentar el resum de tot el treball, i el treball escrit definitiu.

Totes aquestes notes es van modificant amb un factor multiplicador que assigna el tutor o tutora de manera individualitzada, i que pot variar entre 0,5 i 1,2.

4.3.2. Desenvolupament del projecte "Millor que GOCAR"

a) Escenificació

Un inversor privat, mentre passejava per Barcelona, ha vist uns descapotables petitons i simpàtics, com el que es mostra a la fotografia, que aparentment inclouen tecnologia GPS i es planteja que podria ser un molt bon negoci turístic. A aquest efecte, encarrega un

projecte que consisteix a programar rutes turístiques.

Aquests vehicles disposen d'un ordinador de bord i un GPS que permet al turista conèixer, en cada moment, la història del punt de la ciutat on és i fer les visites al ritme i amb la independència que li proporciona aquest petit vehicle.



Imatges extretes de www.gocartours.es

b) Treball prelaboratori

En la primera sessió presencial, es lliura a l'alumnat la situació de partida del projecte. El punt inicial és el següent:

1. Especificacions i objectius que es proposen en l'encàrrec.
2. Des de la data de contractació del projecte, el negoci ha d'estar implantat en un màxim de 6 mesos.
3. Com a mínim, hi han d'haver tants petits vehicles disponibles a Barcelona com els que ofereix actualment la competència GOCAR.
4. El vehicle ha de ser de l'estil dels de GOCAR. No es contracta un disseny, sinó que es compraran al mercat de vehicles ja existent.
5. El client no posa límits a la inversió inicial, però VOL SER MILLOR QUE GOCAR.
6. El projecte s'ha de limitar a la ciutat de Barcelona.

c) Treball de laboratori

Durant les sessions de laboratori o reunions de treball, s'ha de presentar la documentació recopilada per cada membre i s'han de prendre les decisions oportunes per a la continuació del projecte fins que s'executi íntegrament. De cada reunió o sessió presencial, se n'ha de fer una acta que reculli qui hi ha participat, què s'ha proposat i quines decisions ha pres el grup respecte de les propostes exposades. També s'ha de preparar l'ordre del dia de la reunió següent, que es pot esmenar al llarg de la setmana, de forma dinàmica, si es considera prou important un tema en particular. A l'annex E hi ha un exemple d'acta.

d) Treball postlaboratori

DISCUSSIÓ DE RESULTATS I CONCLUSIONS

Després de cada reunió, s'ha d'arribar a uns acords i decisions de grup, en benefici del projecte. Cada membre tindrà noves tasques assignades que haurà de resoldre/similar/calcular o executar al llarg de la setmana, fins a la reunió de treball següent.

En finalitzar el quadrimestre, l'alumnat ha de signar el projecte i s'ha de comprometre amb el treball mentre el desenvolupa. Cal que consti si el treball és viable, tècnicament i/o econòmicament, i assumir el risc que sigui incorrecte, de manera que s'hi juga l'avaluació.

Informe laboratori i postlaboratori (És útil per al mateix professorat i per a l'estudiantat, en aquest cas amb la taula buida després d'haver fet l'activitat "Identifiqueu els elements aplicats de la competència específica 'Aplicació del mètode científic' després de l'execució de l'activitat (detall de la taula)").

Mesurar/Adquirir	Punt de l'activitat	
Adquirir dades	Cerca d'informació sobre el projecte i les diferents alternatives per a la resolució del problema/necessitat plantejat.	Pre
	Mostrar i explicar a la resta de companys de grup les dades adquirides, sigui per cerca de documentació, per càlcul o per simulació.	Lab
Enregistrar i documentar resultats i condicions experimentals	Preparar a l'aula, per a la reunió, informes individuals de la part que correspongui a cada membre del grup.	Pre
	Elaborar la documentació adequada per presentar aquests resultats en la documentació d'un projecte.	Lab
	Documentar la part del projecte assignat a cada membre del grup.	Post
Expressar correctament dades i resultats	Expressar els valors amb la nomenclatura UNE.	Lab
	Expressar per escrita els resultats de les dades que es presentin en les diferents sessions.	Post
Experimentar		
Plantejar hipòtesis i comprovar	Verificar si la informació obtinguda correspon a la hipòtesi o el plantejament que proposa el grup a l'hora de cobrir una necessitat.	Pre
	Plantejar alternatives per resoldre els problemes o necessitats del client. Avaluar les alternatives i comprovar-ne la viabilitat tècnica. Després, definir els criteris de selecció i, posteriorment, aplicar els mètodes matemàtics necessaris per seleccionar	Lab

	l'opció més adequada per al projecte.	
Plantejar, planificar i executar experiments tecnicocientífics	Planificar les activitats prelaboratori i discutir-les adequadament en la reunió de treball per veure si les decisions prèvies, preses de forma individual, són convinents i acceptades pel grup.	Pre
	Planificar cadascuna de les sessions de treball presencial, amb un ordre del dia que inclogui les presentacions de les diferents tasques assignades als membres del grup, que han de recollir les decisions preses, la discussió i la distribució de tasques.	Lab
Dissenyar i crear protocols experimentals	En el dia a dia, definir un protocol d'actuació. Dins el grup hi ha d'haver una persona que coordini i planifiqui, la qual ha de seguir l'evolució del projecte i l'ha d'exposar a la resta de membres. D'altra banda, cadascú ha d'exposar els seus treballs i, segons el protocol que hagi escollit el grup, s'han de prendre decisions.	Lab
Analitzar els resultats obtinguts	Analitzar i verificar els resultats de simulació o de càlcul obtinguts.	Pre
	Analitzar els resultats i explicar-los correctament per escrit. Posteriorment, exposar aquests resultats als membres dels altres grups i al tutor o tutora. S'obre un torn de propostes de millora per a les sessions següents.	Lab
	Si escau, realitzar simulacions.	Post
Interpretar correctament les dades experimentals	Interpretar dades experimentals o simulades, si n'hi ha.	Pre
	Interpretar els resultats obtinguts i les propostes de millora.	Lab
	Si escau.	Post
Representar gràfics i interpretar-los correctament	Interpretació correcta de gràfics o plànols. Si escau.	Pre/ Post
Modelitzar		
Plantejar, proposar, escollir models matemàtics (analítics i numèrics) que descriguin acuradament els resultats experimentals	Si cal en el projecte, plantejar models matemàtics.	Pre
	Avaluar les alternatives i comprovar-ne la viabilitat tècnica. Després, definir els criteris de selecció i, posteriorment, utilitzar els mètodes matemàtics necessaris per seleccionar l'opció més adequada per al projecte.	Lab

Ajustar els paràmetres del model a les dades experimentals	Definir els criteris de selecció de les alternatives.	Lab
Establir els límits del model, analitzant-ne i discutint-ne la validesa (capacitat d'extrapolació i d'interpolació...)	Definir les especificacions tècniques que limitaran el model o marge d'anàlisi.	Lab
Projectar/Predir		
Argumentar els resultats i extreure'n conclusions	En cada sessió, cada alumne o grup d'alumnes ha d'exposar els resultats de la seva part i extreure'n les conclusions necessàries.	Lab
	Cadascun dels membres ha d'elaborar la seva part de documentació per al lliurament final.	Post
Decidir		
Assumir riscos en funció de la confiança en el model i les prediccions	Decidir les alternatives òptimes per al projecte.	Pre Lab
	Signar el document, tot assumint el risc d'haver-se equivocat en alguna decisió.	Post
Prendre decisions en funció de les conclusions i de la viabilitat (tècnica, econòmica, etc.)	Decidir sobre les alternatives que es considerin òptimes per al projecte.	Pre Lab
Comunicar i defensar les decisions	En cada sessió, comunicar, exposar i defensar oralment els treballs individuals i de grup.	Pre Lab
	Al final del quadrimestre, defensar el projecte, oralment i per escrit. Tant els companys com un tribunal de professorat del Departament de Projectes d'Enginyeria avaluaran el projecte.	Post