



Enriquiment de l'experiència educativa de l'estudiantat mitjançant l'aplicació de la impressió 3D a la fabricació de diferents elements mecànics

Irene Buj Corral, Enrique E. Zayas Figueras
(Departament d'Enginyeria Mecànica)

Tercera Jornada de Docència a l'ETSEIB

09/02/2023

Contingut

- INTRODUCCIÓ
- CAS PRÀCTIC 1: Suports per a la mesura de la rugositat superficial de xapes tallades amb làser.
- CAS PRÀCTIC 2: Estudi comparatiu de lloves de flancs fabricades per electroerosió o fresatge CNC.
- CAS PRÀCTIC 3: Estudi comparatiu de l'exactitud dimensional i la rugositat superficial de lloves d'amplada constant fabricades per FFF o fresatge CNC.
- CAS PRÀCTIC 4: Estudi comparatiu d'engranatges impresos mitjançant FFF amb PLA i Nylon.
- CONCLUSIONS



INTRODUCCIÓ

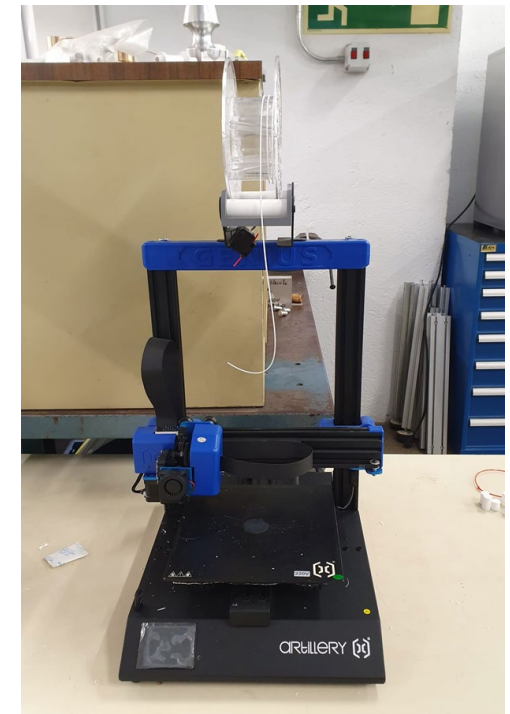
Dins de la formació de l'estudiantat de Grau i Màster en l'àmbit de les **Tecnologies Industrials**, una part important correspon a la realització dels **treballs de fi d'estudis** (TFEs).

Objectiu: Presentar diversos exemples de treballs realitzats per estudiantat de l'ETSEIB, relatius a amb el **disseny, la fabricació i la verificació d'elements mecànics**, com ara les rodes dentades, les lleves o els suports per a la fixació de peces a les màquines de mesura.

INTRODUCCIÓ

- La tecnologia de **fabricació per filament fos (FFF)**, també anomenada modelatge per deposició fosa (FDM) correspon a la categoria d'extrusió de material.
- Fa servir un filament de plàstic que es fon, es fa passar per un broc i es diposita a sobre d'una base.

Història: Patent Scott Crump (Stratasys), 1989. El 2009 caduca la patent i es desenvolupen les impressores de sobre-
taula (RepRap).



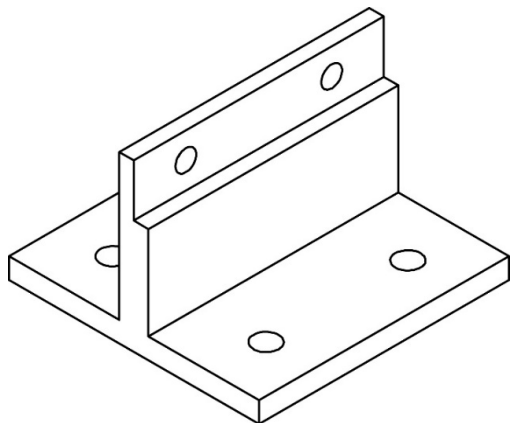
CAS PRÀCTIC 1: Suports per a la mesura de la rugositat superficial de xapes tallades per làser

Necessitat: Mesurar la rugositat superficial a la vora lateral de xapes tallades per làser amb gruix de 0,8 mm

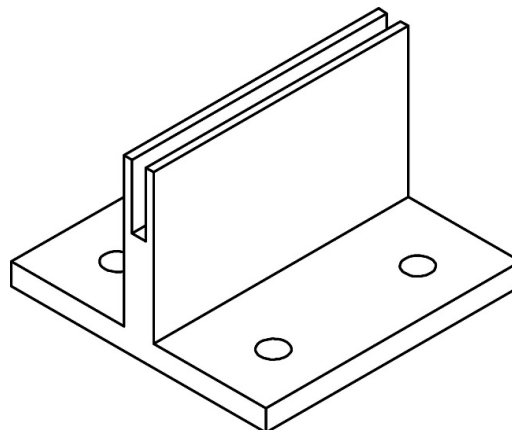
Problema: No es disposa del suport adequat a la geometria de la peça que cal mesurar. El pressupost per a la compra d'eines i utilitatges és limitat.

Objectiu: Dissenyar i fabricar el suport requerit d'una forma econòmica i ràpida.

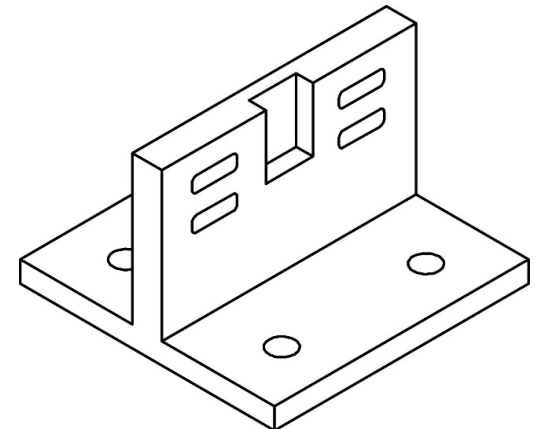
Procés de disseny (matrius de decisió)



Disseny 1

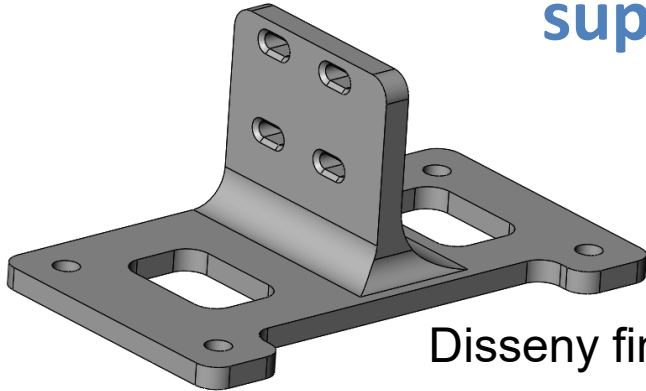


Disseny 2



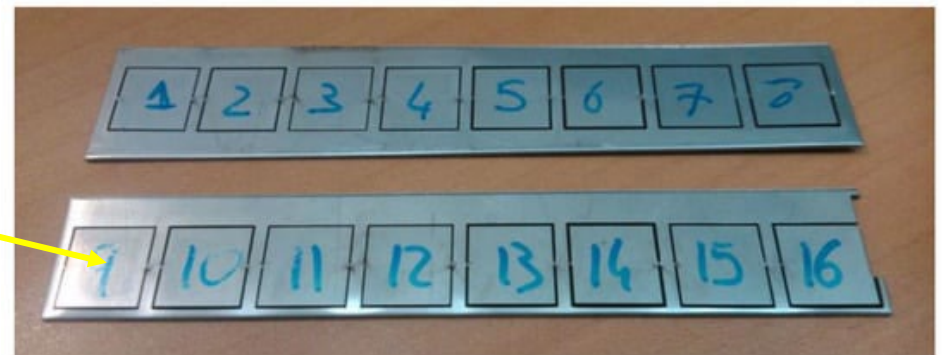
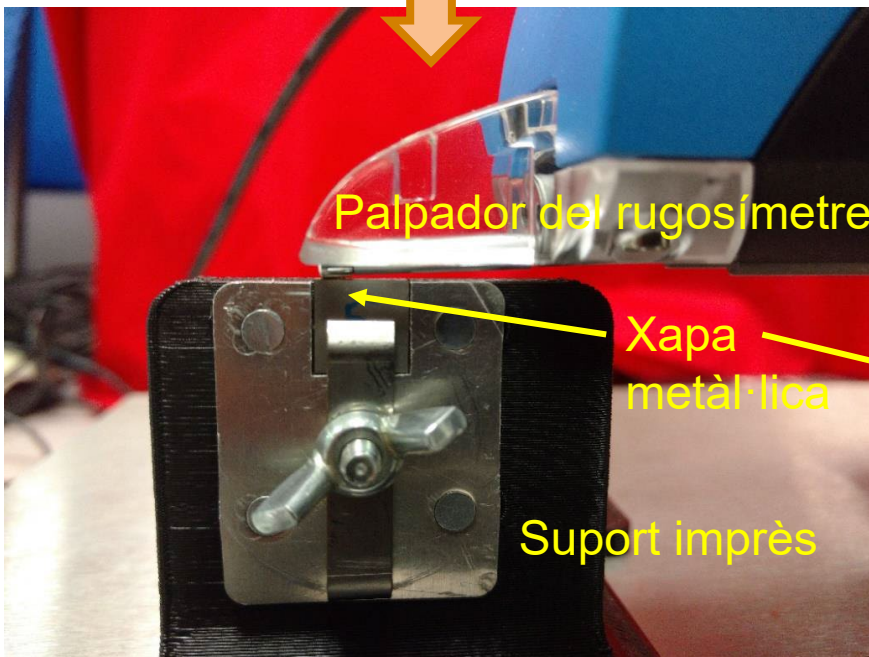
Disseny 3

CAS PRÀCTIC 1: Suports per a la mesura de la rugositat superficial de xapes tallades amb làser



Disseny final

Resultat: El suport dissenyat i imprès per FFF va permetre la mesura de la rugositat a la vora de les xapes de llautó.

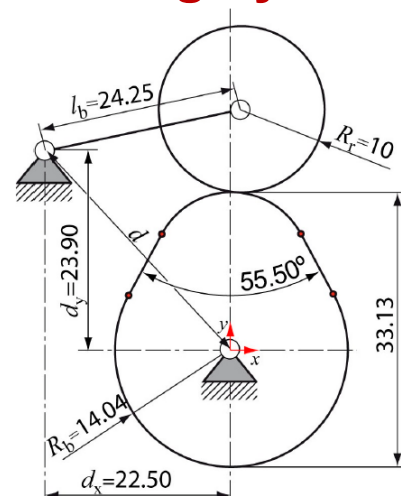


CAS PRÀCTIC 2: Estudi comparatiu de lleves de flanc fabricades per electroerosió o fresatge CNC

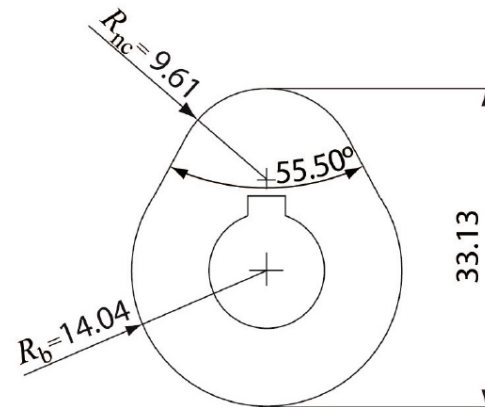
Necessitat: Obtenir informació sobre la precisió geomètrica i la rugositat superficial que es pot assolir en lleves metàl·liques obtingudes per diferents processos (electroerosió de fil i fresatge CNC)

Objectiu: Dissenyar, fabricar i verificar lleves de flanc obtingudes per diferents processos de mecanització. Aplicació del prototipatge ràpid mitjançant impressió 3D per FFF per a a validació del disseny.

Enginyeria inversa



Mesura del mecanisme



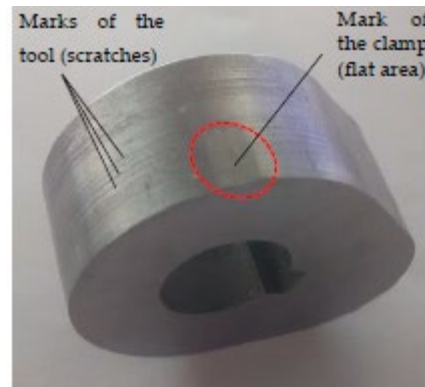
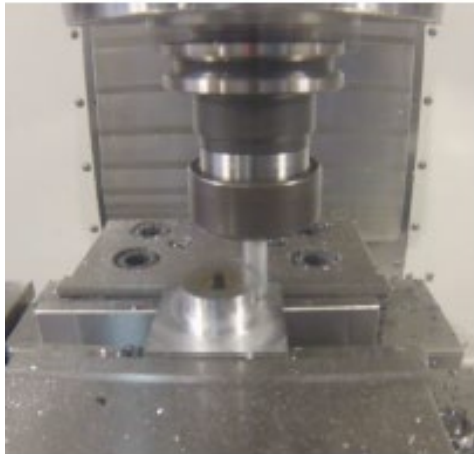
Lleva dissenyada
(Programa DynaCAM)



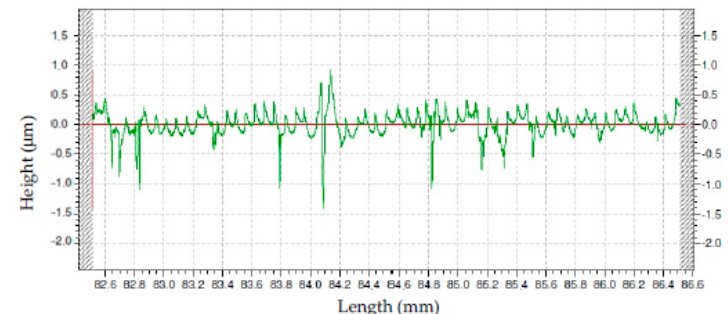
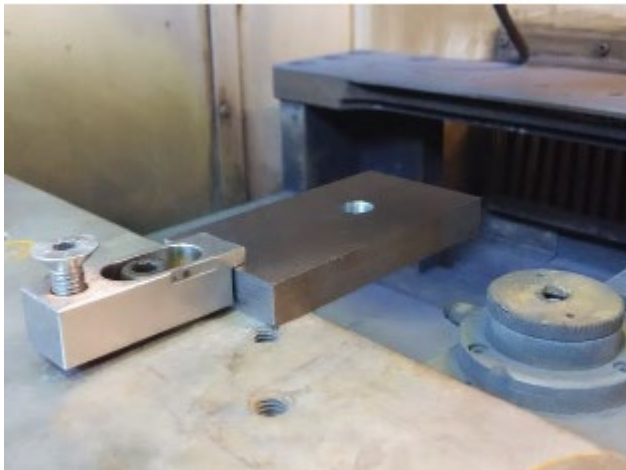
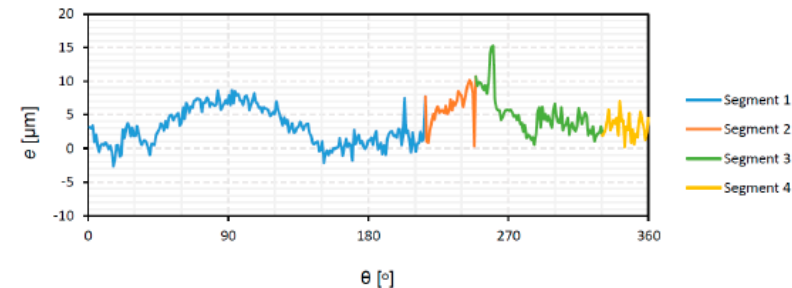
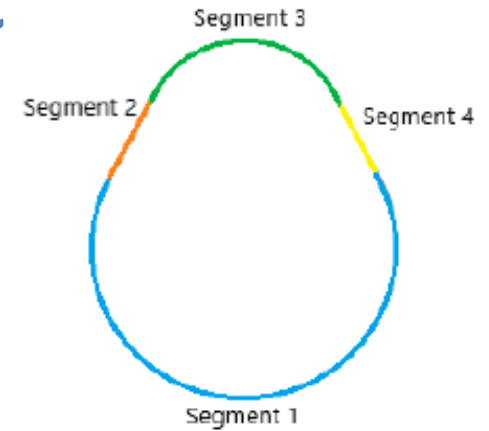
Prototip imprès

CAS PRÀCTIC 2: Estudi comparatiu de lleves de flancs fabricades per electroerosió o fresatge CNC

Fabricació per fresatge i electroerosió



Verificació de les lleves fabricades



CAS PRÀCTIC 2: Estudi comparatiu de lleves de flancs fabricades per electroerosió o fresatge CNC

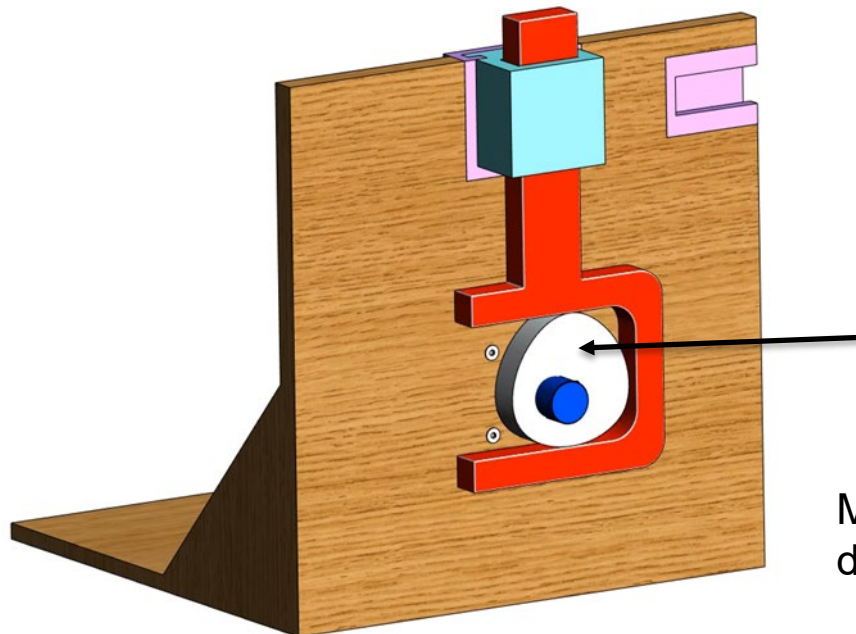
Resultats assolits:

- Les lleves fresades amb contornejats de desbast i d'acabat compleixen amb els requisits establerts sobre rugositat de la superfície ($R_a = 0,269 \mu\text{m} < 0,4 \mu\text{m}$) i l'error de forma (error = $18 \mu\text{m} < 50 \mu\text{m}$).
- La lleva obtinguda mitjanant electroerosió (només desbast) compleix amb els requisits de forma (error = $48 \mu\text{m} < 50 \mu\text{m}$), però no amb els requisits de rugositat, amb un valor mitjà de $R_a = 1,212 \mu\text{m}$. Es recomana fer una operació d'acabament. Aquesta tecnologia és adient per fabricar series curtes de lleves amb formes complexes en materials conductors.

CAS PRÀCTIC 3: Estudi comparatiu de l'exactitud dimensional i la rugositat superficial de lleves d'amplada constant fabricades per FFF o fresatge CNC

Necessitat: Obtenir informació sobre l'exactitud dimensional i l'acabament superficial que es pot assolir en lleves impreses per FFF o mecanitzades per CNC.

Objectiu: Dissenyar, fabricar i verificar lleves d'amplada constant obtingudes per FFF en àcid polilàctic (PLA) i per CNC en Al.

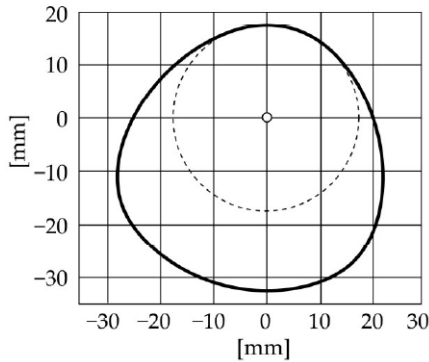
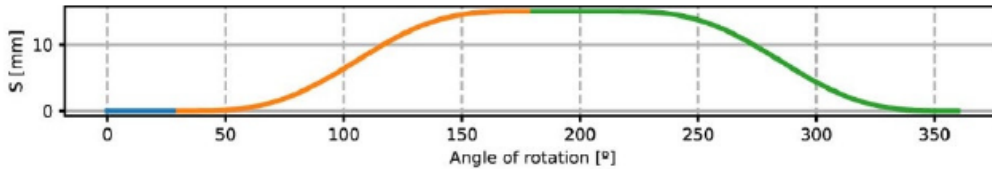


Lleva d'amplada constant

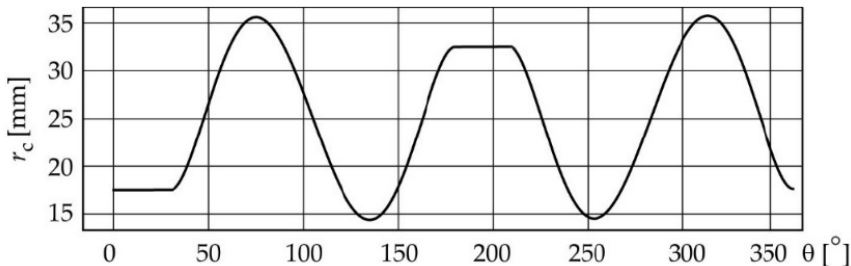
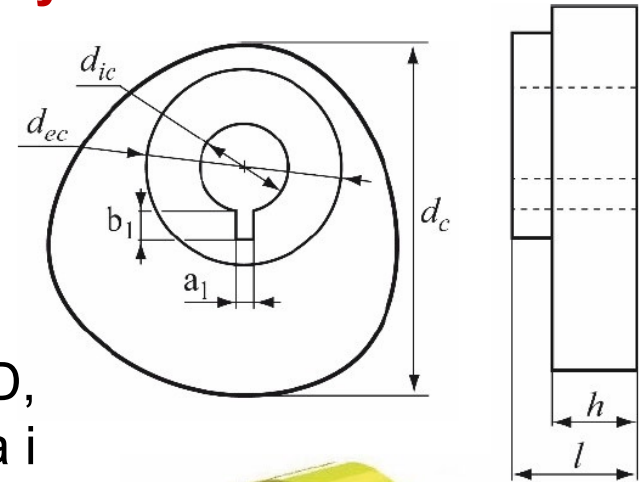
Model virtual del mecanisme de leva d'amplada constant dissenyat i materialitzat.

CAS PRÀCTIC 3: Estudi comparatiu de l'exactitud dimensional i la rugositat superficial de lleves d'amplada constant fabricades per FFF o fresatge CNC

Procés de disseny

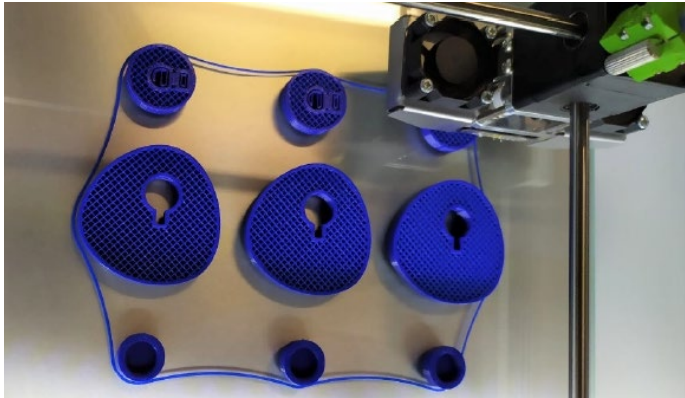


Es dissenya i verifica el perfil de la leva i després es fa un disseny virtual 3D, a partir del qual es fabrica i verifica la leva (Programa QtCAM).

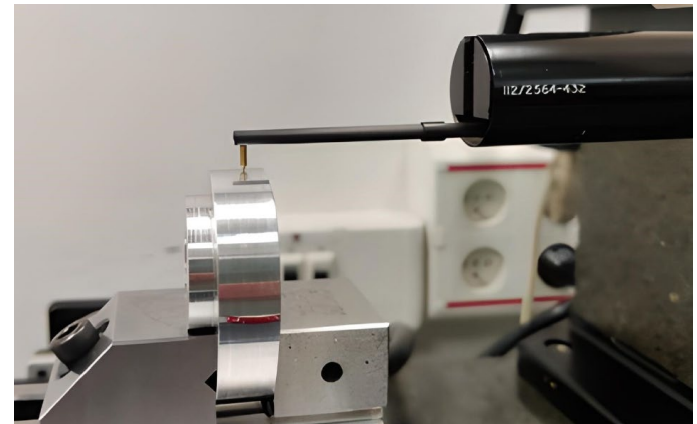
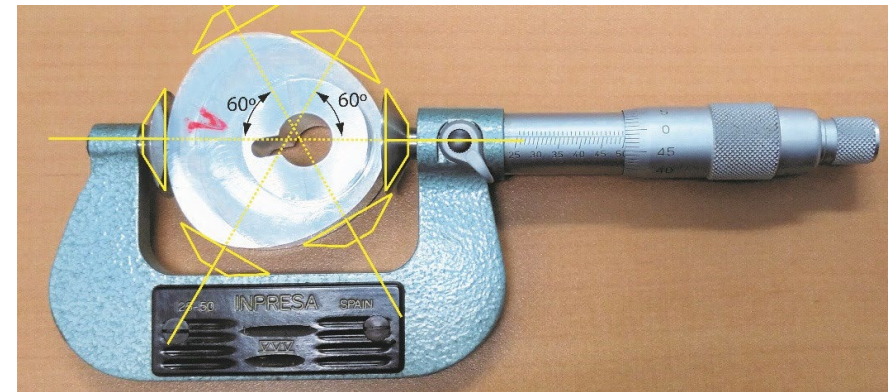


CAS PRÀCTIC 3: Estudi comparatiu de l'exactitud dimensional i la rugositat superficial de lleves d'amplada constant fabricades per FFF o fresatge CNC

Fabricació per FFF / Mecanització



Verificació de les lleves



CAS PRÀCTIC 3: Estudi comparatiu de l'exactitud dimensional i la rugositat superficial de lleves d'amplada constant fabricades per FFF o fresatge CNC

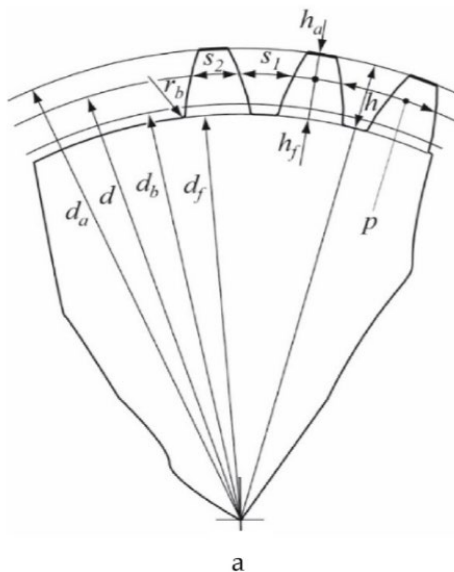
Resultats assolits:

- Es van obtenir errors relatius dimensionals semblants per a les lleves impreses en 3D i les mecanitzades quan es considera el pla x, y (error relatiu màxim de 0,75%).
- La rugositat R_a a la superfície lateral de les lleves impreses va ser al voltant de 20 vegades més gran (10,41 μm) que la de les mecanitzades (0,50 μm).
- Seria possible temporalment substituir lleves metàl·liques per lleves de plàstic en mecanismes de tipus cinemàtic d'operació que de transmissió d'alta potència.

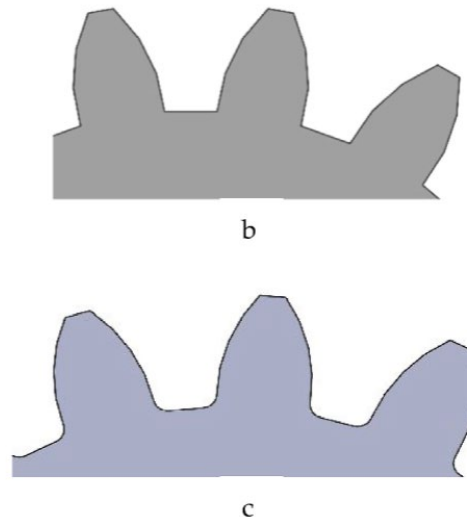
CAS PRÀCTIC 4: Estudi comparatiu d'engranatges impresos mitjançant FFF amb PLA o Nylon

Necessitat: Obtenir informació sobre la precisió geomètrica i dimensional de rodes dentades impreses per FFF en els materials PLA i Nylon.

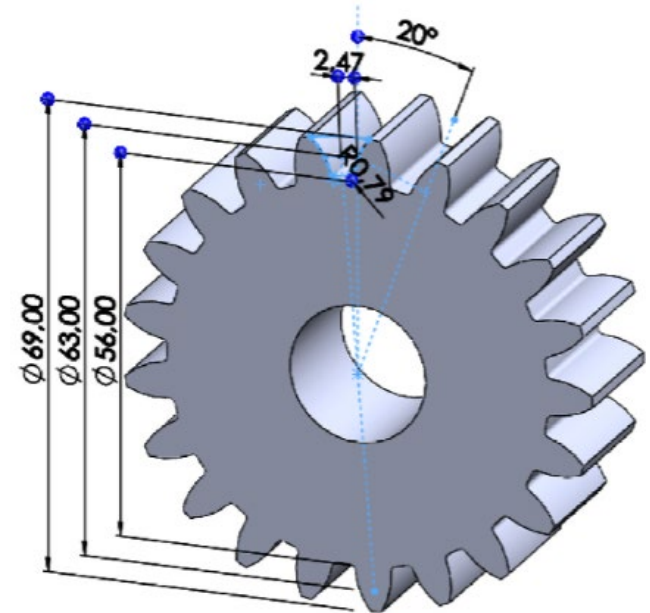
Objectiu: Dissenyar, fabricar i verificar engranatges de dents rectes obtingudes per FDM amb diferents materials polimèrics (PLA i Nylon).



Paràmetres bàsics
d'una roda dentada



Generació amb més precisió
del perfil evolvent



Engranatge extruït amb Solidworks

CAS PRÀCTIC 4: Estudi comparatiu d'engranatges impresos mitjançant FFF amb PLA o Nylon.

Fabricació per FFF amb PLA o Nylon

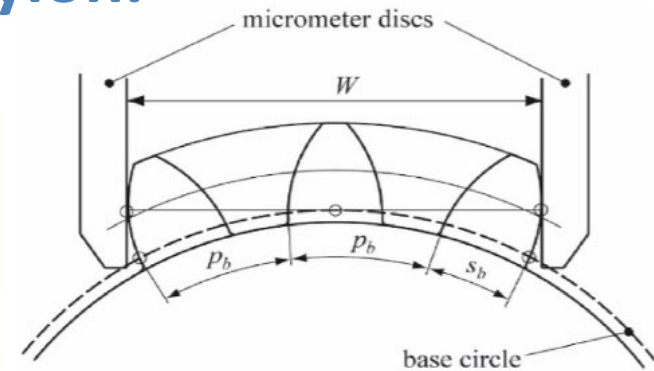


Exemple d'engranatge tipus A ($m = 3$ mm, $z = 21$) imprès amb PLA



Exemple d'engranatge tipus B ($m = 4$ mm, $z = 17$) imprès amb Nylon

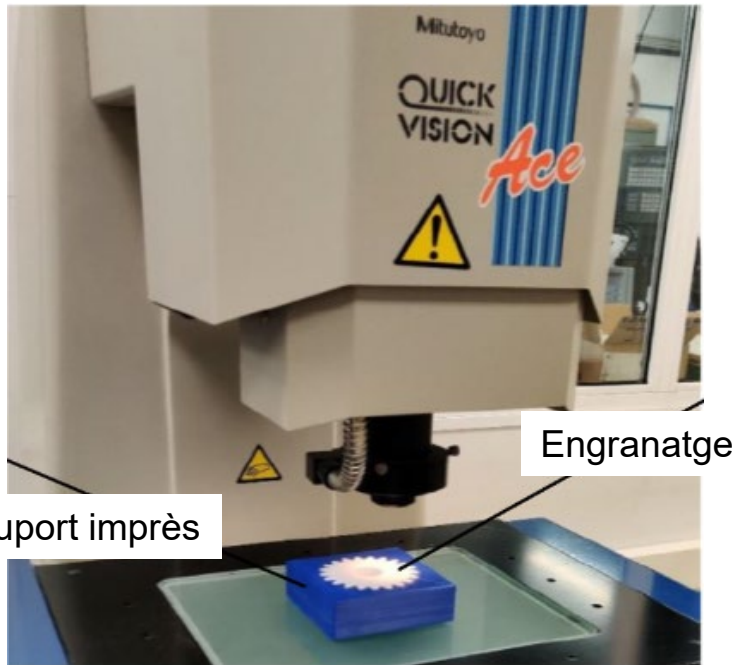
Verificació



Distància cordal

CAS PRÀCTIC 4: Estudi comparatiu d'engranatges impresos mitjançant FFF amb PLA o Nylon.

Verificació de rodonesa i concentricitat



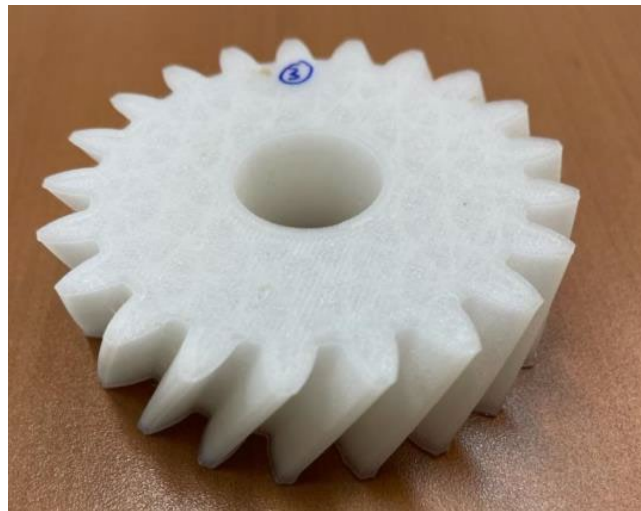
Resultats assolits:

- Els errors relatius dimensionals van ser més grans per al Nylon (fins al 1,95%) que per al PLA (fins al 0,15%).
- L'error de rodonesa va ser més petit per al Nylon (fins a 0,177 mm) que per al PLA (fins a 0,254 mm).
- Per a ambdós materials, els engranatges tipus A ($m=3$ mm) mostren un error de rodonesa més gran que els de tipus B ($m=4$ mm). Això pot ser degut a la dificultat per reproduir detalls de les peces petites.

CONCLUSIONS

- La realització de TFEs en temes relacionats amb el **disseny, fabricació i verificació d'elements mecànics** obtinguts per impressió 3D (i també per altres processos) contribueix de forma important a l'enriquiment de l'experiència educativa de l'estudiantat.
- La impressió 3D mitjançant **fabricació per filament fos (FFF)** permet obtenir diversos elements mecànics en materials plàstics:
 - Fabricar prototips d'elements mecànics metàl·lics.
 - Fabricar peces de plàstic per substituir temporalment les que es fan malbé, o bé per mecanismes on hi predomina el comportament cinemàtic més que la transmissió de potència.
 - Fabricar suports per a la mesura de peces a les màquines de mesura.

Moltes gràcies!



irene.buj@upc.edu
enrique.zayas@upc.edu