

La càmera de vídeo

Antoni Marín Amatller

PID_00156661



Universitat Oberta
de Catalunya

www.uoc.edu



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

Índex

Introducció	5
1. La càmera de vídeo	7
1.1. El sensor electrònic	8
1.2. Automàtic o manual	9
1.3. L'exposició correcta	9
1.4. La velocitat d'obturació	10
1.4.1. La velocitat d'obturació	10
1.5. El diafragma	12
1.6. Exposició i il·luminació	14
2. Aspectes de la imatge relacionats amb la velocitat d'obturació	16
2.1. Velocitat d'obturació i nitidesa de la imatge	16
2.2. Obturador d'escaneig progressiu	17
2.3. Lluminositat de l'objectiu d'una càmera	17
2.4. Iris automàtic	18
2.5. Contrallums	18
2.6. La sensibilitat de la càmera	19
3. Òptica. Distància focal. Enfocament	21
3.1. Alguns conceptes d'òptica	21
3.2. Lent simple	23
3.3. Esquema de la lent simple	23
3.4. Objectius compostos	24
3.5. Distància focal	25
3.6. Angle visual	26
3.7. Objectius gran angular	27
3.8. Teleobjectius	27
3.9. El zoom	28
3.10. La mida de la imatge projectada	29
3.11. Visual i perspectiva	29
3.12. L'enfocament	31
3.13. Profunditat de focus	31
3.14. Enfocament manual	32
3.15. Distància mínima d'enfocament	33
3.16. Profunditat de camp	33
4. Temperatura de color	36
4.1. Balanç de blancs	38
4.2. Ajust del balanç de blancs	39

Introducció

La càmera de vídeo ha passat en uns anys de la categoria de recurs selecte a la de giny comú. Actualment es troba tant en forma de dispositiu autònom com en forma de funcionalitat integrada en telèfons mòbils o en forma de minicàmera en una infinitat de productes. La seva facilitat d'ús, l'abaratiment dels costos o l'atracció per la imatge en moviment són factors que han contribuït a la seva popularització en l'entorn domèstic.

Pel que fa als entorns professionals, continua havent-hi els equips de gamma alta imprescindibles en treballs de publicitat, cinema i televisió. També aquí els costos es redueixen i la qualitat s'incrementa. Les càmeres Red One d'alta definició són un exemple d'això. D'altra banda, la inclusió de vídeo en alta definició en les gammes de càmeres rèflex com les Canon i les Nikon obre la porta a produccions d'alta qualitat amb una reducció de costos important.

Podeu trobar més informació sobre la Red One d'alta definició en: <http://hiperdef.com/2008/02/ovide-presenta-la-red-one-en-espana>

No obstant això, també hi ha usos professionals del vídeo que requereixen equips domèstics avançats, en part perquè aquests ofereixen uns nivells de qualitat prou elevats per a, per exemple, gravar vídeos per al Web.

De la mateixa manera que en la fotografia hi ha càmeres rèflex i compactes, també en el vídeo es troben models d'òptica intercanviable i models compactes.



1. La càmera de vídeo

La càmera de vídeo és un dispositiu destinat a capturar les imatges de la realitat i convertir-les en senyal de vídeo. Aquest senyal pot ser analògic o digital, si bé el segon ha desbancat ja pràcticament el primer. En realitat, en la major part de models les funcions bàsiques d'una càmera són anàlogues. L'objectiu d'aquest mòdul és descriure la funcionalitat de la càmera des del punt de vista del realitzador o de l'operador de càmera. Veurem què aporten els diferents elements i prestacions del dispositiu a la captura de les imatges.

La portabilitat de les càmeres

Un primer punt que afecta la funcionalitat dels models és el de la **portabilitat**. Tots els models domèstics són portàtils, però entre els de gamma professional es troben càmeres portàtils i càmeres d'estudi. Les primeres també es denominen **ENG** (Electronic News Gathering) en l'argot professional, i són les que usen majoritàriament els reporters electrònics. Les d'estudi són elements integrats a estudis de producció o unitats mòbils. Mentre que les portàtils són independents a tots els efectes i és l'operador de càmera qui ajusta la temperatura de color i decideix el diafragma o la velocitat d'obturació, en els models d'estudi aquests paràmetres es defineixen des del control. L'ajust remot és necessari per a equilibrar les característiques de la imatge que proporciona cada càmera del conjunt. Es pot dir que les càmeres portàtils també es poden usar com a càmeres d'estudi i els seus controls són també remuntables.

Les càmeres portàtils contenen un sistema d'enregistrament del senyal de vídeo. Avui dia, el més habitual és que es trobi a la càmera mateixa (ja sigui en cinta, suport òptic, disc dur o targeta de memòria), però fins no fa gaire temps la unitat de càmera anava associada a un magnetoscopi portàtil, és a dir, a un gravador de vídeo portàtil. Quan el dispositiu conté les parts de captura i d'enregistrament en un mateix aparell, aquest es denomina també *camcorder* o *camcorder*.

Ja es tracti de models compactes o d'objectius intercanviables, en les càmeres de vídeo es poden distingir els dos elements següents:

1) La **part òptica** consisteix en un conjunt de lents que té la funció de projectar la imatge externa al sensor electrònic de la càmera.

2) El **cos de càmera** és l'espai que conté els sistemes de captació i conversió de les imatges en senyal de vídeo i els mitjans per al registre. Aquesta part compleix també les funcions de magnetoscopi, ja que permet visionar el material gravat.

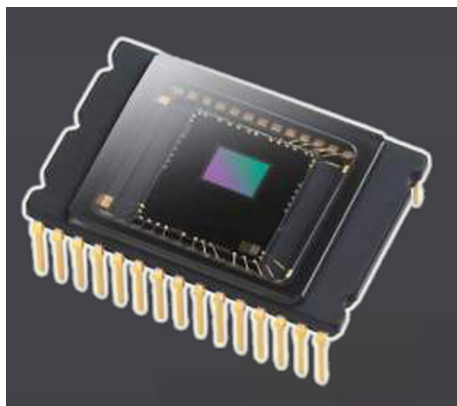
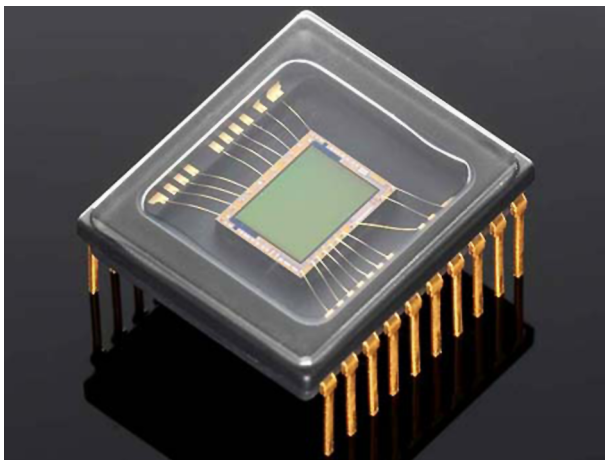
Malgrat la funció de magnetoscopi d'una càmera, és recomanable no utilitzar-la com a reproductor de vídeo a causa de l'excessiu desgast que sofreix si s'utilitza de manera continuada per a aquesta funció. És preferible usar la càmera per al que s'ha dissenyat, que és gravar.

1.1. El sensor electrònic

El sensor electrònic és el dispositiu mitjançant el qual es converteix en senyal de vídeo la informació que arriba de la realitat a través de la llum. Hi ha una gran diferència pel que fa al sensor entre els models de les gammes altes i les baixes. El nombre de píxels és un factor determinant de la qualitat, però també ho és el nombre de sensors. Mentre que els models professionals disposen de tres sensors electrònics, les càmeres domèstiques acostumen a utilitzar un únic dispositiu.

En els models de tres sensors, la llum que entra per l'òptica se separa mitjançant prismes en els tres colors bàsics (RGB). Així, cada feix de llum arriba a un sensor determinat, que el processa. Un sensor analitza la llum vermella, un altre la verda i un altre la blava. Posteriorment, la informació que s'ha generat s'integra de nou en un únic senyal de vídeo.

Els primers models d'aquest tipus es denominaven popularment de 3 CCD, ja que els primers sensors eren majoritàriament CCD. Més tard es va introduir també el CMOS com a sensor electrònic, per la qual cosa els models de tres sensors comprenen tots dos tipus.



La major part de les càmeres domèstiques no usen tres sensors independents i es limiten a un únic dispositiu. Només alguns models domèstics de gamma alta utilitzen 3 sensors. En els models d'un sensor, la llum se separa per filtres òptics i en el sensor mateix hi ha cèl·lules sensibles a cada un dels colors. La reconstrucció de la imatge final es fa a terme interpolant la informació que no capta directament el sensor. Si un píxel capta la llum verda, la lectura d'aquesta llum és la real. Les dades dels colors vermell i blau que falten es calculen a partir de les dades proporcionades pels píxels contigus.

1.2. Automàtic o manual

El nivell d'automatisme en les càmeres professionals és menor que en les domèstiques. De fet, aquestes són camescopis, o models compactes que uneixen les funcions de càmera i de magnetoscopi. En canvi, les professionals estan pensades per a utilitzar-les únicament com a mitjà d'enregistrament. L'àmplia gamma de prestacions de les càmeres domèstiques en forma d'automatismes és una cosa de què en general manquen els models professionals.

Algunes d'aquestes funcions automàtiques són el balanç de blancs, l'enfocament, l'iris o el diafragma. De vegades, les càmeres domèstiques també inclouen programes predefinits de funcionament, com programes per a focs artificials, esports, retrats, etc. Permeten un ús molt simplificat amb uns nivells de qualitat molt acceptables. Algunes només són automàtiques i no permeten el control manual, o bé només el permeten mitjançant uns procediments molt molestos. Per exemple, és difícil controlar l'iris per mitjà de menús o de les petites rodetes que tenen les càmeres domèstiques per a aquesta finalitat.

En general és recomanable disposar d'una càmera amb la possibilitat de control manual. Encara que en la major part de vegades s'utilitzin les funcions automàtiques, sempre hi ha el moment en què es fa necessari un ajust personalitzat.

1.3. L'exposició correcta

Per a aconseguir una imatge correcta cal regular correctament la quantitat de llum que entra a la càmera i arriba fins al sensor electrònic. El mateix principi val per al vídeo i la fotografia, per al sensor electrònic i el material sensible propi de les emulsions fotogràfiques o cinematogràfiques.

Totes les càmeres regulen l'entrada correcta de llum a partir de tres paràmetres:

- 1) la velocitat d'obturació,
- 2) l'obertura del diafragma, i
- 3) la sensibilitat de l'emulsió o del sensor electrònic.

1.4. La velocitat d'obturació

La noció de *velocitat d'obturació* és idèntica en fotografia i en vídeo. És el temps durant el qual s'exposa una fotografia o un fotograma de vídeo. Mentre que la fotografia és un element individual, el fotograma forma part de la successió de fotogrames que formen una presa. Però, a part d'aquest factor temporal, la forma d'exposició d'una fotografia o un fotograma és la mateixa. Si la relació del temps d'exposició (o velocitat d'obturació) i de la quantitat de llum (o obertura del diafragma) és correcta, la fotografia o el fotograma s'exposaran correctament. Si la quantitat de llum és insuficient se subexposaran i si és excessiva se sobreexposaran.

L'obturador és un dispositiu capaç de regular el temps d'exposició de cada un dels fotogrames del vídeo. Permet el pas de llum durant un període determinat de temps. En les càmeres de fotografia tradicionals, consisteix en un mecanisme de cortinetes que s'obre i es tanca de manera controlada. En el cas de les càmeres digitals de fotografia o vídeo, el temps d'exposició es regula de manera electrònica però el principi és el mateix.

En les càmeres proveïdes de CCD o CMOS, l'obturador consisteix en un circuit electrònic que du a terme la funció de controlar el temps d'activació de les cèl·lules del sensor. No obstant això, ja es tracti d'un dispositiu mecànic o d'un circuit electrònic, la funció de l'obturador és sempre la de controlar el temps d'exposició.

1.4.1. La velocitat d'obturació

El temps durant el qual l'obturador està obert es denomina velocitat d'obturació. La combinació correcta d'aquesta i del diafragma permet una exposició adequada. Els valors de velocitat d'obturació habituals en una càmera de vídeo segueixen aquesta escala:

60	125	250	500	1.000	2.000	4.000
----	-----	-----	-----	-------	-------	-------

Cada valor representa el denominador d'una fracció en la qual 1 segon és el valor que es divideix.

60 = 1 s/60	125 = 1 s/125	250 = 1 s/250	500 = 1 s/500	1.000 = 1 s/1.000	2.000 = 1 s/2.000	4.000 = 1 s/4.000
-------------	---------------	---------------	---------------	-------------------	-------------------	-------------------

La velocitat a què funcionen per defecte les càmeres de vídeo és la de 60 o és pròxima a 60. Un model pot disparar, per exemple, a 50. La resta de les velocitats es col·loquen de manera manual en els models professionals, o bé es col·loquen a partir de menús. En una càmera domèstica, per exemple, quan se selecciona un programa d'esports la velocitat d'obturació és superior.

L'escala de valors de l'obturador

Els valors de l'escala representen el quocient de la fracció de dividir un segon pel valor indicat. Així, 60 significa que la velocitat d'obturació és d'un seixantè de segon, mentre que 1.000 significa una mil·lèsima de segon. En les càmeres de vídeo no s'utilitzen velocitats més llargues de 60 (alguns models poden disparar a 50, però es pot considerar com a valor mínim estàndard el de 60).

La manera d'incrementar la velocitat o el valor al qual pot arribar una càmera varia segons els models. En col·locar alguns programes automàtics (el d'esports, per exemple), la càmera varia la velocitat d'obturació cap a valors alts a fi de congelar la imatge, tal com es veurà més endavant. La velocitat d'obturació en una càmera de vídeo, si bé permet regular la quantitat de llum, no s'utilitza normalment per a aquesta finalitat. S'utilitza més per a obtenir unes imatges més definides o per a crear efectes estètics. Aquests aspectes es veuran més endavant; el que ara interessa analitzar és el concepte de la velocitat d'obturació en relació amb el control de la llum.

En relació amb la velocitat d'obturació hi ha alguns temes clau.

1) Quina és la raó d'aquesta successió?

2) Quina relació hi ha entre la velocitat d'obturació i la velocitat de fotogrames per segon del vídeo?

3) Quin efecte estètic tenen els canvis de velocitat?

1) Respecte a la primera qüestió, els valors de l'escala de velocitats d'obturació segueixen una relació en la qual cada valor deixa passar la meitat de llum que el valor anterior i el doble que el posterior. 125 deixa passar la meitat de llum que 60 i el doble que 250. Per tant, com més alt és el valor, menys llum arriba al sensor per a impressionar un fotograma. En l'apartat següent es relacionaran aquests canvis en la velocitat d'obturació amb els canvis en el valor del diafragma.

La progressió dels valors de l'escala

Aquesta escala de valors guarda relació amb la dels diafragmes, que es veurà més endavant. Si el diafragma deixa passar una determinada quantitat de llum, l'obturador permetrà el pas d'aquesta llum durant un temps determinat. Si el fotòmetre de la càmera calcula, per tant, que una combinació òptima per a la llum d'una escena és de 60/f11 i l'iris està en posició automàtica, el diafragma de treball serà f/11. Però suposem que s'ha d'incrementar la velocitat d'obturació a 1.000 perquè s'està filmant una escena d'esports en la qual el moviment és ràpid i a la velocitat habitual de 60 els esportistes queden borrosos. Mirant la taula de velocitats, s'observa que 1.000 està situat a 4 passos de distància de 60. Com representa un temps menor, cal compensar-ho atorgant al diafragma 4 passos més de llum. És a dir, 2,8 (vegeu la taula dels diafragmes). A diferència del cas del diafragma, en el qual l'escala de valors és logarítmica, en la de la velocitat d'obturació la proporció de meitat/doble de l'escala queda clara. 250 (1"/250) és el doble de velocitat de 125 (1"/125) i la meitat de 500 (1"/500).

2) La resposta a la segona pregunta és clara. No hi ha cap relació entre la velocitat d'obturació i la freqüència de fotogrames per segon en PAL o NTSC. Són dos temes diferents i no hi ha cap relació entre aquests malgrat que tots dos es refereixen a la velocitat. La velocitat d'obturació es refereix al temps d'exposició de cada fotograma. Malgrat que s'està parlant d'una mesura temporal, aquesta no té res a veure amb el nombre de fotogrames per segon.

Velocitat de projecció i velocitat d'obturació

La velocitat de projecció de fotogrames en el sistema PAL és de 25 fotogrames per segon. Aquesta velocitat és inalterable i no guarda cap relació amb les variacions de velocitat de l'obturador. Cada un d'aquests 25 fotogrames, que ha d'estar correctament exposat, s'ha generat mitjançant una combinació de diafragma i velocitat d'obturació determinada. Els 25 fotogrames per segon d'un clip poden haver-se captat, posem per cas, a 60 o 4.000. Hi continua havent 25 fotogrames per segon; simplement la imatge que contenen serà en un cas i en l'altre estèticament diferent.

Si recordem ara el principi segons el qual cada pas del diafragma implica duplicar o dividir per dos la quantitat de llum, es veurà ràpidament que els valors de la velocitat d'obturació han de seguir el mateix principi. És a dir, cada valor de l'anell de velocitats representa un temps que és el doble o la meitat que el dels valors contigus. L'escala de velocitats d'obturació segueix, doncs, el mateix principi, ja que cada valor representa el doble de temps que el posterior.

3) Respecte al tercer punt, la modificació de la velocitat d'obturació a la càmera té unes conseqüències estètiques notables. Aquests efectes apareixen quan els motius filmats presenten un moviment ràpid o es desplacen durant la filmació.

Suposem que es filma un motiu en moviment, com un vehicle, un esportista, un ocell en vol o una cascada d'aigua. A la velocitat habitual d'1/60 segons, és possible que la representació del motiu en cada fotograma aparegui moguda. Per tant, en la sèrie de fotogrames captats en una presa els motius no apareixen nítids, sinó moguts. El mateix ocorre quan pren una fotografia de motius en moviment a aquesta velocitat.

Si el mateix motiu es capta amb una velocitat d'obturació superior, en cada un dels fotogrames els motius en moviment apareixen nítids. Però com que es tracta de vídeo, en projectar aquesta sèrie de fotogrames nítids a una velocitat determinada (25 fps en PAL) es produeix un efecte específic. La comparació entre clips d'una mateixa escena filmats a una velocitat normal i a una velocitat d'obturació alta permet veure l'efecte que produeix.

1.5. El diafragma

Per a exposar correctament una escena cal conèixer la quantitat de llum que hi ha. El fotòmetre de la càmera té la funció de dur a terme la lectura de la llum. Aquesta lectura se sincronitza amb els dispositius existents a la càmera per a deixar arribar al sensor electrònic la quantitat de llum adequada. En el punt anterior s'ha vist la velocitat d'obturació. Segons el valor que tingui aquesta, arribarà llum al sensor durant més temps o menys en cada un dels fotogrames. En aquest apartat es tracta el segon element del binomi, que és el diafragma.

Mentre que la velocitat d'obturació regula el lapse de temps durant el qual arriba la llum al sensor, el diafragma regula la quantitat de llum. La combinació de temps i quantitat de llum permet el control de l'exposició.

Relació entre el diafragma i l'obturació

Hi ha un exemple clàssic que explica la relació entre el diafragma i l'obturador en la fotografia. És possible imaginar que es té un dipòsit en el qual caben cent litres d'aigua. Es disposa també d'una aixeta per a omplir-lo que es pot obrir més o menys. Imagineu que, si l'aixeta té un diàmetre determinat, el dipòsit es triga a omplir deu minuts. Òbviament,

si el diàmetre s'incrementa de manera que deixa passar el doble d'aigua, el temps per a omplir-se serà la meitat, és a dir, cinc minuts. I, al contrari, si es redueix el diàmetre a la meitat, el temps es doblarà. Els valors són totalment presumptes i es plantegen únicament com a exemple.

S'ha vist que la càmera de vídeo treballa normalment a una velocitat estàndard d'1/60. Per tant, s'analitzarà en primer lloc aquest supòsit i més endavant es comentarà què implica incrementar la velocitat.

L'obertura d'una càmera es regula mitjançant un iris o diafragma situat en el conjunt òptic. Sol estar format per un conjunt de làmines mòbils que deixen un cercle en el seu centre. Aquest orifici es pot obrir o tancar i adquirir uns valors determinats. A través del diafragma, els rajos de llum que incideixen sobre la superfície del sensor penetren i hi formen una imatge plana.

Comparació entre la pupil·la i el diafragma

Les escenes que es filmen poques vegades estan il·luminades per igual. En unes incideix una elevada quantitat de llum, mentre que en d'altres la lluminositat és escassa. Fins i tot amb quantitats de llum similars, unes presenten més llum perquè estan integrades per objectes de colors clars i d'altres són més fosques perquè hi predominen els tons apagats i les textures amb escassa lluminositat. L'ull reacciona davant d'aquestes diferències obrint o tancant la pupil·la, i la càmera actua d'una manera similar. Si s'observa a contraluz l'interior d'una òptica, es pot observar el mecanisme encarregat de regular l'entrada de llum, que és el diafragma.

Els valors estàndard que adquireix el diafragma són els mateixos per a les càmeres fotogràfiques i per a les de vídeo. Aquests valors es denominen **nombres f** i segueixen l'escala que es mostra a continuació:

1,4	1,8	2,8	4	5,6	8	11	16	22
-----	-----	-----	---	-----	---	----	----	----

Els valors segueixen una escala logarítmica. Cada un representa una obertura que deixa passar el doble de llum que el valor posterior i la meitat que l'anterior. 4 representa la meitat de llum que 2,8 i el doble que 5,6. Aquesta relació de meitat/doble és la mateixa sobre la qual es basa l'escala de velocitats. El diafragma actua igual que l'iris de l'ull humà. En entorns lluminosos es tanca, i davant de la falta de llum s'obre.

El valor del diafragma

En les càmeres automàtiques de vídeo l'usuari difícilment no coneix aquest valor. La regulació es fa de manera automàtica i la càmera tanca el diafragma si en l'exterior hi ha molta llum i l'obre si la llum és pobra. En les càmeres professionals, els valors del diafragma es poden veure perfectament i es controlen fàcilment mitjançant un anell extern. En les càmeres domèstiques amb control manual, l'ajust del diafragma pot variar en cada model i s'actua des d'una petita roda o un menú.

Suposem que, per a una escena determinada, un valor de diafragma de 5,6 deixa passar la quantitat de llum necessària per a una exposició correcta. En conseqüència, si la quantitat de llum de l'escena es dobla, el diafragma s'ha de tancar a la meitat (8) per a continuar amb l'exposició correcta. I, a la inversa, si es redueix a la meitat cal que s'obri el doble (4) per a continuar exposant de

manera adequada. Així doncs, és perfectament normal que la càmera treballi a un diafragma 16 en una escena a ple sol i a un diafragma 2,8 en una habitació amb poca llum.

Normalment, els objectius treballen en condicions òptimes amb un diafragma situat a la zona mitjana de l'escala, és a dir, amb $f/5,6$ o $f/8$ per a una òptica entre $f/2,8$ i $f/16$. Els valors més baixos de l'escala corresponen a les obertures màximes i als més alts a les entrades de llum mínimes.

Sobreexposició i subexposició

En la posició automàtica de la càmera, si el fotòmetre determina que la quantitat de llum òptima per a una escena és 5,6, aquest valor de diafragma s'ajusta de manera automàtica. Però si es passa al mode manual i es col·loca el diafragma en 4, el fotograma s'aclareix. Si es continua obrint a valors inferiors, el fotograma s'acaba cremant totalment. Tanmateix, si es tanca el diafragma a 8, la imatge s'enfosqueix i acaba en negre si es tanca prou.

1.6. Exposició i il·luminació

Fins ara s'ha suposat que la velocitat d'obturació de la càmera és l'estàndard, que és $1 \text{ s}/60$. A diferència de les càmeres fotogràfiques, que poden treballar a velocitats més lentes ($1 \text{ s}/30$, $1 \text{ s}/15$, $1 \text{ s}/8$, etc.), les càmeres de vídeo no poden passar a aquests valors. Únicament poden incrementar la velocitat a valors més ràpids.

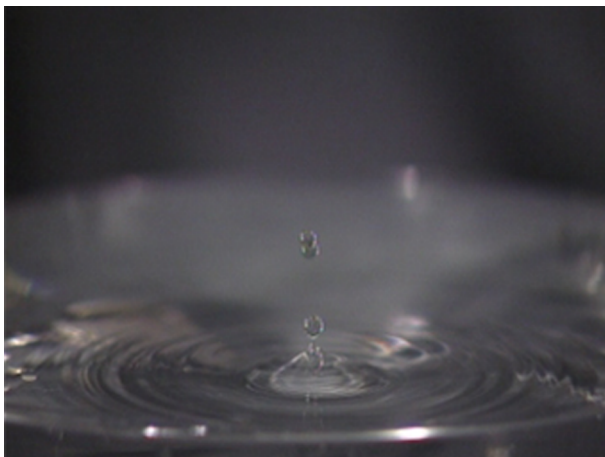
Així doncs, si l'exposició correcta d'una escena és $f/8$ i $1 \text{ s}/60$, què ocorre si la velocitat passa a $1 \text{ s}/250$? 250 implica 4 vegades menys llum (recordeu l'apartat sobre la velocitat d'obturació) i, per tant, per a mantenir l'exposició correcta cal deixar passar 4 vegades més llum. Per tant, el diafragma s'obrirà 2 punts. És a dir, es passarà de $f/8$ a $f/4$. Si en lloc de 250 es passa a $1 \text{ s}/2000$, caldrà col·locar el diafragma a 1,4 a la càmera, sempre que la seva òptica ho permeti. Moltes òptiques domèstiques no són especialment lluminoses, i en el supòsit que es preveu no seria possible arribar a aquests valors.

En un apartat posterior es comentarà l'ús d'un tercer mecanisme per a compensar la falta de llum, que és el guany electrònic.

A mesura que s'incrementa la velocitat, el diafragma s'ha d'obrir per a compensar la pèrdua de llum. No obstant això, s'arriba a un punt en el qual si la llum exterior és insuficient i ja no es pot obrir més l'iris, la imatge queda fosca i subexposada.

En aquests casos cal incrementar la quantitat de llum de l'escena per a compensar la subexposició. El clip que es mostra a continuació és un exemple d'això. Per a poder filmar la gota d'aigua amb alentiment i mantenir-ne la nitidesa es va haver d'incrementar la velocitat d'obturació a $1 \text{ s}/8000$. Fins i tot

amb el diafragma de la càmera obert al màxim (2,8 en aquest cas), l'exposició era insuficient. Va ser necessari incrementar la quantitat de llum de l'estudi i es van arribar a utilitzar 4 focus de 2.000 KW (8.000 KW en total).



Incrementar la velocitat d'obturació implica necessàriament augmentar en la mateixa proporció la quantitat de llum que arriba al sensor. Això es pot aconseguir obrint el diafragma o, quan aquest ha arribat al seu valor de lluminositat màxim, incrementant la quantitat de llum.

El principi que relaciona els valors del diafragma i de la velocitat d'obturació per a aconseguir l'exposició correcta és bàsic. Sobre aquest no solament s'estructura el nivell d'exposició, sinó que d'aquest també es deriven aspectes com la trepidació o l'escombrada de la imatge o la profunditat de camp. Aquests aspectes es relacionen de ple amb els objectius estètics que es volen obtenir.

Tant la modificació de la velocitat d'obturació com el canvi del valor del diafragma tenen conseqüències sobre la imatge.

- Modificar la velocitat d'obturació implica variacions en la nitidesa dels fotogrames i, per tant, té conseqüències estètiques en la visualització de la seqüència.
- Modificar l'obertura del diafragma i té repercussions sobre la profunditat de camp.

2. Aspectes de la imatge relacionats amb la velocitat d'obturació

Més enllà del control de l'exposició, l'ús d'una velocitat d'obturació llarga o ràpida i l'ús d'un diafragma obert o tancat són aspectes que repercuteixen en la formació de la imatge, en el seu aspecte i en les seves característiques estètiques. A continuació es comentaran alguns d'aquests temes, tant relacionats amb l'estètica de la imatge com amb característiques de l'obturador o del diafragma.

2.1. Velocitat d'obturació i nitidesa de la imatge

L'increment de la velocitat d'obturació repercuteix en la manera com es capten els motius en moviment. A la velocitat habitual de 60, tant els paisatges com els subjectes en moviment normal es reproduïxen perfectament i amb nitidesa. No obstant això, si els motius presenten un moviment ràpid, com per exemple automòbils propers, esports, motius que es desplacen, etc., a aquesta velocitat s'observa que la seva definició a la pantalla es ressent. En aquests casos cal utilitzar una velocitat d'obturació prou ràpida per a reproduir amb nitidesa els subjectes.

Sempre que es filma un mòbil se suposa que, durant el temps que dura el disparament, el motiu recorre un espai determinat que és proporcional a la velocitat del desplaçament. Com més ràpid va i més a prop es troba de la càmera, major és l'espai recorregut. La imatge que recull la càmera és llavors necessàriament borrosa.

EFFECTOS DE LA VELOCIDAD DE OBTURACIÓN

▶ Velocidad de obturación normal

Habitualmente el obturador de la cámara de vídeo trabaja a una velocidad de 1/60 seg. Como consecuencia de ello, si el motivo presenta movimiento la imagen que de él se capta en cada uno de los fotogramas está movida.

Especialmente si se pasa el clip a cámara lenta, el efecto de los fotogramas movidos se hace muy evidente

En este clip se muestra inicialmente el motivo a velocidad normal y a continuación a cámara lenta.

▶ Velocidad de obturación alta

En la cámara de vídeo puede elevarse la velocidad de obturación a la que se captan cada uno de los fotogramas de una secuencia. Velocidades de 1/125, 1/250, 1/500, 1/1000, 1/2000 o 1/4000 son habituales.

Como consecuencia de incrementar la velocidad de obturación se crea un efecto estético determinado, resultado de la mayor definición de las imágenes de los fotogramas.

Especialmente en la cámara lenta la diferencia con la velocidad de obturación normal se hace muy evidente.

En el ejemplo se muestra un clip a velocidad de reproducción normal y a cámara lenta.

Como resultado del incremento de la velocidad de obturación se hace evidente la necesidad de mayor cantidad de luz en la escena. Aquí, al no haber suficiente luz por la iluminación de interior, se ha recurrido a incrementar electrónicamente la sensibilidad. Como consecuencia de ello aparece ruido en la imagen.

Filmar a una velocitat d'obturació ràpida permet una reproducció més nítida del motiu.

L'efecte és particularment visible quan s'intenta alentir la seqüència; per exemple, en intentar reproduir amb alentiment el moviment d'un esportista. Si els fotogrames no s'han gravat amb la nitidesa suficient, la càmera lenta queda també poc definida o borrosa.

De la mateixa manera que s'utilitzen velocitats d'obturació altes per a incrementar la definició de la imatge dels fotogrames, el cas invers també té uns resultats estètics determinats. És a dir, filmar a propòsit escenes amb moviment a velocitats d'obturació baixes genera imatges borroses i poc definides. En determinades seqüències, es pot tractar perfectament d'un recurs estètic buscat conscientment pel realitzador.

2.2. Obturador d'escaneig progressiu

En la major part dels models de càmera de vídeo, si s'intenta gravar amb la imatge d'un televisor es produeixen una sèrie de bandes fosques que van recorrent progressivament la pantalla.

Les ratlles que es generen quan es grava una pantalla de televisor es deuen al fet que la freqüència de la pantalla no coincideix amb la freqüència de la càmera. Les sis-centes vint-i-cinc línies que formen un fotograma en el sistema PAL es formen de manera progressiva i escombren la pantalla d'esquerra a dreta i de dalt a baix. És l'operació de l'escaneig. Si les velocitats a què aquest té lloc a la pantalla i a la càmera no coincideixen, es produeixen les ratlles en qüestió.

Mitjançant la funció d'escaneig progressiu que tenen algunes càmeres, la freqüència d'escaneig de la càmera s'ajusta manualment fins que coincideix amb el de la pantalla i desapareixen les franges fosques.

Alguns models domèstics fan una funció similar canviant la velocitat d'obturació de 60 a 30. Amb una velocitat més lenta, és més probable que coincideixin les dues freqüències. Cal afegir que treballar amb una velocitat tan lenta implica l'ús del trípede.

2.3. Lluminositat de l'objectiu d'una càmera

Els objectius de les càmeres es defineixen sempre segons les seves característiques òptiques; en concret, respecte de la distància focal i la lluminositat. Normalment, tots els objectius òptics mostren aquests valors a l'anell frontal, o bé les dades consten a la càmera. Un objectiu lluminós sempre és més car que un altre de característiques similars però el diafragma màxim del qual sigui més alt.

Qualsevol objectiu absorbeix part de la llum que passa a través seu; la lluminositat d'un objectiu correspon al valor màxim d'absorció de la llum, és a dir, al valor màxim de l'obertura del diafragma. Com més baix sigui el valor del diafragma, més clara serà l'òptica. El valor mínim de l'escala, que és el valor d'obertura màxima, correspon a la lluminositat. Així, una lent amb una obertura de 2,8 permetrà treballar en condicions en què hi hagi menys llum que una altra amb una obertura de 4. Els valors de lluminositat màxima comuns per a la major part de les òptiques domèstiques se situen sobre els valors 4 o 5,6.

Alguns objectius de qualitat notable poden arribar a valors inferiors a l'1. Aquest tipus de lent es denomina lent ràpida, perquè permet que arribi molta llum al film o sensor, de manera que el temps d'exposició es redueix substancialment.

Lents ràpides

Com a curiositat, es pot comentar que les conegudes com a *lents ràpides* són òptiques amb lluminositats inferiors a 1. Un dels exemples de l'ús d'aquestes lents correspon a les que va utilitzar Stanley Kubrick en algunes escenes del seu film *Barry Lyndon*. L'ús de lents amb valors pròxims a 0,7 li va permetre filmar escenes a la llum les espelmes i recrear una estètica pictòrica de clarobscur.

En els objectius zoom és habitual que la lluminositat es redueixi amb l'increment de la distància focal. Així, si l'obertura màxima és $f/4$ en posició angular, en passar a teleobjectiu pot ser perfectament de $f/5,6$.

2.4. Iris automàtic

Tant les càmeres professionals com les domèstiques disposen de la possibilitat d'ajustar l'iris de manera automàtica. La càmera detecta el nivell de llum existent en l'escena i ajusta el diafragma obrint-lo o tancant-lo.

En situacions d'il·luminació uniforme i en filmacions domèstiques, l'ús de l'iris automàtic és un procediment no solament correcte, sinó especialment còmode, ja que l'operador es pot despreocupar dels ajustos del diafragma. Amb tot, hi ha algunes situacions d'il·luminació no uniformes en les quals es fa necessari l'ajust manual. En aquest sentit, sempre és important que l'operador de càmera pugui controlar de manera manual el mecanisme de regulació de la llum quan sigui necessari.

2.5. Contrallums

Un exemple en el qual no és possible confiar en la lectura automàtica de la càmera es presenta quan el motiu que es vol filmar es troba situat davant d'una font lluminosa potent. El cas d'un personatge que està situat davant una finestra, o simplement davant d'un fons clar o lluminós, és un dels múltiples casos de contrallum.

Quan es treballa a contrallum, el fotòmetre detecta l'entrada de llum intensa que ve de l'exterior i, en conseqüència, tanca el diafragma. Com a resultat, la figura que és en primer terme queda ennegrida, per la qual cosa és necessari obrir manualment el diafragma perquè el personatge tingui una il·luminació correcta. Tanmateix, malgrat que en obrir el diafragma el fons es crema, algunes càmeres disposen d'una funció de contrallum per a resoldre aquests problemes.

En aquests casos, en prémer el botó corresponent, el diafragma s'obre un parell de punts de manera automàtica. En deixar anar el botó, o en prémer-lo per segona vegada segons el model, el diafragma torna al valor determinat pel fotòmetre.

Una altra manera de compensar un contrallum és mitjançant un o diversos focus. Per a il·luminar el personatge a contrallum sense que el fons es cremi es dirigeixen focus cap al subjecte. Normalment, si el fons queda correctament exposat amb un diafragma 8, per exemple, la il·luminació sobre el subjecte dóna un valor de 5,6. L'exposició s'ajusta per al fons, es manté l'efecte amb què que el personatge està una mica a contrallum, però resulta perfectament visible. Si s'igualen les dues exposicions l'efecte resulta menys creïble, i si el nivell de la il·luminació sobre el subjecte supera en molt el nivell de la llum del fons, la sensació d'artificialitat augmenta.

2.6. La sensibilitat de la càmera

En parlar dels procediments per a aconseguir l'exposició correcta, més amunt hem parlat de tres:

- 1) la velocitat d'obturació,
- 2) el diafragma, i
- 3) la sensibilitat.

Els dos primers que hem tractat anteriorment constitueixen els procediments bàsics. Habitualment es procura no modificar la sensibilitat i modificar únicament aquests dos valors, però en situacions de poca llum sabem que disposem d'un tercer mecanisme per a incrementar la sensibilitat de la càmera. Té els seus avantatges (permet treballar amb menys quantitat de llum), però també els seus inconvenients (genera soroll).

El sensor electrònic d'una càmera treballa sempre a un valor de sensibilitat determinat. Capta un interval de valors de llum en quantitats que es traduiran a combinacions de valors d'obturador i de diafragma. El rendiment del sensor dins d'aquest interval és l'òptim que pot oferir per a generar una imatge.

Aquesta sensibilitat de base es pot augmentar amplificant el senyal digital generat. Així, si a un nivell d'il·luminació determinat la càmera treballa a 1/60 i f/5,6, l'amplificació del nivell del senyal al doble equivaldrà a duplicar la quantitat de llum. És a dir, treballarem a 1/60 i f/8, o a 1/125 i f/5,6. Ens pot interessar guanyar profunditat de camp, i en aquest cas tancaríem el diafragma, o bé gravar amb més nitidesa motius en moviment, i en aquest supòsit incrementariem la velocitat. O també podria ser que a l'obertura màxima la imatge ens quedés fosca i que incrementant la sensibilitat poguéssim continuar treballant.

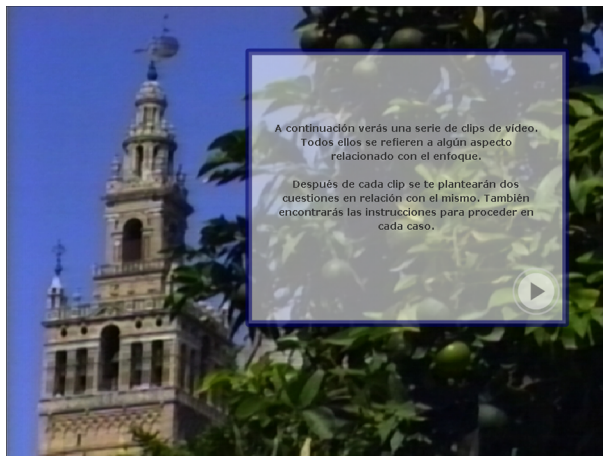
Ara bé, els avantatges no ens surten gratis. Com més incrementem la sensibilitat, més problemes de soroll tindrem. El soroll es genera perquè quan el sensor tradueix el món analògic de la llum entrant a una expressió digital ho fa amb un cert nivell d'error. El problema ocorre especialment en les zones d'ombra, ja que aquestes són aquelles a les quals el sensor dedica menys quantitat de mostres en la seva anàlisi de la llum. Els errors imperceptibles, però existents, en la sensibilitat de base es multipliquen i es fan més i més evidents en amplificar. És una relació proporcional. Com més amplificació, o més sensibilitat, més quantitat de soroll.

La conseqüència és clara. Sempre que puguem, treballarem amb una quantitat de llum que ens permeti mantenir en la càmera la sensibilitat de base i, si és possible, un valor mitjà del diafragma. Podem recórrer a increments de la sensibilitat si és necessari, però la imatge resultant no estarà lliure de soroll. És possible que preferim uns fotogrames amb soroll que mancar d'imatges d'un fet determinat, però sempre que sigui possible treballarem amb la llum suficient.

3. Òptica. Distància focal. Enfocament

Fins ara s'han vist elements integrants de la càmera i el sensor electrònic que genera el senyal de vídeo que s'emmagatzema en el suport de memòria (cinta, suport òptic, disc dur o targeta de memòria). També la relació entre el diafragma i l'obturador com a mitjà per a ajustar l'entrada de llum i aconseguir una exposició correcta. Aquest últim és un binomi al qual es pot afegir la sensibilitat electrònica. En tots aquests aspectes, les càmeres de vídeo tenen analogies notables amb les fotogràfiques, ja que el funcionament de totes dues es basa en funcionalitats similars.

Aquesta similitud també es troba en tot allò de la càmera que es relaciona amb l'òptica. En parlar de distància focal, d'enfocament, de focus selectiu, de profunditat de camp o d'angle visual, les analogies continuen. L'òptica té una importància similar per al fotògraf i per a l'operador de càmera de vídeo. Conèixer i dominar els aspectes relacionats amb l'òptica és una altra de les habilitats bàsiques per al treball de l'operador de càmera o del realitzador de vídeo.



3.1. Alguns conceptes d'òptica

Els pintors i els dibuixants de fa segles utilitzaven una càmera fosca per a fer els seus dibuixos. La llum entrava per un orifici de la caixa i es projectava de manera invertida en la superfície oposada. Posteriorment es van afegir lents a l'obertura i la imatge resultant va guanyar en nitidesa. Segles després, en col·locar una emulsió sensible en el pla de la projecció, es va iniciar la fotografia primer i el cinema després. En una càmera digital de vídeo o de fotografia, el sensor ocupa el lloc de la superfície de projecció de la càmera fosca renaixentista (la imatge estenopeica) o del negatiu fotoquímic (la fotografia), però el principi és el mateix; la llum penetra en una càmera fosca i crea una imatge invertida de la realitat.

La imatge estenopeica

Parlar de la imatge estenopeica és únicament una curiositat, una qüestió complementària que no és necessària per a la comprensió del tema de l'òptica. La imatge estenopeica va ser anterior a la imatge aconseguida mitjançant una càmera fosca i una lent. La propagació de la llum en línia recta, la reflexió difusa, una caixa fosca i un forat únic i diminut són capaços de formar una imatge.

Des del Renaixement se sap que si s'obre un petit orifici en una caixa negra, en el seu interior es forma una projecció de l'escena exterior. L'explicació del fenomen es troba en la transmissió de la llum. Quan incideix sobre un motiu, es reflecteix i expandeix en totes les direccions. Part dels rajos passa per l'orifici de la caixa, es projecta en el fons i forma una imatge invertida de la realitat. Si en l'àrea de projecció es col·loca un material sensible, es forma una reproducció fotogràfica de la realitat. Les càmeres estenopeiques es basen en aquest principi per a obtenir imatges amb uns principis concrets. Són sempre borroses, perquè la falta de lent a la caixa implica una dispersió dels rajos. D'altra banda, precisament a causa de la falta d'òptica, tenen una profunditat de camp infinita.

La formació de la imatge fotogràfica s'associa amb freqüència a una òptica de qualitat, però és possible aconseguir una imatge sense cap tipus de lent. Es pot obtenir una fotografia simplement col·locant un material sensible en l'àrea de projecció i encertant en el temps d'exposició correcte. Actualment hi ha alguns fotògrafs que experimenten amb aquestes imatges com a mitjà d'expressió.

Una de les característiques de la imatge estenopeica, la falta de nitidesa, pot ser un punt de partida per a analitzar els elements de la lent. Quan en la càmera fosca només hi ha un orifici, els rajos que divergeixen a partir de cada punt de l'objecte i travessen el diàmetre de l'orifici es projecten en el fons en forma de cercle. La representació que s'obté de l'objecte no està formada per punts, sinó per cercles. Aquests cercles són similars als que defineixen una imatge desenfocada i es denominen *cercles de confusió*.

A fi d'obtenir una reproducció nítida, és necessari variar la direcció dels rajos divergents per a fer-los confluïr a la pantalla. Per a aconseguir una imatge no borrosa no és suficient el principi de reflexió de la llum en què es basa la càmera estenopeica. Cal refractar la llum i variar el recorregut dels rajos mitjançant una lent per a fer que conflueixin en un punt determinat. Aquesta és la funció de la lent simple.

EJEMPLOS DE USO DEL FOCO MANUAL

- Enfocar en teleobjetivo**
Esta es una operación que se realiza con frecuencia: buscar el foco en la posición teleobjetivo. En el ejemplo se cierra el zoom sobre el gato para enfocar en la posición de teleobjetivo que es la más crítica.
- Rectificación de foco**
En este ejemplo el gato se aproxima a la cámara. A poca distancia de la óptica el margen de foco es mínimo y la imagen se desenfoca. Es preciso rectificar el foco.
- Búsqueda de foco**
En el ejemplo el motivo está inmóvil y se trabaja con trípode. El foco se puede buscar con detalle.
- Cambio de foco**
En este ejemplo se han colocado dos muñecos. El foco pasa alternativamente de uno al otro.

3.2. Lent simple

Una lent és un objecte de vidre capaç de concentrar o expandir els rajos de llum. Les lents convergents presenten l'espessor màxim en el centre i aquest va disminuint en aproximar-se cap a les vores. Les seves dues superfícies són corbades. Les lents convergents, en concentrar els rajos en un punt determinat, poden formar imatges que representen amb realisme els objectes. Una lupa és un exemple de lent simple.

En realitat, les càmeres de vídeo i fotografia actuals no utilitzen una única lent, sinó que disposen de conjunts de lents. Però si aquí interessa parlar de la lent simple és perquè, atesa la seva senzillesa, permet mostrar amb claredat alguns conceptes d'òptica.

Una lent desvia els rajos de llum que provenen de l'infinit o que s'han reflectit a la superfície d'un motiu i els concentra en un pla determinat formant-hi una imatge nítida. La capacitat de desviació de la llum que té cada objectiu depèn bàsicament de dos factors, que són la curvatura de la superfície de la lent i l'índex de refracció propi del material de què està composta la lent. Una lent més corbada refractarà amb més potència la llum que una de menor curvatura. Així mateix, un tipus de vidre refractarà més la llum o menys que un altre.

3.3. Esquema de la lent simple

En relació amb la lent simple, es poden distingir una sèrie d'elements:

- El **pla de l'òptica**. Es tracta de la línia que separa les dues cares de l'òptica de manera simètrica.
- El **punt de focus principal**. És el punt pel qual passen tots els rajos que provenen de l'infinit i es refracten a la lent.
- El **pla de la imatge**. Es tracta del pla sobre el qual es concentren els rajos que han travessat l'òptica. És el pla sobre el qual es forma la imatge.

En qualsevol lent hi ha dos punts de focus principal, un d'anterior i un altre de posterior. Per aquests travessen els rajos de llum que provenen de l'objecte i s'acaben concentrant en el pla de la imatge.

L'esquema següent és vàlid per a un subjecte proper. Si el motiu estigués situat en l'infinit, les trajectòries dels rajos de llum tindrien una altra representació. Amb tot, és un esquema útil com a exemple aclaridor.

Des de cada punt del motiu es reflecteixen infinits rajos. Prenem com a exemple els que segueixen trajectòries que travessen la lent per la part superior, pel centre i per la part inferior. Entre el primer i l'últim hi ha tots els rajos que

Càmeres antigues

Les primeres càmeres fotogràfiques van consistir a col·locar una lent simple en l'orifici d'una càmera estenoipeica. Només amb això, la fotografia aconseguida tenia més definició, encara que no la suficient qualitat.

parteixen del mateix punt i que, refractant-se a la lent, es concentren també en un mateix punt del pla de la imatge. Podem descriure el recorregut d'aquests tres rajos de la manera següent:

- El primer raig parteix del subjecte, arriba a la part superior de la lent, s'hi refracta, canvia de direcció, passa pel punt de focus principal posterior i arriba al pla de la imatge.
- El segon raig passa pel centre de la lent i arriba també al mateix punt en el pla de la imatge.
- El tercer raig segueix una trajectòria similar al primer però inversa. Primer passa pel punt de focus principal anterior, després arriba a la part inferior de la lent, canvia de direcció i finalment arriba al mateix punt en el pla de la imatge.

Aconseguir aquesta concentració dels rajos de llum que divergeixen a partir de cada punt del subjecte és bàsic per a aconseguir una imatge enfocada. És la concentració que no s'aconsegueix mai en la imatge estenoipeica, perquè sense lent no és possible concentrar els rajos.

La formació de la imatge és el resultat de la concentració de tots els rajos en el pla de la imatge. Es tracta del pla on es col·loca el negatiu en una càmera tradicional o el sensor electrònic en una d'actual. El subjecte exterior es representa en aquest pla de manera invertida.

3.4. Objectius compostos

Si bé la lent simple resulta útil didàcticament per a explicar el concepte de la distància focal, en realitat les càmeres de vídeo no utilitzen òptiques simples sinó compostes. Només munten aquest tipus de lents les càmeres simples com algunes càmeres web o microcàmeres. Les càmeres fotogràfiques i de vídeo utilitzen objectius compostos.

La necessitat dels objectius compostos prové del fet que la lent simple presenta unes limitacions importants. No pot reproduir perfectament el color, produeix rebaves cromàtiques, no permet enfocar l'àrea completa d'una imatge i té aberracions. És a dir, uns defectes de les lents d'un objectiu que produeixen imatges defectuoses o distorsionades. Aquest conjunt de raons fa necessari l'ús dels objectius compostos.

Els objectius compostos són conjunts òptics formats per diverses lents disposades de manera que es compensin les aberracions. Les lents que componen els objectius compostos estan dissenyades per a oferir una imatge de qualitat en tots els sentits; en la reproducció de color, en l'enfocament, etc.

Vegem l'analogia entre una lent simple i una altra de composta. Si considerem aquesta última com un conjunt, es determina que l'objectiu compost té també una distància focal pròpia. En la lent composta, i en la pràctica, es considera que els rajos de llum que provenen de l'infinit es desvien tots en un pla principal de refracció de la imatge. La distància focal que es calcula a partir d'aquest pla es considera equivalent a la de la lent simple.

En els models domèstics, l'òptica constitueix una part inseparable del conjunt de la càmera i difícilment no se'n pot apreciar la complexitat. En les càmeres professionals, en les quals els objectius són intercanviables, és més fàcil percebre la realitat de l'òptica composta.

3.5. Distància focal

Si tornem ara als elements bàsics de la lent simple, podem definir el concepte de la **distància focal**. Es tracta d'una mesura que s'expressa en mil·límetres i que representa la distància que hi ha entre el pla de l'òptica i el punt de focus principal.

La lupa i el punt de focus principal

Hi ha una manera ràpida d'experimentar la distància focal d'una lent simple; si es projecta la llum del sol sobre un full de paper a través d'una lupa, el punt lluminós aviat produeix una petita cremada. En aquest cas, la lupa seria el centre de l'òptica i el punt d'ignició seria el punt de focus principal. La distància que separa el centre de l'òptica del punt de focus principal és el que es denomina distància focal.

La distància focal és important, ja que és el paràmetre que defineix el tipus d'òptica. Si la distància focal és curta, l'objectiu serà un gran angular; si és llarg, un teleobjectiu. Amb l'ús d'un tipus d'òptica o un altre, la representació de la realitat varia substancialment. Un gran angular amplia l'espai, mentre que un teleobjectiu el redueix. El primer accentua la perspectiva i la profunditat, el segon les comprimeix. L'estètica de les imatges varia en un cas i un altre a partir de l'angle visual de l'òptica.

L'angle visual és un altre concepte habitual en les converses dels fotògrafs i està directament relacionat amb la distància focal. Una distància curta genera un angle obert, és a dir, un angular. Una distància llarga genera un angle tancat, és a dir, un teleobjectiu.

En relació també amb la distància focal, trobem dos tipus d'objectius. Uns en els quals la distància focal de l'òptica és fixa i altres en els quals és variable. Corresponen a lents fixes i a zooms. En les càmeres de vídeo, les òptiques acostumen a ser de focal variable, és a dir, zooms.

Tal com podem veure, els conceptes relatius a les característiques òptiques s'interrelacionen constantment entre si. El focus i la distància focal també ho fan. L'enfocament consisteix en la capacitat de produir imatges més nítides o menys, és a dir, més enfocat o menys. Normalment, es procura que la imatge quedi enfocada.

Una òptica amb una distància focal llarga tindrà un punt d'enfocament més crític i complicat que una altra amb una distància focal curta. Tal com anirem veient, analitzar com funcionen els mecanismes que produeixen un focus precís implica la comprensió d'aspectes que, com la profunditat de camp o el focus selectiu, intervenen sovint en el treball de l'operador de càmera. Seguim endavant amb aquests conceptes.

3.6. Angle visual

Tal com ja hem comentat, la distància focal d'un objectiu determina el seu angle visual. És a dir, l'amplitud major o menor del que captarà la lent i que es projectarà sobre el pla de la imatge. Un objectiu de distància focal curta proporciona un angle visual ampli, mentre que un objectiu de focal llarga provoca una reducció de l'angle visual.

L'angle visual és important, perquè és un paràmetre que es posa en joc constantment durant una filmació. Pensem, per exemple, que cada vegada que s'acciona el zoom es modifica l'angle visual. I més enllà que un angular cobreixi una àrea major de l'entorn i un teleobjectiu presenti un angle més tancat, hi ha implicacions per a la representació de l'espai extern sobre la superfície de dues dimensions del sensor. La variació de l'angle visual modifica la perspectiva i la profunditat de camp.

La relació entre la distància focal i l'angle visual es produeix perquè els rajos que travessen l'òptica passen pel punt de focus principal i es projecten a la superfície del sensor òptic. Si es redueix la distància focal, el pla de la lent i el pla de la imatge s'aproximen, per la qual cosa l'angle cobert s'amplia.

El valor de l'angle visual que pot cobrir l'objectiu d'una càmera de vídeo té relació amb la mida del sensor amb què es treballa i la distància focal de l'objectiu que s'empra. En una càmera amb un sensor petit, les distàncies focals seran menors que en una altra càmera el sensor de la qual sigui de mida major.

L'angle visual està relacionat amb les modificacions de la mida de la imatge exterior que es projecta en el pla de la imatge. Així, un objectiu angular reproduirà els elements amb una mida menor que un teleobjectiu. Com més gran és l'angle visual d'un objectiu, més gran és l'espai que pot cobrir i més petits apareixeran els motius captats.

Segons l'angle visual, es poden distingir diversos tipus d'objectius:

- Objectius gran angular
- Teleobjectius
- Objectius zoom

3.7. Objectius gran angular

El gran angular és un objectiu de focal curta i, per tant, amb un angle de cobertura ampli. Són idonis, doncs, per a incloure el conjunt d'una escena que es desenvolupa en espais reduïts i interiors, i en la posició angular resulta més fàcil enfocar.

Els angulars accentuen la perspectiva, l'exageren. Podem captar un motiu minúscul des d'un punt de vista proper a l'objectiu i fer que aparegui immens. Molt major, per exemple, que objectes de mida major però aparentment més petits perquè estan situats en la llunyania.

Es tracta de la situació típica de compondre una imatge col·locant un objecte a prop de la càmera i mostrar, alhora, l'escenari del fons. Tant el motiu en primer terme com els elements situats en la llunyania estan enfocats. És el cas en el qual veiem una flor en primer terme i en llunyania un paisatge; aparentment, la flor propera sembla de dimensions similars a un arbre situat en el fons.

Les focals gran angular presenten el problema que distorsionen els elements col·locats a la vora. Les verticals cauen, els edificis amb parets paral·leles en la realitat convergeixen i els cercles es representen com el·lipses. Unes vegades aquesta distorsió pot resultar en un efecte estètic volgut, però d'altres pot resultar molesta. No hi ha una norma universal que validi o invalidi el tipus d'imatge. Simplement, el realitzador ha de conèixer les capacitats i les limitacions de l'òptica i usar-la a consciència segons els objectius estètics o comunicatius de cada producció.

3.8. Teleobjectius

Els teleobjectius representen la situació inversa als angulars. Es tracta d'òptiques amb una distància focal llarga i un poder de cobertura limitat.

De la mateixa manera que els angulars empetiteixen els motius, els teleobjectius els engrandeixen. Per tant, resulten extremadament útils per a produir imatges de motius distants amb una mida suficient. Són ideals per a aconseguir imatges de detall d'un esportista que es troba lluny de la càmera, per exemple, o bé per a captar animals en la naturalesa. També són ideals per al retrat.

Els problemes òptics dels teleobjectius són diferents dels dels gran angulars. La distorsió típica de l'angular, que mostra com a convergents les línies paral·leles, aquí no es presenta perquè els motius es capten des d'una distància major. En canvi, la facilitat d'enfocament desapareix i enfocar en teleobjectiu és molt més difícil i crític que fer-ho amb gran angular.

El teleobjectiu també varia la mida relativa del motiu. Prenguem com a exemple una flor en primer pla amb un paisatge de fons captada amb angular i amb teleobjectiu. Perquè la flor surti de la mateixa mida amb tots dos objectius cal allunyar la càmera en un cas i apropar-la en l'altre. Alhora, el paisatge de fons es troba totalment desenfocat en un cas i enfocat en l'altre.

3.9. El zoom

En una càmera de vídeo, l'objectiu és del tipus zoom; és a dir, és un objectiu de focal variable. El canvi de focal es pot fer manualment o bé de manera motoritzada. En el cas del canvi motoritzat, la velocitat d'avenç o retrocés és regulable mitjançant la pressió que s'exerceix sobre el botó. Com més fort s'oprimeix, més ràpid és el moviment del zoom. En les càmeres domèstiques, la tendència més generalitzada és que únicament es disposi de l'opció motoritzada. La major part de zooms no es pot moure manualment.

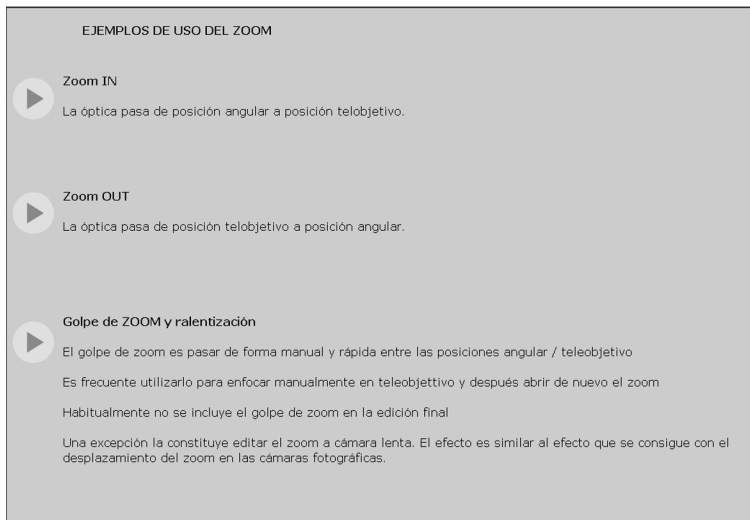
Es parla de rang del zoom en al·lusió al grau de variació de la distància focal que permet un objectiu entre les seves dues posicions extremes. Actualment, moltes càmeres domèstiques incorporen rangs de zoom elevats, amb facilitat entorn de 80, però en la majoria dels casos es tracta d'augmentos digitals i no òptics. La qualitat de l'augment que s'obté electrònicament és molt inferior que la que proporciona un bon conjunt òptic.

La terminologia que utilitza l'operador de càmera o el realitzador per a referir-se als moviments del zoom comprèn els dos termes següents:

1) **Zoom-out**. Consisteix a obrir el zoom cap a la posició angular. Implica, per tant, cobrir gradualment un angle major de l'escena i empètitir progressivament els motius.

2) **Zoom-in**. Consisteix a tancar el zoom cap a la posició teleobjectiu. Comporta, doncs, captar una part progressivament més limitada de l'escena i magnificar gradualment els motius.

El cop de zoom és un altre terme d'ús freqüent. Consisteix a passar de manera ràpida d'obert a tancat. Pot tenir una finalitat estètica o bé ser purament un procediment de treball. Quan la càmera ha d'enfocar ràpidament en un escenari amb motius en moviment cerca fer-ho en posició teleobjectiu. Tanca el zoom de manera ràpida, enfoca i torna a obrir angular. El punt més crític de focus és sempre el teleobjectiu. Per tant, enfocar en aquesta posició garanteix que també es mantindrà el focus en angular. A la inversa no hi ha la mateixa seguretat.



3.10. La mida de la imatge projectada

Ja s'ha dit que utilitzar objectius angulars o teleobjectius implica reduir o engrandir, respectivament, la mida dels motius que es filmen. La mida relativa amb què es representa un motiu en el pla de la imatge depèn de dos factors, que són la distància del motiu respecte a l'òptica i la distància focal de l'objectiu.

- **Distància del motiu respecte a l'òptica.** En aquest sentit, la relació és clara, ja que com més proper està el subjecte, major és l'àrea que cobreix en el negatiu. D'una manera genèrica, es pot afirmar que la distància que separa l'objecte de l'objectiu és inversament proporcional a la mida de la imatge resultant. A més distància, menys mida.
- **Distància focal de l'objectiu.** Tal com ja s'ha dit, una conseqüència directa de variar la distància focal d'un objectiu és la modificació de la mida de la imatge resultant. Com menor és el valor de la distància focal, més petites són les imatges que forma. I, a la inversa, un objectiu amb una distància focal alta produeix una imatge d'una mida major.

Per a representar un motiu sobre el pla de la imatge amb una mida constant, en variar-se la distància focal també s'ha de variar la distància en la qual se situa el motiu. Així, si s'enquadra un personatge en pla mitjà amb una lent angular, per a mantenir el mateix pla mitjà amb un teleobjectiu cal situar la càmera a una distància més gran del subjecte.

La mida amb què es representen els motius partint de la distància focal de l'òptica que s'utilitza té implicacions en la perspectiva.

3.11. Visual i perspectiva

El control de la mida de la imatge i de la perspectiva és de summa importància en el treball de l'operador de càmera. La imatge que s'obté en vídeo és sempre una representació en dues dimensions d'una realitat tridimensional,

de manera que l'espectador ha de reconstruir perceptivament la profunditat de l'escena. Una tasca deductiva i normalment no conscient que es basa en la percepció de les mides relatives dels objectes que apareixen des del primer terme fins al fons.

La perspectiva segueix unes normes perceptives clares. L'observador coneix les mides reals dels objectes. Sap que una pilota de futbol és més petita que un jugador, per posar un exemple. Si un pla mostra la pilota més gran que un futbolista, l'espectador interpreta que la pilota és a prop i el jugador lluny.

La percepció de la perspectiva es basa en la variació de la mida aparent dels motius al visor segons la distància relativa a la qual es troben.

La distància focal de l'òptica amb què es capta la imatge, o dit d'una altra manera, l'angle visual utilitzat, determina perspectives diferents; mentre que un angular provoca una perspectiva accentuada, un teleobjectiu provoca una perspectiva comprimida.

- Un angular engrandeix els motius pròxims i permet alhora mantenir enfocats els motius del fons. Provoca una perspectiva accentuada i aparentment s'incrementa la profunditat de l'escena.
- Si un teleobjectiu mostra enfocat un motiu pròxim, cobreix una part molt reduïda del fons i normalment el desenfoca. Si mostra motius prou llunyans, aquests estaran enfocats però semblaran aixafats. Pot semblar que un ocell estigui volant enganxat al sol, per exemple. Aquests objectius generen una perspectiva comprimida.

A la taula següent es presenta una relació comparativa de les característiques pròpies de les perspectives accentuada i comprimida.

Gran angular	Teleobjectiu
Perspectiva accentuada.	Perspectiva comprimida.
Utilitzant objectius angulars amb motius propers s'obtenen efectes de perspectiva accentuada.	Si s'enquadra un motiu llunyà amb un teleobjectiu s'obtenen efectes de perspectiva comprimida.
S'extremen els efectes de profunditat.	Es redueix l'efecte de profunditat.
El subjecte o una part d'aquest es realcen espectacularment mitjançant l'exageració de la seva mida relativa.	Les mides dels motius semblen igualar-se.
És idoni per a captar el màxim d'una escena, com un paisatge o un interior.	És idoni per al retrat.
Les línies horitzontals o verticals presenten convergències fortes.	Es manté el paral·lelisme de les línies verticals.

3.12. L'enfocament

La nitidesa és necessària per a l'obtenció correcta de les imatges. En les càmeres de vídeo domèstiques, l'enfocament acostuma a ser automàtic. Encara que actualment els autofocus de les càmeres són ràpids i precisos, és recomanable que la càmera disposi de la possibilitat de controlar l'enfocament de manera manual.

En les càmeres professionals, el focus és manual i es controla girant a esquerra o dreta l'anell d'enfocament. Alguns dels models reduïts de càmeres domèstiques poden presentar sistemes diferents per al control manual. En lloc de girar l'anell de l'òptica, el mecanisme pot consistir en una rodeta a la zona de control des de la qual s'accedeix a l'enfocament manual mitjançant alguna opció del menú.

Una escena està desenfocada o fora de focus quan els rajos de llum que, segons hem vist, provenen del motiu i es concentren en el pla de la imatge, no ho fan com a punts. En lloc de concentrar-se, els punts del subjecte es reproduïxen com a taques circulars de llum que se superposen. Com més grans són aquests cercles, més gran és el nivell de desenfocament i més borrosa es veu la imatge.

Una imatge enfocada és una imatge formada per punts i no per cercles. Però, en realitat, totes les imatges estan formades per cercles d'una mida major o menor. Si s'amplia prou, un punt aparent apareixerà com un cercle. Així, quan es parla de punts, s'està parlant de cercles que es perceben com a punts. Ho veurem amb més detall en l'apartat següent.

3.13. Profunditat de focus

Recordem que una imatge nítida en el pla de la imatge depèn del fet que tots els rajos que provenen de cada punt del motiu s'hi concentren com a punts. Això implica una distància determinada entre el pla de la imatge i el pla de l'òptica. Si la distància és major o menor, els punts seran progressivament com més va més cercles. Quan s'enfoca, es varia la distància existent entre el pla principal de l'òptica i el pla de la imatge.

Així, per a un motiu situat en una distància x , la distància entre el pla de la imatge i el pla de l'òptica per a oferir una imatge enfocada serà y . Tant si la distància y es redueix a $(y - n)$ com si s'incrementa $(y + n)$, la imatge es desenfocarà progressivament. El desenfocament s'incrementa de manera proporcional a la distància n . Si el cercle té un diàmetre a 0,025 centímetres, aquest es percep com un punt i la imatge es veu enfocada. A mesura que se supera aquest valor, el desenfocament s'incrementa.

La profunditat de focus es pot definir com l'interval entre les distàncies màxima i mínima existents per davant i per darrere del pla de la imatge amb què el diàmetre del cercle de projecció és inferior a 0,025 centímetres. La distància pot ser major o menor dins del marge en el qual els cercles que crea la imatge es perceben com a punts.

D'una manera gràfica, aquest marge es pot representar com dos cons units pels vèrtexs. La distància que separa els dos punts en els quals els cercles assoleixen el diàmetre màxim de nitidesa correspon al marge d'enfocament del qual es disposa en una situació concreta, és a dir, a la profunditat de focus.

3.14. Enfocament manual

En una càmera professional, l'enfocament es fa manualment. En una càmera domèstica sempre hi ha l'opció d'enfocament automàtic, però només en alguns models hi ha l'opció del focus manual. Si bé en la major part de vegades s'utilitza el focus automàtic, l'autofocus, és molt recomanable disposar d'un model que permeti també l'enfocament manual. Sempre hi ha vegades en les quals és desitjable o necessària l'opció de regular l'enfocament a criteri de l'operador.

Una d'aquestes vegades és quan en una escena hi ha múltiples motius i es pretén centrar l'atenció sobre un. Els altres elements s'interposen entre el motiu desitjat i la càmera. En la posició d'autofocus, la càmera no sap quin és el motiu important. En aquesta situació, si l'operador de càmera controla el punt de focus, pot dur a terme millor el seu treball que si està a la mercè dels automatismes.

També hi ha altres operacions, com el focus selectiu o l'enfocament/desenfocament al principi o al final d'una escena, que no són possibles sense l'opció d'enfocament manual.

D'altra banda, hi ha algunes operacions, com enfocar en teleobjectiu, la rectificació de focus o el focus selectiu, que només es poden dur a terme, en l'opció d'enfocament manual.

- **Enfocar en teleobjectiu.** L'operació d'enfocar la càmera és una cosa que l'operador de càmera ha d'atendre constantment durant la presa de les imatges. La posició més crítica de focus és la de teleobjectiu, i la que té un marge de nitidesa major és l'angular. Per aquesta raó, si s'enfoca una escena en posició de teleobjectiu, el focus es manté quan es fa un *zoom out*. En canvi, l'operació inversa d'enfocar en posició angular no garanteix en absolut que durant un possible *zoom in* posterior es mantingui el focus.
- **Rectificació de focus.** Quan es treballa amb motius pròxims, és freqüent que un moviment de càmera des d'un element de l'escena fins a un altre comporti un canvi de focus si els dos no es troben situats a la mateixa

distància de la càmera. En aquest cas és necessari rectificar el focus, és a dir, girar l'anell d'enfocament de manera simultània al moviment de la càmera.

- **Focus selectiu.** El focus selectiu es presenta quan, en ajustar el focus sobre un motiu situat davant la càmera, la resta d'elements que integren l'escena queden desenfocats. També s'utilitza per a mostrar progressivament i de manera aïllada diferents objectes situats davant la càmera. Quan en un retrat interessa destacar una persona separant-la del fons, es busca un focus selectiu sobre el personatge a fi d'aïllar-lo visualment.

3.15. Distància mínima d'enfocament

Qualsevol objectiu té una distància mínima d'enfocament, que en molts casos està situada entre 1 i 1,5 metres. En la posició de teleobjectiu, el marge d'enfocament és més crític que en la posició angular. Si es col·loca el motiu a una distància inferior a aquest punt mínim, apareixerà desenfocat.

La distància mínima d'enfocament es pot ultrapassar utilitzant l'òptica en posició macro. Sempre que ho admeti, és clar.

En els models actuals és molt habitual que la transició entre la posició normal i la macro es faci en continuïtat, de manera que l'operador no apreciï quan està ultrapassant la distància mínima d'enfocament. En altres models, l'accés al macro es fa normalment des de la posició angular accionant alguna palanca o anell específic. En els models professionals, la posició macro es controla mitjançant un anell situat en l'objectiu.

Aquí s'ha d'assenyalar que la càmera de vídeo és com un ull privilegiat, en el sentit que es pot aproximar a objectes fins a unes distàncies que a simple vista serien impensables. Els punts de vista a què es pot accedir amb un macro poden resultar tan originals com sovint impactants.

3.16. Profunditat de camp

La profunditat de camp és un recurs molt utilitzat en la realització de vídeo. Quan, per exemple, l'operador de càmera enquadra un personatge en primer terme i deixa el fons totalment desenfocat, està treballant amb poca profunditat de camp. Si, al contrari, col·loca tant el primer terme com el fons en focus, llavors disposa de molta profunditat de camp.

Ús de la profunditat de camp

La profunditat de camp és un recurs ideal per a reclamar l'atenció sobre el personatge quan se centra el focus sobre ell i es deixen els detalls del fons desenfocats. Aquest és un cas de profunditat de camp mínima. La mateixa situació però a la inversa il·lustra el cas contrari, que és el d'una gran profunditat de camp. Es mostra el mateix personatge

i el mateix fons, però en aquest cas també els objectes més llunyans apareixen nítids i enfocats.

Quan és elevada, la profunditat de camp permet mostrar els motius enfocats dins d'un rang de distàncies ampli. Quan la profunditat és baixa, l'interval en què els motius apareixen enfocats es redueix. La profunditat de camp és una distància situada per davant de la càmera dins de la qual els motius es reproduïxen amb nitidesa.

La profunditat de camp és la distància sobre l'eix de la càmera que comprèn des del motiu més pròxim que apareix nítid fins al motiu més llunyà que està enfocat. Tot el que està situat més a prop o més lluny d'aquests dos punts apareix fora de focus en una proporcionalitat directa en la distància respecte del pla de l'òptica.

El concepte de la profunditat de focus que hem comentat anteriorment es troba en la base del de la profunditat de camp. Tots dos conceptes es relacionen. Una imatge es percep enfocada quan cada punt del motiu es reproduïx amb la nitidesa suficient. O dit d'una altra manera, com un cercle amb un diàmetre inferior a 0,025 centímetres.

Dins de la realització de vídeo, i també en la fotografia, controlar la profunditat de camp és una cosa de summa importància. Algunes vegades interessarà que sigui alta per a poder tenir en focus la major part dels motius que apareixen en l'enquadrament, o fins i tot tots. Altres vegades ens interessarà el contrari i es buscarà deliberadament enfocar només parts d'una escena i deixar fora de focus els motius més propers o més allunyats. La profunditat de camp és una convenció que, junt amb la perspectiva, contribueix a crear la sensació de profunditat en el pla.

La profunditat de camp es controla mitjançant una sèrie de factors que l'operador de càmera ha de conèixer i dominar de manera pràcticament automàtica.

Hi ha tres factors bàsics que determinen la profunditat de camp:

1) **El diafragma.** Com més tancat està el diafragma, major és la profunditat de camp que s'obté. I, a la inversa, en obrir-lo aquesta profunditat es redueix. Un diafragma de 4 té molt poca profunditat de camp, mentre que un de 16 té una gran profunditat.

2) **La distància en la qual es troba el motiu.** Com més proper està el punt d'enfocament, menor és la profunditat de camp. A mesura que el punt de focus s'allunya del pla de l'òptica, l'increment de la profunditat és exponencial.

3) L'angle visual de l'objectiu. L'angle visual influeix en la profunditat perquè les focals curtes o objectius gran angular presenten molta profunditat de camp, mentre que les focals llargues o teleobjectius en tenen molt poca.

4. Temperatura de color

Fins a aquest moment s'ha parlat de regular l'entrada de llum a la càmera en termes de quantitat. Una intensitat de llum excessiva crema la imatge, mentre que una intensitat baixa provoca una foscor excessiva. La quantitat de llum ha de ser la correcta; tret, és clar, que es pretengui deliberadament treballar amb imatges cremades o fosques per motius estètics.

En qualsevol cas, a més de la quantitat de llum, també cal controlar-ne acuradament la qualitat. La qualitat de la llum engloba paràmetres com la duresa o la suavitat, l'existència de plans lluminosos que ajudin a donar profunditat a la imatge, les ombres i la focalització o la difusió de les fonts de llum. Es tracta de temes que es veuran en un mòdul posterior. Aquí es tractarà ara del tema de la temperatura de color. Aquest és un paràmetre qualitatiu important en la il·luminació que s'ajusta a la càmera mitjançant l'operació del balanç de blancs.

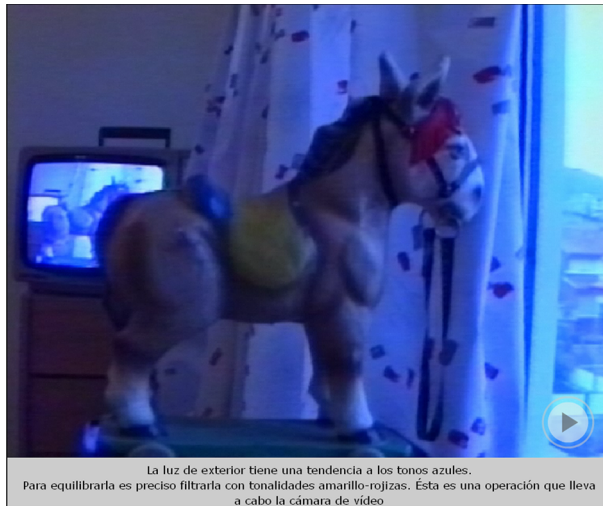
La percepció més usual de la temperatura de color es relaciona amb la calidesa o la fredor d'una imatge o d'una llum. Suposem una escena d'una persona filmada en un parc. La imatge pot tendir al blau. La boirina, el cel i els motius llunyans normalment tendeixen cap a tons blaus, però també ho poden fer la pell i la roba. En aquest cas, es parlarà d'una imatge freda.

Imaginem ara la mateixa escena però en una situació inversa. Amb la major part dels colors tendint cap al vermell, tant els arbres del fons com la pell semblaran tenir aquí una vivor més gran. També altres motius de l'escena, com la roba o l'ambient, semblaran estar banyats en una llum vermellosa. En aquest cas, es parlarà d'una imatge càlida.



De fet, la fredor o la calidesa són conceptes que s'associen a la percepció mateixa, per la qual cosa resulta fàcil relacionar un ambient de tons blavosos amb el fred d'un dia ennuvolat d'hivern i un altre de tons vermellosos i groguencs amb la calidesa o la calor d'un dia d'estiu.

La temperatura de color és una escala que mesura la tendència de la llum cap al blau o el vermell. Les mesures s'estableixen en kelvins (K). Els valors alts (superiors als 5.600 K) corresponen a fonts de llum amb tendència al blau, mentre que els valors baixos (d'uns 3.200 K) donen il·luminacions amb tendència al vermell.



La necessitat d'ajustar la temperatura de color és conseqüència de la menor adaptació de la càmera als canvis de color si la comparem amb l'ull humà. Nosaltres veiem normalment un objecte blanc com a blanc tant si està a ple sol com si l'observem un dia ennuvolat o sota una font d'il·luminació artificial. En realitat, en totes aquestes situacions l'objecte blanc reflecteix les diferents combinacions cromàtiques que procedeixen de la font de llum, però el cervell està acostumat a processar la informació i a percebre un mateix color en multitud de situacions. No obstant això, la càmera no té la mateixa espontaneïtat en l'ajust. Per a obtenir el blanc quan s'il·lumina una escena amb diferents fonts de llum és necessari ajustar la càmera de vídeo.

Hi ha algunes circumstàncies en les quals l'equilibri de colors de la llum està clarament desajustat. Les bombetes incandescentes produeixen una llum vermella i groguenca; els fluorescents, tonalitats verdoses; poc abans de la posta del sol o un parell d'hores després de la sortida del sol, la llum solar és vermella; i la llum ambient abans de l'alba o després de l'ocàs és blavosa. La llum que considerem blanca és l'emesa pel sol al migdia i presenta unes proporcions de colors determinades.

A la taula següent es mostren exemples de fonts de llum amb temperatures de color altes i baixes.

Fonts de llum amb temperatura de color alta	Fonts de llum amb temperatura de color baixa
Làmpades fluorescents	Bombetes
Llum d'un dia ennuvolat	Llum del capvespre

Fonts de llum amb temperatura de color alta	Fonts de llum amb temperatura de color baixa
Focus d'il·luminació de llum de dia	Focus d'interior

La càmera es necessita ajustar a aquestes diferències de llum per a mantenir un equilibri de color en diferents situacions d'il·luminació, de manera que per a fer una filmació equilibrada cromàticament s'ha de fer el balanç de blancs.

4.1. Balanç de blancs

Fer el balanç de blancs significa ajustar la càmera de manera que els objectes blancs es reproduïxin com a tals a la pantalla, independentment de si estan il·luminats per una font d'il·luminació o una altra.

L'operació del balanç de blancs és pròpia de les càmeres de fotografia i vídeo digitals. Aquí es troba una diferència bàsica entre els dispositius digitals i els basats en l'emulsió fotoquímica. Mentre que en aquests últims cal escollir una emulsió per a un tipus de llum determinat (diapositiva per a llum de dia o per a llum artificial, per exemple), el material d'enregistrament de les càmeres digitals no es diferencia mitjançant la temperatura de color. L'ajust cromàtic de la llum es fa a partir de la informació que recull el sensor electrònic.



Fer el balanç de blancs significa ajustar la càmera amb la finalitat que es reproduïxin les zones de color blanc d'una escena com a zones de blanc a la pantalla.

El balanç de blancs determina la forma de representació dels tons d'una escena, de manera que aquesta pot tendir a tons freds o càlids segons les finalitats estètiques o comunicatives de la producció. Amb independència del tipus d'il·luminació amb què es treballa, la reproducció dels colors la decideix el realitzador per mitjà d'aquesta operació.

Un balanç de blancs adequat és important per a aconseguir la continuïtat d'una producció. Cal esperar, per exemple, que un vestit blanc no aparegui blavós quan la persona es troba en exteriors i vermellós quan entra en un ambient interior.



La càmera de vídeo tiene ajustes predeterminados para luces de exterior e interior. En este ejemplo se observa el ajuste inicial para interior. Si se coloca el filtro de exterior la imagen adquiere el tono amarillo. Proviene del filtro cálido que coloca la cámara para las situaciones de exterior.

Una vegada establert el principi general, passem ara a les excepcions. Per dir-ho d'alguna manera, que sigui necessari fer sempre el balanç de blancs no significa que ineludiblement una escena hagi d'estar representada per la llum més similar al blanc. Tant les pel·lícules de cinema com els clips publicitaris són testimonis que no és obligatori seguir aquesta norma. Observant la cinematografia, són múltiples els exemples d'escenes amb tons freds que tendeixen al blau o d'altres en les quals domina la llum càlida. També és possible trobar en una mateixa pel·lícula seqüències de tons freds i seqüències de tons càlids, o fins i tot combinacions d'il·luminacions fredes i càlides en una mateixa escena. O, finalment, films amb una tendència cromàtica cap al verd, que és un to de temperatura de color que es relaciona més amb els llums fluorescents o de sodi. Totes aquestes desviacions de la regla, d'excepcions a la norma genèrica, són òbviament recursos expressius.

Igual que en tantes qüestions relacionades amb la imatge, és convenient saber controlar un procediment (la il·luminació, la composició, etc.) per a decidir si s'aplica en cada cas la norma general o bé si es du a terme un distanciament de la regla universal en nom d'aconseguir més expressivitat. Podem pretendre perfectament jugar amb el contrast de tonalitats fredes i calentes en una mateixa producció per a aconseguir uns objectius comunicatius o estètics determinats.

4.2. Ajust del balanç de blancs

Quan filmem, podem deixar el balanç de blancs en automàtic, controlar-lo mitjançant les opcions predeterminades o ajustar-lo manualment mitjançant la recerca del blanc en cada tipus d'il·luminació. Així, en canviar entre escenes

(la sortida del sol un dia ennuvolat, el pas d'interior a exterior, el canvi de llum fluorescent a llum incandescent, etc.) es fa cada vegada un nou balanç de blancs.

Segons les càmeres, hi ha diferents procediments possibles per a dur a terme aquest ajust. La major part de les càmeres de vídeo domèstiques disposa de diverses opcions amb ajustos cromàtics predefinitos. Algunes d'aquestes opcions són les següents:

- **Automàtic.** La càmera ajusta constantment el balanç de blancs a un valor de blanc predeterminat en funció de la llum entrant. En aquesta posició és possible que quedi gravat l'ajust automàtic si es passa filmant en continuïtat d'una escena amb un tipus de llum a una altra amb una llum diferent.
- **Incandescent.** La càmera compensa amb filtres freds la llum interior que, pel fet de provenir de bombetes i llums d'interior, és càlida.
- **Capvespre o alba.** Si està disponible, és similar a la incandescent.
- **Ombra.** Representa la situació inversa a la de l'opció *capvespre o alba*. La càmera filtra amb tons càlids la llum exterior excessivament freda.
- **Fluorescent.** Implica filtrar la llum per a compensar els tons d'aquest tipus de llum, normalment d'un color verdós magenta.
- **Sol.** És l'adequat per a un dia assolellat.
- **Ajust manual.** El balanç de blancs també està disponible en nombroses càmeres domèstiques. Si se selecciona, s'ha de dirigir la càmera cap a una superfície blanca que estigui il·luminada amb la llum amb què es treballarà. Seguidament es prem el botó durant uns segons per a fer l'ajust fins que la càmera indiqui que ha acabat.



En les càmeres professionals, el balanç de blancs es fa amb l'última opció comentada, però aquí es disposa d'un conjunt de filtres previs. Així, inicialment es col·loca el filtre apropiat per a cada tipus d'il·luminació, a continuació s'enfoca cap a una superfície blanca i finalment es du a terme l'operació. De manera seqüencial, les operacions que cal fer són les següents:

- Col·locar el filtre adequat si la càmera en té. Aquests filtres tenen la finalitat d'escalfar electrònicament la llum freda o de refredar una llum exterior càlida. Normalment n'hi ha tres:
 - **Filtre 1.** És l'adequat per a interiors.
 - **Filtre 2.** És el propi de la il·luminació d'exterior.
 - **Filtre 3.** És com l'anterior, però redueix l'entrada de llum.
- Apuntar la càmera cap a un objecte blanc il·luminat amb la font de llum amb què es treballarà.
- Fer l'operació de balanç de blancs. La càmera mantindrà l'ajust fins que es faci de nou l'operació.

Un balanç de blancs correcte és imprescindible per a aconseguir continuïtat cromàtica entre els plans. D'altra banda, és necessari tornar a ajustar el balanç de blancs cada vegada que canvien les condicions d'il·luminació. Així, si s'ha ajustat per a la temperatura de color pròpia d'un dia ennuvolat i els núvols desapareixen, cal tornar a fer l'operació per a les noves condicions de llum. No cal dir que un canvi d'interiors a exteriors implica sempre un reajustament. Si un personatge, per exemple, porta un vestit blanc en una situació d'exterior, cal que aquesta mateixa peça no aparegui amb tonalitats vermelloses en les escenes d'interior.



Ejemplo de ajuste manual del balance de blancos en una escena de interior.
En este caso la pared blanca da la referencia para encontrar el blanco. Normalmente se busca una superficie blanca (con una área que cubra la mayor parte de la pantalla) para realizar el ajuste.