

DISSENY I TECNOLOGIA EN PROJECTES TRANSVERSALS REALS: INSPIRANT-NOS EN LEONARDO DA VINCI*

Antoni Hernández-Fernández

Físic, lingüista i doctor en ciència cognitiva i llenguatge. Professor en excedència a l'Escola Municipal d'Art i Disseny de Terrassa; actualment professor agregat a l'Institut de Ciències de l'Educació de la Universitat Politècnica de Catalunya. antonio.hernandez@upc.edu

Enric Saiz Castañé

Llicenciat en belles arts i dissenyador industrial. Professor a l'Escola Municipal d'Art i Disseny de Terrassa i a LaBasad - Escuela Superior Online de Diseño. esaiz@artidisseny.cat

Resum: Leonardo da Vinci és potser l'humanista per antonomàsia. En ell conflueixen l'art, la ciència, el disseny i la tecnologia. En aquest treball presentem una experiència pedagògica inspirada en l'humanisme de Leonardo. Es tracta de realitzar, en aquest cas en el marc de la formació professional, el que hem anomenat un *projecte transversal real*, en el qual l'alumnat incorpora tot allò après als diferents mòduls dels cicles formatius i, a la vegada, ho executa en col·laboració estreta amb una empresa o entitat externa al centre educatiu.

Paraules clau: didàctica de la formació professional, pedagogia de la tecnologia, projectes transversals reals, Leonardo da Vinci, disseny, tecnologia.

DESIGN AND TECHNOLOGY IN REAL CROSS-DISCIPLINARY PROJECTS: TAKING INSPIRATION FROM LEONARDO DA VINCI

Abstract: Leonardo da Vinci may perhaps be considered the Humanist par excellence, combining the fields of art, science, design and technology. In this paper we present a pedagogical experience inspired by Leonardo's Humanism. It involves the performance, within the framework of vocational training, of a so-called *real cross-disciplinary project*, i.e. a project in which students carry out a professional task, incorporating everything they have learnt in the different modules of vocational training subjects, where appropriate in close collaboration with a company or an organisation external to the school.

Keywords: vocational training didactics, pedagogy of technology, real cross-disciplinary projects, Leonardo da Vinci, design, technology.

El Museu Nacional de la Ciència i la Tècnica de Catalunya (MNACTEC) inaugurarà el 2017 l'exposició «Leonardo da Vinci: el geni i els invents», una mostra provinent d'Itàlia de quaranta màquines i enginys ideats per Leonardo, construïts a partir dels manuscrits i els dibuixos originals dels seus còdexs. L'exposició temporal es va poder gaudir a Terrassa durant gairebé tot aquell any. Amb el suport de la direcció i el personal del MNACTEC, així com el de l'equip directiu del nostre centre, des de l'Escola Municipal d'Art i Disseny de Terrassa vam poder col·laborar en la creació d'elements per a l'exposició amb els alumnes de cicles formatius de disseny.

Es tractà d'un projecte educatiu que va suposar l'inici d'altres que, posteriorment i fins al moment, s'han anat desenvolupant amb la mateixa filosofia en el cicle formatiu de grau superior de disseny d'elements per a l'espectacle. De fet, en el seu moment, vam batejar aquest projecte com a *projecte transversal real*: òbviament era un *projecte* tecnològic i, com a tal, seguiríem la metodologia de l'aprenentatge basat en projectes (ABP);

transversal, perquè es promovia que des de tots els mòduls es donés suport al projecte, i *real*, perquè calia executar-lo amb col·laboradors externs al centre educatiu (no es tracta d'un exercici d'aula que queda a l'aula, com la major part d'activitats pedagògiques quotidianes que realitzem els docents), en uns terminis establerts, de manera professional, avaluat externament, i seguint totes les normatives que permetessin l'exposició pública del projecte, en aquest cas en el MNACTEC.

En les línies següents presentarem breument Leonardo da Vinci com un humanista conscient de la rellevància de la tecnologia, així com algunes pinzellades sobre la seva mirada àmplia, que pretenem que siguin inspiradores per a tothom a qui interessi l'ABP i la tecnologia. Posteriorment, exposarem alguns detalls més concrets del projecte que vam desenvolupar per al MNACTEC a finals de 2016 i inicis de 2017 per, finalment, extreure'n algunes conclusions pedagògiques i metodològiques que, potser, podran ser útils als docents de qualsevol matèria i nivell educatiu.

* En memòria de Marc Boada i Ferrer (1963-2024), bon amic i un humanista leonardià autèntic.

Leonardo da Vinci o una tecnologia ben integrada a l'humanisme

La tecnologia ens fa humans. «La necessitat d'humanitzar la tecnologia» és un fals mite modern que cal combatre (Diéguez, 2020; Hernández-Fernández, 2022). I per a fer-ho res millor que recordar i inspirar-nos en qui possiblement sigui l'humanista per antonomàsia, inclassificable, aquell qui va comprendre de manera excelsa que la tecnologia formava part inherent de l'humanisme i de l'ésser humà i la seva identitat: Leonardo da Vinci.

Podem observar l'espectacular obra de Leonardo de manera polièdrica, lligada cronològicament a la seva no menys emocionant història personal (Nicholl, 2005), o bé procurant sintetitzar i classificar les seves idees i aportacions en disciplines, com intentà, entre d'altres, Marina Wallace (2014): pintura, escultura, geometria, mecànica, enginyeria civil, enginyeria militar, anatomia i naturalisme. Taddei (2010) ens presenta un Leonardo precursor de la robòtica, en què els mecanismes i els autòmats ens semblarien màgics, si no fos per antecedents com el fascinant mecanisme d'Anticitera o els rellotges mecànics que segurament aparegueren al nord d'Itàlia cap al 1300 (Valls, 2009). La robòtica de Leonardo és, però, un subconjunt de tota una obra tècnica, mecanicista, plena de màquines (Taddei i Zanon, 2010), d'inspiració naturalista en la seva majoria, com demostren els estudis de l'anatomia del vol que Leonardo treballà en paral·lel a les seves màquines voladores (Cianchi, 2004; Cianchi, Laurenza i Pedretti, 2010). És, per tant, una tecnologia *biomimètica*, que diríem ara, al segle XXI.

Ningú com Leonardo no ha sabut analitzar i transmetre la passió existencial per la singularitat de la natura humana, per una existència que, en cap cas, no es deslliga de la tècnica. No podem sinó admirar-nos quan revisem la tecnologia leonardiana, ja que, en realitat, és una genial sinergia entre l'anàlisi i la síntesi de l'observació naturalista de la realitat, que expressa artísticament amb els seus dibuixos i croquis, en què copsa la biomimètica i, potser, altres cosmogonies que ens són encara desconegudes i extremament atractives, com ens indicà Alessandro Vezzosi (Cianchi, 2004, p. 8):

En els apunts visius de Leonardo, corre i s'entrellaça un fil intrigant que, passant entre hermetismes al·legòrics i revelacions tècniques, metàfores i formes simbòliques, intuïcions de mecànica, cites tecnològiques i projeccions mentals, travessa la seva investigació cosmològica per zones extremament suggestives, fins a teixir una trama sintètica embeguda d'art i ciència, d'empirisme i filosofia, de poesia i metafísica [...].¹

Leonardo, però, és fill d'una tradició tècnica i, com Marco Cianchi, gran estudiós de la tecnologia leonardiana, sospita, en realitat, no es poden atribuir a Leonardo totes les in-

vencions i màquines que representa en els seus manuscrits: hi ha un fals mite d'un Leonardo anticipatori de tot allò que representa (Cianchi, 2004). Tanmateix, tot i que no sigui Leonardo el creador absolut de tot allò que dibuixa i explica, es guanya el gran públic per la forma, per l'estètica dels seus còdexs i per una tasca explicativa que avui dia anomenaríem de *divulgació científica i tècnica*, un cop superada la trava de l'escriptura especular, que no deixa de donar, d'altra banda, un halo de misteri a les seves preuades anotacions.

Una passejada per l'obra de Leonardo mostra que la tecnologia no ens deshumanitza, ans al contrari.² És més, tot i que, lluny d'enfocaments posthumans o transhumans, s'intueix un Leonardo que aspira que la tecnologia el faci humà: o potser encara no som humans, i ho farà la tecnologia quan ens alliberi de tot allò que hem de fer per mitjà de la nostra dotació genètica (Carbonell i Sala, 2002)?

Així, per exemple, Leonardo vol volar i sap que no pot biològicament (Da Vinci, 1505). Es planteja la pregunta (*quaestio*): podria volar amb algun enginy, amb alguna pròtesi afegida al meu cos?; interroga la realitat, l'anatomia humana, i cerca en els éssers voladors tota pista, tot vestigi (*in vestigium*, 'investiga') que li permeti resoldre el problema, i, finalment, dissenya (aplica el seny) inspirant-se en la natura (figura 1) i construeix un artefacte que el pugui ajudar en el seu propòsit de transcendir les limitacions biològiques (Da Vinci, 1491, 1493 i 2024).

Avançat a la seva època, en alguns casos errors en els dissenys no li permeten volar, però en la majoria d'ocasions no té els materials adequats perquè els seus somnis de volar es materialitzin (Cianchi, Laurenza i Pedretti, 2010). L'ornitòpter de Leonardo, per exemple, és pràcticament una ala delta de disseny modern, però les teles, les fustes i el cuir són insuficients per a solucionar tècnica-ment l'aeronau.

Alguns elements per a la inspiració leonardiana dels projectes tecnològics

Tot i que amb algun desencert, propi de l'època en què es va publicar, com és el fet de considerar la «teoria» de les intel·ligències múltiples de Howard Gardner com a científica, Michael J. Gelb (1998) es va animar a presentar set principis d'inspiració humanística basats en la seva interpretació de l'obra de Leonardo da Vinci (vegeu la taula 1). Són principis si més no versemblants i que, més enllà de la interpretació de Gelb, podem plantejar a l'alumnat per a fomentar la seva creativitat, per a potenciar l'atenció davant la interrelació dels conceptes que es troben disseminats en les diferents matèries que estudien i, finalment, perquè descobreixin el seu ineludible humanisme, incloent-hi, sens dubte, la tecnologia.

2. És molt recomanable una visita virtual als manuscrits de Leonardo: Leonardo da Vinci (2024), *e-Leo: Biblioteca leonardiana*. *Archivio Digitale di Storia della Tecnica e della Scienza* (en línia), <<https://www.leonardo-digitale.com/>>.

1. Les traduccions de les citacions són dels autors de l'article.

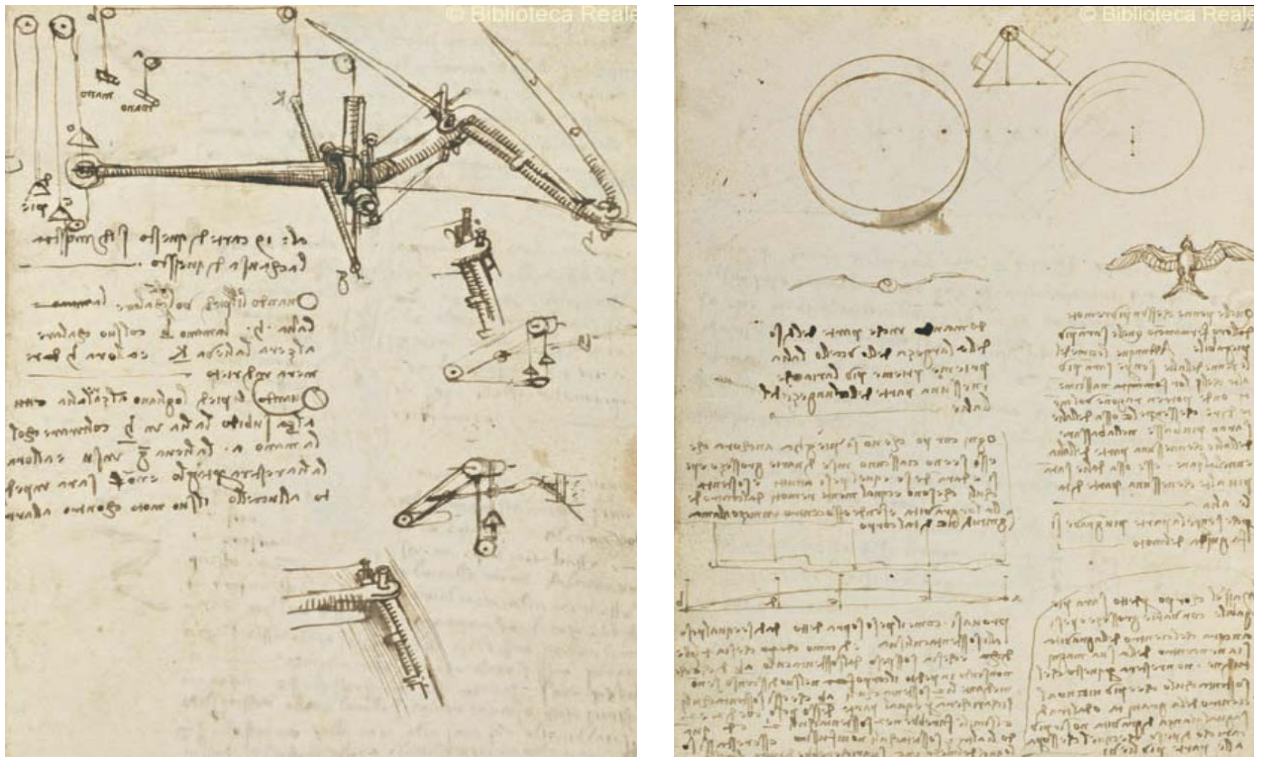


FIGURA 1. Estudi biomecànic de les ales dels ocells.

FONT: Leonardo da Vinci (ca. 1505), *Codice sul volo degli uccelli* (en línia), gentilesa de la Biblioteca Reale, Musei Reali Torino: esquerra, MsVaria95 c.17.recto, <https://museireali.beniculturali.it/catalogo-on-line/#/dettaglio/1019547_Codice%20sul%20volo%20degli%20uccelli>; dreta, MsVaria95 c.04.verso, <https://museireali.beniculturali.it/catalogo-on-line/#/dettaglio/1019522_Codice%20sul%20volo%20degli%20uccelli>, ambdues sota llicència Creative Commons 4.0, <<https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>>.

Així, repensant Gelb (1998), la curiositat davant la natura, ja sigui amb intenció biomimètica o no, i el funcionament dels artefactes; el foment de l'aprenentatge basat en evidències, en demostracions pròpies de la ciència i l'assaig tecnològic; el refinament formal de la percepció sensorial, i davant la rellevància també de l'estètica en els projectes; el foment de l'esperit crític, del dubte i d'un escepticisme no dogmàtic; l'equilibri projectual entre l'art i

la ciència, les possibilitats tècniques i l'especulació; la connexió entre la ment i el cos, també en el desenvolupament funcional, pràctic, del projecte, i, finalment, la connexió total amb el saber humà, de la tecnologia amb el coneixement, són, sens dubte, valors que paga la pena fomentar entre l'alumnat en el desenvolupament d'un projecte.

Com recordava en un treball previ Hernández-Fernández (2022), Ortega y Gasset a la «Meditación de la técnica» (1933,

TAULA 1

Quadre resum dels principis del pensament i la inspiració leonardians

Principi	Descripció (Michael J. Gelb)
Curiosità ('curiositat')	Actitud de recerca entusiasta i amor cap a l'aprenentatge continu al llarg de la vida.
Dimostrazione ('demostració')	Compromís amb el mètode hipoteticodeductiu, el contrast científic del coneixement amb l'experiència, la persistència i l'aprenentatge dels errors.
Sensazione ('sensació')	Continu refinament estètic dels sentits, sobretot de la vista en el món leonardià, per a vivificar l'experiència i la consciència.
Sfumato (literalment, 'esfumat')	És el dubte permanent, l'escepticisme no dogmàtic, el desig de mantenir la tensió dels oposats, la paradoxa i la incertesa com a fonts d'inspiració. Un esfumat no només pictòric.
Arte/scienza ('art/ciència')	Equilibri entre la ciència i l'art, la lògica i la imaginació, la tècnica i l'especulació.
Corporalità ('corporalitat')	Equilibri cos-ment. És el cultiu de la salut i la gimnàstica. <i>Mens sana in corpore sano.</i>
Connessione ('connexió')	Generació de vincles entre totes les coses i fenòmens, atenció cap a les relacions i connexions entre sistemes.

FONT: Elaboració pròpia a partir de Michael J. Gelb (1998).

p. 41) defineix el *centaure ontològic* humà, recordant-nos que l'ésser humà posseeix l'«estranya condició» que en part és afí a la natura, és un ésser «natural», però també és alhora un ésser que podem titllar d'«extranatural», de manera que «mitja porció d'ell està immersa en la natura, però l'altra part la transcendeix». Ortega y Gasset defensava així la inherència de la tècnica a la nostra espècie: «sense la tècnica, l'home no existiria ni hauria existit mai», i s'anticipava a Maslow (1943) quan confrontava les nostres «necessitats bàsiques» amb l'emergència de tot allò «superflu» a la humanitat. Anar més enllà de satisfer precisament aquestes necessitats bàsiques (aliment, reproducció, aixopluc, desplaçament...), que compartim amb la resta d'animals i que resollem mitjançant la tecnologia, ens fa humans i ens motiva en la realització de les nostres activitats diàries i forja la nostra personalitat (Maslow, 1943 i 1987). Cal, en aquest sentit, en general, en els projectes, fer-se grans preguntes, però potser plantejar la resolució dels problemes bàsics dels éssers humans, seguint Maslow, sense oblidar el primer principi que esmentava Gelb: el foment de la curiositat.

Com apuntava Mario Bunge (2019) què succeïa amb la filosofia de la tecnologia, la pedagogia de la tecnologia és encara una disciplina subdesenvolupada. Potser hi ha certa connexió entre ambdós endarreriments. Un dels punts forts de l'ensenyament de la tecnologia són les seves possibilitats pedagògiques diverses i, per extensió, la seva capacitat intrínseca per a abordar l'atenció a la diversitat de l'aula. La marginació de la tecnologia a l'ensenyament, no obstant això, ha aturat el desenvolupament d'una pedagogia pròpia, a l'altura de les necessitats d'una societat cada cop més tecnificada (Hernández-Fernández, 2022).

L'aprendre fent (*learning by doing*) és imprescindible en disciplines amb una dimensió pràctica, com és el cas de la tecnologia: algú imagina classes de dibuix exclusivament teòriques? La defensa de l'aprenentatge basat en projectes (ABP) en la disciplina de tecnologia no implica que sigui «el millor» mètode o que calgui imposar-lo a altres matèries. L'ABP en tecnologia és simplement imprescindible en el currículum i complementari a la formació tecnològica teòrica. L'ensenyament de la tecnologia requereix continguts teòrics i pràctics. Com a exemple, vegem el cas de les estructures. Podríem diferenciar diversos nivells pel que fa als continguts sobre estructures que l'alumnat hauria d'aprendre (Hernández-Fernández, 2022):

a) *Teòric*. Depenent del nivell del curs, aquí caldria incloure les definicions de les magnituds físiques implicades en el disseny i la construcció d'estructures, i els càlculs relacionats (força, moment, secció, esforç tallant...), les seves lleis i com es relacionen entre elles (Lleis de Newton, llei de Hooke, principi dels arcs iguals...), incloent-hi les demostracions oportunes (*dimostrazione*). El càlcul no sempre és necessari, però sí la comprensió física dels fenòmens teòrics, cosa que fomenta la curiositat científica (*curiosità*), com podria ser l'explicació de la tendència a l'estretament d'un material en cas de traccionar-lo, sense entrar en càlculs dels coeficients de Poisson, posem per cas.

b) *Pràctic*. L'alumnat fa maquetes i construccions diverses per entendre els principis fonamentals involucrats i comprova a la pràctica com es comporten els seus dissenys estructurals, quins punts poden ser conflictius (unions, punts de càrrega...). Aquestes pràctiques bàsiques sobre les tècniques constructives cal connectar-les amb el coneixement teòric previ i poden ser petites maquetes a escala i incloure assajos previs a la construcció del prototip final.

c) *Contextual social*. En aquest nivell s'aproxima l'alumnat a la realitat social (i ètica, si s'escau) del projecte per desenvolupar, partint del coneixement teoricopràctic après. D'aquesta manera, tothom hauria de tenir uns coneixements bàsics i de seguretat sobre estructures que els permetessin, per exemple, diferenciar una estructura segura d'una altra que no ho sigui, i prevenir així accidents domèstics o laborals, o identificar —si pertoca— com les estructures es relacionen ergonòmicament amb el propi cos (*corporalitat*). La formació contextual hauria de permetre a l'alumnat tenir uns coneixements bàsics aplicables a la comprensió d'altres matèries com l'arquitectura, l'art o les ciències, en un equilibri humanístic (*arte/scienza*).

d) *Projectual*. Tant si es tracta d'un *miniprojecte* (petita activitat d'aula pensada per ser duta a terme en una única sessió) com d'un projecte més extens (trimestral, de síntesi...), cal que el projecte tecnològic afegeixi alguna aportació personal als nivells anteriors que vagi més enllà de la simple reproducció de models constructius (que potser proporciona el docent) o la mera execució d'una pràctica. En aquest sentit, refinar els sentits en la personalització estètica (*sensazione*) i realitzar aportacions funcionals o de contextualització social, que cerquin la resolució de problemes reals en el context de l'alumnat, són possibilitats a considerar per a culminar un bon projecte tecnològic.

Sovint, no obstant això, a l'ensenyament de la tecnologia hi ha una descontextualització social dels projectes i una confusió entre les pràctiques i els projectes. Es plantejen maquetes basades en models que el docent exposa a l'aula com a projectes que, en realitat, són pràctiques o exemples magistrals en què cal sospesar-ne la utilitat funcional respecte a la pèrdua de creativitat que suposen. Malauradament, en alguns casos s'ha imposat el mètode de projectes a disciplines en què no és més efectiu que la instrucció directa i en què no té gaire sentit.

Projectar no és només reproduir mimèticament un model o fer pràctiques de manera descontextualitzada (Achón, 2021). Els projectes haurien de respondre als continguts curriculars, però, nogensmenys, haurien d'enllaçar (*connessione*) amb la complexa societat tecnològica en què vivim i fer que els alumnes, al final del camí projectual, s'ho qüestionin tot plegat, en una cerca d'autoexigència creadora, en revisió contínua, allunyada del finalisme (*sfumato*). Així doncs, els projectes ben fets impliquen la instrucció directa prèvia sobre els continguts teòrics fonamentals, la realització de pràctiques sobre les tècniques constructives que s'han d'emprar (ja que no és el mateix fer una pràctica que un projecte; vegeu Hernández-Fernández, 2022), i, finalment, el desenvolupament d'un concepte propi i, per què no, un estil projectual.

«Leonardo da Vinci: el geni i els invents», al MNACTEC

L'arribada d'un projecte a mig curs mai no és fàcil: d'entrada cal integrar-lo a la programació, veure la disponibilitat de temps i si es podrà realitzar amb solvència, sobretot si es tracta d'un projecte real en què l'exigència professional, en cicles formatius, és màxima. Certament, són els alumnes els que el desenvolupen, però l'acompanyament i la coordinació del professorat són fonamentals. Hi ha el risc de perdre de vista els continguts a impartir a la matèria per tal d'assolir el nivell d'exigència d'un projecte professional.

En aquest cas, amb el guiatge del personal tècnic del MNACTEC, en especial d'Esther Font, i amb el suport del director del museu, Jaume Perarnau, vam encetar amb l'alumnat de cicles formatius de l'Escola Municipal d'Art i Disseny de Terrassa la creació d'una zona de presentació de l'exposició temporal «Leonardo da Vinci: el geni i els invents», en què ja hi havia un element interactiu audiovisual preparat prèviament. El moll de l'os de l'exposició eren quaranta rèpliques dels invents de Leonardo. Les despeses materials van ser a càrrec del MNACTEC, i els nostres estudiants i els docents hi vam posar la mà d'obra. No cal dir que és fonamental valorar si es pot arribar a assumir un encàrrec d'aquestes dimensions des del centre educatiu, entenent que el nivell final de les peces dissenyades i elaborades ha de ser excel·lent, ja que ningú no vol que la seva escola quedi retratada amb un projecte públic de baixa qualitat.

Tot i això, sempre hi ha riscos que cal assumir. Per tal de minimitzar-los és fonamental la comunicació amb l'entitat col·laboradora externa al centre, per a anar fent un seguiment setmanal del projecte i, inicialment, presentar una bona proposta, atractiva, creativa i original en la mesura que sigui possible. En aquest cas, una vegada recollides les idees exposades a l'aula, el professor de projectes de disseny Enric Saiz va idear un capgròs mòbil que permetés als infants «veure» dins del cap les idees de Leonardo da Vinci (figura 2). La implicació docent no

substitueix la feina de l'alumnat, però sí que pot, com va ser el cas, copsar i sintetitzar tot el treball d'aula. Per dimensions i situació estratègica, la idea era convertir el capgròs en un autèntic fotoreclame, epicentre d'un espai atraient no només per als nens sinó també per a tots els visitants que es volguessin fotografiar amb Leonardo. El concepte i la idea inicial van agradar molt, i es va decidir tirar-los endavant i adquirir els materials bàsics per a la construcció de l'element.

En paral·lel, es va veure que hi havia tot un espai posterior on hauria d'anar la retolació de l'exposició. Després de valorar alternatives, Albert Jorba, artista del grafit i alumne llavors del cicle formatiu de grau superior de disseny gràfic, va presentar una proposta molt especial: fer en directe, el dia de la inauguració, el cartell de l'exposició amb l'escriptura del títol, acompanyada d'algunes imatges i elements emblemàtics leonardians, incloent-hi alguns textos en escriptura especular. Els primers assajos amb pintures, no obstant això, ens van fer desistir de la idea, ja que l'olor de les pintures era massa forta, per la qual cosa es va considerar millor fer només algun escrit simbòlic el dia de la inauguració, i així minimitzar també els riscos d'error, quelcom fonamental per al MNACTEC, que havia invertit molt en aquella exposició, en temps i recursos. En els projectes reals, en aquest sentit, l'alumnat ha de percebre que a la professió cal valorar les consideracions del client, de qui ha fet l'encàrrec, en el nostre cas el MNACTEC, amb una perspectiva pròpia de la formació professional.

El projecte constructiu del capgròs va suposar un repte en àmbits diversos. Pel que fa als materials, es va treballar sobre una estructura d'acer amb rodes, per a facilitar el transport i moviment de la peça, no gaire lleugera, però robusta per a suportar la pressió de la interacció amb el públic i minimitzar-ne el manteniment. El sistema d'il·luminació de les «idees» de Leonardo era senzillament una pila amb polsador que il·luminava una rèplica dels dibuixos de Leonardo, situats en diferents parts del cap (figura 3). El sistema havia de ser accessible fàcilment per a poder-ne fer el manteniment, ja que calia canviar la pila periòdicament.



FIGURA 2. Croquis de desenvolupament del projecte per a l'exposició del MNACTEC «Leonardo da Vinci: el geni i els invents» (2017).
FONT: Enric Saiz, docent de la matèria de projectes del cicle formatiu de grau superior de disseny d'elements per a l'espectacle (*entertainment arts*).

Sobre el disseny formal del capgròs, els alumnes van modelar diverses opcions prèvies a escala, fins que es va arribar a un disseny definitiu consensuat, que es va portar a terme amb una barreja de pasta de paper endurida amb cola blanca que s'acostuma a usar en molts treballs manuals escolars, de baix cost i molt resistent si s'hi afegeixen coles de qualitat i pols de càrregues (figura 4). Amb una pintura tècnica d'alta resistència vam rematar els acabats i, a l'últim, vam polir totes les arestes o qualsevol element tallant, per tal de poder exposar l'element al públic, especialment pensant en l'audiència infantil, complir normatives i evitar qualsevol accident (derivat de fils tallants, per exemple). D'altra banda, una qüestió tècnica clau en peces de gran format és el transport, que cal considerar quan el lloc de producció és lluny del d'exposició. En aquest cas, es va resoldre amb un petit camió, ja que per les dimensions era complicat el transport en un mitjà de menor capacitat volumètrica (figura 5).

Si bé vam minimitzar el risc d'error després de decidir no fer una representació (*performance*) per crear en directe tot el cartell de l'exposició, la direcció i els tècnics del museu sí que van acceptar que els nostres alumnes —i no actors contractats— fessin la presentació del capgròs i així

culminar el projecte, del qual queda un resum en un vídeo que es pot veure a Youtube (<https://www.youtube.com/watch?v=DTVOhd6Nnes>). El resultat final es pot apreciar també a la figura 6.

Avaluació final

L'avaluació final va ser excel·lent en pràcticament tots els aspectes considerats. Com a tot projecte tecnològic, cal valorar-ne les diferents fases, des del plantejament fins a la modelització, passant per la construcció i, finalment, la presentació pública (vegeu la figura 7; Hernández-Fernández, ed., 2015). En el cas dels projectes transversals reals, i més en el marc de la formació professional, la comunicació amb l'entitat col·laboradora, en aquest cas el MNACTEC, és clau en cada fase.

Únicament va haver-hi dificultats per part dels alumnes en l'elaboració de la memòria tècnica, quelcom sovint habitual en alumnat de formació professional que construeix grans prototips o elements, als quals costa anar documentant el projecte a mesura que el van desenvolupant (per exemple, fer fotografies de les diferents fases) i també me-



FIGURA 3. Detall d'un interactiu del capgròs.
FONT: Antoni Hernández-Fernández.



FIGURA 5. Entrada del capgròs al MNACTEC.
FONT: Antoni Hernández-Fernández.



FIGURA 4. Capgròs interactiu de Leonardo i mural final.
FONT: Antoni Hernández-Fernández.



FIGURA 6. Presentació amb la retolació en directe d'Albert Jorba i els estudiants de disseny d'elements per a l'espectacle finalitzant la seva representació.
FONT: Antoni Hernández-Fernández.

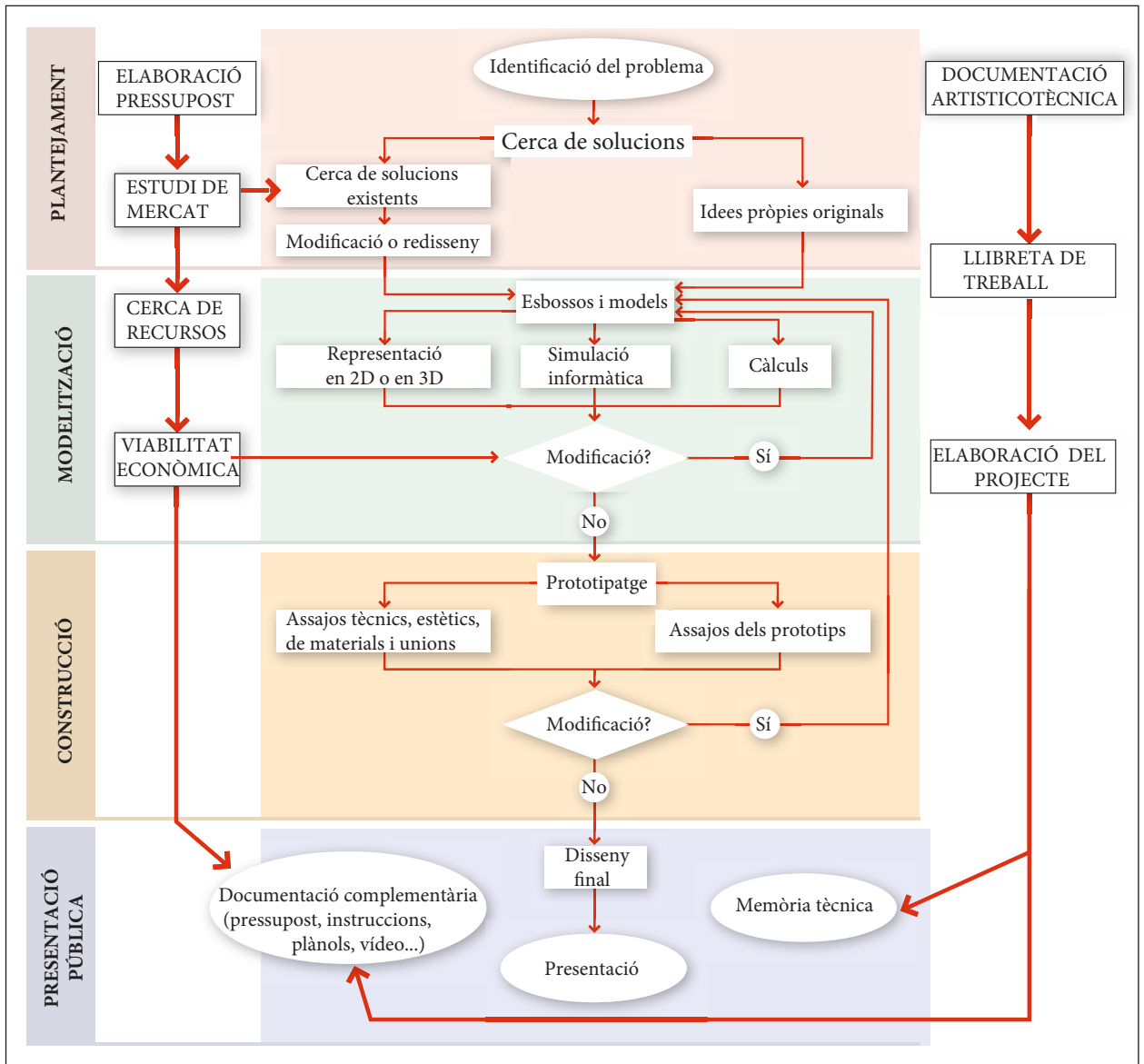


FIGURA 7. Esquema d'un projecte tecnològic.
 FONT: Adaptat d'Hernández-Fernández, ed. (2005).

mòries tècniques sòlides, ben estructurades i ben resoltes tècnicament (plànols, documentació pertinent, etc.).

Els diferents docents implicats van qualificar de manera excel·lent el treball (vegeu una rúbrica d'exemple a la figura 8), tot i les mancances en alguns aspectes. La rúbrica proporcionarà una estructura general per a avaluar cada fase del projecte, amb criteris específics per a cada etapa del procés. En un projecte així, sempre cal considerar els elements intangibles i subjectius, més emocionals que racionals. En aquest cas, el resultat final va ser un projecte professional i un èxit racional i emocional.

Conclusions

La tecnologia és part fonamental del coneixement humà. El coneixement tecnològic s'hauria de tractar de manera

adequada a l'ensenyament. És el coneixement el que ens posa per sobre o per sota de la tecnologia. És més necessari que mai un coneixement tecnològic poderós en tots els sabers, oficis i estrats de la societat: és tan rellevant a l'educació com altres matèries tradicionalment considerades bàsiques o instrumentals.

En el cas que ens ha ocupat aquí, hem mostrat un exemple de com es pot realitzar un *projecte transversal real* de formació professional vinculant el centre educatiu amb alguna entitat externa, en aquest cas el MNACTEC. Si bé és cert que el nivell tècnic dels alumnes de cicles formatius de grau superior és elevat, en molts casos gairebé professional, la idea dels projectes transversals reals és extrapolable a qualsevol nivell educatiu: es tracta de trobar l'entitat externa adequada per col·laborar, consensuar les expectatives del projecte (evidentment, seran diferents en el cas de la primària o la secundària obligatòria) i, sobretot, arri-

Rúbrica d'avaluació

Fase: plantejament (*briefing*)

Criteris d'avaluació:

1. Comprensió del plantejament:

- Manca d'enteniment dels requisits del projecte.
- Enteniment parcial dels requisits del MNACTEC.
- Comprensió clara i completa del plantejament i objectius del projecte.

2. Creativitat i innovació:

- Manca d'idees originals i innovadores.
- Algunes idees noves, però manca de creativitat global.
- Idees innovadores i creatives que s'adeqüen als requisits.

3. Presentació del concepte:

- Presentació confusa o poc clara del concepte.
- Presentació parcialment clara del concepte.
- Presentació clara i concisa del concepte amb els detalls pertinents.

Fase: modelització

Criteris d'avaluació:

1. Precisió i detall del model:

- Manca de detall i precisió en la modelització.
- Alguns detalls en el model, però manca de precisió.
- Model detallat, precís i coherent amb el projecte proposat.

2. Ús d'eines i tecnologia:

- Ús inadequat o limitat d'eines i de tecnologies.
- Ús parcial de les eines i tecnologies disponibles.
- Ús avançat i eficaç d'eines i de tecnologies per a la modelització.

3. Ajust al plantejament inicial:

- Desviació substancial del concepte original del plantejament.
- Algunes desviacions lleus del concepte inicial.
- Ajust fidel al concepte inicial presentat al plantejament.

Fase: construcció

Criteris d'avaluació:

1. Qualitat del treball:

- Manca de precisió i atenció als detalls en la construcció.
- Alguns errors menors en la construcció.
- Construcció precisa i atenció excel·lent als detalls.

2. Gestió del temps i dels recursos:

- Retards significatius en el termini de lliurament.
- Algunes dificultats en la gestió del temps i dels recursos.
- Gestió eficaç del temps i dels recursos, sense retards importants.

3. Col·laboració i treball d'equip:

- Manca de col·laboració i comunicació en l'equip.
- Alguns problemes de comunicació, però treball en equip acceptable.
- Excel·lent col·laboració i treball d'equip durant la construcció.

Fase: presentació pública

Criteris d'avaluació:

1. Claredat de la presentació:

- Presentació confusa i poc clara per al públic.
- Presentació parcialment clara i comprensible per al públic.
- Presentació clara, concisa i atractiva per al públic.

2. Transmissió del concepte:

- Dificultat per a transmetre el concepte del projecte.
- Alguns problemes en la transmissió del concepte del projecte.
- Transmissió clara i efectiva del concepte del projecte al públic.

3. Reacció del públic:

- Poca o cap resposta positiva del públic.
- Reaccions mixtes del públic.
- Reaccions molt positives i entusiastes del públic.

General: treball en equip i actitud

1. Col·laboració:

- Manca de contribució i participació en el treball en equip.
- Contribució ocasional al treball en equip, però sense implicació consistent.
- Contribució constant, proactiva i col·laborativa al treball en equip.

2. Comunicació:

- Comunicació deficient, que dificulta la interacció i comprensió entre els membres de l'equip.
- Comunicació ocasionalment efectiva, però amb àrees de millora.
- Comunicació clara, oberta i efectiva entre els membres de l'equip.

3. Respecte i empatia:

- Falta de respecte i falta d'empatia amb els altres membres de l'equip.
- Mostra de respecte i d'empatia en ocasions, però no de manera constant.
- Demostració consistent de respecte i empatia envers els altres membres de l'equip.

4. Flexibilitat i adaptabilitat:

- Resistència al canvi i manca de flexibilitat davant noves idees o enfocaments.
- Algunes mostres d'adaptabilitat, però amb dificultats per a acceptar canvis.
- Alta adaptabilitat i flexibilitat enfront de canvis i noves situacions.

5. Actitud:

- Actitud negativa o desmotivada que afecta el rendiment de l'equip.
- Actitud variable amb moments positius i altres de negatius.
- Actitud positiva i motivada, que contribueix al bon funcionament de l'equip.

FIGURA 8. Rúbrica d'avaluació general del projecte, amb tres nivells d'assoliment per ítem.

FONT: Elaboració pròpia.

car una mica per tal d'obrir el centre educatiu al context social extern, per a anar més enllà dels murs de les escoles. El nostre alumnat percebrà l'esforç, valorarà el fet de participar en projectes amb un impacte social i es motivarà especialment. El retorn pedagògic, emocional i humà, allò que alguns en diuen *intangíble*, és molt important en aquests projectes. Cal, però, valorar i quantificar bé la temporització dedicada a aquest tipus de projectes, repartir adequadament la càrrega lectiva entre matèries (no oblidem la transversalitat), per no oblidar els temaris propis de la matèria o perjudicar-ne massa alguna que no pugui desenvolupar bé les seves unitats didàctiques. En definitiva, cal evitar sacrificis de continguts de difícil justificació pedagògica.

S'ha intentat presentar aquí també les múltiples dimensions humanístiques de la tecnologia, aprofitant el fil conductor d'una figura íncrita com és Leonardo da Vinci: quina gran excusa per a qualsevol projecte! Leonardo ens ho posa fàcil. Perquè, si hi ha una figura a la història capaç d'exemplificar el que la tècnica implica per a l'espècie humana, les seves connexions amb el coneixement científic i l'art, amb la nostra curiositat innata, amb el nostre cos i amb les sensacions que ens arriben de tot un món per explorar, és Leonardo da Vinci.

Trobem que es parla poc de la seva obra en els currículums; en un món educatiu cada vegada més ple de projectes STEAM (de l'anglès *science, technology, engineering, arts and mathematics*), on és Leonardo? On és la seva figura inspiradora per a alumnes de sensibilitats diverses? Penseu que podeu trobar bons i atractius exemples de projectes a desenvolupar tant per als alumnes interessats en la tecnologia com per a aquells que vulguin focalitzar-se en la pintura, l'anatomia, la física o la biologia. Una simple cerca a Google o un repàs ràpid en pàgines web com *Instructables* o *Thingiverse* us proporcionaran exemples senzills per desenvolupar a classe, per produir amb impressores 3D o a mà al taller, adequats per a nivells educatius amplis. L'alumnat podrà aprofundir així en el disseny tecnològic, en la seva capacitat intrínseca de crear i materialitzar objectes.

Gaudiu, doncs, de l'*sfumato* de la vida, de l'educació i de la tecnologia, tot recordant l'humanista universal per antonomàsia, el gran Leonardo da Vinci.

Referències

- ACHÓN, J. (2021). «Projectes STEAM: aprenent per assaig i error». *Revista de Tecnologia* [en línia], núm. 9, p. 62-70. <<http://revistes.iec.cat/index.php/RTEC/article/view/File/149319/147020>> [Consulta: 18 febrer 2024].
- BUNGE, M. (2019). *Filosofia de la tecnologia*. Barcelona: Institut d'Estudis Catalans.
- CARBONELL, E.; SALA, R. (2002). *Encara no som humans*. Barcelona: Empúries.
- CIANCHI, M. (2004). *Las máquinas de Leonardo da Vinci*. Florència: Becocci.
- CIANCHI, C.; LAURENZA, D.; PEDRETTI, C. (2010). *Leonardo: Anatomía y vuelo*. Barcelona: Tikal.
- DA VINCI, L. (1491). *Leonardo interactivo: Códice Madrid II* [en línia]. Biblioteca Nacional de España. <<http://leonardo.bne.es/index.html>> [Consulta: 18 febrer 2024].
- (1493). *Leonardo interactivo: Códice Madrid I* [en línia]. Biblioteca Nacional de España. <<http://leonardo.bne.es/index.html>> [Consulta: 18 febrer 2024].
- (1505). *Vinci's codex on the flight of birds* [en línia]. <<https://airandspace.si.edu/exhibitions/codex/codex.cfm>> [Consulta: 18 febrer 2024].
- (2024). *e-Leo: Biblioteca leonardiana: Archivo digitale di storia della tecnica e della scienza* [en línia]. <<https://www.leonardodigitale.com/>> [Consulta: 18 febrer 2024].
- DIÉGUEZ, A. (2020). «Tres tópicos sobre la tecnología que conviene revisar». A: *The conversation* [en línia] (10 juny). <<https://theconversation.com/tres-topicos-sobre-la-tecnologia-que-conviene-revisar-140368>> [Consulta: 18 febrer 2024].
- GELB, M. J. (1998). *How to think like Leonardo da Vinci*. Nova York: Random House.
- HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, A. (2022). «La ignorancia tecnológica». A: NAVARRA, A.; RABADÀ, D. (2022). *La educación cancelada*. Palma de Mallorca: Ediciones Sloper.
- HERNÁNDEZ-FERNÁNDEZ, A. (ed.) (2015). *Tecnología, programación y robótica 3*. Barcelona: Casals.
- MASLOW, A. H. (1943). «A theory of human motivation». *Psychological Review*, núm. 50, p. 370-396.
- (1987). *Motivation and personality*. Boston, MA: Addison-Wesley.
- NICHOLL, C. (2005). *Leonardo: El vuelo de la mente*. Madrid: Taurus.
- ORTEGA Y GASSET, J. (1933). «Meditación de la técnica». A: ORTEGA Y GASSET, J. (2000). *Meditaciones de la técnica y otros ensayos sobre ciencia y filosofía*. Madrid: Alianza, p. 17.
- SAIZ, E. [et al.] (2017). *Joves Leonardo 2017* [en línia]. Vídeo resum del projecte. <<https://www.youtube.com/watch?v=DTVOhdbNnes>> [Consulta: 18 febrer 2024].
- TADDEI, M. (2010). *Los robots de Leonardo da Vinci*. Barcelona: Tikal.
- TADDEI, M.; ZANON, E. (2010). *Las máquinas de Leonardo*. Barcelona: Tikal.
- VALLS, X. (2009). «El rellotge al llarg del temps». *Sàpiens*, núm. 79 (maig), p. 46-49.
- WALLACE, M. (2014). *50 grandes ideas e inventos de Leonardo da Vinci*. Barcelona: Blume.