

PRESENTACIÓ DE RESULTATS DELS PROJECTES DE MILLORA DE LA DOCÈNCIA

TÍTOL DEL PROJECTE: Docència tecnològica dels materials compostos

Professor/a responsable: Lluís Gil

Lluís.gil@upc.edu, Dept. de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria, Escola Tècnica Superior

Professorat que ha intervingut Ernest Bernat, Sílvia Illescas, Jordi Marcé, Marco A. Pérez, Elisa Rupérez, Núria Salan i Montserrat Sánchez

Tipus d'ajut rebut: **UPC_2011**

Resum

La tecnologia de materials compostos combina un conjunt de processos i materials complexos. S'ha dissenyat una pràctica amb l'objectiu de transmetre a l'alumne els conceptes de disseny i fabricació utilitzant les tècniques de la infusió i el pre-impregnat; una pràctica d'anàlisi i simulació computacional amb validació experimental a partir d'un assaig destructiu de flexió i un no-destructiu amb ultrasons i, finalment, s'ha proposat la presentació oral d'un treball davant un grup d'alumnes.

Paraules clau

Materials compostos, experimental, simulació

Catalogació segons aspecte d'actuació docent (*)

- Acompanyament a l'aprenentatge
- Practicitat dels estudis

Àmbit de coneixement UPC

- Enginyeria Aeroespacial

Destinatariis

El mercat dels materials compostos està en clara expansió i la necessitat de formació per part del nostre estudiantat és clara. Tant des del Departament de **Ciència de Materials i Enginyeria Metal·lúrgica (702)** com el de **Resistència de Materials (737)** s'imparteixen assignatures de materials compostos a nivell de grau i de màster. Així, per exemple, al *Master for Aerospace Science and Technology*, i al Màster de Mètodes Numèrics en Enginyeria, hi ha assignatures relacionades amb els materials compostos.

Actualment, al **Campus de Terrassa** existeixen tres assignatures associades a les titulacions següents:

Titulació	Assignatura	Crèdits	Caràcter
Enginyeria Industrial ICT Mecànic (737)	Càlcul de Materials Compostos	4,5	Optativa
Enginyeria Aeronàutica (737 i 702)	Materials Compostos	6	Obligatòria 4rt
Enginyeria Tècnica Industrial (702)	Materials Compostos	4,5	Optativa

A l'**ETSEIAT** es troben les instal·lacions del **Compolab**, orientat a la recerca en materials compostos, i el **LITEM** que disposa d'equips i tecnologia d'assaigs destructius i no destructius sobre materials compostos, aplicats a l'estudi i la recerca de components aeronàutics. Per tant, tant el Departament de Ciència de Materials com el de Resistència de Materials i Estructures a l'Enginyeria tenen una tradició i una responsabilitat en la formació dels materials compostos. Aquesta preocupació i la bona coordinació entre les dues entitats permet presentar aquest projecte d'innovació docent.

Resultat

1 PART 1: Pràctica de disseny i fabricació

De tots els processos de fabricació de materials compostos utilitzats a nivell industrial, s'han seleccionat la infusió per buit i conformat de peces a partir de pre-impregnats per tractar-se de processos molt utilitzats en el sector d'aeronàutica.

L'avaluació de la pràctica es va realitzar sobre la base del treball desenvolupat durant la seva realització i l'informe presentat posteriorment per grups. La contribució de la nota de pràctiques a la total de l'assignatura és del 5%.

1.1 Pràctica 1.- Fabricació d'un estratificat pla de fibra de vidre i resina epòxid mitjançant el procés d'infusió per buit

La realització d'aquesta pràctica té com a objectiu principal l'apropament de l'alumne a una tècnica industrial de fabricació de peces de material compost (polímer reforçat amb fibra). Aquesta tècnica en qüestió és la infusió per buit. Es pretén que l'estudiant es familiaritzi amb el procés, a més de conscienciar-

se de les dificultats inherents als processos de fabricació amb polímers reforçats amb fibra en general i, en particular, de la infusió per buit.

La fabricació d'una peça per infusió requereix una sèrie d'etapes complementàries, tant prèvies com posteriors, per aconseguir l'acabat final desitjat. A continuació es detalla la seqüència de treball seguida en la pràctica (Figura 1):

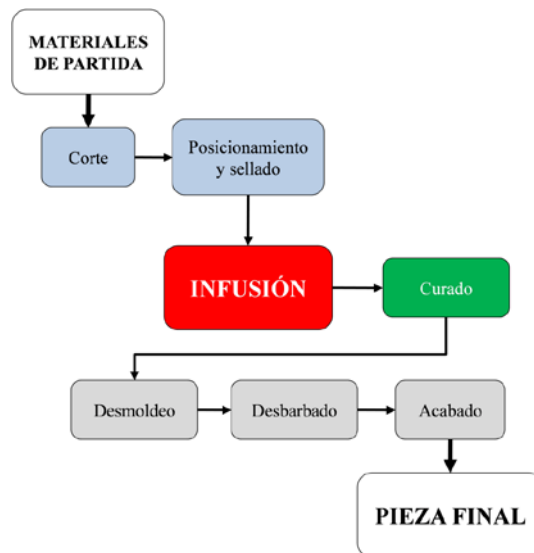


Figura 1 Seqüència completa de les etapes de fabricació, realitzades en el laboratori per a l'obtenció de la peça final

La pràctica inclou les etapes de posicionament, segellat i Infusió de la resina indicades a la Figura 1, per la fabricació d'un estratificat pla de fibra de vidre i resina epòxid.

Per grups de 5/6 persones es va procedir a la col·locació de la preforma, tallada prèviament, amb els materials fungibles necessaris sobre un placa rígida i al segellat de la càmera amb un film (Figura 2 i Figura 3). El muntatge es va realitzar seguint la guió de la pràctica i les indicacions del professor. Un cop segellada la càmera es va comprovar la no existència de fuites mitjançant la realització del buit en el seu interior amb el canal d'alimentació de resina tancat. Comprovada l'estanquitat de la càmera es va procedir a realitzar la infusió de la preforma amb el mateix nivell de buit anterior, 80% (Figura 4).



Figura 2 Col·locació de les capes de reforç (teixit de fibra de vidre)

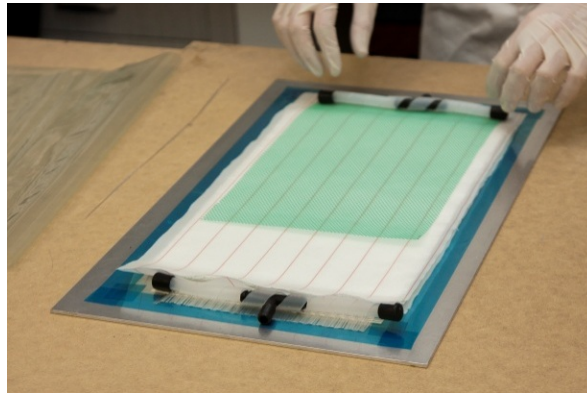


Figura 3 Col·locació dels materials fungibles: teixit pelable, mitjà de distribució i canals d'alimentació i sortida de la resina.

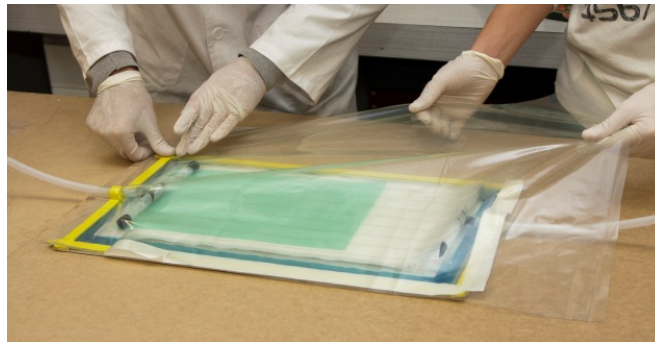


Figura 4 Segellat amb una bossa de buit

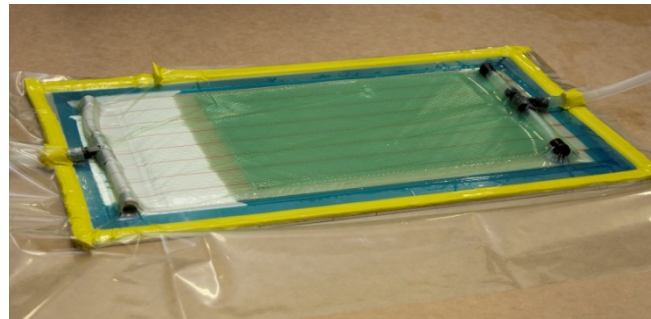


Figura 5 Infusió de la preforma amb resina epòxid.

1.2 Pràctica 2.- Etapes d'apilament i conformat per la fabricació amb pre-impregnats d'una pell reforçada longitudinalment amb *stringers*

L'objectiu d'aquesta pràctica és la presa de contacte dels alumnes amb els materials pre-impregnats i la seva metodologia de treball per a la seva conformació. La peça fabricada a la pràctica va ser una estructura de pell reforçada longitudinalment amb *stringers* (Figura 6).

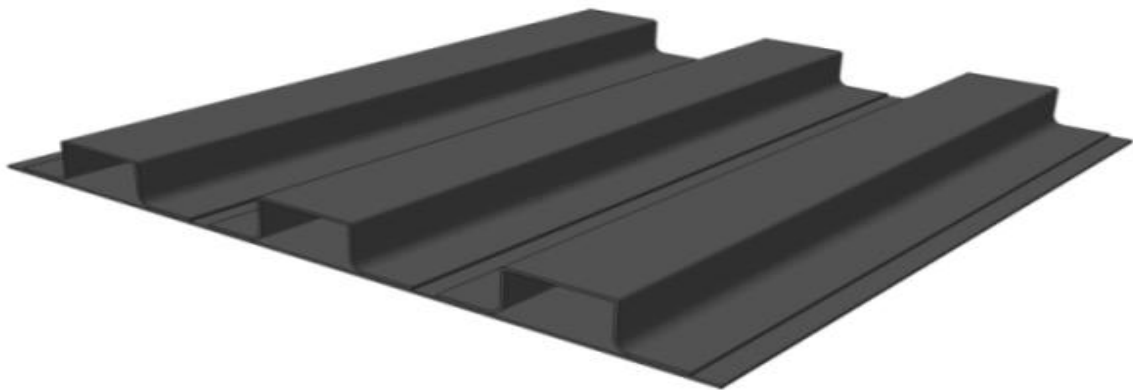


Figura 6 Pell reforçada longitudinalment amb stringers conformat en la pràctica a partir de preimpregnats.

Els alumnes han mostrat especial interès per aquesta pràctica ja que els pre-impregnats són els referents quant a aplicació de materials compostos d'altres prestacions en aeronàutica, a causa de les propietats mecàniques superiors que ofereixen.

El desenvolupament de la pràctica va consistir en l'apilament de 8 capes de pre-impregnats de fibres de carboni en resina epòxid (Figura 6) per a l'obtenció de la pell i l'*stringer* (per separat), posterior conformat en calent i sota buit de l'*stringer* i finalitzant amb l'acoblament de les dues peces segons el procediment indicat en la Figura 7.

Els alumnes es van distribuir en dos grups de 7/8 persones, realitzant un d'ells l'apilament de la pell i l'altre l'apilament de l'*stringer* per acoblar-los posteriorment (Figura 12).

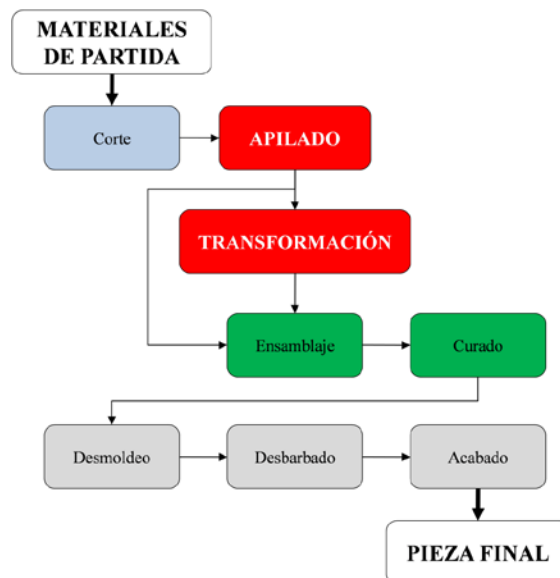


Figura 7 Seqüència completa de fabricació d'una peça a partir de pre-impregnats



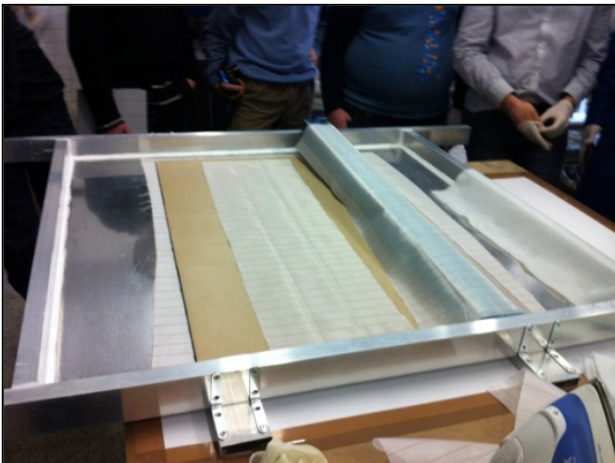
Figura 9 Pre-impregnat UD epòxid-carboni



Apilat de capes de preimpregnats de fibres de carboni amb resina epoxi.



Conformat de l'*stringer* en calent i sota buit.



Muntatge per a l'acoblament



Peça final

Figura 8 Apilament de la pell i l'altre l'apilament de l'*stringer* per acoblar-los posteriorment

2 PART 2: Pràctica d'anàlisi i validació experimental.

2.1 Objectiu

L'objectiu general és donar una visió global del procés de disseny, anàlisi i validació experimental del prototip, des de la proposta en paper o digital, fins al component físic i tangible. Així mateix s'introdueix a l'alumne en els conceptes bàsics de la inspecció ultrasònica i la mecànica experimental dels materials compostos.

2.2 Fase de simulació

La simulació de components estructurals de material compost requereix, donada la naturalesa ortòtropa de les làmines que conformen el laminat, una estimació prèvia de les propietats equivalents, les anomenades constants enginyerils. Aquestes s'obtenen a partir de la relació deformació-tensió, l'anomenada matriu de flexibilitat del laminat. Les constants enginyerils es poden determinar experimentalment realitzant assajos mecànics en cada una de les direccions d'ortotropia del material. Això implica fabricar provetes ambles mateixes làmines de pre-impregnats i amb el mateix procés de fabricació, i posteriorment assajar-les per obtenir la caracterització elàstica del material laminat.

Donada la finalitat didàctica de la pràctica i la relació amb els continguts del curs, l'estimació de les constants enginyerils s'ha realitzat mitjançant una metodologia analítica. Donada la configuració del laminat (és a dir: propietats elàstiques de les làmines, número y orientació de les làmines i seqüència d'apilament) els alumnes han obtingut mitjançant la teoria de la laminació i de mesclades exposades a les sessions teòriques, les matrius anomenades ABD: matriu de rigidesa del laminat en el pla, matriu d'acoblament i matriu de rigidesa del laminat a flexió, respectivament. Aquesta metodologia analítica permet calcular les constants enginyerils equivalents del laminat d'una manera indirecte, per introduir-les en el model d'elements finits.

El càlcul s'ha realitzat amb el software docent MIC-MAC. Es tracta d'una fulla de càlcul desenvolupada pel professor Stephen W. Tsai del Department of Aeronautics & Astronautics Stanford University que permet calcular les rigideses, la distribució de deformacions i tensions en el laminat i la resistència última del laminat. Durant el curs els alumnes adquireixen les habilitats suficients per realitzar els càlculs pertinents i entendre la mecànica dels materials compostos.

Per a la simulació del comportament estructural s'ha emprat el codi comercial d'elements finits ANSYS. S'ha realitzat una modelització del *stringer* amb elements tipus Shell definint les propietats elàstiques obtingudes analíticament i l'orientació dels eixos d'ortotropia d'acord amb l'orientació de la fibra de carboni. Les condicions de contorn corresponen a les de l'assaig experimental. És realitza un anàlisis estàtic lineal amb una càrrega distribuïda i centrada de valor 983N i s'obté el camp de desplaçaments. La Figura 10 mostra el resultats de l'estimació del camp de desplaçaments en la part superior i inferior obtinguts en la simulació numèrica.

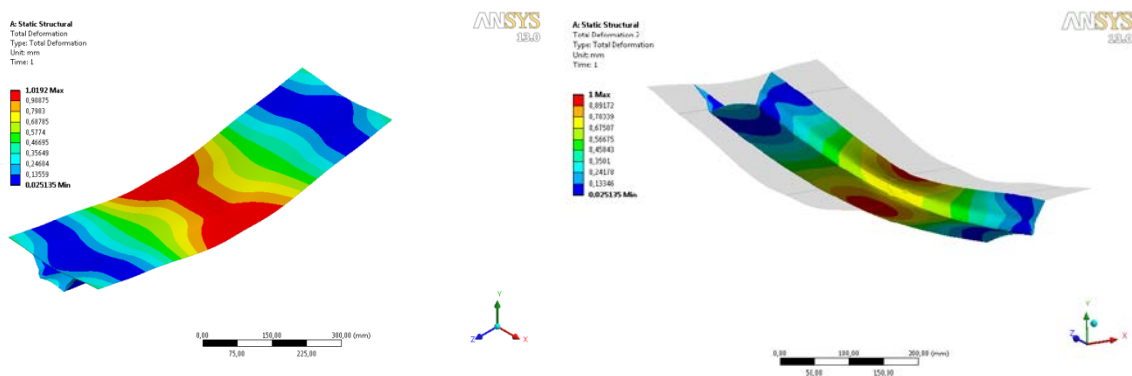


Figura 10 Camp de desplaçaments obtinguts computacionalment

A partir del camp de desplaçaments s'obté el camp de deformacions i el camp de tensions que permet identificar les regions més i menys sol·licitades i consegüentment el punt de trencament del component estructural. La Figura 11 mostra el resultat de l'estimació del camp de tensions equivalents en la part superior i inferior del *stringer*.

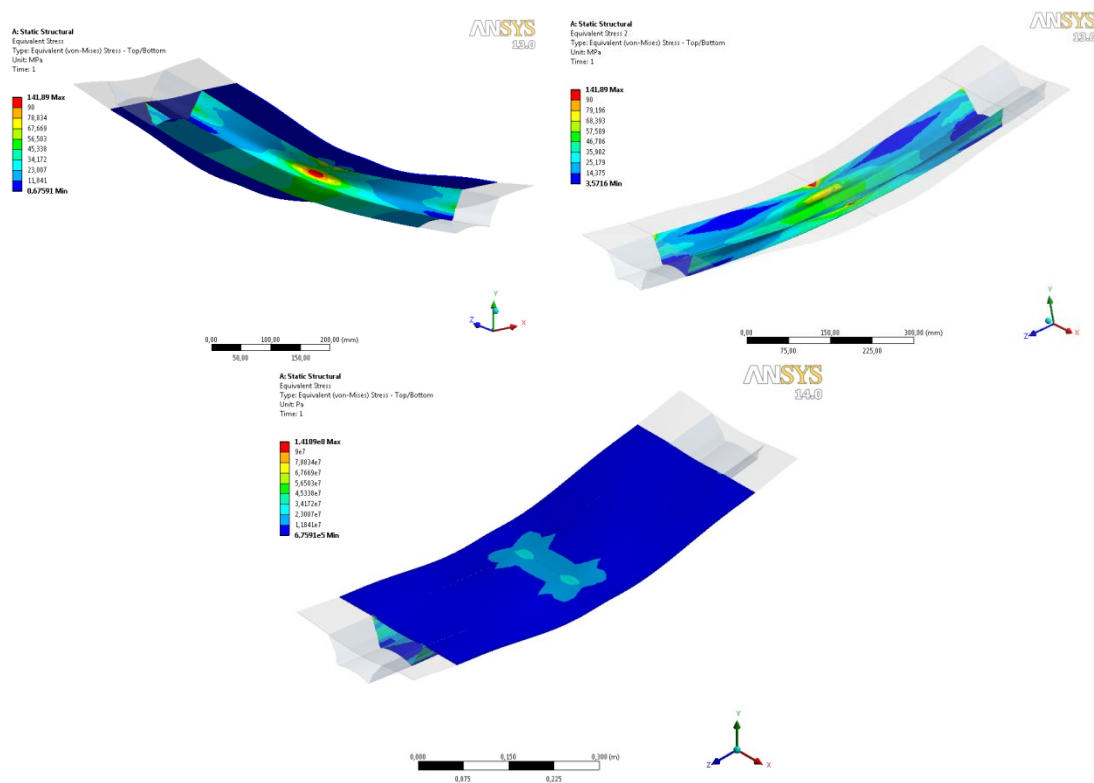


Figura 11 Camp de tensions obtinguts computacionalment

A partir de l'anàlisi dels resultats els alumnes poden modificar el disseny del laminat (número y orientació de les làmines i seqüència d'apilament) i veure les conseqüències en el comportament estructural.

2.3 Fase experimental

La fase experimental de la pràctica consta de dues activitats: una inspecció no destructiva per identificar possibles defectes interns, danys, porositats o

defectes en la fabricació del stringer, i un assaig destructiu de flexió amb tres punts.

La inspecció no destructiva es realitza mitjançant un equip d'ultrasons. El la tècnica ultrasònica es fonamenta en la mesura del temps de vol d'una ona ultrasònica a través d'un medi. El palpador ultrasònic emet una ona que travessa el material. En absència de defectes l'ona arriba a la cara inferior de la peça i rebota. La presència d'un defecte s'identifica amb un eco en pantalla com s'il·lustra a la Figura 12.

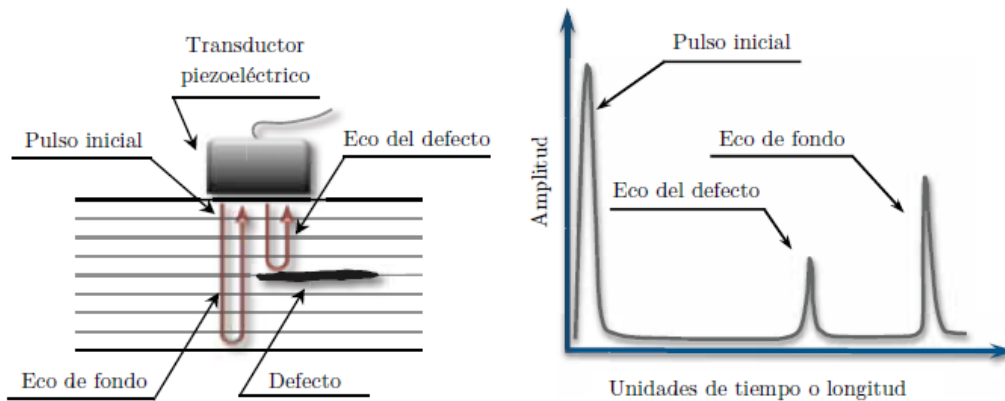


Figura 12 Eco en pantalla

El mapa ultrasònic de defectes resultant pot ser representat de tres modes diferents, anomenats: A-scan, B-scan i C-scan. Per a la inspecció s'ha utilitzat un equip d'ultrasons Olympus OmniScan MX amb un palpador *phased array* de 64 i un encoder per codificar la posició (Figura 13). S'utilitza un gel acoblant per garantir la màxima transferència de l'ona ultrasònica a l'interior del espècimen (Figura 13).

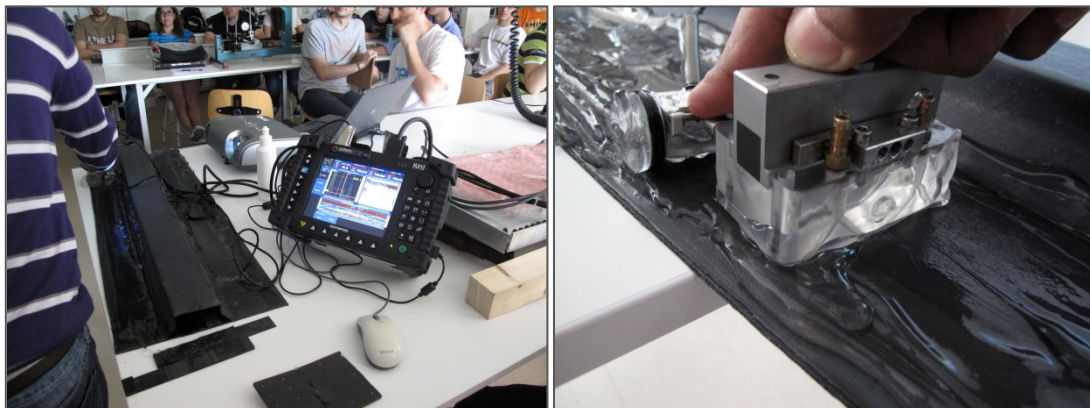


Figura 13 Utilització d'un encoder i del gel acoblant

Els resultats proporcionen una reconstrucció volumètrica de l'estat intern del material Figura 14.

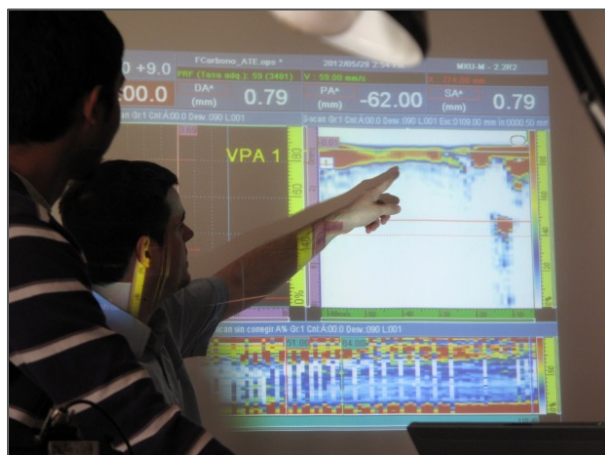


Figura 14 Reconstrucció volumètrica de l'estat intern del material

Després d'avaluar la peça fabricada es procedeix a la realització de l'assaig assaig destructiu de flexió amb tres punts. L'assaig consisteix en l'aplicació amb control per desplaçament d'una càrrega centrada i distribuïda fins arribar al col·lapse. S'han assajat quatre mostres. Les tres primeres en la posició habitual mentre que la quarta en posició invertida. En la Figura 15 es mostra el muntatge i el sistema d'aplicació de la càrrega. La Figura 15 mostra el detall del mecanisme de fallida del *stringer* després del col·lapse. La delaminació es produeix per l'efecte dels esforços tallants induint una separació de les làmines. Els resultats es mostren coherents en relació a les estimacions numèriques obtingudes a la fase primera de la pràctica.



Figura 15 Mecanismes de fallida de l'*stringer*

En els gràfics de la Figura 16 es representen les corbes força desplaçament corresponents als assajos de les quatre mostres. En la **Error! No s'ha trobat l'origen de la referència.** es representa el detall per al rang de càrrega de 0 KN a 1KN. Es comprova que les rigideses obtingudes es corresponen amb les estimacions numèriques obtingudes a la fase primera de la pràctica. La divergència en els punts de trencament i resistència màxima es deuen a la col·locació de la mostra (mostra 4) i la influència de les condicions de contorn.

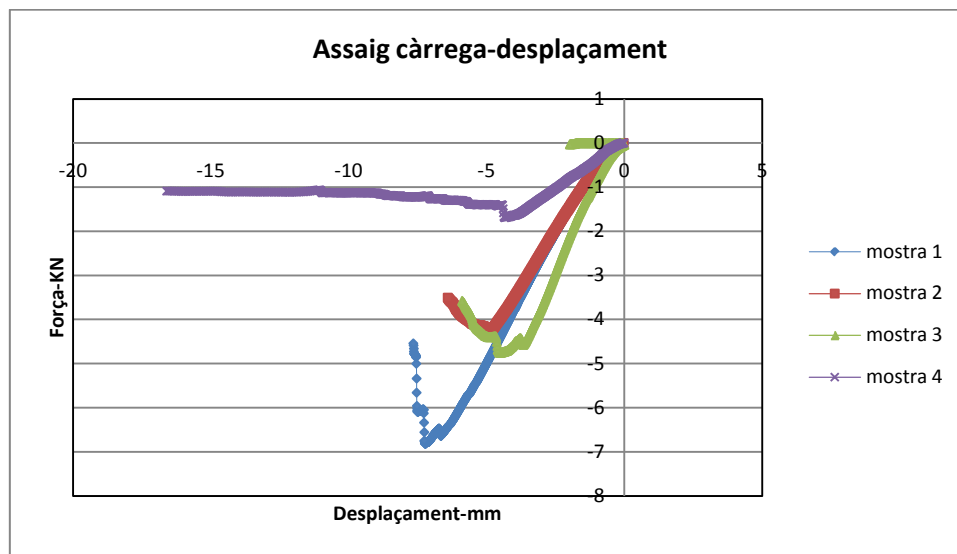


Figura 16 Corba força-desplaçament

3 PART 3: Redacció d'un Treball de Materials Compostos i presentació pública.

Per tal de treballar els conceptes impartits a classe a la primera part de l'assignatura sobre descripció dels materials compostos, processos de conformació i control de qualitat, els alumnes han realitzat un treball relacionat amb l'aplicació d'aquests materials en el sector aeronàutic i automoció . Cada grup de treball tria un tema dels proposats pel professor.

Alguns dels temes desenvolupats han estat els següents:

- Disseny de pales d'aerogenerador: Materials compostos i Procés de conformació
- Aplicació de Materials Compostos a les pales del rotor d'un helicòpter
- Aplicació dels materials compostos: estabilitzador horitzontal.
- Interès dels *nanocomposites* en el sector d'aeronàutica: materials, estructura, propietats i aplicacions.
- Estudi dels materials compostos en un UAV (Unmanned Aerial Vehicles)
- Ús de materials compostos en aplicacions específiques d'aeronaus amfíbies i hidroavions.
- Aplicacions dels materials compostos en ultralleugers.
- Els frens carbono-ceràmics de la Fórmula 1.
- Fabricació del monocasc d'un monoplaça d'un Fórmula 1 amb materials compostos .
- Panells del sòl intermedi de l'aeronau fabricats amb materials compostos.
- Utilització de materials compostos en la fabricació del timó horitzontal del 380.

Els treballs han estat realitzats en grups de 3/5 persones. Per a la realització del treball, el professor va facilitar un patró on s'especificava l'estructura del treball i el format de presentació (Figura 17). El treball necessàriament ha de contenir un resum, una introducció, descripció i justificació dels materials compostos que s'utilitzen per a aquesta aplicació, així com el procés de conformat utilitzat i la bibliografia consultada. Durant la realització del treball el professor va fer un seguiment mitjançant reunions programades amb cada grup.

S'ha avaluat tant el treball escrit com l'exposició oral, mitjançant les rúbriques indicades en la metodologia (Figura 19, Figura 20, Figura 21 i Figura 22). Per a la valoració del treball escrit s'ha tingut en compte la qualitat del contingut, l'originalitat en l'exposició dels continguts, fonts consultades, claredat en la redacció, relació contingut-extensió i puntualitat en el lliurament.

L'avaluació de cada treball ha estat realitzada pel professor i per altres dos grups (co-avaluació entre iguals). Per això, cada grup ha lliurat dos exemplars de l'informe: un amb els autors del treball i un altre anònim. Cada grup ha valorat l'exemplar anònim de dos treballs.

L'avaluació de l'exposició oral també ha estat realitzada tant pel professor com per la resta de grups, tenint en compte l'estructura de la presentació, capacitat d'anàlisi i síntesi i la resposta a les preguntes formulades. A la Figura 18 es mostra la co-avaluació d'un treball escrit per un dels grups.

TÍTOL DEL TREBALL (ARIAL, 16 pt, negreta, centrat)

Autors (Cognoms, inicial del nom; Cognoms, inicial del nom...; Arial 12 pt. cursiva, centrat)

RESUM: 100-150 paraules referents al contingut del treball, en català o castellà (Arial, 10, cursiva, justificat)

ABSTRACT: 100-150 words about the contents of paper

INTRODUCCIÓ (Arial, 12, negreta)

Text que serveixi com a introducció dels continguts del treball, en format de columnes, y que ha d'ocupar una extensió no superior al 20 % del total del treball (Arial, 11, normal)

Els apartats que es poden incloure en aquest treball, a més de la introducció, són els que facin referència a la família (o famílies) de materials "associats" al tema desenvolupat, o bé a la descripció dels propis processos, àmbits d'aplicació, innovació, evolució històrica, previsió per al futur, etc...

FIGURES I TABLES

Si s'escau la inclusió de figures o taules, es col·locaran just darrera del paràgraf on es fa esment, indicades amb el número de figura (Fig. 1) o de taula (Tabla 1), però amb numeracions independents.



Fig. 1 Descripció del contingut de la figura

S'ha d'adaptar la dimensió de la tabla o de la figura per tal que, si és possible, hi càpiga dins la columna.

Cal fer constar la bibliografia consultada (llibres de text, articles, webs...)

FINALITAT

Els treballs es recolliran i s'editaran conjuntament en un opuscle, de difusió interna per a tots els components de l'assignatura.

LLIURAMENT

Aquest treball s'ha de lliurar **no més tard de la setmana 13 de curs**, en format electrònic.

Cal lliurar 2 arxius, un amb el nom dels autors/es i un altre sense noms, com a arxius afegits dins un correu electrònic al professorat de l'assignatura.

AVALUACIÓ

Mitjançant una rúbrica, es valorarà la qualitat del contingut, la originalitat en l'exposició dels continguts, les fonts consultades, la claredat en la redacció, la relació contingut-extensió i la puntualitat en el lliurament.

Autors (Cognom, inicial; Cognom, inicial...)
Nom assignatura - Curs 20xx/yy Qz

Figura 17 Patró d'informe a elaborar per part de l'estudiantat

TRABAJO MC-TR 4

TÍTULO DEL TRABAJO: Aplicación de materiales compuestos en las palas del rotor del helicóptero

VALORACIÓN:

PESO	ELEMENTO	NIVEL DE VALORACIÓN			
		4	3	2	1
3	Redacción				3
3	Gráficos, figuras		9		
3	Estructura			6	
3	Formato			6	
3	Bibliografía	12			
4	Información		12		
6	Contenido	24			
TOTAL SUMA		72			

ASPECTOS MÁS DESTACADOS DEL TRABAJO EVALUADO:

Parte del contenido se basa en casos reales como las palas del Ecureuil AS350, lo que da credibilidad al artículo.

La introducción sobre funcionamiento y tipo de rotores, así como la estructura y los requerimientos básicos de la pala, es útil y provechosa para un mejor entendimiento del resto del trabajo.

ASPECTOS MEJORABLES DEL TRABAJO EVALUADO:

El apartado de materiales y de conformado está enfocado de forma muy general.

La numeración de algunas figuras es errónea.

Mejorar notablemente la ortografía así como los aspectos de normalización de formato (distintos tipos de letra y tamaños de la misma, negritas donde no tocan, justificación del texto...)

OBSERVACIONES / SUGERENCIAS:

Figura 18 Rúbrica de la co-avaluació d'un treball escrit per un dels grups

Avaluació del projecte

3.1 Avaluació de l'informe

L'avaluació de l'informe elaborat a partir de l'activitat, es realitzarà mitjançant l'ús de rúbriques, tant per avaluació sumativa del professorat com per co-avaluació entre iguals. Cada grup lliura dos exemplars d'informe: un amb els noms de totes les persones que conformen el grup, i un altre anònim.

El professorat distribueix els treballs anònims entre grups, juntament amb la rúbrica (**Error! No s'ha trobat l'origen de la referència.**), les instruccions d'ús de la rúbrica (Figura 20) i un model de qüestionari (Figura 21), de manera que cada grup hagi d'avaluar 2 treballs i, per tant, lliurar dos qüestionaris complimentats. La mitjana d'aquestes dues notes, juntament amb la del professorat, constitueixen la nota prèvia d'avaluació de l'activitat.

El professorat retorna a cada grup els qüestionaris d'avaluació que s'han elaborat sobre el seu treball, amb les observacions realitzades per cada avaluador (*feed-back*) i dona l'oportunitat d'esmenar els aspectes que siguin susceptibles de millora. Si un grup ho retorna, la segona avaluació només la fa el professorat.

Pel que fa a l'avaluació de l'exposició oral, es lliurarà un qüestionari d'avaluació similar al mostrat a la Figura 21, juntament amb un conjunt de rúbriques diferents que permeten l'avaluació de les diferents competències genèriques susceptibles de ser avaluades en aquesta activitat (Figura 22), de manera que, entre tots els grups assistents, es puguin avaluar tantes competències com el professorat consideri adient.

Pes	Element a valorar	4	3	2	1
3	Redacció	No hi ha errors gramaticals, d'ortografia o puntuació	Gairebé no hi ha errors gramaticals, d'ortografia o puntuació (<5)	Hi ha 5-10 errors gramaticals, d'ortografia o puntuació	Hi ha molts errors gramaticals, d'ortografia o puntuació (>10)
3	Gràfics, figures	Estan col·locats en el lloc correcte i hi ha bona combinació de text i gràfics	Estan col·locats en el lloc correcte però alguns es desvien del text	Van bé amb el títol però hi ha pocs i el treball resulta "pesat" a l'hora de llegir-ho	No van amb el text, sembla que s'hagin col·locat "per fer bonic", sense ordre ni sentit
3	Estructura	Els paràgrafs estan ben organitzats, ben redactats, sota títols i subtítols.	Els paràgrafs estan organitzats i ben redactats sota títols però sense subtítols.	Els paràgrafs estan organitzats però la redacció és regular	Els paràgrafs no estan organitzats i la redacció és deficient.
3	Format	El format segueix les pautes proposades en tot el treball	El format segueix la majoria de les pautes proposades però alguna part és "lliure"	Més de la meitat del treball no segueix les pautes indicades	El treball gairebé no segueix les pautes indicades
3	Bibliografia	S'han consultat més de 2 fonts impreses i la resta són pàgines web.	1-2 fonts impreses consultades, i la resta són pàgines web.	Només hi ha referències a pàgines web però hi ha 5 o més de 5.	Només hi ha referències a pàgines web i n'hi ha menys de 5.
4	Informació	La informació està relacionada amb el tema principal i segueix un fil conductor	La informació està relacionada amb el títol però no segueix un fil conductor	El contingut no s'ajusta al títol però té un fil conductor clar	El contingut no s'ajusta al títol i no té un fil conductor clar (com si el treball fos un recull de parts enganxades)
6	Contingut	<ul style="list-style-type: none"> El treball aporta continguts nous i interessants. El tema és de gran actualitat. El material és eficaç per a l'aprenentatge autònom (2/3 de 3) 	<ul style="list-style-type: none"> El treball aporta continguts nous i interessants. El tema és de gran actualitat. El material és eficaç per a l'aprenentatge autònom (1 de 3) 	El treball no aporta continguts nous però es podria utilitzar com a material de suport al que ja existeix disponible a ATENEA	El treball no aporta continguts nous i no es podria utilitzar com a material de suport al que ja existeix disponible a ATENEA

Figura 19 Rúbrica d'avaluació del treball escrit

UTILITZACIÓ DE LA MATRIU DE VALORACIÓ (RÚBRICA)

Amb l'ús de la rúbrica, cadascun dels ELEMENTS a valorar té el PES indicat a la columna de l'esquerra (sobre 25), amb 4 nivells de valoració (indicats a la fila superior, d'1 a 4). El resultat de cada element és el resultat del producte del PES x NIVELL, de manera que s'obtidrien els resultats indicats a la taula següent:

PES	ELEMENT	NIVEL DE VALORACIÓ			
		4	3	2	1
3	Redacció	12	9	6	3
3	Gràfics, figures	12	9	6	3
3	Estructura	12	9	6	3
3	Format	12	9	6	3
3	Bibliografia	12	9	6	3
4	Informació	16	12	8	4
6	Contingut	24	18	12	6
TOTAL					

La valoració del treball serà la suma dels valors de les valoracions de cada element (una casella a cada fila), i pot variar entre 25/100 (valoració mínima) i 100/100 (valoració màxima). Així, un treball que hagi estat valorat en tots els elements en el màxim nivell (4), tindrà una qualificació de 100/100 mentre que un treball valorat amb mínims tindrà una qualificació de 25/100.

Cal que retorneu els QUESTIONARIS DE VALORACIÓ (un per a cada treball avaluat) amb el valor numèric de cada element a la casella corresponent i la suma de les caselles omplertes.

Figura 20 Instruccions d'ús de la rúbrica

TREBALL TR.xx

TÍTOL DEL TREBALL:

VALORACIÓ:

PES	ELEMENT	NIVELL DE VALORACIÓ			
		4	3	2	1
3	Redacció				
3	Gràfics, figures				
3	Estructura				
3	Format				
3	Bibliografia				
4	Informació				
6	Contingut				
TOTAL SUMA					

ASPECTES MÉS DESTACATS DEL TREBALL AVALUAT:

ASPECTES MILLORABLES DEL TREBALL AVALUAT:

OBSERVACIONS / SUGGERIMENTS:

Figura 21 Qüestionari d'avaluació a omplir amb la rúbrica

Element a valorar	A	B	C	D
Emprenedoria i innovació	L'exposició (PowerPoint o Pòster o vídeo) constitueix un document engrescador i mostra clarament els aspectes novadors del treball	L'exposició (PowerPoint o Pòster o vídeo) constitueix un document agradable i, aproximadament, es mostren els aspectes novadors del treball	L'exposició (PowerPoint o Pòster o vídeo) constitueix un document correcte però no es mostra quins són les modificacions o millores proposades	L'exposició (PowerPoint o Pòster o vídeo) constitueix un document sense cap utilitat i sense relació amb el treball escrit.
Durada	La durada dedicada a cada part del treball ha estat adequada i s'han adaptat al temps total proposat	La durada dedicada a cada part del treball ha estat descompensada però s'han adaptat al temps total proposat	La durada dedicada a cada part del treball ha estat descompensada i no s'han adaptat al temps proposat, però s'han excedit poc	La durada dedicada a cada part del treball ha estat descompensada, no s'han adaptat al temps proposat i s'han excedit molt
Estructura i format	Els continguts de cada part de l'exposició eren clars i recullen el contingut del treball escrit	Els continguts d'alguna part de l'exposició eren confusos o no recullen prou bé el contingut del treball escrit	L'exposició s'ha centrat en una part i determinats aspectes del treball no han estat recollits	L'exposició ha estat totalment confusa i desvinculada del treball escrit
Anàlisi i síntesi	L'exposició ha mostrat, de manera breu, estructurada i concisa, el tema a tractar i l'àmbit d'èmfasi considerat	L'exposició ha mostrat el tema a tractar i l'àmbit d'èmfasi considerat, però no s'ha fet de manera estructurada i concisa.	L'exposició era vaga, amb excessives pauses tot i que s'intuïa un fil conductor	L'exposició ha estat poc engrescadora, no tenia continuïtat ni fil conductor.
Respostes	La resposta a les qüestions formulades ha estat clara i solvent.	No ha hagut preguntes	La resposta a les qüestions formulades ha estat aproximada, amb vaguetats	Les respostes no han estat adequades

Figura 22 Model de rúbrica d'avaluació de la Competència Genèrica "Emprenedoria i Innovació" (CG1)

3.2 Avaluació de les competències

El desenvolupament del projecte i l'elaboració de l'informe, garanteixen que els estudiants pugui desenvolupar i treballar totes les competències genèriques contemplades a la UPC, com:

- **CG1: EMPRENEDORIA I INNOVACIÓ**, gràcies a la pròpia estructura de l'activitat.
- **CG2: SOSTENIBILITAT I COMPROMÍS SOCIAL**, si el contingut del treball contempla aquest ítem.
- **CG3: TERCERA LLENGUA**, en tant que es requereix un "abstract" en anglès.
- **CG4: COMUNICACIÓ EFICAÇ ORAL I ESCRITA**, en tant que es sol·licita un document escrit i, posteriorment, es proposa una exposició oral (defensa).
- **CG5: TREBALL EN EQUIP**, en tant que l'activitat es realitza en grups de 3-5 estudiants/es.
- **CG6: ÚS SOLVENT DE RECURSOS D'INFORMACIÓ**, en tant que els estudiants han de mostrar la seva habilitat en la cerca d'informació disponible.
- **CG7: APRENENTATGE AUTÒNOM**, pel propi concepte del treball.

S'ha realitzat una enquesta als estudiants per tal de saber el grau de satisfacció de la utilització de vídeos docents a ATENEA com a complement a l'aprenentatge a classe i/o detectar possibles mancances en ella. L'enquesta s'ha fet on-line utilitzant els qüestionaris que ofereix Google (<https://docs.google.com/>) ja que gestionen els resultats en una fulla de càlcul i permet encastar el codi html a ATENEA facilitant la participació asíncrona dels estudiants.

Les preguntes que es realitzen són les següents:

- 1) Creus que les activitats docents de l'assignatura t'han ajudat a millorar la competència "emprenedoria i Innovació"

- 2) Creus que les activitats docents de l'assignatura t'han ajudat a millorar la competència "Sostenibilitat i compromís social"
- 3) Creus que les activitats docents de l'assignatura t'han ajudat a millorar la competència "tercera Llengua"
- 4) Creus que les activitats docents de l'assignatura t'han ajudat a millorar la competència "Comunicació eficaç oral i escrita"
- 5) Creus que les activitats docents de l'assignatura t'han ajudat a millorar la competència "Treball en equip"
- 6) Creus que les activitats docents de l'assignatura t'han ajudat a millorar la competència "Us solvent de recursos d'informació"
- 7) Creus que les activitats docents de l'assignatura t'han ajudat a millorar la competència "Aprentatge Autònom"
- 8) Amb la realització de la pràctica he consolidat els continguts de l'assignatura
- 9) La dificultat en la realització de la pràctica és
- 10) El temps de dedicació de la pràctica és

Avaluables en una escala de l'1 al 5 (de totalment en desacord a totalment d'acord) a excepció de les preguntes 9 i 10 que és de resposta oberta. Les respostes dels alumnes que han realitzat la prova pilot són les que es mostren a la Figura 23. En ella es pot observar que les competències que es consideren més treballades durant el seguit d'accions que s'han dut a terme són Treball en equip i Aprentatge Autònom. Per altra banda, les competències genèriques que els alumnes consideren que s'han potenciat en menor mesura són les de Sostenibilitat i Compromís social i tercera Llengua.

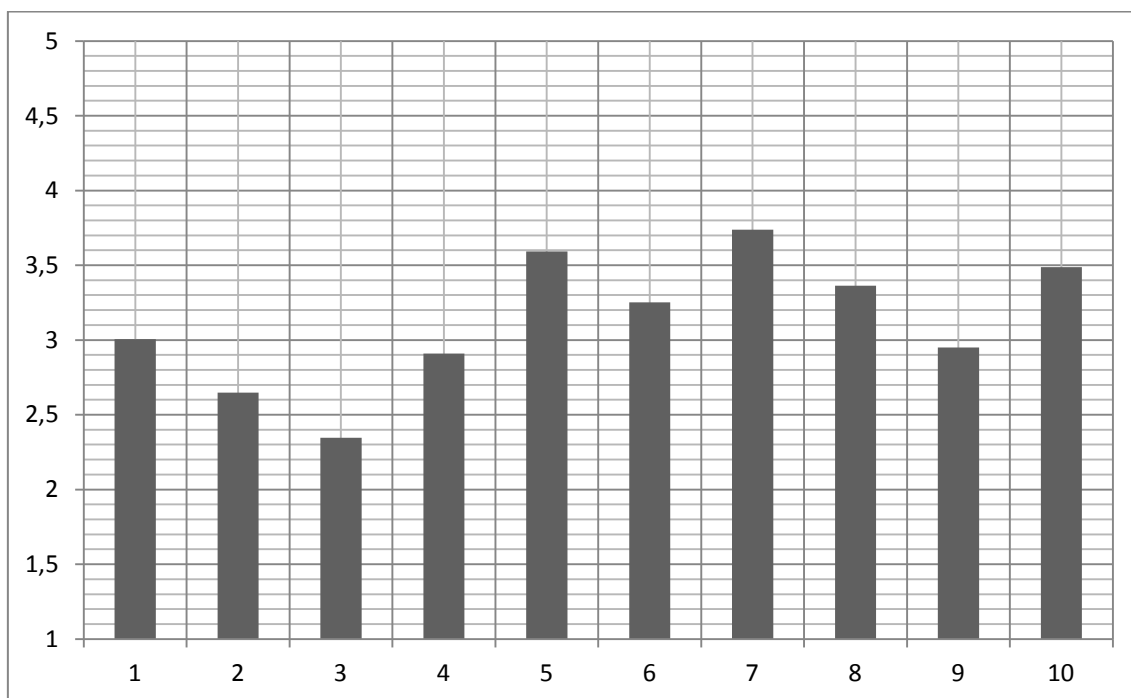


Figura 23 Respostes dels alumnes a l'enquesta

Conclusions

L'experiència desenvolupada en aquest projecte ha estat molt positiva. En primer lloc pel grup de treball dels docents que han aconseguit coordinar un conjunt d'activitats complexes i multidisciplinàries on intervenien recursos de persones i equips de Departaments diferents. Totes les tecnologies estaven disponibles però els alumnes les percebien com activitats no correlacionades. Amb el nou plantejament els alumnes han tingut una percepció global de l'enginyeria de materials compostos.

Una part de l'èxit del projecte recau en l'organització d'activitats fragmentades però complementàries, tal i com succeeix en els processos de disseny, fabricació i assaig de peces de material compost. Els alumnes han hagut de passar per totes les etapes i les han viscut des de dins. Aquest és un dels valors del projecte, el fet que les activitats de formació s'han fonamentat en l'aprenentatge actiu. Els alumnes han estat protagonistes del desenvolupament formatiu, al ser ells mateixos qui manipulaven els materials, fabricaven els espècimens, detectaven els defectes amb ultrasons i finalment, veien el trencament físic de les peces.

La formació s'ha complementat amb altres competències transversals com llengües, expressió oral, etc. El grau de satisfacció dels alumnes amb les activitats desenvolupades és molt alt. Malgrat que cal millorar alguns aspectes, s'han assolit tots els objectius del projecte i la implementació de la pràctica dins els cursos de materials compostos del Campus de Terrassa.

Un dels aspectes que sobre el que caldrà reflexionar és la peça objecte d'estudi. Potser seria interessant tenir diferents motllos i anar canviant les peces per evitar la repetició de resultats. De cara al futur s'estudiarà si és possible simular i construir altre tipus de peces, ja que la pràctica és complexa i requereix la complicitat de nombroses tecnologies: computació, fabricació, *testing*, etc.

És evident que constantment calen reajustaments en alguns dels materials creats i en algunes de les activitats per a un bon afinament de la transmissió del coneixement, però, com s'ha vist en les enquestes d'avaluació sobretot hi ha aspectes a millorar en les activitats desenvolupades pel que fa al desenvolupament de les competències genèriques de la tercera llengua i en menys mesura de la comunicació oral.

Referències/més informació

<https://sites.google.com/site/matcompdocent/>