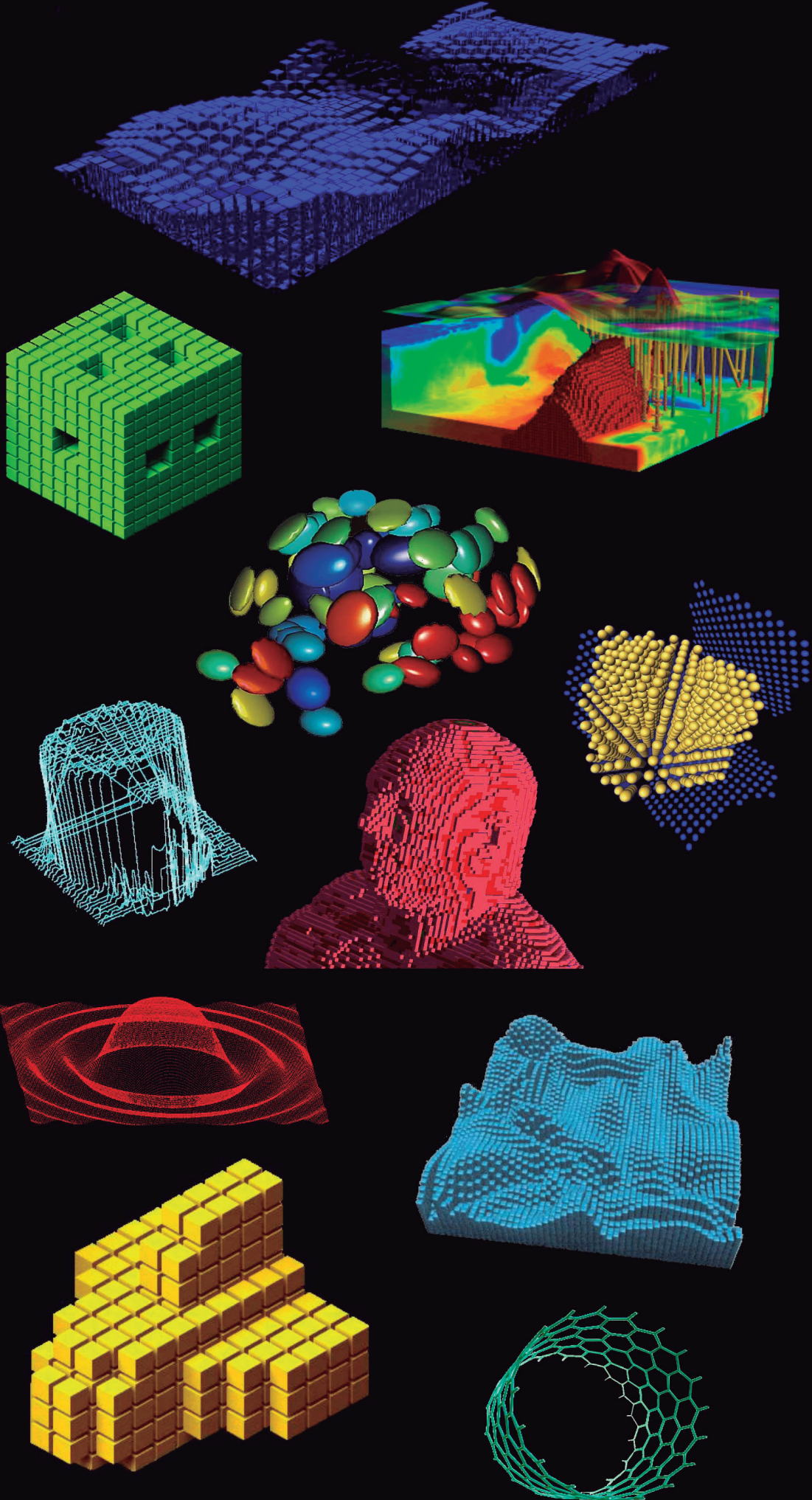


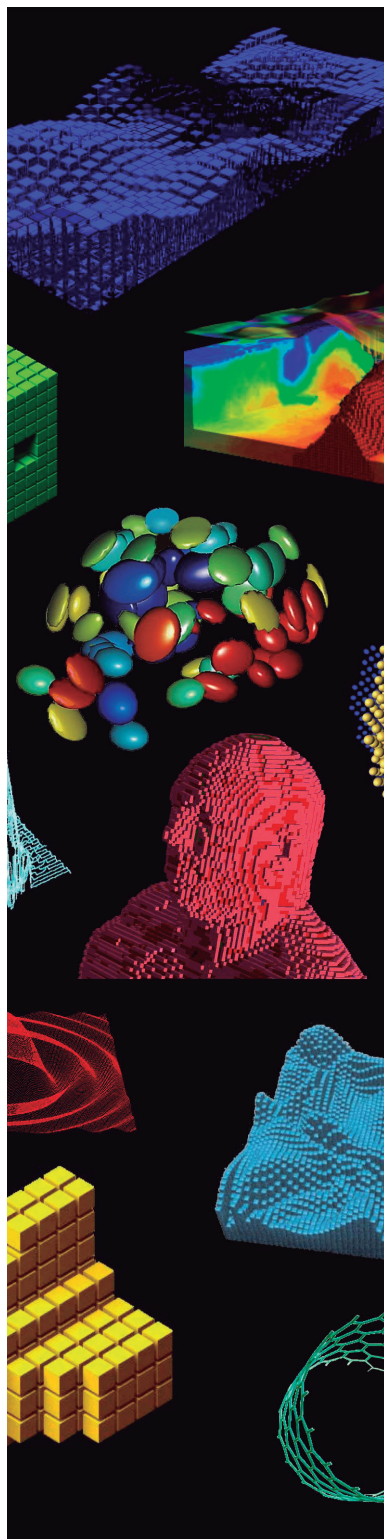
Revista de

primer semestre 2014 número 5

TECNOLOGIA



SUMARI



2 Editorial

La tecnologia avui

4 Interacció de cos sencer: aplicacions al món de les necessitats especials

Narcís Parés

17 Metrologia 3D de superfícies extenses

Santiago Royo, Miguel Ares, Jordi Riu, David Panyella

Educació tecnològica

27 Una experiència docent d'ús dels laboratoris remots (iLabRS) a secundària

Joan Fonollosa i Massana

35 Plataforma per a la interoperabilitat de laboratoris virtuals i remots

Albert Abelló, Ramon Bragós, Margarita Cabrera, Antonia Cortés, Àlex Fabra, Josep Fernández, José Lázaro, Jordi Amorós, Neus Arroyo, Francesc Garófano, Daniel González, Aleix Guash, Ferran Recio

Entrevista a Ramon Pascual

44 Josep Amat

Actualitat

47 Memòria d'actes organitzats per la Societat Catalana de Tecnologia

48 Activitats en què ha col·laborat la Societat Catalana de Tecnologia

48 Convocatòria de premis

50 Recursos web i aplicacions mòbils

50 Assemblea General de socis de la Societat Catalana de Tecnologia

INTERACCIÓ DE COS SENCER: APLICACIONS AL MÓN DE LES NECESSITATS ESPECIALS

Narcís Parés

Universitat Pompeu Fabra

1. Introducció

Jonathan Grudin (1990), un destacat investigador de la interacció persona-ordinador, ho digué ben clar: la història de la informàtica és la història de l'ordinador que s'esforça per sortir del seu contenidor digital vers el món dels usuaris. Al que es referia Grudin era que la interacció persona-ordinador, la comunicació entre un ésser humà i un sistema controlat per un ordinador, ha estat des dels inicis una lluita per incorporar el món físic de l'usuari i adoptar millor la manera en què les persones es comuniquen entre si.

La comunicació anomenada *no verbal*, aquella que s'esdevé a partir de la gesticulació, la postura i la proximitat del cos, és extremament important en la nostra comunicació entre persones. Per aquesta raó és molt important que els ordinadors puguin anar comprenent i adoptant també aquest tipus de comunicació. En aquest sentit, un altre important investigador de la interacció persona-ordinador, Bill Buxton (1986), expressava la preocupació que «els sistemes d'ordinadors fan un ús extremament pobre del potencial dels sistemes sensorials i motors de l'ésser humà» i que cal que «parem més atenció al «llenguatge corporal» dels diàlegs entre persona i ordinador». Tot i haver passat més de vint anys i que la interacció persona-ordinador hagi evolucionat admirablement, encara estem lluny de poder dir que la nostra comunicació amb els ordinadors incorpora de manera satisfactòria el llenguatge corporal.

D'altra banda, les teories contemporànies sobre cognició (Varela *et al.*, 1992; Dourish, 2001; Wilson, 2002; Di Paolo *et al.*, 2007; Barsalou, 2008; Antle, 2009, etc.) descriuen que cal entendre la ment i el cos com una unitat inseparable, en oposició a la visió cartesiana que entenia les dues parts de manera independent i diferenciada. Segons teories com la «cognició corpòria» (*embodied cognition*) o la teoria d'«actuació» o «representació» (*enaction theory*) (Di Paolo *et al.*, 2007), l'ésser humà pot comprendre el món gràcies al fet que té un cos que li permet percebre aquest món i actuar-hi. Davant d'aquestes teories, el disseny d'interacció persona-ordinador de manera natural ha anat explorant com es pot incorporar la interacció de cos sencer. La idea és, doncs, que si l'ordinador permet que els usuaris actuïn amb tot el cos en

aquest procés de comunicació, aquests podran entendre millor el món informacional i experiencial que se'ls ofereix.

En els darrers trenta anys la tecnologia ha anat donant lloc a tota mena de dispositius sensors i de visualització (o, en general, de generació d'estímul) que, de diverses maneres, han anat contribuint a assolir tipus d'interacció més flexibles, més rics i, en certa manera, més naturals i propers a la interacció entre persones. Això ha donat lloc a tipus d'interaccions que han estat anomenats amb neologismes altisonants com ara *realitat virtual*, *realitat augmentada*, *realitat mixta*, *interacció tangible*, *realitat artificial*, *interacció corpòria* (*embodied interaction*), etc. Aquestes formes d'interacció, o *paradigmes* d'interacció, incorporen d'alguna manera la interacció amb el cos de l'usuari.

Moltes persones s'han apuntat a pujar al carro del sensacionalisme que aquests neologismes sovint promouen. Això ha aixecat tota mena d'expectatives fantàsiques o, senzillament, no assolibles en el moment en què s'oferien, i ha provocat el desencís de molta gent que esperava una oportunitat real de millorar algun aspecte de la seva vida. Per exemple, casos greus en què s'ha il·lusionat familiars de persones amb algun trastorn cognitiu amb solucions miraculoses no demostrades. Tot i que no hem d'oblidar que el frau és igualment rebutjable per molt banal que sigui l'aplicació que s'estigui oferint si aquesta no assoleix allò que promet. Així doncs, les conseqüències ètiques d'aquestes maneres de fer han fet molt mal a aquests àmbits de recerca en els quals hi ha molts investigadors que intenten portar a terme una tasca seriosa i rigorosa, que en molts casos és lenta i feixuga, però altament important i necessària.

Aquesta recerca ens ha de permetre entendre millor les especificitats d'aquests tipus d'interacció i el potencial que ens aporten des d'un punt de vista comunicacional, cognitiu i de generació de significat. És per això que requereix enfocaments interdisciplinaris amb equips d'investigadors de tota mena de camps; des de la informàtica i la tecnologia, fins a la psicologia, passant per la comunicació audiovisual, l'ergonomia, la medicina, el disseny, l'art, etcètera.

Com es pot ja intuir, la interacció de cos sencer té un enorme espectre d'aplicacions que a curt, mitjà i llarg

termini poden canviar la nostra manera de jugar (Bianchi-Berthouze *et al.*, 2007; Díaz i Boj, 2009; Hodgkins *et al.*, 2008; Liljedahl *et al.*, 2005; Lund *et al.*, 2005; Mueller *et al.*, 2003; Parés *et al.*, 2009; Warren, 2003), aprendre (Ackerman, 2004; Alcaraz *et al.*, 2010; Bobick *et al.*, 1999; Johnson *et al.*, 1998; Kynigos *et al.*, 2010; Lindgren i Moshell, 2011; Parés i Carreras, 2007), col·laborar (Carreras i Parés, 2004; Maes *et al.*, 1995), rehabilitar, fer exercici (Davis i Bobick, 1998a; Härmäläinen *et al.*, 2005; Mueller i Agamanolis, 2008), etc. En aquest article no podem abastar tot aquest espectre. Ni des d'un punt de vista tecnològic, ni de paradigmes d'interacció, ni d'àmbits d'aplicacions. Per tant, ens centrarem en com la interacció de cos sencer pot ajudar el món de les necessitats especials, és a dir: aplicacions que ajudin a entendre millor trastorns cognitius i a la llarga a millorar la qualitat de vida de les persones que els pateixen; aplicacions que ajudin a compensar deficiències provocades per la nostra societat, com ara el sedentarisme; aplicacions que contribueixin a la rehabilitació física de persones que han patit algun accident en el seu sistema motor i/o vascular; aplicacions que ajudin que les persones amb necessitats especials siguin més autònomes i alhora els reforci l'autoestima i els doni una vida un xic més normalitzada. Cal dir que encara ens trobem a les beceroles de tota aquesta recerca, però alguns avenços són ja remarcables i val la pena fer-ne difusió i donar-los suport. A més, també és interessant donar a conèixer que molta d'aquesta recerca s'està realitzant a casa nostra.

Així doncs, en aquest article introduïrem el tipus de tecnologia en què ens centrarem i que dona lloc al tipus d'interacció anomenat *realitat artificial*. Emfatitzarem les propietats d'interacció que aquesta aporta tant a partir de les seves configuracions com de les formes de comunicació que permet. Un cop establertes aquestes propietats, veurem una panoràmica d'exemples d'aplicacions en l'àmbit de les necessitats especials amb treballs d'aquí i de fora. Finalment, analitzarem en més detall un exemple concret per fer-nos una millor idea de com la interacció de cos sencer pot ajudar en aquest camp.

2. Realitat artificial: la tecnologia i la interacció

La realitat artificial es pot considerar una branca de la realitat virtual. El terme va ser definit a mitjan anys setanta per un enginyer nord-americà anomenat Myron Krueger (Krueger *et al.*, 1985). Krueger va definir un sistema anomenat *videoplace* (semblant al de la figura 1) que mitjançant una càmera de vídeo connectada a un ordinador capturava la silueta de l'usuari. El sistema analitzava la silueta per tal de saber-ne una sèrie de característiques, o paràmetres, i la incorporava en un món digital d'objectes generats per ordinador tot permetent que la silueta i els objectes «virtuals» poguessin interaccionar. D'aquesta manera, el cos de l'usuari (la seva representació com a silueta) podia comunicar-se amb aquesta experiència proposada pel sistema. Tal com Krueger ho defineix: «Una realitat artifi-

cial percep les accions del participant en termes de la relació del seu cos amb un món gràfic i genera respostes que mantenen la il·lusió que les seves accions s'estan desenvolupant dins d'aquest món». És a dir, Krueger posa l'accent en la interacció de tot el cos i la relació d'accions que s'esdevé entre usuari i sistema. Això és important ja que l'experiència d'acció es considera més important que no l'experiència de percepció, i per tant dona suport a les teories cognitives i comunicacionals introduïdes anteriorment.

A partir d'aquest treball seminal, fa ja més de trenta-cinc anys, molts altres investigadors han desenvolupat sistemes amb configuracions diverses i ho han aplicat a un nombre important d'aplicacions. Cal destacar un aspecte important d'aquests sistemes i que pot resultar un xic xocant a més d'un lector. Existeix el clixé associat sovint a la realitat virtual que els entorns virtuals de les experiències han de partir d'una representació en tres dimensions (dita *tridimensional* o *3D*). Això és una restricció que cal desterrar d'entrada ja que la possibilitat de tenir entorns amb representació en dues dimensions (2D) aporta una versatilitat i un ventall de possibilitats molt interessant. De fet, la major part del treball de Krueger en realitat artificial ha estat al llarg dels anys basat en interacció en entorns 2D. I, com veurem més endavant, moltes de les aplicacions que s'han derivat a partir del treball de molts altres investigadors, també.

A continuació veurem quines són les configuracions principals que es troben més habitualment.

2.1. Configuracions bàsiques de la realitat artificial

Tal com s'ha descrit abans, aquests sistemes es basen en una càmera de vídeo connectada a l'ordinador que captura imatges del cos de l'usuari i en detecta la forma i els gestos (figures 1 i 2). A partir d'aquesta captació el sistema per-

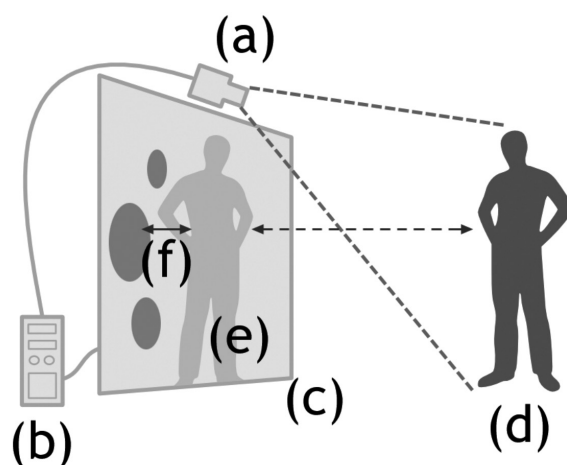


FIGURA 1. Sistema de realitat artificial en configuració de tercera persona: a) càmera de vídeo, b) ordinador, c) sistema de visualització (monitor o pantalla de projecció), d) usuari, e) silueta capturada de l'usuari i mostrada al sistema de visualització i f) objectes virtuals amb què la silueta pot interaccionar.

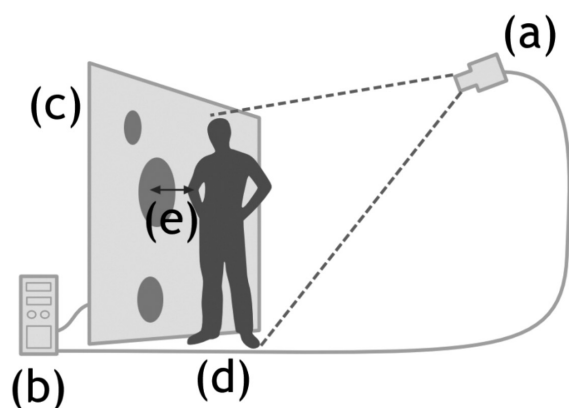


FIGURA 2. Sistema de realitat artificial en configuració de primera persona: a) càmera de vídeo, b) ordinador, c) sistema de visualització (monitor o pantalla de projecció), d) usuari i e) objectes virtuals amb què l'usuari pot interaccionar.

met a l'usuari interaccionar amb els objectes virtuals. Tot i que els elements de maquinari essencials en general són els mateixos en totes les configuracions, existeixen diverses variants que donen lloc a tipus d'instal·lacions diferents, com veurem més endavant.

En aquest punt, resulta important fer èmfasi que aquests sistemes utilitzen tan sols una sola càmera per a capturar l'activitat de l'usuari. Això fa que aquest s'hagi de situar a una distància concreta en què la càmera el pugui veure sencer i a una mida òptima. Per tant, l'usuari no s'hauria de moure endavant i endarrere, tan sols lateralment. La càmera, doncs, captura aquesta activitat en un sol pla, és a dir, són uns sistemes de detecció de les accions dels usuaris en dues dimensions (2D).

Això té les implicacions següents com a especificitats del sistema. Per una banda, si l'usuari s'apropa o s'allunya de la càmera, tot canviant la distància òptima a la qual s'hauria de situar, aquesta no ho detecta com un «apropament» o «allunyament». Si l'usuari s'apropa, la seva silueta comença a ocupar més tros de la imatge que captura la càmera i, per tant, es detecta com un «engrandiment» de l'usuari. Això fa que la càmera no detecti tan bé les accions de l'usuari i que, en el cas extrem, si aquest s'hi apropa massa, la càmera ja ni tan sols en detectarà la silueta. D'altra banda, si l'usuari s'allunya de la càmera, cada cop apareixerà més «petit» en la imatge i, per tant, els paràmetres que calcularà el sistema seran com si fos un usuari de mida «reduïda». Aquest fet no s'ha de veure com una limitació del sistema, sinó com una especificitat a tenir en compte. Aquesta especificitat no afecta el fet que es puguin fer un gran nombre d'aplicacions molt interessants i útils.

Més enllà de l'aparença externa de les configuracions mostrades a les figures 1 i 2, cadascuna dóna lloc a un tipus diferent de comunicació amb l'experiència, és a dir, cadascuna dóna lloc a un paradigma d'interacció diferent. En aquest article distingirem entre dos paradigmes principals segons les dues configuracions mostrades en les figu-

res 1 i 2. Aquests dos paradigmes s'anomenen *paradigma d'interacció en tercera persona* i *paradigma d'interacció en primera persona*, respectivament.

2.2. Paradigma d'interacció en tercera persona

Aquest paradigma està definit per una configuració com la mostrada en la figura 1. Aquesta configuració és anàloga a l'esquema original del *videoplace* de Krueger (1985). En aquesta configuració la càmera sempre se situa davant de l'usuari just a sobre (o a sota) del sistema de visualització que s'utilitzi. Això força l'usuari (figura 1d) a situar-se a una certa distància de la combinació càmera - sistema de visualització (1a i 1c) de manera que la càmera el capti òptimament. A causa d'aquesta distància del sistema de visualització, i per tal que l'usuari tingui una idea clara de quins objectes virtuals pot afectar i on, el sistema integra la silueta de l'usuari (1e) dins l'entorn virtual. D'aquesta manera l'usuari veu la representació del seu cos amb relació als objectes virtuals. És a dir, que la interacció de l'usuari amb els objectes virtuals es fa de manera *indirecta* a través d'aquest element afegit, la silueta, i per tant s'anomena *interacció en tercera persona*.

Per exemple, suposem que un dels objectes virtuals és una pilota que està estàtica al mig de la pantalla. L'usuari pot moure el seu cos lateralment per tal de desplaçar la seva representació dins l'entorn virtual. Així, l'usuari pot decidir apropar la seva silueta a la pilota. Si la silueta topa (col·lisiona) amb la pilota, aquesta darrera pot ser impulsada. L'usuari, en veure la relació entre la seva silueta i la pilota, pot entendre com pot donar-li una direcció concreta a partir de ressituar el seu cos o una part d'aquest, segons convingui en l'activitat proposada.

2.3. Paradigma d'interacció en primera persona

Tal com es mostra a la figura 2, en aquesta configuració la càmera (2a) se situa darrere de l'usuari (2d) i oposada al sistema de visualització (2c). Així, l'usuari queda situat entre la càmera i el sistema de visualització. L'usuari ha de situar-se a una certa distància de la càmera, cosa que en aquest cas, i a diferència de l'anterior, li permet col·locar-se ben a prop del sistema de visualització. Això genera una relació totalment diferent de l'usuari respecte dels objectes virtuals. En aquest cas, la proximitat fa que l'usuari vegi el seu cos directament relacionat amb els objectes virtuals. Aquesta relació *directa* fa que no calgui incloure una representació de l'usuari dins l'entorn virtual; és a dir, no cal incloure una silueta. Com que en aquest cas no hi ha res que faci d'intermediari entre el cos de l'usuari i els objectes virtuals, aquesta situació s'anomena *interacció en primera persona*.

Tornem a l'exemple de la pilota estàtica a la pantalla. Suposem que l'usuari apropa el seu cos a la zona on està

situada la pilota. Si de sobte fa un gest amb el qual el seu cos (o una part, com el braç) passa per davant de la pilota, l'usuari veurà com la pilota és impulsada en «col·lisionar» amb el seu cos. Així, a l'usuari li sembla que és directament ell qui afecta l'objecte virtual (pilota) sense necessitat de la intermediació d'un tercer element com és la silueta en l'altra configuració.

Cal deixar clar que en aquesta configuració no cal que l'usuari toqui la superfície del sistema de visualització. No ens estem referint a un sistema de pantalla tàctil. Tan sols cal que l'usuari sigui molt a prop de la pantalla i s'esdevingui aquesta relació directa entre el cos de l'usuari i els objectes virtuals.

2.4. Diferències entre els paradigmes d'interacció en primera i en tercera persona

Si analitzem les diferències entre aquests dos paradigmes veurem que aquestes van més enllà de la simple configuració dels aparells o components dels sistemes. També van més enllà del simple fet de tenir o no una silueta dins l'entorn virtual. La diferència dóna lloc a dos mitjans diferents de comunicació entre persona i ordinador. Aquesta diferència s'origina per com l'experiència és mediatitzada vers l'usuari. Des d'un punt de vista comunicacional i psicològic, podem veure que els processos de percepció i cognició de l'usuari involucrats en cadascun dels dos paradigmes, com a sistemes de comunicació, modifiquen la comprensió de l'experiència de maneres diferents.

Concretament, en el cas del paradigma en tercera persona, l'usuari ha de poder posar en correspondència els seus moviments amb els de la seva corresponent representació visual dins l'entorn virtual de manera que pugui calibrar les seves accions mentre, a distància, intenta interactuar amb els objectes virtuals. És important emfatitzar aquest punt. Si la imatge de l'usuari no fos integrada dins l'entorn virtual, l'usuari, com que està situat a una distància del sistema de visualització, no tindria gens clar sobre quina part de l'entorn virtual estarien incidint les seves accions. En integrar la seva silueta a l'entorn virtual, aquest sistema es comporta com una mena de mirall digital. La imatge de l'usuari pot ser una senzilla silueta llisa d'un sol color (com en el cas del *videoplace* de Krueger), o bé pot ser una representació detallada fotogràfica (com en molts altres sistemes més actuals), però en tot cas l'usuari reconeix la seva imatge i pot interactuar amb els objectes virtuals a través seu.

Aquesta situació es podria entendre com a anàloga a quan un nen comença a aprendre a pentinar-se davant d'un mirall, que se li presenten problemes de coordinació de moviments dreta-esquerra quan vol situar la pinta en un punt determinat del seu cap. En el cas de la interacció en tercera persona això ens descriu una dificultat potencial que requereix una adaptació que pot ser més o menys curta depenent de diversos factors i de l'habilitat de l'usuari.

Ara bé, el factor més rellevant que ens tipifica la inter-

acció en tercera persona és el fet que, tot i que l'usuari evidentment es mou en l'espai físic, tota l'acció de l'experiència s'esdevé «dins» l'espai virtual. És a dir, com que l'usuari interacciona amb els objectes virtuals a través de la seva silueta, que també és una representació virtual, tot el centre d'atenció cau sobre l'espai virtual. L'espai físic és certament necessari per tal de poder realitzar les accions, però l'usuari deixa de centrar-se sobre el seu cos per centrar-se en la silueta per saber si els moviments estan tenint l'impacte desitjat sobre els objectes virtuals. Així doncs, aquest paradigma es pot dir que dóna lloc a experiències purament virtuals.

D'altra banda, en el paradigma en primera persona, l'usuari no ha de realitzar aquest vincle mental entre el seu cos i l'espai virtual ja que no hi ha una silueta en la qual s'hagi d'emmirallar. L'usuari és tan a prop del sistema de visualització que pot veure les parts del seu cos en relació directa amb els objectes virtuals representats a la pantalla. L'usuari, doncs, té una relació directa per adjacència del seu cos als objectes virtuals i no requereix un intermediari com la silueta.

Ara bé, això no necessàriament facilita les coses. L'usuari no té els problemes potencials, descrits abans, de calibratge i coordinació respecte a la seva silueta, però ara ha d'entendre la coexistència del seu cos i dels objectes virtuals en dos espais diferents, el físic i el virtual respectivament. És a dir, l'usuari ara ha de centrar la seva atenció en aquella zona de comunicació que forma una estreta pel·lícula i que està composta, per una banda, per l'espai físic en què es mou l'usuari davant la pantalla i, per l'altra, per l'espai virtual en què es mouen els objectes de l'experiència. L'usuari necessita veure el seu cos directament per saber on és i per situar-lo davant la zona de la pantalla on es representen els objectes virtuals que vol afectar. Aquest fort acoblament entre espai físic i virtual, a través d'una relació *cosituada*, dóna lloc a una experiència del que es coneix com a *realitat mixta* (segons defineixen Milgram et al., 1994).

Com que l'usuari directament veu el seu cos adjacent als objectes virtuals i influenciant-los, el paradigma en primera persona podria semblar un tipus d'interacció més natural que no el paradigma en tercera persona, que requereix un element «artificiós» com és la silueta. És a dir, semblaria una forma més propera a la forma en què habitualment relacionem el nostre cos amb l'entorn que ens envolta. No obstant això, l'esforç cognitiu que ha de realitzar l'usuari per tal de fusionar espai físic i virtual no sembla pas trivial.

A l'article de Parés i Altimira (2013) es pot trobar una anàlisi més detallada dels dos paradigmes i un seguit de proves experimentals que es varen realitzar per tal de veure les seves propietats específiques i com es comparaven entre si en algunes aplicacions. Tot i les dificultats aparents descrites d'aquests sistemes, com veurem més endavant, a la pràctica són molt útils i perfectament viables en els dos tipus de paradigmes. Ambdós s'estan emprant de manera molt potent en molts camps i aplicacions, i en especial en

l'àmbit de les necessitats especials estan obrint noves possibilitats reals.

Una darrera diferència entre tots dos paradigmes és que en tercera persona la mida del sistema de visualització no resulta rellevant, mentre que en primera persona la mida té un paper important a descriure l'escala a què funciona l'experiència. És a dir, en tercera persona, l'usuari obté informació d'escala dels objectes virtuals en comparar-los amb la mida de la seva silueta. Com que la silueta es troba dins el mateix espai virtual que els objectes, aquesta passa a ser la referència d'escala. Per exemple, si un objecte virtual és tan alt com la silueta, l'usuari de seguida entén que és un objecte virtual que té una alçada semblant a la seva. Ara bé, aquesta relació no es veu afectada per la mida del sistema de visualització. Ja pot ser una pantalla de projecció gran, com en la figura 1, o una pantalla més petita, de la mida d'un monitor d'ordinador de sobretaula, com en la figura 3, que l'usuari entindrà la relació d'escala de manera semblant a partir de la relació entre la silueta i els objectes virtuals.

En canvi, en el paradigma en primera persona, allò que dóna relació d'escala, allò que passa a ser el referent de tot, és el cos de l'usuari. En aquest paradigma el cos de l'home passa a ser la mesura de totes les coses; allò que Vitruvi ja va definir fa segles (Vitruvius, 2006) i que Leonardo da Vinci immortalitzà en el seu famós esquema *L'home de Vitruvi*. És a dir, la mida relativa entre el cos de l'usuari i els objectes virtuals és allò que permet a l'usuari entendre quina mida efectiva tenen els objectes virtuals i com ell s'ha de situar respecte dels objectes i com ha d'actuar sobre aquests. Així doncs, la mida del sistema de visualització passa a ser un element no arbitrari. Si el sistema utilitza una pantalla de projecció gran com en la figura 1 i un objecte és tan alt com l'usuari, en canviar el sistema de visualització per una pantalla petita, aquell mateix objecte virtual passarà a ser una miniatura respecte de l'usuari. D'aquesta manera, en interacció en primera persona sempre hem de considerar la relació d'escala entre espai físic i virtual com una part important del disseny de l'experiència.

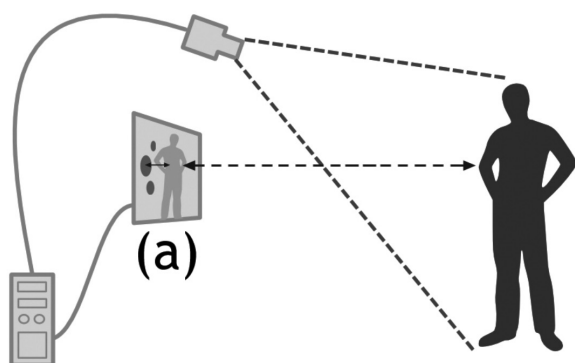


FIGURA 3. Sistema de realitat artificial en configuració de tercera persona amb un sistema de visualització reduït com pot ser una pantalla d'ordinador de sobretaula (a).

2.5. Sistemes de realitat artificial més accessibles en el nostre entorn

Els sistemes de realitat artificial que més fàcilment es poden trobar en el nostre entorn són dins l'àmbit de l'oci, concretament, en els videojocs. En efecte, tot i que Krueger va definir els primers sistemes a mitjan anys setanta no va ser fins al 1999 que la tecnologia es va fer suficientment assequible en cost i prou potent en prestacions per poder arribar a l'àmbit domèstic. Els primers van ser de la casa Logitech, per una banda, i Intel (D'Hooge i Goldsmith, 2001), per l'altra, i ambdós eren sistemes que utilitzaven càmeres tipus *webcam* i estaven pensats per a jocs sobre ordinadors personals domèstics. Tots dos sistemes funcionaven segons el paradigma de tercera persona.

L'explosió d'aquests sistemes, però, va venir de la mà de Sony i la seva videoconsola anomenada PlayStation 2. A aquesta videoconsola, s'hi podia connectar una càmera anomenada EyeToy que permetia una interacció de realitat artificial segons el paradigma de tercera persona. Aquest sistema va ser continuat en la PlayStation 3 amb la nova càmera anomenada senzillament Eye.

Els lectors poden també estar-ho relacionant amb el sistema aparegut més recentment anomenat Kinect pertanyent a la videoconsola Xbox de Microsoft (i que també pot ser connectat a un ordinador personal, tot i que ja és una opció per a usuaris avançats). Aquest sistema funciona sobre una tecnologia de captació de moviments de l'usuari força diferent a la de la resta de sistemes esmentats (i que no entrarem a descriure per tal de no desviar-nos del nostre objectiu en aquest article). No obstant això, la major part d'experiències interactives que aquesta tecnologia permet es poden associar perfectament a un sistema de realitat artificial en tercera persona.

Com es pot veure, tots els sistemes de realitat artificial que s'han comercialitzat fins ara han utilitzat el paradigma d'interacció en tercera persona. Si es pensa en les propietats i diferències descrites en les seccions anteriors, això no resulta sorprenent. Essencialment, la raó es fonamenta en la darrera diferència entre els paradigmes de primera i tercera persona. És a dir, el sistema en tercera persona funciona igual independentment de la mida del televisor o pantalla d'ordinador que tingui l'usuari a casa seva. Per tant, resulta molt més flexible i pot abastar un segment de mercat molt més ample, malgrat que no es tinguin en compte els avantatges i inconvenients de cada paradigma respecte de cada tipus de joc o experiència interactiva oferta.

3. La realitat artificial i les aplicacions per a persones amb necessitats especials

3.1. Context general

En els darrers quinze anys, la utilització i la importància de la realitat virtual han anat incrementant-se en àmbits com

el de la rehabilitació (Kizony *et al.*, 2004c; Rizzo i Jounghyun, 2005), en què s'han aportat clars avantatges sobre estratègies de rehabilitació tradicionals, tal com descriu Holden (2005). Per exemple, les tècniques de rehabilitació motora sovint comporten exercicis molt tediosos i monòtons. Les tecnologies que descrivim poden aportar una faceta més divertida que no tan sols faci més passadora l'activitat, sinó que a més motivi els pacients a realitzar-la. Un altre exemple és incrementar l'autoestima dels pacients a partir de poder anar regulant millor el nivell de dificultat de les tasques. A més, aquestes tecnologies sembla que prometin la possibilitat que les activitats de rehabilitació les puguin realitzar els pacients de manera autònoma, sense tant d'ajut dels terapeutes o assistents, i fins i tot de manera no supervisada. Altres avantatges d'aquestes tecnologies són, per exemple, la possibilitat d'anar enregistrant una seqüència temporitzada d'un gran nombre de paràmetres que es poden mesurar dels pacients durant les sessions de rehabilitació. Això permet, per una banda, una anàlisi important *a posteriori* de l'estat del pacient per tal de poder avaluar-ne el progrés. Per altra banda, també pot permetre que el sistema es vagi adaptant automàticament a l'evolució del pacient i així optimitzar les sessions. Dins les tecnologies de realitat virtual més habitualment utilitzades hi ha les de realitat artificial basades en sistemes de visió per computador amb una càmera, com els descrits en seccions anteriors.

Alguns sistemes, com el Vivid GX, desenvolupat originalment pel Vivid Group del Canadà, que després es transformà en l'empresa actual GestureTek, resulten molt costosos. Tot i la seva sofisticació i potencial, el seu alt cost fa difícil que puguin arribar a grups de recerca en rehabilitació i encara més difícil als usuaris finals que han de realitzar les rehabilitacions. A més, aquests sistemes estan pensats com a eines de desenvolupament d'aplicacions que requereixen equips d'informàtics per a desenvolupar noves experiències. Això també fa difícil l'accés d'aquestes eines a psicòlegs i terapeutes. No obstant això, tenen uns avantatges clars, ja que poden ser molt adaptats i ajustats a les necessitats concretes de cada tipologia de pacients.

Per altra banda, els sistemes comercials basats en videoconsoles abans esmentats tenen un cost molt assequible tant per a equips i personal mèdic, com per a pacients. Això facilita que els pacients es puguin acabar beneficiant dels avantatges d'aquests sistemes. No obstant això, aquests són sistemes tancats que no poden ser modificats i, per tant, no poden ser acuradament adaptats a les necessitats concretes de cada grup de pacients o a cada individu.

Aquesta partició d'entorns i eines segurament desaparixerà d'aquí a uns quants anys, en què la tecnologia evolucionarà fins a un punt en què el cost baixarà i la flexibilitat augmentarà. No obstant això, considerem que per tal de desenvolupar experiències realment adequades a les necessitats dels diversos col·lectius de pacients, sempre caldran equips interdisciplinaris en els quals col·laborin psicòlegs, terapeutes, dissenyadors d'interacció, ergonomistes, experts en sensors, etcètera.

Malgrat tot, molts investigadors han pogut realitzar proves en rehabilitació i teràpies (Brooks i Petersson, 2005; Burke *et al.*, 2008; Flynn *et al.*, 2007; Haik *et al.*, 2006; Kizony *et al.*, 2004a; Kizony *et al.*, 2004b; Parés *et al.*, 2006; Parés *et al.*, 2005) i han pogut aprofitar els avantatges importants de les propietats d'aquests sistemes de realitat artificial. En concret: del fet que són sistemes que no requereixen enlloc el cos de l'usuari amb cables, ni sensors ni marcadors (no són *intrusius*); que són molt robustos, ja que no cal manipular cap dispositiu físic (com ara un ratolí o altre comandament) i que, per tant, no pateixen degradació ni maltractament; que són sistemes que, com que permeten la interacció de cos sencer, aporten una naturalitat important d'ús que en facilita molt l'aprenentatge i la continuïtat d'ús, i, finalment, que aquesta interacció de cos sencer no requereix un control motor fi que demani unes habilitats especials dels usuaris.

3.2. Exemples d'aplicacions en rehabilitació i discapacitats

Un dels treballs més importants en aquesta àrea és el de Kizony, Weiss, Katz i la resta d'investigadors del Departament de Teràpia Ocupacional de la Facultat d'Estudis de Benestar Social i Salut de la Universitat de Haifa, a Israel. Aquestes investigadores han establert les bases d'una important recerca en la rehabilitació motora de persones que han patit un ictus i els ha provocat la paràlisi d'un braç o una cama. Aquests pacients han de realitzar exercicis periòdics molt tediosos per anar movent l'extremitat paralitzada.

En primer lloc, aquestes investigadores han analitzat la viabilitat d'aquestes tecnologies en el camp de l'anomenada *rehabilitació virtual* a través del sistema Vivid GX (Kizony *et al.*, 2004a; Kizony *et al.*, 2004c). Elles proposaren també un model jeràrquic de tres nivells de contextos: l'«espai d'interacció», la «fase de transferència» i el «món real», per explicar l'impacte de rehabilitació d'aquestes tecnologies en la vida diària dels pacients (Kizony *et al.*, 2004a). La idea és que aquests sistemes, tot jugant, motivin els pacients a realitzar una sèrie de moviments equivalents als que realitzarien en una teràpia convencional, però passant una bona estona. Això és important, ja que en un ictus no són els músculs del membre paralitzat allò que pateix una lesió; el que deixa de funcionar correctament és una part del cervell encarregada del control d'aquell conjunt de músculs del membre. Aquesta part del cervell pot quedar afectada a causa d'una manca d'arribada de sang a causa d'un coàgul que obtura un vas sanguini d'aquella zona, o bé, provocat per un vessament pel trencament del vas sanguini. En quedar inutilitzada aquella zona del cervell, el que cal és que una altra part que encara estigui en bon estat passi a substituir-la en el control del membre afectat. Això és el que es coneix com a *plasticitat del cervell*. Aquest és un procés molt lent i encara força desconegut, i en alguns casos es dona amb èxit i en d'altres no. Així, en cas que es recuperi la mo-

bilitat, habilitat i coordinació del membre paràlitzat, els pacients han de poder tornar a realitzar tasques aparentment tan senzilles com cordar-se una camisa, pentinar-se, menjar o escriure. És a dir, que han de poder traslladar les habilitats recuperades a les seves activitats diàries.

Malauradament, com s'ha explicat abans, l'alt cost dels sistemes Vivid GX els fa poc adients per a un ús realment generalitzat en centres de rehabilitació, i encara menys a les cases dels pacients. Per aquesta raó també van explorar les possibilitats d'utilitzar els sistemes de baix cost com l'EyeToy de la PlayStation 2 i ho van comparar amb el sistema Vivid GX (Kizony *et al.*, 2004b). Elles van trobar que els aspectes lúdics d'aquests sistemes basats en videoconsolles generaven una motivació molt positiva en els pacients i que el seu baix cost realment permetia un accés generalitzat i constant en el temps. Malgrat això, la impossibilitat de graduar el nivell de dificultat dels jocs a les capacitats específiques de cada pacient, a causa que són sistemes tancats, generava en molts casos importants nivells de frustració en alguns pacients aguts d'ictus. La frustració és un efecte indesitjat que es dona quan el pacient no pot obtenir bons resultats en els jocs que se li proposen. Van trobar que això pot influenciar la implicació del pacient en la tasca i, en general, l'efectivitat de l'ús d'aquests sistemes en la rehabilitació.

També van comparar la rehabilitació d'aquests sistemes de realitat artificial amb sistemes de realitat virtual que utilitzen casc de visualització (Kizony *et al.*, 2005). Segons la seva recerca, els primers tenen un enorme potencial i viabilitat per davant dels segons ja que l'ús dels cascos de visualització acostuma a causar efectes col·laterals amb més freqüència. Aquests efectes poden ser, per exemple, marejos i altres malestars associats a estar molta estona amb aquests cascos de visualització, que priven de tenir una visió de l'entorn físic i restringeixen la percepció als estímuls visuals mostrats en sistemes formats per petites pantalles i conjunts de lents. A més, els de realitat artificial obtenen una eficàcia similar als de realitat virtual amb casc, però a un cost molt menor i sense tantes molèsties d'ús.

Darrere de Kizony i la resta d'equip, han vingut altres investigadors que han analitzat l'ús i viabilitat dels sistemes EyeToy de la PlayStation 2 i que, com veurem, han assolit resultats encoratjadors. Brooks i Petersson (2005) van provar aquests sistemes en hospitals, en unes activitats suplementàries a la teràpia habitual, contribuint al procés de rehabilitació com a eina per augmentar la motivació en nens i nenes. Aquesta recerca sobretot analitza la viabilitat d'introduir aquests sistemes en hospitals, les problemàtiques de trobar un espai adequat, les possibles restriccions de la tecnologia i les diverses visions dels equips mèdics de diferents hospitals. Flynn *et al.* (2007) han provat aquest sistema en un pacient d'ictus crònic i han obtingut bons resultats de recuperació. A més, com que no han trobat efectes adversos del sistema sobre el pacient, plantegen la

possibilitat que els pacients puguin fer-ne ús a casa per ells mateixos sense necessitat de supervisió. I un exemple més és el de Haik *et al.* (2006), que van provar amb èxit aquests sistemes en rehabilitació de cremades com a manera de distracció del dolor.

Alguns projectes han decidit optar per desenvolupar els seus sistemes propis. Per exemple, Burke *et al.* (2008) varen posar en pràctica un sistema totalment desenvolupat per ells per aplicar a la rehabilitació de pacients amb extremitats superiors paràlitzades per accidents vasculars. L'objectiu principal era definir jocs amb dissenys al màxim d'ajustats a les necessitats dels pacients i alhora poder ajustar-ne la complexitat de la manera més adequada per a cada persona. Un altre exemple és el de Herbelin *et al.* (2008), que varen utilitzar sistemes en tercera persona per a un rang de diverses discapacitats, obrint portes de noves línies de recerca. En aquest treball es mostra com utilitzant eines obertes i lliures (*open source*) es pot començar a prototipar experiències adequades i ajustades als pacients i alhora motivar la discussió amb terapeutes i metges. Una de les eines interessants utilitzades per fer prototipus ràpids per provar diverses opcions i aproximacions de jocs va ser la plataforma Second Life de Linden Labs.

A Catalunya, investigadors com Toni Granollers, del grup Griho de la Universitat de Lleida, o Cèsar Mauri, de la Universitat Rovira i Virgili, fa anys que sumen esforços per investigar l'aplicació de tecnologies de cos sencer per ajudar persones amb problemes greus de control motor, com, per exemple, amb paràlisi cerebral (Mauri, Solanas i Granollers, 2012). En aquests sistemes s'intenta que els pacients assoleixin un millor control dels seus sistemes musculars, els quals pateixen moviments convulsius per un mal funcionament del control motor des del cervell. També aquí, a Catalunya, a la Universitat Pompeu Fabra (UPF) el grup Specs utilitza tecnologia d'interacció de cos sencer per ajudar a la rehabilitació motora d'extremitats superiors amb parèsia provocada per algun accident vascular mitjançant el sistema basat en la realitat virtual Rehabilitation Gaming System (RGS) (Cameirao *et al.*, 2011).

Tots els sistemes que utilitzen realitat artificial apliquen el paradigma d'interacció en tercera persona. La interacció en primera persona és, de fet, poc habitual. Aquest paradigma va ser definit per primer cop pel nostre equip de recerca en un projecte finançat per la Unió Europea anomenat MEDIATE (Parés *et al.*, 2005; Parés *et al.*, 2006). Aquest projecte va desenvolupar un espai interactiu per a nens amb autisme amb baix nivell funcional amb l'objectiu d'explorar com poder-los donar sensació de control i sensació d'agència.¹ A la secció següent expliquem aquest projecte en detall com a cas d'estudi d'aquests sistemes aplicats a les necessitats especials. Analitzarem els seus

1. La sensació d'agència és aquella en la qual una persona percep que, com que té control de l'entorn que l'envolta, se sent vinculada a l'entorn i que aquest no li és aliè.

avantatges i com s'han aprofitat les seves especificitats. Com a evolució del projecte *MEDIATE*, també hem desenvolupat el projecte *SIIMTA*, una experiència de realitat artificial en primera persona per millorar el rendiment de les sessions de musicoteràpia en nens amb autisme.

El meu grup també ha estat desenvolupant un sistema anomenat *tobogan interactiu* (Parés *et al.*, 2009): un tobogan inflable augmentat amb tecnologia de realitat artificial en primera persona per ajudar a compensar els estils de vida sedentaris dels nens i nenes que provoquen problemes de salut en el creixement, obesitat, etc. Segons l'OMS,² a Europa (i altres zones desenvolupades del món) els nens i nenes realitzen, de manera significativa, menys activitat física que els nens de fa deu, vint o trenta anys. Segons l'OMS també, una de les raons principals d'aquest sedentarisme són els mitjans interactius domèstics, com, per exemple, videoconsoles i videojocs, ordinadors, Internet, les xarxes socials, els mòbils, etc. Com que aquests mitjans estan tan arrelats ja en la cultura i la vida diària dels nens d'avui dia, i com que aquests mitjans també tenen avantatges clars, no resulta lògic que deixin d'utilitzar-los. Així, una sèrie de grups de recerca de diversos llocs del món hem endegat iniciatives per tal d'aconseguir que els nens i nenes facin activitat física sense adonar-se'n tot jugant amb mitjans interactius especials. Aquests sistemes, anomenats *exergames*, es basen en videojocs que fan que la interacció entre l'usuari i el sistema comporti algun tipus de moviment del cos. En el nostre cas hem dissenyat un tobogan inflable en què la superfície lliscant (de 4 x 3 m) és també pantalla de projecció dels entorns virtuals de videojocs pensats específicament per ser jugats en un entorn com aquest. Un sistema de visió per ordinador detecta on són els nens i com interaccionen amb els objectes virtuals. Aquest és, doncs, un sistema de realitat artificial en paradigma en primera persona, que augmenta amb tecnologia interactiva una plataforma de joc físic prou coneguda i natural pels nens. Així, tot jugant amb els videojocs els nens fan activitat física sense quasi adonar-se'n. Aquesta recerca és encara molt preliminar i estem treballant intensament per tal d'aconseguir resultats que ens permetin poder començar a plantejar-ne un ús regular en processos de teràpia i rehabilitació i així poder incidir en una millora de la qualitat de vida. La qüestió essencial és poder controlar la quantitat i la qualitat de l'activitat física automàticament, dins d'uns límits saludables definits per experts mèdics o en educació física.

Tots aquests projectes representen tan sols una part de la recerca en la tecnologia d'interacció de cos sencer aplicada a les necessitats especials. Com s'ha pogut observar, hi ha una quantitat important de projectes relacionats amb la rehabilitació motora per raons evidents associades a l'activitat física que promou la interacció de cos sencer. Els avantatges cognitius que aquest tipus d'interacció pot aportar són encara molt desconeguts i, per tant, cal

seguir-hi treballant, però el potencial que s'albira és encoratjador i demana sumar esforços i diversificar els àmbits d'aplicació.

4. *MEDIATE*: un cas concret d'aplicació de realitat artificial per a nens amb autisme

Les persones amb trastorn dins l'espectre autista (TEA), i en especial els nens, sembla que tenen una especial predilecció pels sistemes audiovisuals i, en especial, controlats per ordinador. El TEA és encara molt desconegut i, tot i la recerca important que s'està duent a terme i els grans avenços realitzats en els darrers deu anys, hi ha moltes incògnites sobre l'origen d'aquest trastorn, les seves tipificacions (ja que comprèn un espectre amb un rang amplíssim), les seves necessitats especials, etcètera.

4.1. *El TEA*

El TEA és tipificat per tres característiques bàsiques segons la visió tradicional: dificultats importants de desenvolupament en la comunicació, en la socialització i en la imaginació.³ No obstant això, darrerament es tendeix a definir com un trastorn de les habilitats socials en general. És un trastorn que afecta des del naixement i durant tota la vida. Té molts graus d'intensitat i les persones amb graus menys intenses (de mitjà i alt grau de nivell funcional) poden arribar a aconseguir un cert grau d'autonomia quan són adultes a partir de teràpies i estratègies educatives.

En aquest context de discapacitats, una dificultat que pateixen les persones amb TEA és que tenen una baixa sensació de control del món que les envolta. Els resulta difícil comprendre que poden afectar el món i que aquest els respondrà coherentment. Per tant, perceben el món com a caòtic i imprevisible. Això ocorre de manera més aparent en les persones amb TEA de baix nivell funcional.

4.2. *L'origen del projecte MEDIATE i el seu context*

A causa de la manca de sensació de control descrita abans, un grup d'investigadors de diverses universitats europees ens vam aplegar el 2000 per realitzar un projecte de recerca que ajudés els nens amb TEA de baix nivell funcional i sense capacitat de comunicació verbal a assolir sensació de control i, si fos possible, sensació d'agència (la sensació d'estar vinculat al món i que aquest no és aliè). L'objectiu era fer-ho amb una experiència lúdica a partir de tecnologia interactiva i de manera multimodal, és a dir, utilitzant tantes modalitats d'estímul com fos possible. A més es volia que durant l'estona de joc els nens i nenes poguessin

2. Organització Mundial de la Salut.

3. National Autistic Society del Regne Unit (NAS): <www.nas.org.uk>.

ser autònoms i no depenguessin dels pares o cuidadors per poder fer l'activitat.

El projecte MEDIATE (Parés *et al.*, 2005; Parés *et al.*, 2006) va ser guiat en els aspectes psicològics per les psicòlogues Francesca Happe (1999), de l'Institut de Psiquiatria del King's College de Londres, i Pamela Heaton, del Goldsmiths, també de Londres. El consorci estava, a més, format per grups de recerca de la Universitat de Portsmouth (Regne Unit), del Hogeschool voor de Kungsten Utrecht (Holanda) i de la UPF.

Fins aquell moment, les tecnologies interactives s'havien aplicat a l'àmbit de les persones amb TEA de manera molt minoritària. Essencialment existien dues referències importants. La primera, l'ús de sistemes de realitat virtual basada en casc de visualització, realitzat per la investigadora Dorothy Strickland (1996). L'objectiu era ensenyar a nens amb TEA les qüestions bàsiques necessàries per poder creuar un carrer de manera segura. El casc de visualització és un aparell que cobreix tot el camp visual de l'usuari, l'aïlla de l'entorn físic i li permet explorar un entorn virtual a través d'un sistema de visualització situat dins del casc. Per tant, aquests sistemes són molt intrusius sobre el cos de l'usuari. Així, aquests sistemes amb el casc de visualització són poc adients per a nens amb aquest trastorn, ja que resulta molt difícil que acceptin posar-se un aparell que els envaeix tant el cos i que els pren tot referent de l'entorn físic. Per tant, tan sols ho va poder provar amb dos nens.

L'altra referència era el projecte europeu Aurora, liderat per la investigadora Kerstin Dautenhahn (1999), en què s'utilitzaven petits robots de diverses formes i capacitats com a elements de joc. Aquests intentaven potenciar essencialment l'estratègia d'imitació per tal de captar l'atenció i concentració dels nens amb TEA. Un dels robots proposats era un ninot de roba que tocava un timbal. Al nen amb autisme se li donava també un timbal per tal que imités les accions i ritmes que el petit robot li anava proposant. Altres robots eren com petits vehicles amb rodes (de la mida d'un gos petit) que intentaven convèncer els nens que els seguisin per jugar. Aquests robots exhibien comportaments com apropar-se al nen a poc a poc i, en arribar ben a prop, girar cua i allunyar-se ràpidament del nen per veure si aquest el seguia. D'aquesta manera es volia observar millores d'actitud en els nens amb TEA, intentar allunyar-los de comportaments repetitius i estereotipats i, finalment, ajudar-los a mantenir un estat d'ànim relaxat que els permetés centrar-se millor en activitats pedagògiques posteriors. Els resultats varen ser limitats, però es van trobar alguns elements de disseny d'interacció amb robots interessants.

4.3. La tecnologia de MEDIATE i les decisions de disseny d'interacció de cos sencer

El projecte MEDIATE es va plantejar utilitzar tecnologia no intrusiva, és a dir, que no envaís el cos dels nens amb

sensors, marcadors ni cables. D'aquesta manera, es va dissenyar un espai interactiu multimodal en el qual tots els elements interactius havien d'estar inserits en l'espai i no envair el cos del nen.

Així, MEDIATE es va concretar com un espai hexagonal, irregular, d'uns sis metres de diàmetre intern (figura 4). La configuració espacial comptava amb dues grans pantalles de projecció que omplien dues parets de l'hexàgon per a la interacció amb estímuls visuals (figura 5); una paret amb estructures tubulars que en ser tocades actuaven com un instrument musical i tàctil, i una paret amb estructures encoixinades que generava vibracions relaxants de diferents freqüències i intensitats: qualsevol so generat pel nen obtenia una resposta en forma d'eco a través de diversos sons, i el terra generava sons a partir de la detecció de les passes del nen. Aquest espai era, a més, desmuntable i transportable (en un camió) per tal de poder-lo provar amb nens de diversos llocs d'Europa.

Entrant més en detall en aquests sensors situats a l'espai per tal de no envair el cos dels usuaris, trobem en primer lloc els sensors situats sota terra que detectaven les passes dels nens. Aquests sensors formaven rajoles d'1 x 1 m i, per tant, donaven una localització de baixa resolució sobre on se situaven els nens. Però, a més, quan el nen feia una nova passa detectaven aquest canvi de pressió sobre el terra. També detectaven si el nen passava el seu pes d'una cama a l'altra. Aquestes dades servien a l'entorn per respondre amb sons que feien d'eco de les passes del nen. Aquests sons inicialment eren sons de passes sobre diferents tipus de materials, però si el nen interaccionava amb

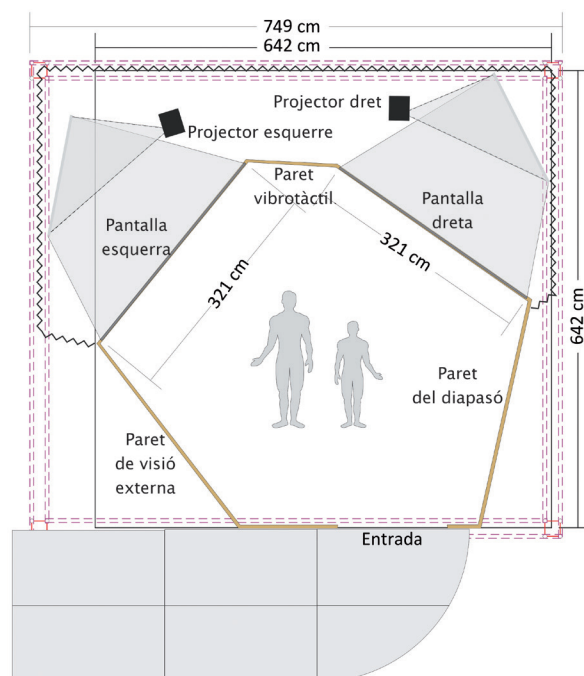
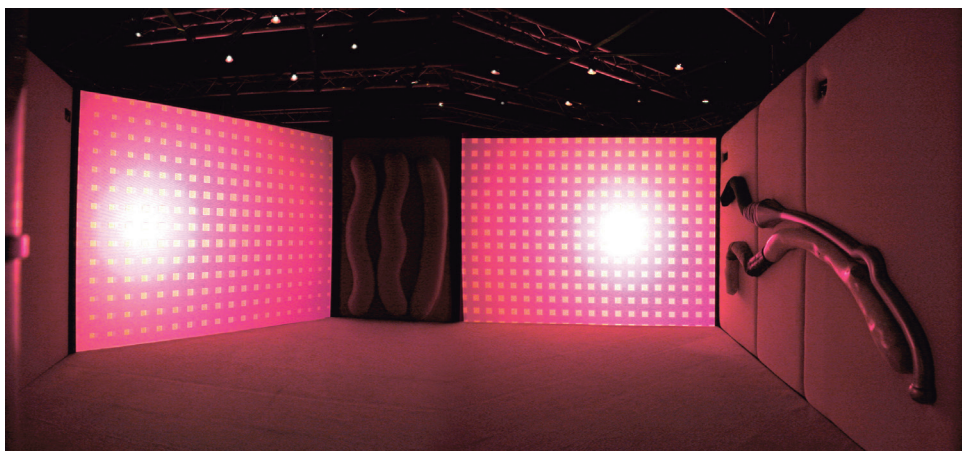


FIGURA 4. Vista en planta de l'espai interactiu multimodal MEDIATE (es mostren les figures de dos usuaris, un adult i un nen, com si estiguessin ajaguts a terra per donar noció de l'escala de l'espai).

FIGURA 5. Vista panoràmica interna, des de l'obertura d'entrada, de l'espai interactiu de cos sencer multimodal anomenat MEDIANE.



aquesta modalitat de manera creativa els sons podien evolucionar cap a opcions més abstractes o musicals. Un altre exemple eren els sensors piezoelèctrics situats dins d'estructures tubulars en una de les parets. Aquests detectaven si el nen tocava, acaronyava o picava les estructures. Aquestes estructures esdevenien un instrument musical tàctil molt ric. Els nens podien tenir la sensació tàctil dels diferents materials (feltre, suro, fusta, metall, goma, plàstic, etc.) mentre rebien resposta musical per part del sistema. Finalment, uns sensors de pressió sota estructures encoixinades en una altra paret detectaven la pressió exercida pels nens sobre aquestes estructures. Amb aquests sensors es podia detectar on pressionaven les estructures encoixinades i amb quina força. La resposta era en forma de vibracions de baixa freqüència, semblants a les dels aparells de relaxació muscular, la intensitat i freqüència de les quals depenia de la força i la localització de l'acció del nen.

Tots aquests sensors detectaven tan sols accions localitzades en alguna zona concreta de l'espai. És a dir, eren mesures locals en aquella zona i, per tant, no aportaven una visió global del sistema. Tot i ser molt útils per detectar accions locals dels nens, es volia poder fer un seguiment global de les accions dels nens dins l'espai de joc,

poder-lo situar amb més precisió dins l'espai, poder veure el tipus de formes i gestos que realitzava amb el cos, la velocitat amb què ho feia, etc. A més, la interacció amb estímuls visuals de gran format (dues pantalles de 2,6 x 2 m) havia de permetre interaccionar-hi a diverses distàncies. Així, el nostre grup de recerca a la UPF va proposar la utilització de sistemes de realitat artificial per tal de poder dotar el sistema i proveir els nens amb una interacció de cos sencer no intrusiva, lliure, espontània i autònoma.

A més, el tipus d'activitats lúdiques que el consorci va definir com a adequades per als nens havien de ser molt clares pel que fa a acció-reacció, i donar així una clara sensació de control. Per tant, no havien de caldre instruccions ni explicacions de cap mena. Els nens havien de poder entrar a l'espai interactiu i, quasi sense adonar-se'n, començar a jugar amb una sèrie de possibilitats que s'anaven desplegant davant d'ells. D'aquesta manera, la interacció de cos sencer també resultava de gran ajut. Els nens, tan sols pel fet d'entrar, ja activaven respostes del sistema. Amb petits desplaçaments en una direcció o una altra, el sistema ja els podia anar obrint petites portes vers jocs senzills amb imatges, sons o vibració-tacte. Qualsevol petita gesticulació o canvi postural podia donar lloc que el sistema els proposés una activitat divertida (figura 6).

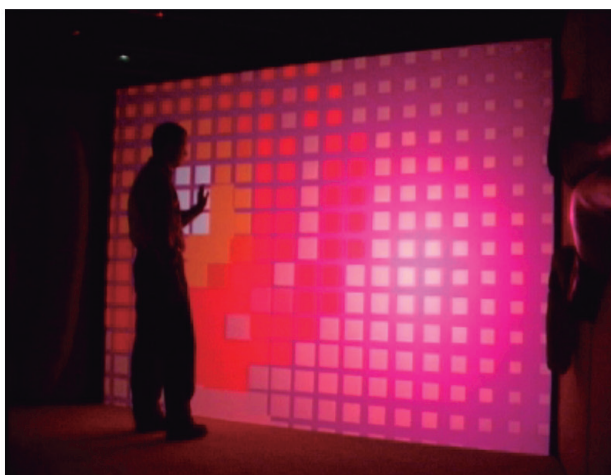


FIGURA 6. Dos instants de la interacció visual de cos sencer amb el sistema de MEDIANE.

4.4. Interacció en paradigma de primera persona

En aquell punt, en què les experiències de realitat artificial fins aquell moment havien estat totes en paradigma de tercera persona, es varen detectar una sèrie de limitacions i dificultats potencials que aquest paradigma ens imposava.

Per una banda, la interacció en tercera persona força els usuaris a allunyar-se del sistema de visualització, tal com s'ha explicat a la secció 2.2. En un espai multimodal, en què els nens havien de tenir una activitat de cos sencer, lliure i amb plena autonomia, no podíem pretendre mantenir els nens a una certa distància de les pantalles de projecció. Semblava força evident que els nens voldrien apropar-se a les parets i fins i tot tocar-les, atrets per les imatges que s'hi projectarien. Si els haguéssim hagut de limitar, hauríem hagut de posar algun tipus de barrera física o barana, o bé que algú els hagués anat explicant que no havien de fer-ho. Això hauria trencat tota la fluïdesa i l'autonomia dels nens i fins i tot els podia haver generat frustració.

D'altra banda, la interacció en tercera persona força l'usuari a interaccionar amb els objectes virtuals a través d'aquest tercer element, la silueta, que s'incorpora a l'entorn (secció 2.2). A l'equip de MEDiate ens va preocupar que aquesta silueta no fos identificada per l'usuari com el seu propi cos i li resultés un obstacle més que no un facilitador de la interacció. També ens preocupava que si la representàvem fotogràficament, a l'estil dels sistemes del Vivid Group o de l'EyeToy de la PlayStation 2, fins i tot el poguéssim sobtar i li provoqués un rebuig. A més, des del punt de vista de la interacció, també ens preocupava que la silueta imposés un salt qualitatiu pel que fa al control de l'acció dins l'entorn virtual (tal com es descriu a la secció 2.4). Aquesta possibilitat, en aquests nens que sovint presenten dificultats motores i que precisament tenen dificultats per entendre el seu control sobre l'entorn que els envolta, ens podia donar resultats molt negatius en l'ús de l'espai.

Aquestes raons ens van portar a analitzar les diverses alternatives que teníem i així vam arribar a definir la interacció segons el paradigma de primera persona descrit a la secció 2.3 i segons la configuració de sistema mostrada a la figura 2.

4.5. Resultats de MEDiate

L'espai de MEDiate va ser provat en quatre ciutats europees: Londres, Hilversum (Holanda), Barcelona i Portsmouth. En total hi van jugar noranta nens i nenes d'edats cronològiques entre set i dotze anys i amb un nivell funcional baix de TEA. Això significa un estudi a gran escala i amb una logística molt complexa. No obstant això, el projecte no tenia unes pretensions terapèutiques en aquesta primera fase d'aproximació al disseny d'aquestes tecnolo-

gies per a l'àmbit de les persones amb TEA. Com s'ha dit abans, tan sols es volia veure si es podia aportar sensació de control i agència en l'activitat lúdica de cada nen dins l'espai.

Segons els estudis de les psicòlogues i els seus equips d'investigadors dins de MEDiate, l'espai va aconseguir que un alt percentatge de nens i nenes (aproximadament més d'un 80 %) assolissin la desitjada sensació de control, i una part important d'aquests van assolir també sensació d'agència. Això sembla mostrar que el disseny d'interacció, el paradigma i la configuració tecnològica seleccionats van ser encertats i que obren portes a noves exploracions i estudis per veure com es pot continuar millorant la vida d'aquests nens i nenes.

5. Conclusions generals

Hem vist com la interacció de cos sencer aporta un enorme rang de possibilitats en molts àmbits de la nostra vida. Hem vist també que existeixen un gran nombre de tipologies d'interacció de cos sencer. En aquest article ens hem centrat en un tipus concret, el de la realitat artificial. Aquest és un tipus basat en tecnologia de visió per ordinador a través de càmeres que capturen la silueta del cos dels usuaris. Aquests sistemes determinen paràmetres de l'usuari que informen sobre la seva posició, postura i gestos i permeten la interacció d'aquests amb entorns i objectes virtuals.

Dins dels sistemes de realitat artificial hem vist que existeixen dues filosofies diferents d'interacció, dos paradigmes: el de tercera persona i el de primera persona. Hem vist les seves especificitats i diferències, i hem vist com es pot aprofitar cadascun d'aquests segons convingui a l'aplicació.

En aquest article ens hem concentrat en l'aplicació d'aquests sistemes a les necessitats especials, com ara trastorns i discapacitats, que aporten funcionalitats de rehabilitació, entrenament, motivació, etc., tant en àmbits motors com cognitius. Hem vist una panoràmica d'exemples d'aplicacions en aquest àmbit mostrant l'enorme potencial que tenim davant.

Finalment hem vist en més detall un cas concret de l'aplicació d'aquestes tecnologies a les necessitats especials. En concret, al trastorn de l'espectre autista, a través del projecte finançat per la Unió Europea MEDiate.

Comparat amb l'història de recerca d'altres camps de coneixement, com ara la física, la química, fins i tot les ciències socials, la recerca en interacció persona-ordinador «acaba de començar». Tot i l'enorme potencial que s'albira davant nostre en aquest camp i en (pràcticament) tots els àmbits de les nostres vides, és clar que encara ens trobem a les beceroles i cal continuar la recerca per entendre millor com utilitzar aquestes tecnologies en benefici de les persones, tinguin necessitats especials o no. ■

6. Bibliografia

- ACKERMAN, E. K. *Constructing Knowledge and Transforming the World. A learning zone of one's own: Sharing representations and flow in collaborative learning environments*. Ed. a cura de M. Tokoro i L. Steels. Amsterdam: IOS Press, 2004, part 1, cap. 2, p 15-37.
- ALCARAZ, S.; PARÉS, N.; MORA, J. *Interactive Learning Experience on Nanotechnology. ITS '10 ACM International Conference on Interactive Tabletops and Surfaces*. 2010, p. 301. DOI 10.1145/1936652.1936729.
- ANTLE, A. N. «Embodied child computer interaction – Why embodiment matters». *ACM Interactions* (març-abril 2009), p. 27-30.
- BARSALOU, L. W. «Grounded cognition». *Annual Review of Psychology*, 59 (2008), p. 617-645.
- BIANCHI-BERTHOUE, N.; WOONG KIM, W.; PATEL, D. «Does Body Movement Engage You More in Digital Game Play? and Why?». A: PAIVA, Ana C.; PRADA, Rui; PICARD, Rosalind W. (ed.). *Proceedings of the 2nd International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction (ACII '07)*. Berlín; Heidelberg: Springer, 2007, p. 102-113.
- BOBICK, A. F.; DAVIS, J. W.; INTILLE, S. J.; BAIRD, F.; CAMPBELL, L. W.; IVANOV, Y. A.; PINHANEZ, C. S.; SCHUTTE, A.; WILSON, A. «The KidsRoom: A Perceptually-Based Interactive and Immersive Story Environment». *Presence: Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 8, núm. 4 (agost 1999), p. 369-393. DOI 10.1162/105474699566297.
- BROOKS, A.; PETERSSON, E. «Play therapy utilizing Sony EyeToy®». A: SLATER, M. (ed.). *Eighth International Workshop on Presence*. 2005, p. 303-310.
- BURKE, J. W.; MORROW, P. J.; MCNEILL, M. D. J.; McDONOUGH, S. M.; CHARLES, D. K. «Vision Based Games for Upper-Limb Stroke Rehabilitation». A: *Conf. & Proc. International Machine Vision and Image Processing Conference, 2008. IMVIP'08*. 2008, p. 159-164.
- BUXTON, W. «There's More to Interaction than Meets the Eye: Some Issues in Manual Input». A: NORMAN, D. A.; DRAPER, S. W. (ed.). *User centered system design: New perspectives on human-computer interaction*. Hillsdale, N. J.: Lawrence Erlbaum Associates, 1986, p. 319-337.
- CAMEIRÃO, M.; BERMÚDEZ, S.; DUARTE, E.; VERSCHURE, P. «Virtual reality based rehabilitation speeds up functional recovery of the upper extremities after stroke: A randomized controlled pilot study in the acute phase of stroke using the Rehabilitation Gaming System». *Restorative Neurology and Neuroscience*, vol. 29, num. 5 (2011), p. 287-298. DOI 10.3233/RNN-2011-0599.
- CARRERAS, A.; PARÉS, N. *Designing an interactive installation for children to experience abstract concepts in new trends on human-computer interaction*. Londres: Springer, 2004.
- D'HOOGE, H.; GOLDSMITH, M. «Game Design Principles for the Intel® Play™ Me2Cam virtual game system». *Intel Tech.* (quart trimestre 2001).
- DAUTENHAHN, K. «Robots as Social Actors: Aurora and the Case of Autism». A: *Proceedings CT99, The Third International Cognitive Technology Conference*. Agost 1999. San Francisco, 1999.
- DAVIS, J.; BOBICK, A. «Virtual PAT: A Virtual Personal Aerobics Trainer». In *Workshop PUI 1998*. 1998, p. 13-18.
- DÍAZ, D.; BOI, C. «Hybrid Playground». 2009 <<http://www.lalalab.org/hybrid.htm>>
- DI PAOLO, E.; ROHDE, M.; STEWART, J.; GAPENNE, O. «Horizons for the enactive mind: Values, social interaction, and play». A: *Enaction: Towards a New Paradigm for Cognitive Science*. Cambridge: MIT Press: Awaiting Publication, 2007.
- DOURISH, P. *Where the Action Is: The Foundations of Embodied Interactions*. Cambridge: MIT Press, 2001.
- FLYNN, S.; PALMA, P.; BENDER, A. «Feasibility of Using the Sony PlayStation 2 Gaming Platform for an Individual Post-stroke: A Case Report». *Journal of Neurologic Physical Therapy*, vol. 31, núm. 4 (2007), p. 180-189. DOI 10.1097/NPT.0b013e31815d00d5.
- GESTURETEK. *The Mandala Gesture Xtreme System*. <<http://www.vjvincent.com/index.html>>, <<http://www.gesturetek.com/>>, <http://www.gesturetek.com/gesturefx/press/press_ts2.php>
- GRUDIN, J. «The Computer Reaches Out: The historical continuity of interface design». A: *Chi'90 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. 1990, p. 261-268. DOI 10.1145/97243.97284.
- HAIK, J.; TESSONE, A.; NOTA, A.; MENDES, D.; RAZ, L.; GOLDAN, O.; HOLLOMBE, I. «The Use of Video Capture Virtual Reality in Burn Rehabilitation: The Possibilities». *Journal of Burn Care & Research*, vol. 27, núm. 2 (2006), p. 195-197.
- HÄMÄLÄINEN, P.; ILMONEN, T.; HÖYSNIEMI, J.; LINDHOLM, M.; NYKÄNEN, A. «Martial Arts in Artificial Reality». A: *Proc. CHI 2005. Conference on Human Factors in Computing Systems*. Portland, Oregon: ACM Press, 2005, p. 781-790.
- HAPPÉ, F. *Autism, an introduction to psychological theory*. Londres: Psychology Press, Taylor & Francis Group, 1999.
- HERBELIN, B.; CIGER, J.; BROOKS, A. L. «Customization of gaming technology and prototyping of rehabilitation applications». A: *Proceedings of Seventh International Conference on Disability, Virtual Reality and Associated Technologies, Porto, Portugal*. 2008.
- HODGKINS, P.; CAINE, M.; ROTHBERG, S.; SPENCER, M.; MALLISON, P. «Design and testing of a novel interactive playground device». A: *Proceedings of the Institution of Mechanical Engineers*, vol. 222, núm. 4. Part B: *Journal of Engineering Manufacture*. Professional Engineering Publishing, 2008, p. 559-564.
- HOLDEN, M. «Virtual environments for motor rehabilitation: Review». *CyberPsychology & Behavior*, vol. 8, núm. 3(2005), p. 187-211.
- JOHNSON, A. E.; ROUSSOS, M.; LEIGH, J.; VASILAKIS, C.; BARNES, C.; MOHER, T. G. «The NICE Project: Learning Together in a Virtual World». A: *Proceedings of VRAIS '98, Atlanta, Georgia, March 14-18, 1998*. 1998, p. 176-183. DOI 10.1109/VRAIS.1998.658487.
- KIZONY, R.; KATZ, N.; WEISS, P. L. «Virtual reality based intervention in rehabilitation: relationship between motor and cognitive abilities and performance within virtual environments for patients with stroke». A: *Proc. 5th Int. Conf. on Disability, Virtual Reality & Associated Technologies (ICDVRAT)*. Reading, UK: The University of Reading, 2004a.

- KIZONY, R.; RAND, D.; WEISS, P. L. «Virtual reality rehabilitation for all: Vivid GX versus Sony Play Station II Eye Toy». A: *Proc. 5th Int. Conf. on Disability, Virtual Reality & Associated Technologies (ICDVRAT)*. Reading, UK: The University of Reading, 2004b.
- KIZONY, R.; RAND, D.; WEISS, P. L.; KATZ, N. «Video capture virtual reality as a flexible and effective rehabilitation». *Journal of NeuroEngineering and Rehabilitation*, vol. 1, art.12 (2004c).
- KIZONY, R.; RIZZO, A.; RAND, D.; WEISS, P. L.; KATZ, N.; FEINTUCH, U.; JOSMAN, N. «Comparision of two VR platforms for rehabilitation: Video Capture vs HMD». *Presence. Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 14, núm. 2 (2005), p. 145-160.
- KRUEGER, M.; GIONFRIDDO, T.; HINRICHSEN, K. «Videoplace - An Artificial Reality». A: *CHI '85 Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*. San Francisco, Ca: 1985, p. 35-40. DOI 10.1145/1165385.317463.
- KRUGLANSKI, O.; PARÉS, R.; RIBAS, J. J.; SOLER, M. «Analyzing the Adequacy of Interaction Paradigms in Artificial Reality Experiences». *Human-Computer Interaction* [Taylor & Francis], vol. 28, núm. 2 (2013), p. 77-114. DOI 10.1080/07370024.2012.688469.
- KYNIGOS, C.; SMYRNAIOU, Z.; ROUSSOU, M. «Exploring rules and underlying concepts while engaged with collaborative full-body games». A: *Proceedings of the 9th International Conference on Interaction Design and Children (IDC'10)*. Nova York: ACM, 2010, p. 222-225. DOI 10.1145/1810543.1810576.
- LILJEDAHL, M.; LINDBERG, S.; BERG, J. «Digiwall: an interactive climbing wall». A: *Proceedings of the 2005 ACM SIGCHI International Conference on Advances in Computer Entertainment Technology*. ACE. Nova York: ACM, 2005, p. 225-228. [València, 15-17 juny 2005]
- LINDGREN, R.; MOSHELL, J. M. «Supporting children's learning with body-based metaphors in a mixed reality environment». A: *Proceedings of the 10th International Conference on Interaction Design and Children (IDC'11)*. Nova York: ACM, 2011, p. 177-180. DOI 10.1145/1999030.1999055.
- LUND, H. H.; KLITBO, T.; JESSEN, C. «Playware Technology for Physically Activating Play». *Artificial Life and Robotics Journal*, vol. 9 (2005).
- MAES, P.; DARRELL, T.; BLUMBERG, B.; PENTLAND, A. «The ALIVE system: Full-body interaction with autonomous agents». A: *Proceedings of Computer Animation 1995*. Ginebra: IEEE Press, 1995.
- MAURI, C.; SOLANAS, A.; GRANOLLERS, T. «A Nonformal Interactive Therapeutic Multisensory Environment for People With Cerebral Palsy». *International Journal of Human-Computer Interaction* [Taylor & Francis], vol. 28, núm. 3 (2012), p. 202-212. DOI 10.1080/10447318.2011.581894.
- Microsoft Xbox Kinect. <<http://www.xbox.com/es-es/kinect>>.
- MILGRAM, P.; TAKEMURA, H.; UTSUMI, A.; KISHINO, F. «Augmented Reality: A class of displays on the reality-virtuality continuum». A: *Telemanipulator and Telepresence Technologies*. Bellingham: SPAI, 1994, p. 282-292. (Proceedings of SPIE; 2351-34)
- MUELLER, F.; AGAMANOLIS, S. «Exertion interfaces». A: *CHI '08 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems* (Florència, Itàlia, 5-10 abril 2008). Nova York: ACM, 2008, p. 3957-3960.
- MUELLER, F.; AGAMANOLIS, S.; PICARD, R. «Exertion interfaces: sports over a distance for social bonding and fun». A: *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems CHI '03*. Nova York: ACM, 2003, p. 561-568.
- PARÉS, N.; CARRERAS, A. «Designing an Interactive Installation for Children in a Museum to Learn Abstract Concepts». A: *Proceedings ED-MEDIA 2007- World Conference on Educational Multimedia, Hypermedia and Telecommunications. Vancouver, Canada, June, 25-29. 2007*, p. 3454-3459.
- PARÉS, N.; CARRERAS, A.; DURANY, J.; FERRER, J.; FREIXA, P.; GOMEZ, D.; SANJURJO, A. «Starting Research in Interaction Design with Visuals for Low Functioning Children in the Autistic Spectrum: A Protocol». *CyberPsychology & Behavior* [New Rochelle, NY: Mary Ann Liebert, Inc. Publishers], vol. 9, núm. 2 (abril 2006), p. 218-223.
- PARÉS, N.; MASRI, P.; WOLFEREN, G. van; CREED, C. «Achieving Dialogue with Children with Severe Autism in an Adaptive Multisensory Interaction: the MEDIATE project». *IEEE Transactions on Visualization and Computer Graphics. Special Issue on Haptics, Virtual, and Augmented Reality*, vol. 11, núm. 6 (novembre-desembre 2005), p. 734-743.
- PARÉS, N.; SOLER, J.; FERRER, J. «A novel approach to interactive playgrounds: the interactive slide project». A: *Proceedings of the International Conference on Interaction Design and Children, IDC 2009*. Como: ACM Press, 2009, p. 131-139.
- Reality Fusion Game Cam. <http://www.usbman.com/Reviews/gamecam_reality%20fusion.htm>.
- RIZZO, A.; JOUNGHYUN, G. «A SWOT Analysis of the field of virtual reality rehabilitation and therapy». *Presence. Teleoperators and Virtual Environments*, vol. 14, núm. 2 (2005), p. 119-146.
- Sony PlayStation Eye. <<http://es.playstation.com/ps3/>>.
- Sony PlayStation Eye-Toy. <<http://www.eyetoy.com>>.
- STRICKLAND, D. «A virtual reality application with autistic children». *Presence. Teleoperators and Virtual Environments* [Cambridge: MIT Press], vol. 5, núm. 1 (1996), p. 319-329.
- VARELA, FRANCISCO J.; THOMPSON, EVAN T.; ROSCH, ELEANOR. *The embodied mind: Cognitive science and human experience*. Cambridge: MIT Press, 1992. ISBN 0-262-72021-3
- VITRUVIUS. *Ten Books on Architecture, EBook#20239*, 31 desembre 2006. <<http://www.gutenberg.org/files/20239/20239-h/29239-h.htm>>. [Consulta: 7 març 2014]
- WARREN, J. (2003). *Unencumbered full body interaction in video games*. Tesi. 2003. <http://a.parsons.edu/~jonah/thesis/jonah_thesis.pdf>
- WERTSCH, J. *The concept of activity in Soviet psychology*. Armonk, N. Y.: M. E. Sharpe, 1981.
- WILSON, M. «Six views of embodied cognition». *Psychonomic Bulletin and Review*, vol. 9, núm. 4 (2002), p. 625-636.

METROLOGIA 3D DE SUPERFÍCIES EXTENSES

Santiago Royo,¹ Miguel Ares,¹ Jordi Riu,¹ David Panyella²

1. Centre de Desenvolupament de Sensors, Instrumentació i Sistemes. Universitat Politècnica de Catalunya

2. Antonio Puig, S. A.

1. Metrologia tridimensional

Les diferents tècniques d'adquisició d'imatges tridimensionals d'objectes reals mai han estat tan a prop de la nostra vida diària. Els telèfons mòbils de la propera generació s'anuncien amb capacitats de reconstrucció 3D. El món de l'audiovisual estrena cada nova gran producció en 3D; hi ha aplicacions de mòbil per convertir en 3D les nostres fotografies, i els hologrames i altres tecnologies vàries estan introduint-se ràpidament en el món de l'electrònica de consum i el nostre llenguatge per oferir més proximitat en la reproducció del nostre món 3D.

Més enllà d'aquestes aplicacions audiovisuals en què l'interès està a reconstruir una escena amb aparença tridimensional a partir d'imatges bidimensionals, jugant amb el nostre sistema visual amb diferents tècniques d'afegir profunditat a les imatges, s'han establert diverses tècniques de mesura que permeten reconstruir tridimensionalment escenes i objectes extensos. L'objectiu pot ser digitalitzar-los per a la seva edició virtual posterior aprofitant la informació de volum afegida, o reproduir-los en impressores 3D, però sovint es fan servir amb finalitats de detecció i caracterització precisa de volums, formes i propietats superficials com la rugositat. Aquestes informacions tenen molt d'interès en diferents àmbits industrials i biomèdics. Una de les principals barreres que s'estableixen davant una determinada necessitat, però, és la dificultat de seleccionar la tècnica de mesura 3D òptima per a l'aplicació d'entre les diferents possibilitats existents. Igualment, l'adaptació a les necessitats dels usuaris de tecnologies existents, fins i tot si estan molt ben desenvolupades i fins i tot disponibles comercialment, pot no ser evident encara, si el format no és generalista o l'aplicació té una especificitat especial.

El problema neix de l'existència de diferents tècniques de mesura 3D sense contacte, ja que cada tècnica de mesura per mitjans òptics és adequada per a una determinada aplicació, objecte, camp de visió o distància de treball. Existeix una enorme varietat de tècniques de metrologia òptica capaces d'entregar sense contacte una imatge tridimensional detallada de superfícies de diferents tipus. Així, és possible trobar

tècniques amb resolucions inferiors al nanòmetre (la interferometria o la microscòpia interferomètrica amb detecció de fase en serien exemples). Amb resolucions menors a la interferometria, altres tècniques es basen en la reconstrucció de superfícies 3D a partir de la mesura de conjunts ordenats de punts de llum, dels quals es verifica la posició de millor enfocament (perfilometria confocal o interferometria de llum blanca). Ara bé, en el moment en què ens acostem a formes amb escales del micròmetre al centímetre, i si a més l'aplicació demana realitzar anàlisis d'àrees grans a velocitats importants i/o en entorns poc col·laboratius o fins i tot hostils, el rang de tècniques es veu reduït notablement. La intenció d'aquest article és presentar una breu revisió de les dues famílies de tècniques més rellevants en el camp de la imatge 3D industrial, útils en àrees extenses, capacitades per fer captures ràpides, i amb resolucions variables però en el rang del centímetre a la micra. La secció 2 presentarà el principi de funcionament de dues de les principals famílies de tècniques en aquest àmbit: l'estereoscòpia basada en projecció de franges i les tècniques de temps de vol. En la secció 3 es presentaran exemples d'aplicacions i desenvolupaments que hem realitzat en el Centre de Desenvolupament de Sensors, Instrumentació i Sistemes (CD6) de la UPC en l'àmbit d'aquestes tècniques. Finalment, la secció 4 presentarà unes breus conclusions respecte de les tècniques de metrologia 3D d'àrea extensa presentades.

2. Introducció a les tècniques de metrologia 3D d'àrees extenses

2.1. Estereoscòpia

El principi de l'estereoscòpia es conceptualment molt simple, ja que és el que fa servir el sistema visual de la majoria dels éssers vius. Amb una única imatge és impossible reconstruir la sensació de profunditat, com podem comprovar només de tapar-nos un ull en un entorn que no coneguem. En canvi, les diferències en la percepció de dues imatges del mateix objecte observades des de punts de vista «monoculars» lleugera-

ment diferents, per dos detectors situats a una distància coneguda, permeten recuperar la informació de profunditat de l'objecte amb precisió. Aquests detectors poden ser els nostres ulls o bé, en aplicacions d'enginyeria, càmeres situades a distàncies conegudes amb un nombre de píxels variable.

Portada a l'expressió més simple de l'experiment, una reconstrucció estereoscòpica requereix, doncs, una parella de càmeres que, des de diferents posicions i en angles de visió diferents (però coneguts), observen l'objecte a reconstruir i permeten mesurar la seva posició a partir, essencialment, de correlacions entre les dues imatges que poden interpretar-se com una triangulació entre els punts corresponents de les imatges captades (per ser precisos, el que s'acostuma a aplicar és una reconstrucció de l'alçada basada en una configuració de triangulació coneguda com a *geometria epipolar*), sovint partint d'algun procés de calibratge previ. Depenent de l'aplicació, però, pot aparèixer el problema de la detecció preliminar de quins són els punts corresponents de les dues imatges que s'aparellen. Sovint, per exemple, se cerquen punts destacats en la imatge que es detecten mitjançant algorismes de detecció de vores o d'angles, per exemple, i per tant la densitat de punts de mostreig queda limitada a les parelles de punts corresponents que es puguin identificar en totes dues imatges amb fiabilitat.

En aplicacions en què es persegueix determinar reconstruccions detallades de les superfícies a mesurar, sovint es completa el sistema d'estereoscòpia amb la projecció d'algun tipus de patró de llum estructurada, molt habitualment un patró sinusoidal de línies blanques i negres, com es mostra a la figura 1. El paper de les línies és fer de «marques» a distància coneguda que permeten obtenir una multitud de punts corresponents entre les dues imatges, i per tant una reconstrucció 3D molt detallada, que permet extreure informació de forma, volum o rugositat de la superfície mesurada a partir de les alteracions en la forma de les línies que introdueix l'objecte a reconstruir. Amb aquesta tecnologia és possible obtenir topografies de superfícies amb milions de punts de mostreig.

Existeix un nombre considerable de variants d'aquesta tècnica, des de l'escaneig de la superfície amb línies de llum, molt adequat per a la reconstrucció 3D d'objectes en cadenes de producció (i també sovint basat en l'estereos-

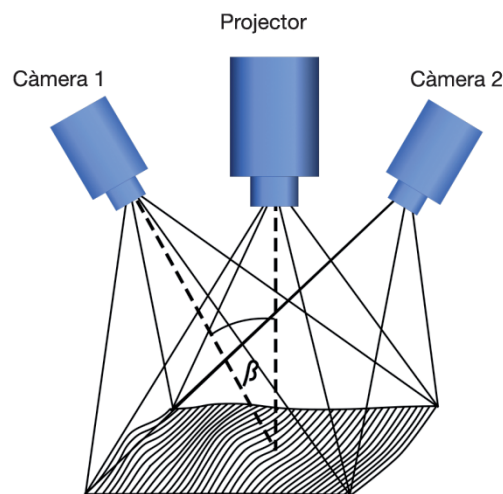


FIGURA 1. Sistema de dues càmeres que capten patrons de franges deformats per l'objecte. La posició de la franja observada per cada càmera depèn del triangle (angle β) que formen projector i càmera.

còpia), o muntatges amb una única càmera i un projector en què la reconstrucció 3D s'obté d'un control acurat de les geometries d'il·luminació i observació existents entre la càmera, l'objecte i el projector (figura 2).

En tots els casos, però, es tracta d'una família de tècniques senzilles i robustes, amb muntatges considerablement econòmics, que més enllà de situacions específiques assoleixen valors típics de resolució vertical entre 1 i 500 μm , depenent del disseny de la configuració experimental, i en què la resolució horitzontal (entesa com la distància entre punts de mesura sobre l'objecte) queda entre 1 i 100 μm amb muntatges experimentals formats per components disponibles a costos baixos. Un cop obtinguda la topografia 3D, existeixen diferents tècniques senzilles i ràpides per calcular volums, rugositats i distàncies entre elements de la mostra en moltes de les llibreries d'informació de font pública (*open source*) disponibles a la xarxa.

2.2. Tècniques de temps de vol

El temps de vol (Forrester i Hulme, 1981) és una tècnica de mesura que permet obtenir mesures de distàncies a partir

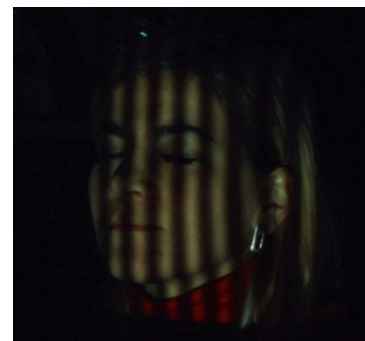


FIGURA 2. Tècniques de mesura 3D del cos humà mitjançant l'escaneig seqüencial per línia làser (Vitronic GmbH) (a), i projecció de franges en tot el camp (b).

d'una dada coneguda com és la velocitat de la llum. Depenent del camp d'aplicació s'anomena *lidar* (*light detection and ranging*), especialment quan es fa servir en ciències de l'atmosfera, o LADAR (*laser detection and ranging*), si parlem d'aplicacions en l'àmbit dels vehicles i la seguretat, o més genèricament *sistemes de temps de vol* (TOF, *time of flight*). Les fronteres d'aquesta terminologia són, però, poc clares i segurament es podrien proposar moltes altres definicions. El fet és que tots els sistemes TOF, LIDAR o LADAR utilitzen una font de llum per il·luminar un objecte o escena i capten part de la llum reflectida per obtenir-ne directament una mesura de distància. La tècnica del temps de vol té dues variants diferents, una basada en llum polsada (Maatta *et al.*, 1993) i una altra basada en modulació de llum contínua (Xu *et al.*, 1998).

La tècnica polsada fa servir polsos làser de duració molt curta per il·luminar l'objecte. La duració típica pot estar entre 1 i 10 ns. Un comptador de temps d'alta precisió (TDC, *time-to-digital converter*) compta el temps transcorregut entre l'enviament i la recepció del pols reflectit en l'objecte. La mesura de distància s'obté directament a través de la fórmula del moviment rectilini uniforme fent servir la velocitat de la llum.

La tècnica modulada fa servir una font de llum contínua modulada sinusoïdalment. Aquesta il·lumina l'objecte i un detector mesura la fase de la llum reflectida en l'objecte. Normalment aquests equips fan servir llum difusa com ara la generada per LED d'alta potència. L'expressió següent permet deduir el valor de distància mesurat:

$$d = \frac{c}{2f} \cdot \frac{\theta}{2\pi},$$

on f és la freqüència de modulació, c és la velocitat de la llum i θ és la fase mesurada. La distància màxima mesurable està limitada, en aquest cas, per la freqüència de modulació. És comú utilitzar freqüències entre 10 i 20 MHz, les quals ofereixen distàncies de mesures entre 7,5 i 15 m (Lange *et al.*, 1999). La figura 3 presenta esquemàticament una configuració de mesura típica de cadascuna de les dues tècniques. És important notar que en un sistema de temps de vol la mesura de distància s'obté directament del compte de temps, i no són necessaris calibratges ni llargs càlculs posteriors, com succeeix en estereoscòpia.

Tot això, però, es refereix a un sistema de mesura puntual. Per tal d'obtenir una imatge tridimensional completa, és a dir, un nombre elevat de punts mesurats disposats en

forma matricial, cal incorporar algun mètode d'escaneig a part del mateix sistema de mesura del temps de vol. La figura 4 mostra exemples d'imatges tridimensionals obtingudes amb aquesta tècnica. Pot veure's com la imatge està formada per un núvol de punts en un espai tridimensional. La codificació de color dóna, visualment, informació sobre la distància de cadascuna de les parts de la imatge al dispositiu d'emissió i recepció. Es tracta, doncs, de repetir el procés de mesura del temps de vol en molts punts de l'escena.

Existeixen dues famílies de mètodes per mesurar imatges de temps de vol. Per una banda, hi ha els sistemes basats en una estratègia d'escaneig (Milroy *et al.*, 1996) i, per una altra, els basats en matrius de detectors (Ailisto *et al.*, 2002). Els sistemes d'escaneig seqüencial formen la imatge mesurant punts únics de manera seqüencial a gran velocitat, i s'apliquen generalment a sistemes TOF polsats. La seqüència d'il·luminació és implementada mecànicament mitjançant sistemes òptics o optomecànics com miralls galvanomètrics, miralls amb microsystema (MEMS), defectors acusticoòptics, etc. Un dels principals avantatges d'aquesta estratègia és que permet concentrar molt la potència del feix làser, de manera que maximitza la distància a la qual és possible obtenir dades per sobre del soroll del circuit de detecció. Un dels factors que limiten les prestacions de mesura dels sistemes de temps de vol és la seva capacitat de detectar feixos reflectits de baixa potència, sigui per la distància a l'escena o per la baixa reflectància d'aquesta. La baixa divergència de la llum làser en una imatge obtinguda per escaneig permet mantenir concentracions d'energia per unitat de superfície molt elevades a distàncies llargues, amb què s'aconsegueixen mesures de desenes de kilòmetres amb resolucions espacials molt elevades. El principal desavantatge d'aquesta tecnologia, però, és el temps de mesura d'una imatge completa. Rarament és possible mesurar més d'una imatge per segon, cosa que limita l'ús d'aquests sistemes en aplicacions en què apareixen objectes en moviment.

L'altra estratègia que permet obtenir imatges per temps de vol són els sistemes basats en matrius de detectors. Aquests utilitzen un conjunt de detectors disposats en quadrícula, en què cadascun té capacitat de mesura TOF, ja sigui mitjançant la tècnica polsada o la modulada. En aquest cas, els punts de la imatge tridimensional són mesurats simultàniament fent servir cadascun dels detectors del conjunt. El conjunt de punts mesurats formen la imatge. El principal avantatge d'aquesta estratègia consis-

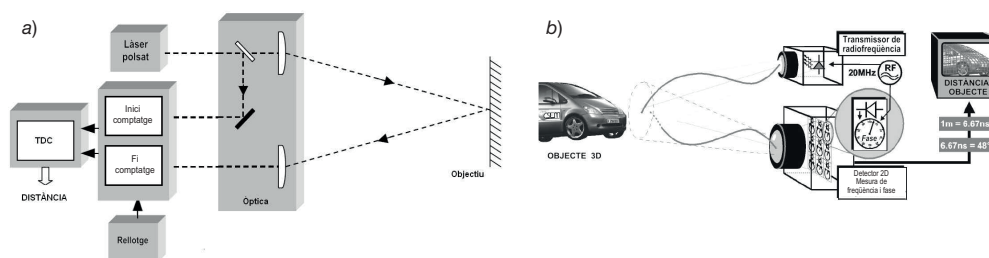


FIGURA 3. Tècniques de temps de vol: a) temps de vol polsats i b) temps de vol modulats (Lange i Seitz, 2000) (OULU).



FIGURA 4. Exemples d'imatges 3D de temps de vol: a) escena exterior i b) escena interior (Schwarz *et al.*, 2012).

teix en la possibilitat de mesurar una gran quantitat de punts de l'escena simultàniament, i aconseguir així un nombre d'imatges per segon molt elevat. Per aconseguir-ho cal que la font de llum il·lumini simultàniament cadascun dels punts que es mesuren, cosa que implica dividir la potència d'il·luminació entre tots els punts a mesurar. L'efecte que provoca és que el feix s'expandeix sobre una superfície molt més gran en comparació amb els sistemes d'escaneig. En conseqüència, en disminuir l'energia rebuda en cada punt de l'escena, l'energia reflectida serà també molt menor, i de la mateixa manera el rang de distàncies mesurable es reduirà, ja que arriba molta menys energia als detectors. Normalment, aquests sistemes estan limitats a uns 15 m en ambients d'interior (sense llum solar). Existeixen equips comercials que poden arribar a funcionar a distàncies de fins a 100 m, tot i que el seu cost és extremament alt ja que utilitzen làsers de molt alta potència. El principal avantatge dels sistemes basats en una matriu de detectors és que aconseguixen velocitats de refrescament d'imatge molt elevades, cosa que els fa molt útils en aplicacions en què apareixen objectes en moviment. No obstant això, el seu ús en situacions exteriors o per a distàncies superiors a 15 m és limitat, en la majoria d'aplicacions.

3. Alguns exemples d'aplicació

3.1. Estereoscòpia: mesures *in vivo* del cos humà

Una de les aplicacions de més èxit de l'estereoscòpia combinada amb projecció de franges és la mesura 3D del cos humà, que té un paper molt important en múltiples aplicacions industrials relacionades amb els sectors del cinema i els jocs d'ordinador, la cirurgia plàstica, la dermatologia, la medicina forense, la moda, l'oftalmologia, l'ortopèdia o l'odontologia, entre d'altres. En les últimes dues dècades hi ha hagut un important creixement de vendes en sistemes complets de digitalització 3D del cos humà, amb el desenvolupament de nous mètodes i eines per digitalitzar i utilitzar eficientment els núvols de punts obtinguts segons l'aplicació. En contraposició als aparells de mesura per contacte mecànic, els aparells òptics s'han imposat, ja que ofereixen importants avantatges, principalment el fet

de proporcionar un escaneig *in vivo* sense contacte amb la persona, una rapidesa més gran en la mesura i una gran precisió a l'hora de mesurar detalls petits.

S'han fet servir diferents sistemes per mesurar la forma del cos humà, íntegrament o de determinades parts d'interès, que, com hem vist, poden classificar-se en els basats en projecció de patrons de llum estructurada (figura 1), els d'escaneig mitjançant punt o línia làser (figura 2a) i d'altres de tipus estereoscòpic basats en múltiples imatges capturades des de diferents punts de vista.

Tots els sistemes tenen avantatges i punts febles depenent dels requeriments de l'aplicació concreta. Les tècniques estereoscòpiques són tècniques passives que no requereixen cap font d'il·luminació, però que tenen com a principals desavantatges l'intens esforç de computació necessari i la pitjor exactitud de mesura. Les altres dues tecnologies són de tipus actiu (fan servir una font d'il·luminació específica) i comparteixen el mateix principi de mesura 3D basat en triangulació a partir de la deformació de la llum projectada en la superfície mesurada. La diferència més significativa entre totes dues tècniques es troba en la forma en què la llum es projecta sobre el cos humà, que és un únic punt o línia làser que s'haurà de moure mecànicament al llarg del cos en el mètode d'escaneig làser, mentre que en el cas del mètode de llum estructurada es projecta un patró de punts o franges estès en tot el camp del cos, com es pot observar a la figura 2b. A causa, doncs, del procés d'escaneig seqüencial que requereix la tècnica de mesura amb làser, aquesta resulta menys adient a l'hora de mesurar tota una figura humana o parts d'aquesta que són de mida gran, ja que el temps de mesura és de diversos segons i els moviments inherents a la persona deguts a la respiració o a contraccions musculars involuntàries generen més errors. En general, el mètode d'escaneig làser resulta apropiat per a la mesura de petites parts del cos, com peus o mans, que es poden mantenir immòbils durant el temps que dura la mesura. Es tracta, però, d'un sistema idoni per a mesures de volum i forma per control de qualitat en processos en línia de producció. El sistema basat en la projecció de llum estructurada supera aquesta restricció ja que pot mesurar una superfície més gran en una sola adquisició o fase d'il·luminació.

No obstant això, pel que fa a la transferència de les tecnologies a productes comercials, cadascuna té una presen-

cia diferent en el mercat. Amb dades del 2009, a escala mundial el 49 % dels escàners 3D comercials de cos humà es basaven en projecció de patrons de llum estructurada, el 32 % feien servir l'escaneig làser i el 19 % restant el formaven aparells basats en fotogrametria i altres tipus de tècniques no tan esteses (D'Apuzzo, 2009). En particular, la tecnologia de projecció de llum estructurada és majoritària des d'un punt de vista comercial a Europa en relació amb la resta del món. Amb dades de 2009, a Europa es produeixen gairebé el 64 % d'aquests productes a escala mundial, enfront del 25 % de l'Amèrica del Nord (EUA i Canadà) i l'11 % de la resta del món (principalment Àsia).

Una gran part d'aquests sistemes comercials s'han concebut específicament per al seu ús en aplicacions mèdiques, i molt particularment en el cas de la cirurgia plàstica. En aquest camp, l'ús d'equips basats en la projecció de llum estructurada ha permès poder planificar amb més precisió les intervencions de cirurgia, dur a terme una comparació molt precisa entre abans i després de l'operació o fins i tot poder simular el resultat d'una operació abans de ser realitzada, i fins i tot seleccionar la pròtesi òptima per al pacient. Un exemple típic és la generació d'una pròtesi d'ull personalitzada per a una persona que l'ha perdut. Mitjançant el sensor de projecció de llum estructurada s'escaneja l'altre ull de l'individu ja que és pràcticament idèntic al perdut; posteriorment es modela amb programari per obtenir el seu model virtual CAD (*computer aided design*), i finalment es realitza físicament mitjançant una eina CAM (*computer aided manufacturing*) (Stelzer *et al.*, 2006). Altres sectors industrials en què aquesta tecnologia ha tingut un gran impacte són el cosmètic i el dermatològic, en què els sistemes de projecció de llum estructurada serveixen per estudiar i analitzar amb precisió i rapidesa la topografia 3D de la pell en diverses regions del cos humà (Jaspers *et al.*, 1999; Royo *et al.*, 2009; Pérez *et al.*, 2012). A partir de la topografia 3D, aquests sistemes integrals permeten quantificar directament o indirectament diferents paràmetres morfològics i mecànics de la pell com la rugositat, el volum, el grau d'envelliment, l'anisotropia, la tensió, la fermesa o la plasticitat.

En els darrers cinc anys, al CD6 de la UPC hem treballat molt activament en el desenvolupament d'instrumentació per a la mesura 3D del cos humà en aplicacions industrials dels sectors cosmètic i dermatològic. En concret, el grup ha desenvolupat dos prototips de mesura 3D basats en la tècnica de projecció de llum estructurada en combinació amb l'estereoscòpia, en col·laboració amb socis industrials, del 2009 al 2013. El primer prototip es va desenvolupar per avaluar objectivament, *in vivo* i sense contacte, l'eficàcia de productes cosmètics formulats per reduir arrugues i volums facials, com les potes de gall, les bosses d'ulls, etc., sobre els pacients. Amb aquesta finalitat es va dissenyar i construir un prototip adaptat als requeriments de l'empresa client, pel que fa tant a maquinari com a programari. El prototip va integrar dues configuracions diferents de mesura: una d'alta resolució que permetia mesurar canvis superficials d'unes poques micres, i una de mitjana re-

solució sensible a canvis més substancials però capaç de mesurar superfícies de pell humana més grans. Com a exemple d'ús pràctic, la configuració d'alta resolució es va utilitzar per quantificar objectivament l'eficàcia d'un conjunt de cremes reductores de potes de gall, aplicades a un grup de pacients conforme al protocol estàndard d'avaluació de l'empresa client. Col·locant els i les pacients adequadament, es van registrar les topografies 3D de potes de gall d'ull dret i esquerre en tres moments temporals diferents: a l'inici del tractament, al cap d'un mes del tractament i després de dos mesos de tractament. A la figura 5 es mostra un exemple d'aquestes mesures 3D a la zona de potes de gall a l'inici i al cap d'un mes del tractament cosmètic antiarrugues. La interfície va incorporar una eina que comparava en temps real la imatge actual del pacient amb la registrada en un temps passat, i permetia a l'operador ajustar la posició del pacient d'una manera precisa. A partir de les topografies 3D de la zona de potes de gall, es calculen les rugositats mitjana (R_a) i total en una longitud (R_z), que són les magnituds típicament utilitzades per la indústria cosmètica per quantificar l'efectivitat dels productes cosmètics reductors.

El segon prototip de mesura 3D desenvolupat al CD6 comparteix el mateix principi de mesura que el seu predecessor, encara que és de dimensions més grans i amb més complexitat optomecànica, ja que realitza mesures de zones del cos humà de $0,5 \times 0,5$ m i en un angle frontal de 180° , per a aplicacions de cirurgia estètica (figura 6). El prototip compta amb dues unitats de mesura sincronitzades (cadascuna composta per un projector i dues càmeres) que mesuren les dades 3D del costat dret i esquerre del pacient, que finalment són combinades per programari d'una manera precisa per formar una topografia 3D completa. A més de la informació geomètrica tridimensional, el prototip extreu el color vermell-verd-blau (RGB) de cada punt mesurat, i s'obté com a resultat un 3D amb la textura real de color. A la figura 7 es mostra un exemple de topografia 3D d'una cara obtinguda amb l'escàner.

3.2. Temps de vol: desenvolupament de càmeres d'elevada resolució espacial

Al CD6, simultàniament, hem desenvolupat un sistema de càmera de temps de vol que incorpora característiques combinades dels sistemes basats en escaneig i dels sistemes basats en matrius de detectors. Aquesta combinació proporciona unes prestacions úniques que no ofereix cap altre sistema en el mercat. El sistema està protegit a través de dues patents i permet incrementar substancialment el rang de mesura dels sistemes de matriu de detectors mantenint una velocitat de refrescament d'imatge elevada. A més, proporciona la capacitat de mesurar imatges de resolució espacial molt alta, és a dir, imatges amb una concentració de punts molt elevada, que proporciona a la imatge un gran nivell de detall. La resolució espacial és fins i tot reconfigurable per programari dins una mateixa medicació.

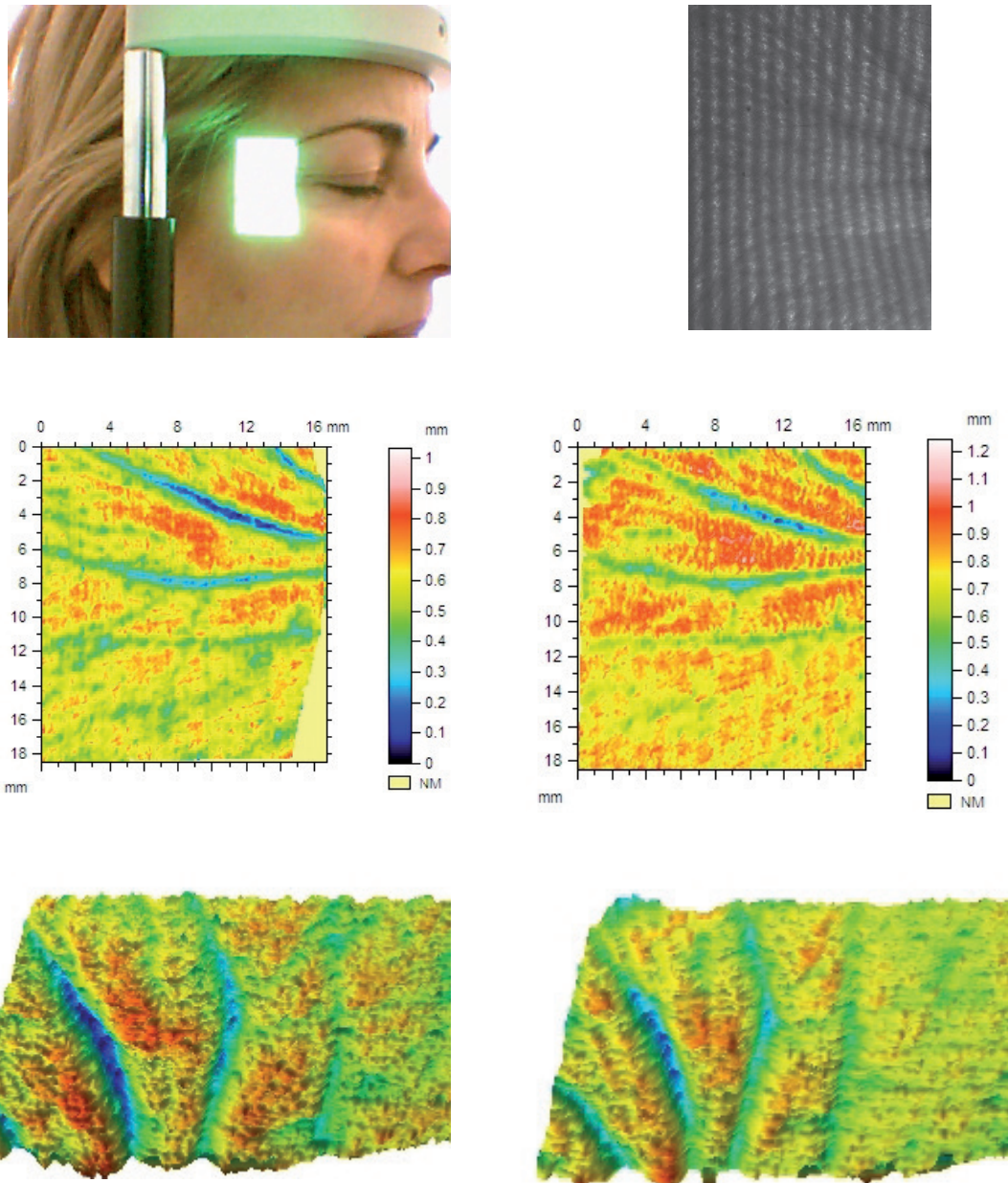


FIGURA 5. Imatges de la mesura *in vivo* de potes de gall amb el prototip d'escàner facial 3D desenvolupat al CD6. Reconstrucció de la topografia 3D a l'inici (esquerra) i després d'un mes de tractament amb la crema antiarrugues (dreta).

El sistema desenvolupat no pot mesurar distàncies tan llargues com les dels sistemes basats en l'escaneig, ni velocitats de refrescament tan elevades com els sistemes basats en les matrius de detectors. No obstant això, ofereix una barreja de capacitats que el fa únic i li permet abordar aplicacions que fins ara no estaven correctament resoltes per cap aparell comercial.

Actualment, aquesta tecnologia es troba en les últimes fases del seu desenvolupament i encara no ofereix el màxim de les seves capacitats. No obstant això, s'ha demostrat la seva viabilitat tecnològica a través d'un prototip especialment dissenyat per a aquesta finalitat. La figura 8 mostra diferents vistes de l'aparell.

Un dels avantatges més destacats que ofereix aquesta tecnologia respecte de les existents és la seva capacitat per adaptar la resolució espacial de la imatge en funció de les necessitats de cada moment. La velocitat de refrescament de les imatges és inversament proporcional a la resolució espacial de la imatge mesurada. Com més alta és la resolució de la imatge, menys velocitat de refrescament. L'increment de resolució també perjudica el rang de distància mesurable, ja que arriba menys energia al detector. Per tant, doncs, es fa necessari trobar un compromís entre la qualitat de la imatge mesurada i la parella velocitat-distància. Els sistemes actuals no permeten configurar aquests paràmetres ja que són fixats per la mateixa cons-

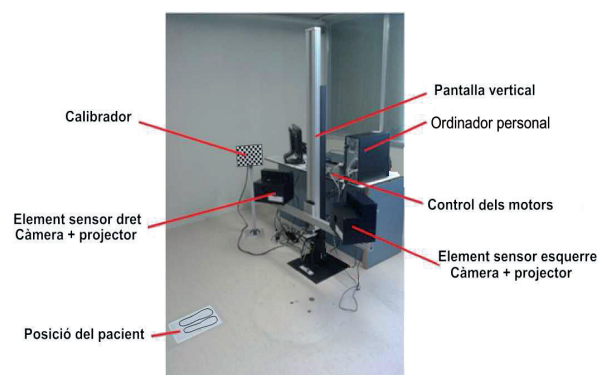


FIGURA 6. Prototip d'escàner 3D desenvolupat al CD6 per a la mesura de zones extenses del cos humà.

trucció de l'aparell. En el nostre cas, aquests paràmetres són ajustables de manera dinàmica durant el funcionament de l'aparell. Això pot ser extremament útil en aplicacions avançades en les quals es requereixi augmentar el nivell de detall de la mesura segons les condicions de l'escena. De la mateixa manera, també pot servir per augmentar la velocitat de refrescament quan es requereixi la mesura d'objectes amb moviments ràpids. Aquest canvi de propietats de mesura es pot adaptar de manera dinàmica segons la informació aportada per sensors externs. Per exemple, permet combinar la informació processada d'una càmera 2D per identificar en quines situacions convé incrementar la resolució espacial de la imatge o augmentar la seva velocitat de refrescament.

D'altra banda, el sistema desenvolupat al CD6 ha incorporat un conjunt d'innovacions que li permeten oferir unes prestacions superiors respecte a la tecnologia de detecció de polsos. Normalment, els sistemes de temps de vol fan servir fotodíodes d'allau (APD) o fotodíodes PIN com a element de detecció. Aquests components solen tenir un guany de l'ordre de 10^2 . En canvi, el prototip desenvolupat utilitza un nou tipus de detector anomenat *fotomultiplicador de silici* (SiPM) que permet detectar quantitats de llum enormement petites, nominalment de l'ordre de fotons aïllats amb un guany de l'ordre de 10^6 (Yamamoto *et al.*, 2006). Aquest augment de sensibilitat permet detectar polsos reflectits de molt baixa potència, fa que la distància mesurable sigui més gran i permet l'ús de làsers de menor potència, i més barats i segurs.

Les figures 9 i 10 mostren una sèrie d'imatges mesurades amb el prototip construït. En la primera s'aprecia una escena complexa amb multitud d'objectes a diferents distàncies. La segona mostra una paret on s'aprecia l'aug-



FIGURA 7. Mesures 3D amb textura RGB de color de cara d'una pacient obtinguda amb l'escàner 3D desenvolupat en el CD6. La topografia 3D de la cara es mostra amb una petita subzona rectangular seleccionada a través de la interfície d'usuari de l'escàner, que permet calcular paràmetres d'interès de la pell com el volum i la rugositat.

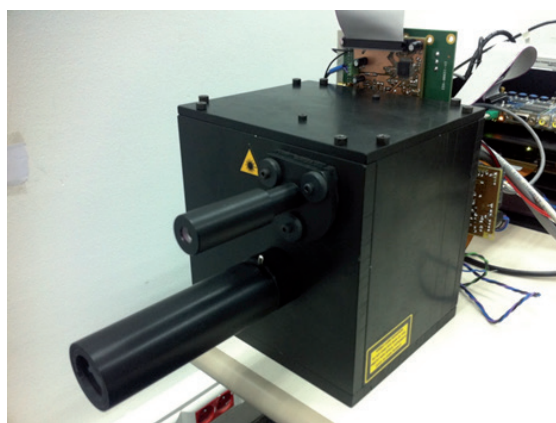
ment lineal de la distància en la mesura tridimensional. Aquestes mostres han estat preses a baixa resolució, 64×48 píxels. El prototip construït no ha estat dissenyat per capturar imatges d'alta resolució espacial, sinó per demostrar la viabilitat de la tecnologia i per a la realització de proves de concepte. No obstant això, es troba en construcció una segona versió que permetrà escalar les capacitats actuals del sistema considerablement. La taula següent mostra un resum de les capacitats esperades del muntatge en construcció.

Un altre gran avantatge del sistema desenvolupat és que supera el problema dels sistemes *lidar* concebuts per mesurar en ambients exteriors, que tenen el desavantatge afegit d'haver de ser compatibles amb condicions atmosfèriques adverses. La pluja, la boira, la neu i la pols poden afectar negativament la fiabilitat de l'aparell, així com la llum solar intensa. En aquest cas, la tecnologia de temps de vol polsada ofereix solucions molt més fiables que no pas la tècnica modulada, la qual és molt inestable en ambients exteriors. Els *lidars* d'última generació incorporen tecnologia que permet mesurar amb fiabilitat en condicions de temps adverses, emprant làsers en l'espectre infraroig que interaccionen molt menys amb les molècules

Paràmetre	Valor	Comentari
Distància	1.000 m	Distància i camp de visió són inversament proporcionals
Camp de visió	70°	
Resolució espacial	640 × 360 píxels	Resolució espacial i velocitat de refrescament són inversament proporcionals
Velocitat de refrescament	15 Hz	
Resolució angular	0,01° (azimut) 0,01° (elevació)	Resolució angular depèn del camp de visió i de la resolució espacial
Resolució en distància	±1,5 cm	



a)

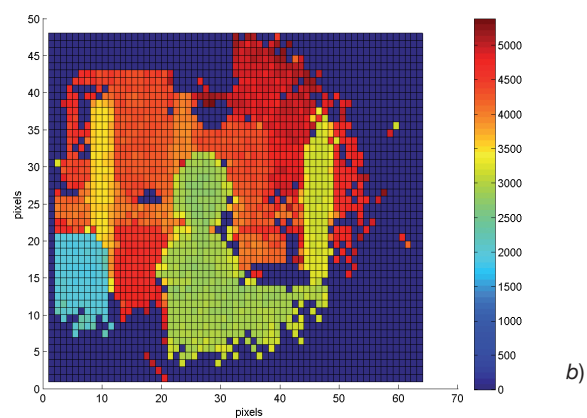


b)

FIGURA 8. Càmera de temps de vol desenvolupada al CD6: a) vista frontal i b) vista lateral.



a)

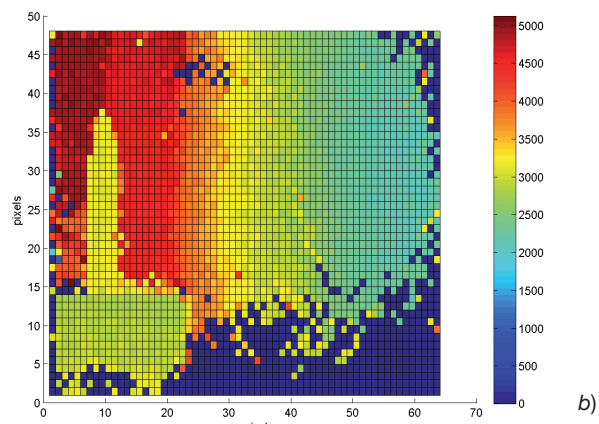


b)

FIGURA 9. a) Escena real mesurada. b) Resultat de la mesura amb la càmera de temps de vol desenvolupada al CD6.



a)



b)

FIGURA 10. a) Escena real mesurada. b) Resultat de la mesura amb la càmera de temps de vol desenvolupada al CD6.

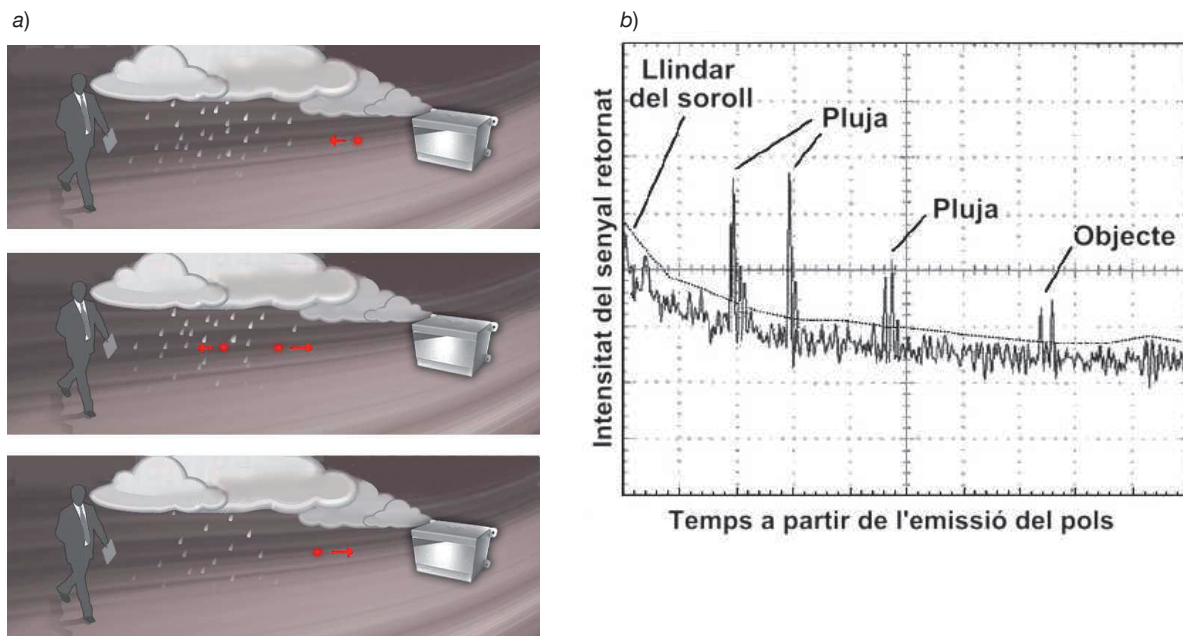


FIGURA 11. Efectes òptics sota condicions atmosfèriques adverses: a) exemple d'emissió d'un pols de làser amb múltiples reflexions causades per la pluja (IBEO) i b) efecte en el senyal reflectit rebut (Stone *et al.*, 2004).

d'aigua que conté l'atmosfera (Schilling *et al.*, 2002). D'altra banda, cal tenir en compte també els efectes provocats pels diferents fenòmens meteorològics. Per exemple, la pluja provoca que per cada pols de làser enviat es produeixin múltiples subpolsos que arriben al detector provocats per les diferents gotes d'aigua que el pols original ha travessat. Per tant, és necessari utilitzar circuits de mesura de temps amb capacitat de mesura de múltiples reflexions de polsos per un únic pols emès (Niclass *et al.*, 2013) (figura 11).

Quant a les aplicacions (Hansard *et al.*, 2012), se'n podrien destacar una gran varietat, a les quals s'estan aplicant totalment o parcialment les càmeres ja existents: seguretat, vigilància, visió artificial, guiatge de vehicles, robòtica, multimèdia, creació de continguts 3D, detecció i seguiment d'objectes o transport. Tota una bateria de possibles aplicacions a les quals les càmeres de temps de vol ja s'estan aplicant i que esperem que pugui millorar-se substancialment, entre altres propostes tecnològiques, amb les que fem des del CD6.

4. Conclusions

Existeix una gran varietat de famílies de tècniques òptiques de mesura per a superfícies extenses que permeten obtenir reconstruccions 3D detallades dels objectes observats. Entre aquestes, en aquest article hem destacat per la generalitat de les seves aplicacions l'estereoscòpia amb projecció de franges i la imatge de temps de vol. En el moment de seleccionar la tècnica més adient per a una aplicació concreta cal tenir en compte en especial les especificacions de resolució, cost i temps disponible, tant per a la

realització de la mesura com per al seu processament posterior. Les dues tècniques que hem descrit permeten, amb prestacions diferents adaptables a l'aplicació que es consideri, donar resposta a un gran nombre de problemàtiques d'interès industrial, científic i mèdic. Hem presentat, a més, els darrers resultats obtinguts al CD6 de la UPC en totes dues tècniques, que inclouen la construcció i el desenvolupament de prototips complets orientats a aplicacions específiques en els àmbits industrial i mèdic. ■

Referències

- AILISTO, H.; HEIKKINEN, V.; MITIKKA, R.; MYLLYLÄ, R.; KOSTAMOVARA, J.; MANTYNIEMI, A.; KOSKINEN, M. «Scannerless imaging pulsed-laser range finding». *Journal of Optics A: Pure and Applied Optics*, vol. 4, núm. 6 (2002), p. 337-346.
- D'APUZZO, N. «3D Scanning of the human body». *Presentation at Essilor [France]*, (2009).
- FORRESTER, P. A.; HULME, K. F. «Laser rangefinders». *Optical and Quantum Electronics*, vol. 13, núm. 4 (1981), p. 259-293. <<http://www.graphics.com/modules.php?name=Sections&op=viewarticle&artid=787&page=2>>
- HANSARD, M.; LEE, S.; CHOI, O.; HORAUD, R. *Time-of-flight cameras: Principles, methods and applications*. Springer, 2012. (Springer Briefs in Computer Science; 1)
- IBEO. <<http://ibeo-as.com/index.php/en/ibeotechnology/weather-performancev>>
- JASPERS, S.; HOPERMANN, H.; SAUERMANN, G.; HOPPE, U.; LUNDERS-TADT, R.; ENNEN, J. «Rapid in vivo measurement of the topography of human skin by active image triangulation using a digital micromirror device». *Skin Research and Technology*, vol. 5 (1999), p. 195-207.

- LANGE, R.; SEITZ, P. «Seeing distances - a fast time-of-flight 3D camera». *Sensor Review*, vol. 20, núm. 3 (2000), p. 212-217.
- LANGE, R.; SEITZ, P.; BIBER, A.; SCHWARTE, R. «Time-of-flight range imaging with a custom solid-state image sensor». A: *Laser metrology and inspection*. Bellingham, SPIE, 1999. (Proceedings of SPIE; 3823).
- MAATTA, K.; KOSTAMOVARA, J.; MYLLYLÄ, R. «Profiling of hot surfaces by pulsed time-of-flight laser range finder techniques». *Applied Optics*, vol. 32, núm. 27 (1993).
- MILROY, M. J.; BRADLEY, C.; VICKERS, G. W. «Automated laser scanning based on orthogonal cross sections». *Machine Vision and Applications*, vol. 9, núm. 3 (1996), p. 106-118.
- NICLASS, C.; SOGA, M.; MATSUBARA, H.; OGAWA, M.; KAGAMI, M. «A 0.18µm CMOS SoC for a 100m-Range 10fps 200x96-Pixel Time-of-Flight Depth Sensor». *International Solid-State Circuits Conference. Image Sensors*, secció 27 (2013).
- OULU. <<http://herkules oulu.fi/isbn9514269667/html/c305.html>>.
- PEREZ, F.; VERA, S.; LARA, L.; HERRERO JOVER, J.; GONZÁLEZ BALLES-TER, M. A.; ARES, M.; ROYO, S.; CAMPDERRÓS, L.; PANYELLA, D. «Quantitative evaluation of the effectiveness of cosmetic treatments and aesthetic surgical interventions based on surface scans». A: *Computer Assisted Radiology and Surgery CARS 2012*. Pisa, 27-30 juny 2012.
- ROYO, S.; SUC, V.; SERGIEVSKAYA, I.; ATASHKHOEI, R.; ARES, M.; SEGURA, J.; GALCERÁN, J.; PANYELLA, D.; COLL, J. «Photogram-metric fringe projection for in-vivo skin topography mea-surements». *Libro de Actas de la 6ª Reunión Nacional de Optoelectrónica Optoel 09*. Màlaga, 2009, p. 295-298.
- SCHILLING, B.; BARR, D.; TEMPLETON, G.; MIZERKA, L.; TRUSSELL, C. «Multiple-return laser radar for three dimensional ima-ging through obscurations». *Applied Optics*, vol. 41, núm. 15 (2002).
- SCHWARZ, L.; MKHITARYAN, A.; MATEUS, D.; NAVAB, N. «Human skeleton tracking from depth data using geodesic dis-tanced and optical flow». *Image and Vision Computing*, vol. 30, núm. 3 (2012), p. 217-226.
- STELZER, S.; SCHREIBER, S.; SCHOENE, C. «Utilisation of 3D Face Scanner in Medical Faculty». A: *3D Modelling, Proceedings of Conference*. París, 13-14 juny 2006.
- STONE, W.; JUBERTS, M.; DAGALAKIS, N.; STONE, J.; GORMAN, J. *Per-formance analysis of next generation LADAR for manufacturing, construction and mobility* [en línia]. National Institute of Standards and Technology. Building and Fire Research Laboratory, 2004. <http://www.stoneaerospace.com/about-us/NISTIR_7117_Final_Complete2.pdf>.
- XU, Z.; SCHWARTE, R.; HEINOL, H.; BUXBAUM, B.; RINGBECK, T. «Smart Pixel - Photometric Mixer Device (PMD) New System Concept of a 3D Imaging-on-a-Chip». A: *5th International Conference on Mechatronics and Machine Vision in Practice*. Nanquín, 1998, p. 259-264.
- YAMAMOTO, K.; YAMAMURA, K.; SATO, K.; OTA, T.; SUZUKI, H.; OHSU-KA, S. «Development of Multipixel Photon Counter: MPPC». *IEEE Nuclear Science Symposium. Conference Record*, núm. 30-102 (2006).

UNA EXPERIÈNCIA DOCENT D'ÚS DELS LABORATORIS REMOTS (iLABRS) A SECUNDÀRIA

Joan Fonollosa i Massana

Institut Montserrat de Barcelona

1. En què ha consistit l'experimentació?

S'ha centrat en el currículum de la matèria d'electrotècnia de batxillerat, aprofitant les possibilitats que dona l'actual ordenació d'aquests ensenyaments, aprovats al Decret 142/2008, de 15 de juliol (*Diari Oficial de la Generalitat de Catalunya* [DOGC], núm. 5183, de 29 de juliol de 2008). En la seva entrada en vigor, va incloure aspectes innovadors que fins llavors no havien tingut presència en el currículum de l'alumnat.

Un d'aquests elements innovadors és el treball per competències, és a dir, les capacitats que ha de desenvolupar l'alumne per tal d'aplicar els coneixements i les habilitats, de manera transversal i interactiva, en contextos i situacions que requereixin la intervenció de coneixements vinculats a diferents sabers. En el batxillerat s'identifiquen com a competències generals i comunes les sis competències següents: competència comunicativa, competència en recerca, competència en la gestió i el tractament de la informació, competència digital, competència personal i interpersonal i competència en el coneixement i la interacció amb el món.

A més d'aquestes competències generals, els currículums de les matèries expliciten les competències específiques que s'hi treballen, així com la contribució de la matèria al desenvolupament de les competències generals.

1.1. Competències tecnològica, en experimentació i en modelització i simulació en el currículum d'electrotècnia de batxillerat

Aquesta matèria, a més de contribuir a l'adquisició de les competències generals descrites anteriorment, també cal que treballi específicament la competència tecnològica, la *competència en experimentació* i la *competència en modelització i simulació*.

Tal com es descriu en el mateix decret, la *competència en experimentació* està vinculada a competències de caràcter instrumental, sistèmic i metodològic, i implica adquirir capacitats per projectar, planificar i construir circuits, instal·lacions i sistemes tècnics, aplicant

les tècniques específiques que li són pròpies i manipulant amb destresa els materials, les eines i les màquines necessaris. També suposa desenvolupar habilitats per efectuar mesures correctament i realitzar proves de funcionament.

Assolir *competència en modelització i simulació* implica adquirir coneixements sobre simulacions didàctiques per mitjà de programes informàtics, els quals permeten que l'alumnat descobreixi les lleis que regeixen dispositius i circuits electrotècnics i que recreï el funcionament d'una màquina, circuit o sistema, alhora que representen una bona eina per potenciar el desenvolupament de les habilitats cognitives i facilitar la presa de decisions. Aquesta competència també suposa adquirir capacitats per resoldre problemes electrotècnics que plantegin un model real, representar un model simulat amb un diagrama, identificar situacions que es puguin estudiar amb un model informàtic i relacionar les simulacions amb situacions reals.

Gràcies a les grans possibilitats que incorporen aquestes competències específiques, en els darrers anys s'han pogut anar introduint, d'acord amb el currículum, activitats basades en la utilització de *programes de simulació de circuits elèctrics i electrònics*.¹ En els darrers mesos, amb la possibilitat d'ús de laboratoris remots com els que desenvolupa el projecte iLabViR de la UPC, l'alumnat ha pogut experimentar en l'entorn iLabRS. D'aquestes activitats realitzades s'han extret algunes conclusions que poden facilitar la pràctica docent al professorat interessat a utilitzar aquests entorns d'aprenentatge més innovadors.

1.2. Matèries comunes, de modalitat i optatives: itineraris

El batxillerat s'organitza en matèries comunes, en matèries de modalitat i en matèries optatives. Una de les primeres dificultats que té el professorat és el fet de poder incloure en els itineraris de l'alumnat els con-

1. Només a tall d'exemple, cal dir que s'han utilitzat programes comercials com Crocodile Clips i també Multisim de National Instruments.

tinguts de totes les matèries de modalitat que preveu el decret d'ordenació d'aquests ensenyaments.

Les matèries de modalitat del batxillerat tenen com a finalitat proporcionar una formació de caràcter específic vinculada a la modalitat triada que orienti en un àmbit de coneixement ampli, desenvolupi les competències que hi tenen més relació, prepari per a una varietat d'estudis posteriors i afavoreixi la inserció en un camp laboral determinat. Les matèries específiques de la modalitat de ciències i tecnologia són: biologia, ciències de la Terra i del medi ambient, dibuix tècnic, electrotècnica, física, matemàtiques, química i tecnologia industrial.

A més d'aquestes matèries de modalitat, el decret preveu que els centres ofereixin matèries optatives que han de contribuir a completar la formació de l'alumnat aprofundint en aspectes propis de la modalitat escollida o del centre, o ampliant les perspectives de la formació general. Es preveu que els centres ofereixin un nombre suficient d'optatives que permetin la possibilitat d'opció de l'alumnat. En una de les quatre franges horàries de modalitat de cada un dels dos cursos de l'etapa, els centres educatius poden proposar i oferir matèries optatives, que han de tenir una assignació horària mínima de setanta hores.

Per tal de poder oferir el màxim nombre de continguts d'aquestes matèries de modalitat, a l'Institut Montserrat s'han creat cinc itineraris diferents que responen a dife-

rents interessos de l'alumnat a l'hora de cursar estudis o sortides professionals posteriors al batxillerat: *arquitectura i enginyeria*, ciències, ciències de la salut, humanitats i social. Aquests itineraris permeten que l'alumne cursi:

— Tres matèries de modalitat (MOD 1, 2 i 3 de 4 h setmanals), relacionades amb la modalitat (ciències i tecnologia, humanitats i ciències socials) cursada per l'alumnat.

— Una matèria optativa de modalitat (OPT MOD de 2 h setmanals), amb continuïtat de primer a segon (setanta hores a cada curs), en què té cabuda l'*electrotècnica*.

— Una matèria optativa de centre (OPT 1 i 2, de 2 h setmanals), tant a primer com a segon (setanta hores a cada curs), en què s'ha pogut oferir una optativa d'*electrònica*.

1.3. Utilització d'iLabRS en el currículum d'una optativa d'electrònica

Aquesta experimentació s'ha dut a terme en la matèria optativa d'electrònica, de la qual s'ha realitzat una programació basada en una part dels continguts d'electrotècnica.

Aquesta matèria la cursa actualment un grup de divuit alumnes. El perfil de l'alumnat és majoritàriament del batxillerat de ciències i tecnologia, tot i que està oberta a tot l'alumnat del nivell. En general, estan molt motivats per aprofundir en el coneixement dels components i circuits

TAULA 1
Itineraris, matèries de modalitat i optatives a l'Institut Montserrat

Primer de batxillerat						Segon de batxillerat				
	Arq. i Eng.	Ciències	C. Salut	Human.	Social	Arq. i Eng.	Ciències	C. Salut	Human.	Social
Mod 1 (4 h)	Mates 1	Bio 1	Llatí 1	Mat. Apl. 1	Mates 2	Biologia 2	Llatí 2	Mat. Apl. 2		
Mod 2 (4 h)	Física 1	Química 1	Hist. Món	Hist. Món	Física 2	Química 2	Hist. Art	Geografia		
Mod 3 (4 h)	Tec. Ind. 1	Bio 1	Mates 1	Lit. Cast.	Lit. Cast.	Tec. Ind. 2	Bio 2	C. Terra 2	Lit. Cat.	Lit. Cat.
	Dib. Tèc. 1	C. Terra 1	Física 1	Mat. Apl. 1	Llatí 1	Dib. Tèc. 2	C. Terra 2	Dib. Tèc. 2	Empresa 2	Empresa 2
	Química 1	Dib. Tèc. 1	Dib. Tèc. 1	Empresa 1	Empresa 1	Química 2	Dib. Tèc. 2	Mates 2	Grec 2	Grec 2
		Química 1	C. Terra 1	Econom.	Econom.		Química 2	Física 2	Geografia	Llatí 2
				Grec 1	Grec 1				Mat. Apl. 2	Hist. Art
Opt.	Aproximació a la història del món contemporani					Aproximació a la història del món contemporani				
Mod.* (2 h)	Bases de literatura universal					Bases de literatura universal				
	Electrotècnica bàsica					Electrotècnica bàsica				
	Fonaments d'economia					Fonaments d'economia				
	Fonaments de física					Fonaments de física				
	Fonaments de química					Fonaments de química				
	Iniciació a la història de l'art					Iniciació a la història de l'art				
	Introducció a les ciències ambientals					Introducció a les ciències ambientals				
	Matemàtiques per a les ciències					Matemàtiques per a les ciències				
Opt 1 ** (2 h)	Biologia humana					Estada a l'empresa 2				
	Electrònica					Francès 2				
	Estada a l'empresa 1					Italià 2				
	Francès 1					Psicologia i sociologia 2				
	Italià 1					Arquitectura, art i tecnologia				
	Literatura y cançión					Biologia humana 2				
	Mitologia clàssica					Eines informàtiques i programació				
	Fonaments de disseny									
	Psicologia i sociologia 1									

TAULA 2
Programació de la matèria d'electrònica

Bloc	Continguts	Temporització	Trimestre
I	<i>Electrònica analògica</i>		
	Resistors, magnituds elèctriques en CC, mesures amb el multímetre, simulació	10	1
	Divisors de tensió i intensitat, exercicis, pràctiques i simulació	7	1
	Condensadors, inductors, magnituds CA. Pràctiques remotes càrrega i descàrrega	5	1
	Díodes semiconductors, paràmetres. LED, Zener, fotodíode. Circuits rectificadors. Filtratge	10	2
	Transistors, paràmetres. Polarització per corrent i per tensió de base. Commutació i amplificació. Càlcul i muntatge de circuits en commutació	8	2
	Activitats d'avaluació i correcció	4	1,2
II	<i>Electrònica digital</i>		
	Sistemes de numeració decimal, binari, hexadecimal. Conversions	5	3
	Àlgebra de Boole. Simplificació de funcions, simulació. Diagrames de Karnaugh. Formes canòniques en minterms i maxterms	8	3
	Portes lògiques. Implementació de circuits amb portes NAND i NOR. Circuits lògics combinacionals i seqüencials	10	3
	Activitats d'avaluació i correcció	3	3
	TOTAL	70	

electrònics. Les dues hores setmanals estan distribuïdes com segueix:

— Una sessió pràctica, amb disponibilitat d'una aula de tecnologia i d'una aula d'informàtica quan és necessària. En les sessions pràctiques a l'aula de tecnologia l'alumnat treballa en grups de tres persones.

— Una sessió per treballar els continguts teòrics en una aula convencional amb ordinador i projector.

— Es disposa també d'un espai virtual de suport des de la plataforma Moodle del centre, disponible ininterromputament des de la xarxa del centre i des de l'exterior. A través d'aquest entorn els alumnes tenen a la seva disposi-

ció enllaços als continguts teòrics i també als dossiers de les pràctiques, des d'on també els lliuren al professorat. Les correccions i qualificacions de la matèria també estan vehiculades a través d'aquest espai virtual.

2. Activitats realitzades

L'experimentació ha consistit a substituir algunes de les pràctiques convencionals per determinar el comportament d'alguns components electrònics (condensador, díode rectificador, díode Zener, etc.), o bé el muntatge de circuits

FIGURA 1. Estructuració del curs amb el suport d'un espai virtual d'aprenentatge (EVA).



FIGURA 2. Treball de l'alumnat a l'entorn iLabRS.

(rectificadors de mitja ona i ona completa amb filtratge i estabilització) que habitualment es farien a l'aula de tecnologia per pràctiques remotes a l'aula d'informàtica.

En la realització de les activitats s'han adoptat com a referència *les guies didàctiques* i els *dossiers d'activitats*² proposats en el projecte d'innovació educativa iLabRS, en alguns casos agrupant diverses pràctiques.

S'ha destinat una sessió d'una hora a l'aula d'informàtica per a cada activitat.

Per tal que l'aprenentatge pogués ser més significatiu per a l'alumnat, s'han agrupat les activitats proposades en un únic centre d'interès, consistent en el procés de disseny i construcció d'una font d'alimentació estabilitzada de corrent continu a partir d'un corrent altern, que els alumnes han acabat muntant físicament al final de l'experimentació.

Al voltant d'aquest tema s'han plantejat les pràctiques següents, per ordre de complexitat.



FIGURA 3. Treball a l'aula d'informàtica en lloc de l'aula de tecnologia.

2. Les guies didàctiques i els dossiers d'activitats del laboratori remot iLabRS es poden consultar a l'adreça <http://ilabrs.upc.edu/ilabrs/>.

2.1. Condensadors: estudi del funcionament. Corbes de càrrega i descàrrega. Constant RC

Els objectius específics que s'han treballat en aquesta activitat són:

- Saber recuperar valors dels assajos i traçar gràfics graduats de tensió i intensitat en els processos de càrrega i descàrrega, utilitzant un full de càlcul.
- Aprendre a calcular la constant de temps RC i estudiar la resposta no lineal dels processos de càrrega i descàrrega d'un condensador.

Activitats lliurades per l'alumnat: dossier d'activitats iLabRS, que inclouen els gràfics de càrrega i descàrrega d'un condensador generats amb l'ajut d'un full de càlcul.

2.2. Díodes de silici, germani, LED i Zener. Estudi de la característica tensió-corrent (V/I)

En aquest cas, els objectius específics que s'han treballat han estat:

- Aprendre a recuperar i representar els valors de tensió i intensitat mesurats en els assajos de diferents díodes i establir analogies i diferències de comportament, amb l'ajut dels *datasheet* de cada component.

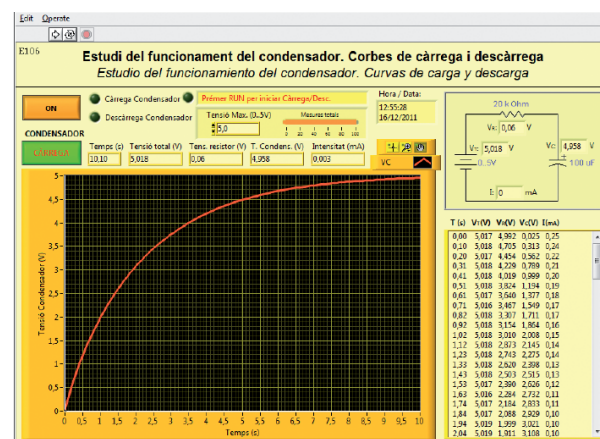


FIGURA 4. iLabRS, estudi del funcionament del condensador.

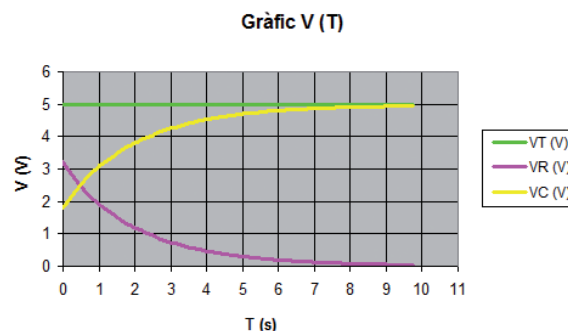


FIGURA 5. Corbes de tensió durant la càrrega d'un condensador.

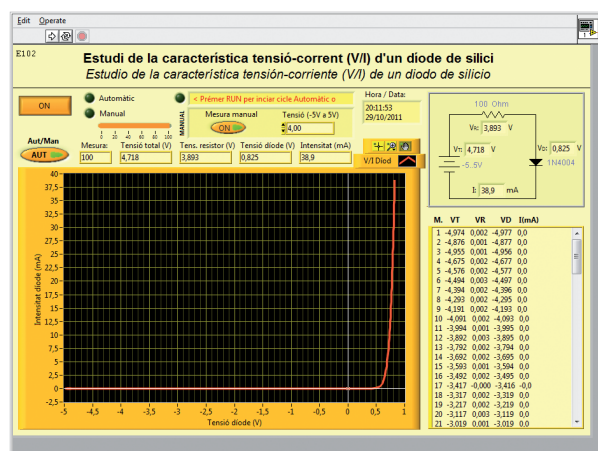


FIGURA 6. iLabRS, estudi de la característica V-I d'un díode de silici.

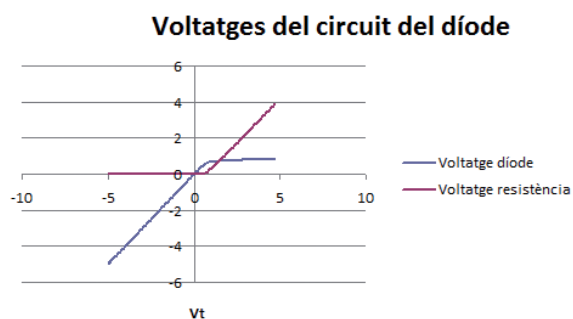


FIGURA 7. Circuits amb díodes, gràfics de tensió al díode i a la resistència.

— Descobrir i aprofundir en els paràmetres bàsics dels diferents tipus de díodes a partir de la seva característica V/I (tensió llindar, corrent invers, tensió inversa màxima...).

Activitats lliurades per l'alumnat: dossier d'activitats iLabRS i gràfics de tensió i intensitat.

2.3. Rectificadors: estudi i anàlisi de circuits amb díodes (rectificadors de mitja ona i de doble ona)

Aquesta pràctica ens ha permès treballar els objectius específics següents:

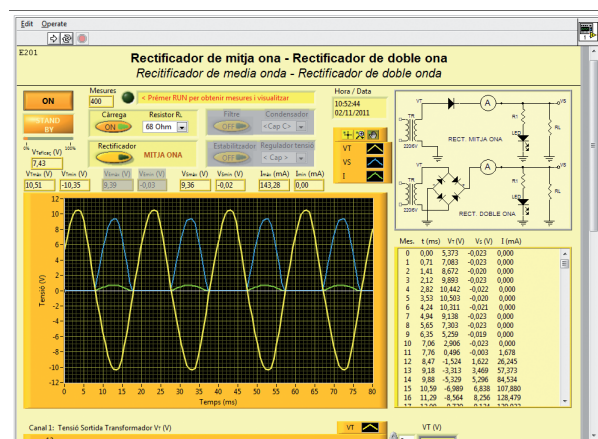


FIGURA 8. iLabRS, rectificació de mitja ona i ona completa.

— Conèixer les diferències en el corrent continu obtingut utilitzant un rectificador de mitja ona o un d'ona completa.

— Treballar el concepte de valor màxim i eficaç en corrent altern i del valor mitjà en corrent continu i aprendre com es poden calcular i mesurar amb ajuda d'un multímetre.

Activitats lliurades per l'alumnat: dossier d'activitats iLabRS.

2.4. Filtres i estabilització: filtres amb condensadors en fonts d'alimentació. Font d'alimentació estabilitzada

Objectius específics que s'han treballat:

— Estudiar les implicacions del valor de capacitat del condensador de filtratge i del resistor de càrrega en el resultat final.

— Experimentar amb la interrelació que tenen les magnituds mesurades en el circuit, quan provoquem canvis en els valors dels components, per tenir criteri a l'hora de fer el disseny d'una font d'alimentació.

2.5. Activitat final de síntesi: disseny, simulació i muntatge d'una font d'alimentació estabilitzada

Com a activitat final de síntesi de les pràctiques remotes realitzades, l'alumnat, en grups de tres alumnes, ha dut a terme el disseny, la simulació i el muntatge d'una font d'alimentació estabilitzada integrant les activitats experimentades:

— Disseny de les etapes d'una font d'alimentació estabilitzada de 5 V.

— Caracterització dels components a través de càlculs i dels *datasheet* de cadascun dels elements.

— Comprovació de resultats amb l'ajut d'un programa de simulació i replanteig, si cal, dels paràmetres dels components calculats inicialment.

— Realització d'una memòria descriptiva del procés de disseny.

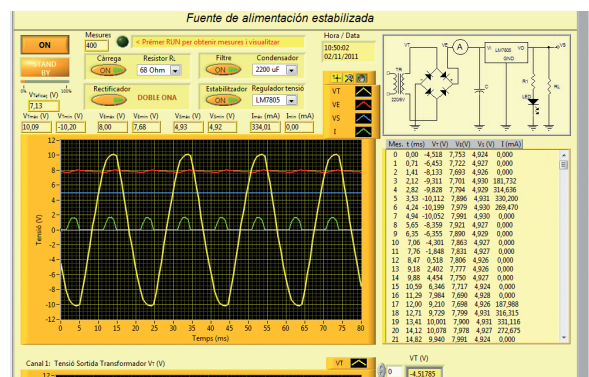


FIGURA 9. iLabRS, font d'alimentació estabilitzada.

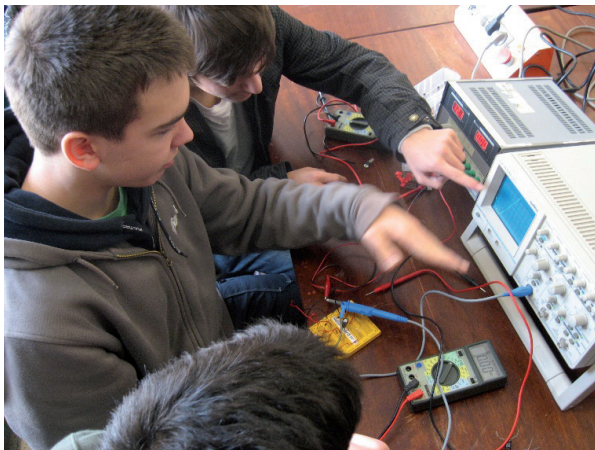


FIGURA 10. Disseny, caracterització i muntatge d'una font d'alimentació estabilitzada.

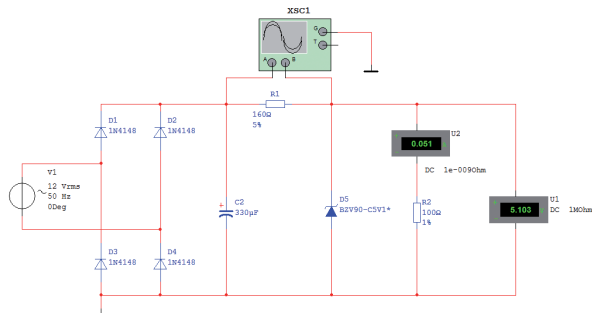


FIGURA 11. Disseny i simulació d'una font d'alimentació amb Multisim.

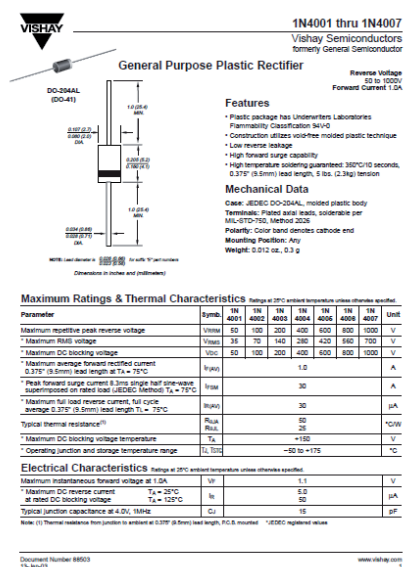


FIGURA 12. Datasheet i simulació del resultat obtingut en un oscil·loscopi virtual.

— Muntatge pràctic i comprovació per determinar si el disseny satisfà els requisits inicials plantejats per al circuit.

3. Què ens ha aportat l'experiència?

El fet de dur a terme una part pràctica de la matèria utilitzant el laboratori remot iLabRS en lloc de realitzar tots els muntatges físicament a l'aula de tecnologia ens ha permès algunes millores, entre les quals les següents:

1. El temps necessari per realitzar algunes pràctiques o assajos s'ha reduït pel fet de no haver de fer el muntatge i poder passar directament a l'experimentació remota:

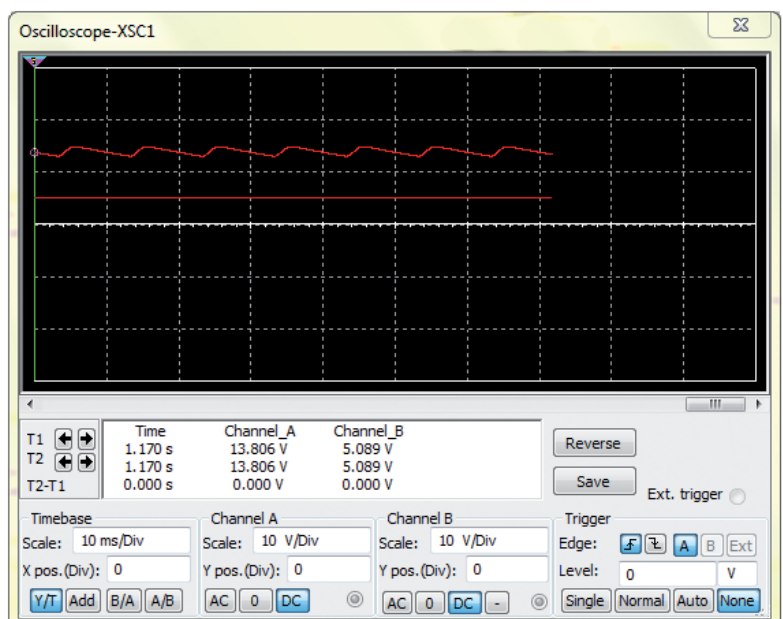
— L'alumnat fa l'assaig i disposa pràcticament de manera immediata de les dades i gràfics que li proporciona l'aplicació.

— En el cas que per qualsevol motiu no es pugui fer o acabar la pràctica (problemes de xarxa, etc.) l'alumnat la pot acabar a casa.

2. L'autonomia en el treball de l'alumnat i les menors exigències de seguretat a l'aula d'informàtica, en comparació amb quan es fan les pràctiques físicament, permeten que el professor pugui atendre amb més qualitat el grup classe:

— Permet fer pràctiques amb grups més nombrosos (grups sencers a l'aula d'informàtica) que en cas contrari mai no es podrien dur a terme.

— El treball amb el laboratori remot permet més autonomia de l'alumnat en la realització de la pràctica. Els més motivats i/o amb un bon rendiment escolar poden fer, a més, activitats d'ampliació.



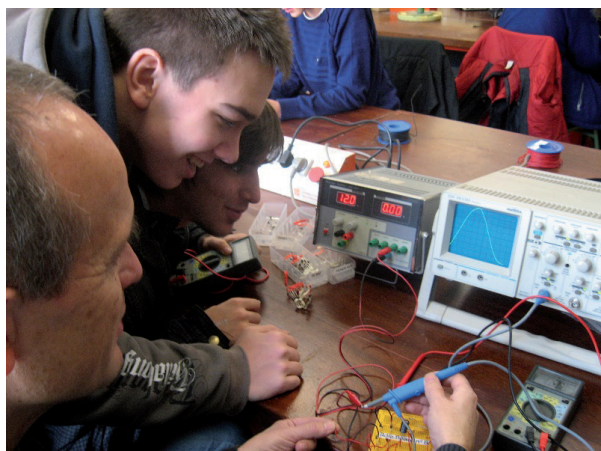


FIGURA 13. Muntatge i comprovació del projecte final a l'aula de tecnologia.

3. L'escassetat de materials o d'instrumentació específica en les aules de tecnologia es pot compensar amb les pràctiques remotes:

- Disponibilitat d'instrumentació (oscil·loscopi) en les pràctiques per fer una anàlisi del comportament temporal de les magnituds dels circuits.

- És interessant combinar les pràctiques remotes amb les tradicionals a l'aula de tecnologia, ja que la manipulació dels components i de la instrumentació els permet treballar més a fons la competència en experimentació i descobrir com són els elements a la realitat.

4. La introducció de pràctiques remotes ha permès assajar un canvi en el procés d'ensenyament-aprenentatge, començant per l'experimentació, seguida dels conceptes més teòrics, la qual cosa pot contribuir en alguns casos a una millora en el rendiment acadèmic:

- Quan l'alumnat fa la pràctica remota amb una mínima introducció per part del professor i consultant la guia didàctica, acostuma a generar-li més interès per aprofundir posteriorment en les característiques dels components i en els seus processos de caracterització. S'han mostrat més receptius en les sessions teòriques següents.

- El treball amb el laboratori remot basat en recursos TIC (tecnologies de la informació i la comunicació) ajuda a apropar més el llenguatge del professor al de l'alumne, a l'hora d'interpretar el comportament dels circuits.

5. Alguns alumnes que sovint no lliuren els dossiers d'activitats de les pràctiques, ho fan amb més regularitat:

- Els que tenen més dificultats d'aprenentatge, o amb menys habilitats per a les tasques de manipulació, es troben més còmodes dialogant amb una eina basada en les TIC.

- Per respondre les preguntes del dossier, interactuen en temps real amb les pantalles del laboratori remot per obtenir els valors de mesura i gràfics que necessiten (poden presentar el dossier durant la mateixa classe).

6. La realització de les pràctiques d'iLabRS en un entorn virtual d'aprenentatge permet que el professorat pugui integrar-les com una activitat més en els seus cursos virtuals, millorant els canals de comunicació amb l'alumnat:



FIGURA 14. Grup d'electrònica del curs 2011-2012 a l'Institut Montserrat.

- Millora de la flexibilitat de tot el procés integrant les pràctiques amb els continguts teòrics a través del mateix entorn EVA de classe.

- El professorat pot lliurar i qualificar les activitats a través de la mateixa plataforma que ja utilitza per recollir i avaluar altres activitats.

4. Quines inquietuds ens ha fet arribar l'alumnat?

El fet d'introduir canvis en la metodologia de les sessions de pràctiques ha generat alguns dubtes o preferències entre l'alumnat, que han estat, principalment:

1. No es mostrarien d'acord a substituir totalment les pràctiques tradicionals a l'aula de tecnologia pel treball amb els laboratoris remots. A l'alumnat que s'inscriu en una optativa d'electrònica acostuma a agradar-li el muntatge real de circuits.

2. Els desconcerta fer pràctiques amb pocs coneixements previs del comportament dels components i circuits, però en veuen el rendiment posterior quan s'aborden les qüestions teòriques més a fons, havent fet inicialment l'experimentació.

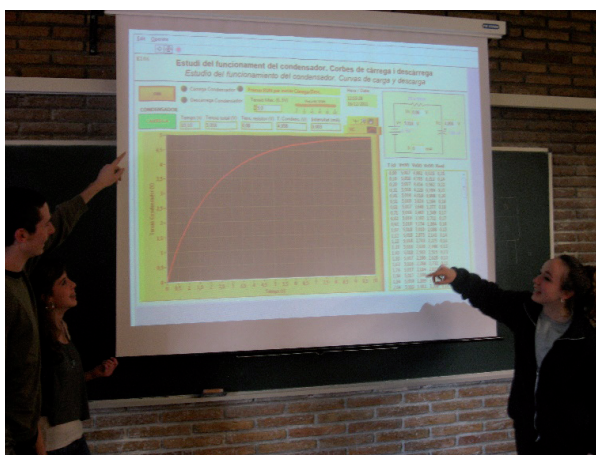


FIGURA 15. Anàlisi dels resultats obtinguts en l'experimentació amb iLabRS.



FIGURA 16. Visita de l'alumnat a les instal·lacions d'iLabRS.

3. Mostren la seva preferència per dossiers d'activitats sintetitzats, amb qüestions concretes, encara que els obligeu a treballar més a fons en cadascuna d'aquestes.

4. En general valoren molt positivament el fet de poder realitzar les pràctiques des de l'ordinador de l'aula o bé des de casa amb una certa llibertat d'horari.

5. Els ha generat una certa expectació conèixer de prop les instal·lacions físiques del laboratori remot, que van poder visitar al final del període d'experimentació.

5. Propostes de cara al futur

Després de dur a terme les activitats en aquest nou entorn, i amb l'experiència adquirida, es proposen algunes mesures per incrementar el rendiment que l'alumnat pot obtenir dels laboratoris remots i completar alhora les seves possibilitats:

1. Poder disposar de més ajustatges en els paràmetres dels components (resistors, condensadors, etc.) per donar més flexibilitat a les pràctiques.
2. Ampliació a noves pràctiques que formen part dels currículums, i que són laborioses de realitzar físicament (estudi de la connexió i desconnexió d'un inductor, comportament de circuits RLC en sèrie i paral·lel, diagrames fasorials...).
3. Ampliació a nous laboratoris dins el marc del projecte iLabViR (assajos i corbes característiques de màquines rotatives de corrent continu i de corrent altern, assajos de buit i curtcircuit de transformadors...).
4. Dossiers d'activitats autoeditables, amb espais delimitats per a les respostes, que l'alumnat pugui omplir.
5. Disseny d'activitats autoavaluables que facilitin les tasques de qualificació al professorat (exercicis de resposta tancada, resposta múltiple o d'omplir forats, activitats de relació de conceptes...).
6. Desenvolupar la integració completa dels laboratoris remots en un entorn EVA de centre (en molts casos Moodle), per facilitar el seu ús a classe. ■

PLATAFORMA PER A LA INTEROPERABILITAT DE LABORATORIS VIRTUALS I REMOTS

Albert Abelló,¹ Ramon Bragós,¹ Margarita Cabrera,¹ Antonia Cortés,² Àlex Fabra,² Josep Fernández,¹ José Lázaro,¹ Jordi Amorós,¹ Neus Arroyo,¹ Francesc Garófano,³ Daniel González,¹ Aleix Guash,¹ Ferran Recio⁴

1. Universitat Politècnica de Catalunya

2. Everis

3. IES Lluís Domènech i Montaner de Canet de Mar

4. UPCnet

1. Introducció

Els laboratoris virtuals i remots han deixat de ser una novetat i el seu desenvolupament i ús s'ha generalitzat en les institucions universitàries. Diverses publicacions recullen en forma de revisió els desenvolupaments recents duts a terme en aquest camp (Ma i Nickerson, 2006; Lindsay *et al.*, 2007) i el seu ús docent (Grimaldi *et al.*, 2005; Latchman *et al.*, 1999; Gravier *et al.*, 2008). La majoria dels laboratoris remots per a l'ensenyament de les enginyeries es troben dins del marc universitari en el camp de l'automàtica (Aktan *et al.*, 1996; Casini *et al.*, 2001; Henry, 1995; Candelas Herias i Sánchez Moreno, 2005) i de l'electrònica o la teoria de circuits (Shen *et al.*, 1999; Etzebarria *et al.*, 2001; Gustavsson, 2001). També és habitual l'ús de laboratoris remots per facilitar l'accés a equips grans o singulars (Cennamo *et al.*, 2004). Pel que fa a l'ús docent de laboratoris remots en el marc de l'educació primària i secundària, són molt pocs els laboratoris remots amb experiments reals dissenyats per a l'ensenyament preuniversitari, entre aquests els mostrats a Schenk Brill i Gestel (2009) i Paladini *et al.* (2008). En aquest àmbit, tant els estudiants com els seus professors tenen accés il·limitat a una gran quantitat de recursos disponibles a Internet encara que gairebé tots són simuladors. Aquests simuladors generalment es basen en miniaplicacions (*applets*) de Java o animacions Flash com les que poden trobar-se a Edu365.cat o Fislab.net.

2. Laboratoris virtuals i laboratoris remots

Quan un estudiant realitza un experiment a distància, en una primera anàlisi cal distingir dues modalitats: els laboratoris virtuals i els laboratoris remots. Ambdós s'han desenvolupat per permetre la realització d'activitats d'experimentació de manera no presencial mitjançant l'ús de les tecnologies de la informació i la comunicació.

Un *laboratori virtual* es defineix com un entorn interactiu per dissenyar i realitzar experiments simulats. L'experiment consisteix en l'execució d'un programa

carregat en un servidor remot. Per iniciar aquest programa, l'usuari accedeix al servidor a través d'una interfície d'usuari. El programa modela el comportament d'un experiment real. L'usuari normalment pot configurar un conjunt de paràmetres de l'experiment i rebre un conjunt de dades, senyals o gràfics de sortida a partir de l'anàlisi dels quals ha d'obtenir conclusions.

Un *laboratori remot* es defineix com un entorn interactiu dissenyat per permetre als usuaris controlar de manera remota un experiment amb un suport físic real. Per iniciar l'experiment, l'usuari accedeix a l'aplicació de control i supervisió de l'experiment a través d'una interfície d'usuari i configura un conjunt de paràmetres d'entrada. Després de la realització de l'experiment, s'obtenen les dades o els senyals mesurats i es retornen a l'usuari a través de l'aplicació de supervisió.

Hi ha una modalitat de laboratori virtual, possiblement la més estesa, que s'aparta d'aquesta classificació ja que l'experiment no s'executa a partir d'una connexió a la xarxa, sinó que l'usuari es descarrega una aplicació i la fa córrer en el seu propi ordinador. Són els experiments de simulació més convencionals i en molts casos els precursors dels laboratoris virtuals, però l'execució fora de línia fa perdre la possibilitat de recollida d'informació sobre el seu ús i de realimentació i en limita les possibilitats didàctiques.

Com es pot deduir de les definicions anteriors, els laboratoris virtuals i els laboratoris remots són extremament similars en la seqüència de passos a seguir quan s'executa una pràctica, i també ho són molts dels requeriments de les plataformes d'accés i gestió dels experiments. El concepte de *laboratori en línia* engloba tant els laboratoris remots com els virtuals. Les metodologies d'ensenyament basades en aquests dos tipus de laboratoris són també molt similars. Els principals avantatges i limitacions dels dos tipus de laboratoris es resumeixen en la taula 1.

A continuació es mostra un exemple de laboratori virtual i un de remot. En el primer cas (figura 1), es mostra una pantalla del laboratori virtual Lavacad, en el qual els estudiants d'enginyeria de telecomunicació de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Tele-

TAULA 1
Avantatges i limitacions dels laboratoris virtuals i remots

	Laboratori virtual	Laboratori remot
Avantatges	— Gran flexibilitat en general. — En el cas de matèries corresponents a assignatures basades o relacionades amb programació, el simulador acaba essent l'experiment real. — Permet l'enregistrament dels usuaris que hi accedeixen, del temps d'ocupació i dels resultats obtinguts. — Nombre d'usuaris simultanis: virtualment il·limitat. No necessita sistema de reserves. — Econòmic.	— Dóna accés a senyals que són resultat d'experiments reals. Permet incloure el tractament de la incertesa i els errors. — Permet reduir el cost de l'accés als equipaments (reduïx els temps morts deguts a la restricció de l'ús d'espais i horaris). — Permet l'accés a equipaments singulars o perillosos. — Possibilitat d'accés als mateixos equipaments de les pràctiques presencials per completar-les. — Permet l'enregistrament dels usuaris que hi accedeixen, el temps d'ocupació i els resultats obtinguts.
Limitacions	— No es treballa amb instruments reals; dependència de la qualitat del model.	— Poca flexibilitat; cada modificació afecta recursos de maquinari. — Cost elevat respecte als virtuals. — Nombre d'usuaris simultanis limitat, usualment un de sol. — Tot i l'ús d'equipament real, la sensació de realitat depèn molt de la interfície d'usuari. — Necessita un sistema de reserves.

comunicació de Barcelona (ETSETB) fan pràctiques de sistemes de comunicació tant en mode remot com presencialment, comparant els resultats de la simulació amb els que obtenen al laboratori. L'accés es fa a través d'una plataforma Moodle 1.9 en la qual es registra part de l'activitat dels usuaris. Es poden modelar paràmetres dels senyals que es transmeten i del canal de comunicació i visualitzar els senyals al domini del temps i els seus espectres freqüencials, així com mesurar la seva qualitat mitjançant paràmetres com la taxa d'errors o l'amplada de banda necessari.

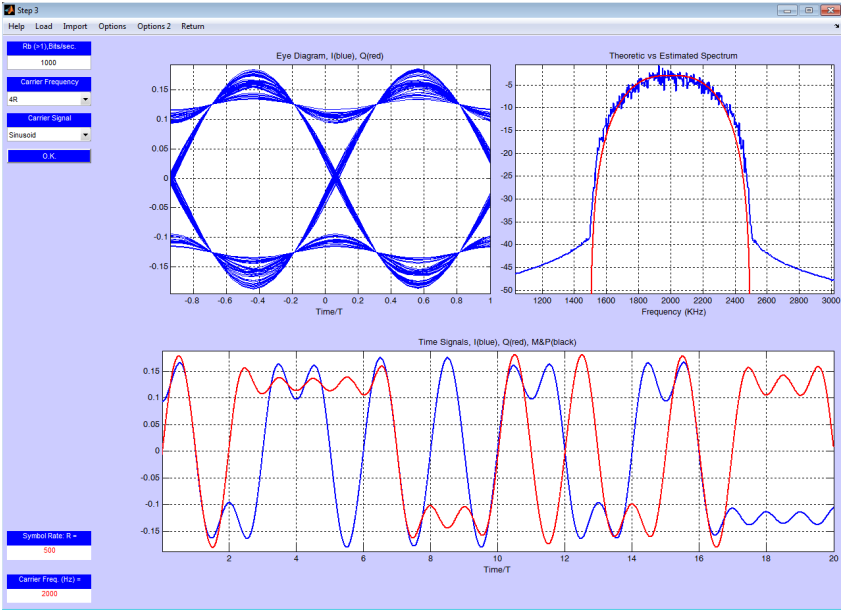
Com a exemple de laboratori remot clàssic, a la figura 2 es mostra una fotografia del laboratori remot d'instrumentació i sensors VirtuaLab, basat en un instrument modular VME eXtension for Instrumentation (VXI) que està connec-

tat a un servidor i a un conjunt de circuits electrònics que contenen els experiments. En aquest cas, un recurs singular és utilitzat per part d'un usuari únic durant un temps limitat (20 minuts) després d'accedir a una pàgina web mitjançant una paraula clau. No hi ha registre d'activitat en línia; es fa mitjançant l'entrega d'un informe.

3. El Grup d'Interès Laboratoris Virtuals i Remots de la UPC

L'any 2009, dins del projecte Recerca i innovació en metodologies d'aprenentatge (RIMA; Salan *et al.*, 2009) (www.upc.edu/rima/grups) de l'Institut de Ciències de l'Educació (ICE) de la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), es

FIGURA 1. Exemple de pantalla del laboratori virtual Lavicad, en el qual se simulen sistemes de comunicació. A la imatge es pot veure el senyal temporal d'una modulació QPSK i el seu espectre.



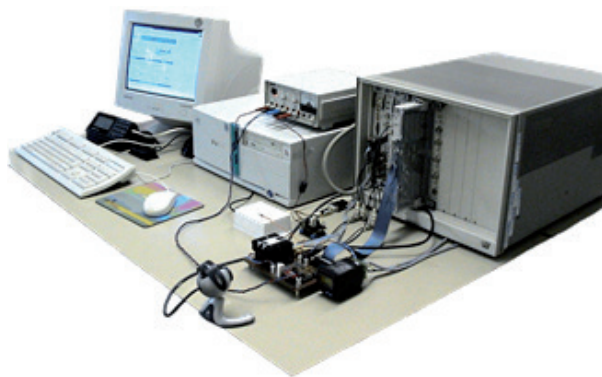


FIGURA 2. Laboratori remot VirtualLab basat en un instrument modular VXI.

va formar el Grup d'Interès Laboratoris Virtuals i Remots (GiLABViR; Cabrera *et al.*, 2010a), amb l'objectiu de reunir les iniciatives endegades per diferents grups de professors, identificar les necessitats comunes tant des del punt de vista tècnic com docent i desenvolupar solucions que permetessin optimitzar l'ús acadèmic dels laboratoris virtuals i remots. La major part dels grups dediquen una bona part dels esforços a desenvolupar i mantenir sistemes d'accés i registre de l'activitat que tenen molts punts en comú. La concentració d'aquests esforços hauria de permetre concentrar-se en el desenvolupament d'experiments i el seu ús docent. Actualment GiLABViR integra onze laboratoris virtuals i remots en l'àmbit de les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC), l'automàtica, l'enertrònica, la robòtica i l'enginyeria civil. Es descriuen breument a continuació:

a) *Laboratoris virtuals i remots per a estudiants de mecatrònica i enertrònica*. Integrats dintre de la formació en enginyeria elèctrica relacionada amb l'automatització, la mecatrònica, el control de motors, la generació d'energies renovables i els sistemes de distribució d'energia. Els laboratoris remots són: automatització i control d'un motor (Ferrater-Simón *et al.*, 2009), cèl·lula de fabricació flexible (Bellmunt *et al.*, 2006), laboratori de qualitat d'energia, mesures d'harmonics de diferents càrregues, laboratori de sistema d'alimentació, protecció, detecció de fallades i restauració de sistemes elèctrics de potència. Els laboratoris virtuals són: control d'un motor de corrent continu, automatització d'un hotel i automatització de processos químics (Gomis Bellmunt *et al.*, 2007).

b) *LaViCAD*. El laboratori virtual de sistemes de comunicació analògics i digitals és una eina útil per verificar les prestacions de diferents sistemes de comunicació i tècniques de processament de senyals. Els models dels sistemes de comunicació s'han dissenyat i implementat com a miniaplicacions (*applets*) de Java (Cabrera *et al.*, 2010b).

c) *Projecte 62* és una eina interactiva per estudiar els senyals i sistemes de temps discret. Està desenvolupat en Java i permet, en primer lloc, definir els senyals i sistemes de temps discret i, després, treballar-hi. Permet dissenyar i avaluar filtres digitals. L'eina utilitza l'entrada i la sortida de la targeta de so de l'ordinador personal.

d) *Plataforma modular* per dur a terme experiments remots en l'àmbit dels sensors i els circuits de condicionament de senyal (Sánchez i Bragós, 2007). Es basa en una targeta d'adquisició feta a mida que inclou un microcontrolador amb capacitat de connectar-se a Ethernet. A part hi ha un servidor on s'executen les aplicacions LabView que controlen els experiments. Cada aplicació genera un panell de control remot que permet el seu ús amb un navegador web.

e) *iLabRS*: Laboratori remot per a l'educació secundària. iLabRS està construït sobre la plataforma modular (d) per dur a terme experiments remots de sensors i circuits condicionadors de senyal. Està dirigit a estudiants d'educació secundària. Es descriu en detall en un altre article d'aquesta mateixa revista.

f) *Learn-SQL*. Learn-SQL és una eina per a l'aprenentatge de l'ús i el disseny de bases de dades relacionals, fent ús del llenguatge estructurat d'interrogació (SQL), en diverses assignatures de les escoles de la UPC (Burgués *et al.*, 2010).

g) *Simuladors de circuits i sistemes de comunicacions*. Es basa en un mòdul de Python per realitzar simulacions i pràctiques remotes en l'àmbit dels sistemes de radiofreqüència. Permet modelar la part de propagació d'un sistema Wi-Fi o utilitzar diferents mètodes numèrics en la simulació de línies de transmissió i comparar els resultats.

h) *VirtualLab*: Lloc de treball a distància per a instrumentació i sensors (Bragós, 2004). Laboratori remot basat en un servidor web i un sistema d'instrumentació modular VXI connectat a una placa de circuit amb els experiments i una estació meteorològica. L'accés es realitza a través d'un lloc web (virtualab.upc.es) mitjançant una contrasenya. Es poden dur a terme set activitats diferents de laboratori, des de la identificació i el control d'un sistema tèrmic, calibratge de sensors fins al control remot de la instrumentació. S'hi accedeix a través d'una interfície web.

i) *rWLaB - Remote WaveLab*. Aquest laboratori remot utilitza un sistema experimental (canal d'ones) com a plataforma per a l'experimentació amb models físics en el camp de l'enginyeria marítima. És una plataforma que constitueix un contenidor de laboratoris remots i virtuals que es poden desenvolupar a partir d'aquesta iniciativa.

j) *On-line Robotics Lab*. Plataforma que permet l'accés remot a robots manipuladors. L'entorn permet realitzar les tasques de programació i validació sintàctica al client, i l'execució sobre l'equip robot real. El seguiment de l'execució es realitza mitjançant càmeres IP i missatges.

k) *Laboratori virtual de sistemes de control*. En aquest projecte s'aborda el desenvolupament d'un laboratori virtual per fer experiments de control. L'objectiu és emular els experiments presencials que es poden fer amb equips reals. Els prototips a virtualitzar inclouen un levitador magnètic, un pèndol invertit muntat a sobre d'un carro, un servomotor de corrent continu i una maqueta d'helicòpter de dos rotors. Per a cada experiment es desenvolupa una miniaplicació (*applet*) de Java (Villar *et al.*, 2012).

Tot i la seva diversitat, tots aquests laboratoris en línia

tenen algunes característiques i necessitats comunes. Entre les més destacades hi ha la gestió dels usuaris i el control d'accés; la possibilitat de fer reserves, i la seva gestió; la recollida de resultats, i l'avaluació de les activitats.

4. Ús docent dels laboratoris virtuals i remots

La iniciativa institucional més important de la Universitat Politècnica de Catalunya en l'àmbit de l'aprenentatge electrònic (*e-learning*) és la plataforma Atenea. Es tracta d'una modificació i ampliació de Moodle, un sistema de gestió de l'aprenentatge (*learning management system*, LMS) —també conegut com a entorn virtual d'aprenentatge (EVA)— de programari lliure. Atenea representa un punt de trobada i interrelació per a professors i alumnes de tota la universitat. La UPC no és l'única institució que s'ha decantat per aquesta opció a l'hora d'implantar el campus virtual, ja que Moodle és l'LMS més utilitzat al món, i en particular a Espanya (més de 66.000 servidors Moodle, amb més de 58 milions d'usuaris, al món; Espanya, amb 5.800 servidors, és el segon país del món on s'ha implantat més).

Per tant, es fa evident l'interès a combinar les virtuts dels campus virtuals com Atenea amb altres iniciatives relacionades amb la innovació docent, com els laboratoris en línia. Els objectius que s'ha fixat el grup GiLABViR són:

- Oferir a l'estudiantat la possibilitat d'utilitzar els recursos disponibles en els diferents laboratoris autònomament, com a eina d'autoaprenentatge, ja sigui en classes presencials o a distància.

- Oferir al professorat la possibilitat d'utilitzar els diferents laboratoris en xarxa per a les seves activitats de docència i avaluació. Cal planificar estratègies d'utilització de les eines desenvolupades per a l'adquisició de competències tant genèriques com específiques.

- Oferir als desenvolupadors (professorat i tècnics de desenvolupament) de laboratoris remots i virtuals la possibilitat de compartir i intercanviar les estratègies. Cal identificar necessitats comunes tant per al desplegament dels laboratoris desenvolupats com per a la gestió dels recursos.

Després d'una enquesta entre els membres del grup GiLABViR, es pot concloure que els laboratoris virtuals i remots s'utilitzen tant a l'aula com en activitats en línia. A més de l'ús a distància per part dels estudiants, gairebé tots els laboratoris s'utilitzen també com a demostradors a l'aula per donar suport a l'explicació del professor. També s'utilitzen en les sessions de laboratori per millorar les activitats presencials. Només un dels laboratoris s'utilitza com una activitat addicional i independent i un altre, com un substitutiu de les activitats de laboratori actuals. Tots els altres s'utilitzen com a activitats complementàries als laboratoris presencials. En referència a l'avaluació, la meitat de les assignatures només els utilitza voluntàriament, mentre que l'altra meitat especifica un determinat per-

tatge de la nota de manera obligatòria per a tots els estudiants. Per a l'avaluació, dos dels laboratoris duen a terme una recollida automàtica dels resultats, un terç realitza una avaluació automàtica del treball i els cinc restants duen a terme una recollida clàssica d'informes de les activitats.

En referència als resultats de l'aprenentatge, els laboratoris virtuals i remots han de contribuir a millorar els coneixements específics dels temes inclosos en les respectives assignatures, però també han d'impulsar l'aprenentatge de diverses competències genèriques, en particular la capacitat d'autoaprenentatge, l'ús eficaç dels recursos d'aprenentatge, el treball en equip, la innovació i l'esperit empresarial i l'ús de llengües estrangeres.

Un dels resultats de l'activitat del GiLABViR ha estat la recomanació de la planificació dels laboratoris virtuals i remots com una activitat acadèmica estàndard, és a dir, amb un cicle de vida que s'inicia en els objectius; després, definint una activitat d'aprenentatge, incloent-hi un lliurament que pugui ser avaluat, i es tanca el cicle amb una avaluació de l'acompliment dels objectius del laboratori sobre la base dels indicadors de qualitat.

Amb aquests objectius comuns, malgrat que cadascun dels laboratoris presentats ha nascut per donar resposta a inquietuds diferents, i seguint criteris diferents en el disseny, implementació i eines i tecnologies emprades, es decideix dintre del grup GiLABViR fer un esforç per col·laborar, compartir i coordinar les iniciatives.

Per avançar en aquesta línia hem establert una col·laboració amb l'empresa Everis, i s'ha obtingut un ajut dintre del Plan Avanza del Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç que ens ha permès desenvolupar una plataforma per a l'interoperabilitat de diferents tipus de laboratoris virtuals i remots, per integrar en un mateix entorn d'aprenentatge electrònic (*e-learning*), entre d'altres, els laboratoris de la UPC que hem descrit.

En el conjunt de laboratoris proposats per a la integració en el projecte, n'hi ha dels tres tipus, per poder garantir un disseny del projecte que tingui en compte les diferents tipologies generals de la definició d'un laboratori.

5. Plataforma d'interoperabilitat

a) Objectius

L'objectiu principal del projecte consisteix en el desenvolupament d'una plataforma d'interoperabilitat per al foment, la difusió, l'explotació i la gestió de laboratoris virtuals i remots. Per assolir aquest objectiu ha calgut:

- Estudiar els requisits per a la integració dels laboratoris virtuals i remots vinculats al projecte amb un entorn d'aprenentatge electrònic (*e-learning*).

- Realitzar una proposta realista que permeti la integració:

- Fàcilment ampliable per admetre nous laboratoris virtuals o remots.

- La part referent a Moodle ha de seguir els estàndards de codificació i seguretat del programari base per tal que pugui ser instal·lat en el futur en entorns com Atenea.

- La comunicació entre Moodle i el laboratori virtual o remot ha de ser tan genèrica com es pugui i independent de les tecnologies emprades en cadascuna de les parts.

- Fer que l'impacte de la integració en els laboratoris sigui el mínim possible tenint en compte que ja tenen els seus sistemes implementats.

- Mantenir una comunicació fluida amb el GiLABViR per tal de garantir que es prenen les decisions correctes.

- Tenir en compte cadascun dels laboratoris del projecte per poder garantir la integració de tots.

Des de les primeres fases del projecte es va triar Moodle com el sistema de gestió de l'aprenentatge sobre el qual es realitzaria la integració dels laboratoris. Aquesta decisió es basa principalment en el fet que Moodle és el sistema sobre el qual s'ha implementat Atenea (el campus virtual de la UPC) i és el més utilitzat al món.

b) Disseny

A partir d'aquesta anàlisi inicial de requisits, es van definir un conjunt de restriccions obligatòries del projecte:

- S'usarà Moodle com a base per a la integració.

- La part de Moodle ha de complir la normativa de programació de la comunitat Moodle.

- La part de Moodle no ha de requerir cap modificació del seu codi original i s'ha de poder instal·lar com un mòdul d'activitat independent.

- La comunicació entre Moodle i els laboratoris s'ha de poder realitzar amb protocols web estàndard.

- S'ha de poder reaprofitar la màxima quantitat possible del codi actual dels laboratoris.

- El sistema ha de complir la normativa vigent sobre protecció de dades personals (Llei orgànica de protecció de dades de caràcter personal).

- Per al desenvolupament dels nous sistemes (la part de Moodle o sistemes auxiliars), s'usaran tecnologies lliures amb llicències compatibles amb la versió 2 de la llicència pública general (GLPv2).

- Ha de ser possible connectar altres laboratoris que no formin part dels onze inicials sense necessitat de modificar el mòdul instal·lat a Moodle.

A partir de l'anàlisi exhaustiva dels onze laboratoris, s'han identificat els casos d'ús (un cas d'ús correspon a la interacció d'un sistema amb els seus usuaris o amb altres sistemes) de cadascun dels laboratoris. Completada aquesta etapa, s'han identificat disset casos d'ús, que finalment s'han organitzat en set grups: configuració de laboratori, configuració d'experiments, gestió de reserves, realització de pràctiques, accés a càmeres, accés a resultat i qualificació d'estudiants.

A més s'han identificat i definit els rols i usuaris se-

güents: administrador del sistema de gestió de l'aprenentatge, alumne, professor i administrador del laboratori.

c) Implementació

Amb la finalitat de simplificar la implementació del sistema, el manteniment, la reutilització de components, les futures ampliacions, així com la integració de tots els laboratoris virtuals i remots existents amb poc esforç, s'opta per fer un disseny modular del sistema.

La plataforma d'interoperabilitat s'ha implementat en quatre components principals, com es mostra a la figura 3, que es descriuen a continuació.

El mòdul *iLABViR* és l'element que s'integra com un component d'un LMS Moodle (versió 2.2.1 o superior), i que permet afegir a un curs existent una o diverses activitats que seran realitzades en un laboratori remot o virtual (figures 4, 5 i 6). Els estudiants i els professors interaccionen amb aquest mòdul per a la realització, el seguiment i l'avaluació dels diferents experiments.

El *repositori d'experiments* consisteix en la llista única amb la descripció dels experiments disponibles als laboratoris (figura 7). D'aquesta manera, en cas d'introduir modificacions en un experiment només cal fer-ho una única vegada, en el repositori d'experiments, i automàticament s'actualitza l'activitat en els diferents cursos que la continguin, tot garantint la coherència en el sistema. Així mateix, el repositori conté tota la informació per gestionar (i coordinar) el funcionament de la plataforma (laboratoris i experiments disponibles, sistema de reserves, protocols de comunicació, etc.).

El *mòdul de reserves* permet reservar amb antelació els recursos necessaris per poder realitzar en una data o hora seleccionada les activitats desitjades. Aquesta funcionalitat és necessària per garantir als professors que puguin planificar les sessions, i disposar dels laboratoris remots (i, per tant, dels recursos físics associats) en el moment desitjat per realitzar les activitats amb el seu grup d'estudiants (planificació de les sessions, reserva de recursos físics...). Si bé és un mòdul independent, per simplicitat i coherència, les reserves es gestionen des del mòdul *iLABViR* (figura 6).

Cada *laboratori remot o virtual* ha de desenvolupar un component (servei web) que respongui a les peticions que rebi des del mòdul *iLABViR*. Aquests laboratoris en línia poden funcionar de manera autònoma i independent (sense cap relació amb els altres mòduls del sistema, però en aquest cas no podran obtenir els beneficis que ofereix la plataforma), o bé poden treballar de manera integrada.

El sistema utilitza la tecnologia de serveis web per a la interacció entre els diferents mòduls que el formen. Aquesta decisió de disseny resulta força clara, ja que Moodle 2.0 utilitza aquest mecanisme, i és una tecnologia orientada a sistemes moduls o distribuïts com és el cas d'aquest projecte. El sistema és compatible amb els principals protocols d'Internet: SOAP (protocol d'accés a objecte simple),

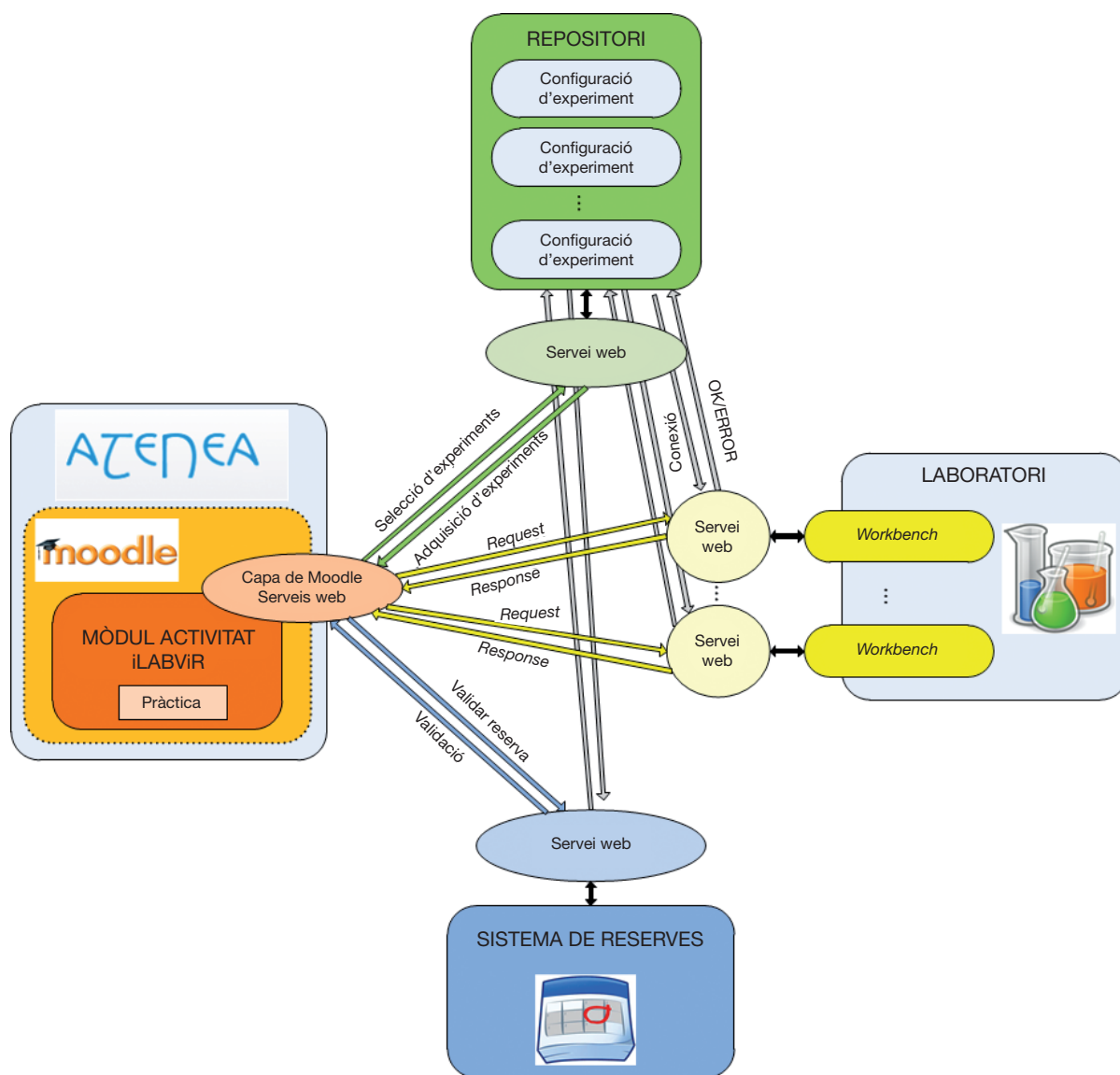


FIGURA 3. Arquitectura de la plataforma d'interoperabilitat de laboratoris virtuals i remots.

REST (transferència d'estat representacional) i XML-RPC (llenguatge d'etiquetatge extensible - crida a procediment remot). En tots els casos, el mòdul iLABViR és qui realitza les peticions de serveis cap als altres mòduls, i la comunicació entre mòduls és sempre asíncrona (el generador de les peticions no es bloqueja en espera de la resposta o confirmació per part del receptor de les peticions).

El mòdul central del sistema és l'iLABViR, i tots els altres li ofereixen algun tipus de servei. Les funcionalitats del mòdul iLABViR són la connexió al repositori d'experiments, l'autenticació d'usuaris, la configuració i gestió dels experiments, la realització dels experiments, l'obtenció dels resultats i la seva visualització, la definició de la política d'avaluació dels experiments, les reserves, la correcció de les activitats i el monitoratge del sistema i de les transaccions entre els diferents mòduls que el formen.

Per al funcionament de la plataforma s'han definit únicament cinc funcions, que han de ser implementades en el servei web de cada laboratori que s'integri a la plataforma:

- *getWebserviceStatus*: consultar l'estat (disponibilitat) del servei web del laboratori.
- *beginTransaction*: enviar al laboratori en línia la solució de l'experiment proposada per un usuari (estudiant). En conseqüència, el laboratori tracta la solució rebuda i obté un resultat que queda emmagatzemat en espera que sigui recollit per l'usuari.
- *getTransactionOutputs*: sol·licitar el resultat de la solució a l'experiment que s'ha enviat amb antelació amb la funció *beginTransaction*.
- *getCurrentTransactionsStatus*: supervisar l'estat de totes les transaccions entre el mòdul iLABViR i el laboratori en línia.

General

Nombre de la actividad labvир *

Descripción *

Ruta: p

Instrucciones *

Ruta: p

Tiempo

Fecha de apertura * 23 enero 2012 11 30

Fecha de cierre * 23 enero 2012 11 30

Repositorio

Selecciona el protocolo de comunicación con el repositorio *

Base de datos PostgreSQL

Servidor

Puerto

Nombre de la Base de Datos

Nombre de usuario

Contraseña

Ejecución de la actividad

Navegación * Ejecución lineal de la actividad entre los * Ejecución libre de la actividad experimentos:

Visibilidad de los mensajes de la solución

Tipo de mensajes: * ☒ Mensajes solución ☒ Mensajes información extra ☒ Mensajes de error

Políticas de corrección

Política de cálculo de la nota: * Método binario

Nota válida: * La nota más alta

Reservas

Tipo de reserva * Sin reserva

Duración máxima del evento 0 minutos

Seguridad

Direcciones restringidas

Clave de acceso

Ajustes comunes del módulo

Modo de grupo No hay grupos

Visible Mostrar

Número ID

FIGURA 4. Mòdul iLABVIR. Paràmetres de configuració d'una activitat.

Ejemplo

Vista Resultados Reservas Puntuación Edición Monitorización

Instrucciones

Esto es un ejemplo de práctica de laboratorio virtual o remoto.

Actividad abierta desde las: 21/10/11 10:05:00

Cierre de la actividad a las: 21/10/14 10:05:00

Configuración de la actividad:

Nº	Título	Peso	Intentos	Penalización por intento
1	SQL56- Quantes ciutats de departament per projecte.	25	100	0
2	SQL02- Obtenir els noms dels empleats ...	25	100	0
3	SQL03- Obtenir números i els noms dels departaments.....	25	100	0
4	AL01- Obtenir el nom i el sou dels empleats	25	100	0

FIGURA 5. Mòdul iLABVIR. Vista amb el rol d'estudiant d'una activitat prèviament definida.

Tipo de reserva Reserva individual

Grupos Elige un grupo

Fecha de inicio 23 marzo 2012 12 35

Fecha de finalización 23 marzo 2012 12 35

Duración máxima de una reserva: 60 minutos

Reservas

Guardar Reserva

FIGURA 6. Vista de la interfície d'usuari del sistema de reserva (accessible des del mòdul iLABVIR).

UPC

Conectado como Admin Admin (Salir)

Experimentos Categorías Tipos de Experimentos Laboratorios Sistemas de Reserva Mi Perfil Gestión de Usuarios

Gestión de las categorías

Id	Nombre	Descripción	Acciones
2	LearnSql	Experimentos semblaits als que ens podem trobar a LearnSQL.	Editar Eliminar
3	Lincad	Experimentos semblaits als que ens podem trobar a Lincad.	Editar Eliminar
4	iLABR	Experimentos semblaits als que ens podem trobar a iLABR.	Editar Eliminar

FIGURA 7. Vista de la interfície d'usuari per a la gestió del repositori d'experiments.

— *deleteTransference*: esborrar una transacció (normalment cal fer aquesta acció si s'ha produït algun error en el sistema, ja que la comunicació entre els mòduls és asíncrona).

6. Resultats

El projecte que ha permès crear la plataforma d'interoperabilitat de laboratoris virtuals i remots ha tingut una durada de vint-i-quatre mesos. L'equip del projecte ha des-

TAULA 2

Resultats de l'enquesta realitzada a estudiants universitaris de l'assignatura de sistemes electrònics de control de l'ETSETB

	Sí/No (%)
Creus que l'ús de la plataforma virtual millora la docència/aprenentatge de l'assignatura?	71,4/28,6
T'agradaria que l'assignatura es tornés a impartir a través de la plataforma?	83,3/16,7
Consideres un recurs útil la plataforma iLABViR i els laboratoris virtuals i remots?	100/0
	Nota de 0 a 5
Facilitat d'ús de la plataforma virtual	3,71
Recurs útil per potenciar i millorar la formació pràctica	3,57
Valoració com a recurs docent complementari	3,57
Grau de satisfacció personal	3,28
Valoració global de la plataforma virtual	3,42

TAULA 3

Resultats de l'enquesta realitzada a professorat de secundària que participa en una jornada formativa en l'àmbit dels laboratoris virtuals i remots

	Sí/No (%)
Consideres un recurs interessant la plataforma iLABViR i els laboratoris virtuals i remots?	100/0
Penses que iLABViR i els laboratoris virtuals i remots et podrien ser d'utilitat en la teva pràctica docent?	96 / 4
Et plantejes la possibilitat, en un futur immediat, de fer servir els laboratoris virtuals i remots en la teva activitat educativa?	88/12
	Nota de 0 a 5
Valoració d'iLABViR com a recurs docent complementari per potenciar i millorar la formació dels estudiants i afavorir l'experimentació i la realització de pràctiques	4,2
Facilitat d'ús de la plataforma iLABViR	3,6
Valoració global del projecte iLABViR	4,1

envolupat una plataforma completa que ha estat verificada i documentada.

En el tram final del projecte, s'han realitzat un seguit d'accions per a la seva validació i divulgació entre la comunitat educativa. S'han realitzat proves en condicions reals d'utilització tant en l'àmbit universitari com en l'àmbit de l'ensenyament secundari. Aquestes proves ens han permès validar el nivell de fiabilitat, robustesa i usabilitat de la plataforma.

Entre les dades recollides volem destacar els resultats de dues enquestes realitzades a estudiants d'universitat de l'assignatura de sistemes electrònics de control, que utilitzen un laboratori virtual —levitador magnètic, apartat 3k— com a preparació i complement del treball que realitzen amb el sistema real (taula 2), i a professorat de secundària que assisteix a una jornada formativa, on es presenta el projecte i es realitza una sessió de treball amb diferents laboratoris integrats en la plataforma (taula 3). També s'han dut a terme experiències de validació amb professors i estudiants de secundària, que es descriuen en l'article «Una experiència docent d'ús dels laboratoris remots (iLabRS) a secundària» que apareix en aquesta revista.

Els resultats d'aquestes enquestes i les diferents reunions de treball i entrevistes que hem mantingut amb diferents actors del món educatiu (tant a l'ensenyament secundari i als ensenyaments professionals com a l'ensenyament universitari) manifesten l'interès i la utilitat que té la utilització dels laboratoris virtuals i remots en el procés d'apre-

nentatge. En aquesta línia, el projecte que hem desenvolupat permet unificar la interfície i usabilitat dels laboratoris, i ofereix un conjunt de serveis comuns, la qual cosa fa que el procés des de la concepció fins a la utilització d'un laboratori en línia sigui molt més simple, més ràpid i molt més econòmic.

Per aquests motius creiem que la plataforma d'interoperabilitat de laboratoris ha de ser un element que impulsi la creació i l'ús d'aquest tipus de laboratoris en un futur immediat. ■

Referències

- AKTAN, B.; BOHUS, C. A.; CROWL, L. A. «Distance learning applied to control laboratories». *IEEE Transactions on Education*, vol. 39, núm. 3 (1996), p. 320-326.
- ANTON, D.; BRAGÓS, R. «Remotely accessible laboratory for instrumentation and sensors». A: *IMTC04. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*. Como, 2004.
- BELLMUNT, O.; MIRACLE, D. M.; ARELLANO, S. G.; SUMPER, A.; ANDREU, A. S. «A distance PLC programming course employing a remote laboratory based on a flexible manufacturing cell». *IEEE Transactions on Education*, vol. 2, núm. 49 (maig 2006), p. 278-284.
- BURGUÉS, Xavier; QUER, Carme; MARTÍN, Carme; ABELLÓ, Alberto; CASANY, M. José; RODRÍGUEZ, M. Elena; URPI, Toni.

- «Adapting LEARN-SQL to database computer supported cooperative learning». A: *Workshop on Methods and Cases in Computing Education (MCCE)*. Cadis (juliol 2010).
- CABRERA BEAN, Margarita; BRAGÓS, Ramon; PÉREZ, Marimar; MARIÑO, José B.; RIUS, Juan Manuel; GOMIS, Oriol; CASANY, Maria José; GIRONELLA, Xavier. «GILABVIR: Virtual laboratories and remote laboratories in engineering: A teaching innovation group of interest». A: *IEEE Engineering Education 2010 - The Future of Global Learning in Engineering Education. EDUCON 2010*. Madrid (13-15 abril 2010a).
- CABRERA BEAN, Margarita; MESTRES SUGRAÑES, Albert; VARGAS BERZOSA, Carlos; VARGAS BERZOSA, Francisco. «Virtual analog and digital communications laboratory: LAVICAD: On line interactive tool for learning communications systems». A: *IEEE Engineering Education 2010 - The Future of Global Learning in Engineering Education. EDUCON 2010*. Madrid (13-15 abril 2010b).
- CANDELAS HERIAS, F. A.; SÁNCHEZ MORENO, J. «Recursos didácticos basados en internet para el apoyo a la enseñanza de materias del área de ingeniería de sistemas y automática». *Revista Iberoamericana de Automática e Informática Industrial*, vol. 2, núm. 2 (2005), p. 93-101.
- CASINI, M.; PRATTICHIZZO, D.; VICINO, A. «The automatic control Telcelab: a remote control engineering laboratory». A: *IEEE Conference on Decision and Control*. Florida, EUA (diciembre 2001).
- CENNAMO, F. [et al.]. «A remotely controlled measurement system for education and training of experiments in wind tunnel». A: *IMTC04 Conference*. Como, 2004.
- ETXEARRIA, A.; OLEAGORDIA, I.; SÁNCHEZ, M. «Power electronics and basic electronics real experiments through the World Wide Web». *Frontiers in Education*. Reno, EUA, 2001.
- FERRATER-SIMÓN, C.; MOLAS-BALADA, L.; GOMIS-BELLMUNT, O.; LORENZO-MARTÍNEZ, N.; BAYÓ-PUXAN, O.; VILLAFILA-ROBLES, R. «A remote laboratory platform for electrical drive control using programmable logic controllers». *IEEE Transactions on Education*, vol. 52, núm. 3 (2009), p. 425-435.
- GOMIS BELLMUNT, O.; MONTESINOS MIRACLE, D.; BERGAS JANÉ, J.; SUDRIÀ ANDREU, A. «A chemical process automation virtual laboratory to teach PLC programming». *The International Journal of Engineering Education*, vol. 23, núm. 2 (2007), p. 403-410.
- GRAVIER, C. [et al.]. «State of the art about remote laboratories paradigms - Foundations of ongoing mutations». *International Journal of Online Engineering (iJOE)*, vol. 4 (2008).
- GRIMALDI, D.; RAPUANO, S.; LAPOULOS, T. «Aspects of traditional versus virtual laboratory for education in instrumentation and measurement». A: *IMTC05 Conference*. Ottawa, 2005.
- GUSTAVSSON, I. «Laboratory experiments in distance learning». A: *International Conference on Engineering Education*. Oslo, 6-10 agost 2001.
- HENRY, J. «LabVIEW applications in teaching control systems laboratories». *ASEE [Anaheim, CA, EUA]* (juny 1995).
- LATCHMAN, H. A.; SALTZMANN, CH.; GILLET, D.; BOUZEKRI, H. «Information technology enhanced learning in distance and conventional education». *IEEE Transactions on Education*, vol. 42, núm. 4 (novembre 1999), p. 247-254.
- LINDSAY, E.; LONG, P.; IMBRIE, P. K. «Remote laboratories: Approaches for the future». A: *Proceedings 37th ASEE/IEEE Frontiers in Education Conference*, 2007.
- MA, J.; NICKERSON, J. V. «Hands-on, simulated, and remote laboratories: A comparative literature review». *ACM Computing Surveys*, vol. 38 (2006).
- PALADINI, S.; SILVA, J. B. da; ALVES, G. R.; FISCHER, B. R.; MOTA ALVES, J. B. da. «Using remote lab networks to provide support to public secondary school education level». A: *11th IEEE International Conference on Computational Science and Engineering Workshops*, 2008. São Paulo (16-18 juliol 2008), p. 275-280.
- SALÁN, N.; MARTÍNEZ, M.; ADAM, A.; DARNELL, I.; PORTET, E.; TORRA, I. «RIMA: Research & innovation in learning methodologies. A dynamic tool of the ICE-UPC». *Sefi [Rotterdam]*, (juliol 2009).
- SÁNCHEZ, B.; BRAGÓS, R. «Modular workbench for in-situ and remote laboratories». A: *IMTC07. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference*. Varsòvia, 2007.
- SHEN, H.; XU, Z.; DALAGER, B.; KRISTIANSEN, V.; STROM, O.; SHUR, M. S.; FIELDLY, T. A.; LU, J.; YTTEDAL, T. «Conducting laboratory experiments over the Internet». *IEEE Transactions on Education*, vol. 42, núm. 3 (agost 1999), p. 180-185.
- SCHENK BRILL, D. van; GESTEL, B. van. «Students' appreciation of an online lab-experiment - A case study». A: *SEFI, 37th Annual Conference on Engineering Education*. Rotterdam (juliol 2009).
- VILLAR, A.; ZARZA, S.; LÁZARO, J. A.; FERNÁNDEZ-CANTÍ, R. M. «Multiplatform virtual laboratory for engineering education». A: *International Conference REV*. Bilbao (4-6 juliol 2012).

ENTREVISTA A RAMON PASCUAL

Josep Amat

Departament d'Enginyeria de Sistemes, Automàtica i Informàtica Industrial. Universitat Politècnica de Catalunya
Membre de l'Institut d'Estudis Catalans



Ramon Pascual de Sans es va llicenciar en física a la Universitat de Barcelona el 1963. Ha estat catedràtic de física teòrica primer a Saragossa, a Madrid i darrerament a la Universitat Autònoma de Barcelona, on va ser el rector de 1986 a 1990. Va ser director general d'Ensenyament Universitari (1980-1983). Des de l'any 1990, quan va deixar el rectorat de la UAB, es va centrar en el projecte de portar fins al nostre país un accelerador de partícules, projecte que s'aprovà el 2002. L'any següent ja es va començar a construir a Cerdanyola del Vallès el sincrotró ALBA, i va ser inaugurat el 2010, la infraestructura de recerca més important del país.

El 1989 ingressà a la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona, institució de la qual és el president des de 2011.

Entre altres distincions, el 2011 la Generalitat de Catalunya li atorgà la Creu de Sant Jordi.

Catalunya disposa d'una important infraestructura en el camp de la física, el sincrotró ALBA, un accelerador de partícules que va impulsar i aconseguir fer realitat i del qual sou el president de la Comissió Executiva. Quants anys de gestió i després de construcció ha necessitat per poder arribar a ser operatiu?

La idea de construir un accelerador de partícules a Barcelona va sorgir a finals dels anys vuitanta, inicialment orientat al camp de la física de les altes energies (una *tau-charm factory*), que el CERN impulsava i que el Govern espanyol estava disposat a cofinançar. A partir d'aquesta idea es va preparar una primera proposta, però es va evidenciar que els costos eren inassolibles i es va optar no per desistir de la idea, sinó per una font de llum de sincrotró, que era una instal·lació que permetria obtenir una experiència en aquestes tecnologies i a la vegada servir una comunitat d'usuaris molt àmplia. Aquesta instal·lació era ja assumible amb els recursos de la Generalitat i els provinents del Govern d'Espanya. Aquesta proposta es va començar a formular el 1992, per una part, cercant les complicitats necessàries de l'Estat i, per l'altra, iniciant la Generalitat un programa específic de beques de formació en aquesta tecnologia, per formar gent en acceleradors, i creant unes comissions promotores i assessores internacionals que guessin el projecte, cosa que començà a donar els seus fruits cap al 2002, en què es va aconseguir la seva aprovació. El 14 de març de 2003 es va signar la creació del consorci Estat-Generalitat i més tard es constituí el Consell Rector. El 2003 es va iniciar el procés de cercar una localització per a aquesta infraestructura, que consisteix en un cercle de 268 metres de diàmetre. El maig del 2006, un cop fixat el seu emplaçament al costat del campus de Bellaterra, es va disposar del projecte executiu, i les obres de construcció es van prolongar fins al 2010, en què es van poder posar en marxa les primeres estacions experimentals. Actualment estan en ple rendiment les set sortides de llum de sincrotró de què disposa la instal·lació.

Quin és el pressupost anual necessari per al funcionament d'aquesta infraestructura?

El pressupost amb les set estacions experimentals actuals és de divuit milions d'euros, que assumeixen les

dues administracions a parts iguals. Aquest pressupost no augmenta com seria desitjable, a causa de les dificultats actuals, i com seria necessari per poder disposar de més estacions experimentals, fins a poder arribar a les prop de trenta que el projecte pot acollir. Actualment, tres d'aquestes sortides de llum s'han desdoblant en dues estacions de treball, tot i que no poden treballar simultàniament, i s'està construint una estació experimental d'infrarojos, que té un cost molt més reduït, assumible amb recursos propis.

Quin horitzó preveu per poder completar les possibilitats del sincrotró?

Actualment hi ha dues tendències. Una, que és aquella per la qual han optat a Xangai, per exemple, on hi ha una instal·lació semblant, és la de completar totes les estacions de treball que el sincrotró permet. L'altra línia, per la qual ha optat Suïssa, per exemple, a l'Institut Paul Scherrer, és la de no créixer amb noves sortides de llum, sinó potenciar les actuals amb els avenços tecnològics que contínuament es van produint en aquest camp. Caldrà veure el que és més convenient.

Quants equips d'investigació pot acollir a l'any el sincrotró?

Aquest sincrotró pot acollir set grups investigadors simultàniament, la qual cosa dóna unes cinc mil hores útils de treball simultani a les set estacions, a l'any. L'objectiu és arribar a les sis mil hores/any. S'ha de tenir en compte que no tot el temps útil de treball es pot cedir per donar servei a grups de recerca externs, ja que, per una part, s'ha de disposar d'un cert temps per posar a punt i optimitzar la màquina i, per l'altra part, també cal donar temps de màquina a grups de recerca propis per poder disposar de personal format per poder donar un bon servei. Actualment es disposa d'un grup de vint investigadors propis. Els projectes són seleccionats per un comitè assessor extern que els prioritza.

Pel que fa a les necessitats d'explotació i de manteniment, quin suport i benefici repercuteix en les empreses de l'entorn?

Aquesta instal·lació, per garantir el seu funcionament, genera contínuament concursos per a la realització de diferents treballs de manteniment o de millora. Per altra part, també hi ha molts treballs no relacionats directament amb la tecnologia del sincrotró, sinó amb els serveis auxiliars, que també generen molta demanda a empreses de l'entorn, com tot el que fa referència al manteniment del buit, aire condicionat, i fins i tot el seguiment del microanivellament del terra ja que desviacions de micres afecten el feix d'electrons que s'accelera.

La majoria d'aquests concursos s'han de convocar a escala europea, i cada vegada hi ha més empreses de l'entorn que tenen capacitat per participar-hi, i lentament es va produint un increment d'adjudicacions a empreses més properes. En canvi, el percentatge en els treballs auxiliars és molt més important.

De cara a la situació actual, en què es considera la possibilitat d'assolir un estat propi, i que se'ns amenaça amb la possibilitat de poder quedar fora d'Europa, això afectaria els seus usuaris?

En el món hi ha grans instal·lacions, com la de Grenoble, que és europea, que són regionals en el sentit ampli de la paraula. Després n'hi ha moltes més de nacionals, com la nostra, que donen servei a tot un país. En aquest cas, nosaltres som al mapa d'Europa, i hi seguirem sent, i els investigadors tendeixen a anar al lloc més proper que els ofereix bon servei, i això no canviaria. Actualment, el 40 % són investigadors catalans, un altre 40 % provenen de diferents llocs de l'Estat espanyol, mentre que un 20 % prové d'altres països del món, quasi tots europeus. Les coses quedarien, doncs, molt iguals, tot i que el percentatge d'investigadors catalans podria augmentar per la dinàmica dels nostres investigadors.

A part de la recerca teòrica en el camp de la física de la matèria, quines altres aplicacions permet el fet de disposar de les fonts de llum de l'accelerador, i quin impacte pot reportar per a la nostra economia?

Els primers interessats a utilitzar el sincrotró eren els físics, després els biòlegs, però ara hi ha també moltes demandes del camp de la química i de les ciències dels materials. També comença a ser utilitzat per a l'anàlisi d'obres d'art i en aplicacions industrials, en el camp dels adhesius, dels productes alimentaris, etcètera.

Nosaltres hem fet un estudi d'impacte econòmic mitjançant avaluadors externs del qual resulta una relació de cost/benefici d'1,2 i una taxa interna de retorn que sortia superior al 7 %. En aquest aspecte, hem constatat que els estudis de viabilitat econòmica fets abans de la seva construcció, no solament s'han complert, sinó que inclús s'han millorat lleugerament, i treballem perquè aquestes dades es mantinguin, i augmentin en tant que sigui possible. Aquest estudi cost/benefici no s'ha fet, com és evident, en altres grans infraestructures que s'han fet i es van fer a l'Estat. Cal pensar que el cost del sincrotró equival a menys de 10 km d'AVE.

Actualment és el president de la Reial Acadèmia de Ciències i Arts de Barcelona, institució que ara es prepara per commemorar els dos-cents cinquanta anys de la seva creació. Quina ha estat la funció i la tasca de l'Acadèmia durant tots aquests anys?

Les acadèmies es van crear en un context molt diferent de l'actual, en un moment en què Catalunya només tenia la Universitat de Barcelona traslladada a Cervera i en què a Barcelona la burgesia va començar a crear institucions per fer una feina substitutòria en l'àmbit del coneixement, com la Junta d'Ampliació d'Estudis, l'Acadèmia de Medicina, o com la Conferència Fisicomatemàtica Experimental, que posteriorment va donar lloc a la Reial Acadèmia de Ciències i Arts.

Al principi, l'Acadèmia exercia la docència, justament

al costat del col·legi de Cordelles, dels jesuïtes, on per primera vegada a Espanya el jesuïta Tomàs Cerdà explicava mecànica newtoniana. Amb els anys les coses han anat canviant i ara la recerca està molt institucionalitzada. Els membres de l'Acadèmia són investigadors que quasi tots pertanyen a centres d'investigació externs: universitats o instituts de recerca. Per tant, la posició de l'Acadèmia ha de ser diferent i no es fa recerca pròpia, excepte a l'Observatori Fabra, on hi ha una certa recerca en astronomia, meteorologia i sismologia.

Però l'Acadèmia té dues tasques que són importants, la difusió i la tasca de discussió de temes d'actualitat. Per altra part, cada vegada més les administracions han de prendre decisions d'alt contingut tecnològic, i aquí l'Acadèmia pot fer la tasca d'assessorar. Una altra tasca que he constatat que també és important és oferir el servei de poder consultar els rics arxius de què disposa l'Acadèmia.

Quants membres formen part actualment de l'Acadèmia?

L'Acadèmia té set seccions: Matemàtiques i Astronomia, Física, Química, Biologia, Ciències de la Terra, Tecnologia i Arts Aplicades. Cada secció té entre sis i dotze membres i en total poden ser setanta-cinc acadèmics numeraris, i en el natural procés de renovació es mira d'anar adaptant els perfils de les especialitats a l'evolució científica.

Fins ara s'han trobat moltes dificultats per pertànyer a institucions i associacions internacionals pel fet de no ser un estat, la qual cosa és un requisit en moltes d'aquestes per formar-ne part. En cas que Catalunya assolís la independència, en aquest aspecte hi hauria

una situació més favorable. Com afectaria aquesta situació a l'Acadèmia?

Per a l'Acadèmia seria favorable, ja que hi ha moltes institucions d'àmbit internacional que sols accepten una acadèmia per país i ens permetria estar molt més presents en l'àmbit internacional. Moltes ràtios sobre la recerca a Catalunya són força favorables tot i els desavantatges pressupostaris respecte als països capdavaners, i molts indicadors ens situen en posicions força elevades. És evident que un reconeixement internacional seria molt favorable per consolidar les nostres relacions amb la resta del món.

I de cara a aquest aniversari?

L'Acadèmia de Ciències celebra ara els seus dos-cents cinquanta anys amb el lema «250 anys interaccionant amb la societat», ja que han sigut molts els acadèmics que han tingut un paper molt important en la cultura tecnològica catalana. En els actes d'aquest aniversari tenim molt present aquest lema, i hem organitzat, entre altres activitats, un seguit de conferències amb l'ànim de transmetre el que s'anomena la *cultura científica*, que s'aniran repetint a diferents entitats i centres de tot Catalunya.

Espero que, amb el revulsiu que representa aquest dos-cents cinquanta aniversari, l'Acadèmia segueixi sent un referent d'aquesta cultura científica per a la nostra societat, i que la recerca del nostre país ajudi a impulsar el seu desenvolupament, ja que, a part de tenir grans infraestructures com el sincrotró, disposa d'un personal investigador molt motivat i, en molts camps, de reconegut prestigi internacional. ■

ACTUALITAT

Memòria d'actes organitzats per la Societat Catalana de Tecnologia

Podeu trobar més informació sobre les conferències organitzades a la nostra pàgina web <http://blogs.iec.cat/sct/activitats>. A més, en molts casos podreu descarregar-vos la presentació al vostre ordinador, o fins i tot tornar a veure la conferència en vídeo. Si no vàreu poder assistir-hi, o simplement si voleu compartir-la amb algun/na company/nya, no deixeu passar aquesta oportunitat i feu ús del servei de vídeo. Esperem que aquesta iniciativa sigui un gran èxit.

- Cicle de lectures 2011, «Còmic, ciència i tecnologia». Lectures núm. 5, 6 i 7: «Trilogia de la postguerra. Paco Roca, cronista d'una època». Escola Tècnica Superior d'Enginyers Industrials de Barcelona de la UPC, 11 d'abril de 2011. Convidat: Paco ROCA, autor de les obres. Moderador: Jordi OJEDA, professor de la Universitat Politècnica de Catalunya i coordinador del cicle de lectures. Organitzat per la Societat Catalana de Tecnologia i la Càtedra UNESCO de Tècnica i Cultura de la UPC.
- Cicle de lectures 2011, «Còmic, ciència i tecnologia». Lectura núm. 8: «L'aeronàutica a l'imaginari japonès (manga i anime)». Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa de la UPC, 4 de maig de 2011. Convidat: José LUIS PUERTAS, expert divulgador del manga i anime japonesos. Moderador: Jordi OJEDA, professor de la Universitat Politècnica de Catalunya i coordinador del cicle de lectures. Organitzat per la Societat Catalana de Tecnologia i la Càtedra UNESCO de Tècnica i Cultura de la UPC.
- Ricardo BAEZA-YATES, vicepresident de Yahoo! Research per a Europa, l'Orient Mitjà i l'Amèrica Llatina. Conferència: «La saviesa del web 2.0 per a millorar els cercadors». Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona de la UPC, 18 de maig de 2011.
- Dietmar DIETRICH, professor i director de l'Institut für Computertechnik (ICT), Viena. Conferència: «Function model of a control unit: a bionic approach». Facultat de Matemàtiques i Estadística de la UPC, 6 de juny de 2011.
- Isidre PAPIOL ESTELA, enginyer industrial superior. Conferència: «Identificació de les causes de fallada d'un tancament mecànic instal·lat en una bomba d'alimentació de calderes en una central tèrmica de 350 MW». Seu de l'Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 9 de juny de 2011.
- Rene V. MAYORGA, WISE Lab, Universitat de Regina, Canadà. Conferència: «Towards artificial / computational wisdom». Facultat d'Informàtica de Barcelona de la UPC, 21 d'octubre de 2011.
- Cicle de lectures 2011, «Còmic, ciència i tecnologia». Lectura núm. 9: «Spiderman, vuelta a casa o la tecnologia química en els superherois». Seu de l'Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 23 de novembre de 2011. Convidat: Alejandro MARTÍNEZ VITURRIA, llicenciat en química. Moderador: Jordi OJEDA, professor de la Universitat Politècnica de Catalunya i coordinador del cicle de lectures. Organitzat per la Societat Catalana de Tecnologia i la Càtedra UNESCO de Tècnica i Cultura de la UPC, en col·laboració amb la Societat Catalana de Química.
- Dídac LEE, conseller delegat d'Inspirit. Seminari: «De l'empresa tradicional a la 2.0». Facultat d'Informàtica de Barcelona de la UB, 20 de febrer de 2012.
- «Història de la informàtica a Catalunya i a Espanya: temps pioners (fins al 1975). Els orígens de la nostra informàtica explicats pels seus protagonistes». Centre de Cultura Contemporània de Barcelona (CCCB), 17, 18 i 19 de juliol de 2012. Suport: Associació de Tècnics en Informàtica (ATI); SeniorTIC; Col·legi Oficial d'Enginyeria Informàtica de Catalunya; FIB-Alumni; Associació d'Antics Alumnes de la FIB; Estudis d'Informàtica, Multimèdia i Telecomunicació (EIMT-UOC); Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB-UPC); Museu de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya (mNACTEC); International Business Machines España, i Institut d'Estudis Catalans - Societat Catalana de Tecnologia (IEC-SCT).
- Cicle de lectures 2012, «Còmic, ciència i tecnolo-

- LECTURA núm. 9: «Alien. La historia ilustrada». Seu de l'Institut d'Estudis Catalans, Barcelona, 13 de setembre de 2012. Participants: Àngel SALA, director del Festival Internacional de Cinema Fantàstic de Catalunya – Sitges 2012; Daniel FERNÁNDEZ, divulgador i autor d'*El blog ausente*, i Jordi SÁNCHEZ NAVARRO, professor de la Universitat Oberta de Catalunya (UOC). Moderador: Jordi OJEDA, professor de la Universitat Politècnica de Catalunya i coordinador del cicle de lectures.
- Ventura FERRER ROCA, Centre d'Alt Rendiment (CAR). Seminari: «Aplicació de la biomecànica a l'esport». Escola Tècnica Superior d'Enginyeria Industrial de Barcelona de la UPC, 19 de novembre de 2012.

Activitats en què ha col·laborat la Societat Catalana de Tecnologia

- XVI Jornades del Cable i la Banda Ampla a Catalunya. Escola d'Enginyeria de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), 10-12 de maig de 2011. Organitzades pel Centre d'Estudis sobre el Cable (CECABLE) i la UAB. Amb la col·laboració de la Societat Catalana de Tecnologia, entre d'altres.
- Robots amb la tinta. En el marc del 30è Saló Internacional del Còmic de Barcelona, que se celebrà del 3 al 6 de maig de 2012, es féu entrega dels premis del Concurs Nacional de Robòtica AESSBot'12, que organitzen l'associació AESS Estudiants i l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeria de Telecomunicació de Barcelona de la UPC (<http://robotsensutinta.blogspot.com>).
- III Jornades sobre Innovació a l'Ensenyament de la Tecnologia. Museu de la Ciència i de la Tècnica de Catalunya, Terrassa, 5 de maig de 2012. Col·legi d'Enginyers Tècnics Industrials de Barcelona, Barcelona, 9 de maig de 2012 (<https://sites.google.com/site/energiasostenibleperatothom/inici>).
- XVII Jornades del Cable i la Banda Ampla a Catalunya. Escola d'Enginyeria de la Universitat Autònoma de Barcelona (UAB), 8-10 de maig de 2012. Organitzades pel Centre d'Estudis sobre el Cable (CECABLE) i la UAB. Amb la col·laboració de la Societat Catalana de Tecnologia, entre d'altres.
- Programari CES EduPack. El dia 9 de maig de 2012 es va realitzar una activitat de formació en el programari CES EduPack, elaborat i desenvolupat per Granta Design (Cambridge). A l'activitat, impartida per Gustavo Olivella i Arlindo Silva, de Granta Design, van assistir-hi un total de quaranta-cinc persones, vinculades a la docència i la recerca en l'àmbit tecnològic de l'enginyeria i l'arquitectura (<http://www.grantadesign.com/education/overview.htm>).
- IV Mostra TRAMUNTEC. 18 i 19 de maig de 2012 (<https://sites.google.com/a/xtec.cat/seae/actualitza-t/tramuntec/4a-mostra-tramuntec-2012>).

- Setmana de l'Energia Sostenible per a Tothom. Curs de formació adreçat al professorat. 2-6 de juliol de 2012 (<https://sites.google.com/a/xtec.cat/aulatec-nova/>).
- «Història de la informàtica a Catalunya i a Espanya: temps pioners (fins al 1975)». Curs de divulgació. 17-19 de juliol de 2012.
- XVIII Jornades del Cable i la Banda Ampla a Catalunya. Organitzades per CECABLE i UAB. Del 7 al 9 de maig de 2013.
- «El futur en tecnologia de disseny. Plataforma acadèmica 2D i 3D per a projectistes i enginyers». Curs realitzat el 29 de maig de 2013.

Convocatòria de premis

PREMI DE LA SOCIETAT CATALANA DE TECNOLOGIA



Premi instituït l'any 1969 i ofert a un treball d'investigació, bibliogràfic o d'assaig sobre tecnologia. Es convoca anualment dins el Cartell de premis i de borses d'estudi de l'Institut d'Estudis Catalans. Poden prendre part en aquesta convocatòria estudiants universitaris i titulats de fa poc. La dotació del premi és de 1.000 euros. La Societat Catalana de Tecnologia publicarà un resum del treball premiat a la REVISTA DE TECNOLOGIA.

Termini d'admissió de candidatures: desembre de 2014

Per a més informació: <http://blogs.iec.cat/sct/premis/>

PREMIS ENGINY

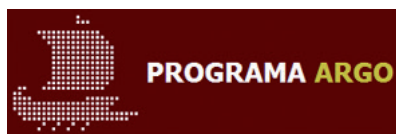


L'objecte dels Premis Enginy és fomentar la iniciativa tecnològica dels alumnes de batxillerat de les modalitats de tecnologia i científica, mitjançant el suport econòmic als millors treballs de recerca de caràcter tecnològic.

Amb aquest premi l'Escola Universitària Politècnica de Mataró (EUPMT) té per objecte potenciar l'estímul dels alumnes en la formació específica d'àmbit tecnològic i científic i contribuir a satisfer la demanda social de professionals especialitzats en aquestes competències.

Per a més informació: <http://www.xnergic.com/>

PREMI ARGÓ



La Universitat Autònoma de Barcelona convoca anualment el Premi Argó per a treballs de recerca de batxillerat i projectes de cicles formatius de grau superior, amb la finalitat de reconèixer l'esforç dels estudiants i d'incrementar els vincles amb els centres d'ensenyament secundari.

Per a més informació: <http://www.uab.es/ice/argo>

PREMIS DE LA UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA



La Universitat Politècnica de Catalunya convoca anualment premis en diferents àmbits. Alguns d'aquests són oberts a estudiants de primària, de batxillerat i a la comunitat científica general, com per exemple:

- Concurs d'Idees Ambientals i Sostenibles. La Universitat Politècnica de Catalunya - BarcelonaTech (UPC) cerca idees, projectes i accions innovadores que fomentin la sostenibilitat, i que siguin aplicables al nostre àmbit local, ja sigui a l'escola, a la universitat, al barri, al districte o als pobles i ciutats.
- Premi Duran Farell d'Investigació Tecnològica. El Premi Duran Farell d'Investigació Tecnològica té com a finalitat incentivar l'excel·lència investigadora, mitjançant el reconeixement de la qualitat d'un treball de recerca dut a terme en el camp de la tecnologia durant els darrers tres anys.
- Premi UPC de Dibuix. Com serà el món d'aquí a vint anys? La UPC proposa a l'alumnat de segon i tercer curs de primària que faci un exercici d'imaginació per representar com serà un món sostenible d'aquí a vint anys. L'objectiu d'aquesta proposta és que a les aules de primària s'obri un debat sobre la sostenibilitat del planeta, tot estimulant la reflexió sobre com han d'evolucionar les noves tecnologies per fer del nostre món un entorn sostenible.
- Premi UPC per a Treballs de Recerca de Batxillerat i CFGS: arquitectura, ciència i tecnologia sostenibles. El premi té com a objectiu potenciar l'interès de l'alumnat de batxillerat i de cicles formatius de grau superior per aquestes àrees de coneixement i pel valor de la sostenibilitat, aplicat a la concepció i al desenvolupament dels seus projectes de recerca.

Per a més informació: <http://www.upc.edu/aprendre/vida-universitaria/premis-i-concursos>

PREMIS RECERCA JOVE, NOUS PREMIS CIRIT, PER FOMENTAR L'ESPERIT CIENTÍFIC DEL JOVENT (PRJ 2012)



Atorga premis amb l'objectiu de recompensar l'esforç d'alumnes de segon cicle d'educació secundària obligatòria (ESO) i d'alumnes d'educació postobligatòria (batxillerats i cicles formatius de grau mitjà i superior) que, sota la tutela dels professors i les professores, duguin a terme un treball de recerca en llengua catalana que els permeti aplicar els coneixements propis del seu curs al desenvolupament i la interpretació de projectes de recerca. Així mateix, es premia l'esforç dels centres d'educació secundària per fomentar la participació dels tutors i tutores i alumnes en aquesta convocatòria.

Amb l'objectiu de fomentar l'interès per la recerca en relació amb les dones i les seves aportacions a la societat, el Premi Reginó reconeixrà el millor treball de recerca en aquest àmbit i el centre d'educació secundària que hagi destacat per haver impulsat l'interès en aquesta temàtica.

Per a més informació: http://www10.gencat.cat/agaaur_web/AppJava/a_beca.jsp?categoria=altres&id_beca=18723

CERTAMEN UNIVERSITARIO ARQUÍMEDES



El certamen universitari Arquímedes, convocat per la Direcció General d'Universitats del Ministeri d'Educació i Ciència, pretén fomentar l'esperit científic entre els estudiants de les universitats espanyoles.

L'objectiu és premiar els estudiants universitaris que hagin desenvolupat idees originals que contribueixin al desenvolupament de la investigació científica a la comunitat universitària espanyola.

Per a més informació: <http://www.mecd.gob.es/educacion/universidades/convocatorias/estudiantes/certamen-arquimedes.html>

Us animem a visitar el web de la Xarxa Telemàtica Educativa de Catalunya, on trobareu un recull actualitzat dels premis i concursos adreçats a l'alumnat i al professorat dels centres educatius, en diversos àmbits, inclòs l'àmbit tecnològic.

<http://www.xtec.cat/web/centres/alscentres/premis>

Recursos web i aplicacions mòbils

Leafsnap (per a iPhone i Android)

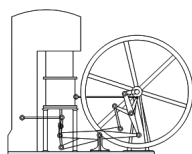
<http://www.leafsnap.com>



Leafsnap és la primera d'una sèrie de guies electròniques desenvolupades per investigadors de la Universitat de Colúmbia, la Universitat de Maryland i la Smithsonian Institution. Aquesta aplicació mòbil per a telèfons intel·ligents (*smartphones*) gratuïta utilitza un programari de reconeixement visual per identificar espècies d'arbres a partir de fotografies de les seves fulles. L'aplicació inclou imatges de fulles, flors, fruits i llavors en alta resolució. Al lloc web de l'aplicació podeu veure totes les espècies que s'hi inclouen i una foto de tots els investigadors que han treballat en el seu desenvolupament.

DIY Stirling Engine

<http://diystirlingengine.com/>



DIY Stirling Engine

How to make DIY Stirling engines plans, heat engine cycle basics and many homemade examples.

DIY Stirling Engine és un lloc web on podreu trobar tota la informació sobre aquest motor tèrmic inventat per l'escocès Robert Stirling l'any 1816. El web és molt didàctic i inclou vídeos que expliquen el seu funcionament. També hi

trobareu un blog on s'expliquen diferents models d'aquest motor amb moltes fotografies. I per als que sou més manetes, hi trobareu les instruccions per construir un motor Stirling casolà.

The Gateway to Astronaut Photography of Earth

<http://eol.jsc.nasa.gov/>



El portal web *The Gateway to Astronaut Photography of Earth* (Administració Nacional d'Aeronàutica i de l'Espai, NASA) conté més d'un milió de fotografies de la Terra que han fet des de 1961 els astronautes que han anat passant per l'Estació Espacial Internacional (ISS). Es tracta de la col·lecció més completa d'aquest tipus de fotografies fetes des de l'espai. En aquest lloc web, un mapamundi dividit en quadrícules i un cercador permeten afinar una mica la recerca d'imatges de qualsevol punt del món. També s'hi troben vídeos fets per les diferents expedicions. Si t'agrada la tecnologia espacial, t'encantarà aquest portal web.

Assemblea General de socis de la Societat Catalana de Tecnologia

20 de novembre de 2013

Avui celebrem la reunió anual de l'òrgan sobirà de la nostra Societat, l'Assemblea General, segons els Estatuts vigents.

Ningú pot negar que estem envoltats de tecnologia, fins i tot ho reconeixen els insubmisos tecnològics. Fins fa poc temps hem viscut una època en què, parlant de les TIC (tecnologies de la informació i la comunicació), es deia que la societat es dividia en nadius digitals i immigrants digitals. Si considerem totes les tecnologies, i considerem les TIC com una més, m'atreviria a dir que fa molt, molt de temps que tots som nadius tecnològics. Només hi ha un perill de malbaratar el que el nostre país, Catalunya, ha aconseguit durant més d'un segle, l'educació.

La tecnologia té conseqüències socials i en el medi, que ningú pot qüestionar. És per això que l'educació esdevé l'eina clau per a garantir que la tecnologia serà utilitzada per les generacions presents i futures de forma correcta. Si cal, tornem a dir allò que tothom sap perfectament que un ganivet pot ser o una eina o una arma, i evitar l'ús de la segona accepció forma part de la cultura tecnològica. Aquesta cultura tecnològica s'ha d'impartir des d'edats molt pri-

merenques ja que totes les generacions pugen molt ràpidament a l'edat de l'educació superior i en aquesta etapa tothom, i quan dic tothom em refereixo a tothom, ha de tenir la base tecnològica per a desenvolupar-se en la vida.

Què pot fer la Societat Catalana de Tecnologia (SCT) per afavorir aquesta cultura tecnològica? D'entrada, amb els seus grans objectius de promoure la recerca i la divulgació, ja té prou feina per a ser un protagonista destacat al nostre país. Incentiva la divulgació amb activitats diverses, premis de caràcter tecnològic, conferències, publicacions científicotècniques, participació en xarxes socials i enllaç amb altres institucions en tot el territori de parla catalana, i promou la recerca quan fa referència a qüestions de tecnologia pròpies o relacionades amb qualsevol de les disciplines del saber humà com ara les ciències pures, les humanitats, les ciències socials o l'ètica.

Actualment la SCT viu un canvi important d'acord amb els temps, l'adaptació del format tradicional de les publicacions de paper al format digital. La SCT no pot quedar enrere si hem de fer honor al seu nom. Això implica un canvi d'organització i una altra manera de pensar.

Potenciar les publicacions per a promocionar el seu coneixement. Això m'agradaria que fos el gran repte de la nova etapa que a partir d'avui mateix començarà a rodar. Les publicacions poden tenir diversos estadis i poden ser dirigides a diverses capes de la societat, cadascuna amb les seves necessitats. Si ho aconseguim farem honor a l'essència de ser de la SCT.

Faré ara un petit resum d'aquesta essència.

Segons el *Directori de les societats filials* de l'Institut d'Estudis Catalans, el 25 d'abril de 1986, el Ple de l'Institut, per tal de donar major autonomia a cada una de les branques científiques, va aprovar la divisió de la Societat Catalana de Ciències Físiques, Químiques i Matemàtiques en quatre societats filials:

- Societat Catalana de Física
- Societat Catalana de Química
- Societat Catalana de Matemàtiques

— Societat Catalana de Tecnologia.

Per tant, la Secció d'Enginyeria, que fou creada el 1932, quedà transformada en Societat Catalana de Tecnologia. Amb el canvi del terme *enginyeria* pel de *tecnologia* es pretenia donar cabuda a totes les branques de les ciències aplicades.

La Societat Catalana de Tecnologia està adscrita a la Secció de Ciències i Tecnologia de l'Institut d'Estudis Catalans i desenvolupa les seves activitats en les terres de llengua i cultura catalanes. El català és, doncs, la llengua pròpia de la Societat i la que és usada normalment en tots els actes i en les publicacions.

La Societat considera la tecnologia un factor de cultura i per això la conrea en els seus diversos vessants. Promou la recerca i la divulgació dels avenços tecnològics en general i, en especial, dels que afecten l'àmbit de la societat catalana. També pren en consideració les repercussions de la tecnologia en altres camps, com poden ésser el medi, l'economia, la societat i l'opinió pública. Promou contactes entre tècnics i investigadors de la universitat i de la indústria, col·labora amb els centres de formació i també promou les publicacions de tema tecnològic en llengua catalana.

El primer president de la nova Societat Catalana de Tecnologia va ser Estanislau Tomàs i Morera, que ja era president en aquell moment de la Secció d'Enginyeria. Va ser reelegit en diverses etapes i va exercir el seu càrrec des de gener de 1987 fins al desembre de 2007. A partir de gener de 2008 va ocupar el càrrec de president Josep M. Fuertes i Armengol i va ocupar aquest càrrec durant dos mandats, fins a desembre de 2011. A l'Assemblea de novembre de 2011 es va proposar la candidatura presentada per mi, la qual va ser escollida per unanimitat per a exercir el mandat fins al final d'aquest mateix any 2013.

Espero haver complert amb totes les meves obligacions de president de la nostra Societat i us demano un nou vot de confiança en aquesta nova etapa.

La tecnologia és cultura!

Frederic Luque Carrillo

