

TEMA 2

– ADQUISICIÓN DE IMÁGENES –

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

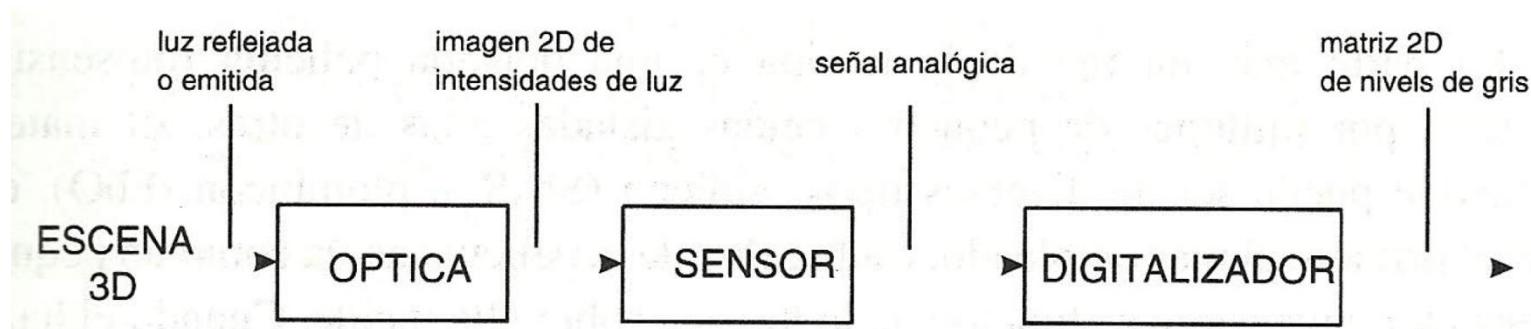
2.2.- Sensores visuales

2.3.- Digitalización de imágenes: señal de video

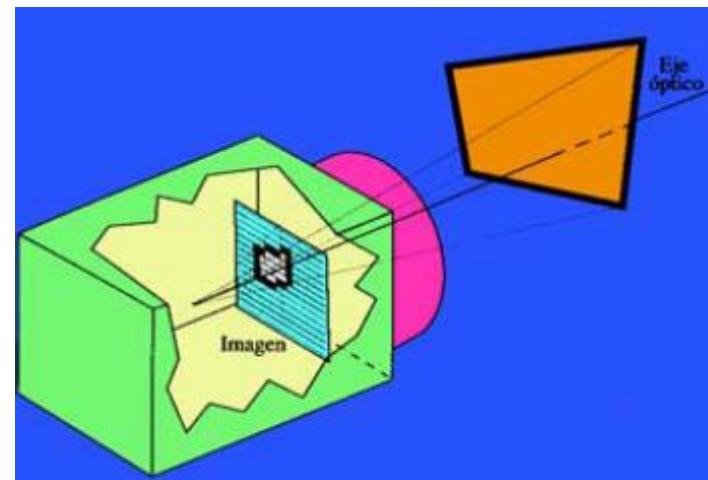
2.4.- Digitalización de imágenes: imágenes digitales

2.5.- Codificación digital de una imagen: modelos de color

PROCESO DE ADQUISICIÓN DE IMÁGENES



1. Los rayos de luz provenientes de los objetos del entorno (escena 3D) pasan a través de una óptica, que concentra los rayos un sensor visual.
2. El sensor capta la intensidad luminosa de los rayos de la escena encuadrada, dando lugar a una imagen bidimensional de intensidades de luz.
3. La señal de salida del sensor, normalmente analógica, es muestreada y cuantificada, dando lugar a una imagen digital.



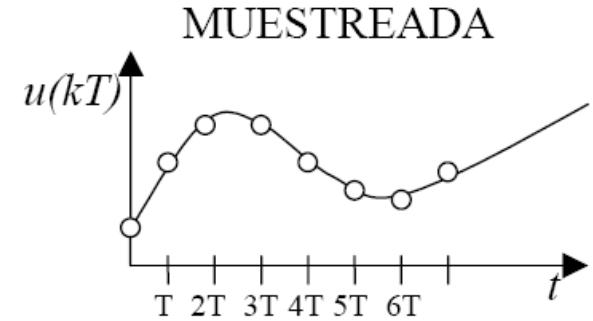
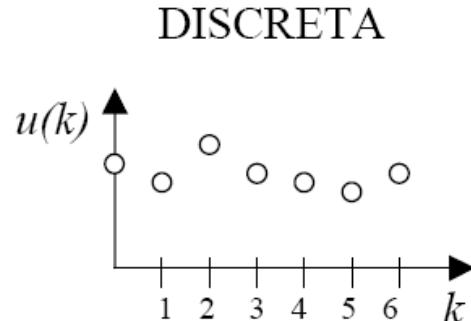
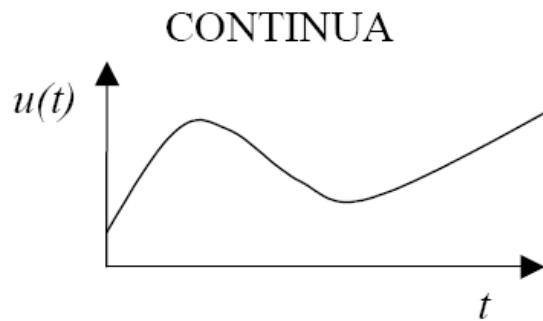
EN ESTA TEMA ABORDAREMOS:

⇒ MODELOS GEOMÉTRICOS DE UNA CÁMARA (ÓPTICA), SENSORES VISUALES, DIGITALIZACIÓN DE LA IMAGEN, CODIFICACIONES DIGITALES UTILIZADAS (Modelos de Color).

Introducción: Breves nociones muestreo y conversión analógico/digital de señales

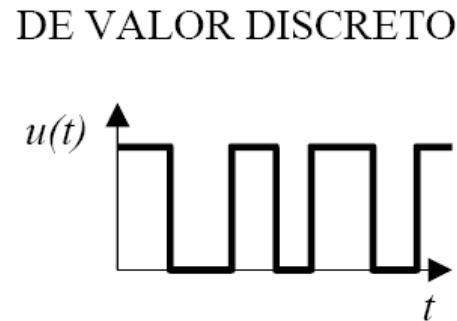
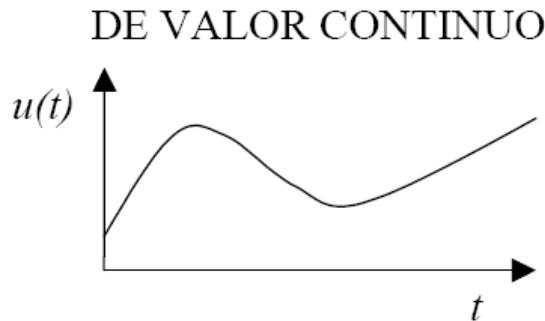
SEÑALES: Clasificación

- De tiempo continuo (continuas) / de tiempo discreto (discretas).



- De valor continuo / de valor discreto (digitales, binarias).

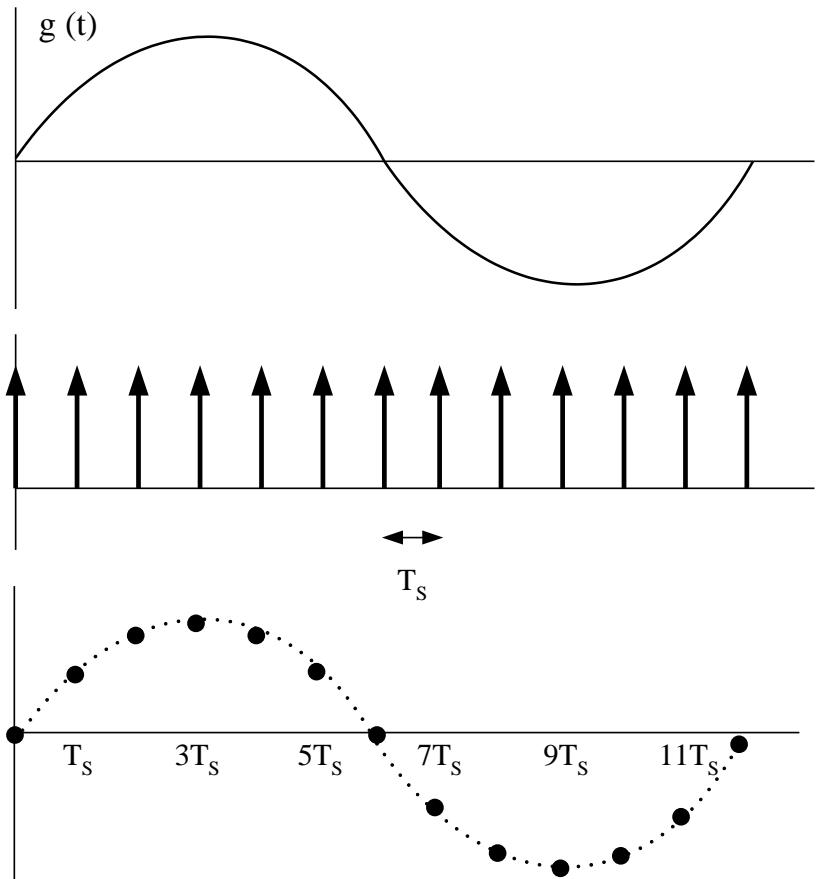
- Las de valor continuo pueden tomar cualquier valor (dentro de un rango). Ej.tensión en circuito, nivel de depósito...
- Las de valor discreto sólo pueden tomar una serie de valores discretos. Ejemplos: alumnos matriculados (número entero), señal digital (cuantificación, codificación \Rightarrow señal binaria).



Introducción: Breves nociones muestreo y conversión analógico/digital de señales

MUESTREO Y CONVERSIÓN ANALÓGICO-DIGITAL

MUESTREO DE UNA SEÑAL: \Rightarrow Una señal analógica se convierte en una señal discreta en el tiempo



Función de Muestreo Ideal o Peine de Dirac

$$\delta_{T_S}(t) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} \delta(t - nT_S)$$

$T_S \equiv$ Periodo de Muestreo

$$f_S = \frac{1}{T_S} \equiv \text{Frecuencia o Razón de Muestreo } (\omega_S = 2\pi f_S)$$

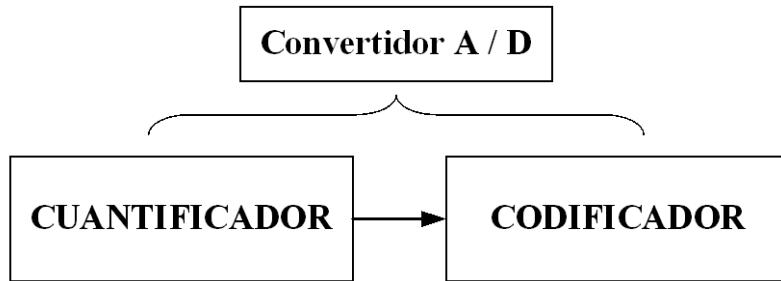
Señal Muestreada Ideal

$$g_\delta(t) = g(t)\delta_{T_S}(t) = \{g(nT_S)\}$$

Introducción: Breves nociones muestreo y conversión analógico/digital de señales

MUESTREO Y CONVERSIÓN ANALÓGICO-DIGITAL

CONVERSIÓN ANALÓGICO/DIGITAL (Digitalización de Señales Analógicas)

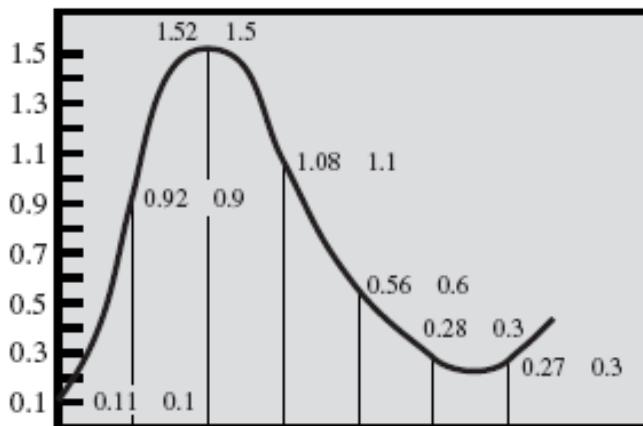


PROCESO DE CUANTIFICACIÓN: conversión de una muestra analógica a una forma digital (discreta en amplitud) → se redondea la amplitud de la muestra al más cercano de un conjunto de valores disponibles.

PROCESO DE CODIFICACIÓN: conversión de los niveles de codificación por medio de un código.

Ejemplo:

- 16 niveles de cuantización.
- Código Binario (palabras de 4 bits mínimo).
- Muestra de Valor 0.92: → 0.9 → Nivel 9: 1001



Digit	Binary Equivalent
0	0000
1	0001
2	0010
3	0011
4	0100
5	0101
6	0110
7	0111
8	1000
9	1001
10	1010
11	1011
12	1100
13	1101
14	1110
15	1111

TEMA 2

– ADQUISICIÓN DE IMÁGENES –

2.1.- *Modelo geométrico de una cámara*

2.2.- Sensores visuales

2.3.- Digitalización de imágenes: señal de video

2.4.- Digitalización de imágenes: imágenes digitales

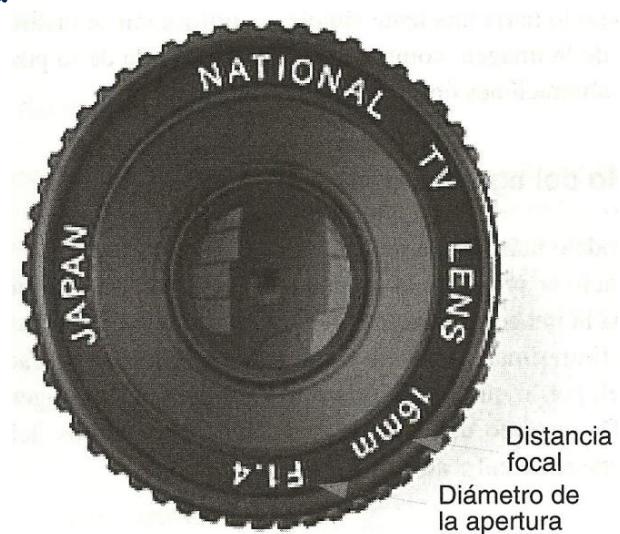
2.5.- Codificación digital de una imagen: modelos de color

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

➤ Óptica de una Cámara:

- ⇒ **Objetivo:** Captar rayos luminosos para concentrarlos sobre el sensor de imagen.
- ⇒ Está compuesta por una agrupación de lentes de características diversas: positivas o convergentes y negativas o divergentes.
 - Lentes: dispositivos ópticos transparentes que, merced a fenómenos de refracción de la luz al pasar a través suya, desvían los haces de luz que reciben.



➤ Algunos parámetros típicos de la óptica:

- ⇒ **Distancia focal,** expresada en mm.
- ⇒ **Distancias de enfoque,** se extiende desde fracciones de metro hasta el infinito (sirve para regular el enfoque).
- ⇒ **F-número:** hace referencia a la luminosidad máxima que deja pasar la óptica (indica la mayor apertura posible del diafragma).



TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

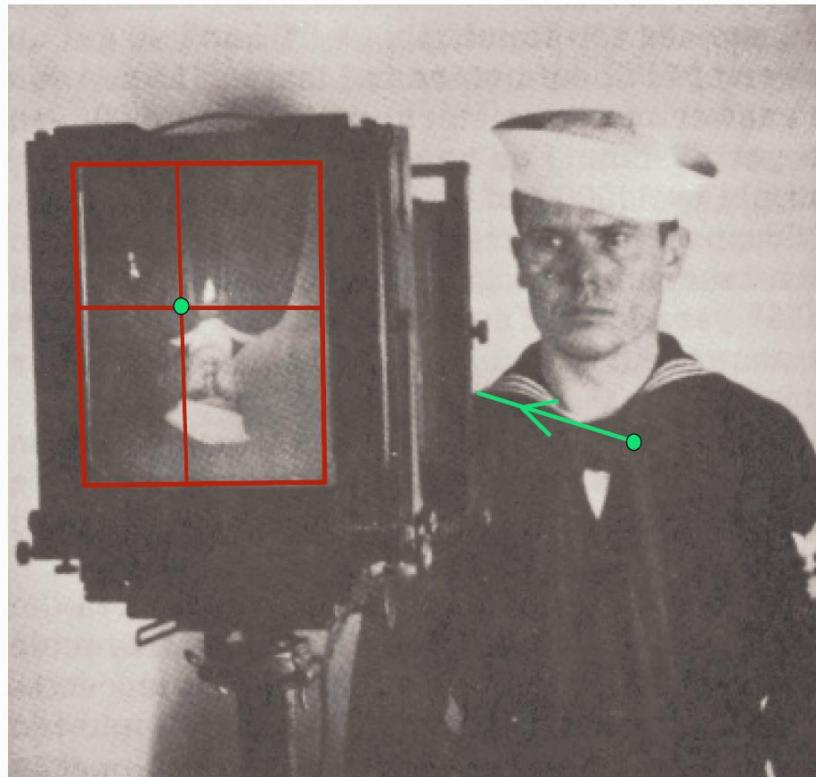
➤ **Proceso de Formación de una Imagen:** Proceso mediante el cual los objetos del mundo tridimensional se proyectan en un **plano imagen (bidimensional)**. Cuestiones fundamentales:

→ ¿Dónde se proyecta en la imagen cada punto de la escena?. Problema geométrico.

→ ¿Con qué brillo aparecerá cada punto proyectado?. Problema radiométrico.

Las imágenes son arreglos bidimensionales de valores de intensidad

⇒ La imagen debería ser una fiel reproducción de los objetos de la escena, aunque invertida y de diferente tamaño.



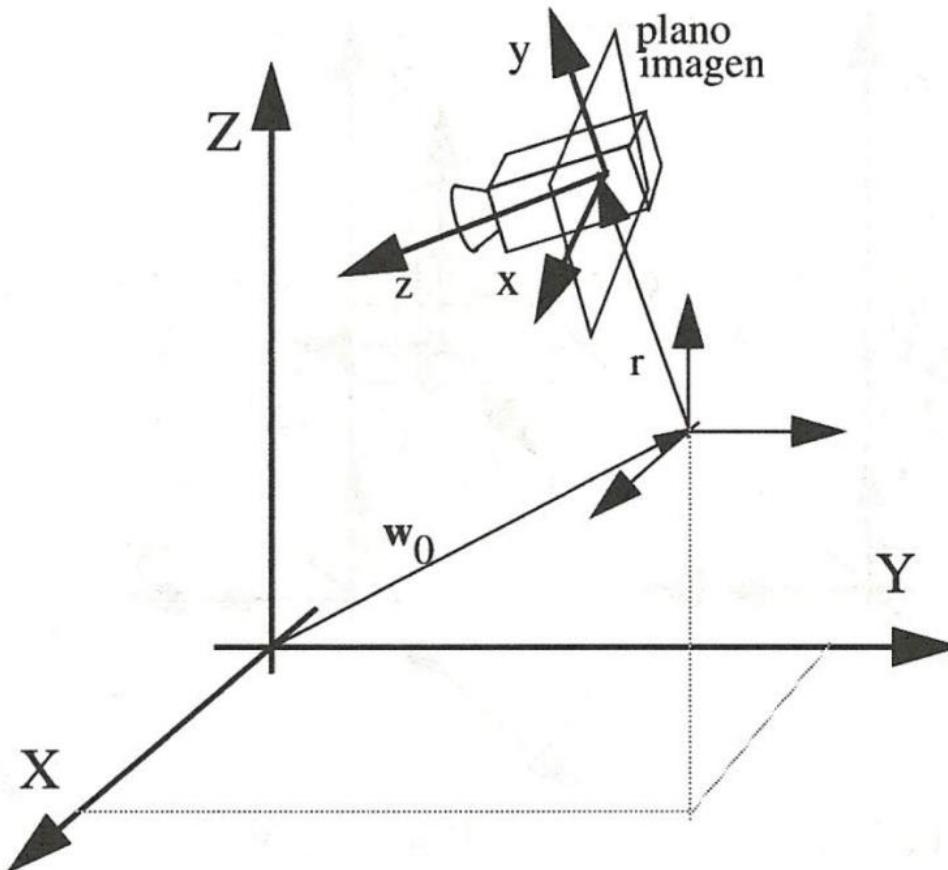
Están formadas por proyecciones de objetos 3D

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

➤ Modelos Geométricos: Proyección de rayos luminosos reflejados por objetos 3D sobre un plano imagen 2D.

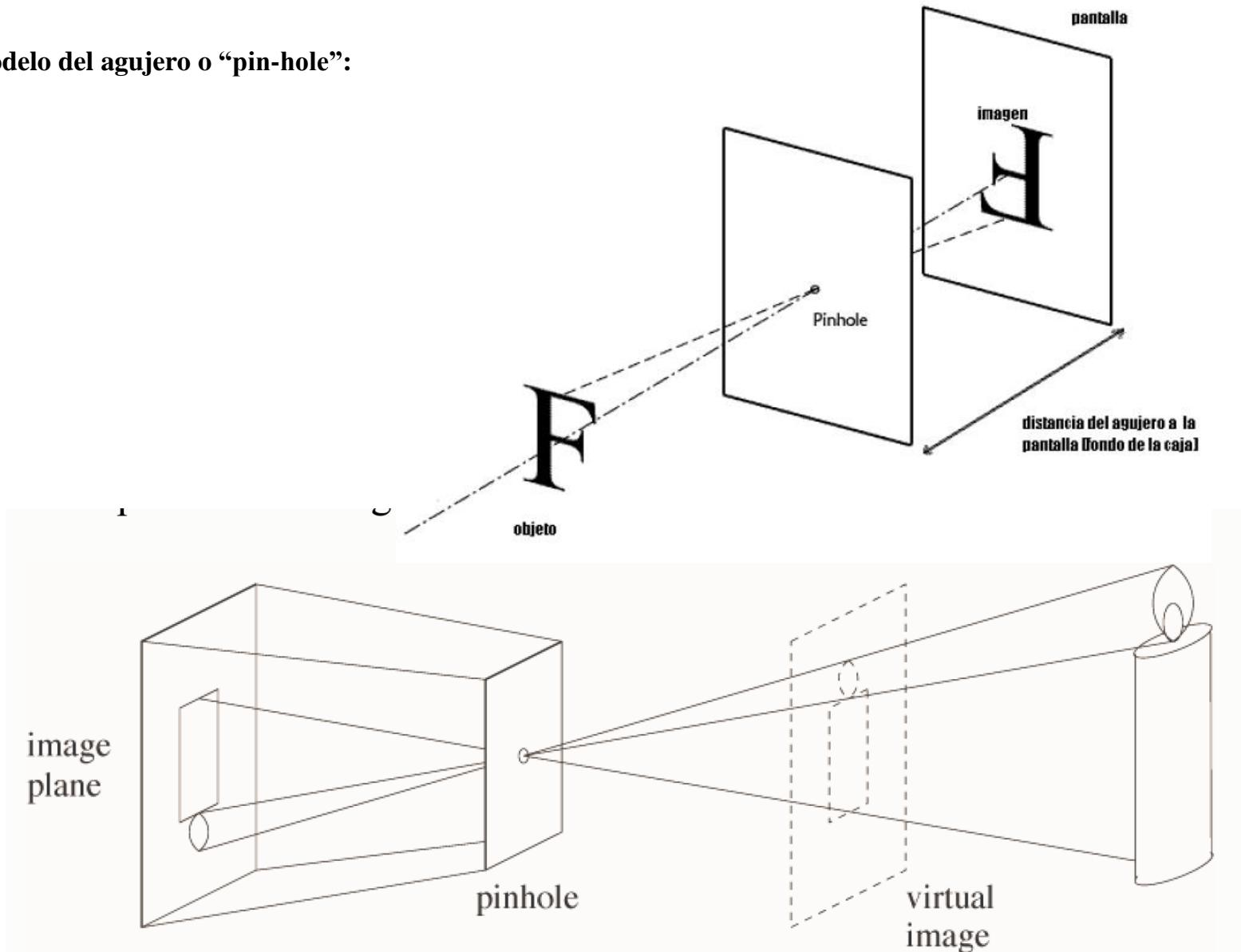
→ Transformación Perspectiva: transformación que proyecta puntos del espacio (tridimensional) en el plano.



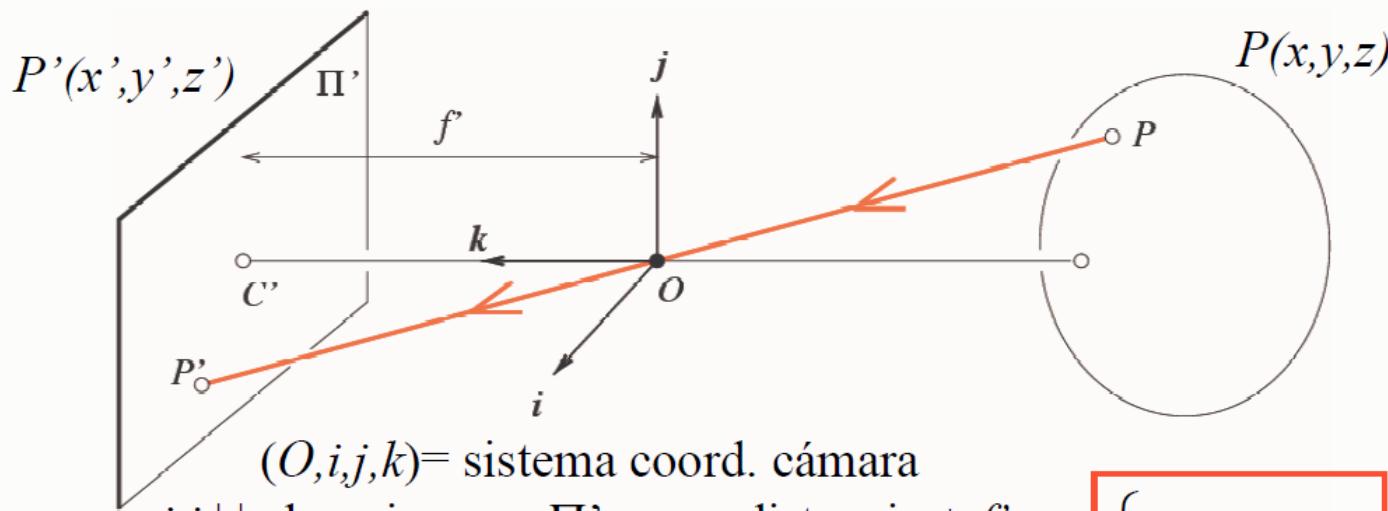
TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

- **Modelo del agujero o “pin-hole”:**



Ecuación de proyección de perspectiva “Pinhole”



(O,i,j,k) = sistema coord. cámara

$i,j \parallel$ plano imagen Π' a una distancia $+f'$
a lo largo del vector k = eje óptico,
 C' = centro de la imagen (origen sistema)

$$z' = f'$$

$$\begin{cases} x' = \lambda x \\ y' = \lambda y \\ f' = \lambda z \end{cases}$$

\Leftrightarrow

$$\lambda = \frac{x'}{x} = \frac{y'}{y} = \frac{f'}{z},$$

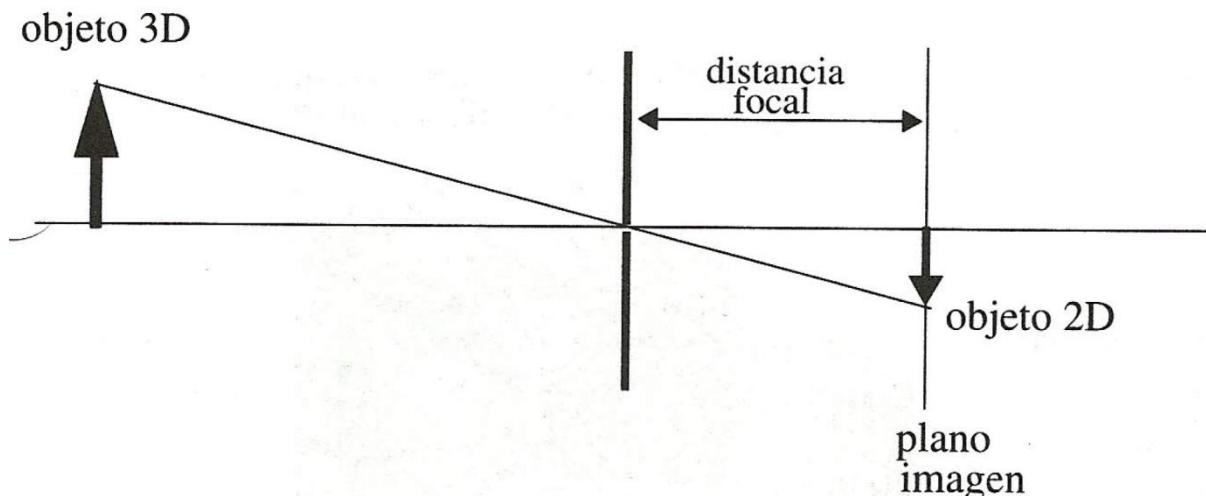
$$\begin{cases} x' = f' \frac{x}{z} \\ y' = f' \frac{y}{z} \end{cases}$$

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

➤ **Modelo del agujero o “pin-hole”:**

- ⇒ **Cada punto de un objeto del espacio se proyecta en un punto de un plano denominado plano imagen, donde se forma la escena 3D.**



- ⇒ **El agujero es de diámetro infinitesimal: de los rayos de luz que proceden de cada punto 3D sólo uno pasa por él.**
- ⇒ **Sobre cada elemento sensor de la imagen incide un único rayo de luz: todos los puntos del espacio estarán siempre perfectamente enfocados.**

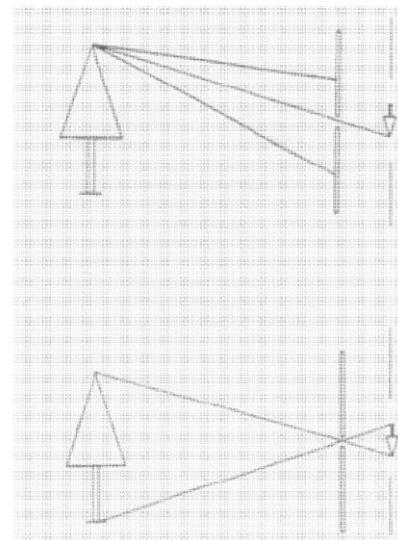
TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

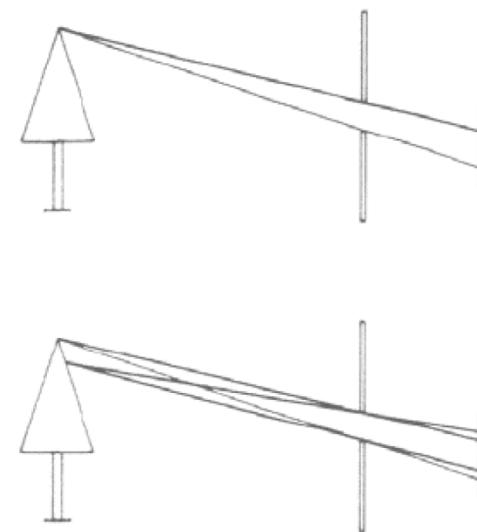
➤ **Modelo del agujero o “pin-hole”: Inconvenientes**

- ⇒ Desde un punto de vista radiométrico, es incapaz de explicar la formación de imágenes:
 - Un único rayo procedente de un punto del espacio no posee la energía suficiente para excitar el elemento sensor.
 - Si el agujero se hace mayor, permitiría una cantidad de rayos suficiente para ello, pero la imagen estaría desenfocada.

-Modelo ideal



-Modelo real



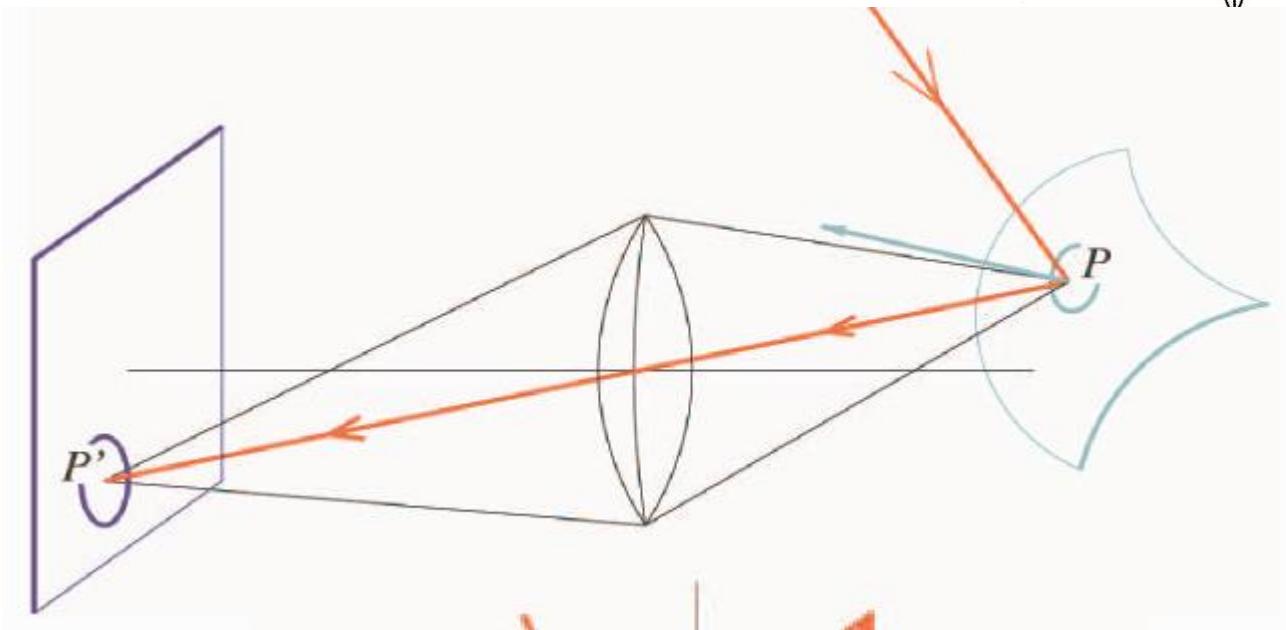
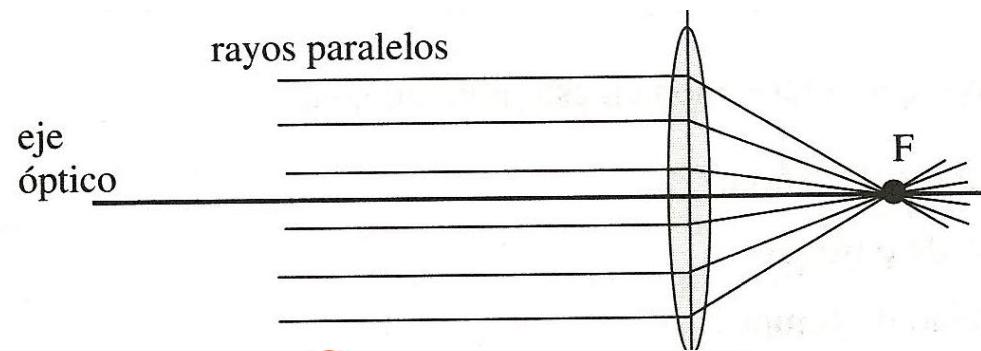
- ⇒ El modelo no describe los fenómenos que aparecen en la adquisición de imágenes con cámaras reales y, por tanto, no contempla la mayoría de las características y parámetros típicos de una óptica: desenfoque de objetos, control de la cantidad de luz incidente en el sensor, etc.

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

➤ Modelo de lente delgada

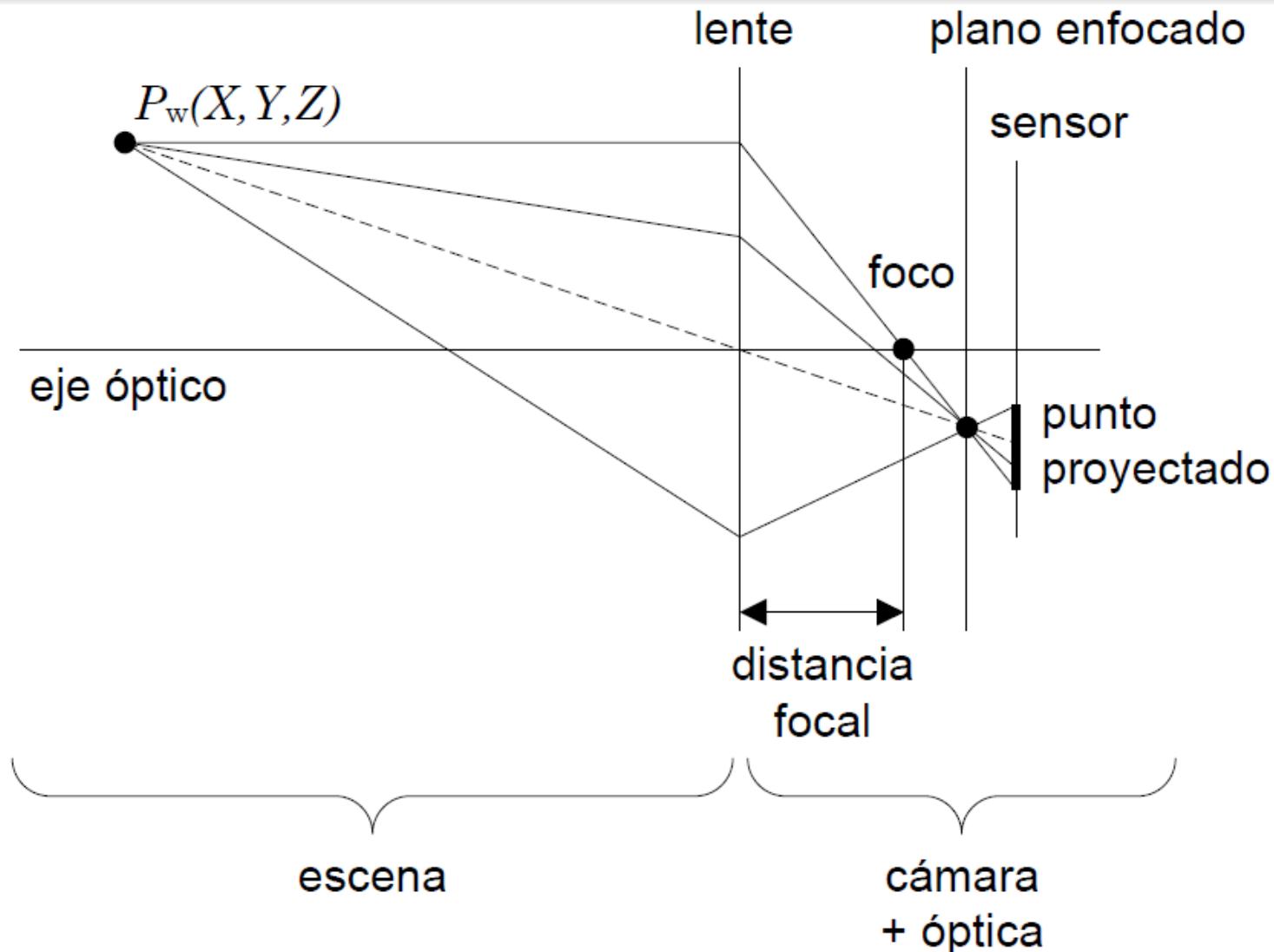
- ⇒ **Modelo que permite modelar la mayoría de los parámetros de las ópticas reales.**
- ⇒ **Se modela la óptica como una única lente que concentra en un punto los infinitos rayos luminosos procedentes de un determinado punto del espacio. De acuerdo con este modelo:**
 - **Todos los rayos paralelos al eje óptico de la lente convergen en un punto (Foco – F).**
 - **Los rayos que atraviesan el centro de la lente no sufren desviación.**



TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

➤ Modelo de lente delgada



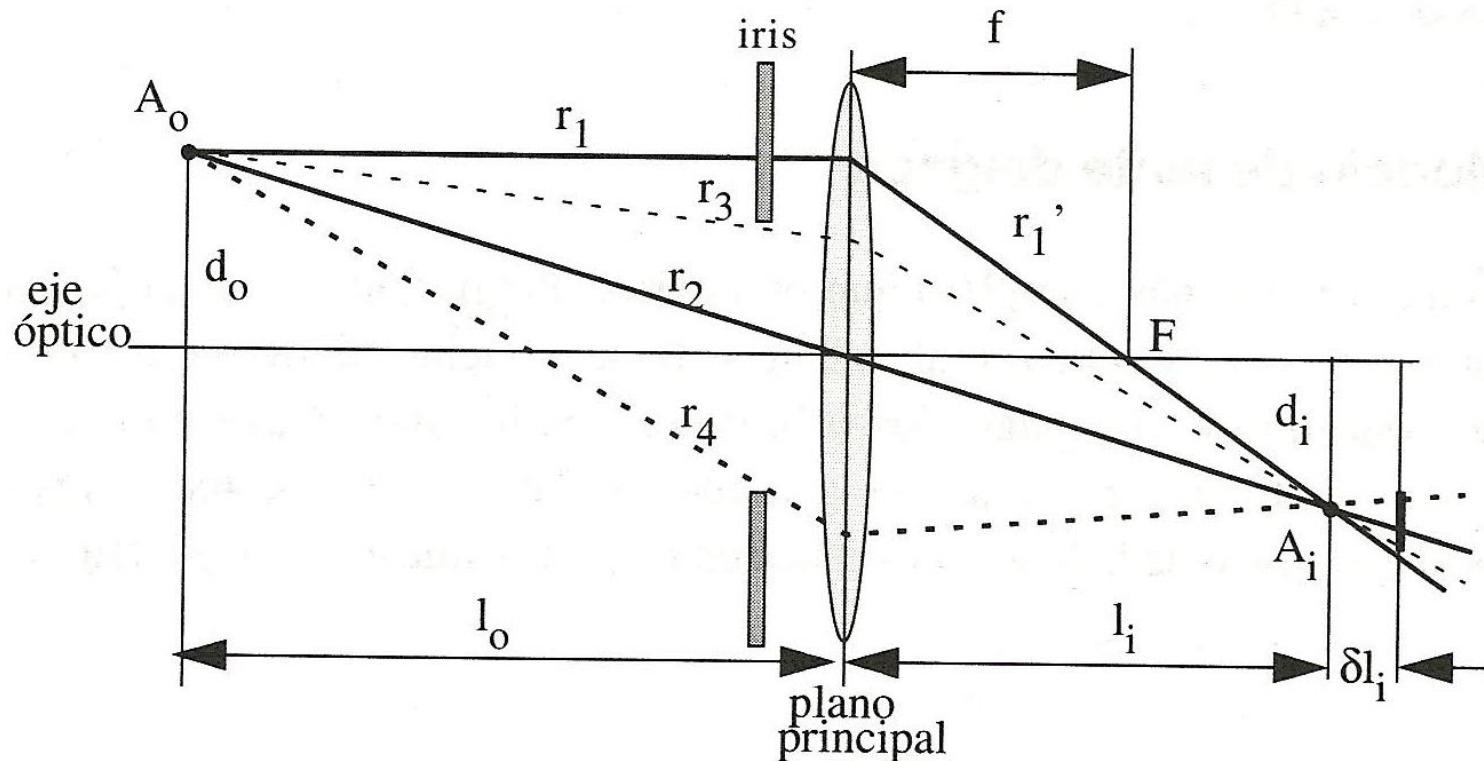
TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

➤ Modelo de lente delgada

Proceso de formación de la imagen:

- La proyección de un punto dado A_o se determina en base a dos rayos principales: uno paralelo al eje óptico y otro que pasa por el centro óptico.
- El punto de intersección de ambos determina el punto donde convergerán los infinitos rayos que provenientes de A_o pasan a través de la lente.



TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

➤ **Modelo de lente delgada - Parámetros que intervienen en el modelo:**

⇒ **Distancia focal, distancia de enfoque, profundidad de campo, apertura (iris o diafragma) .**

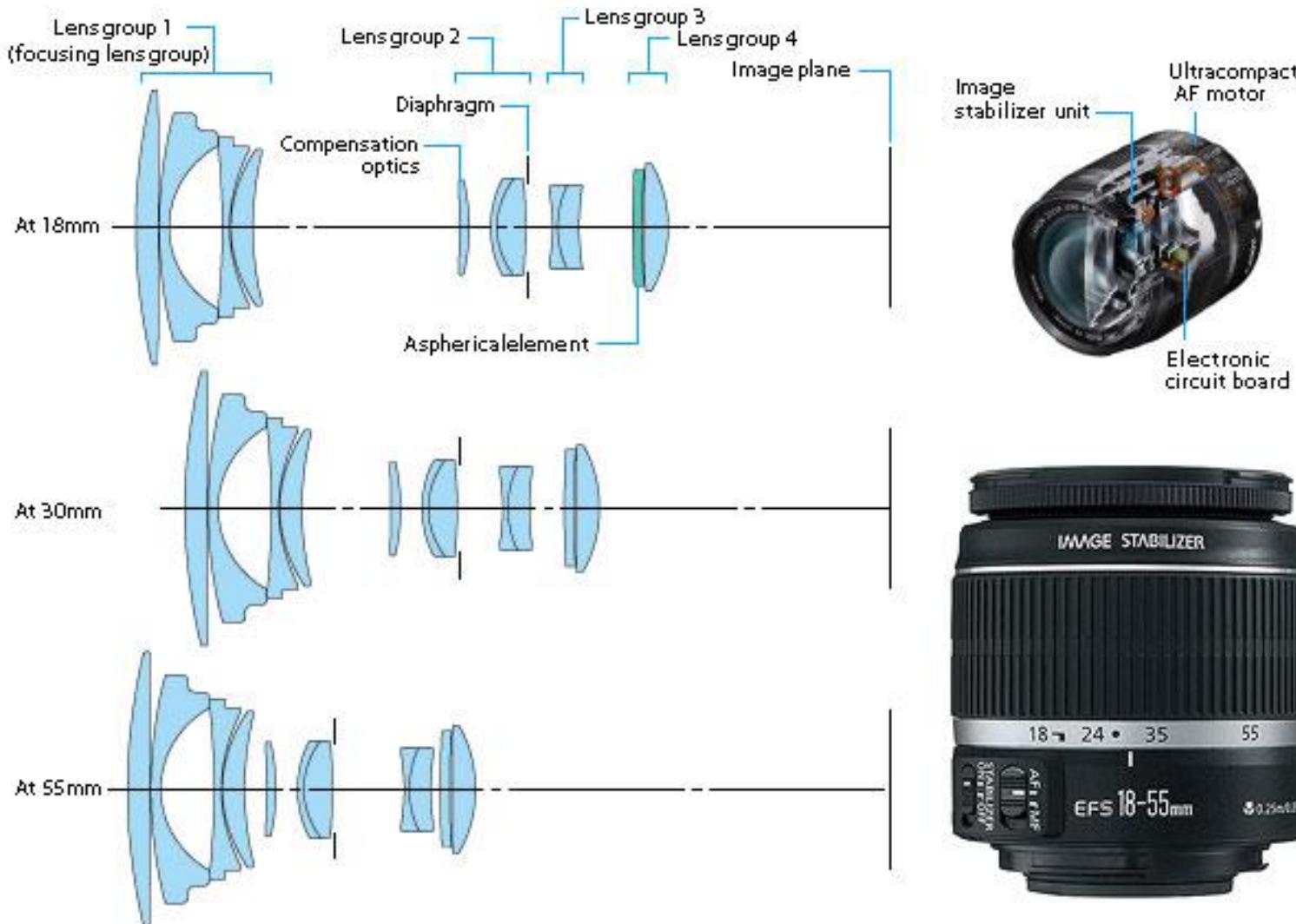
Distancia focal: distancia “f” del centro de la lente al foco

- ⇒ Determina el tamaño de la imagen formada en el sensor: “f” pequeña: reducción del tamaño de los objetos en la imagen. “f” grande: aumento del tamaño.
- ⇒ Controla el ángulo de visión: a mayor “f”, menor ángulo de visión.
- ⇒ Óptica tipo “zoom”: permite cambiar la distancia focal mientras la imagen sigue bien enfocada. Es necesario disponer de al menos dos lentes, la primera modificaría el tamaño de la imagen (*variador*, cambiaría la distancia focal y el factor de aumento), y la segunda enfocaría bien la imagen (*compensador*). En una óptica con “zoom” la distancia focal se puede modificar en un rango dado, que suele variar entre 12.5mm y 75mm:
 - Las ópticas normalmente contienen hasta una docena de lentes asociadas en grupos. La variación de la distancia focal, y por tanto, del aumento, se produce por el movimiento relativo entre estos grupos de lentes.
 - ⇒ En una óptica sin aumentos, la distancia focal es fija. La distancia focal del ojo humano es aproximadamente 20mm.
 - Esta medida establece la frontera entre el teleobjetivo, con distancias focales mayores a 25mm, y el gran-angular cuya distancia focal es menor de 15mm.

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

EJEMPLO ÓPTICAS TIPO ZOOM: *objetivo zoom estándar con la disposición de sus lentes a diferentes focales*



Canon EF-S 18-55mm f/3.5-5.6 IS

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

ÓPTICAS TIPO ZOOM:

⇒ **Objetivo normal**



⇒ **Gran Angular**



(Fotos sacadas a 25 metros)

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

ÓPTICAS TIPO ZOOM:

⇒ Teleobjetivo



(Fotos sacadas a 45 metros)

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

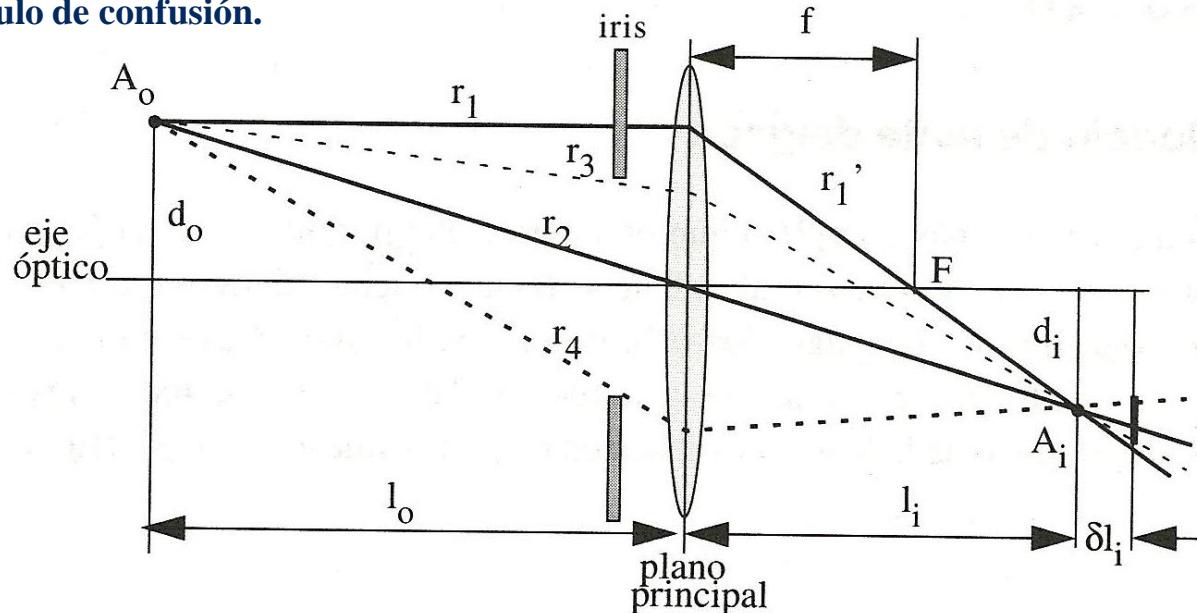
2.1.- Modelo geométrico de una cámara

➤ Modelo de lente delgada - Distancia de Enfoque:

- ⇒ Es la distancia (“ l_o ” en la figura), medida desde el plano de la lente, a la que se encuentra el plano del espacio que permanece enfocado en el plano imagen.

Desenfoque de un punto: En la figura, el punto A_o se mantiene enfocado en el plano imagen - todos los rayos que parten de él convergen en el punto A_i del plano imagen. El desenfoque del punto A_o se puede originar por:

- ⇒ Desplazamiento del plano imagen.
- ⇒ El propio punto A_o , manteniéndose fijo el plano imagen, se aleja o acerca del plano principal.
- En ambos casos, el punto A_o ya no se proyecta en el plano imagen en un único punto A_i , sino en un área denominada círculo de confusión.



TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

➤ **Modelo de lente delgada - Distancia de Enfoque:**

→ Relación Distancia de Enfoque-Distancia Focal: $1/f = 1/l_o + 1/l_i$

⇒ Asumiendo una distancia focal fija, la distancia de enfoque se modifica variando la distancia entre la lente y el plano imagen.



TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

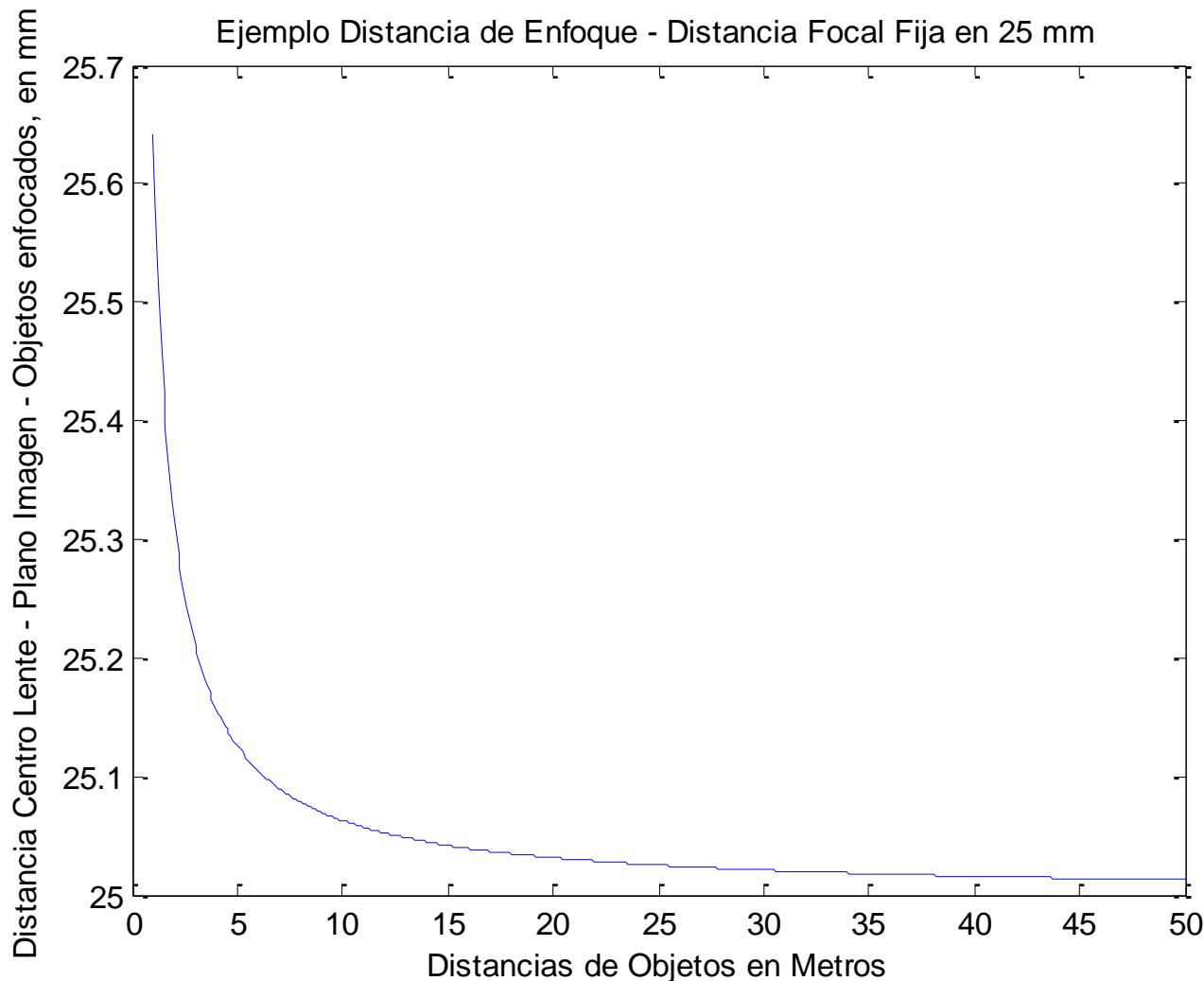
2.1.- Modelo geométrico de una cámara

➤ **Modelo de lente delgada - Distancia de Enfoque:**

→ **Relación Distancia de Enfoque-Distancia Focal:**

$$1/f = 1/l_o + 1/l_i$$

⇒ Asumiendo una distancia focal fija, la distancia de enfoque se modifica variando la distancia entre la lente y el plano imagen.

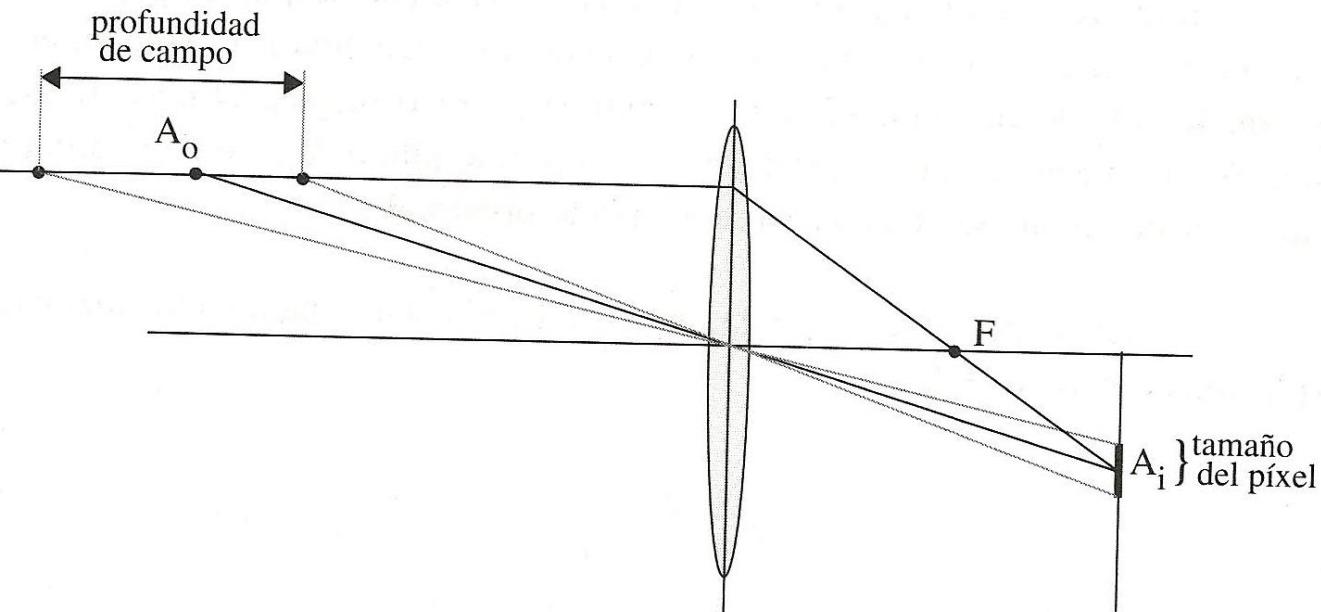


TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

➤ **Modelo de lente delgada – Profundidad de Campo:**

- **Determina la anchura de la zona enfocada, es decir, el rango de distancia delante y detrás del objeto que parece estar enfocada en el plano imagen.**

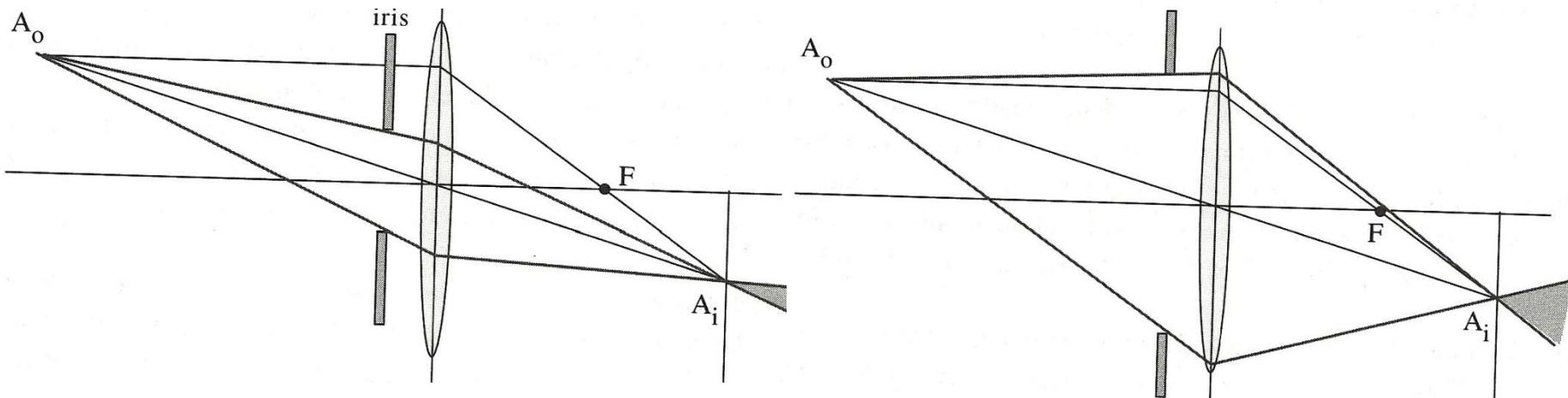


- ⇒ Para que un punto esté perfectamente enfocado todos los rayos luminosos procedentes de él deben concentrarse en un único punto del plano imagen.
- ⇒ El plano imagen es discreto, está compuesto por píxeles que tienen un determinado tamaño.
 - Un punto 3D permanecerá enfocado siempre que los rayos que de él proceden incidan en un mismo pixel de la imagen.
- La profundidad de campo depende de: la resolución del sensor imagen, de la apertura del diafragma, y de la distancia de enfoque.

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

- **Modelo de lente delgada – Apertura:**
- **Diafragma o iris: sistema de la óptica que regula el paso de los rayos luminosos a través de las lentes.**
- ⇒ **Al actuar sobre el diafragma se producen dos efectos simultáneos y relacionados:**
 - **Se varía la cantidad de luz que incide sobre el sensor imagen: la cantidad de luz entra por un orificio más o menos abierto.**
 - **Se modifica la profundidad de campo: cuanto mayor es la apertura menor es la profundidad de campo y viceversa .**



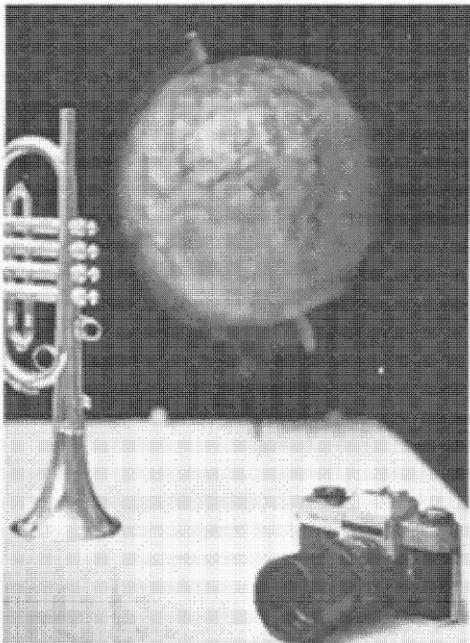
- **El cono formado tras el punto A_i por los rayos luminosos que pasan a través de la lente depende del diámetro de apertura del iris. El desenfoque del punto A_o se producirá mucho más rápidamente en el caso del cono mayor (mayor apertura), lo que significa que la profundidad de campo es mucho menor en este caso. De acuerdo con esto, un objeto puede estar perfectamente enfocado y desenfocarse al abrir el iris.**

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

➤ **Modelo de lente delgada – Apertura:**

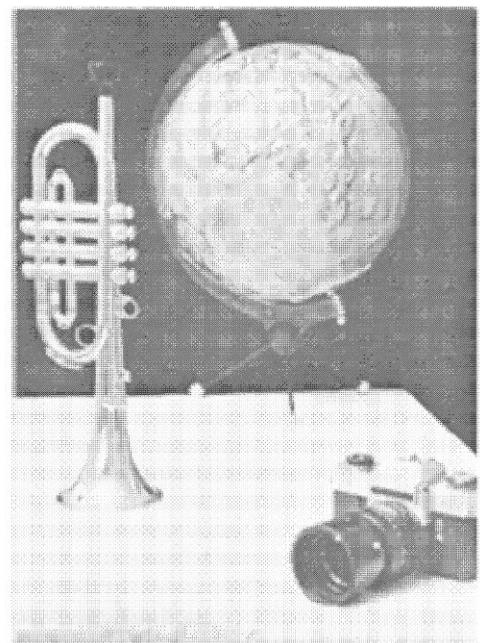
Ejemplo de los efectos causados por la variación del diafragma:



a



b



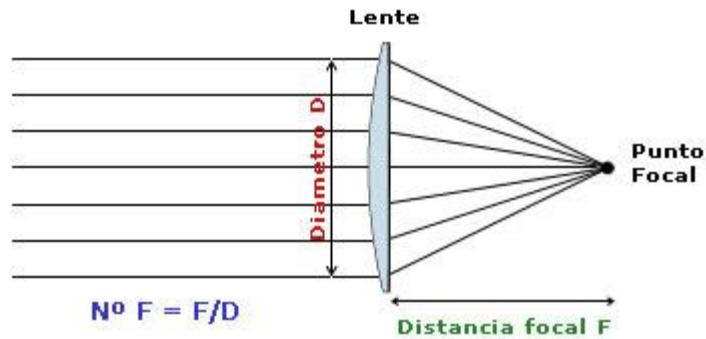
c

- a) **Enfoque corto, diafragma abierto: globo desenfocado.**
- b) **Enfoque largo, diafragma abierto: cámara desenfocada.**
- c) **Diafragma cerrado: gran profundidad de campo.**

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

- **Modelo de lente delgada – Apertura:**
- ⇒ **La apertura de una óptica viene dada por el denominado “F-número” (F-number o f-stop):**
 - Se determina dividiendo la distancia focal por el diámetro de apertura de la lente; su valor se expresa por la letra “F” seguida del número calculado. Por ejemplo, una lente con distancia focal de 50 mm y 10mm de diámetro de apertura, tendrá un “F-número” de 5, y se representa F5 o f/5.
 - Su escala está normalizada en los siguientes valores: 1.4, 2, 2.8, 4, 5.6, 8, 11, 16, etc... Cada F-número cambia el área de apertura de la lente, y por tanto la cantidad de luz disponible en el sensor, en un factor de 2 (el diámetro en un factor de raíz de dos).
 - Si el F-número aumenta, el diámetro se hace más pequeño y, por consiguiente, la luz disminuye.
 - El límite de la mayor apertura viene dado por el diámetro de los componentes ópticos y por los posibles efectos de aberración. El límite de menor apertura viene dado por la cantidad mínima de luz que el sensor necesita.
 - En el mercado existen ópticas equipadas con auto-iris, que ajustan automáticamente las aperturas mediante circuitos electrónicos que compensan los cambios de iluminación. Además, las cámaras suelen venir equipadas con el llamada “obturador”, mecanismo que controla el tiempo que se deja pasar la luz a través de las lentes y, por tanto, el tiempo que el sensor es expuesto a la luz.

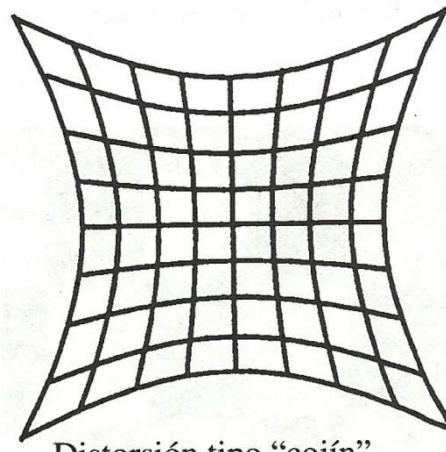


TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

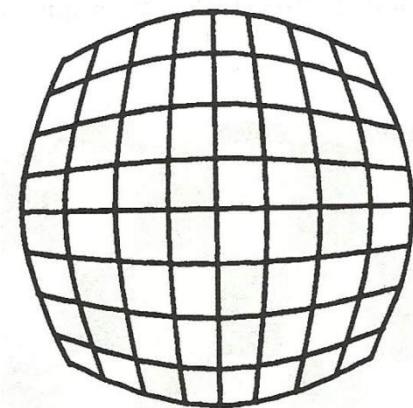
2.1.- Modelo geométrico de una cámara

➤ Distorsión óptica:

- ⇒ Distorsión que sufre la imagen como consecuencia de imperfecciones en la construcción de las lentes, no cumpliéndose las ecuaciones de proyección.
- En las distorsiones producidas por las lentes cabe considerar una componente radial y otra tangencial, cada una de ella modelándose como una serie de infinitos términos.
- En aplicaciones de visión por computador es suficiente modelar la distorsión radial, que puede ser de tipo “barril” y tipo “cojín”, dependiendo del signo de los parámetros que modelan el grado de distorsión.



Distorsión tipo “cojín”



Distorsión tipo “barril”

- Distorsión tipo barril: acentuada cuando se utilizan objetivos gran angulares que trabajan con focales cortas.
- Distorsión tipo cojín: acentuada cuando en Teleobjetivos que trabajan con focales largas.

TEMA 2

– ADQUISICIÓN DE IMÁGENES –

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

2.2.- Sensores visuales

2.3.- Digitalización de imágenes: señal de video

2.4.- Digitalización de imágenes: imágenes digitales

2.5.- Codificación digital de una imagen: modelos de color

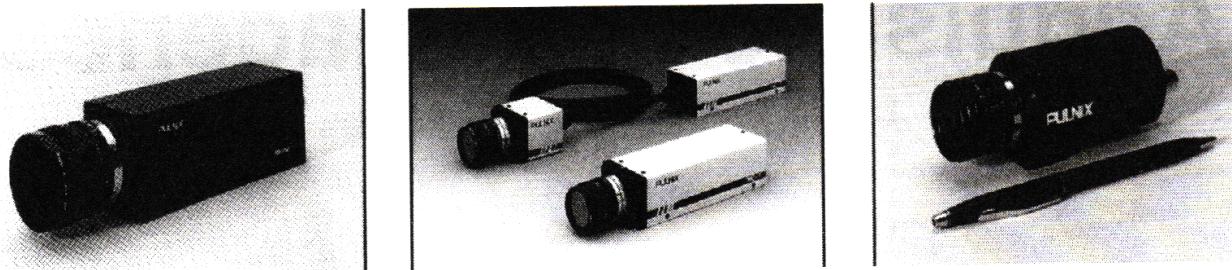
TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.2.- Sensores visuales

- Sensor visual (cámaras o sensores de imágenes): son los encargados de transformar la información visual en señales eléctricas. Esta señal, normalmente analógica, es posteriormente muestreada (obteniendo los píxeles) y cuantificada (dando el valor de su nivel de gris), consigiéndose una imagen digital.
 - ⇒ Dispositivo físico sensible a una determinada banda del espectro de energía electromagnético (rayos X, ultravioleta, visible, infrarrojo, sonar) y que produce una señal eléctrica de salida proporcional al nivel de energía incidente en cualquier instante de tiempo:
 - La cámara capta los rayos reflejados por los objetos y los convierte en una señal eléctrica para poder ser tratados por el computador.

- ⇒ Los sensores más utilizados son las cámaras de video:

- Cámaras de tubo de vidicón (de tecnología analógica).

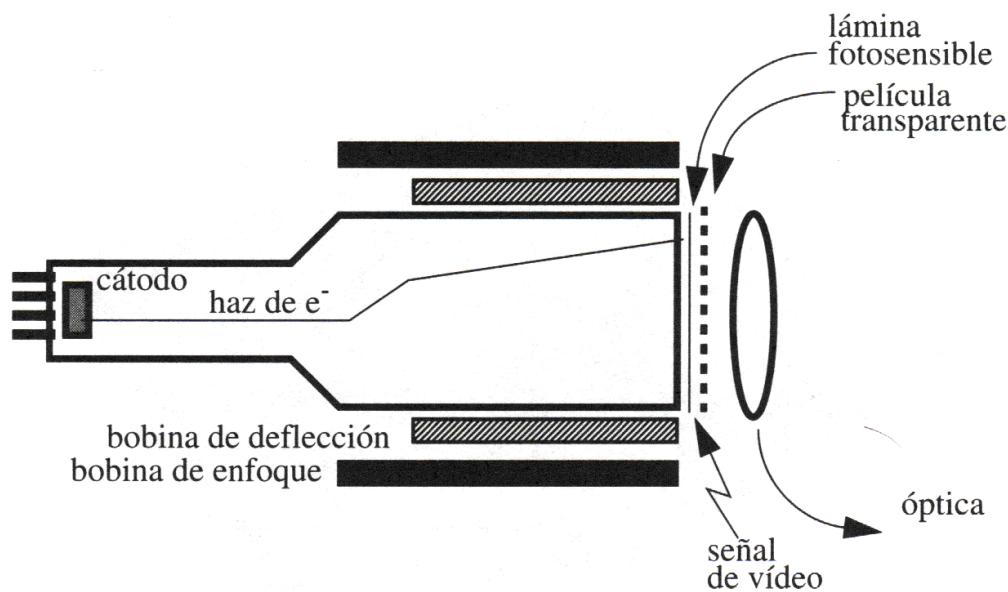


Distintas cámaras de TV empleadas en sistemas de visión artificial

- Cámaras de estado sólido (basadas en dispositivos de acoplamiento de cargas o CCD – *Charge Coupled Device*)
 - Cámaras CMOS (*APS, Active Pixel Sensor*, sensores que detectan la luz basados en tecnología CMOS, *Complementary Metal Oxide Semiconductor*).

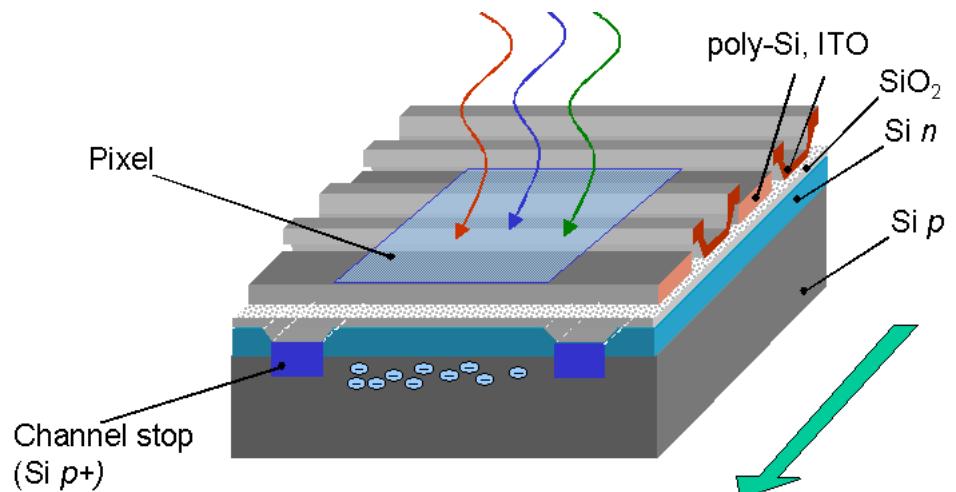
➤ Sensor visual: *Cámaras de tubo de vidicón*

- ⇒ Constan de un tubo cilíndrico de vidrio con un cañón de electrones en un extremo y una lámina en el otro, y de dos bobinas exteriores cuya misión es hacer que el haz de electrones se desvíe para así poder rastrear la imagen que hay en la lámina.
- ⇒ La parte más interna de la lámina es una delgada película fotosensitiva compuesta por millones de pequeñas celdas aisladas unas de otras. El material fotosensible suele ser de vidicón.
- ⇒ Cada celda de la película actúa como un pequeño condensador cuya carga es función de la luz que sobre ella incide. Cuando el haz de electrones rastrea la lámina se genera una corriente proporcional a la carga en la celda.
- ⇒ Esta corriente es recogida por una circuitería que genera una señal analógica proporcional a la imagen captada en la lámina. Esta circuitería inserta en la señal distintos pulsos de sincronismos para indicar el final de cada línea y cuadro.



➤ Sensor visual: *Sensores de Estado Sólido*

- ⇒ Están basadas en dispositivos de acoplamiento de cargas o **CCD** (*Charge Coupled Device*).
- ⇒ Un **CCD** es un circuito integrado que contiene un número determinado de condensadores enlazados o acoplados: elementos semiconductores denominados “*photosites*” que son sensibles a la luz.
- ⇒ Los fotones de la luz de la escena pasan por una estructura cristalina de silicio y son absorbidos creando pares electrón-hueco. La cantidad de pares electrón-hueco almacenada en cada “*photosite*” será proporcional a la intensidad de la luz que incide sobre él .
- ⇒ Los “*photosites*” registran luz roja, azul y verde.
- ⇒ Para extraer las cargas de electrones del sensor se utiliza un procedimiento denominado **Transferencia de Carga** en el que entran en juego la totalidad de los electrodos:



→ Cada columna de “*photosites*” tiene asociado un registro de transporte vertical y un conjunto de puertas que se encargan de pasar la información de la columna al registro. De estos registros de transporte verticales se pasa a un registro de transporte horizontal por medio de otro conjunto de puertas. El contenido de los registros de transporte pasa por una puerta de salida, la cual lo transfiere a un amplificador, obteniéndose a la salida de éste una señal proporcional a la imagen de entrada. Esta señal es analógica, aunque el dispositivo esté formado por un conjunto de sensores discretos.

➤ **Sensor visual: Sensores CMOS (*Complementary Metal Oxide Semiconductor*)**

- ⇒ **Active Pixel Sensor (APS):** sensor que detecta la luz basado en tecnología CMOS. Por ello, estos sensores son más conocidos como Sensor CMOS. Son utilizados en algunas cámaras digitales y numerosas WebCams.
- ⇒ En el sensor CMOS se incorpora un amplificador de la señal eléctrica en cada “photosite” y es común incluir el conversor digital en el propio chip. En un sensor CCD se tiene que enviar la señal eléctrica producida por cada “photosite” al exterior y desde allí se amplifica.
- ⇒ El consumo del sensor CMOS es mucho más bajo que el CCD.
- ⇒ Tienen una eficiencia lumínica menor que los CCD (espacio ocupado por la circuitería)
- ⇒ Ruido de patrón fijo (FPN): se debe a que los sensores CMOS convencionales tienen un amplificador por separado en cada píxel y estos amplificadores normalmente no serán uniformes por todo el chip y la desigualdad residual será la que genere el ruido. Por el contrario, todos los píxeles de un CCD se activan a través de una etapa común del amplificador, de modo que se evita este problema.

TEMA 2

– ADQUISICIÓN DE IMÁGENES –

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

2.2.- Sensores visuales

2.3.- Digitalización de imágenes: señal de video

2.4.- Digitalización de imágenes: imágenes digitales

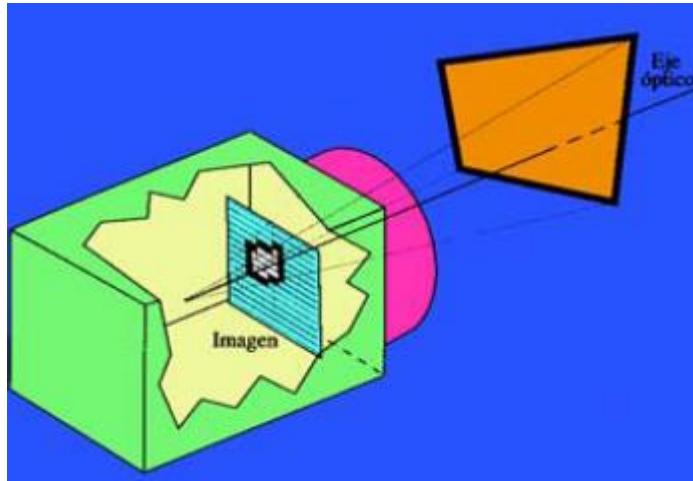
2.5.- Codificación digital de una imagen: modelos de color

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

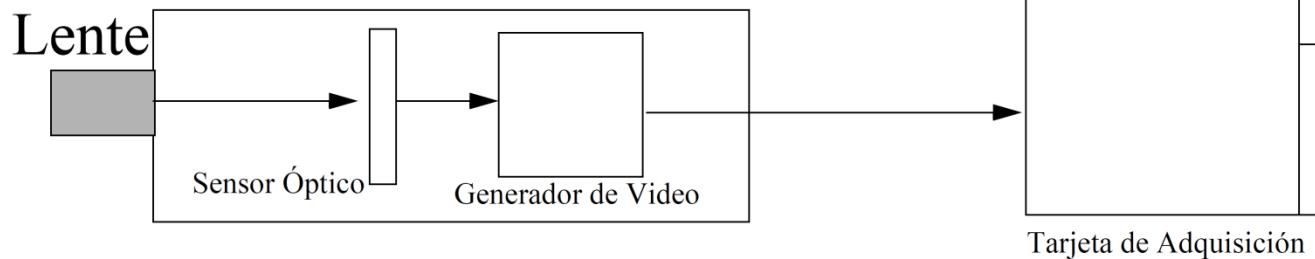
2.3.- Digitalización de imágenes: señal de video

➤ SEÑAL DE VIDEO

⇒ La información almacenada en cada píxel se transmite a través de una señal eléctrica analógica



Cámara



TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.3.- Digitalización de imágenes: señal de video

La señal de video:

- Señal analógica proporcionada por una cámara de video o televisión que se ajusta a alguno de los estándares existentes:
 - La norma de video en Estados Unidos y Japón es conocida como NTSC. En Europa, son PAL y CCIR.
 - Existen otro tipo de cámaras (cámaras digitales) que no sigue ninguno de estos formatos: envían la información al digitalizador en formato digital codificado según el formato de cada fabricante, aunque se está extendiendo el protocolo IEEE 1394 o FireWire.

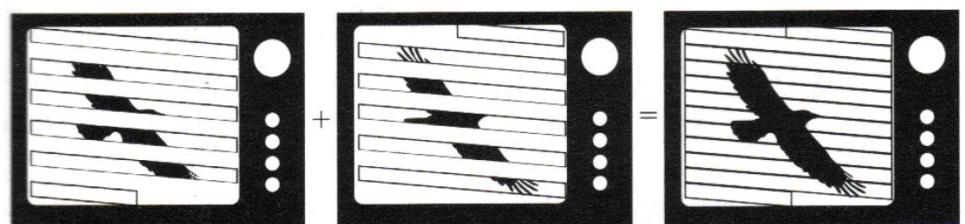
	PAL	NTSC
Frecuencia de imágenes	25 Hz	30 Hz
Frecuencia de campos	50 Hz	60 Hz
Nº de líneas	625	525
Sincronismo vertical (líneas)	50	40
Líneas efectivas	575	485
Nº de columnas	767	647
Tiempo de linea	64 µs	63,49 µs
Tiempo efectivo de linea	52 µs	52,59 µs

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.3.- Digitalización de imágenes: señal de video

La señal de video:

- **Modo entrelazado de una imagen (datos según la norma CCIR):**
 - ⇒ **Primero se rastrean y generan las líneas impares de la imagen. Después las pares.**
 - ⇒ **Cada campo se genera en 20ms (50Hz), por lo que la imagen completa se rastrea en 40ms (25Hz).**
- **Para que una imagen mostrada en un monitor no produzca para el ojo humano sensación de parpadeo, debe mostrarse 50 veces por segundo.**
- **En los comienzos de la televisión (tubos de vidicón) la generación de la imagen completa cada 20ms (1/50s) no era técnicamente posible.**
- **Con el modo entrelazado de una imagen, se generan alternativamente las líneas pares e impares de la imagen cada 20ms. Debido a la capacidad del ojo humano para retener la señal aunque ya no esté presente, se consigue evitar la sensación de parpadeo.**

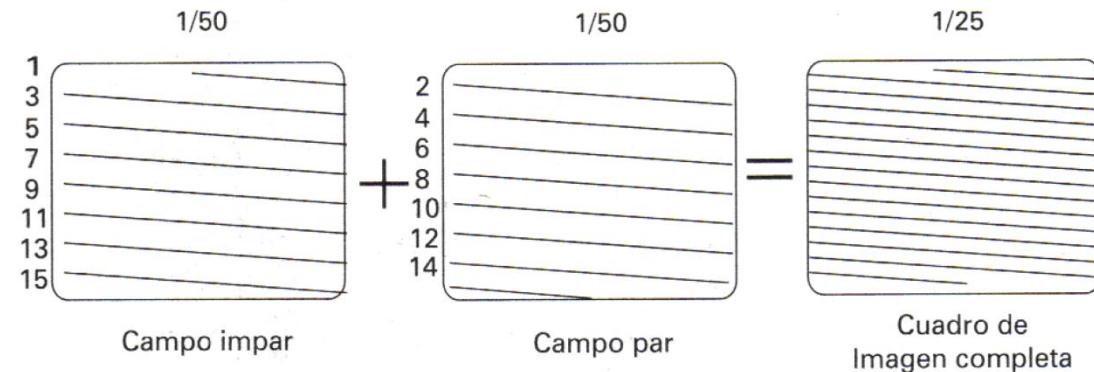


Campo par

Campo impar

Cuadro de
imagen completa

Exploración entrelazada de una imagen.



Campo impar

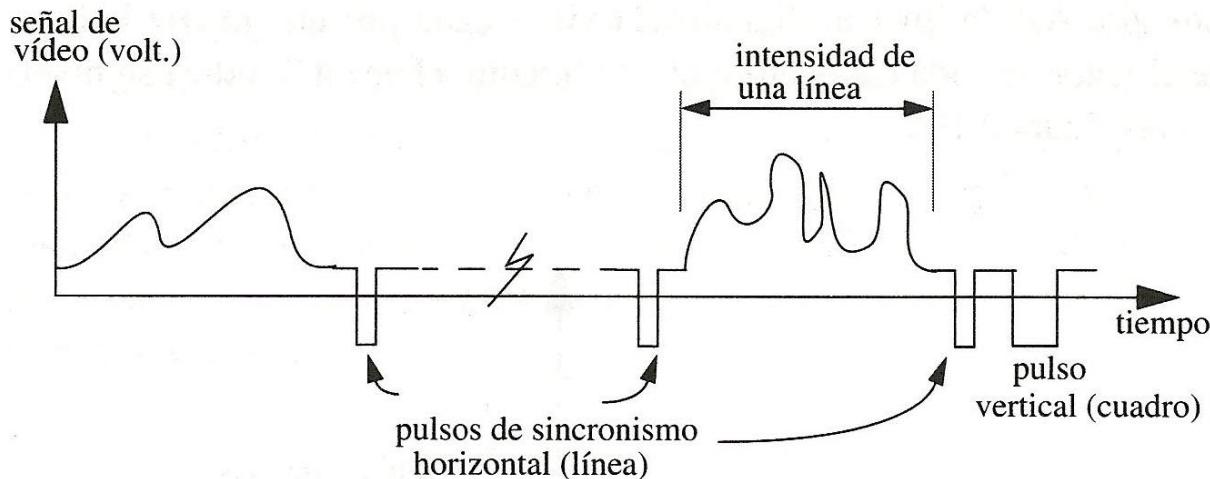
Campo par

Cuadro de
Imagen completa

La señal de video:

➤ Señal de video compuesto (datos según la norma CCIR):

⇒ La señal de video no sólo incluye información sobre las intensidades luminosas sino que también incluye una serie de pulsos de sincronismos necesarios para construir la imagen.

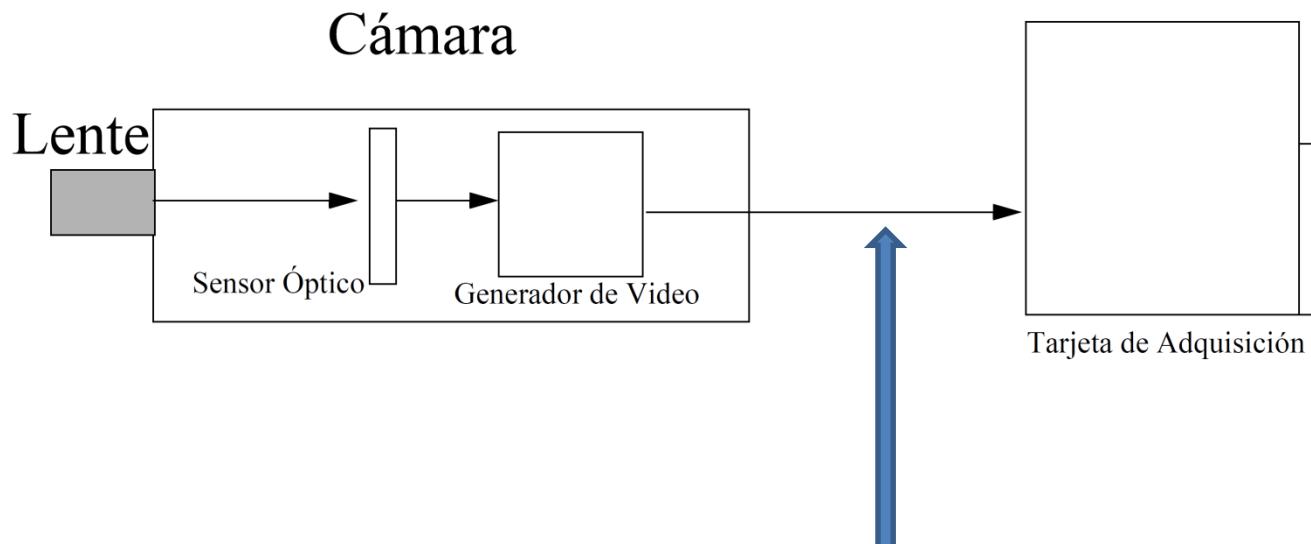


- Tiempo dedicado a cada línea: 64 μ s.
 - Tiempo dedicado a pulsos de sincronismo horizontal o espacio en blanco: 11.5 μ s.
 - Tiempo dedicado a la información de intensidad de la línea rastreada: 52.5 μ s.
- Al final de cada campo se inserta un pulso de sincronismo vertical o de cuadro, distinto al horizontal, para indicar que la siguiente línea es la primera de otro cuadro.

➤ Digitalización de la señal de video

Digitalizador (tarjeta de adquisición y procesamiento de imágenes):

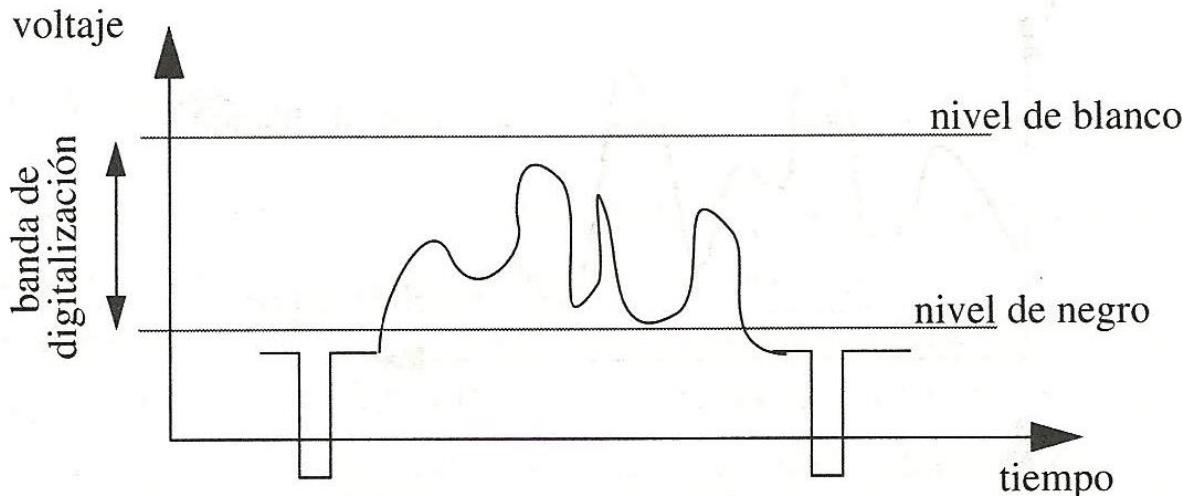
- ⇒ Dispositivo que convierte la señal eléctrica de salida continua en forma digital:
 - Recibe la señal transmitida por la cámara, normalmente información analógica, la muestrea (obteniendo los píxeles) y la cuantifica (dando lugar al valor de su nivel de gris) para obtener una señal digital.
- ⇒ Además de la digitalización, se encarga, en algunos casos, del almacenamiento y procesamiento a bajo nivel de la imagen.



2.3.- Digitalización de imágenes: señal de video

Digitalización de la señal de video: ajuste de ganancia y desplazamiento u offset

- Parámetros característicos de un Convertidor Analógico/Digital que permiten ajustar el rango de digitalización de la señal de video: *ajuste de ganancia y desplazamiento u offset*.



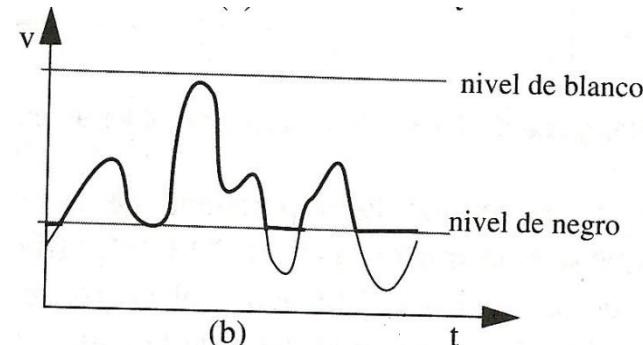
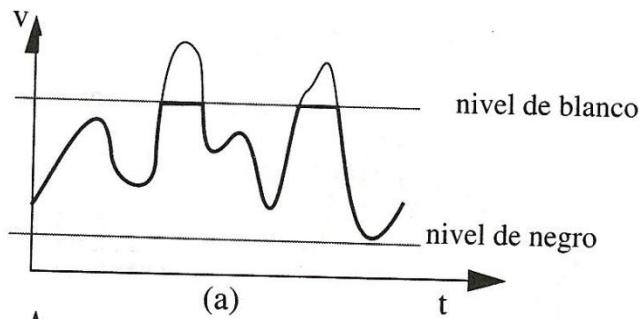
- ⇒ Ajuste del desplazamiento u offset: ajuste el voltaje mínimo o nivel de negro, sumando una señal continua a la señal de video.
 - Equivale a actuar sobre el brillo de la imagen (nivel medio de los niveles de grises).
- ⇒ Ajuste de ganancia: permite ajustar el rango dinámico de la señal de video a la banda de digitalización, actuando sobre la ganancia de un amplificador.
 - Equivale a modificar el contraste de la imagen (desviación media de los niveles de grises sobre el brillo).

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

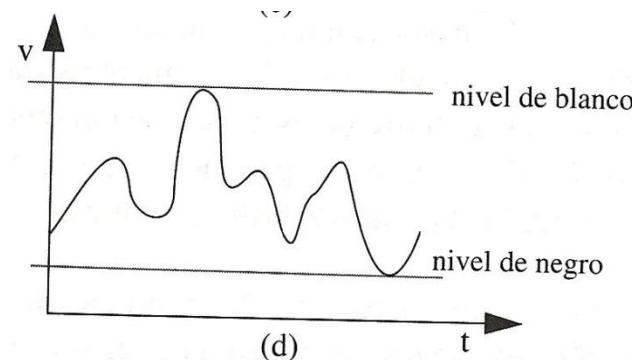
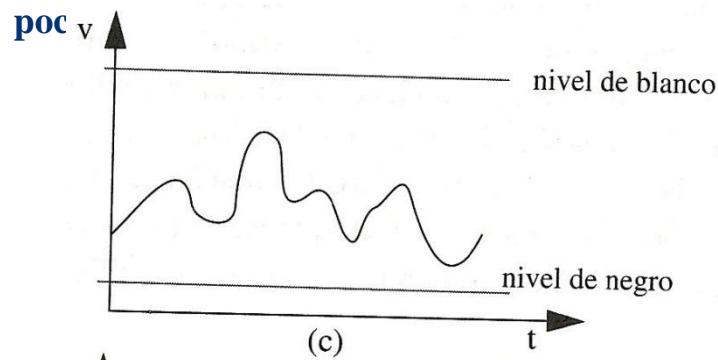
2.3.- Digitalización de imágenes: señal de video

Digitalización de la señal de video: ajuste de ganancia y desplazamiento u offset

- Desplazamiento u offset: Una incorrecta sintonización del desplazamiento provoca situaciones de saturación del blanco y el negro (imágenes a y b): en ambos casos, la parte de la señal que queda fuera de la banda del digitalizador se pierde completamente, asignándoles el valor máximo o mínimo de la escala.



- Ajuste de ganancia: Una incorrecta sintonización de la ganancia provoca que la señal sea cuantificada con una porción limitada de los valores disponibles de niveles de grises (imagen c): la imagen resultante tendrá poc v



- Por tanto, una correcta sintonización de estos parámetros (imagen d) es fundamental ya que la información perdida por una incorrecta digitalización no puede recuperarse mediante técnicas de procesamiento de imágenes.

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.3.- Digitalización de imágenes: señal de video

➤ IMAGEN DIGITAL

- ⇒ Las imágenes digitales obtenidas son transferidas por el BUS desde la tarjeta a la memoria del computador para su procesamiento a alto nivel: aplicación de técnicas de preprocesamiento de imágenes, de segmentación para extraer características que llevan a etapas de interpretación y reconocimiento, etc.



TEMA 2

– ADQUISICIÓN DE IMÁGENES –

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

2.2.- Sensores visuales

2.3.- Digitalización de imágenes: señal de video

2.4.- Digitalización de imágenes: imágenes digitales

2.5.- Codificación digital de una imagen: modelos de color

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.4.- Digitalización de imágenes: imágenes digitales

IMÁGENES DIGITALES: muestreo y cuantificación

- Proceso de conversión a digital de la señal analógica transmitida por la cámara. Se realiza un muestreo o digitalización de las coordenadas espaciales y una cuantificación o digitalización en niveles de gris.

1. Digitalización espacial: (*muestreo en el espacio*)

⇒ La digitalización de las coordenadas espaciales (x, y) está asociada al concepto de muestreo (conversión que sufren las dos dimensiones espaciales de la señal analógica, y que genera la noción de píxel).

⇒ La imagen que ha de ser tratada por el computador se presenta digitalizada espacialmente en forma de matriz bidimensional con una resolución de $M \times N$ elementos.

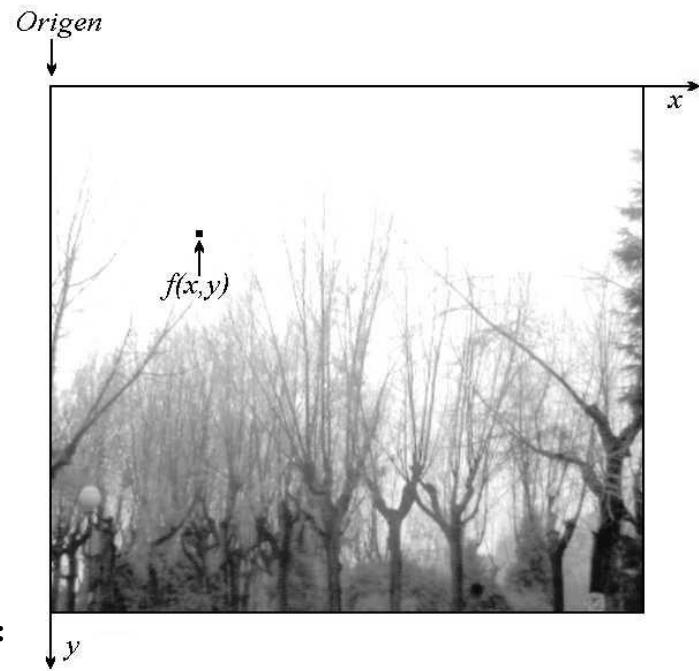
⇒ Cada elemento de la matriz se denomina píxel (picture element), y su valor $f(x, y)$ indica la intensidad o nivel de gris de la imagen en ese punto (x, y).

$$\begin{pmatrix} f(0,0) & f(1,0) & \dots & f(M-2,0) & f(M-1,0) \\ f(0,1) & f(1,1) & \dots & f(M-2,1) & f(M-1,1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ f(0,N-2) & f(1,N-2) & \dots & f(M-2,N-2) & f(M-1,N-2) \\ f(0,N-1) & f(1,N-1) & \dots & f(M-2,N-1) & f(M-1,N-1) \end{pmatrix}$$

Imagen muestrada espacialmente:

$(x_0 + x \Delta x, y_0 + y \Delta y)$ con $x = 0, 1, \dots, M-1$, $y = 0, 1, \dots, N-1$

Convención de ejes utilizada para la representación de imágenes digitales:



TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.4.- Digitalización de imágenes: imágenes digitales

IMÁGENES DIGITALES: muestreo y cuantificación

2. Digitalización de la amplitud (*cuantificación discreta del valor de la amplitud, nivel de gris, en cada punto muestreado*)

- ⇒ Está asociada al concepto de cuantificación (conversión que sufre la amplitud de la señal analógica, y que genera el concepto de nivel de gris o intensidad).
- ⇒ Los valores de intensidad o nivel de gris se cuantifican en L niveles discretos: $f(x,y) \rightarrow 0, 1, \dots, L-1$.
- ⇒ Para codificar L niveles se necesitan n bits para su codificación ($L \leq 2^n$). Normalmente se tendrán 256 niveles de gris ($L = 256$) en el rango 0 (negro absoluto) – 255 (blanco absoluto), es decir, se necesitan 8 bits ($n = 8$) para su codificación.

➤ Ejemplo: La siguiente imagen presenta una digitalización espacial con resolución de 120x120 píxeles y con niveles de gris en el rango 0-255. ¿Cuántos bits se requieren para almacenar la imagen en un computador?

→ La imagen se almacena como una matriz de 120x120 elementos (nº total de muestras), cada uno conteniendo el nivel de gris correspondiente a esa coordenada espacial, cuyo valor se encuentra en el rango 0-255 ⇒ se necesitan 8 bits para almacenar el nivel de gris de cada píxel).

→ Se necesitan 120x120x8 bits.

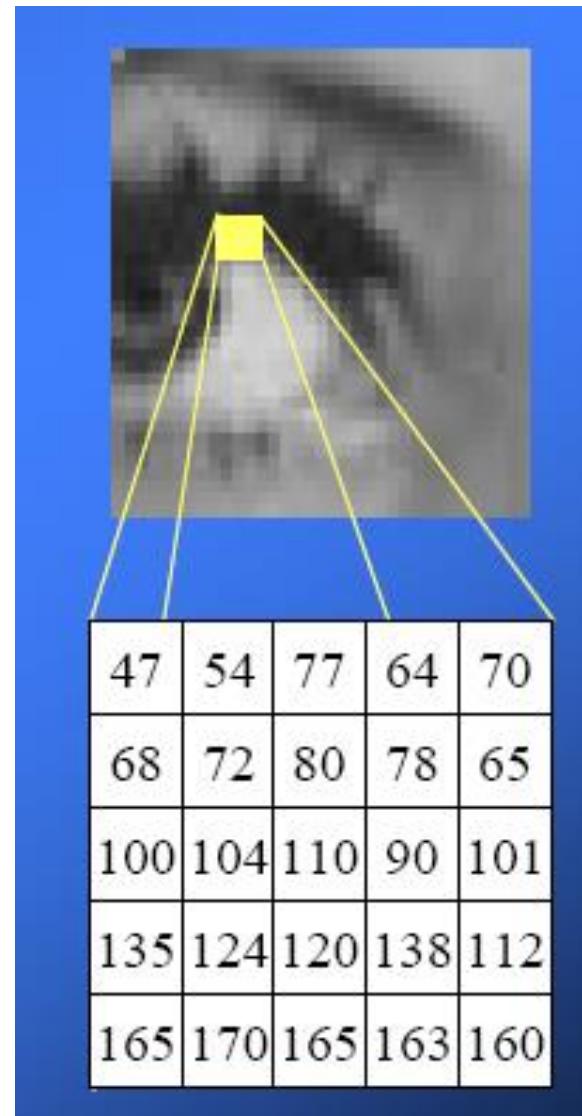


$$\begin{pmatrix} f(0,0) & f(1,0) & \dots & f(118,0) & f(119,0) \\ f(0,1) & f(1,1) & \dots & f(118,1) & f(119,1) \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots & \vdots \\ f(0,118) & f(1,118) & \dots & f(118,118) & f(119,119) \\ f(0,119) & f(1,119) & \dots & f(118,119) & f(119,119) \end{pmatrix}$$

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.4.- Digitalización de imágenes: imágenes digitales

Imagen Digital: Matriz Bidimensional de Niveles de Gris.



TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.4.- Digitalización de imágenes: imágenes digitales

IMÁGENES DIGITALES: muestreo y cuantificación

- Por lo tanto, las características de digitalización de una imagen vienen dada por la expresión: $M \times N \times n$
 - ⇒ MxN: resolución espacial ó tamaño de la imagen (número de píxeles).
 - ⇒ n: resolución en amplitud o número de bits empleados en la codificación.
 - El número de bits utilizados en la digitalización suele ser de 8 (1 byte) para imágenes monocromo, y de 24 bits (3 bytes) para imágenes color.
- Ejemplo *resolución espacial*: dependerá del número de píxeles del dispositivo MxN



4 representaciones de la misma imagen con variación en el número de píxeles utilizados: 200x320 ; 100x160 ; 50x80 ; 25x40

El rango de niveles de intensidad es el mismo en las cuatro imágenes: 0-128

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.4.- Digitalización de imágenes: imágenes digitales

IMÁGENES DIGITALES: muestreo y cuantificación

- Ejemplo *resolución en amplitud*: dependerá del número de niveles de gris L utilizados.



4 representaciones de la misma imagen con variación en el número de niveles de gris utilizados:

64 ; 32 ; 8 ; 2

En todos los casos la resolución espacial es de 200x320 píxeles

TEMA 2

– ADQUISICIÓN DE IMÁGENES –

2.1.- Modelo geométrico de una cámara

2.2.- Sensores visuales

2.3.- Digitalización de imágenes: señal de video

2.4.- Digitalización de imágenes: imágenes digitales

2.5.- Codificación digital de una imagen: modelos de color

Imágenes color en aplicaciones de visión artificial

- Los sistemas basados en color son menos utilizados que aquellos que emplean imágenes monocromo:
 - ⇒ Mayor volumen de datos (normalmente, 3 veces más)
 - ⇒ Encarecimiento del sistema (tanto de la cámara como del digitalizador).
 - ⇒ En muchas ocasiones, no aporta información relevante (Ej. Reconocimiento de un rostro o un modelo de un coche).
- Justificación uso del color en el procesamiento de imágenes:
 - ⇒ En aplicaciones donde los niveles de grises no son suficientes para solventar problemas que involucran directamente el color de los objetos (Ej. Clasificación de una determinada fruta en verdes y maduras).
 - ⇒ El color es un potente descriptor que puede simplificar la identificación y extracción de objetos en una escena.

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

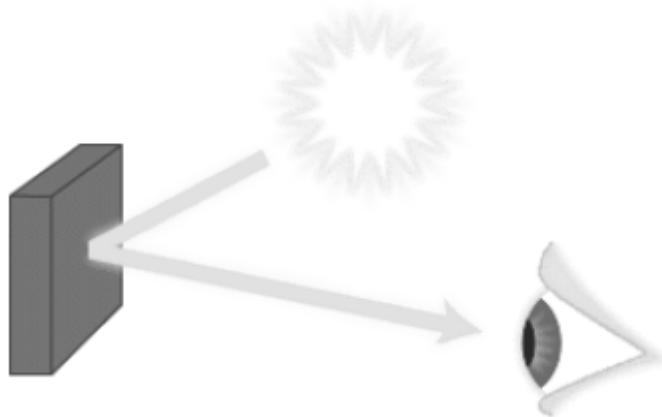
2.5.- Codificación digital de una imagen: modelos de color

Fundamentos del color

➤ Básicamente, los colores que las personas perciben en un objeto están determinados por la naturaleza de la luz reflejada por el objeto:

⇒ Un cuerpo que refleja luz de todas las longitudes de onda λ se muestra blanco al observador.

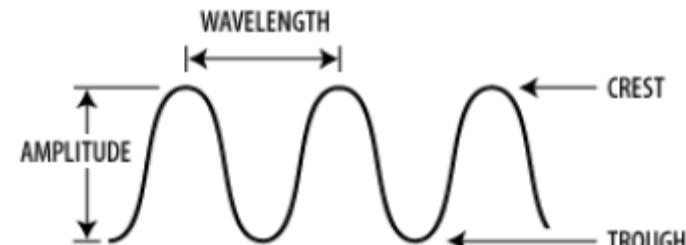
⇒ Un cuerpo que favorece la reflectancia en un rango limitado de λ en el espectro visible exhibe un determinado color (un objeto verde refleja luz con longitudes de onda en el rango 500-570 nm).



Luz como onda

Espectro electromagnético

Espectro visible (desde el violeta a 380 nm, hasta el rojo a 780 nm)



VISIBLE SPECTRUM

RADIO WAVES

X-RAYS

GAMMA RAYS

INFRARED

ULTRAVIOLET



Fuente de luz emite radiación con diferentes λ .

El objeto refleja otra distribución de λ .

Los fotorreceptores del ojo son sensibles a determinadas distribuciones.

Los estímulos se envían al cerebro y se percibe el color.

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.5.- Codificación digital de una imagen: modelos de color

Visión humana

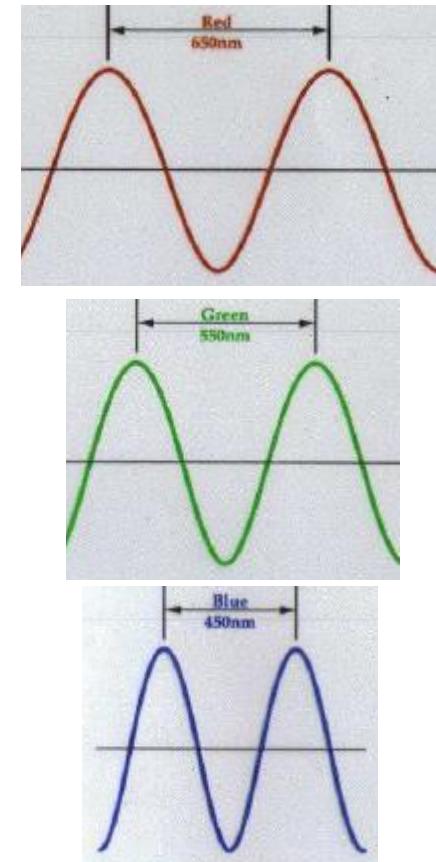
➤ Percepción física del color por parte del ojo humano: los colores son vistos como combinaciones variables de los tres colores primarios: rojo (R), verde (G) y azul (B).

⇒ La retina contiene dos tipos de receptores:

- Bastones: no son sensibles al color únicamente a las intensidades luminosas.
- Conos: son los responsables de la percepción del color, existiendo conos sensibles al rojo, verde y azul (\Rightarrow el color que percibe el ser humano es una combinación de tres estímulos distintos procedentes de los conos de la retina).

➤ Percepción psicológica del color: cuando los seres humanos describimos un determinado color, lo hacemos mediante tres características distintas:

- ⇒ Brillo: sensación acromática de la intensidad de la luz que indica si un área está más o menos iluminada.
- ⇒ Matiz o tonalidad (“Hue”): atributo asociado con la λ dominante en la mezcla de λ de luz (sensación que indica si un área parece similar a un determinado color).
- ⇒ Saturación: mide la carencia de luz blanca en el color percibido (tonalidad – λ dominante)



2.5.- Codificación digital de una imagen: modelos de color

Modelos de color

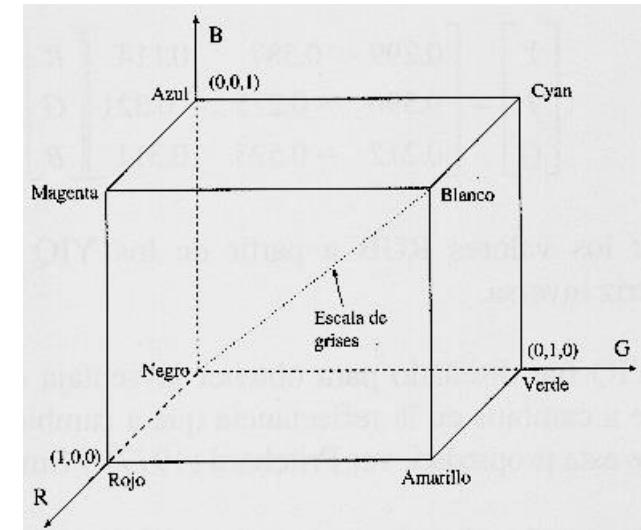
- **Modelo de color:** método basado en la especificación de un sistema de coordenadas 3-D y un subespacio dentro de dicho sistema donde cada color se representa por un punto. Permite especificar, crear o visualizar cualquier color.
- Dependiendo del tipo de sensor y la aplicación se han desarrollado diversos modelos de color:
 - ⇒ **Modelo RGB (Red, Green, Blue ≡ rojo, verde, azul):** utilizado para monitores en color y una amplia gama de video cámaras.
 - ⇒ **Modelo CMY (Cyan, Magenta, Yellow ≡ cíán, magenta, amarillo):** utilizado para impresión y fotografías (impresoras en color).
 - ⇒ **Modelo HSI (Hue, Saturation, Intensity ≡ matiz, saturación, brillo).** Utilizado en el desarrollo de algoritmos de procesamiento de imágenes basados en algunas sensaciones de color del sistema visual humano.
 - ⇒ **Modelo HSV: V: Valor del Color . ,**
 - ⇒ **Modelo YUV ; YIQ (Y, reflectancia ; U, V: componentes cromáticas diferencias de color ; I y Q, componentes cromáticas llamadas infase y cuadratura respectivamente).** (Utilizado en la transmisión para TV en color).
 - ⇒ **Modelo YCbCr: Sistemas de transmisión digital de video.**
 - ⇒ **Modelos CIE Luv ; CIE Lab: Modelos de color perceptualmente uniformes (Comisión Internacional de la Iluminación)**

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.5.- Codificación digital de una imagen: modelos de color

Modelo de color RGB

- **Modelo que se corresponde con una percepción física del color por parte del ojo humano.**
- **Se basa en la combinación de tres señales de luminancia cromática distinta: el rojo, el verde y el azul.**
 - ⇒ Un color concreto viene determinado por la combinación en diferentes proporciones de cada uno de los colores primarios rojo, verde y azul: $X = R + G + B$.
- **El subespacio de color de interés dentro de sistema de coordenadas RGB es un hexaedro:**
 - ⇒ Los valores RGB están en tres vértices; cian, magenta y amarillo se sitúan en otros tres vértices, el negro corresponde al origen (0,0,0) y el blanco se sitúa en el vértice más alejado del origen (1,1,1).
 - ⇒ La escala de grises se extiende desde el negro al blanco a lo largo de la diagonal que une esos dos puntos: las tres componentes RGB son iguales.
 - ⇒ Los colores son puntos del hexaedro definidos por vectores desde el origen.
- **Cuando un sistema (por ejemplo, una cámara) adquiere y digitaliza una imagen en color, para cada píxel en color se tienen en realidad tres, uno para cada componente:**
 - ⇒ Si se digitaliza la imagen con 24 bits de resolución, los valores máximos de R, G y B serán igual a 255.

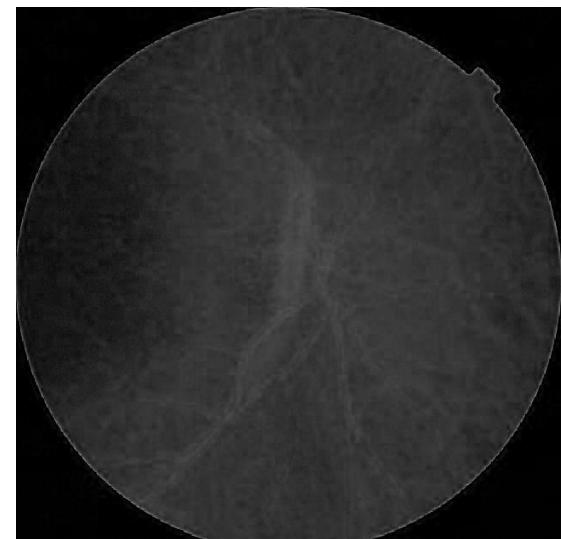
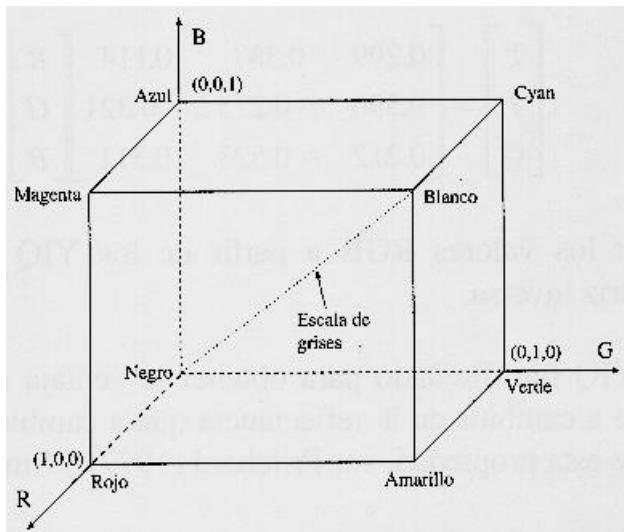


Hexaedro de color RGB. Los valores RGB han sido normalizados en el rango [0,1].

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.5.- Codificación digital de una imagen: modelos de color

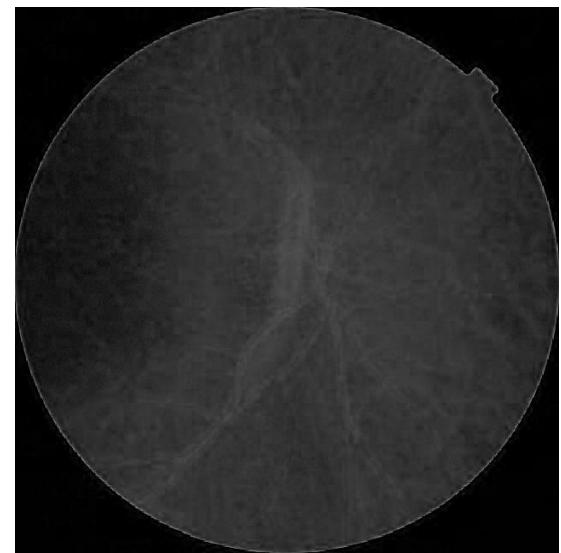
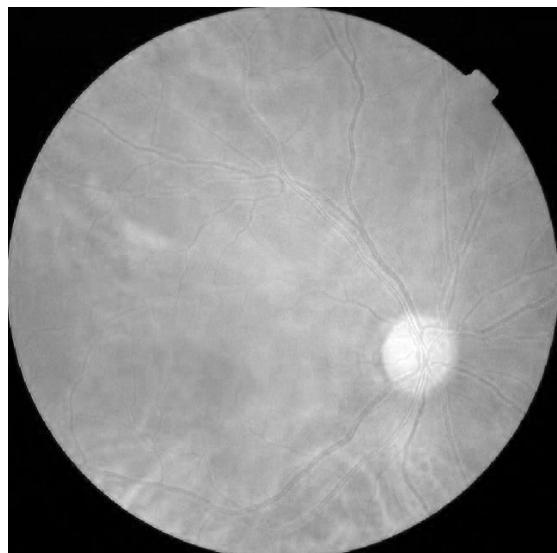
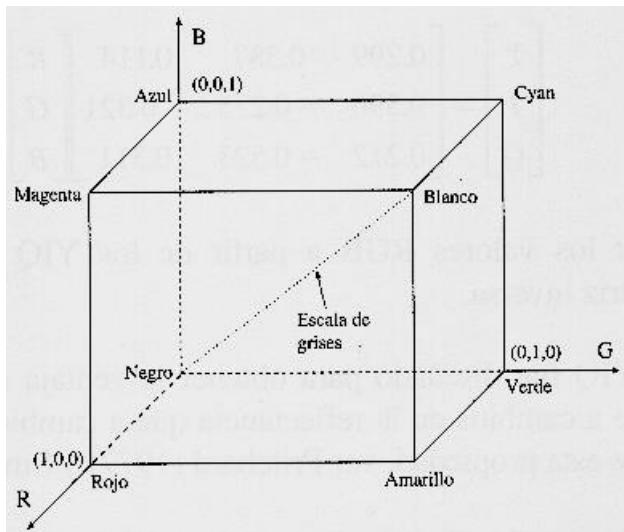
Ejemplos



TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.5.- Codificación digital de una imagen: modelos de color

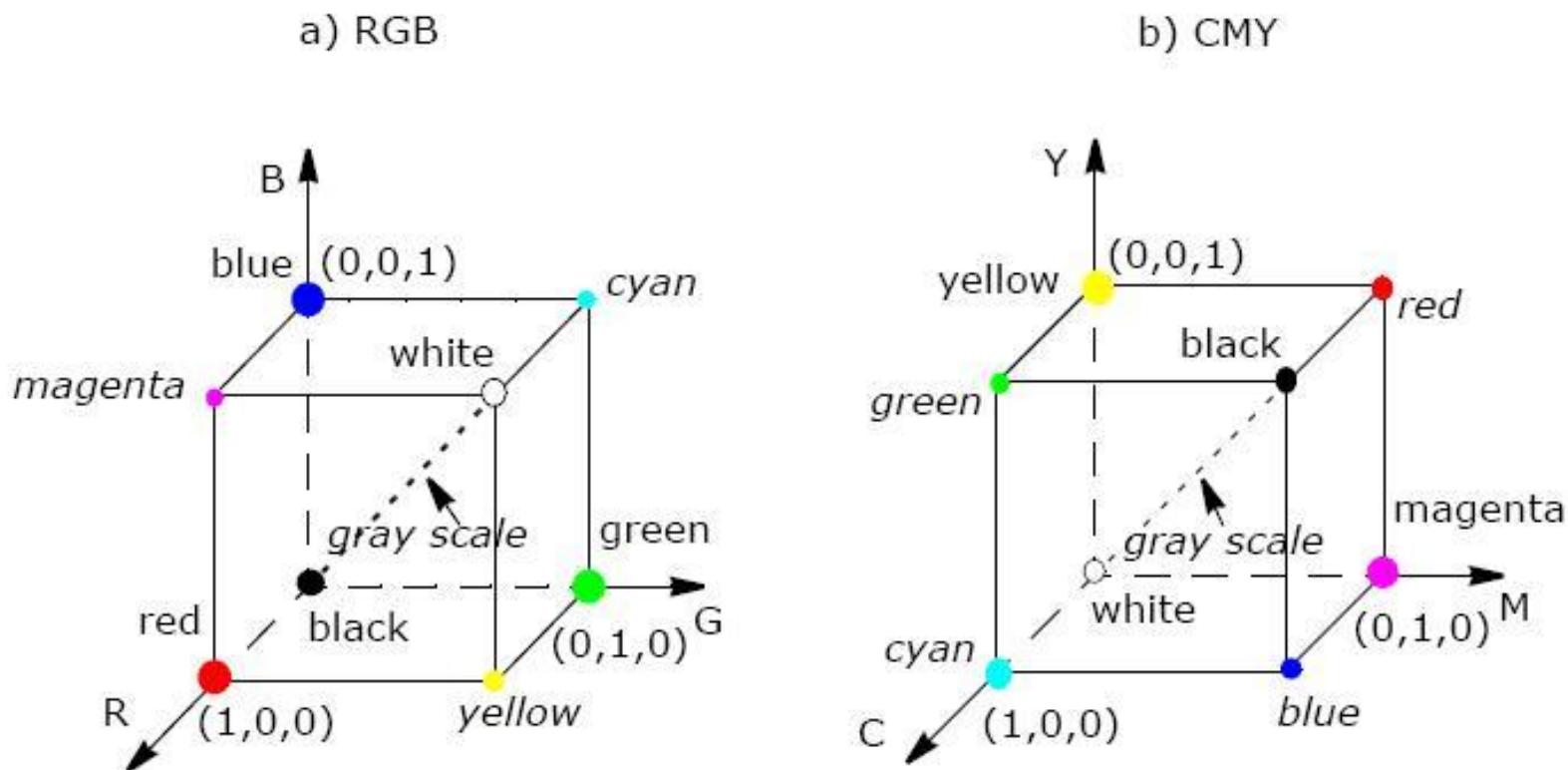
Ejemplos



2.5.- Codificación digital de una imagen: modelos de color

Modelo de color CMY – K: Cyan, Magente, Amarillo y Negro (Producción de Impresión a Color)

- Modelo de color subtractivo, los distintos colores se obtienen de extraer del blanco combinaciones de C, M, Y.



- Teóricamente: Negro = C + M + Y completamente saturados. Sin embargo, en la realidad esto no ocurre y el negro hay que incluirlo aparte.

TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.5.- Codificación digital de una imagen: modelos de color

Modelo de color HSV (Procesamiento de imágenes: el valor o intensidad del color por una parte, componentes de color por otra)

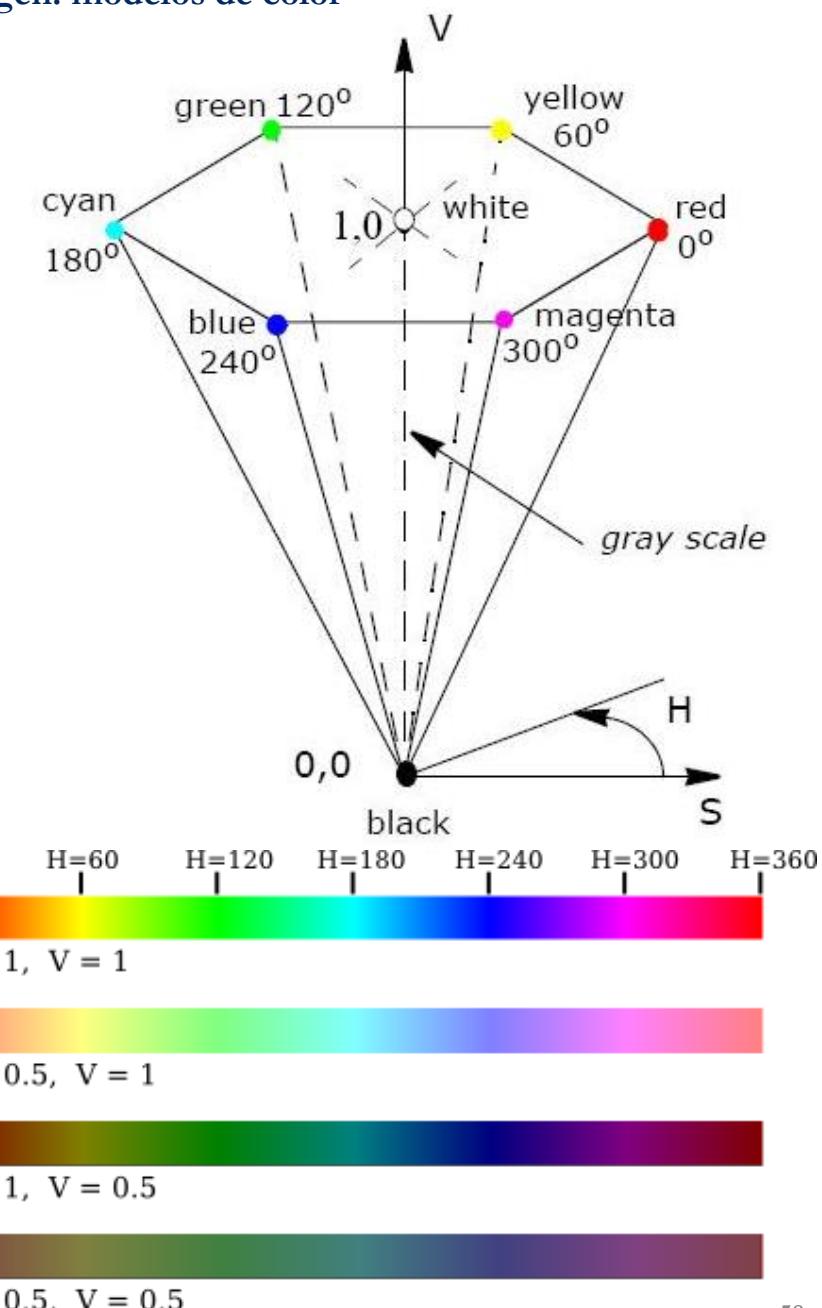
- Modelo de color desarrollado para ser más intuitivo al manipular el color – se diseña para simular la forma en la que los humanos perciben e interpretan el color.
- H, Hue: define el color en sí mismo (rango de 0 a 360º).
- S, Saturation: mide la carencia de luz blanca (rango de 0 (ausencia de color) a 1 (color puro)).
- V, Value: indica el nivel de iluminación.

Matlab: funciones `rgb2HSV` y `HSV2RGB`

(`rgb2HSV` devuelve valores h, s y v normalizados entre 0 y 1)

Modelo de color HSI

- Igual, pero el nivel de iluminación *I* se calcula como la media de las intensidades en los canales *R*, *G* y *B*.



TEMA 2 – ADQUISICIÓN DE IMÁGENES

2.5.- Codificación digital de una imagen: modelos de color

Modelo de color YUV (Transmisión Color en TV)

- **Modelo de color desarrollado para optimizar la eficiencia de la transmisión en color en señales de TV.**

Y: Luminancia

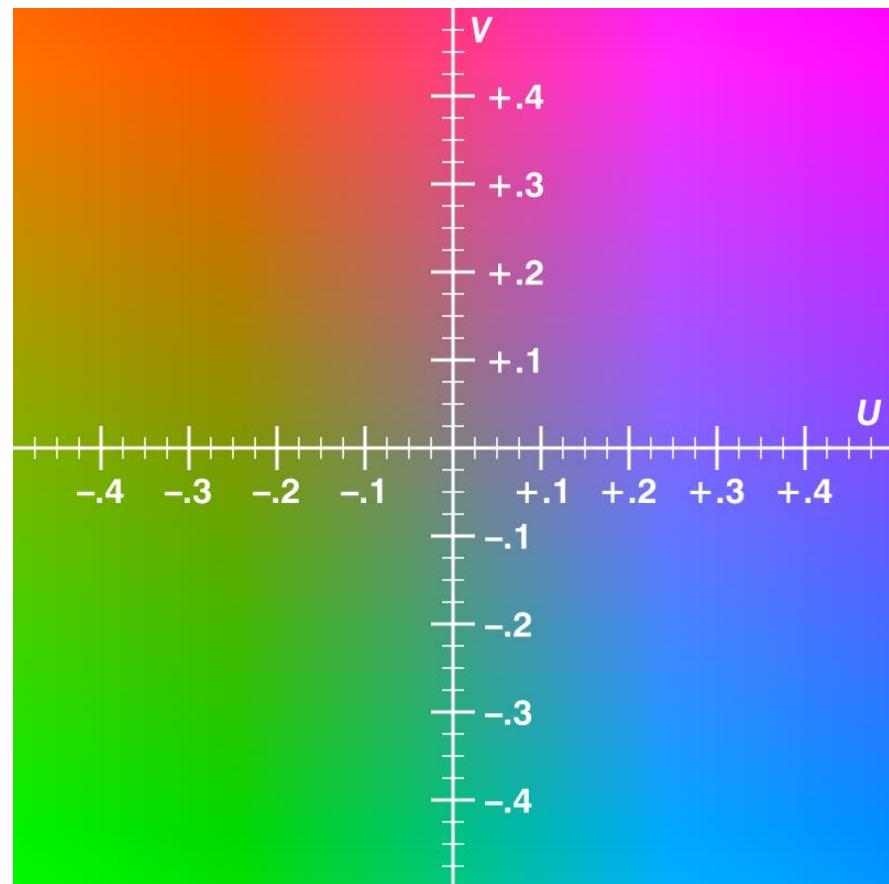
U, V: componentes cromáticas, diferencias de color obtenidas eliminando la luminancia del azul y rojo.

Conversión a YUV (asume valores RGB normalizados en 0-1) :

$$Y = 0.299 * R + 0.587 * G + 0.114 * B$$

$$U = 0.492 * (B - Y)$$

$$V = 0.877 * (R - Y)$$



Conversión a RGB: $R = Y + 1.140 * V$; $G = Y - 0.394 * U - 0.581 * V$; $B = Y + 2.032 * U$

TEMA 2 – FUNDAMENTOS DE IMÁGENES DIGITALES

2.2.- Modelos de color

Modelo de color CIE-Lab. (*Commission Internationale de l'Éclairage*, organización sin fines de lucro de reconocido prestigio en la ciencia de la luz y el color)

- CIE-XYZ (1931): 3 colores primarios imaginarios con caracterización espectral (X, Y y Z), que son los que representan el color (ondas electromagnéticas). Éstos se combinan para formar todos los colores visibles por el “observador estándar”. (Modelo RGB: colores primarios aditivos).

Observación: el color corresponde a una percepción e interpretación subjetiva. Dos personas mirando un mismo objeto pueden usar puntos de referencia distintos y expresar el mismo color con una gran variedad de palabras diferentes. Para definir al “observador estándar” y su respuesta al color, la CIE hizo una serie de pruebas sobre una amplia muestra de personas, utilizando tres tipos de sensores de color que responden a diferentes gamas de longitud de onda.

- CIE-LAB ($L^*a^*b^*$)(1976): cambia la forma de notación y representa un avance sobre los modelos anteriores, a diferencia de ellos este modelo dimensiona la totalidad del espectro visible.

- Este espacio de color es ampliamente usado porque correlaciona los valores numéricos de color consistentemente con la percepción visual humana.
- No depende del dispositivo. Una misma combinación de a, b y L sirve para describir siempre el mismo color de forma exacta. Crea colores coherentes con independencia de los dispositivos concretos, como monitores, impresoras u ordenadores utilizados para crear o reproducir la imagen.
- Los instrumentos de medición de color (espectrofotómetros), pueden cuantificar éstos atributos de color fácilmente. Ellos determinan el color de un objeto dentro del espacio de color y muestran los valores para cada coordenada L^* , a^* , y b^*

TEMA 2 – FUNDAMENTOS DE IMÁGENES DIGITALES

Modelo de color CIE-Lab:

2.2.- Modelos de color

El espacio de color L*a*b* fue modelado en base a una teoría de color oponente que establece que dos colores no pueden ser rojo y verde al mismo tiempo o amarillo y azul al mismo tiempo

- ❖ L*: luminosidad del color (L*=0 negro y L*=100 indica blanco)
- ❖ a* y b*, coordenadas cromáticas

a* = coordenadas rojo/verde (+a indica rojo, -a indica verde).

b* = coordenadas amarillo/azul (+b indica amarillo, -b indica azul).

(valores comprendidos entre -128 y + 127). (Matlab: `rgb2lab`)

