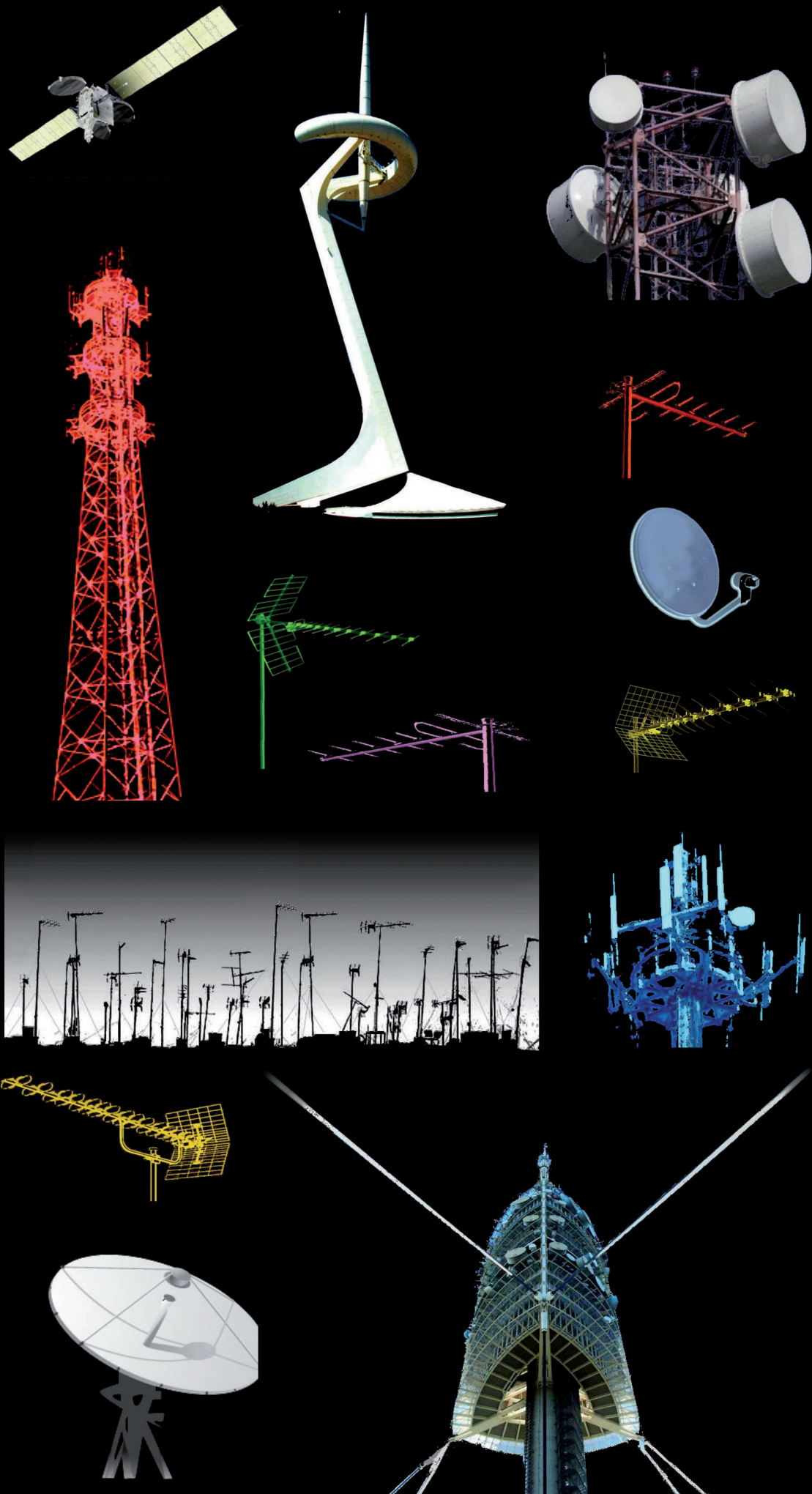


Revista de

segon semestre 2014 número 6

TECNOLOGIA



COBERTA: L'evolució del món de les comunicacions es fa patent a través de les seves antenes en el nostre paisatge quotidià.

EDITORIAL

Amb aquesta sisena edició de la REVISTA DE TECNOLOGIA tanquem un cicle per començar una nova etapa amb la publicació únicament en format digital. Pretenem d'aquesta manera agilitzar el procés de publicació i augmentar-ne la periodicitat. En aquest darrer número hem conservat l'estructura, que pot canviar lleugerament en el nou format. Aquest número conté un article en la secció «La tecnologia avui», dos articles en la secció «Educació tecnològica» i la secció «Actualitat», amb informació de les activitats de la Societat Catalana de Tecnologia, convocatòries de premis en l'àmbit de la tecnologia i una presentació de recursos web.

El canvi que ha suposat la introducció a escala global de la televisió digital ha motivat l'article de la secció «La tecnologia avui». Aquest article repassa la història de la televisió, cosa que permet entendre, per una banda, els avenços tecnològics que s'han succeït i com han incidit en la millora de la possible oferta televisiva i, per l'altra, com s'ha anat compaginant la introducció d'aquestes millores amb la compatibilitat i adaptació dels equips existents en cada moment, per aconseguir un desenvolupament sostenible en aquest àmbit.

La secció «Educació tecnològica» conté dos articles amb un enfocament molt diferenciat. El primer tracta del procés tecnològic i la seva implicació en l'estructuració i organització d'un procés, entès com un conjunt de fases que configuren el conjunt d'activitats. Es planteja com intervenen en el desenvolupament d'un procés tecnològic tant els aspectes psicològics com el treball personal i de grup, així com la interdisciplinarietat i transversalitat que connecta diferents camps del saber. L'anàlisi que es fa per definir una metodologia s'acompanya d'experiències i condicions de treball en l'àmbit educatiu.

El segon article analitza l'efecte del gènere en les vocacions tecnològiques estudiant quins són els factors que provoquen el gran desequilibri entre la presència d'homes i de dones en els estudis tècnics. Es mostren dades estadístiques de la situació actual i la seva evolució i s'expliquen accions realitzades per potenciar la presència de més dones en els estudis tècnics.

En aquesta edició l'entrevista és a Josep Maria Martorell, director general de Recerca del Departament d'Economia i Co-neixement de la Generalitat de Catalunya.

La secció «Actualitat» mostra les activitats realitzades a la Societat Catalana de Tecnologia, els premis en l'àmbit de la tecnologia i acaba amb un petit recull de recursos web.

MEMBRES DE LA JUNTA DE LA SOCIETAT CATALANA DE TECNOLOGIA

President: Fede Luque

Vicepresident: Ramon Izquierdo

Secretària: Núria Salán

Tesorera: Gemma Roca

Vocals: Agustí Egea

Aina Barceló

Carmina Luque

David Atzet

Joaquim Corominas

Manel Pagès

Marc Barracó

Narcís Bartina

Ramon Bragós

Ricard Bosch

Xavier Pardell

Xevi Cufí

Delegada de l'IEC: Àlicia Casals

Revista de TECNOLOGIA
número 6
segon semestre 2014

Editora

Àlicia Casals

Equip editorial

Aina Barceló

Josep Maria Font-Llagunes

Ramon Izquierdo

Víctor Fuses

Frederic Luque

© dels autors

Editat per la Societat Catalana de Tecnologia, filial de l'Institut d'Estudis Catalans
Carrer del Carme, 47. 08001 Barcelona

Text revisat lingüísticament per la Unitat de Correcció del Servei Editorial de l'IEC

Compost per Anglofort, S. A.
Imprès a Ediciones Gráficas Rey, SL

ISSN (ed. electrònica): 2013-9861

ISSN (ed. impresa): 1698-2045

Dipòsit Legal: B. 32481-2004

Són rigorosament prohibides, sense l'autorització escrita dels titulars del *copyright*, la reproducció total o parcial d'aquesta obra per qualsevol procediment i suport, incloent-hi la reprografia i el tractament informàtic, la distribució d'exemplars mitjançant lloguer o préstec comercial, la inclusió total o parcial en bases de dades i la consulta a través de xarxa telemàtica o d'Internet. Les infraccions d'aquests drets estan sotmeses a les sancions establertes per les lleis.

Publicació i distribució

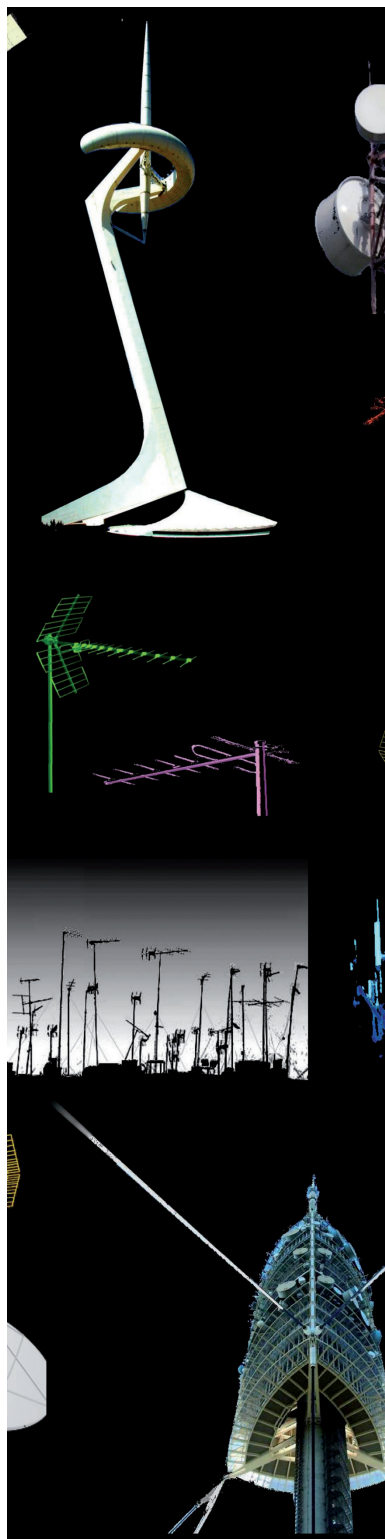
La REVISTA DE TECNOLOGIA, que es publica com a mínim un cop a l'any, es distribueix gratuïtament a tots els membres de la Societat Catalana de Tecnologia, filial de l'Institut d'Estudis Catalans, i pot ser adquirida a través de l'Institut ja

sigui per unitats o mitjançant subscripció, emplenant el full corresponent. La compra es pot fer directament al Servei de Distribució de Publicacions de l'Institut, plaça de Salvador Seguí, núm. 13, de Barcelona, per correu electrònic a l'adreça publicacions@iec.cat o per telèfon al número 932 701 636.

Articles i anuncis d'activitats

L'equip editorial està obert a rebre contribucions per a la revista, que han de respectar l'estructura actual de la publicació, que es divideix en dues seccions: la que fa referència a temes tècnics i la relacionada amb aspectes o activitats sobre l'educació tecnològica. Així mateix, encoratja els lectors a donar a conèixer, a través de la revista, i considerant-ne la periodicitat, activitats relacionades amb la tecnologia: conferències, congressos, jornades, seminaris, convocatòries de premis, anuncis de publicacions, etc. Les contribucions es poden fer enviant, per correu electrònic, l'article o la informació en format Word o PDF a la secretaria de la SCT, a l'adreça sct@iec.cat.

SUMARI



2 Editorial

La tecnologia avui

4 La televisió digital terrestre: un color millor... i alguns grisos

Jordi Berenguer

Educació tecnològica

20 El procés tecnològic, ADN de l'educació tecnològica?

David Atzet

31 Una visió actual a l'estat de la dona en les enginyeries

Roser Cussó i Marisa Gil

Entrevista a Josep Maria Martorell

38 Josep Amat

Actualitat

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

40 Convocatòria de premis de tecnologia

42 Recursos web i aplicacions mòbils

LA TELEVISIÓ DIGITAL TERRESTRE: UN COLOR MILLOR... I ALGUNS GRISOS

Jordi Berenguer

Universitat Politècnica de Catalunya

El 3 d'abril de 2010 es va produir la fi de les emissions de televisió analògica a l'Estat espanyol. És el que es coneix com l'*apagada analògica*. De llavors ençà s'inicià una nova etapa en la radiodifusió de la televisió fent ús d'un nou sistema de senyals i modulacions digitals que és el que anomenem *televisió digital terrestre* o TDT. Es posava fi a una etapa d'emissions regulars de televisió analògica que a l'Estat havien començat el 1956, tot i que les primeres proves es van fer a Barcelona a la Fira de Mostres del 1948. Una etapa que sempre es va caracteritzar per garantir la compatibilitat amb els receptors existents del senyal de televisió, quan aquests anaven incorporant al llarg dels anys millores tecnològiques com ara el color o el so digital.

1. Què és la televisió?

Per televisió entenem la transmissió a distància d'imatges en moviment per un medi de transmissió. Aquest fet fa necessari que les imatges a transmetre s'hagin d'explorar de manera seqüencial ja que no podem transmetre cap imatge tota de cop pel medi de transmissió, a diferència del que sí que fa el cinema, en el qual cada imatge, el fotograma, es projecta tota de cop a la pantalla sense cap exploració prèvia.

La qüestió següent és com podem explorar una seqüència d'imatges. Per entendre-ho podem partir d'una fotografia en blanc i negre (figura 1); com que és un objecte bidimensional, caldrà establir un sistema de coordenades i assignar a cada punt de la imatge un nivell de gris, de manera que la imatge la podríem representar com una matriu de dimensió $n \times m$, on el valor dels seus elements seria el seu nivell de gris. La dimensió de la matriu es correspondrà, doncs, amb la resolució de la imatge, i la definició de la imatge dependrà del nombre de valors que utilitzem per codificar el nivell de grisos, és a dir, l'escala que va del blanc al negre. Si la imatge és en color, llavors tindrem un nivell de dificultat addicional, ja que per cada punt de la imatge haurem d'obtenir els tres components de color, vermell, verd i blau (RGB en anglès), que formen el color del punt. Aquest seria el procediment que realitza un escàner en digitalitzar una imatge fixa.

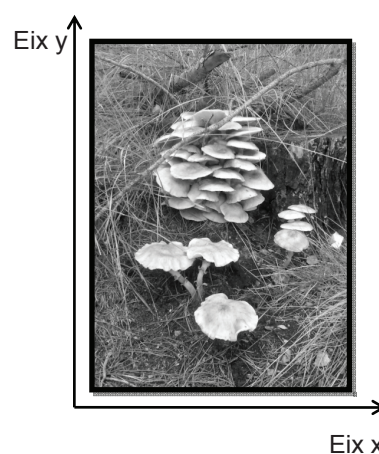


FIGURA 1. Exemple d'exploració d'una imatge bidimensional.

En el cas de la televisió, aquesta exploració l'haurem de fer de manera continuada i seqüencial i a una certa velocitat ja que l'haurem de transmetre per un mitjà de transmissió i en el receptor s'haurà de realitzar el procés invers de reconstrucció de la seqüència d'imatges, de manera que el destinatari tingui la «sensació» de percebre imatges en moviment (figura 2).

D'aquest sistema d'exploració es deriva el senyal de vídeo compost (figura 3), que a més de la informació de luminància incorpora els polsos de sincronisme de línia i de quadre. Aquest sistema de transmissió va ser estandarditzat el 1961 en la European Broadcasting Conference in the VHF and UHF Bands [1], organitzada pel Comitè Consultiu Internacional de Ràdio (CCIR) de la Unió Internacional de Telecomunicacions (UIT), amb la denominació de CCIR-B/G, i és el que es va adoptar a l'Estat espanyol per a la radiodifusió de televisió en les bandes de VHF (*very high frequency*) (B) i UHF (*ultra high frequency*) (G), respectivament.

En aquest estàndard, s'hi va arribar després d'un llarg procés en el qual es van tenir en consideració multitud d'aspectes, especialment fisiològics. Per entendre com es resol la «percepció» del moviment, cal conèixer el funcionament de l'ull humà, que en definitiva és el «receptor» de la informació que transmetrem.

La llum penetra en el globus ocular a través de la còrnia i de l'iris, que actua a manera de diafragma regulant el pas de llum; el cristal·lí, que actua a manera de lent,

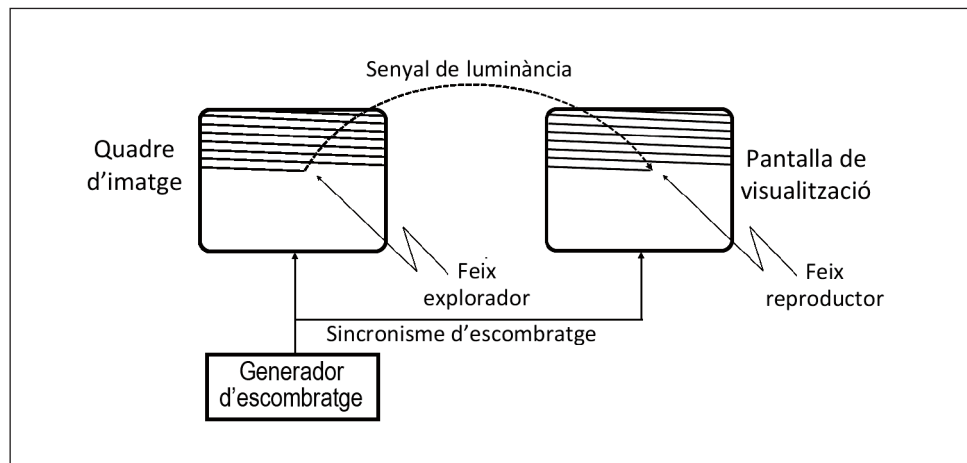


FIGURA 2. Sistema seqüencial d'exploració d'una imatge de televisió analògica.

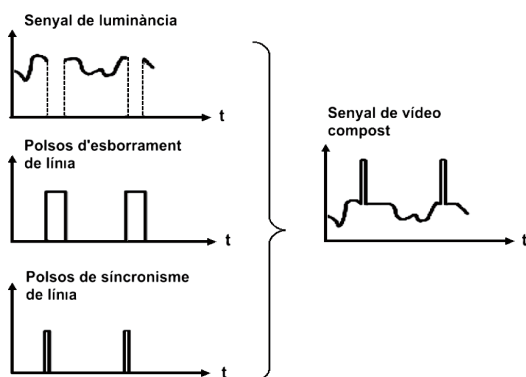


FIGURA 3. Generació del senyal de vídeo compost, format pel senyal de luminància, més els pulsos de sincronismes de línia i de camp.

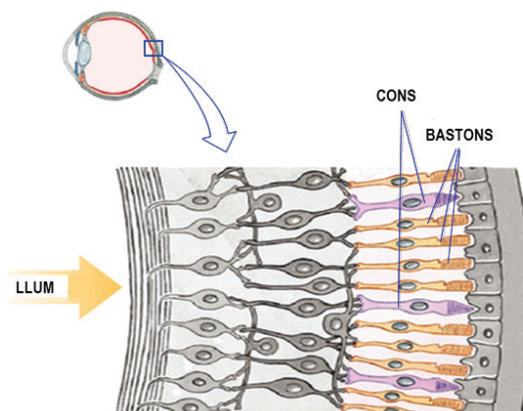


FIGURA 5. Estructura de la retina. Cons i bastons.

projecta la imatge sobre la retina, situada en el fons del globus ocular, la qual està connectada al nervi òptic (figura 4). La retina està composta de dos tipus de cèl·lules (figura 5): els bastons, que són sensibles només a la intensitat de llum (blanc i negre) i dels quals n'hi ha uns cent vint milions, i els cons, que són sensibles només al color, i dels quals n'hi ha menys, uns set milions. Per aquest motiu, la percepció dels colors requereix un nivell de lluminositat més elevat, ja que l'ull humà és més sensible als grisos. La connexió de la retina amb el nervi òptic facilita la transmissió de la informació cap al cervell, l'òrgan en el qual es forma la imatge. El camp de visió és de tipus rectangular, fet que facilita la musculatura facial, que permet uns moviments més ràpids de l'ull en sentit horitzontal que en vertical.

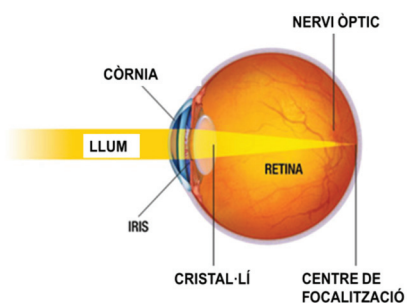


FIGURA 4. Fisiologia del globus ocular humà.

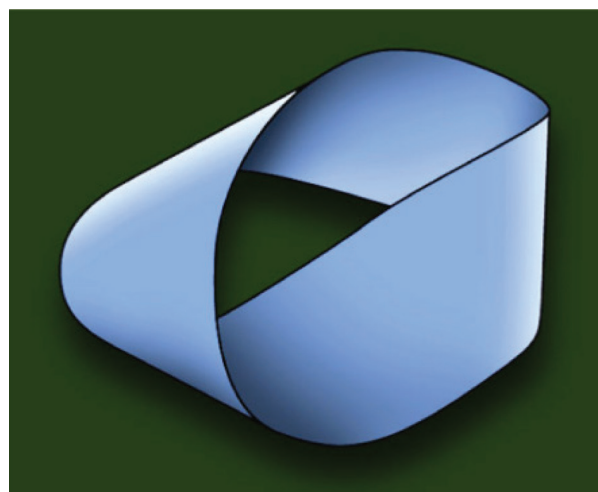


FIGURA 6. Corba de Möbius.

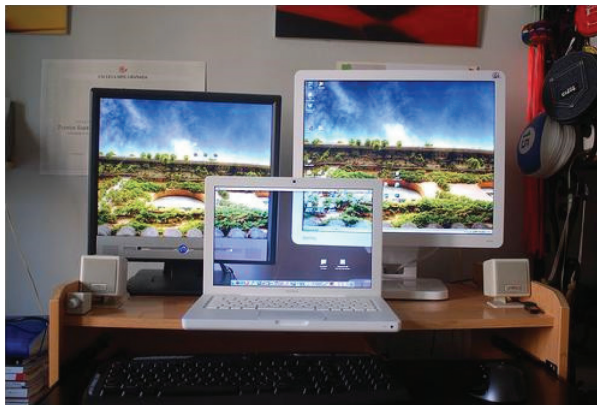


FIGURA 7. Exemple d'imatge que provoca l'efecte *trompe-l'œil*.

Tots aquests efectes van ser tinguts en compte a l'hora de dissenyar els diferents sistemes de percepció de moviment a partir d'imatges estàtiques, però el més important, i que és el fonament del cinema i de la televisió, és el fenomen que es coneix com a *persistència visual* o *retiniana* (POV: *persistence of vision*), que va ser descoberta per Joseph-Antoine Ferdinand Plateau [2], per la qual una imatge es manté a la retina una dècima de segon després d'haver desaparegut l'estímul, o, el que és el mateix, que la visió és el resultat de la formació en el cervell d'una concatenació d'imatges fixes amb una cadència de 10 imatges per segon.

El cinema va aprofitar aquest efecte projectant fotogrames a una velocitat de 24 imatges per segon. Tot i així es va comprovar que per millorar la qualitat de la visió era necessari intercalar entre fotograma i fotograma un temps de pantalla negra per tal que a la retina no li arribés cap imatge mentre s'esvaïa l'anterior. Per fer-ho es va dissenyar un obturador mecànic de tipus rotatiu (figura 8), que tapava la projecció de la imatge a una velocitat de 48 obturacions per segon, és a dir, el doble de la velocitat de projecció dels fotogrames.

En el cas de la televisió, també es realitza un procediment semblant, encara que molt diferent. És el que es coneix com a *entrellaçat* (figura 9). Consisteix a explorar i transmetre la mateixa imatge dues vegades. En l'estàndard europeu de televisió [1] CCIR-B/G, cada imatge, que s'ano-

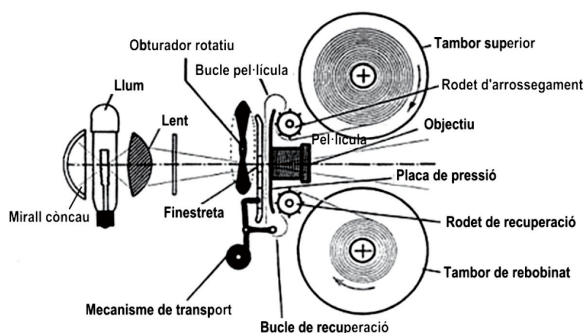


FIGURA 8. Esquema d'un projector de cinema en el qual s'observa la funció de l'obturador que bloqueja la projecció 48 cops per segon.

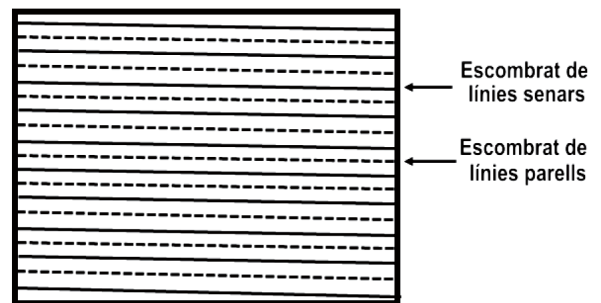


FIGURA 9. Entrellaçat en televisió. Cada imatge (quadre) s'explora seqüencialment en dos camps, un dels quals correspon a les línies senars i l'altre correspon a les línies parells.

mena *quadre*, s'explora en un total de 625 línies que van d'esquerra a dreta, però aquesta exploració no es fa de manera continuada, sinó que es fa en dues etapes, primer s'escombraren les línies parells, i després les línies senars; a les imatges resultants de cadascuna d'aquestes exploracions se les anomena *camp*, i a Europa la velocitat d'exploració era de 25 imatges per segon, de manera que la freqüència resultant de l'exploració d'una imatge completa de 625 línies, o quadre, era de 25 Hz, amb una freqüència d'exploració de camp de 50 Hz (figura 10). Es va escollir aquesta velocitat de 25 imatges per segon i no de 24 per ser un submúltiple de la freqüència de 50 Hz de la xarxa elèctrica, fet que afavoria en els receptors primigenis poder-la utilitzar com a freqüència de sincronisme del receptor de la qual es derivaven les altres freqüències necessàries per estabilitzar les imatges.

Un altre dels paràmetres fisiològics a considerar és la resolució de l'ull humà, o l'agudes visual, que és d'uns 2 minuts d'arc, és a dir, uns $0,03^\circ$, que fa que la distància òptima d'observació d'una imatge de televisió sigui de 4 a 10 vegades la seva altura. Això ens porta que la capacitat de discriminació de dues línies paral·leles a la pantalla observades a aquesta distància correspondrà a la dimensió de l'arc de visió, és a dir, el quocient de l'altura de la imatge respecte al nombre de línies. Aquest nombre de línies ne-

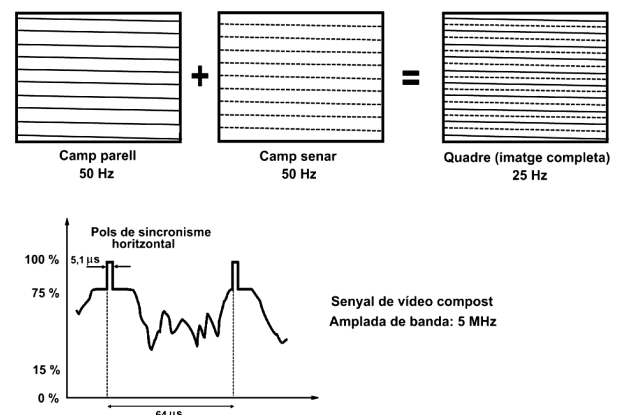


FIGURA 10. Sistema d'entrellaçat en televisió. Les exploracions corresponents als camps de línies parells i senars són transmeses seqüencialment conformant junt amb els polsos de sincronisme el senyal de vídeo compost.

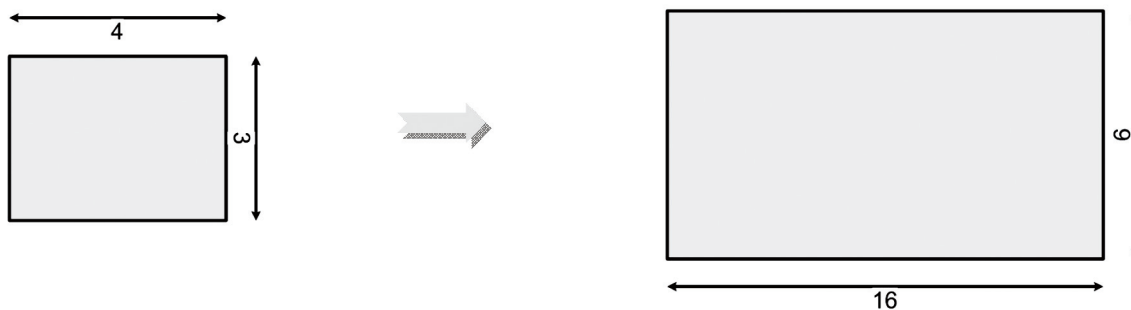


FIGURA 11. Relació d'aspecte de la pantalla de televisió. Correspon al quocient entre l'amplada i la llargada.

cessari s'obindrà, doncs, multiplicant l'angle de resolució pel quocient entre l'altura de la imatge i la distància d'observació, que si és de 6 ens donarà un total de 573 línies. A partir d'aquesta dada, i tenint en compte que per qüestions d'homogeneïtzació dels diferents tipus de pantalles de televisió és convenient reservar unes 53 línies sense transmetre imatge, arribem al valor de 625 línies adoptat pel sistema europeu estandarditzat pel CCIR-B/G, o les 525 línies adoptades pel sistema nord-americà NTSC (National Television System Committee), amb freqüències de quadre de 50 i 60 Hz, respectivament. I d'aquí s'obté que la freqüència de línia en el sistema CCIR-B/G ha de ser de 625 línies $\times$ 25 Hz, és a dir, 15,625 kHz.

La relació d'aspecte (figura 11), és a dir, la relació entre l'amplada i l'altura de la imatge, ha estat un dels paràmetres inamovibles en tota l'etapa de la televisió analògica i ha quedat establert en 4:3. Aquest «aspecte» gairebé quadrat ha estat motivat per la dificultat tecnològica de poder fabricar tubs de rajos catòdics (TRC) i sistemes de deflexió (figura 12) que admetessin formats més panoràmics, com el 16:9 típic del cinema. No ha estat fins al desenvolupament de les pantalles de plasma, primer (figura 13), cristall líquid (LCD, de l'anglès *liquid crystal display*), després, i LED (de l'anglès *light emitting diode*), actualment, que s'ha pogut adoptar un format de pantalla plana i amb una relació d'aspecte de 16:9, que ja ha esdevingut l'estàndard dels receptors de televisió actuals.

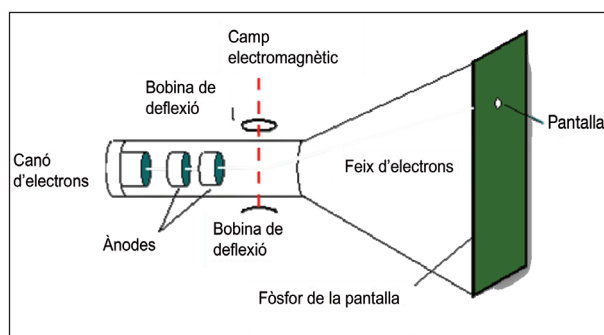


FIGURA 12. Esquema de blocs del TRC d'una pantalla de televisió en blanc i negre. El senyal de luminància s'aplica al càtode, que genera un feix d'electrons proporcional en aquest senyal. Aquest feix és accelerat per la MAT (molt alta tensió) que s'aplica en els anodes, i a la vegada és deflectit pel camp magnètic generat pels senyals tipus dents de serra que, sincronitzats amb la freqüència de línia i de camp, desplacen el feix d'electrons per la pantalla, i impacta en el fòsfor, que produeix una intensitat lluminosa proporcional al senyal de luminància.

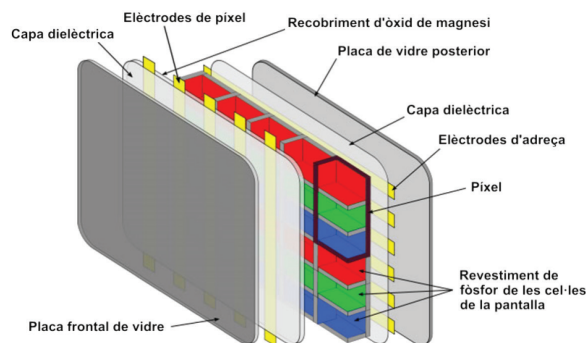


FIGURA 13. Esquema de blocs d'una pantalla plana de televisió de plasma.

2. La televisió en blanc i negre

Les primeres emissions de televisió es realitzaven en blanc i negre, i per tant només transmetien la informació de luminància (escala de grisos) obtinguda en l'exploració de la imatge amb tècniques d'entrellaçat amb freqüències de camp de 50 Hz i d'imatge o quadre de 25 Hz, a la qual s'havien d'afegir els senyals de sincronismes de línia i de sincronisme vertical que havien de permetre en el receptor sincronitzar el feix d'electrons del tub de rajos catòdics per impactar en els fòsfors i reproduir el nivell de luminància corresponent al píxel (contracció de *picture element*) de la imatge.

A l'Estat espanyol, l'estàndard adoptat [1] per a la transmissió via ràdio del senyal de televisió consistia a utilitzar canals de 7 MHz d'amplada de banda si s'utilitzaven les bandes I i III de VHF (de 47 a 68 MHz i de 174 a 230 MHz, respectivament), o de 8 MHz si s'utilitzaven les bandes IV i V d'UHF (canals 21 a 69, de 470 a 862 MHz), en què el senyal de luminància de 5 MHz d'amplada de banda es modulava en amplitud amb portadora en banda vestigial (VSB: *vestigial side band*), mentre que el senyal d'àudio es modulava en freqüència amb una desviació de freqüència de ± 50 kHz i s'ubicava a 5,5 MHz per sobre de la portadora de vídeo, i resultava l'espectre normalitzat de la figura 14 per a un canal de radiofreqüència, de 7 o 8 MHz, en què com a referència la portadora de vídeo s'ubicava a 1,25 MHz de l'inici del canal.

En aquest sistema la informació de vídeo va modulada en amplitud; per tant, està subjecta a interferències i atenuacions, el resultat no desitjat de les quals era el típic efecte

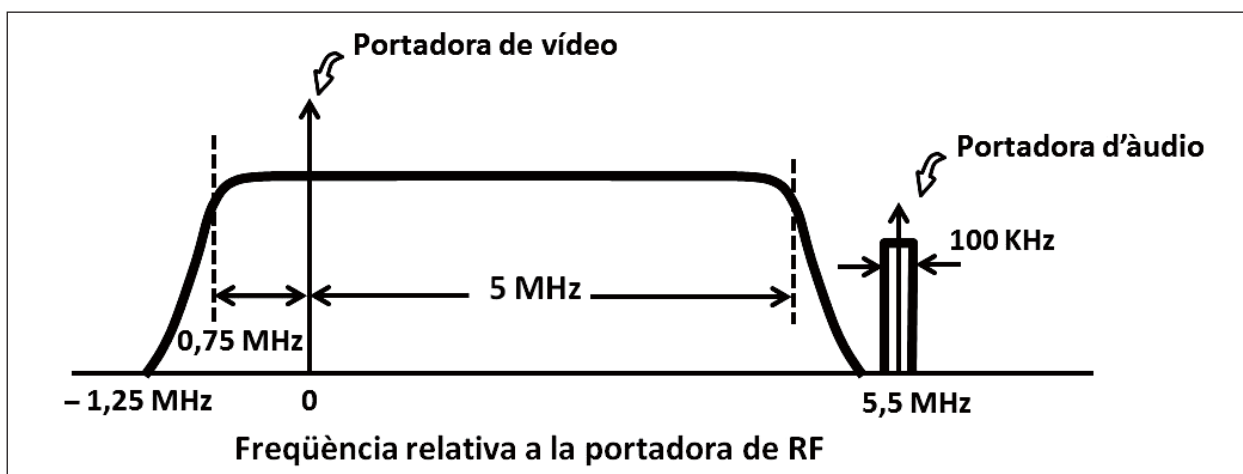


FIGURA 14. Espectre normalitzat d'un senyal de televisió en blanc i negre. Es pren la portadora de vídeo com a referència del canal, que comença a 1,25 MHz per sota d'aquesta. El senyal de FM corresponent a l'àudio està a 5,5 MHz de la portadora de vídeo.

de neu que apareixia en pantalla. Per altra banda, el so, pel fet d'anar modulats en FM, estava molt més protegit respecte de les interferències que la imatge. I com ja s'ha dit, el fet d'utilitzar com a freqüència de camp els 50 Hz coincidents amb la freqüència de la xarxa elèctrica, per altra banda molt estable, facilitava el disseny i la fabricació dels receptors ja que utilitzaven la mateixa xarxa elèctrica per sincronitzar les freqüències de línia i de quadre. Per altra banda, la propagació en aquestes bandes de VHF i UHF obligava que hi hagués visió directa entre emissor i receptor, i a evitar l'efecte de propagació multicamí causant del conegut efecte no desitjat de l'aparició de la doble imatge en pantalla. A més, a fi i efecte d'evitar que els harmònics dels oscil·ladors locals poguessin interferir en els canals adjacents, era necessari efectuar una acurada planificació de freqüències en les bandes esmentades, cosa que obligava a deixar nombrosos canals de guarda, és a dir, sense utilitzar, entre els canals de televisió actius, i a haver de canviar de freqüència quan s'utilitzaven reemissors de televisió, ja que si no es feia així la diferència de fase entre el senyal emès i el rebut podria provocar efectes interferents molt nocius.

Des del 1956 fins al 1972, en què es van iniciar a l'Estat espanyol les emissions amb el sistema de color adoptant el sistema alemany PAL (*phase alternating line*), es va desenvolupar una densa xarxa de centres emissors i reemissors de televisió que operaven primer només en la banda de VHF i que a partir de 1966 també ho feren en la banda d'UHF, fent ús de la norma anterior de transmissió de TV en blanc i negre [3], fins a la seva substitució total el 1976 per les emissions en color.

3. Les innovacions tecnològiques: sempre compatibles

Potser ens costaria trobar algun altre exemple de sostenibilitat tecnològica diferent del cas de la televisió analògica.

Totes les innovacions tecnològiques que al llarg dels anys es van anar introduint, el color, el teletext, el so dual i el so digital, ho van fer sempre mantenint el principi de la compatibilitat amb els receptors ja existents; és a dir, aquests haurien de continuar funcionant igual que abans d'introduir la millora tecnològica.

La introducció del color va suposar un canvi tecnològic important. Per una banda, significava transmetre, a més del senyal de luminància i els sincronismes de línia i quadre, la informació referent al color, tot mantenint la mateixa amplada de banda de 7 o 8 MHz i garantint la compatibilitat amb els receptors de blanc i negre existents. Per fer-ho es va adoptar la propietat de la mescla additiva dels colors, és a dir que qualsevol color es pot sintetitzar a partir de la projecció de tres colors primaris, i es van establir com a tals el vermell (R: *red*), el verd (G: *green*) i el blau (B: *blue*), i a partir d'un conjunt d'estudis de colorimetria es va adoptar la següent equació de ponderació que ens relaciona la luminància Y amb els tres colors primaris RGB:

$$Y = 0,3R + 0,59G + 0,11B$$

Cal notar que aquest sistema és el contrari de l'utilitzat en pintura o en arts gràfiques, en què es realitza la suma sotstractiva dels colors primaris.

Les càmeres de televisió van haver d'incorporar un sistema de miralls dicròics que permetien descompondre la imatge a transmetre en aquests tres colors primaris bàsics, i generaven els tres senyals RGB. Per mantenir la compatibilitat amb els receptors existents, calia, a partir d'aquests senyals, generar i emetre el senyal de luminància, però també la informació de color, tot mantenint la mateixa amplada de banda. Per fer-ho es va veure que només calia transmetre els senyals R-Y i B-Y, ja que en el receptor es podria obtenir el G per combinació lineal dels tres anteriors. Es van desenvolupar tres estàndards de televisió en color completament diferents: l'NTSC als Estats Units,

el SECAM (*séquentiel couleur à mémoire*) a França i als països de l'Est i el PAL (*phase alternating line*) a la resta d'Europa i a l'Estat espanyol.

En realitat, el sistema NTSC únicament transmet els senyals Y, I i Q, obtinguts aquests dos últims de la manera següent:

$$I = 0,6R - 0,28G - 0,32B$$

$$Q = 0,21R - 0,52G - 0,31B$$

Amb aquests senyals I i Q es modulen dues subportadores de la mateixa freqüència però desfasades entre si 90° (en quadratura); de manera que finalment es transmet la portadora de luminància més la subportadora de cromà; és a dir, llavors tenim

$$M = Y + [Q \sin(\omega t + 33^\circ) + I \cos(\omega t + 33^\circ)]$$

En conseqüència, el mòdul de la subportadora de cromà és

$$|C| = \sqrt{I^2 + Q^2}$$

i la seva fase

$$\phi = \text{atan} \frac{Q}{I}$$

Així, finalment, el senyal de vídeo transmès el podem escriure d'aquesta manera:

$$M = Y + \left[|C| \sin\left(\omega t + \frac{33\pi}{180^\circ} + \phi\right) \right]$$

Fins aquí podem dir que aquesta codificació és comuna a tots els sistemes de televisió en color; ara bé, en el sistema PAL, desenvolupat per Telefunken, a fi de fer menys sensible la informació de tint a la imatge de les variacions de fase de la subportadora de cromà, el que es fa és can-

viar 180° la fase del senyal (R-Y) en línies alternes, amb la qual cosa s'aconsegueix que els errors de fase s'eliminin [4].

L'amplada de banda del senyal de cromà és d'1,3 MHz, i la freqüència de la subportadora de cromà és $f_{sc} = 4,433618$ MHz. D'aquesta manera, el senyal PAL transmès queda així:

$$M = Y \pm v \cos(\omega_{sc}t) + u \sin(\omega_{sc}t),$$

essent

$$v = 0,877(R - Y)$$

$$u = 0,493(B - Y).$$

L'espectre normalitzat per a un senyal PAL és el de la figura 15. L'envoltant del senyal PAL és idèntic al del senyal NTSC, però la fase de la subportadora canvia línia a línia a fi de reduir els errors de fase que poden produir-se en la transmissió, o possibles problemes de sincronisme que es poden produir en el receptor.

Com que per realitzar la desmodulació del senyal de color és necessari obtenir una referència de fase, aquesta haurà de ser transmesa amb el mateix senyal; això és el que es coneix amb el nom de *burst* de color, que s'afegeix en el període de retrocés de línia, tal com es pot veure a la figura 16.

El receptor desmodula els senyals Y, R-Y i B-Y, i d'aquests obté els tres components RGB, que aplica al tub de raigs catòdics, en la pantalla del qual es produeix la mescla additiva (figura 17).

Anys després, el 1977, respectant el principi de compatibilitat amb els receptors existents, s'introdueix el sistema teletext de transmissió de dades de baixa velocitat [5]. Consisteix a aprofitar el temps mort de retrocés del feix d'electrons de línia a línia i de camp per inserir un senyal addicional que no interfereix la imatge analògica però que al receptor li permet crear una pantalla de text amb continguts alfanumèrics i uns gràfics molt senzills (figura 18).

I, de manera gairebé simultània amb el teletext, s'introdueix una nova millora, en aquest cas amb relació al so.

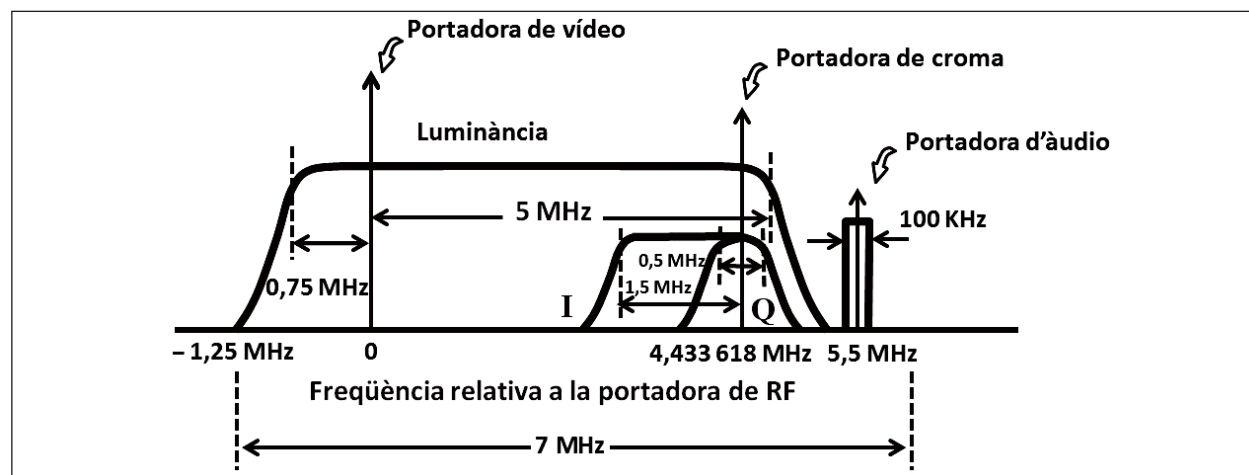


FIGURA 15. Espectre normalitzat d'un senyal de televisió en color en format PAL.

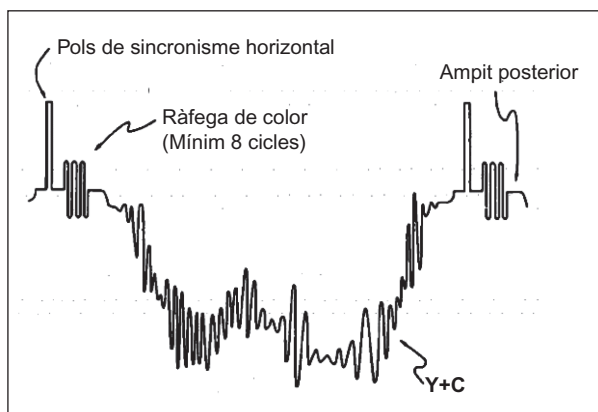


FIGURA 16. Exemple del senyal de vídeo compost amb els polsos de sincronisme de línia i el pols de *burst* de color amb 8 cicles de la subportadora de cromina per facilitar el sincronisme en el receptor.

D'una banda, el sistema analògic de so dual, consistent a afegir una segona subportadora d'àudio modulada en FM, que es pot utilitzar per transmetre un segon idioma, o per generar un senyal estereofònic transmetent en aquesta subportadora el senyal L-R (*left-right*) i el senyal monofònic (L + R) per la portadora de so principal, de manera que el receptor pot regenerar els senyals L i R. I, de l'altra, el sistema NICAM (*near instantaneous companded audio multiplex*) [6], que, introduït l'any 1972, consisteix en la transmissió digital d'àudio en qualitat de CD, fent ús d'un sistema de compressió del so, i que permet alhora la transmissió de diferents àudios, o de so estereofònic d'alta qualitat.

Innovacions, totes, que preservaven la compatibilitat dels receptors existents i tot en el mateix canal de 8 MHz d'amplada de banda, i amb el màxim d'eficiència possible.

Entremig, la Unió Europea de Radiodifusió (EBU) i l'Institut Europeu de Normes de Telecomunicació (ETSI) treballaven en el disseny de nous estàndards de televisió digital, i de millores de l'analògic: D2MAC, PAL+ i TVHD són mostres dels sistemes que es van desenvolupar, però que no van reeixir, en part pel fet que la seva posada en marxa suposava la renovació total del parc de televisors europeu, llavors del tot impensable. Per evitar-ho, al vell televisor li comencen a sortir unes «protuberàncies», els *set-top box*, que actuen com a descodificadors d'aquests

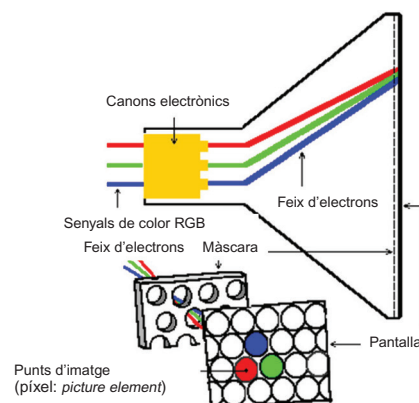


FIGURA 17. Esquema de blocs d'un tub de raigs catòdics d'una pantalla de televisió en color. Utilitza tres feixos d'electrons, un per cada senyal RGB, que impacten en la pantalla en els corresponents fòsfor del mateix color.

nous sistemes i que acaben generant els RGB, que són els que es connecten al televisor, el qual deixa de ser un receptor i passa a ser una pantalla de visualització.

Paral·lelament, l'EBU i l'ETSI també comencen a desenvolupar el nou sistema de ràdio digital, el DAB (*digital audio broadcast*) [7], que hauria de substituir la vella FM. Si bé això no succeeix, se'n deriva el nou estàndard de televisió digital, el DVB (*digital video broadcast*) [8], amb les seves variants: DVB-T (terrestre o TDT), DVB-S (satèl·lit), DVB-C (cable), DVB-H (*handheld*). Totes fan ús d'una nova modulació, l'OFDM (*orthogonal frequency division multiplex*), que aprofita els efectes de la propagació multicamí per fer interferència constructiva, en comptes de la destructiva pròpia de la televisió analògica, i que alhora permet la creació de xarxes de reemissors d'isofreqüència, prohibides en analògic, i fa un ús més eficient de l'amplada de banda de 8 MHz assignada i evita la utilització de canals de guarda.

I amb això arriba la gran novetat: el Govern de l'Estat aprova el 9 d'octubre el Reial decret 2169/1998, pel qual s'aprova el Pla Tècnic Nacional de la Televisió Digital Terrestre, amb què, en sintonia amb Europa, es planifica l'apagada analògica amb una previsió de deu anys, és a dir, per al 31 de desembre de 2011 [9], cosa que permet planificar, desenvolupar i abaratir els costos dels receptors, cohabitant durant un cert temps les emissions analògiques i les

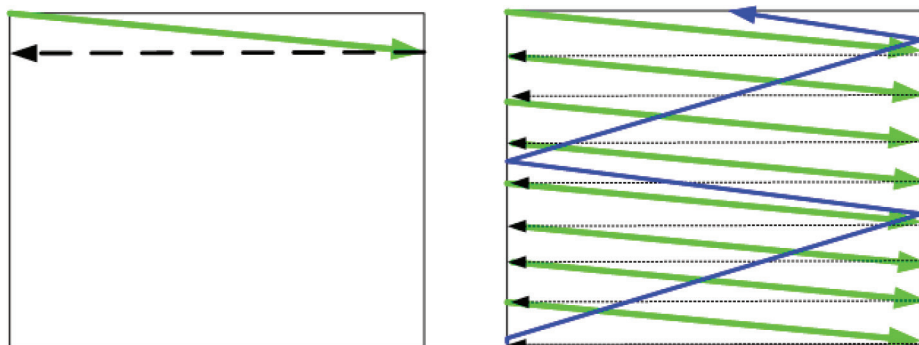


FIGURA 18. El sistema de teletext aprofita els temps de retorn de línia i de retorn de camp, en què no es projecta cap imatge, per ingerir-hi la transmissió de dades de baixa velocitat.

digitals, desenvolupar televisors de pantalla plana, renovar a curt termini, ara sí, tot el parc de televisors i substituir de retruc tota la xarxa europea de televisió.

4. La televisió digital terrestre

L'estàndard de la televisió digital terrestre (TDT) és el corresponent al DVB-T (*digital video broadcast-terrestrial*) desenvolupat per l'ETSI en col·laboració amb l'EBU i amb la participació de fabricants, radiodifusors i altres agents agrupats en el consorci DVB Project.

Es va començar a desenvolupar el 1993 per als sistemes de televisió digital per cable i per satèl·lit, ja que no presentaven els problemes de propagació multicamí, de limitacions d'amplada de banda i d'interferències típics dels sistemes terrestres de radiodifusió. El març de 1997 es va publicar la primera versió de l'estàndard DVB-T, que especificava l'estructura de les dades, la codificació de canal i el sistema de modulació. Actualment és el sistema més estès a escala internacional, ja que aporta un nivell de flexibilitat prou bo per permetre des de serveis de televisió d'alta definició (HDTV) fins a sistemes multicanal de televisió amb definició estàndard (SDTV).

Es fonamenta, d'una part, en la digitalització del senyal de vídeo i l'aplicació de tècniques de compressió digital basades en els estàndards MPEG, elaborats pel Moving Pictures Experts Group, i, de l'altra, en la utilització de la modulació OFDM per a la transmissió via ràdio dels senyals.

Digitalitzar un senyal de vídeo de color significa digitalitzar simultàniament tres senyals: la luminància Y i els dos components de croma $(R-Y)$ i $(B-Y)$. Si la codificació d'aquests tres senyals es fes amb 8 bits, tenint en compte que l'amplada de banda de la luminància és de 5,75 MHz i 2,75 MHz la dels senyals de croma, la velocitat de bit dels senyals digitalitzats seria de 108 i 54 Mbps, respectivament, cosa que ens donaria una velocitat de transmissió global de 216 Mbps, clarament inassolible pels mitjans de transmissió convencionals. És aquí quan es veu necessària la introducció d'algun sistema de compressió d'imatge que permeti reduir la velocitat de transmissió de dades, tot garantint la qualitat de la imatge transmesa.

La digitalització d'un senyal de televisió equival a assignar a cada píxel de la imatge tres nombres: un per al valor de la luminància i dos per a la crominància. Si l'exploració de la imatge s'ha fet utilitzant n píxels en horitzontal i m línies en vertical, el resultat el podem representar com una triple matriu de dimensió $n \times m$, amb els valors de luminància i croma per a cada píxel de la imatge. Com que es tracta d'una imatge en moviment, cadascun dels elements d'aquestes tres matrius canviarà de valor a una velocitat de 25 imatges per segon.

Si bé per a la televisió analògica els senyals Y , $(R-Y)$ i $(B-Y)$ podien adoptar valors compresos entre 0 i 1, si els digitalitzem directament codificant-los amb 8 bits, és a dir, establint 256 valors possibles de manera lineal, resultarà

que, com que l'ull humà és més sensible a la foscor que a la lluminositat, perdrem resolució en les zones fosques ja que destinarem els mateixos nivells de quantificació per a les zones lluminoses que per a les fosques, amb el resultat de perdre detalls de la imatge. Per evitar-ho cal predistorcionar els senyals de vídeo introduint el que es coneix com la *correcció gamma*, per compensar a la inversa la resposta de l'ull humà. Aquesta correcció fa ús de la funció següent:

$$V_{out} = V_{in}^{\gamma}$$

on γ és un coeficient menor que la unitat, habitualment 1/2,2. Els senyals de luminància i croma amb la correcció gamma aplicada es denoten com a R' , G' , B' i Y' , i ara s'in-terrelacionen a partir de les expressions següents:

$$\begin{aligned} Y' &= 0,299R' + 0,587G' + 0,114B' \\ (R - Y)' &= 0,701R' - 0,587G' - 0,114B' \\ (B - Y)' &= -0,299R' - 0,587G' + 0,886B' \end{aligned}$$

Ara, els valors d'aquests senyals estan compresos entre 0 i 1 per al Y' , entre +0,701 i -0,701 per al $(R-Y)'$ i entre +0,886 i -0,886 per al $(B-Y)'$. Si aquests darrers els normalitzem entre -0,5 i +0,5 obtindrem els senyals de croma anomenats C_R i C_B , definits com:

$$\begin{aligned} C_R &= \frac{(R - Y)'}{1,402} \\ C_B &= \frac{(B - Y)'}{1,772} \end{aligned}$$

El procés de digitalització finalitza amb la codificació en 8 bits d'aquests tres senyals d'acord amb la norma UIT-R-BT-601 [10], que, dels 256 nivells possibles, només en destina 220 al senyal de luminància i reserva els altres 36 a senyals de sincronisme, i destina 225 nivells per als dos senyals de croma, format amb què finalment s'obtenen els tres senyals que formen el vídeo digitalitzat $Y'C_R C_B$. Aquest procés de digitalització s'aplica tant als sistemes que utilitzen entrellaçat com als que no, és a dir, els progressius.

El sistema MPEG-2 és l'estàndard utilitzat en la compressió d'un senyal de vídeo; es basa a aprofitar la mateixa propietat de la persistència retiniana de l'ull humà per resoldre canvis ràpids de color i en el fet que els canvis que es produeixen quadre per quadre, en el contingut d'una seqüència d'imatges, són pocs, raó per la qual es poden utilitzar tècniques predictives per preveure el valor dels píxels d'un quadre respecte a l'anterior. Es tracta, en definitiva, d'eliminar la informació redundant de la imatge, tant l'espacial, en què en una àrea de la imatge tots els píxels tenen el mateix valor, com la temporal, en què les successives imatges són molt similars. Això es porta a cap fent una estimació de la imatge actual a partir de les enviades anteriorment per extreure la diferència entre la imatge estimada i l'actual, codificar la imatge diferència i enviar només aquesta diferència al descodificador amb què haurà de reconstruir la imatge original.

Aquest sistema MPEG-2 descompon la seqüència de quadres en tres tipus diferents: els quadres tipus I (*intra-coded picture*), els tipus P (*predicted picture*) i els tipus B (*bi-predictive picture*), i ho fa tant per al senyal de luminància com per als dos senyals de croma.

Els quadres I són una versió comprimida d'un quadre, i són independents del contingut dels quadres anterior i posterior. Es basen a analitzar la redundància espacial de la imatge i en la dificultat que té l'ull humà de detectar canvis ràpids en la imatge i codificar-la. El quadre sense comprimir s'analitza en blocs de 8×8 píxels, aplicant la transformada discreta del cosinus (DCT) a les dades de cada bloc, amb què s'obté una matriu de dimensió 8×8 en la qual els seus coeficients són el resultat de convertir les variacions espacials de la imatge en variacions de freqüència, sense alterar, però, la informació del bloc, de manera que el senyal original sempre es pot reconstruir fent la transformada inversa del cosinus. Amb això es facilita la quantificació dels coeficients, ja que els de freqüència més elevada solen ser zero, amb què es redueix, per tant, el volum de dades a transmetre. Aquesta quantificació es fa aplicant el codi de Huffman, que permet a més reduir el nombre de bits de cada coeficient i, per tant, el conjunt de dades de la matriu a transmetre. Fent el procés invers en el receptor es pot reconstruir la imatge amb un error molt petit.

Pel que fa al moviment, si no fem res, el seu efecte és que redueix les similituds entre les imatges consecutives i augmenta el volum de dades a transmetre. De fet, un objecte d'un quadre pot no canviar de forma però sí de posició en una seqüència de quadres; per tant, la codificació consistirà a tractar de mesurar el moviment de l'objecte i enviar només al descodificador un vector amb les dades d'aquest moviment, amb què haurà d'ubicar l'objecte al seu nou lloc del quadre. Aquesta informació és la que incorporen els quadres P i B.

Els quadres de tipus P presenten més compressió que els de tipus I, ja que s'obtenen processant la informació dels quadres I o P anteriors. S'encarreguen, per tant, de la codificació del moviment. S'obtenen a partir de la reconstrucció del quadre anterior de referència, el qual es divideix en macroblocs de 16×16 píxels, que es comparen amb els macroblocs del senyal de referència reconstruït a fi de trobar el més semblant; llavors es mesura el desplaçament existent entre ambdós blocs que es correspon al moviment de l'objecte, el qual es codifica en un vector de moviment. Els quadres de tipus B es processen de manera similar, excepte que tenen en compte els quadres anterior i posterior, i per tant presenten un nivell més alt de compressió que els P.

Així, els quadres tipus I corresponen a la codificació de la redundància espacial i els quadres tipus P i B corresponen a la codificació de la redundància temporal. Cadascun d'aquests quadres s'ordena dins d'una seqüència anomenada GOP (*group of pictures*), que sempre encapçala un quadre de tipus I, seguit de diversos quadres de tipus B o P. La

seqüència s'identifica amb dos dígitos: el primer correspon al nombre d'imatges existents des de l'inici de la seqüència i el primer quadre de tipus P, i entre aquest i el següent quadre P; i el segon indica la distància entre dos quadres I, és a dir, la longitud total de la seqüència.

A més, en el sistema MPEG-2 encara es pot reduir més la velocitat de bit fent un submostreig dels senyals de croma, és a dir, enviant menys mostres de croma ja que, com hem vist, l'ull humà és més sensible als canvis de lluminositat que als de color. Així, per exemple, el format 4:2:2 indica que s'han suprimit la meitat dels valors de croma; el format 4:2:0 indica que s'han suprimit tres quartes parts dels valors de croma, i finalment el format 4:4:4 indica que no s'ha suprimit cap valor de croma.

Pel que fa a l'àudio, el sistema MPEG-2 es basa en el sistema MPEG-1 utilitzat en DAB, que permet unes freqüències de mostreig de 32, 44,1 i 48 kHz i unes velocitats de bit de 32, 48, 56, 64, 80, 96, 112, 128, 160, 192, 224, 256, 320 i 384 kbit/s. El sistema MPEG-2 hi afegeix les freqüències addicionals de mostreig de 16, 22,05 i 24 kHz i unes noves velocitats de bit de 8, 16, 24, 40 i 144 kbit/s, a més d'un sistema multicanal d'àudio de tipus 5.1, per crear efectes de so envoltant (*surround*), i permet formats d'àudio monofònic, estereofònic i dual.

Com a resum, en la taula 1 es mostren els diferents perfils i nivells de compressió que es poden obtenir amb el sistema MPEG-2.

El flux de bits generat amb l'estàndard MPEG-2 s'anomena *senyal múltiplex de programa* i correspon a la compressió dels senyals de vídeo (entrellaçat o progressiu), d'àudio i de les dades associades a un programa de televisió. El múltiplex de transport s'obté en afegir diferents múltiples procedents d'altres programes de televisió, el qual es sotmetrà a una modulació de tipus QPSK, 16-QAM o 64-QAM, a fi d'augmentar en 4, 16 o 64 el nombre de bits per símbol transmès i acabar obtenint per al flux de dades d'aquest múltiplex de transport una velocitat final de transmissió d'entre 4,98 i 31,67 Mbps en funció de la modulació utilitzada. Finalment, aquest múltiplex es modularà de nou en OFDM per emetre'l per antena.

L'OFDM consisteix a distribuir el senyal a modular en un nombre molt elevat de subportadores molt juntes, amb el resultat que és com si cadascuna estigués modulada amb una velocitat de transmissió de dades baixa. Per evitar que es produeixin interferències entre elles, aquestes portadores han de ser ortogonals entre si, cosa que s'obté fent que la seva separació sigui l'invers del temps del símbol. Amb això també s'evita que per l'efecte del retard produït en la propagació multicamí, que en els sistemes analògics provoca una interferència destructiva, ara aquesta interferència passi a ser constructiva. Això s'aconsegueix fent, d'una banda, que el temps del símbol sigui molt més gran que qualsevol retard introduït per l'efecte multipropagació, i afegint un interval de guarda abans de mostrejar el símbol rebut, de manera que quan es mostra es fa su-

TAULA 1
Combinacions possibles de nivell i perfil en MPEG-2

Perfil@ Nivell	Resolució (píxels)	Velocitat màxima de quadre (Hz)	Mostreig de croma	Velocitat de bit (Mbit/s)	Aplicació típica
SP@LL	176 × 144	15	4:2:0	0,096	Telèfons sense fils
SP@ML	352 × 288	15	4:2:0	0,384	PDA
	320 × 240	24			
MP@LL	352 × 288	30	4:2:0	4	Descodificadors (<i>set-top boxes</i> : STB)
MP@ML	720 × 480	30	4:2:0	15 (DVD: 9.8)	DVD, SD-DVB
	720 × 576	25			
MP@H-14	1440 × 1080	30	4:2:0	60 (HDV: 25)	HDV
	1280 × 720	30			
MP@HL	1920 × 1080	30	4:2:0	80	ATSC 1080i, 720p60, HD-DVB (HDTV). (Per a transmissió terrestre, la velocitat màxima de transmissió està limitada a 19,39 Mbit/s)
	1280 × 720	60			
422P@LL			4:2:2		
422P@ML	720 × 480	30	4:2:2	50	Sony IMX utilitzant només quadres tipus I. Radiodifusió de vídeo professional (només quadres I i P)
	720 × 576	25			
422P@H-14	1440 × 1080	30	4:2:2	80	
	1280 × 720	60			
422P@HL	1920 × 1080	30	4:2:2	300	Sony MPEG HD422 (50 Mbit/s), Canon XF Codec (50 Mbit/s), Convergent Design Nanoflash recorder (fins a 160 Mbit/s)
	1280 × 720	60			

mant tant el senyal directe com els reflectits. Això es pot veure en la figura 19. Per altra banda, encara que es produeixi un esvaïment d'una de les portadores, la informació es pot recuperar a partir de les altres introduint sistemes de codificació d'errors en el senyal transmès. A més permet la utilització de xarxes d'isofreqüència, amb les quals es

pot cobrir tot el territori d'un estat sense haver de canviar de freqüència —cosa que era impensable en el cas analògic— i fent servir les mateixes freqüències que la televisió analògica (canals 21 a 69 de la UHF).

En introduir la codificació FEC (*forward error code*), si s'esvaeix alguna de les portadores, la seva informació es

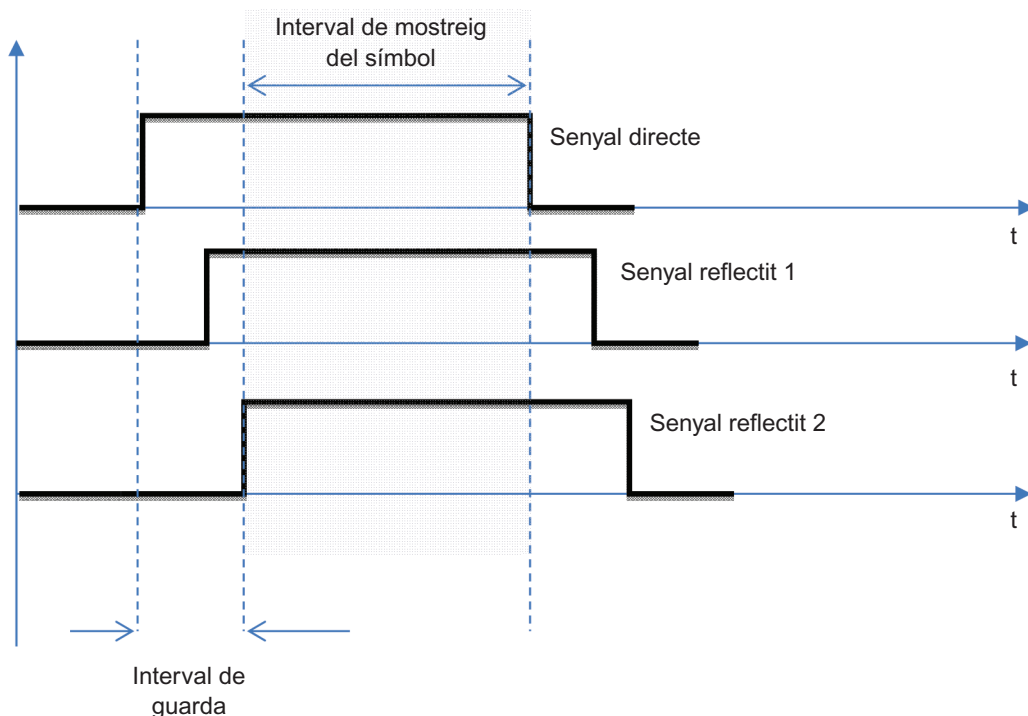


FIGURA 19. Efecte de la interferència constructiva en un senyal modulat en OFDM.

TAULA 2
Velocitat de transmissió de dades en Mbps en funció del tipus de modulació, l'interval de guarda i la codificació FEC, per a un sistema 8K

Modulació	Codificació FEC	Interval de guarda			
		1/4	1/8	1/16	1/32
QPSK	1/2	4,98	5,53	5,85	6,03
	2/3	6,64	7,37	7,81	8,04
	3/4	7,46	8,29	8,78	9,05
	5/6	8,29	9,22	9,76	10,05
	7/8	8,71	9,68	10,25	10,56
16-QAM	1/2	9,95	11,06	11,71	12,06
	2/3	13,27	14,75	15,61	16,09
	3/4	14,93	16,59	17,56	18,10
	5/6	16,59	18,43	19,52	20,11
	7/8	17,42	19,35	20,49	21,11
64-QAM	1/2	14,93	16,59	17,56	18,10
	2/3	19,91	22,12	23,42	24,13
	3/4	22,39	24,88	26,35	27,14
	5/6	24,88	27,65	29,27	30,16
	7/8	26,13	29,03	30,74	31,67

pot recuperar mitjançant els codis convolucionals Reed Solomon, que admeten cinc possibles velocitats de codificació: 1/2, 2/3, 3/4, 5/6 i 7/8; tot i que com més alta sigui aquesta velocitat, més bits redundants s'introduiran i, per tant, la velocitat de transmissió dels bits útils del flux de dades es reduirà. El sistema admet també la possibilitat de definir quatre intervals de guarda diferents, i possibilita l'elecció del nombre de portadores entre 2K o 8K, que equivalen a 1.705 i a 6.817 portadores amb un temps de símbol de 224 µs i 896 µs, i amb una separació entre elles de 4.464 Hz i 1.116 Hz, respectivament.

En funció de quin sigui el tipus de modulació utilitzat, la velocitat FEC i l'interval de guarda, s'obtenen les velocitats globals de transmissió del senyal de vídeo que s'indi-

quen en la taula 2, essent la velocitat màxima de transmissió de 31,6 Mbps per a un sistema 8K.

L'espectre teòric resultant d'un múltiplex de TDT per a un canal de 8 MHz d'amplada de banda és el de la figura 20.

En resum, des del punt de vista de l'ús de l'espectre radioelèctric aquest sistema és molt més eficient que l'anàlog, ja que en un mateix canal de 8 MHz i en funció de la qualitat de vídeo seleccionada es poden emetre fins a cinc programes de televisió, cosa que, afegida a la possibilitat d'utilitzar xarxes d'isofreqüència i a poder utilitzar canals contigus, ens duu a una hipotètica capacitat d'emissió de 240 programes de televisió de qualitat estàndard en tot l'espectre comprès entre els canals 21 i 69 de la UHF, tal com es pot veure a la figura 21.

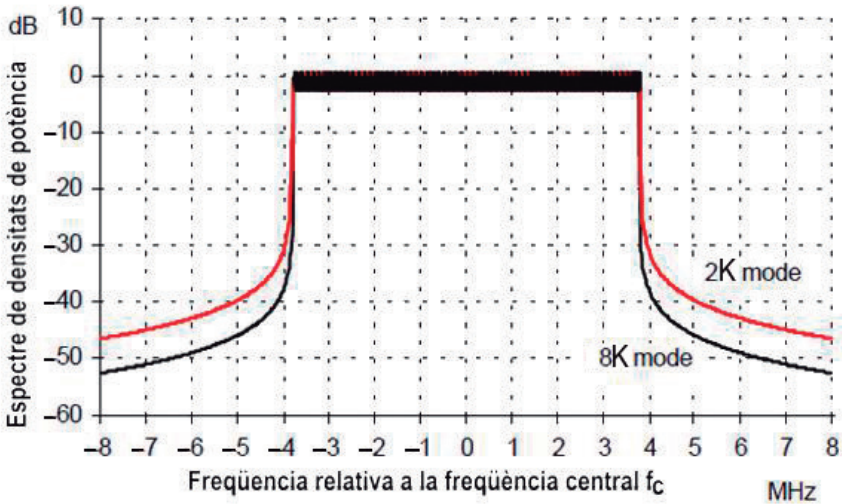


FIGURA 20. Espectre teòric de RF d'un senyal de DVB-T corresponent a un canal de 8 MHz amb un interval de guarda $\Delta = TU / 4$, i per als modes 2K i 8K.

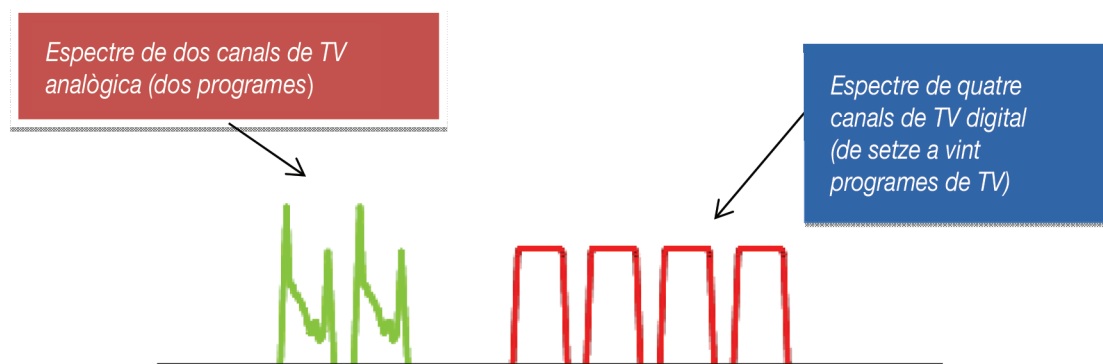


FIGURA 21. Comparativa entre la capacitat dels canals de 8 MHz de televisió analògica i els canals de TDT.

5. La regulació de la TDT

Tot i ser la TDT una innovació tecnològica, des del seus inicis ha experimentat una forta regulació per part dels organismes estatals i ens reguladors. A l'Estat espanyol, la regulació de la TDT es va començar a fer l'any 1998 i en el mes de març de 2013 encara ha experimentat una nova intervenció del Govern espanyol.

La TDT també ha suposat un nou model de gestió de la radiodifusió en el qual es diferencia clarament la productora de programes de l'operador de xarxa, el qual pot radiodifondre un múltiplex format per diversos programes provinents de diferents productores.

Pel que fa a la planificació de freqüències, el pla tècnic per a la televisió digital terrestre preveia la utilització de xarxes d'isofreqüència: els canals 66 a 69 per a tot el territori de l'Estat, un canal per cobrir cada territori autonòmic i un canal per a cada província, més un conjunt de canals d'àmbit local. Per al cas de Catalunya, la distribució de canals és la que s'indica en la taula 3.

En el mes de juny de 2005, la Generalitat va presentar el Pla d'Implantació de la TDT a Catalunya, en el qual es recollia l'assignació de tres múltiplexs públics a la Corporació Catalana de Ràdio i Televisió (CCRTV), un múltiplex privat, ja adjudicat a Emissions Digitals de Catalunya, SA (Grup Godó), la previsió d'un múltiplex per a l'Euroregió (comunitats de l'antiga Corona d'Aragó) i vint-i-quatre

múltiplexs per a televisions locals, amb els quals es podrien veure noranta-sis programes, dels quals trenta-set quedarien reservats als ajuntaments.

Tot i el desplegament que ja s'estava fent de la TDT, a la primavera de 2006 es van iniciar les emissions analògiques del nou canal de televisió privada d'àmbit estatal La Sexta, que va obtenir la concessió de l'Estat a finals del 2005. Amb els cinc múltiplexs de TDT estatals, els dos de la Corporació Catalana de Ràdio i Televisió i el privat d'Emissions Digitals de Catalunya, es va completar la primera fase de desplegament.

Pel que fa als canals locals de TDT, la Generalitat va adjudicar el 4 d'abril de 2006 els trenta-set múltiplexs de gestió pública local, i el 21 de juny de 2006 el Consell de l'Audiovisual de Catalunya (CAC) va publicar l'informe vinculant sobre l'adjudicació dels cinquanta-nou múltiplexs locals de gestió privada, de què el Govern de la Generalitat va acordar l'adjudicació definitiva el 18 de juliol de 2006, amb què va quedar configurat el mapa de les demarcacions de la televisió local que s'indiquen a la figura 22.

El 23 de setembre de 2007, a les 11 h, Andorra va ser el primer estat a realitzar l'apagada total de la televisió analògica. D'altra banda, el 23 d'abril de 2007 Televisió de Catalunya va iniciar des de Collserola les emissions en període de proves de televisió digital en alta definició (HDTV: *high definition TV*) en format MPEG4-H.264 a 10,2 Mbps utilitzant dos programes d'un múltiplex de quatre que tenia

TAULA 3
Canals de TV d'UHF assignats a Catalunya pels múltiplexs estatals, nacionals i locals

Lleida	Tarragona	Girona	Barcelona	Tipus
58	59	60	61*	TV de Catalunya
64 (Catalunya)				TV Espanyola
66				TV privades d'àmbit estatal
67				
68				
69				
53	51	36	33	TV privada àmbit català
21 zones i 24 canals en total				TV locals, municipals i privades

(*) Al Maresme s'usa el canal 43, que es manté a Collserola a més del 61.

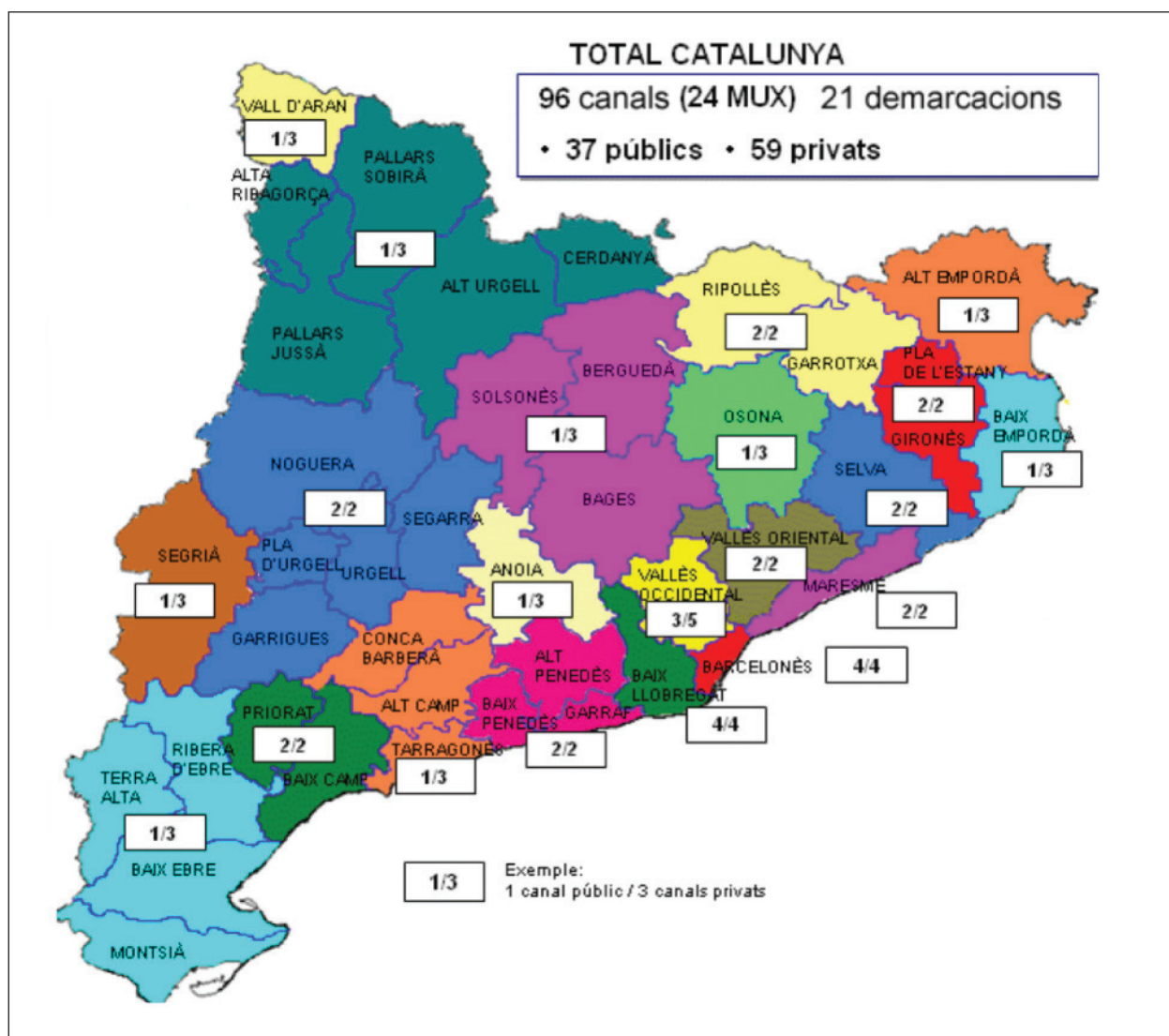


FIGURA 22. Mapa de les demarcacions de les televisions locals de gestió pública i de gestió privada.

assignat i que utilitzava per emetre duplicats els programes TV3, K3-C33, 3/24 i 300. Pel que fa a la cobertura, a l'octubre la Corporació Catalana de Mitjans Audiovisuals (l'antiga Corporació Catalana de Ràdio i Televisió) va anunciar que iniciava la segona fase d'implantació per arribar cap a final d'any al 95 % de la població catalana amb la posada en marxa d'una cinquantena de nous centres emissors i l'ampliació de la cobertura dels sis ja existents (Collredó, Sant Pere de Ribes, Montserrat, cap de Vaquèira, Igualada i pic de l'Orri). Pel que fa a la televisió local digital, a finals de juliol van començar a Collserola les emissions del múltiplex privat amb els programes de Canal Català, Canal 25, Localia i Urbe TV. A escala estatal, el Ministeri d'Indústria, Comerç i Turisme va anunciar que en els pressupostos per al 2008 destinaria 19,3 milions d'euros per facilitar el desplegament de la TDT.

L'any 2008, en el marc del Congrés Mundial de Telefo-

nia Mòbil de Barcelona, es va oferir una demostració real de difusió de televisió mòbil en banda S (de 2 a 4 GHz) utilitzant el nou estàndard DVB-SH (*digital video broadcasting - satellite services to handhelds*), que va cobrir la zona de la Fira de Barcelona, i que va ser patrocinat per Alcatel-Lucent (xarxa de reemissors), DiBcom, Eutelsat Communications (distribució per satèl·lit cap a la xarxa de reemissors), Sagem Mobiles, SES Astra, TeamCast (moduladors DVB-SH), UDCast (encapsuladors DVB-SH), Abertis (instal·lació de reemissors) i els proveïdors de continguts CNBC, La Sexta, Canal 300, Nickelodeon, 40 Latino, Teledeporte, 24h TVE i Telecinco Sport.

L'estàndard DVB-SH consisteix en una millora del DVB-H (*digital video broadcast handheld*) dissenyat per lliurar vídeo, àudio i serveis de dades a dispositius portàtils utilitzant la banda S de freqüències. Es tracta d'un sistema híbrid que pot utilitzar tant transmissió terrestre com de satèl·lit amb

la finalitat de donar cobertura a grans àrees. Està pensat per poder operar dins de 3 GHz, encara que la freqüència habitual serà d'uns 2,2 GHz. Es correspon a l'estàndard TS 102 585 i EN 302 583 de l'ETSI (European Telecommunications Standards Institute). En la conferència DVB World del mes de març de 2008, la comissària europea Viviane Reding va donar el seu suport en aquest nou estàndard destacant-ne els avantatges de ser un estàndard obert, flexible i assequible.

A finals de juny del mateix any, el consorci DVB Project va aprovar l'especificació del nou estàndard DVB-T2 de segona generació de televisió digital terrestre [19], que va remetre a l'ETSI per a la seva aprovació. Aquest estàndard, que millora l'actual DVB-T, volia aprofitar l'espectre radioelèctric que s'allibera amb la apagada analògica per introduir nous serveis com ara nous múltiples de televisió d'alta definició (HDTV) o nous serveis de difusió de dades (*datacast*), pensant en tot tipus de receptors, des d'ordinadors portàtils fins a telèfons intel·ligents (*smartphones*). Es preveia que durant un cert temps coexistirien ambdós sistemes, tot i que la transmissió de HDTV també és viable amb l'actual sistema DVB-T, amb el qual fins a l'estiu del 2008 TV3 va emetre en proves i com es fa a França. Es preveu que a començament de 2009 a Gran Bretanya es faci el desplegament d'un múltiple d'abast estatal amb tecnologia DVB-T2 per fer les primeres transmissions multicanal utilitzant aquest estàndard.

Aquest estàndard utilitza la mateixa modulació OFDM amb múltiples portadores, amb la codificació LDPC (*low density parity check*) combinada amb BCH (Bose-Chaudhuri-Hocquengham), fet que permet generar un senyal robust davant el soroll i les interferències, alhora que permet utilitzar més sistemes de funcionament que el 2K o 8K propis del sistema DVB-T. També incorpora una nova tècnica anomenada *rotació de constel·lacions* que li dona més robustesa en condicions de dificultats en el canal de transmissió; això, juntament amb un altre mecanisme que permet ajustar-la en funció de les condicions de recepció, permet a un receptor mòbil estalviar bateria ja que només cal que descodifiqui un programa i no tots els del múltiple.

El Govern de l'Estat va aprovar el 13 d'agost de 2009 el Reial decret llei 11/2009, que estableix la normativa de la televisió digital de pagament o d'accés condicional (CA) basat en l'estàndard DVB-CSA (*common scrambling algorithm*), que permet als concessionaris l'emissió total o parcial d'un canal de pagament. El primer concessionari a posar-ho en marxa va ser Mediapro amb el canal GoTV.

La Generalitat al llarg del 2009 va completar l'encesa digital a vint-i-una comarques catalanes, que s'afegien a les vint que ja va posar en marxa el 2008, amb què completava gairebé tota la cobertura del país dins del pla «Catalunya connecta», que conjuntament amb la telefonia mòbil rural i la banda ampla rural va anar desplegant en els darrers anys.

Finalment el 3 d'abril de 2010 es va produir l'apagada analògica i, per tant, el cessament de totes les emissions de televisió analògica, amb què es va posar punt final a un

servei de telecomunicació que va mantenir la compatibilitat amb els receptors existents al llarg de cinquanta-quatre anys.

6. La reorganització de l'espectre radioelèctric

Ara bé, arran de la progressiva digitalització dels serveis de televisió en la banda d'UHF, la UIT ja va aprovar en la Conferència Regional de Radiocomunicacions de 2006 de Ginebra l'acord GE06, amb el qual sol·licitava que la transició de la televisió analògica a la digital en els països de la regió 1 (Europa i Àfrica) estigués enllestida abans del 17 de juny de 2015, tot i que la majoria de països europeus ja ho avançaren al 2012. Posteriorment, la Conferència Mundial de Radiocomunicacions de 2007 (CMR-07) va establir que les freqüències de 790 a 862 MHz, fins llavors reservades a la televisió (canals 61 a 69 d'UHF), a partir del 2015 es destinessin, a la regió 1, al servei de comunicacions mòbils, tot continuant reservant la banda de 470 a 790 MHz per al servei de radiodifusió de televisió digital (canals 21 a 60). Això és el que es coneix com el *dividend digital*.

Per aquest motiu l'Estat espanyol ha hagut de fer una nova planificació de freqüències del servei de televisió digital terrestre, ja que actualment els canals 61, 64 i del 66 al 69 s'estan utilitzant per als múltiples de cobertura estatal i per al de la televisió catalana. Amb el Reial decret 365/2010, de 26 de març, es posen en marxa dos nous múltiples públics per a TVE i tres nous múltiples privats de cobertura estatal per a Antena 3, Telecinco i Cuatro, respectivament, i a Catalunya s'assigna un nou múltiple digital a la Corporació Catalana de Mitjans Audiovisuals, de manera que tots utilitzen les mateixes freqüències amb les quals abans emetien en analògic, i s'estableix que l'1 de gener de 2015 ja hauran d'haver deixat d'emetre en els canals del 61 al 69, i per tant s'alliberarà aquesta franja de l'espectre.

Alguns d'aquests canals van iniciar les emissions de televisió en alta definició (HD), després que TV3 les iniciés el 23 d'abril de 2007, les cessés l'11 d'agost de 2008 i les repregués el 18 de juny de 2009. Aquestes emissions es realitzen utilitzant una resolució vertical de 720 línies o més i amb una relació d'aspecte de 16:9; la codificació es realitza d'acord amb la recomanació H.264 de la UIT, que equival a la norma ISO/IEC 14496-10, també coneguda com a H.264/MPEG-4 AVC, i utilitzant com a estàndard de transmissió la norma EN 300 744 establerta per l'ETSI.

Tot i així el Ministeri va convocar el 28 d'abril de 2011 una subhasta amb múltiples rondes per adjudicar, també fins al 31 de desembre del 2030, un total de 270 MHz de domini públic radioelèctric, amb sis blocs d'àmbit estatal en la banda de 800 MHz, fruit d'aplicar el *dividend digital* en aquesta banda. Amb aquesta licitació es pretenia ampliar la cobertura a les zones rurals dels serveis de banda ampla mòbil, i alhora facilitar el desplegament de la quarta generació de telefonia mòbil —el sistema LTE (*long term evolution*)—, a fi d'oferir per al 2020 velocitats de 30 Mbps al-

menys al 90 % de la població de les localitats de menys de cinc mil habitants, cosa que equival al 98 % del total de la població.

El mes de juny de 2011, Telefónica, Mediaset i RTVE van iniciar les emissions del nou sistema de radiodifusió anomenat *televisió connectada*, basat en l'estàndard HbbTV (*hybrid broadcast broadband TV*), desenvolupat per un consorci participat per fabricants de televisors, radiodifusors i operadors d'infraestructures, com la catalana Abertis Telecom. Aquest estàndard, que va ser aprovat l'any passat per l'ETSI com a ETSI TS 102 796, combina l'emissió per ràdio dels programes de televisió amb la transmissió per Internet de banda ampla de continguts multimèdia, unificant-t'ho tot en el mateix aparell de televisió. D'aquesta manera s'afavoreix la interactivitat i l'accés als continguts audiovisuals combinant la recepció per antena amb la d'Internet de banda ampla. El 25 d'octubre, Abertis Telecom va presentar la seva solució TDTcom, que permet utilitzar les funcionalitats de recepció sota demanda, elecció d'horaris i programació o televisió a la carta, sense pertorbar la recepció del senyal de TDT, i a primers de novembre va posar en marxa aquest servei per al canal IB3 de les Illes Balears, per incloure només en una primera fase les notícies dels seus informatius i posar-les a l'abast dels televisors connectats, o d'altres dispositius com les tauletes o els telèfons intel·ligents (*smartphones*).

Actualment, en el canal 66 de la UHF ja no s'emet cap senyal de TDT, encara que de moment es continua emetent en els canals 67, 68 i 69, així com en el 64, si bé s'han anat ampliant les emissions en canals de freqüència més baixa, atès que del 60 al 69 ja han estat subhastats i hauran de quedar lliures l'1 de gener de 2015.

Ara bé, el Consell de Ministres del 22 de març de 2013 va aprovar un acord per executar la sentència de la Sala Contenciosa Administrativa del Tribunal Suprem de 27 de novembre de 2012 per la qual anul·lava l'acord del Consell de Ministres del 16 de juliol de 2010 amb què s'assignava un múltiplex de cobertura estatal a cadascun dels operadors de televisió privada sense cap mena de concurs.

7. Conclusions

El desenvolupament del sistema de televisió ha estat, fins a la implantació de la televisió digital, un exemple de sostenibilitat tecnològica. La introducció de les successives millores tecnològiques, el color, el teletext, el so digital, s'ha fet sempre garantint la compatibilitat amb els receptors existents.

El punt d'inflexió s'ha produït quan ha estat necessari digitalitzar el senyal de televisió, a fi i efecte de millorar-ne la definició, i fer un ús molt més eficient de l'espectre radioelèctric possibilitant l'emissió de quatre o cinc programes digitals on abans només es podia emetre un programa analògic. Deu ser un dels pocs exemples en què s'ha fet una

planificació acurada del seu desplegament amb una previsió de deu anys, cosa que ha permès que tots els agents implicats, productores, radiodifusors, fabricants i ens reguladors i d'estandardització, treballassin de manera coordinada per renovar un parc europeu de receptors de TV.

Malgrat aquesta planificació, aquests deu anys també han suposat el desplegament dels serveis d'Internet de banda ampla, tant a les llars com en els dispositius mòbils, així com el canvi cultural en la manera de veure la televisió, que avui no té res a veure amb com es feia fa deu anys. El televisor d'avui ja no és només un receptor d'un tipus concret de servei de telecomunicació, sinó que és una pantalla de projecció en la qual es poden projectar els continguts que ens arriben per antena, els que seleccionem per Internet o els que reproduïm des del nostre telèfon intel·ligent o des de la tauleta.

Per altra banda, es dona la paradoxa que l'eficiència en l'ús de l'espectre radioelèctric que aporta la TDT ha servit precisament per foragitar-la d'una banda de freqüències que tenia en exclusiva, per cedir-la a la quarta generació de telefonia mòbil LTE, que amb tota probabilitat també servirà per accedir a continguts multimèdia en alta definició i potser també en 3D, en clara competència amb la TDT.

I quan fa just tres anys de l'apagada analògica, i que abans de dos anys haurem de tornar a ajustar la capçalera de televisió de les nostres llars per adaptar-la al *dividend digital*, fa un any que ha sortit un nou estàndard de TDT, el DVB-T2, que no és compatible amb l'actual i que probablement obligarà a canviar el receptor, o a afegir-hi un altre *set-top box*, si és que volem accedir als continguts en HDTV i en 3D.

Tot i aquests grisos, als quals podríem afegir el fracàs del sistema interactiu MHP (*multimedia home platform*), el que és clar és que la TDT suposa un avanç tecnològic important quant a qualitat i eficiència en l'ús d'un bé escàs com és l'espectre radioelèctric, tot i haver de pagar el preu de la ruptura amb el sistema anterior i la pèrdua de la preuada compatibilitat. ■

8. Bibliografia

- [1] *Final Acts of the European Broadcasting Conference in the VHF and UHF bands*. Estocolm, 1961. Ginebra: International Telecommunication Union.
- [2] PLATEAU, Joseph Antoine Ferdinand. «Sur les couleurs accidentelles ou subjectives». Brussel·les, 1875. Reeditat per Ulan Press el 2012.
- [3] UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. «Características de las señales de vídeo compuestas para los sistemas de televisión analógica convencional». Recomendación UIT-R BT.1700. 2005.
- [4] UNIÓN INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONES. «Características de las señales radiadas de los sistemas de televisión analógica convencional». Recomendación UIT-R BT.1701-1. 2005.

- [5] UNIÓ INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONS. «Sistemas de teletexto». Recomanació UIT-R BT.653-3. 1998.
- [6] UNIÓ INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONS. «Transmisión de varios canales de sonido en sistemas de televisión terrenales PAL B, D1, G, H, I y SECAM D, K, K1 y L». Recomanació UIT-R BS.707-5. 2005.
- [7] ETSI. «Radio Broadcasting Systems; Digital Audio Broadcasting (DAB) to mobile, portable and fixed receivers». ETSI EN 300 401 V1.4.1 (2006-06). European Standard (Telecommunications series).
- [8] ETSI. «Digital Video Broadcasting (DVB); Framing structure, channel coding and modulation for digital terrestrial television». ETSI EN 300 744 V1.4.1 (2001-01). European Standard (Telecommunications series).
- [9] Reial decret 2169/1998, de 9 d'octubre, pel qual s'aprova el Pla Tècnic Nacional de la Televisió Digital Terrestre.
- [10] UNIÓ INTERNACIONAL DE TELECOMUNICACIONS. «Parámetros de codificación de televisión digital para estudios con formatos de imagen normal 4:3 y de pantalla ancha 16:9». Recomanació ITU-R, BT-601.
- [11] Reial decret 944/2005, de 29 de juliol, pel qual s'aprova el Pla Tècnic Nacional de la Televisió Digital Terrestre.
- [12] Reial decret 945/2005, de 29 de juliol, pel qual s'aprova el Reglament general de prestació del servei de televisió digital terrestre.
- [13] Ordre ITC/2212/2007, de 12 de juliol, per la qual s'estableixen obligacions i requisits per als gestors de múltiples digitals de la televisió digital terrestre i per la qual es crea i regula el registre de paràmetres d'informació dels serveis de televisió digital terrestre.
- [14] Resolució de 29 de novembre de 2005 de la Secretaria d'Estat de Telecomunicacions i per a la Societat de la Informació, per la qual es disposa la publicació de l'Acord del Consell de Ministres de 25 de novembre de 2005 pel qual s'amplia amb canals digitals addicionals el contingut de les concessions de les societats que gestionen el servei públic de televisió terrestre d'àmbit estatal i pel qual s'assignen els canals que formen part dels múltiples digitals en xarxes de freqüència única.
- [15] Ordre ITC/2476/2005, de 29 de juliol, per la qual s'aprova el Reglament tècnic i de prestació del servei de televisió digital terrestre.
- [16] Correcció d'errors del Reial decret 944/2005, de 29 de juliol, pel qual s'aprova el Pla Tècnic Nacional de la Televisió Digital Terrestre.
- [17] Reial decret 2268/2004, de 3 de desembre, del Ministeri d'Indústria, Turisme i Comerç, pel qual es modifica el Reial decret 439/2004, de 12 de març, pel qual s'aprova el Pla Tècnic Nacional de la Televisió Digital Local (BOE, 4 desembre 2004).
- [18] Reial decret 439/2004, de 12 de març, del Ministeri de Ciència i Tecnologia, pel qual s'aprova el Pla Tècnic Nacional de la Televisió Digital Local (BOE, 8 abril 2004).
- [19] ETSI. «Digital Video Broadcasting (DVB); Frame structure channel coding and modulation for a second generation digital terrestrial television broadcasting system (DVB-T2)». ETSI EN 302 755 V1.1.1. (2009-09). European Standard (Telecommunications series).

EL PROCÉS TECNOLÒGIC, ADN DE L'EDUCACIÓ TECNOLÒGICA?

David Atzet i Rovira

Professor de tecnologia de la secció d'institut de secundària Cardener (Sant Joan de Vilatorrada)

Introducció

L'àrea de tecnologia que defineix l'actual marc educatiu posa èmfasi en el procés tecnològic i en el que anomena *objectes tecnològics*. Aquests conceptes, dins l'àmbit educatiu i en especial entre el professorat de l'àrea de tecnologia, generen punts de desacord. Ara com ara, el procés tecnològic és concebut i aplicat més aviat com un *mètode* organitzat, segons el qual es duu a terme un projecte en el marc de les matèries de l'àrea de tecnologia, sigui al taller o en el conjunt d'activitats de les matèries de l'àrea.

Enfront d'aquesta idea o aquest plantejament hi ha una altra manera d'entendre i desenvolupar el procés tecnològic a l'àrea de tecnologia. Des d'aquest altre punt de vista es despleguen un conjunt d'activitats que posen en joc tots els coneixements necessaris per resoldre els continguts que es treballen a les matèries per assolir els objectius de l'àrea. Seria des d'aquest punt de vista que conceptes com *creativitat* i *emprenedoria* prendrien rellevància.

Per poder parlar una mica més del procés tecnològic i el seu context ens caldrà conèixer com es conceptualitza, quins «coneixements» requereix, com es desenvolupa i quina és la seva relació amb aquests objectes tecnològics que esmentem. Com podem veure a la figura 1, és en la fase de disseny on l'alumnat mobilitzarà els coneixements i les habilitats necessaris per resoldre o desenvolupar el projecte que hagi de fer el grup. També hauré de veure què aporta el procés tecnològic a l'àrea de tecnologia i, des d'una visió més àmplia, a l'educació tecnològica.

El coneixement tecnològic, i el procés tecnològic com a màxim exponent, s'afegeix als altres «coneixements» més tradicionals, com ara el científic, i hi aporta un valor afegit, en aspectes com la creativitat, la realització d'objectes i ginys, la resolució de problemes i el treball metacognitiu de l'alumnat (Barlex, 2006).

Les reflexions que faré en aquest article són fruit en bona mesura de la meua experiència en aquest camp com a professor i formador, i per això m'agradaria obrir un debat sobre el desplegament de l'aprenentatge del procés tecnològic en els centres educatius i obrir un espai de reflexió i aprofundiment que contribueixi a desenvolupar propostes educatives que ens duguin a obtenir uns resultats més bons i un impacte major.

Parlar del procés tecnològic no és fer-ho d'un nou paradigma tot i que en el nostre sistema educatiu entrà en escena a principi de la dècada de 1990. Malgrat un bon grapat d'esforços, encara no hem sigut capaços, des de l'àrea de tecnologia, d'obrir una escletxa en el currículum per concretar el procés tecnològic, com es defineix, el seu plantejament i desenvolupament curricular i menys encara la seva didàctica. Aspecte difícil de resoldre a causa d'una presència gairebé testimonial de l'àrea en l'educació secundària obligatòria.

Però aquesta no és una qüestió única a Catalunya. Hi ha diversos estudis relatius a la situació de les carreres científicotècniques (Eurostat, 2008)¹ en què es veu clarament el valor que els joves donen a les matèries i els estudis relatius a la ciència i a la tecnologia, però que només un baix percentatge acaba fent carrera en aquest àmbit (Ekevall *et al.*, 2009; OCDE, 2006). Caldrà veure si el procés tecnològic pot contribuir a millorar, i com, aquest darrer aspecte.



FIGURA 1. Un grup d'alumnes treballant en la fase de disseny d'un objecte.

1. Del treball de T. Meri (2008), disponible en línia a <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-SF-08-077/EN/KS-SF-08-077-EN.PDF>.

De la naturalesa, el coneixement i la praxi tecnològica

Des del seu desplegament amb la Llei orgànica d'ordenació general del sistema educatiu (LOGSE) fins als plantejaments de la Llei orgànica d'educació (LOE) l'àrea de tecnologia ha sofert canvis substancials, un dels quals és el nom: ara ens referim a la tecnologia com a *tecnologies*. Però rere aquest nom hi ha tot un univers difús, i més si tenim en compte la vaguetat que hi ha en les diferents definicions i accepcions que es donen del terme.

El treball en l'àmbit de l'educació tecnològica, al qual ens referim més amunt, ens ha de permetre posar l'alumnat en contacte amb uns contextos generals dins dels quals trobarem el conjunt de continguts, habilitats, capacitats i competències que es requereixen en aquesta àrea i que sovint es posen o es treballen en un context molt proper a la realitat de l'alumnat. Aquests contextos són: la *naturalesa de la tecnologia*, el *coneixement tecnològic* i la *praxi tecnològica*.

Si entenem l'educació tecnològica com aquell conjunt d'accions que «busquen afavorir en l'alumnat el «saber què» i el «saber com»» (Atzet, 2010, p. 12),² i el «saber per què», veurem que cadascun d'aquests contextos ens permet mobilitzar part o el conjunt d'aquests coneixements.

La *naturalesa de la tecnologia* aporta a l'alumnat la capacitat de comprendre d'una manera crítica aquesta forma d'intervenció en el món, en què els avenços tecnològics estan inevitablement influenciats per esdeveniments històrics, socials i culturals. Estaríem en l'esfera social (societat). Dins d'aquest context l'alumnat s'apropa a la tecnologia per mitjà de la mateixa tecnologia i pot definir la seva visió respecte a:

- La tecnologia emprada
- Els resultats tecnològics
- Els efectes de la tecnologia en l'entorn.

L'alumnat pot examinar els avenços tecnològics, el resultat del seu ús en el passat i pot fer prediccions sobre qüestions tecnològiques tant d'àmbit personal com social. Interpretacions que afavoreixen un esperit crític i que fan entrar en joc qüestions ètiques i morals en l'ús i l'aplicació de la tecnologia. Aquest context respon al «saber per què».

El *coneixement tecnològic* dona a l'alumnat la base del saber tecnològic i la comprensió dels principals conceptes que sustenten el seu desenvolupament així com els conseqüents resultats que originen o a què donen lloc. En aquest context, doncs, l'alumnat ha de ser capaç d'explicar, i més tard aplicar, aquest coneixement en el desenvolupament d'objectes o ginyes tecnològics, així com en la seva creativitat, tenint en compte:

- Quins sistemes tecnològics intervenen
- Els models tecnològics als quals responen
- Els possibles productes i serveis que representen.

El treball d'aquest coneixement i dels sistemes als quals es refereix parteix del model, de la modelització del tema d'estudi. Aquesta modelització, tot i ser una simplificació, permet a l'alumnat acostar-se a la realitat i entendre-la. L'exploració de diversos prototipus aporta a aquest alumnat una millor idea del poder i les limitacions que té la tecnologia, així com en una fase més creativa afavorirà possibles solucions o millores. En aquest sentit estem mobilitzant el «saber què».

La *praxi tecnològica* és l'element que permet a l'alumnat dur a terme les propostes d'activitats que condueixen al disseny i la construcció d'objectes propis dins d'un context particular i reflexionar sobre les pràctiques tecnològiques d'altres. Com podem veure a la figura 2, l'aula taller és el lloc on l'alumnat es posa en contacte amb la praxi tecnològica. En aquest context es poden desenvolupar les capacitats que faciliten:

- Planificació de la pràctica
- Desenvolupament
- Valoració i avaluació de resultats.

En aquest context es contribueix a obtenir el sentit d'apropiació del coneixement tecnològic, així com d'altres que s'hi vinculen, i és el que ens permet materialitzar en quelcom la interrelació de coneixements. Això s'aconsegueix a partir de la cerca de solucions, i sovint solucions diverses, que responen o han de respondre a les necessitats o propostes que es troba l'alumnat. Podríem dir que el punt àlgid d'aquest context el trobem en la tria de l'opció més encertada, moment en el qual entra en joc tot el que es refereix a la naturalesa de la tecnologia, és a dir, el seu vessant relatiu a l'esfera social de la tecnologia i el coneixement tecnològic.

Les oportunitats que es tenen en aquest context per integrar la naturalesa de la tecnologia i el coneixement tecnològic ens serveixen per millorar la praxi, per refinar la pràctica, tant la personal com la col·lectiva. Estem treballant el «saber com».

Podríem englobar aquest conjunt d'accions sota la idea de l'acció tècnica tal com esmenta Rapp (1981, p. 49). Segons aquest autor, Rapp, aquesta acció «consisteix en la interven-



FIGURA 2. S'aprofita l'aula taller per posar l'alumnat en contacte amb la praxi.

2. De fet en el document s'esmenta que, en síntesi, entén l'educació tecnològica com «un conjunt d'accions, dissenyades per al desenvolupament de competències, que responen a un procés planificat i contextualitzat. Aquestes accions giren al voltant d'una situació problema i estan pensades per afavorir en l'alumnat un espai per a la comprensió i l'ús de tecnologies amb la finalitat d'obtenir uns resultats i solucions a diferents problemes».

ció de l'home en el seu medi ambient», entès aquest en el sentit més ampli. Podríem esquematitzar aquests contextos i les seves relacions en un diagrama com ara aquest:

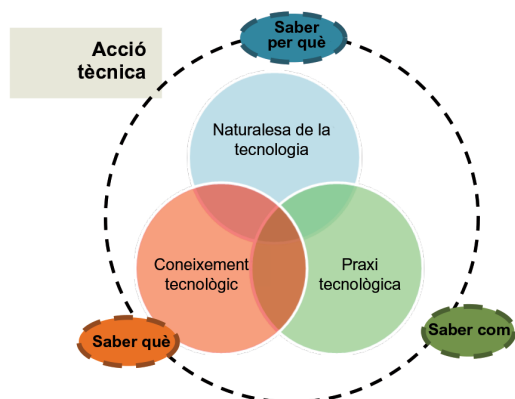


FIGURA 3. Els tres contextos en els quals es desenvolupa l'àrea de tecnologia esdevenen l'escenari de l'acció tècnica.

Els tres tipus de coneixement, «saber per què», «saber què» i «saber com», interactuen i es combinen per proporcionar a l'alumnat un ventall més ampli de coneixements que es consideren importants en el desenvolupament d'una alfabetització tecnològica àmplia que els permeti afrontar el repte que aquesta representa o amaga. Però potser el que és més important per a nosaltres és que en el desenvolupament conjunt d'aquests contextos, en aquesta acció tècnica, hi ha com a eix central el procés tecnològic.

Procés o mètode?

El desenvolupament tecnològic, com he dit més amunt, es basa, molt sovint, en la realització de models per estudiar la realitat i el seu comportament; aquesta modelització permet acostar-nos a l'objecte tecnològic. Durant molts anys la indústria ha realitzat aquests models utilitzant les tècniques més variades, però sempre hi havia un tècnic, o més aviat podríem dir un artesà, que posava el seu saber a fer el model. Ara com ara, aquest modelatge està patint canvis molt grans amb els sistemes d'impressió sòlida (a base de resines i altres materials) que ens permeten obtenir l'objecte tal com serà, amb les seves dimensions, articulacions, sistemes de transmissió... És a dir, una rèplica exacta de l'objecte final. Un exemple del que diem és el que es fa al taller o l'aula d'experimentació fent models d'objectes, tal com podem veure a la figura 4, on es veuen uns alumnes treballant en el seu prototip.

Una altra de les possibilitats de modelatge són les simulacions mitjançant programaris específics o petits programes (*scripts*) amb els quals es dona forma i moviment a l'objecte que volem fer. La diferència és clara. En aquest sistema de modelatge no podem tocar l'objecte, només el podem visualitzar. Aquests són punts del procés que ac-

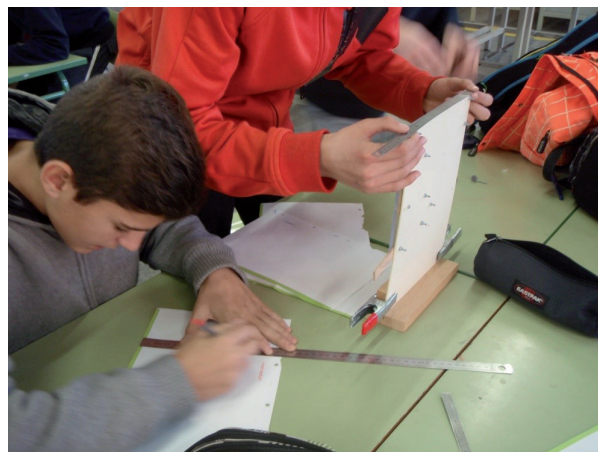


FIGURA 4. La modelització ens acostava a l'objecte tecnològic.

tualment faciliten la manera de procedir, l'agilitzen i donen velocitat al pas de les idees, d'allò que pensem a allò que volem que sigui.

Ara bé, malgrat aquesta acceleració, el desenvolupament d'un objecte, el disseny d'un producte... segueix el procés tecnològic i, depenent de l'ambient en el qual es desenvolupa, un procés industrial. Podem identificar el que hem dit amb «acció tècnica». Però, podem afirmar que en el conjunt de les accions del professorat, de les activitats de l'àrea, seguim el procés tecnològic o seguim més aviat un «mètode» de treball àmpliament acceptat?

Una anàlisi semàntica del terme ens permet aprofundir una mica més en el terreny en què ens estem movent i ens pot ajudar a respondre algunes preguntes que ens podem fer amb relació a *procés* o *mètode*. Ho veiem en la taula 1.

Vistes les definicions podem dir que realment la manera de procedir de l'acció tècnica té més de procés que de mètode. (Podem veure el que diem en les definicions recollides a la taula 1.) Si pensem un xic sobre com actuem els éssers humans quan fem qualsevol acció tècnica (des de fer una truita fins a dissenyar un giny qualsevol), seguim tot un seguit d'accions, algunes de les quals tenen una manera de fer específica, un mètode, però és el conjunt el que fa el tot.

Mentre que el mètode ens estableix una manera de procedir, ens regula el camí a seguir, el procés tecnològic estableix una progressió d'actes, amb els quals se'ns permet afrontar la complexitat d'accions que formen el procés tecnològic. Tot i que no ens ho acabi de semblar, rere tot procés tecnològic hi ha un conjunt d'accions complexes, que podríem representar per un procés de *cap i mans*.³

3. Pel que fa a la relació *cap i mans*, ens referim al que alguns teòrics de l'educació tecnològica ens descriuen, per exemple, en la documentació de l'Institut Federal per a la Formació Professional (BIBB) d'Alemanya respecte als fonaments del Leittext. Però, què volem dir amb la relació *cap i mans*? Doncs ens referim a la interconnexió que hi ha entre allò abstracte, teòric i allò que esdevé físic, fruit del disseny, de la creació i la manipulació o intervenció humana sobre un problema. En definitiva, ens reflecteix la mobilització de diferents coneixements dirigits a resoldre un «problema» que condueix a l'objecte final.

TAULA 1
Recull de la definició dels conceptes de mètode i de procés donats al DIEC i a la Gran enciclopèdia catalana.

	Procés	Mètode
DIEC	[QU] Successió predeterminada de fases que es repeteixen regularment en un fenomen, en un procediment industrial, etc. [IN] En inform., seqüència definida d'operacions. Procés de simulació	[LC] [FS] Camí que se segueix, manera ordenada de procedir, per arribar a un fi. <i>Ha prescrit un nou mètode de cura. Estudiar sense mètode. Fer les coses amb mètode. Mètode analític, sintètic. Mètode experimental.</i>
Gran enciclopèdia catalana	[filos] Seguit de fenòmens, estats, formes, etc., pels quals va passant un ésser, o dels quals és causa una acció, i que integren la contínua i progressiva transformació d'aquest. Arrelat d'una manera primordial en el camp de les ciències, el concepte de procés, contraposat a la idea de substància (entesa en un sentit estàtic)	[filos i metod] Manera concreta de procedir, d'aplicar el pensament, de dur a terme una investigació, etc., per tal de conèixer la realitat, de comprendre el sentit o el valor d'uns fets determinats, d'interpretar correctament les dades de l'experiència, de resoldre un problema, una qüestió. [...] problema fonamental de la qüestió del mètode és el de la relació a establir entre mètode i realitat que hom tracta de conèixer mitjançant l'aplicació d'aquest; generalment hom admet que l'àmbit concret del real a investigar determina l'estructura del mètode a seguir: així, la matemàtica té uns mètodes propis que no corresponen, o no haurien de correspondre, als mètodes de la física, igual que els d'aquesta no són, o no haurien d'ésser, els mateixos que els de la història, etc.

Podem trobar explicació en com treballem aquesta complexitat en la teoria vigotskiana. Segons Vigotski, el llenguatge és un mediador en l'acció humana, i per tant també podem pensar que ho és en l'acció tècnica, en tant que acció humana. Des d'una perspectiva socioconstructivista, l'encaix és la facilitat per al domini del llenguatge i vist aquest com el mediador que permet anar de dins a fora, del jo als altres, i de fora a dins, dels altres al jo. Aquesta *fase dialògica* és possiblement el tret més important del procés. A la figura 5 podem veure exemplificat com l'alumnat parla i discuteix sobre les possibles solucions per acabar triant-ne una.

Podem resumir-ho fent servir el que diu sobre la definició de *procés* el diccionari britànic, que ens el descriu tot dient: «Seguit de passos progressius i interdependents amb els quals s'assoleix un "final" o seguit d'operacions dutes a terme en l'elaboració d'un producte». Potser ens podríem aventurar a dir que el mètode ens permet fer una anàlisi del que ens trobem al davant, potser un element del nostre ambient, potser un resultat de la nostra acció [humana], mentre que el procés ens permet donar forma, és el que

dóna lloc al resultat. Sense deixar de banda que en el desenvolupament d'aquestes accions potser hi ha mètodes diversos. En definitiva, que el procés va més enllà del que fa el mètode.

A grans trets podem dir que l'un dóna més resposta a problemes pràctics, el procés, mentre que l'altre, el mètode, dóna resposta a problemes teòrics. Com diu Marina,⁴ «la culminació del coneixement era la ciència i aquesta és teòrica [...]. Hi ha dos tipus de problemes, teòrics i pràctics. La ciència resol problemes teòrics i un problema teòric, per molt complicat que resulti, es resol quan se'n coneix la solució. En canvi, un problema pràctic no es resol quan es coneix la solució sinó quan la posem en pràctica».

Podem resumir tot el que acabem de dir en aquest apartat amb un fragment de Stiegler (2002) que és bastant aclaridor:

El descubrimiento técnico no se resume en un simple desarrollo y en una simple puesta en aplicación de un descubrimiento científico [...], hay una singularidad de la lógica de la invención técnica. La invención técnica, al no estar guiada por un formalismo teórico que preceda a la operación práctica, permanece empírica; tampoco se puede decir que la operación inventiva se produzca al azar ya que una parte esencial de la innovación se hace por transferencia.

El procés tecnològic: coneixement i praxi? L'acció tècnica

Malgrat que no tenim estudis o dades sobre aquest tema, el col·lectiu de professorat de tecnologia del nostre país tendeix a relacionar el procés tecnològic amb quelcom que es fa, treballa i desenvolupa a l'aula taller. I agafa un significat pràctic (praxi). Però, tal com es planteja, es treballa i



FIGURA 5. El domini del llenguatge contribueix al desenvolupament de l'acció tècnica.

4. Fragment extret de la ponència de José Antonio Marina (15 de febrer de 2012) en els Debats d'Educació que es van fer al Museu d'Art Contemporani de Barcelona (MACBA). Consultable en línia a <<http://www.youtube.com/watch?v=fvdfZLTSGVs>> (consulta: 10 abril 2012).

s'acaba materialitzant ens dóna arguments per pensar que en la gran majoria de casos se'n fa un desenvolupament teòric (coneixement tecnològic).⁵

Personalment em resisteixo a reduir el procés tecnològic a quelcom que se situa en un dels extrems possibles, teòric o pràctic. L'aposta per un procés tecnològic vist com un dels trets que defineixi l'àrea i que en certa manera l'articuli, requereix cercar el punt d'equilibri.

Ens podem preguntar com s'arriba a establir el procés tecnològic, o com sistematitzar-lo fins a aconseguir quelcom fonamental en el fer d'un saber, d'un «coneixement». Mentre que el mètode científic està relacionat o s'identifica amb el saber, en un sentit generalista, és a dir, relacionat amb el *noûs* i l'*episteme*, ens trobem autors com Aspe que recullen el concepte de *tècnica de la filosofia* d'Aristòtil i ens presenten la tècnica com a quelcom que ens permet relacionar la *tekhné* i la *poiesis*, entesa aquesta com el fer venir, fer sorgir d'on no hi és. Aspe (1993) ens contextualitza la *poiesis* dient que

[...] tres son las actividades que competen a estas formalidades cognoscitivas:

- *Theoria* como actividad de la *epistème*, *sophía* y *nous*
- *Praxis* como actividad del hábito prudencial
- *Póiesis* como actividad de la *téchne*.

És a dir que per als clàssics grecs la *tekhné*, a l'esfera de la qual pertany el procés tecnològic i la major part de l'activitat que es desenvolupa en l'àrea de tecnologia, es troba en una activitat que no és ni *theoria* ni *praxis*. Per altra banda, aquesta *tekhné* també es relaciona, de manera directa o indirecta, amb la naturalesa.

Des de l'inici de la humanitat els humans han treballat o modificat el medi natural que els envolta, primer amb la mà i més tard amb eines, i han transposat aquests instruments i procediments al camp de les idees i d'allò imaginat al món del sensible. Aquest aspecte és el que ens dóna peu a dir que a més de la selecció natural els humans tenen un altre criteri de selecció, la selecció tècnica (Dessauer, 1964; Corbella *et al.*, 2000; Nye, 2008). És en aquesta selecció on el procés tecnològic, o alguna cosa semblant, possiblement ha tingut una responsabilitat important.

Aquesta responsabilitat ja es va intuir en el període grec clàssic. Així, el procés s'estudià, analitzà i sistematitzà de la mà de personatges com Sòcrates. Dessauer (1964) es refereix a aquest període dient que «se intenta aclarar cuál sea la naturaleza de la "Techné" (τέχνη) y de los "technites" o "technikos", es decir, de los artesanos, operarios, artistas y expertos». Rere el treball de Sòcrates, afegeix Dessauer, hi ha una lluita per dues grans idees: la veritat (el saber) i el bé (el valor).

El treball de Dessauer té la particularitat de posar en evidència la gènesi del procés tecnològic feta per Sòcrates.

Com hem vist, Sòcrates i després els seus deixebles, com ara Aristòtil, van estar preocupats per la *tekhné*, malgrat que, d'això, no se'n parli gaire. Tot i aquesta preocupació va guanyar la batalla l'*episteme* (la ciència). La victòria de la visió teòrica com a «saber» va relegar el coneixement tecnològic que es desvetllava a un segon o tercer pla, «ja que la tecnologia, fins fa alguns segles, era sobretot preocupació de grups que escrivien poc; s'havia descuidat el paper que correspon al desenvolupament tecnològic en els assumptes humans» (White, 1990).

La idea del sorgiment de l'objecte tecnològic citada per Aristòtil també va ser descrita per Heidegger (2001) en la seva conferència titulada «La pregunta per la tècnica». Per a Heidegger aquest sorgiment està relacionat amb el cap i mans descrit per diferents treballs sobre l'educació tecnològica i esmentat més amunt.

Però Sòcrates entén la creació tècnica com a quelcom que parteix d'una imatge (*eidōz*, *eidōs*), que no és res més que una idea que ha sorgit en la imaginació d'algu i que en aquest procés d'imaginar-se-la també porta implícit com ha de produir-se o fer-se possible. Afegeix Dessauer que «sabe de la falta de arbitrariedad tanto de la imagen como del método, y sabe del valor como cumplimiento de un fin [...]». [E]sa imagen está condicionada por el objetivo pretendido por el hombre.

Per a Sòcrates, tot això el porta a dir que el poder que té el tècnic, el «technites» o «technikos», és saber i, per tant, en tant que és saber, és legítim i bo, en definitiva, valuos. Insisteix en aquest aspecte Dessauer (1964) tot dient:

El saber se fusiona con la esencia y el valor en la unidad de la «techné» [...]. [S]e trata en cada caso de «techné», de conocimiento, de saber y, por ello, de poder. En la filosofía socrática se utiliza [...] el modelo de la «techné», en la que el poder descansa sobre el saber y se fusiona con él [...]. [E]l estudio significa en la «techné» la adquisición de conocimientos [...].

En aquest sentit podríem afegir el que diu Farrington respecte a les «tècniques», de les quals esmenta que «tienen tanto valor práctico como epistemológico. La práctica próspera revela simultáneamente los conocimientos de la naturaleza por el hombre, y el poder de éste sobre aquélla: dos aspectos de una misma cosa». Per a Sòcrates l'esdeveniment dels objectes [tecnològics] és sempre *tekhné*.

Dessauer ens presenta, amb relació al que Sòcrates descriu sobre la significació o el desenvolupament de la *tekhné*, un procés. És a dir, un seguit de passos amb els quals s'assoleix un «final». Els passos o fases que presenta Sòcrates són:

1. Que a cualquier realización técnica precede el conocimiento de la cuestión. Sin la base de un conocimiento natural, aunque sea pre científico y primitivo, no existe técnica. Cuanto mayor sea la base del conocimiento, tanto mayor será la posibilidad de realizar obras técnicas.
2. Todos los objetos técnicos tienen su origen en los objetivos del hombre.

5. No ens referim, en aquest cas, al coneixement en un sentit ampli del terme sinó a la restricció que en fem més amunt.

3. Se parte de una imagen (*eidos*) de la obra, de un prototipo imaginado, de una «idea» del objeto que ha de ser producido.

4. Cuando se ha cumplido la primera condición (la del saber y del conocimiento), nace la obra (*ἔργον* - *ergon*) a través de la acción y a causa del objetivo, y cumplirá su fin como «*organon*».

5. Bajo esa condición del conocimiento y de acuerdo con él se realizará el objeto.

6. Cumplirá con el fin que se propuso el técnico y, por tanto, será bueno para ese fin, tendrá valor.

Podem esquematitzar el que ens diu Sòcrates de la manera següent:

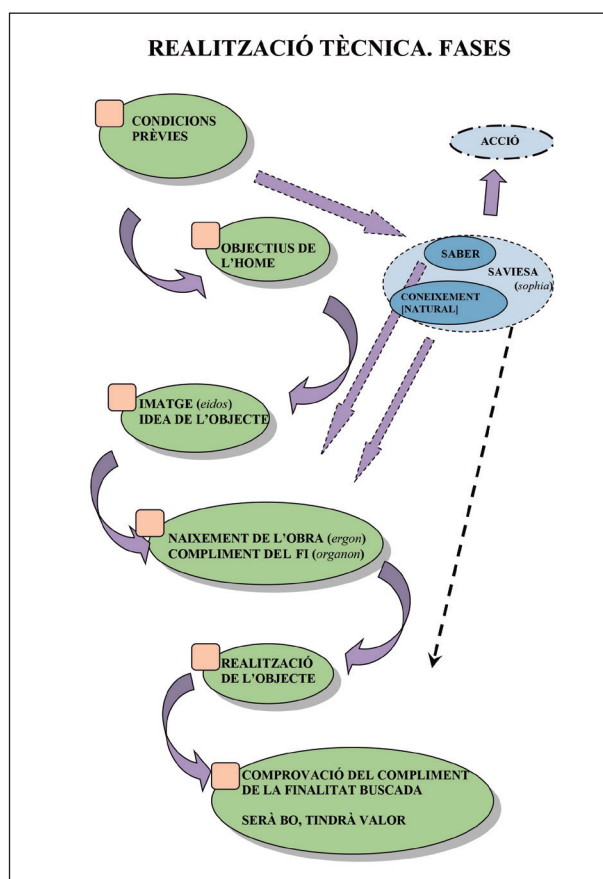


FIGURA 6. Diagrama per descriure les fases de la realització tècnica, a partir del text d'Aspe (1993).

Sòcrates sap que la saviesa (*sophia*), el saber i el coneixement, estan en l'origen de tots els béns, de tot allò que és bo per a l'home. Seguint la seva filosofia, bo és útil i, ens atrevirém a dir, èticament correcte. Aquesta és una idea de relació entre l'objecte resultant de la *tekhné* i l'ètica, pel que fa al valor o al fet de ser bo per a algun «objectiu». En el nostre temps es tendeix a identificar bo amb econòmicament viable. Però, estem segurs que tota acció tècnica no cerca el bé, la utilitat més enllà de la «bonança» econòmica?

Podem dir d'aquestes paraules que l'objecte resultant té valor, és bo, però no en si mateix, sinó perquè el *technikos* així l'ha pensat; ja ho era en el seu naixement, en el seu *er-*

gon. Una mostra del valor de la *tekhné* (*τέχνη*) el trobem en la paraula *ètica*, que també era coneguda com a «ciència de l'ètica» (*τέχνη ἠθική*).

Ara bé, en el període grec, si més no pel que podem veure etimològicament, la *tekhné* va gaudir d'una altra concepció. Què va fer que canviés aquesta imatge? Com diu Gille (1985), hem de defugir les visions que relacionen la tecnologia a una ciència aplicada o a una física recreativa. Així, quan aquest autor ens parla de la cultura tècnica a Grècia esmenta que «la física estava plena de nocions abstractes de les quals el futur faria "tabula rasa"». En aquest sentit, Gille ho matisa dient:

La física recreativa, que suele mencionarse burlonamente cuando se habla de los mecánicos griegos, quizás en definitiva no fuera más que una reacción frente a una ciencia excesivamente interesada en puras abstracciones, así como el medio de poner en evidencia una serie de fenómenos a los que no podía darse ninguna explicación válida de tipo científico.

Tot i això, si pensem en el procés tecnològic tal com el desenvolupem a l'àrea de tecnologia veurem que hi ha un aspecte un xic diferent. I és que visualitzem el procés com a quelcom cíclic, que està en constant evolució i que no té una fi, un acabament, clar. En canvi, per a Sòcrates aquest aspecte és diferent. Cada objecte compleix amb uns objectius i, per tant, no hi ha un «procés cíclic».

Amb el pas dels anys i el desenvolupament tecnològic hem vist com els sistemes tècnics anaven guanyant complexitat i feia falta formalitzar la resolució de problemes. Una de les solucions a aquesta situació condueix al procés tecnològic, entès com l'acció tècnica (Rapp, 1981, p. 41-57) o com la via per transferir una idea a objecte tecnològic. Es pot definir el procés tecnològic segons quatre fases: fase d'identificació, fase dialèctica, fase d'execució i fase de valoració. Fases que podem veure representades, també, en les metodologies d'acció completa.⁶

De ben segur que, si ens fixem en el que definia Sòcrates com a realització tècnica i hi comparem aquestes fases, hi veurem una clara interrelació entre unes i altres. Però concretem aquestes fases que componen el procés tecnològic actualment dins d'aquesta relació pensament-acció i la seva interrelació:

6. Segons Sala (2007), podem resumir les metodologies d'acció completa dient que són les que ajusten els procediments didàctics a la realització d'un cicle d'acció completa; estableixen l'abast dels objectius en funció de les zones de desenvolupament proper (ZDP) de l'alumnat; desenvolupen capacitats i valoren competències, i prenen la valoració com a element de significació del guany de coneixement adquirit.

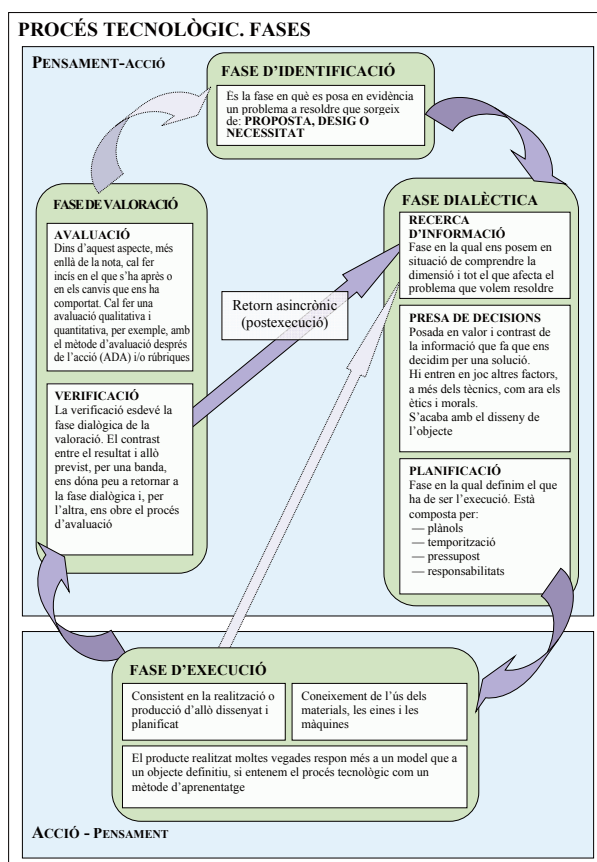


FIGURA 7. Model del procés tecnològic i les seves fases. Elaborat per l'autor a partir del model desenvolupat a l'àrea de tecnologia en el marc de la LOGSE.

Si parem esment en el que ens diuen els textos que es refereixen a aquesta «acció tècnica» fins ben bé el segle xx (Singer, 1958; Daumas, 1962; Dessauer, 1964; Farrington, 1974; Gille, 1985; Lynn, 1990), podem entendre que malgrat que alguns dels objectes o artefactes resultants podien ser treballats o vistos pel patró que seguim actualment, el patró imperant, molt probablement, era el que ens descriu Sòcrates. Una de les raons que el que ens ha arribat ha evolucionat al que seguim en aquests moments pot raure en la idea que s'incorpora, a partir de la dècada de 1950, en la producció i en la seva organització, especialment pel que fa referència als cicles de millora contínua descrits per Deming.

Si ens fixem en el procés tecnològic tal com està plantejat, i el que genera al final del conjunt d'accions, podem dir que la tècnica no és només un fet, sinó un resultat (Stiegler, 2002, p. 53). El *saber tècnic* és acumulatiu, fent una similitud pedagògica, podríem dir-ne significatiu. Partim del que sabem, de la «pretecnologia» que portem entre altres coses per la nostra cultura, i anem construint a partir d'aquí i sobre aquest un nou saber i un coneixement nou.

En aquest sentit, és curiós veure com els textos del mateix Departament d'Ensenyament fan referència a aquesta idea de la tecnologia vista com a procés que dona lloc a

resultats, quan realment el que s'acaba practicant, o el que el desenvolupament del currículum permet, a vegades en queda molt lluny. Una mostra del que esmentem el trobem en el document *Tecnologies a l'ESO* (2009) quan es refereix al procés tecnològic tot dient que

el procés tecnològic no és una proposta d'acció teòrica sinó que sols té lloc quan es desenvolupa. Per tant, és imprescindible que a tecnologies les activitats d'aula es basin, fonamentalment, en la seva aplicació. Aquesta és la millor manera per fer possible que l'alumnat integri l'essència de les contribucions de la tecnologia a la humanitat, interpreti com les tecnologies contribueixen a la configuració social, esdevingui competent en un món marcadament tecnològic i desenvolupi el pensament tecnològic, com una modalitat de pensament específica associada a coneixements declaratius, procedimentals i tàctics.⁷

Malgrat aquest enfocament, la configuració final de l'àrea, els currículums, l'organització horària i tot el que es vincula al desenvolupament d'una matèria del currículum, no afavoreix pas que l'àrea de tecnologia i el procés tecnològic tinguin el pes que *a priori* sembla que se'ls assigna.

El procés tecnològic en el desenvolupament de l'àrea

Referent a la matèria de tecnologies i les matèries de quart curs de tecnologia i informàtica, el Decret 143/2007, que correspon als darrers canvis del currículum, en diu que «ofereixen un ampli ventall de metodologies i estratègies que, dins del marc del procés tecnològic, permeten arribar a la diversitat de capacitats i d'interessos de l'alumnat».⁸ Més endavant la Direcció General de l'Educació Bàsica i el Batxillerat⁹ va elaborar un document on ens concreta un xic més com es desenvolupa l'àrea. En aquest sentit esmenta que s'ha d'«insistir en el *procés tecnològic* i en els *objectes tecnològics* com a elements paradigmàtics dels dos eixos que identifiquen el currículum de tecnologies». Però no en fa cap definició.

D'aquest fragment ens sorgeixen dues qüestions: què és i quin paper té el *procés tecnològic* en el desenvolupament de l'àrea?, i a què ens referim quan diem *objectes tecnològics*?

En el document *Tecnologies a l'ESO* podem veure com és plantejat el procés tecnològic des de la visió del que legisla, de la implantació del currículum. Així tenim que

7. Fragment extret del document *Tecnologies a l'ESO* (juliol 2009), de la Direcció General de l'Educació Bàsica i el Batxillerat. Es pot consultar en línia a la web www.xtec.cat/edubib.

8. Extret del Decret 143/2007, de 26 de juny, pel qual s'estableix l'ordenació dels ensenyaments de l'educació secundària obligatòria.

9. Fragment extret del document *Tecnologies a l'ESO* (juliol 2009), de la Direcció General de l'Educació Bàsica i el Batxillerat. Es pot consultar en línia a la web www.xtec.cat/edubib.

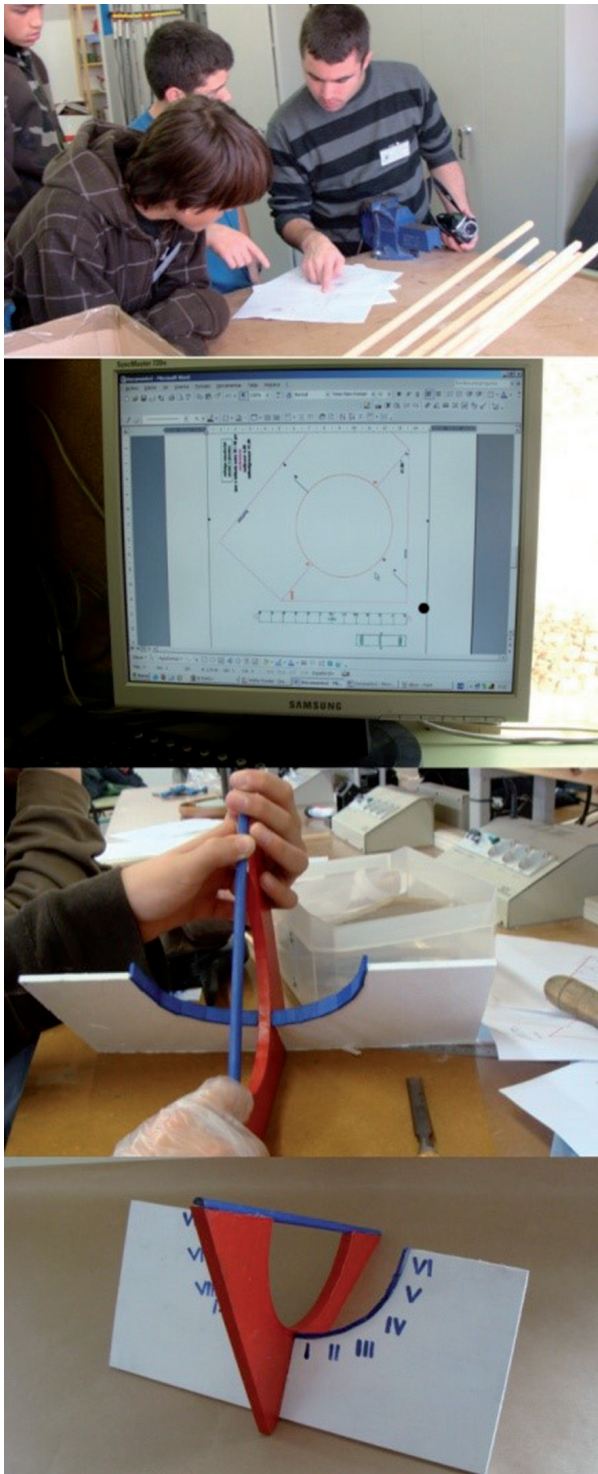


FIGURA 8. Recull d'imatges que esquematitzen el desenvolupament del procés tecnològic.

el procés tecnològic sintetitza i caracteritza tota l'activitat tecnològica que els humans realitzen per tal de donar resposta a les necessitats i als problemes amb què es troba i als reptes que es planteja. El procés tecnològic —amb totes les seves variacions segons el moment històric en què ens situem, segons l'àmbit tecnològic que considerem o segons la complexitat de la situació en què s'aplica— és un procés universal que queda definit per totes les accions que es duen a terme per donar resposta a cada situació problemàtica.

En la figura 8 veiem de manera gràfica i esquemàtica les accions que es duen a terme en el desenvolupament del procés tecnològic a l'hora de fer un objecte. D'altra banda, com es desprèn del text a què ens referíem, podem veure que des del currículum es transfereix al procés tecnològic un pes específic molt alt. Segons aquest document, és amb el procés tecnològic que es poden resoldre, en general, les situacions problema que es plantegen en aquest àmbit. Ara bé, com ho podem fer això? O, el que és millor, com ho fem, en general?

Treballar el procés tecnològic a l'aula és fer-ho en un context de resolució de problemes (*problem solving*) i sovint amb un mètode d'indagació. Malgrat conèixer el concepte del procés tecnològic sovint no seguim les seves fases, i solem ser restrictius en la realització d'aquest. Tampoc no entrenem les habilitats necessàries perquè l'alumnat sigui capaç de dur a terme el procés i esdevenir-ne «expert».

Com hem vist més amunt, el procés tecnològic és un cicle de pensament-acció, dirigit a resoldre el problema (*problem solving*), sota el qual trobem la idea que hi ha una interacció entre el pensament i l'activitat humana, coneguda també com a *psicologia de l'activitat*. És a partir d'aquestes idees que Leontiev i Vigotski establiren les seves teories per explicar el pensament humà. A grans trets, ens diuen que l'activitat humana és la base del desenvolupament intel·lectual, i defensen que els resultats que percebem pels sentits són els responsables o els inductors del nostre raonament. Per facilitar tot això, l'instrument que utilitzem és el *llenguatge*. Amb aquest, a més a més, podem arribar a l'experiència sense haver de reproduir-la nosaltres mateixos. Cosa que podríem relacionar amb el saber i el coneixement que esmentava Sòcrates.

És possible que, a mesura que les tecnologies que emprem són més complexes, tenim la necessitat de donar valor a les idees posant-les en contrast amb les dels altres, aspecte que veiem reflectit en la figura 9, on es poden observar grups d'alumnes desenvolupant i programant un robot Lego NXT Mindstorms.

Si ens fixem en les fases que es desenvolupen en el procés tecnològic, veurem que hi podem dibuixar un cicle

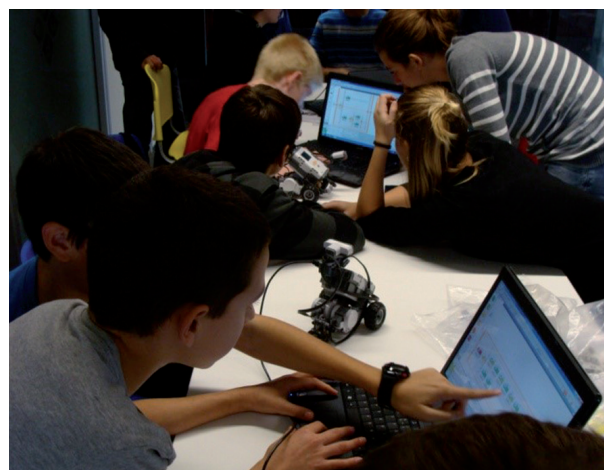


FIGURA 9. Durant el procés tecnològic té lloc una interacció pensament-acció.

de pensament-acció vist en un plantejament global del procés, però també ens trobarem amb petits cicles pensament-acció en cadascuna de les fases que el constitueixen. Aspecte que també veiem reflectit pels retorns, tant sincrònics com asincrònics, que ens estableixen ponts entre les diferents fases i que són possibles o es fan gràcies a l'establiment del cicle de pensament-acció.

Aquests cicles de pensament-acció que es produeixen en les fases del procés tecnològic donen peu que els actors i actores que hi participen facin, si més no internament, un procés pel qual interioritzen una manera de resoldre problemes, sovint en contextos més propers a la seva realitat. En referència a aquests canvis, podem agafar el que diu Cross (2008), fent una breu ressenya del que és el procés de disseny, amb el qual trobem similituds fàcilment traslladables al procés tecnològic. Així, en el treball en aquests contextos entrem en contacte amb situacions que ens porten a:

- Produir solucions noves i inesperades
- Tolerar la incertesa, treballant amb informació incompleta
- Aplicar la imaginació i la previsió constructiva a problemes pràctics¹⁰
- Utilitzar dibuixos i altres mitjans de modelatge com un mitjà per a la solució de problemes (*problem solving*).

Les activitats que desenvolupa l'alumnat al procés tecnològic tenen una dimensió molt gran i permeten un treball de tipus holístic. Des de l'estudi, l'anàlisi i el disseny fins a la construcció d'un objecte o un giny o un sistema tecnològic. Aquestes activitats esdevenen un bon vehicle per desenvolupar i enfortir l'alfabetització tecnològica. La mateixa naturalesa de la matèria permet a l'alumnat desenvolupar aquesta alfabetització a partir d'una àmplia gamma de contextos d'aprenentatge (aula, taller, museus, visites a indústries, activitats individuals, en grup, problemes...).

Amb tot, arribem a tocar uns aspectes importants pel que fa al futur del nostre alumnat. Aquests aspectes que es treballen des de l'àrea fan referència a:

- Comprensió de la realitat i diversitat tecnològica.
- Creativitat

- Relació entre tecnologia i indústria. Emprenedoria.

Tot i ser obvi, podem dir que des de les competències bàsiques que l'àrea pren amb especial atenció hi ha l'autonomia i iniciativa personal, el fet d'aprendre a aprendre i el coneixement del medi social. Seran les activitats al voltant d'això o que permeten assolir aquestes competències les que ens facilitin la creativitat, entesa aquesta com fer sorgir quelcom personal, no com el fruit d'un treball lliure més aviat anàrquic. Això vol dir que el foment de la creati-

vitat no passa per deixar-ho tot obert, «feu un treball amb mecanismes», sinó per definir uns objectius a assolir, però deixar la llibertat i tots els camins oberts per arribar a un mateix objectiu: «Dissenyu una fireta que giri a 10 voltes per minut partint d'un servomotor que gira a 180 voltes per minut. L'eix pot ser vertical o bé horitzontal».

Associada a la creativitat, hi trobarem l'emprenedoria, que és la que fa que l'alumnat no deixi la seva creativitat amagada sinó que la faci aflorar, que li doni forma i que a més l'expliqui als seus companys i companyes. Tot aquest conjunt és el que algunes persones veuen o defineixen com a foment del talent.

Quina relació s'estableix entre els objectes tecnològics i el procés tecnològic?

En el resultat del procés tecnològic ens trobem, generalment, objectes tecnològics. Si ens fixem en aquests objectes i en fem l'anàlisi, per exemple, seguint el *mètode de l'artefacte*, podem entrar en com s'ha arribat a pensar, dissenyar i realitzar, així com les seves dimensions personal, econòmica i ambiental.

Dins d'aquesta societat «tecnològica» en què vivim i el conjunt de disciplines tecnològiques que conformen el sistema educatiu, l'alumnat entra en contacte amb un ampli ventall d'objectes tecnològics. Des del document al qual feiem referència se'ns presenta aquest terme com

una sèrie de conceptes que permeten entendre com s'estructura i s'integra el coneixement tecnològic, i eviten pensar que els objectes no són més que un producte industrial més o menys útil i desitjable. En finalitzar l'etapa, tot l'alumnat ha de ser capaç d'identificar-los quan està davant de qualsevol producte o realització tecnològica o quan interacciona amb ells. Són conceptes clau de caràcter transversal comuns als objectes i productes creats des de qualsevol disciplina tecnològica: component, material, estructura, funció, energia, usuari, impacte i qualitat.

Tot i viure en una societat tecnològica i altament tecnificada, si més no comparativament amb mig segle enrere, no podem dir que això es visqui de manera natural ni que aquesta, la tecnologia, tingui «un bon acolliment». Bruner (2004, p. 178) ja fa esment d'aquest fet en la seva descripció d'una assignatura per a l'home quan diu que

normalmente los niños no tienen oportunidad de emplear herramientas y, por tanto, no las encuentran muy interesantes. Esto puede deberse a un hecho más profundo, a saber, que los niños (al igual que sus padres de origen urbano) piensan en las herramientas como objetos que se compran en las ferreterías [...]. [L]os niños no suelen tener una idea muy clara de las relaciones entre las herramientas y las formas humanas de vida. La producción tiene lugar en fábricas que los niños no han tenido ocasión de conocer.

En les definicions oficials, les vinculades al desplegament de la LOE a Catalunya, es veu els objectes tècnics[ològics]

10. No podem entendre en aquest punt el concepte *aplicacions pràctiques* de manera restrictiva a la construcció d'objectes, sinó des d'un vessant més ampli per a l'obtenció de solucions que són funcionals, útils.

des de la idea d'un conjunt de conceptes que més enllà de tenir entitat pròpia ens permeten entendre com s'estructura i integra el coneixement tecnològic que origina l'objecte, intentant evitar relacionar-lo a un producte industrial. Aquesta pot possiblement respon a la imatge social que de l'objecte tècnic[lògic] es té.

Però, en relació amb la imatge social dels objectes tècnics[lògics] Simondon (1989, p. 9) ens explica la idea que la «cultura es constitueix en sistema de defensa contra la tècnica, però aquesta defensa és com una defensa de l'home, suposant que els objectes tècnics no contenen realitat humana». A més és del parer que «la cultura ignora que en la realitat tècnica hi ha una realitat humana» i que en aquest sentit «la cultura haurà d'incorporar l'ésser tècnic en forma de coneixements i sentit dels seus valors».

Per a Simondon (1989, p. 15) podem definir l'objecte tècnic per la seva gènesi i ens «és possible estudiar la relació entre l'objecte i altres realitats tècniques». Quan Simondon esmenta altres realitats tècniques es refereix, especialment, a l'home, nens i adults.

I el primer lloc en el qual podríem incorporar aquest aspecte és en l'àmbit escolar provocant, com podem veure a la figura 10, que sigui l'alumnat el que faci sortir aquesta realitat tècnica com la viu. Malgrat tot, en el nostre sistema educatiu aquest fet és encara incomplet. Són poques les escoles de primària que fan esment de l'existència dels objectes tècnics i menys de la seva gènesi i relació amb les persones, i encara trobem alguns centres de secundària que utilitzen l'aula taller com una aula més. Aquests objectes tecnològics continuen, en molts aspectes, essent unes caixes negres.

Segons Rapp, els diferents artefactes tècnics es produeixen per una transformació sistemàtica que esdevé gràcies a l'acció tècnica. Per a aquest autor això consisteix en la intervenció de l'home en el seu medi ambient físic. En definitiva, doncs, l'acció tècnica està dirigida a fabricar o produir estructures materials que han de complir una tasca donada per endavant.

Si vinculem la idea de Rapp i el que apareix en el document del Departament d'Ensenyament, podrem arribar a la

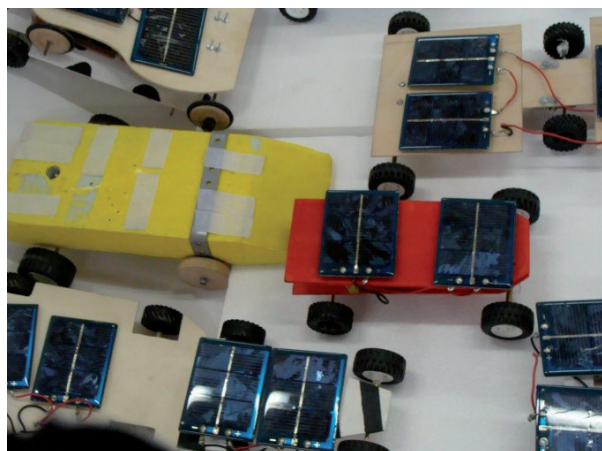


FIGURA 10. Imatge d'objectes tecnològics (cotxe solar) construïts en el context de la matèria de tecnologies 2.

conclusió que el paper del procés tecnològic és cabdal en la comprensió dels objectes tecnològics com de tot el coneixement, i especialment de què implica o què hi ha rere tot objecte. Com veiem, doncs, és el procés tecnològic com a acció tècnica el que ens permet fer una transformació sistemàtica del nostre medi, però, per altra banda, el que també ens ofereix vies per entrar a fer valoracions ètiques del que fem i de la seva repercussió.

Podem afegir a tot això el que diu Farrington respecte a les arts que imiten la naturalesa sense alterar-la, com ara la pintura, però també ens esmenta que «existen también las artes productivas [tecnologías], en las que el hombre no copia precisamente a la naturaleza, sino que coopera con ella». Afegeix Farrington que, segons Plató,

cuando [el hombre] suma el poder de su arte a la naturaleza [...] pues siendo formas de cooperar con el poder de la naturaleza, el logro de cada propósito significa que las potencias de la naturaleza han sido bien interpretadas. En este sentido, las técnicas tienen tanto valor práctico como epistemológico. La práctica próspera revela simultáneamente los conocimientos de la naturaleza por el hombre, y el poder de éste sobre aquélla: dos aspectos de una misma cosa.

En definitiva, que els objectes tecnològics i el procediment per obtenir-los, el procés tecnològic, ens estableixen un nexa entre allò natural, allò social i l'acció tècnica.

Conclusions

Probablement, després de tot ens queden dues idees. La primera fa referència al procés tecnològic entès com a representació màxima de tota acció tècnica, organitzada amb una finalitat concreta que ens permet, entre altres coses, obtenir objectes tecnològics o ginyos diversos. I, la segona, la idea d'una visió més àmplia del coneixement que inclou un coneixement sovint oblidat, el coneixement tecnològic que ens permet, a més d'una alfabetització tecnològica, ser capaços de comprendre la realitat i la diversitat tecnològica que ens envolta.

Com acabem d'esmentar, el desenvolupament i l'assoliment d'una alfabetització tecnològica no s'ha de confondre o simplificar en un conjunt de realitzacions pràctiques. Va un xic més enllà. Així, en el treball a fer per arribar a l'alfabetització tecnològica hem de tenir en compte tres contextos, que s'interrelacionen però que presenten entitat pròpia: la naturalesa de la tecnologia, el coneixement i la praxi tecnològica.

És en el desenvolupament d'aquests contextos a l'aula quan podem treballar en l'àmbit del procés tecnològic, com a part fonamental del coneixement tecnològic. L'acció tècnica que té lloc en el desenvolupament del procés tecnològic ens permet, tal com es recull en la psicologia de l'activitat, l'existència d'una interrelació entre el pensament i l'acció (activitat) que té lloc durant el procés.

Dit això, també veiem que allò que sovint s'ha dit i que moltes vegades es diu amb la boca petita, i fins i tot amb un deix de poca seguretat, ara guanya certesa: la tecnolo-

gia és un pont entre les humanitats i les ciències. O és que algú no veu una relació clara entre el que pensem quan fem l'acció i l'acció mateixa? No volem insistir en el tema més del compte, però la celebrada frase de «cap i mans» que sovint esmenta el professorat de tecnologia podem dir que té una base «teòrica».

Com hem vist, també hi ha una altra visió del procés tecnològic, respecte al que sovint es vol fer creure, de com es veia la *tekhné* (tecnologia) en l'època grega. Ara bé, aquesta no es contraposa a la idea inicial, ni és una imatge nova; és quelcom que ve a dir-nos que l'essència de la tecnologia està en l'acció humana i que aquesta acció és l'acció tècnica.

Les relacions establertes pels éssers humans amb el seu entorn al llarg dels segles han permès desenvolupar un procés de treball propi, amb característiques ben definides i que s'ajunten amb l'acció «humana».

D'on sorgeix aquesta relació no és clar, però podem trobar respostes en el que hem esmentat respecte de la psicologia de l'activitat. Segons aquesta, es produeix una interacció entre el pensament i l'acció humana. Així, el procés tecnològic, entès com a acció tècnica i, per tant, acció humana, també ha de moure's en una zona propera a aquesta interacció. Potser no tenim tota la informació que duu persones com Eudald Carbonell a afirmar que les eines ens han fet humans, però sí que és clar que existeix una relació entre allò que pensem i allò que fem en l'àrea de tecnologia.

Sigui com sigui, en aquest procés d'humanització la tecnologia ha tingut un paper, més o menys important, i aquest paper segueix persistent. És i ha estat, possiblement, el desenvolupament d'unes accions. Per seguir, doncs, en aquest procés d'humanització ens cal aprofundir més en el treball del procés tecnològic i fer que l'alumnat el tingui clar i el realitzi d'una manera més «normalitzada».

Aquesta normalització ens ha de permetre, a banda del desenvolupament de l'àrea tenint en compte la diversitat d'àmbits que treballa, fer aflorar i potenciar amb les diferents activitats dos aspectes de cabdal importància per a les futures generacions i per al país: l'emprenedoria i la creativitat.

Aquest pot ser un primer aspecte per fer que els nois i noies entrin en contacte amb la dimensió del terme i cerquin vies per fer realitat les seves idees. Primer arribant a fer els objectes i després buscant la manera de desenvolupar-ne les sortides. Això implica, per una banda, generar idees i transformar les existents i, per l'altra, fer i generar coses noves. ■

Bibliografia

- ASPE, V. (1993). *El concepto de técnica, arte y producción en la filosofía de Aristóteles*. Mèxic: Fondo de Cultura Económica.
- ATZET, D. (2010). *Les visites a empreses a l'ESO: Element desenvolupador del currículum i catalitzador del treball per competències* [en línia]. Departament d'Ensenyament. <<http://phobos.xtec.cat/sgfprp/resum.php?codi=2040>> [Consulta: 15 gener 2012]. [Repositori de llicències d'estudi]
- BALEX, D. (2006). *Young Foresight* [en línia]. Londres: Brunel University. <<http://www.iteaconnect.org/Conference/PATT11/Barlex2def.pdf>> [Consulta: 10 gener 2012].
- BRUNER, J. S. (2004). *Desarrollo cognitivo y educación*. Madrid: Ediciones Morata.
- CORBELLA, J. [et al.] (2000). *Sapiens: El llarg camí dels homínids cap a la intel·ligència*. Barcelona: Edicions 62.
- CROSS, N. (2008). *Métodos de diseño: Estrategias para el diseño de productos*. Mèxic: Limusa Wiley.
- DAUMAS, M. (1996). *Histoire générale des techniques*. Vol. 1-5. París: Presses Universitaires de France. (Quadrige; 221-225)
- DESSAUER, F. (1964). *Discusión sobre la técnica*. Madrid: Rialp.
- EKEVALL, E. [et al.] (2009). «Engineering - What's that?». A: *SEFI 2009 Annual Conference* [en línia]: *Attracting Young People in Engineering*. Rotterdam. <<http://www.sefi.be/wp-content/abstracts2009/Ekevall.pdf>> [Consulta: 7 gener 2012].
- FARRINGTON, B. (1974). *Mano y cerebro en la antigua Grecia*. Madrid: Ayuso.
- GILLE, B. (1985). *La cultura técnica en Grecia*. Barcelona: Juan Granica.
- HEIDEGGER, M. (2001). *Conferencias y artículos*. Barcelona: Ediciones del Serbal.
- ITEA (1996). *Technology for all americans*. Virgínia (EUA): ITEA.
- ITEA (2000). *Standards for technological literacy: Content for the study of technology*. Virgínia (EUA): ITEA.
- LEGENDRE, R. (1983). *L'éducation totale*. Mont-real: Ville-Marie.
- LYNN, Leonard H.; REDDY, N. M.; AROM, J. D. (1996). «Linking technology and institutions: the innovation community framework». *Research Policy* [Elsevier], vol. 25, núm. 1 (gener), p. 91-106.
- MERI, T. (2008). *Human Resources employed in science and technology occupation professionals and technicians* [en línia]. Eurostat. Statistics in Focus 77/2008. <http://epp.eurostat.ec.europa.eu/cache/ITY_OFFPUB/KS-SF-08-077/EN/KS-SF-08-077-EN.PDF> [Consulta: 14 gener 2012].
- NYE, D. (2008). *Technologie & Civilisation: 10 questions fondamentales liées aux technologies*. Llemotges: Fyp.
- OECD (2006). *OECD science, technology and industry outlook 2006*. París: OECD.
- RAPP, F. (1981). *Filosofía analítica de la técnica*. Barcelona: Laia; Buenos Aires: Alfa.
- SALA, F. (2007). *El mètode ABP a l'ensenyament secundari: L'aprenentatge basat en problemes, un camí per a ensenyar i aprendre*. Llicència d'estudi. Barcelona: Departament d'Educació.
- SIMONDON, G. (1989). *Du mode d'existence des objets techniques*. París: Aubier.
- SINGER, C. (1958). *A history of technology*. Vol. 1-5. Nova York: Londres: Oxford University Press.
- STIEGLER, B. (2002). *La técnica y el tiempo. I: El pecado de Epimeteo*. Hondarribia: Hiru.
- WHITE, L. (1990). *Tecnología medieval y cambio social*. Barcelona: Paidós. (Paidós Studio-Básica; 12)

UNA VISIÓ ACTUAL A L'ESTAT DE LA DONA EN LES ENGINYERIES

Roser Cussó¹ i Marisa Gil²

1. Institut de Ciències de l'Educació. Universitat Politècnica de Catalunya. Institut Príncep de Viana (Barcelona)

2. Departament d'Arquitectura de Computadors. Facultat d'Informàtica de Barcelona. Universitat Politècnica de Catalunya

1. Introducció

En els últims anys, les carreres tècniques han experimentat una significativa i constant davallada en la matrícula de nou alumnat, especialment pel que fa als estudis d'informàtica. Aquest fet és generalitzat tant a Catalunya com a la resta de països de la Unió Europea (CE) en general. Per altra banda, les empreses estan tenint dificultats per aconseguir cobrir llocs de treball que requereixen un alt nivell de qualificació en el camp de les tecnologies de la informació i la comunicació (TIC).

Entre les causes d'aquesta davallada en les vocacions tecnològiques, n'hi ha dues de fonamentals: l'estereotip del perfil professional informàtic no és atractiu i el marc de treball no encoratja els joves perquè el perceben dur i poc social (Rashid, 2008; Haberman *et al.*, 2009). Aquestes causes afecten especialment les joves, malgrat que també tenen influència sobre els nois, i provoquen que poques d'elles i d'ells estiguin interessats a seguir aquest tipus de carreres malgrat que tinguin aptituds per fer-ho. Es coneix molt poc quina és la feina real d'un informàtic i com aquesta pot ajudar la societat. El model més proper i conegut, quan existeix, és força negatiu i es basa en la imatge promoguda pel cinema o la televisió: personatges tímds, majoritàriament homes, amb un comportament antisocial i que normalment treballen en projectes il·legals.

L'aplicació de la reforma de Bolonya donarà als graus universitaris un focus principalment professionalitzador dirigit a perfils concrets. Això implica que la visibilitat dels models professionals (allò que un professional determinat fa i com es relaciona la seva feina amb la societat) serà més decisiva que abans quan un estudiant de batxillerat decideixi quin grau cursarà i l'ajudarà a determinar la seva vocació professional en funció de les seves habilitats, capacitats i interessos.

Segons diferents estudis duts a terme per especialistes de diversos països (Collis, 1991; Educational Foundation Commission on Technology, Gender, and Teacher Education, 2000; Hyde, 2005; Sanders, 2005), les principals accions a dur a terme per encoratjar les

noies a enfocar els seus estudis cap al camp de l'enginyeria i la informàtica haurien de ser:

- mostrar la realitat del treball en el camp de l'enginyeria i la tecnologia, canviant els estereotips, i
- ressaltar les principals habilitats relacionades amb els treballs tecnològics.

Partint d'aquests pressupòsits en els apartats següents d'aquest estudi veurem: en l'apartat 2, l'estat actual de la situació partint de les dades reals que es tenen i les conclusions extretes per a començar i promoure diferents accions a diferents nivells, tant governamentals com acadèmics i socials, entre d'altres; en l'apartat 3, algunes accions concretes que ja s'han dut a terme, o s'estan realitzant en l'entorn català; en l'apartat 4, les conclusions extretes d'aquestes primeres experiències i propostes de treball futur. Acabem el treball amb referències bibliogràfiques.

2. Estat de la situació: dades actuals

Les dades a què fa referència aquest article descriuen fonamentalment la situació a la Universitat Politècnica de Catalunya (UPC), de la qual les autores són doctes, tot i que a la resta d'universitats catalanes que imparteixen graus de l'àmbit tecnològic no és gaire diferent.

Centrant-nos, doncs, en les estratègies desenvolupades a la UPC, aquesta universitat reconeix la situació d'una baixa matrícula de noies estudiant als graus i, en conseqüència, la dificultat d'aconseguir una proporció adequada de dones investigadores i professores per tal d'assolir una proporció adient en els diferents camps de recerca i docència.

Aquesta situació és particularment extrema a la Facultat d'Informàtica de Barcelona (FIB) de la UPC. El nombre de noies matriculades a la Facultat d'Informàtica de la UPC ha mantingut una davallada constant. Es mostra en la figura 1 l'evolució en els darrers onze anys (dades extretes de les estadístiques del Departament d'Universitats, Recerca i Societat de la Informació, DURSÍ).

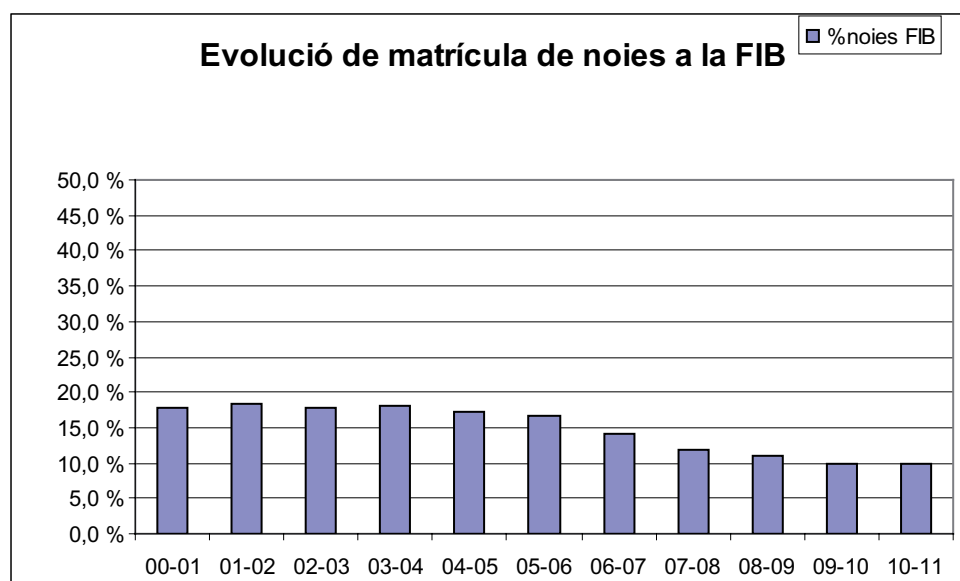


FIGURA 1. Evolució del percentatge de noies matriculades a la Facultat d'Informàtica de la UPC entre els cursos 2000-2001 i 2010-2011.
FONT: Base de dades del DURSI.

Existeixen nombrosos estudis que intenten trobar les causes que expliquin aquesta davallada a Europa i a Catalunya específicament (Porta *et al.*, 2010; Sáinz *et al.*, 2011).

Aquestes causes són múltiples: la mateixa concepció de les noies respecte de les seves capacitats/dificultats per dur a terme estudis que qualifiquen de complexos, la imatge que tenen les noies dels professionals informàtics, la concepció de ser estudis majoritàriament masculins en els quals és complicat el paper de la dona, l'orientació de la família cap a titulacions de caràcter més social (Buckley, 2009), etc.

L'ús que les noies fan de la informàtica en el seu temps lliure també difereix de l'ús que en fan els nois. Així, mentre que les noies utilitzen els ordinadors majoritàriament per a comunicar-se, els nois es centren majoritàriament en el seu ús lúdic (videojocs) o tècnic (programació).

Aquests fets i d'altres igualment importants condueixen a la situació d'una infrarepresentació de les noies a les facultats d'informàtica i, en conseqüència, a l'àmbit laboral corresponent o, per descomptat, a alts càrrecs dins de les empreses del sector.

La necessitat de la formació dels ciutadans en ciències i tecnologia és una premissa per a totes les polítiques educatives dels governs mundials. En aquest sentit es manifesta la UNESCO a la Conferència de Goa de 2001 (*La enseñanza de las ciencias, la tecnología y las matemáticas en pro del desarrollo humano. Conferencia Internacional sobre la Enseñanza de las Ciencias, la Tecnología y las Matemáticas* (ICSTME 2001)).

Pel que fa a la UE, la necessitat d'incrementar l'alumnat en els estudis de ciència i tecnologia és un dels seus objectius fonamentals establerts amb relació a les seves polítiques educatives. La relació entre l'augment de titulats universitaris i tècnics en aquests àmbits i el desenvolupament econòmic és un factor clau reconegut per la UE:

The share of population qualified to university degree level in mathematics, science or technology is an important predictor of the availability of human resources qualified to carry out research and development activities (*Progress towards the common European objectives in education and training (2010/2011) - Indicators and benchmarks*).

Així mateix, els canvis socials produïts per la generalització de les TIC fan necessària una formació en aquest camp de tots els ciutadans, la qual cosa implica canvis en els sistemes educatius europeus, tant pel que fa als currículums com a les metodologies d'ensenyament-aprenentatge, els recursos necessaris i la formació del professorat.

La UE va establir les primeres bases al voltant de la formació en TIC en el Consell Europeu extraordinari de Lisboa (març de 2000):

Dos evoluciones recientes están modificando profundamente la economía y a la sociedad contemporánea. La universalización de la economía impone que Europa se sitúe en la vanguardia en todos los sectores en los cuales la competencia se intensifica en gran medida. La súbita aparición primero, y luego la importancia creciente de las tecnologías de la información y la comunicación (TIC) en las esferas profesionales y privadas ha acarreado una doble consecuencia: proponer la revisión completa del sistema educativo europeo y garantizar un acceso a la formación permanente.

Recollint les línies generals de l'Estratègia de Lisboa, el Consell Europeu Extraordinari de Barcelona (març 2002) estableix un programa de treball referent als objectius dels sistemes d'educació i formació a Europa. Dins d'aquest programa es defineixen les línies generals d'actuació, entre les quals es troba la següent:

Aumentar la matriculación en los estudios científicos y técnicos.
Fecha de inicio: segundo semestre de 2001.

- Incrementar el interés por las matemáticas, la ciencia y la tecnología desde los primeros años.
- Motivar a un mayor número de jóvenes para que elijan estudios y carreras en los ámbitos de las matemáticas, las ciencias o la tecnología.
- Aumentar el equilibrio entre mujeres y hombres que estudian estas materias.
- Alcanzar un número suficiente de profesores cualificados.

A partir d'aquests objectius neix el programa i-2010 (2005-2009), continuat pel programa Digital Agenda (2010) i que es tradueix a l'àmbit de l'educació en el programa e-Learning, tots tres en el marc dels països de la UE. La seva aplicació a l'Estat espanyol es tradueix en la iniciativa Escuela 2.0, promoguda pel Ministeri d'Educació, Cultura i Esport, que es basa en els eixos d'intervenció següents (Institut Nacional de Tecnologies Educatives i Formació del Professorat, INTEF, <http://www.ite.educacion.es/es/escuela-20>):

- *Aulas digitales*. Dotar de recursos TICs a los alumnos y alumnas y a los centros: ordenadores portátiles para alumnado y profesorado y aulas digitales con dotación eficaz estandarizada.
- *Garantizar la conectividad a Internet* y la interconectividad dentro del aula para todos los equipos. Posibilidad de acceso a Internet en los domicilios de los alumnos/as en horarios especiales.
- *Promover la formación del profesorado* tanto en los aspectos tecnológicos como en los aspectos metodológicos y sociales de la integración de estos recursos en su práctica docente cotidiana.
- *Generar y facilitar el acceso a materiales digitales educativos* ajustados a los diseños curriculares tanto para profesores y profesoras como para el alumnado y sus familias.
- *Implicar a alumnos y alumnas y a las familias* en la adquisición, custodia y uso de estos recursos.

A Catalunya, el Departament d'Ensenyament ha desenvolupat el programa eduCAT 2.0 basant-se en l'aplicació del programa Escuela 2.0. Els centres escolars s'hi han adherit de manera voluntària.

3. Algunes accions concretes

Independentment de les accions dutes a terme pels governs i organismes oficials, s'han desenvolupat altres iniciatives més concretes amb els objectius següents:

- incrementar el nombre d'estudiants que accedeix als estudis d'informàtica,
- fer més atractius i motivadors els estudis,
- mantenir les estudiants que ja cursen la carrera i millorar el seu cas d'èxit i la seva projecció professional.

Algunes activitats estan inspirades en casos d'èxit implementats en altres països, d'altres han estat promocionades pels estaments socials i d'altres amb l'enginy i l'experiència dels docents i professionals informàtics, com a proves pilot.

Generalment es tracta de mostrar, per una banda, com les professions tecnològiques van més enllà de la progra-

mació, i destacar-ne la part més imaginativa i creativa; i, per altra banda, com el caràcter complex de la computació es necessita per a resoldre problemes i satisfer les necessitats de la societat (tant de les persones particulars com de la seva comunitat), fent-ne visible la part més «social» i mostrant el vincle existent entre la informàtica i el servei a la societat (Sellen *et al.*, 2009).

L'objectiu d'aquestes activitats no només aspira a augmentar el nombre d'estudiants que ingressen als graus universitaris TIC, sinó a proporcionar una visió positiva i més àmplia sobre aquestes professions, actualment pràcticament desconegudes. Donem una ullada en més detall a algunes d'aquestes activitats.

3.1. Els Girl's Day

Com a activitat específica per a promoure la participació d'estudiants de secundària i batxillerat en carreres tècniques s'organitzen els dies de portes obertes a facultats d'informàtica o, en el seu nom en anglès, Girl's Day. Aquestes activitats estan principalment adreçades a estudiants de dotze a disset anys d'edat i es duen a terme per part d'acadèmics i professionals per a fomentar l'interès de les noies en graus i carreres tecnològics.

No hi ha un format establert per al Girl's Day, i el programa i el nombre d'assistents són variables, depenent dels principals objectius a aconseguir. Alguns es basen en activitats pràctiques; d'altres estan més centrats en sessions i converses amb professionals de la indústria amb els participants pertinents; hi ha dies de computació sobre la base d'un camí temàtic, etc.

L'objectiu principal és estimular una experiència personal amb la tecnologia.

A Espanya aquesta és una activitat relativament recent: el primer Girl's Day conegut va ser promogut per l'Ajuntament de Badalona per a visitar la UPC. La iniciativa portava per nom «Amb ulls de dona».

El 2008, es va celebrar a la Universitat de Saragossa el primer Girl's Day, oficialment el primer a Espanya, ara seguit per altres universitats a tot l'Estat. Ha estat una experiència amb molt d'èxit des del principi, amb assistents procedents de diferents escoles que duen a terme experiments pràctics a laboratoris i visites a diferents empreses de base tecnològica.

El mateix any, el Departament d'Arquitectura de Computadors de la UPC va promoure una experiència per a estudiants de secundària. Va consistir en mig dia de visita al

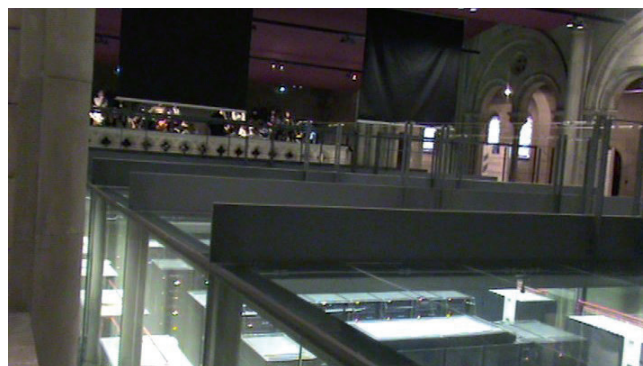


FIGURA 1. Esquerra, grup de recerca amb les estudiants d'ESO i les guies universitàries. Dreta, visita al supercomputador MareNostrum, l'únic d'aquest tipus a Europa durant anys.

Campus Nord de la Universitat, amb assistència a classes «a mida» i compartint experiències amb dones universitàries (estudiants i professores). El grup va ser seleccionat d'un centre de secundària i totes les alumnes estaven seguint un curs tècnic (encara que no totes estaven pensant a seguir una carrera tècnica).

Pensem que els Girl's Day com a activitat en si són una oportunitat molt bona per a aclarir el paper professional de la informàtica. Pot ser que sigui una ocasió per a tenir un punt d'inflexió en la seva vida des del punt de vista de decidir la seva vocació professional futura; però els *inputs* que contínuament reben de la societat i la percepció que la família transmet vers la tecnologia són realment potents i, generalment, en sentit contrari.

Proposem algunes accions complementàries abans i després de l'activitat per a aprofitar millor l'impacte d'aquestes experiències memorables i per a continuar la maduració d'habilitats tècniques per a tenir més confiança en la seva pròpia expertesa.

3.2. Projecte eduCAT 2.0

Dins del marc de les propostes de la UE per tal d'incrementar el nombre d'estudiants de graus tecnològics, neix el projecte e-Learning, finançat amb fons europeus.

Aquest projecte és desenvolupat per cadascun dels estats membres de la CE amb objectius comuns però accions diferents. En el cas de l'Estat espanyol, el projecte rep el nom d'Escuela 2.0. Pel que fa a Catalunya, el projecte s'anomena eduCAT 2.0.

La descripció que el Departament d'Ensenyament fa d'aquest projecte és aquesta (<http://www.xtec.cat/web/innovacio/educat>):

El Programa eduCAT 2.0 respon a la voluntat de generalitzar l'ús de les tecnologies per a l'aprenentatge i el coneixement (TAC) a la totalitat dels centres del Servei d'Educació de Catalunya. Així, doncs, eduCAT 2.0 agrupa totes les actuacions del Departament d'Ensenyament per promoure l'ús dels instruments digitals en els processos d'ensenyament i aprenentatge.

L'aplicació del programa es tradueix en l'equipament de les aules amb mitjans de projecció, pissarres digitals interactives (PDI) i so, ordinadors personals per a l'alumnat i el professorat, formació del professorat en TIC i suport tècnic als centres.

Es reconeix, també, la necessitat d'un canvi metodològic més enllà de l'ús de l'ordinador només com a eina de treball.

Els resultats de la implantació d'aquest programa no han estat avaluats més enllà de les dades logístiques o les opinions del professorat (tot i que no en estudis extensius, sinó en entorns limitats d'especialistes).

Seguint amb la descripció que el Departament d'Ensenyament fa del programa, s'indica:

L'eix vertebrador del programa eduCAT 2.0 és de caire pedagògic i té com a focus principal que els alumnes adquireixin la competència digital i contribuir al desenvolupament de competències de caire transversal, com és ara la competència d'aprendre a aprendre, per facilitar-los un aprenentatge més autònom i personalitzat.

No existeix cap estudi sobre l'impacte del programa en els objectius proposats de millora de l'assoliment de les competències per part de l'alumnat. Cal esperar que es durà a terme en un futur pròxim per tal de decidir quins canvis, millores o suports són necessaris.

L'ús dels ordinadors personals per part de l'alumnat com a eina de treball i els canvis metodològics que implica aquest fet haurien de produir un canvi en la visió que té l'alumnat de l'ús de la informàtica, més enllà de l'ús «lúdic» que li donen en el seu dia a dia.

Fer evident la potencialitat de les TIC, aplicant-les a la resolució de problemes i relacionant-les amb el seu context personal, pot ser una bona eina per a fer visible la relació entre la informàtica i la societat.

Pel que fa a les noies, la utilització generalitzada dels ordinadors als centres els ha de permetre valorar la informàtica com una eina d'ús ampli, la qual pot afavorir una aplicació social real i no circumscriure-la als estereotips masculins. Obrir l'ús dels ordinadors més enllà de les se-

ves necessitats comunicatives i fer visible la seva potencialitat pot possibilitar que es plantegin el seu futur professional en estudis TIC, i aconseguir que no tinguin un baix autoconcepte de les seves habilitats en aquest camp ja que en faran una utilització continuada.

3.3. Col·laboració d'universitàries i alumnes de secundària en un projecte real: «Listen around!»

Dins de les diferents accions generades per a estimular la presència de les noies a les carreres tècniques es circumscrigué el projecte ICT4Girls. Aquest projecte agrupa els esforços d'instituts de secundària, la UPC i empreses tecnològiques.

Es plantegen dos objectius principals: establir col·laboracions entre instituts, universitat i empreses mitjançant la mentoria i el suport a l'alumnat de secundària (principalment noies) per tal de relacionar les seves habilitats amb les seves vocacions personals; i presentar la informàtica com una eina real al servei de la societat, promocionant les carreres TIC (Sellen *et al.*, 2009).

Per tal d'aconseguir un ambient social favorable, el projecte es va dur a terme a diferents entorns: tant als instituts com a la universitat (involucrant a la vegada professorat i alumnat d'ambdues institucions) i a l'esfera externa al món acadèmic (involucrant famílies i empreses).

El projecte ICT4Girls consisteix en el desenvolupament d'una plataforma basada en sensors sense fils treballant en xarxa (WSN). L'objectiu és involucrar diversos participants en la definició, expansió i avaluació del sistema: estudiants de secundària, estudiants universitaris, professorat i professionals d'empreses del sector informàtic.

La plataforma base va ser col·locada a tot el campus universitari de la UPC per tal de recollir informació, en concret, dades de temperatura. Utilitzant aquestes dades es poden desenvolupar diverses aplicacions per a millorar i facilitar serveis diaris als usuaris de la comunitat universitària. Les aplicacions desenvolupades amb aquesta plataforma són de dos tipus:

- aplicacions orientades a proporcionar un servei als usuaris del campus per tal de controlar la temperatura ambiental en els llocs de treball
- aplicacions per a monitorar i proposar millores en el consum d'energia.

L'accés a la informació es realitza mitjançant la xarxa Wi-Fi del campus o directament mitjançant la intranet de la UPC. D'aquesta manera, es pot recollir informació des de diferents punts i es garanteix que sigui utilitzada només pels membres de l'equip de treball. En el futur, es podrien utilitzar telèfons mòbils per a la comunicació.

El primer estudi desenvolupat ha consistit en la recollida de dades de temperatura d'una classe: utilitzant les dades, es poden monitorar les temperatures mitjanes de la classe quan està lliure i quan està ocupada, i permetre una millora en el consum energètic i proposar estratègies d'estalvi en el condicionament dels espais de treball (Carcelle *et al.*, 2009).

Altres objectius proposats en aquest estudi són:

- Confirmar si una classe està o no utilitzada.
- Determinar als espais de restauració si hi ha taules desocupades.
- Trobar espais lliures a les biblioteques.
- Localitzar visitants perduts en el campus.

Aquest projecte pot adaptar-se a d'altres espais com ara bancs, grans magatzems, escoles, edificis d'apartaments, etc.

Una de les activitats prèvies al desenvolupament del projecte va ser una classe magistral a alumnat femení de secundària així com una visita a les instal·lacions del campus de la FIB. Com a resultat d'aquestes activitats, deu alumnes de quart d'ESO de les escoles implicades (al voltant d'un terç de l'alumnat participant en les activitats) van demanar dur a terme el seu projecte de recerca al voltant dels sensors sense fils; tres d'aquestes alumnes van ser seleccionades per a participar en el programa.

Una altra vessant important d'aquesta iniciativa consisteix en la mentoria i guia de les estudiants de secundària per part d'alumnes universitàries, no només en l'àmbit, sinó també amb suggeriments de caràcter metodològic per a ampliar l'àrea d'observació, validar i interpretar les dades recollides i presentar el document final del projecte.

Totes les estudiants van tenir sessions inicials per a aprendre més sobre la plataforma i resoldre els problemes inicials amb la companyia que desenvolupa el producte, Dexma. Aquestes reunions tenien un interès especial per a tots els involucrats, ja que eren una oportunitat única per a intercanviar opinions i preguntes al voltant del projecte. Els diferents trams d'edat dels participants i els diversos nivells acadèmics van permetre compartir diferents realitats i experiències relacionades amb el desenvolupament del projecte. Algunes de les idees i solucions van ser compartides via el blog d'ICT4Girls i DEXMA Forum.

En l'avaluació final d'aquest projecte, és complicat afirmar si els objectius plantejats s'han assolit o no, ja que es tracta d'objectius a mitjà termini, i s'hauria de comprovar si realment una acció d'aquest tipus pot fomentar les vocacions en TIC de les noies implicades fent un seguiment de la seva projecció acadèmica futura. També cal dir que, com que es tracta d'una experiència aplicada a un nombre relativament petit d'estudiants, els resultats són difícilment avaluables.

L'altre factor a avaluar és l'impacte del projecte en els participants. Pel que fa a la part social, els resultats han estat clarament positius. El projecte ha estat publicat a diferents revistes i citat a dues publicacions d'altres autors, en concret fent èmfasi en el treball de les enginyeres informàtiques en l'àrea de la sostenibilitat. A la vegada, va donar peu a l'inici de diferents projectes col·laboratius i interdisciplinaris entre estudiants de diferents graus així com col·laboracions entre alumnat de secundària i empreses. Aquests fets mostren la importància de la percepció que tenen els professionals en aquest camp sobre el treball dels enginyers informàtics, i valoren especialment la creativitat i sensibilitat que les dones enginyeres poden aportar.

Aquesta percepció positiva s'evidencia mitjançant l'interès en la col·laboració en projectes interdisciplinaris i grups de recerca que fins ara tenien un baix nombre de dones participants. També en l'acceptació d'articles a congressos especialitzats en recerca tecnològica amb un ampli component social (per exemple, a l'àrea de sostenibilitat) i en les invitacions a participar a fòrums universitaris i d'empreses TIC sobre projectes relacionats amb la interacció entre la societat i la tecnologia. La disseminació de la informació és part dels objectius perseguits per fer visible la importància de la tecnologia en el desenvolupament de la societat.

Pel que fa als formadors (professorat i especialistes d'empresa), podem concloure que l'experiència ha estat altament positiva. S'ha aconseguit fer visible el rol social de la informàtica a les estudiants i s'espera que elles mateixes siguin el focus d'extensió d'aquesta vessant dels estudis TIC, sobre el paper que els enginyers informàtics tenen a la societat actual i futura, canviant els estereotips que es mantenen al voltant de la professió.

Aquesta iniciativa necessita un suport institucional, empresarial i econòmic complex d'aconseguir. Tot i així, els resultats mostren que pot ser un exemple clar a seguir per tal de fer visible la feina dels professionals de les TIC i la seva implicació social, fet que pot obrir aquests estudis a una major presència de la dona en aquests graus.

4. Conclusions i propostes futures

La baixa presència de noies als estudis tecnològics de grau és un factor constant a tots els països, especialment pel que fa als graus relacionats amb les TIC.

Tot i que les causes són múltiples, la visió de les noies respecte dels professionals informàtics, així com la seva baixa autovaloració respecte de les seves habilitats en aquest camp, la influència de la família i la percepció d'una desconexió entre les TIC i la seva projecció social destaquen com a factors fonamentals.

Cal dur a terme iniciatives que puguin incidir sobre cadascuna d'aquestes causes. No es tracta d'aconseguir l'equiparació en nombre de nois i noies que escullen aquests estudis i seguir aquestes carreres professionals, sinó que la tria que realitzin pugui fer-se amb un coneixement profund de les seves habilitats personals i de com aquestes encaixen amb el perfil professional dels estudis.

Tot i que moltes de les iniciatives plantejades s'han dut a terme amb èxit i que les institucions i agents socials implicats són receptius als objectius i als projectes, en general és complicada la posada en marxa i algunes experiències no s'han tornat a repetir per falta de suport o per problemes que es plantegen en l'organització (per exemple, en la secundària, per part de la junta escolar, el professorat, l'associació de pares i mares, etc.).

Resta com a assignatura pendent aconseguir un treball més compartit entre escoles, pares, universitats i agents socials en general. Només d'aquesta manera podrem assegurar que els nostres joves accedeixen a la formació per a la qual estan més capacitats i tenir un nombre més alt tant de futurs com de futures enginyeres perquè siguin el motor de recuperació del nostre país. ■

Referències

- BUCKLEY, M. (2009). «Computing as social science». *Communications of the ACM*, vol. 52, núm. 4, p. 29-30.
- CARCELLE, N; CRUSAFON, C.; PUNSODA, G.; GIL, M (2009). «Listening around you! Wireless Sensor Networks for the saving of energy in the Campus». Comunicació presentada al II Congrés UPC Sostenible 2015: «La recerca en sostenibilitat: estat actual i reptes de futur». Barcelona, 9-10 juliol.
- COLLIS, B. (1991). «Adolescent females and computer use». A: AINLEY, M. G. (ed.). *Despite the odds: Essays on Canadian women and science*. Montreal: Vehicule Press, p. 272-283.
- EDUCATIONAL FOUNDATION COMMISSION ON TECHNOLOGY, GENDER, AND TEACHER EDUCATION (2000). *Tech-Savvy: Educating girls in the new computer age*. Washington: American Association of University Women.
- HABERMAN, B.; YEHEZKEL, C.; SALZER, H. (2009). «Making the computing professional domain more attractive: an outreach program for prospective students». *International Journal of Engineering Education*, vol. 25, núm. 3, p. 534-546.
- HYDE, J. (2005). «The gender similarities hypothesis». *American Psychologist*, vol. 60, núm. 6, p. 581-592.
- KATEHI, L.; PEARSON, G.; FEDER, M. (2009). *Engineering in K-12 Education*. Committee on K-12 Engineering Education. Washington: National Academy of Engineering: National Research Council.
- KLAWE, M.; WHITNEY, T.; SIMARD, C. (2009). «Women in computing – Take 2». *Communications of the ACM*, vol. 52, núm. 2, p. 68-87.
- NATIONAL ACADEMY OF ENGINEERING (2004). *The engineer of 2020: Visions of engineering in the new century*. Washington: The National Academies Press.
- OCDE (2006). *Evolution of the young interest for the scientific and technological studies - Évolution de l'intérêt des jeunes pour les études scientifiques et technologiques*. Report d'orientació. París.
- Proposal for a recommendation of the European Parliament and of the Council on key competences for lifelong learning*. Brussel·les, COM (2005) 5. 2005/0221(COD). <http://ec.europa.eu/education/policies/2010/doc/keyrec_en.pdf>
- PORTA, M.; MAILLET, K.; GIL, M. (2010). *Dec-CS: The computer science declining phenomenon*.
- RASHID, R. (2008). «Image Crisis. Inspiring a New Generation of Computer Scientists». *Communications of the ACM*, vol. 51, núm. 7, p. 33-34.

- SÁINZ, M.; PÁLME, R.; GARCÍA-CUESTA, S. (2011). «Parental and secondary teachers' perceptions of ICT professionals, gender differences and their role in the choice of studies». *Sex Roles*. Springer Science+Business Media, LLC.
- SANDERS, J. (2005). *Gender and technology in education: A research review*. <<http://www.josanders.com/pdf/gendertech0705.pdf>>
- SELLEN, A.; ROGERS, Y.; HARPER, R.; RODDEN, T. (2009). «Reflecting human values in the digital age». *Communications of the ACM*, vol. 52, núm. 3, p. 58-66.
- UNESCO. *La enseñanza de las ciencias, la tecnología y las matemáticas en pro del desarrollo humano*. Conferencia Internacional sobre la Enseñanza de las Ciencias, la Tecnología y las Matemáticas (ICSTME 2001).

ENTREVISTA A JOSEP MARIA MARTORELL

Josep Amat

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



Josep Maria Martorell és nascut a Reus el 1975.

Casat i amb tres filles. Llicenciat en física per la Universitat de Barcelona i doctor en enginyeria informàtica per la Universitat Ramon Llull (URL). Ha realitzat tasques docents a la URL i a la Universitat Politècnica de Catalunya, on actualment és professor d'àlgebra i anàlisi matemàtica. Format també empresarialment a ESADE i a IESE, ha participat en diverses iniciatives d'empreses emergents (start-up) tecnològiques.

És conseller nacional i vocal al Comitè de Govern d'Unió Democràtica de Catalunya. Defensa que l'humanisme cristià és la millor proposta per millorar la nostra societat, i que la independència política és l'únic futur possible per a Catalunya.

Actualment és director general de Recerca de la Generalitat de Catalunya.

Josep Maria Martorell ha estat nomenat director general de Recerca de la Generalitat en uns temps molt ingrats, els de la contracció dels pressupostos, una circumstància que s'afegeix als allargaments dels períodes entre convocatòries dels diferents programes d'ajut a la recerca per part del ministeri. Atesa la importància de la recerca en el desenvolupament tecnològic del nostre país, creiem que és d'interès conèixer la seva opinió sobre aquests aspectes; per això li preguntem:

Quins objectius es va marcar en assumir el càrrec en aquestes circumstàncies?

La legislatura es preveia difícil justament per tot el que dieu i pel fet que, amb un pressupost prorrogat i reduït, ens plantejàvem treballar per desenvolupar totes les competències en R+D+I que marcava l'Estatut, seguir treballant per consolidar un sistema de recerca, desenvolupament i innovació que havia començat a donar els fruits de l'aposta per l'excel·lència feta a principis dels dos mil. Entre aquestes, les línies vermelles que ens vam marcar eren no retrocedir en el finançament públic, en especial en aquells eixos que havien demostrat ser la clau de volta de les nostres capacitats com a sistema de recerca malgrat la reducció global pressupostària, seguir fomentant el model de governança flexible per al sistema i protegir el sistema d'ingerències a la seva autonomia, especialment provinents del mateix sector públic.

Quins són els seus referents en la política de recerca?

Sistemes vigents en bona part del món occidental, en els quals la governança és prou flexible perquè «passin coses». Sistemes orientats a la captació de talent amb uns plantejaments gens burocratitzats, molt oberts, just al contrari del que passa a l'empara del sistema estatal. Al final, la recepta per a una bona política científica no és molt complicada: compromisos a llarg termini, polítics i pressupostaris, màxima autonomia per a les institucions acadèmiques i reducció màxima de les «cotilles» administratives, permetent sistemes oberts de relació amb el món.

A casa nostra, l'actual sistema de recerca el va començar a implementar el conseller Mas-Colell en la seva anterior posició en el Govern del president Pujol. Un sis-

tema de recerca, sobretot per a un país petit, no es pot construir aïlladament i s'ha d'articular en un context determinat, que, en el nostre cas, era en els marcs espanyol, europeu i mundial. En el cas de Catalunya, un país petit on les realitats fiscals i competencials canalitzen bona part dels recursos de recerca a través de les polítiques del Govern central, això es feia especialment evident. Podíem destinar recursos a complementar la política estatal cobrint mancances, o bé aprofitar la forta base universitària que llavors ja teníem per construir un sistema potent d'instal·lacions, instituts vinculats a les universitats i recursos humans que permetés atraure recursos externs. L'experiència internacional ens ensenyava que aquesta segona era una opció possible per a països petits com el nostre.

Com veu la recerca en les àrees tecnològiques en el nostre país?

Ara que ja tenim la nostra ciència en estàndards internacionals, que és el més complex d'aconseguir, cal generar més valor econòmic a partir del coneixement produït pels grups de recerca que treballen arreu del país. L'experiència pròpia i aliena ens demostra que calen polítiques estables en el temps i convingudes amb el món econòmic i industrial, però també que només amb això no s'assoleixen suficients resultats.

La meua opinió, havent conegut de primera mà la realitat diversa de la ciència catalana, i experiències d'altres països de la nostra mida, és que és necessari disposar d'un estat per fer aquest salt. És obvi que es poden fer actuacions en el sentit adequat i que aportin bons resultats: la darrera experiència dels doctorats industrials és una bona mostra de com el món privat és capaç de generar ocupació d'alt valor, amb els incentius públics adequats, molt especialment en l'àmbit tecnològic. Però també em sembla evident que només amb això no resoldrem apreciablement el problema.

Com han influït les importants inversions en grans instal·lacions, com el supercomputador MareNostrum o el sincrotró ALBA, en el nivell de la recerca?

Aquestes grans infraestructures han estat fonamentals per dos grans motius. D'una banda, han facilitat a la nostra comunitat investigadora l'accés a unes instal·lacions de primer nivell, i això impulsa sempre una recerca de primer nivell. D'altra banda, han estat unes bones «àncores» per atraure i fixar al nostre sistema talent internacional: l'existència d'aquests equipaments en un territori transmet el compromís a llarg termini de les administracions, i aquest és un factor positiu per a l'atracció de nou talent.

Quins són els principals reptes que tenim plantejats per als propers anys?

En primer lloc, el primer repte és la consolidació del sistema de ciència que s'ha construït, amb un especial èmfasi a les universitats públiques (voldria recordar aquí com de rellevant és, per a un país «políticament jove» com el nos-

tre, tenir quatre universitats catalanes entre les cent primeres del món, dins la categoria de les *young universities*). Ja sabem que aquests són sistemes que costen molt de construir, i poc de desmuntar. Per tant, la primera qüestió serà garantir la continuïtat del que durant tants anys ens ha donat tants bons resultats.

En segon lloc, el següent repte és posar les bases per eliminar aquelles «cotilles» que encara impedeixen millors resultats i, sobretot, una major capacitat d'atraure talent i una molt millor interacció amb el sector privat. En aquest àmbit, una reforma profunda de la governança universitària, que donés molta més autonomia a les nostres institucions acadèmiques, seria molt desitjable.

Finalment, caldria tenir disponibilitat pressupostària i voluntat política per impulsar (i sobretot mantenir) actuacions per facilitar la valorització i comercialització del coneixement generat al món científic. Durant tots aquests anys s'han anat generant iniciatives interessants, però ni han tingut la magnitud necessària, ni han gaudit de prou continuïtat.

Finalment, ara que tan sovint tenim sobre la taula el procés sobiranista, com influiria en la política científica si es produís la independència de Catalunya?

Ja es veu, del comentat a la pregunta anterior, que el fet de ser un estat independent ens permetria avançar molt més ràpidament: el segon i el tercer repte explicitats (i potser també el primer) difícilment s'assoliran si no és comptant amb les capacitats polítiques pròpies d'un estat.

En aquesta línia, sovint diem que el gran guany de ser un estat no seran tant els diners, com tenir la capacitat de definir el propi model, i actuar políticament en coherència. Si durant un o dos anys ens «falla» el Plan Nacional, ens trobarem amb un panorama que ja hem avaluat. De fet, Catalunya, dins l'Estat espanyol, capta entre el 30 i el 50 % dels diners competitiu europeus, i només el 20 % del Plan Nacional. Per tant, tenim capacitat molt important de finançament a Europa. Tampoc cal oblidar quelcom important: tots els diners que actualment l'Estat finança per als projectes del Plan Nacional a Catalunya equivalen a dos o tres dies de dèficit fiscal. Per tant, ja es veu que aquest no seria un gran problema.

A banda, estic segur que els futurs governs d'ambdós estats (Espanya i Catalunya) s'entendran a la perfecció en matèria d'instal·lacions científiques d'alt nivell. El món és ple d'infraestructures científiques consorciades per dos o més estats, i el sincrotró ALBA o el Barcelona Supercomputing Center en podrien ser fantàstics exemples (de fet, ja actualment ambdues administracions actuem així).

Tampoc crec que afectés gens el talent internacional que treballa a Catalunya, atret al llarg d'aquests darrers anys. El nostre entorn científic sembla sòlid, i crec que tots esperem un procés polític relativament curt i ordenat: diria que un procés de transició nacional no suposarà afectacions greus.

La ciència a Catalunya treballa bé, i estic segur que ho seguirà fent. ■

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> i també al Facebook (<https://www.facebook.com/sct.iec>). 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.

- Manel SORIA. Conferència i exposició de les fotografies: «La terra és al cel». Seu de l'Institut d'Estudis Catalans a Barcelona, 20 de novembre de 2013.
- Manel SORIA, fotògraf i professor de l'Escola Tècnica Superior d'Enginyeries Industrial i Aeronàutica de Terrassa (ETSEIAT). Exposició: «La terra és al cel». En aquesta exposició —un recull d'imatges i textos—, Manel Soria mostrà el cel nocturn integrat en el paisatge. Seu de l'Institut d'Estudis Catalans a Barcelona, del 8 al 31 de gener de 2014.
- Visita a la «Cave» de realitat virtual de la Universitat Politècnica de Catalunya. Campus Sud, 31 de març de 2014.
- Jornades d'Energia. Al llarg d'aquest any 2014 s'han celebrat diverses trobades relacionades amb CoEnerCat, «Energia per a la nova Catalunya: Visions i aportacions de la Societat». El segon CoEnerCat és un espai de presentació i consens de propostes per emprendre la construcció del sistema energètic de la Catalunya del futur.
Així, la Societat Catalana de Tecnologia va participar en les trobades de centres de recerca i instituts que van tenir lloc a Tarragona (4 d'abril) i Girona (9 de maig). En dates properes se celebrarà la sessió plenària, on es farà una valoració final de totes les propostes presentades a les diverses sessions.
- Premi de la Societat Catalana de Tecnologia 2014. El dia 22 d'abril de 2014 la Societat Catalana de Tecnologia, a proposta d'una ponència integrada per Xavier Cufí, Agustí Egea i M. Núria Salán, ha acordat atorgar el Premi de la Societat Catalana de Tecnologia corresponent a l'any 2014 a Clara Corbella Vidal

pel treball «Emissió de gasos d'efecte d'hivernacle en aiguamolls construïts: adaptació del mètode».

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

- Conferència «La volta al món a vela», organitzada per la Facultat de Nàutica de Barcelona. Facultat de Nàutica, 24 d'abril de 2014.

Convocatòria de premis de tecnologia

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

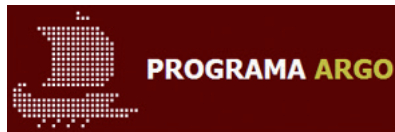


L'objecte dels Premis Enginy és fomentar la iniciativa tecnològica dels alumnes de batxillerat de les modalitats de tecnologia i científica, mitjançant el suport econòmic als millors treballs de recerca de caràcter tecnològic.

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 necessitat 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://ice2.uab.cat/argo/home.htm>

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, batxillerat i a la comunitat científica general, com per exemple:

- 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.

Per a més informació: <http://www.upc.edu/consellsocial/premis-del-consell-social/premi-duran-farell-dinvestigacio-tecnologica>

- 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/premi-secundaria>

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



Els Premis de Recerca Jove (PRJ), que convoca anualment el Govern de la Generalitat de Catalunya, volen despertar vocacions científiques entre els joves estudiants del país. Els PRJ estimulen que els alumnes s'apropin a la investigació de la mà dels professors dels centres on estudien i sempre fent valer els coneixements propis de la seva edat i formació.

Per a més informació: <http://193.145.216.14/>

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: <https://sede.educacion.gob.es/catalogo-tramites/becas-ayudas-subservenciones/premios/premios-estudiantes/certamen-arquimedes.html>

Finalment, 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.

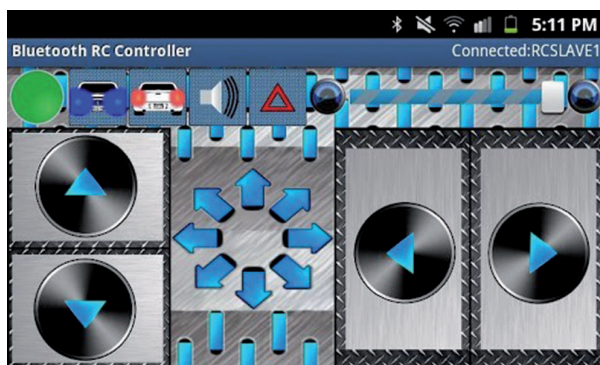
Per a més informació: <http://www.xtec.cat/web/centres/alscentres/premis>

Recursos web i aplicacions mòbils

Arduino Bluetooth RC Car (Android)

<https://play.google.com/store/apps/details?id=braulio.calle.bluetoothRCcontroller>

Aquesta aplicació permet conduir un cotxe teledirigit mitjançant un telèfon mòbil Android amb connexió Bluetooth. El circuit de control del vehicle ha d'estar implementat en Arduino. Es pot trobar més informació al web següent: <https://sites.google.com/site/bluetoothhrccar/>. L'aplicació permet controlar el cotxe amb botons o mitjançant l'acceleròmetre del telèfon. Una barra corredora permet controlar la velocitat, i també hi ha botons per encendre els llums davanters i posteriors del cotxe. La interfície d'usuari indica la direcció de moviment del vehicle mitjançant fletxes que s'il·luminen.



Engineering.com

<http://www.engineering.com>



Engineering.com és un portal d'informació tecnològica on l'internauta podrà trobar tot tipus d'informació relacionada amb l'enginyeria i la tecnologia. El lloc web té diverses seccions, com ara Vídeos, Treball, Jocs, Impressió 3D, Electrònica, Disseny de software, Educació, etc. Les notícies són d'actualitat i hi apareixen molts vídeos que fan el lloc molt divulgatiu.

