

## APRENTATGE BASAT EN PROJECTES COL-LABORATIUS (CPBL) DINS L'ASSIGNATURA D'INSTAL·LACIONS DE CLIMATITZACIÓ DEL GRAU EN ENGINYERIA MECÀNICA

Eduard Massaguer Colomer  
Universitat de Girona  
[eduard.massaguer@udg.edu](mailto:eduard.massaguer@udg.edu)

Josep Ramon González Castro  
Universitat de Girona  
[joseramon.gonzalez@udg.edu](mailto:joseramon.gonzalez@udg.edu)

Lino Montoro Moreno  
Universitat de Girona  
[lino.montoro@udg.edu](mailto:lino.montoro@udg.edu)

Josep Ricart Ferrer  
Universitat de Girona  
[josep.ricart@udg.edu](mailto:josep.ricart@udg.edu)

### RESUM

Aquest treball presenta l'experiència de l'aplicació de l'aprenentatge basat en Projectes a través de tècniques d'Aprenentatge Col·laboratiu CPBL com a alternativa a la metodologia tradicional, en l'assignatura optativa semestral d'Instal·lacions de Climatització de quart curs del Grau en Enginyeria Mecànica. L'estratègia emprada en aquesta experiència ha contribuït, d'una banda, a una millora en l'aprenentatge individualitzat de la matèria degut, en gran mesura, al paper actiu de l'alumne dins del grup de treball col·laboratiu, i per l'altra, a incrementar la qualitat del projecte resultant gràcies a l'establiment d'interdependències positives entre alumnes i professor a través d'un aprenentatge de tipus motivacional.

### INTRODUCCIÓ

Un dels objectius del procés de convergència cap a un Espai Europeu d'Educació Superior (EEES) és el desenvolupament de metodologies docents centrades en l'aprenentatge de l'estudiant. L'alumne, doncs, passa a ser l'autèntic eix de l'educació universitària i el professor un mediador o guia d'aquest procés d'aprenentatge. En aquest context s'utilitzen "metodologies actives", una de les més conegudes com Problem Based Learning (PBL), que permeten l'aprenentatge autònom i significatiu de l'estudiant, el desenvolupament de competències tant específiques com transversals, el foment d'aprendre a aprendre de forma contínua i durant tota la vida, la consideració de la participació i el protagonisme de l'estudiant com a element clau, la major connexió amb l'àmbit professional, el treball en grup, la necessitat d'adaptar-se a les ràpides renovacions tecnològiques, etc.

Davant d'això, la realitat de les nostres universitats, on, en molts casos, les metodologies tradicionals basades en el protagonisme del professor, la transmissió passiva de coneixements mitjançant classes magistrals, l'estudi individual i l'enfocament majoritàriament teòric, segueixen sent dominants.

Amb el PBL, el procés d'aprenentatge s'organitza en grups d'alumnes i s'inicia amb el plantejament d'un problema o projecte. A partir d'aquest projecte primer es determinen les necessitats d'aprenentatge, a continuació es busca la informació necessària i finalment es retorna al projecte.

L'experiència que s'exposa s'ha desenvolupat dins l'assignatura d'Instal·lacions de Climatització corresponent al Grau en Enginyeria Mecànica de l'Escola Politècnica Superior de

la Universitat de Girona. L'assignatura, que és el primer any que s'imparteix dins el nou pla d'estudis de grau, és optativa de 5 crèdits i s'imparteix el primer quadrimestre del quart curs, durant quatre hores setmanals.

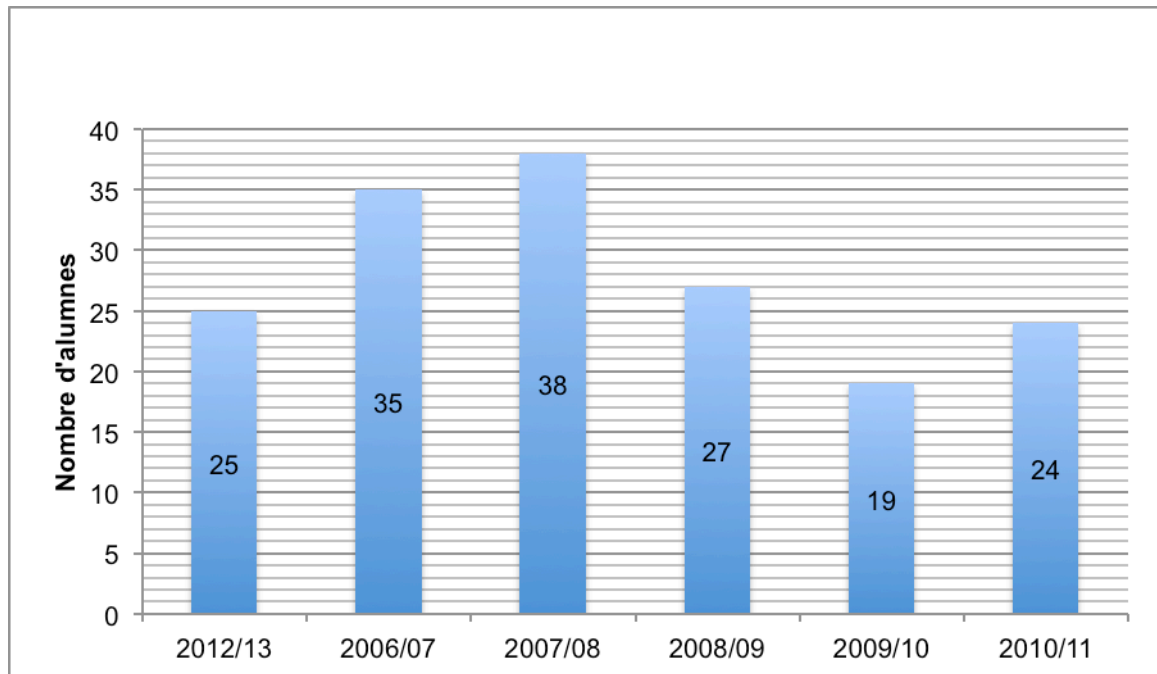


Figura 1. Nombre d'alumnes matriculats segons curs.

En cursos anteriors, s'emprava una metodologia clàssica tipus magistral de teoria i problemes, on s'explicava als estudiants temes específics de climatització, i es complementava amb un treball final de curs que consistia en elaborar un projecte de climatització. Val a dir que aquest projecte es realitzava en hores no lectives i en els darrers dies de curs, després d'haver impartit tots els continguts teòrics.

L'assignatura, tot i estar conceptualment ben impartida, presentava un greu problema de plantejament i metodologia a l'hora d'impartir-la: els alumnes durant gran part del curs es dedicaven a l'estudi de la mateixa per aprovar l'examen i no iniciaven el projecte fins les darreres sessions del curs. Això feia que en intentar desenvolupar el projecte els fos difícil recordar i portar a la pràctica la part teòrica i per tant, no sabien com escometre la solució del mateix.

En el curs vigent 2012-2013 es va decidir aplicar l'estratègia de l'Aprenentatge Basat en Projectes, d'una banda, per adaptar-ho al nou pla EEES, i per l'altra, per solucionar el problema anterior.

En aquest article es descriuen els temes, objectius i activitats grupals que s'han utilitzat en l'assignatura, s'indica el que ha de contenir el projecte, establint la llista d'entregables i el procés d'avaluació de tots dos i finalment, s'exposen les impressions dels alumnes sobre l'assignatura i les conclusions que se'n poden extreure.

## OBJECTIUS I DESENVOLUPAMENT

L'objectiu d'aquest treball és presentar una experiència en l'aplicació de l'Aprenentatge Basat en Projectes Col·laboratius. Es descriuen les accions que s'han dut a terme al llarg del curs i es comparen amb la metodologia tradicional d'anys anteriors a través de l'històric de les avaluacions.

Les tècniques usades són d'aprenentatge col·laboratiu, bàsicament la resolució d'activitats en grup, el debat i la tutorització entre iguals. És important comentar que els estudiants de branques tècniques tenen un perfil d'habilitats d'aprenentatge i coneixements molt semblants, tot i així és inevitable l'establiment de grups heterogenis que desemboquen en aprenentatges de tipus col·laboratiu. En aquesta primera experiència en PBL, s'ha optat per deixar a lliure elecció dels alumnes la construcció de grups.

A part dels beneficis que té a nivell d'aprenentatge, és importantíssim que els alumnes s'habituin des de bon principi a aquesta metodologia de treball ja que és la més emprada en la tasca diària de l'enginyer. En aquest sentit cadascun dels integrants de l'equip s'encarrega d'efectuar una tasca específica que culmina amb la posada en comú dels esforços en el projecte final. Això no significa que l'aprenentatge es limiti a l'aportació que fa cadascun. Per poder realitzar les tasques cal coordinació i posada en comú de la informació, d'aquesta manera cadascú es sent responsable del seu aprenentatge i del dels demés membres. Per altra banda, atès que en l'avaluació de la part conceptual hi entren qüestions que fan referència al projecte, això els obliga a conèixer tots els punts del procés.

Per l'aprenentatge de la teoria, es coordina la impartició de conceptes teòrics amb la posada en pràctica sobre el projecte. Aquesta combinació propicia una consolidació i una interiorització dels conceptes explicats a classe. S'introdueix el tema amb explicacions teòriques (les classes s'imparteixen en 2 hores seguides de 50 minuts cadascuna) deixant pas a l'aplicació dels conceptes sobre el projecte.

Atès que la majoria dels dies es treballa sobre el projecte, s'estableix una comunicació entre grups i professor (tutorització), pel que, contínuament es va realitzant una avaluació i correcció de la feina que van desenvolupant. Per fomentar la implicació de l'alumne en la tasca a desenvolupar, es treballa sobre un edifici emblemàtic i per tots conegut com és la torre Agbar de Barcelona.

Seqüenciació i relació Projecte-Teoria:

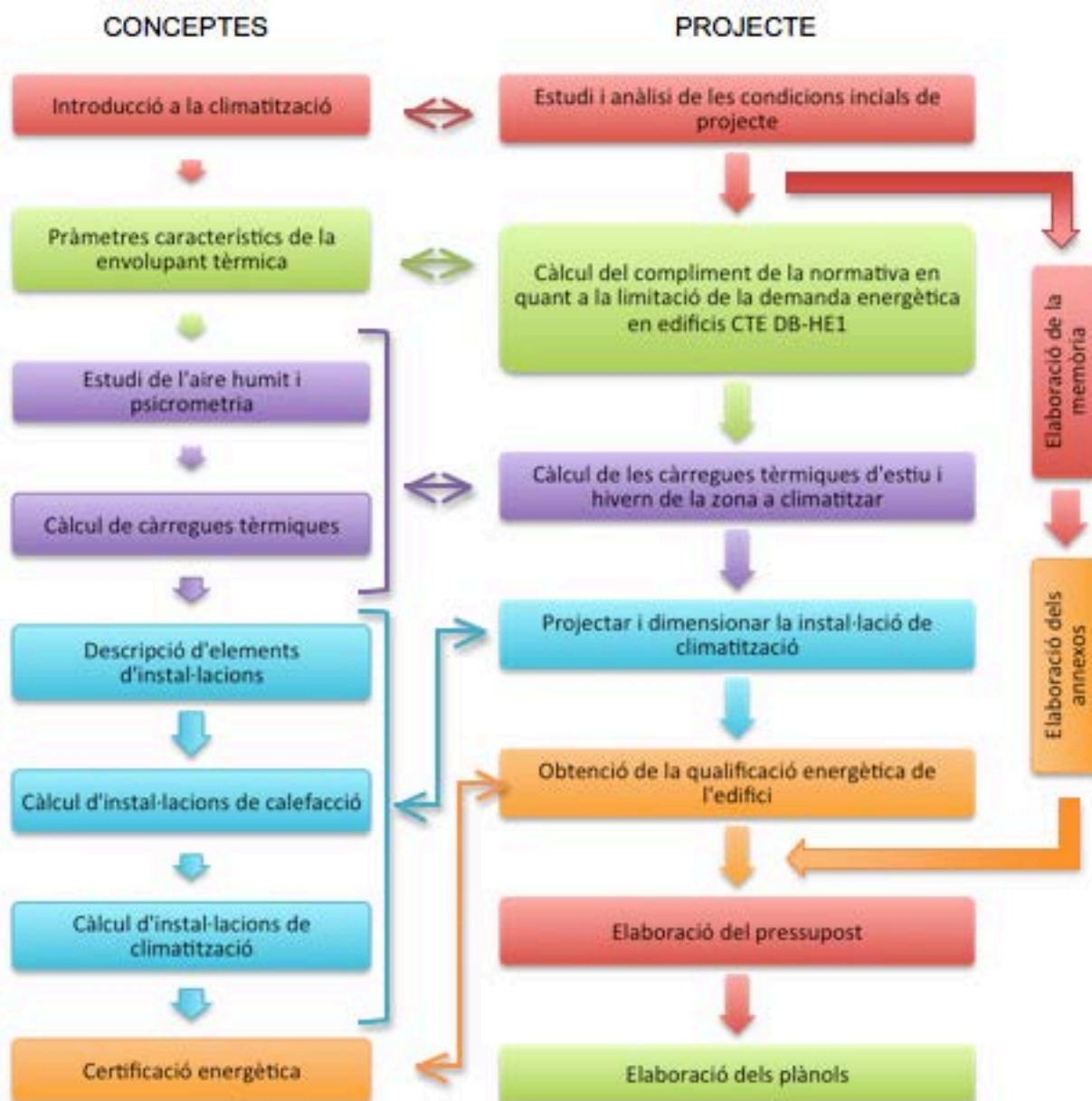


Figura 2. Seqüenciació didàctica.

Per orientar els alumnes des de l'inici de curs i, alhora, controlar l'evolució de l'aprenentatge, se'ls facilita una guia amb les dades inicials del projecte, un índex de les parts que ha de contenir el treball i un calendari amb els lliuraments i dates aproximades d'entrega. Per assimilar al màxim el cas pràctic a la realitat, tota la informació que conté la guia és la que es dona en casos reals. Aquesta guia divideix el projecte en sis fases que marquen la fi d'un tema i també d'un lliurament (veure Taula 1). Imposant horitzons de lliurament obliguem als alumnes a portar un ordre. Aquests es pacten durant el curs per tal que es facin responsables d'un projecte aparentment real seguint uns requeriments inicials que poden venir definits per un possible promotor i que haurà de complir amb la normativa vigent d'aplicació.

La llista d'entregables els és facilitada a principi de curs, dins el guió, indicant que és el que ha de contenir, a quina part del projecte pertany, percentatge respecte la nota final i dates d'entrega aproximades.

ENTREGABLE	PES	APARTAT CORRESPONENT PROJECTE	
ENTREGABLE 1	5%	1. Introducció	Objecte del projecte
			Propietat
			Emplaçament
		2. Característiques d'utilització	Horaris de funcionament
			Ocupació
ENTREGABLE 2	15%	3. Descripció arquitectònica	Tancaments exteriors
			Tancaments interiors
			Tancaments horitzontals
			Compliment del CTE-HE1 (LIDER)
ENTREGABLE 3	25%	4. Instal·lació tèrmica de climatització	Ventilació amb aire exterior
			Condicions exteriors de càlcul
			Condicions interiors de càlcul
			Càlcul de càrregues tèrmiques
			Descripció del sistema escollit
ENTREGABLE 4	25%	5. Elements de la instal·lació	Càlcul i descripció de les centrals de producció
			Càlcul de canonades
			Càlcul de conductes
			Sistema de regulació i control
ENTREGABLE 5	5%	6. Qualificació energètica de l'edifici	-
ENTREGABLE 6	10%	7. Pressupost	-
	15%	8. Plànols	-

Taula 1. Llistat d'entregables de curs amb els continguts i pes .

Tots els entregables contenen la part sobre la que es fa el seguiment més l'acumulat de les anteriors entregues, d'aquesta forma es pot comprovar que les propostes de millora que se'ls planteja com a feedback en cada entrega es van corregint a mida que van avançant. Si no es

fes així, ens arriscaríem a caure en l'error d'altres anys, en els quals no es corregia el treball fins el dia de l'entrega final, als alumnes els mancava una guia de la bona direcció, i per tant no s'assolien ni els objectius ni les competències del curs. Aquest feedback els orienta dins el curs per tal de poder, en el cas que sigui necessari, redirigir el seu aprenentatge abans que sigui massa tard.

Amb aquesta metodologia també es fomenta la interdisciplinarietat ja que és necessari aplicar coneixements adquirits en altres assignatures, com Projectes, Mecànica de Fluids i Termodinàmica, Enginyeria Tèrmica i de Fluids, Enginyeria Gràfica i Disseny i Expressió Gràfica. Per descomptat, hi ha informació que han hagut de buscar pel seu compte: ja sigui internet, llibres o altres projectes.

El treball en equip obliga als seus membres a portar un ordre i reunir-se regularment per posar en comú el que van fer cada un d'ells. La tasca del docent en aquest cas és la de subministrar idees i material individualitzat per a cada grup, ja que cadascun arribarà a una solució diferent.

Cal tenir present que no tots els grups treballen al mateix ritme i per tant no tindran els mateixos requeriments. Per aquest motiu cal preveure activitats multinivell d'ampliació per aquells grups que vagin més avançats. En aquest cas, s'han previst exercicis de complementació del projecte com: edició de plànols d'esquema de la instal·lació, millora de la presentació, etc.

Tot i que no s'han citat ni els objectius formatius ni les competències, si que els hem tingut en compte en l'anàlisi final.

## **AVALUACIÓ**

Com s'ha comentat anteriorment, per aprovar l'assignatura, els alumnes han de superar una prova teòrica i un projecte d'enginyeria. La qualificació final de l'assignatura és el resultat de la suma del 40% de la nota de la prova teòrica i el 60% de la nota obtinguda en el projecte.

Quan es duu a terme una metodologia docent per projectes és importantíssim ser coherent amb el pes que té el projecte en el global de l'assignatura. És per això que es dona un pes més elevat a aquest que a la prova teòrica. Les notes de cadascuna de les parts del projecte resulta de l'avaluació continuada dels entregables, la qual es publica a final de curs quan s'entrega l'acumulat definitiu amb les correccions de cada fase. No obstant, a cada entrega se'ls proporciona feedbacks de millora. D'aquesta forma l'alumne, o el grup d'alumnes, si volen treballar més o obtenir millor nota, poden completar la informació entregada a partir de les directrius especificades pel professor (quins aspectes cal millorar o afegir per tal d'assolir el nivell de correcció requerit). Atès que la nota no es fa pública fins a l'entrega definitiva i amb el temor de que el que es lliuri sigui insuficient, el nivell de les entregues és elevada. Aquest sistema permet que el grup assoleixi el nivell d'aprenentatge que demandi, independentment del nivell de l'entrega. Per tant, en aquest sentit s'aconsegueix un grau d'atenció a la diversitat bastant elevat.

La prova teòrica es realitza a final de curs i s'utilitza per verificar que l'alumne ha adquirit i assolit els objectius de caràcter conceptual que s'han anat donant durant el curs i que no es poden avaluar a través del projecte pràctic. No es tracta d'una prova on s'hagin de definir ni memoritzar conceptes, sinó demostrar que han après els aspectes teòrics bàsics. Es considera apte per fer el mitjanament si la nota és igual o superior a 4. Aquesta prova és important per

garantir una atenció durant les parts expositives de l'assignatura i que complementen les parts pràctiques.

L'avaluació contínua d'aquests, i per tant del projecte complet, es fa tenint en compte:

- L'avaluació i correcció a classe mitjançant la reunió entre professor i grups. En aquestes tutoritzacions es fa un seguiment dels avenços del treball i s'observa i valora la dedicació de cada alumne. Les qüestions que plantegen, la correcció en l'elaboració de la documentació i el ritme de treball demostren si el grup avança adequadament o, per contra, cal donar-los un suport adicional a partir d'idees o punts de recerca d'informació.
- L'entrega dels 6 entregables i els corresponents feedbacks.
- A més de tot això, al final del curs els alumnes han d'omplir un qüestionari de valoració de l'assignatura, que s'empra com a feedback pel professor (veure apartat de resultats).

El projecte es considera apte quan la qualificació d'aquest és igual o superior al 4. En cas, que el professor ho consideri oportú, pot convocar qualsevol component o grup, per examinar el projecte de forma oral. Aquesta possibilitat només s'usa en cas que s'observi que en algun grup, un estudiant no ha participat de forma adequada.

Finalment el curs es considera aprovat quan la nota mitjana de la prova escrita i el projecte sigui igual o superior a 5. Igual que per la resta d'assignatures, es disposen de dues convocatòries d'examen escrit. Per altra banda, si la nota del projecte fos inferior a 4 es disposa d'una segona entrega per tal d'esmenar les possibles mancances.

## **ANALISIS DE RESULTATS**

### **DADES EXPERIMENTALS I CURRICULARS**

Per la realització de l'anàlisi s'han utilitzat, per una banda, les informacions extretes de la pròpia experiència viscuda pel professorat que imparteix la classe i, per l'altra, les dades curriculars dels diferents anys en què s'ha desenvolupat l'assignatura.

Tot seguit es mostren les dades històriques d'actes en els diferents anys durant els quals s'ha impartit l'assignatura. D'aquesta informació se'n poden extreure conclusions en quant al canvi de metodologia docent. Es pot observar que hi ha un període vacant, concretament el corresponent al curs 2011/12, període en el qual no es va impartir l'assignatura degut al canvi de pla. Posteriorment a aquesta data, es va incorporar de nou al pla vigent amb el mateix nom i mateixos continguts.

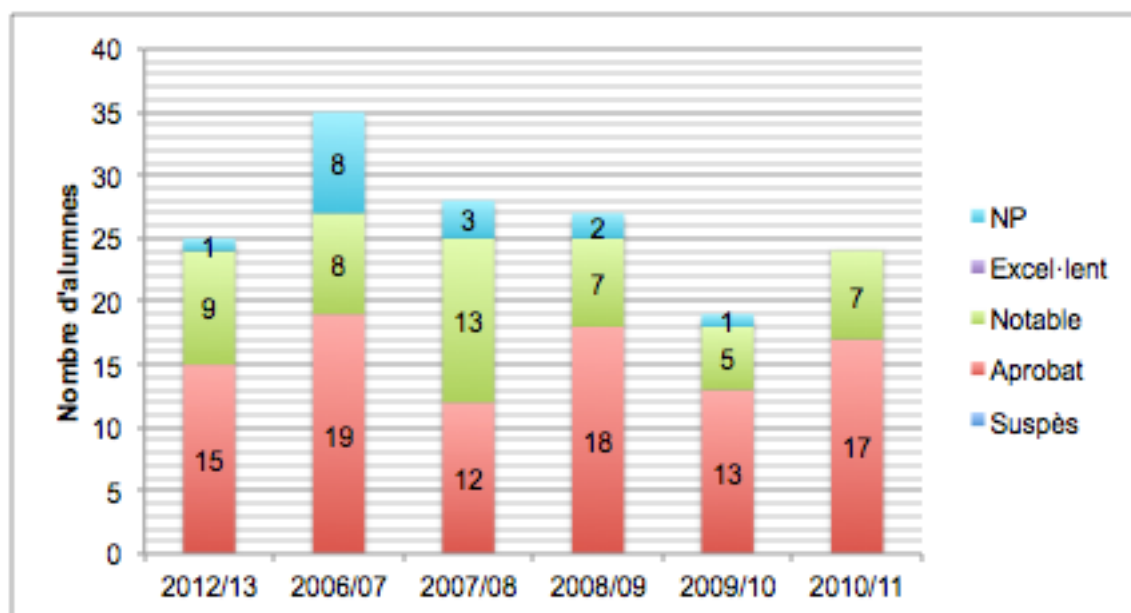


Figura 3. Comparativa de notes finals de cursos anteriors respecte curs actual.

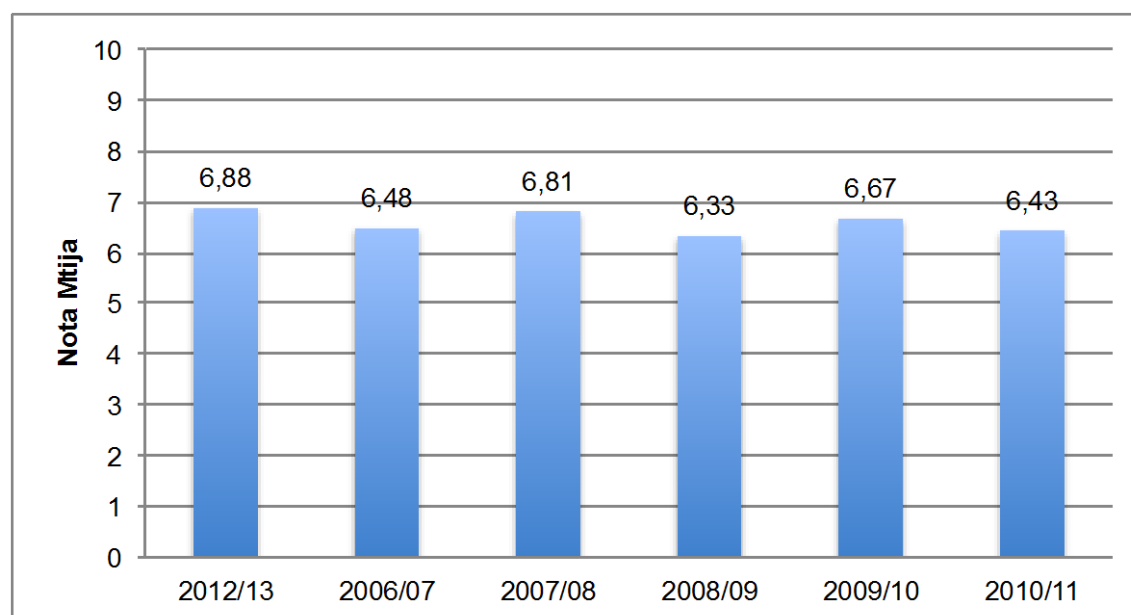


Figura 4. Notes finals mitges segons curs.



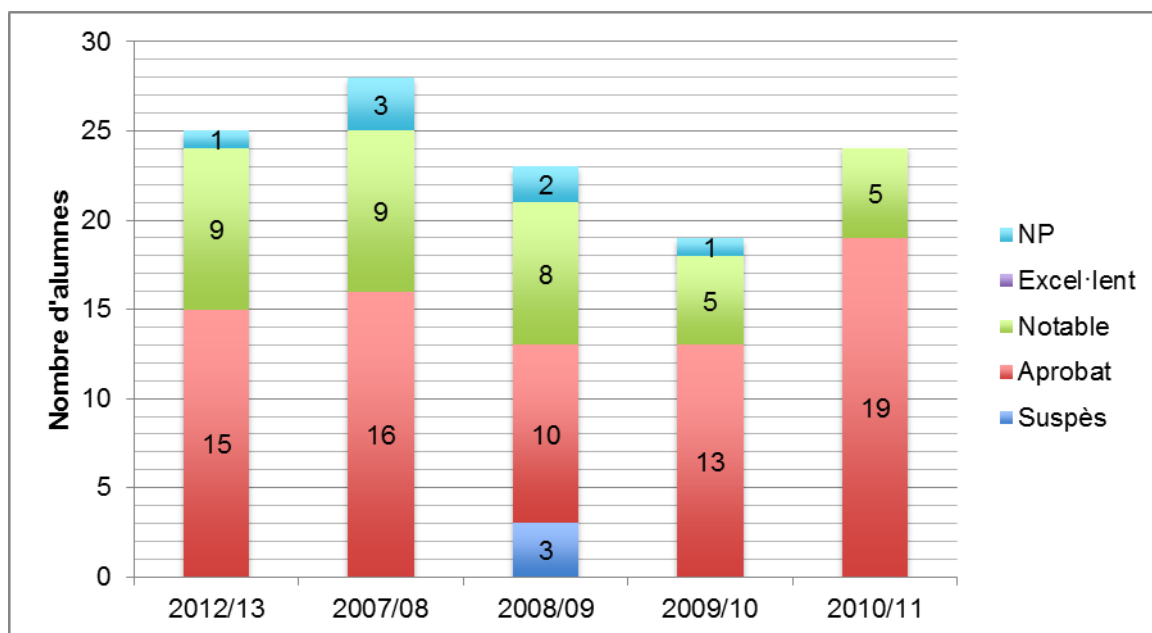


Figura 5. Comparativa de notes projecte de cursos anteriors respecte curs actual.

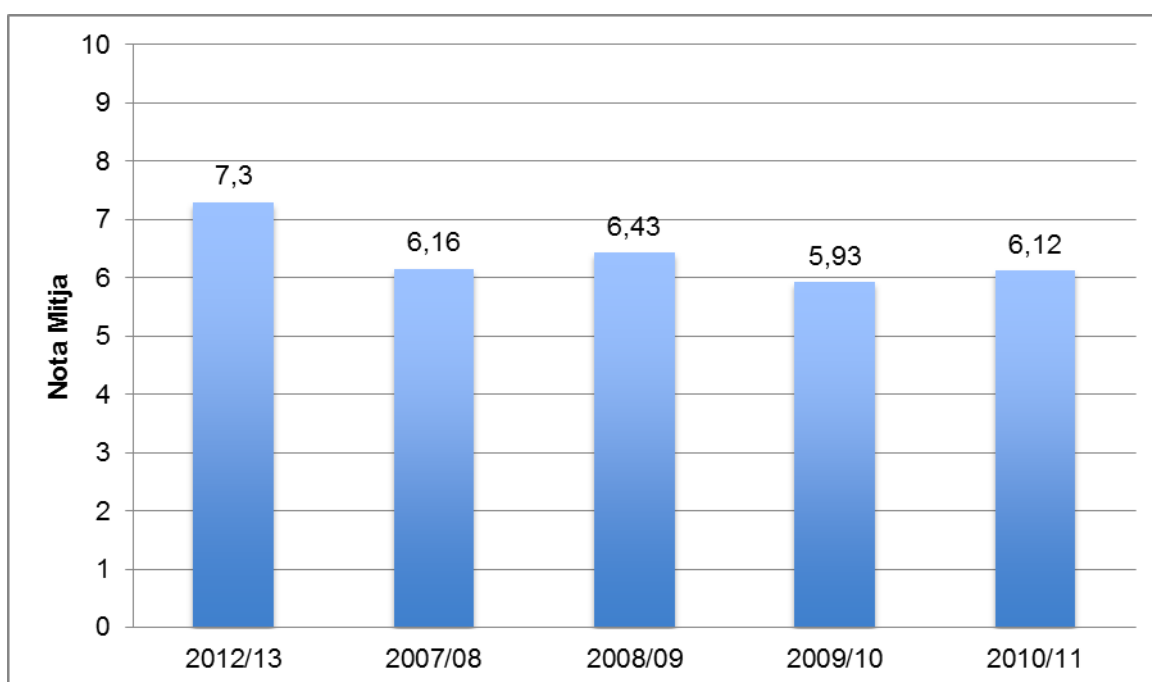


Figura 6. Notes de projecte mitges segons curs.

#### DADES EXTRETES DEL QÜESTIONARI FINAL

A través del qüestionari omplert pels alumnes al final del curs 2012-2013, s'han pogut conèixer quines són les seves impressions. Els alumnes enquestats van ser 23 i les seves respostes les següents.

- Motivació: El/la professor/a amb la seva manera de presentar el contingut de l'assignatura, aconsegueixo mantenir l'atenció.

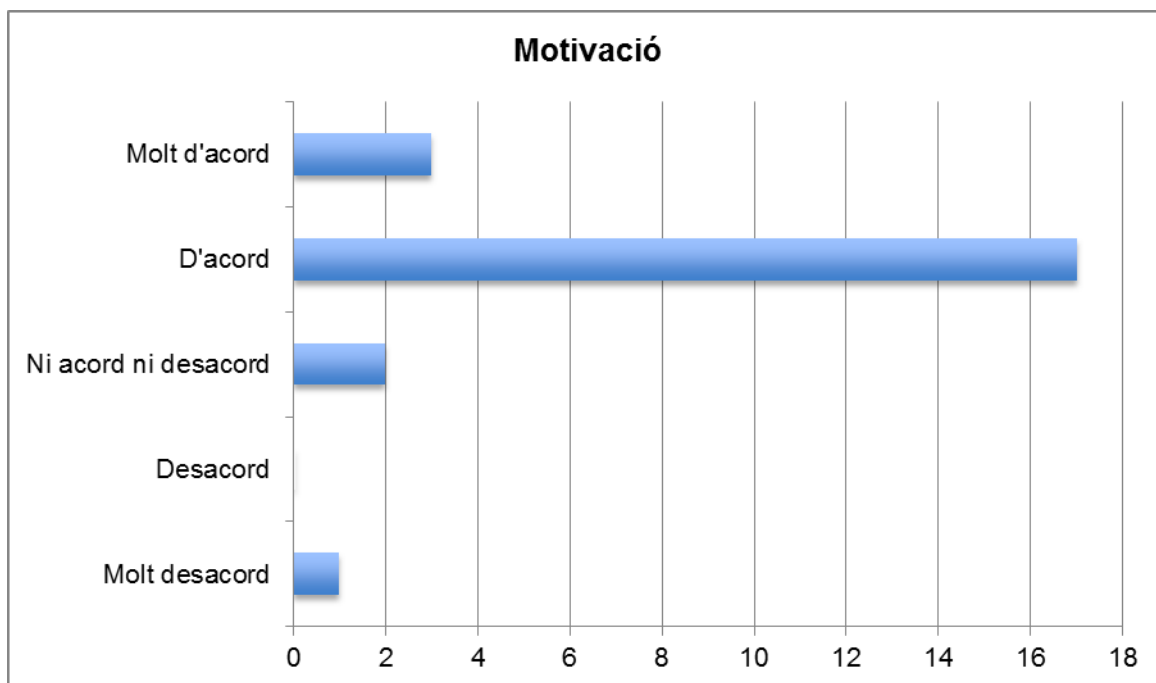


Figura 7. Motivació.

- Organització i continguts: El/la professor/a organitza de forma clara i eficaç la matèria, estructurant la progressió adequada dels continguts.

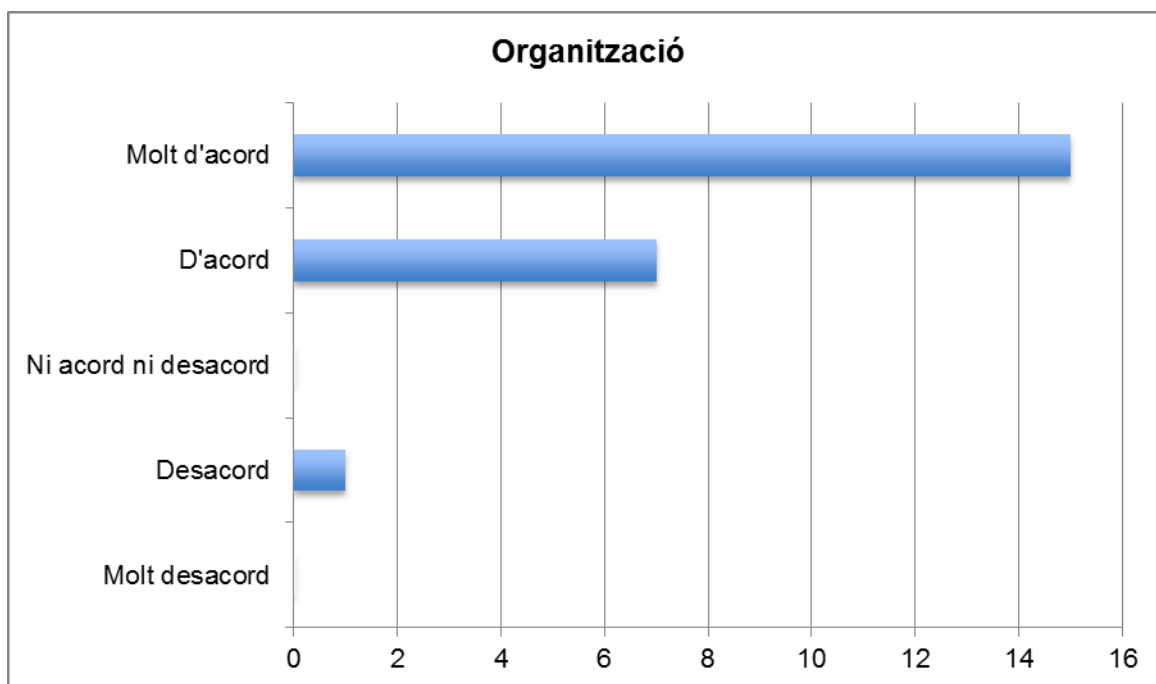


Figura 8. Organització.

- Organització i continguts: El material didàctic que recomana o facilita és eficaç per l'aprenentatge.

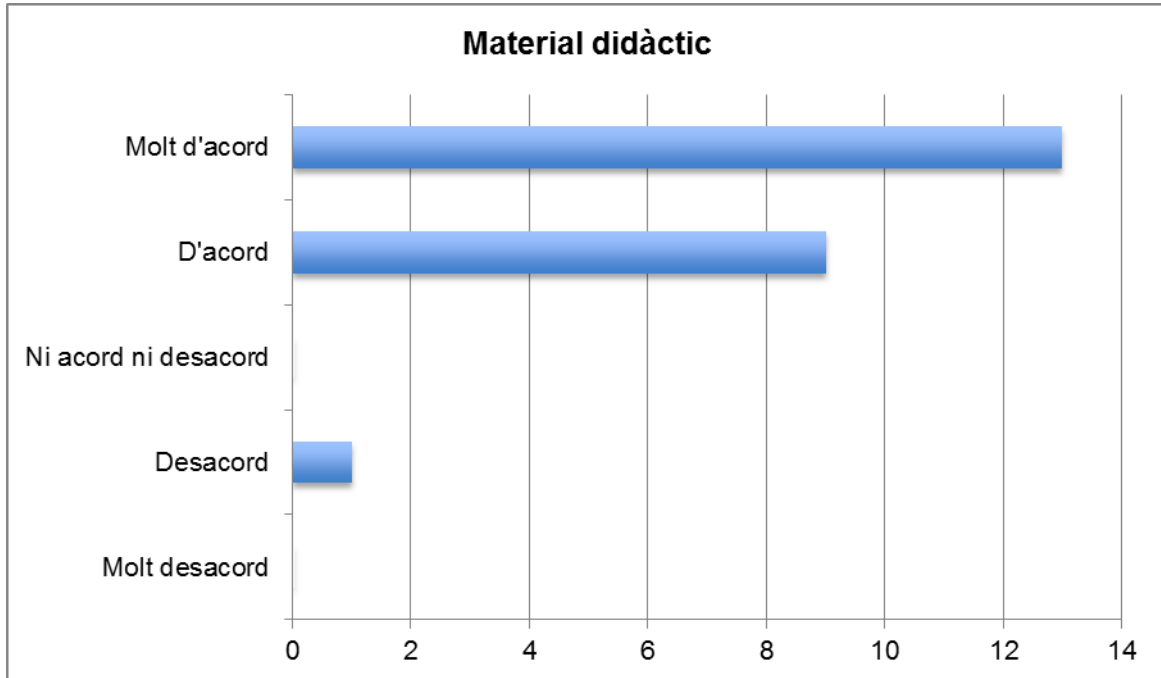


Figura 9. Material didàctic.

- Organització i continguts: Els objectius de l'assignatura estan ben definits.

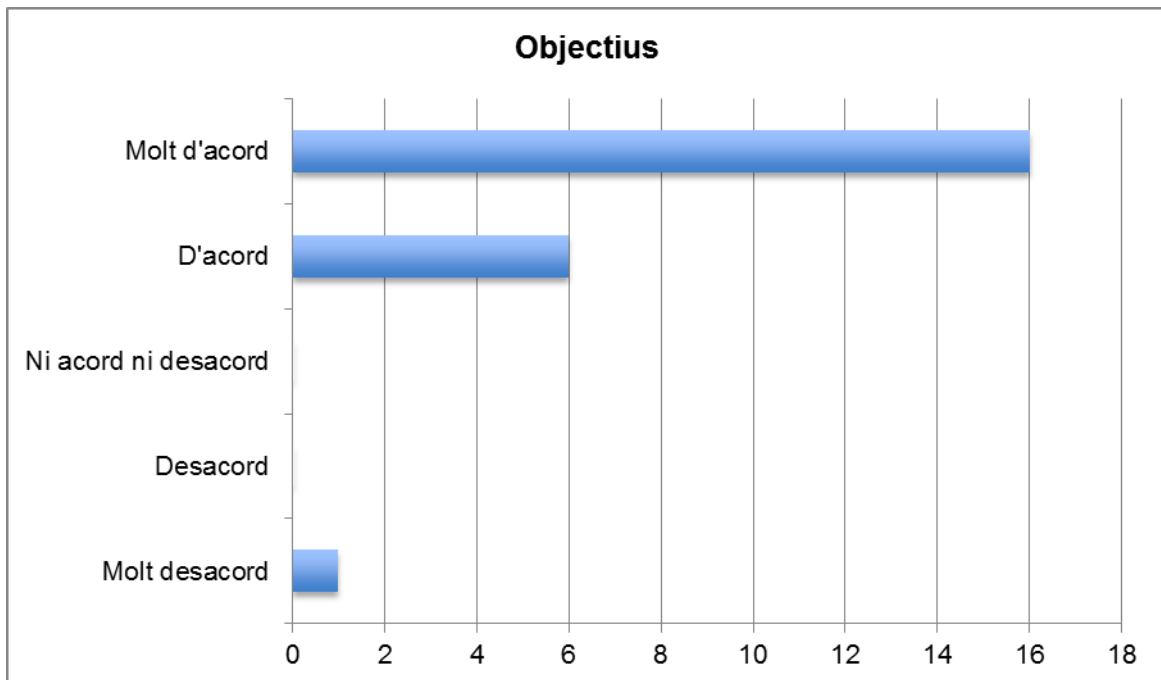


Figura 10. Objectius.

- Organització i continguts: Els continguts de l'assignatura es posen en relació amb el conjunt de la titulació.

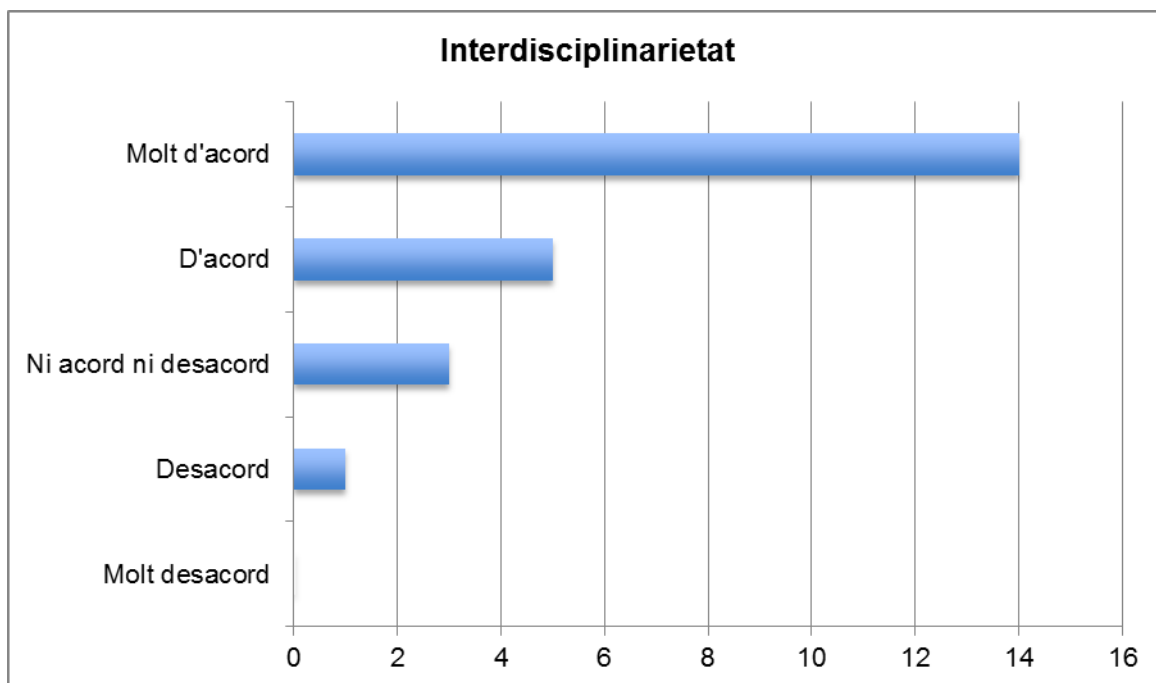


Figura 11. Interdisciplinarietat.

- Interacció amb el grup: Fomenta la participació, el debat i els intercanvis d'opinió .

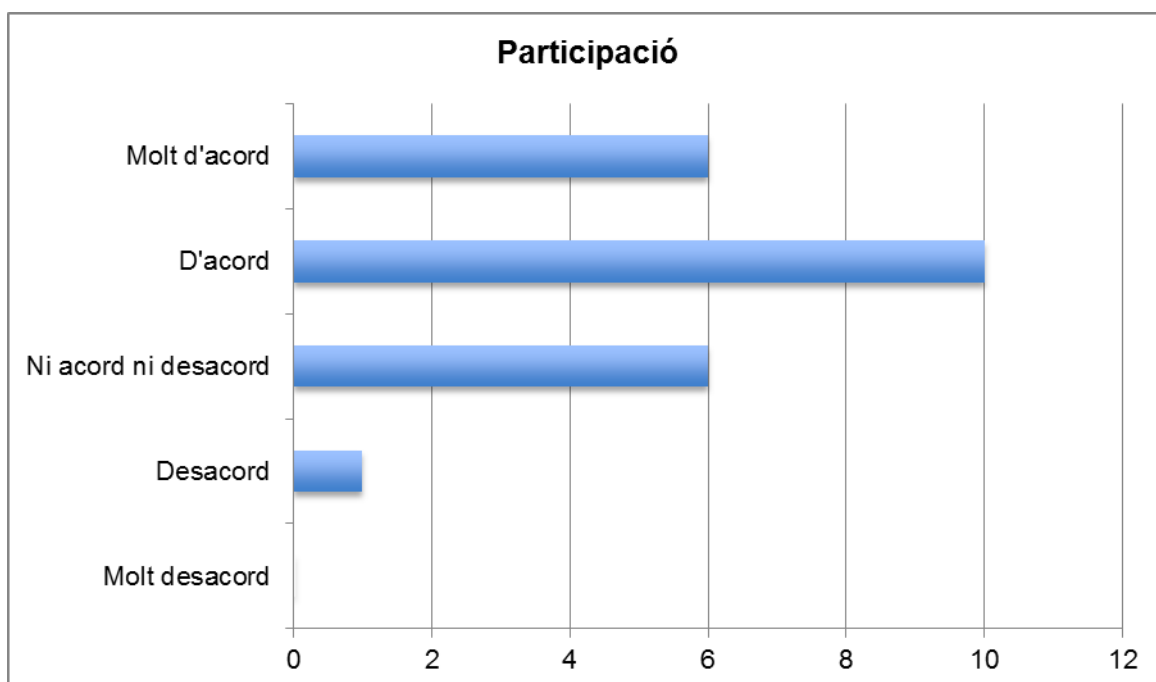


Figura 12. Participació.

- Actitud Personal: Es mostra accessible per a la realització de consultes sobre l'assignatura.

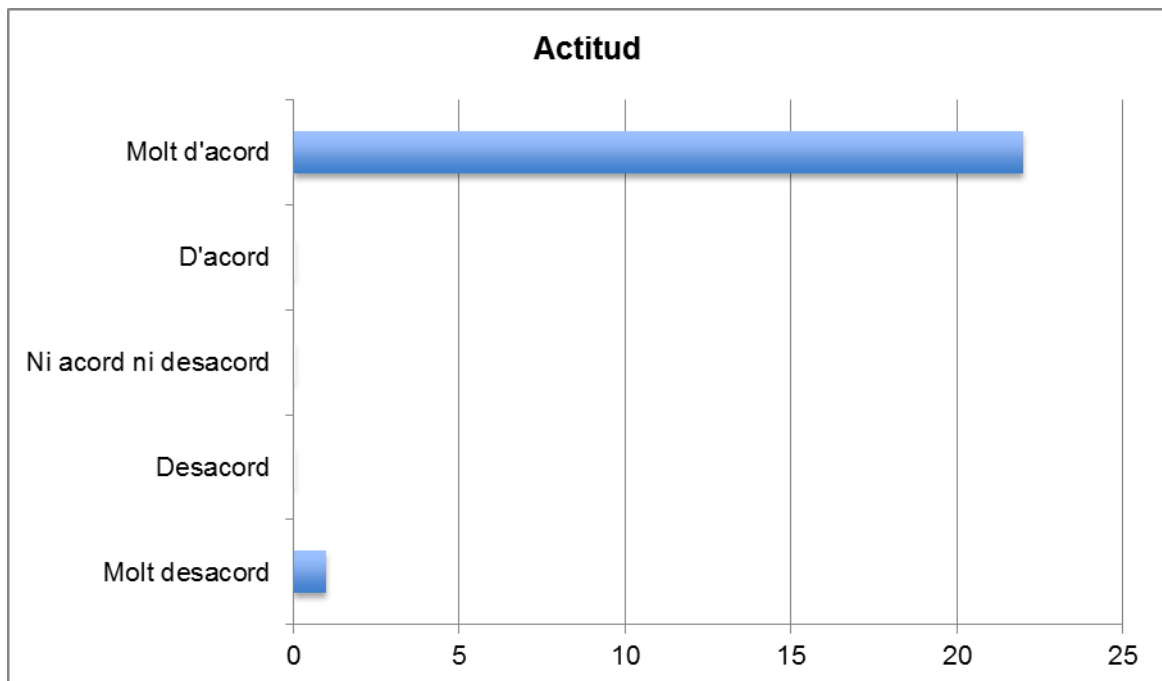


Figura 13. Actitud.

- Seguiment: Em dóna suficient informació sobre el meu progrés durant el curs.

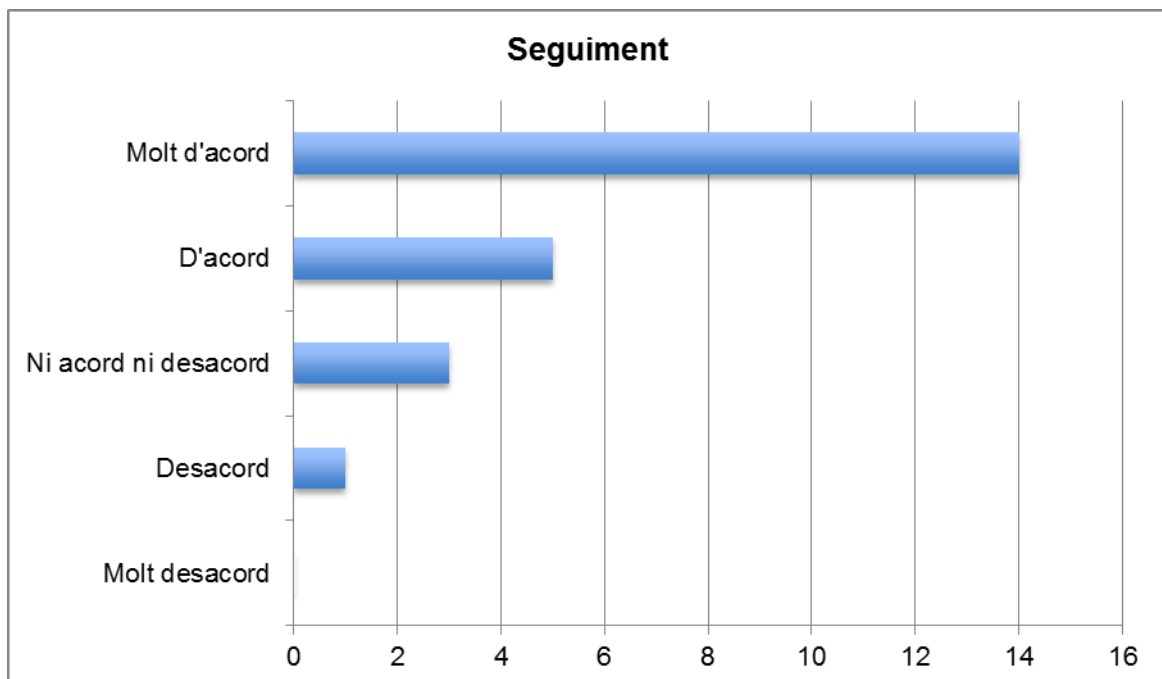


Figura 14. Seguiment.

- Aprenentatge: El meu interès en la matèria ha augmentat com a resultat d'aquesta assignatura.

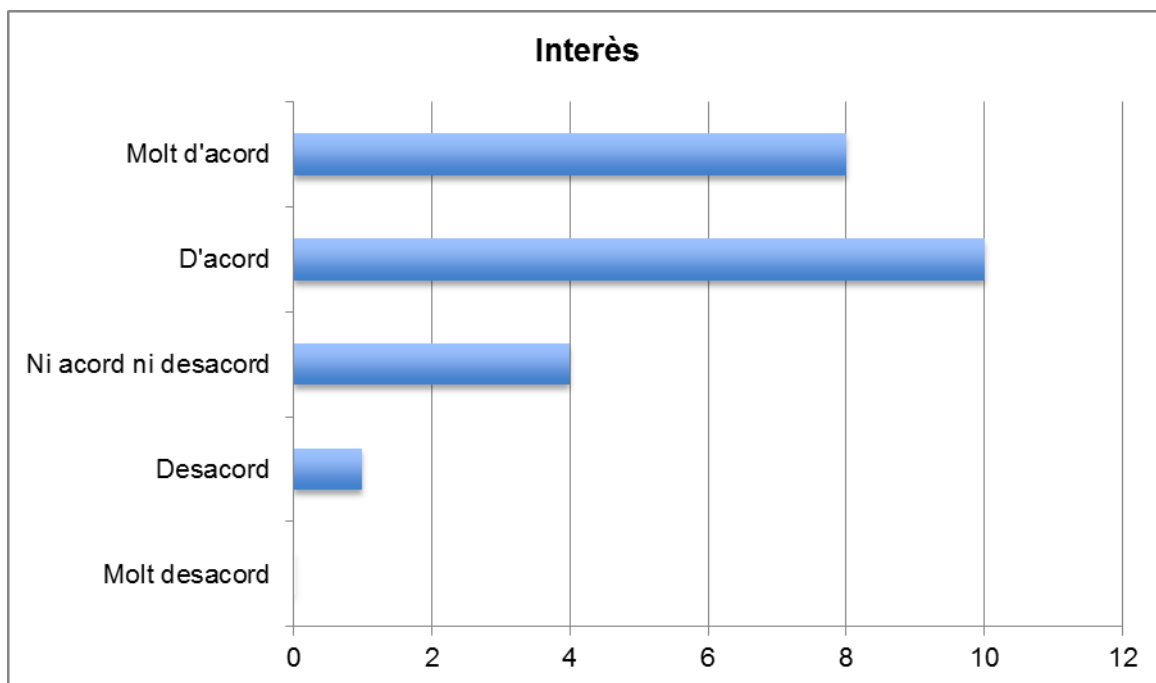


Figura 15. Interès.

- Aprenentatge: He après i he comprès els continguts d'aquesta assignatura.

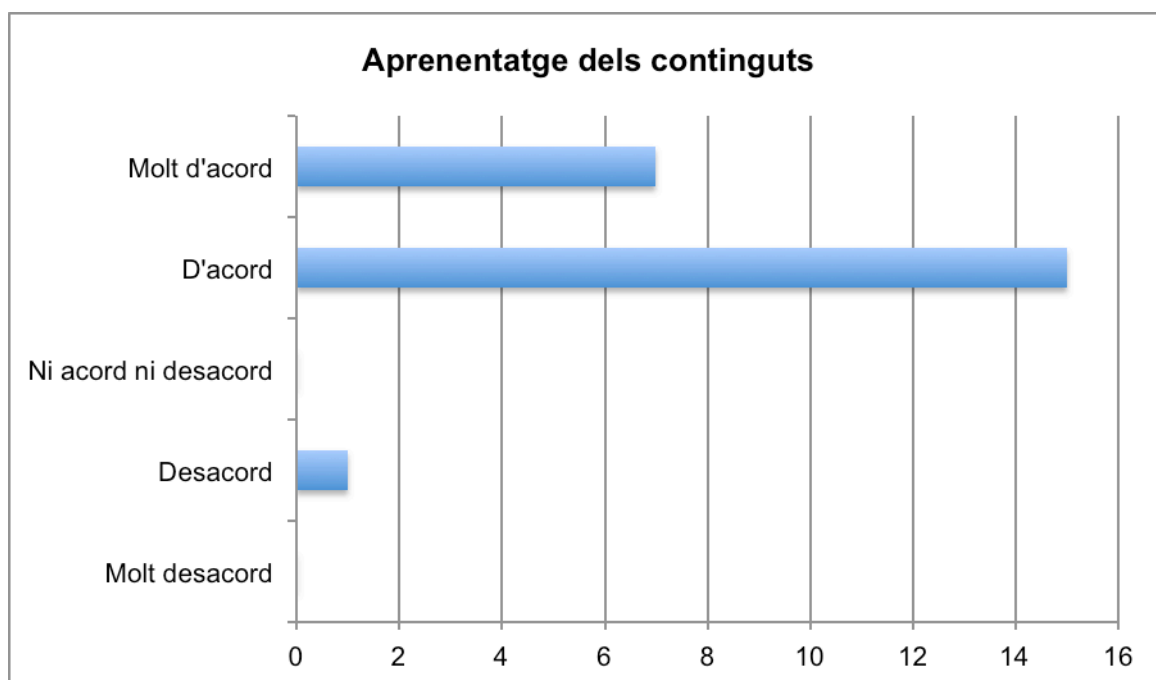


Figura 16. Aprenentatge dels continguts.

- Sistema d'avaluació: L'avaluació es correspon amb els objectius i el nivell de l'assignatura.

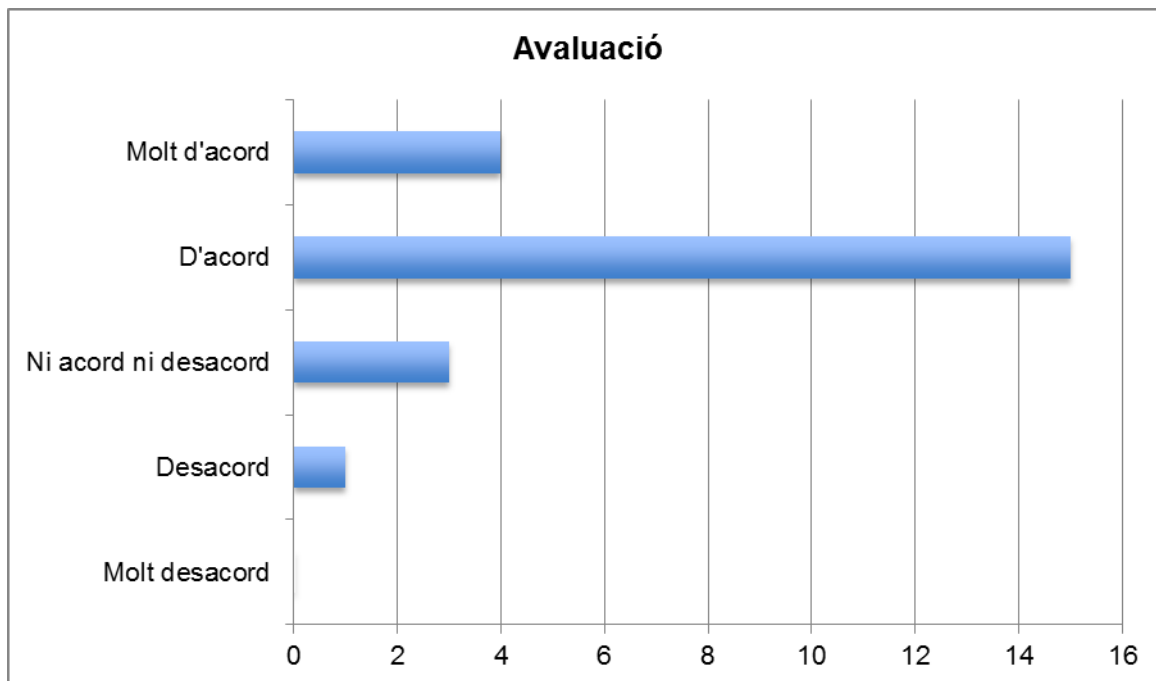


Figura 17. Avaluació

- Càrrega de treball: De mitjana, les hores per setmana d'aprenentatge autònom a aquesta assignatura han estat de...

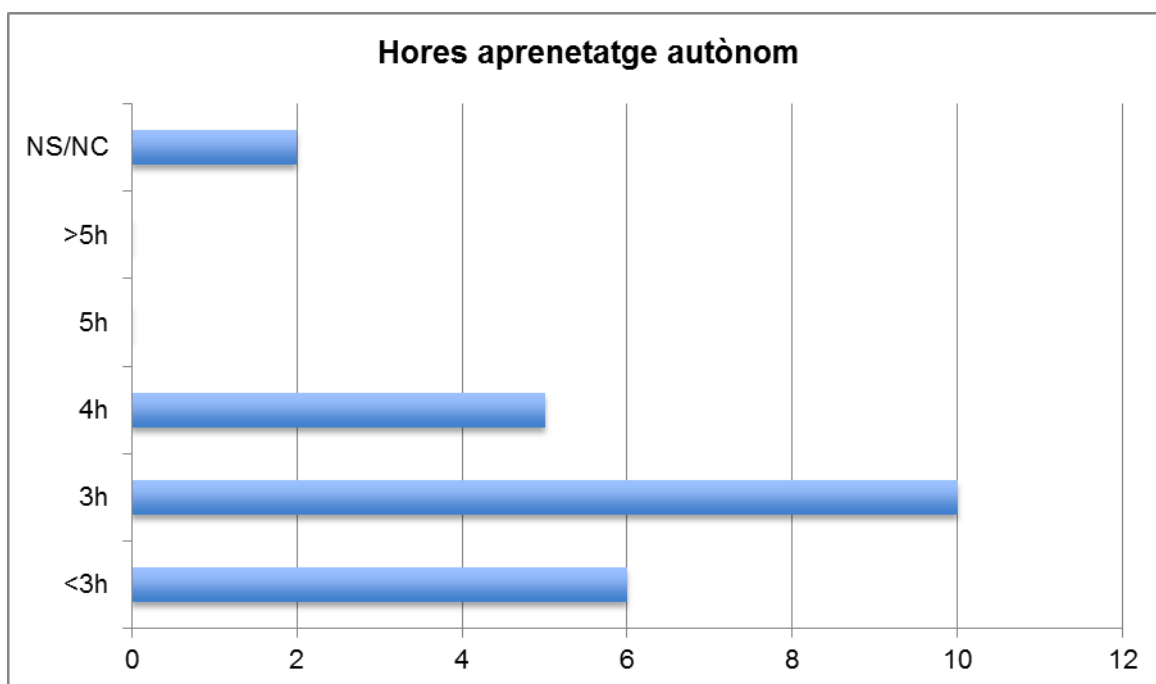


Figura 18. Hores d'aprenentatge autònom.

- Sistema d'avaluació: El nivell d'exigència d'aquesta assignatura comparada amb les del mateix quadrimestre, ha estat...

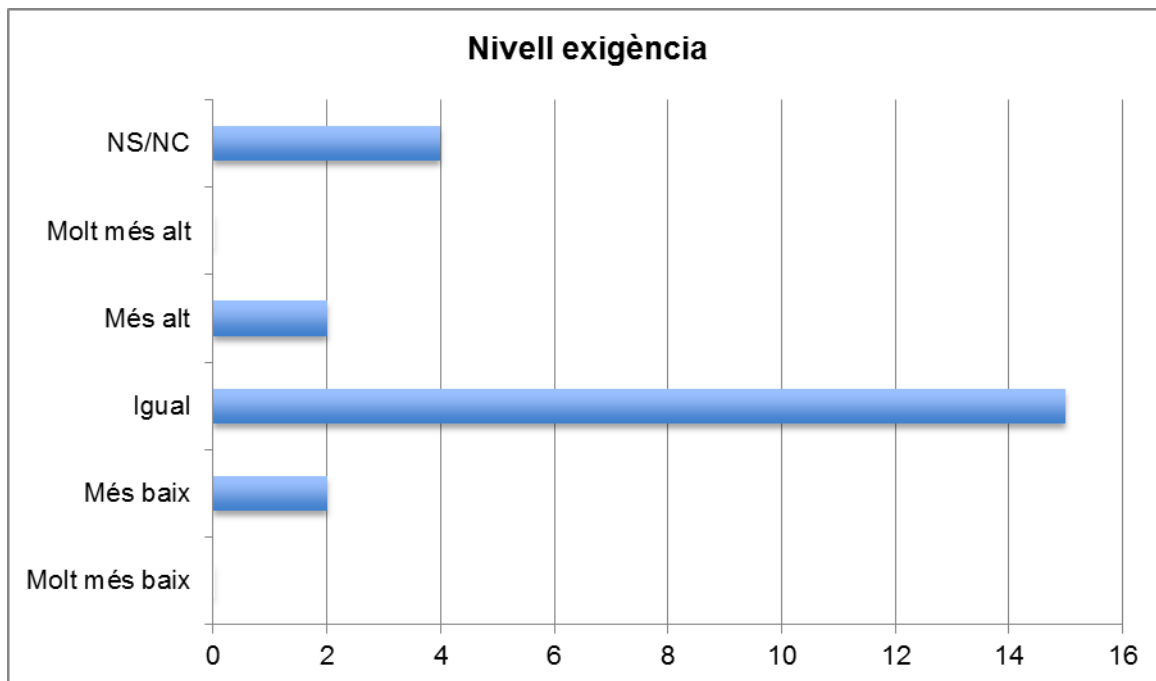


Figura 19. Nivell d'exigència.

- En conjunt estic satisfet/a amb aquesta assignatura

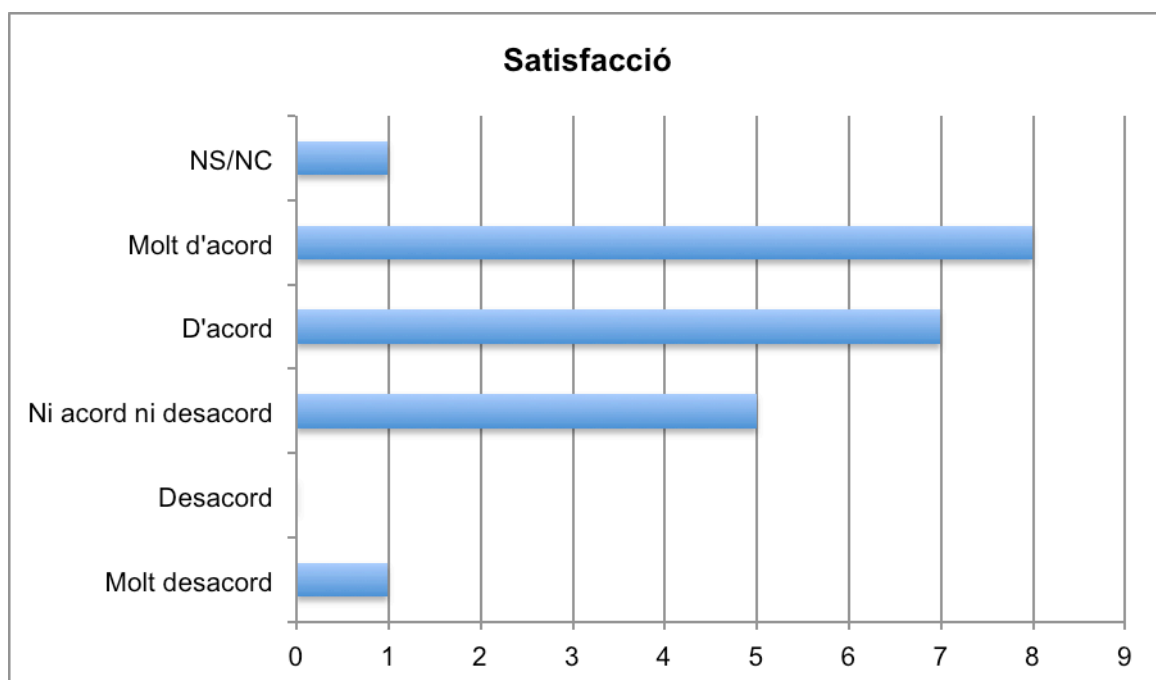


Figura 20. Satisfacció.



## CONCLUSIONS

Després de l'experiència a l'aula, l'anàlisi de la informació anterior i les dades d'altres anys, podem plantejar les següents conclusions:

- El primer que destaquem, i pot ser el més important a nivell de curs, és que s'han assolit els objectius docents proposats, i inclús amb major mesura que altres anys.
- Les activitats d'aprenentatge col·laboratiu no poden ser improvisades, fa falta planificar amb compte les etapes més convenientes en el desenvolupament de l'acció grupal.

Analitzant les dades curriculars:

- S'observa un increment en l'aprenentatge respecte d'altres anys, pel fet que en el curs actual s'obté un rati de nombre de notables respecte el nombre de matriculats (sense comptar els NP) del 37,5%, només inferior al curs 2007/08 on n'hi va haver un 52%.
- No existeix un augment significatiu en la nota mitja obtinguda, no obstant en cap dels cursos anteriors no s'havia obtingut un valor tant alt com el del curs actual. Com s'ha vist en el punt anterior i a diferència del que es podria esperar, tot i que el curs 2007/08 hi havia un nombre de notables molt elevat, la nota mitja de les puntuacions és elevada però inferior a la del curs vigent.
- Les accions i relacions d'aprenentatge grupal han ajudat en la construcció de coneixement, ja que les notes finals que han obtingut els alumnes difereix molt poc respecte la nota mitja dels membres del grup.

En referència al projecte:

- La qualitat dels projectes presentats és més alta en el curs vigent, ja que un 37,5% ha obtingut qualificació de notable. L'augment significatiu de la nota mitja dels treballs també corrobora aquesta afirmació. Tot i que el curs 2008/09 hi va haver un percentatge de notables més elevat, també es van presentar quatre treballs que no van obtenir l'aprovat.

Pel que fa al qüestionari:

- Cal tenir present el punt de vista de l'alumne per tal de poder avaluar globalment el desenvolupament de l'assignatura i redirreccionar aquest aprenentatge cap a les necessitats de l'alumnat a través de qüestionaris o rúbriques anònimes.
- En general la metodologia emprada ha satisfet la major part de l'alumnat que ha valorat positivament com s'ha planificat i desenvolupat l'assignatura.

En quan al treball per CBPL i després d'analitzar l'experiència a l'aula, podem destacar els següents punts:

- El treball col·laboratiu afavoreix l'establiment de relacions més positives entre els alumnes caracteritzades per la simpatia, l'atenció, la cortesia i el respecte mutu, així com sentiments recíprocs d'obligació i ajuda.
- Les situacions col·laboratives obtenen resultats superiors en referent al rendiment i la productivitat dels participants.
- L'aprenentatge col·laboratiu beneficia a tots els alumnes.
- Els alumnes tindran una interdependència positiva, obtindran els èxits junts i s'afrontaran als problemes junts. I una part de l'avaluació també serà conjunta.

- Encara que es treballi en grup apareix una exigibilitat personal davant el grup i davant el professor. No és vàlid descansar sobre els altres.
- Els alumnes amb més capacitats i/o que segueixen millor la matèria ajuden a aquells que els hi costa més, la qual cosa fa que consolidin els seus coneixements.
- Els alumnes amb més necessitats tenen una segona i tercera explicació per part dels seus companys.
- Tothom aprèn a escoltar opinions dels companys i ha fer escoltar les seves pròpies, entenent que allò que li dona o li treu la raó són els arguments
- L'aprenentatge no s'explica només per processos cognitius, també és degut a altres processos de tipus motivacional, socio-afectiu o relacional (acceptació o rebuig; simpatia o antipatia; igualtat o submissió, col·laboració o imposició...).
- Com més heterogènia sigui la composició d'una classe més enriquidores seran les interaccions entre els alumnes i més es correspondrà aquesta composició amb la realitat heterogènia de la societat.

No obstant, hem de reconèixer que aquest tipus de treball també té els seus inconvenients:

- No es pot treballar sempre seguint una sola tècnica. Cal anar variant de tècniques i utilitzant també altres metodologies.
- Quantitat de treball del professor elevada i en alguns casos més difícil coordinació de la classe (almenys al principi).
- L'elaboració dels grups no és senzilla, necessita un estudi previ.
- Cal determinar en quines situacions d'aprenentatge es pot aplicar.

## **Bibliografia**

Cawley, P. "A Problem-based Module in Mechanical Engineering," *The Challenge of Problem Based Learning*, (1991) 177-185.

Solaz-Portolés. J.J.; Sanjosé, V. y Gómez, A. (2011). Aprendizaje basado en problemas en la Educación Superior: una metodología necesaria en la formación del profesorado. *Didáctica de las Ciencias Experimentales y Sociales*, nº 25, 177-186.

Perrenet, J.C., Bouhuijjs, P.A., and Smits, J.G.M.M. "The Suitability of Problem-based Learning for Engineering Education: theory and practice," *Teaching in Higher Education* 5 (33) (2000) 345-358.

Bara Termes, J.; Valero García, M. "Aprendizaje basado en proyectos (Project Based Learning) en la formación de ingenieros". *Universitat Politècnica de Catalunya*.

Felder R. M., Silverman L. K. (1988). "Learning and teaching styles in engineering education", *Engineering Education*, 78(7), 674-681.