



Una mirada a l'Enginyeria de Disseny Industrial d'ELISAVA

Una Enginyeria que interpreta, projecta, representa i construeix

En aquest article s'exposen, es justifiquen i es posen en context els elements més destacats del model actual d'ensenyament dels estudis de Grau en Enginyeria de Disseny Industrial d'ELISAVA. Aquest model s'ha configurat gràcies a l'experiència acumulada al llarg dels dinou anys de docència d'aquests estudis d'Enginyeria¹ a la institució i a la capacitat de modular-los àgilment d'acord amb els canvis en els entorns social, econòmic, professional, tecnològic i industrial a escala mundial. L'anàlisi d'aquests entorns per part de l'equip acadèmic és preceptiu i proactiu, ja que s'entén que el perfil professional de l'enginyer de disseny industrial que el mercat demana és sensible als canvis que la societat, l'economia, la tecnologia i la indústria experimenten.

Del model d'ensenyament es destaca: la transmissió al futur enginyer d'un procés projectual àgil i creatiu que li permeti treure el màxim partit de totes les seves competències en l'exercici professional; la capacitat en l'expressió i en la representació pel

que fa al suport a la prospecció i a la comunicació del producte; el coneixement experimental de les tecnologies d'avantguarda, de la matèria i de les eines de simulació, i la visió d'empresa i de negoci.

El cos de l'article el constitueixen la presentació i la justificació de la implementació de cadascun d'aquests elements en el Grau en Enginyeria de Disseny Industrial d'ELISAVA. Tot seguit, s'il·lustra amb Treballs de Fi de Grau la convergència d'aquests elements en projectes d'Enginyeria de Disseny Industrial que prefiguren un professional amb cultura, capaç d'interpretar el moment, de representar simbòlicament i, per descomptat, de projectar i de construir.

Procés projectual per a l'enginyeria de disseny

Aportar solucions d'implementació real implica saber extreure la informació necessària del camp d'investigació que cal tractar i de les persones que el conformen. Tot això ha portat a un nou procés projectual des de l'enginyeria de disseny industrial

¹ L'Enginyeria Tècnica de Disseny Industrial es va començar a impartir a l'escola ELISAVA el curs 1997-98.

que ha fomentat el desenvolupament d'un perfil nou d'enginyer de disseny, dotat d'un coneixement multidisciplinari ampli i de qui s'espera que utilitzi les eines tècniques i metodològiques amb agilitat.

Segons l'especialització, l'enginyeria es pot definir de diverses maneres. En la definició d'enginyer de disseny es pot dir que l'enginyer de disseny és un professional capaç de visionar l'abast del projecte amb objectivitat i de generar, d'avaluar i de realitzar idees de manera creativa [Sheppard, 2003] i que té com a premissa dissenyar sobre la base dels criteris d'eficiència, de tècnica i d'estratègia a fi de resoldre problemàtiques pendents de resolució. Amb major detall, Clive afegeix: «L'enginyeria de disseny és un procés sistemàtic i intel·ligent en què els dissenyadors generen, avaluen i especifiquen conceptes per a dispositius, per a sistemes i per a processos, la forma i la funció dels quals satisfan els objectius dels clients, o les necessitats dels usuaris, alhora que compleixen un conjunt de restriccions» [Clive, 2006] [Dym, 2005]².

Els antecedents de procés en l'enginyeria de disseny es basen en un disseny d'enginyeria clar i consolidat, que consisteix en un procés en què es prenen decisions interactives, amb etapes divergents i convergents, i en el qual diversos grups multidisciplinaris de professionals treballen junts des del disseny conceptual fins al producte final. S'han proposat molts *workflows* (fluxos de treball) per al disseny d'enginyeria, però la majoria d'ells són similars al que es mostra a la figura 1 [Suran, 2015] [Pahl, 2007] [Ertas, 1996]. Aquest esquema és el punt de partida i el referent de treball en el procés d'enginyeria.

Pel que fa als antecedents del disseny per a la innovació es pren com a referent de valor el que Tim Brown (soci fundador d'IDEO) va definir, un procés denominat *Design Thinking* (raonament de disseny) que es basa en l'experiència dels casos d'èxit dirigits des d'IDEO [Brown, 2008]. Es determina que el major

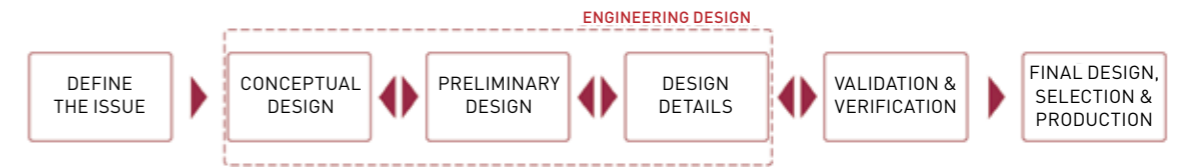
valor del procés del *Design Thinking* és entendre que es tracta d'un procés basat a innovar a través d'un disseny centrat en l'usuari i de la integració de l'estratègia de negocis com a part vital de les etapes de disseny. Aquest procés es descriu en tres espais principals: inspiració, ideació i implementació (figura 2).

Posteriorment, David Kelley (soci fundador d'IDEO), juntament amb Larry Leifer i amb Terry Winograd, van formar la *d.school Hasso Plattner, Institute of Design at Stanford*, on es va crear un programa acadèmic en què el procés per al *Design Thinking* es definia amb major detall (figura 3). Paral·lelament i conjuntament, el *Hasso-Plattner-Institute* va fundar la *HPI School of Design Thinking* a la Universitat de Potsdam, on també van definir el seu procés per al model acadèmic actual, un dels més considerats avui dia. En aquest cas, el procés del *Design Thinking* es defineix i es determina amb l'existència de diversos bucles iteratius entre els participants a través de sis fases (figura 4) [Steinbeck, 2011].

A l'observar la gran implementació d'aquests processos professionals en els models docents, es planteja la necessitat de definir com pot procedir l'acadèmia en què s'estan formant enginyers de disseny industrial a fi que es formin des del vessant més real i menys teòric, tot entenent que l'aprenentatge del disseny d'enginyeria és un procés cognitiu complex, divergent i convergent des d'una perspectiva de sistemes. S'entén com una metodologia projectual incipient, l'objectiu de la qual és unificar el llenguatge projectual de l'enginyer i del dissenyador per donar forma a l'Enginyer de Disseny. El dissenyador entén el procés des de múltiples nivells de components que interaccionen, ja sigui dins d'un sistema o bé connectats a d'altres sistemes. L'enginyer tendeix a resoldre problemes i a aportar solucions des de la ciència aplicada, principalment seguint models sistèmics [Dym, 2005].

A fi de definir gràficament el procés projectual aplicat des de l'Enginyeria de Disseny Industrial a ELISAVA, s'ha considerat important que es representin, des de les fases projectuals principals, les etapes bàsiques que les conformen, de manera que la representació del procés a través de la divergència i de la

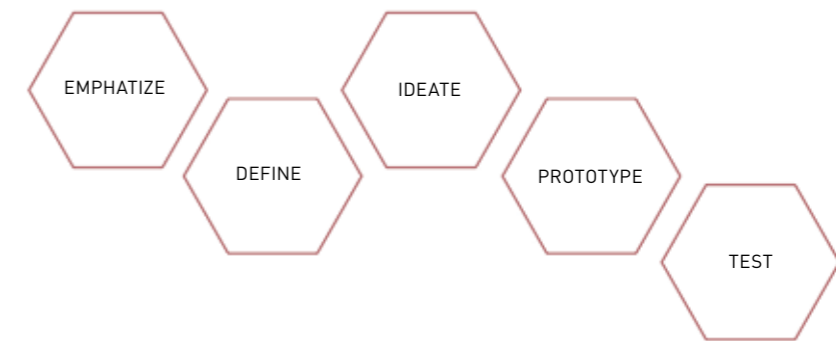
▼ Figura 1. Workflow en el procés d'una enginyeria.



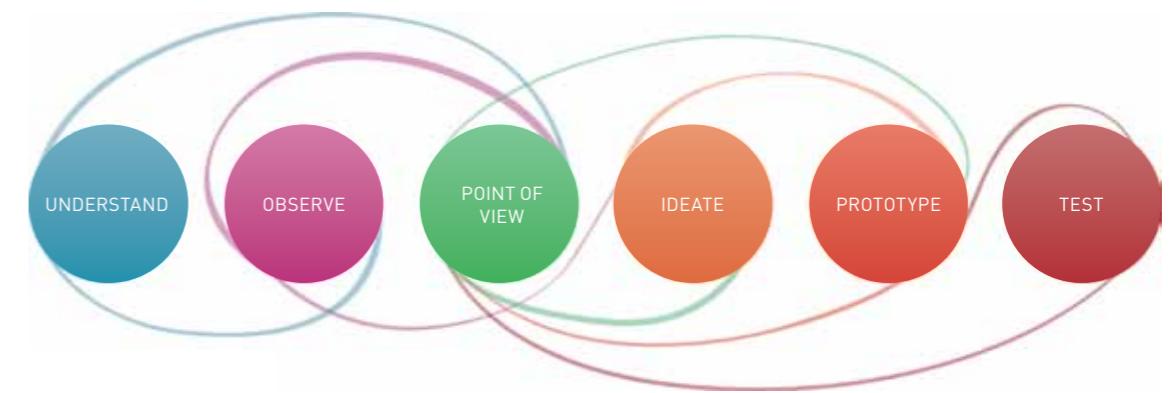
▼ Figura 2. Esquema de procés Design Thinking, IDEO, 2008.



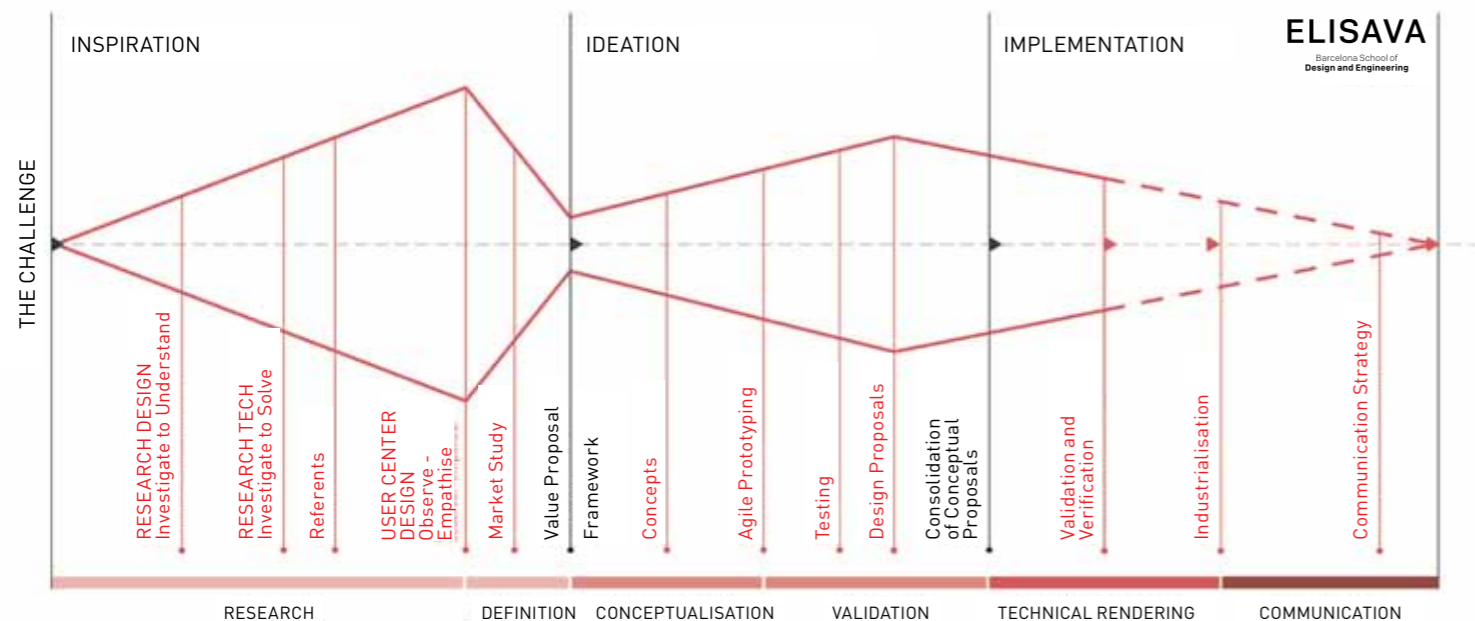
▼ Figura 3. Esquema de procés Design Thinking, a d.school Hasso Plattner, Institute of Design at Stanford, 2009.



▼ Figura 4. Esquema de procés a HPI School of Design Thinking Hasso Plattner, Potsdam University, 2009.



² Cita en l'idioma original: «Engineering design is a systematic, intelligence process in which designers generate, evaluate, and specify concepts for device, systems or processes whose form and function achieve clients objectives or users needs while satisfying a specified set of constraints.»



▲ Figura 5. Esquema de procés projectual a l'Enginyeria de Disseny Industrial a ELISAVA.

convergència de fases i d'etapes permeti entendre'l millor en la seva totalitat (figura 5).

En aplicar aquest procés de treball, és necessari saber que no és lineal, sinó cíclic, per etapes que convergeixen fins a la solució final (figura 6). De la mateixa manera, cal entendre que la informació que es genera en totes i cadascuna de les etapes del procés es converteix en un vincle entre les parts implicades, que l'han de conèixer i de respectar a fi de maximitzar l'eficàcia del procés.

El procés de treball definit per a l'Enginyeria de Disseny que s'ha plantejat en aquest article està enfocat a fomentar la innovació i té com a criteris d'acció el disseny centrat en les persones, la cerca de la proposta de valor i la diferenciació de solucions tècniques mitjançant l'ús de tecnologies d'avantguarda, de materials avançats i de la simulació paramètrica per a millorar l'eficiència tècnica.

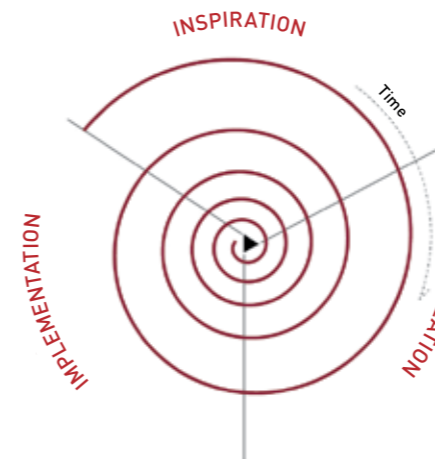
Aquest procés es defineix des d'un equip multidisciplinari professional i acadèmic, amb coneixements sòlids de conceptualització, de creativitat i de desenvolupament de producte amb l'objectiu d'investigar, d'observar i de comprendre les necessitats dels reptes plantejats per, finalment, proposar solu-

cions que aportin valor. Aquest model de treball es pot aplicar a diferents tipologies de projecte, i segons aquesta aplicació la implicació de cadascuna de les etapes projectuals pot ser major o menor.

INVESTIGACIÓ PER A LA INSPIRACIÓ DES D'UN REPTA

En el procés projectual, la investigació científica és bàsica per conèixer clarament el repte plantejat i necessària per a prendre decisions. Dins del procés projectual s'entén per **inspiració** l'etapa en què se cerca comprendre la problemàtica plantejada sobre un àmbit i un context definits. S'observen les necessitats de l'usuari, i s'hi empatitza, a fi de descobrir i de definir els *insights* (coneixements) que motiven la cerca de solucions per a un problema o per a una oportunitat. En aquest punt del projecte, és fonamental plantejar tècniques etnogràfiques, el concepte de *Human-Centered Design* (disseny centrat en les persones) [IDEO, 2015] i la cocreació per tal de comprendre la problemàtica i la usabilitat del producte i d'empatitzar-hi.

Des de la investigació tecnològica se cerca definir les possibilitats i les oportunitats de creació mitjan-



▲ Figura 6. Esquema de línia temporal en la dedicació per fases.

çant el coneixement d'elements i de sistemes tecnològics, així com la comprensió de la matèria i el seu processament com a valor d'inspiració en possibles vies d'aplicació.

Un cop comprès tot això, es fomenta la cerca de referents estètics, formals o tècnics que serviran per a crear un marc de treball més proper al requerit. Per assolir la inspiració, calen diverses coses: realitzar un ampli estudi de mercat en l'àmbit sol·licitat i anàlisi dels requisits de disseny, comptar amb competidors i detectar les oportunitats de mercat. Per comprendre el context s'estudien els contextos sociotecnològic i sociocultural i es defineixen els referents històrics del producte sotmès a investigació.

Un cop investigats i compresos aquests paràmetres es poden definir els *insights*, que creen la base del *framework* (marc) propi per a la ideació i per plantejar una proposta de valor adequada al repte del projecte. El *framework* del projecte es conforma un cop preses les decisions necessàries, basades en la investigació, a fi de definir els requisits de disseny previs a les primeres idees conceptuals.

La **proposta de valor** es defineix a partir d'una *research* (investigació) exhaustiva de la problemàtica plantejada, de la comprensió de les necessitats reals de l'usuari i del coneixement obtingut de l'estudi de mercat i dels competidors. Gràcies a aquesta propos-

ta, l'atenció se centra en quin producte o servei cal realitzar, en quina problemàtica es pretén resoldre, en el públic objectiu i en com es planteja una proposta diferenciadora en el mercat. La definició de la proposta ajuda a elaborar el *framework*, en què s'inclouen els requisits del projecte, la base per a afrontar-lo amb èxit, en tota la seva magnitud i globalitat.

IDEACIÓ PER A CONCEPTUALITZAR PROPOSTES INNOVADORES

La **ideació** és l'etapa en què es generen, es desenvolupen i es proven idees que poden conduir a solucions conceptuals. En aquesta fase del projecte, cal tenir una actitud creativa i imaginativa. Gràcies al procés creatiu es proposen possibles conceptes que donin resposta al repte plantejat. Mitjançant l'etapa de prototipatge àgil se cerca idear i «pensar amb les mans»; per aquest motiu, s'hi fan servir tècniques de representació, de comunicació i de formalització àgil. Al mateix temps, permet contrastar amb l'usuari una idea de manera eficaç amb la intenció d'apropar-se al màxim a propostes conceptuals finals, d'entre les quals, un cop validades, se seleccionaran les millors per desenvolupar-les.

Quan la proposta comença a estar definida en termes d'usabilitat, de funcionalitat, de formalització i de definició de detalls constructius i viables, la ideació s'aproxima a la implementació. En aquest punt del projecte, cal que l'enginyer de disseny, mitjançant eines d'expressió gràfica, comuniqui les dades de forma, de funció i d'usabilitat, tingui present la selecció dels materials i dels processos industrials més adequats per a la viabilitat del concepte plantejat i utilitzi tecnologies de simulació paramètrica per dur a terme els càlculs necessaris per a validar el funcionament tècnic i ergonòmic, així com l'avaluació del cicle vital del producte i de les seves empremtes ambiental, social i econòmica. Al mateix temps es treballa amb diferents tipologies d'assajos mecànics, de prototipatge físic i de simulació virtual per a les proves tècniques i per a la consolidació de la proposta final que cal implementar.

IMPLEMENTACIÓ D'UNA PROPOSTA DE DISSENY AMB GARANTIA D'ÈXIT

En l'etapa d'**implementació**, el projecte s'executa tècnicament en detall per fer-ne una industrialització correcta. Es validen les normatives industrials, i es defineix el plec de condicions. Gràcies a l'ús de programes de simulació mecànica i estructural es consoliden els càlculs finals i es milloren les variants detectades als càlculs inicials. Mitjançant l'ús d'eines de representació es prepara tota la documentació industrial en què s'expliquen tècnicament components i grups d'acoblament, seqüències de muntatge, processos i logístiques de la indústria. Paral·lelament es defineixen els costos finals, alhora que es valoren els components, la logística i els recursos.

És vital que es prepari correctament la planificació de producció industrial (PRP) vinculada a tot l'ecosistema de proveïdors i a la manufactura del projecte. Es determinen cadascun dels actors del procés requerit a fi que la implementació en el mercat tingui èxit.

Per dur a terme la implementació, cal tenir coneixements d'industrialització, però és fonamental conèixer la gestió del disseny, així com desenvolupar la capacitat de comprendre la indústria i el mercat per poder gestionar la proposta de disseny i garantir que arribi al mercat. També és necessari ser capaç de tenir una visió interdepartamental en empreses i visionar l'abast del projecte amb objectivitat. En aquesta fase del projecte, és imprescindible disposar de coneixements legals, de normatives industrials i de patents, així com dels condicionants de l'entorn a escala local i mundial.

La implementació conclou quan s'apliquen les estratègies de comunicació que permeten comprendre la proposta, així com l'aportació de valor al mercat.

És en aquest punt quan la globalitat del projecte realitzat es fa palesa. És el moment d'entendre si una idea s'ha pensat i s'ha desenvolupat correctament, o si s'ha perdut valor en alguna part del procés de disseny d'enginyeria. La implementació defineix la capacitat de l'enginyer de disseny d'innovar al llarg de tot el procés i valida si ha estat capaç de comprendre la problemàtica plantejada per a una proposta de so-

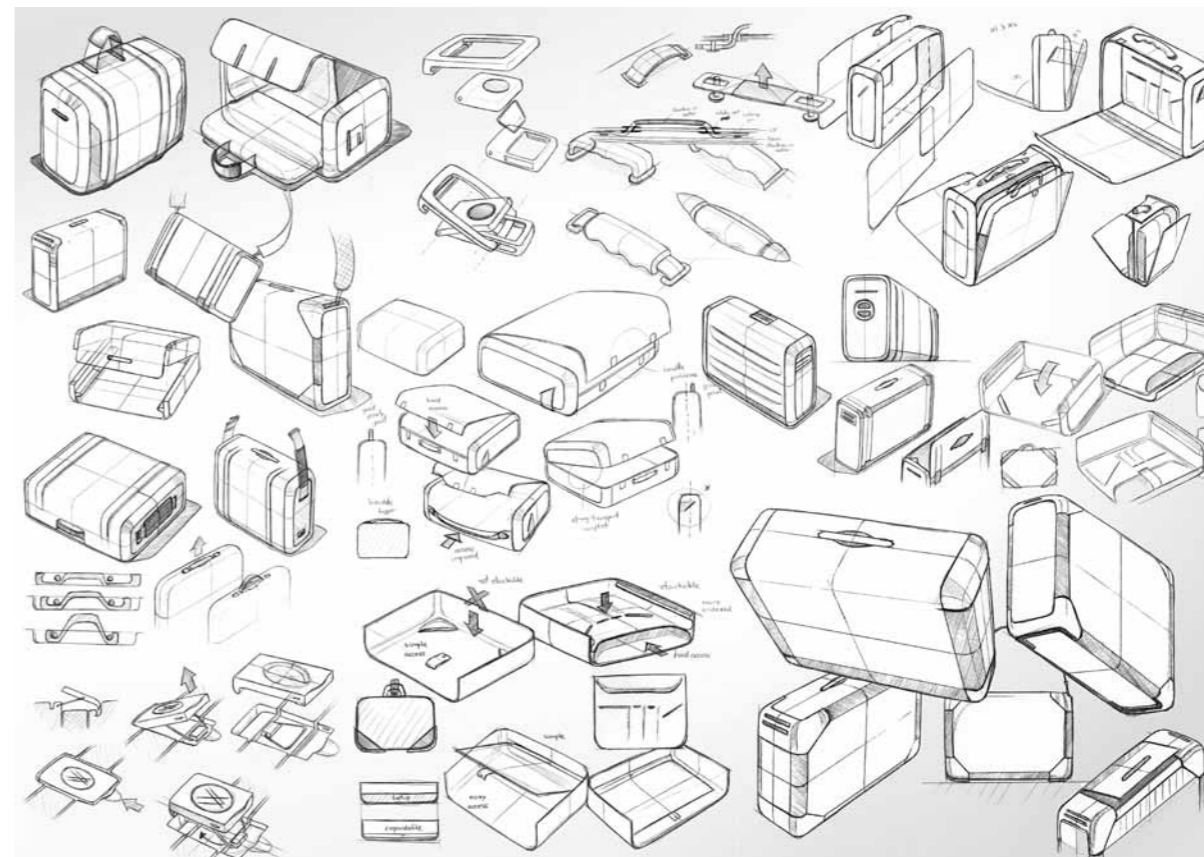
lució apropiada per a les necessitats de l'usuari i d'assegurar-ne una industrialització adequada. Aquests sistemes de validació permeten aproximar-se a un resultat d'èxit en el mercat.

Expressió i representació: prospecció i comunicació

La capacitat de l'enginyer en l'expressió i en la representació del producte és bàsica, ja que dona suport a tot el procés projectual i a la comunicació del producte.

És fonamental aconseguir que els futurs enginyers consolidin els coneixements de geometria i potenciïn la capacitat d'observació. Al Grau en Enginyeria de Disseny, el procés s'inicia amb el dibuix a mà alçada, una fase en què bàsicament es dibuixen productes en sistema dièdric i en perspectiva cònica (tècnica de l'esbós). L'aprenentatge de l'esbós és metòdic i permet als alumnes controlar un procés efectiu d'expressió del producte [Eissen, 2011] (figura 7). Posteriorment es treballa el modelatge digital en sistema dièdric mitjançant una eina CAD 2D (l'AutoCAD d'AutoDESK).

En la realització del projecte tècnic, la construcció del model digital 3D paramètric del producte complet permet treballar l'ajust estàtic de les parts que el conformen i també constitueix la base de simulació del funcionament del producte, tal com es veurà a l'apartat de Simulació de producte. Del model digital es pot obtenir de manera gairebé immediata un model imprès en 3D, que s'utilitza per a verificar la bondat del volum, per a realitzar determinats ajustaments de peces, per a tenir una visió realista del conjunt i per a construir prototips. Un model digital 3D depurat permet generar la documentació tècnica que s'ha de compartir amb les contraparts que intervenen en les fases d'industrialització del producte, especialment els proveïdors i els responsables de línies de producció, de qualitat i de logística. A partir del model 3D també es genera la informació necessària que cal incloure als manuals d'ús del producte, així com sobre els processos de desunió o d'especejament i sobre la reutilització o el reciclatge dels seus components.



▲ Figura 7. Esbossos del projecte VIATOR.

Avui dia, i en la majoria dels sectors industrials, els plànols del projecte, definitius i homologats, són el document sobre el qual treballen totes les parts que intervenen en la industrialització del producte. És, per tant, ineludible que l'enginyer de disseny industrial domini la formalització del dibuix tècnic amb els codis propis de la normativa i la representació de l'objecte des d'una perspectiva geomètrica, mètrica i de funcionalitat, sense deixar de considerar-ne el procés de fabricació, la tecnologia, el muntatge i l'especejament final.

En l'enginyeria d'ELISAVA, el futur professional s'instrueix en el modelatge 3D digital en entorns CAD paramètrics i en el domini de la comunicació del producte mitjançant plànols basats en la normativa, tant en un entorn CAD purament 2D com en entorns CAD 3D-2D paramètrics. Amb aquests últims, primer es modela en 3D i, posteriorment, es realitzen els plànols sobre la base de les projeccions dièdriques que el sistema ha generat de manera automàtica.

En els entorns CAD 3D, el model digital es pot renderitzar, un fet que permet treballar-hi diferents

opcions d'acabats i crear-hi contextos d'ús, amb una aparença summament realista, que es poden utilitzar en la comunicació del producte.

Tecnologies d'avantguarda: integració i connectivitat

Els avenços tecnològics dels darrers 20 anys han estat fonamentals perquè conceptes com ara *Embedded Technology* (Tecnologia Integrada), *Virtual Reality* (Realitat Virtual), *Augmented Reality* (Realitat Augmentada), *Ubiquitous Computing* (Informàtica Ubiqua) i un llarg etcètera s'associïn de manera implícita, ja des d'ara mateix, al disseny de producte. La tecnologia, a causa del seu alt nivell d'integració i abaratiment, s'està incorporant fàcilment en productes quotidians.

Actualment, la tecnologia és un paràmetre més que cal considerar a l'hora de crear un producte. Productes de sectors tan amplis i diversos com ara l'automoció, l'esport, la salut, el lleure i els electrodomèstics ja no s'entenen sense la tecnologia integrada que inclouen (*Embedded Technology*).

La *Virtual Reality* (sistemes immersius multi-sensorials amb resposta en temps real), i la seva germana petita la *Augmented Reality* (modificació de la percepció de la realitat en temps real), han entrat a les nostres llars a través del lleure (Wii, Kinect, etc.) [Roudavski, 2010], però també s'han implantat en molts d'altres àmbits [Behringer, 1999] [Lee, 2012] [Liao, 2010] [Ong, 2010] i han implicat tots els productes relacionats amb el seu ús.

La denominada *Internet of Things* (IoT) (Internet de les coses) és l'actualitat del concepte *Ubiquitous Computing* que Marc Weiser va definir el 1988 (Weiser, 1991): «informàtica ubiqua, o l'era de la tecnologia calmada, quan la tecnologia s'esvaeix al fons de les nostres vides.» Weiser tenia una visió de dispositius barats, petits, robustos i connectats en xarxa, que abasten tots els àmbits de la vida quotidiana, i l'IoT s'està convertint en això mateix.

Tot aquest entorn tecnològic està propiciant una autèntica revolució: incrementar les funcionalitats de productes ja concebuts i abordar necessitats sense resoldre o resoltas amb poca eficiència. D'una manera implícita, estan sorgint nous paradigmes d'interacció entre les persones i els productes.

Els enginyers de disseny industrial tenen al davant aquest immens panorama creatiu. És important que coneguim les possibilitats que ofereixen les noves eines tecnològiques, de maquinari i de programari, i que disposin de capacitats per treballar amb elles i obtenir-ne el màxim profit.

El desenvolupament de projectes en entorns *Open Source* (codi obert), de tecnologies molt assequibles o simplement gratuïtes, tant de programació com d'electrònica, amb les seves comunitats de creatius que comparteixen experiències i solucions, permet als alumnes del Grau en Enginyeria de Disseny Industrial obtenir una capacitat molt bona per a controlar les tecnologies noves.

PROGRAMACIÓ D'ENTORNS DE REALITAT VIRTUAL

La informàtica és una matèria bàsica en els plans dels graus en Enginyeria de Disseny Industrial. En l'Enginyeria d'ELISAVA, l'objectiu és capacitar el futur enginyer en el disseny i en la programació d'aplicacions informàtiques que li permetin experimentar els conceptes d'interacció entre persones i productes, de disseny d'interfícies, d'UX (*User Experience*) (experiència de l'usuari) i d'usabilitat. Les aplicacions de *Virtual Reality* són idònies per a treballar aquests conceptes, però a més capaciten el futur enginyer en l'ús d'equipament de tecnologies avançades.

(Informàtica, 2014) és la referència d'un vídeo en què es recullen diverses aplicacions de *Virtual Reality*, amb interacció en primera persona a escala 1:1 (interacció directa de tot el cos de l'usuari amb l'objecte digital) [Parés, 2013] i amb suport de tecnologia de Visió Artificial [Moute, 2011]. Les aplicacions que es mostren s'han realitzat en Processing, però el futur enginyer també treballa en l'entorn UNITY, amb el llenguatge de programació C#. Aquest entorn permet desenvolupar altres models d'interacció (per exemple, *Augmented Reality*) amb els quals es poden utilitzar diverses tecnologies, com ara les tauletes, els mòbils, LeapMotion o KINECT.

INTEGRACIÓ DE TECNOLOGIA EN EL PRODUCTE

A fi d'iniciar-se en la integració de tecnologia en el producte, el futur enginyer de disseny treballa amb l'Arduino, un sistema assequible i senzill que li permet crear productes interactius.

L'Arduino es basa en un microprocessador programable mitjançant un llenguatge d'alt nivell, molt semblant a Processing, que pot operar amb una gran varietat de sensors i d'actuadors i amb elements de comunicació. Aquest fet permet crear tant productes que interaccionen amb l'usuari com productes que interaccionen amb d'altres productes, és a dir, desenvolupar aplicacions de l'*Internet of Things*.

El projecte L8266 [Parodi, 2015] és un exemple de producte interactiu que unes alumnes d'Enginyeria d'ELISAVA han realitzat amb l'Arduino. Es tracta

d'un objecte que, davant la presència de xarxes Wi-Fi, reacciona i modula la seva emissió de llum.

Experiències a través de la matèria

En la infraestructura material del món actual, podem trobar una gran diversitat de materials impulsats en gran mesura pels avenços en la tecnologia. L'avenç tecnològic dels materials i les millores en les tecnologies de manufactura han estat factors decisius per al desenvolupament de producte i han afectat les decisions que l'enginyer de disseny ha de prendre sobre l'ús de materials. De la mateixa manera, els nous materials emergents, juntament amb l'augment de la demanda d'adoptar un discurs de sostenibilitat en què s'inclou el vector ambiental, plantegen a l'enginyer de disseny un repte continu pel que fa a les seves competències en selecció de materials [Karana, 2015].

Tres de les oportunitats clau en l'experiència amb els materials són: ésser un potencial per crear sensacions i emocions, aconseguir experiències dinàmiques i assolir experiències personalitzades.

DE LES PROPIETATS TÈCNiques A LES SENSORIALS

La funcionalitat d'un producte no és l'únic factor que, avui dia, determina el consum, sinó que està augmentant l'interès pel seu vessant més intangible, per les seves propietats emocionals, com ara que sigui modern, honest o sofisticat [Karana, 2009]. Els materials tenen un caràcter morfològic: són funció, expressió i estructura. Algunes persones comparen els materials amb les paraules, i el nostre vocabulari és més ric en materials com major sigui el nombre de solucions que puguem arribar a expressar [Alesina, 2010]. En la actualitat, existeixen més de 160.000 materials comercials diferents [Ashby, 2007]. Això fa que el coneixement que se'n té sigui generalment abstracte i es basi en fitxes tècniques. Tanmateix, hi ha un interès creixent per aquest costat intangible, emocional i de significats dels materials [Karana, 2009].

En aquest procés es proposa una aproximació als materials en què els coneixements tècnics i emocionals es combinen. Això porta a trobar formes noves

d'experimentar en el disseny industrial, mitjançant la col·laboració amb centres de materials com ara Materfad, on disposen d'una base física de dades de més de 5.000 materials innovadors [Peña, 2008]. La imatge del material i els nombrosos referents a algunes de les seves propietats físiques ja no són suficients. Materfad cobreix la necessitat de poder tocar, olorar, escoltar i sentir els materials.

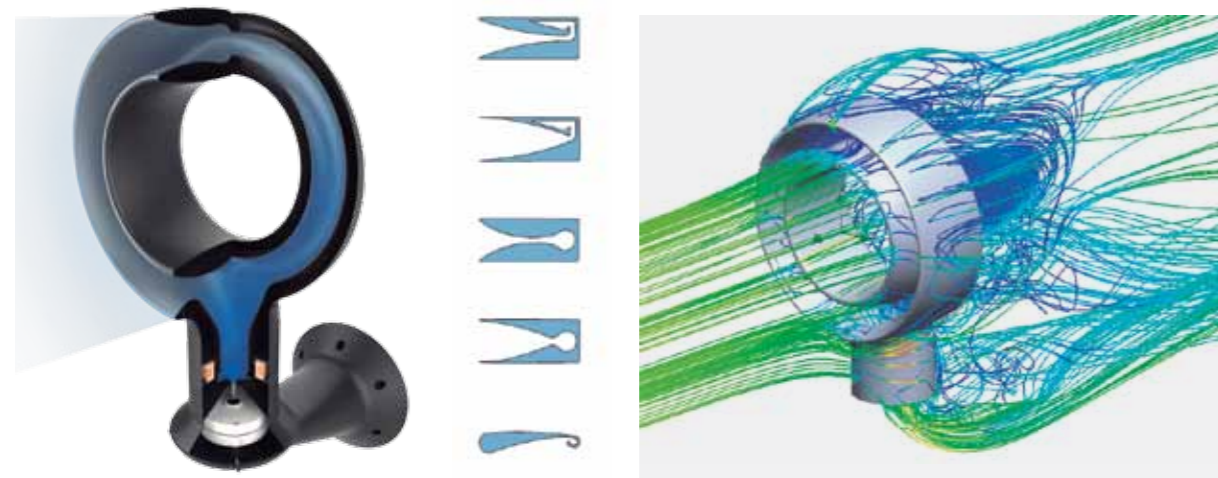
EXPERIÈNCIES DINÀMIQUES

En les experiències dinàmiques, els materials funcionals o intel·ligents tenen un paper important per la seva capacitat de transformar l'energia, d'adaptar-se a l'entorn o de canviar-ne les propietats davant estímuls externs. A més de la seva funció passiva, també realitzen una acció activa, com ara canviar de forma, de color o de propietats físiques, per exemple per la intervenció humana. Deixen de ser un objecte estàtic per esdevenir quelcom dinàmic que reacciona amb l'entorn. Les seves característiques desconegudes, úniques, tenen un gran potencial per sorprendre, per provocar una experiència estimulants, si es fan servir en un context adequat [Rodríguez, 2014]. És molt complicat estandarditzar les propietats dels materials funcionals, per la qual cosa l'enginyer de disseny ha d'experimentar amb ells per entendre'n millor el funcionament i, així, poder utilitzar-los en el desenvolupament dels seus projectes. A ELISAVA, els futurs professionals tenen l'oportunitat d'experimentar amb aquests materials a través de pràctiques de laboratori.

EXPERIÈNCIES PERSONALITZADES

En una era d'abundància de productes manufacturats, en què la gent cerca maneres de personalitzar les seves pertinences i de fer-les úniques, l'avenç tecnològic ofereix l'oportunitat de crear experiències personalitzades amb els materials i amb l'autoedició de productes de disseny. Els avenços tecnològics donen a l'enginyer de disseny l'oportunitat, a partir de la fabricació additiva (producció d'un objecte tridimensional mitjançant la superposició de capes successives de material), de forçar els límits de la matèria sota la premissa «puc fabricar tot allò que sóc capaç d'imaginar».

³ Processing i C# són llenguatges d'alt nivell, complets, senzills i de gran potència, que disposen de sengles entorns de desenvolupament, i els utilitza una extraordinària comunitat de desenvolupadors.



▲ Figura 8. Projecte OXO. Optimització de la secció mitjançant simulació fluiddinàmica.

Simulació de producte

La fase de desenvolupament d'un producte és cada cop més exigent pel que fa a la necessitat de reduir el temps de realització del prototipus final, ja que aquesta reducció de temps repercuteix directament en els costos associats al projecte. Per aquest motiu, cada cop és més imprescindible utilitzar les eines de simulació (estructural, dinàmica, cinemàtica, ergonòmica, tèrmica, fluiddinàmica, etc.) per a validar de manera àgil les diferents etapes de desenvolupament de producte.

A les empreses en què la simulació i les tecnologies d'impressió 3D es fan servir com a eines habituals en el disseny i en l'enginyeria de producte, els costos de desenvolupament tècnic del producte es redueixen considerablement, i això els permet ser més competitives en el seu entorn. La transformació que s'està experimentant és un salt qualitatiu important, de manera que les empreses que no apostin clarament per aquestes noves tecnologies CAx (CAD/CAM/CAE)⁴ difícilment poden oferir productes amb un preu competitiu al mercat i, al mateix temps, posen en risc a continuïtat de la pròpia empresa.

El futur enginyer de disseny ha de conèixer les tecnologies d'anàlisi multifísica, basades en el mètode d'elements finits (FEM)⁵, i ha de posar un èmfasi especial en la interpretació i en l'avaluació dels resultats. La simulació estructural, que permet avaluar i fer estimacions fiables de valors de forces, de tensions i de deformacions d'una peça o d'un producte sotmesos a unes sol·licitacions i a unes restriccions de contorn i a unes càrregues estàtiques o dinàmiques,



▲ Figura 9. Projecte OXO. Simulació estructural. Càlcul de les tensions i de les deformacions en aplicar les càrregues.

4 CAx: Tecnologies Assistides per Ordinador, CAD: Disseny Assistit per Ordinador, CAE: Enginyeria Assistida per Ordinador, CAM: Manufactura Assistida per Ordinador.

5 Mètode d'Elements Finitos.

ques, hi té un paper destacat. D'aquesta manera es prenen decisions importants, com ara el disseny de la forma d'un nervi, el radi mínim de connexió entre superfícies, el gruix d'una peça o l'elecció del material en funció del coeficient de seguretat requerit.

El fet de poder calcular les tensions que es produeixen en una peça o en un conjunt de peces, a les quals s'apliquen unes càrregues i unes condicions de contorn determinades, permet validar ràpidament si el disseny del producte és l'adequat, ateses la seva resistència estructural i les deformacions existents.

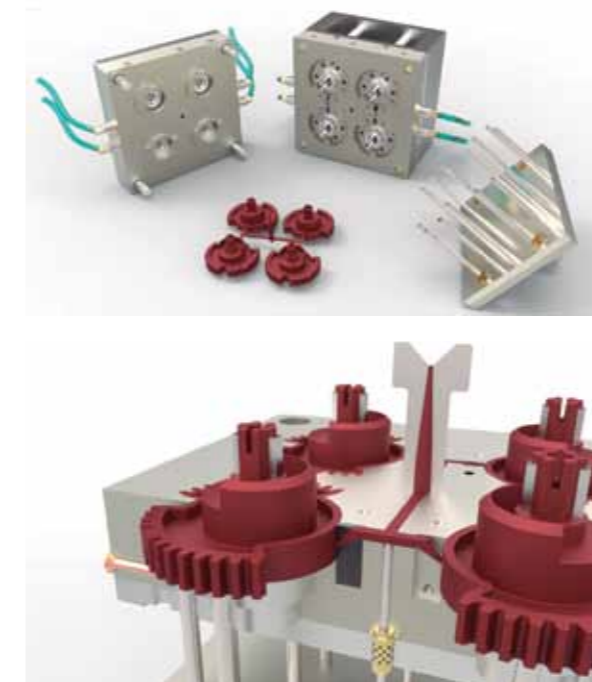
En el projecte OXO, en què s'ha desenvolupat un sistema de generació d'energia eòlica per a embarcacions, trobem un exemple d'aquesta metodologia. A la figura 8 s'aprecia l'estudi fluiddinàmic realitzat, en què les simulacions del comportament de les trajectòries de l'aire, així com de les pressions i de les possibles turbulències generades, són factors imprescindibles per a decidir la secció d'entrada de l'aire i la forma més adequada de canalitzar-lo i, així, poder minimitzar les pèrdues de pressió i obtenir un ren-

diment elevat a l'hora de generar energia elèctrica eòlica.

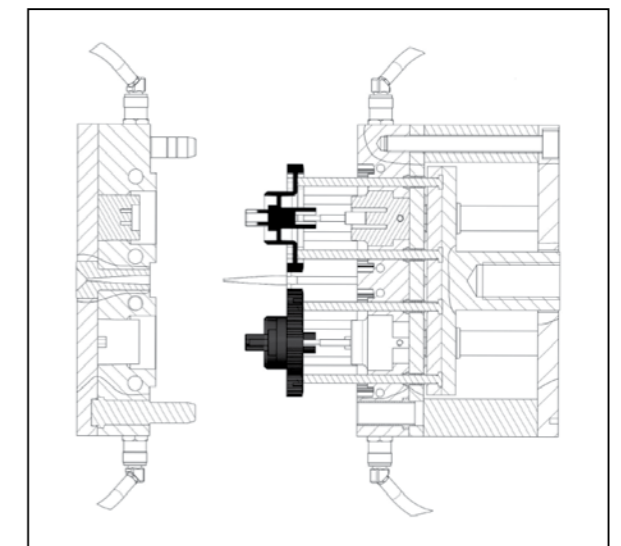
La simulació estructural, permet calcular les tensions i les deformacions que les peces més sol·licitades suporten, a fi d'optimitzar el material i d'obtenir coeficients de seguretat apropiats per a les condicions de contorn màximes. Per això, és necessari emmallar adequadament la peça o el conjunt que cal analitzar, perquè els resultats del càlcul estructural s'aproximin tant com sigui possible a les sol·licitacions reals del producte. També cal que l'estimació de les forces màximes aplicades i del tipus de restricció als enllaços de les diferents peces es realitzi mitjançant una anàlisi detallada del producte real.

A més, les eines de simulació del procés d'injecció de materials plàstics ajuden a decidir variables, com ara el nombre de cavitats d'un motlle, la posició del punt d'injecció, la pressió necessària per a omplir correctament un motlle o el temps del cicle d'injecció. D'altra banda, les simulacions cinemàtica i dinàmica permeten analitzar les posicions, les velocitats, les acceleracions i el càlcul de les forces de reacció a les diferents posicions característiques i crítiques del funcionament d'un mecanisme.

Gràcies a la integració d'aquestes tecnologies CAx en el procés de disseny, l'enginyer pot replan-



▲ Figura 10. Projecte de Motlle d'Injecció de 4 cavitats.



tejar la definició del producte i estimar com es comporta davant de sol·licitacions d'ús definides. La integració de les tecnologies de simulació en el procés de disseny no només ofereix una millora directa del producte obtingut, sinó que també redueix la inversió en prototipatge i el *time-to-market* del producte.

El repte de l'enginyer de disseny industrial consisteix a saber integrar els diferents aspectes funcionals, ergonòmics i formals del producte amb el coneixement dels diversos condicionants tècnics a fi d'arribar a una solució formalment atractiva, però alhora viable en termes industrials.

D'aquesta manera, resulta imprescindible conèixer les eines de simulació, així com les tecnologies de fabricació noves, i interpretar correctament els resultats obtinguts. El resultat d'aquesta integració és un redisseny àgil i eficaç que porta a obtenir una solució òptima per a fabricar el producte.

Visió d'empresa i de negoci

En el panorama economicosocial actual, derivat de la crisi profunda que s'ha patit a tot el món a partir de finals del 2008 [UN, 2011], és un valor que el futur enginyer de disseny desenvolupi un perfil emprenedor, no només amb l'objectiu d'endegar un projecte propi d'empresa. La competitivitat a escala internacional [Braun, 2005] imprimeix en les empreses la necessitat de comptar amb perfils professionals capaços de generar estratègies àgils que n'assegurin l'èxit i la continuïtat en el teixit industrial mundial.

L'enginyer de disseny ha d'entendre i de gestionar els factors de creativitat, de coneixement, d'innovació i de capital intel·lectual i material de l'empresa, així com la visió de l'empresa en qüestió. Per tant, necessita eines que li permetin interpretar els entorns econòmic, social i industrial. Ha de ser capaç d'estimar, des de l'inici del projecte [Ries, 2011], la viabilitat del producte industrial que cal desenvolupar mitjançant l'avaluació no només dels aspectes tècnics i d'ecosostenibilitat (visió de tot el cicle vital), sinó també econòmics, productius i comercials.

A ELISAVA es considera que generar el pla de negoci per a un producte o servei és un projecte que permet al futur enginyer encarar la seva inserció al

món empresarial amb altes capacitats. En realitzar aquest projecte, el futur professional ha d'avaluar i de validar hipòtesis d'idees de producte i les necessitats que cobreix a través de l'estudi de les seves oportunitats de negoci en els entorns macroeconòmic, microeconòmic i de competència, de definir el posicionament i la percepció de valor del producte (pla de màrqueting), d'analitzar les implicacions industrials i d'organització de l'empresa a fi d'optimitzar activitats i recursos (humans i materials) i d'abordar les dimensions econòmica i financera, en què destaquen l'establiment d'un pla d'inversió i el tipus de finançament a què es recorre, tot plegat dins del marc jurídic actual.

Resultats obtinguts

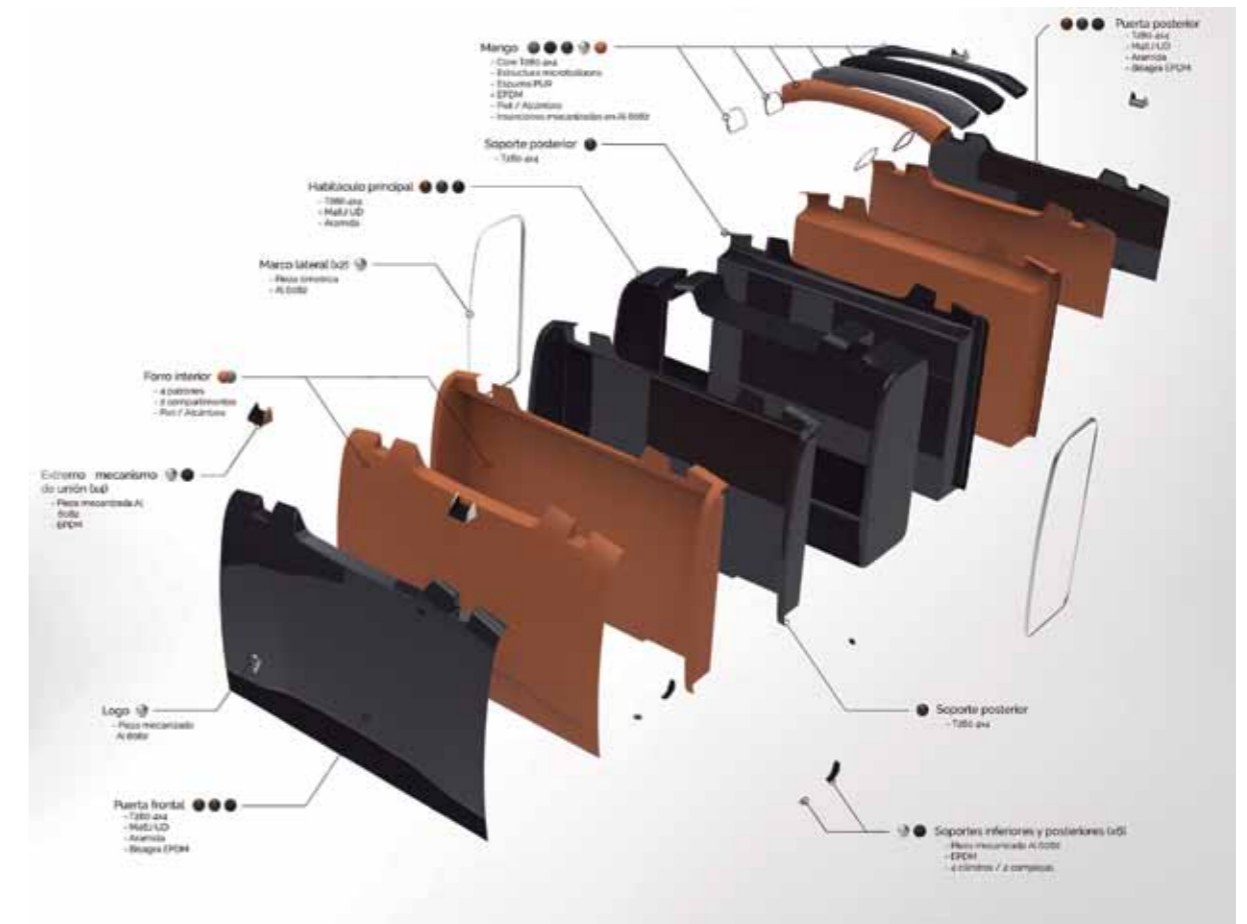
En el procés projectual de l'Enginyeria de Disseny Industrial d'ELISAVA, l'empresa s'ha incorporat com a interlocutora i catalitzadora en la validació dels resultats, amb l'objectiu final de donar un salt qualitatiu i quantitatiu en el disseny i en el desenvolupament de producte. Aquest fet possibilita que els alumnes puguin participar en projectes reals d'empresa i facin créixer l'excel·lència en el seu procés d'aprenentatge.

VIATOR

Viator és un maletí especialitzat per al sector *business* (empresarial), fabricat amb materials d'alta qualitat com ara fibra de carboni, pell i alcàntara. L'objectiu del projecte és llançar al mercat un accessori de viatge molt funcional, estètic i lleuger.

En aquest projecte s'han posat en pràctica les competències adquirides d'expressió i de representació. A la figura 7 es mostren alguns esbossos de propostes exploratòries de diverses opcions de geometria i de sistemes de tancament i de subjecció del projecte Viator. A la figura 11 també es pot apreciar com la renderització del model digital del maletí ha permès treballar-hi diferents opcions d'acabat amb una aparença summament realista.

Des del punt de vista dels materials, Viator és un exemple de projecte en què es combina l'ús de les propietats tècniques i emocionals. En aquest producte, la fibra de carboni es deixa a la vista per con-



▲ Figura 11. Imatges de renderitzacions i del prototipus final del projecte Viator.

notar professionalitat i *high-tech* (alta tecnologia) i per emfatitzar-ne l'alt nivell d'enginyeria. Aquestes propietats emocionals deriven del fet que es tracta d'un material resistent, lleuger, durador i robust.

En el desplegament d'aquest projecte s'ha col·laborat amb les empreses Exploded View i Magma Composites pel que fa a l'assessorament i a la validació del disseny, al desenvolupament de peces fetes amb materials compostos i a la realització del prototipus funcional.

Com a visió d'empresa i de negoci, i atès que es tracta d'un producte amb futur comercial, ha estat necessari crear una marca i un nom que el defineixi: *The Carbon Maker*. En aquest projecte també és interessant destacar que de l'estudi de costos del primer escandall de peces s'ha derivat un preu de venda



al públic molt superior a l'adequat per al sector de mercat al qual el seu pla de màrqueting vol accedir. Aquest fet ha portat a refer el projecte tècnic: s'ha canviat el material d'algunes peces (marcs laterals) i s'ha simplificat un conjunt de peces (mecanisme

d'unió per passat de centres) a fi d'abaratir els costos variables.

OXO

El Projecte OXO és la resposta a la creació d'un sistema de generació d'energia minieòlica. En el seu plantejament inicial, el producte es dissenya i es desenvolupa per atendre les necessitats energètiques de les embarcacions que participen a la Barcelona World Race, tot i que també es podria utilitzar en altres àmbits en què calgui obtenir energia eòlica. En aquest projecte s'ha donat solució a tres aspectes essencials: l'optimització de les formes més eficients del miniaerogenerador a fi d'aconseguir rendiments elevats, el disseny i el desenvolupament del suport amb què es fixa a l'embarcació i l'estudi de la canalització del sistema elèctric.



▲ Figura 12. Projecte OXO. Renderitzacions de producte final.

Per tal de realitzar aquest producte, ha estat necessari incloure-hi una sèrie d'assajos empírics, de simulacions de comportament de fluids i de càlculs estructurals amb eines CAE, que han anat modelant el seu aspecte i, sens dubte, han ajudat a prendre la majoria de les decisions tècniques i formals.

A l'estudi de referents també ha estat clau l'anàlisi del disseny provocador dels ventiladors Dyson, que ha estimulat els autors a aconseguir una solució robusta, però que compleixi les condicions formals



▲ Figura 13. Projecte OXO. Components esclatats del producte.



▲ Figura 14. Imatges de comunicació de Morph. Fotografia proporcionada per kiwibravo, www.kiwibravo.com

necessàries perquè la trajectòria de l'aire sigui l'adequada en termes energètics.

En la realització d'aquest projecte han col·laborat diverses empreses i entitats, com ara l'empresa Navitas Paradigma (empresa especialitzada en l'àmbit de les energies renovables), la Fundació de Navegació Oceànica de Barcelona (organitzadora de la Barcelona World Race), el FabLab de les Corts, l'Ajuntament de Barcelona i, finalment, l'estudi de disseny Fàctil. En l'Enginyeria de Disseny d'ELISAVA, la col·laboració amb empreses i amb entitats en els Treballs Finals de Grau és un aspecte vital i imprescindible que ajuda a donar viabilitat i, sobretot, a validar les solucions finals presentades.

MORPH

Morph és una pròtesi mioelèctrica de mà per a amputats transradials de baix cost (figura 14). Aquest Treball de Fi de Grau s'ha realitzat en el marc de col·laboració entre ELISAVA i LEITAT Technological Center.

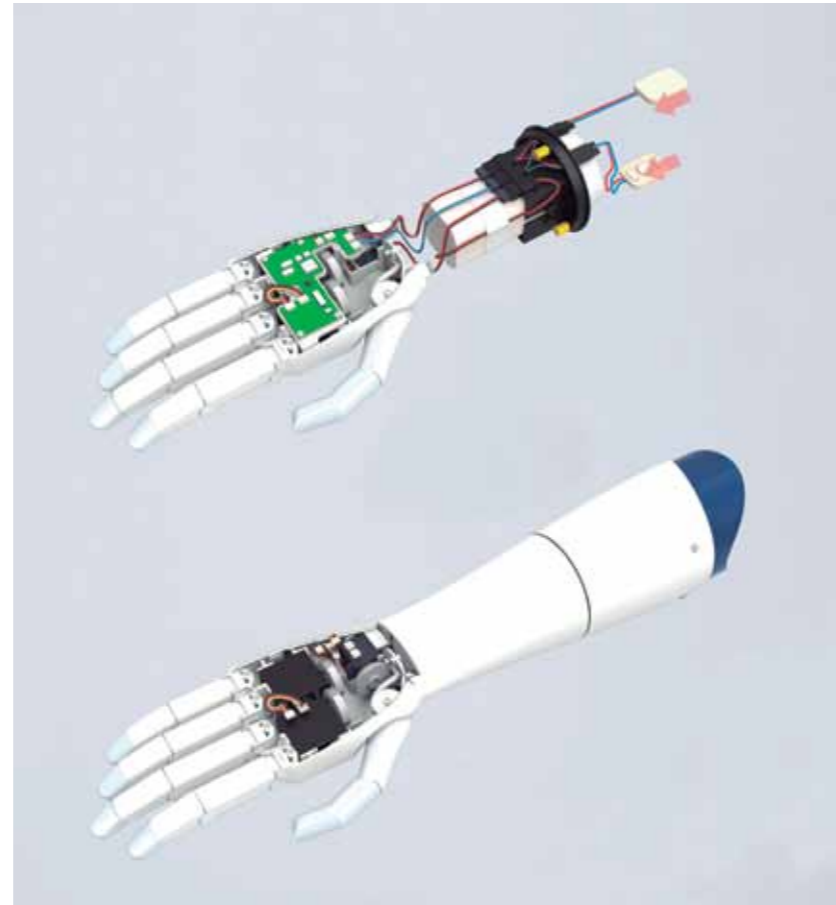
El *briefing* (informe) del projecte Morph imposava reptes considerables: col·locació i extracció senzilles, capacitat de personalització d'acord amb les condicions anatòmiques de cada usuari, manteniment fàcil, peces recanviables, una bateria que proporcionés autonomia i un cost molt econòmic, per sota de les pròtesis comercials actuals.

De la fase d'investigació del projecte es destaca l'estudi exhaustiu biomecànic de la mà i de les prensions que realitza. Aquest estudi permet extreure els



▲ Figura 15. Secció d'un dit en què es mostra el disseny de les articulacions, fabricat en una sola peça gràcies a la fabricació additiva per sinteritzat làser. Fotografia proporcionada per kiwibravo.

▼ Figura 16. Control del motor servo que genera el moviment d'un dit a partir dels senyals electromiogràfics produïts en la contracció i en la relaxació d'un múscul.



▲ Figura 17. Disposició al dors de la mà dels servomotors i de la placa pcb de control.

moviments que la pròtesi ha d'efectuar i treballar-ne la simplificació mecànica.

Un intens treball de proves cinemàtiques i d'un motor de diferents prototipus realitzats amb impressió 3D ha permès reduir el nombre d'elements (objectiu per disminuir el cost de producció). Cada dit s'ha sintetitzat en una sola peça que incorpora articulacions singulars de les falanges. S'han ideat, prototipat i assajat diverses geometries d'articulació fins a obtenir la que permet els moviments de flexió i d'extensió requerits (figura 15), que es poden controlar mitjançant un simple fil de niló (material triat

amb un procés estàndard de selecció de materials) que realitza la funció dels tendons.

La morfologia del palmell i del dors de la mà, així com la dimensió dels fils/tendons, s'han ajustat amb eines de simulació estructural (CAE).

A fi de transmetre moviment a les articulacions dels dits, la pròtesi fa servir senyals electromiogràfics, produïts en la contracció i en la relaxació dels músculs. A la figura 16 es mostren sensors electromiogràfics que controlen el motor servo que tensa el fil d'un dit. Al producte definitiu, el processament del senyal dels sensors s'implementa amb un circuit imprès específic (figura 17), però a la fase de prova es modelitza amb l'Arduino.

Amb l'objectiu de facilitar la personalització d'aquest producte i la reposició de peces, tot a un cost molt baix, s'utilitza tecnologia de fabricació additiva per sinterització làser. Cal destacar la facilitat de muntatge del producte resultant.

Reflexió final

Per concloure, cal destacar que el perfil de l'enginyer de disseny a ELISAVA és un professional amb cultura del disseny que interpreta el moment, alhora que prefigura el futur i es forma per tenir una visió de l'abast de la problemàtica a fi de generar, d'avaluar i de construir idees realitzables, amb una actitud emprenedora. És una persona que observa l'usuari, el comprèn i hi empatitza per proposar solucions adequades per a problemàtiques detectades. Es pot dir que té un pensament integrador. Té facilitat per provar i per experimentar. D'aquesta manera, amb el Grau en Enginyeria de Disseny Industrial es formen professionals competents per projectar per a l'eficàcia que es converteixen en figures imprescindibles per a reduir la incertesa a l'hora de prendre decisions en les diferents fases del projecte.

Agraïments

Gràcies a Igor Bregaña i a Miguel González (Projecte final de grau OXO), a Pol Suriñach (Projecte final de grau Viator), a Oriol Bertomeu (Projecte final de grau Morph), a Aleix Carricondo, a Jordi Domínguez, a Oriol Farran i a Adrià García (Projecte de disseny de motlles) pel treball realitzat i per cedir les imatges dels seus projectes.

Bibliografia

- ALESINA, I.; LUPTON, E. *Exploring Materials: Creative Design for Everyday Objects*. Princeton: Architectural Press, 2010.
- ASHBY, M. F.; SCHERCLIFF, H.; CEBON, D. *Materials engineering science, processing and design*. Oxford: Elsevier, 2007.
- BEHRINGER, R.; KLINKER, G.; MIZELL, D. «Augmented Reality – Placing Artificial Objects in Real Scenes». A: *Proceedings of IWAR '98*. Natick: A.K. Peters, 1999.
- BRAUN, M.; RADDATZ, C. *Trade Liberalization and the Politics of Financial Development*. Washington, D.C.: World Bank, Development Research Group, Investment and Growth Team, 2005.
- BROWN, T. *Design Thinking*. Harvard Business Review, 2008. Pàg. 84-95.
- CLIVE, L.; DYM, C. «Engineering Design: So much to learn». A: *International Journal of Engineering Education*, 2006. Pàg. 422-428(7).
- DYM, C.; AGOGINO, A.; ERIS, O.; FREY, D.; LEIFER, L. «Engineering Design Thinking, Teaching, and Learning». A: *Journal of Engineering Education*, 2005. Pàg. 103-120.
- IDEO. *The Field Guide to Human-Centered Design*, 2015.
- ERTAS, A.; JONES, J. C. *The engineering design process*. 2a ed. Wiley, 1996.

- INFORMÀTICA (GEDI) @ ELISAVA, *Final Projects*. Vimeo. Disponible en línia a: <<http://vimeo.com/109907348>>. [Consulta: 15 gener 2016].
- KARANA, E.; HEKKERT, P.; KANDACHAR, P. «Meanings of materials through sensorial properties and manufacturing processes». A: *Materials & Design*, 2009. 30: 2778-2784.
- KARANA, E.; PEDGLEY, O.; ROGNOLI, V. «On Materials Experience». A: *Design Issues*, 2015. 31 (3): 16-27.
- LEE, K. «Augmented Reality in Education and Training». A: *Techtrends: Linking Research & Practice To Improve Learning*, 2012. 56 (2). [Consulta: 15 maig 2014].
- LIAO, H. *Medical Imaging and Augmented Reality: 5th International Workshop, MIAR 2010, Pequín, Xina, 19-20 setembre 2010: Proceedings*. Berlín: Springer Verlag, 2010.
- SOLER-ADILLON, Joan. *MouTe*. Disponible en línia a: <http://moute.joan.cat/>, 2011. [Consulta: 15 gener 2016].
- ONG, S. K.; NEE, A. Y. C. *Virtual and Augmented Reality Applications in Manufacturing*. Guildford, Surrey: Springer London, 2010.
- PAHL, G.; BEITZ, W.; SCHULZ, H.-J.; JARECKI, U.; WALLACE, K. B.; LUCIENNE, T. M. *Ingeniería de Diseño (Eds.): Un Enfoque sistemático*. 3a ed. Berlín: Springer Verlag, 2007.
- PARÉS, N.; ALTIMIRA, D. «Analyzing the Adequacy of Interaction Paradigms in Artificial Reality Experiences». A: *Human-computer Interaction*, 2013. 28: 77-114.
- PARODI, J.; PORCUNA, E.; LLORET, L. *L8266*. Vimeo. Disponible en línia a: <<https://vimeo.com/147962268>>. [Consulta: 15 gener 2016].
- PEÑA, J. *Mater. Tesina*. Barcelona: FAD, Foment de les Arts i el Disseny, 2008.
- RIES, E. *The Lean Startup: How Today's Entrepreneurs Use Continuous Innovation to Create Radically Successful Businesses*. Nova York: Crown Business, 2011.
- RODRÍGUEZ, E. R. «Industrial design strategies for eliciting Surprise». A: *Design Studies*, 2014. 35: 273-297.
- ROUDAVSKI, S. *Virtual Environments as Techno-Social Performances: Virtual West Cambridge Case-Study*. A: CAADRIA2010: New Frontiers, the 15th International Conference on Computer Aided Architectural Design Research in Asia, editat per Bharat Dave, Andrew I-kang Li, NingGu and Hyoung-June Park, 2010. Pàg. 477-486.
- SHEPPARD, S. D. *A Description of Engineering: An Essential Backdrop for Interpreting Engineering Education*. Harvey Mudd College, 2003.
- STEINBECK, R. «El design thinking como estrategia de creatividad en la distancia». A: *Revista científica de educació*, 2011.
- SURAM, S.; BRYDEN, K. M. «Integrating a reduced-order model server into the engineering design process». A: *Advances in Engineering Software*, 2015. Pàg. 169-182.
- UN. *The Global Social Crisis: Report on the World Social Situation 2011*. Nova York: United Nations Publications, 2011.
- WEISER, M. «The Computer for the 21st Century». A: *Scientific American Special Issue on Communications, Computers, and Networks*, 1991.