



UNIVERSITAT
ROVIRA i VIRGILI

Facultat de Ciències de l'Educació i Psicologia, Tarragona

EDUCACIÓ PRIMÀRIA

TREBALL DE FI DE GRAU

**ANÀLISI DE LA COMPETÈNCIA ENGINYERA I
L'AUTOEFICÀCIA EN EL PROCÉS DE DISSENY
D'ENGINYERIA A ALUMNAT DE 6È DE PRIMÀRIA.**

Marc Alcoverro Rius

Tutora: Dra. Maite Novo Molinero

Tarragona, 31 de maig 2024

RESUM

Antecedents: Les STEM han sigut objecte d'investigació i aplicació a l'àmbit educatiu a escala nacional i internacional. Es centren en com treballar la multiplicitat de beneficis didàctics en Ciències, Tecnologia, Enginyeria i Matemàtiques. **Propòsit:** Aquest estudi té com a objectiu d'investigació com la competència en enginyeria de l'alumnat evoluciona mitjançant una proposta de reptes i un supòsit pràctic basat en el procés de disseny. A partir d'aquest i com a específics, volem comprendre la sensació d'autoeficàcia d'una mostra d'alumnes, de quines formes ho resolen i si un mètode expositiu facilita integrar el procés de disseny. **Disseny/Metodologia:** El disseny experimental inclou: l'estudi de supòsits pràctics en la síntesi de les sessions, amb uns indicadors d'habilitats en el procés de disseny. Un qüestionari validat, sobre l'autoeficàcia i valoració del procés de l'enginyeria en moments previs i posteriors a l'aplicació dels reptes. Per últim, el quadern de reptes i amb el treball de l'alumnat en 6 sessions, (18 h totals experimentals) amb mostra total N=47. **Resultats:** Els casos pràctics evidencien resultats inferiors al 32% en 7 dels 13 indicadors d'adquisició de competència enginyera (53,846%). Paral·lelament, el 46,154%, ha adquirit destreses enginyeres en 6 dels 13 indicadors amb índexs superiors a 48,9%. El qüestionari d'autoeficàcia revela un 42,1% dels ítems amb diferències molt significatives ($p < 0,001$) el 47,4 % significatives amb valors (p entre 0,001 i 0,05) i el 10,5% no mostra diferències reals. **Discussió/Conclusions:** L'objectiu general s'assoleix parcialment, amb una millora en la competència enginyera en certs indicadors mentre que altres no s'han assolit. L'autoeficàcia mostra evolució i diferència significativa important entre els dos moments. Hi ha diverses tipologies de resolució de problemes amb STEM integrat i les dinàmiques proposades mostren diferències en l'adquisició del procés de disseny entre els dos grups.

Paraules clau: Educació Primària, Enginyeria, Competència, Autoeficàcia

RESUMEN

Antecedentes: Las STEM han sido objeto de investigación y aplicación en el ámbito educativo a escala nacional e internacional. Se centran en cómo trabajar la multiplicidad de beneficios didácticos en Ciencias, Tecnología, Ingeniería y Matemáticas. **Propósito:** Este estudio tiene como objetivo de investigación cómo la competencia en ingeniería del alumnado evoluciona mediante una propuesta de ejecución de retos y un supuesto práctico basado en el proceso de diseño. A partir de este y como específicos, queremos comprender la sensación de autoeficacia de una muestra de alumnos, de qué formas lo resuelven y si un método expositivo facilita integrar el proceso de diseño.

Diseño/ Metodología: El diseño experimental incluye: el estudio de supuestos prácticos en la síntesis de las sesiones, con unos indicadores de habilidades en el proceso de diseño. Un cuestionario validado, sobre la autoeficacia y valoración del proceso de la ingeniería antes y después a la aplicación de los retos. Por último, el cuaderno de retos y trabajo del alumnado en 6 sesiones, (18 h totales), con muestra de N=47. **Resultados:** Los casos prácticos muestran resultados inferiores al 32% en 7 de los 13 indicadores de competencia ingeniera en un (53,846%). Paralelamente, el 46,154% ha demostrado que ha adquirido destrezas ingenieras en 6 de los 13 indicadores con índices superiores al 48,9%. El cuestionario de autoeficacia tiene un 42,1% de los ítems con diferencias muy significativas ($p < 0,001$), el 47,4% significativas con valores (p entre 0,001 y 0,05) y el 10,5% no muestra diferencias reales. **Discusión/Conclusiones:** El objetivo general se alcanza parcialmente, con una mejora en la competencia ingeniera en ciertos indicadores mientras que otros no se han logrado. La autoeficacia muestra evolución y diferencia significativa entre los dos momentos. Se nos muestran diversas tipologías de resolución de problemas con STEM integrado y dinámicas que muestran diferencias en la adquisición del proceso de diseño entre los dos grupos.

Palabras clave: Educación Primaria, Ingeniería, Competencia, Autoeficacia.

ABSTRACT

Background: STEM has been the subject of research and application in the educational field at both national and international levels, focusing on the multiple educational benefits in Science, Technology, Engineering, and Mathematics. **Purpose:** This study aims to investigate how students' engineering competence evolves through a challenge-based proposal and a practical assumption based on the design process. Specifically, we seek to understand students' self-efficacy perceptions, the ways they resolve challenges, and whether an expository method facilitates the integration of the design process. **Design/Methodology:** The experimental design includes: the study of practical assumptions in the sessions with indicators of skills in the design process, a validated questionnaire on self-efficacy and the evaluation of the engineering process before and after the challenges, and the analysis of the students' challenge notebooks in 6 sessions (totalling 18 hours), with a total sample of N=47. **Results:** The practical cases show results below 32% in 7 of the 13 engineering competence indicators (53.846%). Conversely, 46.154% have acquired engineering skills in 6 of the 13 indicators with indices above 48.9%. The self-efficacy questionnaire reveals that 42.1% of the items show highly significant differences ($p < 0.001$), 47.4% show significant differences (p between 0.001 and 0.05), and 10.5% show no real differences. **Discussion/Conclusions:** The general objective is partially achieved, with an improvement in engineering competence in some indicators, while others were not achieved. Self-efficacy shows significant evolution between the two moments. The different types of problem-solving with integrated STEM and the dynamics show differences in the acquisition of the design process between the two groups.

Keywords: Elementary Education, Engineering, Competences, Self-efficiency.

ÍNDEX

1. INTRODUCCIÓ	- 6 -
2. MARC TEÒRIC	- 8 -
2.1 <i>La E d'STEM a les aules d'Educació Primària.</i>	- 8 -
2.2 <i>El procés de disseny d'enginyeria a l'Educació Primària</i>	- 12 -
2.3 <i>L'autoeficàcia en el procés de disseny d'enginyeria.</i>	- 17 -
3. MARC METODOLÒGIC O INVESTIGACIÓ	- 19 -
3.1 Supòsit de partida/pregunta d'investigació/hipòtesi	- 19 -
3.2 Objectius	- 20 -
3.3 Disseny metodològic	- 21 -
3.3.1 Introducció, temporalització	- 23 -
3.3.2 Mostra/població	- 24 -
3.3.3 Instruments de recollida de dades	- 25 -
3.4 RESULTATS	- 29 -
3.5 CONCLUSIONS	- 50 -
4. BIBLIOGRAFIA	- 58 -
5. ANNEXOS	- 61 -

1. INTRODUCCIÓ

Aquest treball de fi de grau s'emmarca en el projecte d'investigació Engi-EDU. Té un objectiu de recerca i propòsit clar: Introduir el procés de disseny en enginyeria a les aules d'educació primària, com a metodologia per a l'assoliment de les competències i sabers STEM curriculars.

En aquest estudi de recerca, proposem exposar com el procés de disseny d'enginyeria pot mostrar una perspectiva diferent en la forma d'aprendre i adquirir competències científiques i enginyeres dels i les alumnes. Avui dia, a centres educatius de l'àmbit internacional i nacional, l'ensenyança de les STEM és realment important en l'educació de l'alumnat. Diversos estudis com el de (Estapa, A., & Tank, K. M. 2017) ho afirmen i ho fan prevaldre en la seva recerca. A més a més, a nivell nacional, amb el currículum d'Educació Primària el DECRET 175/2022, hi apareixen nous sabers i competències per a fer-ho i treballar el procés de disseny.

Respecte a aquest estudi, es dissenya i analitza una nova proposta educativa que introdueix la metodologia del procés de disseny en enginyeria per a l'adquisició de coneixements, destreses i valors de l'enginyeria en l'alumnat de cicle superior de primària. A més a més, s'estudia el sentit de l'autoeficàcia dels alumnes per la resolució d'un repte partida i aplicació del procés de disseny, és a dir, per respondre a com em sento de capaç, davant de cada una de les fases del procés de disseny i de trobar una solució i prototip que m'ho permeti.

D'altra banda, volem validar si amb aquests reptes i el mètode de disseny d'enginyeria permet adquirir l'ordre i les seves fases de manera implícita, sense cap explicació i formació prèvia de l'alumnat. Certament, que s'analitzi si hi ha la integració de què fer, com, en les diferents fases del procés de disseny i les seves, tot això, sense una explicació prèvia del mateix procés.

Es proposa un marc teòric, detallant amb la recerca bibliogràfica conèixer les bases i el rerefons d'aquest treball fonamentat amb ciència i evidències reals de com influeix aquest mètode. Estructurarem aquest marc en el següents apartats: Primer, què és la E d'STEM i quines evidències hi trobem per a l'aula de Primària. Segon què és i com s'estructura el procés de disseny d'enginyeria. Per últim, recerca bibliografia en l'autoeficàcia de la resolució de reptes mitjançant el procés de disseny.

Trobem referències per validar el marc i el nostre disseny metodològic, que ens permeten conèixer els pilars del procés del disseny d'enginyeria, com s'estructura, com obtenir dades, com l'autoeficàcia influeix en els reptes i com tots aquests paràmetres tenen una relació clau amb l'educació i el procés de millora que podem aportar amb la recerca.

El nostre objectiu d'investigació general i principal es centra en:

- Analitzar la incorporació de reptes basats en el procés de disseny d'enginyeria a 6è de Primària.

Així doncs, centrarem aquest objectiu en una escola de Reus, a Cicle Superior, a 6è. El mètode per duu a terme aquesta intervenció a l'aula, s'estructura en 18h de reptes, 2 h en total per als qüestionaris als dos grups, 3 h en total als casos pràctics i una mostra de N=47 alumnes. La funció dels instruments és comprendre aquest apropament del món de l'enginyeria a les aules de cicle superior i obtenir resultats significatius mitjançant diversos instruments per corroborar-ho. Les principals eines d'aquest estudi són:

- Cas i supòsit pràctic: Hem avaluat quantitativament i qualitativament un cas pràctic, proporcionant informació sobre com aquesta metodologia permet adquirir destreses enginyeres i com han evolucionat després de totes les sessions.

- Qüestionari validat: s'ha dissenyat per aquest estudi un qüestionari que pretén analitzar l'autoeficàcia de l'alumnat triat i la seva evolució amb el procés de disseny d'enginyeria. Alhora, es pregunta per una valoració pròpia dels alumnes sobre com perceben l'enginyeria a les aules i dels reptes basats en el procés. El qüestionari s'ha realitzat abans de la intervenció i després, en moments previs i posteriors donant lloc a 94 exemplars.

- Quaderns de reptes: Hem valorat i analitzat els quaderns dels reptes dels alumnes, on es documenta el procés realitzat per l'alumnat i podem extreure aspectes qualitius importants de com treballen i adquireixen el procés de disseny amb els reptes.

- Dinàmiques amb jocs de cartes: Hem observat com els alumnes han adquirit l'ordre del cicle iteratiu del procés de disseny a través de jocs de cartes del procés de disseny.

Aquest projecte i treball estan marcats per la necessitat de millorar la competència científica i enginyera de l'alumnat de la mostra. En el marc educatiu europeu i internacional, les competències STEM estan a l'alça i ofereixen grans millores en les

destreses d'enginyeria i aprenentatge. Per això, proposem aquest tipus de mètode per treballar les STEM.

Al cap i a la fi, suggerim una intervenció en què participin tots els membres de l'aula. Tot i que sempre hi ha aspectes a millorar i la mostra de l'estudi és petita per corroborar grans avenços, l'objectiu d'aquest treball és aportar una perspectiva de millora en l'educació de les ciències i l'enginyeria en petita escala al nostre entorn i a la mostra triada.

2. MARC TEÒRIC

2.1 *La E d'STEM a les aules d'Educació Primària.*

Per començar la revisió i el marc teòric, partim del fet que ens trobem dins el marc STEM, que proposa integrar els continguts i destreses de quatre disciplines clau en la competència científica: *Science, Technology, Engineering and Mathematics*. Conseqüentment, aquest model té l'objectiu d'interrelacionar aquestes disciplines i, per tant, poder tenir un aprenentatge transversal i significatiu en les matèries que l'integren. Molts estudis s'han basat en l'àmbit STEM, que esdevé línia de recerca com evidencia Develaki, M (2020).

Les activitats i reptes amb un enfocament integrat i conjunt d' STEM han d'estar estructurades, i solen portar múltiples solucions potencials, que requereixen l'aplicació de coneixements i pràctiques de múltiples disciplines. A les escoles, l'STEM integrat o el conjunt interdisciplinari, s'associa normalment amb l'aprenentatge basat en projectes o problemes (per exemple, desafiaments de recerca o de disseny), metodologies actives en auge, que amb una estructuració i treball previ essencial, però que segons la recerca els resultats poden variar àmpliament i el coneixement necessari es distribueix a través de les diverses disciplines STEM. (Nadelson & Seifert, 2017). Per aquests motius, volem integrar i focalitzar en una de les disciplines STEM, l'Enginyeria, amb reptes motivadors, i significatius, que mostrin l'adquisició i impacte real en l'aprenentatge d'aquesta disciplina.

La particularitat de la E d'STEM a l'Educació Primària, és que planteja una resolució de situacions i problemàtiques mitjançant el procés de disseny dins un context real quotidià. Segons Wan et al., (2023) els conceptes acadèmics s'uneixen a lliçons del

món real, ja que els estudiants apliquen ciència, tecnologia, enginyeria i matemàtiques en contextos que fan connexions entre l'escola, la comunitat, el treball i el món global. Per això proposem reptes contextualitzats, propers i reals, i amb materials que podrien trobar en el seu entorn molt fàcilment, on es treballi l'enginyeria en una primera instància, per després obtenir grans resultats en les altres disciplines STEM, amb l'enginyeria i el seu procés de disseny en enginyeria com a punt de partida.

El procés de disseny en enginyeria és un cicle continu i amb unes fases determinades que correspon a tota una sèrie de destreses, implícites en cada una d'aquestes etapes, que permeten definir un producte que resolgui una necessitat concreta. Per això hem de definir què és el procés de disseny d'enginyeria amb l'alumnat de primària. Segons Aydin, F. İ. K., & Işıksal-Bostan, M. podem definir-lo com:

“El disseny d'enginyeria per a joves estudiants es defineix generalment com un procés iteratiu amb diferents fases, que inclouen (a) la identificació dels problemes mitjançant l'establiment de l'objectiu i les limitacions (b) generar idees i avaluar quina és la millor opció per a satisfer els requisits del problema, (c) dissenyar i construir models i explicitar-los, (d) provar i comprovar la consecució de l'objectiu, (e) redissenyar i reconstruir, considerant la reflexió sobre el primer disseny, i (f) reflexionar i interpretar tot el procés de disseny”. (Karatas-Aydin & Isıksal-Bostan, 2023).

L'educació intrínseca en les STEM ha estat objecte de recents reformes curriculars i focus d'investigació en recerca educativa, a tot el món. Alhora, l'aprenentatge a través del l'enginyeria, amb el procés de disseny d'enginyeria i aquest enfocament multidisciplinari, és un enfocament distintiu i significatiu per a aconseguir la integració de STEM i d'aprenentatge de ciències integrades a les aules. (Wan et al., 2023).

A partir de la recerca d'investigació feta, l'ús de reptes basats en l'enginyeria i el treball de la E d'STEM, tenen una centralitat en l'estudiant i trobem el docent com a guia, d'aquest procés. Així doncs, aquest treball, permet resoldre l'objectiu i propòsit d'una problemàtica, amb una exploració i definició d'un objectiu a resoldre. Els estudiants tenen l'oportunitat de treballar de manera creativa, amb comprovació dels seus models i poden configurar allò que saben i què no, treballar de manera cooperativa i aplicar matemàtiques, enginyeria i ciències. (Van Haneghan et al., 2015).



A més a més, la literatura científica evidencia que introduir coneixements d'enginyeria en els nens a la primària és beneficiós per tres raons principals, és una aportació i adaptació de (Li et al., 2020):

-En primer lloc, s'han de promoure activitats operatives intensives i habilitats en la creació de prototips, per resoldre reptes i necessitats quotidianes senzilles o més complexes, que afavoreixin el desenvolupament cognitiu de les habilitats de pensament, raonament, presa de decisions i resolució de problemes. Totalment alineat amb els sabers que trobem al nostre currículum i l'evolució de les competències que volem observar amb l'aplicació de la proposta.

-En segon lloc, afirmen que participar i resoldre problemes i reptes d'enginyeria canvia la comprensió dels nens del seu entorn i els permet imaginar diferent escenaris per resoldre una situació mitjançant un disseny. Fins i tot, pot influir en la seva futura direcció professional.

-Finalment, la pràctica de les habilitats de disseny d'enginyeria pot servir com a catalitzador per integrar coneixements de les quatre disciplines de ciències STEM. Les pràctiques de disseny són interdisciplinàries i es poden integrar en el disseny del currículum en matemàtiques i ciències.

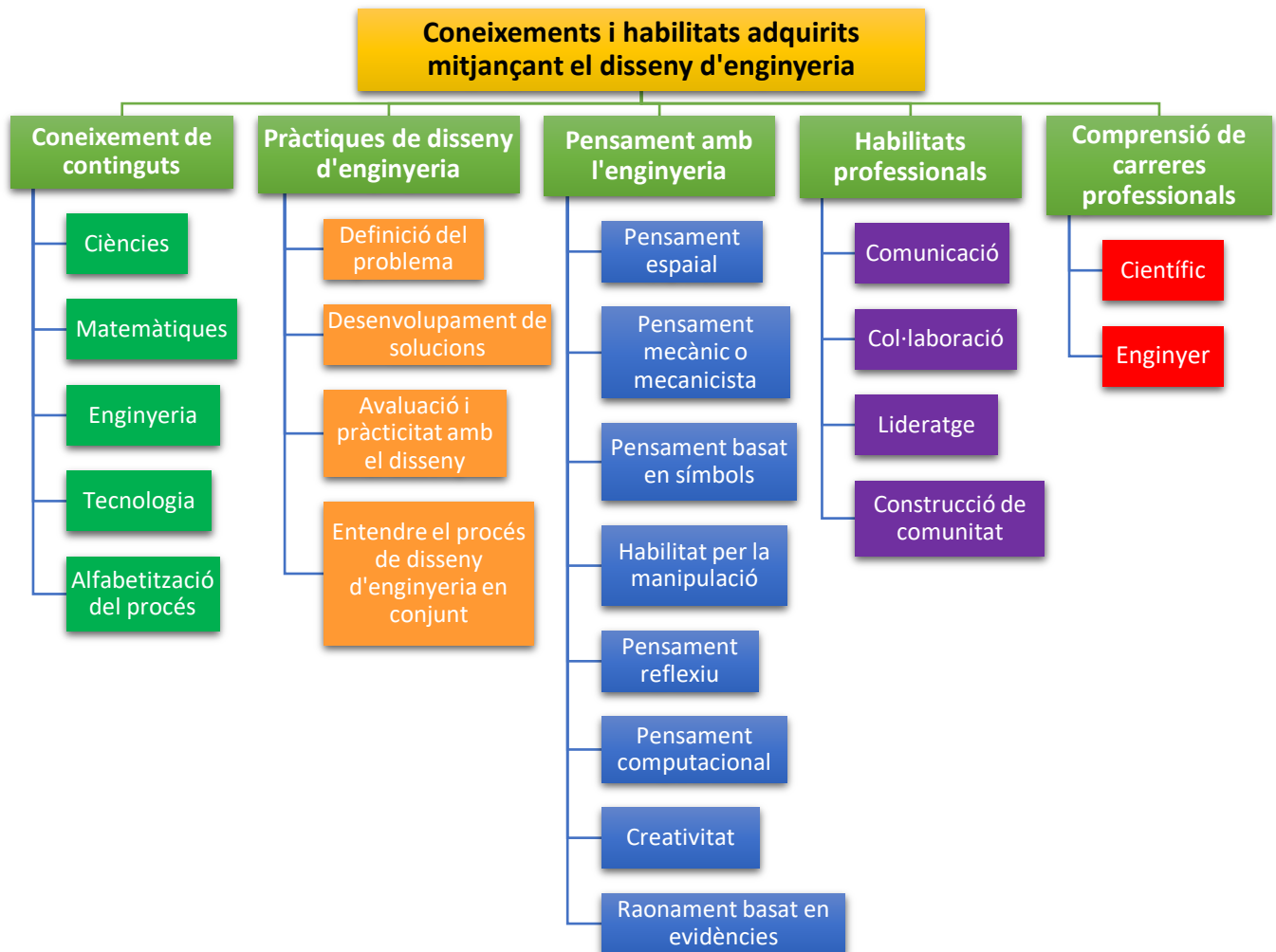


Figura 1: Esquematzació dels coneixements i habilitats en el procés de disseny d'enginyeria. Font: Ehsan et al., 2023, adaptació i traducció: Autor

Amb tot això, vull aportar un esquema d'un article científic (Ehsan et al., 2023) que permet visualitzar i estructurar què impliquen les competències i les habilitats inherents en l'enginyeria a l'aula. Aquest treball no seria realista si volguéssim avaluar tot aquest conjunt de habilitats i coneixements, però ens dona una idea de com l'enginyeria pot ser un punt de partida amb el que millorar i treballar els aspectes de la Figura 1. En aquesta recerca volem donar èmfasi a com l'alumnat de 6è, defineix i identifica un problema, com entén el procés de disseny d'enginyeria, com desenvolupen solucions amb l'enginyeria o les STEM, per exemple, la alfabetització del propi procés i

com els influencia la pròpia sensació de capacitat davant dels reptes (Ehsan et al., 2023). Aquest esquema, dona una perspectiva de les habilitats i desplegament que podem treballar gràcies a l'enginyeria i com pot intervenir en el seu desenvolupament acadèmic, cognitiu, socio-emocional, laboral, entre d'altres, tot i això, en aquest estudi en centrarem en les habilitats anteriorment esmentades.

2.2 El procés de disseny d'enginyeria a l'Educació Primària

Per tant la E d'enginyeria a les STEM, és una eina basada en el disseny? La resposta es sí. Segons Lemons et al., (2010), tot problema que s'enfronti a diverses disciplines de l'enginyeria, independentment de quines siguin aquestes, requereixen un procés de disseny natural en la seva proposta de solució. Un aspecte que trobem molt rellevant per al nostre estudi i al que voldrem indagar més.

Amb aquesta afirmació i definició, ens permet articular aquest estudi, tots els materials i els reptes que es dissenyaran per obtenir dades de sobre com l'enginyeria pot inferir en l'escolaritat dels estudiants. Aporto una taula síntesi i resum que utilitzarem com a font de recerca bibliogràfica per molts dels instruments. Aquesta recerca la podem determinar com a indicadors d'assoliment de destres dins del procés:

Taula 1. El procés de disseny d'enginyeria i les seves destreses. Font: Li, et al., (2020)

Passos i destreses en el procés de disseny d'enginyeria

- a: definir i identificar els objectius del disseny.
- b: analitzar i imaginar diversitat d'idees de prototips.
- c: decidir la planificació.
- d: visualitzar i crear el prototip.
- e: implementar i comprovar.
- f: revisió i millora.
- g: demostració del prototip.

A més a més, la recerca ens mostra que l'aprenentatge mitjançant el procés de disseny d'enginyeria sigui eficaç i significatiu és d'una gran importància i necessari que els estudiants desenvolupin tant les habilitats pròpies de l'enginyeria com el concepte del

procés de disseny (Hohner et al., 2020). El punt de vista de l'ensenyament i l'aprenentatge, el cicle iteratiu del disseny, la repetició i ús dels passos i fases en el procés cíclic de l'enginyeria, és el que ofereix el major potencial per a aplicar els coneixements a l'aula i en les pràctiques d'enginyeria que es poden portar a terme als centres (Estapa & Tank, 2017).

Per tant podem definir el procés de disseny d'enginyeria són el conjunt de fases, passos i accions que regeix tota activitat d'enginyeria. Dins d'aquest procés trobem tot unes accions que donen eficàcia i eficiència a un producte o resolució d'una problemàtica i el procés de disseny d'enginyeria ens ho permet. (Carberry et al., 2010).

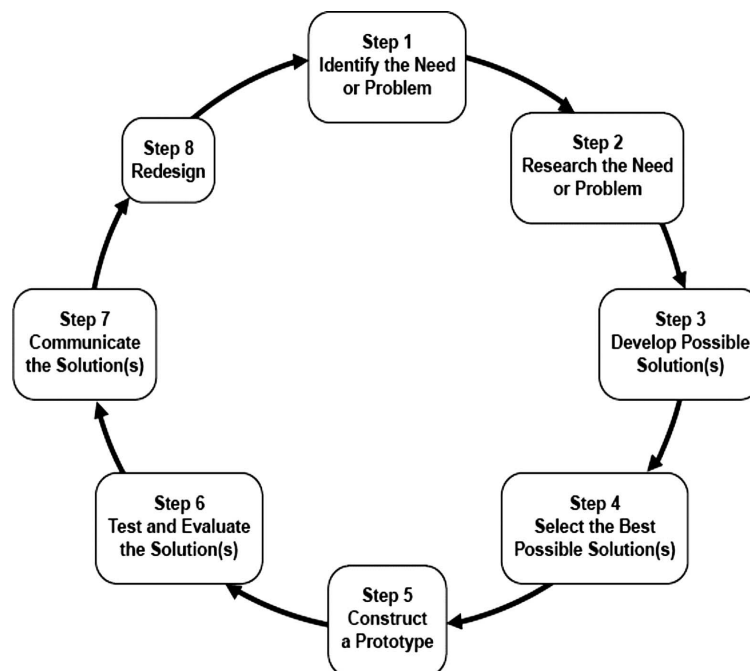


Figura 2: El procés de disseny d'enginyeria. Font: (Carberry et al., 2010)

En un estudi comparatiu a un grup d'estudiants i mestres d'enginyeria a la universitat de Berkeley, California (Hohner et al., 2020), evidencien quines són les habilitats més importants dins del procés de disseny que realitza un enginyer. En els resultats que trobem a l'estudi hi ha: vegeu la *Figura 1*, la prova o *test Step 6*, la creació de prototips al *Step 5* i la pluja d'idees *Step 3*, dins la fase d'imaginar les possibles solucions en equip en el nostre cas. Tots aquests coincidien amb els mentors, el personal i el professorat, així com amb els resultats educatius del programa realitzat en l'estudi.

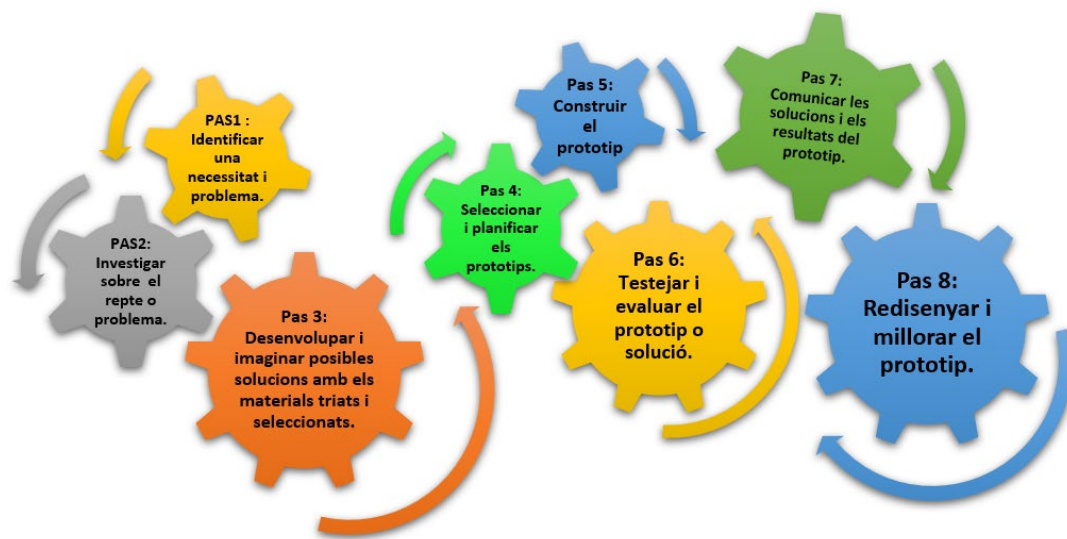


Figura 3: Procés del disseny d'enginyeria amb engranatges. Font: autor, adaptació de : (Carberry et al., 2010)

A l'Escola Primària on es planteja un repte basat en l'enginyeria segons Capobianco et al., (2014) apunt a que és fonamental observar i avaluar com els estudiants aprenen i apliquen el procés de disseny d'enginyeria. A més a més descriu com els permet tenir en compte les diverses concepcions, conceptes i vocabulari relacionats amb el propi procés i sobre l'enginyeria. Aquest alhora, els permet treballar tot un conjunt de diferents capacitats cognitives, socials, comunicatives, lingüístiques i cooperatives implícites en cada una de les fases, sense que ells es donin compte de que les estan aplicant, com hem pogut descriure en els subapartats anteriors. Per aquests motius, volem revisar les bases d'investigació en com es treballa a escala internacional i nacional el procés de disseny d'enginyeria a alumant d'Educació Primària.

English & Moore (2018) defineix uns principis que es volen impulsar amb qualitat i amb recerca científica als Estats Units d'Amèrica. Amb aquests principis que estableixen, utilitzen les experiències i reptes d'enginyeria, des de l'escola bressol fins al grau 12 o final de la secundària en el nostre sistema educatiu. Unes idees principals que es volen impulsar i adquirir son les següents:

- Emfatitzar i integrar el procés de disseny d'enginyeria en l'aprenentatge.
- Incorporar coneixements i habilitats de matemàtiques, ciència, tecnologia i enginyeria importants i apropiades per al desenvolupament de l'alumnat.
- Establir hàbits i processos implícits en l'enginyeria en la ment de l'alumnat.

A nivell nacional però trobem al DECRET 175/2022, en l'àrea de Medi Natural, Social i Cultural, dins del bloc de sabers Tecnologia i digitalització, i en seu subapartat Projectes de disseny i pensament computacional, trobem el següent saber: *Planificació i aplicació de les fases del projecte de disseny: empatitza, defineix, idea, prototipa i avalua per donar resposta a una necessitat concreta.* (Departament d'Educació, 2022) Aquest és de 5è i 6è curs, on proposarem els reptes dissenyats en aquest estudi.

Observem com els noms de les fases del procés de disseny en aquest saber tenen diferències rellevants a les que es treballen a nivell internacional. Podríem dir que la fase *defineix* és similar a *explorar* quin problema tenim i quines limitacions hi ha. *Idea, avalua i prototipa* tenen cert sentit però queden molt generals i són com la punta d'un iceberg. *Idea* s'hauria de complementar amb: possibles solucions al problema o projecte com a fase similar a la fase d'*imaginar*, extretes de la Figura 3. *Avalua*, seria similar a *Testejar i comprovar el prototip* i si les necessitats definides del repte s'han aconseguit mitjançant el prototip i el procés de disseny d'enginyeria.

The Next Generation Science Standards o *NGSS*, en aquest estàndards de qualitat en educació als EUA, identifiquen com l'enginyeria és una disciplina fonamental que s'ha de portar a les aules de ciència i medi. (Cunningham & Kelly, 2017). Amb la que indagar i aportar i aprofundir en la competència enginyera de l'alumnat americà, perquè pot esdevenir en una millora del conjunt de l'alumnat i de la societat. Així mateix, aporten una taula amb diversos ítems imprescindibles en l'adquisició de coneixement relacionat amb l'enginyeria i l'educació:

Taula 2: Ítems i pràctiques epistèmiques de l'enginyeria. Font: (Cunningham & Kelly, 2017).

Desenvolupament de processos per a la resolució de problemes.	Considerar problemes en context.
Innovar processos, mètodes i dissenys	Visualitzar múltiples solucions a reptes.
Ús del pensament de sistemes en processos.	Compensacions entre criteris i limitacions
Aplicar el coneixement científic a la resolució de problemes	Aplicar els coneixements matemàtics a la resolució de problemes
Construcció de models i prototips	Investigar propietats i usos dels materials
Persistir i aprendre del fracàs	Prendre decisions basades en l'evidència
Treballar eficaçment en equip	Avaluació de les implicacions de les solucions
Veure's a si mateixos com enginyers	Comunicar-se eficaçment

Tots aquests ítems es veuen reflexos en la mateixa dinàmica del procés de disseny d'enginyeria. Amb l'ús de reptes basats en aquests, treballem tots aquests ítems i destreses que volem que s'adquireixin per una educació amb qualitat en aquesta competència enginyera a les aules (Cunningham & Kelly, 2017). Tota la recerca i coneixença ens ha permès dissenyar els diversos reptes tenint-los en compte.

Per acabar de tractar el procés de disseny de l'enginyeria a les aules, hem de tenir en compte que arribar a una solució a través del procés de disseny d'enginyeria d'un problema o repte no és sempre l'única forma i amb una solució única i metòdica. Lemons et al. (2010), afirmen que un enginyer a l'hora de desenvolupar un disseny i utilitzar el procés, ha de tenir en compte factors realment rellevants com ara els objectius, problemes del repte, limitacions que poden no estar ben definits, i que les solucions estan subjectes a factors qualitius, culturals, intuïtius, cognitius i subjectius. Per això el procés de disseny portat a l'aula de Primària pot aportar una nova perspectiva i riquesa

metodològica de resolució de problemes que no s'ha tractat amb profunditat. Amb tot això, un dels factors que intervenen és l'autoeficàcia que tractarem tot seguit.

2.3 L'autoeficàcia en el procés de disseny d'enginyeria.

L'autoeficàcia podria descriure's com una construcció pròpia que explica i determina la creença o el judici d'un nen o nena sobre la seva capacitat per a enfrontar-se a una determinada tasca d'aprenentatge. L'autoeficàcia d'un nen serveix llavors com a indicador que explica la seva capacitat per a fer una tasca d'aprenentatge específica. Experimentar l'èxit o el fracàs en el procés d'aprenentatge afectaria directament l'autoeficàcia percebuda pels estudiants en una aula i un repte basat en el procés de disseny d'enginyeria. (Li et al., 2020).

Segons la Teoria de l'Autoeficàcia de Bandura (1986; 1997), articles d'investigació associats amb l'autoeficàcia i l'enginyeria (Carberry et al., 2010, Mamaril et al., 2016, Hammack, 2016) entre d'altres, podem extreure d'aquestes fonts, diversos punts realment importants que determinen i influeixen en l'autoeficàcia en el procés d'enginyeria com a indicador d'aprenentatge:

1. L'autoeficàcia intervé en els assoliments i la percepció d'un mateix amb el rendiment o les experiències de domini d'un àmbit. En el nostre cas, l'àmbit de les habilitats o competències per poder resoldre un repte amb el procés de disseny d'enginyeria i aquesta correlació amb l'autoeficàcia.
2. Les experiències vicàries, que són l'adquisició de coneixements, habilitats o actituds a través de l'observació de les experiències d'altres persones i membres d'un equip o grup.
3. L'autoeficàcia de l'enginyeria es refereix a la creença d'un individu en la seva capacitat per participar en pràctiques d'enginyeria, específicament en el seu procés de disseny i habilitat d'execució experimental.
4. Persuasions verbals o socials del grup o companys i companyes.
5. Estats fisiològics i metacognitius dels individus.
6. La familiaritat amb l'enginyeria, es referirà a la mesura en què un individu té coneixements generals o experiència relacionada amb l'enginyeria i el procés de disseny.

Aquests sis àmbits afecten el rendiment dels individus cara l'execució d'accions cara un repte per exemple, els objectius que es fixen, la quantitat d'esforç que dediquen, la seva persistència i la seva resistència als fracassos. (Bandura, 1986).

Alhora, segons Zimmerman, B. (1995), les creences de l'autoeficàcia regulen el funcionament humà. Segons aquest article estan regulades per quatre processos principals, que afecten de manera directa, no sols al treball dels reptes proposats en aquest estudi si no en com es comporten davant un fet acadèmic o social. En aquests hi ha uns processos cognitius, motivacionals, afectius i de selecció. Aquests diferents processos, solen operar amb simultaneïtat quan es fa una tasca, més que aïllada, i regulen contínuament el funcionament humà. Això traslladat a l'alumnat, volem comprendre com executa l'autoeficàcia en els processos de disseny d'enginyeria.

És així que Nyberg et al. (2022) postula i argumenta que les expectatives que formen l'autoeficàcia de l'alumnat, juguen un paper de molta importància en el context escolar. La realitat d'aquestes expectatives d'autoeficàcia, donen forma a la personalitat i influeixen positivament en el rendiment acadèmic, els processos de motivació, l'autoregulació, l'autopercepció i l'interès davant de reptes i fets durant el seu desenvolupament.

Per aquests motius en aquest estudi, determinem l'impacte dels aspectes cabdals d'autoeficàcia i que podem mesurar i obtenir evidències de com influeixen en els alumnes de Cicle Superior amb els instruments que proposarem. Com senten aquesta capacitat d'autoeficàcia a l'aula? Com podem saber com es senten i com influeix en la resolució de reptes?

Tot i això, no només influeix en els alumnes. Bé, hi ha un factor també molt important a l'autoeficàcia, la del professorat. En disseny propi del repte, com es sent de capacitat per fer-ho, si té formació, si demostra aquest valor propi, potser una realitat que no es té en compte. Segons (Yeşilyurt et al., 2021), és un factor cabdal en la pròpia autoeficàcia dels professors, que han de transmetre-ho a l'alumnat i que determina l'èxit de l'assoliment de les competències enginyeres, com es veuen com a científics o enginyeres, un factor clau en la proposta del treball d'enginyeria a les aules.

Per sintetitzar, després de la revisió de la literatura científica podem distingir i afirmar que l'enginyeria té una gran rellevància en l'aula, sobretot a escala internacional. En l'àmbit nacional, a partir del nou decret, comencem a parlar d'aquesta disciplina

científica a les aules de Primària, però com ho fem? És el que volem aportar amb aquest estudi. També hem evidenciat que el procés de disseny és imprescindible, però no té una solució única o metòdica i aquesta diversitat és la que volem analitzar. L'autoeficàcia dels alumnes determinarà la seva implicació en els reptes i l'adquisició del procés i és un factor que volem analitzar i controlar en l'estudi.

Per concloure aquest apartat, pel fet que estudis han arribat a la conclusió que les activitats pràctiques de disseny d'enginyeria basades en problemes del món real podrien millorar l'autoeficàcia percebuda pels nens en el disseny d'enginyeria. (Li et al., 2020). Volem aportar la següent taula que serà un marc teòric de referència en el nostre estudi:

Taula 3. Autoeficàcia en el procés de disseny en dimensions i preguntes d'exemple que avaluen aquesta capacitat. Font: Li et al., (2020). Adaptació: Autor.

Dimensió del procés de disseny	Pregunta exemple que mostra l'autoeficàcia
1. Identificació	Puc llistar i definir els problemes de disseny a resoldre.
2. Imaginació i esborranys	Puc dibuixar i dissenyar diverses idees de prototip
3. Procés iteratiu en les pròpies fases	Puc proposar una planificació del disseny organitzada.
4. Prototipatge	Puc convertir les meves idees en al procés de construcció.
5. Col·laboració	Els meus companys i jo podem confiar en nosaltres mateixos

3. MARC METODOLÒGIC D' INVESTIGACIÓ

3.1 Preguntes d'investigació

Després de tot aquest recull de literatura científica, sorgeixen tot una sèrie de preguntes d'investigació que volem donar resposta amb el disseny metodològic. Aquestes preguntes es resoldran en l'apartat de resultats, donant les evidències per mostrar què i com s'han respost aquestes preguntes d'investigació:

-Incorporar reptes basats en el procés de disseny d'enginyeria té impacte en l'adquisició de competència enginyera en els alumnes de 6è de Primària?

-Quina sensació d'autoeficàcia en les destreses enginyeres té l'alumnat per resoldre reptes amb el procés de disseny d'enginyeria?

-Una instrucció implícita amb dinàmiques inicials, prèvies al repte, milloren l'adquisició de coneixement sobre el procés de disseny d'enginyeria?

3.2 Objectius

Aquest treball està enfocat en un eix vertebrador: com influeix abordar i treballar els reptes i casos pràctics en la competència enginyera i el procés de disseny a dues aules de 6è de Primària. Volem aportar una millora en la competència enginyera. Ho farem mitjançant reptes basats en el procés de disseny. Així analitzarem l'impacte i com l'alumnat ha evolucionat en les destreses enginyeres del procés al final de les sessions.

Presentem una transferència efectiva del procés d'enginyeria a la realitat educativa. Però no tant sols es pretén aplicar el procés de disseny i els principis d'enginyeria a l'entorn escolar, sinó que també volem analitzar com hi incideix l'autoeficàcia de l'alumnat en aquest procés. Els objectius tenen una justificació i raó, integrar l'enginyeria a l'educació. Volem reconèixer com l'alumnat desenvolupa les destreses i habilitats pràctiques i aplicables d'enginyeria amb el seu procés de disseny per resoldre un repte. Oferim una proposta guia per a implementar de manera efectiva a l'aula, adaptant-ho a la recerca d'investigació i maximitzar la seva coherència i eficiència en el context educatiu.

A més a més, volem observar com l'autoeficàcia evoluciona en el procés de disseny d'un prototip. Cada un d'aquests objectius té un lligam amb les preguntes d'investigació, els instruments que fem servir i les dades que permetin dir si s'ha assolit o no aquests objectius.

Objectiu general:

1. Analitzar la incorporació de reptes basats en el procés de disseny d'enginyeria a 6è de Primària.

Objectius específics:

- 1.1 Avaluar l'evolució de l'alumnat de 6è en les competències i habilitats inherents al disseny d'enginyeria.
- 1.2 Analitzar la millora en l'autoeficàcia de l'alumnat, amb la implementació del procés de disseny en enginyeria a l'aula.
- 1.3 Comprovació si el mètode de disseny d'enginyeria tenen implícita l'adquisició de coneixements del procés de disseny i les seves fases.

Son tot un conjunt d'objectius que permeten un estudi complert amb diversitat d'instruments i agents que ens permetrà donar-los-hi resposta, i dotar de sentit als propòsits d'aquest treball.

3.3 Disseny metodològic

La implementació de reptes amb el procés de disseny d'enginyeria i la seva planificació formen part del disseny metodològic. A partir d'aquests reptes d'enginyeria, obtenim dades, evidències, i resultats que ens informen en l'impacte que té l'enginyeria a les aules. També ens permetrà entendre com ha evolucionat el seu sentiment d'autoeficàcia abans i després dels reptes. Alhora, és una proposta sobre com abordar i incorporar els reptes basats en el procés de disseny d'enginyeria a les aules.

Per a aquestes reptes hem desenvolupat una programació i un quadern de l'alumnat dels seus prototips, on exploren, imaginem, planifiquen, construeixen, comproven i milloren, donant lloc i treballant així, les fases del procés de disseny d'enginyeria (Carberry et al., 2010). Alhora, les fases del procés de disseny les hem adaptat a l'Educació Primària i al nostre context, que podem observar en la *Figura 1*. i que forma part del nostre disseny metodològic.

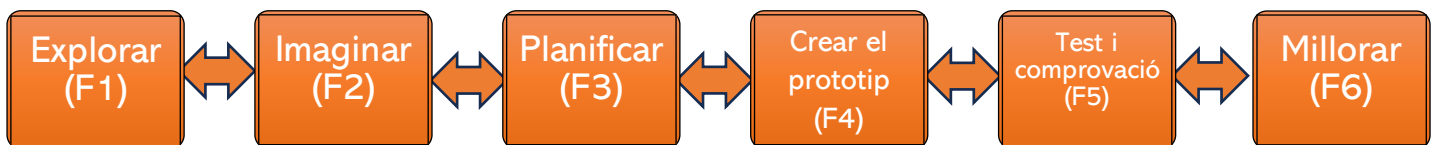


Figura 4 : Procés de disseny d'enginyeria adaptat per a aquest projecte. Font: Autor.

Per sintetitzar, examinem i revisem les produccions de prototips de l'alumnat, quaderns d'enginyeria, casos pràctics, per veure la pròpia integració del procés, destreses i coneixements d'enginyeria.

Aquest disseny metodològic té un enfocament qualitatiu i quantitatiu, donant lloc a un mètode mixt

Pel que fa a la part qualitativa, en aquest disseny metodològic, els reptes basats en el procés d'enginyeria a aules de Primària s'analitzen mitjançant la recollida d'evidències qualitatives de quaderns i esborranys de prototips de l'alumnat. El seu treball en els fulls permet obtenir evidències clares de com usen les tècniques i habilitats implícites en el procés de disseny que usa un enginyer (Aydin & Işıksal-Bostan, 2023).

Alhora qualitativament en aquest disseny metodològic recollirem dades de quaderns, casos pràctics, dinàmiques amb *flash-cards* a mode de joc de cartes del procés de disseny d'enginyeria. Aquestes eines ens permeten evidències per a saber com intervenir i millorar la capacitat d'aprenentatge del propi procés.

Per la part quantitativa i anàlisi estadístic dels grups d'alumnes:

Utilitzem diverses referències bibliogràfiques, (Mamaril et al., 2016), (Lourdes, 2019), (Santamaría-Domínguez et al., 2023), (Li et al., 2020) per dissenyar qüestionaris d'autoeficàcia amb el procés de disseny d'enginyeria. Aquestes referències, permeten la validació de l'instrument del qüestionari proposat, en el disseny metodològic. També ens permeten obtenir evidències clares sobre quin és el grau d'autoeficàcia cara els reptes plantejats i com es senten de capacitats per portar a terme el procés de disseny d'enginyeria.

Alhora l'ús de l'eina JASP, ens ha permès obtenir diversos tractaments de dades estadístics dels alumnes triats i veure l'evolució i diferències substancials de l'autoeficàcia amb les dades en moments i respostes dels qüestionaris previs i posteriors.

Hem dissenyat tot una bateria de reptes basats en el procés de disseny d'enginyeria. Aquests s'han executat a la biblioteca del centre escolar triat i tenen una programació real que permet observar com s'han fet i desenvolupat. *Vegeu Annex a programació dels reptes.*

Considerem que el repte de treure el cademat del pot, de la pilota voladora i de la rampa, són les eines que vertebraran el disseny metodològic, ja que a partir d'aquests, faciliten enfocar diverses preguntes d'estudi a corroborar, els instruments de mesura, resultats, evidències de quines habilitats s'integren i quines no, com integren el procés, entre d'altres objectius alineats amb aquest disseny experimental.

Aquests s'han dissenyat amb evidències científiques del marc teòric i les fases del procés de disseny: explorar, imaginar, planificar, construir, provar i millorar Carberry et al., (2010). A més a més, provenen de fonts alineades i programades amb les NGSS, els estàndards de qualitat americans, però amb una certa transposició didàctica al context del nostre entorn. Finalment, són propostes programades per abordar sabers i competències del DECRET 175/2022, la integració al treball multidisciplinari STEM, tot per reconèixer com abordar tots aquests estàndards, sabers i competències.

3.3.1 Introducció, temporalització

Pel que fa a la temporalització determinarem un cronograma amb el procés experimental, amb les setmanes programades, objectius de les sessions, tasques a realitzar i fites aconseguides. Els objectius són el general, que es treballaria durant tota la temporització, i els específics de l'estudi que volem treballar a les sessions descrites i el desenvolupament és el següent:

Objectiu general: 1. **Analitzar la incorporació de reptes basats en el procés de disseny d'enginyeria a 6è de Primària. Temps d'elaboració (TE)** : En totes les sessions, com a resultat, dut a terme com a eix vertebrador de tot l'estudi i disseny experimental.

Objectius específics:

- **1.1 Avaluar l'evolució de l'alumnat de 6è en les competències i habilitats inherents al disseny d'enginyeria.** Temps d'elaboració (TE): Durant totes les sessions 18 h en total i treball analític posterior. **Tasca 1.1.1:** Posada en pràctica dels reptes amb els quaderns per al seu posterior anàlisi. **Tasca: 1.1.2:** Realització dels casos pràctics, com a consecució final d'aquesta evolució. **Fita (F1):** Obtenció de dades, evidències i resultats amb l'evolució de les competències partir de l'execució dels reptes i dels casos pràctics setmanalment durant les sessions.
- **1.2 Analitzar la millora en l'autoeficàcia de l'alumnat, amb la implementació del procés de disseny en enginyeria a l'aula.**
Amb aquest objectiu volem analitzar la millora en l'autoeficàcia de l'alumnat, prèvia i posterior al treball de reptes, amb la implementació del procés de disseny en enginyeria. Temps d'elaboració (TE): 10 hores en total per la part experimental d'aquest objectiu. **Tasca 1.2.1** : Elaboració dels qüestionaris i administrar-los als alumnes . **Tasca 1.2.2.** Implementar el reptes a l'aula per incidir en com senten en aquesta capacitat de resoldre'ls. **(F2):** Obtenir resultats sobre l'autoeficàcia de l'alumnat, utilitzant qüestionaris validats previs i posteriors a l'estudi amb un anàlisi estadístic posterior.
- **1.3 Comprovació si el mètode de disseny d'enginyeria i els reptes tenen implícita l'adquisició de coneixements i destreses del procés de disseny de manera natural o innata amb la pròpia metodologia.** Temps d'elaboració (TE): gairebé dues hores. **Tasca 1.3.1:** Explicar que es el procés de disseny d'enginyeria

en un grup experimental i en el control no. **Tasca 1.3.2:** Realitzar i utilitzar el joc de cartes per veure com adquireixen uns i altres les fases del procés de disseny.

Fita (F3): Comprovar si el mètode té implícita o innata l'adquisició del procés de disseny d'enginyeria.

		Segon Trimestre - Disseny experimental							
Objectiu general	Objectius específics	Tasques a realitzar	Primera setmana	Segona setmana	Tercera setmana	Quarta setmana	Cinquena setmana	Sisena setmana	Temps d'elaboració experimental
1	1.1	1.1.1	F1	F1	PASCUA	F1	F1		12 hores de reptes al centre *
		1.1.2			PASCUA			F1	4 h totals
	1.2	1.2.1	F2		PASCUA			F2	1h prèvia i 1h posterior als reptes
		1.2.2	F2	F2	PASCUA	F2	F2		12 hores de reptes al centre *
	1.3	1.3.1	F3	F3	PASCUA	F3	F3		15 min al inici de sessió x 4 = 1 h
		1.3.2		F3	PASCUA	F3			30 minuts per al joc de cartes
									* Sessions de reptes de 2 hores x 2 Grups x 3 Reptes

Figura 5: Cronograma amb objectius, tasques i fites aconseguides del disseny metodològic i experimental

3.3.2 Mostra/població

S'usa el disseny metodològic en dues mostres en un centre escolar de Reus, a dues classes de Cicle Superior en concret a 6è A i 6è B, amb total 49 alumnes. Hem dividit l'alumnat en un grup control (6èA) i l'altra com a grup experimental (6èB)

No tots hi eren en les sessions en que es va portar a terme els instruments estadístics. La distribució dels alumnes en la població és la següent:

- Trobem 22 alumnes del grup experimental i 25 del grup control en els casos pràctics. Per als qüestionaris, van participar 22 del grup experimental i 25 del grup control. En els dos instruments de recollida de dades, trobem una mostra total de N=47.

En aquest estudi, es respecta l'anonimat de l'alumnat investigat. És una mostra anònima, amb un codis configurats de cada nen i nena amb dates de naixement aleatòries i un nom aleatori que els defineix.

Troblem documents signats i autoritzats que ho demostren com l'autorització per realitzar activitats pràctiques de Grau i Màster i l'autorització per part dels centres educatius per portar a terme la recerca d'aquest treball. Alhora, s'ha traslladat a la comissió ètica en recerca-innovació de la URV.

3.3.3 Instruments de recollida de dades

Trobem diverses eines qualitatives i quantitatives que ens permeten la recollida objectiva de dades i evidències que ens permetin entendre millor l'estudi que volem portar a terme a l'aula. Aquests son:

- **Supòsit pràctic:**

Aquest instrument de recollida d'evidències permet la validació del objectiu general *Analitzar la incorporació de reptes basats en el procés de disseny d'enginyeria a 6è de Primària* i el nostre objectiu específic: *avaluar l'evolució de l'alumnat de 6è en les competències i habilitats inherents al disseny d'enginyeria*. El cas pràctic ens donarà resultats per valorar l'efectivitat i l'impacte dels reptes. Així doncs, volem observar si hi ha influència dels reptes en les destreses, continguts i habilitats que hi ha en el procés de disseny en enginyeria en l'alumnat.

L'instrument té una metodologia on els i les alumnes, individualment, expliquen com resolen un repte clar: la creació d'una torre el més alta possible, amb celo i palletes, amb certes limitacions i que s'aguanti per ella mateixa. El supòsit pràctic és realitzarà a posteriori de treballar amb l'alumnat tots els reptes. Alhora mostren quines capacitats i quines dificultats o diverses maneres i mètodes de resoldre'l tenen. Té una durada estimada de dues hores a cada un dels grup.

Un cas pràctic o supòsit pràctic, on els alumnes desenvolupen tot allò que han après durant els reptes. Han d'escriure i exemplificar les fases del procés de disseny amb un context, problema i supòsit ben definit. És durà un anàlisi amb una rúbrica qualitativa on es determinen diversos àmbits amb d'indicadors d'habilitats i competències enginyeres (Veure *Taula 4*) i en cada una fases del procés de disseny d'enginyeria o paraules clau d'aquest que en determinen l'assoliment.

A partir d'articles d'investigació com el de Carberry et al., (2010), Li et al., (2020), Ehsan et al., (2023), on defineixen habilitats i destreses de cada una de les fases del procés de disseny d'enginyeria, son usats com a fonts de base científica per al disseny de la rúbrica, i disseny experimental, obtenint evidències de l'objectiu general i el objectiu específic 1.1 i 1.3. Volem reflectir si es mostren o no, l'adquisició de competències i habilitats dins del procés de disseny d'enginyeria després de l'execució dels reptes i sessions proposades de l'estudi i disseny metodològic i experimental triat i com les assoleixen quantitativament i qualitativament.

Taula 4: Instrument d'anàlisi dels casos pràctics. Font: Autor . Adaptats de: Carberry et al., (2010), Li et al., (2020), Ehsan et al., (2023) Ávila (2024).

Fases del procés de disseny	Codi	Criteris d'anàlisi de destreses enginyeres al cas pràctic
1_ Explorar: Problema, objectiu i limitacions	1_ Ident	Articula/comparteix/presenta el problema
	1_ Rev	Revisa els objectius/limitacions inicials
2_ Imaginar: idees i escull possibles solucions.	2_Prop	Proposa, indica una solució, mitjançant diversos prototips.
	2_Pred	Prediu avantatges i desavantatges d'una solució
	2_Mod	Elabora models de prototip i els explica
3_Planificació: disseny del prototip	3_Pla	Explica/comparteix una planificació
	3_Rev	Revisa la planificació (els objectius/limitacions inicials)
4_Construir/Crear/Testejar: les idees planejades	4_ExpM	Utilitza i defineix els materials necessaris per la construcció del prototip
	4_Pasos	Parla sobre els passos a seguir en la construcció i en el test
	4_Prot	Utilitza la paraula prototip
5_Millorar: nou prototipatge	5_Rev	Revisa el producte i proposa noves solucions, entenent el procés de disseny com cíclic i iteratiu.
6_Procés de disseny i mètode de resolució del cas.	Mef_1	Menciona un nombre de fases del procés de disseny del 1 al 5.
	Mef_2	Explicita i diu quines son, per exemple: 1-Explora, 2-Imaginar, 3-Planificar, 4-Construir/comprovar, 5-Millorar
	R_M	Trobem una resolució del problema matemàticament.

- **Qüestionari d'autoeficàcia:**

Hem dissenyat un qüestionari per l'alumnat d'aquest estudi. Aquest s'ha dividit en dos factors, designats com autoeficàcia en la competència enginyera en el procés de disseny (CE) i actituds i valors en vers l'enginyeria i el procés de disseny (VAM).

El primer factor (CE), consta d'11 ítems, en aquest es pretén analitzar l'autoeficàcia dels alumnes amb procés de disseny d'enginyeria i les destreses associades a aquesta disciplina científica. Ens permet obtenir evidències per assolir l'objectiu específic 1.2. El segon apartat (VAM), conté 8 qüestions, obtindrem dades rellevants

sobre com perceben i valoren l'enginyeria individualment, en el seu entorn i en el centre escolar.

Aquests qüestionari es respondrà en dos moments diferents, 1) en un inici a la proposta de les sessions, i 2) al final i després de la realització dels reptes basats en el procés de disseny per part de l'alumnat. D'aquesta manera analitzem el canvi en l'autoeficàcia i actituds vers l'enginyeria dels alumnes de sisè de primària degut a la seva participació en les sessions dissenyades per aquest estudi. Donarà lloc a un nombre de qüestionaris igual a 94.

Aquest instrument de recollida de dades, consisteix en 19 ítems basats en una escala de Likert. Aquesta parteix dels indicadors seqüents: *Molt en desacord, desacord, d'acord, molt d'acord*. L'escala ens permet quantificar del 1 al 4, les respostes dels alumnes estudiats i obtenir dades rellevants per observar l'evolució entre els dos moments mencionats.

El qüestionari ha estat dissenyat mitjançant diversos articles d'investigació com a base científica. Aquests articles, ens aporten qüestionaris validats amb factors que avaluen i analitzen actituds i autoeficàcia en destreses científiques. D'aquests articles (Mamaril et al., 2016), (Lourdes, 2019), (Santamaría-Domínguez et al., 2023), hem utilitzat i adaptat alguns ítems dels qüestionaris que proposen. Paral·lelament amb les referències de (Li et al., 2020) i (Ehsan et al., 2023) vinculem els ítems d'autoeficàcia i valoració amb el procés de disseny d'enginyeria. En la *Taula 5* exemplifiquem els diversos ítems del qüestionari d'autoeficàcia.

Taula 5 - Ítems dividits en apartats del qüestionari Adaptació de: (Lourdes, 2019) (Mamaril et al., 2016), (Santamaría-Domínguez et al., 2023) (Li et al., 2020)

CE-1	Puc identificar les limitacions, problemes i necessitats dels reptes.
CE-2	Em sento capaç d'imaginar de diverses maneres possibles, com construir el prototip amb les limitacions identificades.
CE-3	Puc donar resposta a la necessitat concreta dels reptes.
CE-4	Tinc la capacitat de seleccionar els materials i eines per construir un prototip eficaç.
CE-5	No sóc capaç de planificar el disseny triat, tot controlant les variables involucrades en el repte.
CE-6	Sé construir el prototip triat fent ús dels materials seleccionats en la fase de construcció.
CE-7	No em veig capaç d'analitzar i comparar els resultats obtinguts amb el prototip provat.
CE-8	Crec que puc explicar quines causes i conseqüències hi ha en la construcció d'un prototip a un altre.
CE-9	Puc millorar el prototip tenint en compte els resultats, la informació obtinguda i les variables clau.

CE-10	El treball en equip és important per a resoldre els reptes.
CE-11	El treball en equip no aporta res en el procés de disseny d'enginyeria.
VAM-1	És fàcil aprendre continguts relacionats amb ciència, tecnologia i enginyeria amb reptes.
VAM-2	Sento interès i curiositat per aprendre més sobre l'enginyeria i el seu procés de disseny.
VAM-3	L'enginyeria a l'escola m'ha ensenyat la importància de la tecnologia al meu entorn.
VAM-4	Treballar amb el disseny en enginyeria, té impacte en com aprenem a les aules.
VAM-5	Explicaria al meus amics, germans entre d'altres, algun fenomen o variable après sobre enginyeria.
VAM-6	Penso que tots i totes hauríem d'aprendre sobre l'enginyeria a l'escola.
VAM-7	M'agrada participar en activitats d'enginyeria dins o fóra de l'aula.
VAM-8	En un futur m'agradaria arribar a ser enginyer o enginyera.

- **Quadern de reptes:**

Primer de tot, l'alumnat del estudi s'organitza en 10 equips d'enginyers i enginyeres entre els dos grups classe. Cada un d'aquests grups resol 3 reptes diversos basats en el procés de disseny d'enginyeria, el repte treure el cademat del pot, el repte de la pilota voladora i el de la rampa. L'alumne demostra i exemplifica amb escrits, esborranys i dibuixos les diferents fases dels procés de disseny d'enginyeria en els quaderns de reptes implementats. Reben un quadern per grup complementari al treball dels prototips i reptes.

És un instrument metodològic qualitatiu a mode de quadernet de reptes que podem analitzar, i extreure dades de com cada grup ha anat resolent els reptes i necessitats plantejades. Els alumnes materialitzen per escrit els diversos passos i fases que segueixen en el procés de disseny d'enginyeria per resoldre el repte proposat. *Vegeu Annex 2 model del quadern de reptes.*

Aquest instrument es basa en recerca bibliogràfica. Aydin & Işıksal-Bostan, (2023) utilitzen quaderns de reptes i analitzen les produccions dels alumnes del seu estudi. En aquest article, extrauen dades dels prototips i els utilitzem com evidències per observar com adquireixen destreses enginyeres i el procés de disseny, totalment alineat amb els nostres objectius.

Mitjançant aquest instrument, podem obtenir dades clares de com s'estructuren cada un dels reptes, i com ho resol l'alumnat amb uns passos a seguir. Ens permet observar també diversos models de resolució mitjançant el procés de disseny com a base. Amb els

quaderns, també mostren com adquireixen destreses enginyeres simultàniament amb la proposta del reptes d'enginyeria in situ a l'aula.

- El joc de cartes del procés de disseny d'enginyeria.

Una dinàmica que intervé en meitat de les sessions de reptes, basada en el procés de disseny d'enginyeria, les seves fases i els seu ordre. Estan basats en el procés que desenvolupa, Carberry et al., (2010) en el seu cercle iteratiu de disseny. Ens donarà dades de si s'adquireix o no l'ordre amb la importància itinerant del procediment de l'enginyeria amb reptes.

Trobem una diferència important, s'implementa per als grups que s'explica què és el procés de disseny d'enginyeria, denominat com a grup experimental, i als grups implícits que simplement fan el repte sense cap tipus d'explicació, designat com a grup control. Això determinarà un altre aspecte rellevant del estudi i objectiu, si al implementar els reptes, explicar que és el procés afavoreix en l'adquisició del procés o si per contra simplement fent els reptes ja s'adquireixen les fases i l'ordre del procés iteratiu.

Finalment amb tot aquest disseny experimental del procés, procedim a definir i analitzar els resultats obtinguts.

3.4 RESULTATS

Seguint les línies metodològiques proposades per a l'adquisició dels objectius del estudi, i a la fi de respondre les preguntes d'investigació i determinar com la competència enginyera i l'autoeficàcia intervenen en els alumnes de 6è de Primària, ens proposem a realitzar un anàlisi de les dades i resultats amb les evidències dels nostres instruments. És alhora, un anàlisi exhaustiu de les accions i aptituds demostrades per l'alumnat en el treball de destreses i habilitats enginyeres amb l'autoeficàcia a partir dels casos pràctics, qüestionaris previs i posteriors, tractament estadístic de les dades, valoracions de quaderns de reptes i una dinàmica del joc de cartes del procés de disseny d'enginyeria. Tot aquest recull i tractament i anàlisi de resultats s'estructura de la següent manera:

Taula 6: Estructuració dels resultats Font: Autor.

<i>Instrument metodològic</i>	<i>Objectiu que s'evidencia</i>	<i>Resultats obtinguts</i>

Casos pràctics Fase I	General, 1.1 i 1.3	Adquisició parcial positiva de destreses en la síntesi de la proposta dissenyada dels reptes: en 6 de 13 indicadors de la mostra total i 7 de 13 destreses escollides no s'han assolit. Diferències en l'adquisició de destreses poc significativa entre els dos grups experimental i control. Diferències relatives al 32% del grup experimental a l'hora d'adquirir les fases del procés per part de l'experimental per motius d'instrucció d'aquest.
Qüestionari Fase II	General i 1.2	El 42,1% de les preguntes del qüestionari mostren diferències molt significatives valors ($p < 0,001$) de la 1 a la 9. 47,4 % tenen diferències significatives valors [$p (0,001$ i $0,05)$] en la n° 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16 i finalment 17,18 i 19 amb ($p \geq 0,05$).
Quadern de reptes Fase III	General i 1.1	Demostren adquisició de les destreses en les fases d'imaginar i planificar on 8 dels 10 grups, en els tres reptes cadenat, rampa i pilota voladora, ho demostren exemplificant i proposant prototips al paper. Les fases de construcció, comprovació i millora queden poc treballades, 2 dels 10, l'han completada en el quadern de reptes.
Dinàmiques del joc de cartes del procés de disseny Fase IV	General i 1.3	El grup experimental completa el joc de cartes 4 dels 5 grups un 80% estructura l'ordre i les fases del procés de disseny d'enginyeria correctament, en canvi el grup control cap d'ells ho fa de forma satisfactòria.

En la primera fase de l'apartat d'anàlisi de resultats, es planteja una valoració i anàlisi quantitatiu i qualitatiu de les dades obtingudes als casos pràctics. És aquí on observem les destreses i competències enginyeres adquirides pels estudiants i podem obtenir respostes sobre com l'objectiu general, específic 1.1 i 1.3 *Avaluar l'evolució de l'alumnat de 6è en les competències i habilitats inherents al disseny d'enginyeria i Comprovació si el mètode de disseny d'enginyeria tenen implícita l'adquisició de coneixements del procés de disseny i les seves fases.* es presenten en

l'estudi. S'usen d'indicadors d'adquisició de destreses enginyeres (Eshan et.al., 2022) i (Li et.al.,2020) que permeten interrelacionar els resultats de les produccions de l'alumnat en els casos pràctics i correlacionar-ho amb la competència enginyeria demostrada en aquest treball.

En segon lloc, s'interpreten les dades adquirides pel qüestionari d'autoeficàcia que determina l'objectiu 1.2 *Analitzar la millora en l'autoeficàcia de l'alumnat, amb la implementació del procés de disseny en enginyeria a l'aula*. Aquest apartats d'anàlisi de resultats, consten de diversos tractaments estadístics, on fem prevaldre la de fiabilitat de les dades amb l' α de Cronbach, un ANOVA per observar i reconèixer les diferències en l'evolució de l'alumnat en l'autoeficàcia i el procés de disseny d'enginyeria juntament amb un contrast de t de Student un anàlisi amb estadística rigorós i amb fiabilitat abans i després de la nostra intervenció mitjançant els reptes basats en enginyeria.

La tercera fase continuarà l'anàlisi dels quaderns de reptes de manera qualitativa, on extraurem dades importants per a la interpretació dels resultats i objectiu general a partir de les seves produccions en el paper. Per últim en una última i quarta fase trobem l'aportació i anàlisi del joc de cartes per acabar de comprovar com el objectiu 1.3: *Comprovació si el mètode de disseny d'enginyeria tenen implícita l'adquisició de coneixements del procés de disseny i les seves fases se'ns mostra en l'estudi i instrument triat*. Realitzarem una valoració de com les dinàmiques i el joc de cartes tenen un paper rellevant en integrar les fases i ordre del procés de disseny.

Anàlisi quantitatiu del cas pràctic

Amb els resultats del cas pràctic mesurem el nivell d'assoliment de l'objectiu específic 1.1: *titol de l'objectiu* i 1.3 *titol de l'objectiu*.

Taules 7 i 8: Resultats amb Fa i % de l'adquisició de competències enginyeres en els casos pràctics analitzats, amb la rúbrica i codificació utilitzada dividia en grups i mostra total. Font: Autor

	1 Ident	1 Rev	2 Prop	2 Pred	2 Mod	3 Pla	3 Rev	4 ExpM	4 Pasos	4 Prot	5 Rev	Mef 1	Mef 2	RM
Fa, Grup experimental.	5	13	22	8	19	13	4	18	10	6	4	2	6	8
Fa, Grup control.	6	10	24	7	22	16	7	21	15	0	3	1	0	2
Total Fa.	11	23	46	15	41	29	11	39	25	6	7	3	6	10
% del grup experimental.	22,7	59,1	100	36,4	86,4	59,1	18,2	81,8	45,5	27,3	18,2	9,1	27,3	36,4
% del grup control.	24	40	96	28	88	64	28	84	60	0	12	4	0	8



% del total de la mostra.	23,4	48,9	97,9	31,9	87,2	61,7	23,4	83	53,2	12,8	14,9	6,4	12,8	21,3
Total mostra.	47	Fases del procés de disseny		<i>Codi</i>	Criteris d'anàlisi de destreses enginyeres al cas pràctic				Total mostra G.control	25				
		1_ Explorar: Problema, objectiu i limitacions		<i>1_Ident</i>	Articula/comparteix/presenta el problema				Total mostra G.experimental	22				
		2_ Imaginar: idees i escull possibles solucions.		<i>1_Rev</i>	Revisa els objectius/limitacions inicials									
				<i>2_Prop</i>	Proposa, indica una solució prototipada.									
				<i>2_Pred</i>	Prediu avantatges i desavantatges d'una solució									
		3_ Planificació: disseny del prototip		<i>2_Mod</i>	Elabora models i els explica									
				<i>3_Pla</i>	Explica/comparteix una planificació									
				<i>3_Rev</i>	Revisa la planificació (els objectius/limitacions inicials)									
		4_ Construir/Crear/Testejar: les idees planejades		<i>4_ExpM</i>	Utilitza i defineix els materials necessaris per la construcció del prototip									
				<i>4_Pasos</i>	Parla sobre els passos a seguir en la construcció i en el test.									
				<i>4_Prot</i>	Utilitza la paraula prototip									
		5_ Millorar: nou prototipatge		<i>5_Rev</i>	Revisa el producte i proposa noves solucions, entenent el procés de disseny com cíclic i iteratiu.									
		6_ Procés de disseny i mètode de resolució del cas pràctic.		<i>Mef_1</i>	Menciona un nombre de fases del procés de disseny del 1 al 5.									
				<i>Mef_2</i>	Explicita i diu quines son, per exemple: 1-Explora, 2-Imaginar, 3-Planificar, 4-Construir/comprovar, 5-Millorar									
				<i>R_M</i>	Trobem una resolució del problema matemàticament.									

La Taula 7 i 8 ens permeten interpretar i quantificar els resultats de l'alumnat que mostra aspectes claus en competència, ús d'habilitats, conceptes i destreses d'enginyeria en cada una de les fases del procés de disseny. Es determinen tot una sèrie de criteris i indicadors, *vegeu taula 7, criteris d'anàlisi de destreses enginyeres*, que ens permetran extraure del supòsit pràctic com l'alumne utilitza i defineix els materials necessaris per a la construcció d'un prototip, per exemple. En aquest cas realitzem un recompte del nombre de vegades que un alumne de com demostra, defineix i selecciona materials diversos per l'execució i construcció del prototip determinat per la solució del repte hipotètic proposat en el cas. En aquest criteri d'anàlisi per exemple l'alumne demostra l'ús de celo i palletes i n'ha determinat la quantitat necessària per a proposar una torre el més alta possible.

A més a més, realitzem el càlcul del % de nombre d'alumnes ha assolit el criteri de destresa enginyera de cada fase del procés de disseny organitzats i distribuïts en N=22 del grup experimental, N=25 del grup control i el % de N=47 de la mostra total. Aquestes distribucions de les mostres són valorades a partir de 14 indicadors de destreses enginyeres associats a cada una de les fases del procés de disseny (*Vegeu taula 7*). La numeració, 1_ equival a la fase d'exploració, 2_ a la fase d'imaginar, 3_ fase de planificació, 4_ a la comprovació i construcció, 5_ fase de millora. La categoria 6_ *Procés de disseny i mètode del cas pràctic* fa referència a continguts de l'ordre i el nom de les fases del procés de disseny per la validació alhora del objectiu específic 1.3.

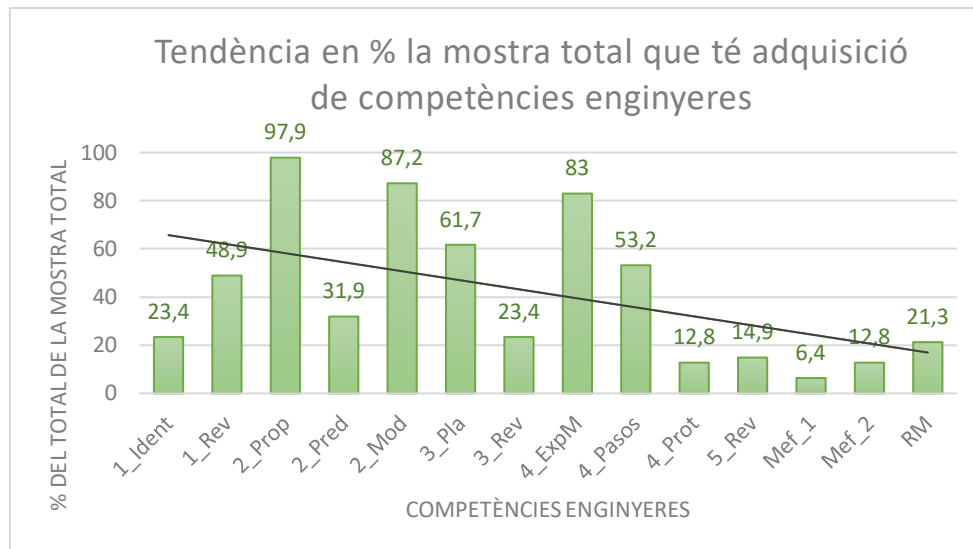


Figura 6 - Gràfic de barres amb el % d'adquisició de destreses de la mostra total

Hi ha aspectes favorables en l'adquisició dels objectius que extrapolem de la *Figura 6*. Es mostren resultats evidents i positius amb un % d'assoliment i l'adquisició de competències enginyeres superiors al 49% en les fases següents: 1_Rev (48,9%), 2_Prop (97,9%), 2_Mod (87,2%), 3_Pla (61,7%), 4_ExpM (83%), 4_Pasos (53,2%), és a dir, en les competències enginyeres on l'alumnat revisa dels objectius i limitacions del repte, proposa solucions amb un prototip, elabora diversos models de prototip i explica aquests, comparteix com planificar la solució al repte, especifica i selecciona els materials del repte i per últim parla sobre quins passos seguiran en la construcció del prototip. Aquestes, son les fases amb recompte de d'alumnes del total de la població de les dues aules de 6è i per tant la mostra total, corroborant parcialment part dels nostre objectiu general i específic 1.1 plantejats de l'estudi. Cal ressaltar com les competències de generació d'un prototip (en la fase 2 d'imaginar del procés de disseny de Carberry et al., 2010) que un 97.9% de l'alumnat l'ha assolida, així com la competència de modelització i explicació amb un èxit en el 87.2% de l'alumnat i la competència d'utilització i definició dels materials necessaris per la construcció del prototip superada i implementada pel 83% de l'alumnat total de l'estudi.

Un anàlisi general de les dades obtingudes és que els dos grups i el total de la mostra en les fases, amb criteris següents en (*revisa els objectius/limitacions inicials, proposa, indica una solució prototipada, elabora models i els explica/comparteix una planificació, utilitza i defineix els materials necessaris per la construcció del prototip, parla sobre els passos a seguir en la construcció i en el test.*) el 46,2% del total d'alumnes de N=47 ha demostrat, en la síntesi del estudi, adquisició de manera satisfactòria, en les destreses enginyeres en 6 dels 13 indicadors seleccionats i mencionats anteriorment. S'observen aquests resultats mitjançant diversos % específics de

recompte d'alumnes que demostren destresa i habilitat en l'execució del cas pràctic per a cada competència enginyera associada al procés de disseny d'enginyeria.

Per que fa a la interpretació dels resultats del estudi de la mostra total, s'evidencien resultats baixos, inferiors al 32 % en 7 dels 13 indicadors d'adquisició de competències enginyeres. És a dir un 53,9 % de la mostra total no ha adquirit aquests indicadors de destresa enginyera al final del estudi. (RM el considerem un indicador de mètode de resolució matemàtica del repte, no d'adquisició de destreses).

Per contra, en el total de la mostra, trobem índexs molt baixos, inferiors al 32 %, com hem observat en la *Figura 6 i Taules 7 i 8*, en assolir i integrar les diverses destreses enginyeres proposades per l'estudi en les fases següents: 1_Ident (23,4 %), 2_Pred (31,9 %), 3_Rev (23,4 %), 4_Prot (12,8 %), 5_Rev (14,9 %), Mef_1 (6,4 %), Mef_2 (12,8 %) i RM (21,3 %) en N=47. Competencialment i usant els indicadors d'assoliment en les destreses de presentar i identificar el problema del repte, fer previsió dels punts forts i dèbils d'un dels prototips plantejats, en revisar la planificació per començar la construcció del prototip, mencionar el concepte clau prototip, en la revisió del propi, propostes de noves solucions i millores, mencionar les fases del procés de disseny, la seva menció explícita i finalment la resolució matemàtica del cas.

Pel que fa a l'anàlisi les diferències específiques entre grup control i grup experimental (Determinat metodològicament per a que en la proposta de reptes d'enginyeria rebin una formació explícita prèvia, sobre el procés de disseny que realitzarà l'alumnat) Trobem que els resultats dels casos pràctics revelen la següent *Figura 7*.

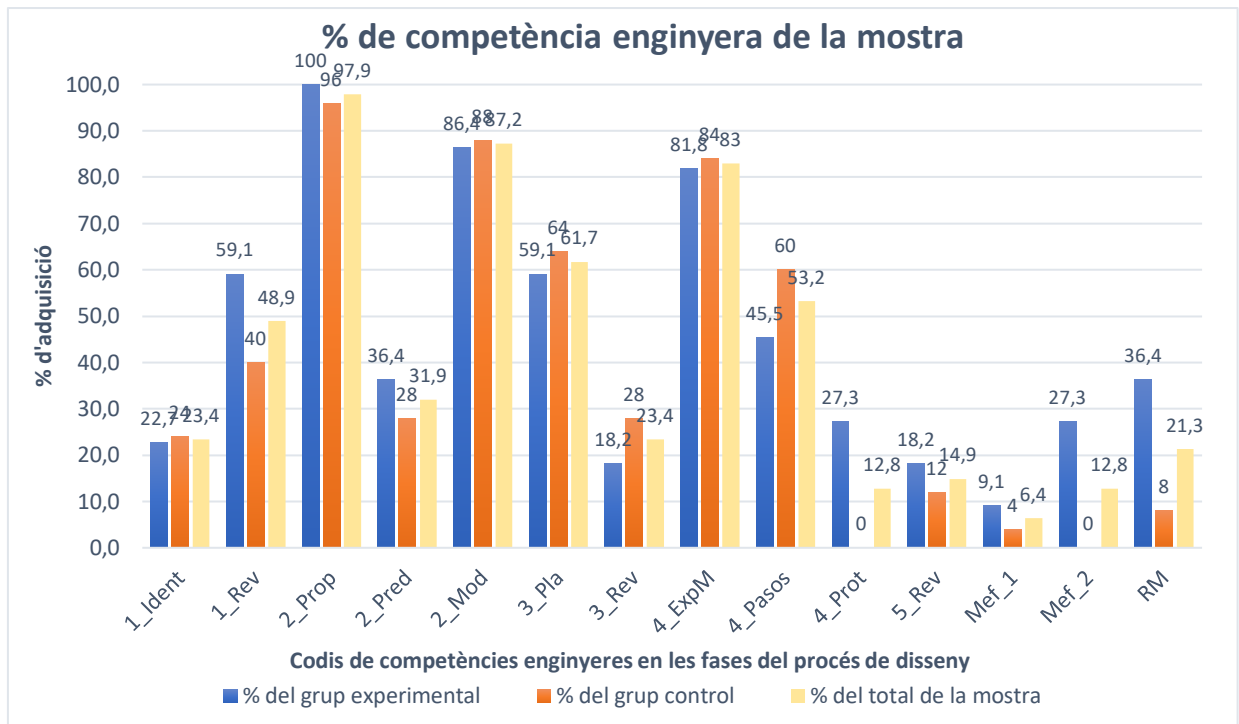


Figura 7: Gràfic de barres amb la competència enginyera de la mostra en %, el grup control i experimental. Font: Autor.

S'extrapola d'aquesta *Figura 7* que no hi ha diferències clares i observables entre els grups experimental i control en l'adquisició de destreses i indicadors. Hi ha indicadors amb dades quantificades que son molt semblants i amb poca diferència de i % d'adquisició en àmbits d'adquisició de destreses enginyeres entre els grups d'estudi. Trobem que hi ha menys del 15% de diferència entre 9 de les 14 destreses escollides en l'estudi.

Analitzant els resultats més específicament, s'observa una major revisió de l'objectiu i limitacions per part de l'experimental de gairebé un 20% entre grups, un 27,3 % de diferència en la menció de fases del procés de disseny i en la menció de la paraula prototip amb el mateix percentatge. Però el grup control té una diferència major en l'adquisició de competència enginyera a l'hora d'explicar les passes a donar i en la construcció d'un prototip, de gairebé un 16 % de diferència. Això ens fa veure com les dinàmiques d'explicació del procés han pogut intervenir en aquests resultats.

En el procés de resolució del cas pràctic el grup experimental mostra tendències per solucionar el repte mitjançant matemàtiques. Aquest grup ha demostrat un 36,4% d'ús de conceptes matemàtics en la proposta de resolució del cas. És una evidència i resultat del treball de les STEM integrat, en el procés de disseny d'enginyeria, com ens mostra la recerca bibliogràfica (Nadelson & Seifert, 2017), (Ehsan et al., 2023) que observa que el treball amb metodologies STEM

incorporades i els resultats de la competència del alumnat, varien àmpliament i s'integren en les altres disciplines de ciència, tecnologia i matemàtiques i aquesta evidència es mostra en els nostres resultats.

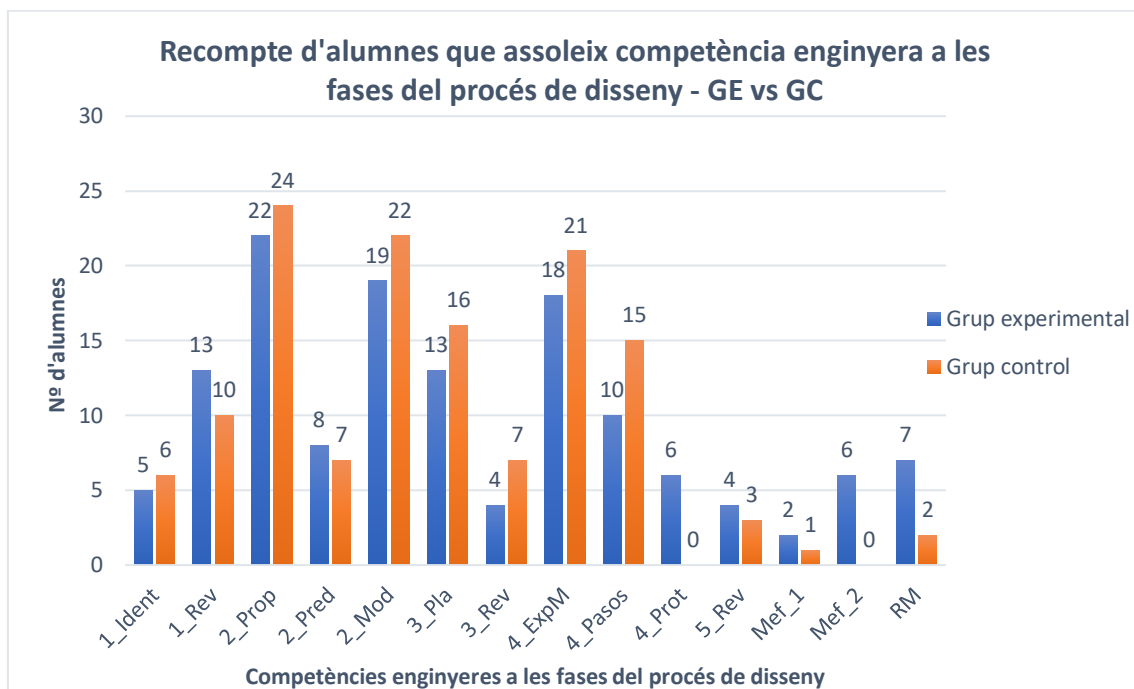


Figura 8 – Gràfic de barres del nº d'alumnes que assoleixen destreses enginyeres, grup experimental i control. Font: Autor

Aportem un gràfic descriptiu que ens permet analitzar com l'objectiu 1.3 es respon en l'alumnat de N=47. Conté el recompte de nº d'alumnes que han adquirit competències enginyeres dels grups definits per a aquest estudi que hem tractat amb anterioritat, amb un d'aquests el grup experimental rebia una instrucció explícita de que com és el procés de disseny d'enginyeria i aquests en son els resultats.

En la interpretació quantitativa de la *Figura 8*, i la *Taula 8*, de forma generalitzada, els dos grups no mostren diferències significatives després d'un contrast de la *t d'Student* per determinar-ne les diferències estadístiques mitjançant l'eina JASP. Observem com la *p* és major a 0,05 en 13 dels 14 ítems i indicadors de competència enginyera, menys en RM (resolució matemàtica en el cas pràctic) amb una *p* de 0.02, mostrant per tant diferència significativa entre el grup experimental i control en aquest indicador de mètode de resolució del cas.

Taula 8: Contrast de la *T d'Student* en els indicadors de destreses enginyeres, entre el grup experimental i control.

Contraste T para Muestras Independientes

	t	gl	p
1_Ident	0.10	45	0.92
1_Rev	-1.30	45	0.20
2_Prop	NaN ^a		
2_Pred	-0.60	45	0.55
2_Mod	-0.26	44	0.79
3_Pla	0.34	45	0.74
3_Rev	0.78	45	0.44
4_ExpM	0.19	45	0.85
4_Pasos	0.99	45	0.33
4_Prot	NaN ^b		
5_Rev	-0.58	45	0.56
Mef_1	-1.06	45	0.29
Mef_2	-1.06	45	0.29
RM	-2.47	45	0.02 ^c

Nota. Contraste t de Student.

^a La varianza en 2_Prop es igual a 0 después de agrupar en Grups Exp i Contr

^b La varianza en 4_Prot es igual a 0 después de agrupar en Grups Exp i Contr

^c El contraste de Brown-Forsythe es significativo ($p < .05$), sugiriendo el incumplimiento del supuesto de igualdad de varianzas

Tot i això apreciem resultats convincents en el recompte d'alumnes del grup experimental que ha demostrat i escrit les fases del procés de disseny, la menció de la paraula prototip, cosa és degut a una explicació i formació prèvia sobre que és el procés de disseny.

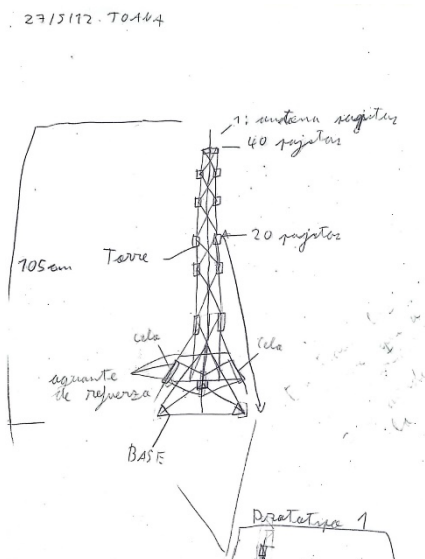
- El grup experimental mostra un increment del % de la mostra que menciona la paraula prototip, és molt major que al grup control. Aquesta explicitació de què i com s'organitza el procés iteratiu de disseny d'enginyera, mostra que en aquest grup si que hi influeix, amb un 27,3% de diferència entre el que no ha rebut cap tipus de mètode expositiu. Es mostren diferències notables en la menció de fases de la paraula prototip, en les de les fases del procés i la resolució matemàtica: 4_Prot, Mef_2, RM
- El grup control, sense cap tipus d'explicació de com és el procés de disseny d'enginyeria, demostra adquirir millor les destreses en l'aportació de diversos models de prototips, la planificació d'aquests, la revisió de la planificació, 2_Mod, 3_Pla, 3_Rev, 4_ExpM, 4_Pasos, tot i això amb una diferència inferior al 15 %. Aquests resultats en l'adquisició de destreses entre els dos grups triats, mostren una diferenciació poc notòria entre ells en els indicadors de destresa enginyera descrits anteriorment.

Analisi qualitatiu dels casos pràctics

En la interpretació del resultats qualitatius del cas pràctic mesuram el nivell d'assoliment de l'objectiu específic 1.1: Avaluar l'evolució de l'alumnat de 6è en les competències i habilitats inherents al disseny d'enginyeria.

Lemons et al., 2010 afirma que tot procés de resolució d'enginyeria està basat en el disseny, però els nostres resultats mostren que no hi ha una única forma metòdica i única en el procés de disseny d'enginyeria i resolució d'un repte, no observem una única resposta model o forma d'arribar-hi. Evidenciem que en el grup experimental, que vam treballar i explicar les diverses fases del procés de disseny, d'una manera expositiva, 7 dels 22 alumnes, han aportat una resolució matemàtica del repte, i un procediment matemàtic i alhora amb el procés de disseny d'enginyeria.

L'anàlisi de resultats dels casos, mostra diverses maneres i mètodes de descompondre, resoldre i treballar un repte basat en el procés de disseny d'enginyeria. Analitzarem diversos casos pràctics amb una perspectiva qualitativa com la de l'article d'Aydin & Işıksal-Bostan, (2023) on analitzen les produccions de l'alumnat i dels seus prototips, amb aquesta vesant. L'extracció de resultats n'és la següent, amb criteris de la *Taula 4* codificada i tots els noms utilitzats són ficticis i com a codis per respectar l'anonimat de l'alumnat:



Analitzarem a Joana (Fictici) – 27/5/12, com a exemple, dibuixa la solució al problema, detallant el nombre de palletes: 40 *pajitas* i el material que farà servir, menciona el prototip, l'altura de la torre 105 cm, però no menciona les fases del procés de disseny o un procés de millora. Aporta una solució al repte amb un únic prototip, sense valorar diverses possibilitats. També nomena el següent que determina que aporta certa millora al prototip: *Aguante de refuerzo*

Figura 9 – Càs pràctic Joana – 27/5/12 Font: Autor

5-5-2012 Marc
 Per fer la base el primer es calcula que la base és un
 radi 9 cm de radi $\pi r = 1$
 en esta circumferència el radi de π quadruplicat és:
 3×14
 $C_{\text{cm}} = R^2 \times \pi = 9^2 \times 3.14 = 9^2 \times 3.14 = 254.55$
 $3.14 \times 9^2 = 254.55$ Radi 9 cm cada rajola té un 0.5 cm de
 ample $3.14 \times 10.5 = 6.28$ redondejat 6 centímetres.
 per fer la base el radi de $2 \times 2 = 4$ cm
 bloque de altura, cada bloque de 4 mide 15 cm
 no sabem 44 rajoles ni cada bloque de rajola
 mide 15 cm de altura i que 4 rajoles
 hacen 44 $14 = 11$ tendríamos 112
 bloques ahora multiplicamos $11 \times 15 = 165$
 la torre medirá 165 centímetros más el
 15 centímetros de la base son $165 + 15 = 180$
 el final en total medirá 180 centímetros.
 ni más 6.28 cm que
 6 centímetros de cinta por la base que el
 bloque que son 11 tendríamos 11 cm block
 porque la area de cada block es $0.5 \times 2 =$
 1×1 area del block = 1 cm de cinta
 por block y son $4 \times 11 = 55$ cm de cinta
 por el block y por la cinta de la base
 que $6.28 + 55 = 61.28$ cm de cinta.

En aquest en Marc (Fictici) 5-5-2012, realitza un procediment matemàtic realment complex. Alhora trobem la menció de la paraula prototip, i aquest ús de les matemàtiques per portar a terme la resolució del repte i que ens evidencia el treball multifactorial de les STEM amb l'enginyeria. Aporta la formula d'una circumferència, 4 cm en el bloque de altura, multiplicaremos... i la torre medirà 165 cm, 4 x 11 blocs = 55 cm de cinta que necessitarem... Fa prevaldre l'ús de les matemàtiques que siguin necessàries per saber seleccionar i confeccionar el seu prototip. És un resultat clau del treball de les STEM integrades.

Figura 10 – Càs pràctic Marc 5-5-2012. Font: Autor

En aquest cas pràctic de Sergio - 12/04/11 veiem un mètode de resolució del cas basat en el procés

Supòsit pràctic, per avaluar l'impacte dels reptes en l'adquisició del procés de disseny d'enginyeria en l'humà.

Imagina que ets membre d'un equip d'enginyers i enginyeres. Us han demanat construir la torre més alta possible per a la vostra ciutat. Però abans de construir el gratacel, hem de proposar un disseny.

Tens uns materials concrets:

- 50 palletes de refresc
- 1 m de celo.

Restriccions:

- La vostra torre i el seu prototip han d'aguantar-se per ella mateixa al terra.
- El celo no es pot usar com a "cola".
- Les palletes no poden ser tallades. Si que es poden doblegar o encaixar-les una dins de l'altra.

Com ho faries? Detalla i explica els passos i les fases que duries a terme en la seva construcció i disseny del prototip. Pots ajudar-te de dibuixos i un esbós de la torre.

Primer de tot... cogeria las pajitas y las juntaria
 como en (1) despues, iria arribando despues
 iguales como al (2) despues las
 juntaria todas con cuatro cintas
 de cinta largas. Y para el
 final (es decir la punta de arriba
 la iria juntando pajitas mirando
 hacia arriba, como al (3) le
 pondria cinta, como al (4) y por
 ultimo, para que se aguarde en
 el que le pondria cinta como
 al (4).

Dibuixos, prototips

de disseny d'enginyeria. Per contra, no trobem una menció explícita de cada una de les fases, però si que l'autor o autora mostra què és allò competencial de cada una de les fases: *haría muchos diseños..., y por último para que se aguarde en el suelo*. També s'ajuda de petits dissenys amb el que redacta i va comparant: *las juntaria como en la (1)*. És un relat de com es portaria a terme la creació d'aquest prototip. Tot aquest relat conté l'explicació de la planificació *juntando pajitas que miren para arriba como en el (3)*, uns esborranys dels passos que farà, la revisió d'aquesta planificació i un resultat o prototip final.

Figura 11 – Càs pràctic, Sergio - 12/04/11. Font: Autor

1-2012 Ana

Ana (Fictici) 1-12-2012, aporta una resolució del supòsit amb nocions de matemàtiques i d'enginyeria *una base quadrada de dos palletes doblegades de 3x3, amb celo de 15cm cada tros, un quadrat de 2x2 palletes intercalat*. Aporta una millora del prototip: *he millorat el prototip i sent de les úniques amb un grau d'adquisició de totes les competències i destreses remarcables en el nostre estudi adaptades (Ehsan et al., 2023). Parla dels materials: quantitats de celo i palletes, de limitacions doblegant palletes, com farà la base de la torre*. Això ens dona peu a que en aquesta mostra la resolució mixta de matemàtiques i enginyeria, treballa les STEM de manera interdisciplinària i sense cap tipus de condicionament a l'alumne. 9 alumnes de la mostra de 47 totals, han realitzat aquest mètode mixt.

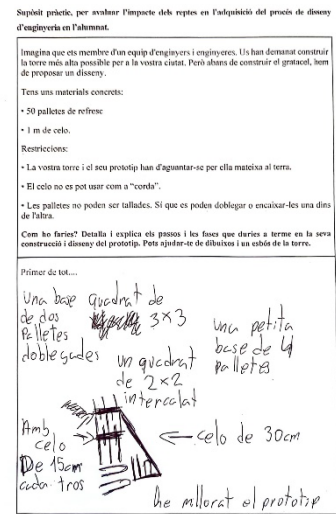
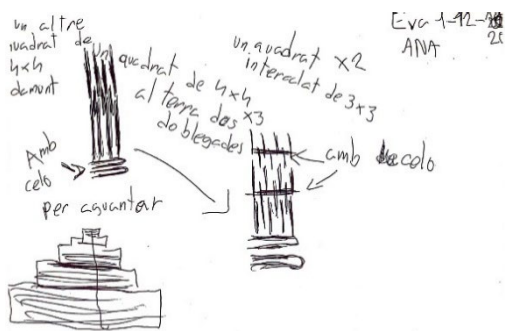


Figura 12 i 13 – Càps pràctic, Ana 1-12-2012 Font: Autor



En la proposta de millora, aporta una punts fort al prototip inicial. Canvia les dimensions dels diversos quadrats que va formant per la torre: *un quadrat intercalat de 3x3, millora la base un altre quadrat damunt de 4x4, amb una planificació de la construcció del nou prototip i revisió d'aquesta, és poc realista però la proposta de resolució de*

problemes mostra destreses enginyeres reals inherents en el procés com: 1_ Ident, 1_ Rev 2_ Prop, 2_ Pred, 2_ Mod, 3_ Pla, 4_ Pasos. En canvi no llista ni quantifica els materials que utilitzarà en aquest nova planificació del prototip per això al 4_ ExpM no ha assolit aquest indicador.

En Raul (Fictici) – 26/08/12 determina una resolució de problemes amb el procés de disseny d'enginyeria i les seves fases: *plantejar o explorar, imaginar, dibuixar-ho, construir, millorar*. Realment, determina i integra la iteració i el cicle de disseny, aquests ens son els indicadors: La nomenclatura de les fases però té alguna diferència, però s'observa que s'ha de fer i com en el procés de disseny, en cada una d'elles: *veure que he de fer, crear idees de com fer-ho, dibuixar-ho x 42 (planificació), construir, millorar si no ha funcionat, referint-se al prototip dissenya*. Al cap i la fi,

: 260812 Raul

Suplèit pràctic, per avaluar l'impacte dels reptes en l'adquisició del procés de disseny d'enginyeria en l'alumnat.

Imagina que ets membre d'un equip d'enginyers i enginyeres. Us han demanat construir la torre més alta possible per a la vostra ciutat. Però abans de construir el gratacel, hem de proposar un disseny.

Tens uns materials concrets:

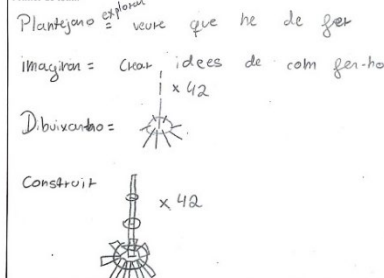
- 50 palletes de refresc
- 1 m de celo.

Restriccions:

- La vostra torre i el seu prototip han d'aguantar-se per ella mateixa al terra.
- El celo no es pot usar com a "corda".
- Les palletes no poden ser tallades. Sí que es poden doblegar o encaixar-les una dins de l'altra.

Com ho faries? Detalla i explica els passos i les fases que duries a terme en la seva construcció i disseny del prototip. Pots ajudar-te de dibuixos i un esbós de la torre.

Primer de tot...



Millora: millora s. no ha funcionat

entén que hi ha un procés iteratiu per resoldre-ho amb l'enginyeria. De tota la mostra de 47 observem que 3 d'ells ho han resolt amb aquest mètode i nomenant les diverses fases per explicitant que es fa a cada fase. Comparant-ho amb Joana – 27/5/12, en Raul aplica els noms i què s'ha de fer, com hem evidenciat, d'una manera més teòrica del coneixement del procés. En canvi Joana – 27/5/12, en canvi, ho fa gràficament i estructurant el procés sense mencionar-lo, sabent ha de fer, exemples contraris però que ens van veure com els resultats de la resolució de casos pràctics varia amb el propi procés de disseny.

Figura 14 – Cas pràctic, Raul – 26/08/12 Font: Autor

- Anàlisi de resultats del qüestionari d'autoeficàcia :

Amb aquest qüestionari mesurem el nivell d'assoliment de l'objectiu específic 1.2: títol de l'objectiu.

En aquest apartat dels resultats, analitzarem l'autoeficàcia en el procés de disseny i les actituds i valors dels estudiants, gràcies al qüestionari administrat abans i després de la proposta dels reptes basats en enginyeria. El Factor I: Autoeficàcia en la competència enginyera en el procés de disseny (CE) mostra una evolució positiva després de la realització de les sessions i reptes. El factor II-(VAM): Actituds i valors en vers l'enginyeria i el procés de disseny trobem diferències significatives però sense grans contrast diferenciació de mitjanes. Ho detallem seguidament.

Taula 9 - Resultats qüestionaris previs i posteriors: alfa de Cronbach's, % de resposta actitudinal de l'escala de Likert, sumatoris i mitjanes de cada ítem.

Fiabilitat total de cada pregunta Cronbach's α	% de resposta actitudinal en el pre-qüestionari				% de resposta actitudinal en el post-qüestionari				Sumatori de cada ítem		Mitjana de cada pregunta		
	Molt en desacord	Desacord	D'acord	Molt d'acord	Molt en desacord	Desacord	D'acord	Molt d'acord	PRE	POST	PRE	POST	TOTAL MOSTRA
0.796	30	32	36	2	2,17	6,52	54,35	36,96	105	150	2,10	3,26	2,66
0.794	30	48	22	0.000	2,17	2,17	43,48	52,17	96	159	1,92	3,46	2,66

0.796	14	58	28	0.000	2,17	21,74	58,70	17,39	107	134	2,14	2,91	2,51
0.792	32	36	26	6	0.000	10,87	47,83	41,30	103	152	2,06	3,30	2,66
0.808	30	54	16	0.000	10,87	39,13	23,91	26,09	93	122	1,86	2,65	2,24
0.792	26	56	18	0.000	2,17	17,39	45,65	34,78	96	144	1,92	3,13	2,50
0.811	24	54	22	0.000	21,74	19,57	36,96	21,74	99	119	1,98	2,59	2,27
0.796	28	50	20	2	65,22	15,22	43,48	34,78	98	141	1,96	3,07	2,49
0.792	22	52	24	2	43,48	13,04	43,48	39,13	99	146	2,02	3,17	2,58
0.815	4	28	28	40	21,74	4,35	39,13	54,35	152	159	3,04	3,46	3,24
0.847	16	10	24	50	26,09	23,91	17,39	32,61	154	118	2,32	2,57	2,83
0.806	26	26	38	10	4,35	28,26	47,83	19,57	116	130	2,86	2,83	2,56
0.809	6	24	48	22	4,35	13,04	32,61	50,00	143	151	3,28	3,28	3,06
0.807	18	20	42	20	2,17	6,52	58,70	32,61	132	148	2,64	3,22	2,92
0.806	10	28	50	12	2,17	13,04	58,70	26,09	132	142	3,22	3,09	2,85
0.801	16	26	38	20	4,35	15,22	39,13	39,13	131	142	2,64	3,16	2,87
0.807	4	24	52	20	2,17	13,04	52,17	32,61	144	145	2,62	3,15	3,01
0.807	2	34	42	22	0.000	8,70	15,22	19,57	142	65	2,88	3,25	2,96
0.831	26	40	22	12	8,70	28,26	4,35	2,17	110	40	2,20	2,00	2,14

El primer pas en l'anàlisi de les dades que rebem del qüestionari de l'autoeficàcia i el disseny d'enginyeria, era obtenir-ne la seva fiabilitat mitjançant l' α de Cronbach's. Obtenim una fiabilitat del 0.82 sobre 1, total de qüestionari. Per tant hi ha una consistència interna forta entre les preguntes i les respostes dels participants, son fiables i els ítems basats en l'autoeficàcia i el procés de disseny, estan relacionats i es mesuren de manera coherent.

Un segon pas be definit per una analítica de resultats del qüestionari d'autoeficàcia i un tractament estadístic ANOVA unidireccional i T Student. L'ANOVA comprova i compara les puntuacions mitjanes de factors I i II en l'autoeficàcia i el procés de disseny d'enginyeria de l'alumnat. Utilitzem l'eina digital *JASP Team (2024). JASP (Version 0.18.3)[Computer software]* de tractament estadístic de dades i mostres dissenyat per la Universitat d'Amsterdam. Aquesta ANOVA determinarà diferències molt significatives ($p < 0,001$) significatives ($p 0,001$ i $0,05$) i no significants en ($p \geq 0,05$). Això ens permet entendre estadísticament les diferències entre els dos moments del qüestionari i la seva evolució. Observem una variació significativa en les respostes entre els pre-qüestionari i el post-qüestionari en 16 de les 19 preguntes del qüestionari. És remarcable les diferències significatives de les respostes en el factor CE (*Autoeficàcia en la competència enginyera en el procés disseny*), abans i després de la realització de les sessions de reptes, on les preguntes de la 1 a la 9 han tingut millores en la puntuació mitjana da cada un dels ítems del factor amb $p < 0,001$ (Vegeu Taula 12).

La millora en l'autoeficàcia de l'alumnat després de dur a terme les sessions de reptes es veu reflectida en què l'alumnat millora en la seva autopercepció per a identificar les limitacions i necessitats dels reptes, d'imaginar diversos models prototipats i construir-los, de planificar el disseny triat, analitzar i comprovar els resultats quan el prototip es posa a prova per tal de millorar-lo i, per últim, són conscients de la importància del treball en equip per a la resolució de reptes (Taula 12)

Respecte al segon factor analitzat al qüestionari, VAM (*Actituds i valors envers l'enginyeria i el procés de disseny*), també observem diferències significatives pre- i post-intervenció. En aquest cas la millora de l'actitud vers l'enginyeria i el seu procés de disseny es reflecteix en què l'alumnat mostra una millor percepció en la facilitat d'aprendre continguts STEM, augmenta el seu interès i curiositat sobre l'enginyeria, també creuen en què el disseny d'enginyeria pot tenir impacte en com s'aprèn (preguntes 11 a la 16, Taula 12).

Mostrem resultats concloents que entre el grup experimental i control no trobem diferències significatives en el qüestionari d'autoeficàcia i en els factors que intervenen en l'instrument. En l'anàlisi de resultats del qüestionari d'autoeficàcia mitjançant un tractament estadístic ANOVA, entre el grup experimental i control no hi ha diferències significatives ens els dos factors analitzats, amb una p major a 0,05. Aquesta n'és la evidència:

Taula 11: ANOVA dels moments dels qüestionaris, grup experimental i grup control, i entre els moments i els grups.

ANOVA

Casos	Suma dels quadrats	gl	Quadrat mig	F	p
Moment del qüestionari	54.48	1	54.48	114.10	< .001
Grup experimental i grup control	0.09	1	0.09	0.19	0.67
Moment del qüestionari * Grup experimental i grup control	1.10	1	1.10	2.31	0.13
Residuals	43.93	92	0.48		

Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Exemples de resultats remarcables en l'anàlisi ANOVA. l'ítem del qüestionari: *CE-2 - Em sento capaç d'imaginar de diverses maneres possibles, com construir el prototip amb les limitacions identificades*. Veiem una evolució realment significativa en la millora de l'autoeficàcia en aquest ítem, previ a fer els reptes i a posteriori. Com podem observar, hi ha una evolució creixent en el gràfic descriptiu de la mitja de puntuació de la CE-2 abans i després del reptes. Els resultats tenen un interval de 1,92 inicial de mitja fins a un 3,46 de mitjana de puntuacions en el qüestionari posterior.

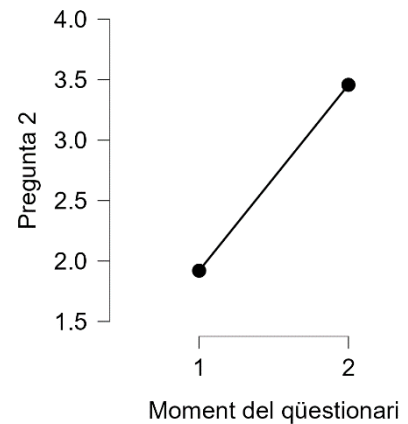


Figura 15 i Taula 11– Gràfic descriptiu i taula amb dades estadístiques ANOVA CE-2 Font: Autor

ANOVA - Pregunta 2

Cas	Suma de quadrats	gl	Quadrat mig	F	p
Moment del qüestionari	56.56	1	56.56	117.91	<.001
Residuals	45.09	94	0.48		

Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Aquesta taula ens permet verificar aquest resultat. El *gl* fa referència a que analitzem dos grups d'estudi, un grup de la mostra total en el previ dels reptes i un grup de mostra total a posteriori dels reptes, de manera específica. La variable *F* és un valor estadístic superior a u que indica diferències molt notables del moment previ i posterior.

Alhora el valor *p* ens demostra que aquestes dades son realment significatives i que les dades obtingudes no son fruit de l'atzar. Aquesta diferències **molt significatives** es mostren en les preguntes del qüestionari 1 a la 10, entre les dues mostres ($p < .001$), indicant que les mitjanes de les respostes entre les mostres són molt diferents. Diferències **significatives** de la pregunta 11 a 16 : ($p < 0.05$), suggerint que hi ha diferències estadísticament significatives entre les mostres. Valors descartats i **no significatius** ($p > .05$): en 17, 18 i 19.

Podríem dir el mateix d'aquesta evolució i millora d'autoeficàcia i diferència significativa en tots els ítems de CE i VAM menys en els apartats del Factor II, en l'ítem 17, 18, 19 que obtenen un valor de *p* igual o superior a 0.05 per tant no és significativa per l'estudi i la comparació. *Vegeu Taula 12 contrast de la T d'Student*

Taula 12 -Contrast T d'Student dels ítems i del grup independents previ-posterior. Font: Autor

Contrast T per a mostres independents

	t	gl	p
CE-1 Puc identificar les limitacions, problemes i necessitats dels reptes.	-7.27	94	< .001 ^a
CE-2 Em sento capaç d'imaginar de diverses maneres possibles, com construir el prototip amb les limitacions identificades.	-10.86	94	< .001 ^a
CE-3 Puc donar resposta a la necessitat concreta dels reptes.	-5.68	94	< .001 ^a
CE-4 Tinc la capacitat de seleccionar els materials i eines per construir un prototip eficaç.	-7.59	94	< .001 ^a
CE-5 No sóc capaç de planificar el disseny triat, tot controlant les variables involucrades en el repte.	-4.61	94	< .001 ^a
CE-6 Sé construir el prototip triat fent ús dels materials seleccionats en la fase de construcció.	-8.21	94	< .001 ^a
CE-7 No em vec capaç d'analitzar i comparar els resultats obtinguts amb el protip provat.	-3.35	94	1.18×10^{-3} ^a
CE-8 Crec que puc explicar quines causes i conseqüències hi ha en la construcció d'un prototip a un altre.	-6.62	94	< .001 ^a
CE-9 Puc millorar el prototip tenint en compte els resultats, la informació obtinguda i les variables clau.	-7.40	94	< .001 ^a
CE-10 El treball en equip és important per a resoldre els reptes.	-2.48	94	0.01 ^a
CE-11 El treball en equip no aporta res en el procés de disseny d'enginyeria.	2.17	94	0.03 ^a
VAM-1 És fàcil aprendre continguts relacionats amb ciència, tecnologia i enginyeria amb reptes.	-2.76	94	6.87×10^{-3} ^a
VAM-2 Sento interès i curiositat per aprendre més sobre l'enginyeria i el seu procés de disseny.	-2.44	94	0.02 ^a
VAM-3 L'enginyeria a l'escola m'ha ensenyat la importància de la tecnologia al meu entorn.	-3.29	94	1.41×10^{-3} ^a
VAM-4 Treballar amb el disseny en enginyeria, té impacte en com aprenem a les aules.	-2.86	94	5.29×10^{-3} ^a
VAM-5 Explicaria al meus amics, germans entre d'altres, algun fenòmen o variable après sobre enginyeria.	-2.82	94	5.94×10^{-3} ^a
VAM-6 Penso que tots i totes hauríem d'aprendre sobre l'enginyeria a l'escola.	-1.77	94	0.08
VAM-7 M'agrada participar en activitats d'enginyeria dins o fóra de l'aula.	-1.96	94	0.05 ^a
VAM-8 En un futur m'agradaria arribar a ser enginyer o enginyera.	0.83	94	0.41

Nota. Contrast t d'Student.

^a El contrast de Brown-Forsythe es significatiu ($p < .05$), mostra que no es complex una igualtat de variàncies en la mostra.

El quart pas és la realització i implementació de contrast de la T de Student dels ítems per analitzar-ne els resultats. Atès a que els canvis actitudinals en la obtenció d'autoeficàcia requereixen temps, hem implementat una comparativa més entre el moment inici i final d'aquestes dues condicions. Això ens permet acabar de obtenir rigorosament la significació i diferències entre factor I CE i II VAM del qüestionari.

Mostrem uns resultats quantificats: trobem que el 42,1% de les preguntes mostren diferències molt significatives entre les mostres i en el moment previ i posterior, amb valors ($p < 0,001$) en les preguntes del qüestionari de la 1 a la 9. A més a més se'ns mostra com el 47,4 % de

les preguntes tenen diferències significatives amb valors [p (0,001 i 0,05)] a les preguntes nº 7, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 18. Per últim, 10,5 % de les preguntes no mostren diferències significatives, amb valors ($p \geq 0,05$). Tot això ens indica un majoria d'ítems al qüestionari, un 89.5%, que tenen diferències estadísticament significatives entre com l'alumnat viu la sensació d'autoeficàcia i l'enginyeria al inici i com ho fa després de les sessions proposades. Trobem alhora que el 10.5% d'ítems del qüestionari no presenta diferències significatives.

Alhora en aquesta taula podem extreure com les t negatives indiquen que, la mitjana de les respostes del primer grup són menors que les del segon grup, per a les preguntes i ítems corresponents. Això és important per a interpretar les diferències significatives entre els grups de les variables en moments diferents mesurades en els qüestionaris. Les mitjanes resultants del qüestionari previ són inferiors a les mitjanes dels tots els ítems menys a *CE-11: El treball en equip no aporta res en el procés de disseny d'enginyeria*. En una visió i interpretació del factor II: VAM, en les mitjanes de puntuació obtingudes no observem diferències quantitativament tan grans les del factor I: CE.

Pel que fa a aquelles preguntes que determinen: *VAM-6 Penso que tots i totes hauríem d'aprendre sobre l'enginyeria a l'escola*, *VAM-7 M'agrada participar en activitats d'enginyeria dins o fora de l'aula*, *VAM-8 En un futur m'agradaria arribar a ser enginyer o enginyera*. Les diferències entre els dos moments son poc significatives i no les tindrem en compte en l'anàlisi de resultats.

Anàlisi dels resultats qualitius de l'instrument quaderns de reptes.

S'aprecien els resultats qualitius del quadern de reptes on mesurem com s'assoleix l'objectiu específic 1.1: Avaluar l'evolució de l'alumnat de 6è en les competències i habilitats inherents al disseny d'enginyeria.

Proposem una valoració objectiva de les produccions de l'alumant. Analitzem com el procés de disseny intervé i demostren indicadors en adquisició de destreses enginyeres mitjançant evidències de la selecció de materials per contruir un protip, diverses propostes i esborranys del prototipatge entre d'altres fases del procés de disseny. Així és que tenim un resultat general:

- En tots els quaderns de reptes, 10 de 10 equips d'enginyers i enginyeres en una mostra de $N=47$ dividits en grups de 5, la fase d'imaginar és la que més desenvolupen i apliquen les destreses i ho plasmen en els quaderns de reptes.



Figura 17 - Quadern de reptes, equip 6

Pel que fa al repte de la rampa, requereix molt temps de construcció i d'ús de materials, superior a 29 minuts cadascuna d'aquestes fases. Els resultats mostren que 2 dels 10 grups, no han treballat ni escrit a les fases de construcció, comprovació i millora, uns punts dèbils a tractar en la discussió. Observem resultats que corroboren l'objectiu i pregunta d'investigació: els reptes han tingut impacte i èxit en l'adquisició de la fase d'imaginar i les destreses implícites, ja que tots els grups han portat a terme models diversos de prototips, esborranys, materials i ús d'aquests en tots els quaderns de treball. Per contra la fase d'identificació baixa en comparació amb l'anterior repte, 3 de 10 grups, no ho

han demostrat en els quaderns.

➤ **Repte de la pilota voladora:**



Figura 18 - Quadern de reptes, equip 5

En aquest repte només dos equips dels deu, ha identificat el problema i què han d'aconseguir, minories de mostres semblants als altres reptes. Per contra, es segueixen evidenciant fases d'imaginació i de planificació, on la totalitat de la mostra ha treballat i ha adquirit satisfactòriament i així ho demostren en els quadernets. Les fases de construcció, revisió i millora tenim 3 de 10 equips que l'han treballat, punts a treballar i revisar i amb propostes de millora de perquè ha sigut així. A mesura que avançàvem en les sessions de reptes mostraven molt més interès per la part pràctica dels reptes que pel treball dels quadernets de reptes i es mostra en els resultats que hem

obtingut, ho discutirem a l'apartat de conclusions amb més profunditat.

Anàlisi de resultats qualitatius del joc de cartes per l'objectiu específic 1.3

- Una instrucció implícita, dinàmiques i didàctica inicials, prèvies al repte milloren l'adquisició de coneixement sobre el procés de disseny d'enginyeria?

Troblem resultats en què en el joc de cartes, *vegeu Annex a joc de cartes del procés de disseny d'enginyeria*. si que hi ha diferències notables en l'ordre i l'adquisició del procés com a cíclic i iteratiu, de gran rellevància segons (Hohner et al., 2020). Aquestes diferències hi són evidenciades. S'observa significativament en com el grup que s'explica realment el procés de disseny posen l'ordre correcte. En el grup experimental, abans de començar els reptes basats en el procés, dedicàvem uns quinze minuts a parlar i explicar el procés de disseny d'enginyeria i així ho van demostrar amb la dinàmica de les cartes:

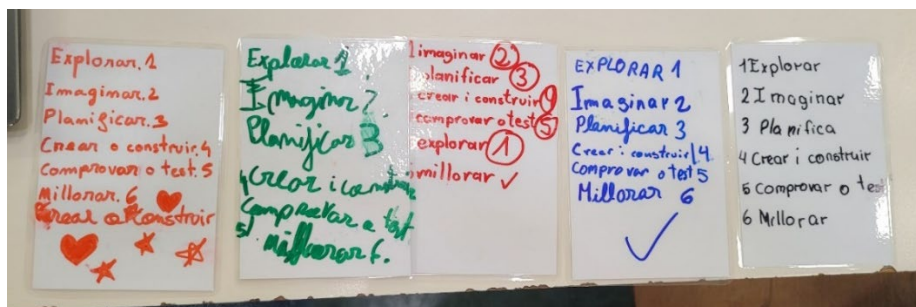


Figura 19 – Joc de cartes del procés de disseny, grup experimental. Font: Autor

D'aquesta mostra podem observar diversos resultats: dels 5 equips d'enginyers i enginyeres, 4 d'ells han encertat en primera instància l'ordre i importància del procés de disseny d'enginyeria. Observem com té certa importància les dinàmiques inicials i explicació del mètode del procés de disseny d'enginyeria en la mostra. Aquests quinze minuts previs en les sessions tenen incidència i ho evidencien en aquesta dinàmica.

Per altra banda analitzarem els resultats del joc de cartes del grup on no han rebut cap input sobre què és el procés de disseny d'enginyeria de manera més expositiva del contingut. Aquests en són els resultats:

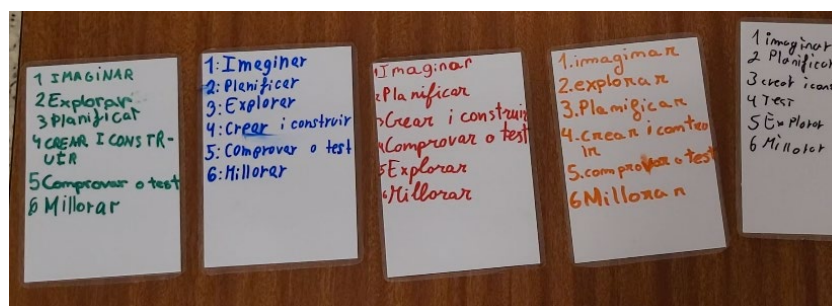


Figura 20 – Joc de cartes del procés de disseny, grup control. Font: Autor

Podem extreure la següent informació rellevant: Saben quines fases hi ha perquè mitjançant el joc de cartes, ja menciona les fases que són i que desenvolupar en elles. També en els reptes és

inherent que les coneguin, ja que les treballen als quadernets i la creació de prototips. El que no han evidenciat, per contra cap dels equips, és l'ordre iteratiu i consecució de les fases de manera adient. Tots ells han posat la primera fase d'imaginar, la fase que més evidències hem obtingut en l'adquisició de destreses. La fase d'explorar, va adquirint diversos ordres en els diversos grups. Com a resultat, explicar el procés i les dinàmiques més expositives, prèvies als reptes durant les sessions, poden intervenir en la mostra positivament per fer adquirir l'ordre de les fases del procés de disseny.

3.5 CONCLUSIONS

Aquest apartat del treball de fi de grau, presenta la discussió de resultats i conclusions d'una proposta d'aproximació i millora en el marc del treball de competència enginyeria i autoeficàcia a l'Educació Primària. Aportem diversos aspectes rellevants i variables que influencien directament en aquest estudi i en la proposta didàctica del reptes basats en el procés de disseny. La intervenció d'aquest estudi mostra i analitza com l'aplicació de reptes basats en la disciplina enginyera, involucra a nens i nenes d'educació primària en l'adquisició de competències i destreses del procés de disseny d'enginyeria i la seva sensació d'autoeficàcia, i s'ha portat a terme de manera satisfactòria complint amb el nostre objectiu general.

La revisió de la literatura científica aportada en aquest treball ens ha determinat evidències suficients per a dir que la pràctica i disseny d'enginyeria s'ha de promoure, ensenyar i aprendre a una edat primerenca i durant l'etapa de Primària. Aprendre de manera interdisciplinària les STEM i la E d'*Engineering* i l'ús de reptes basats en el procés de disseny d'enginyeria a l'aula de Primària aporta múltiples beneficis pel seu desenvolupament social, cognitiu, comunicatiu, didàctic i d'adquisició de competència científica. (Cunningham & Kelly, 2017).

En el nostre estudi volem entendre com la competència enginyera s'adquireix amb un enfocament basat en el disseny i per desenvolupar el procés de disseny de manera iterativa en la solució de diversos reptes on s'executen diverses destreses i habilitats enginyeres en la seva resolució.

Les troballes derivades del present treball corresponen a:

-Intervenir i dissenyar aquesta proposta d'investigació ha permès analitzar i obtenir evidències clares de les destreses enginyeres i l'autoeficàcia del alumant estudiat de 6è de Primària. Alhora aquest estudi intervé en obtenir resultats favorables en l'adquisició de competències enginyeres i autoeficàcia, mitjançant els reptes basats en el

disseny d'enginyeria, supòsits pràctics i quaderns de reptes. És l'alumnat que demostra en aquests instruments i després de l'execució dels reptes, que revisa dels objectius i limitacions del repte, proposa solucions amb un prototip, elabora diversos models de prototip i explica aquests, comparteix com planificar la solució al repte, especifica i selecciona els materials del repte i per últim parla sobre quins passos seguiran en la construcció del prototip. Tot això amb una evolució positiva i significativa en la percepció de la seva pròpia capacitat per afrontar el procés de disseny d'enginyeria com demostrava Carberry et al., (2010)

-L'efecte d'explicar i aportar un mètode expositiu del procés de disseny d'enginyeria en un grup i en un altre no, té beneficis. Millora l'adquisició de l'ordre i el nom de les fases del procés de disseny d'enginyeria. Així s'ha demostrat en el % d'adquisició d'aquests indicadors als casos pràctics i a la dinàmica del joc de cartes, on tots els equips grup experimental ha demostrat posar l'ordre del procés de manera adient.

Tret d'aquestes troballes del estudi, la temporalitat de l'estudi és un factor a millorar. Aquest treball només representa el resultat d'una intervenció didàctica distribuïda en 6 setmanes. Partim de tres sessions, amb tres reptes de dues hores, un total de 6 hores amb un grup, i per tant 12 h totals als dos grups de treball. Realment, no és una temporalitat suficient perquè s'observi que s'ha integrat totalment una metodologia multifactorial com és l'enginyeria en la mostra.

Encara queda molt per aprendre sobre el disseny d'enginyeria amb l'alumnat, àmbits acadèmics on intervenir, enfocaments didàctics i estudi de casos i mesura de resultats. Com a perspectiva de millora, plantejaríem un programa de temps més ampli, com podria ser un trimestre, o mitjançant una situació d'aprenentatge amb més durada i més sessions. Així doncs, hi hauria un rang més ampli de temps que permetria reconèixer aspectes de millora i d'aplicació de diverses propostes dissenyades per tal de treballar la competència enginyera del alumnat.

Finalment, podríem obtenir una avaluació contínua de com el procés de disseny incideix en les seves destreses enginyeres, en explorar, imaginar, planificar, construir, comprovar i millorar, les fases basades en Carberry et al., (2010) a l'hora d'afrontar reptes i problemàtiques basades en la enginyeria amb una temporalitat més longitudinal en el temps.

➤ ***Conclusions i aspectes de millora sobre l'objectiu general i específic 1.1***

En la conclusió de l'adquisició del objectiu general i específic d'aquest estudi, podem evidenciar que 6 destreses d'enginyeria de les 13 escollides, amb indicadors i criteris basats en recerca científica com les d' Ehsan et al., (2023), Carberry et al., (2010), Li et al., (2020). han mostrat resultats amb un grau d'adquisició suficients, i destacables per part del treball de l'alumnat en els casos pràctics i quaderns de reptes. En una temporalitat després d'aplicar reptes i intervencions didàctiques basades en el procés de disseny d'enginyeria, l'alumnat mostra uns índexs i evidències al paper, com la creació de múltiples models de prototips, amb esborranys i planificacions, revisions dels objectius i limitacions i llistant els passos a seguir en la construcció del prototipatge son les competències on l'alumnat ha demostrat més assoliment.

Seguint en aquest mateix punt, els resultats ens han permès detectar que la incorporació de reptes en la mostra i els objectius principals de l'estudi i el procés de disseny d'enginyeria intervenen amb un impacte substancial en les competències enginyeres de l'alumnat sotmès a investigació, però parcialment. En 7 destreses de 13 escollides no hi ha hagut suficient percentatge d'assoliment significatiu i obtenen valors inferiors al 32%, això ens demostra que és un procés multifactorial complex que necessita treball, temps i dedicació i amb limitacions amb l'estudi que hem portat a terme. Tot i això, una proposta de treball amb una bona implementació i aplicació, amb temps, recursos, formació del professorat i alumnat, pot esdevenir beneficiós en l'adquisició de competència enginyera i científica amb el treball STEM integrat com posa èmfasi Wan et al., (2023).

Per posar èmfasi en les evidències, s'ha demostrat en l'apartat de resultats i valoració dels casos pràctics, que els reptes basats en enginyeria han influït en destreses remarcables triades a partir d'articles basats en el procés de disseny i les destreses enginyeres inherents de (Eshan et.al., 2022) i (Li et.al.,2020). En gairebé un 46% de la mostra, amb més d'un 50% d'assoliment en cada un dels ítems o indicadors, ha adquirit destreses i competència enginyera com per exemple 2_Prop (97,9 %), 2_Mod (87,2 %), 4_ExpM (83 %). Això ens dona peu a que l'ús de reptes i l'aplicació d'aquests amb l'alumnat i el procés de disseny d'enginyeria intervé en certes habilitats que s'adquireixen gràcies a aquest com remarca la literatura científica d' Aydin & Işıksal-Bostan, (2023).

Tot i això, seria necessari establir un estudi amb una quantitat de mostra realment més gran, que arribés a més centres educatius, amb més variables de control i més amplitud de l'espectre d'estudi i una aportació d'estudi de coneixements previs sobre la enginyeria, per valorar-ne condicionants en la investigació.

➤ Com a proposta de millora en el disseny dels reptes i aplicació amb el treball dels quaderns de treball, trobem que gairebé tots els grups no exemplifiquen ni treballen la fase de construcció i millora als quaderns de reptes. Hem d'intervenir com a guies de les activitats. L'espai i temps que vam deixar per fer-ho, és molt inferior que el temps que dedicàvem a altres fases de procés de disseny en els reptes. Una limitació amb una part amb molta manipulació, però que també molt important i que ho evidencia Hohner et al., (2020) com els estudiants d'enginyeria pensen que és de les fases més importants juntament amb la d'imaginar. Han d'expressar com construeixen i el procés que segueixen, a l'hora de fer-ho perquè després pot permetre una gran millora amb el cicle i procés de disseny. És un error que ens permetrà millorar com estructurarem els reptes i activitats a l'aula.

Aquest factor de millora, ha influït molt en els resultats i tendència dels dos grups i mostra com observàvem a la *Figura 6* dels resultats, en què veiem una decaiguda de l'adquisició de destreses de millora i contingut progressiu sobre el procés de disseny, com el nom de les fases: 4_Prot (12,8 %), 5_Rev (14,9 %), Mef_1 (6,4 %), Mef_2 (12,8 %). No hem invertit suficient temps per a treballar aquests estadis del procés de disseny i és una millora per al nostre disseny de proposta d'intervenció amb els reptes.

D'altra banda, hi ha factors que no podem controlar i limitacions que intervenen en el treball com és si han treballat el procés de disseny d'enginyeria algun cop a la fase de l'Educació Primària, és a dir els coneixements previs que poden tenir sobre aquest. Si han realitzat de manera autodidàctica mitjançant diversos jocs o reptes d'enginyeria entre d'altres, això influiria molt en l'adquisició de destreses enginyeres i indicadors del nostre estudi metodològic i que no podem controlar.

➤ ***Conclusions i aspectes de millora en l'objectiu específic 1.2 en l'autoeficàcia.***

Per començar a intervenir en les conclusions sobre l'objectiu específic 1.2 del treball, els resultats indiquen que l'instrument desenvolupat, el qüestionari, té una bona consistència interna i és fiable amb una α de Cronbach's de 0.82 sobre 1. Aquesta dada

proporciona al estudi una confiança en la capacitat de mesura de l'autoeficàcia en les competències i procés de disseny d'enginyeria de l'instrument. No obstant això, és més prudent revisar individualment els ítems diversos i considerar proves addicionals per assegurar-ne la qualitat i la validesa.

Els usos potencials de l'instrument que valora d'autoeficàcia, mostra que hi ha una evolució i un canvi realment significatiu estadístic entre el principi i final de la proposta de sessions. Sobretot, en els ítems de CE1 al CE11, és a dir en el Factor I, on la diferència i significació p és de 0.001, mostrant que en els dos moments hi ha un canvi positiu i molt significatiu en la manera en què conceben el procés de disseny d'enginyeria. Els dos moments del qüestionari mostren diferència significativa en la capacitat i sensació major d'afrontar cada una de les fases del procés de disseny per solucionar un repte amb l'enginyeria de la mà.

L'indicador amb més millora en l'autoeficàcia de la mostra, és la fase d'imaginar possibles prototips per la construcció i fer una resolució al repte amb l'enginyeria. Aquest resultat es corrobora amb els altres instruments de recollida de dades, com en són el cas pràctic i els quaderns de reptes. En una comparativa entre l'autoeficàcia, les destreses d'enginyeria i els diversos instruments de recollida de dades, ens mostren que s'assoleixen molt satisfactòriament la fase d'imaginar possibles solucions mitjançant prototips. Això es mostra en els casos pràctics amb 97,9 i 87,2 respectivament en 2_Mod, 2_Prop. Alhora en els quaderns de reptes, la totalitat dels grups han treballat, dibuixat i creat possibles prototips per treballar els reptes. Alhora, l'autoeficàcia mostra una diferència de mitjana de gairebé d'11 punts al final dels reptes amb una gran significació de capacitat per proposar diverses solucions imaginant i mitjançant propostes de prototips diversos i alhora un majoria d'ítems al qüestionari significatius amb una millora entre el procés de disseny i l'autoeficàcia, d'un 89.5% de la mostra en l'inici i final d'aquesta proposta d'estudi.

Nyberg et al. (2022) mencionava que les expectatives que formen l'autoeficàcia de l'alumnat, juguen un paper de molta importància en el context escolar. I així ha sigut, com ens mostren els resultats anteriors. Amb això, observem que gràcies als reptes basats en enginyeria la nostra mostra ha determinat certa evolució positiva en la sensació de capacitat davant un problema o repte, mitjançant l'enginyeria.

Discutint l'aspecte de l'autoeficàcia que hauríem de portar a terme mitjançant sis aspectes essencials de (Bandura 1986; 1997, Carberry et al., 2010, Mamaril et al., 2016), que no tots s'han pogut portar a terme en aquest estudi. Un d'ells, però si que l'hem

tractat. És el nostre eix vertebrador del qüestionari i instrument de recollida de dades: *l'autoeficàcia de l'enginyeria referida a la creença d'un individu en la seva capacitat per participar en pràctiques i destreses del procés de disseny d'enginyeria*. Com a síntesi doncs, amb la recollida d'evidències a través d'un qüestionari. Determinem com perceben aquesta afirmació, abans i després les pràctiques referides, i obtenen uns resultats significatius de diferència positiva en els individus estudiats. Tanmateix, una amplitud i millora dels instruments, de quantitat de mostra i de temps d'evolució, es podria assolir una molt millor implementació en l'estudi de la correlació enginyeria i autoeficàcia adaptat a Primària.

Comprendre com l'autoeficàcia afecta en integrar les capacitats del procés de disseny dels estudiants d'Educació Primària pot facilitar el desenvolupament d'estratègies d'intervenció per a una millora de l'aprenentatge del alumnat Carberry et al., (2010) així ho corrobora i demostra.

- ***Conclusions en la implementació d'un procés experimental diferent en dos grups de la mostra mitjançant dinàmiques i explicacions del procés de disseny. Objectiu específic 1.3.***

Les relacions i diferències entre els grups experimental i control es troben a l'hora d'adquirir l'ordre i la menció de diverses fases del procés de disseny. Si s'explica el procés de disseny o no s'explica, té certa incidència en la forma que integren el nom i la seqüència de les fases del procés. Trobem que el grup d'alumnes experimental, va adquirir notablement bé l'ordre amb el joc de cartes, per contra, en el cas pràctic no ho ha pogut evidenciar de la mateixa manera però amb diferències reals amb el grup control, al que no se li ha explicat en què consisteix el procés de disseny d'enginyeria.

També cal recalcar la diferència de temps i setmanes en que es van portar a terme el joc de cartes i la resolució del cas pràctic, d'unes tres setmanes de diferència. Cosa que influeix en els resultats obtinguts.

Una conclusió plausible és que el grup experimental generalment va demostrar un compromís més complet amb el procés de disseny, en diversos criteris en comparació amb el grup control. Això ens permetria avaluar l'eficàcia de les intervencions experimentals en millorar l'adquisició de les fases i el procés com a tal. Ho podem evidenciar amb els resultats dels casos

pràctics amb un 27,3 % de diferència entre ells en la menció de fases del procés de disseny i en la menció de la paraula prototip amb el mateix percentatge.

El grup control, però, sense explicació del procés de disseny d'enginyeria, te majors percentatges de d'adquisició de les destreses en alguns dels aspectes fora de l'ordre o fases del procés de disseny. Tot i això però hi ha una igualtat d'adquisició de destreses i diferències poc evidencials comparativament amb els del grup experimental. Mostren 7 indicadors assolits de 14 del grup control i 7 indicadors assolits de 14 i tres alumnes de diferència de mostra que afecten a aquest resultat. Això ens mostra que ha igualtat d'adquisició de competències i destreses enginyeres entre els dos grups, però al experimental hi ha millora substancial els mencionar les fases del procés de disseny i prototip.

Hem de millorar l'ús i tractament de les dades, en el tractament dels resultats i mesura de les dades obtingudes. Una limitació del treball és que hi ha d'haver normalització i igualtat en el nombre d'individus de cada grup experimental i control, per fer una bona comparació en igualtat de condicions entre un i l'altre.

Alhora, el grup experimental ha integrat millor l'ordre del procés iteratiu de disseny d'enginyeria basat en Carberry et.al (2010), on 4 dels 5 grups han integrat la seqüència de les fases del propi disseny, evidenciat en la dinàmica del joc de cartes. En canvi, en el grup control cap dels 5 grups, va resoldre bé l'ordre del joc i les fases de procés de disseny, mostrant així que dinàmiques prèvies i certes explicacions es un factor d'influència en l'adquisició del ordre i les fases que hi ha en el procés de disseny.

➤ ***Conclusions sobre la E d'STEM integrat i els mètodes de resolució dels reptes***

Una conclusió del estudi com evidenciava Li, et.al., (2020) cito textualment, *la pràctica de les habilitats de disseny d'enginyeria pot servir com a catalitzador per integrar coneixements de les quatre disciplines de ciències STEM*. I així ha sigut en aquest estudi. S'ha observat que una disciplina de les STEM, a l'hora d'implementar casos pràctics de reptes basats en el procés de disseny, en el seu mètode de resolució, hi ha el treball integrat de les matemàtiques, es mostra en 1 de cada 5 alumnes de la mostra, en un 21,3 %.

Un dels factors que podem aportar és que la principal resolució de problemes que han viscut durant l'etapa de primària és a través de les matemàtiques. Això ha fet que apareguin diverses formes combinades de mètodes de resolució. L'aspecte més rellevant però, és que hi ha una unió entre l'ús del procés de disseny d'enginyeria i les matemàtiques, donant lloc a un procés de resolució mixt, que ens ha sorprès perquè 3 de cada 10 nens del grup experimental.

Un alt percentatge d'alumnes s'expressa amb més quantitat amb dibuixos i esbossos basats en el procés de disseny en la del prototip que amb redactat. Gairebé el 90% ho fa.

Una variable limitant a tenir en compte és que l'expressió escrita i la forma de plasmar el coneixement i el que saben en cas pràctic pot ser un condicionant per a l'anàlisi i obtenció de resultats mitjançant en l'instrument de supòsit pràctic. És una variable de control que tindrem en compte en propostes futures d'investigació, per seguir millorant la intervenció de la enginyeria en l'alumnat.

➤ ***Conclusions i aspectes generals arrel de l'estudi.***

També se'ns mostra com és un mètode molt inclusiu. Per exemple 26/8/12 – Gagi, 19/11/12 Daniela, 22/12/11 – Kivista, noms ficticis, entre d'altres, tenen diagnosticats trastorns d'aprenentatge, però han participat, treballat i intervingut de tu a tu i de forma remarcable en els casos pràctics, reptes, amb el grup d'enginyers i enginyeres, construint el prototip, agafant materials entre d'altres funcions amb tots i entre tots els companys.

La mostra és petita, i ve molt de determinada per factors i condicionants que interfereixen en l'estudi. Un exemple que interfereix és si hi ha algun familiar enginyer al seu entorn proper que doni coneixements i interessos previs als participants de l'estudi, com és el cas de 26/08/12 - Raul, que em va comentar que el seu pare era enginyer, per tant, en els qüestionaris previs i posteriors, ell vol ser-ho de gran i reconeix el valor de l'enginyeria amb molts indicadors aportat pel seu pare.

Com a síntesi, podem mostrar com l'aportació de reptes basats en el procés de disseny d'enginyeria, té validesa didàctica en l'adquisició de competència enginyera i autoeficàcia en la nostra mostra. És una proposta de treball STEM integrat que condueix a obtenir de forma qualitativa destreses com la capacitat d'imaginar possibles solucions a través d'un prototip o models creats, dibuixats o escrits, amb l'ús i selecció de materials,

amb una presa de decisió planificada de com es portarà a terme aquest prototipatge que solucioni el repte.

En última instància, ha aportat millores en la mostra en la sensació de tenir capacitat de treballar i autoeficàcia en el procés de disseny per solucionar un repte basat en l'enginyeria.

Per contra les fases i destreses de presentar i identificar el problema del repte, fer previsió dels punts forts i dèbils d'un dels prototips plantejats, revisió de la planificació per començar a intervenir en la construcció del prototip, la menció de la paraula i concepte prototip, la revisió del propi, les propostes de noves solucions i millores, la menció de les fases del procés de disseny i la seva menció explícita, no s'han assolit. Els tecnicismes, noms i menció del procés de disseny i les seves fases, queden més diluïts en el grup control.

4. **BIBLIOGRAFIA**

Ávila Cueva, M. (2024) *Retos de ingeniería en educación primaria: hacia una propuesta de evaluación*. [Treball de fi de grau]. Universidad Pública de Navarra

Aydin, F. İ. K., & Işıksal-Bostan, M. (2023). Engineering-based modelling experiences of elementary gifted students: an example of bridge construction. *Thinking Skills and Creativity*, 47, 101237. <https://doi.org/10.1016/j.tsc.2023.101237>

Bandura, A. (1986). *Social Foundations of Thought and Action: A Social Cognitive*

Bandura, A. (1997). *Self-Efficacy: The Exercise of Control*, New York, N.Y.:

Capobianco, B.M., Yu, J.H. & French, B.F. Effects of Engineering Design-Based Science on Elementary School Science Students' Engineering Identity Development across Gender and Grade. *Res Sci Educ* 45, 275–292 (2015). <https://doi-org.sabidi.urv.cat/10.1007/s11165-014-9422-1>

- Carberry, A. R., Lee, H. S., & Ohland, M. W. (2010). Measuring Engineering Design Self-Efficacy. *Journal of Engineering Education*, 99(1), 71-79. <https://doi.org/10.1002/j.2168-9830.2010.tb01043.x>
- Cunningham, C. M., & Kelly, G. J. (2017). Epistemic practices of Engineering for Education. *Science Education*, 101(3), 486-505. <https://doi.org/10.1002/sce.21271>
- Departament d'Educació. (2022). *DECRET 175/2022, de 27 de setembre, d'ordenació dels ensenyaments de l'educació bàsica*. <https://www.gencat.cat/dogc>
- Develaki, M. Comparing Crosscutting Practices in STEM Disciplines. *Sci & Educ* **29**, 949–979 (2020). <https://doi.org/10.1007/s11191-020-00147-1>
- Ehsan, H., Quintana-Cifuentes, J. P., Purzer, S., & Rehmat, A. P. (2023). Engineering Design and Children: A Systematic Literature Review. *International Journal of Education in Mathematics, Science and Technology*, 11(3), 775–803. <https://doi.org/10.46328/ijemst.2669>
- English, L. D., & Moore, T. J. (2018). Early Engineering learning. En *Early mathematics learning and development*. <https://doi.org/10.1007/978-981-10-8621-2>
- Estapa, A., & Tank, K. M. (2017). Supporting Integrated STEM in the elementary Classroom: a professional development approach centered on an engineering design challenge. *International Journal of STEM Education*, 4(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-017-0058-3>
- Hammack, R. (2016). Elementary teachers' perceptions of engineering, engineering design, and their abilities to teach Engineering: A Mixed Methods study. *PhDT*. <https://ui.adsabs.harvard.edu/abs/2016PhDT.....136H/abstract>
- Hammack, R., & Ivey, T. (2017). Examining Elementary Teachers' Engineering Self-Efficacy and Engineering Teacher Efficacy. *School Science and Mathematics*, 117(1-2), 52-62. <https://doi.org/10.1111/ssm.12205>

- Hohner, G., Daly, S. R., Wegner, J., Lee, M. K., & Goldstein, A. F. (2020). Becoming an Engineer: Assessing the Impact of a Short Workshop on Incoming Engineering Students' Understanding of Engineering Design. *American Society for Engineering Education*. <https://doi.org/10.18260/1-2--21010>
- Lemons, G., Carberry, A., Swan, C., Jarvin, L., & Rogers, C. (2010). The benefits of model building in teaching engineering design. *Design Studies*, 31(3), 288–309. <https://doi.org/10.1016/J.DESTUD.2010.02.001>
- Li, L., Chung-Hao C., Feng-Kuang C. (2020). Investigating how children learn and perceive engineering design knowledge through automotive design practices. *International Journal Of Engineering Education* pp.1480–1491,2020, Vol.36(No.5), pp.1480-1491. https://www.ijee.ie/latestissues/Vol36-5/07_ijee3970.pdf
- Lourdes, G. A. L. (2019). Estrategias participativas y metacognitivas en el logro de competencias científicas de estudiantes del nivel secundaria. <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/27163>
- Mamaril, N. A., Usher, E. L., Li, C. R., Economy, D. R., & Kennedy, M. S. (2016). Measuring Undergraduate Students' Engineering Self-Efficacy: A Validation Study. *Journal of Engineering Education*, 105(2), 366-395. <https://doi.org/10.1002/jee.20121>
- Nadelson, L. S., & Seifert, A. (2017). Integrated STEM defined: Contexts, challenges, and the future. *The Journal Of Educational Research*, 110(3), 221-223. <https://doi.org/10.1080/00220671.2017.1289775>
- Nyberg, K., Koerber, S., & Osterhaus, C. (2022). Self-effective scientific reasoning? Differences between elementary and secondary school students. *Frontline Learning Research*, 10(1), 25-45. <https://doi.org/10.14786/flr.v10i1.955>
- Santamaría-Domínguez, M., Jiménez-Vivas, A., & Gómez-Marcos, M. (2023). Competencia científica en educación primaria: diseño y validación de un instrumento. *Education in the Knowledge Society*, 24, e28111. <https://doi.org/10.14201/eks.28111>

- Theory, Englewood Cliffs, N.J.: Prentice-Hall. Van Haneghan, J. P., Pruet, S. A., Neal-Waltman, R., & Harlan, J. M. (2015). Teacher Beliefs about Motivating and Teaching Students to Carry out Engineering Design Challenges: Some Initial Data. *Journal Of Pre-College Engineering Education Research*, 5(2). <https://doi.org/10.7771/2157-9288.1097>
- W.H. Freeman and Company.
- Wan, Z. H., So, W. M. W., & Zhan, Y. (2023). Investigating the Effects of Design-Based STEM Learning on Primary Students' STEM Creativity and Epistemic Beliefs. *International Journal of Science and Mathematics Education*, 21, 87–108. <https://doi.org/10.1007/s10763-023-10370-1>
- Yeşilyurt, E., Deniz, H., & Kaya, E. (2021). Exploring sources of engineering teaching self-efficacy for pre-service elementary teachers. *International Journal Of STEM Education*, 8(1). <https://doi.org/10.1186/s40594-021-00299-8>
- Zimmerman, B. (1995). Self-efficacy and educational development. In A. Bandura (Ed.). *Self-efficacy in changing societies* (pp. 202-231). Cambridge University Press

5. ANNEXOS

Annex 1: Model del quadern de reptes

MI CUADERNO DE RETOS



NOMBRE: _____

CLASE: _____

RETO: SACA EL CANDADO DEL BOTE

EXPLORAR

Construye algo que nos ayude a sacar el candado del bote.
Cuidado! No vale darle la vuelta a la botella.
¿QUÉ TENGO QUE CONSEGUIR?

Dibuja

CONSTRUIR

Escribe o dibuja el proceso.

Arma/Arma

IMAGINAR

Dibuja

Arma/Arma

COMPROBAR

Escribe o dibuja las mejoras.

¿HA FUNCIONADO EL RETO?
 SI NO

PLANIFICAR

MATERIALES	¿CUÁNTOS?
Dibuja	

MEJORAR

Escribe o dibuja las mejoras.

¿HA FUNCIONADO EL RETO?
 SI NO

RETO: LA RAMPA

EXPLORAR

Construye una rampa con diversos ángulos y alturas, que permita que el vehículo llegue lo más lejos posible.
¿QUÉ TENGO QUE CONSEGUIR?

Dibuja

IMAGINAR

Dibuja

PLANIFICAR

MATERIALES	¿CUÁNTOS?
Dibuja	

RETO: LA RAMPA

CONSTRUIR

Escribe o dibuja el proceso.

Arma/Arma

COMPROBAR

Escribe o dibuja las mejoras.

¿HA FUNCIONADO EL RETO?
 SI NO

MEJORAR

Escribe o dibuja las mejoras.

¿HA FUNCIONADO EL RETO?
 SI NO

RETO: PELOTA VOLADORA

CONSTRUIR

Escribe o dibuja al proceso " RESULTADO I MUESTRA DEL FUNCIONAMIENTO, EVIDENCIA DE QUE ESO FUNCIONA"

Arma/Arma

COMPROBAR

Escribe o dibuja las mejoras.

¿HA FUNCIONADO EL RETO?
 SI NO

MEJORAR

Escribe o dibuja las mejoras.

¿HA FUNCIONADO EL RETO?
 SI NO

RETO: PELOTA VOLADORA

EXPLORAR

Inventa una manera de lanzar una pelota de ping-pong lo más lejos posible.
¿QUÉ TENGO QUE CONSEGUIR?

Dibuja

IMAGINAR

Dibuja

PLANIFICAR

MATERIALES	¿CUÁNTOS?
Dibuja	

FASES DE NUESTROS RETOS



El proceso de diseño en ingeniería

EL PROCESO DE DISEÑO EN INGENIERÍA



1. **EXPLORAR**
 - ¿Cuál problema tenemos?
 - ¿Qué restricciones tenemos?
2. **IMAGINAR**
 - Lluvia de ideas.
 - Todas ellas son buenas, se deben tratar con respeto.
 - ¿Cómo crees que sería mejor?
3. **PLANIFICAR**
 - Dibujar y decidir con el grupo la idea que creas.
 - mejor. Revisar los materiales necesarios.
4. **CONSTRUIR**
 - Poner a prueba el plan.
5. **MEJORAR**
 - Decidir qué se podría mejorar.
 - Repetir los pasos 1-3 para hacer los cambios.

Annex 2: Programació sessió amb descripció dels reptes.

1. Repte Pilota Voladora - Cicle Superior

- 62 -

Descripció general repte:

El repte és que no sols hi ha una manera de llançar una pilota, cal trobar les diverses formes, alternatives, trobar i dissenyar una millor forma per a llançar la pilota de ping-pong el més alta possible i quines circumstàncies envolten a aquest fet. Per a això pots usar i hi ha unes limitacions que són l'ús d'uns llistons de fusta, un tros de fusta i cinta adhesiva. És important mostrar les limitacions i els recursos que disposen per a un bon repte.

Aquí volem detallar que és de molta rellevància, associar el repte a un amb tu o factor limitant, per a això devem: preguntar, que arribin a una conclusió, poder afegir que propietat que regeix aquest repte, que factor, l'element clau, hi ha un "truc" o condició que fa que surti millor, com a disseny el prototip perquè funcioni amb el que tinc al cap i aquestes "idees boges" que sorgeixen i que són de gran valor. Per exemple: la fricció, el pes, la força que se li aplica, la velocitat, elasticitat...

- Activitat inspirada en: <https://pbskids.org/designsquad/video/pop-fly-challenge/>

Contextualització del repte, associat a un contingut:

Podem partir del mateix context anteriorment fixat per a Cicle Mitjà, afegint una certa complexitat més. Ens trobem en l'Edat mitjana, si és necessari expliquem com és aquest període de la història. Ens basem en un repte on és necessari tirar a través d'una catapulta un objecte, roca... el més lluny possible i no sabem com. Els antics enginyers de l'Edat mitjana ho van aconseguir i nosaltres també hem de fer-ho. Per això proposem el disseny de diverses catapultes amb un dossier, en equips, on trobaran les diverses fases del procés d'enginyeria que hauran de detallar bé, escriure, dibuixar, fer esbossos. Al seu torn veiem de gran importància que trobin el factor limitant de cada repte i a mesura que avancem de curs o cicle.

Concreció curricular

<u>Competència específica</u>	<u>Sabers</u>
<p><u>Medi social, natural i cultural</u></p> <p>-Competència específica 3: resoldre problemes i reptes generant cooperativament un producte creatiu i innovador a partir de projectes interdisciplinaris, utilitzant diferents formes de raonament, com el pensament de disseny i el pensament computacional, per respondre a necessitats concretes.</p>	<p><u>Medi social, natural i cultural</u></p> <p>Cultura científica</p> <ul style="list-style-type: none"> ● <u>Iniciació a la cultura científica:</u> - Valoració de l'ús de la ciència, la tecnologia, les matemàtiques i l'enginyeria per comprendre les causes de les accions pròpies i col·lectives i prendre decisions raonades.



	Tecnologia i digitalització <ul style="list-style-type: none">● <u>Projectes de disseny i pensament computacional.</u>- Planificació i aplicació de les fases del projecte de disseny: empatitza, defineix, idea, prototipa i avalua per donar resposta a una necessitat concreta.
Variables clau	
<ul style="list-style-type: none">● El concepte clau aquí és la palanca. El repte es basa a construir una palanca que aconsegueixi fer volar la pilota el més alt possible. Les palanques converteixen un moviment petit (un copet) en un moviment gran (l'extrem de la palanca llança la pilota a l'aire).● Palanques, palanques i més palanques. Abunden a tot arreu. Les palanques faciliten tot: converteixen un esforç mínim en molta força (com un martell) o transformen un moviment petit en un gran (com una escombra o un pal de golf). I qui no vol fer més amb menys esforç? És una palanca gran, però necessaries molta força per a fer volar a algú. Fa centenars d'anys, els soldats van usar catapultes per a llançar pedres pesades.● (Altres variables)● Longitud dels llistons (poden unir-se varis).● Posició de col·locació del fulcrum (punt de suport) respecte els llistons (https://www.nationalgeographic.org/*activity/simple-*machine-*challenge/)● Flexibilitat de la fusta.● Força que se li aplica en colpejar la palanca de la catapulta.	
Materials necessaris	
<ul style="list-style-type: none">● 1 pilota de ping-pong● Llistons de fusta plans● 1 bloc de fusta● Gotets de paper on càpiguen les pilotes● Cinta adhesiva	

PROCÉS:



Explorar (F1):	<ul style="list-style-type: none"> - Observa, comparteix, inventa, desenvolupa en la teva ment, cerca que fer amb els possibles materials i limitacions, una manera de llançar una pilota de ping-pong el més alta possible. Per a això pots usar uns llistons de fusta, un tros de fusta i cinta adhesiva. - Preguntes del docent per a induir en el procés d'enginyeria. A mesura que pugem de cicle podem induir a preguntes més complexes que requereixin cert grau de reflexió en aquesta fase d'exploració del repte. - Temporització: 10-15 minuts
Imaginar (F2)	<ul style="list-style-type: none"> - Usa els materials per a construir alguna cosa que llanci la pilota el més alt possible. Quines idees se us ocorren? Compartir aquestes idees. - Preguntes de la docent: Què passarà si usem llistons més curts? Com podem fer que viatge la pilota el més recta o més alta possible? Què penseu abans de preparar res, què farà volar la pilota el més lluny possible? - Tot això indueix a pensar en diferents maneres de fer volar la pilota molt alt, recta, distància. - Temporització: 15 - 20 minuts
Planificar (F3)	<ul style="list-style-type: none"> - En grups petits verbalitzen els materials necessaris, les eines i el procés que seguiran (dibuixar la forma a mà alçada), després triar els materials necessaris i decidir la idea entre tots. - Elaborar i entaular amb el grup el pla mestre, que farà veure millors resultats. Provar les diverses variables. - Preguntes de la docent i check-point a mode d'assemblea on es trobi la resposta a (què heu fet? per què? Creieu que el vostre prototip funcionarà?).

	<ul style="list-style-type: none"> - Temporització: 15 - 20 minuts
<p>Construir / Crear el prototip (F4)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Construir el prototip i llançar la pilota. Important anotar i observar si hi ha factors limitants i que variables clau podrien canviar l'efecte i resultat que es dona després de la construcció i assaig del prototip. - Preguntes de la docent: Com d'alt va volar la pilota? Va volar suficient perquè tu l'agafessis? La docent, sent la més alta de la classe, Podria agafar-la al vol? També podem pensar a fer mesuraments de l'altura màxima o de distància d'ara endavant. - <i>Check-point</i> a mode d'assemblea: Ensenyen als seus companys el seu prototip i expliquen els seus resultats (segons convingui i segons les preguntes i respostes que trobin els alumnes.) <p>Temporització: 25 - 30 minuts</p>
<p>(F5) i (F6) Comprovació i millora</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Fins i tot les millors invencions es poden millorar. Aquest pla mestre que teníem al cap, pot tenir coses clau a millorar, i tal vegada, cada vegada que tornin a fer les 6 fases del procés d'enginyeria es pot perfeccionar més. Una vegada realitzada la prova, comenten com creuen que han de millorar el prototip entre tots o en el seu grup depenent del que vulguin. - Aquí determinem un <i>check-point</i> a mode d'assemblea. Podem plantejar la millora introduint nous reptes: <ul style="list-style-type: none"> • Posa la pilota a volar al doble de l'altura que ja vas aconseguir. • Posa a volar una pilota de tennis. • Posa a volar dues pilotes alhora. • Llança una pilota perquè el teu amic l'agarrí en ple vol.

	<ul style="list-style-type: none">- Recalcar que s'identifiquin els factors claus que han observat durant el procés són els que permeten una millora contínua del repte, de la seva manera de plantejar-lo, de construir-lo, de conèixer millor com treballen en equip i com han d'afrontar una certa autocrítica per a aquesta millora.- Temporització: 10 min
--	--

2.- REPTE CANDAU Cicle Superior	
Descripció general del repte:	
<p>Hem de construir un artefacte o eina que ens ajudi a treure el candau del pot. Podem plantejar unes certes alternatives en el disseny d'aquesta eina, totes poden ser vàlides si tracten de resoldre el problema que plantejarem. L'únic requisit i limitació a tenir en compte és que no se li pot donar la volta al pot, ni sacsejar-lo.</p>	
Contextualització del repte	
<p>Plantejarem un repte amb una certa imaginació. Heu de posar-vos en la pell que sou els i les presidents/as d'una nació i que teniu uns certs documents d'estat que no poden descobrir perquè farien molt mal als ciutadans que representeu i tant voleu defensar. Per això necessiteu aquest cademat per a tancar la caixa forta i tirar la clau al riu. Però hi ha un problema, es troba en aquesta ampolla, per això heu de dissenyar un artefacte que permeti treure el cademat i no se li pot donar la volta. Correu! Heu de protegir els ciutadans del país que tenen tanta confiança en vosaltres i protegir-los d'un imminent perill!. (Adaptar el lèxic si és necessari depenent del nivell i cicle).</p>	
Concreció curricular	
<u>Competència específica</u> <u>Medi social, natural i cultural</u> - Competència específica 3: resoldre problemes i reptes generant cooperativament un producte creatiu i innovador a partir de projectes interdisciplinaris, utilitzant diferents formes de raonament, com el pensament de disseny i el pensament computacional, per respondre a necessitats concretes.	<u>Sabers</u> <u>Medi social, natural i cultural</u> Cultura científica ● <u>Iniciació a la cultura científica:</u> - Valoració de l'ús de la ciència, la tecnologia, les matemàtiques i l'enginyeria per les causes de les accions pròpies i col·lectives i prendre decisions raonades. Tecnologia i digitalització ● <u>Projectes de disseny i pensament computacional.</u> - Planificació i aplicació de les fases del projecte de disseny: empatitza, defineix, idea, prototipa i avalua per donar resposta a una necessitat concreta.

Variables clau implicades

- Ductilitat del material i la seva capacitat per a donar-li forma de ganxo o prototip, que a la vegada aporta rigidesa per a suportar el pes del cadenat.
- La llargada del prototip
- El pes del cadenat
- La rigidesa del material del prototip

Materials necessaris

- Cadenat
- Botella transparent (cristall)
- Palletes
- Pals de pol (gelat)
- Clips
- Cola
- Entenimentada
- Fil
- Filferros de diferent diàmetre (més o menys flexibles)

PROCÉS



Explorar (F1):

- Introduïm el repte a través del context definit anteriorment i es plantegen els materials a usar i les seves limitacions. Cal reconèixer i entendre inicialment la proposta del repte, és el disseny de l'artefacte i de tots els seus condicionants per a poder trobar la resposta i treure aquest cadenat al costat

	<p>dels factors limitants essencials en el desenvolupament de l'activitat.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Preguntes de la docent: Quin recorregut ha de realitzar el cadenat? Com podem aconseguir que traguem el cadenat cap amunt? - Temporització: 10-15 minuts
Imaginar (F2)	<ul style="list-style-type: none"> - Cal proposar i imaginar tota una bateria d'idees de manera grupal i individual per a poder resoldre el repte proposat. Es poden plasmar més endavant en la planificació on desenvoluparan el dibuix de l'esbós i totes les seves característiques. En aquesta fase és essencial començar a calibrar propostes i alternatives abans de començar a veure resultats. - Preguntes de la docent amb un <i>Check-point</i>: Què heu pensat? Per què? Creieu que el vostre prototip funcionarà? - Temporització: 15 - 20 minuts
Planificar (F3)	<ul style="list-style-type: none"> - En grups petits verbalitzar els materials necessaris, les eines i el procés que seguiran, poden fer l'esbós amb cadascuna de les fases per a poder arribar a obtenir, com les instruccions de la instal·lació d'un ventilador, les seves peces i com encaixa tot. Un pla mestre que tal vegada funciona o no. - Preguntes de la docent: Com el nostre artefacte, pot suportar el pes del cadenat? Caldrà tenir en compte algun factor més? Quina forma heu pensat per a poder treure-ho? Es pot modelar molt aquest material o no? - Temporització: 15 - 20 minuts
Construir/ Crear el prototip (F4)	<ul style="list-style-type: none"> - Arribem a una fase crucial del procés de disseny, on tot l'ideat es posa a prova, es construeix i s'observen fets essencials que en un futur tal vegada cal millorar i modificar. - <i>Check-point</i>: Ensenyen als seus companys el que han fet i per què s'ha fet d'aquesta manera, es prova i s'analitza que està succeint.

	<ul style="list-style-type: none"> - Temporització: 25 -35 minuts
<p>(F5) i (F6) Comprovació i millora</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Aquí determinem un check-*point a mode d'assemblea, una vegada realitzada la prova, comenten com creuen que han de millorar el prototip. - Recalcar que s'identifiquin els factors claus que han observat durant el procés són els que permeten una millora contínua del repte, de la seva manera de plantejar-lo, de construir-lo, de conèixer millor com treballen en equip i com han d'afrontar una certa autocrítica per a aquesta millora. - Temporització: 10 minuts

3.- REPTE RAMPA Cicle Superior

Descripció general del repte:

Construir una rampa amb diferents materials, altures i angles que tingui com a objectiu que el "vehicle" amb diferents pesos, que arribi el més lluny possible. Han de provar diverses altures i angles de la rampa, diversos pesos del vehicle, la fase de prova i millora és importantíssima i tenir una bona planificació també. Aquestes proves, s'han de mesurar amb diversos instruments per a comprovar les diverses variables que hi ha en el repte, longitud de la rampa, alçada d'aquesta, angle a determinar.

- Limitacions no es pot empènyer el vehicle a la sortida.
- Hem de triar un vehicle amb un pes, fent una bona previsió.

Contextualització del repte, associat a una variable clau:

Imagineu que esteu amb el vostre millor amic al parc del costat de la vostra casa. Estàs en la part de dalt del tobogan, però et tires per ell i no avances. Què creus que està succeint? Cal esbrinar-ho. Si el tobogan estigués a una altra altura, amb una altra inclinació i angle, aniries més ràpid o més lent? Si et treus roba i peses menys que passa?

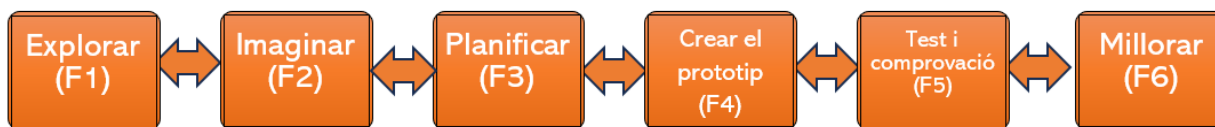
Concreció curricular

<u>Competència específica</u>	<u>Sabers</u>
<p><u>Medi social, natural i cultural</u></p> <p>-Competència específica 3: resoldre problemes i reptes generant cooperativament un producte creatiu i innovador a partir de</p>	<p><u>Medi social, natural i cultural</u></p> <p>Cultura científica</p> <ul style="list-style-type: none"> ● <u>Iniciació a la cultura científica:</u>



<p>projectes interdisciplinaris, utilitzant diferents formes de raonament, com el pensament de disseny i el pensament computacional, per respondre a necessitats concretes.</p>	<p>- Valoració de l'ús de la ciència, la tecnologia, les matemàtiques i l'enginyeria per comprendre les causes de les accions pròpies i col·lectives i prendre decisions raonades.</p> <p>Tecnologia i digitalització</p> <ul style="list-style-type: none">● <u>Projectes de disseny i pensament computacional.</u> <p>- Planificació i aplicació de les fases del projecte de disseny: empatitza, defineix, idea, prototipa i avalua per donar resposta a una necessitat concreta.</p>
Variables clau:	
<ul style="list-style-type: none">- Diversos materials de la rampa: suro, cartolina, cartró.- La inclinació de la rampa.- Longitud de la rampa / extensió.- Pes i formes del vehicle.- Angle ideal del triangle format.- Longitud recorreguda.- Fregament dels materials.	
Materials necessaris	
<ul style="list-style-type: none">- Taules de fusta o d'altres materials amb diferents mesures.- Paper d'escata gruix- Adhesiu en relleu- Vehicle- Paper de forn- Blocs per la base	

PROCÉS:



Explorar (F1):	<ul style="list-style-type: none"> - Partim del context on s'exemplifica el repte i la causalitat d'aquest. És de gran rellevància que puguin comprendre en què consisteix el repte i començar a conèixer, quines limitacions hi ha, materials i el que es demana que es resolgui. - Preguntes de la docent: Quin recorregut ha de realitzar l'objecte per a que vagi el més lluny possible? Com podem aconseguir que freni o que vagi més ràpid? - Els nens procediran a donar diferents respostes, parlaran entre ells i emplenarà la primera fase de la fitxa, escrivint en el requadre l'objectiu del repte, identificant les seves limitacions i què cal aconseguir. - Temporització: 10 minuts
Imaginar (F2)	<ul style="list-style-type: none"> - Hem de comprendre i remenar totes les possibilitats que el repte pot desembolicar. Per a això, cal proposar i imaginar com, quan, amb quin, perquè, amb les limitacions i materials què resultarà, el fet de tirar un objecte per la rampa tenint en compte la seva velocitat, l'angle i l'altura de la rampa i quines circumstàncies l'envolten. - Preguntes de la docent: Quines idees se us ocorren? Com serà? On col·locaràs el vehicle? Com farem perquè no caigui? - <i>Check-point</i> a mode d'assemblea on podem comentar més preguntes (què heu fet? per què? creieu que els materials seleccionats faran que el vehicle vagi arribar més lent/ràpid?) - Temporització: 15 - 20 minuts
Planificar (F3)	<ul style="list-style-type: none"> - És l'hora de proposar i triar el pla mestre, en grups petits verbalitzar els materials necessaris, les eines i el procés que seguiran (dibuixar la rampa a mà alçada, utilitzant alguna plantilla), seleccionar un esbós consensuat per l'equip i que

	<p>sigui eficaç, per a fer que el vehicle recorri el major espai possible. Per això tenim preguntes guia que els poden donar un camí per on anar. En aquest esbós és imprescindible, que es determinin els angles i mesures de la rampa i el triangle que forma, variables claus a tenir en compte.</p> <ul style="list-style-type: none"> - Preguntes del docent: - Quina idea tens?, Com ho construiràs? Per què has triat (un material), i per què (quantitat)? què heu fet? per què? Creieu que el vostre prototip funcionarà? - Temporització: 15 - 20 minuts
<p>Crear i construir el prototip (F4)</p>	<ul style="list-style-type: none"> - És el moment de dur a terme el pla mestre que heu plantejat i seleccionat en la fase anterior. Construir i crear el prototip permet veure com es conjuga tot el repte, la pràctica com a tal, la prova real que funcionarà i que no i els factors que fa el repte possible o l'impossibiliten i que juguen un paper clau en aquest. - Triar els diferents materials, angles, mesures, altures i ajustar al que es tenia planificat. - <i>Check-point</i> a mode d'ensenyar als seus companys el que han fet i comença l'ús de la prova. De gran importància per a veure i contestar les preguntes que sorgeixen en tot aquest procés del disseny d'enginyeria. - <i>Temporització: 25 - 30 minuts.</i>
<p>(F5) i (F6) Comprovació i millora</p>	<ul style="list-style-type: none"> - En aquesta última fase, procedirem a pensar i desembolicar millores per al prototip i pugui funcionar o tingui una major eficiència. Tornem a començar el cicle continu del procés de disseny en enginyeria. Han de dibuixar les millores que li realitzaran al prototip ja construït. <p>Preguntes de la docent:</p> <ul style="list-style-type: none"> - Que creieu que passarà ara amb aquest canvi? Com farem el canvi? Quins materials creieu que necessitem? <p>Check-*point: Realitzarem una última assemblea, per a observar les millores realitzades. Després posarem a prova els</p>

	prototips per a veure si amb la millora funcionen. Marcarem en la fitxa, en el quadrat de millora, si ha funcionat o no. - Temporització: 10 minuts.
--	---

Annex 3: Observacions i anotacions per la dinàmica del Joc de cartes del procés de disseny:

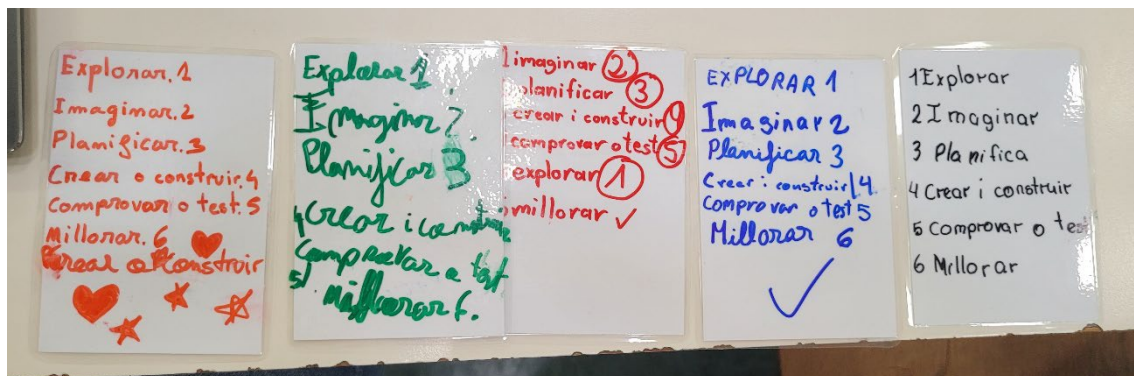
- Se'ls demana que facin l'ordre com a seqüència d'importància de les fases del procés, es realitzen fotografies en l'abans i el després d'explicar o no el propi procés.
- Permet veure la consciència que tenen sobre el procés de disseny d'enginyeria i si la instrucció i dinàmiques permeten una millor adquisició d'aquest ordre i èmfasi en la seva importància i rellevància cara l'execució de reptes i adquisició de competències enginyeres.
- En el grup experimental es porta a terme una explicació del propi procés prèvia, durant i final.
- En el grup control no hi ha explicitació de com és aquest procés, volem observar l'adquisició implícita del procés amb les activitats i reptes.

Annex 4: Joc de cartes del procés de disseny. Amb l'ordre i fases de cada grup.

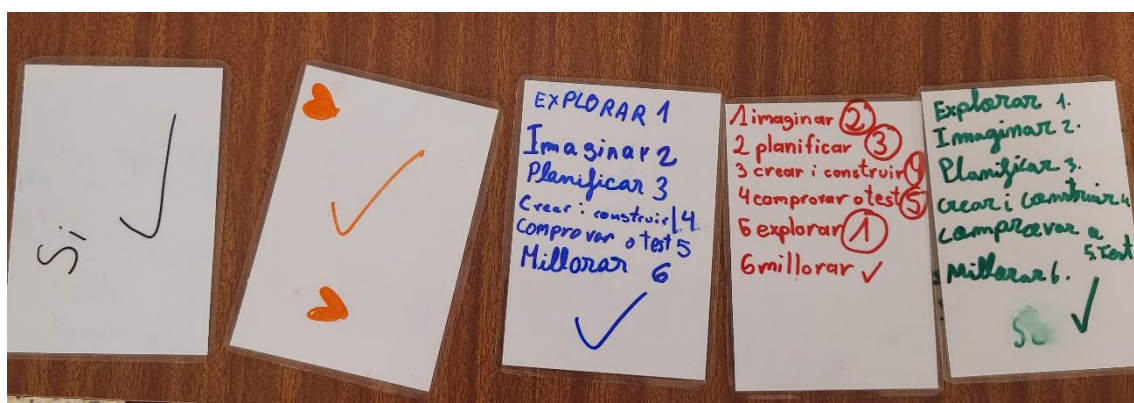


6èB – Grup experimental – Fase prèvia

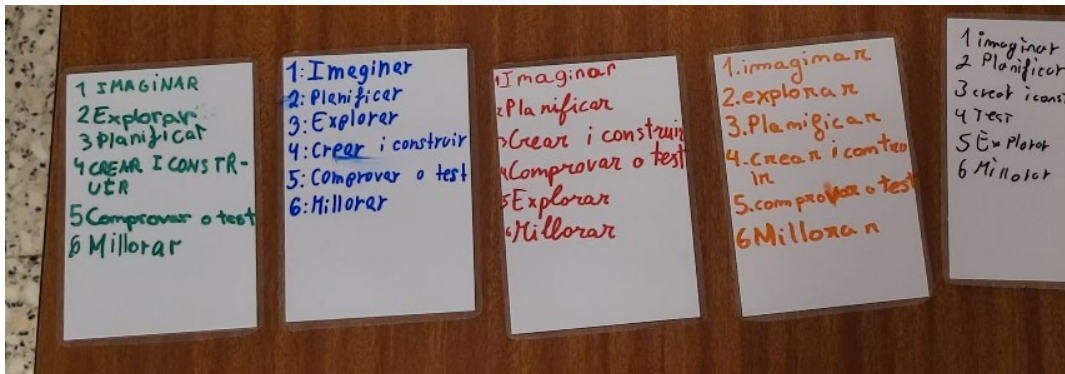
Ordre de les fases	Fase
Primera fase	Explorar
Segona fase	Imaginar
Tercera fase	Planificar
Quarta fase	Crear i construir
Cinquena fase	Comprovar o test
Sisena fase	Millorar



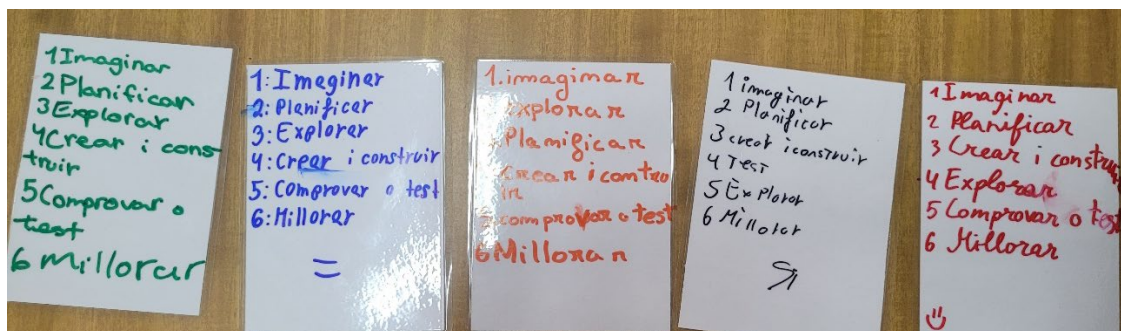
6èB – Grup experimental - Fase posterior



6èA – Grup control – Fase prèvia



6è A – Grup control – Fase posterior – Es demana que les tornin a ordenar



Annex 5: Supòsit pràctic, model per avaluar l'impacte dels reptes en l'adquisició de destreses enginyeres en el procés de disseny.

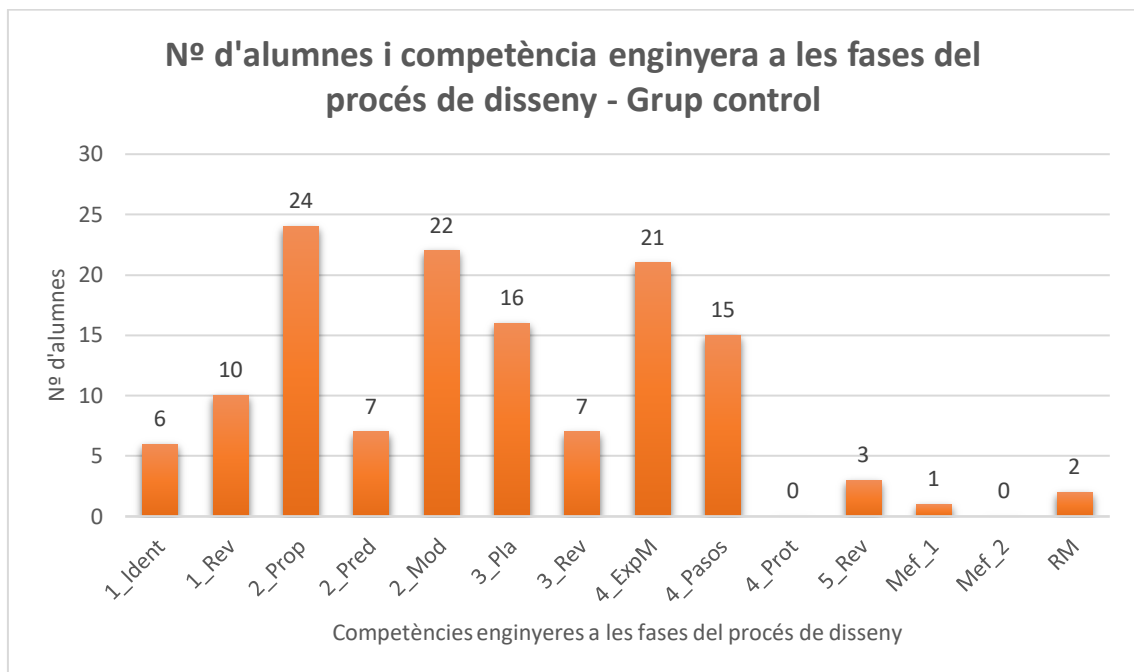
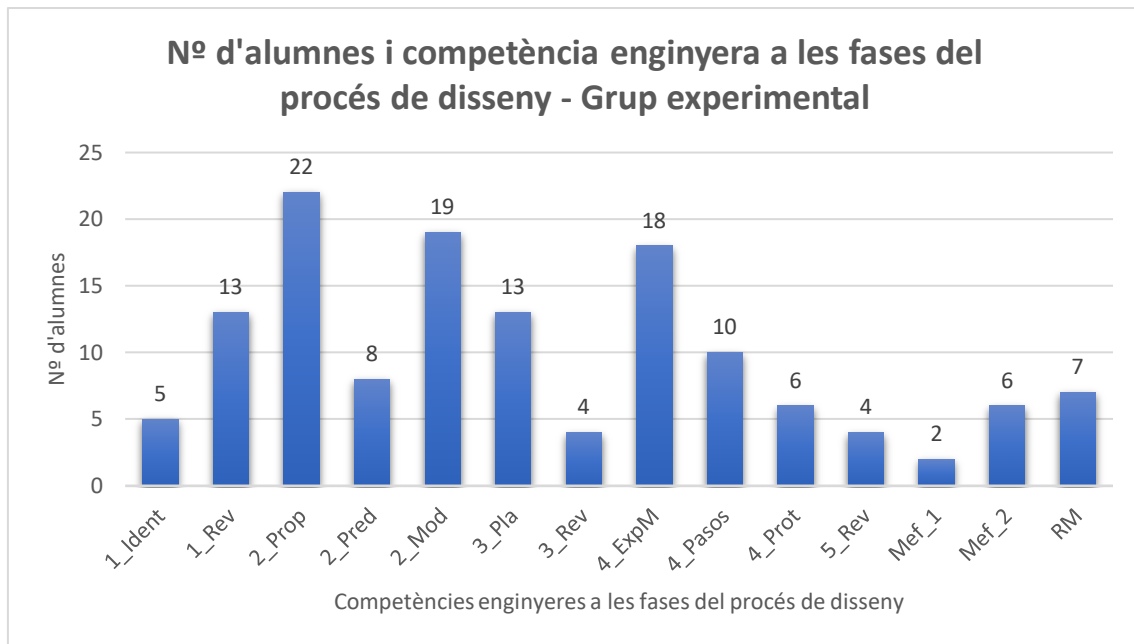
Imagina que ets membre d'un equip d'enginyers i enginyeres. Us han demanat construir la torre més alta possible per a la vostra ciutat. Però abans de construir el gratacel, hem de proposar un disseny.

Tens uns materials concrets:

- 50 palletes de refresc
- 1 m de celo.

Restriccions:

- La vostra torre i el seu prototip han d'aguantar-se per ella mateixa al terra.
- El celo no es pot usar com a "corda".
- Les palletes no poden ser tallades. Sí que es poden doblegar o encaixar-les una dins de l'altra.



Annexos a resultats mitjançant l'eina JASP

Annex 8 i 9 a fiabilitat de tot el qüestionari
Frequentist Scale Reliability Statistics

Estimate	Cronbach's α
Point estimate	0.815
95% CI lower bound	0.757
95% CI upper bound	0.862

Frequentist Scale Reliability Statistics

Estimate	Cronbach's α
----------	---------------------

Note. Of the observations, pairwise complete cases were used. The following items correlated negatively with the scale: Pregunta 11 , Pregunta 19.

Frequentist Individual Item Reliability Statistics

Item	If item dropped		
	Cronbach's α	mean	sd
Pregunta 1	0.796	2.656	0.971
Pregunta 2	0.794	2.656	1.034
Pregunta 3	0.796	2.510	0.768
Pregunta 4	0.792	2.656	1.014
Pregunta 5	0.808	2.240	0.926
Pregunta 6	0.792	2.500	0.940
Pregunta 7	0.811	2.271	0.934
Pregunta 8	0.796	2.490	0.984
Pregunta 9	0.792	2.579	0.952
Pregunta 10	0.815	3.240	0.843
Pregunta 11	0.847	2.833	1.185
Pregunta 12	0.806	2.563	0.927
Pregunta 13	0.809	3.063	0.868
Pregunta 14	0.807	2.917	0.902
Pregunta 15	0.806	2.854	0.794
Pregunta 16	0.801	2.874	0.959
Pregunta 17	0.807	3.010	0.761
Pregunta 18	0.807	2.957	0.806
Pregunta 19	0.831	2.143	0.905

Annex 10 - ANOVA – CE I
ANOVA - Pregunta 1

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari	32.29	1	32.29	52.90	< .001
Residuals	57.37	94	0.61		

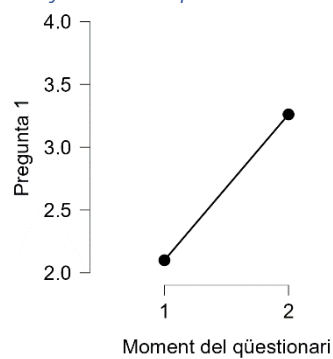
Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Pregunta 1

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	50	2.10	0.86	0.12	0.41
2	46	3.26	0.68	0.10	0.21

Gráficos descriptivos


Annex 11 - ANOVA – CE 2
ANOVA - Pregunta 2

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari	56.56	1	56.56	117.91	< .001
Residuals	45.09	94	0.48		

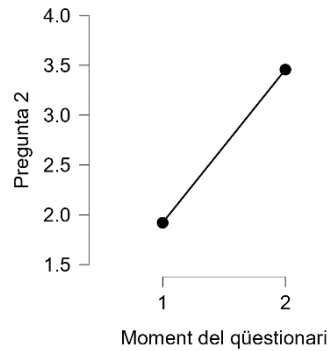
Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Pregunta 2

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	50	1.92	0.72	0.10	0.38
2	46	3.46	0.66	0.10	0.19

Gráficos descriptivos



Annex 12 - ANOVA – CE 3

ANOVA - Pregunta 3

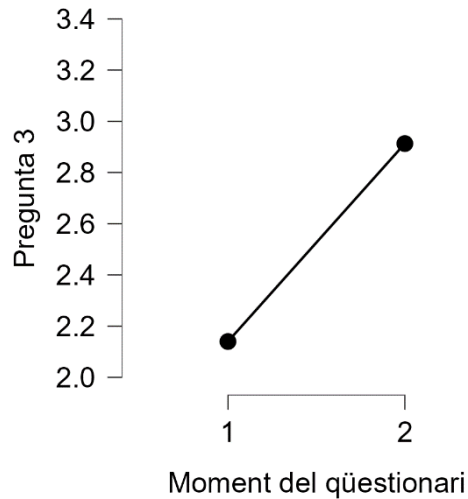
Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari	14.32	1	14.32	32.30	< .001
Residuals	41.67	94	0.44		

Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Pregunta 3

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	50	2.14	0.64	0.09	0.30
2	46	2.91	0.69	0.10	0.24

Gràfics descriptivos

Annex 13 - ANOVA – CE 4
ANOVA - Pregunta 4

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari	37.10	1	37.10	57.58	< .001
Residuals	60.56	94	0.64		

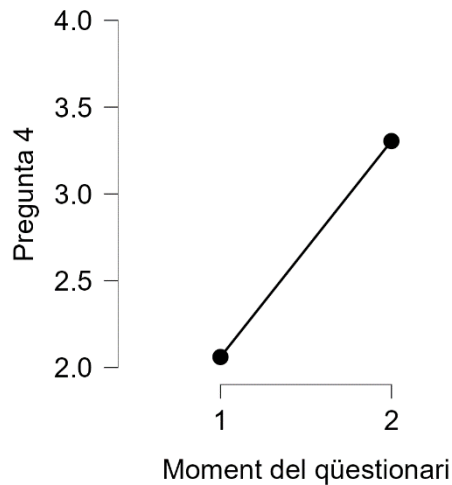
Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Pregunta 4

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	50	2.06	0.91	0.13	0.44
2	46	3.30	0.66	0.10	0.20

Gràfics descriptivos



Annex 14 - ANOVA – CE 5

ANOVA - Pregunta 5

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari	15.03	1	15.03	21.27	< .001
Residuals	66.45	94	0.71		

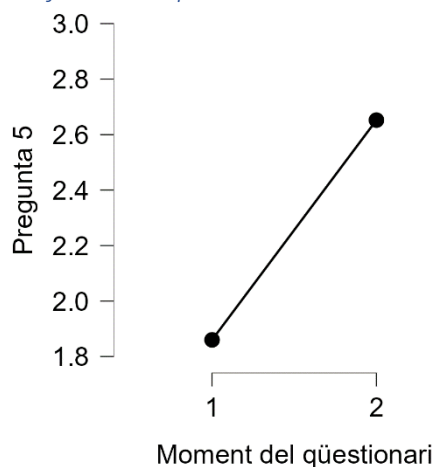
Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Pregunta 5

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	50	1.86	0.67	0.09	0.36
2	46	2.65	0.99	0.15	0.37

Gràfics descriptivos





Annex 15 - ANOVA- CE 6

ANOVA - Pregunta 6

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari	35.10	1	35.10	67.48	< .001
Residuals	48.90	94	0.52		

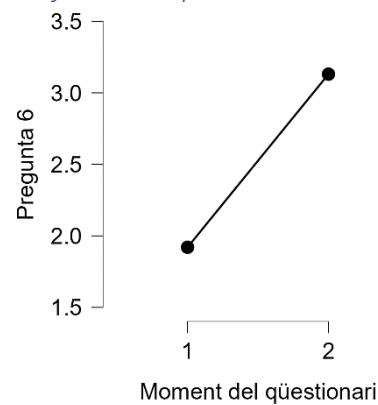
Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Pregunta 6

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	50	1.92	0.67	0.09	0.35
2	46	3.13	0.78	0.11	0.25

Gráficos descriptivos



Annex 16 - ANOVA – CE 7

ANOVA - Pregunta 7

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari	8.83	1	8.83	11.19	1.18×10^{-3}
Residuals	74.13	94	0.79		

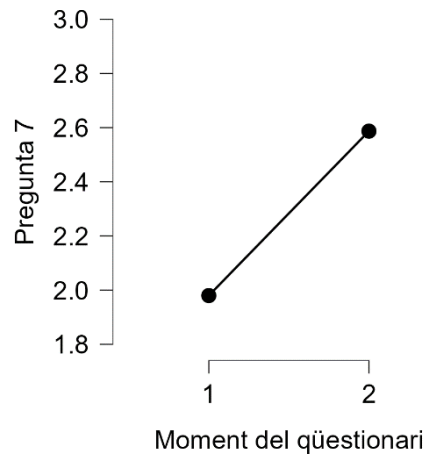
Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Pregunta 7

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	50	1.98	0.68	0.10	0.35
2	46	2.59	1.07	0.16	0.41

Gráficos descriptivos



Annex 17- ANOVA- CE 8

ANOVA - Pregunta 8

	Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari		29.27	1	29.27	43.86	< .001
Residuals		62.72	94	0.67		

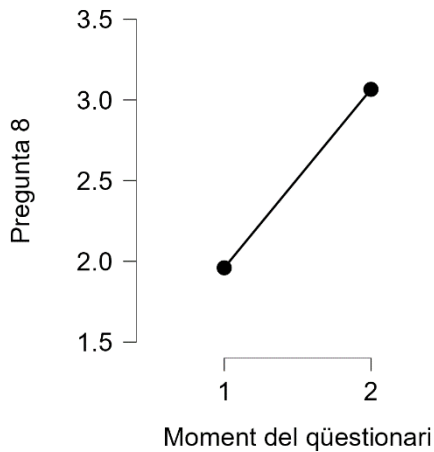
Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Pregunta 8

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	50	1.96	0.75	0.11	0.39
2	46	3.07	0.88	0.13	0.29

Gràfics descriptivos



Annex 18 - ANOVA – CE 9

ANOVA - Pregunta 9

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari	31.57	1	31.57	54.79	< .001
Residuals	53.59	93	0.58		

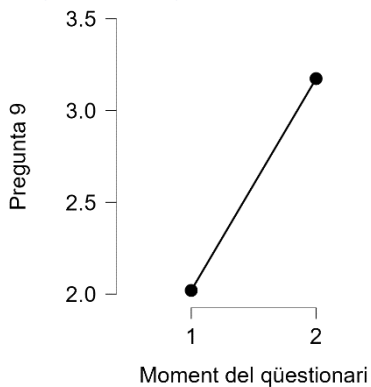
Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Pregunta 9

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	49	2.02	0.69	0.10	0.34
2	46	3.17	0.82	0.12	0.26

Gràfics descriptivos



Annex 19 - ANOVA 19 - CE 10**ANOVA - Pregunta 10**

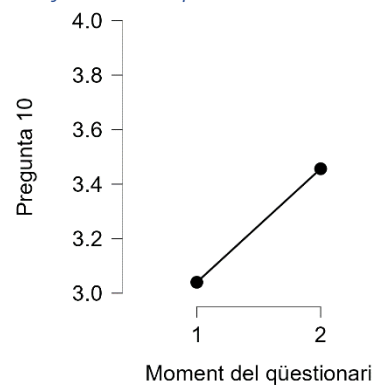
Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari	4.16	1	4.16	6.17	0.01
Residuals	63.33	94	0.67		

Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Pregunta 10

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	50	3.04	0.92	0.13	0.30
2	46	3.46	0.69	0.10	0.20

Gráficos descriptivos**Annex 20 - ANOVA - CE 11****ANOVA - Pregunta 11**

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari	6.35	1	6.35	4.70	0.03
Residuals	126.98	94	1.35		

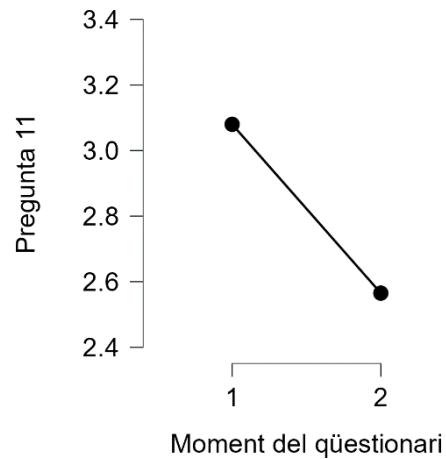
Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Pregunta 11

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	50	3.08	1.12	0.16	0.36
2	46	2.57	1.20	0.18	0.47

Gráficos descriptivos



Annex 21 -ANOVA – VAM 1

ANOVA - Pregunta 12

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari	6.14	1	6.14	7.64	6.87×10^{-3}
Residuals	75.49	94	0.80		

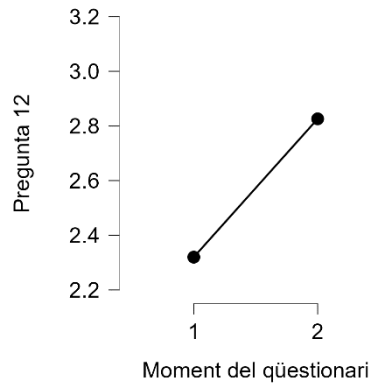
Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Pregunta 12

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	50	2.32	0.98	0.14	0.42
2	46	2.83	0.80	0.12	0.28

Gràfics descriptivos



Annex 22 -ANOVA – VAM 2

ANOVA - Pregunta 13

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari	4.28	1	4.28	5.97	0.02
Residuals	67.35	94	0.72		

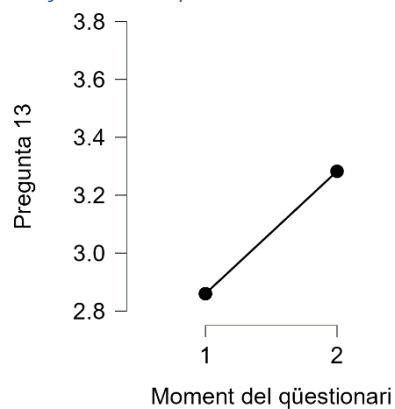
Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Pregunta 13

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	50	2.86	0.83	0.12	0.29
2	46	3.28	0.86	0.13	0.26

Gràfics descriptivos



Annex 23 - ANOVA – VAM 3
ANOVA - Pregunta 14

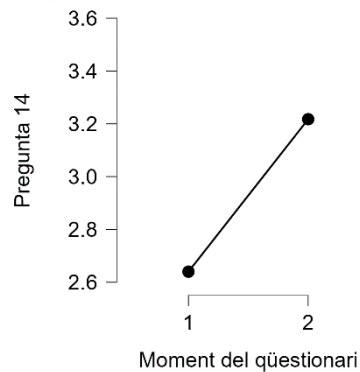
Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari	7.99	1	7.99	10.83	1.41×10^{-3}
Residuals	69.35	94	0.74		

Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Pregunta 14

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	50	2.64	1.01	0.14	0.38
2	46	3.22	0.66	0.10	0.21

Gráficos descriptivos

Annex 24- ANOVA – VAM 4
ANOVA - Pregunta 15

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari	4.79	1	4.79	8.15	5.29×10^{-3}
Residuals	55.17	94	0.59		

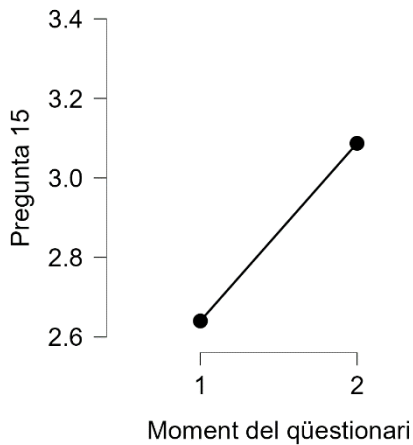
Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Pregunta 15

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	50	2.64	0.83	0.12	0.31
2	46	3.09	0.69	0.10	0.22

Gráficos descriptivos



Annex 25 - ANOVA – VAM 5

ANOVA - Pregunta 16

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari	6.79	1	6.79	7.93	5.94×10 ⁻³
Residuals	79.69	93	0.86		

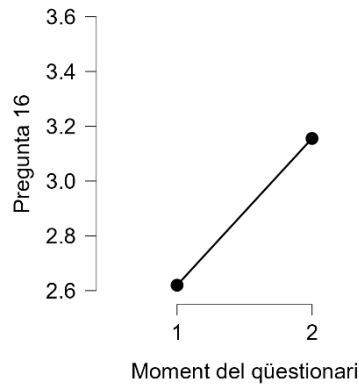
Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Pregunta 16

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	50	2.62	0.99	0.14	0.38
2	45	3.16	0.85	0.13	0.27

Gràfics descriptivos



Annex 26 - ANOVA – VAM 6

ANOVA - Pregunta 17

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari	1.77	1	1.77	3.14	0.08
Residuals	53.21	94	0.57		

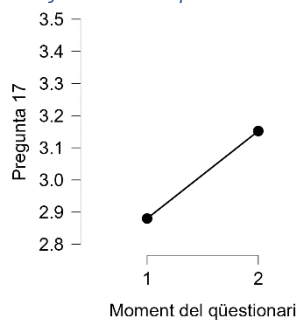
Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Pregunta 17

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	50	2.88	0.77	0.11	0.27
2	46	3.15	0.73	0.11	0.23

Gràfics descriptivos



Annex 27 - ANOVA – VAM 7**ANOVA - Pregunta 18**

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari	2.40	1	2.40	3.84	0.05
Residuals	42.47	68	0.62		

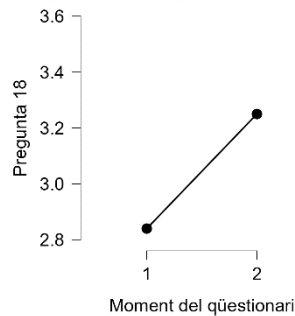
Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

Descriptivos - Pregunta 18

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	50	2.84	0.79	0.11	0.28
2	20	3.25	0.79	0.18	0.24

Gráficos descriptivos

**Annex 28 - ANOVA – VAM 8****ANOVA - Pregunta 19**

Casos	Suma de Cuadrados	gl	Cuadrado Medio	F	p
Moment del qüestionari	0.57	1	0.57	0.69	0.41
Residuals	56.00	68	0.82		

Nota. Suma de Cuadrados Tipo III

Descriptivos

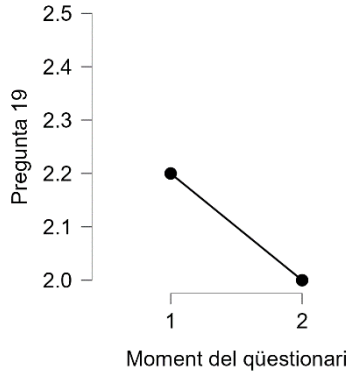
Descriptivos - Pregunta 19

Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
1	50	2.20	0.97	0.14	0.44

Descriptivos - Pregunta 19

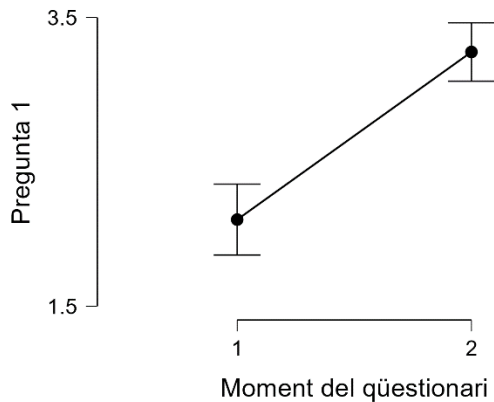
Moment del qüestionari	N	Media	DT	ET	Coefficiente de variación
2	20	2.00	0.73	0.16	0.36

Gráficos descriptivos

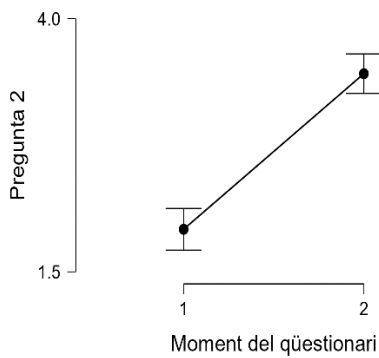


Annex a gràfics descriptius del canvi significatiu de la mostra a cada pregunta en dos moments diferents de la mostra.

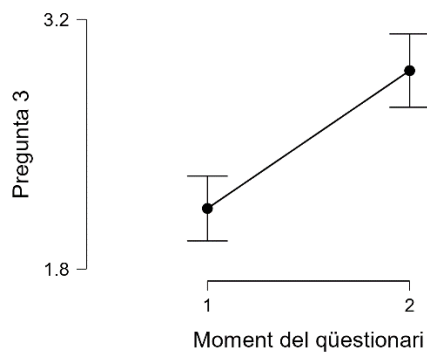
Pregunta 1



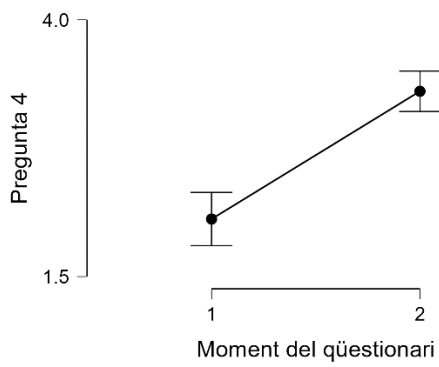
Pregunta 2



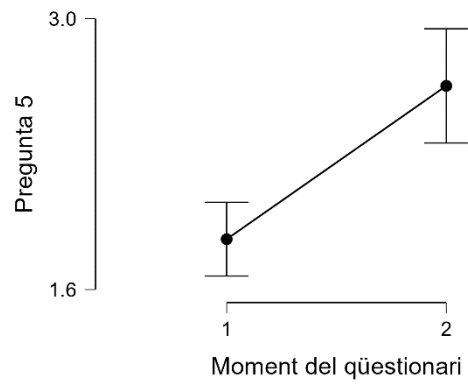
Pregunta 3



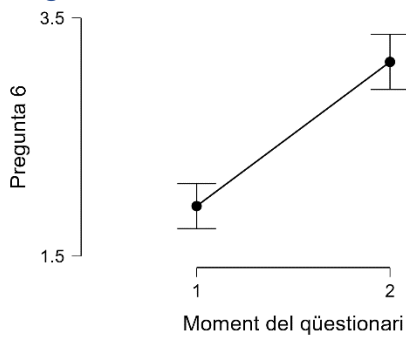
Pregunta 4



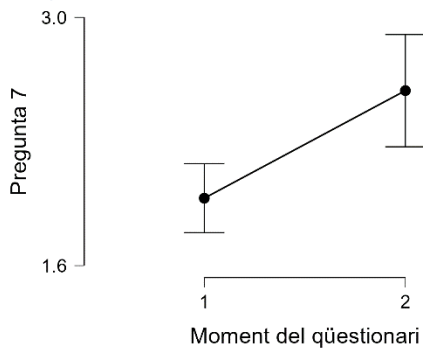
Pregunta 5



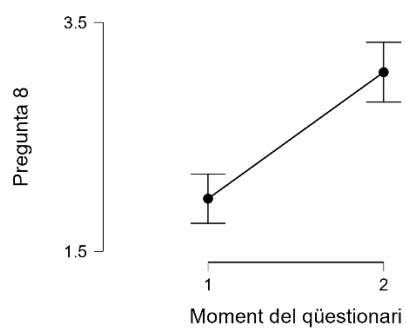
Pregunta 6



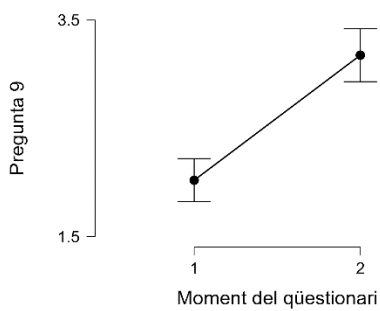
Pregunta 7



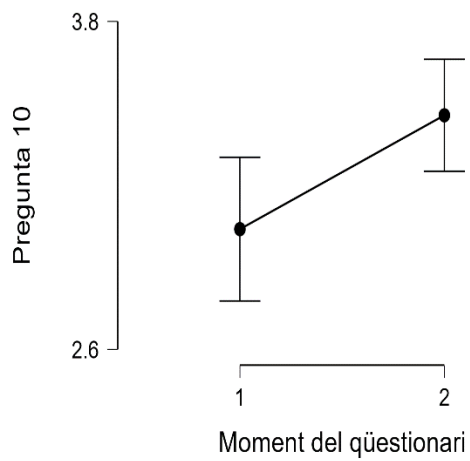
Pregunta 8



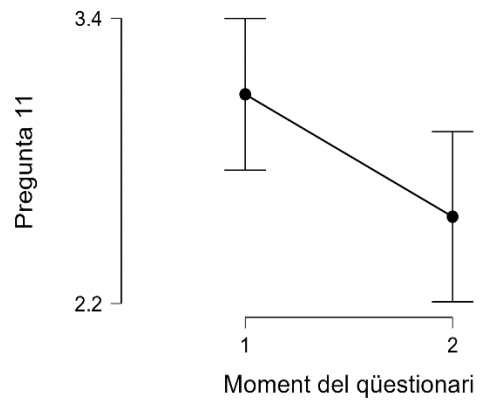
Pregunta 9



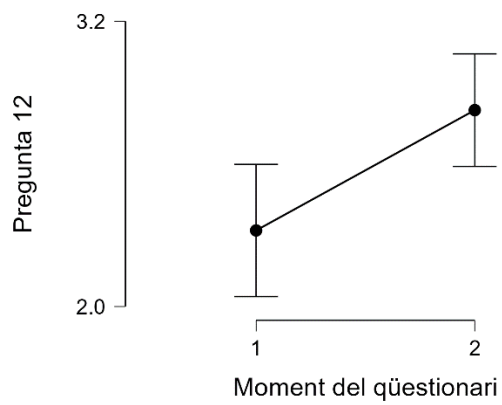
Pregunta 10



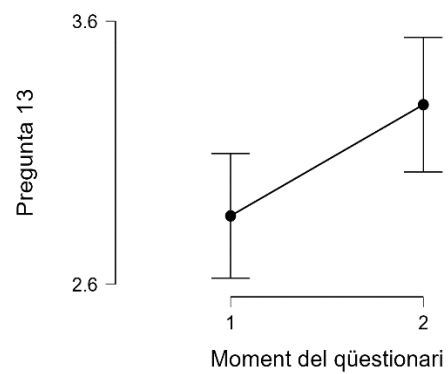
Pregunta 11



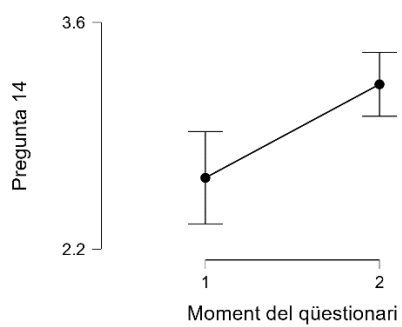
Pregunta 12



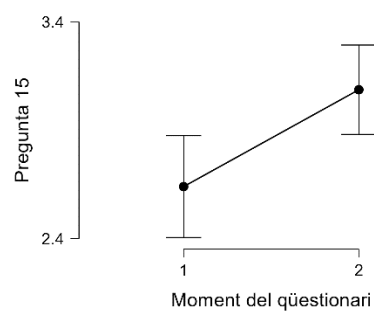
Pregunta 13



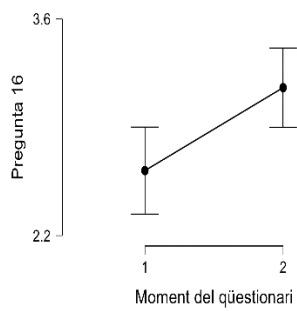
Pregunta 14



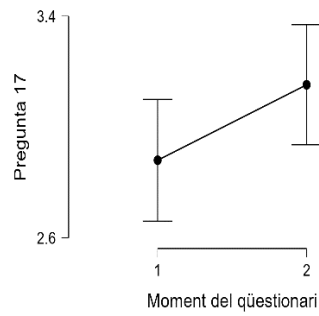
Pregunta 15



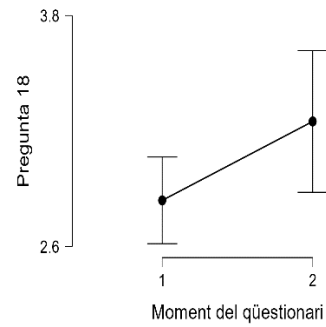
Pregunta 16



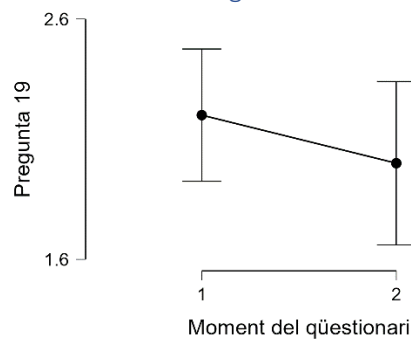
Pregunta 17



Pregunta 18



Pregunta 19



Annex 29 a anàlisi confirmatori de la mostra

Model fit

Chi-square test

Model	X ²	df	p
Baseline model	727.844	171	
Factor model	290.772	151	< .001

Note. The estimator is ML.

Parameter estimates

Factor loadings

Factor	Indicator	Estimate	Std. Error	z-value	p	95% Confidence Interval	
						Lower	Upper
CE	Pregunta 1	0.690	0.089	7.725	< .001	0.515	0.865
	Pregunta 2	0.800	0.092	8.676	< .001	0.620	0.981
	Pregunta 3	0.540	0.071	7.610	< .001	0.401	0.679
	Pregunta 4	0.700	0.094	7.415	< .001	0.515	0.885
	Pregunta 5	0.337	0.096	3.504	< .001	0.148	0.525
	Pregunta 6	0.657	0.087	7.565	< .001	0.487	0.828
	Pregunta 7	0.221	0.100	2.221	0.026	0.026	0.416
	Pregunta 8	0.689	0.091	7.595	< .001	0.512	0.867
	Pregunta 9	0.711	0.085	8.336	< .001	0.544	0.879
	Pregunta 10	0.188	0.090	2.091	0.037	0.012	0.363
	Pregunta 11	-0.298	0.125	-2.377	0.017	-0.543	-0.052
VAM	Pregunta 12	0.476	0.104	4.595	< .001	0.273	0.679
	Pregunta 13	0.466	0.096	4.836	< .001	0.277	0.656
	Pregunta 14	0.368	0.103	3.572	< .001	0.166	0.570
	Pregunta 15	0.362	0.091	3.976	< .001	0.183	0.540
	Pregunta 16	0.668	0.101	6.627	< .001	0.470	0.865
	Pregunta 17	0.406	0.084	4.820	< .001	0.241	0.571
	Pregunta 18	0.313	0.109	2.886	0.004	0.101	0.526
	Pregunta 19	-0.028	0.126	-0.226	0.821	-0.275	0.218

Factor variances

Factor	Estimate	Std. Error	z-value	p	95% Confidence Interval	
					Lower	Upper
CE	1.000	0.000			1.000	1.000
VAM	1.000	0.000			1.000	1.000



Factor Covariances

	Estimate	Std. Error	z-value	p	95% Confidence Interval	
					Lower	Upper
CE ↔ VAM	0.687	0.085	8.088	< .001	0.520	0.853

Residual variances

Indicator	Estimate	Std. Error	z-value	p	95% Confidence Interval	
					Lower	Upper
Pregunta 1	0.457	0.076	6.026	< .001	0.309	0.606
Pregunta 2	0.418	0.076	5.521	< .001	0.270	0.567
Pregunta 3	0.292	0.048	6.059	< .001	0.198	0.387
Pregunta 4	0.527	0.087	6.083	< .001	0.357	0.697
Pregunta 5	0.735	0.108	6.794	< .001	0.523	0.948
Pregunta 6	0.443	0.073	6.098	< .001	0.301	0.585
Pregunta 7	0.815	0.119	6.872	< .001	0.583	1.048
Pregunta 8	0.483	0.079	6.104	< .001	0.328	0.638
Pregunta 9	0.386	0.066	5.807	< .001	0.256	0.516
Pregunta 10	0.668	0.097	6.881	< .001	0.478	0.858
Pregunta 11	1.300	0.189	6.870	< .001	0.929	1.671
Pregunta 12	0.624	0.104	5.981	< .001	0.419	0.828
Pregunta 13	0.529	0.090	5.858	< .001	0.352	0.705
Pregunta 14	0.670	0.105	6.410	< .001	0.465	0.875
Pregunta 15	0.494	0.080	6.190	< .001	0.337	0.650
Pregunta 16	0.465	0.098	4.728	< .001	0.272	0.658
Pregunta 17	0.408	0.069	5.912	< .001	0.273	0.544
Pregunta 18	0.544	0.099	5.527	< .001	0.351	0.737
Pregunta 19	0.807	0.137	5.914	< .001	0.540	1.075



Reliability

	Coefficient ω	Coefficient α
CE	0.773	0.815
VAM	0.728	0.746
total	0.843	0.819

Annex 30 a fotografies de la proposta i execució de reptes.

