

# Adquisició del senyal de vídeo

Montserrat Corbalán Fuertes

PID\_00196630



*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

<b>Introducció.....</b>	<b>5</b>
<b>1. Radiometria i fotometria aplicada a la televisió en color.....</b>	<b>7</b>
1.1. Definició de <i>radiometria</i> i <i>fotometria</i> .....	7
1.2. Magnituds radiomètriques i fotomètriques .....	8
1.3. Cos negre .....	13
1.4. Il·luminació en platós de televisió .....	15
<b>2. Colorimetria aplicada a la televisió en color.....</b>	<b>17</b>
2.1. Lleis de Grassmann de la trivariància .....	17
2.2. Observador patró i espai de color XYZ .....	19
<b>3. Captació amb càmera en color i obtenció dels senyals RGB...</b>	<b>24</b>
3.1. Control de la intensitat de la llum .....	24
3.2. Filtres correctors de color .....	25
3.3. Objectius .....	25
3.4. Sensors .....	27
3.5. Estampació .....	30
3.6. Balanç de blanc i de negre .....	30
3.7. Correcció de gamma .....	31
<b>Bibliografia.....</b>	<b>33</b>



## Introducció

En aquest mòdul definirem magnituds que tenen a veure amb la il·luminació dels objectes i veurem com es determina el color segons la manera que tenim els humans de qualificar-lo, i tot amb l'objectiu d'entendre com influeix en la captació en la televisió. Així mateix, veurem com es forma el senyal de color a la televisió per barreja additiva i alguns processos de processament del senyal, que tenen lloc a l'interior de la càmera per a obtenir els senyals RGB. Finalment, s'expliquen alguns dels elements principals d'una càmera de vídeo.

En la figura 1 es mostra el diagrama de blocs de la cadena televisiva analògica:

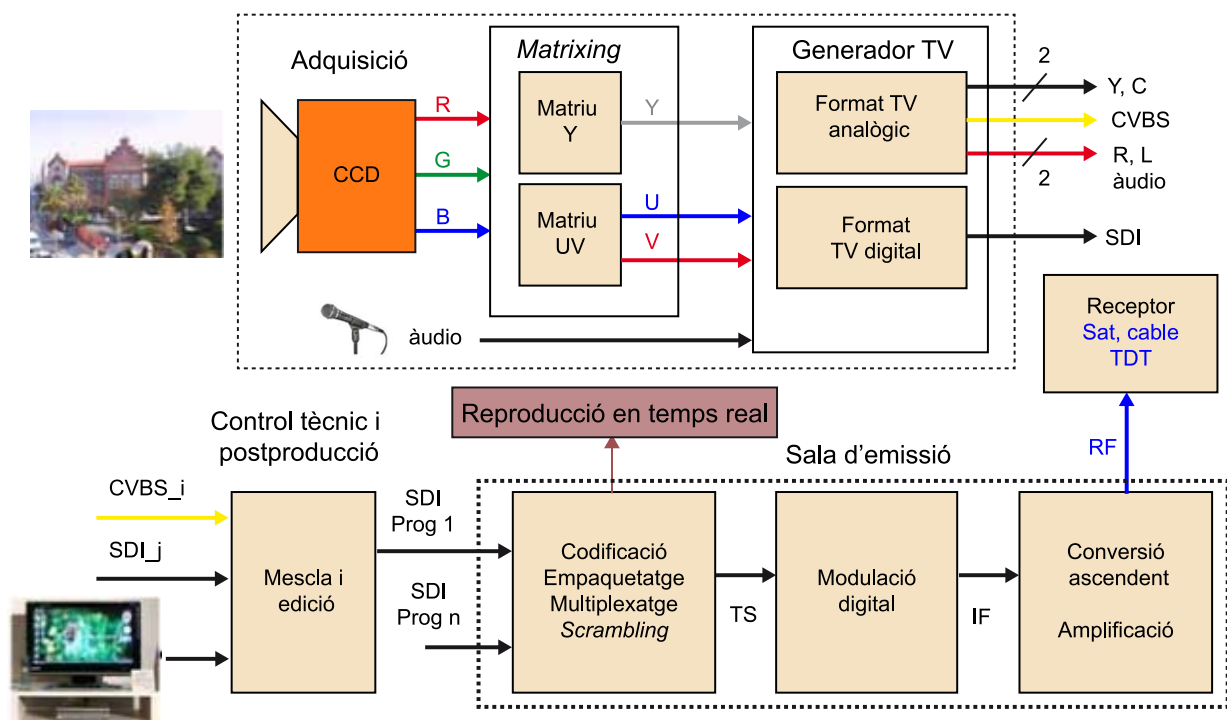


Figura 1. Cadena televisiva. En taronja s'indica el bloc que es desenvolupa en aquest mòdul.

La cadena de transmissió del senyal de televisió, des de l'estudi professional on es genera fins al receptor que la rep, es pot dividir en tres parts:

- Adquisició o captació de les imatges i sons.
- Conversió de la informació captada en senyals electrònics que es processaran adequadament fins a la recepció per part de l'usuari.
- Reproducció en una pantalla o monitor del senyal rebut.

De les tres parts, la primera és la més crítica, ja que la qualitat del senyal adquirit marca la qualitat de la informació televisiva. Si no hi ha una bona adquisició de senyal, no es pot augmentar la qualitat en les altres etapes. Per això,

és fonamental que la captació es faci amb càmeres de vídeo d'una definició i una qualitat igual o superior a la que es requereix en la reproducció. També cal controlar la il·luminació i utilitzar les fonts de llum adequades a l'objectiu buscat, per la qual cosa és necessari saber què caracteritza una font de llum. Això ens porta a presentar nocions sobre radiometria i fotometria.

Els primers sistemes de televisió captaven i reproduïen imatges en blanc i negre, ja que la tecnologia de les càmeres i les pantalles no estava prou desenvolupada. Aquests sistemes treballaven amb un sol senyal de vídeo, el senyal en blanc i negre, que més tard s'anomenaria *luminància*, o *senyal Y*. La qualitat del senyal analògic en blanc i negre depèn principalment de la il·luminació, l'òptica de la càmera, la sensibilitat i la relació senyal-soroll del sensor. Actualment, amb les càmeres digitals, les escales de grisos que es poden obtenir, és a dir, el rang dinàmic del senyal, depèn del nombre de bits del convertidor analògic digital: com més gran sigui el nombre de bits del convertidor, més gran serà el rang dinàmic de grisos representables i més qualitat tindrà la imatge obtinguda.

Els sistemes de televisió en color es basen en càmeres que capten la imatge descomposta en tres colors bàsics: el vermell (R, *red*), el verd (G, *green*) i el blau (B, *blue*). Veurem que això està relacionat amb la trivariància que presenta el sistema visual humà, que s'ha reproduït en la fabricació de les càmeres. La qualitat final de la imatge no solament depèn de les condicions esmentades més amunt per a obtenir la imatge en blanc i negre, sinó que a més cal tenir en compte com s'obté el color, com es processa i quin senyal s'obté. Concretament esmentarem el processament que es du a terme en la càmera a causa dels processos no lineals que els reproductors de vídeo fan al senyal (funció gamma) i explicarem en què consisteix el balanç de blancs i negres.

En l'apartat següent presentem conceptes bàsics sobre il·luminació, perquè sense aquesta no es percep res i és fonamental tenir-la en compte per a obtenir uns colors tan reals com sigui possible. En segon lloc, presentem conceptes bàsics sobre el color, com es representa quantitativament i com el percep el sistema visual humà. Actualment, tant les càmeres com la reproducció es fan sobre dispositius en color. Les càmeres en color tracten de reproduir, en la mesura del que és tecnològicament possible, el funcionament del sistema visual humà, per tant, saber-ne coses permet entendre millor alguns processos que duen a terme les càmeres. Finalment, veurem els elements principals d'una càmera en color.

# 1. Radiometria i fotometria aplicada a la televisió en color

## 1.1. Definició de *radiometria* i *fotometria*

Per a poder veure les coses necessitem que hi hagi llum, de fet la llum és un element essencial del color que percebem. Per aquesta raó, abans de continuar parlant sobre el senyal de vídeo haurem d'introduir-nos en els conceptes relacionats amb la llum i la il·luminació.

Un emissor és qualsevol font d'ones electromagnètiques, i l'energia que transporten aquestes ones es denomina *energia radiant*. Tenint present el concepte d'energia radiant, definirem dos aspectes més:

Es denomina **flux radiant** ( $\Phi_r$ ) l'energia radiant que emet un emissor per unitat de temps i es mesura en watts (W).

La **irradiació** és el flux radiant que incideix sobre una superfície per unitat d'àrea i es mesura en watts/cm<sup>2</sup>. Cal tenir en compte que, en incidir sobre una superfície, una tant per cent del flux radiant serà absorbit i un altre, reflectit.

Els conceptes anteriors, els estudia la radiometria.

La **radiometria** és la ciència que s'ocupa de l'estudi de la mesura de la radiació electromagnètica en general.

Quan l'ull humà capta les magnituds radiomètriques (ens referim a la sensació visual que produeix aquesta energia), som en el camp de la fotometria.

La **fotometria** és la ciència que s'ocupa de la part de l'espectre electromagnètic que el sistema visual pot percebre. En altres paraules, estudia la capacitat que té la radiació electromagnètica d'estimular el sistema visual.

Cada mesura fotomètrica té el seu equivalent radiomètric i, en el nostre cas, ens interessen tots dos, ja que la finalitat d'una càmera és gravar alguna cosa que al final veurà una persona i que compararà el que veu amb la realitat.

La sensibilitat del sistema visual humà depèn molt de la longitud d'ona que rep (figura 2). Per això, la Commission Internationale de l'Éclairage (CIE), que és l'autoritat internacional en llum, il·luminació, color i espais de color, va adoptar com a estàndards dues corbes de sensibilitat espectral relativa, una per a condicions de visió diürna (o fotòpica) i una altra per a visió nocturna (o escotòpica). Aquestes dues corbes estan relacionades amb els dos sistemes de fotoreceptors que té el sistema visual humà, els cons (visió diürna) i els bastons (visió nocturna). Les dues corbes de sensibilitat espectral relativa tenen forma de corba de Gauss, però amb màxims desplaçats: l'ull mostra la màxima sensibilitat per a la longitud d'ona de 555 nm (nanòmetres) en condicions fotòpiques, mentre que per a condicions escotòpiques, aquest màxim es desplaça fins a 480 nm. Això explica per què en condicions d'il·luminació normals veiem colors, però amb baixa intensitat tendim a veure les coses blavenques: com més baixa és la intensitat, menys color percebem i tot ho veiem gris, fins que la il·luminació és insuficient i no veiem res.

### Cons i bastons

Els cons són els responsables de la visió diürna habitual i del color. En canvi, els bastons actuen bàsicament en visió nocturna o en situacions d'il·luminació baixa. Hi ha tres tipus de cons amb sensibilitats màximes a la radiació de 420 nm aproximadament, que correspon a una longitud d'ona de l'espectre blau-violeta, 530 nm (verda) i 560 nm (groc-vermell). Per això tradicionalment es parla dels cons com si fossin de color i s'hi refereix com els cons blaus, verds i vermells.

L'important és que tenim sensibilitats a tres rangs de l'espectre visible: la zona dels vermells, dels verds i dels blaus. El nostre sistema de visió del color és tricromàtic.

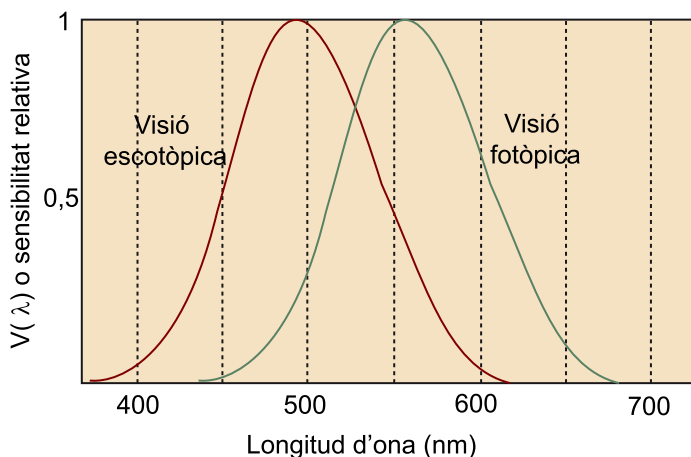


Figura 2. Corbes de sensibilitat del sistema visual humà

## 1.2. Magnituds radiomètriques i fotomètriques

En l'apartat anterior s'han definit dues magnituds radiomètriques, el flux radiant i la irradiació. La magnitud fotomètrica equivalent al flux radiant en radiometria és el flux lluminós.



El **flux lluminós** ( $\Phi_l$ ) és la part del flux radiant emesa per una font de llum que és capaç d'afectar el sentit de la vista. El flux lluminós es mesura en lumens (lm).

A efectes pràctics, el flux lluminós és el flux radiant ( $\Phi_r$ ) multiplicat per la sensibilitat espectral relativa del sistema visual humà [ $V(\lambda)$  en la figura 2] integrada sobre el rang de longituds d'ona del visible i multiplicat per la constant  $K_m$ :

$$\Phi_l = K_m \int_{380}^{780} V(\lambda) \Phi_r d\lambda \quad (1)$$

El valor  $K_m$  és de  $683 \text{ lm W}^{-1}$  per a condicions fotòpiques i  $1.699 \text{ lm W}^{-1}$  per a condicions escotòpiques.

El flux lluminós caracteritza la quantitat de llum que emet una font lluminosa en totes les direccions. Per exemple, en un llum incandescent, solament prop del 10% del flux radiant que emet és flux lluminós. És a dir, la major part del flux radiant no és lluminosa.

En relació amb l'exemple del llum incandescent que acabem d'esmentar, i una vegada definits el flux radiant i el flux lluminós, estem en disposició de definir el concepte d'eficiència lluminosa:

Es defineix **eficiència lluminosa** com la relació entre el flux lluminós i el flux radiant. Aquesta relació s'expressa en lumen/watt (lm/W).

És important tenir clar que la llum viatja radialment cap a fora en línies rectes. Per aquesta raó, a efectes pràctics moltes vegades és necessari mesurar la intensitat lluminosa:

Entenem per **intensitat lluminosa** ( $I$ ) el flux lluminós emès per unitat d'angle sòlid. Matemàticament, podem expressar la intensitat lluminosa com:

$$I = \frac{\Phi_l}{\Omega} \quad (2)$$

La seva unitat és el lumen/estereoradiant (lm/sr), que es denomina *candela* (cd).

### Angle sòlid ( $\Omega$ )

L'angle sòlid mesura la grandària aparent d'un objecte. Concretament, és l'angle espacial que abraça un objecte vist des d'un punt donat, que es correspon amb la zona de l'espai limitada per una superfície cònica. La seva unitat és l'estereoradiant (sr).

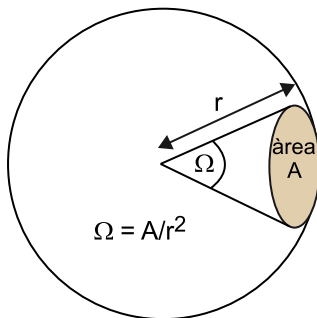


Figura 3

La manera en què es distribueix la intensitat lluminosa d'una font de llum s'indica mitjançant gràfiques d'isocandeles, la qual cosa permet triar la font d'acord amb l'aplicació. Si una font emet amb la mateixa intensitat en totes les direccions, això correspon a  $4\pi$  sr, és a dir, la superfície d'una esfera, o aproximadament 12,56 sr.

### Exemple

Si un llum incandescent de 100 W té una eficiència lluminosa de 13,8 lm/W, tindrà un flux lluminós d'1,380 lm. En el cas dels llums incandescents, es pot considerar que emeten llum en totes les direccions. Per tant, tindran una intensitat lluminosa de:

$$I = \frac{\Phi_l}{\Omega} = \frac{1380 \text{ lm}}{4\pi \text{ sr}} = 109,87 \text{ cd} \quad (3)$$

No obstant això, hi ha fonts de llum, com els LED, que no emeten igual en totes les direccions. En aquest cas, el pas de lumens a candeles no és tan evident perquè cal tenir en compte l'angle d'emissió del LED.

Unes altres dues mesures fotomètriques importants són la il·luminació (E) i la luminància (L) o brillantor (B).

La **il·luminació** es defineix com el flux lluminós que incideix sobre una superfície per unitat d'àrea i es mesura en luxs ( $\text{lux} = \text{lx} = \text{lm}/\text{m}^2$ ). S'ha comprovat que la il·luminació es relaciona amb la intensitat lluminosa mitjançant la llei inversa dels quadrats, que per a una font puntual es defineix com segueix:

$$E = I/d^2 \quad (4)$$

En què  $d$  és la distància des de la font lluminosa a la superfície incident, i aquesta superfície és perpendicular a la direcció de propagació del flux lluminós (figura 4).

Aquesta llei permet entendre la importància que té la distància en la col·locació de les fonts quan s'il·lumina en un plató de televisió, perquè no decreix linealment.

### Exemple

Si un focus de llum es col·loca al doble de distància que inicialment respecte a un objecte, la il·luminació que ara hi arriba és quatre vegades menor. Als platós de televisió grans les fonts se situen en graelles a certa altura del plató i per això és necessari calcular quantes se n'han de posar per a obtenir la il·luminació adequada.

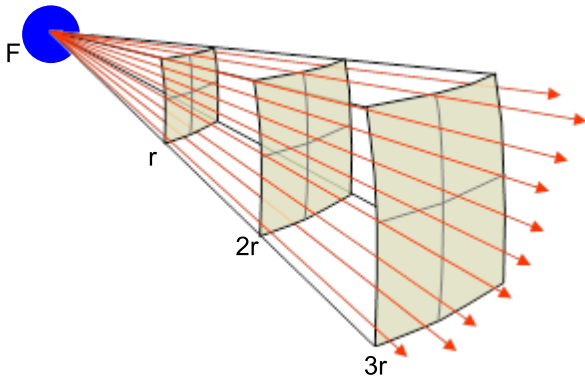


Figura 4. Llei de la inversa del quadrat. La densitat de línies de flux disminueix a mesura que augmenta la distància.

### Diferència entre lux i lumen

La diferència entre el lux i el lumen és que el lux té en compte la superfície sobre la qual el flux lluminós es distribueix. 1.000 lumens, concentrats sobre 1 metre quadrat, il·luminen aquesta superfície amb 1.000 luxs. Els mateixos 1.000 lumens, distribuïts sobre 10 metres quadrats, produeixen una il·luminació de només 100 luxs.

Quan la superfície no és perpendicular a la luminància, l'equació (4) s'ha de modificar (figura 5):

$$E = I/d^2 \cdot \cos\theta \quad (5)$$

Essent  $\theta$  l'angle d'inclinació de la superfície amb la direcció de propagació del flux lluminós. Concretament, com es mostra en la figura 5 i en l'equació (5), es calcula la il·luminació en la direcció vertical:

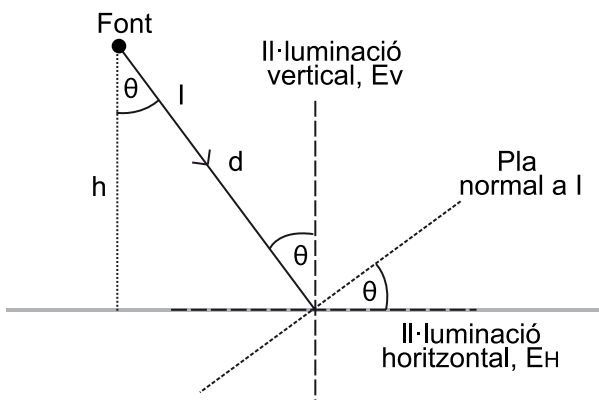


Figura 5. Il·luminació en una superfície que no està en la normal.

Amb les equacions (4) i (5) es pot entendre per què als estudis de televisió, per a il·luminar, s'utilitzen diverses fonts de llum de molta potència. No solament afecta la distància, sinó també l'orientació. Tots dos factors es tenen presents per a calcular la quantitat i distribució de les fonts de llum.

En la pràctica, no es coneix la distància del focus a la superfície ( $d$ ) sinó la seva altura  $h$ , per tant, segons es pot deduir de la figura 5, l'equació (5) queda com segueix:

$$E = I / \left( \frac{h}{\cos\theta} \right)^2 \cdot \cos\theta = \frac{I}{h^2} \cdot \cos^3\theta \quad (6)$$

La **luminància** ( $L$ ) es defineix com la intensitat lluminosa emesa per una font o superfície, en la direcció d'un observador, dividida per l'àrea de la font o de la superfície vista per l'observador:

$$L_\alpha = \left( \frac{I_\alpha}{A \cos\alpha} \right) \quad (7)$$

En què  $I_\alpha$  és la intensitat lluminosa en la direcció de l'angle  $\alpha$  i el denominador és l'àrea projectada perpendicular a la direcció d'observació. La unitat de la luminància és el nit ( $\text{nt} = \text{cd}/\text{m}^2$ ).

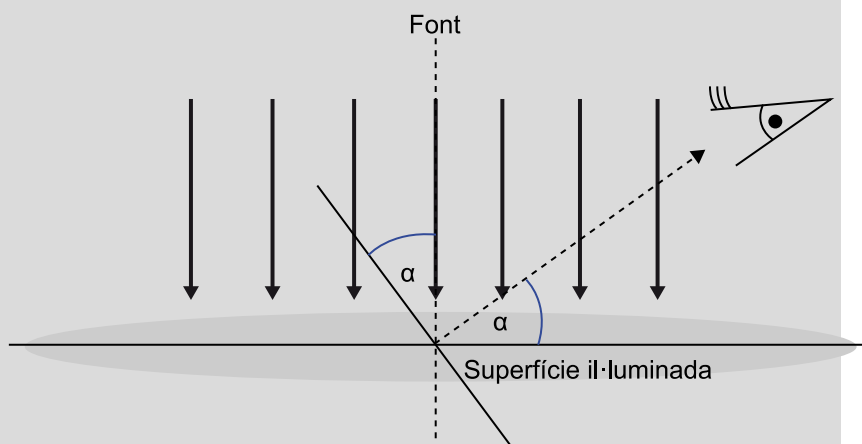


Figura 6. Observació d'una superfície il·luminada amb un angle  $\alpha$

### Nota

Un vector es diu que és normal a una superfície en un punt si és perpendicular al pla tangent en aquest punt de la superfície. En la figura 5 el pla identificat com a  $E_v$  (il·luminació vertical) és el pla normal a la superfície grisa o pla identificat amb  $E_H$ .

Les lleis que s'han enunciat sempre han considerat que la font de llum és puntual. Si aquesta s'ha de considerar extensa, llavors es compliquen les expressions vistes anteriorment perquè s'ha d'integrar tenint en compte diverses variables, com són la forma de la font i el lloc concret on es vol saber quina energia està arribant i, per tant, a quina sensació visual donarà lloc.

Una font de llum es pot considerar puntual si la distància de la font al punt d'il·luminació (pantalla, plató, etc.) és summament gran comparada amb l'extensió d'aquesta font.

### 1.3. Cos negre

Si a l'interior d'una casa agafem una tela blava, de vegades podem dubtar de si és blava o negra, però en sortir a l'exterior podem veure clarament que és blava. La tela i nosaltres som els mateixos dins i fora de la casa, però canvia la font de llum que il·lumina. En aquest apartat determinarem què caracteritza una font de llum unívocament i quin efecte té sobre la sensació visual que percebem.

En general, quan un objecte rep radiació electromagnètica (per exemple, llum), una part d'aquesta radiació és absorbida i una altra reflectida. A més, aquest cos, en funció de la pròpia temperatura i de les seves propietats, pot irradiar energia. Quan l'energia absorbida és més gran que la que emet i la que reflecteix, l'objecte s'escalfa i, com a conseqüència, l'energia emesa augmenta. El procés continua fins que s'aconsegueix l'equilibri. Una abstracció teòrica que no existeix en la realitat però que s'utilitza és la coneguda com a cos negre. El cos negre és un receptor perfecte que absorbeix la totalitat de l'energia rebuda. La llei de Kirchhoff diu que el poder absorbent i emissiu d'un cos és constant i igual per a totes les superfícies a la mateixa temperatura.

El cos negre presenta sempre una temperatura uniforme, absorbeix completament totes les radiacions incidents i les transforma en energia tèrmica, la qual cosa provoca una radiació en funció de la seva temperatura. La intensitat de la radiació emesa per un cos negre amb una temperatura  $T$  està determinada per la llei de Planck:

$$I(\nu, T) = \frac{2h\nu^3}{c^2} = \frac{1}{e^{(h\nu/kT)} - 1} \quad (8)$$

En què  $\nu$  és la freqüència (hertz),  $T$  la temperatura (kelvin, K),  $h$  la constant de Planck,  $c$  la velocitat de la llum i  $k$  la constant de Boltzmann (joule/kelvin). El valor de les constants i les seves unitats es proporcionen en la taula 1. La gràfica que proporciona l'equació (8), representada en funció de la longitud d'ona, es coneix com la *distribució espectral de l'emissor* (SPD: *spectral power distribution*).

En la figura 7, a la dreta, es mostren algunes corbes de radiació del cos negre a diferents temperatures, i a l'esquerra s'il·lustra el color d'una font a una determinada temperatura de color. Totes dues subfigures estan relacionades; per tant, globalment, la figura 7 serveix per a saber quin SPD (figura de la dreta) tindria la font i quin color es percebria (figura de l'esquerra) donada una temperatura de color determinada.

#### Nota

Per aquest motiu, els fabricants proporcionen la temperatura de color de les seves fonts i, de vegades, la distribució espectral de l'energia radiada.

La temperatura de color d'una font de llum es defineix comparant-ne el color dins de l'espectre lluminós amb el de la llum que emetria un cos negre escalfat a aquesta temperatura.

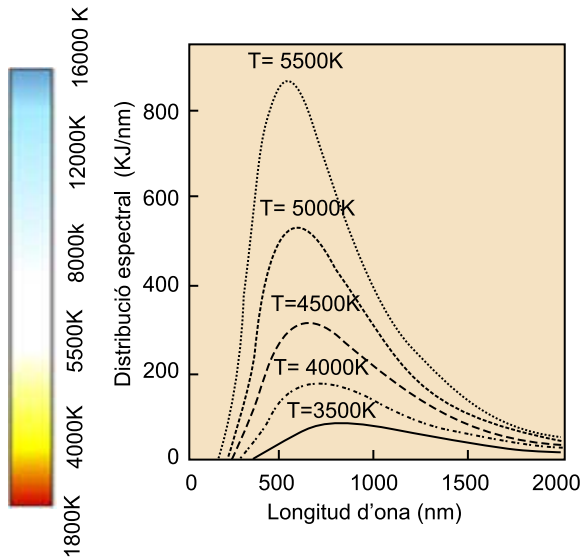


Figura 7. A l'esquerra es mostra la temperatura de color d'una font i el color que genera. A la dreta, la distribució espectral del cos negre a diferents temperatures.

**Nota**

La llum és una ona electro-magnètica que viatja a una velocitat constant. Concretament, en el buit el seu valor és de 299.792.458 m/s i és igual al producte de la longitud d'ona per la freqüència.

Taula 1. Constants de la llei de Planck

Constant	Magnitud	Unitats (SI)
h	$6.62606896 \times 10^{-34}$	J·s
c	$3 \cdot 10^8$	m/s
k	$1.38065 \times 10^{-23}$	J/K

Tots els cossos en què l'emissió depengui solament de la seva temperatura s'han de comparar amb el cos negre, la qual cosa permet conèixer-ne l'SPD mitjançant l'equació (8). Com que un cos negre és un radiador tèrmic perfecte, qualsevol altre cos que està en equilibri i a la mateixa temperatura emet menys potència radiant i depèn de la seva capacitat per a emetre.

De la llei de Planck es dedueix que el color que s'observi d'una font de llum dependrà de la seva distribució espectral, ja que si no emet de la mateixa manera en totes les longituds d'ona, les que predominin proporcionaran cromaticitat a aquesta font. Si la font de llum emet principalment en les longituds d'ones llargues de l'espectre visible, la llum es percebrà vermella, i si per contra prevalen les longituds d'ona curtes de l'espectre visible, es percebrà blau. Si es combinen totes les longituds d'ona de l'espectre visible en quantitats aproximadament iguals, es percebrà una llum de color blanca.

**Exemple**

La llum incandescent, que sol tenir una temperatura de color aproximada de 3.200 K, proporciona una llum vermellosa que genera sensació de calidesa. Per contra, la del flu-

orescent de baix consum LT3O20WF, amb una temperatura de color de 6.400 K, proporciona una llum freda, això és, una mica blavosa.

Com veurem més endavant, solament és necessari conèixer l'SPD d'una font de llum per a determinar-ne quantitativament les coordenades de color. Per a saber quina sensació visual pot produir, n'hi ha prou de saber la temperatura de color. No obstant això, saber que una font de llum es caracteritza per la seva distribució espectral ens permet entendre per què les diferències en l'espectre entre dues fonts poden permetre distingir millor si una tela és blava o negra, tornant a l'exemple amb el qual hem iniciat aquest apartat.

### Exemple

Per relacionar quina sensació visual s'obté si una mostra blanca s'il·lumina amb un determinat il·luminador, utilitzeu la miniaplicació o *applet* següent <<http://cas.sdss.org/dr6/en/proj/advanced/color/physlet/blackbody.asp?textbox=3000>>.

En introduir una temperatura de color, es dibuixa el seu SPD segons la llei de Planck. Al costat esquerre, al cercle inferior, es visualitza la sensació visual que tindrieu en mirar aquesta font de llum.

Aquesta miniaplicació permet relacionar els dos conceptes que van lligats: la temperatura o SPD d'una font de llum i el color que percebem d'aquest. Moveu el ratolí sobre l'SPD i apareixerà la longitud d'ona ( $\lambda$ ) màxima per a aquesta distribució espectral.

## 1.4. Il·luminació en platós de televisió

La CIE té estandarditzats alguns il·luminadors que s'utilitzen com a referència; per exemple, els il·luminadors de la llum del dia de la classe D. En aquest sentit, la llum diürna és la llum de referència en estudis a l'exterior i s'utilitza com a element de comparació i avaluació per a qualsevol altra font de llum. No obstant això, l'SPD de la llum del dia és molt variable perquè no és la mateixa a primera hora del matí que a primera hora de la tarda, ni per a un dia ennuvolat o un amb sol. Per aquesta raó, la CIE va proposar l'ús d'il·luminadors no reals, però normalitzats, perquè servissin d'estàndard: quan es parla de la llum de dia D65, es parla d'un estàndard de la CIE. No obstant això, aquest estàndard es pot reproduir amb fonts de llum reals.

### Exemple

A les cabines de comparació del color de la marca VeriVide, la font D65 es fa amb tubs fluorescents, mentre que en la cabina GretagMacbeth se simula l'il·luminador D65 a partir de llums halògens d'incandescència i filtres apropiats.

Als platós de televisió se solen utilitzar fonts de llum de tungstè-halogen, anomenades comunament *llums de quars*. Aquests llums solen tenir una temperatura de color d'aproximadament de 3.200 K i unes potències que poden oscil·lar entre 500 i 3.000 watts.

En la pràctica, a la televisió s'utilitza un luxòmetre per a mesurar la il·luminació rebuda en un punt, la qual cosa permet saber quantes fonts es necessiten i de quina energia han de ser, segons l'àrea que s'hagi de captar. La unitat de mesura del luxòmetre és el lux.

**Nota**

El luxòmetre PCE-L335 té un rang de mesurament de llum que va de 0 a 400.000 luxs, dividit en diverses escales per a adaptar-se a les lluminositats febles i fortes.

A continuació mostrarem alguns exemples per establir ordres de magnitud: el cel nocturn net amb lluna nova pot tenir 0,001 luxs; el menjador d'una casa pot tenir 50 luxs; la sortida o posta de sol en un dia clar, uns 400 luxs; en un estudi de televisió es poden tenir 1.000 luxs; i en un dia amb sol es poden mesurar 32.000 luxs o més.

Fins ara us hem comentat què caracteritza una font de llum i quina relació té després amb la sensació visual que en tenim. En televisió s'ha de controlar tant quin tipus de font de llum s'usa i de quina potència, com on se situa per a controlar les ombres. En producció televisiva s'aprenen a col·locar les fonts de llum, ja que segons on se situïn respecte al subjecte o subjectes que es graven s'obtindrà un efecte diferent. La il·luminació ha de baixar la relació de contrast entre les àrees clares i fosques afegint més llum a les àrees fosques o atenuant les àrees extremadament clares. D'aquesta manera, és possible obtenir més detall a les dues àrees.

Una bona il·luminació crea una il·lusió de tres dimensions en una imatge plana. La il·luminació ha de proporcionar un aspecte uniforme, la qual cosa significa que ha de buscar consistència des de cada angle de la càmera amb què es capta.



## 2. Colorimetria aplicada a la televisió en color

En la visió diürna o fotòpica, l'ull humà té tres tipus de cèl·lules receptores de la radiació anomenats *cons*. Aquests tres tipus de cons s'estimulen davant diferents rangs de longitud d'ona, que en l'espectre visible se situen en el rang del vermell, del verd i del blau. Per simplificar, tradicionalment se n'acaba parlant com si fossin monocromàtics, però cal tenir present que això no és així.

Els cons transformen la radiació que capten en impulsos nerviosos, que s'envien al cervell per a ser interpretats, i ens produeixen la sensació del color. La colorimetria és la ciència que ha desenvolupat mètodes per a quantificar el color d'un objecte que està aïllat o formant part d'una escena. Aquest mètode ha de tenir un sentit perceptual, això és, els nombres que s'assignen a un color han de descriure el color que percep el sistema visual humà. La percepció del color d'un objecte no depèn solament de la llum que reflecteix quan s'il·lumina, sinó que, en general, depèn de la llum que rebem de l'objecte i del seu entorn. El problema és complicat, per la qual cosa encara no hi ha un model que sigui capaç de descriure el color que es percep d'un objecte en qualsevol condició d'observació, encara que ja hi ha models d'aparença del color bastant aproximats.

### 2.1. Lleis de Grassmann de la trivariància

Un principi enunciat per Newton (1672), reafirmat per Young (1802) i verificat en la pràctica afirma que qualsevol color pot ser igualat per la suma de tres colors primaris triats convenientment. La colorimetria tradicional caracteritza l'estímul lluminós que arriba a l'ull mitjançant els components d'un vector en un determinat espai vectorial. Per a construir aquest espai, anomenat *espai de representació del color*, solament cal triar tres colors com a primaris i un blanc de referència. El 1931, la CIE va proposar els espais coneguts amb els noms *RGB* i *XYZ*.

En tots dos espais es tenen en compte les lleis de la trivariància i de la luminància de Grassmann (1850), segons les quals qualsevol color *C* de luminància  $L_C$  es pot definir com la suma de tres luminàncies: vermella ( $L_R$ ), verda ( $L_G$ ) i blava ( $L_B$ ).

$$L_C = L_R + L_G + L_B \quad (9)$$

D'altra banda, imaginem que tenim dues pantalles contigües situades a certa distància de l'observador. Sobre una es projecta una llum blanca que serveix de referència i, a l'altra pantalla, la llum procedent de la barreja additiva de tres fonts de colors primaris (*additive primaries*). Com a fonts primàries s'escullen fonts de llum que emeten en la zona de l'espectre electromagnètic correspo-

#### Referència bibliogràfica

Tots dos espais estan tabulats i en trobareu els valors en les referències bibliogràfiques d'aquest mòdul didàctic.

ment al vermell ( $P_R$ ), al verd ( $P_G$ ) i al blau ( $P_B$ ). Modificant les proporcions d'energia procedents d'aquestes tres fonts primàries, es busca obtenir un blanc idèntic al de referència. Si s'aconsegueix igualar el color, el resultat serà que en les dues pantalles es tindrà la mateixa sensació visual; és a dir, solament es veurà un únic color. En altres paraules, semblarà que hi ha una sola pantalla en lloc de dues. Per a aconseguir aquest efecte, l'observador ha de modificar les proporcions ( $\alpha_R$ ,  $\alpha_G$  i  $\alpha_B$ ) de les tres fonts de llum  $P_R$ ,  $P_G$  i  $P_B$  fins a igualar la llum blanca de referència:

$$C = \alpha_R P_R + \alpha_G P_G + \alpha_B P_B \quad (10)$$

Aquesta és la segona llei de Grassmann. De la barreja additiva de dos primaris surt el color complementari del tercer primari. La barreja d'un primari i el seu complementari produeix la sensació de blanc per a una relació adequada de luminàncies.

### Exemple

Per entendre com s'iguala el color partint de tres primaris i com s'han de trobar les proporcions adequades d'aquests, modifiqueu les quantitats d'R, G i B en la miniaplicació (*applet*) següent [http://www.cs.rit.edu/ncs/color/a\\_game.html](http://www.cs.rit.edu/ncs/color/a_game.html) fins que el rectangle interior coincideixi amb el color de l'exterior.

Les quantitats R, G i B representen les fonts primàries i donen una guia que indica si es fa bé o no fins a aconseguir la igualació.

En aquest exemple, les superfícies el color de les quals cal igualar són un rectangle a l'interior d'un altre, en comptes de dues pantalles contigües com les que es van utilitzar per a determinar la segona llei de Grassmann, però la idea va ser la mateixa encara que en un experiment més controlat.

Cap de les tres fonts de llum primàries mai no s'ha d'obtenir a partir de les altres dues. La sèrie de colors que es poden aconseguir, fer correspondre o igualar amb qualsevol conjunt de tres primaris és el que es considera el *gamut* d'aquests primaris.

Fixem-nos que la barreja additiva és l'intent tecnològic d'imitar la forma de treball del sistema visual humà, en què el color s'aconsegueix per l'excitació corresponent dels tres tipus de cons que tenim.

La composició de colors per barreja additiva és el principi bàsic de la generació de senyals de vídeo en color i de les pantalles de televisió. En el cas de la norma europea PAL (*phase alternating line*) de televisió en color, es fixen els tres primaris, i com a font de llum blanca de referència s'usa la llum D6500 de valor conegut. Mitjançant un experiment similar a l'esmentat per a enunciar la llei de Grassmann, que es descriu en l'equació (10), per a la norma PAL es va obtenir que la luminància per a igualar-se al blanc de referència requereix un 30% del senyal vermell (R), un 59% del senyal verd (G) i un 11% del senyal blau (B):

$$Y = 0.30R + 0.59G + 0.11B \quad (11)$$

### Exemple

El groc és el complementari del blau. Si el groc i el blau es barregen en proporcions adequades, la sensació serà de blanc.

## 2.2. Observador patró i espai de color XYZ

A causa de la naturalesa de la visió tricromàtica, un color pot ser definit per un conjunt de tres coordenades d'un vector en un espai vectorial tridimensional. L'espai vectorial de color compleix les lleis de Grassmann i té uns primaris la combinació lineal dels quals genera tot l'espai de color. En primer lloc, la CIE va definir uns primaris que van generar l'espai de color RGB-CIE.

Per exemple, per a determinar les coordenades de color d'una font de llum que té una distribució espectral (SPD)  $S(\lambda)$ , es calcula:

$$\begin{aligned} R &= k_m \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{r}(\lambda) \cdot d\lambda \\ G &= k_m \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{g}(\lambda) \cdot d\lambda \\ B &= k_m \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{b}(\lambda) \cdot d\lambda \end{aligned} \quad (12)$$

en què  $\bar{r}(\lambda)$ ,  $\bar{g}(\lambda)$  i  $\bar{b}(\lambda)$  són les funcions d'igualació de color o funcions de barreja de l'espai RGB-CIE i  $K_m$  és 683 lm/W.

En la figura 8 es mostren les funcions de barreja de l'espai de color RGB-CIE. Es pot apreciar que la corba  $\bar{r}(\lambda)$  té un rang de longituds d'ona en les quals el valor és negatiu. Això condueix a obtenir en molts colors una de les coordenades RGB de valor negatiu. A més, hi ha alguns colors que se situen fora del triangle de primaris. Per això, la CIE va crear un altre sistema de coordenades, l'espai XYZ-CIE, que s'obté mitjançant una transformació lineal de l'RGB. A més,  $Y$  coincideix amb la corba de visió fotònica del sistema visual humà de la figura 2. Això implica que la luminància dels primaris  $X$  i  $Z$  han de ser zero, i la del primari  $Y$ , la unitat. Amb aquest nou espai de color no s'obtenen coordenades negatives.

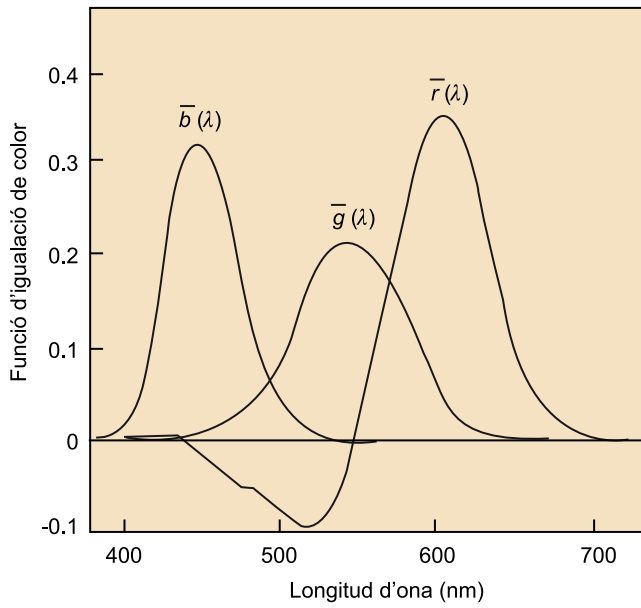


Figura 8. Funcions d'igualació de color RGB-CIE (1931)

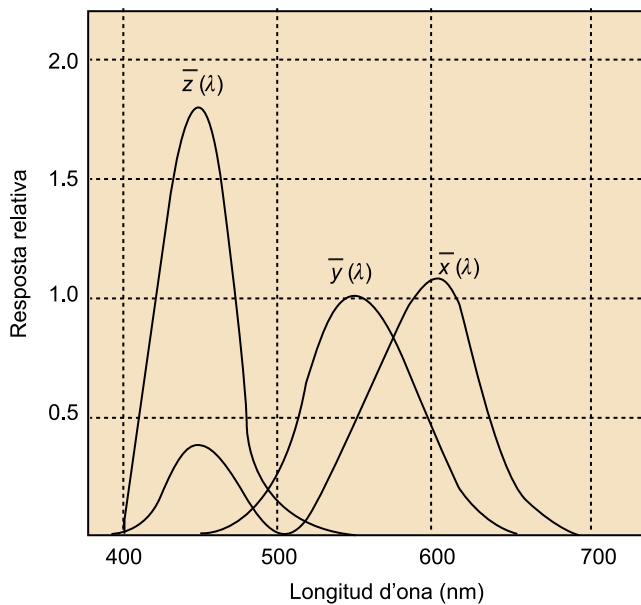


Figura 9. Corbes de l'observador patró XYZ-CIE (1931)

En la figura 9 es mostren les noves corbes d'igualació del color o funcions de barreja de l'espai XYZ-CIE que es va definir el 1931. Els valors XYZ es coneixen com a *valors triestímuls*.

Seguint amb el mateix exemple de la font de llum amb SPD  $S(\lambda)$  de l'equació (12), el seu color a l'espai XYZ s'obté:

$$\begin{aligned}
 X &= \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{x}(\lambda) \cdot d\lambda \\
 Y &= \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{y}(\lambda) \cdot d\lambda \\
 Z &= \int_{380}^{780} S(\lambda) \cdot \bar{z}(\lambda) \cdot d\lambda
 \end{aligned} \quad (13)$$

### Nota

Les funcions d'igualació o funcions de barreja  $\bar{x}(\lambda)$ ,  $\bar{y}(\lambda)$  i  $\bar{z}(\lambda)$ , es coneixen com a *funcions de barreja de l'observador patró* o *ull patró*, perquè descriuen quantitativament el color que percep un observador mitjà sense problemes de visió. Mitjançant unes equacions similars a l'equació (13) es determina quantitativament el color de qualsevol objecte i representa el color que percebem.

Per a evitar problemes de magnitud es van definir les coordenades cromàtiques, que són els valors triestímuls normalitzats:

$$\begin{aligned}
 x &= \frac{X}{(X+Y+Z)} \\
 y &= \frac{Y}{(X+Y+Z)} \\
 z &= \frac{Z}{(X+Y+Z)} = 1-x-y
 \end{aligned} \quad (14)$$

Com que l'espai CIE XYZ es va dissenyar deliberadament perquè Y coincideixi amb la lluminositat, la cromaticitat es determina a partir de x i y. Per això, es va definir l'espai CIE xyY, que és àmpliament utilitzat i del qual es defineixen altres sistemes de representació del color, per aquest motiu és important.

L'espai xyY es forma amb la cromaticitat del color que es representa en un pla (x, y), anomenat *triangle cromàtic CIE*, i la seva lluminositat en un eix perpendicular a aquest (Y). Amb l'equació (14) es veu com partint del sistema xyY sempre es pot reconstruir el sistema de representació del color amb els valors triestímuls XYZ i viceversa.

Per acabar, per a especificar un color solament són necessàries les seves coordenades cromàtiques (x,y) i la seva lluminositat Y. Aquesta manera de representar el color està més connectada amb la manera en què els éssers humans descrivim un determinat color. En general no ho fem considerant les components RGB que pugui tenir, sinó mitjançant tres característiques diferents: la tonalitat (si és verda o vermella), la luminància o brillantor (desviació del negre al blanc) i la saturació (la puresa del color). Aquestes tres característiques tenen a veure amb la percepció psicològica del color i amb la manera de referir-nos-hi. La luminància conté la informació monocromàtica d'aquest color, mentre que el to i la saturació contenen la informació cromàtica. Per aquesta raó, el sistema xyY es correspon bé amb la sensació visual que tenim del color.

## Nota

Un color saturat és un color espectral o monocromàtic, i per això s'anomena *pur*. Un exemple de color espectral és el color d'una llum làser. Qualsevol canvi fet a un color pur en farà baixar la saturació. En el diagrama de color CIE xyY, els colors més saturats són en la vora exterior. Com més s'apropen al centre més baixa és la saturació.

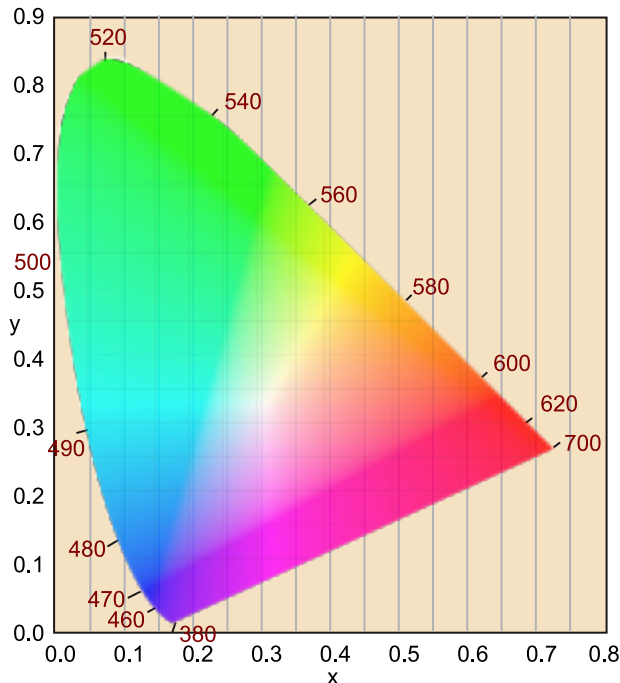


Figura 10  
Font: Wikipedia

## Exemple

Visiteu les pàgines següents del sistema de color Munsell com a exemple per a entendre millor els aspectes següents:

- La luminància o brillantor <<http://munsell.com/about-munsell-color/how-color-notation-works/munsell-value/>>
- El to <<http://munsell.com/about-munsell-color/how-color-notation-works/munsell-hue/>>
- La saturació <<http://munsell.com/about-munsell-color/how-color-notation-works/munsell-chroma/>>.

Aquest sistema es pot utilitzar quan es vol descriure un color fent-ho per igualació visual. Aquest color es compara amb els que té el sistema Munsell i després s'identifica amb les variables del sistema Munsell.

Resumint, per a poder mesurar quantitativament el color d'una font de llum en l'espai de color colorimètric xyY, cal conèixer l'SPD de la font de llum que l'il·lumina, les funcions de barreja de l'observador patró, i amb les equacions (13) i (14) se n'obté la luminància Y i la cromaticitat (x, y).

Quan va aparèixer la televisió en color, com que havia de ser compatible amb els receptors en blanc i negre, es va fer com en colorimetria; això és, s'obtenia la informació de cromaticitat separada de la de luminància. Llavors es van transformar els senyals RGB de la càmera en una altra representació en la qual

la informació de luminància  $Y$  estigüés separada de la de cromaticitat ( $U$ ,  $V$ ). D'aquesta manera es podien utilitzar indistintament en els receptors en blanc i negre i en els de color.

El senyal de luminància s'obté usant l'equació (11). Els senyals  $U$  i  $V$  es determinen calculant la diferència entre el vermell ( $R$ ) i el blau ( $B$ ) respecte a la luminància ( $Y$ ); això és,  $U = B - Y$  i  $V = R - Y$ . En el mòdul "Televisió analògica" s'explicarà per què es van definir així aquestes coordenades i per què es continuen utilitzant.

### 3. Captació amb càmera en color i obtenció dels senyals RGB

Els elements principals d'una càmera són els següents (que s'identifiquen en la figura 11):

- Control de la intensitat de llum
- Filtres correctors de color
- Objectius
- Sensors
- Estampació
- Balanç de blanc
- Correcció de gamma
- Balanç de negre

Tots aquests elements caracteritzen el senyal de vídeo que s'adquireix. Una vegada adquirit, el senyal de vídeo es transmet a l'exterior en un dels formats següents: RGB, Y/C (supervídeo) o vídeo compost. Actualment les càmeres de televisió són digitals, per tant, hi té lloc el mostreig, la quantificació i la codificació del senyal analògic. Com a resultat, el senyal de sortida és un senyal digital.

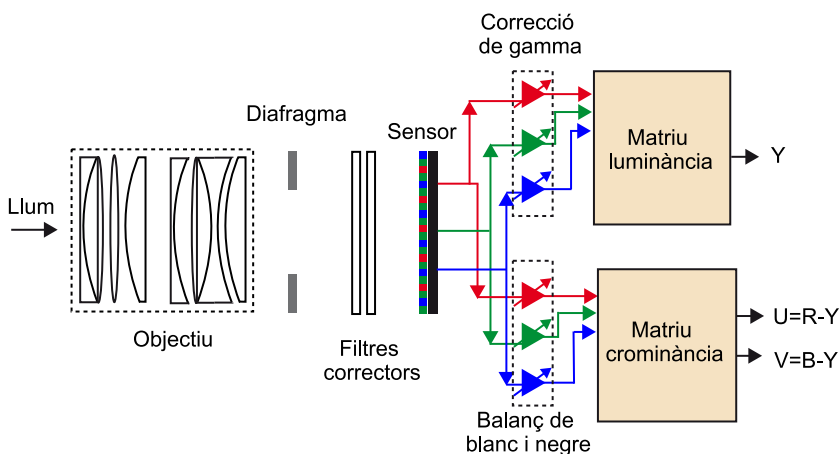


Figura 11. Elements d'una càmera

Vegem a continuació la descripció detallada de cadascun dels controls de la càmera enumerats anteriorment.

#### 3.1. Control de la intensitat de la llum

Es tracta de controlar la quantitat de llum que arriba al sensor o, en altres paraules, el control de l'exposició. Aquest control es du a terme amb tres paràmetres:



- **Obertura del diafragma.** El diafragma o iris consisteix en una sèrie de "solapes", col·locades en cercle i que poden estar obertes o tancades. Generalment, la mesura de l'obertura es representa amb una  $f$  seguida d'un valor numèric, per exemple:  $f/2,8$  -  $f/4$ .... Com més baix és el nombre, més gran és l'obertura i, per tant, es deixa passar més llum al sensor.
- **Velocitat d'obturació o *shutter*.** Aquest paràmetre defineix el temps en què es permet l'entrada de llum cap al sensor. Per exemple,  $1/1.000$  significa que es deixa passar la llum durant una mil·lèsima de segon.
- **Sensibilitat ISO.** Aquest paràmetre, heretat de la fotografia analògica en què indicava la sensibilitat de la pel·lícula fotogràfica a la llum, en els sensors actuals indica l'amplificació que es farà del corrent elèctric obtingut. Com més gran és l'ISO, més soroll té la imatge.

### 3.2. Filtres correctors de color

Generalment, les càmeres disposen de filtres correctors de color perquè, com hem vist, encara que totes les fonts de llum (la llum del sol, la llum de tungstè o els llums de quars) produeixen llum blanca, segons sigui la seva SPD, quan es capta una escena amb blancs, aquests poden aparèixer groguencs o blavosos. Per a evitar-ho, les càmeres disposen d'una selecció de filtres que depenen del model de la càmera. En general, solen tenir filtres per a la llum de dia i per a llum artificial d'interior. Apareix el nom i, entre parèntesis, figura la temperatura de color en graus kelvin del filtre.

#### Exemple

Llum de dia (5.600 K), llum de tungstè (3.200 K) i llum fluorescent (4.700 K).

Les càmeres també solen tenir un filtre de densitat neutra, o ND, que serveix per a evitar sobreexposicions de llum. Aquest filtre redueix la intensitat de llum que arriba al sensor. S'acompanya amb un nombre que indica quanta llum deixa passar.

#### Exemple

L'ND4 deixa passar el 25% (una quarta part) de la llum incident a la càmera.

A més, com veurem més endavant, per a evitar que els blancs no es vegin com a tals, les càmeres tenen els circuits de balanç de blancs.

### 3.3. Objectius

L'objectiu clàssic d'una càmera de vídeo és el de distància focal variable o *zoom*. En general s'identifica mitjançant la indicació de la mínima distància focal i el factor multiplicatiu de la màxima distància focal. Per exemple,  $10\text{ mm} \times 10$ .

La distància focal d'una lent defineix la distància entre el centre òptic de la lent i el focus o punt focal quan s'enfoca a l'infinit. En la figura 12 la distància focal s'indica amb la  $F$  i sempre es mesura en mil·límetres.

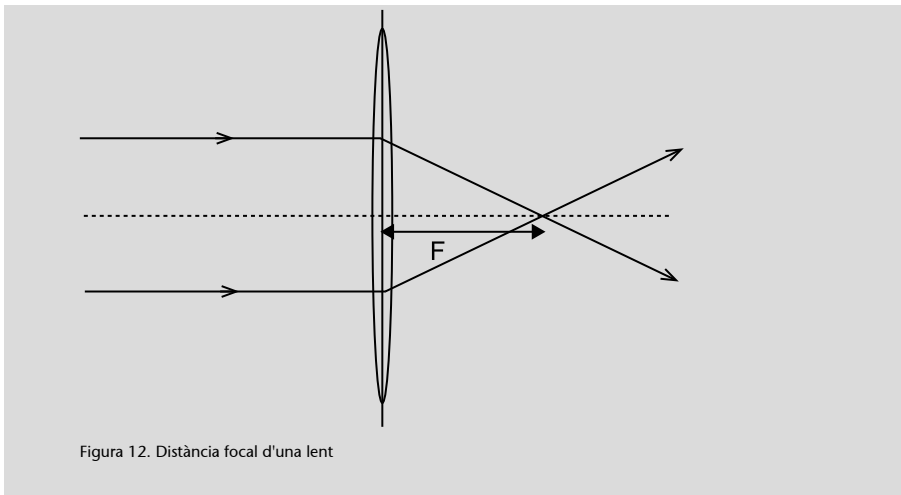


Figura 12. Distància focal d'una lent

En el cas de les càmeres, el sensor se situa en el pla imatge. En la figura 13 s'il·lustra per a una lent, on es troba el pla objecte (escena que es vol captar), el pla imatge (on se situa el sensor) i on hi ha la distància focal ( $F$ ) de la lent. Aquestes tres distàncies han de complir:

$$\frac{1}{F} = \frac{1}{O} + \frac{1}{I} \quad (15)$$

L'àrea d'imatge captada dependrà de la distància focal escollida, com es pot veure en la figura 13. Els valors de  $y$  i  $y'$  guarden relació amb les distàncies  $O$  i  $I$ . Per tant, l'elecció de l'objectiu de la càmera està relacionada amb l'ús que s'hi vulgui donar. En general, la càmera permet utilitzar diferents objectius que ofereix el fabricant i que estan calculats segons la grandària del sensor de la càmera. En un plató de televisió, com que les condicions de captació són conegudes, generalment és fàcil determinar l'objectiu que es necessita.

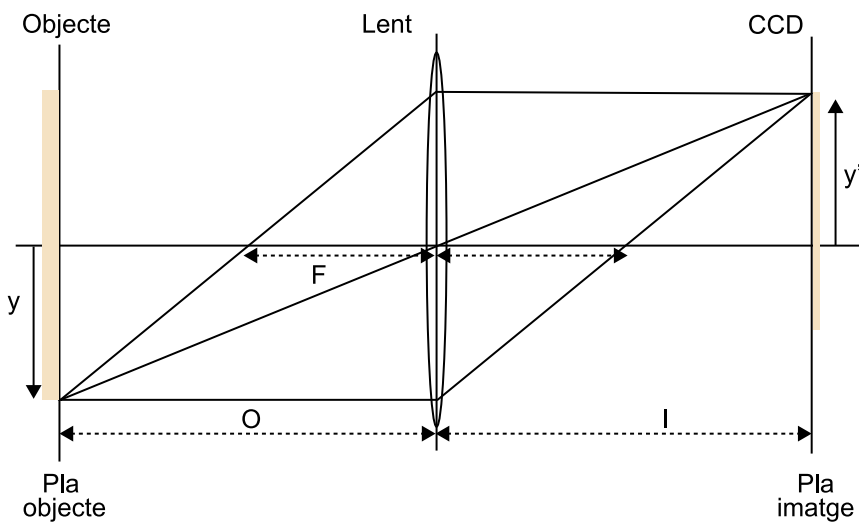


Figura 13. Pla imatge, pla objecte i distància focal d'una lent.

### 3.4. Sensors

Els sensors de les càmeres operen segons l'efecte fotoelèctric, convertint la radiació o fotons en electrons. Quan una àrea ( $S$ ) del sensor s'il·lumina amb certa intensitat ( $I$ ), absorbeix una energia en la unitat de temps proporcional a  $I \times S$ . Com que cada electró emès pren l'energia d'un únic fotó, conclouem que el nombre d'electrons emesos en la unitat de temps és proporcional a la intensitat de la llum que il·lumina l'àrea del sensor.

Actualment, les càmeres tenen un dels dos tipus de sensors següents:

- *CCD (charge-coupled device)*
- *CMOS (complementary metal-oxide-semiconductor)*

Inicialment, els sensors CCD es van utilitzar en les càmeres professionals i semiprofessionals, i els CMOS, en la resta. En totes dues tecnologies, cada punt fotosensible incorpora un fotodíode, que és l'encarregat de generar els electrons depenent de la quantitat de llum que hi incideix.

La gran diferència entre les dues tecnologies és que la CMOS integra al costat del fotodíode l'electrònica necessària per a convertir els electrons generats en voltatge, la qual cosa permet tenir un accés més immediat al processament de la informació registrada. Això fa que la tecnologia CMOS vagi guanyant terreny. A més, actualment, la majoria de memòries, microprocessadors i altres dispositius electrònics es fabriquen amb tecnologia CMOS, la qual cosa ha redundat en l'abaratiment de la seva fabricació: es pot fer en més empreses. No obstant això, la tecnologia CMOS, en contenir més electrònica, disposa de menys superfície per a captar la llum que la tecnologia CCD per a la mateixa grandària de cel·la. Malgrat això, els fabricants han anat buscant solucions per pal·liar aquest inconvenient i, per raons econòmiques, estendre'n l'ús en els dispositius de consum.

Les càmeres en color disposen de sistemes de filtres, interferencials si són d'un sensor o dicròics si són de tres sensors, per a captar el color. En la figura 14 s'il·lustra la màscara de Bayer, que mostra com es distribueixen els filtres de color abans del sensor. Aquests filtres, o altres distribucions, s'utilitzen quan la càmera solament té un sensor. Com es pot veure en la imatge, la proporció de filtres verds és més gran que la de filtres vermells i blaus, la qual cosa s'explica si recordem el sistema visual humà: segons la figura 2, som més sensibles en el rang dels verds, i en els sensors això se simula posant més zona sensible a aquest to que al blau o al vermell.

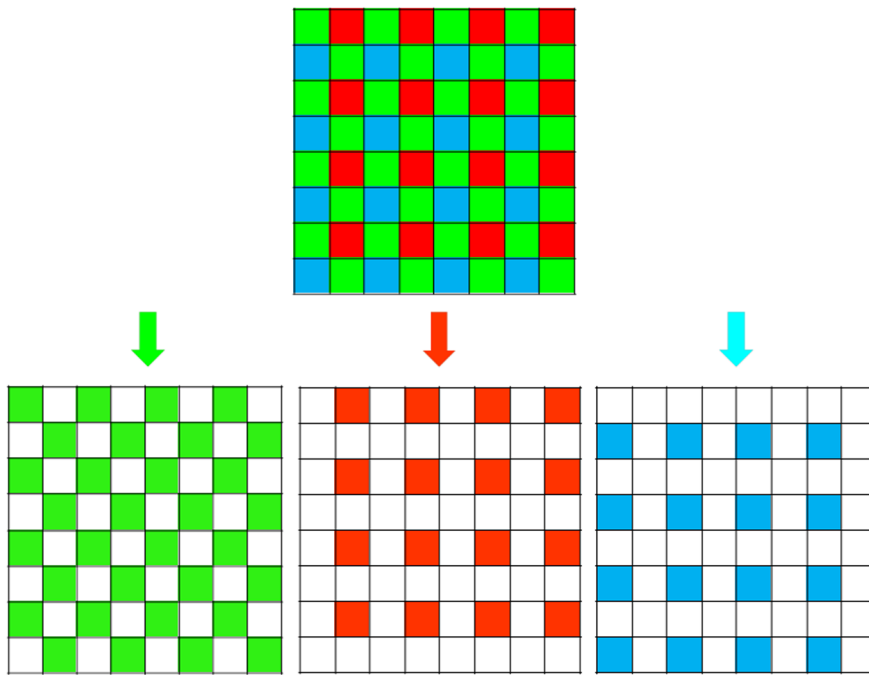


Figura 14. Màscara de Bayer d'una càmera amb un sol sensor

Un filtre dicroic té la propietat de reflectir el rang de longituds d'ona de l'espectre visible que vol filtrar i deixar passar la resta. En la figura es veu com en primer lloc reflecteix els blaus, que amb altres components òptics s'aconsegueix que convergeixin sobre un sensor, i en segon lloc reflecteix els vermells seguint el mateix procediment. La resta convergeix en el tercer i últim sensor.

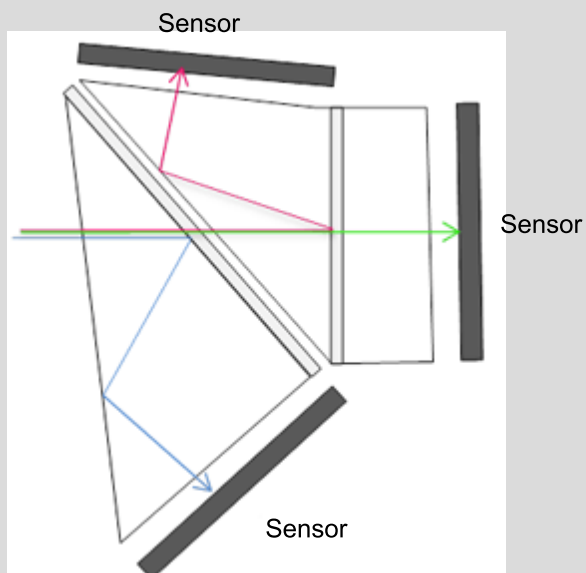


Figura 15. Prisma dicroic

Independentment del sistema de filtres utilitzat per a captar el color, les càmeres funcionen com el sistema visual humà; és a dir, utilitzen un sistema tricromàtic de filtres de color que operen en un rang de longituds d'ona que corresponen a la zona dels vermells, els verds i els blaus. En la figura 16 es mostra un exemple de com pot ser la resposta d'un sensor d'una càmera en color.

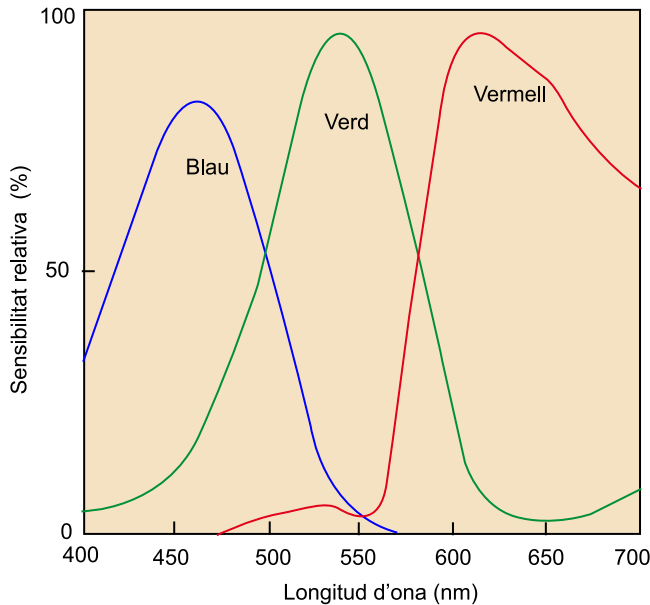


Figura 16. Resposta espectral del sensor d'una càmera en color

Com es pot veure, la sensibilitat dels sensors no és uniforme, amb tres màxims en tres zones diferenciades de l'espectre visible que corresponen a les longituds d'ona dels vermells, els verds i els blaus. Per analogia, els senyals procedents d'una càmera s'identifiquen amb la sigla *RGB*, encara que aquesta vegada si són analògics són senyals de tensió.

Els filtres que s'utilitzen en una càmera per a detectar el color tenen una funció equivalent a la dels cons del sistema visual humà. Els cons responsables de detectar el color en el sistema visual humà tenen l'equivalent en colorimetria i en les càmeres en color. En colorimetria, per a mesurar el color quantitativament, hi ha les funcions de barreja de l'observador patró. En les càmeres en color hi ha el sistema de filtres de color.

Les corbes de sensibilitat espectral del sensor d'una càmera tenen una funció equivalent a les funcions de barreja de l'observador patró, ja que els senyals per components R, G i B que s'obtenen després del sensor són les anàlogues a les coordenades X, Y, Z. Per això, amb aquests senyals de tensió que s'obtenen de la càmera, es pot reconstruir tota la informació, tant d'intensitat com de color, de l'escena captada.

Si es comparen les corbes de la figura 16 amb les funcions de barreja de l'observador patró (figura 9), es poden apreciar bastants similituds. La diferència més notable és en la doble gaussiana de la funció  $(\bar{x}(\lambda))$ . No obstant això, les similituds han permès que les càmeres en color captin bé els colors reals.

### 3.5. Estampació

Els senyals RGB experimenten diverses transformacions electròniques, anomenades convencionalment *matrixing* en la funció matriu, d'adequació de nivells, correcció de gamma, detall, balanç del blanc, pedestal, etc. i s'obtenen uns nous senyals R, G i B processats. Ens centrarem en el balanç de blanc i de negre.

#### Aclariment

Quan el senyal se sotmet a transformacions lineals per a obtenir un nou senyal, convencionalment en la literatura es diu que el senyal passa a través de la matriu. Per tant, veureu com la paraula *matriu* apareixerà en el diagrama de blocs de la cadena de televisió quan el senyal se sotmeti a una transformació lineal.

### 3.6. Balanç de blanc i de negre

Recordeu que hem explicat que la temperatura de color de la font de llum és determinant en el color dels objectes il·luminats. Si la font de llum es comporta com un cos negre, a la temperatura de color correspon una longitud d'ona màxima que mostra la dominància de color d'aquesta font. Per tant, si una mostra blanca s'il·lumina amb la llum del dia al migdia o amb llums incandescents, nosaltres la veurem blanca perquè el sistema visual humà presenta constància al color. No obstant això, si la captem amb una càmera, els senyals que es registraran seran diferents.

La càmera disposa del conegut balanç de blanc, que fa les correccions oportunes de manera que efectivament aparegui un blanc com a tal, amb independència de la temperatura de color de la font de llum amb la qual s'il·lumina. Per a fer el balanç de blanc, es capta un objecte de color blanc (un paper, per exemple) desenfocat (per a no captar cap textura) que cobreix tota l'escena i es prem el botó de calibratge de blancs.

El balanç de blanc consisteix a ajustar els guanys dels amplificadors de les tres vies R, G i B de la càmera perquè les tensions de sortida siguin iguals.

Concretament es comparen les tensions del component R i B amb el G. Les diferències d'aquestes tensions realimenten els amplificadors corresponents i en varien els guanys fins a aconseguir la igualtat de les tres tensions. Aquest balanç queda registrat en una memòria i solament és necessari repetir-lo si canvien les condicions d'il·luminació.

Quan es capta amb diverses càmeres és quan convé fer el balanç de blancs en les condicions d'il·luminació en què es produirà la captació. D'aquesta manera es garanteix que en canviar la imatge d'una càmera a una altra no s'observin canvis de color en els blancs i en la resta de colors.

Quan es capta a l'exterior, convé fer aquest ajust amb més freqüència perquè la temperatura de color canviarà al llarg de les hores i del temps atmosfèric.

De manera anàloga al balanç de blanc, en el balanç de negre la càmera alinea els nivells de negre dels senyals R i B amb el senyal G fins a igualar els nivells dels tres senyals.

### **3.7. Correcció de gamma**

En els monitors de rajos catòdics (CRT), la relació entre el voltatge aplicat per a produir una resposta lumínica no és lineal, concretament és logarítmica. Això modifica el contrast de la imatge. En altres paraules, el raig d'electrons que copeja els fòsfors per a generar la imatge no té una relació lineal amb el voltatge que s'hi aplica. Per aquesta raó, a les càmeres s'aplica la correcció de gamma als tres senyals R, G i B independentment, que és el procés invers. D'aquesta manera, s'assegura que la reproducció de la imatge que es mostrarà en el televisor serà el més semblant possible a la que capta la càmera.

Amb l'aparició de televisors que utilitzen tecnologies diferents de les dels tubs CRT o TRC (LCD, plasma o LED), que no presenten aquesta no-linealitat, no és necessari utilitzar la correcció de gamma quan es graven les imatges.





## **Bibliografia**

**Cubero, M.; Casado, F.** (2006). *La luz en la producción de televisión. Conceptos y teorías*. Ed. Marcombo.

**Wyszecki, G.** (1982). *Stiles, Color Science*. John Wiley & Sons.

