



Universidad Autónoma del Estado de México
Facultad de Ingeniería



Tratamiento de imágenes

Adquisición y Digitalización

Héctor Alejandro Montes

hamontesv@uaemex.mx

<http://scfi.uaemex.mx/hamontes>

Advertencia

No use estas diapositivas como referencia única de estudio durante este curso. La información contenida aquí es una guía para las sesiones de clase y de estudio futuro. Para obtener información más completa, refiérase a la bibliografía dada al inicio del curso.

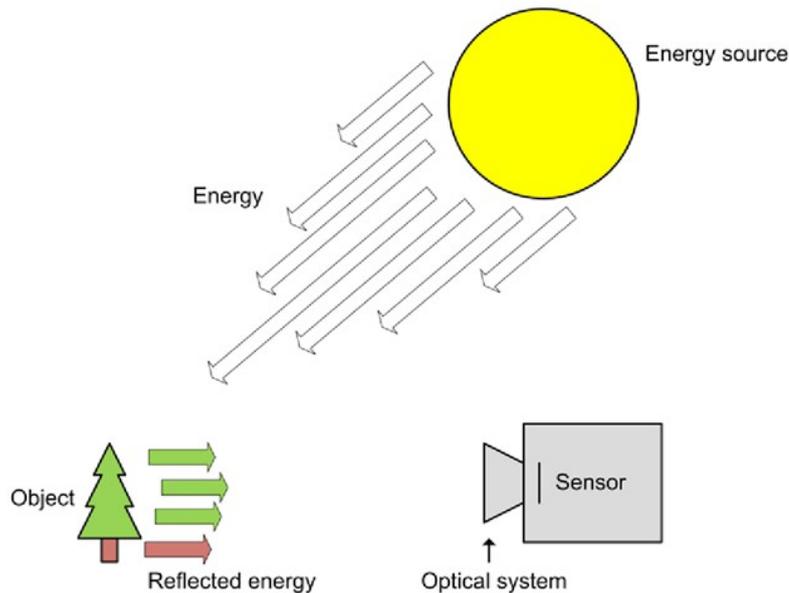
Adquisición

Dispositivos de adquisición de imágenes

- **Analógicos:**
 - Generan una señal continua
 - Suelen ser más propensos al ruido que las digitales
 - De bajo costo, pero más lentos al adquirir la imagen
- **Digitales:**
 - Incluyen un dispositivo que produce señales discretas
 - Alta relación *señal-ruido*
 - *Frame rate* alto

Adquisición de imágenes digitales

- Es la *creación de imágenes* digitales a partir de una escena.
 - Se asume que incluye o implica el *procesamiento, compresión, almacenamiento y desplegado/impresión* de las imágenes

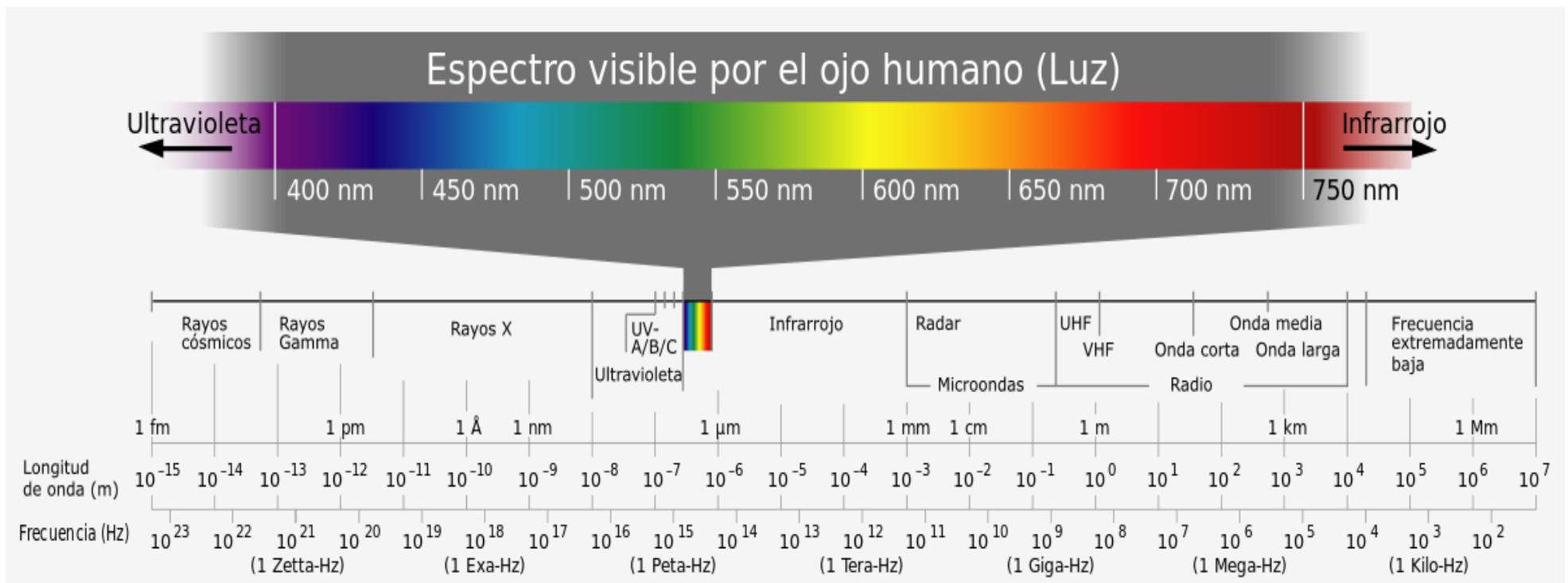


Luz

- **Luz** es la *radiación electromagnética* que es visible al ojo humano
 - Sólo se diferencia de otras radiaciones electromagnéticas por su longitud de onda
 - A veces se utiliza el término *luz* para denotar cualquier radiación electromagnética y no sólo la visible

Espectro electromagnético

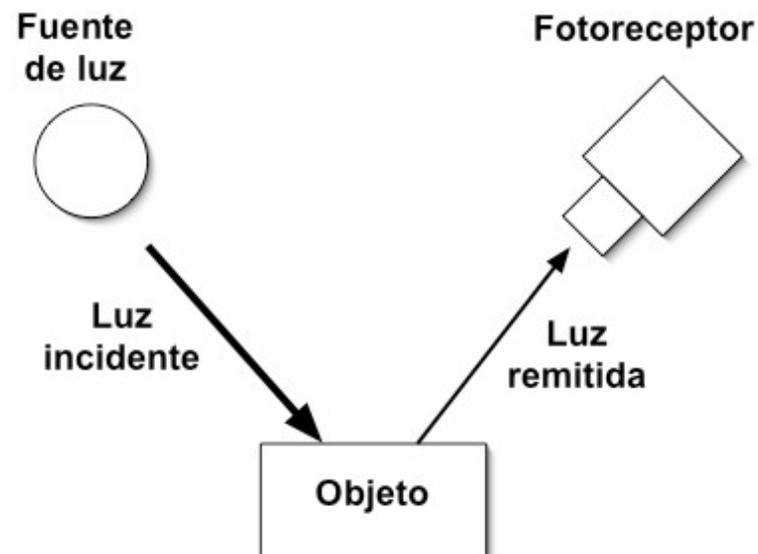
- El *espectro electromagnético* es el conjunto de radiaciones electromagnéticas ordenadas según su longitud de onda



- Las ondas electromagnéticas viajan a la misma velocidad en el vacío; es decir, a la velocidad de la luz: **299,792,458 m/s**

Adquisición

- La **luz emitida** por una fuente incide sobre una materia e interactúa con ella (absorción y dispersión).
- Parte de la **luz incidente** es reflejada y captada por un sensor.



Adquisición

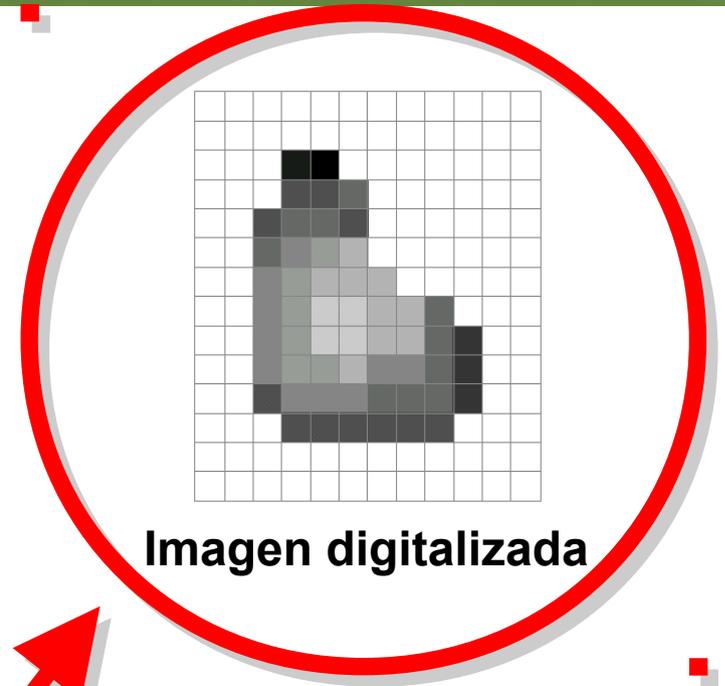
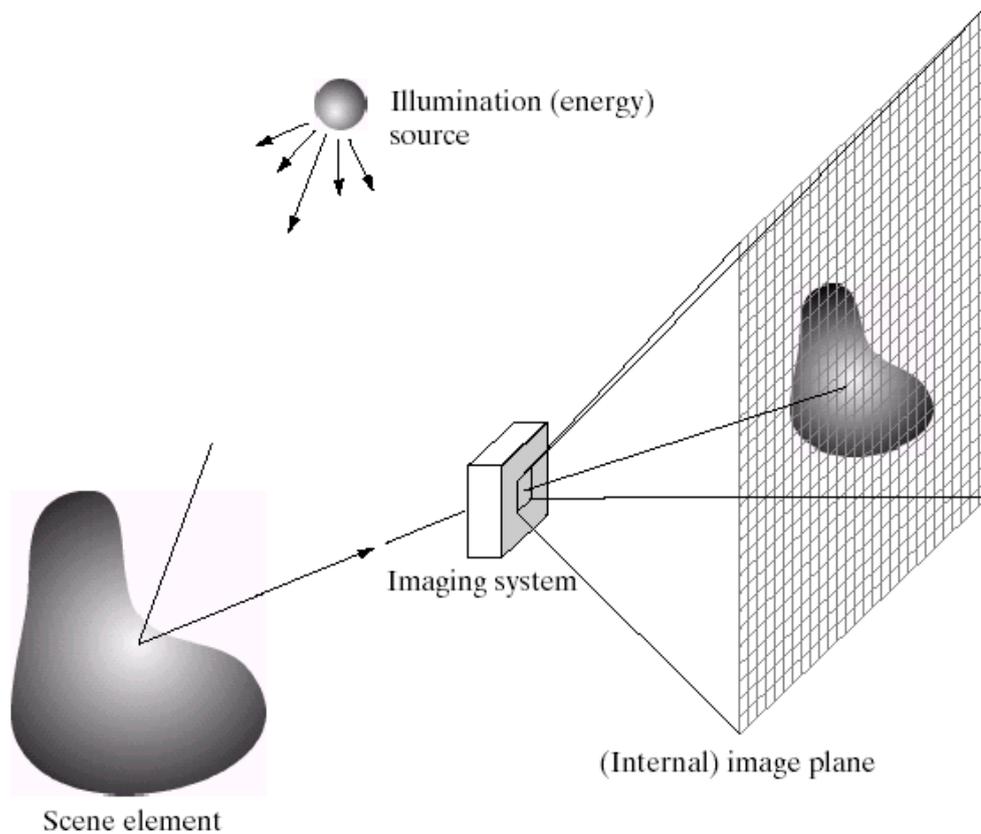
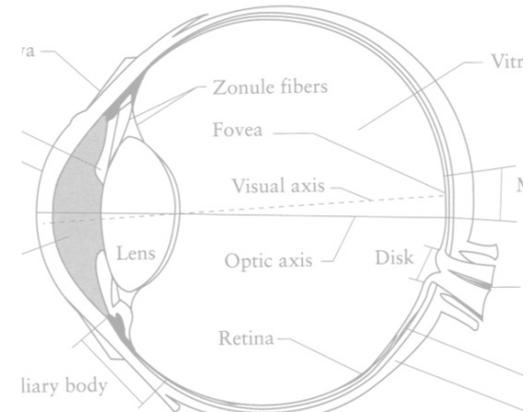


Imagen digitalizada

Éstas son las imágenes de interés

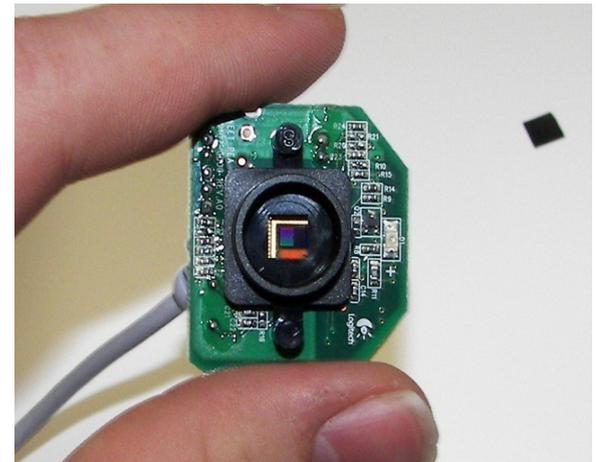
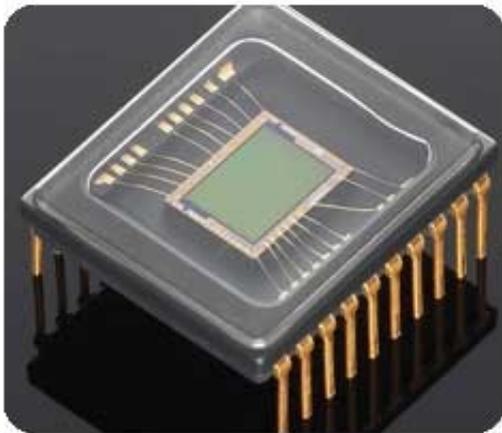


El ojo

Sensores

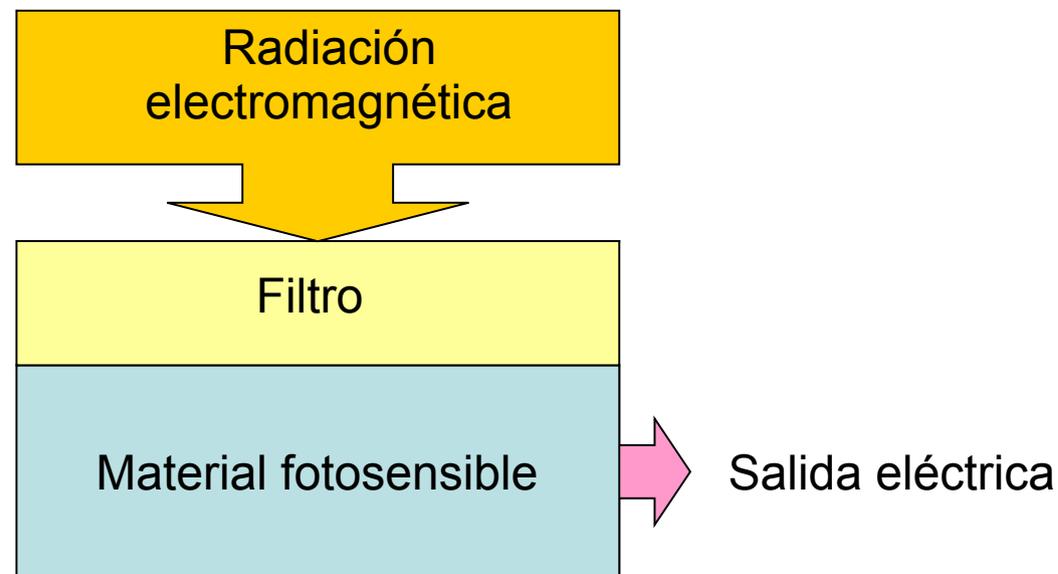
Sensores fotosensibles

- Existen varios tipos de sensores fotosensibles:
 - Fotodiodos: más común en las cámaras
 - Fotoceldas
 - Fototransistores
 - Fotoresistores, etc.



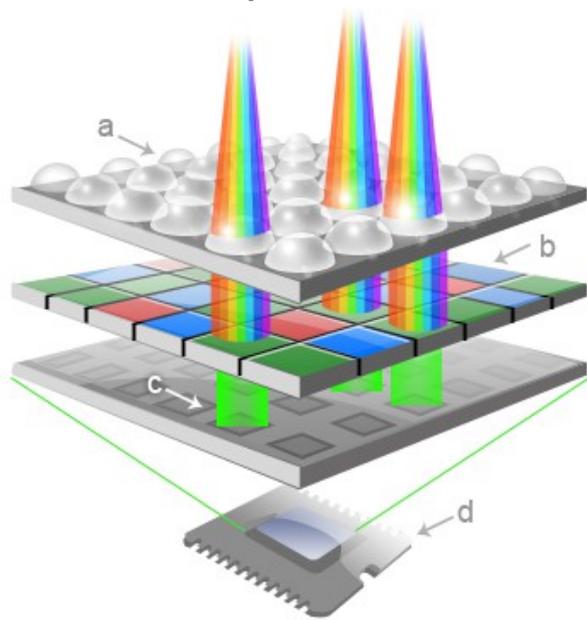
Sensor simple

- Es un material sensible que produce una salida eléctrica cuando se excita con radiación electromagnética
 - Para captar diferentes longitudes de onda, se antepone al material fotosensible un *filtro*



Sensores de línea o de matriz

- Son un arreglo unidimensional (de línea) o bidimensional (matricial) de sensores sencillos



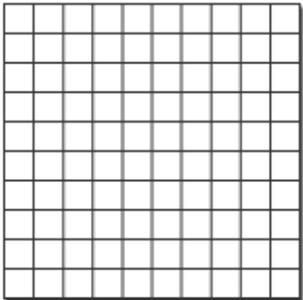
- Hay dos tipos comunes de sensores compuestos:
 - **CCD** (Charge-Coupled Device)
 - **CMOS** (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor)

CCD vs. CMOS

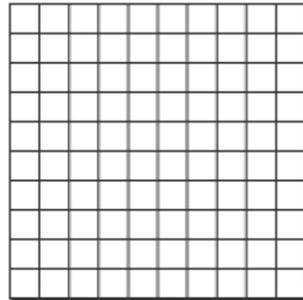
- **CCD** (Charge-Coupled Device)
 - *Global shutter*
 - Consume más energía
 - Imágenes con menos ruido
 - En barrido (*panning*) puede producir imágenes borrosas
- **CMOS** (Complementary Metal-Oxide-Semiconductor)
 - *Rolling shutter*
 - Menos consumo de energía
 - Imágenes más susceptibles al ruido, aunque es actualmente muy reducido
 - Le afecta la iluminación parpadeante (*flickering*) y los objetos en movimiento
 - Puede producir imágenes elongadas (*skew*)

CCD vs. CMOS

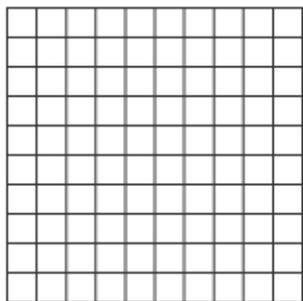
Rolling Shutter



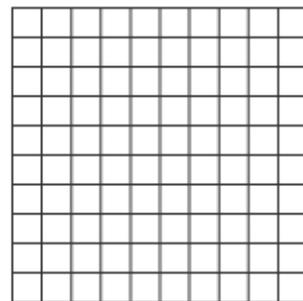
Total Shutter



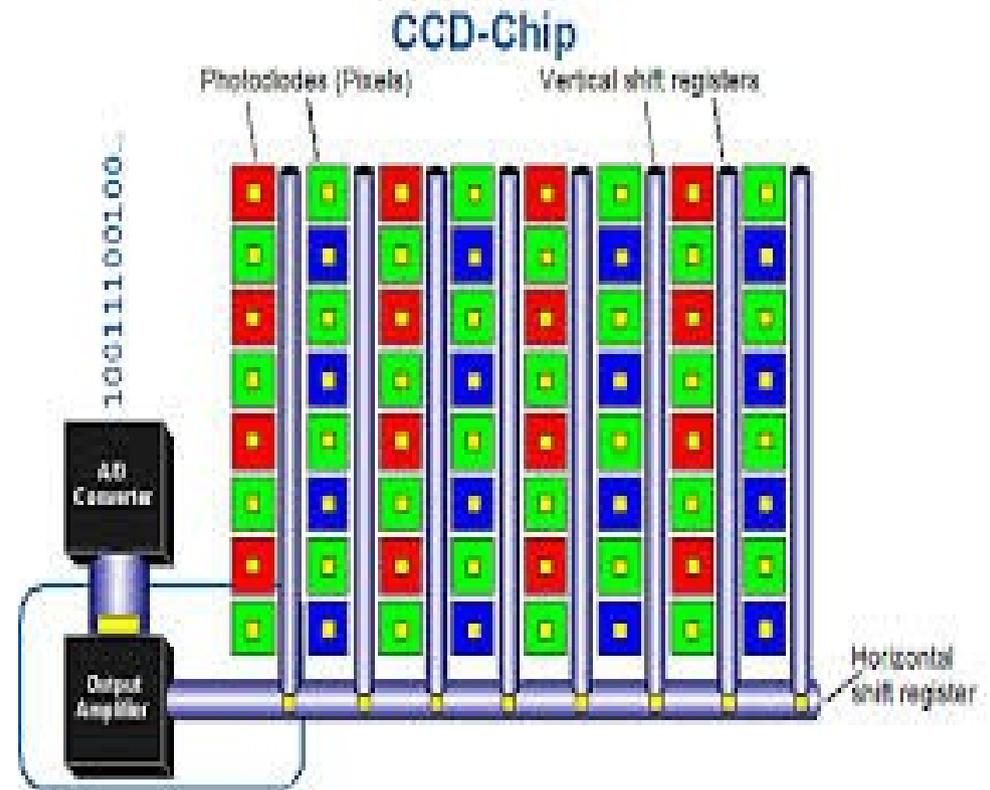
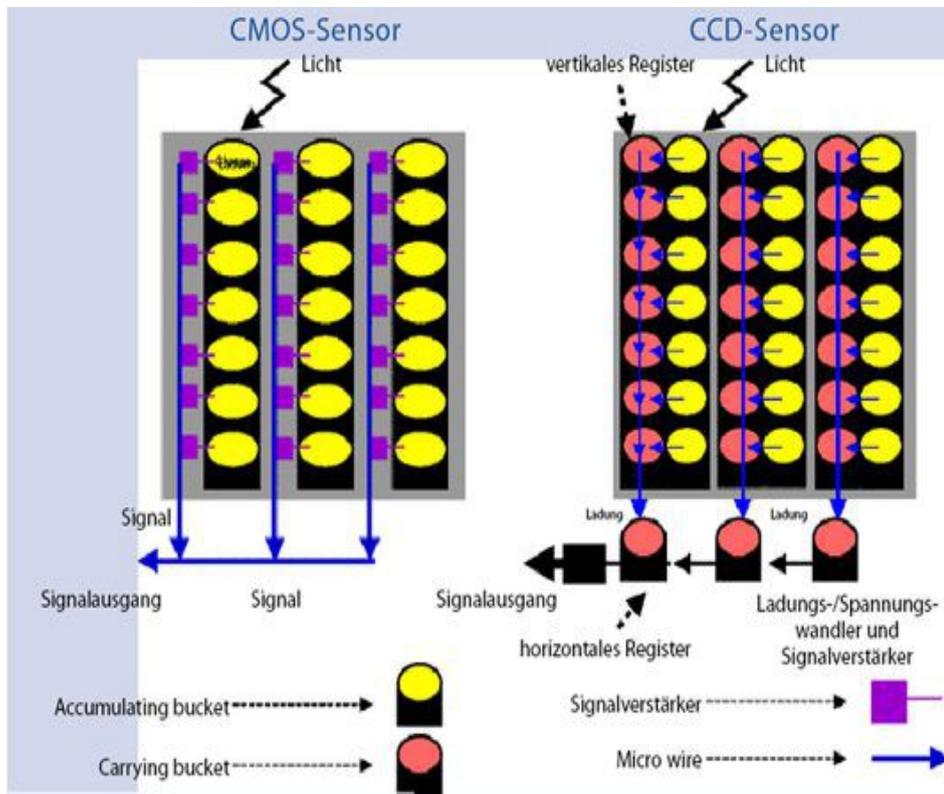
Shutter and Man



Final Image



CCD vs. CMOS

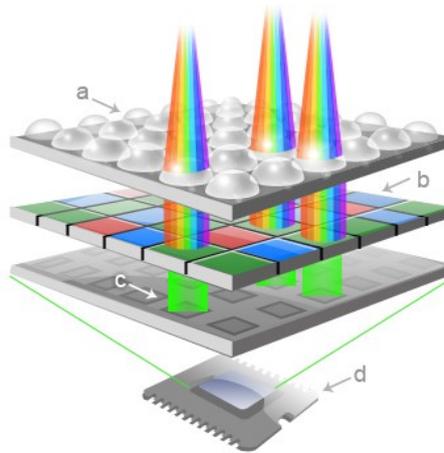


Digitalización

Muestreo y Cuantificación

Digitalización

- La salida de los sensores es un voltage continuo (analógico).



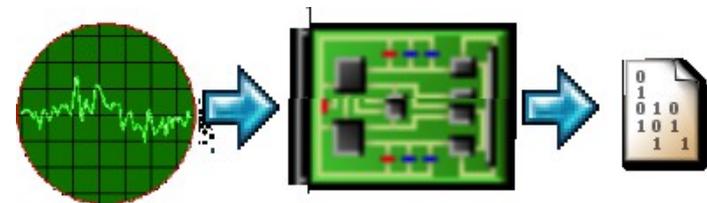
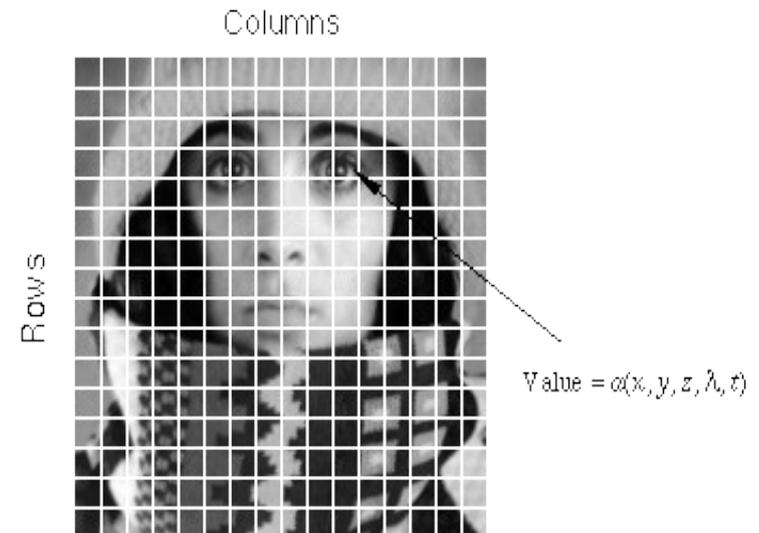
- La *digitalización* consiste en transformar una señal analógica (valores continuos) en una señal digital (representación en valores discretos)

Digitalización

- Una imagen $f(x,y)$ puede ser continua:
 - En las direcciones x,y (*coordenadas*)
 - En la intensidad de la luz (*amplitud*)
- Para digitalizar una imagen, hay que hacerlo en *coordenadas* y en *amplitud*

Digitalización

- La digitalización en *coordenadas* consiste simplemente en dividir la imagen en un número discreto de filas y columnas
- La digitalización en *amplitud* se realiza en dos etapas:
 - Muestreo
 - Cuantificación



Muestreo

- Señales y secuencias son funciones que representan una información
 - Las *señales* son continuas en el tiempo
 - Las *secuencias* son discretas en el tiempo. No existen en los tiempos intermedios.
- *Discreta* no es lo mismo que *continua muestreada*
 - La continua sigue teniendo valores entre muestreos, aún cuando no los conozcamos

Muestreo

- Un **sistema** es un proceso que da lugar a una transformación de señales. Puede ser:
 - En tiempo **continuo** $[x(t) \rightarrow y(t)]$
 - En tiempo **discreto** $[x[n] \rightarrow y[n]]$

$$x(t) \Rightarrow \boxed{F(x(t))} \Rightarrow y(t)$$

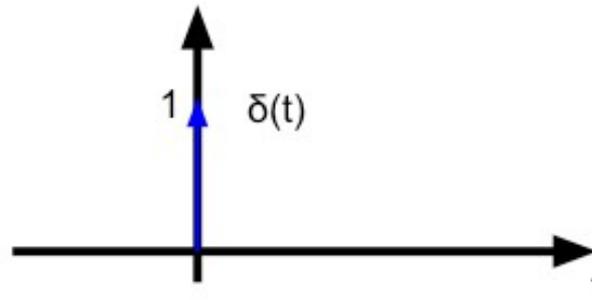
- A $x(t)$ o $x[n]$ se les llama **entrada** o **estímulo**
- A $y(t)$ o $y[n]$ se les llama **salida** o **respuesta**

Muestreo: definición

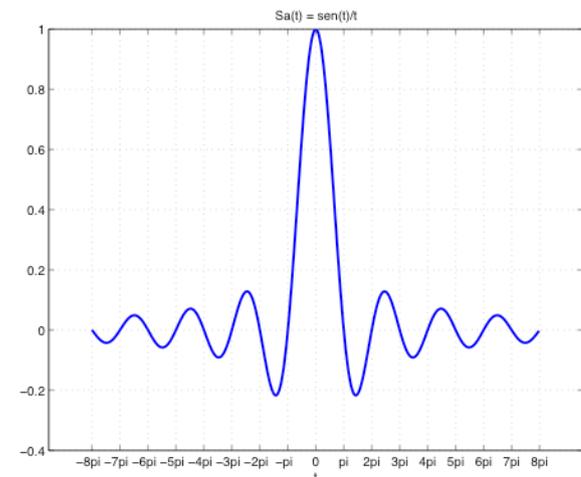
- **Estadística:** Es la selección e implementación de observaciones para estimar las propiedades de una población bajo escrutinio
- **Procesamiento de señales:** Se refiere a la medida de una señal en tiempos discretos, usualmente con la intención de reconstruir la señal original
- Toda digitalización requiere un proceso de muestreo y consiste en tomar porciones de los valores de amplitud de la *señal muestreada*
- Existen varios tipos de muestreo según la *señal de muestreo*

Muestreo

- Algunas funciones de muestreo comunes:
 - Función de **Impulso Unitario** o **Delta de Dirac**



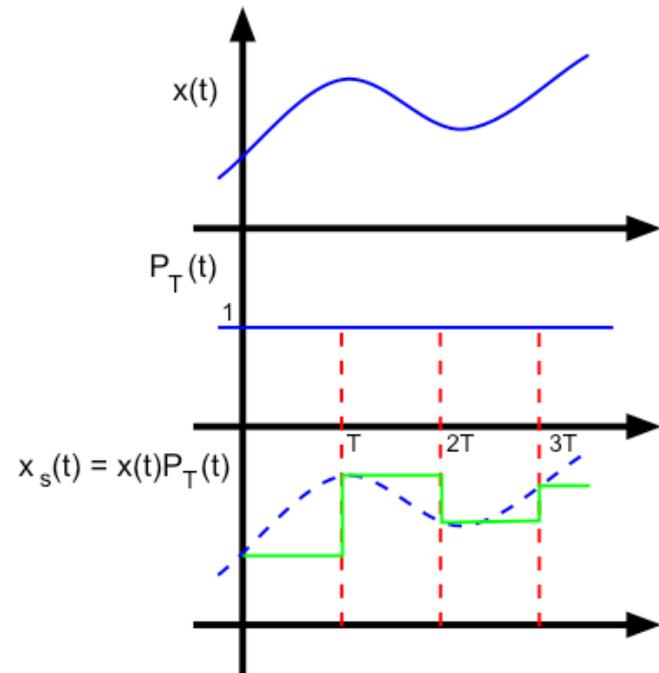
- Funciones:
 - $\text{sen}(x) / x$
 - Es la **transformada de Fourier** de un **filtro** ideal.



Tipos de muestreo

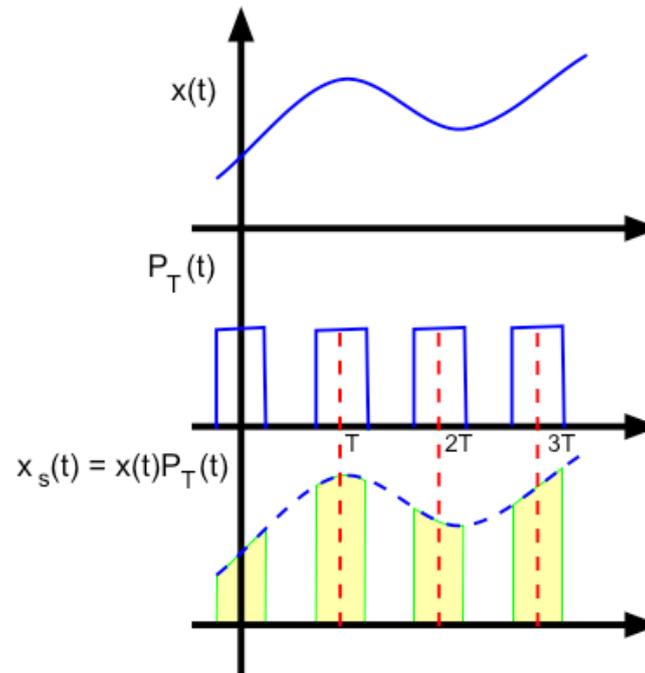
- Diferentes funciones de muestreo dan lugar a distintos tipos de muestreo:

Instantáneo



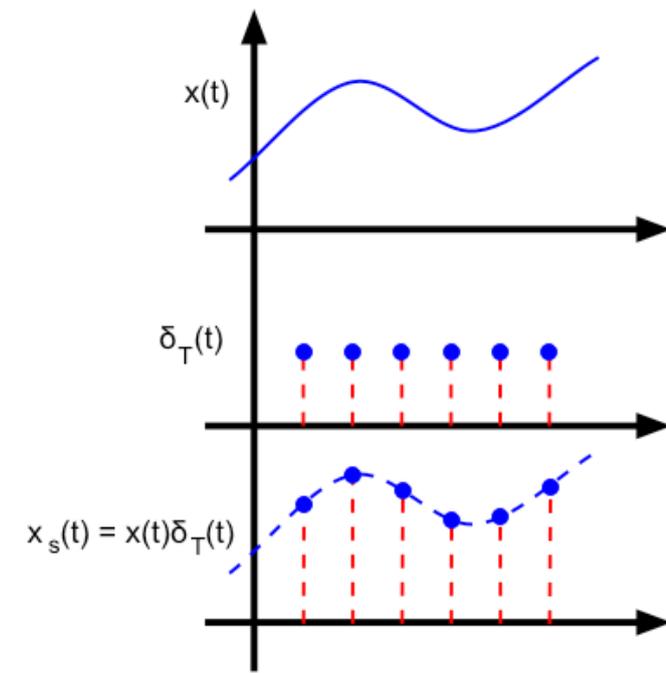
3 de oct de 2015

Natural



Héctor Alejandro Montes

Por impulsos



25

Muestreo

- El proceso de *muestreo* consiste en un sistema que *convolucione* a la señal muestreada con una señal de muestreo
- Ejemplo: Muestreo por impulsos

$$y[n] = x[n] * \delta[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[n] \delta[n - k]$$

Muestreo

- La *convolución continua* entre dos señales discretas $x(t)$ e $h(t)$ se define como:

$$y(t) = x(t) * h(t) = \int_{-\infty}^{\infty} x(T)h(t - T)dT$$

- La *convolución discreta* entre dos señales discretas $x[n]$ e $h[n]$ se define como:

$$y[n] = x[n] * h[n] = \sum_{k=-\infty}^{\infty} x[n]h[n - k]$$

Teorema del muestreo de Nyquist

- “Si una señal $f(t)$ con un ancho de banda W finito, se muestrea a intervalos regulares de tiempo, con una frecuencia f_c mayor que el doble de la frecuencia significativa más alta de la señal ($f_c \geq 2W$), entonces las muestras obtenidas contienen toda la información de la señal original.”
- La función $f(t)$ se puede reconstruir a partir de estas muestras mediante la utilización de un *filtro paso bajo*

Teorema del muestreo de Nyquist

- Por razones prácticas, el teorema de Nyquist no es realizable y simplemente se convierte en un límite teórico superior
 - No se pueden construir filtros perfectos, lo que significa que la señal original nunca estará realmente limitada en banda.
 - Normalmente se usan ratios de muestreo 20% superior al ratio de Nyquist
- El teorema de Nyquist opera sobre el dominio del tiempo y su correspondiente dominio de la frecuencia
- En imágenes tenemos el dominio *espacial* y el dominio de la *frecuencia espacial*

Teorema del muestreo de Nyquist

- El teorema de Nyquist es aplicable a los dominios espacial y de la frecuencia espacial, donde:
 - W_x es el ancho de banda espacial
 - X es el periodo de muestreo espacial ($1 / f_c$)
 - Por tanto, la condición de muestreo es: $1 / X \leq 2W_x$

Teorema del muestreo de Nyquist y Aliasing

- Si no se muestrea a una frecuencia menor que la de Nyquist, no será posible recuperar la señal original.
- Esto es debido a que habrá errores de interpolación al intentar reconstruir la señal
 - A estos errores se les conoce como *aliasing*

Cuantificación

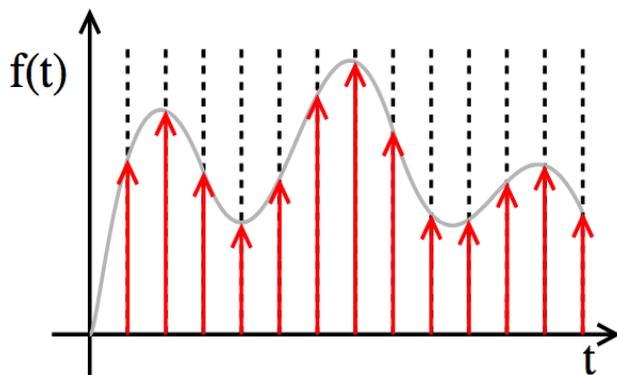
- El muestreo convierte una señal continua en una secuencia discreta, pero el resultado sigue siendo analógico
- La conversión de esta secuencia analógica a otra discreta se denomina *proceso de cuantificación*

Cuantificación

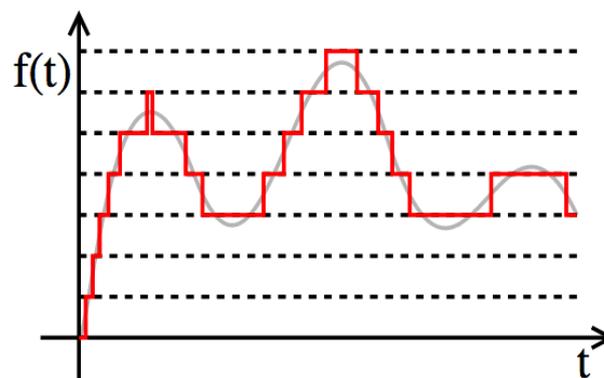
- El proceso requiere de un *cuantificador*

$$Q(x) = \text{sgn}(x) \cdot \Delta \cdot \left\lfloor \frac{|x|}{\Delta} + \frac{1}{2} \right\rfloor$$

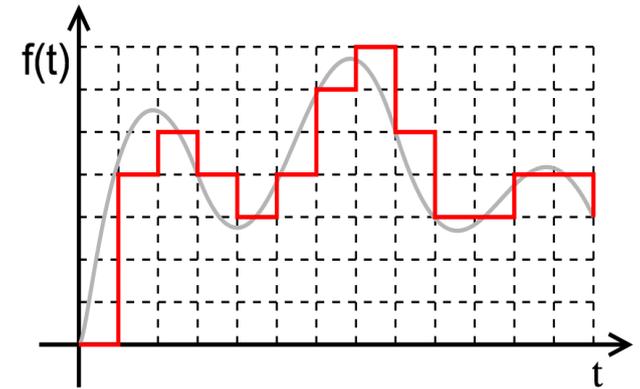
- Donde x es el valor de entrada y Δ es el paso
- La relación entre la entrada y la salida de un cuantificador tiene comúnmente forma escalonada



Señal muestreada (señal discreta): tiempo discreto, valores continuos.



Señal cuantificada: tiempo continuo, valores discretos



Señal digital (muestreada, cuantificada): tiempo discreto, valores discretos

Cuantificación

- La diferencia entre dos valores adyacentes se denomina *tamaño del escalón*, δ

$$\delta = \frac{A_{\max} - A_{\min}}{L}$$

- Donde:
 - A_{\max} y A_{\min} indican los límites del rango de valores cuantificados
 - L es el número de *niveles de cuantificación*

Cuantificación

- $L=2^k$ | k es el número de bits del cuantificador
 - A L se le conoce también como **número de niveles de gris** (aunque la imagen no necesariamente se represente con grises)
 - Si $k=1$, entonces $L=2$ y las imágenes resultantes son **binarias** o en **blanco y negro**
 - Al número k de bits del cuantificador también se le conoce como **profundidad**
 - Una imagen con profundidad 8 bits tiene $2^8=256$ valores de grises

Cuantificación

- El proceso de cuantificación conlleva de forma inherente un *error* o *ruido de cuantificación*
 - Diferencia entre el *valor original* de la amplitud muestreada y el *valor aproximado* correspondiente en la escala seleccionada
- El error introducido en la cuantificación produce una *pérdida* de información durante la digitalización

Dithering

- El *dithering* es una técnica consistente en introducir ruido a propósito para compensar el error de cuantificación
- El ruido a introducir se determina a partir de la correlación de la señal con el error de cuantificación.