

MANTENIMENT, CONSERVACIÓ I PREVISIONS DE FUTUR DELS SUPORTS INFORMÀTICS

Dr. Ferran Badia

Departament de Física Fonamental. Universitat de Barcelona

1. Introducció

L'evolució dels suports magnètics d'informació ha anat de la mà dels avenços produïts en les tecnologies a què serveixen i que els fan possibles. Els primers suports d'informació després que Gutenberg inventés la lletra impresa l'any 1445, van néixer com un intent d'enregistrar imatges reals amb una total fidelitat. Així fou com el 1822 Niépce va aconseguir la primera fotografia. El següent pas va ser aconseguir enregistrar el so, cosa que aconseguí per primer cop Edison l'any 1875 amb el seu fonògraf. El primer suport magnètic d'informació es va pensar també per a l'enregistrament del so. Va ser Poulson qui el 1897 ho va aconseguir per primer cop, utilitzant un fil d'acer com a suport. L'evolució durant la primera meitat del segle va ser lenta però creixent. És durant la segona meitat d'aquest segle quan es produeix l'evolució més ràpida. L'any 1956 els laboratoris de la casa *Ampex* tenen preparat i en funcionament el primer sistema d'enregistrament d'imatges sobre una cinta magnètica. Són precisament els mitjans àudio-visuals en constant evolució i el ràpid desenvolupament de les computadores els motors que forcen l'evolució dels suports d'informació. En l'actualitat s'està produint l'evolució més ràpida de la història dels suports d'informació. Només durant la dècada dels vuitanta hem vist l'aparició dels discs òptics (els coneguts com CD), com es multiplicava per ordres de magnitud la

capacitat dels suports magnètics, alhora que apareixen suports cada cop més petits amb grans prestacions i els suports magneto-òptics. L'evolució no s'atura i en els propers anys es preveu que veurem una evolució encara més espectacular.

La necessitat de millorar els actuals sistemes d'enregistrament de la informació no és deguda només a una demanda de més capacitat, per bé que aquest sigui, potser, el factor més important. Cadascun dels sistemes que coneixem en l'actualitat presenta limitacions específiques i serà l'aplicació concreta en la qual seran finalment utilitzats la que farà recomanable l'elecció d'un suport determinat.

La característica de tots els suports moderns d'informació és que no poden ser llegits directament, sinó que necessiten d'un dispositiu electrònic capaç de traduir uns senyals, que en tots casos passen per ser elèctrics en algun moment del procés, a imatges o símbols intel·ligibles per a l'home. És a aquests tipus de suports de la informació als quals farem referència al llarg d'aquest article.

L'objectiu de les línies que seguiran és el de donar unes pinzellades sobre els fonaments en què es basen els diferents suports disponibles en l'actualitat. Parlarem de quins són els materials que els componen, de les diferents formes en què són disponibles i de quins són els paràmetres importants que determinen la conveniència de cada tipus de suport en cada aplicació concreta. Això ens permetrà entendre en cada

material i en cada forma de presentació quins són els paràmetres que poden alterar la informació continguda i limitar-ne la durabilitat. Ja que els suports més emprats són els magnètics, els donarem especial èmfasi. Comentarem quins són els nous suports que estan apareixent en l'actualitat i quines són les perspectives a llarg termini.

2. Suports magnètics

2.1. Fonaments

Els suports magnètics constitueixen, amb gran diferència sobre els seus competidors, els materials més utilitzats com a suports de la informació tant àudio-visual com de dades. Es basen en la capacitat que tenen els materials magnètics de retenir una certa magnetització (magnetització remanent, M_r) després d'haver-los posat en presència d'un camp magnètic suficientment gran¹. La magnetització d'aquests materials crea, alhora, un camp magnètic que podem detectar utilitzant la tècnica adequada. En aquests dos fets es basen, respectivament, els processos de gravació i lectura dels suports magnètics. La figura 1 resumeix aquest comportament. Sobre l'eix horitzontal (abscisses) es representa la intensitat del camp magnètic a la presència del qual sotmetem el material. Sobre l'eix vertical (ordenades) es representa la intensitat de la magnetització produïda en el material com a conseqüència de l'aplicació del camp magnètic. Aquesta gràfica es coneix amb el nom de «cicle d'histeresi». A partir d'aquest cicle es defineixen tres paràmetres importants. En primer lloc, es defineix la magnetització de saturació, M_s , com el valor màxim de magnetització de què és capaç un material magnètic. Un cop assolit aquest

valor de magnetització, un increment de la intensitat del camp magnètic aplicat no aconseguirà augmentar més la magnetització. Aquest paràmetre serà important a l'hora de dissenyar els capçals de gravació, que hauran de ser capaços de generar un camp magnètic suficientment gran com per dur la magnetització del material fins a la saturació. Camps superiors no aconseguirien millorar la qualitat del senyal gravat i només seria una pèrdua d'optimització del dispositiu. El segon dels paràmetres és la magnetització remanent, M_r , que és el valor de la magnetització del material quan, després d'haver-lo dut fins a la saturació (M_s), suprimim el camp magnètic que la crea. Aquest paràmetre ens dóna el valor de la intensitat del senyal magnètic que hauran de llegir els capçals de lectura. Com més gran sigui, menys probabilitat d'error hi haurà durant el procés de lectura i millor serà la qualitat del senyal llegit. El tercer paràmetre és el camp coercitiu, H_c . És el camp magnètic oposat a la direcció de la magnetització del material a què cal sotmetre'l per tal de reduir a zero el valor d'aquesta. Ens dóna quina és la resistència del material en perdre la magnetització per l'efecte d'altres camps magnètics i, molt important, per l'acció del camp magnètic creat per la pròpia magnetització. El valor del camp coercitiu interessa, en principi, que sigui el més gran possible, però sempre està limitat per la capacitat dels capçals de gravació per vèncer aquest camp i poder reescriure la informació continguda.

2.2. Estructura i tipus de suports magnètics

Un suport magnètic consisteix en un substrat no magnètic, rígid o flexible, sobre el qual es diposita un material magnètic que

contindrà la informació². Sobre el material magnètic es disposa una capa de material, generalment plàstic, per tal de protegir-lo contra possibles agressions externes. Els podem trobar en forma de cintes, discs i targes o bandes. El senyal es grava sobre en forma digital (1/0) o analògica al llarg de pistes (*tracks* en la literatura anglosaxona) creades sobre el medi en el procés d'escriptura. En el cas de cintes magnètiques existeixen tres formes de gravar les pistes: longitudinal (pistes en la direcció de moviment de la cinta) que constitueix el mètode més utilitzat en instrumentació analògica i gravació de dades; transversal (pistes perpendiculars al sentit d'avanç de la cinta) utilitzat en gravació de vídeo professional; helicoidal (pistes inclinades respecte la direcció d'avanç de la cinta) que és el que utilitzen tots els gravadors de vídeo moderns i en àudio digital (DAT). En el cas dels discs, les pistes es graven en forma de cercles concèntrics, en el sentit de gir del disc.

Segons estigui la magnetització del medi dins del pla del suport o perpendicular al pla, parlarem, respectivament, de gravació longitudinal o de gravació perpendicular. El primer dels mètodes és l'utilitzat tradicionalment i el que es continua utilitzant quasi exclusivament. En l'actualitat s'està fent un gran esforç per aconseguir suports i capçals de gravació perpendicular ja que permet una major densitat de gravació que la longitudinal.

La densitat de gravació és precisament un dels paràmetres més importants dels suports d'informació. La mesura d'aquesta densitat s'anomena densitat superficial i s'expressa en bits (unitat binària d'informació) per polsada quadrada. Dos factors determinen aquest paràmetre. En primer lloc, la densitat de pistes que poden ser gravades. Pistes més estretes significa menys

senyal magnètic en el procés de lectura i, consegüentment, la necessitat de major sofisticació dels capçals de lectura/gravació i dels servocontrols de posicionament d'aquests sobre la pista a llegir o gravar. El segon factor que determina la densitat superficial és la densitat lineal, que és el número de bits per polsada (*bpi* de l'anglès, *bits per inch*) que podem gravar al llarg d'una pista. Aquest paràmetre depèn de la qualitat del material magnètic utilitzat i, també en aquest cas, de la qualitat dels capçals, que és allò que, en darrera instància, marcarà el nivell final d'aprofitament de les potencialitats del material magnètic. En qualsevol cas, tots estem més acostumats a mesurar la capacitat dels dispositius en altres unitats, que són les que s'utilitzen per als suports acabats. Aquestes unitats són els «bytes» totals que pot emmagatzemar un suport concret. (El byte és una unitat d'informació equivalent a vuit bits. En general, cada caràcter necessita un byte per quedar definit).

Un segon paràmetre molt important a tenir en compte és l'anomenat temps d'accés, que és el temps que transcorre des del moment en què una informació és requerida i el moment en què està disponible. Dóna una idea de la velocitat amb què es poden llegir les dades en un suport determinat.

La primera forma en què es van presentar els suports magnètics va ser la cinta magnètica, que consisteix en una cinta de gran longitud enrotllada en una bobina, que conté un material magnètic. En el procés de lectura/gravació, la cinta passa des de la bobina que la conté a una altra bobina, sobre la qual es recull. Entre les dues bobines es troba el capçal sobre el qual es fa lliscar la cinta. Per poder accedir a una informació determinada continguda en la cinta, cal anar llegint seqüencialment tot el

seu contingut, fins que localitzem la informació desitjada. Això alenteix enormement els processos de lectura/gravació. Per aquesta raó, pràcticament, només s'utilitzen per realitzar còpies de seguretat i emmagatzemar informació que no té necessitat de ser modificada o accedida amb freqüència. Són suports de gran capacitat i relativament econòmics. En cintes per a ordinadors tipus PC (ordinadors personals), el preu de cada MB (Megabyte, que equival a un milió de bytes) és d'unes 300 pessetes. Per a aquest mateix tipus d'estàndard, podem trobar cintes de capacitats entre els 40 MB i 1 GB (Gigabyte, que equival a mil milions de bytes). Les velocitats màximes de lectura que s'aconsegueixen en aquests casos són d'uns 30 MB per minut. L'accés a una informació qualsevol dins d'un d'aquests suports es pot fer en una mitjana de 10 minuts.

La segona forma en què podem trobar els suports magnètics és la de disc, ja sigui rígid (anomenat «disc dur» o «Winchester»), o flexible (abreujats com FD, de l'anglès *floppy disk*). La mida dels discs varia, però en general hi ha unes mides estàndards. En aquest cas, l'accés a la informació es fa de forma directa, amb la qual cosa s'aconsegueixen velocitats d'accés majors i, per tant, temps d'accés molt més curts. Avui en dia els temps d'accés per a aquests dispositius se situa en els 20 mil·lisegons. La limitació més gran a aquest temps d'accés es deu als problemes aerodinàmics que suposa la gran velocitat a què es mouen els capçals magnètics per sobre del suport. Si comparéssim a escala gran, el problema seria equivalent a fer volar un avió Jumbo sobre la superfície d'una autopista a una velocitat supersònica (superior als 1.200 km per hora) i a una distància constant de 1 mm respecte al terra⁵. En el cas dels discs durs, solen construir-se apilant un cert nombre de discs

(un màxim de vuit), aconseguint així una major capacitat. Aquests dispositius es coneixen amb les sigles HD (abreviació de l'anglès *hard drive*). Generalment, però, els seguim anomenant discs durs en la nostra llengua. Per a ordinadors personals hi ha en el mercat discs durs de fins a 1 GB de capacitat i a un preu d'unes 700 pessetes el MB. L'inconvenient de ser fixos que tenen els discs durs, es va solventar amb els discs flexibles. Aquests, però, no tenen les prestacions dels discs durs ni en capacitat ni en temps d'accés. Nogensmenys, la introducció de noves tècniques a les quals ens referirem més endavant, ha permès que avui ja siguin comercials discs flexibles de fins a 20 MB de capacitat. L'aparició de noves tecnologies permetrà encara un major augment de les capacitats d'aquests suports.

2.3. Materials magnètics per als suports d'informació

En l'actualitat existeixen dos tipus de materials per a l'enregistrament⁶. En primer lloc, tenim els materials en forma de partícules petites (de mides de l'ordre del micròmetre i inferiors), que es dispersen en un medi polimèric que serveix per separar les partícules entre si, i com a adhesiu de les partícules a un substrat no magnètic sobre el qual es disposa la mescla. En segon lloc, tenim els materials en forma de capa prima metàl·lica. L'aparició d'aquests és molt recent i permet densitats de gravació molt superiors respecte a les partícules.

2.3.1. Partícules magnètiques per a suports d'informació

Pràcticament tots els suports d'enregistrament magnètic estan fabricats a partir de

partícules magnètiques. La família més important de partícules magnètiques és la dels òxids de ferro. Inicialment es van utilitzar partícules de magnetita (Fe_3O_4), però ben aviat es van abandonar per un altre òxid de ferro que s'obté de l'oxidació de la magnetita anomenat magnemita ($\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$). Són, amb diferència, les partícules més utilitzades al llarg dels anys. En l'actualitat, la qualitat d'aquestes partícules és molt superior a la de les primeres partícules de $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ produïdes a meitat dels anys trenta. L'any 1974 va aparèixer una família de noves partícules basades en $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ a les quals es feia un tractament superficial que consistia en recobrir-les de cobalt. Aquest mètode permet multiplicar per un factor dos la coercitivitat de les partícules i millorar-ne la qualitat. Les partícules de $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ són el darrer producte en l'oxidació del ferro i, per tant, són d'una gran estabilitat química, especialment contra l'oxidació. Les de bona qualitat tenen forma allargada (d'agulles) d'unes dimensions típiques de $0.3\ \mu\text{m}$ de llarg i uns $0.06\ \mu\text{m}$ de diàmetre. (El micròmetre, μm , és la mil·lèsima part del mil·límetre, o la milionèsima part del metre). Això significa que si disposéssim en formació aquests partícules sobre una superfície que tingués una forma quadrada d'un mm per un mm, hi cabrien unes 55.555.556 partícules, o el que és equivalent, si disposéssim en formació mil milions d'aquestes partícules ocuparien una superfície de tres per sis mm. Els valors del camp coercitiu estan al voltant dels 300 Oe pel $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$ i entre 500 i 720 Oe pel $\text{Co-}\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$.

El segon tipus de partícules magnètiques utilitzades és el diòxid de crom (CrO_2). Aquestes partícules són de gran qualitat des del punt de vista magnètic i s'utilitzen des del començament de la dècada dels seixanta com a suports d'alta qualitat. Tenen forma

d'agulles de la mida de $0.5\ \mu\text{m}$ de longitud i $0.05\ \mu\text{m}$ de diàmetre. El camp coercitiu està entre 450 i 650 Oe. l'inconvenient més gran que presenten les partícules de CrO_2 és la possibilitat que tenen de reaccionar amb els polímers en què es dispersen, si es donés el cas, les partícules es degradarien i s'oxidarien, amb la qual cosa perdrien les seves propietats magnètiques al llarg del temps.

El tercer tipus de partícules són les partícules metàl·liques, principalment les partícules de ferro metàl·lic. Presenten l'avantatge de tenir una magnetització de saturació i una remanència superior a qualsevol de les partícules d'òxid, ja sigui de ferro o de crom. Alhora, també la coercitivitat és superior per a aquestes partícules. El gran inconvenient que presenten és l'alta tendència que tenen a oxidar-se i a reaccionar amb els polímers en què es dispersen. La solució a aquest problema passa per una acurada selecció d'aquest últim i per desenvolupar tractaments que afecten la superfície de les partícules, d'aquesta manera es redueix el risc d'oxidació. La forma i mida són similars al cas de les partícules de $\gamma\text{-Fe}_2\text{O}_3$, mentre que la coercitivitat pot variar entre els 300 i els 1.600 Oe.

Recentment s'han començat a comercialitzar els primers suports basats en la darrera família de partícules magnètiques que són les anomenades ferrites de bari. Són també òxids de ferro. La ferrita de bari ha estat durant molts anys el material més utilitzat en la fabricació d'imants permanents. Tenen unes excel·lents propietats magnètiques juntament amb una extraordinària estabilitat química a la oxidació. Tenen forma de plaquetes hexagonals d'entre 0.08 i $0.1\ \mu\text{m}$ de diàmetre i 0.001 i $0.025\ \mu\text{m}$ de gruix. La coercitivitat pot variar entre els 300 i els 1.600 Oe.

2.3.2. Suports en capa prima

La creixent demanda de majors densitats de gravació requereix medis cada cop més prims. Això exigeix dels materials unes majors prestacions magnètiques: saturacions, remanències i coercitivitats majors. La forma d'aconseguir-ho és mitjançant la fabricació de suports metàl·lics en capes primes. En aquest cas, el material no està en forma de petites partícules, sinó que és una pel·lícula contínua dipositada sobre un substrat. La fabricació dels materials en aquesta morfologia requereix tècniques molt sofisticades i precises. Els materials més utilitzats en aquest cas són aliatges de cobalt, entre els quals destacarem l'aliatge de cobalt amb crom, ja que és el principal candidat en l'actualitat per ser emprat com a suport de gravació perpendicular⁷.

2.4. Alteracions dels suports magnètics

Malgrat que cada tipus de suport concret presenta els seus inconvenients específics, tres són els grans enemics que poden alterar la informació continguda en un suport magnètic. El primer és l'exposició dels materials a camps magnètics elevats. Aquesta no sol ser la causa de pèrdua d'informació dins d'un suport magnètic, però cal que ho tinguem sempre en compte quan estiguem usant suports magnètics, siguin del tipus que siguin. Com ja hem comentat abans, si exposem un material a un camp magnètic superior al del camp coercitiu, perdrem la magnetització del material i, per tant, la informació. Sortosament, el camp magnètic creat per un imant permanent (que serà la font de camp magnètic que ens pot produir l'alteració en la pràctica totalitat dels casos) decau ràpi-

dament tal com ens allunyem d'ell. El perill més gran el tenim quan toquem directament el suport amb la font de camp magnètic. Cal recordar que, d'imants permanents, n'hi ha en tots els altaveus (telèfons, auriculars, micròfons).

El segon factor que pot alterar la magnetització del material és la corrosió atmosfèrica. Malgrat que tots els materials magnètics utilitzats en suports porten una capa plàstica protectora, sempre estan sotmesos, en major o menor grau, a accions corrosives. Un factor clau en aquest tema és el grau d'humitat del medi que envolta el material. Una atmosfera saturada d'humitat accelera enormement els processos d'oxidació. El problema és molt més important en el cas de partícules de CrO_2 , aquestes partícules poden reaccionar amb el compost orgànic en què es dispersen i poden arribar a oxidar-se. En el cas de suports metàl·lics (partícules o capa prima), el problema és fonamentalment degut a l'alta reactivitat dels metalls amb l'oxigen. Tant és així, que poden arribar a reaccionar amb el mínim contingut d'aigua atrapat en els materials de les capes protectores. Trobar un material que presentés un grau d'humitat suficientment baix ha estat una tasca decisiva. Les ferrites de bari són els materials més estables de tots els esmentats anteriorment. Això es deu a què ja són òxids de ferro en el seu estat final d'oxidació i presenten enllaços molt forts.

El tercer factor que pot alterar les característiques magnètiques dels materials és la temperatura que pot actuar negativament en dos vessants. El primer es deu a una propietat intrínseca de tots els materials magnètics i que consisteix en la pèrdua de la magnetització quan la seva temperatura supera un valor crític que depèn de cada material, anomenat punt de Curie o tem-

peratura de Curie. De fet, no cal que arribem a aquest punt per perdre la informació, sinó que es va perdent gradualment tal com anem augmentant la temperatura, de forma que, molt abans d'arribar a la temperatura de Curie, el valor de la magnetització del material estarà per sota del valor mínim que els capçals són capaços de llegir. Les partícules de CrO_2 són les que tenen la temperatura de Curie més baixa, al voltant del 120°C . La més alta la tenen les partícules de ferro metàl·lic 767°C . La segona forma en què la temperatura pot contribuir a la pèrdua de la informació es deu a l'efecte accelerador dels processos corrosius que té: com més gran és la temperatura a la qual es troba un material, més ràpidament es produeixen els processos de corrosió. De fet, sempre que es fan proves de resistència a la corrosió de materials, se sotmeten a temperatures elevades (entre 30°C i 90°C) per tal d'aconseguir l'oxidació en un espai de temps més curt⁸.

Resumint, direm que independentment de quin tipus de material magnètic tinguem i independentment de quin tipus de suport sigui el nostre, si volem una llarga conservació de les dades que contenen, haurem de mantenir-los allunyats de fonts de camp magnètic, en els ambients més secs possibles i a temperatura constant i fresca.

Existeixen nombrosos estudis fets sobre la durabilitat de la informació emmagatzemada en un suport magnètic. Des del punt de vista dels valors de la magnetització remanent, podem dir que, malgrat que aquesta va decaient al llarg dels anys, el ritme a què ho fa és tan lent que no cal que ens preocupem per la possibilitat que arribi un dia en què el valor de la magnetització hagi decaigut tant que els capçals no siguin capaços de llegir-la. Molt abans que això arribi a passar, el nostre material s'haurà

deteriorat químicament, s'haurà oxidat o haurà reaccionat amb els polímers que l'envolten. La forma de realitzar els estudis de durabilitat dels materials davant de possibles oxidacions consisteix a situar-los en condicions d'humitat i temperatura extremes per tal d'accelerar el procés. Els resultats s'extrapolen, utilitzant certs models de comportament, a les condicions normals d'humitat i temperatura a les quals es conserven generalment els materials. Utilitzant aquest mètode, s'ha arribat a estimar per a cintes que utilitzen partícules metàl·liques (les de major risc d'oxidació) una durabilitat contra l'oxidació superior als 20 anys⁹. Per a partícules metàl·liques tractades degudament, aquesta duració pot arribar a multiplicar-se per quatre.

La durabilitat real dels suports magnètics és difícil d'estimar. Encara no tenim suficient perspectiva històrica ni estadística per avaluar-la. Però el que sí és un fet és que quan es produeix la pèrdua de la informació en un suport magnètic és degut, en la pràctica totalitat dels casos, a accidents relacionats amb el funcionament de cada tipus de suport específic, com indicarem a continuació. Les cintes de música gravades en la dècada dels seixanta són perfectament audibles encara (malgrat estar fetes de materials molt inferiors als utilitzats en l'actualitat), i les dades gravades en un disc dur fa deu anys, són ara, després de tots aquests anys de funcionament, perfectament accessibles.

A més de les causes esmentades, cada tipus de suport té uns mecanismes de funcionament específics que poden donar lloc també a pèrdues de la informació.

En el cas de les cintes magnètiques, tres són els principals motius que influeixen en la disminució del temps de vida de la informació. En primer lloc, tenim el problema

de les tensions a què se sotmet el material en el seu arrossegament. En segon lloc, tenim el problema important del fregament del capçal sobre la cinta, que dona lloc a efectes tribològics. Finalment, cal no oblidar els problemes que es puguin ocasionar a partir d'un mal funcionament dels mecanismes d'arrossegament que poden trencar o fer inservible la cinta.

En el cas de discs magnètics, el motiu principal de pèrdua de la informació és l'anomenat *disk crash*, la causa del qual és un error en el moviment dels capçals per damunt la superfície del disc. En els dispositius actuals, els capçals de lectura / gravació dels discs magnètics no estan en contacte amb el medi, sinó que estan lleugerament separats. Com ja hem esmentat abans, el moviment d'aquests capçals sobre el disc és un problema tecnològicament complicat i que requereix una solució molt precisa. La pèrdua de la informació per aquesta causa es produeix quan el capçal cau sobre el disc i produeix una ratlla o lesions més greus sobre la seva superfície. Aquest accident és conegut en la literatura anglosaxona com *disk crash*. El problema és més crític en discs durs, on la velocitat a la qual es mou el capçal sobre la superfície del disc és molt més elevada.

Suports i tècniques alternatives

El motiu principal pel qual han aparegut noves tècniques alternatives és sens dubte la necessitat de majors densitats de gravació. Aquesta necessitat s'ha fet especialment important des de l'aparició de l'àudio i vídeo digitals. El pas decisiu ha estat la introducció de les tècniques òptiques per suplir les tècniques magnètiques, en alguns casos, i per complementar-les en

altres. La majoria de tècniques alternatives es basen en la lectura de la informació gravada per medis òptics en un suport. El mètode de gravació dels senyals depèn de la tècnica concreta, que serà la que determinarà la possibilitat o no de gravació per part de l'usuari. El tipus de material utilitzat depèn fortament de la tècnica concreta.

En funció de la possibilitat de gravació que ens permeti cada tècnica concreta, distingirem diferents tipus de suports. En primer lloc, tenim els que només permeten ser llegits (ROM de l'anglès *Read Only Memory*). A aquesta categoria pertanyen els anomenats CD, que van ser els primers suports que utilitzen una tècnica òptica en aparèixer al mercat. En segon lloc, tenim els dispositius que permeten una sola gravació i tantes lectures com es desitgi (WORM de l'anglès *Write Once Read Many*). És una tècnica comercial encara que no massa coneguda i que resulta de gran interès en determinades aplicacions. Finalment, tenim les tècniques que permeten escriure i llegir tants cops com desitgem (WREM de l'anglès *Write Read Many*). Aquesta tècnica està basada en una combinació de les propietats magnètiques i òptiques de la matèria. A continuació indicarem en què consisteixen aquestes tècniques i quins materials utilitzen.

3.1. CD-ROM

Els anomenats CD consisteixen en un disc de plàstic recobert d'una capa d'alumini i d'una laca protectora¹⁰. La informació es codifica sobre el plàstic en forma de petits sots de la mida del micròmetre disposats en una sèrie de pistes espirals que van des del centre del disc cap a la perifèria. La lectura es realitza dirigint un feix de

llum làser sobre la superfície del disc i mesurant la intensitat de la llum reflectida. Si el feix incideix sobre un dels sots, la intensitat de llum reflectida és menor (llegeix un 0). Si incideix on no hi ha un sot, la intensitat de llum reflectida és màxima (i llegeix un 1). El principal avantatge dels CD és que no s'alteren amb la calor, la pols i l'electricitat. Alhora, tenen una gran capacitat, poden guardar fins a 74 minuts de música gravada o fins a 680 MB de dades en un disc de 13 mm de diàmetre. El gran inconvenient és que no és possible gravar-hi dades. Els CD es graven mitjançant un procés molt acurat d'estampació del plàstic que fa de substrat a partir d'un motllo. El recobriments d'alumini té com a únic objectiu augmentar la reflectivitat del disc. L'accés a la informació en el CD es fa de forma directa, a l'igual que en els discs magnètics. Des d'aquest punt de vista, l'inconvenient que tenen és l'elevat temps d'accés que requereixen respecte al que necessitaria un disc tipus Winchester, la qual cosa pot significar una greu limitació quan es tracti de manipular grans quantitats de dades. Els CD-ROM més ràpids del mercat tenen un temps d'accés de 300 mil·lisegons, deu cops superior al temps normal per a un disc dur magnètic ¹¹.

3.2. *Worm*

Són suports en forma de disc que permeten ser escrits un cop i llegits tants cops com es vulgui. El mètode de lectura és sempre òptic basat, a l'igual dels CD-ROM, en la detecció de diferències en la reflectivitat al llarg d'una superfície. Per escriure la informació sobre un d'aquests discs, s'utilitza un feix de llum làser d'alta potència per produir petits sots permanents sobre la

superfície del material. El procés de lectura es realitza de la mateixa forma que en el cas d'un CD. La informació gravada no pot ser alterada de cap forma. La durabilitat d'aquests medis és molt elevada. Una casa japonesa que fabrica i comercialitza dispositius d'aquest tipus per a estàndards tipus Macintosh, garanteix 100 anys de durabilitat del medi ¹² i una capacitat de 654 MB en un disc de 5.25 polsades d'ample. Existeixen altres mètodes per medis WORM que consisteixen a utilitzar les mateixes tècniques dels discs òptics esborrables i incloure-hi un codi en la pista més exterior que comunica el dispositiu de lectura que es tracta d'un medi de només lectura i no hi està permesa la gravació.

3.3. *Discs magneto-òptics*

Són suports que permeten l'escriptura i lectura de dades tants cops com es desitgi. De fet, el número de cops que es pot reescriure el medi no és il·limitat, però és suficientment gran (de l'ordre d'uns 10 milions de cicles de reescriptura) com perquè no ens n'haguem de preocupar gaire. El sistema de lectura i gravació és quelcom més complicat que en el cas dels CD, està basat en la capacitat dels materials magnètics de girar el pla de polarització de la llum quan incideix sobre llur superfície. En el procés de gravat, un feix de llum làser escalfa la superfície microscòpica sobre la qual es gravarà el bit d'informació, fins uns 150°C. En aquesta situació, es torna a refredar el material (eliminant el feix de llum) en presència d'un camp magnètic que donarà la polaritat desitjada a aquest punt del material. En el procés de lectura, es fa incidir un feix de llum làser polaritzada sobre la superfície. Segons quina sigui la polaritat

magnètica del punt del material on incideix la llum, el pla de polarització de la llum reflectida gira en un sentit, equivalent a llegir un «1», o en l'oposat, la qual cosa equivaldria a llegir un «0». La complexitat del procés de gravació fa que aquest sigui lent. El temps d'accés és també molt inferior al dels discs durs magnètics. L'avantatge que tenen és la major densitat de gravació, de l'ordre de les aconseguides en els CD. Un dels inconvenients que tenen aquests suports és la seva, relativament, curta vida. La raó està en què contenen uns materials anomenats genèricament «terres rares» que són altament inestables i susceptibles de reaccionar amb l'atmosfera per oxidar-se. Rarament es garanteixen duracions superiors als 15 anys.

3.4. Altres discs òptics

Existeix una segona tècnica comercialitzada de suports òptics WREM. Aquests no utilitzen les propietats magnètiques en cap etapa del procés de gravació i lectura. Consisteix a produir un canvi de fase en el material de suport, de forma que passi d'un estat en què els àtoms estan altament ordenats i produeixen altes reflectivitats, a un estat amorf en què els àtoms es desordenen i, d'aquesta manera, produeixen una baixa reflectivitat. El canvi d'estat s'aconsegueix il·luminant la zona a tractar amb polsos de llum làser de diferents intensitats. Una intensitat baixa portarà el material d'un estat ordenat a un de desordenat, mentre que un pols d'alta intensitat el tornarà a ordenar. Aquest mètode permet fer l'escriptura de les dades en una sola etapa, molt més ràpida que el procés d'escriptura en els discs magneto-òptics. Un dels inconvenients que tenen és de caire ecològic, ja que

estan fets d'aliatges metàl·lics que contenen tel·luri, un element altament tòxic. Cal anar amb compte, doncs, a l'hora de desfer-se dels discs inservibles.

3.5. El «floptical»

Aquest és un tipus de disc extraïble que combina els avantatges dels suports magnètics (gran rapidesa de gravació i lectura) i la dels mètodes òptics (grans densitats de gravació, per tant, grans capacitats). Com ja hem comentat anteriorment, un dels mètodes d'augmentar la capacitat dels discs magnètics és augmentar la densitat de pistes que hi podem gravar. Els capçals magnètics tenen una gran dificultat per posicionar-se sobre les pistes, la qual cosa limita les possibilitats de superació de les capacitats actuals en aquest tipus de suports. Els floptical utilitzen una de les dues cares del disc en la forma habitual de tots els discs magnètics per gravar-hi la informació. Però a diferència d'aquests, utilitzen la segona cara per gravar unes marques similars als sots dels CD que es llegeixen òpticament com si d'un CD es tractés, i que tenen com a únic objectiu guiar el capçal de lectura/gravació per posicionar-se sobre les diferents pistes. Aquesta tècnica permet capacitats, que avui ja són comercials, de 20 MB en un disc extraïble de 3.5 polsades, utilitzant partícules de ferrita de bari. Cal destacar que els dispositius que llegeixen aquests discs són totalment compatibles amb els disquets magnètics tradicionals.

4. Previsions de futur

Com ja hem comentat en un altre punt de l'article, el món dels suports d'informa-

ció està evolucionant constantment i a gran velocitat. Fer previsions de futur amb aquesta premissa és sempre molt agosarat. Malgrat tot, sempre hi ha qui pren el risc. Comentarem a continuació algunes de les previsions publicades pel «Magnetic Media Information Services»¹³.

Pel que fa als suports magnètics, la tendència és utilitzar quasi exclusivament els discs, en qualsevol de les formes en què els trobem. L'objectiu que es persegueix és aconseguir majors densitats de gravació. Per aconseguir-ho, més que els materials, cal millorar les tecnologies de lectura i gravació. En l'actualitat hi ha una companyia americana que pot demostrar 500 MB de capacitat en un disc de 3.5 polsades, utilitzant materials en capa prima i noves tècniques en les quals els capçals estan en contacte directe amb el disc¹⁴. En la taula 1 es resumeixen les capacitats previstes en diferents tipus de discs magnètics per a l'any 1995. Una companyia japonesa anunciava a finals del 1991 que la primavera del 1993 produiria un FD de 3.5 polsades amb 40 MB de memòria utilitzant partícules de ferrita de bari¹⁵. Ben aviat podrem comprovar la veracitat d'aquesta informació. L'augment de la capacitat dels suports magnètics farà que l'ús dels suports òptics quedi restringit a aplicacions molt específiques i segueixin essent els suports magnètics els de major utilització, principalment pel temps d'accés d'aquests molt inferior al dels suports òptics.

Malgrat tot, tampoc seran els suports magnètics els que, a llarg termini, s'imposaran. Els suports magnètics tenen una sèrie d'inconvenients tècnics, el més gran dels quals és la necessitat de moure una cinta o fer girar un disc, la qual cosa suposa utilitzar-los dins d'algun sistema mecànic, que és on, en la gran majoria dels casos,

es produeixen les errades. Aquests mecanismes no difereixen massa dels que són necessaris, també, per al funcionament dels suports òptics. L'optimització passa, doncs, per l'eliminació de qualsevol element mecànic i per anar cap a les anomenades memòries d'estat sòlid. Un exemple de les quals són les utilitzades com a memòries internes dels ordinadors. L'aspecte que tenen és el dels populars xips. Segurament, les memòries que utilitzarem en un futur proper tampoc seran exactament com les memòries dels ordinadors, tal com són actualment. El que sí és segur és que no hauran de contenir elements mecànics mòbils. El gràfic de la figura mostra l'evolució predita pel «Magnetic Media Information Services» el juny de 1989, del mercat dels suports d'emmagatzematge de la informació¹⁶. Segons aquestes prediccions, cap a l'any 2010, les memòries SSR¹⁷ (de l'anglès *solid state recording*) seran les que dominaran el mercat dels suports d'informació, mentre que tant els suports magnètics com els òptics tindran una utilització molt restringida.

5. Un exemple d'arxiu modern

Un dels problemes quan es volen emmagatzemar grans quantitats de dades que, alhora, han de ser accedides per molts usuaris, és que no hi ha sistemes estàndards dels quals es pugui disposar. L'exemple que descriurem a continuació consisteix en un arxiu de dades dissenyat i construït pel Laboratori de Ciències Físiques de la Universitat de Wisconsin-Madison, als Estats Units de Nord-Amèrica¹⁸. L'objectiu era construir un sistema que reunís les següents condicions: capacitat de 2 Tbytes (que equival a un bilió de bytes); cost inferior al dels

sistemes magnètics; accés aleatori; suports del tipus WORM; capaç de soportar tot tipus d'arxius; capaç de guardar fitxers de mides des dels 512 bytes a l'1 Gbyte; funcionament continuat les 24 hores; segur; codificació de detecció d'errors; capacitat d'operar en ambients bruts; absència d'accidents amb els capçals; llarga duració de les dades estimada en més de 70 anys; accés ràpid a la informació. Tots aquests requeriments s'aconsegueixen utilitzant suports òptics. El sistema utilitzat es basa en les populars màquines de música que trobem (molt més sovint fa uns anys) en els bars. Consisteix en un arxiu de fins a 1.024 discs òptics de dues cares i 30 centímetres de diàmetre, col·locats en unes ranures. Cadascun d'aquests discs és accedit mitjançant un robot que es controla a través d'un ordinador VAX 750. L'accés a l'arxiu pot fer-se des de qualsevol dels ordinadors connectats en xarxa de la Universitat de Wisconsin. El temps d'accés a una informació és de 35 segons, si el disc on es troba no està muntat, i de 4 segons, si el disc ja està muntat. El sistema està funcionant amb èxit i ja s'està treballant en la construcció de sistemes que, utilitzant la mateixa idea, siguin capaçs de guardar fins a 16 Tbytes amb un temps d'accés encara més curt i un cost per byte encara inferior.

Conclusions

En l'actualitat les tècniques magnètiques són encara les més utilitzades per a l'enregistrament de la informació. Aquelles que utilitzen directament la magnetització del material són pràcticament les úniques que existien fins fa poc temps. El desenvolupament de les tècniques òptiques, que s'ha produït en els darrers anys ha permès

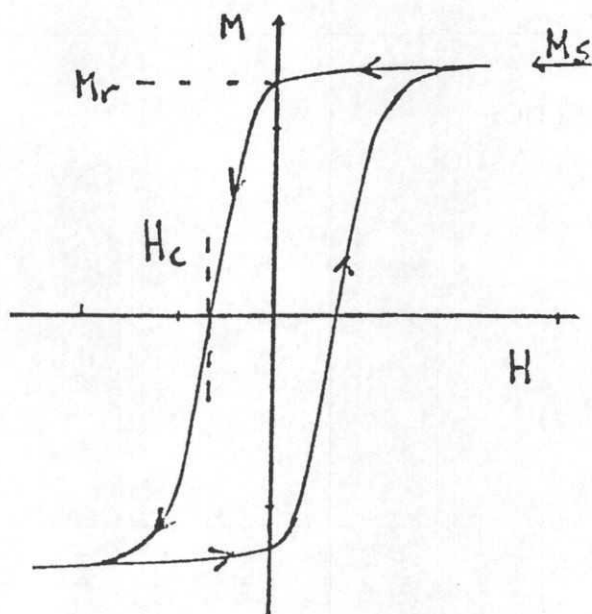
la implantació de nous dispositius d'enregistrament de la informació, com són els CD, els discs òptics, els «floptical» i els WORM.

L'elecció d'un sistema d'enregistrament està sempre determinada per la utilitat final de les dades que s'hi hagin de gravar i de les condicions d'accés. Així doncs, quan el que interessa són suports de gran capacitat i el temps d'accés no és un factor decisiu, els suports òptics són molt adequats. Si requerim un temps d'accés curt (perquè les dades han de ser accedides freqüentment), els discs durs tipus «Winchester» són insubstituïbles, fins ara. Quan es tracta de gravar dades definitives, que ja no han de tornar a ser modificades, els discs WORM són la millor solució, a més tenen al seu favor la llarga durabilitat (algunes cases comercials garanteixen 100 anys de durabilitat).

Respecte a la durabilitat de les dades, com ja s'ha comentat, existeixen estudis fets en els diferents tipus de suport. Aquests consisteixen a posar els materials en condicions extremes d'humitat i temperatura, a les quals mai no es trobarà el material durant la seva utilització. La durabilitat real dels diferents suports, no s'ha pogut determinar empíricament ja que encara no tenim suficient perspectiva històrica ni estadística. Les pèrdues de la informació es produeixen en la pràctica totalitat dels casos no pel deteriorament dels materials, sinó per accidents en els dispositius de lectura.

Finalment, cal remarcar que segons les prediccions fetes, qualsevol de les solucions que adoptem actualment quedaran superades en un termini inferior als 30 anys. En aquest període de temps és previst que apareixin noves tecnologies que superaran les actuals i, en alguns casos com sembla ser el dels materials magnètics, les substituiran.

FIGURA 1. Cicle d'histeresi típic dels materials magnètics.



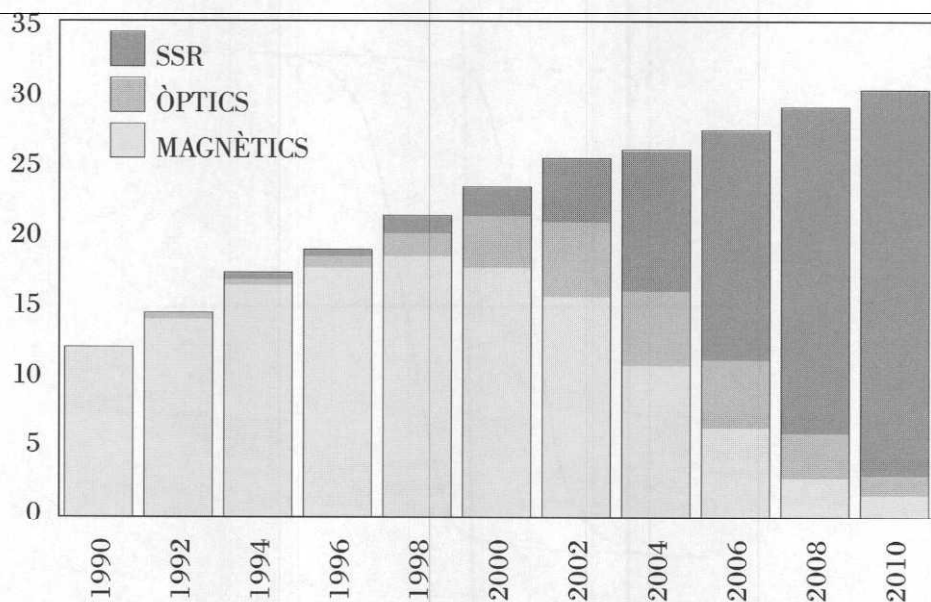
TAULA 1

Capacitats estimades dels discs magnètics per a l'any 1995

Capacitat per disc (2 cares)	Winchesters	Floppy
130 mm diàmetre	2.500 MB	150 MB
95 mm diàmetre	1.500 MB	100 MB
65 mm diàmetre	900 MB	50 MB
47 mm diàmetre	500 MB	20 MB

FIGURA 2

Previsions de la distribució del total de vendes dels diferents suports de la informació fins a l'any 2010. Els valors estan donats en milers de milions de dòlars USA de l'any 1989.



NOTES

¹ BATE, G. «Magnetic recording materials since 1975». *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 1991, 103, pàg. 413-424.

² WHITE, R.M. «The materials aspect of magnetic recording». *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*. 1990, 88, pàg. 165-176.

³ Donar preus resulta en el moment actual una aventura bastant arriscada. El sector de la informàtica, i el de l'electrònica en general, evoluciona a una velocitat tan gran que qualsevol estudi de preus que fem caldrà revisar-lo passats pocs mesos. Les guerres comercials entre les diferents marques agreugen encara més el problema. Els preus que s'indiquen aquí són orientatius i es basen en els preus donats per les cases oficials durant l'any 1992.

⁴ THOMPSON, M.A.; VARDA, A.P.; DeCLUTE, G.; KRIESELE, K. «The Design and use o a 2 terabyte optical archival store». *IEEE Transactions on Nuclear Science*, 35, feb. 1988, pàg. 243-247.

⁵ VÖLZ, H. «Limits and future possibilities of information storage». *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 99, 1991, pàg. 335-355.

⁶ BATE, G. «Recording materials». A *Ferromagnetic Materials*, editat per E.P. Wohlfarth. Amsterdam: North-Holland, 1980, vol. 2, pàg. 381-508.

⁷ SPELIOTIS, D.E. «The future of particulate rigid disks». *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 1991, 95, pàg. 313-318.

⁸ MATHUR, M.C.A.; HUDSON G.F.; HACKETT L.A. «A detailed study of the environmental stability of metal particle tapes». *IEEE Transactions on Magnetics*, MAG-28, set. 1992, pàg. 2.362.

⁹ OKAZAKI, Y.; HARA, K.; KAWASHIMA, T.; SATO, A.; HIRANO, T. «Estimating the archival life of metal particulate tape». *IEEE Transactions on Magnetics*, MAG-28, set. 1992, pàg. 2.365.

¹⁰ WEIMAN, L. «How to make your own CDs». *Macworld*. April 1992, pàg. 158-165.

¹¹ RIZZO J. «Double-duty drives: Multifunction optical storage». *MacUser*, novembre 1991, pàg. 108-120.

¹² RIZZO, J. «Duble-duty...». *Op. Cit.*, pàg. 108-120.

¹³ LUECK, L.B.; GILSON, R.G. «Challenges and opportunities: the magnetic media industry in the 1990s». *Journal of Magnetism and Magnetic Materials*, 80, 1990 pàg. 227-235.

¹⁴ LUECK, L.B., GILSON, R.G. «Challenges and...» *Op. Cit.*, pàg 231.

¹⁵ «3.5" FD with 40 Mb memory». *Japan Technology Highlights*, vol. 2, nov. 1991. pàg. 8.

¹⁶ LUECK, L.B., GILSON, R.G. «Challenges and...» *Op. Cit.*, pàg. 233.

¹⁷ En referir-nos a memòries SSR, ens referim a qualsevol tipus de memòria sense elements mòbils, fins i tot a aquelles que encara no coneixem en l'actualitat però que, a la vista de les tecnologies i els avenços de la recerca en el camp de la física de l'estat sòlid, podem dir amb quasi total seguretat que es produiran.

¹⁸ THOMPSON, M.; VARDA, A.; DeCLUTE, G. «Two terabyte optical archival store». *Computer Physics Communications*, 45, 1987, pàg. 403-407.

RESUMEN

El objetivo de la ponencia es hacer un esbozo de las bases de los diferentes soportes disponibles en la actualidad. Se habla sobre los materiales que los componen, sobre las diferentes formas en que son disponibles y sobre los parámetros importantes que determinan la conveniencia de cada tipo de soporte a cada aplicación concreta. Ello permite determinar qué parámetros pueden alterar la información contenida y limitar su durabilidad en cada material y en cada forma de presentación. Puesto que los soportes más utilizados son los magnéticos, se pone un énfasis especial en ellos. También se describen los nuevos soportes que están apareciendo en la actualidad y cuáles son las perspectivas a largo plazo.

RÉSUMÉ

Cet exposé se veut une approche, à petites touches, des fondements servant de base aux divers supports disponibles actuellement. On y aborde les matériaux qui les composent, les différents formes sous lesquelles ils sont disponibles et les paramètres fondamentaux qui déterminent le choix d'un type de support par rapport à l'application concrète qui doit en être faite. Ceci permet d'établir, pour chaque matériel et pour chaque forme de présentation, les paramètres susceptibles de dénaturer l'information contenue et d'en limiter la durabilité. Les supports magnétiques étant actuellement les plus couramment utilisés, cet exposé leur accorde une place particulière. Il donne également un aperçu des derniers supports lancés sur le marché et s'efforce de dégager les perspectives que l'on peut en attendre à long terme.

SUMMARY

This presentation sets out to provide a brief overview of the different type of support currently available. It discusses the materials which make them up, the different ways in which they are available and the parameters which determine the support best suited for a given application. In this way, it is possible to establish the parameters which could alter the information contained on a given support and limit its durability for each material and each type of presentation. Special emphasis is placed on the magnetic tape as it is the most widely-used type of support. The presentation then goes on to introduce the new types of support which are arriving on the market, and long-term prospects.