

Visión artificial

Robótica - Grado en Ingeniería de Computadores

Departamento de Sistemas Informáticos

E.T.S.I. de Sistemas Informáticos - Universidad Politécnica de Madrid

22 de octubre de 2023

License CC BY-NC-SA 4.0

La visión física y biológica

¿Qué es la visión?

Capacidad de captar el entorno a través de la **captación** de **rayos de luz**

- Sentido casi esencial para la relación entre ser humano y su entorno
- Tanto es así que se estima que al menos **un tercio** del cerebro se dedica a procesar el sentido de la vista
- El procesamiento cerebral de la información visual juega un papel **crucial** en la tarea de la visión.

El espectro electromagnético visible (I)

El ser humano solo es **capaz** de ver las longitudes de onda entre **380 y 750 nm**

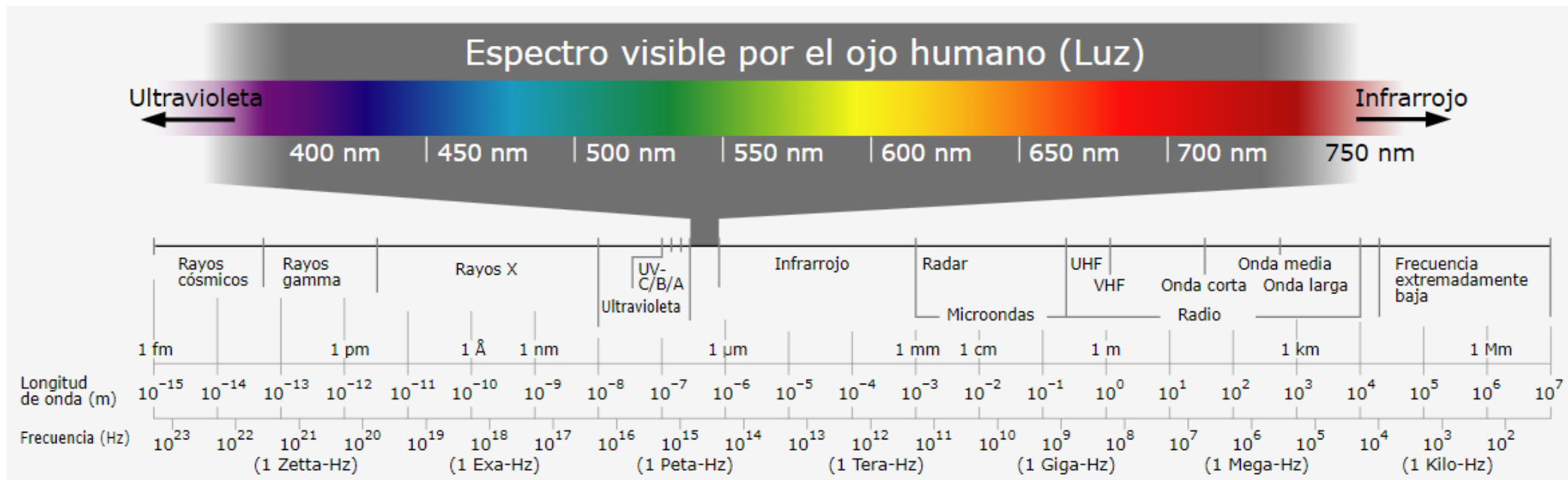


Fig. 2.1 - Espectro visible por el ojo humano. Fuente: [1]

Esto es gracias a su mecanismo de captura de luz, pero **no es el único**

El espectro electromagnético visible (y II)

Ejemplo: El **sensor digital** de una cámara fotográfica puede **capturar frecuencias fuera del espectro visible** (especialmente en el rango infrarrojo)



Fig. 2.2 - Sensibilidad a diferentes frecuencias de luz dependiendo del sensor que las captura. Fuente: [2]

La visión en el ser humano

El ojo **procesa** la luz a través de células sensibles a este espectro electromagnético

Conos

- Visión de **alta intensidad** (diurna)
- Tres tipos: **L**, **M** y **S**¹

Bastones

- Visión de **baja intensidad** (nocturna)
- Mayor cantidad que los conos



Fig. 2.3 - Fragmento de la retina. Fuente: [3]

¹ Su ausencia o mal funcionamiento llevan a problemas de percepción de colores como la protanopía (**L**), deuteranopía (**M**), tritanopía (**S**) o acromatopsia (**L**, **M** y **S**)

Rango del color percibido

No todos los colores se captan con la misma **intensidad**.



Fig. 2.4 - Longitudes de onda capturadas por cada tipo de célula fotosensible del ojo. Fuente: [6]

La visión neuronal

El cerebro en la visión

Tras captar la luz, el **cerebro da sentido a los estímulos** capturados por el ojo

- El **hardware** se encarga de **captar la señal** y el **software** la **procesa adecuadamente**



Fig. 2.5 - La información visual se procesa en un *pipeline* de menor a mayor complejidad. Fuente: [9]

La **corteza visual primaria** es la **primera capa que procesa** la información visual

- Trabaja con formas sencillas, dando información procesada a capas superiores
- Según avanza en el procesamiento, se reconocen formas más complejas

Introducción a la visión por computador

¿Qué es la visión por computador?

Rama de la inteligencia artificial encargada del procesamiento de imagen digital

- No dejan de producirse grandes avances gracias a la mejora en la técnica
- Las redes neuronales tienen **mucho** (en realidad **todo**) que ver

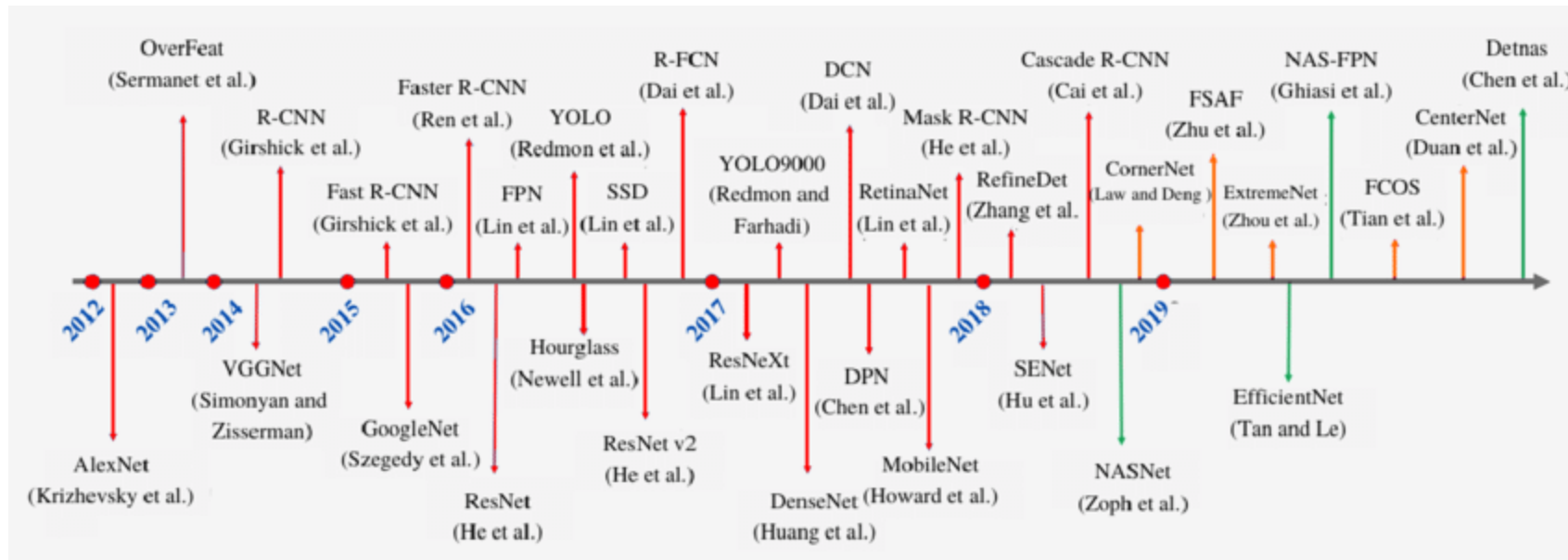


Fig. 2.6 - Evolución del campo de la visión por computador durante los últimos años. Fuente: [11]

Algunas de sus aplicaciones

- **Clasificación** de imágenes
- **Detección y reconocimiento** de objetos
- **Segmentación** de objetos
- **Generación** de imágenes
- **Domain-to-domain translation**
- **Text-to-image translation**
- **Superresolution**

Captura de imagen tradicional

De la necesidad de capturar el mundo

La tecnología ha permitido capturar el mundo de formas cada vez más precisas

- Una de estas formas ha sido **simular** el sentido de **la vista**

Leonardo da Vinci fue el precursor en capturar imágenes a través de la **proyección de la luz**

- Éste y otros permitían **capturar** parte de la realidad, pero **no su digitalización**



Fig.1 - Camera Obscura. Fuente: [Wikimedia Commons](#)

La cámara *pinhole* (I)

El modelo de cámara **pinhole** permite la formación de imágenes a través del paso por una abertura **minúscula** de la luz, proyectándose sobre un plano de imagen.



Fig.1 - Esquema de cámara tipo *pinhole*. Fuente: [Wikimedia Commons](#)

Los objetos capturados **se invierten** respecto su posición real

La cámara *pinhole* (II)

La principal desventaja tiene que ver justo con la abertura por la que pasa la luz:

1. Si es demasiado **grande**, la imagen se **difumina**
2. Si es demasiado **pequeña**, se producen **difracciones**

De los intentos de evitar esta difuminación nace el campo de la **óptica**



Fig.1 - Diferentes aperturas. Fuente: Ni idea.

Modelo de lente fina

Las lentes son el principal logro de la óptica. Éstas permiten:

- Aumentar el tamaño de la apertura de la cámara
- Disminuir el desenfoque producido
- **Orientar** los rayos de luz
- **Corregir** las aberraciones producidas por otras lentes

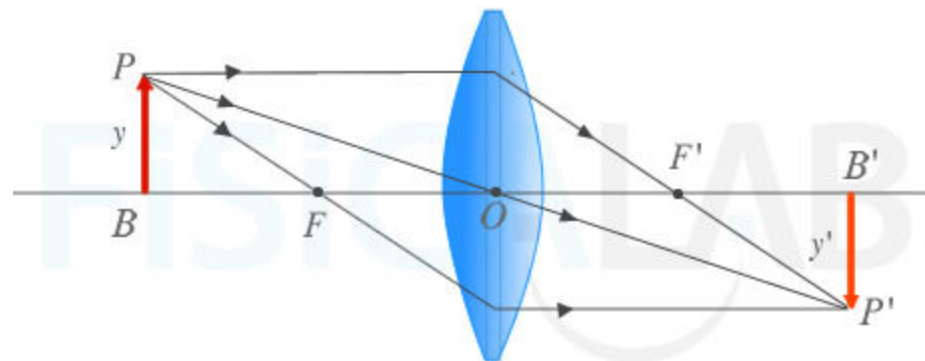


Fig.1 - Diagrama de rayos de una lente convexa. Fuente: [FisicaLab](#)

Calibración en una cámara

Las diferentes lentes de una cámara producen **distorsiones** en la imagen

- También se denominan **aberraciones** y son inevitables

La **calibración** es un proceso que permite **corregir** estas distorsiones

- Se realiza a través de **algoritmos** que permiten **rectificar** la imagen
- Forma parte del campo de la **visión por computador**



Fig.1 - Aberración de tipo esférica. Antes y después de aplicar el algoritmo **COSTAR**. Fuente: [Revista Astronomía](#).

La cámara digital

Dispositivo que permite capturar imágenes a través de un sensor digital

- Suelen contener un sensor con miles (millones) de receptores de intensidad de luz
- Dos tipos principales, dependiendo de cómo se convierte de fotón a electrón:
 - **CCD** (**Charge-Coupled Device**): A través de un chip externo al sensor
 - **CMOS** (**Complementary Metal-Oxide Semiconductor**): En el propio sensor

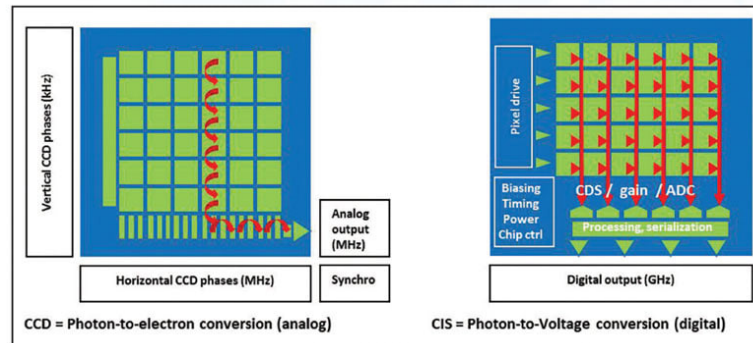


Fig.1 - Diferencia entre sensor CCD y sensor CMOS. Fuente: [Tech Briefs](#).

The ultimate image sensor guide: EMCCD vs. SCMOS vs. CMOS vs. CCD

Capturar sólo niveles de luz **no nos permite diferenciar colores**

Para la captura de colores existen principalmente dos soluciones:

Triple CCD

- Un prisma divide la luz en tres haces
- Cada haz a un sensor digital distinto



Fig.1 - Esquema de Triple CCD. Fuente: [Wikipedia](#).

Mosaico de Bayer

- Un filtro en cada receptor de luz
- 50% verdes, 25% rojos y 25% azules



Limitados al rango de luz visible

Los sensores están limitados para capturar **lo que ve el ojo humano**

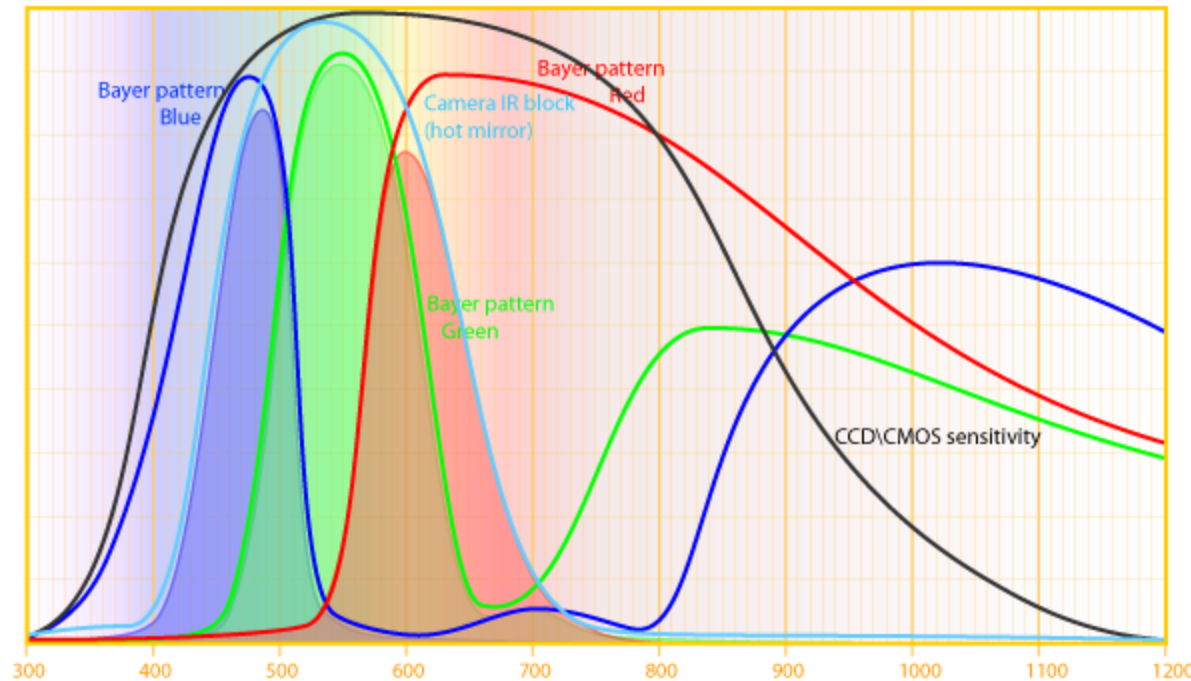


Fig.1 - Esquema estándar de sensibilidad de la cámara. Fuente: [IR Photo](#).

El rango **infrarrojo** se bloquea a través del uso de **filtros**

- Estos impiden que ciertas frecuencias atraviesen la lente y lleguen al sensor

Imagen digital

¿Qué es una imagen digital?

Tras conocer cómo se captura una escena de la realidad y esta es digitalizada, ahora es vital conocer en profundidad las características de las imágenes digitales.



Fig.1 - Ejemplo de una imagen digital.

Una imagen digital está formada por **píxeles**, los cuales corresponden con la intensidad de color para cierto punto de la imagen

Elementos de una imagen digital

Una imagen digital se compone de píxeles, sin embargo existen distintas características que definen a dicha imagen:

- Tamaño de la imagen
- Número de canales
- Codificación de los canales
- Profundidad de color

Tamaño de la imagen

El tamaño de la imagen o **resolución** corresponde con el **número de píxeles** que forman dicha imagen.

- Dependiendo de la imagen, su dimensión o **relación de aspecto** puede variar



Fig.1 - Tamaño de una imagen digital

Conjunto de píxeles que definen la **intensidad para cierto rango de frecuencias** de una imagen

- Los distintos canales de una imagen se **combinan** para formar la imagen final
- Dependiendo del **tipo de codificación**, el **número** y **configuración** de canales puede variar



Fig.1 - Diferentes canales de una imagen que conforman la imagen final

Profundidad de color

La información de cada píxel **debe estar normalizada** en un rango de valores

- Éste indica la **precisión** a la cual fue capturada la intensidad de luz en ese punto

La **profundidad de color** indica cuánta intensidad de luz representa el valor de cada píxel

La imagen en la informática

A la hora de programar, una imagen se representa con una **matriz numérica** de valores, en la que cada posición corresponde a un **píxel**

- A través de bibliotecas como numpy se pueden realizar transformaciones en la composición de las imágenes



Ejercicio: [Imagen_Digital.ipynb](#)¹

https://colab.research.google.com/drive/1k2vqQOiMMxOSOsZqHdhZ1Z-ebLhtvVvV?usp=drive_link

¡GRACIAS!