

TIC i tecnologies multimèdia

Ferran Giménez Prado

PID_00176077



Els textos i imatges publicats en aquesta obra estan subjectes –llevat que s'indiqui el contrari– a una llicència de Reconeixement-NoComercial-SenseObraDerivada (BY-NC-ND) v.3.0 Espanya de Creative Commons. Podeu copiar-los, distribuir-los i transmetre'ls públicament sempre que en citeu l'autor i la font (FUOC. Fundació per a la Universitat Oberta de Catalunya), no en feu un ús comercial i no en feu obra derivada. La llicència completa es pot consultar a <http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/3.0/es/legalcode.ca>

Índex

Introducció	5
1. L'evolució de les TIC i la incorporació de la multimèdia	7
2. Les tecnologies multimèdia	10
3. Entorns tecnològics d'usuari	13
3.1. Sistemes operatius i dispositius multimèdia	14
3.2. Plataformes	15
4. Entorns tecnològics d'integració	18
4.1. Desenvolupament de webs	18
4.2. Desenvolupament d'aplicacions	19
5. Eines d'integració	20
5.1. Els llenguatges de programació	20
5.2. Llenguatges web	21
5.3. La interacció i les interfícies d'usuari	23
6. Les peces bàsiques per a la creació multimèdia	25
6.1. Text	26
6.2. Gràfics	28
6.3. So	30
6.4. Vídeo	31
6.5. Animació	34
7. Xarxes d'accés i distribució	36
Activitats	39
Bibliografia	41

Introducció

“The state of the art is perhaps analogous to the period when scribes had to know as much about making ink or baking clay as they did about writing.”

M. Weiser (1991)

En el mòdul “El renaixement digital” hem revisat i hem posat en context el significat del concepte de *multimèdia*. A continuació, analitzarem determinats aspectes de la seva capa tecnològica. L’objectiu d’aquest mòdul no és ni explicar detalladament els elements, ni el funcionament d’un sistema informàtic. La intenció que tenim és revisar-ne les característiques de manera general i descriure les tecnologies multimèdia en aquest entorn. Per aquest motiu s’explora l’evolució de les TIC i l’impacte que han anat tenint en el sector professional de la creació de continguts interactius. I ho farem amb perspectiva, procurant no perdre de vista que estem vivint l’etapa que Weiser (1991) descriu com de l’“escriptura en taules d’argila” de l’època digital.

Lectura recomanada

Sovint es coneix Mark Weiser com “the father of ubiquitous computing”. Podeu llegir-ne l’article complet en l’enllaç següent:

Mark Weiser (1952-1999). The Computer for the 21st Century (consultat el 10 d’agost de 2012).

1. L'evolució de les TIC i la incorporació de la multimèdia

L'anàlisi dels paràmetres que regulen els avenços tecnològics de la societat actual és clau per a comprendre la posició que exerceixen les tecnologies multimèdia en aquest marc i també per a entreveure les tensions a què estan sotmeses. Tractarem, doncs, de captar de manera global els patrons d'aquesta evolució i detectar els trets que els caracteritzen. En aquest sentit, l'agrupació genèrica de factors que fan servir en la seva obra Williams i Sawyer (2004) encaixa perfectament amb la finalitat introductòria d'aquestes pàgines. Aquests autors presenten el progrés de les TIC entorn de tres eixos:

1) **El desenvolupament de l'ordinador personal (PC).** L'evolució dels ordinadors ha estat marcada fonamentalment per tres paràmetres: la miniaturització, l'augment de velocitat i la reducció del preu. Gordon Moore va plasmar universalment aquesta tendència en una formulació que s'ha fet famosa: el nombre de transistors en un circuit integrat es dobla aproximadament cada dos anys.

2) **El desenvolupament de les comunicacions.** El camp de les comunicacions ha seguit una evolució caracteritzada fonamentalment per la recerca de la connectivitat, la interactivitat i la multimèdia. En la fase inicial d'una nova tecnologia, les seves funcionalitats són limitades. Així ha succeït en aquest cas, amb les barreres aparegudes durant el desplegament de les xarxes d'Internet i telefonia mòbil. Per exemple, encara que de manera limitada, els primers navegadors van incorporar text, imatges i interacció des del principi; no obstant això, el vídeo va trigar molt més a habitar el Web de manera natural.

3) **La combinació d'ordinadors i comunicacions.** La substitució del sistema de codificació analògica pel digital accelera la integració entre les diferents àrees de les TIC. Tres trets caracteritzen aquest impuls: la convergència, la portabilitat i la personalització.

En aquest context, l'impacte d'aquestes tres grans fases d'innovació tecnològica en el sector de la producció dels continguts interactius multimèdia ha estat enorme. Encara que l'ona expansiva d'aquestes innovacions no s'ha produït de manera lineal, ni regular, els trets destacats d'aquesta disrupció al mercat dels continguts digitals es manifesten, lògicament, en paral·lel a les etapes esmentades:

Lectura complementària

B. K. Williams; S. C. Sawyer (2004). *Using information technology: a practical introduction to computers & communications: complete version* (pàg. 472). McGraw-Hill Technology Education.

La llei de Moore

Podeu consultar la llei de Moore a l'entrada següent de la Wikipedia:
Moore's law

1) La informàtica com a bé de consum. En la dècada dels vuitanta del segle XX, diverses companyies es van dedicar a la tasca d'introduir l'ordinador personal com a bé de consum i obrir un mercat molt nou. En destaquem dos casos paradigmàtics:

- El de l'empresa Microsoft, de Bill Gates, amb el somni empresarial de liderar el camp de la informàtica d'oficina (ofimàtica), sintetitzat en la frase que deia que volia “un ordinador a cada taula”.
- La companyia Apple impulsada per Steve Jobs i la seva visió d'un entorn de dispositius i aplicacions amigables per a l'usuari, juntament amb una aposta per l'ampliació del mercat del PC més enllà de l'oficina i l'empresa.

2) La implantació d'Internet i el Web com a xarxa global de continguts. El seu èxit com a xarxa de comunicació i intercanvi de dades va obrir un horitzó d'oportunitats en totes les àrees de l'activitat humana. El mercat dels continguts digitals passa del CD-ROM al Web. Després d'uns anys de desenvolupament i superades les restriccions tecnològiques inicials, aquest entorn tan nou es consolida com a espai global per a la producció, intercanvi i consum de productes digitals.

3) La convergència dels mercats de veu i dades. La convergència de la xarxa de telefonia mòbil amb la xarxa de dades augmenten exponencialment el mercat. La implantació mundial de la xarxa mòbil està donant un impuls radical a les tecnologies, cosa que accelera la interrelació de les dues xarxes i àrees, la mòbil i la d'escriptori. Una vegada més, els camps d'aplicació i espai d'activitat de l'àmbit de la creació de continguts interactius multimèdia s'amplien. Com a conseqüència d'això, les propietats d'aquesta xarxa ampliada s'incrementen, i la ubiqüitat n'és l'exemple més clar.

Cadascuna de les etapes ha representat una certa ruptura amb el model tecnològic anterior. Mentre la tecnologia emergent ha anat desenvolupant el seu potencial, les tecnologies en recessió han anat entrant en una fase de decadència gradual. Lògicament, els canvis d'aquesta naturalesa han tingut repercussió en els sistemes tecnològics, però també en els models productius i organitzacionals. En el cas concret del sector dels continguts digitals interactius ha estat així.

En la primera etapa, quan el model de creació i distribució de continguts multimèdia de PC d'escriptori i suport CD-ROM havia aconseguit un punt de maduresa, la irrupció de les tecnologies web vinculades a Internet va frenar-ne l'evolució i el model d'una indústria incipient es va enfonsar. Actualment, just en el moment que el Web sembla haver aconseguit un sistema tecnològic estàndard per a la creació i producció multimèdia, el desplegament de la xarxa mòbil de nou el sotmet a pressió i el posa en qüestió.

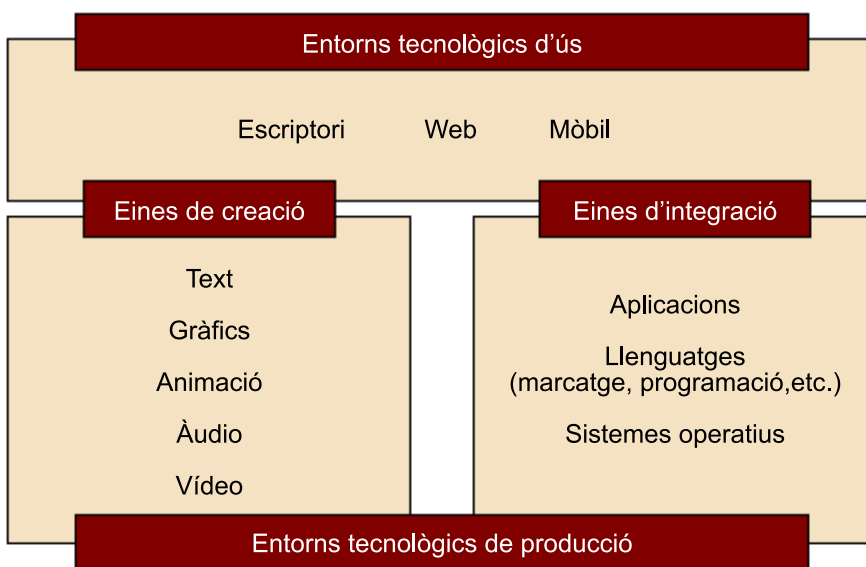
El moment actual es caracteritza per la coexistència de dos grans ecosistemes tecnològics de producció i consum de continguts interactius multimèdia, el Web i les aplicacions mòbils (*apps*). L'eclosió de l'univers de dispositius mòbils i dels mercats d'aplicacions que l'acompanyen representa la segona gran convulsió en el mercat de la producció de continguts digitals interactius després del Web. Els motius de l'existència d'aquestes dues tendències en el model tecnològic de producció de continguts són complexos i obeeixen no solament a motius tecnològics, sinó també a estratègies comercials i de negoci. Al llarg d'aquestes pàgines tractarem de descobrir les claus per a la comprensió i anàlisi d'aquest fenomen.

Malgrat les tensions generades per aquests canvis d'etapa, la direcció traçada està clara. Des que el concepte de multimèdia va arribar a la maduresa cap a finals dels vuitanta del segle passat, ja forma part del conjunt de funcionalitats que s'espera que ofereixin les futures generacions de productes de la informàtica de consum. Així, no sembla estrany suposar que el primer mòbil naixés ja amb l'expectativa que algun dia inclogués funcionalitats similars a les dels seus germans grans, els ordinadors d'escriptori. L'expansió actual de la multimèdia entre els dispositius mòbils més avançats corrobora aquesta idea.

2. Les tecnologies multimèdia

El conjunt d'accions i processos tecnològics que intervenen en la producció de continguts digitals multimèdia es basen en conceptes fonamentats principalment en diverses àrees de la ciència informàtica. La temàtica d'aquestes àrees, per la seva amplitud i profunditat, anirien més enllà dels límits d'aquestes pàgines. En canvi, sí que tractarem d'identificar i descriure aquestes tecnologies des d'una perspectiva general. Per fer-ho, seguirem el punt de vista i l'organització reflectits en el diagrama següent (figura1).

Figura 1. Entorns de les tecnologies multimèdia



Quan parlem de **tecnologies multimèdia** ens referim al conjunt d'eines de maquinari i programari capaces d'executar les operacions fonamentals d'un sistema informàtic amb el propòsit de crear objectes digitals interactius a partir de la integració de mitjans diversos, com ara fitxers de text, gràfics, animació, àudio i vídeo.

La generació d'aquests continguts multimèdia es desenvolupa amb l'ajuda de multitud d'eines informàtiques. A més, entre les tecnologies multimèdia no solament hi ha les relacionades amb les activitats de creació i producció, sinó també les pertanyents a les activitats d'ús fetes per mitjà dels dispositius.

De manera genèrica, agrupem els **entorns tecnològics d'ús** de productes multimèdia en tres categories en funció de les característiques i l'evolució que comparteixen. Segons l'ordre cronològic d'aparició, per un costat, hi ha les tecnologies dels dispositius d'escriptori; en el centre, les tecnologies **web**, i en l'altre extrem, les **tecnologies mòbils**. Des d'un punt de vista estrictament informàtic, les similituds tecnològiques entre elles són probablement més grans

que les diferències. No obstant això, com que l'activitat multimèdia és fonamentalment en la capa informàtica externa de relació amb l'usuari, i que és aquí on els sistemes i aplicacions divergeixen més, podem dir que, ara per ara, aquesta classificació encara resulta pràctica.

Tot i que aquesta categorització basada en l'evolució històrica ens pot resultar útil com a aproximació genèrica per a obtenir una visió de conjunt i crear un cert marc de referència, no cal perdre de vista la tendència actual a difuminar aquests nínxols i identitats inicials. Tant en el terreny del maquinari com del programari van apareixent progressivament més mostres de "mestissatge". Un exemple molt clar l'observem en la tecnologia web que, nascuda en l'entorn dels ordinadors d'escriptori, es troba avui ja assentada en els dispositius mòbils, i ha assolit el repte de constituir-se en una tecnologia multidispositiu i multiplataforma. En aquesta línia, un altre exemple recent d'aquesta tendència el trobem en el Google Chromebook, un ordinador d'escriptori amb processador per a mòbils, per a treballar amb tecnologies web, i sense les tradicionals eines d'escriptori de Microsoft i Adobe.

Quant a les tecnologies de creació i producció multimèdia, les considerem separades en dos grups, que etiquetem com a **eines de creació i d'integració**, o bé, de manera més habitual en àmbits tècnics, com a **eines d'edició i programació**. Les primeres són les que s'utilitzen per a la producció dels diferents tipus de mitjans, com per exemple gràfics, d'àudio i de vídeo; les segones, en canvi, són les que s'utilitzen en l'assemblatge d'aquests elements per a obtenir un resultat funcional operatiu en un entorn determinat.

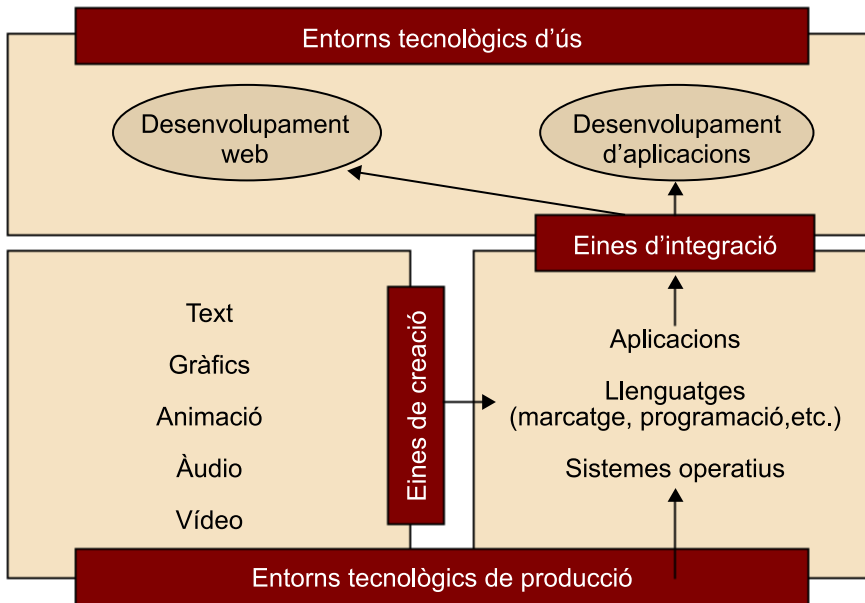
Quan parlem d'**entorns d'integració** ens referim al conjunt d'elements informàtics que operen interrelacionats per a produir els continguts multimèdia.

Les tecnologies d'integració utilitzades per a combinar els diferents mitjans depenen en gran mesura de l'entorn tecnològic de l'usuari. Tot i que els dispositius d'accés i entorns d'ús són molt variats, en el punt de generalització en què ens trobem, dividirem la família de tecnologies utilitzades en el desenvolupament dels productes multimèdia en dos grups, el de **desenvolupament web** i el **desenvolupament d'aplicacions** (figura 2).

Google Chromebook

Per a més informació sobre el Google Chromebook podeu veure'n l'entrada de Wikipedia: "Chromebook"
I també podeu llegir l'article digital següent: "Intel v. ARM: The Chromebook performance battle"

Figura 2. Tecnologies d'integració de continguts multimèdia



El desenvolupament web ha anat evolucionant per a adaptar-se a l'entorn dels dispositius mòbils. Actualment, diverses estratègies s'obren pas buscant atendre l'increment de necessitats de l'usuari i alhora mantenir sota control els costos de producció. En aquest sentit, el *responsive design* emergeix com a tendència destacada de creació de pàgines web per a múltiples dispositius i plataformes. Pel que fa al desenvolupament d'aplicacions, la categoria inclou tant aquelles que estan adreçades a sistemes operatius convencionals (d'ordinadors d'escriptori i portàtils), com les destinades a dispositius mòbils (telèfons intel·ligents o *smartphones* i tauletes tàctils, principalment).

En els dos apartats següents es descriuen breument les peces bàsiques a partir de les quals es formen els productes multimèdia, i també els instruments bàsics emprats en la seva integració i desenvolupament. Tal com s'ha indicat, és important no perdre de vista que en aquestes pàgines introductòries es tracta exclusivament d'emmarcar conceptes generals. Posteriorment, en diferents materials i assignatures, ens ocuparem detalladament de les diverses tecnologies.

3. Entorns tecnològics d'usuari

L'activitat física de creació de fitxers digitals i la seva integració en objectes interactius sempre ha funcionat sobre fonaments informàtics. Les tecnologies multimèdia a les quals ens referim s'articulen sobre la base de conceptes d'aquesta disciplina com ara *sistema informàtic*, *sistema operatiu*, *plataformes*, *aplicacions* i *llenguatges de programació*, entre d'altres.

En els orígens de la multimèdia, com passa actualment, els sistemes informàtics es desenvolupaven agrupats en "famílies" denominades *plataformes*.

Una **plataforma informàtica** és un conjunt de peces de maquinari i programari dissenyades per a operar entre si.

El maquinari comparteix una mateixa arquitectura, és a dir, un sistema d'identificació per als seus elements i les relacions que hi ha entre ells. Des del principi, dos vectors marquen constantment la tendència de l'evolució de les plataformes. El primer tendeix cap a una estandardització més important i una compatibilitat entre sistemes. El segon, cap a l'especificitat i la diferenciació.

La popularitat aconseguida per la informàtica de consum va obrir un gran ventall de possibilitats de creació de continguts interactius multimèdia en camps d'aplicació tan diversos com l'educació, la publicitat i l'oci. Aquest fet va despertar un interès creixent en els respectius sectors i va fer augmentar la demanda d'eines *ad hoc* entre els professionals no informàtics. Era habitual, llavors, denominar-les *eines d'autor*. La gran majoria d'aquells instruments han desaparegut tal com van ser concebuts o tenen un ús residual, com el cas de l'HyperCard i el Toolbook, entre d'altres. En aquest escenari, el terme va entrar en desús per la pèrdua de protagonisme de la multimèdia d'escriptori, però el concepte preval.

La mateixa necessitat va ressorgir amb força quan el Web va evolucionar tecnològicament i es va consolidar com a suport per a l'activitat de creació multimèdia. Llavors van aparèixer noves eines d'integració, com Flash i Dreamweaver, mentre que d'altres, com Authorware i Director, van entrar ràpidament en decadència. El repte de crear instruments que facilitin la tasca de la producció multimèdia persisteix. Malgrat això, el fet que les tecnologies web i les mòbils canviïn i siguin més complexes de manera tan ràpida provoca que els fabricants d'aquestes eines trobin dificultats, de vegades insalvables, per a desenvolupar-les, actualitzar-les i mantenir-ne l'eficiència.

L'evolució de les tecnologies web i mòbils al costat del creixement de tipologies diverses d'ordinadors personals, han alimentat la diversitat i la complexitat dels sistemes informàtics actuals. De la mà d'aquests canvis, el sector de la creació multimèdia contempla l'aparició i desaparició constant d'eines. Amb freqüència, en aquest escenari tecnològic és imprescindible posseir coneixements informàtics bàsics per a desenvolupar continguts interactius. A continuació, revisarem alguns d'aquests conceptes, i també la vinculació que tenen amb les famílies més notòries de dispositius actuals.

3.1. Sistemes operatius i dispositius multimèdia

Els **sistemes operatius** són una col·lecció de peces de programari que habiliten la relació amb l'usuari mitjançant un conjunt d'interfícies, gestionen els recursos de l'ordinador i executen les operacions de les aplicacions.

En l'entorn web són tres els sistemes operatius predominants: Windows (Microsoft), OS X (Apple) i Linux. En el sector del mòbil, en els últims anys s'ha accentuat el domini d'Android (Google) i iOS (Apple) sobre la resta. No obstant això, l'escenari és molt inestable, ja que es tracta d'un mercat amb molts interessos comercials en joc i grans expectatives econòmiques de creixement.

Altres peces de programari importants són les **aplicacions**. Estan dissenyades per a ajudar l'usuari a fer tasques concretes. Les aplicacions en general no gestionen directament els recursos de l'ordinador sinó que es basen en el sistema operatiu per a fer aquestes funcions.

Hi ha multitud d'aplicacions i se solen agrupar per la similitud de la tasca que fan. Així, per exemple, parlem d'aplicacions d'ofimàtica, gràfics, vídeo, aprenentatge electrònic (*e-learning*) i gestors de continguts, entre moltes altres.

A mesura que les característiques dels ordinadors personals es diversifiquen, els criteris per a classificar-los perden part del significat i la catalogació es torna més difícil. Per a reflectir aquesta complexitat en recuperarem l'evolució amb tres pinzellades. Primer, la reducció de les dimensions i el valor de la mobilitat van conduir a l'arribada dels portàtils; posteriorment, aquesta tendència, juntament amb la convergència de les xarxes de veu i dades, va portar als telèfons intel·ligents; finalment, amb aquest impuls i els avantatges de sistemes operatius nous i les pantalles tàctils, van arribar les tauletes tàctils, que integren diverses funcions: consola, llibre, llibreta, càmera i agenda.

El resultat és un univers d'ordinadors personals en expansió i reconfiguració amb noms que responen més a l'herència d'aquesta evolució que a criteris orgànics. Com a conseqüència, actualment els ordinadors personals mostren moltes configuracions, formes i grandàries que en fan difícil la catalogació.

En qualsevol cas, malgrat que no hi ha uns criteris fixos, pel que fa a dimensions i funcionalitats destacades dels ordinadors personals, se'ls situa habitualment en una d'aquestes categories: **escriptori i portàtils** per un costat, **tauletes tàctils i telèfons intel·ligents** per un altre.

Quan va aparèixer l'anomenat *PC multimèdia*, cap als vuitanta, es caracteritzava per afegir a les funcionalitats ordinàries de l'ordinador d'escriptori la capacitat de capturar àudio i vídeo, a més de la potència de memòria i càlcul necessaris per a editar-los. En general, eren ordinadors de gamma alta amb requisits específics amb relació al disc dur, memòria RAM, monitor i targetes de so i vídeo. Avui, qualsevol dels ordinadors personals de les categories esmentades, en les versions i configuracions avançades, posseeix funcionalitats multimèdia que superen àmpliament diverses d'aquelles prestacions.

No obstant això, encara que l'ús de continguts i aplicacions multimèdia és habitual en qualsevol de les tres categories i hi ha una tendència incipient cap a la utilització de dispositius mòbils per a fer tasques de producció bàsiques amb text, vídeo, àudio, fotografia i gràfics, la integració es fa amb dispositius d'escriptori. Com és lògic, determinades configuracions d'aquests ordinadors ofereixen encara prestacions molt superiors quant a potència, velocitat de càlcul, diversitat i funcionalitat d'aplicacions, elements essencials per a la producció de continguts multimèdia.

Com ja s'ha dit, determinades característiques d'aquestes categories van perdent la importància i el valor originals amb el pas del temps. Així, a mesura que les aplicacions més utilitzades funcionen en diversos dispositius i el factor de la potència de càlcul va deixant de ser un element diferencial crític, les dimensions de la interfície d'interacció es converteixen en la característica diferencial més rellevant. A partir d'aquí, les propietats físiques dels dispositius i mecanismes d'interacció, més enllà de servir com a criteris de classificació, són els valors que determinen l'elecció de l'eina en consonància amb el tipus de tasca.

3.2. Plataformes

Una arquitectura particular de maquinari, juntament amb un sistema operatiu determinat i les aplicacions relacionades, formen el que es denomina **plataforma**.

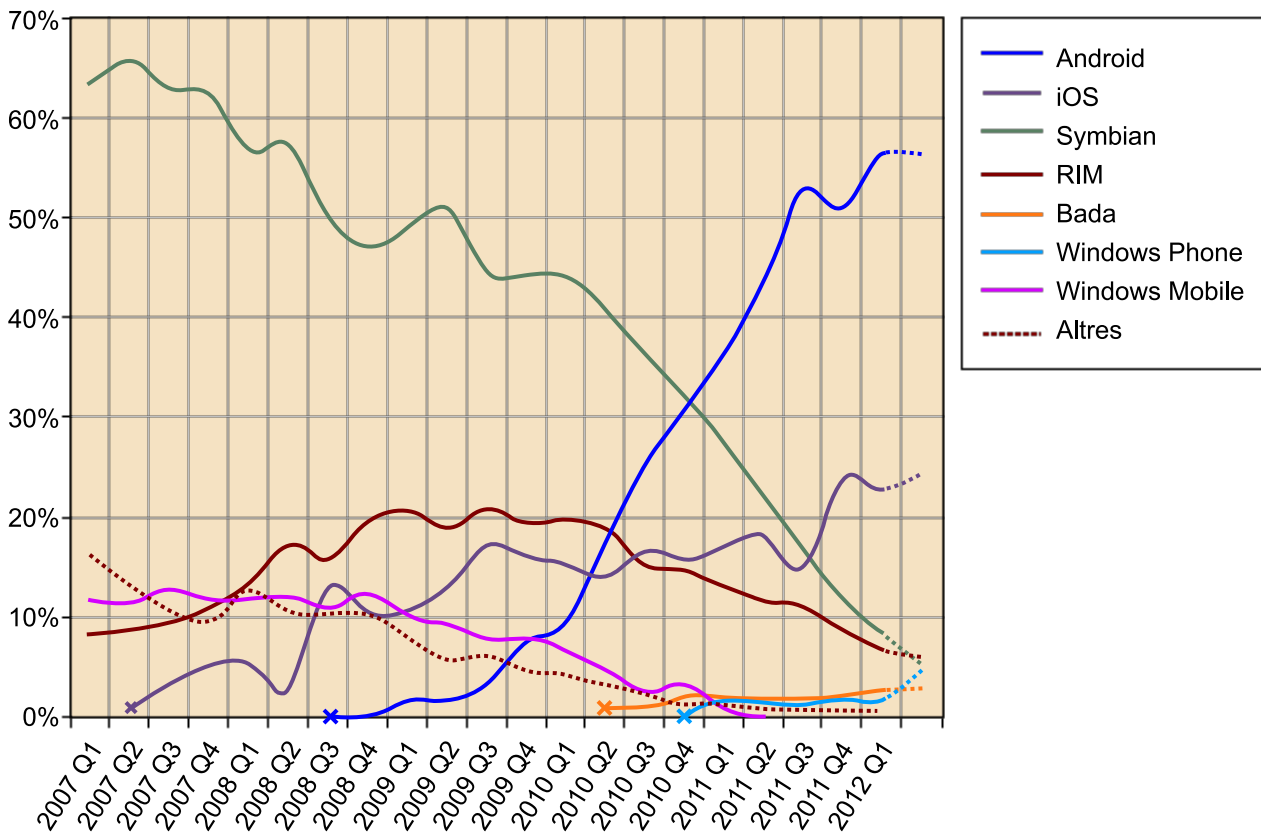
Normalment, els dispositius es fabriquen vinculats a aquesta família concreta de maquinari i programari. La mateixa paraula s'empra de manera més restringida en el cas de **plataforma de desenvolupament** per a posar nom al conjunt de peces de programari dissenyades per a crear aplicacions relacionades. Les companyies capdavanteres en el desenvolupament de programari apliquen estratègies complexes amb relació al tipus de tecnologia que promouen en defensa dels seus interessos. En la taula 1 es mostren les plataformes amb tendència positiva consolidada en el camp de la creació multimèdia.

Taula 1. Dispositius, plataformes i creació multimèdia

Dispositius	Plataformes				
	Windows	OS X	Linux	Android	iOS
Escriptori					
Tauletes					
Smartphones					

La taula 1 plasma la situació genèrica i esquemàtica. Hi ha una anàlisi més detallada en els dos gràfics següents (figures 3 i 4).

Figura 3. Vendes de telèfons intel·ligents a escala mundial



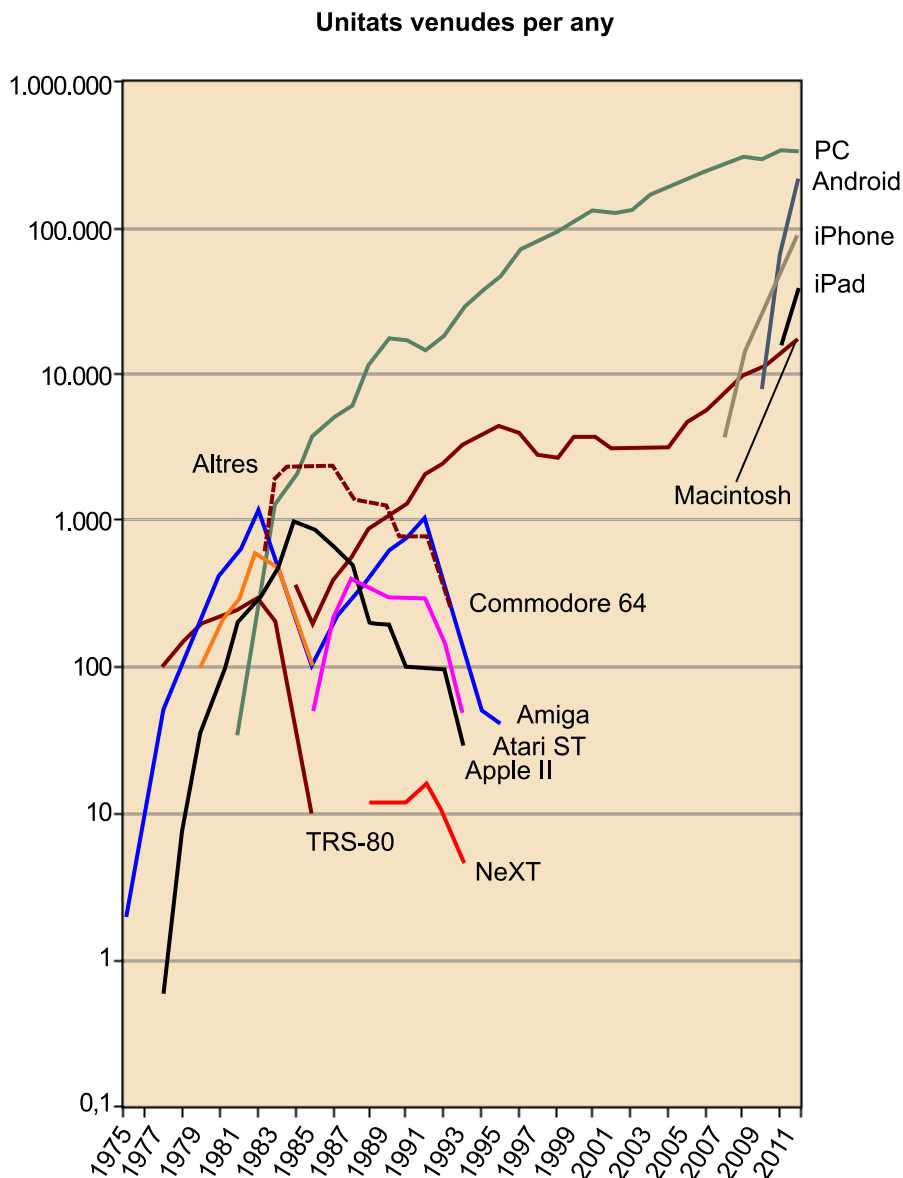
Obtingut el 9 d'agost de 2012 de l'entrada "Mobile operating system de la Wikipedia"

La figura 3 mostra en una escala logarítmica l'evolució de les vendes de telèfons intel·ligents a escala mundial en els últims cinc anys. Com es pot apreciar, els sistemes operatius Android i iOS gaudeixen d'un lideratge destacat i una

tendència de creixement positiva. En el moment actual, a més d'un enorme interès per observar com es resol la lluita entre Android i iOS per a capitanejar aquesta franja de mercat, hi ha una gran expectativa sobre quin serà el futur paper de Windows en aquest segment.

La figura 4 posa en context i perspectiva les dades anteriors. En aquest cas, d'una banda crida l'atenció l'increment enorme del mercat després de la incorporació dels dispositius mòbils. De l'altra, la batalla pel lideratge entre plataformes en l'últim quart del segle XX, que de moment té com a resultat el predomini de dues (Mac i PC, en argot popular). A més, el gràfic evoca la comparació inevitable entre la confrontació per la supremacia en el sector dels dispositius d'escriptori i l'actual ja esmentada per l'hegemonia en el món dels dispositius mòbils (tauletes tàctils i telèfons intel·ligents).

Figura 4. Ascens i declivi de l'ordinador personal d'escriptori



Adaptat de la pàgina web "The rise and fall of personal computing" (consultat el 4 de juliol de 2012).

4. Entorns tecnològics d'integració

La gran majoria dels objectes digitals interactius multimèdia actuals entren en una de les dues categories d'aplicacions habitualment anomenades *webs* o *apps*. El terme *aplicació* és molt ampli i serveix per a referir-se a totes les peces de programari creades amb l'objectiu de facilitar una sèrie de tasques per mitjà d'operacions computacionals. La demanda d'aquestes peces de programari ha augmentat significativament en els últims anys gràcies al creixement de les plataformes mòbils. L'ús intensiu que tenen ha posat de moda la paraula *app* fins a un punt que el 2010 va ser triada la paraula de l'any per l'American Dialect Society. *App* és l'abreviatura del terme anglès *application* i se sol emprar per a denominar aquest tipus d'aplicacions lleugeres desenvolupades amb finalitats específiques i dirigides principalment a aquest mercat global immens dels dispositius mòbils.

4.1. Desenvolupament de webs

La creació multimèdia amb tecnologia web té lloc principalment en la capa de programari denominada *del costat client*, la capa gestionada pel navegador i en la qual l'usuari interacciona amb els continguts i els serveis. I durant gairebé una dècada, la tecnologia predominant per a aconseguir determinades quotes d'interacció amb els elements multimèdia ha estat Flash, el programa d'Adobe. No obstant això, en els darrers anys s'ha produït un canvi de tendència a causa de l'evolució dels estàndards web de la mà del W3C i la seva incorporació progressiva als navegadors principals.

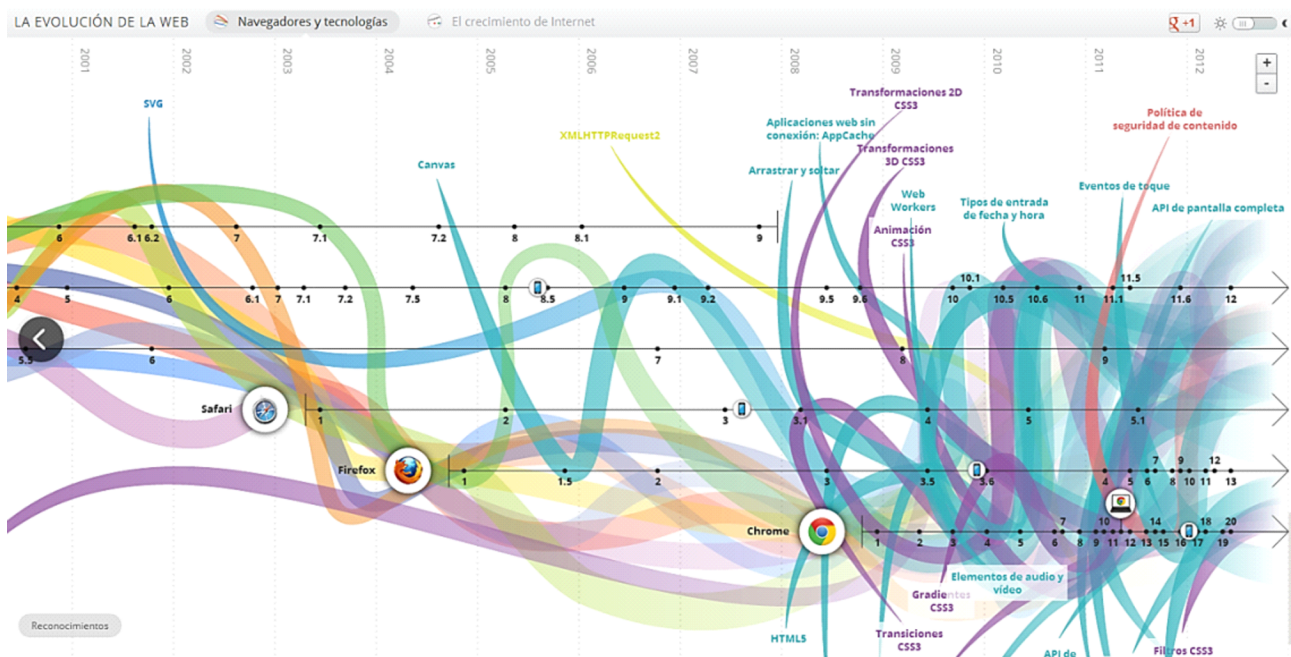
En aquest sentit, les tecnologies que acompanyen l'HTML5 (JavaScript, CSS i HTML) semblen haver pres definitivament el relleu.

Tant és així que el 2011 Adobe ja va anunciar que Edge seria la nova eina d'autor per a la creació multimèdia a les diverses plataformes.

Les interfícies web dinàmiques amb continguts multimèdia es poden fer per mitjà de llenguatges de programació com, per esmentar-ne algun, C++ o Objective-C, aplicant-hi les API que faciliten els sistemes operatius. Ara bé, tot i que és cert que amb aquest mètode el resultat és òptim en termes d'eficiència, en termes de dedicació i esforç el cost és molt més elevat que altres alternatives basades en l'ús de biblioteques JavaScript com, per exemple, JQuery, Prototype i Dojo Toolkit. Actualment, JavaScript és el llenguatge més popular per a generar *scripts* que amplifiquin les capacitats interactives del navegador i la tendència tecnològica dominant a l'hora de crear pàgines web dinàmiques.

La inclusió de la multimèdia en el Web no ha estat un camí fàcil, però com ja s'ha esmentat, tampoc ho ha estat per als promotors d'estàndards ni per als fabricants d'eines d'autor. El Web va significar un canvi tecnològic d'una envergadura immensa. La incorporació de la interactivitat i la multimèdia afectava, a més de la tecnologia del costat client, les tecnologies del costat servidor i les infraestructures. Una mostra reveladora d'aquest fenomen resulta patent en la imatge següent (figura 5), que recull les millores tecnològiques dels navegadors introduïdes al llarg del temps (la mateixa informació es pot observar d'una manera dinàmica a la pàgina web).

Figura 5. Infografia: l'evolució dels navegadors i el Web



Font: The Evolution of the Web (consulta feta el 16 de juliol de 2012).

4.2. Desenvolupament d'aplicacions

Actualment, cada plataforma té uns llenguatges de programació propis, i a més, hi ha un ventall ampli de llenguatges alternatius que es poden fer servir. Una opció que pren força per al desenvolupament multiplataforma és usar HTML5, atès que cada cop més les funcionalitats dels dispositius queden a l'abast de la combinació d'HTML, JavaScript i CSS.

L'anàlisi de cada un d'aquests entorns de programació supera els marges d'aquest mòdul. Per a estudiar-los amb detall, a més de la informació oferta directament pels fabricants, farem servir informació publicada a la Xarxa. Entre la gran quantitat de recursos en obert destaca, per la seva continuïtat, freqüència d'actualització i popularitat, el material publicat per l'empresa alemanya EnoughSoftware amb el títol de "Mobile developers guide to the Galaxy".

5. Eines d'integració

Els avenços dels estàndards web, juntament amb el creixement ràpid i enorme del mercat mòbil han provocat profunds canvis en les tecnologies de producció multimèdia. Adobe, la companyia capdavantera en la fabricació d'eines reflecteix perfectament la complexitat d'aquesta situació. La companyia treballa actualment promovent aparentment tres línies de desenvolupament de programari diferents per al sector de la producció i creació multimèdia. La clàssica, provinent de l'evolució de les eines d'autor d'escriptori amb programes mítics com Photoshop, Illustrator i Premiere; una segona línia, la d'Edge, orientada al desenvolupament de pàgines web multimèdia amb tecnologies HTML5; i finalment, una línia incipient d'aplicacions *touch* i *mobile* per a les tauletes tàctils i telèfons intel·ligents.

Tradicionalment, les peces de multimèdia resultants de la integració eren objectes digitals emmagatzemats en un suport físic, principalment CD-ROM. Les eines d'autor com Director proporcionaven un entorn de desenvolupament amb els recursos necessaris per a integrar els diferents mitjans, crear l'estructura de navegació i els fluxos d'interacció amb l'usuari. El producte final s'empaquetava vinculat a un fitxer executable.

Encara que aquest model originat en l'època de la multimèdia d'escriptori continua vigent, la producció multimèdia actual es fa per a tecnologies i entorns molt més heterogenis i heterodoxos en els quals és recomanable tenir nocions de programació.

5.1. Els llenguatges de programació

Aquestes peces de programari, les segones en importància després dels sistemes operatius, han anat evolucionant tant en sintaxi (gramàtica) com en semàntica (vocabulari). Els desenvolupadors d'aplicacions fa dècades que es van allunyar dels llenguatges de baix nivell. En la dècada dels seixanta del segle XX van sorgir diversos llenguatges de tercera generació (3G) que incloïen instruccions, a més de símbols i nombres. Van sorgir llavors llenguatges d'ús més senzill com Basic, Pascal, Fortran i Cobol. Posteriorment, dins d'aquest grup, es van obrir pas dues noves categories, els programes orientats a objectes (p. ex.: Java, C++) i la programació visual (p. ex.: Visual Basic, .NET).

Els llenguatges de programació s'utilitzen per a crear programes executables i es fan servir per a desenvolupar una infinitat d'aplicacions, des d'un sistema operatiu fins a un joc per a una consola. I hi ha grans diferències entre ells en termes de complexitat i poder. A continuació, presentem alguns dels que han aconseguit més implantació.

a) C

C és un llenguatge de programació avançat utilitzat per al desenvolupament d'aplicacions. Va ser creat per Dennis Ritchie el 1970 per a ser usat en la creació de sistemes operatius. Des de llavors, ha demostrat el potencial que té més enllà de la seva destinació inicial i és utilitzat per a crear programes en multitud d'activitats professionals com l'enginyeria, l'economia o els jocs d'entreteniment.

b) C++

C++ prové de C i la diferència amb el seu predecessor és que C++ és un llenguatge orientat a objectes. Va ser creat per Bjarne Stroustrup i és un llenguatge que s'usa freqüentment en el desenvolupament d'aplicacions de caràcter gràfic.

c) Visual Basic

Visual Basic és un llenguatge desenvolupat per Microsoft a partir del BASIC. S'usa freqüentment en el desenvolupament d'aplicacions per a Windows.

d) Java

Java és un llenguatge de programació orientat a objectes, flexible i poderós, desenvolupat per Sun Microsystems. S'usa també amb certa freqüència en entorns de desenvolupament web.

5.2. Llenguatges web

Amb l'aparició del WWW van néixer nous llenguatges. Alguns no eren, de fet, de programació, sinó llenguatges de marcatge com l'HTML o l'XML. En la seva primera etapa, el Web era estàtic, però aviat van sorgir noves necessitats. La companyia Netscape va incorporar el llenguatge de JavaScript al seu navegador per manejar la interacció amb l'HTML i així poder gestionar el contingut de les pàgines web. Es va iniciar d'aquesta manera el camí cap a un Web dinàmic i multimèdia, en el qual els llenguatges de programació van assumir el protagonisme ben aviat. A continuació, es revisen breument alguns dels llenguatges més utilitzats.

a) HTML

L'HTML¹ és el llenguatge central del Web i s'utilitza per a definir l'estructura i forma de les pàgines web per mitjà d'etiquetes² i propietats³. El llenguatge HTML és estàtic i indica el contingut d'una pàgina, no com aquesta funciona. El W3C és el consorci encarregat de regular i promoure'n l'evolució com a estàndard. HTML5 és l'última versió de les especificacions publicades i inclou importants novetats, entre elles les etiquetes <multimedia>. HTML5 ha generat grans expectatives en la comunitat de desenvolupadors i especialistes del sector.

⁽¹⁾HTML és la sigla d'*hyper text markup language*.

⁽²⁾En anglès, *tags*.

⁽³⁾En anglès, *attributes*.

Una de les comunitats més actives ho expressa en la seva pàgina web en aquests termes:

“Audio and Video became first-class citizens on the Web with HTML5 the same way that other media types like images did in the past. Through their new APIs you can access, control and manipulate timeline data and network states of the files.”

“HTML5 Features” (consulta feta el 18 d'agost de 2012).

b) JavaScript

JavaScript és un llenguatge que va ser desenvolupat per Netscape per a fer possible l'ús de pàgines web interactives i dinàmiques. L'aparició del JavaScript va obrir la possibilitat d'interactuar amb l'HTML i va donar impuls a un Web dinàmic amb presència d'elements interactius i multimèdia, com ara formularis i animacions, per exemple.

c) PHP

PHP és un llenguatge originalment dissenyat per al desenvolupament web i per a produir pàgines dinàmiques. Va ser un dels primers llenguatges del costat servidor incrustat en la font del document HTML en lloc de cridar un fitxer extern per processar dades. El codi és interpretat per un servidor web amb el mòdul de PHP instal·lat, que l'executa i en presenta el resultat generalment en una pàgina web. El seu competidor directe és Microsoft Active Server Page (ASP⁴). PHP està instal·lat en més de vint milions de llocs web i un milió de servidors web. Programaris d'ús molt estès com Joomla, Wordpress, Concreti5, MyBB i Drupal utilitzen PHP.

⁽⁴⁾ASP és la sigla d'*active server page*.

d) Java

És el llenguatge de programació ja esmentat. En el cas del Web s'utilitza per a desenvolupar miniaplicacions (*applets*), programes que funcionen dins de pàgines web i aplicacions independents. Encara que comparteix grafema amb JavaScript, són dos llenguatges diferents. L'ús de miniaplicacions és cada cop més infreqüent en el costat del client.

5.3. La interacció i les interfícies d'usuari

La interacció de l'usuari amb els programes informàtics ha canviat molt al llarg dels anys. Inicialment, la forma típica de comunicar-se amb els ordinadors es basava en “la línia d'instruccions”, que requeria dominar un llenguatge específic.

Les idees de Douglas Engelbart i Alan Kay, entre d'altres pioners, van ser clau per a marcar la senda cap al desenvolupament d'interfícies més avançades en les quals intervenien elements sensorials com la vista i el moviment.

El llançament del Macintosh el 1984 representa una fita en aquest camí cap a les interfícies gràfiques d'usuari (GUI⁵), que s'havien creat als anys setanta en el laboratori PARC de Xerox, i dona un impuls definitiu a la metàfora d'un escriptori amb carpetes, porta-retalls i paperera.

⁽⁵⁾GUI és la sigla de *graphical user interfaces*.

A poc a poc s'obre pas en la informàtica d'escriptori la idea d'un sistema gràfic intuïtiu que permeti a l'usuari controlar les funcions bàsiques del sistema operatiu. Per mitjà d'icones, menús i altres indicadors visuals, les GUI representen la informació i accions del sistema operatiu disponibles per a l'usuari. El 1985, un any després del llançament d'Apple, Microsoft segueix aquesta tendència llançant al mercat Windows com a complement del sistema operatiu MS-DOS. De nou, el laboratori Xerox PARC impulsa un altre avenç transcendent en les interfícies d'usuari amb la implementació de les tècniques WYSIWYG⁶. Gràcies a aquest procediment, el que l'usuari veu durant el procés d'edició s'assembla molt al resultat final imprès o mostrat en pantalla. Els processadors de text i els editors de gràfics van ser els primers programes a beneficiar-se d'aquesta tècnica.

⁽⁶⁾WYSIWYG és acrònim de la frase anglesa *what you see is what you get*.

La mateixa tendència cap a les interfícies gràfiques ha continuat en el mercat dels dispositius mòbils. Si bé Microsoft, Nokia i Palm treballaven des de feia anys en les GUI de les tauletes gràfiques, no és fins a l'aparició de l'iPhone d'Apple el 2007 quan es produeix una ruptura transcendent amb les GUI d'escriptori. Aquest fet representa un punt d'inflexió a partir del qual la creació de GUI per a dispositius mòbils pren un impuls molt fort, i tot el conjunt d'experiència acumulada i activitat larvada adquireix rellevància. Google aconsegueix que el 2008 aparegui al mercat el primer mòbil amb sistema operatiu Android i en poc temps se situa al capdavant de la cursa. Per la seva banda, Microsoft, que en el camp de la interacció tàctil acumula molta expertesa, intenta recuperar el terreny perdut amb la Surface i l'aliança que signa el 2011 amb Nokia per a impulsar Windows Phone.

Les interfícies dels dispositius mòbils han incorporat elements nous d'interacció i han potenciat de manera substancial l'element tàctil.

Mentre que els dispositius d'escriptori es basaven en la sensació física del ratolí i la reacció del punter, els dispositius mòbils depenen d'una gamma més diversa d'interaccions tàctils en combinació amb les respostes corresponents. Convé no perdre de vista, però, que al mateix temps que s'amplien les possibilitats d'interacció, augmenten les possibilitats de confondre l'usuari. Avui dia, les GUI dels sistemes operatius dominants en els dispositius d'escriptori segueixen patrons força estàndards, independentment de si la plataforma és Mac o Windows. En canvi, el camp de les tauletes tàctils i els telèfons intel·ligents encara està en una fase inicial molt jove i les convencions d'interacció estan poc evolucionades per a considerar-les ja un llenguatge comú madur. A mesura que s'avenci en aquesta direcció, el conjunt de biblioteques⁷ que cada entorn de desenvolupament posa a disposició del creador d'aplicacions serà més congruent amb patrons estàndards d'interacció.

⁽⁷⁾En anglès, *libraries*.

La investigació de la interacció entre els humans i les màquines és una disciplina informàtica amb anys de tradició (HCI, *human computer interaction*). En aquest àmbit, a més de la interacció mitjançant les GUI dels diversos dispositius informàtics d'escriptori i mòbils, hi ha diverses àrees d'activitat rellevant com la dels videojocs, la de la robòtica i l'artística. En aquest terreny concret de la investigació i experimentació, paga la pena destacar l'activitat de la comunitat d'Arduino per la naturalesa interdisciplinària, el potencial pedagògic i la filosofia de codi obert que té.

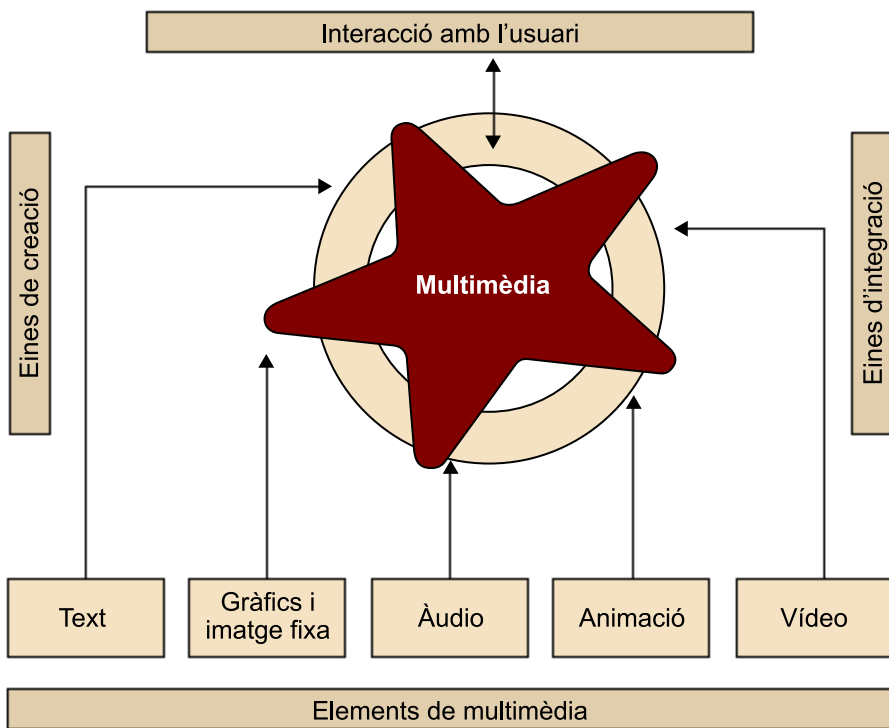
6. Les peces bàsiques per a la creació multimèdia

Al llarg d'anys d'evolució, la informàtica ha resolt el repte de produir elements digitals com ara textos, gràfics, àudios, animacions, imatges fixes i en moviment, que tenen origen en fonts diverses de comunicació i expressió. Aquestes peces digitals d'informació s'agrupen dins de la categoria del que habitualment anomenem *mitjans*. Una distinció fonamental entre ells rau en la dependència de la variable temps. El grup dels mitjans dependents del temps se solen presentar associats a "controls" per a activar, afegir una pausa o aturar l'acció. En aquest primer cas hi ha el vídeo, l'animació i el so; en el segon, el text, els gràfics i les imatges fixes.

Multimèdia és, precisament, la conseqüència de la integració d'aquests mitjans, ja que incorpora regularment possibilitats d'interactivitat. El resultat d'aquesta combinació és un objecte digital més complex, amb propietats comunicatives presumiblement superiors (figura 6).

Lectura complementària
 N. P. Chapman; J. Chapman (2009). *Digital multimedia* (pàg. 732). Wiley.

Figura 6. Els components bàsics de la multimèdia



Els nous entorns web i mòbil han anat acompanyats de noves tecnologies que s'han sumat a les que ja hi havia, cosa que ha provocat que les eines de creació multimèdia hagin experimentat canvis importants. Acompanyant

aquesta evolució al llarg de més de trenta anys, els formats de codificació de cadascun dels objectes s'han anat perfeccionant, i també s'han renovat els suports d'emmagatzematge i distribució.

En aquest apartat revisarem els problemes tècnics que planteja la creació de dades dels diferents mitjans. Per a això procurarem identificar i mostrar els aspectes essencials de cada element, prestant una atenció especial a tres aspectes:

- La descripció de les propietats i característiques.
- Les eines de creació més usuals per a cada plataforma i dispositiu.
- La confrontació entre formats de codi obert i propietari quan sigui molt rellevant.

Si bé el llenguatge binari és la base comuna del funcionament dels ordinadors, el tipus de fitxers que manegen està en funció de la plataforma a la qual pertanyen. Aquesta separació és un fet àmpliament conegut que implica de vegades problemes complexos de compatibilitat per al desenvolupament de productes multimèdia.

Les eines de creació en general permeten crear aquestes peces en el format de fitxer propi de la plataforma, o bé en un format multiplataforma.

A continuació revisarem aquests aspectes en relació amb cadascun dels elements.

6.1. Text

“For too long typographic style and its accompanying attention to detail have been overlooked by website designers, particularly in body copy. In years gone by this could have been put down to the technology, but now the web has caught up. The advent of much improved browsers, text rendering and high resolution screens, combine to negate technology as an excuse.”

Richard Rutter (2005). “Introduction”. *The elements of typographic style applied to the web*.

El paper creixent del Web com a suport de la multimèdia confirma l'argument de Richard Rutter sobre la desaparició de moltes de les barreres inicials que el mitjà posava a la tipografia. No obstant això, tot i que és cert que han caigut murs molt vells (lentitud d'accés i processament, navegadors limitats, llenguatges i estàndards poc desenvolupats), també ho és que per al creador de continguts interactius la complexitat per a usar la tipografia de manera creativa ha augmentat. Plasmar una idea creativa basada en un determinat ús de la tipografia no resulta senzill, a causa dels diferents elements tècnics involucrats. Per a això hi ha moltes preguntes a les quals s'ha de donar resposta, per exemple: quin tipus de lletra⁸ usar? És de codi obert? Per mitjà de quin

⁽⁸⁾En anglès, font.

dispositiu hi accedirán els usuaris? El tenen en el dispositiu o l'han de descarregar? I, el tipus escollit, serà millor, atesa la densitat de punts de la pantalla del dispositiu?

La força i la capacitat d'expressió del text ha estat sempre fora de tot dubte, encara que durant la fase inicial de les diferents etapes del desplegament de la multimèdia perdés força potencial. La tipografia no ha tingut un camí fàcil per a poder mostrar la seva naturalesa creativa, ja fos amb aplicacions d'escriptori, web, o en dispositius mòbils. Les limitacions tècniques continuen presentant grans obstacles. La falta de formació entre els professionals constitueix també un factor limitador important, encara que no és l'únic. La publicació de llibres i blogs sobre tipografia web en els últims anys, majoritàriament en anglès, han contribuït a una recuperació progressiva de la funció expressiva de la tipografia. A continuació revisarem alguns conceptes tècnics clau per a tractar de comprendre i superar, en part, aquests obstacles.

El tractament del text per part de l'ordinador té lloc mitjançant una sèrie de processos de codificació que hi estan relacionats, i que permeten fer, entre altres coses, funcions de creació, edició i presentació del text. De forma bàsica, el text es pot categoritzar segons la tipologia del format: *sense format*, *formatat* i *hipertext*. En l'ordinador, el text es representa per mitjà de codis binaris com els establerts en la taula ASCII, o l'estàndard que la va substituir, Unicode.

Des del punt de vista tècnic, aquesta àrea de la informàtica ha de resoldre reptes diversos de dimensions significatives; per exemple, l'ús de múltiples plataformes, la proliferació de dispositius i el multilingüisme. De la mateixa manera que ha succeït en altres àrees de les TIC, la solució òptima ha arribat de la mà de l'estandardització. El 1991 es va incorporar l'estàndard universal Unicode amb capacitat per a codificar més d'un milió de caràcters i facilitar així la codificació multilingüe i l'intercanvi universal de dades de text.

Unicode estableix una distinció entre els **caràcters** –elements mínims del text escrit–, i els **glifs**, que representen les formes dels caràcters quan es mostren en els dispositius. Els mètodes de mapatge d'Unicode es corresponen amb els denominats UTF i UCS. El mètode de codificació per defecte per a XHTML és UTF-8. Com que els fulls d'estil en cascada (CSS) han evolucionat ràpidament, molts dels atributs d'XHTML per a la configuració de l'aparença del text han quedat obsolets. L'assignació de codis a cada caràcter és el primer pas del processament del text. El segon té a veure amb les tècniques per a mostrar-lo en pantalla o imprès. La representació dels glifs no està inclosa en l'estàndard Unicode, sinó que forma part d'aquest conjunt de tècniques denominades *fonts*.

Una **font** (tipus de lletra) és un recurs que conté la representació visual de caràcters. En el seu nivell més simple conté la informació que estableix la correspondència entre els codis dels caràcters i les formes (glifs) que els representen. Les fonts s'agrupen en **famílies**, que comparteixen un mateix estil de disseny i propietats. Dins d'una mateixa família, la forma mostrada d'un determinat

caràcter pot variar en el grossor del traç, la inclinació o l'amplària relativa, entre d'altres. Un tipus de font es descriu per una combinació única d'aquestes característiques.

Des de l'etapa inicial de la multimèdia, les fonts han estat un element que ha residit localment en una de les carpetes del sistema de l'ordinador de l'usuari. Aquest model ha perdurat en el temps, de manera que els productes multimèdia d'escriptori, o bé utilitzaven fonts d'ús generalitzat instal·lades per defecte en la majoria dels sistemes operatius, o bé articulaven un mitjà perquè l'usuari en disposés. L'aparició del Web no va canviar aquest model fins que van passar uns anys. En els inicis del Web, l'ús de fonts i els seus estils estava controlat per la configuració del navegador. No hi havia cap forma de control de la presentació visual de la font fins que Netscape va introduir l'etiqueta el 1995; posteriorment, va ser estandarditzada en les especificacions de l'HTML2. Malgrat aquest avenç, continuava essent necessari tenir les fonts instal·lades en l'ordinador de l'usuari perquè el navegador pogués utilitzar-les.

Gràcies al predomini creixent dels estàndards proposats pel W3C, el tractament del text en el Web ha rebut un impuls important. L'avenç dels llenguatges de marcatge i estàndards web ha permès que recuperés paulatinament el potencial expressiu que la tipografia té en el món imprès.

Simultàniament, la importància creixent de la tipografia en el Web ha reobert un debat ja vell sobre la propietat de les fonts. Tradicionalment, en els sistemes d'escriptori, l'autor de productes multimèdia havia de triar entre usar fonts d'ús generalitzat en les dues plataformes dominants o, en cas de voler usar fonts més específiques, posseir-ne els drets i procurar a l'usuari mitjans per a instal·lar-les a l'ordinador. El Web amplia aquestes dues opcions afegint noves complexitats al model. L'autor té a l'abast una gran varietat de fonts de domini públic i multitud de fonts propietàries. Una vegada triada la font i en funció dels drets que tingui sobre ella, l'autor podrà optar per incorporar-la a la seva obra web mitjançant les propietats dels CSS, o bé demanar al navegador que les descarregui d'un determinat domini. Ambdós models no paren d'ampliar i simplificar l'oferta de serveis.

6.2. Gràfics

En el camp de la multimèdia, el terme *gràfics* es refereix a una varietat àmplia de representacions pictòriques com ara esbossos, logotips, esquemes, dibuixos, fotos i fotogrames aïllats de les animacions i vídeos. El tractament de gràfics per a ordinador es va popularitzar amb l'aparició dels primers ordinadors com l'Apple II, que van incorporar les interfícies d'usuari visuals i programes de

dibuix: mapa de bits i vectorials. Des de llavors, aquesta temàtica no ha parat de créixer i ampliar el seu camp d'aplicació. A continuació, revisem alguns dels conceptes bàsics d'aquesta àrea.

Una manera genèrica de catalogar els gràfics digitals és agrupar-los en dues categories, d'acord amb el nombre de dimensions en les quals treballa el programa que els genera, és a dir, gràfics 2D i gràfics 3D. El mètode seguit per a la generació dels gràfics pot ser de dos tipus, de **mapa de bits** o **vectorials**. Els primers es formen per mitjà de patrons de píxels; els segons són generats per l'ordinador mitjançant una sèrie d'instruccions per a ser mostrats en pantalla o impressió.

La tècnica del mapa de bits és clau per a la generació de gràfics amb molts detalls. Al mateix temps que permeten incorporar-ne molts, requereixen una edició molt intensiva. El concepte i les característiques del mapa de bits han estat essencials per al desenvolupament de la fotografia digital. Com a resultat de la quantitat enorme d'informació que poden incloure, el tractament de gràfics genera fitxers molt grans. Per a superar aquesta limitació, i altres com l'escalat i la dependència del dispositiu, han anat sorgint algorismes de compressió més eficaços com a base de nous formats de fitxers.

Hi ha diversos programes de creació de gràfics de mapa de bits que han aconseguit una gran popularitat. Aquests programes permeten treballar des d'elements centrals com la resolució i el color, fins a manejar un gran nombre de conceptes i variables per a fer una infinitat de transformacions. En el cas concret del Photoshop, ha tingut una divulgació tan universal que sense cap dubte ha aconseguit passar a formar part de la cultura de masses.

En comparació amb els gràfics de mapa de bits, el dibuix vectorial resol de manera òptima els problemes de la grandària dels fitxers, l'escalat i la dependència de dispositius. En contrapartida, encara que permeten fer gràfics complexos, amb molts detalls i una gran capacitat de representació realista, no permeten una edició tan detallada a escala de píxel, ni són el suport apropiat per als gràfics fotogràfics.

Els gràfics 3D aprofiten el poder computacional per a generar un tipus d'imatge diferent. El tipus de tasques que fa l'autor per a obtenir un gràfic 3D són molt diferents de les associades a un procés de creació 2D. Les tasques de tot el procés de producció se solen agrupar en quatre fases: "modelatge"; "materials i textures"; "il·luminació"; i "animació i renderització"⁹.

⁽⁹⁾De l'anglès, *render*.

El gran consum de poder computacional, i també la dificultat i laboriositat del procés creatiu, han frenat l'ús del 3D en les produccions multimèdia d'escriptori. En el camp de la multimèdia en suport web, l'ús ha estat gairebé testimonial. Recentment, han sorgit noves tecnologies i s'han renovat anti-

gues iniciatives que han fet créixer les expectatives sobre l'ús dels gràfics 3D en el Web, especialment per mitjà de l'element d'HTML5 *canvas* i la capacitat de manipular-lo en JavaScript.

6.3. So

La introducció de l'àudio digital en la informàtica de consum va canviar radicalment els processos tradicionals seguits per a la seva creació, distribució i accés. La comercialització global de dispositius com l'iPod, la popularització de les xarxes d'intercanvi P2P a Internet, al costat de la divulgació de formats de compressió més eficients com l'MP3, va capgirar de manera dramàtica la indústria del so. Al final del segle passat, un sistema d'àudio domèstic d'enregistrament i reproducció de so solia encara incloure un conjunt d'elements separats com un micròfon, un amplificador, una enregistradora i altaveus. Els canvis impulsats per les TIC en el camp del so han estat tan importants que, deu anys després, un telèfon intel·ligent posa a les mans de qualsevol usuari, al costat de moltes altres funcionalitats, les peces bàsiques d'un estudi digital.

La tecnologia involucrada en el camí seguit pel so des que és emès per una persona que parla davant d'un portàtil fins que arriba a cau d'orella de la persona que escolta el *podcast*, és un exemple revelador dels molts reptes que les TIC han anat superant fins a aconseguir que la multimèdia sigui un atribut estàndard de la cultura digital actual. Per il·lustrar una part minúscula d'aquesta complexitat tan enorme, revisarem a continuació el viatge d'aquest *podcast* de manera molt condensada.

El so és una forma d'energia produïda a partir de la vibració d'un objecte. Viatja d'un lloc a un altre mitjançant un mitjà material i és representat generalment per ones. En l'exemple del *podcast*, el micròfon del portàtil captura les ones acústiques i les converteix en un flux de voltatge elèctric. Un dispositiu (CAD) converteix aquest flux cada segon en milers de mostres enregistrades en nombres digitals. Les dades digitals s'envien a la Xarxa, es distribueixen i són rebudes per l'usuari. Aquesta informació digital és transformada de nou en analògica per un dispositiu complementari (CDA). El resultat és una altra vegada una seqüència d'impulsos elèctrics que l'altaveu del receptor s'encarrega de transformar en ones acústiques amb propietats similars a les del so original.

Quant a la producció, des d'un punt de vista general, un fitxer de so digital es pot obtenir a partir de dos mètodes bàsics: mitjançant la captura i tractament d'una font sonora, o mitjançant la generació del so en un ordinador seguint un procés informàtic. En el primer cas, la tècnica es denomina *mostreig*, en el segon, *síntesi*. El primer mètode té avantatges diversos, com la representació efectiva de sons naturals, la facilitat de creació i edició, una elevada qualitat

i una reproducció fiable. En contrapartida, de la mateixa manera que ocorria amb els mapes de bits en el cas dels gràfics, els fitxers són més grans i les funcionalitats d'edició són limitades.

La segona forma d'àudio digital és el que es produeix sintèticament. El més estès és el denominat *MIDI*. Un fitxer de MIDI inclou instruccions perquè l'ordinador els executi i generi artificialment el so. Aquests fitxers són molt més petits que els fitxers produïts per mostreig i, a més, permeten als autors editar amb precisió en el nivell de cada nota dels diversos instruments usats en la composició. L'inconvenient més destacat, però, són les limitacions que té per a produir sons naturals com la veu humana, la necessitat de formació musical per al seu maneig i menys qualitat en la reproducció.

En comparació amb els sistemes analògics tradicionals, el so digital presenta un bon nombre d'avantatges, com ara la qualitat de la reproducció, la facilitat d'edició i la fidelitat de la transmissió, per esmentar-ne alguns.

El so és un element essencial de les aplicacions multimèdia i és àmpliament distribuït a Internet, o bé en forma de descàrregues¹⁰ o transmissions en temps real¹¹. La millora de les xarxes i infraestructures, juntament amb l'augment de les capacitats dels ordinadors, ha afavorit que els servidors proveïxin transmissió en temps real. D'aquesta manera, l'usuari rep i accedeix al contingut multimèdia pràcticament sense demora i de forma constant.

⁽¹⁰⁾En anglès, *downloads*.

⁽¹¹⁾En anglès, *streaming*.

6.4. Vídeo

En la primera dècada del segle XXI, la tecnologia Flash i la seva integració i universalització de bons còdecs de vídeo, i també la progressiva implantació de les connexions de banda ampla, preparen el camí perquè de la mà de YouTube, el vídeo s'incorpori com a membre de ple dret a la multimèdia en el Web. En pocs anys, la generalització de l'ús del vídeo a la Xarxa ha significat la creació de nous espais de comunicació amb pràctiques i usos del llenguatge audiovisual propis. Igual que el sector musical, amb l'arribada del vídeo a la Xarxa, la indústria del cinema i televisió tradicionals han vist com les seves fronteres s'han diluït. La popularització de l'ús del vídeo ha ampliat els usos i registres del llenguatge audiovisual de manera anàloga al que ha succeït amb el llenguatge escrit mitjançant els missatges SMS. Un escenari més complex en el qual s'entremesclen les noves pràctiques de creació amb les clàssiques, i que ofereix a l'autor de continguts interactius una infinitat de possibilitats creatives amb aquest element.

El vídeo, en combinar imatge i so, es dirigeix a dos canals sensorials del receptor i, com a conseqüència, té un potencial comunicatiu elevat. Per contra, aquest espectre perceptiu destacat afegeix dificultats al procés creatiu. Si bé el

vídeo pot oferir opcions molt apropiades, per exemple, per a transmetre emocions, instruccions, demostrar tècniques i relatar experiències, la complexitat tècnica i comunicativa que té provoca moltes vegades que els resultats no siguin satisfactoris.

Durant les dues últimes dècades del segle passat va conviure la producció de vídeo analògic en suport electromagnètic amb la multimèdia digital d'escriptori. Termes de l'etapa de vídeo analògic com *VHS*, *S-VHS* i *Betacam* formen part de la història d'aquest mitjà i, com a part d'un procés d'evolució contínua, han donat pas a uns altres formats digitals com AVI, MPEG i MOV.

El vídeo és un dels elements multimèdia que més s'ha beneficiat de la implantació dels avenços en el camp de les tecnologies associades al sector dels dispositius mòbils. La incorporació de càmeres de vídeo digital de molta qualitat als telèfons intel·ligents ha convertit qualsevol usuari d'aquest dispositiu en un productor potencial de continguts audiovisuals.

La qualitat d'un vídeo està determinada per alguns dels mateixos factors que regeixen la qualitat de les imatges fixes i animades com la freqüència i la resolució. La freqüència es refereix al nombre de fotogrames capturats o emesos per segon (FPS), la resolució l'estableix la combinació de tres factors: la ràtio d'aspecte, la grandària del fotograma i la profunditat de bits. Encara que la comunitat científica ha anat creant definicions i recomanacions sobre aquests conceptes, a la pràctica, l'usuari o creador de continguts es troba davant d'un escenari amb múltiples opcions de resolució de captura i visualització.

La ràtio d'aspecte ve fixada per l'amplada i l'alçària del fotograma. Com que les pantalles de televisió són una de les possibles destinacions del vídeo, convé tenir en compte els estàndards que s'usen com a referència. La televisió digital d'alta definició (HDTV) ha introduït la proporció 16:9 en substitució del clàssic 4:3, i gradualment s'ha anat imposant la resolució 1.920×1.080 amb escaneig progressiu (1.080 p) com a estàndard de qualitat. La grandària del fotograma s'expressa amb el nombre de píxels horitzontals i verticals que conté.

Els equips emprats en l'edició de vídeo digital han anat reduint dràsticament la seva sofisticació, grandària i costos. Entre els professionals del periodisme és ja una pràctica habitual utilitzar un portàtil per a l'edició de vídeo. Així, els avenços dels dispositius mòbils ofereixen cada dia noves opcions. A tall d'exemple, un iPhone 5 és capaç de capturar vídeos H.264 (720 p de resolució, 30 fotogrames per segon), MPEG-4 (640×480 , 30 fotogrames per segon, 2,5 Mbps en la taxa de bits o *bit rate*) M-JPEG, (1.280×720 , 30 fotogrames per

segon, 35 Mbps en la taxa de bits). No obstant això, passa sovint que determinades possibilitats queden restringides per la capacitat d'emmagatzematge, la resolució de pantalla i la velocitat del processador.

Els mateixos principis aplicats per a determinar les implicacions que la resolució d'un element multimèdia té en la producció són aplicables al vídeo. Concretament, una resolució més elevada comporta un fitxer més gran. I aquesta mida dels fitxers posa pressió en els aspectes relacionats amb la velocitat de transmissió i la capacitat dels processadors dels diferents dispositius. Les possibilitats d'utilització del vídeo en la producció d'aplicacions multimèdia han augmentat exponencialment amb la incorporació del vídeo al Web i als dispositius mòbils. L'eficiència dels algorismes de codificació, l'aparició d'estàndards més evolucionats i la disponibilitat de noves eines de producció i edició de baix cost ha acabat per donar l'impuls definitiu a aquest mitjà. Sense oblidar la transcendental importància de *chipsets* especialitzats, que ja comencen a ser universals i que permeten el processament de vídeo amb un consum molt baix d'energia.

Igual que succeeix en altres àrees de l'àmbit TIC, l'ús de vídeo en el Web viu també la confrontació entre els formats propietaris i els de codi obert. A més de posicions ideològiques confrontades, en aquesta batalla moltes companyies desenvolupadores de programari i serveis tenen grans interessos econòmics en joc. Apple, Google i Microsoft, per descomptat, no n'estan al marge. La inclusió de les etiquetes <video> i <audio> com a part de l'estàndard d'Internet HTML5 va intensificar la controvèrsia sobre l'ús en el Web del format de compressió propietari H.264 enfront del format Theora i WebM/VP8 de codi obert. L'article de la wikipedia "HTML5 Video" manté informació tècnica precisa i actualitzada sobre aquest debat, tal com s'aprecia en la taula 2.

Taula 2. Comparativa

Browser	Operating system	Latest stable release	Video formats supported		
			Theora	H.264	VP8 (WebM)
Android browser	Android	4.2.1 "Jelly Bean" ^[edit] (November 27, 2012; 47 days ago) ^{[27][28]}	2.3 ^[29]	3.0 ^[29]	2.3 ^[29]
Chromium	All supported	N/A	r18297 ^[30]	Manual install ^[note 1]	r47759 ^[32]
Google Chrome	All supported	24.0.1312.52 ^[edit] (January 10, 2013; 3 days ago) ^[33]	3.0 ^{[34][35]}	3.0 ^{[35][note 2]}	6.0 ^{[37][38]}
Internet Explorer	Windows	10.0.9200.16384RTM ^[39] ^[edit] (October 26, 2012; 2 months ago)	Manual install ^[note 3]	9.0 ^[41]	Manual install ^[note 4]
	Windows Phone	10.0 ^[edit] (November 21, 2012; 53 days ago)	No ^[citation needed]	9.0 ^[citation needed]	No ^[citation needed]
	Windows RT	10.0	No ^[citation needed]	10.0 ^[citation needed]	No ^[citation needed]
Konqueror	All supported	4.9.4 ^[edit] (4 December 2012; 40 days ago) ^[44]	4.4 ^[note 5]		
Mozilla Firefox	Windows 7+	18.0 ^[edit] (January 8, 2013; 5 days ago) ^[46]		Nightly (20) ^[note 6]	4.0 ^{[49][50]}
	Android		3.5 ^[47]	17.0 ^[51]	
	All other supported			No	
Opera	All supported	12.12 ^[edit] (December 18, 2012; 26 days ago)	10.50 ^[52]	No	10.60 ^{[53][54]}
Safari	iOS	6.0.2 ^[edit] (November 1, 2012; 2 months ago)	No	3.1 ^{[55][56]}	No
	MacOS X		Manual install ^[note 7]		Manual install ^[57]
Web (previously Epiphany)	All supported	3.6.1 ^[edit] (October 18, 2012; 2 months ago) ^[58]	2.28 ^[note 8]		

Font: "HTML5 video", wikipedia (obtingut el 9/8/2012)

6.5. Animació

Els programes d'animació van iniciar la seva marxa de la mà de les aplicacions de tractament de gràfics amb l'auge de la multimèdia d'escriptori cap als anys noranta. Igual que en altres àrees TIC, es tracta d'una història de progrés i canvi

frenètic plena de noms mítics com el desaparegut Deluxe Paint o el Lightwave 3D, creat inicialment per a la plataforma Amiga i utilitzat per a renderitzar els dos primers episodis de la sèrie de culte *Babylon 5*.

Les animacions es creen a partir d'imatges fixes i de la mateixa manera que el cinema i el vídeo basen el seu funcionament en el fenomen de la **persistència de visió**, el mecanisme de percepció de l'ull humà que li permet continuar veient durant una dècima de segon una imatge ja desapareguda. La tècnica de l'animació va néixer fa més d'un segle i des de les primeres proves com la del cavall animat d'Eadweard Muybridge al segle XIX, fins al *Toy Story* de Pixar o els *Invizimals* de Novorama ha recorregut un llarg camí. Avui és una disciplina consolidada que ocupa un lloc estel·lar en la indústria pròspera de l'entreteniment i dels videojocs.

La primera manera de generar animacions va ser a partir de gràfics i dibuixos creats a mà. Posteriorment, es va introduir el mètode de la filmació imatge per imatge (*stop motion*) basat a anar fotografiant els canvis d'un model mitjançant breus freqüències de temps. La utilització de programes informàtics especialitzats en la creació d'animacions va permetre l'automatització de moltes tasques i, en conseqüència, va agilitar, simplificar i abaratir enormement el procés de producció.

Encara que l'animació va ser creada per la indústria de l'entreteniment i té un protagonisme estel·lar en el sector dels videojocs, l'autor de continguts interactius multimèdia està obligat a considerar el seu potencial comunicatiu, que és enorme. Usada de manera adequada, pot afegir qualitat als continguts d'una pàgina web reforçant, simplificant o simplement facilitant la comprensió d'un missatge. Utilitzada de manera incorrecta, pot ser un factor de distracció que disminueixi el valor comunicatiu del conjunt.

L'animació en el Web pot ser tan senzilla com el simple desplaçament d'un text, els moviments d'un logotip, o els canvis d'un gràfic. O per contra, pot aconseguir nivells de complexitat tan elevats com els d'una història de còmic, una pel·lícula o un món virtual complet en 3D. Hi ha diverses tècniques per a crear animacions per al Web; esquemàticament, es poden agrupar en tres categories: per fotogrames, vectorial o per *script*. Flash ha estat l'eina que va incorporar l'ús de l'animació al Web, i en aquest sentit, continua sense tenir rival.



Figura 7. Cavall animat
Font: Wikipedia (recuperat el 10 d'agost de 2012)

7. Xarxes d'accés i distribució

En el llibre *La galàxia Internet*, Castells (2002) comenta part de l'impacte que l'arribada d'Internet va causar en la multimèdia.

“Durant tota la dècada dels noranta, els futuròlegs, els tecnòlegs i magnats dels mitjans de comunicació han perseguit el somni de la convergència entre ordinadors, Internet i els mitjans de comunicació. La paraula clau era *multimèdia*, i la seva materialització era la caixa màgica que tindríem en els nostres menjadors i que podria, seguint ordres de l'usuari, obrir una finestra global cap a infinites possibilitats de comunicació interactiva en vídeo, àudio i format de text.”

Manuel Castells (2002), *La galàxia Internet*.

Com hem vist, si bé aquesta concepció de la multimèdia relacionada amb la capa cultural ha anat quedant paulatinament postergada, la seva potència comunicativa, en canvi, ha envaït la Xarxa, que ha donat ales a la seva distribució i consum. Per aquesta raó, repassarem algunes de les característiques bàsiques de la Xarxa, aquesta tecnologia a la qual Castells (2002) es refereix com “el teixit de les nostres vides”.

Una xarxa és una col·lecció d'ordinadors interconnectats per mitjà d'un enllaç i un protocol de comunicació per a intercanviar dades i aplicacions. A més d'aquest intercanvi, els ordinadors en xarxa poden compartir els seus processadors per fer operacions, com per exemple processos de renderitzat, en el cas de projectes d'animació complexos.

Una classificació bàsica de les xarxes les agrupa d'acord amb l'extensió que tenen en locals (LAN¹²) i globals (WAN¹³). Una altra característica diferencial entre les xarxes és el mitjà empleat per a l'intercanvi de comunicació, si es fa o no per mitjà d'un cable. De les primeres n'hi ha moltes, des d'aquelles amb línies de cable per a ús exclusiu, a les que utilitzen línies de cables amb usos compartits, com les xarxes de telefonia, electricitat i fibra òptica.

⁽¹²⁾LAN és la sigla de *local area network*.

⁽¹³⁾WAN és la sigla de *wide area network*.

Les altres xarxes, les sense fil, també han anat incrementant la seva família amb protocols diversos com Bluetooth, Wi-Fi, i la llista extensa que acompanya l'evolució de la telefonia mòbil, des del seu inici fins a la generació de banda ampla actual 3G/4G. Sense oblidar, per descomptat, les xarxes de comunicació via satèl·lit, que ocupen un paper destacat en territoris en els quals, per diferents raons, la xarxa física no s'ha desplegat o ho ha fet insuficientment.

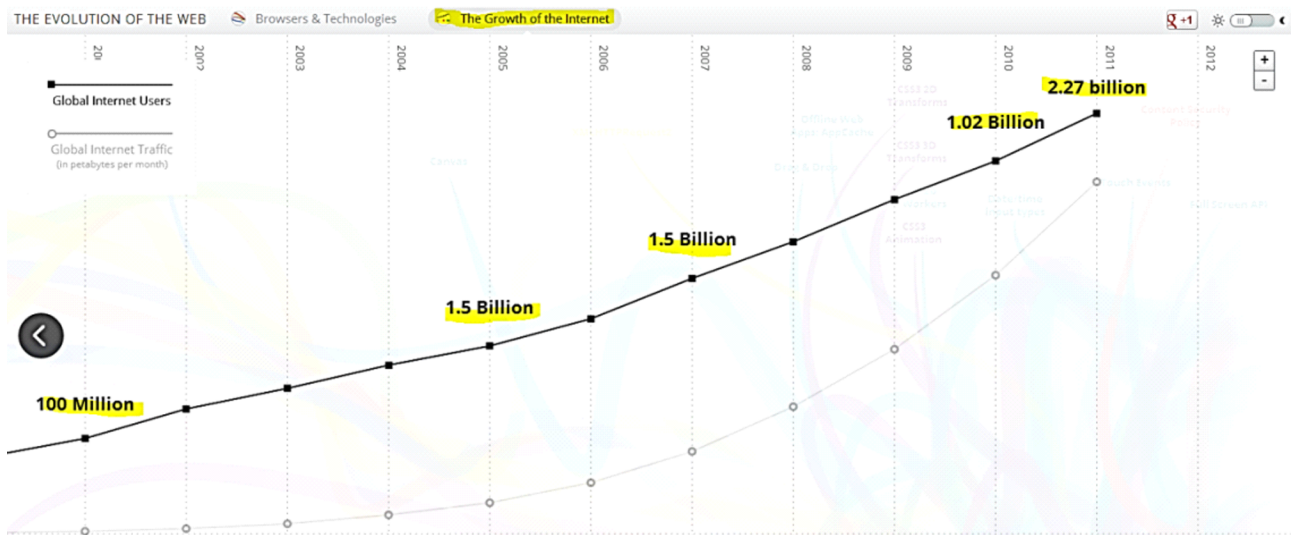
La transmissió de continguts digitals interactius multimèdia se serveix avui dia de tot aquest vast entramat de xarxes. La convergència digital ha portat a difuminar gran part de la identitat exclusiva que tenien a l'origen. Les cons-

tants innovacions que acompanyen l'evolució de la tecnologia digital ha creat les condicions per a fer possible que els creadors i proveïdors de continguts les utilitzin amb aquesta finalitat.

Internet és actualment la xarxa per excel·lència per a l'intercanvi de continguts multimèdia. Es tracta d'un tipus de xarxa global que utilitza el protocol TCP/IP per a intercanviar dades entre ordinadors.

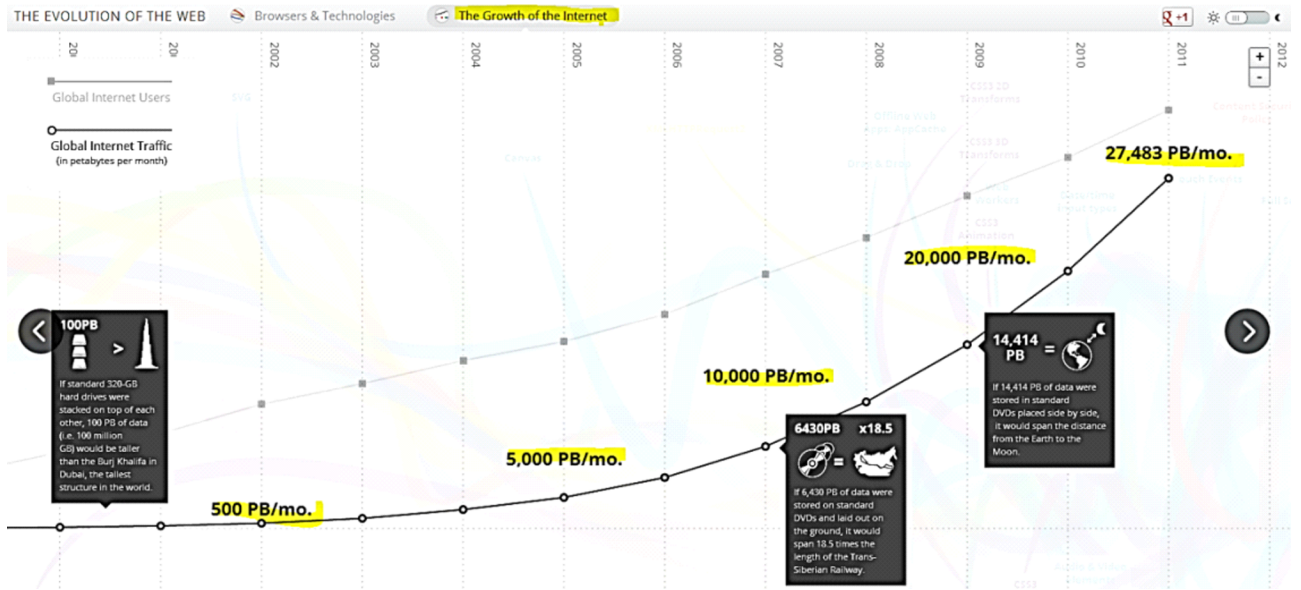
L'ús d'Internet va prosperar anys després de la seva invenció gràcies a la creació del protocol HTTP proposat per Tim-Berners-Lee. Des del naixement de Mosaic –considerat el primer navegador amb característiques multimèdia en aprofitar aquest protocol per a l'intercanvi de dades, com per exemple imatges i gràfics, a més de text–, el Web no ha deixat de créixer. Les imatges següents (figures 8 i 9) mostren la dimensió que té actualment.

Figura 8. Evolució del nombre d'usuaris d'Internet



La xarxa global d'Internet va comportar el naixement del Web i amb el pas del temps va anar absorbint paulatinament diverses funcionalitats de la informàtica d'escriptori, entre elles, la multimèdia. El Web va ocasionar molts canvis radicals. Amb relació al tema que ens ocupa, en destaquem dos: l'impuls al desenvolupament d'una tecnologia informàtica nova i la creació d'un espai global electrònic també nou. En aquest sentit disruptiu i d'impuls a la innovació, l'arribada dels dispositius mòbils té moltes similituds amb l'eclosió del Web a finals dels noranta. Ara bé, des del punt de vista de l'usuari, sembla percebre's una diferència substancial: mentre que la xarxa web mostrava ja en els inicis una tendència cap a la creació d'un espai global compartit, les plataformes mòbils impulsades per determinats interessos comercials sembla que es volen desplaçar cap a entorns tancats (*walled gardens*). Una tensió entre models que caldrà seguir atentament per les múltiples conseqüències que se'n deriven.

Figura 9. El creixement d'Internet en relació amb volum del trànsit de dades



Activitats

L'activitat consisteix a redactar un informe per a presentar-se al concurs. Les condicions es detallen a continuació.

Es pot fer aquesta activitat de manera individual o en grup. En cas de triar aquesta segona opció, els grups podran tenir un màxim de tres persones.

Per a fer l'activitat en grup s'ha d'enviar amb antelació la proposta al consultor fent constar la distribució de tasques i volum del treball individual, i també l'opció prevista en cas que el grup es dissolgui o algun membre decideixi abandonar.

Concurs "Visita Costa Rica"

La companyia turística Healthy Tours de Costa Rica ha convocat un concurs per a desenvolupar una aplicació multimèdia com a presentació dels paratges més emblemàtics i atractius d'aquest país. La seva intenció és distribuir aquesta presentació entre el col·lectiu de metges espanyols amb la pretensió de captar visitants per a la temporada turística.

El projecte guanyador gaudirà de despeses pagades de viatge i estada per a una persona durant quinze dies amb la finalitat que pugui registrar els mitjans necessaris per a incloure en l'aplicació.

La documentació que s'ha de lliurar ha d'incloure els apartats següents:

1) Descripció general de l'aplicació (màx. cinc pàgines)

a) Característiques generals dels continguts i funcionalitats: en què consistirà? Quins continguts tindrà? Com estaran distribuïts? Què s'espera que faci l'usuari? Quines opcions de navegació i interacció tindrà? etc.

b) Entorns i condicions d'ús

- Entorns i dispositius d'accés
- Comportament de l'usuari previst

c) Justificació de l'elecció de la tecnologia emprada

2) Descripció dels mitjans individuals que es produiran i entregaran (màx. cinc pàgines). Per a cada un dels mitjans s'haurà d'incloure la informació següent: nombre de fitxers font produïts i editats (característiques formals, funcionals i tècniques), eines de creació, edició i tractament que s'utilitzaran. L'aplicació ha de contenir com a mínim tres dels recursos següents:

a) Vídeo

b) Gràfics

c) Fotografia

d) Animació

e) So

f) Text

3) Descripció de les tecnologies emprades durant la integració i producció de l'aplicació (plataformes, llenguatges i eines) i etapes seguides durant el procés (màx. cinc pàgines)

4) La tecnologia escollida per a fer l'aplicació pot ser de diversos tipus, per exemple, una pel·lícula Flash, un PDF, una pàgina web o una aplicació per a mòbils. En qualsevol d'aquests casos, l'aplicació ha de contenir com a mínim els elements següents:

a) Tres dels mitjans esmentats

b) Algun tipus d'interactivitat

c) Contingut suficient per a què un usuari estàndard no pugui accedir i utilitzar tots els seus elements en menys de 15'.

5) Un informe breu dels costos previstos per al desenvolupament, en previsió que el projecte guanyador en una segona fase pugui rebre l'oferta de portar-lo a terme.

Bibliografia

- Berry, D. M.** (2011). *The philosophy of software: Code and mediation in the digital age*. Palgrave: MacMillan.
- Bringinghurst, R.** (2004). *The elements of typographic style* (pàg. 382). Hartley & Marks Publishers.
- Cartwright, W.; Peterson, M. P.; Gartner, G. F.** (2007). *Multimedia cartography* (vol. 2). Berlín: Springer.
- Castells, M.** (2002). *The Internet Galaxy: Reflections on the Internet, business, and society* (pàg. 304). Oxford University Press.
- Chapman, N. P.; Chapman, J.** (2009). *Digital multimedia* (pàg. 732). Wiley.
- Coorough, C.; Shuman, J. I.** (2006). *Multimedia for the web : revealed : creating digital excitement*. Boston: Thomson / Course Technology.
- Governor, J.; Hinchcliffe, D.; Nickull, D.** (2009). *Web 2.0 architectures: What entrepreneurs and information architects need to know* (pàg. 274). O'Reilly Media, Inc.
- Havaldar, P.; Medioni, G.** (2009). *Multimedia systems: Algorithms, standards, and industry practices* (pàg. 560). Course Technology Cengage Learning.
- Kitchin, R.; Dodge, M.** (2011). *Code/Space: Software and everyday life* (pàg. 320). Cambridge, Mass: MIT Press.
- Savage, S.; Vogel, V.** (2009). *An introduction to digital multimedia* (pàg. 335). Jones&Bartlett Learning.
- Unger, R.; Chandler, C.** (2009). *A project guide to UX Design: For user experience designers in the field or in the making* (pàg. 288). Pearson Education.
- Villalobos, R.** (2008). *Exploring multimedia for designers* (pàg. 286). Thomson Delmar Learning.
- Weiser, M.** (1991). "The computer for the 21st century". *Scientific American* (vol. 3, núm. 246, pàg. 94-104).
- Wigdor, D.; Wixon, D.** (2011). *Brave NUI world: Designing natural user interfaces for touch and gesture* (pàg. 264). Elsevier.
- Williams, B. K.; Sawyer, S. C.** (2004). *Using information technology: a practical introduction to computers & communications: complete version* (pàg. 472). McGraw-Hill Technology Education.

