

Analogia del funcionament de la càmera fotogràfica amb l'ull humà



Pseudònim: Ametista

Agraïments

Vull donar les gràcies a en Carles Cuñado, òptic responsable d'Alain Afflelou Igualada, i als germans Jordi Roig i Roger Roig, de Roig Fotograf's per la col·laboració desinteressada que han tingut, els seus consells i aclariments de dubtes que els he plantejat.

També vull agrair a tots els que m'han animat a continuar i que m'han donat el seu suport en tot moment, especialment a la meva família.

ÍNDIX

1. Introducció	3
2. Anatomia de l'ull humà	5
3. Història evolutiva de la càmera	10
4. Diversitat de càmeres	15
5. Parts de la càmera digital amb sistema rèflex	17
6. Comparació ull-càmera	23
7. Diferències entre l'ull i la càmera digital	24
8. Com es forma la imatge	
- Ull	25
- Càmera digital i càmera analògica	27
9. Revelatge de fotografies analògiques	28
10. Percepció dels colors	31
11. Percepció de la distància	35
12. Part experimental	
12.1 Dissecció d'un ull de be	36
12.2 Comentari de fotografies analògiques	40
12.3 Experimentació de la formació de la imatge	43
13. Entrevista	46
14. Conclusió	48
15. Fonts d'informació	49

1. Introducció

El que em va dur a triar aquest tema, la relació entre el funcionament d'una càmera de fotografiar i l'ull humà, va ser que estic interessada en cursar Òptica i Optometria i per tant, vaig pensar que seria de gran utilitat enfocar el treball cap a aquest món. Amb aquesta recerca pretenc conèixer i aprofundir en l'ull humà, l'òrgan de la visió, que fins ara els meus coneixements al respecte eren superficials, però que considero que és un tema complex i interessant.

L'objectiu principal del treball és conèixer més bé el funcionament dels nostres òrgans de la visió i per altre banda, intentar-ho relacionar amb un instrument cada vegada més comú a les nostres vides com és la càmera de fotografiar. També aspiro a corroborar el fet que les càmeres tenen els fonaments basats en l'ull humà ja que moltes parts es poden relacionar i fan la mateixa funció, cadascun en el seu conjunt (cos humà – càmera fotogràfica).

Pel què fa a la hipòtesi del treball de recerca, van ser els dubtes que tenia el que em van decidir. La meua hipòtesi és que l'ull i la càmera fotogràfica es basen en els mateixos principis de funcionament. Per tal de demostrar-la, primerament he hagut d'estudiar l'anatomia de l'ull humà i les parts de la càmera i entendre el seu funcionament alhora de formar la imatge, de percebre els colors i de percebre les distàncies per després comparar-ho i verificar o no la meua idea.

La metodologia seguida ha estat diversa. He utilitzat la recerca a Internet i a suports no digitals per tal de realitzar la part teòrica. Per altre banda, en la part pràctica he emprat metodologia d'investigació a través de les pràctiques i també dues entrevistes a persones del sector de l'òptica i de la fotografia.

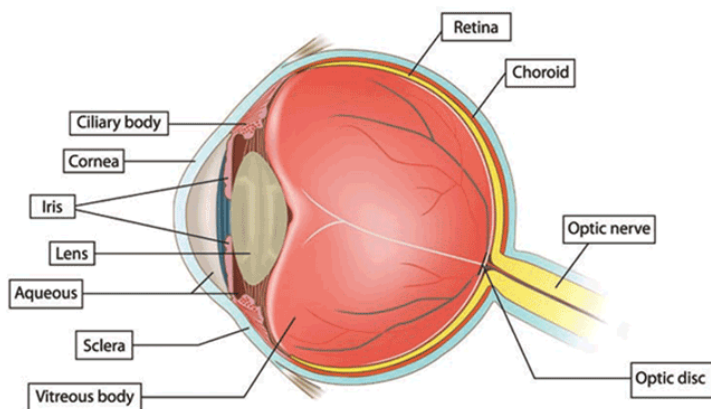
Dins la part teòrica del treball hi ha la descripció de les parts de l'ull i de la càmera; l'origen i la diversitat de l'instrument fotogràfic; una comparació dels dos elements, les diferències que presenten, i per tal d'aprofundir més en la comparació, hi ha un apartat de percepció del color i un de percepció de les distàncies. També em va semblar interessant incorporar un punt de revelat de les fotografies fetes amb càmeres analògiques ja que les he esmentat en diferents punts.

Pel que fa a la part experimental, hi ha dos pràctiques, una referent a l'ull i una altre a la fotografia i una part experimental sobre la formació de la imatge en els dos elements.

Espero que disfruteu llegint aquest treball com jo ho he fet redactant-lo.

2. Anatomia de l'ull humà

L'ull és l'òrgan fotoreceptor capaç de traduir les vibracions electromagnètiques de la llum en impulsos nerviosos que es transmeten al cervell per tal que aquest formi la imatge. Els impulsos nerviosos es transmeten a través del nervi òptic. Aquest nervi entra al globus ocular per una part de la retina anomenada disc òptic que és un punt on no hi ha cèl·lules sensibles a la llum i per tant és com si fos una part cega.



Imatge 1. Esquema de l'ull (<http://www.glaucoma.org/glaucoma/anatomy-of-the-eye.php>)

El globus ocular és la cavitat de 2'5 cm de diàmetre que anomenem ull. La capa més externa és l'escleròtica, una membrana fibrosa i rica en col·làgen que és opaca, resistent i correspon a la part blanca de l'ull. Corresponent a la part posterior, per on entra el nervi òptic, l'escleròtica rep el nom de làmina cribrosa. Les seves principals funcions són fer de suport i de protecció a les estructures internes. El globus ocular està ple d'humor vitri fins el principi del cristal·lí, és una substància gelatinosa que només es forma durant l'etapa embrionària i per tant no es regenera. Les seves funcions són donar forma a la cavitat ocular i fer que la retina estigui llisa per tal de rebre les imatges de manera nítida.

La següent capa és la retina. És la capa interna del globus, d'uns 2 o 4 mm de gruix, i la seva funció és percebre les radiacions que emeten els objectes un cop han travessat el cristal·lí. La part que travessa el nervi òptic es diu papil·la i aquesta no té cèl·lules fotoreceptores de la llum i per tant és una zona cega. Just davant del cristal·lí, la lent principal, hi ha la màcula lútia. La màcula és la zona groguenca de la retina especialitzada en la visió detallada, té una forma ovalada

amb una depressió central en forma de conca que s'anomena fòvea i aquesta és la part amb més agudesesa visual.

La retina és una capa molt complexa que la formen deu estrats un dels quals i potser la més coneguda és la capa de cons i bastons:

Els cons i bastons són cèl·lules fotoreceptores i com el seu nom indica són cèl·lules que reben i capten els estímuls lluminosos: els cons capten els estímuls de la llum cromàtica i els bastons de blancs i negres durant la nit.

La part exposada a l'exterior és la còrnia i té un gruix d'entre 11'5 i 12'5 mm. La còrnia és una membrana resistent que està formada per cinc capes:

- La primera és l'epiteli. L'epiteli és una estructura que està dividida per estrats i que és escamosa. No és una capa queratinitzada la qual cosa vol dir que no té la proteïna queratina i sol tenir un gruix d'entre 5 i 7 cèl·lules. Com que és la capa més exterior la seva regeneració en cas de talls o altres imperfeccions ha de ser ràpida per tal que no s'infecti l'ull.
- La segona capa és la Bowman, és una fina membrana basal molt resistent però que no té possible regeneració. Aquest tipus de membranes sempre es troben sota l'epiteli ja que l'uneixen amb el teixit connectiu, el que envolta la resta de teixits de l'organisme.
- L'estroma es troba en tercer lloc. Aquesta capa està formada per fibres de col·làgen i aigua i ocupa el 90% del gruix de la còrnia.
- La membrana de Descemet és la membrana basal posterior i també està formada per col·làgen. Aquesta capa fa la funció de mantenir la forma de la còrnia.
- Per últim hi ha l'endoteli. És la capa més prima de totes ja que només té 4 µm de gruix i no es pot regenerar per tant s'estira per compensar les zones on hi ha menys cèl·lules.

L'escleròtica és una membrana blanca i opaca que es troba a la part més externa de l'ull i la seva principal funció és protegir i donar forma a l'òrgan. Està formada per fibres de col·làgen i consta de tres capes:

La fusca és la capa més interna. Aquesta capa conté molts vasos sanguinis. La capa intermitja es diu fibrosa i, com el seu nom indica, és la que conté més fibres de col·làgen. Per últim hi ha l'episclera, aquesta capa està formada per un teixit molt elàstic i fibrós que facilita el desplaçament del globus ocular amb les altres estructures.

Darrera la còrnia hi ha un espai ple de humor aquós que la separa del cristal·lí, i es denomina càmera anterior. La càmera posterior és la que es troba al final de l'iris i també està plena d'aquesta substància. L'humor aquós és un fluid clar que manté la pressió entre la còrnia i el cristal·lí per tal de conservar la forma convexa de la membrana. El fet que la pressió sigui constant és necessari ja que si augmentés hi hauria el risc de tenir un glaucoma que pot originar una pèrdua de visió.

La funció del cristal·lí és fer convergir els raigs de llum formant imatges sobre la retina.

El cristal·lí és la lent que està connectada al múscul ciliar. Aquest múscul permet que l'estructura s'arrodoneixi quan es relaxa i que s'aplani quan es contrau. D'aquí esdevé el fenomen de l'acomodació pel què es varia el gruix del cristal·lí per tal de regular la longitud focal respecte l'objecte d'interès. Per poder mesurar el grau de l'acomodació es fan servir les diòptries. Una diòptria és la unitat que s'utilitza per saber el grau de refracció que té una lent i aquest valor coincideix amb la longitud focal de l'objecte. Les diòptries s'expressen en metres, augmenten de 0'25 en 0'25 i poden ser positives, quan es té miopia, o negatives en el cas en què es pateix hipermetropia. Per tal de corregir els defectes de visió es fan servir dos tipus de lents, si es té miopia es fan servir lents divergents i les lents convergents si es pateix hipermetropia. Les lents divergents tenen una forma més estreta al centre que als extrems i fan que quan els raigs de llum la travessen es separin. En canvi, les convergents tenen la forma contrària, d'el·lipse i convergeixen els feixos de llum un cop han travessat la lent.

Referent a la longitud focal, és la distància entre el cristal·lí i el punt on es forma la imatge dins de l'ull. Si no es pateix cap anomalia, la imatge s'ha de formar al final de la retina, concretament a la màcula.

L'úvea és una estructura vascular molt important que es troba entre l'escleròtica i la retina. La formen tres capes: l'iris, el cos ciliar i la coroide.

La part de color del nostre ull és l'iris, una estructura pigmentada que té una obertura al mig anomenada pupil·la i la seva funció és ometre els raigs perifèrics i regular la quantitat de llum per poder veure bé la imatge. El cos ciliar, situat als extrems posteriors de l'iris, és el responsable de fabricar l'humor aquós el qual regula la pressió, la nutrició i la respiració intraocular. Seguidament hi ha la coroide. Aquesta capa és la que converteix l'ull en una cambra fosca i per tant quan s'absorbeix la llum reflectida permet que es projecti la imatge a la retina d'una forma nítida.

La pupil·la és l'espai que hi ha al mig de l'iris i aquesta és variable: disminueix, estat de miosi, o augmenta, estat de midriasi, segons els músculs. L'esfínter fa que disminueixi i per tant entri menys llum a través de la pupil·la i el múscul dilatador, que està format per fibres simpàtiques, l'obre; normalment la pupil·la es dilata amb l'absència de llum. El nom comú per la pupil·la és la nineta de l'ull.

En les capes més externes també s'hi troba la conjuntiva que és un teixit transparent que recobreix la part interna de la parpella i la escleròtica. Les seves funcions principals són lubricar l'ull produint una mucosa i prevenir l'entrada d'agents externs per tal d'evitar infeccions. Està formada per tres parts:

La conjuntiva palpebral és la que es troba a la parpella.

La conjuntiva bulbar és la que recobreix l'escleròtica.

I per tal d'unir les dues hi ha la conjuntiva fòrnix o el fòrnix conjuntival que és el plec flexible que permet la circulació independent de l'ull i de la parpella.

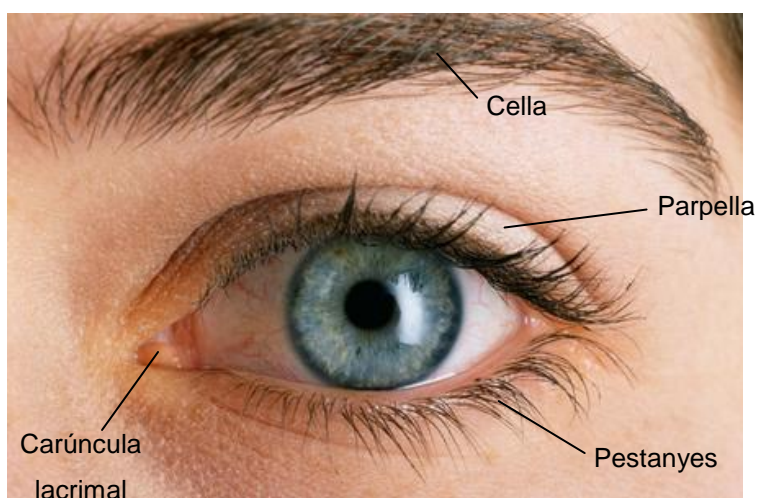
Si es mira l'ull frontalment es pot veure que l'òrgan està cobert per un plec muscular anomenat parpella. La parpella fa la funció de mucosa per tal d'evitar que l'ull s'assequi i també reparteix la secreció lacrimal per tota la superfície de la còrnia. Està formada principalment pel tars que és una placa de teixit connectiu dens que li dona forma i suport. El teixit connectiu és un teixit que fa de suport i de lligam a totes les estructures, intercanvia nutrients i actua com a defensa contra les infeccions.

El tars superior és el més gran i té una forma semilunar i en canvi, el tars inferior té una forma el·líptica i el seu diàmetre vertical és de 5 mm.

A les vores de la parpella hi ha les pestanyes. Són pèls que juntament amb altres estructures protegeixen l'ull d'agents externs. Tenen una capacitat de reacció molt elevada ja que amb qualsevol contacte activen un moviment de reflex i tanquen les parpelles.

A l'extrem de l'ull més proper al nas hi ha la carúncula lacrimal que és una petita protuberància de la conjuntiva ocular. Està formada per teixit adipós, és on s'hi emmagatzema l'excedent energètic en forma de triglicèrids i glàndules sebàcies; produeixen seü que és un lípid que ajuda a lubricar i protegir la pell, i per glàndules sudorípides. Aquesta mucosa genera una substància espessa i de color blanquinós que és la principal en la formació de les lleganyes.

Per últim, les celles són dues zones amb vellositat a aproximadament dos centímetres de la cavitat ocular, una a cada ull, que la seva funció és protegir l'òrgan de la suor i de la pluja que flueix des de la part superior de la cara.



Imatge 2. Ull frontal

3. Història evolutiva de la càmera

El principi de la fotografia té el seu origen en la cambra fosca. La cambra fosca és una caixa tancada que deixa un orifici pel qual entra la llum de l'exterior, un cop la llum travessa el forat reflecteix els elements de l'exterior de forma invertida, tant vertical com lateralment. La primera descripció impresa es va fer al 1521.

Aquest instrument va ser descobert pel pintor i inventor Leonardo da Vinci en un estiu quan estava dins d'una cambra fosca per resguardar-se de la calor. Aleshores va observar que a la paret es veia una imatge idèntica a l'exterior però de forma invertida. Gràcies a da Vinci es van poder ampliar els camps de l'òptica ja que en primer lloc va afirmar que la imatge latent que podem observar en una cambra fosca és la mateixa que capta el nostre ull i que es transmet pel nervi òptic al cervell, per tant que es podien relacionar el funcionament d'una cambra fosca amb el de l'ull humà. I en segon lloc es van fer avenços importants durant el segle XVI ja que es van dissenyar i desenvolupar telescopis i microscopis.

1826. Es captura la **primera fotografia** per Joseph Nicéphore Niépce que va anomenar *Punt de vista des de la finestra de Gras*. Per realitzar la fotografia es va necessitar una planxa de peltre que és una aleació de coure, plom, estany i antimoni; el metall es va recobrir amb betum de Judea i es va posar a la llum. Les parts de betum en les quals hi va tocar el sol es van quedar insolubles, aleshores es va submergir la planxa en dissolvent d'oli essencial d'espígol i oli de petroli blanc fent que les parts de betum que no hi havia incidit el sol es dissolguessin. La placa es va exposar vuit hores a la llum i es veien les taulades des d'una habitació de Saint-Loup-de-Varennes, (finestres de Gras).



Imatge 3. Punt de vista de la finestra de Gras

(https://ca.wikipedia.org/wiki/Nic%C3%A9phore_Ni%C3%A9pce)

1839. El físic i fotògraf entre d'altres ocupacions, Louis Jacques Mandé Daguerre va anunciar el 19 d'agost de 1839 el primer procés fotogràfic que va ser el més habitual fins el 1860. Es tractava del **Daguerreotip**, del qual sen van vendre 250 models. Era una capsa de fusta amb un objectiu, un obturador que també feia la funció de tapa, un visor i un mirall per poder veure la imatge corregida. Tenint en compte tota la càmera i els accessoris per poder processar les imatges, el conjunt pesava uns 50 kg. La imatge resultant era en negatiu i es presentava en una mena d'estoig amb un vidre que les protegien. Aquest invent va ser creat amb la col·laboració de Nicéphore Niépce, inventor francès del segle XVIII, però degut a la seva mort Daguerre va millorar-lo i se'l va fer seu.



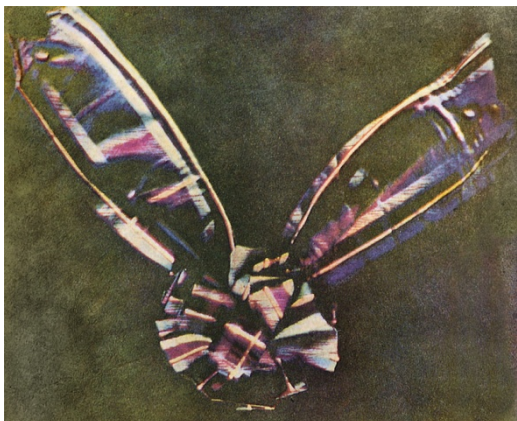
Imatge 4. Daguerrotip (<https://en.wikipedia.org/wiki/Daguerreotype>)

1841. William Henry Fox Talbot patenta el **Calotip**, un procés fotogràfic que substitueix la planxa metàl·lica per paper sensibilitzat. La imatge quedava en negatiu al paper i així es podien fer múltiples còpies a diferència del Daguerreotip.

1850. S'inventen les **càmeres estereoscòpiques**. Són càmeres que fan imatges en 3D, es basen en la visió binocular humana que produeix dues imatges, una cada ull, i que després a l'ajuntar-les al cervell donen la sensació de volum. Aquestes càmeres tenien dos objectius i captaven la imatge des de dos punts de vista diferents fent que al resultat final es veien en 3D. Tot i així perquè les imatges donessin la sensació de volum s'havia de mirar amb un visor adequat.

1861. El físic James Clerck Maxwell va demostrar de forma pràctica la **fotografia en color**. Volia confirmar la teoria de la tricomàcia postulada per Thomas Young al 1802. Aquesta teoria deia que hi havia l'existència de tres colors principals, el verd, el vermell i el blau i que a partir d'aquests es podia formar la llum blanca.

També indicava que la tricomàcia era una propietat de l'ull, en concret de la retina. Maxwell va fer tres fotografies en blanc i negre filtrades cada una per un dels tres colors primaris i alhora de sobreposar-les va veure la imatge en color.



Imatge 5. Primera fotografia en color (https://es.wikipedia.org/wiki/Fotograf%C3%ADa_en_color)

1888. Es va comercialitzar la primera càmera de fotografiar **Kodak**. L'inventor americà George Eastman va fundar l'empresa Eastman Kodak Corporation i el primer model consistia en una caixa de fusta recoberta de pell, un objectiu i un obturador i anava amb rotlles de pel·lícula fotogràfica de nitrocel·lulosa de 100 fotografies. Un cop acabades, s'havia d'anar a la botiga per tal de que les processessin.

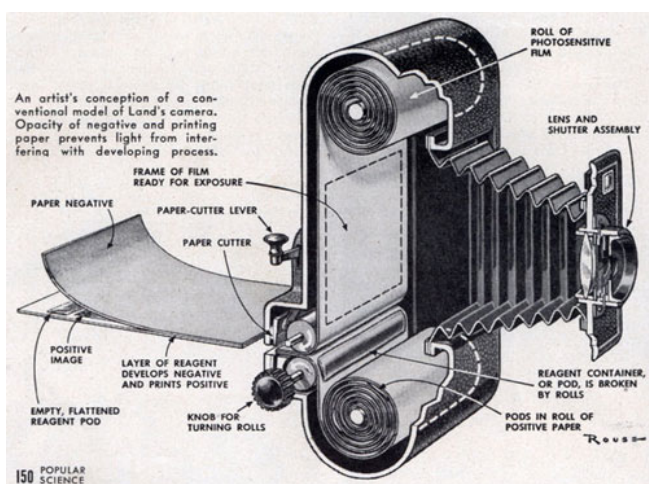
1914. Durant la Primera Guerra Mundial, l'empresa Kodak va treure al mercat la càmera **Vest Pocket**. Era una càmera compacta que permetia fer vuit fotografies de 4'5 x 6 cm i a més a més es podia gravar petites notes de text en la imatge.

1923. Es va presentar la càmera **Leica**, la primera a fer servir una pel·lícula de 35 mm. Era també la primera càmera que permetia ampliar la imatge fins als 24 x 36 mm ja que tenia un objectiu de 50 mm. Aquesta és la mida perfecte si es té com a referència la visió humana perquè és el que realment avarca el nostre camp de visió.

1936. Va aparèixer la primera càmera **Reflex SLR** (Single Lens Reflex) de 35 mm, els mm es refereixen a l'amplada de la pel·lícula fotogràfica. El fet que els va donar tant prestigi va ser que es van reduir els formats i que era una càmera d'ús àgil.

1940. Es va incorporar a partir de connexions el sistema de **flaix**. Va marcar una gran diferència ja que aleshores fer fotografies amb poca llum deixava d'estar a l'abast de professionals.

1947. Es va desenvolupar el **sistema Polaroid**. Edwin Land, un físic americà, va crear un filtre polaritzat que eliminava els reflexes de les lents de la càmera. Va ser la primera màquina que després de capturar la imatge s'efectuava el seu revelat de manera immediata. Als primers models, les imatges resultants tenien un color sèpia però a partir del 1963 van adquirir color. Aquest sistema va tenir un gran èxit que en l'actualitat torna a sorgir.



Imatge 6. Primer prototip de la càmera Polaroid (<http://www.salesdeplata.com/polaroid-un-hito-de-la-fotografia/>)

1959. L'empresa japonesa Nikon va llençar un model que va tenir molt ressò, la **Nikon F**. Aquesta era una càmera SLR que permetia canviar la pantalla per enfocar i els prismes interns, també tenia un botó amb el qual es podia previsualitzar la profunditat de camp i diferents tipus de sincronització de flaixos. Va ser la primera càmera en tenir un visor que mostrava el 100% de la imatge i amb aquestes modificacions es va aconseguir que fos la principal càmera dels periodistes, sobretot durant la guerra del Vietnam.

1975. Un enginyer de l'empresa Kodak, Steve Sasson, va inventar la primera **càmera digital** a partir de una càmera Super 8, una gravadora de casset i un sensor CCD (Charged-Coupled Device), un dispositiu de càrrega acoblat que permet generar imatges digitalitzades. El fet que no es consideri com la primera

càmera digital és perquè no es va comercialitzar. La que es coneix com a primera càmera digital és la Fuji DS-1P.

1981. La marca japonesa Sony va presentar la **Sony Mavica** amb la qual volia substituir l'ús de la pel·lícula fotogràfica per sensors fotoelèctrics. Era una càmera analògica amb sistemes elèctrics que capturaven i emmagatzemaven la imatge de forma magnètica per després poder-la processar digitalment. A més a més tenia un sistema reflex d'una sola lent amb lents intercanviables. Se la considera com la pionera en fotografia de l'era digital.

1988. La **Fuji DS-1P** va ser la primera càmera digital que es va comercialitzar. Tenia un emmagatzematge intern potent i una targeta de memòria interna de 16 MB. Aquesta càmera tenia la capacitat de registrar imatges amb un format determinat perquè es poguessin obrir des d'un ordinador.



Imatge 7. Primera càmera digital (<http://www.fujifilm.com/innovation/achievements/ds-1p/>)

1995. Casio, una multinacional fundada al 1946, va treure al mercat la primera càmera amb pantalla LCD de vidre de 1'8 polzades, la **Casio QV-10**. Era de vidre líquid per la part posterior i va ser un èxit de vendes gràcies a la pantalla, tot i així era una càmera amb poca resolució.

1999. Va aparèixer la **Nikon D1**, la primera càmera DSLR digital que podia substituir definitivament les càmeres analògiques de 35 mm especialment en l'ús professional. Tenia una pantalla de 2'7 polzades i un mode de ràfega de 4'5 imatges/segon.

2013. La **Sony Cyber-Shot DSC WX300** va ser una càmera compacta de 1.80 megapíxels de pantalla, amb una bateria de llarga durada i amb un zoom òptic de 20x. També va ser la primera càmera en incorporar Wi-Fi.

4. Diversitat de càmeres

Pel què fa a la les càmeres digitals, es pot trobar:

Les més bàsiques són les **càmeres compactes**, són unes càmeres petites ideals per viatjar ja que no és necessari cap complement. Tenen un objectiu que no es pot desmuntar i alhora d'enquadrar la imatge, com que no tenen visor es fa a través de la pantalla. El seu ús sol ser per aficionats ja que la seva qualitat de imatge és mínima, entre 2 i 3 megapíxels de resolució, i el format més utilitzat és JPEG (Join Photographic Experts Group).

Les **càmeres de gamma mitja** són les més ergonòmiques, és a dir que el seu disseny permet un fàcil maneig. Igual que en les càmeres compactes s'ha d'enquadrar a través de la pantalla i la seva resolució és de 3 megapíxels. Tot i que algunes poden tenir sistema reflex, el seu objectiu no és intercanviable però si que s'hi poden afegir lents. Dins de les de gamma mitja, es troben les **càmeres bridge**. Una de les modificacions respecte a les compactes és que el sensor és de major qualitat cosa que ajuda a augmentar la nitidesa i la qualitat de les imatges ja que es pot ampliar sense perdre qualitat. L'objectiu d'aquestes càmeres no és intercanviable i tampoc es pot treure però és molt versàtil.

Com a ús professional es troben les **càmeres d'objectiu intercanviable** que tenen un preu més elevat. Es fan servir per oficis on es requereix una alta qualitat en les fotografies com per exemple fotoperiodisme o publicitat. Tenen molt bona resolució i també molta adaptabilitat. Pel que fa a l'enquadrament, es fa servir el visor ja que moltes càmeres no tenen pantalla LCD (Liquid Crystal Display). Presenten la característica de poder disparar molts fotogrames per segon, de triar entre diferents ISO (International Standards Organization) i també accepten diferents formats d'imatge.

Per últim, hi ha les **càmeres amb suports digitals o càmeres de captura lineal**. El que diferencia aquestes càmeres és que permet substituir la pel·lícula fotogràfica per un sensor que fa una lectura lineal de la imatge que permet augmentar la qualitat i la resolució a 38 o més megapíxels.

La **càmera reflex digital, DSLR** (Digital Single Lens Reflex), és un tipus de sistema que consta d'un joc de miralls que reflecteixen la llum des de les lents fins al visor o fins l'obturador segons la posició dels miralls.

Una de les seves característiques és la velocitat de l'obturador que sol ser més ràpida del normal i això permet una millor qualitat de la imatge ja que és poc probable que surti moguda.

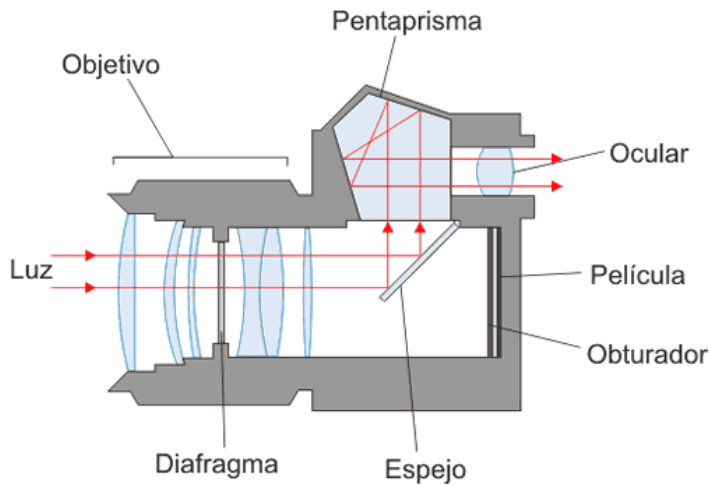
Les **càmeres de mig format** superen a les DSLR pel seu sensor, com més gran és el sensor major és la seva qualitat. El seu ús és més professional i tècnic com per exemple en termes científics ja que permeten fer ampliacions molt grans sense perdre qualitat.

Les càmeres analògiques són aquelles que es necessita la intervenció de productes químics perquè resulti la imatge, tant per revelar-la com en la capa de la pel·lícula que fa que sigui fotosensible.

En aquest camp es pot trobar la **càmera de gran format** o de **banc òptic**. Aquestes càmeres presenten una gran flexibilitat alhora de capturar la imatge ja que es pot desplegar o no el cos de la càmera i així aconseguir diferents punts de vista. Aquesta flexibilitat i mobilitat es pot dividir en dos. Si el moviment és de basculació, vol dir que és de dalt cap a baix o a l'inversa, s'utilitza per enfocar el primer pla o el fons sense la necessitat de modificar gaire el diafragma. En canvi, si el moviment és de descentrament, d'esquerra a dreta o al revés, per exemple s'utilitza per fotografiar superfícies reflectants sense que el fotògraf es vegi.

Dins el sistema reflex també hi ha les càmeres reflex analògiques, les **SLR** (Single Lens Reflex). Tenen el mateix mecanisme que les digitals degut al seu sistema intern.

5. Parts de la càmera digital amb sistema r flex



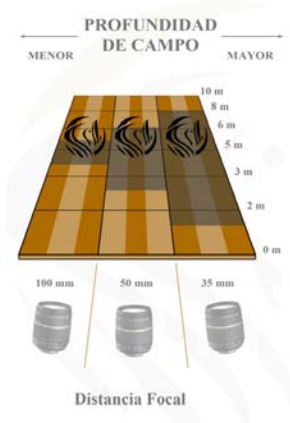
Imatge 8. Parts d'una càmera digital (<https://www.textoscientificos.com/fotografia/camara>)

Començant per la part frontal, la primera part que es troba és l'objectiu.

L'objectiu és un conjunt de lents convergents i divergents que capten els raigs de llum que emet l'objecte i forma una imatge que es pot veure des del visor. El diafragma és una altre part de l'objectiu i  s un conjunt de plaques que regulen la quantitat de llum que travessa el sistema òptic de la càmera. Aquestes plaques poden estar m s obertes, i per tant fer un cercle més gran o m s tancades i fer un cercle més petit. La mida del cercle es mesura amb el número f que és el diàmetre d'obertura de l'objectiu. Com més gran és el número menys llum pot entrar, el que vol dir que el cercle  s més tancat, i a l'inrevés. A més a més el diafragma també s'encarrega de regular la profunditat de camp. Aquesta és la distància que defineix els límits en un espai on els objectes situats dins el nostre camp de visi o estan simultàniament enfocats. La profunditat depèn de quatre factors:

- La distància entre l'objecte i la càmera. Com menys distància, la profunditat de camp i per tant la zona nítida serà menor, aquest cas seria interessant si es volgués desenfocar el fons.

- La distància focal, és la distància que hi ha entre la lent, i per tant on per efectes de refracció canvia la direcció dels raigs, i el focus que és el punt on s'ajunten els feixos de llum un cop han travessat la lent. La refracció fa que els raigs canviïn de direcció quan travessen una altra superfície. Per tant, com més distància focal menys gran serà la profunditat de camp.



Imatge 9. Distància focal (<http://foto321.com/blog/tutoriales/como-usar-apertura-y-profundidad-campo/>)

- El número f, és directament proporcional a la profunditat. Com més gran és el número f i conseqüentment el diafragma més tancat, més gran serà la distància focal ja que un diafragma més petit fa que el forat pel qual passa la llum sigui més petit i així s'ampliï a la zona nítida.



Imatge 10. Relació número f i diafragma amb profunditat de camp (<https://www.emaze.com/@AZFZFTCL>)

- La mida del sensor. Igual que la distància focal també és inversament proporcional a la profunditat ja que com més gran sigui el sensor més reduït serà la profunditat de camp.

La següent part és l'obturador. L'obturador és un aparell que controla el temps d'exposició a la llum de la superfície fotosensible. Sempre és accionat pel disparador, que és el botó que es prem quan volem fer la fotografia. Amb l'obturador es poden captar imatges molt diverses i un clar exemple es troba al cabdal d'un riu. Si el temps d'exposició és curt el disparament serà més ràpid i la imatge es congelarà. En el cas de l'aigua, el riu es veurà com si paressis el temps. Al costat oposat, si el temps d'exposició és llarg, es crearà un efecte més fluid i a la imatge es veurà la trajectòria del moviment del cos. Al cas de l'aigua es veuria amb un efecte seda.



Imatge 11. Sensació seda i aigua congelada (<http://scottshawphotography.com/?p=326>)

L'obturador es pot classificar en dos tipus: el central i el focal.

L'obturador central, o també anomenat d'iris, és el que s'utilitza en les càmeres amb sistema reflex no digitals, SLR, i està format per un diafragma que conté unes làmines que augmenten o disminueixen el cercle per tal de que entri més o menys llum i el temps d'exposició va des d'un segon fins a mil·lèsimes de segon.

Aquest format permet fer exposicions en dos temps, el primer és quan l'obturador obre el canal i el segon és per tancar-lo.

L'altre tipus és el focal o de cortina i consta de dues làmines col·locades de forma paral·lela que poden tapar la llum si es despleguen o poden deixar passar la llum si es pleguen. L'obturador regula el temps que estan separades les dues làmines i també pot regular la separació d'aquestes dues. Aquest temps sol estar entre un segon i una quatremil·lèssima part de segon. L'obturador focal és el que s'utilitza per les càmeres TLR (Twin Lens Reflex). La peculiaritat d'aquestes càmeres és que tenen dos objectius però un d'ells fa la funció de visor ja que no té diafragma.

Es pot relacionar el diafragma amb l'obturador ja que com menys temps regulat per l'obturador més petit és el número f i per tant, hi pot entrar més llum. A mesura que el temps va augmentant la f es fa més gran i la quantitat de llum disminueix.

En conclusió es pot dir que l'obertura del diafragma és la part de la càmera que delimita la profunditat de camp; el temps d'exposició, que depèn de l'obturador, pot donar una imatge amb sensació de moviment o pel contrari una imatge estàtica i, per últim, la sensibilitat és el que ajuda a equilibrar l'exposició actuant directament en la quantitat de llum que capta el sensor.

L'anell d'enfocament és un sistema manual per poder enfocar bé l'objecte que vols fotografiar, i les càmeres de sistema reflex tot i ser digitals també incorporen aquesta opció.

El zoom és un altre element que ens permet ajustar més la imatge real al que vols capturar. Podem trobar dos tipus de zoom, l'òptic i el digital. El zoom òptic es fa servir en les càmeres DSLR i ens permet apropar una imatge mantenint la seva qualitat a diferència del zoom digital amb el qual perdem qualitat ja que amplia la imatge un cop feta la fotografia.

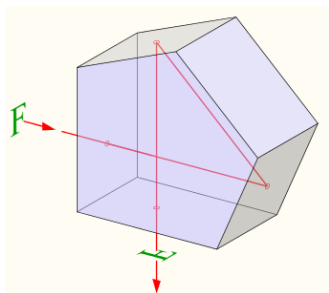
Els raigs travessen l'obturador i el diafragma i xoquen contra un mirall retràctil amb un angle d'inclinació d'uns 45° . El fet que estigui a 45° fa que els raigs horitzontals provinents de l'objecte d'interès, al reflectir-se amb el mirall, passin a ser verticals i així els podem veure pel visor.

Quan els raigs xoquen amb una altra superfície, en aquets cas el mirall pla, es divideixen en dos. Hi ha una part del raig incident, el provinent de l'objecte d'interès, que es reflecta i per tant surt amb el mateix angle que l'incident però en sentit i direcció contraris. L'altre part del raig incident es refracta, això vol dir que

travessa el medi, travessa el mirall, i el seu angle ja no és el mateix que l'angle d'incidència. L'angle de refracció depèn de l'índex de refracció dels dos medis que en el cas de l'aire és 1.

Els raigs refractats van a parar al pentaprisma, un prisma de cinc cares que la seva funció és desviar els raigs incidents en un angle de 90° . Els raigs incidents es refracten dues vegades, en condicions normals els raigs que incideixen en un prisma comú en solen refractar dues o més vegades. De les cinc cares que té aquest prisma només dues són útils per la reflexió dels raigs, aquestes estan revestides amb una pel·lícula que fa l'efecte mirall. N'hi ha una que no s'usa en la reflexió en concret però sí que és útil ja que uneix les dues cares reflexives i, així, s'eviten altres angles que no ens donarien una imatge final. I les dues restants estan envoltades per una pel·lícula antirefractant¹ i són aquelles que travessa el raig.

Del pentaprisma passen al visor i aquella imatge que veiem serà la mateixa que sortirà a la nostra fotografia. També es pot veure la imatge a través de la pantalla LCD, que ens pot donar informació sobre el zoom, el flaix, el format de la fotografia...



Imatge 8. Pentaprisme (<https://en.wikipedia.org/wiki/Pentaprism>)

Just abans del sensor hi ha un obturador que impedeix que la llum arribi a la part fotosensible si es vol canviar l'objectiu.

La part fotosensible de la càmera es troba darrere el mirall retràtil i és el sensor. En el cas de les càmeres analògiques, el sensor es substituiria per la pel·lícula fotogràfica o carret. Aquest material sensible està format per acetat de cel·lulosa o plàstic i recobert per una capa d'emulsió fotogràfica, està compostat de gelatina i bromur de plata que és el que realment fa que sigui sensible a la llum. Si la

pel·lícula obté la imatge en blanc i negre, només tindrà una capa, en canvi, si la pel·lícula permet captar els colors, estarà recoberta per tres capes d'emulsió.

El sensor està formada per cel·les fotosensibles o píxels que capten la llum que els hi arriba i l'analitzen, estan formades per un fotodíode² i l'electrònica corresponent de cada càmera. Cada cel·la és capaç de detectar la intensitat de llum que els hi arriba però no el color i per tal de captar-lo s'utilitzen filtres que divideixen la llum en verd, blau i vermell. Hi ha diferents filtres i un dels més utilitzats és el mosaic de Bayer.

El mosaic de Bayer està constituït per un 50% de filtres verds i un 25% de blaus i vermells que es situen sobre els fotodíodes de les cel·les fotosensibles i capten la lluminositat corresponent a cada secció. Quan s'ajunta la informació de quatre fotodíodes es forma un píxel de color. El fet que hi hagi més quantitat de filtres verds és perquè l'ull de l'ésser humà és més sensible a aquest color.

Els fotodíodes tenen la funció de convertir els fotons en electrons.

Quan s'acciona l'obturador, cada fotodíode de les cel·les transforma la llum en electricitat i l'emmagatzema, com menys quantitat d'electrons més fosca serà aquella part de la imatge i com més quantitat més blanca serà. A cada cel·la se li assigna un numero depenen de la quantitat d'electrons i un cop finalitzat el processador fa un fitxer que queda guardat a la targeta de memòria.

¹ Que no es refracta.

² Díode sensible a la llum, de manera que en incidir-hi aquesta es produeix un augment notable del corrent invers. gairebé nul en l'obscuritat.

6. Comparació ull-càmera

Parts de l'ull	Parts de la càmera	Raonament
Globus ocular	Càmera fotogràfica	Fan de carcassa que protegeix les altres peces.
Còrnia i cristal·lí	Lents de l'objectiu	Fan que el raig de llum incident s'enfoqui en un sol punt.
Pupila	Diafragma	El seu moviment és de tancar i obrir per regular la quantitat de llum.
Cristal·lí	Zoom òptic	Amb mecanismes diferents aconseguixen apropar la imatge.
Retina	Pel·lícula fotogràfica	La seva funció és fixar la imatge ja definida.
Parpella	Tapa	Protegeixen les capes més externes.
Nervi òptic	Cable que connecta amb la targeta	Fan de transmissors de la imatge.
Cons i bastons	Píxels	Capten els estímuls de llum.
Coroide	Cambra fosca	Permeten que altres raigs de llum no modifiquin la imatge.
Cervell	Targeta	Codifiquen la informació per formar la imatge.

7. Diferències entre l'ull i la càmera digital

Una de les principals diferències que hi ha entre la imatge formada per un ull i per una càmera és que amb l'ull, concretament amb el cervell, creem una imatge tridimensional del que veiem i en canvi amb una càmera la imatge que capturem és bidimensional.

La fotografia permet ensenyar-nos imatges que a simple vista no podem veure com és el cas de les fotografies en moviment. Per exemple, amb una càmera es pot captar la trajectòria que fa un cotxe quan es mou a gran velocitat, a diferència de l'ull que veiem la seqüència seguida de les imatges. Per altra banda, l'ull té dos punts de vista, tot i que no variïn gaire ja que tenim els dos ulls un al costat de l'altre però la càmera només pot comprendre un únic punt de vista.

En referència al temps d'exposició, la càmera permet fer exposicions molt més llargues que l'ull ja que aquest òrgan necessita parpellejar per evitar que s'assequi la còrnia.

La sensibilitat ISO de l'ull, igual que de la càmera, varia segons la quantitat de llum d'on es trobi. El que diferencia l'òrgan de la màquina és que el contrast que capta un ull supera amb gran diferència al d'una càmera.

Altres diferències poden ser la quantitat de colors que percebem a través de l'ull que és quasi il·limitada i en canvi amb una càmera fotogràfica la percepció dels colors depèn de la configuració d'aquesta la qual cosa vol dir que és limitada.

Amb relació al paràgraf anterior, l'ull humà té un grau de contrast molt superior al d'una càmera ja sigui analògica o digital.

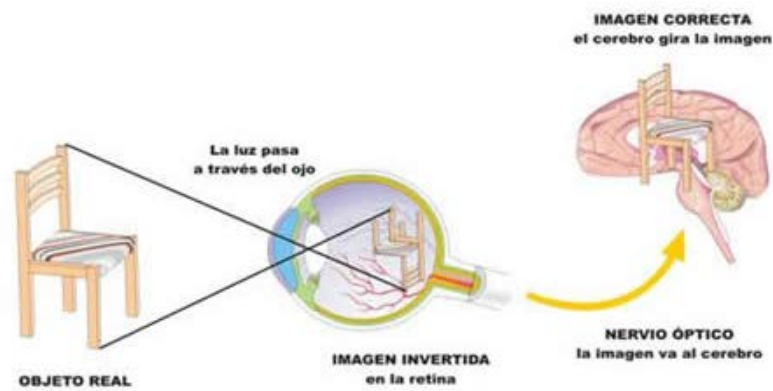
I per últim el sensor de l'ull és la retina. La retina es pot comparar amb un sensor electrònic de cents de megapíxels, tot i així el nostre cervell només processa una part de la imatge que l'ull captura a diferència de la càmera que pot capturar i analitzar molta més informació.

8. Com es forma la imatge

A l'ull trobem dues estructures que fan la funció de lent. A la part més exterior es troba la còrnia, aquesta és una lent del tipus menisc. La lent està formada per una part convexa i una còncava que estan en contacte respectivament amb la capa llagrimonial precornial i l'humor aquós que la separa de l'iris. El seu grau de curvatura és de 6.5 mm, el que és el mateix que $6'5 \times 10^{-3}$ diòptries, en el cas de la part còncava i de 7.8 mm o $7'8 \times 10^{-3}$ diòptries en el cas de la part convexa. Aquesta lent és de gran importància per diversos motius, un d'ells és que la seva paret ha de ser completament uniforme per tal d'assegurar una transmissió i refracció de la llum precisa. L'altre característica que la fa important és la seva transparència. Això és degut a la disposició uniforme de les làmines de col·làgen que es troben a l'estroma i, que la superfície sigui llisa, també ajuda. Per altre banda el balanç de fluids dins la lent ha de ser estable ja que l'accés de líquids provoca que la lent s'infla i com a conseqüència la pèrdua de la visió.

L'altre estructura és el cristal·lí que forma una lent biconvexa, aquesta lent forma part del grup de les convergents (igual que el menisc de la còrnia) i per tant vol dir que tenen el centre més gruixut i els extrems més primers per concentrar al focus de la imatge tots els raigs paral·lels al raig de llum principal.

La llum entra per la còrnia i el cristal·lí i s'adequa a la distància de l'objecte per tal de que s'enfoqui, després es refracta a la retina, concretament a la màcula, i s'activen les cèl·lules sensorials que són els cons i els bastons que permeten transformar la llum en colors i després en impulsos nerviosos. La imatge refractada al fons de la retina està invertida. Els impulsos es transmeten al cervell mitjançant el nervi òptic i un cop al cervell, es processa la informació i és quan es transforma el mecanisme físic de mirar en la sensació i elaboració mental que és veure.



Imatge 9. Formació de la imatge a l'ull

(http://www.ite.educacion.es/formacion/materiales/129/cd/unidad_1/mo1_mecanismo_de_la_vision.htm)

En el cas de la visió, es pot decidir en què fixar l'atenció i així es desenfoca el voltant, és per aquest motiu que no sempre veiem la realitat igual que una fotografia.

La càmera fa servir la tècnica de la fotografia que permet captar i guardar imatges d'una forma permanent.

En la càmera fotogràfica digital la forma d'obtenir les imatges és la següent:

La llum entra per l'objectiu amb l'obertura adequada que ja s'ha modificat amb el diafragma. Els raigs arriben a la part sensible, el sensor, on hi ha les cèl·lules fotoreceptores que li permeten captar els colors. Cada fotoreceptor és estimulat per el fragment del raig lluminós corresponent i converteix la llum en un senyal elèctric. Aquest senyal elèctric passa a ser un senyal en dígit binari, formats per 0 i 1, gràcies al convertidor. Els números binaris es representen com a píxels que al enviar-los a la targeta, acaben formant una imatge uniforme.

Pel què fa a la càmera analògica, els feixos de llum entren per l'objectiu, igual que en la digital, i es projecten a la pel·lícula que tant pot ser en color o en blanc i negre. La imatge queda gravada a la superfície fotosensible, el contacte que es produeix entre la llum i la pel·lícula s'anomena formació de la imatge latent i provoca uns canvis químics en l'emulsió. La imatge latent és una imatge invisible que es pot veure mitjançant el procés del revelat. Abans de començar a revelar, però, s'ha treure el carret de la càmera rebobinant-lo mitjançant una maneta ja que si la llum de l'exterior incidís sobre la pel·lícula, les fotografies podrien cremar-se i la llum faria que la pel·lícula es tornés completament negra en la qual no s'hi podria distingir la imatge.

El fet que la nostra imatge es formi a l'inrevés dins la retina és perquè el cristal·lí és una lent biconvexa i en la gran majoria dels seus casos la imatge que es forma es refracta de manera invertida. En la fotografia passa el mateix i la imatge que rep en un primer moment la pel·lícula fotogràfica és invertida. En les càmeres digitals, el seu software ja gira la imatge per tal de que es pugui veure dreta i en les càmeres analògiques un cop impresa la imatge es pot girar per veure-la del dret.

9. Revelatge de fotografies analògiques

El revelat és una sèrie de passos que fan que una imatge latent sigui visible. La quantitat de passos pot variar segons el tipus de pel·lícula o la superfície on es vol plasmar.

El primer pas del revelatge de negatius és introduir els carrets en un tanc revelador. Aquest instrument consta d'un envàs circular, una obertura superior a part de la rosca per on s'introdueixen els espirals i ha dins hi ha un o dos, depenent del model, espirals per enrotllar-hi les pel·lícules. Tot aquest procés s'ha de fer a les fosques per tal que no es modifiqui la imatge.

Un cop hi ha el material fotosensible dins del tanc, es destapa la primera obertura del recipient que permet que hi entrin els líquids però no la llum. Es posa el tanc sota aigua corrent a la mateixa temperatura que el revelador durant uns minuts, aquest temps dependrà de la marca de la pel·lícula. Aquest pas no és necessari però sí que és aconsellable ja que ajuda a que marxin totes les impureses com per exemple la pols i, el més important, que la gelatina de l'emulsió s'infla i els líquids químics posteriors puguin actuar millor.

Abans de posar la primera substància química, s'ha de buidar tota l'aigua del tanc. El primer químic és el revelador. La característica d'aquest reactiu és que s'ha de mantenir a una temperatura constant de 20°C. Un cop introduït, s'ha de remenar lleugerament per tal de no crear bombolles i perquè tota la pel·lícula quedi impregnada, també s'ha de deixar reposar el temps que indiqui l'embolcall de la pel·lícula. Aquest procés de remenar s'ha de fer amb tots els líquids que s'hi incorporen. El revelador converteix la imatge latent en partícules de plata metàl·lica, ja que el bromur de plata que forma l'emulsió quan entra en contacte amb la llum es descompon en partícules de plata metàl·lica i el revelador ajuda a acabar de crear-les.

Si es vol obtenir un revelat més intens, amb més contrast, s'ha d'augmentar la temperatura del líquid, fer una dissolució amb més concentració de revelador i també remenar-ho de forma més intensa.



Imatge 10. Revelat d'un carret fotogràfic

(http://www.difo.uah.es/curso/el_revelado_del_negativo.html)

El segon pas és retirar el revelador i introduir-hi el bany d'aturada:

És una dissolució d'àcid acètic i àcid cítric que atura l'acció del revelador. Sinó, també es pot fer un esbandit amb aigua.

Aquest pas és important ja que el revelador és una substància alcalina i en canvi el fixador és molt àcid. Per tant, el canvi de pH s'ha de regular per tal que s'aturi l'acció del revelador i, a més a més, també ajuda a que el fixador no es gasti tant ràpid ja que també és una substància àcida. S'ha de retirar la substància química abans d'incorporar-hi la següent.

El tercer pas, és fixar la imatge en un bany de líquid fixador. Aquest líquid, com el seu nom indica, fa que la imatge quedi permanent i que el contacte amb la llum no la faci variar. El procés de fixació de la imatge es fa després del bany d'aturada, quan el negatiu té parts on hi ha la plata metàl·lica negra i parts on hi ha les sals de plata blanca. Si no s'incorporés aquest líquid, les zones blanques s'acabarien enfosquant al llarg del temps i per tant la imatge ja no seria la mateixa i aquestes zones impedirien el positivat, procés de passar els negatius a positius sobre una superfície. El temps d'exposició al líquid no ha de superar els 20 min perquè sinó les imatges es debilitarien.

Per últim, un cop s'ha retirat el fixador s'aplica l'humectant que endureix la pel·lícula. Així s'aconsegueix que quan es renti, l'aigua marxi més fàcilment i que les gotes no puguin perjudicar el resultat final.

Quan s'ha finalitzat la intervenció dels químics, s'ha d'assecar les pel·lícules. Es treuen del tanc, es pengen d'un extrem amb pinces i es posen un lloc que no hi

toqui l'aire per tal que no hi hagi pols. La temperatura de l'habitació no ha de ser molt alta i normalment tarda entre un i dos quarts d'hora.

El cas de les fotografies instantànies és similar.

Una càmera instantània té la característica que revela les fotos al moment fent que sigui molt més fàcil ja que el mateix carret fa la funció de paper.

Primer el paper fotosensible s'exposa a la llum quan s'acciona l'obturador i es captura la imatge. El paper fotogràfic té incorporats els líquids químics en un dels marges amples i quan la càmera ha d'expulsar la fotografia, el paper passa per uns rotllets que fan que s'escampin els líquids i es vegi la imatge.



Imatge 11. Fotografia instantània en blanc i negre (<http://www.blogdelfotografo.com/polaroid-fotos-verdad/>)

10. Percepció dels colors

El color és la interpretació que fa el cervell d'un determinat to de llum quan rep els impulsos nerviosos produïts pels fotoreceptors de la retina. Cada color té una longitud d'ona diferent que va des del violat, amb 400 nm (nanòmetres), fins al vermell amb 750 nm i de fet és aquesta longitud el que fa que el cervell interpreti un color o un altre. Aquest rang de longituds d'ona es defineix com la llum o espectre visible de les radiacions electromagnètiques. Per tant, el color que percebem dels objectes és la longitud d'ona que rebota i totes les altres són les que s'absorbeixen.

A més a més, la llum té unes determinades característiques que depenen de l'espai i el temps, són el to; la saturació i la lluminositat.

El to és la propietat que ens indica quin color és mesurant si la seva longitud d'ona s'assembla més a la vermella, a la blava o a la groga, als colors primaris. La saturació es refereix a la puresa del color. Permet separar les diferents tonalitats, des de la tonalitat més grisenca fins al color pur.

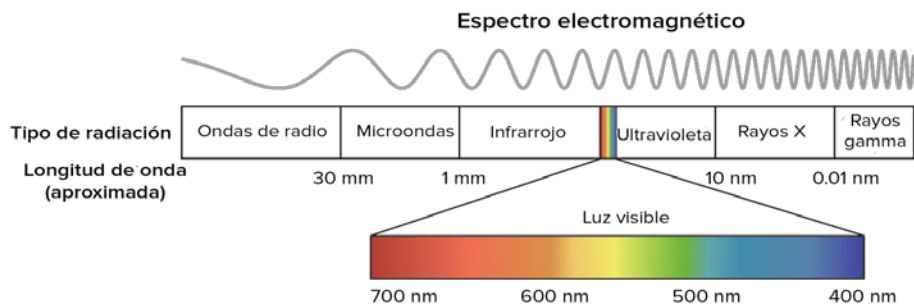
I per últim, la lluminositat és la relació entre un color que ha estat format per un to i una saturació concrets i el seu equivalent en una escala de grisos.

Els humans tenim una visió tricromàtica. Això es refereix al fet que els nostres cons estan especialitzats en captar tres colors: el vermell, el verd i el blau. Aquests són els colors primaris i si es barregen es poden obtenir totes les diferents tonalitats.

Els cons que capten les radiacions del vermell i dels colors amb longituds d'ona similars es diuen cons L ja que són les ones més llargues, de 650 nm. Fan servir el fotoreceptor entropsina perquè és el que distingeix el color vermell.

Els cons M són els de longituds d'ona mitjana que corresponen al verd i a les seves variants. Tenen el fotopigment cloropsina i capten longituds de 530 nm.

Les radiacions dels diferents blaus són captades per els cons S amb el fotopigment cianopsina, les longituds d'ona són de 430 nm i per tant les més petites.



Imatge 12. Espectre electromagnètic (<https://es.khanacademy.org/science/biology/photosynthesis-in-plants/the-light-dependent-reactions-of-photosynthesis/a/light-and-photosynthetic-pigments>)

Hi ha algunes malalties que no et permeten veure bé els colors:

Daltonisme. Aquesta anomalia es diu així pel químic John Dalton i és una disfunció de la visió que es caracteritza per la incapacitat de percebre un o dos colors, solen ser el vermell i el verd, i engloba la confusió de determinats tons de verd i vermell fins a la no distinció d'aquests. Hi ha diferents variants d'aquesta malaltia i en una d'elles es veu en blanc i negre.

Les principals causes són:

- Falta d'un fopigment, no es diferencien el verd i el vermell; si en falten dos, la dificultat està en diferenciar el blau i el groc però també sol ser difícil diferenciar el verd i el vermell.
- Herència. El daltonisme està associat a l'al·lel recessiu del cromosoma X, per tant, com que els homes només tenen un cromosoma X, si el seu al·lel està afectat seran daltònics a diferència de les dones que només si els seus dos cromosomes X estan afectats tindran la malaltia.
- Drogues com el Plaquenil, que són pastilles d'hidroxicloroquina que s'utilitzen per tractar l'artitis reumatoide, fan que la persona comenci a ser daltònica.

Discromatopsia. D'aquesta malaltia se'n poden distingir quatre variants:

- Protanopia, és quan causa ceguera davant el color vermell.
- Deuteranopia, és quan no es veu el color verd.
- Tritanopia, causa ceguera davant el color blau.
- Acromatopsia que és quan no es perceben els colors verd, blau, blanc i rosa.

En el cas de les càmeres fotogràfiques, es pot dividir entre càmeres digitals i analògiques.

Càmera digital:

Primerament es pot dir que les càmeres no saben distingir els colors, el que fan és deduir-los a partir d'una referència i aquesta és l'espai de color que incorpora cada fabricant als models de càmeres. Un espai de color és la gama de colors que una càmera pot identificar i per el qual es pot moure.

Els colors varien segons la llum que els il·lumina. En els cas de l'ull, fem una correcció automàtica dels tons segons la memòria. Per exemple si veiem un objecte vermell il·luminat amb una bombeta de llum càlida i el mateix objecte il·luminat per un fluorescent, veurem un to de vermell igual o pràcticament idèntic ja que sabem que és el mateix objecte. En canvi, la càmera capta aquesta variació de la llum.

En el cas de la càmera digital, el color real d'un objecte es transforma en una combinació de verd, vermell i blau que ha de ser adaptada al medi en què veiem la imatge, des d'una pantalla d'ordinador fins a una impressió amb paper fotogràfic. Per tant, el color que capta una càmera depèn de la llum de l'entorn i de la gama de color que pot captar un determinat model.

Càmera analògica:

Tal i com s'ha esmentat abans, la càmera analògica fa servir pel·lícules fotogràfiques en comptes de sensors. De pel·lícules se'n pot trobar diversos tipus segons el resultat posterior que se'n espera.

La principal distinció es fa entre els negatius i les diapositives. Els negatius són les pel·lícules que es fan servir per poder plasmar el positiu al paper. Aquelles parts de la imatge on hi ha tocat la llum es veuran fosques i les que no hi ha incidit la llum seran transparents. Un cop la imatge es revela, la imatge amb els tons invertits queda com la realitat.

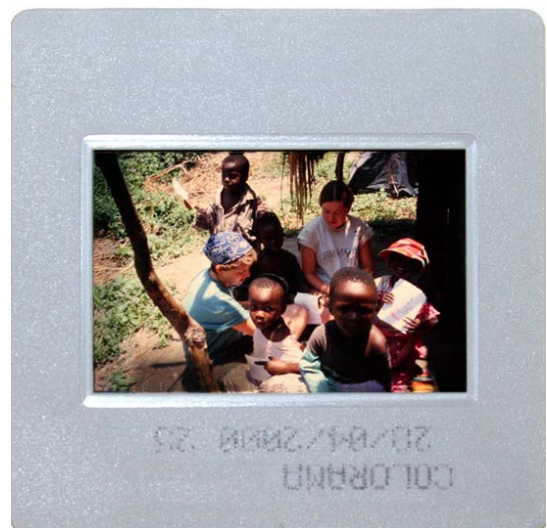
En canvi, les diapositives són imatges positives, amb els colors igual que a la realitat i que estan dins un suport de plàstic per tal de visualitzar-les amb un projector.

En les diapositives en blanc i negre la pel·lícula capta blancs i grisos clars per les llums i negres o grisos foscs per les ombres i les zones més opaques.

En les diapositives en color obtenen les mateixes tonalitats que la imatge.

Els negatius en blanc i negre funcionen captant en tons de gris clar o blanc les parts de la imatge que no hi incideix la llum com per exemple les ombres i les parts opaques, i aquelles zones on hi toca la llum són captades amb tonalitats de gris fosques o negre. Hi ha dos tipus de negatius en blanc i negre: els pancromàtics són els que capten totes les tonalitats de dins l'espectre visible, i els ortocromàtics que capten totes les radiacions menys la del vermell i les seves diferents tonalitats. Un cop s'han de revelar, les pancromàtiques s'ha de fer a les fosques a diferència de les ortocromàtiques que es pot fer amb llum vermell.

Pel què fa als negatius en color, com que s'inverteixen les tonalitats, els colors que es capten són els complementaris dels de la realitat.



Imatge 13. Diapositiva en color
(<https://es.wikipedia.org/wiki/Diapositiva>)



Imatge 14. Negatius en blanc i negre. (<https://fotografodigital.com/equipo/un-escaner-par-digitalitzar-diapositivas-y-negativos-de-35-mm-y-otros-formatos/>)

11. Percepció de la distància

L'ull humà és capaç de percebre les distàncies gràcies a dos factors: la convergència ocular i la disparitat retinal.

- La convergència es refereix al fet que els ulls uneixen el focus d'atenció quan estan mirant alguna cosa propera, però també es poden unir quan es mira una cosa no molt llunyana. Un clar exemple és que quan es mira la punta del nas s'ajunten els ulls.
- La disparitat retinal és la diferència entre els dos punts de vista dels nostres ulls. Quan el cervell rep les dues imatges les fusiona per crear-ne una amb tres dimensions.

Tot i això, si la visió d'un dels dos òrgans no funciona, no es pot veure amb 3D però sí que es poden percebre les distàncies dels objectes a partir de la seva mida.

Pel que fa a les càmeres, la percepció de les distàncies té a veure amb la profunditat de camp. Hi ha quatre factors que la poden modificar: la distància entre l'objecte i la càmera, si hi ha menys distància la profunditat de camp serà menor; la distància focal és la distància entre el focus que és el punt posterior de la lent on s'ajunten els raigs i la lent; el número f o el diafragma, com més tancat el diafragma més gran serà el número f i més profunditat de camp. I per últim, la mida del sensor que és inversament proporcional.

12. Part experimental

12.1 Dissecció d'un ull de be

Objectiu:

Comprendre i saber distingir més bé les parts de l'ull a través de disseccionar un ull de be ja que té les mateixes parts que un ull humà.

Material:

- 2 ulls de be sense tractar
- 1 bisturí
- 1 pinces
- Una superfície dura
- Guants de làtex, per no contaminar els òrgans

Procediment:

- Primerament s'ha de preparar la zona de treball. Es col·loca la superfície dura i el bisturí i es posen els guants.
- Abans d'obrir l'ull, s'ha de fer una visió general. Es pot beure el globus ocular, el nervi òptic i les pestanyes. El globus ocular està envoltat de grassa que s'ha de treure mitjançant el bisturí per tal que després sigui més fàcil obrir-lo.
- Per obrir l'ull s'ha de fer un tall a la zona del globus ocular, en concret a l'escleròtica que és la capa més externa. És important fer-ho així perquè la còrnia no queda perjudicada i per tant serà més fàcil identificar-la.
- Quan s'obre surt tot l'humor vitri de la cavitat ocular, té una textura gelatinosa a diferència de l'humor aquós que és líquid.
- Es dona la volta a l'ull per poder beure les parts interiors. La retina presenta unes aigües de color metal·litzat.
- Seguidament es treu el cristal·lí, que té una forma de lent, és completament transparent, al treure'l també surt l'humor aquós.
- Per últim es pot veure la còrnia que té l'aspecte d'una capa fina.

Conclusió:

Tal i com s'ha comentat a l'objectiu, l'ull de be té les mateixes parts que l'ull humà, en aquesta pràctica s'ha pogut observar cada element que forma aquest òrgan per tal d'entendre les explicacions del seu funcionament descrites en aquest treball.

Fotografies:



Imatge 15. Ull de be sencer



Imatge 16. Nervi òptic



Imatge 17. Humor aquós (gelatinós) i vitri (líquid)



Imatge 18. Retina



Imatge 19. Lent cristal·lí



Imatge 20. Còrnia per la part interior de l'ull

12.2 Comentari de fotografies analògiques

Tot i que no es pot saber amb certesa el temps de revelat o l'exposició de la imatge o fins i tot si la imatge ja era tant contrastada al moment de capturar-la es pot especular sobre el resultat.

Aquestes dues fotografies són del Josep Maria Ramon Martí. Era un fotògraf aficionat que es va passar tota la seva vida captant instants i progressivament la fotografia es va convertir en més que una afició. Va formar part del grup de fotògrafs d'Igualada anomenat "Els novells", format per ell i quatre membres més de l'agrupació fotogràfica igualadina (AFI) als anys 1950-1970. Va guanyar diversos premis de fotografia al llarg de la seva vida en concursos nacionals i internacionals.

En la primera imatge s'hi pot veure un camí de terra enmig d'uns camps, hi ha una bifurcació a l'extrem inferior i per la part de dalt, el camí es desvia cap a la dreta. S'hi pot veure quatre arbres a la part superior però no hi ha molta vegetació.

Pel que fa a la fotografia, es veu que està impresa en paper baritat. Aquest és un tipus de paper amb una textura llisa i que no té reflexos i sol ser molt utilitzat en fotografies blanc i negre ja que permet captar uns negres més profunds.

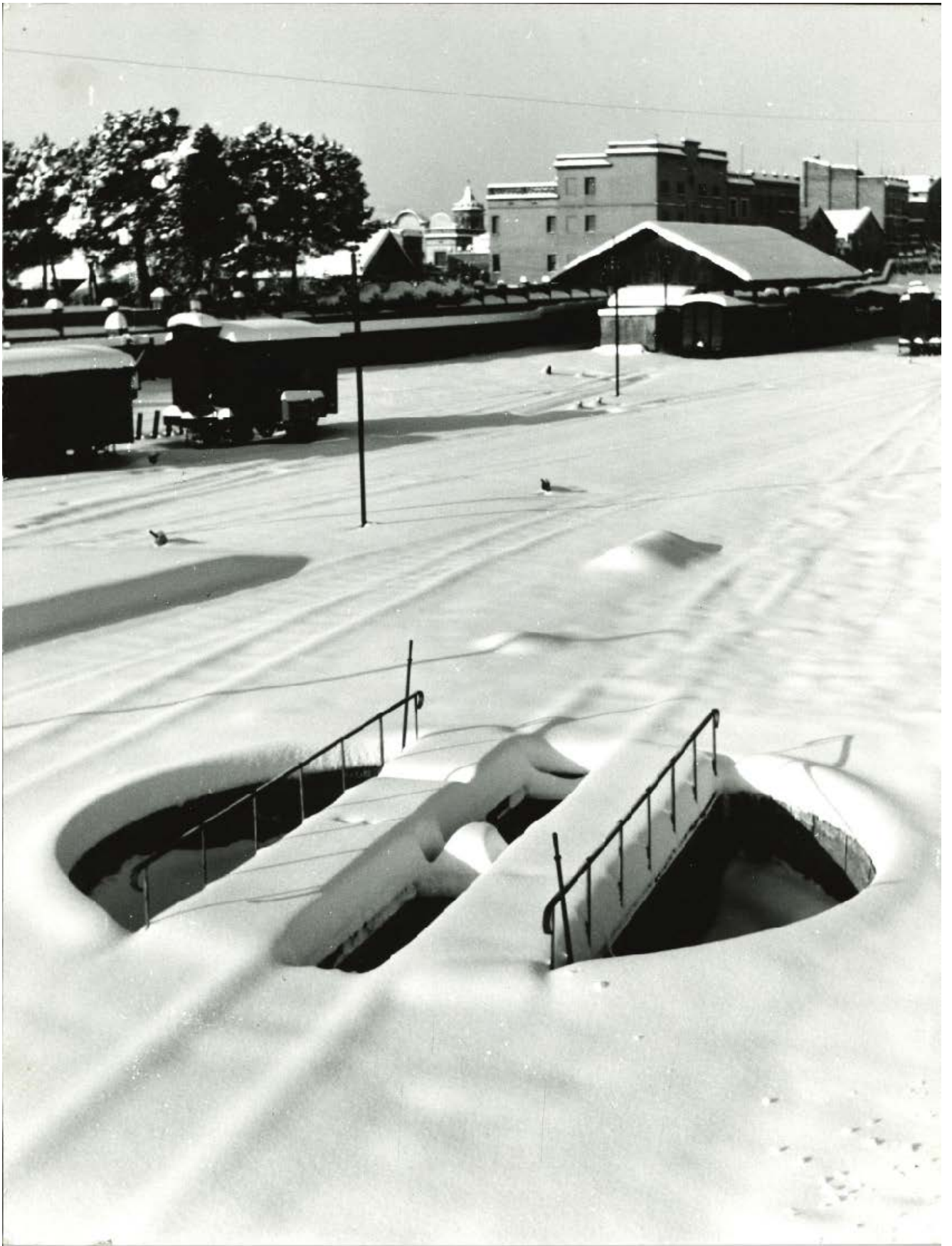
La segona imatge és de l'estació d'Igualada, on ara hi ha el parc de l'estació vella, feta durant la nevada del 1962. Es pot veure una plataforma rotatòria que es feia servir per canviar de sentit la locomotora amb tot el gruix de neu verge. A la meitat superior hi ha uns vagons, un hangar a on hi guardaven els trens i diversos edificis al fons dels quals encara se'n conserven alguns.

Aquesta és una fotografia impresa en paper plastificat, el paper està recobert per una capa de polièster que té una superfície brillant.

Si s'observa amb atenció es pot veure que a la part esquerra de la meitat superior i just a sota de la plataforma, entre d'altres llocs, hi ha unes taques blanques que és possible que siguin degudes a la presència de pols quan s'estava assecant la pel·lícula, i al projectar-la al paper van quedar impressionades.



Imatge 21. Camí de terra



Imatge 22. Estació nevada

12.3 Experimentació de la formació de la imatge

Objectiu:

Comprendre de forma visual el procés de formació de la imatge en l'àmbit de l'ull i en el de la càmera fotogràfica.

Material:

- 1 lent biconvexa de número f +50
- 1 diapositiva
- 1 placa blanca per fer de paret de la retina i sensor de la càmera
- 2 suports per a la diapositiva i la placa
- Esquema de l'ull humà
- Esquema de la càmera fotogràfica Rèflex
- 1 llanterna

Procediment:

- Per començar es realitzarà l'experiment amb l'esquema de l'ull humà.
- Primerament s'ha de col·locar la lent de f +50 a sobre del cristal·lí representat en l'esquema i la placa blanca a la paret de la retina. La distància que forma la lent i la placa en l'esquema és de 12'5 cm. Aquest procediment és molt important ja que s'està recreant la formació de la imatge tal i com ho faria un ull i per tant la lent representa el cristal·lí i la placa la paret de la retina.
- En segon lloc s'ha de posar la diapositiva davant la lent.
- En tercer i últim lloc, s'ha d'enfocar amb la llanterna la diapositiva per tal que la imatge travessi la lent i es formi a la superfície blanca situada a una distància de 12'5 cm.
- El procés és el mateix per a l'esquema de la càmera fotogràfica.
- La lent substitueix les lents de l'objectiu i la placa blanca el sensor. En aquest cas la distància entre les dues estructures (lent i placa de projecció) és de 14 cm segons el dibuix.

Conclusió:

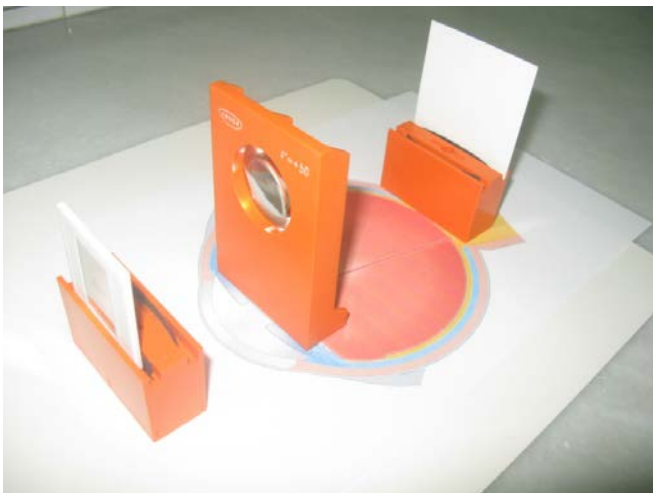
L'objectiu de la pràctica no ha quedat totalment assolit ja que no s'ha projectat d'una forma clara la diapositiva en la superfície blanca. Aquest fet pot ser degut a que els raigs de llum procedents de la llanterna fossin massés i la projecció no es vagués de forma concreta, o que la distància focal no fos l'adequada.

Per altre banda, s'ha pogut comprovar que la imatge s'inverteix alhora de formar-se al final de la retina o al sensor ja que les lletres de la diapositiva quedaven invertides vertical i horitzontalment. La lent biconvexa que representa el cristal·lí i l'objectiu fa que els raigs es refractin i creïn una imatge invertida a la realitat.

Fotografies:



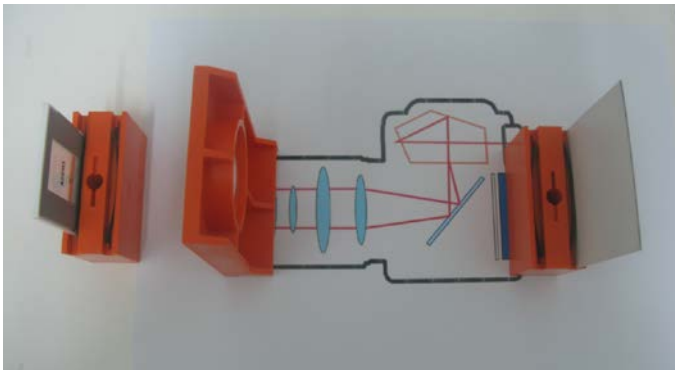
Imatge 23. Material per realitzar la pràctica: diapositiva, lent i placa blanca



Imatge 24. Disposició del material sobre l'esquema de l'ull



Imatge 25. Formació de la imatge en l'esquema de l'ull



Imatge 26. Disposició del material sobre l'esquema de la càmera



Imatge 27. Formació de la imatge en l'esquema de la càmera

13. Entrevista

ENTREVISTA A UN ÒPTIC: Carles Cuñado Jorba, 32 anys

El Carles Cuñado és l'òptic responsable de l'òptica Alain Afflelou de la Rambla Sant Isidre d'Igualada.

- **Per què va triar aquest ofici?**

Em vaig decantar per aquest ofici ja que volia estudiar algun tema relacionat amb la medicina

- **Quins estudis va cursar?**

Vaig cursar la diplomatura d'Òptica i Optometria a la UPC de Terrassa

- **Quan fa que es dedica al món de la salut visual?**

Fa dotze anys que m'hi dedico.

Centrant-nos al camp de l'òptica:

- **Totes les patologies evolucionen igual al llarg de la vida?**

No, depèn de la patologia i del pacient.

- **Per què la gent que necessita correcció òptica quasi sempre acaba augmentant en diòptries amb els anys?**

Perquè la graduació fa el seu curs natural segons les seves estructures.

- **Hi ha algunes tècniques per evitar que augmentin les diòptries i/o es retardin?**

No està demostrat, no es pot veure una mateixa persona en un mateix període de temps amb una tècnica i tornar enrere i canviar-lo sense la tècnica per poder-ho comparar.

- **Pel que fa a l'iris, es veu el color de l'iris a l'interior de l'ull?**

Sí ja que la còrnia és transparent i per tant es veu.

- **Com és que es perd visió de nit?**

Perquè hi ha menys llum, sense llum no hi ha visió.

- **Creu que hi ha relació entre el funcionament d'una càmera fotogràfica i un ull? Per què?**

Sí, l'objectiu de la càmera és la còrnia i per tant els encarregats d'enfocar la imatge a la retina en cas de l'ull i el sensor en les càmeres.

ENTREVISTA A UN FOTÒGRAF: Jordi Roig Bosch, 49 anys

El Jordi Roig és un dels propietaris de l'estudi i botiga Roig Fotograf's situada al carrer Sant Josep d'Igualada.

- **Per què va triar aquest ofici? Tenia alguna afició en relació de petit?**

Vaig entrar al món de la fotografia de ben petit ja que el meu pare, també fotògraf, va ser qui m'hi va introduir

- **Quins estudis va cursar?**

Vaig realitzar diversos cursos de fotografia

- **Quan temps fa que es dedica al món de la fotografia?**

Porto més de trenta anys dedicant-me a aquest sector.

- **Quina càmera prefereix, una analògica o una digital? Per què?**

Una digital ja que et pot veure el resultat al moment.

- **Hi ha hagut fotografies que per ètica moral o altres motius no hagués fet?**

No, per mi tot és art.

- **Quina és la seva millor fotografia? Per què?**

No en tinc una sinó que en tinc varies de viatges que m'encanten.

- **Què significa per vostè una fotografia?**

Art, és una pintura de llum.

- **Quina diferència troba entre veure el món des de l'objectiu o amb els ulls?**

Amb els ulls hi ha el que hi ha i amb la càmera puc jugar amb la imatge.

- **Creu que la càmera fa justícia a l'ull humà? Si és que no, creu que amb les noves tecnologies s'hi arribarà?**

No, l'ull és inimitable i no cerc que mai s'hi arribi .

- **Creu que hi ha relació entre el funcionament d'una càmera fotogràfica i un ull?**

Hi tant, una càmera té els mateixos principis de l'ull humà (diafragma=iris, retina=sensor CCD)

14. Conclusió

El tema tractat en aquest treball ha estat el funcionament de l'ull humà i de la càmera fotogràfica que posteriorment s'ha comparat. L'ull és un òrgan molt complex, té una estructura esfèrica i la lent que permet veure-hi és el cristal·lí. Aquesta lent es troba just darrera de l'iris i la pupil·la que és el que fa que entri més o menys llum. En el cas de l'ull la imatge es forma a la retina i a través del nervi òptic, la imatge s'interpreta al cervell.

La càmera té una estructura interna molt semblant ja que també està formada per lents, que són l'objectiu, i la imatge es forma al sensor al cas de les digitals i a la pel·lícula fotogràfica al cas de les analògiques.

En els dos casos la llum entra per la lent, aquesta la fa refractar i per tant canvia la seva direcció. Els raigs es centren a la part fotosensible i un cop enviada al cervell, al cas de l'ull, o a través de la pantalla LCD, al cas de les càmeres digitals, es pot veure la imatge resultant.

Amb la realització d'aquest treball he pogut verificar la meua hipòtesi que deia que l'ull i la càmera tenen el mateix funcionament.

La finalitat del meu treball de recerca era aprofundir en el funcionament de l'ull humà i de la càmera fotogràfica per poder-los comparar posteriorment. Això es pot observar al punt 6 que relaciona cada part de l'ull amb les de la càmera que comparteixen la mateixa funció. També he pogut corroborar que la càmera basa els seus principis en l'òptica i l'òrgan de la visió tal i com es demostra en l'evolució de les càmeres fotogràfiques al llarg del temps. Per tant, puc afirmar que s'han complert els meus objectius.

Fent referència a la metodologia utilitzada, crec que ha estat adequada ja que he trobat nombrosa informació. També cal remarcar que el punt 11, la percepció de la distància, contenia temes d'assignatures donades a la carrera d'Òptica i per tant ha estat complicat entendre i explicar aquests punts.

La meua valoració general és bona. Crec que he ampliat la meua idea sobre el concepte d'ull i de la visió i també coneixements sobre diferents funcionaments de càmeres fotogràfiques. Triar aquest tema ha fet que m'interessés més pel món de l'òptica i per tant m'ha fet veure que realment vull cursar aquests estudis.

15. Fonts d'informació

LLIBRES:

Armengol, Montserrat; Mercadé, Joan i, Serra, Salvador. (2012). *Física 1, Batxillerat*. Mc Graw Hill. Madrid

Freeman, John. (2008). *Manual de la fotografía digital SLR*. Blume. Barcelona.

Lang, Gerhard K. (2006). *Oftalmología: texto y atlas en color*. Masson. Barcelona.

Sánchez-Ocaña, Ramon. (1997). *El libro de los ojos*. Alba. Barcelona.

PÀGINES WEB:

"Blog del fotógrafo". "Cámaras, Polaroid" [en línia]. 2010. < <http://www.blogdelfotografo.com/polaroid-fotos-verdad/> > [Consulta: 14 octubre 2017].

"Blog del fotógrafo". "Consejos, apertura del diafragma" [en línia]. 2010. < <http://www.blogdelfotografo.com/apertura-diafragma/> > [Consulta: 30 juny 2017].

"Blog del fotógrafo". "Consejos, distancia hiperfocal" [en línia]. 2010. < <http://www.blogdelfotografo.com/distancia-hiperfocal/> > [Consulta: 14 setembre 2017].

"Cambridge in colour". "Photography tutorials, camera vs. the human eye" [en línia]. 2005. < <http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/cameras-vs-human-eye.htm> > [Consulta: 6 setembre 2017].

CCM. "Inicio, trucos, fotografía digital" [en línia]. 2011. < <http://es.ccm.net/faq/7664-la-camara-reflex> > [Consulta: 18 juliol 2017].

Conjuntivitis. Conjuntivitis, Conjuntiva. [en línia]. 2015. < <http://conjuntivitis.net/conjuntiva/> > [Consulta: 22 abril 2017].

Conjuntivitis. Conjuntivitis, Esclerótica. [en línia]. 2015. < <http://conjuntivitis.net/esclerotica/> > [Consulta: 20 abril 2017].

"Demo e-ducativa Catdeu". "Ondas electromagnéticas, espectro electromagnético, espectro visible" [en línia]. 2016. < http://e-ducativa.catedu.es/44700165/aula/archivos/repositorio/3000/3233/html/21_espectro_visible.html > [Consulta: 12 setembre 2017].

Dr. Francisco Loayza Villar. IV Oftalmología, Anatomía Ocular [en línea]. 2002-2008. <

http://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/libros/Medicina/cirugia/Tomo_IV/Anata_ocu.htm > [Consulta: 20 abril 2017].

Enciclopèdia, Gran Enciclopèdia Catalana [en línea]. 1967. <
<http://www.enciclopedia.cat/> > [Consulta: 20 abril 2017].

“Facultad de Medicina”. “La microscopía, nociones básicas de óptica, formación de la imagen en el ojo” [en línea]. 2010. <
http://www.medic.ula.ve/histologia/anexos/microscopweb/MONOWEB/capitulo2_5.htm > [Consulta: 18 juliol 2017].

“Foto nostra”. “Mundo digital, imagen digital, formación imagen digital” [en línea]. 2010. < <http://www.fotonostra.com/digital/fomacionimagen.htm> > [Consulta: 18 juliol 2017].

Gencat.cat, Generalitat de Catalunya. Inici, temes, tecnologia, fotografia digital [en línea]. 2016. < <http://jovecat.gencat.cat/ca/temes/tecnologia/fotografia-digital/index.html> > [Consulta: 2 maig 2017].

Innova Ocular ICO Barcelona. ICOftalmología, Unitats clínicas, Especialistes d'Úvea, Uveïtis [en línea]. 2017. < <https://www.icoftalmologia.es/ca/unitats-mediques/uvea> > [Consulta: 22 abril 2017].

Monje Arenas, Luis. CAI de la Universidad de Alcalá. “Introducción a la fotografía científica, el revelado del negativo” [en línea]. 2008. <
http://www.difo.uah.es/curso/el_revelado_del_negativo.html > [Consulta: 14 octubre 2017].

“MStudio, Fotografía publicitaria”. “Blog fotografías, el ojo humano y la cámara digital” [en línea]. 1999-2014. < <http://www.mstudio.es/el-ojo-humano-y-la-camara-digital-2-parte.html> > [Consulta: 18 juliol 2017].

Optimot, consultes lingüístiques. Generalitat de Catalunya [en línea]. 2012. <
<http://aplicacions.llengua.gencat.cat/llc/AppJava/index.html>> [Consulta: 10 octubre 2017].

“Photography life”. “Home, cameras and lenses, what is a DSLR (Digital SLR) camera?” [en línia]. 2017. < <https://photographylife.com/what-is-a-dslr> > [Consulta: 2 maig 2017].

Planella i Serra, Montserrat. Batxillerat d'arts, cultura audiovisual, imatge, unitats d'imatge [en línia]. 2003-2004. < <http://www.xtec.cat/~mplanel4/imatge/camera/camera.htm#2a> > [Consulta: 2 maig 2017].

“Qué cámara réflex”. “Cómo funciona, sensor electrónico” [en línia]. 2015. < <http://quecamarareflex.com/como-funciona-el-sensor-de-una-camara-digital/> > [Consulta: 30 juny 2017].

Termcat, Centre de Terminologia. Àrea de ciències de la salut [en línia]. Barcelona: TERMCAT, cop 2006. < <http://www.termcat.cat/ca/Cercaterm/> > [Consulta: 10 octubre 2017].

“Textos científicos”. “Principal, fotografía” [en línia]. 2009. < <https://www.textoscientificos.com/fotografia/camara> > [Consulta: 30 juny 2017].

The web foto. Curs online, tipus de càmeres [en línia]. 2015 < <http://www.thewebfoto.com/1-introduccion/104-tipos-de-camaras> > [Consulta: 2 maig 2017].

Tot cos. Sentits, l'ull i la visió [en línia]. < <https://sites.google.com/a/xtec.cat/totcos/l-ull-i-la-visio> > [Consulta: 22 abril 2017].

Viquipèdia. Càmera estereoscòpica [en línia]. 2017. < https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1mara_estereosc%C3%B3pica > [Consulta: 2 maig 2017].

Viquipèdia. Càmera fotogràfica [en línia]. 2017 < https://es.wikipedia.org/wiki/C%C3%A1mara_fotogr%C3%A1fica > [Consulta: 22 abril 2017].

Viquipèdia. Càmera réflex digital [en línia]. 2017. < https://ca.wikipedia.org/wiki/C%C3%A0mera_r%C3%A8flex_digital > [Consulta: 30 juny 2017].

Viquipèdia. Nicéphore Niépce [en línia]. 2017. < https://en.wikipedia.org/wiki/Nic%C3%A9phore_Ni%C3%A9pce > [Consulta: 22 abril 2017].

Viquipèdia. Ull humà, Escleròtica [en línia]. 2017. < <https://es.wikipedia.org/wiki/Escler%C3%B3tica> > [Consulta: 20 abril 2017].

Wikipedia. “Color” [en línia]. 2017. < <https://es.wikipedia.org/wiki/Color> > [Consulta: 12 setembre 2017].

Wikipedia. “Color, propiedad de los colores, Saturación” [en línia]. 2017. < [https://es.wikipedia.org/wiki/Saturaci%C3%B3n_\(color\)](https://es.wikipedia.org/wiki/Saturaci%C3%B3n_(color)) > [Consulta: 12 setembre 2017].

Wikipedia. “Película fotográfica” [en línia]. 2017. < https://es.wikipedia.org/wiki/Pel%C3%ADcula_fotogr%C3%A1fica > [Consulta: 14 octubre 2017].

Wikipedia. “Revelado fotográfico” [en línia]. 2017. < https://es.wikipedia.org/wiki/Revelado_fotogr%C3%A1fico > [Consulta: 14 octubre 2017].

Xataka. “Fotografía y video, partes de una cámara réflex digital” [en línia]. 2015. < <https://www.xataka.com/fotografia-y-video/partes-de-un-camara-reflex-digital-iii> > [Consulta: 30 juny 2017].

Xataka. “Fotografía y video, que es la sensibilidad iso” [en línia]. 2015. < <https://www.xataka.com/fotografia-y-video/que-es-la-sensibilidad-iso-y-como-puedes-usarla-para-mejorar-la-calidad-de-tus-fotografias> > [Consulta: 30 juny 2017].