

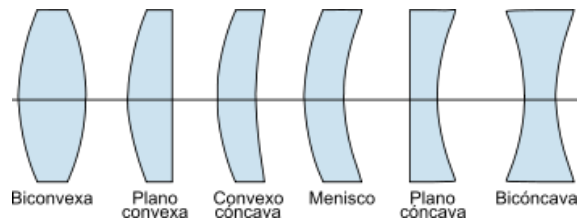


3. Óptica

Óptica - Lentes

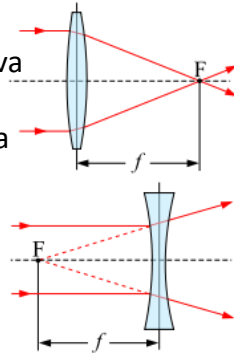
□ Lentes

- Objetos transparentes (normalmente de vidrio), limitados por dos superficies, de las que al menos una es curva. (Wikipedia).
- Se basan en el distinto grado de refracción que experimentan los rayos de luz al incidir en puntos diferentes de la lente.
- La lente proyecta la luz del exterior formando una imagen en el sensor.



□ Distancia focal o longitud focal f (focal length)

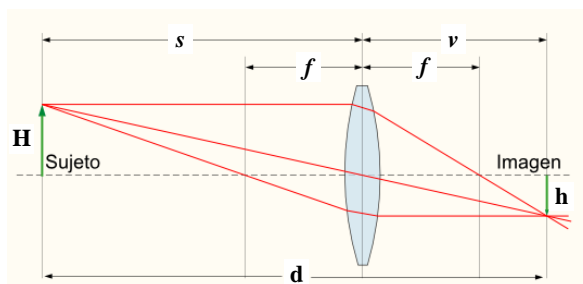
- Distancia entre el **centro óptico** de la lente y el **foco** (o punto focal) cuando enfocamos al infinito
- Se suele medir en mm
- Lente **convergente** la distancia focal es positiva
 - $f > 0$
- Lente **divergente** la distancia focal es negativa
 - $f < 0$
- Factores que determinan la distancia focal:
 - Longitud de onda incidente (color)
 - Índice de refracción del vidrio de la lente
 - Ángulo de incidencia (curvatura de la lente)



□ Ecuación de lentes delgadas

- Lente biconvexa delgada (grosor ≈ 0)
- Aproximación paraxial (ángulos en rad)

$$\left\{ \begin{array}{l} \sin \theta \approx \theta \\ \cos \theta \approx 1 \\ \operatorname{tg} \theta \approx \theta \end{array} \right.$$

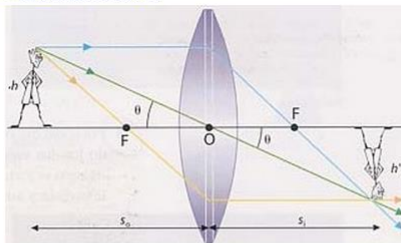


$$\frac{1}{s} + \frac{1}{v} = \frac{1}{f}$$

$$m = \frac{h}{H} = \frac{v}{s}$$

(ver transparencia siguiente...)

Realizaremos un trazado o diagrama de rayos:



- **Rayo 1:** ES paralelo al eje óptico y tras ser refractado en la lente, pasa por el foco imagen de la misma
- **Rayo 2:** Pasa por el centro óptico de la lente. Desde el punto de vista de las lentes delgadas no sufre desviación alguna y que atraviesa la lente en línea recta.
- **Rayo 3:** Pasa por el foco anterior a la lente, foco objeto y tras ser refractado en la lente, emerge paralelo al eje óptico.

Si observamos la figura y utilizamos la aproximación paraxial

$$\theta = h/S_o$$

$$\theta = -h'/S_i$$

y por tanto el aumento de la imagen es $h'/h = -S_i/S_o$. Un aumento negativo significa que la imagen resulta invertida.

"Fisicanet" http://www.fisicanet.com.ar/fisica/ondas/ap17_optica_geometrica.php

□ Ángulo de visión

- Es el factor que determina la parte de la escena captada por el sensor.

- Está determinado por:

- La longitud focal de la lente (y su distorsión)
- El tamaño del sensor de imagen

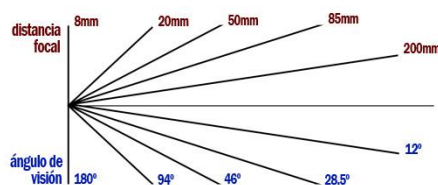
$$\alpha = 2 \cdot \arctg\left(\frac{d}{2f}\right)$$

α Ángulo de visión ($^\circ$)

f distancia focal efectiva

d dimensión horizontal, vertical o diagonal del sensor

- Ángulo de visión diagonal para una sensor de 35mm (diagonal 43,3mm)



- La **exposición** es a la cantidad de luz que recibe el sensor de imagen para que se forme una imagen.
- **Depende de varios factores que debemos controlar.**

Triángulo de la Exposición

<https://www.dzoom.org.es/curso-de-fotografia-entendiendo-la-apertura/>



- La **sensibilidad (ISO)**:
 - Es la capacidad que tiene el sensor de la cámara para captar luz.
 - A valores bajos de la sensibilidad ISO, el sensor es menos sensible a la luz, es decir, su capacidad de captar luz es pequeña. (ISO 100 o 200, p.ej.).
 - A valores altos de la sensibilidad ISO, el sensor es más sensible a la luz. (ISO 1600 o 3200, por ejemplo).
 - Al subir la sensibilidad ISO, el ruido también aumentará.

<https://www.dzoom.org.es/sabes-para-que-sirve-la-sensibilidad-iso-de-tu-camara/>



- El **obturador** de nuestra cámara es un **dispositivo mecánico que controla el tiempo durante el cual el sensor recibe luz**.
- El **tiempo de exposición** es el tiempo durante el cual el obturador está abierto, dejando pasar la luz al sensor.
- Habitualmente el parámetro con el que trabajamos es la **velocidad de obturación (Shutter Speed)**

$$\text{tiempo de exposición} = \frac{1}{\text{velocidad de obturación}}$$

- Velocidades rápidas (poco tiempo de exposición) → se reduce el movimiento
- Velocidades lentas (mucho tiempo de exposición) → imágenes movidas

<https://www.dzoom.org.es/para-que-sirve-la-velocidad-de-obturacion/>



- Ejemplos: Fotografía tomada con distinta velocidad de obturación (tiempo de exposición)



<http://fotopractica.com/2014/12/fotopractica-02-velocidad-de-obturacion/>

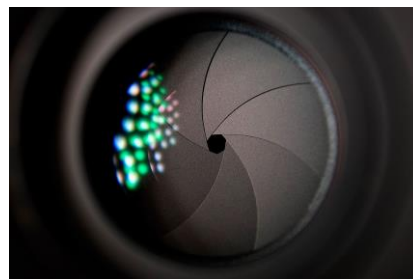
- Ejemplos: Fotografía tomada con distinta velocidad de obturación (tiempo de exposición)



<https://www.dzoom.org.es/para-que-sirve-la-velocidad-de-obturacion/>

□ Diafragma

- Es un dispositivo consta de unas palas que se abren y se cierran, dejando un orificio central que permite pasar más o menos luz hacia el sensor de nuestra cámara.
- Está en el objetivo, no en el cuerpo de la cámara.
- La apertura del diafragma normalmente aparece representada por el número f.



<https://www.dzoom.org.es/la-apertura-del-diafragma-en-fotografia-entiende-de-una-vez-por-todas-sus-implicaciones/>

□ Número f

- La apertura de una lente (del diafragma) se expresa como la relación entre su longitud focal f y su diámetro D (f/D)
- Efectos derivados de la abertura:
 - Menor nºf: Gran abertura → entra más luz en la cámara, pero menor profundidad de campo y nitidez
 - Mayor nºf: Pequeña abertura → entra menos luz en la cámara, pero mayor profundidad de campo y nitidez.

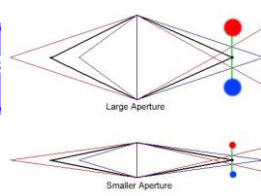
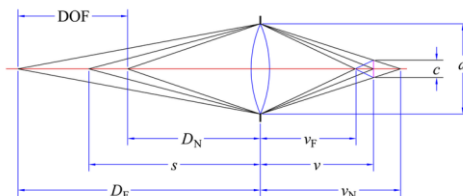
$$N = \frac{f}{D} \quad \text{Un nº f como } N=16 \text{ suele notarse en la forma } f/16$$



□ Profundidad de campo (depth-of-field DOF)

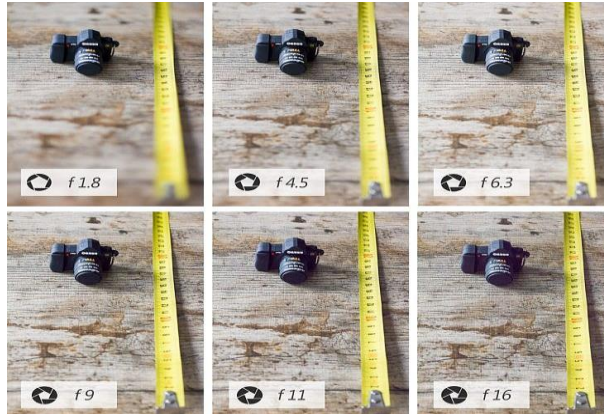
- Es la zona en la cual la imagen captada por el objetivo es nítida (es decir enfocada)
- Depende de: abertura del diafragma (N), la distancia focal (f), distancia de enfoque (s), del círculo de confusión (c)
- La DOF aumenta con:
 - La disminución de la abertura (mayor N)
 - La disminución de la distancia focal (menor f)
 - El aumento de la distancia de enfoque (aumenta s)

$$\left. \begin{aligned} D_F &= \frac{sf^2}{f^2 - Nc(s-f)} \\ D_N &= \frac{sf^2}{f^2 + Nc(s-f)} \end{aligned} \right\} \quad DOF = D_F - D_N$$



Ejemplo profundidad de campo

- Ejemplos: fotografías tomadas con distinta apertura de diafragma ($n^{\circ} f$): influye en la profundidad de campo



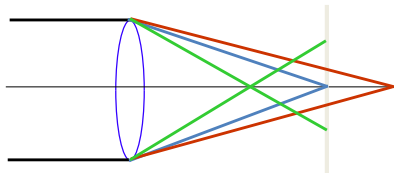
<https://www.dzoom.org.es/profundidad-de-campo/>

Óptica - Aberraciones cromáticas

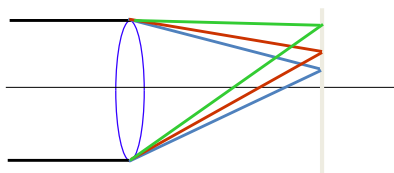
□ Aberración cromática:

- Se producen por los diferentes índices de refracción de los rayos luminosos según su longitud de onda (color)

Aberración longitudinal

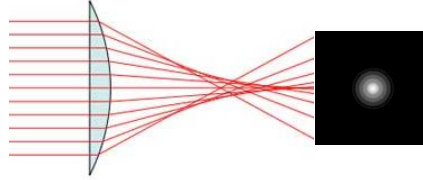


Aberración lateral



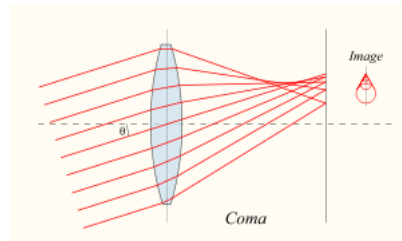
□ Aberración esférica

- La aberración esférica es un defecto de los espejos y las lentes en el que los rayos de luz que inciden paralelamente al eje óptico, aunque a cierta distancia de éste, son llevados a un foco diferente que los rayos próximos al mismo.
- Afecta de manera diferente a cada longitud de onda.



□ Coma

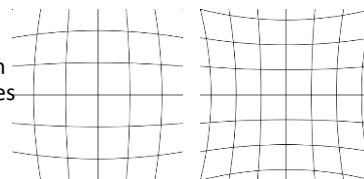
- Cuando los rayos que inciden en la lente no proceden del eje paraxial (inciden con un cierto ángulo) se concentran en un punto a la misma distancia de la lente pero desplazado lateralmente del punto focal, presentando, por tanto, distinta magnificación.



Wikipedia

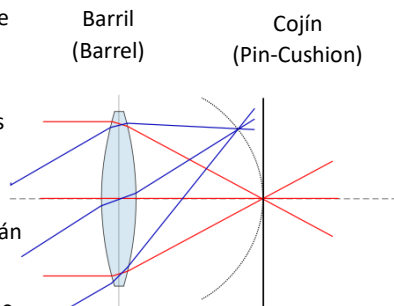
□ Distorsión: Cojín y Barril

- Mantiene todos los puntos enfocados.
- Se debe al distinto aumento de la imagen en función de la distancia de los rayos incidentes respecto al centro de la lente (puede ser positiva, aumento, o negativa, disminución)



□ Curvatura de campo

- Es el error que se produce cuando una lente intenta enfocar un objeto plano. Se comprueba entonces que los puntos próximos al centro de la imagen están enfocados pero no sucede así con los de los extremos. Se debe a que los rayos no se concentran según plano sino según una curva.
- La mayoría de los objetivos fotográficos están diseñados para minimizar la curvatura de campo, y así efectivamente tener una longitud focal que aumenta con el ángulo de los rayos.



Wikipedia