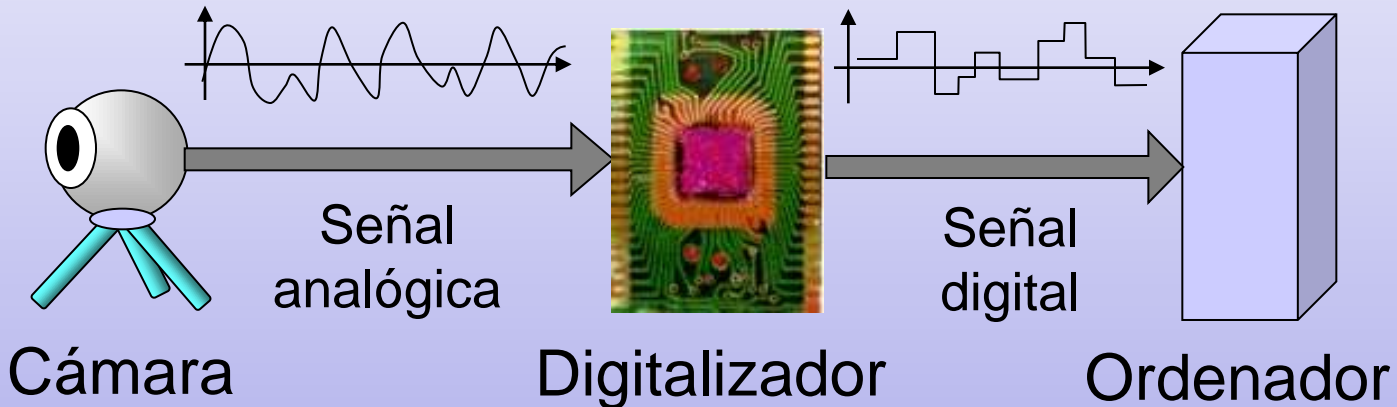


Dispositivos de captura

- Podemos distinguir entre **captura** y **digitalización**.

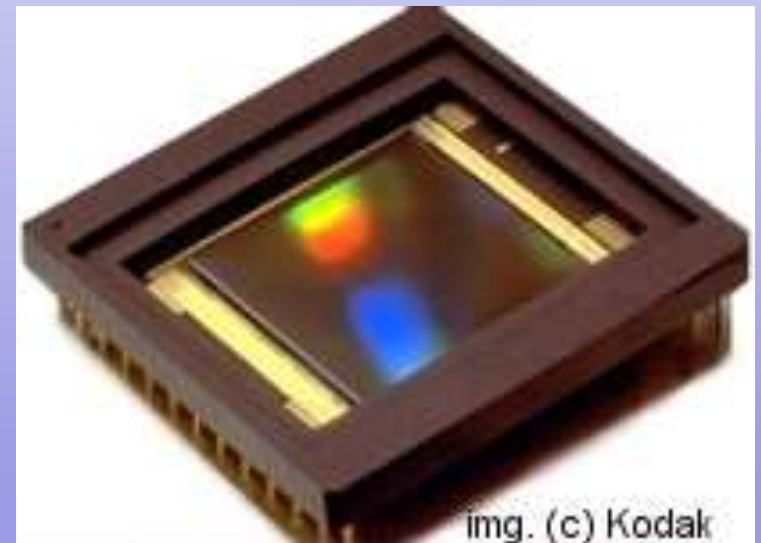


- Señal analógica:** señal de vídeo, foto impresa, diapositiva, etc.
- Digitalizadores:** digitalizador de vídeo, escáner, etc.
- Actualmente, la **distinción** es cada vez más **difusa**. Captura y digitalización van incorporadas en los mismos dispositivos (cámaras y escáneres).

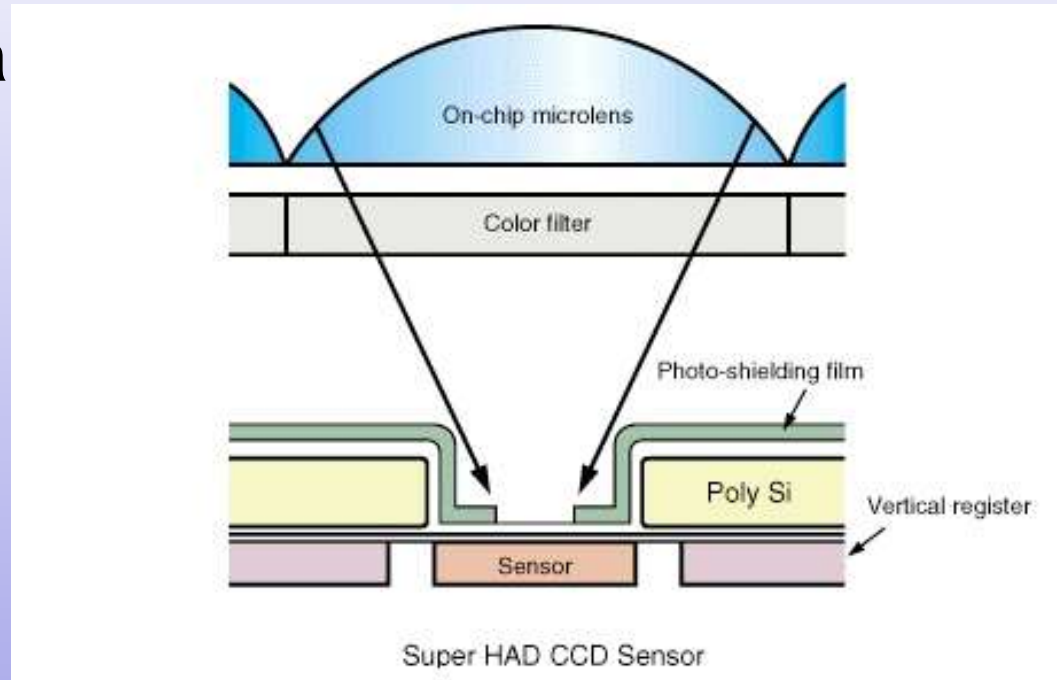
- **Características de un digitalizador:**

- **Tamaño de imagen.** Ancho y alto de las imágenes tomadas. Depende del número de píxeles de fotodetector.
 - En cámaras fotográficas se mide en megapíxeles. Por ejemplo, resolución máxima: $2048 \times 1536 \rightarrow 3,34$ megapíxeles.
 - En cámaras de vídeo suele ser mucho menor. No suele pasar de $800 \times 600 \rightarrow 0,48$ megapíxeles.
- **Tamaño del píxel.** Determina la densidad de píxeles. Es más relevante, por ejemplo, en escáneres.
- **Propiedad física medida.** Luz, infrarrojo, ultravioleta, etc.
- **Linealidad.** El nivel de gris debería ser proporcional al brillo de la imagen. Tb. es importante el número de niveles de gris.
- **Nivel de ruido.** Ante una escena de color uniforme todos los píxeles deberían ser iguales. Pero nunca lo son. El ruido se mide en relación al nivel de contraste en la imagen.

- Existen muchos tipos de dispositivos de captura, según el tipo de iluminación, sensores y mecanismo de escaneado de la imagen.
- Los más populares son los basados en **CCD: Charge-Coupled Devices**.
 - Se han *impuesto* en **muchos ámbitos**: fotografía digital, vídeo digital, cámaras de TV, astronomía, microscopía, escáneres, etc.
 - Utilizan **sensores de silicio**.
 - El CCD es un chip que integra una **matriz de fotodetectores**.

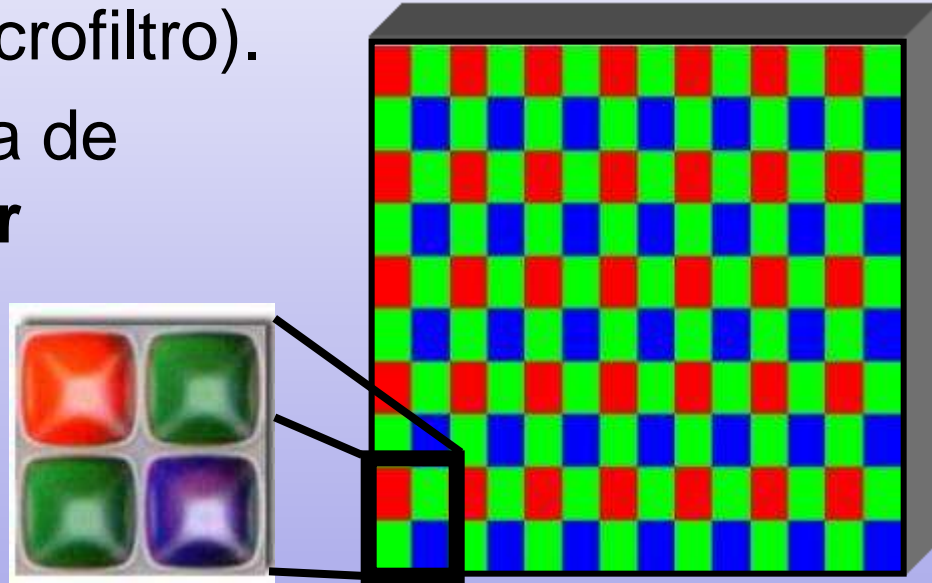


- Esquema de una **celda del CCD** (o píxel).



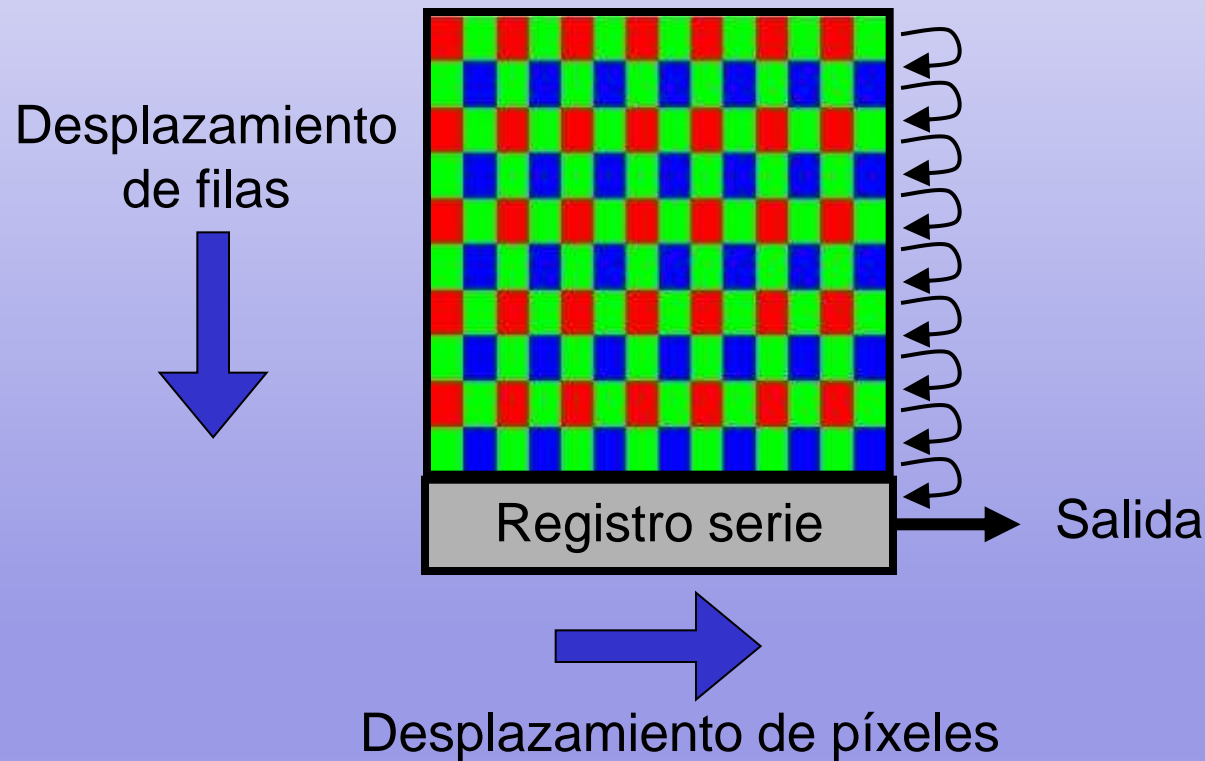
- El CCD está construido en un semiconductor de **silicio**.
- Cuando llega un **fotón**, el semiconductor libera **electrones**.
- Cada celda es un **pozo**, que **acumula** los electrones que han saltado (similar a un condensador).
- El n° de electrones es proporcional a la **intensidad de luz**.

- El detector es independiente del color → Se usa un **filtro de color** (microfiltro).
- **Distribución típica de los filtros de color en el CCD (patrón de Bayer).**



- **Ojo:** existen el **doble** de detectores **de verde** que de rojo y de azul. **Razón:** el ojo humano es mucho más sensible al verde que a los otros colores.
- Cada fotodetector es un píxel. Los colores no presentes se **interpolan** usando los 2 ó 4 píxeles vecinos de ese color.

- ¿Cómo se leen los valores de los píxeles?
- Hay un **desplazamiento de la carga** de los pozos, hasta salir por un extremo.



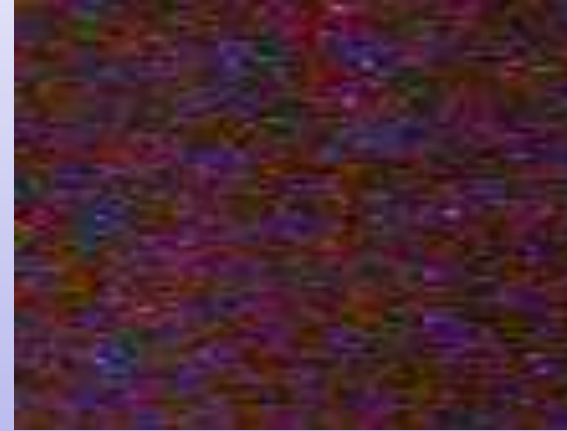
- Esto es el llamado “*full frame CCD*”.

- Por sus buenas características, los CCD son muy usados en muchos ámbitos.
- Pero también tienen sus **limitaciones**:
 - **Corriente oscura (*dark current*)**: los electrones saltan al llegar un fotón, pero también pueden hacerlo por el calor.
 - **Campo de estrellas**: las imperfecciones provocan algunos píxeles con alta corriente oscura. Aunque no llegue luz, aparecen iluminados.
 - **Ruido fotónico**: debido a la naturaleza cuántica de la luz. Es mayor con escasa iluminación.
 - **Rebosamiento (*blooming*)**: cuando un pozo se llena de electrones, se *desparrama* su contenido a los píxeles cercanos.

- **Campo de estrellas.** Mayor cuanto peor es la cámara.



SONY DFW500



QUICKCAM PRO

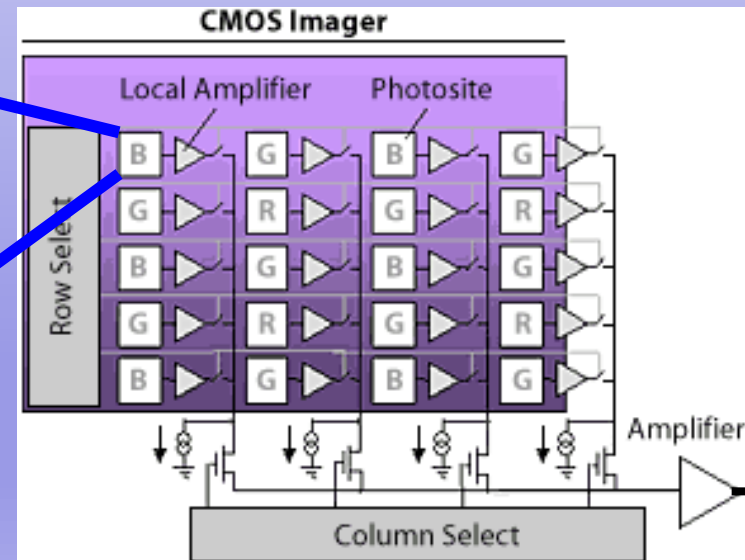
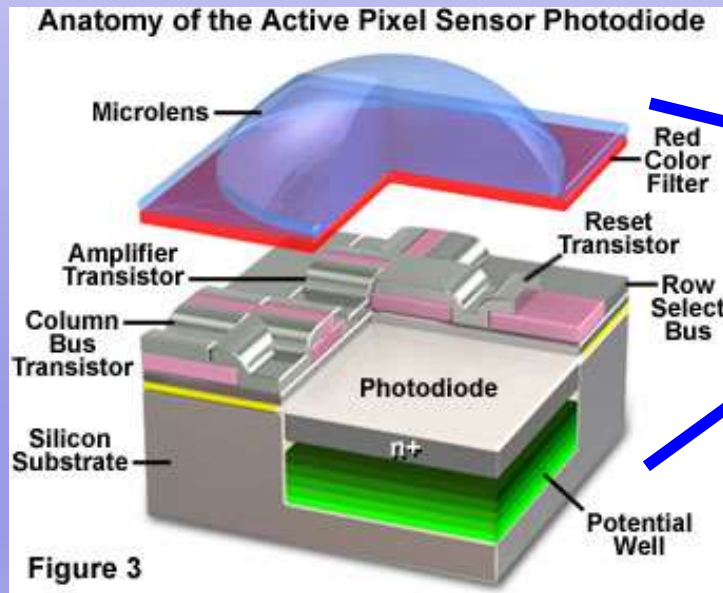
- **Ruido fotónico**



- **Rebosamiento (*blooming*)**



- Otro tipo muy popular son los chips **CMOS: Complementary Metal-Oxide-Semiconductor**.
 - También basados en **semiconductores de silicio**.
 - **Diferencia** con CCD: cada píxel incorpora su propia circuitería, se pueden leer y seleccionar independientemente (sin necesidad de desplazamientos).



Courtesy Eastman Kodak Co.

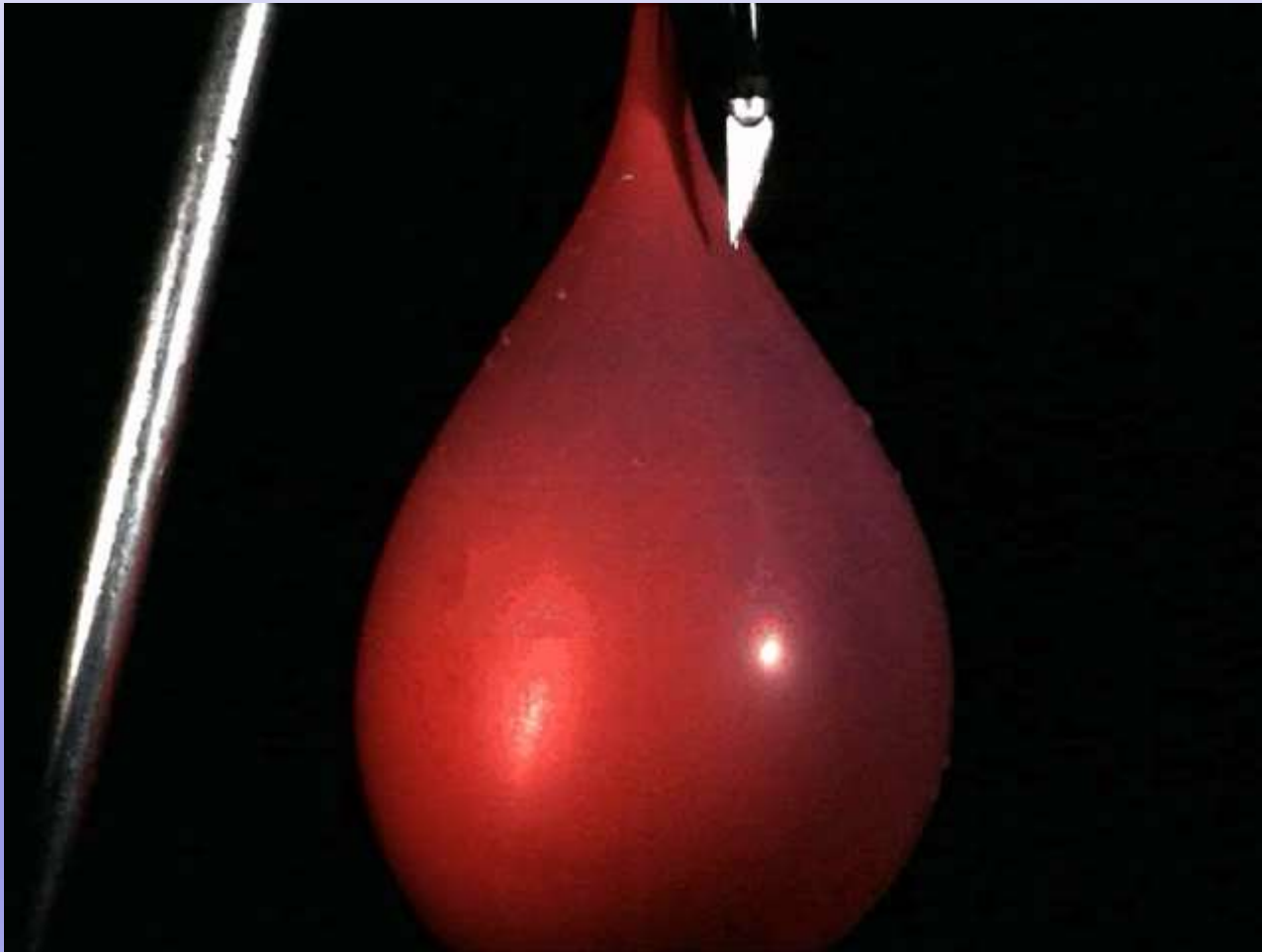
- **Ventajas:** suelen ser más rápidos, tienen mejor integración (necesitan menos circuitería) y disminuyen el *blooming*.
- **Inconvenientes:** hay menos espacio de captura en el chip (menos luz), son menos uniformes (hay más ruido) y necesitan *buffers*.

Todos los píxeles deberían leerse al mismo tiempo



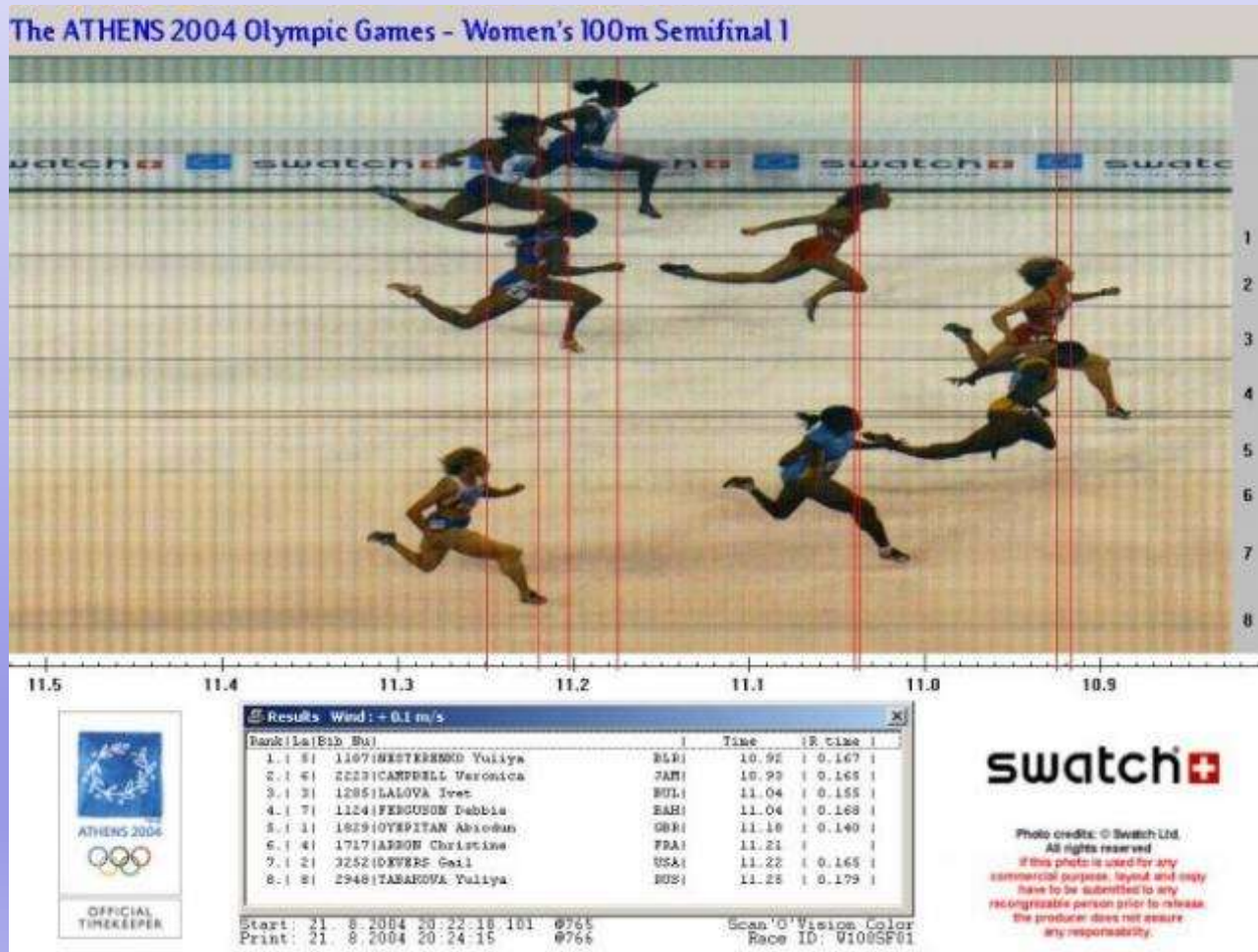
- Las cámaras fotográficas digitales suelen usar CCD.
- Las cámaras de videoconferencia suelen usar CMOS, aunque las de más calidad usan CCD.
- Las diferencias entre unas y otras son cada vez menores.

- **Ejemplo.** Los chips CMOS suelen usarse en aplicaciones que necesitan una **velocidad de muestreo muy alta**.



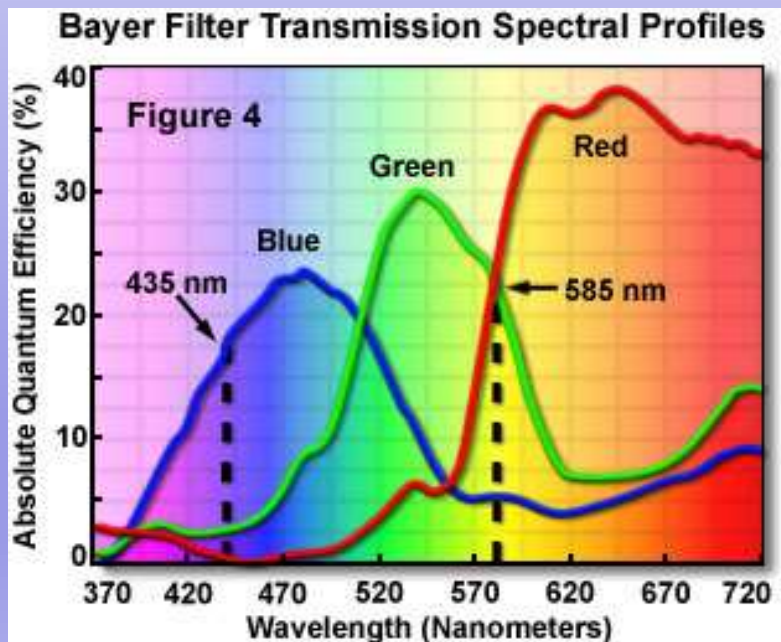
Capturado a
2.000 imágenes
por segundo.

- También son útiles, por ejemplo, en **cámaras lineales**.
- **Ejemplo.** Aplicación en **foto-finish**.



Capturado
aprox. a 1.000
columnas por
segundo.

- **¡OJO!** la imágenes capturadas por una cámara no siempre corresponden a lo que ve el ojo humano.
- **Lo que el ojo no ve:** tanto los chips CCD como los CMOS son sensibles a la **radiación infrarroja**...
- ... como la emitida por un mando a distancia.



- Existen otros muchos tipos de dispositivos de captura, usados con imágenes de información no luminosa.
- **Ejemplos.**

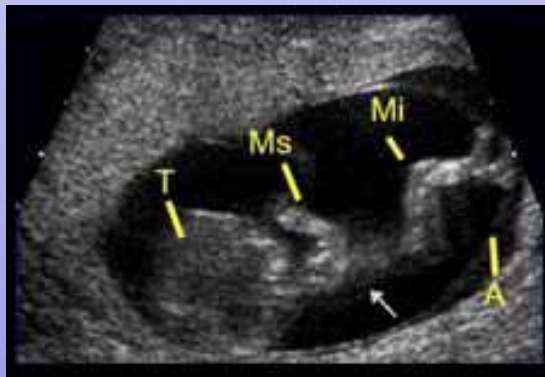
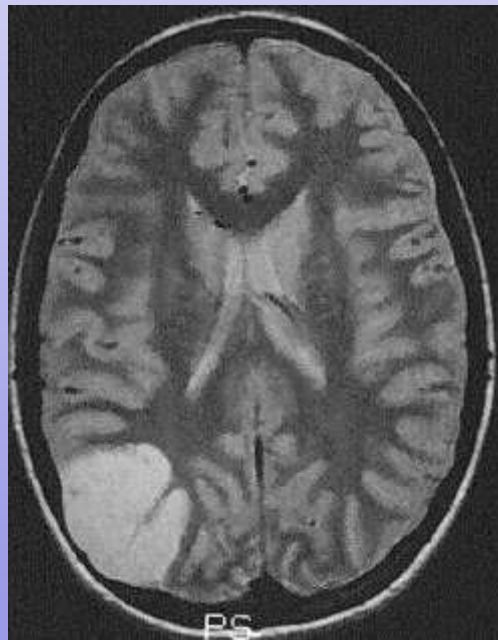
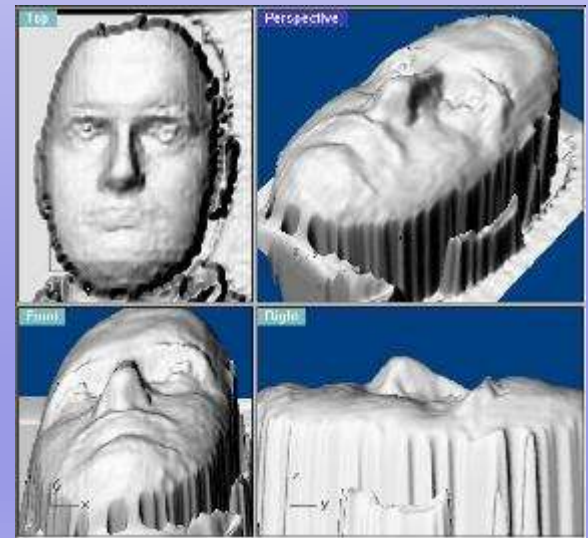


Imagen de
ultrasonidos
(ecografía)



TAC (Tomografía
axial computerizada)



Imágenes de profundidad

Conclusiones





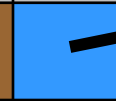
- La tecnología predominante son los dispositivos **basados en CCD y CMOS**.
- Ambos consisten en **arrays de fotodetectores** contruidos sobre un semiconductor de silicio.
- **Parámetros más relevantes:** número de píxeles del array y nivel de ruido.
- Otros parámetros (zoom, enfoque, distancia focal, etc.) dependen de la óptima de la cámara.
- En cada aplicación la mejor opción puede ser diferente.

Formatos de almacenamiento.

- Existen muchos formatos. Podemos destacar: BMP, GIF, PNG, JPG, TIFF, etc.
- **Diferencias** entre los formatos:
 - Niveles de profundidad admitidos:
 - 1 bit → Imágenes en blanco y negro
 - 1 byte → Escala de grises o paleta de 256 colores
 - 3 bytes → Modelo RGB
 - Tipo de compresión:
 - Sin pérdida: RLE, LZW, Huffman
 - Con pérdida: mediante FFT, DCT, wavelets
 - Otras características:
 - Posibilidad de definir de transparencias
 - Diferentes imágenes en un mismo archivo (animaciones)
- Como resultado, **según la aplicación** será más adecuado uno u otro formato. ±

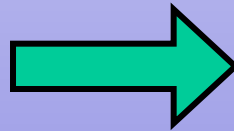
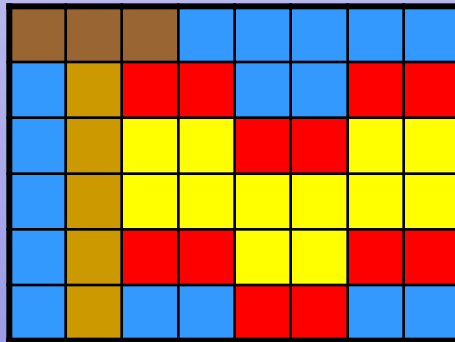
Almacenamiento de imágenes mediante paleta

- **Paleta de colores:** es una tabla de tamaño n , donde cada posición es un color (normalmente en RGB).

0	1	2	3	4
				

R= 51
G= 153
B= 255

- El valor de un píxel de la imagen hace referencia a la paleta.



3	3	3	4	4	4	4	4
4	0	1	1	4	4	1	1
4	0	2	2	1	1	2	2
4	0	2	2	2	2	2	2
4	0	1	1	2	2	1	1
4	0	4	4	1	1	4	4

- Número de bits/píxel \Leftrightarrow Tamaño de la paleta.
2 bits = 4 colores; 3 bits = 8 colores; 4 bits = 16 colores; ...

Almacenamiento de imágenes mediante paleta

- Normalmente, las paletas no suelen ser de más de 256 colores (1 byte por píxel).
- Si la imagen originalmente tiene más colores, es necesario reducir los colores → Seleccionar los **más usados**.
- **Resultado:** hay una pérdida de información de color.



Sin paleta



Con paleta (256 colores)

- **Tipos de compresión**

- **Compresión sin pérdida:** si se comprime y luego se descomprime se obtiene la misma imagen.
- **Compresión con pérdida:** no se obtiene la misma imagen, hay una pérdida de calidad en la imagen.

- **Compresión RLE (*Run Length Encoding*):** sin pérdida.

Se basa en detectar la repetición de un mismo valor.

- Un valor no repetido se almacena directamente.
- Un valor repetido se almacena de forma especial, mediante un par (*Valor, N° repeticiones*).
- **Ejemplo.** Icono bandera: 3, 3, 3, 4, 4, 4, 4, 4, 4, 0, 1, 1, ...
Imagen comprimida: (3, 3), (4, 6), 0, (1, 2), ...

- **Compresión RLE (Run Length Encoding)**
 - La compresión/descompresión es muy sencilla y rápida.
 - Pero, ¿funcionará bien?



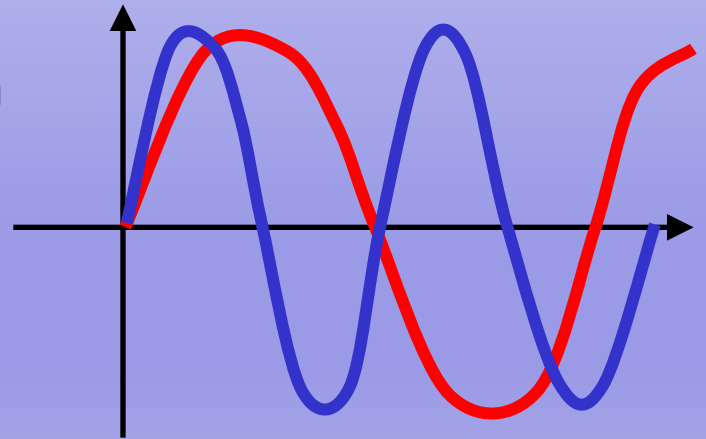
- En imágenes con muchas **regiones uniformes** la compresión será alta.
- Ocurrirá en dibujos “pintados a mano”.



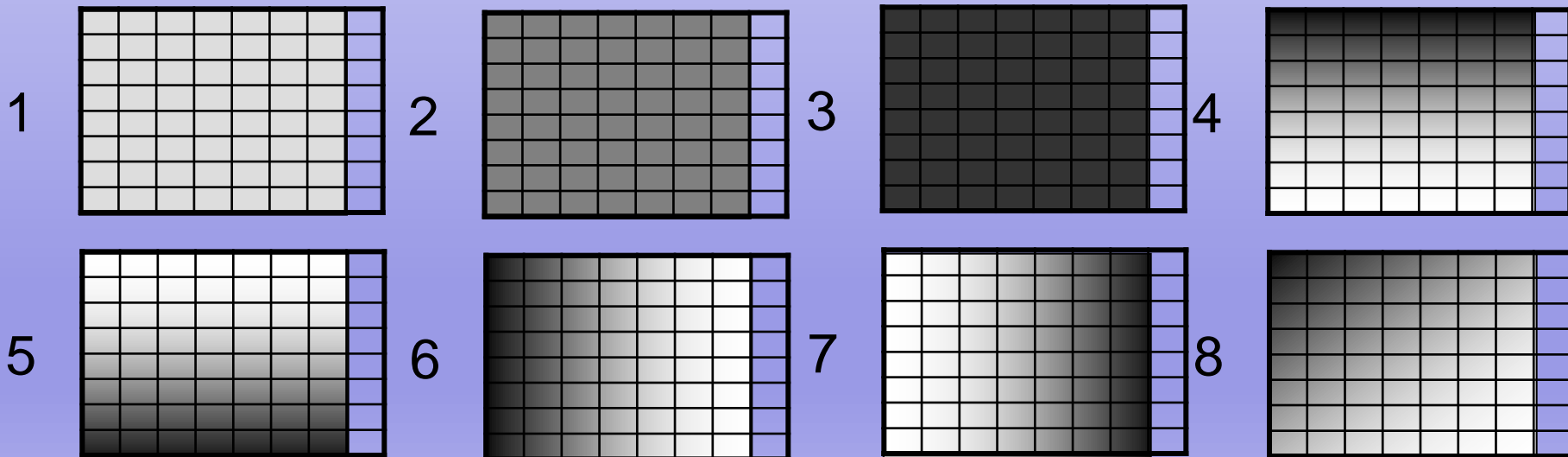
- En **imágenes fotográficas**, con RGB, difícilmente se repetirá un valor.
- La compresión será escasa o nula.

- **Compresión LZW (Lempel Ziv Welch):** sin pérdida.
 - Es un método sustitucional o basado en diccionario.
 - **Idea:** si una misma secuencia de valores se repite varias veces, hacer referencia al sitio donde se repite.
 - **Ejemplo.** Supongamos que queremos comprimir un texto.
Entrada: “Pablito clavó un clavito ¡Qué clavito clavó Pablito!”
Diccionario: #1 = Pablito; #2 = clavó; #3 = clavito
Comprimido: “#1 #2 un #3 ¡Qué #3 #2 #1!”
- ¿Funcionará bien?
 - Igual que el anterior, el funcionamiento óptimo será con dibujos (más que con fotos), y especialmente usando paletas de colores. Compresión en torno al 50%.

- **Compresión con pérdida:** mediante FFT (Transformada Rápida de Fourier), DCT (Transformada Discreta del Coseno), wavelets, etc.
 - **Idea:** si se permite cierta pérdida en la calidad de las imágenes es posible alcanzar cotas más altas de compresión.
 - Cuanta más compresión, más pérdida de calidad.
 - La mayoría de las técnicas están basadas en **análisis frecuencial** de las imágenes.
 - **Recordatorio. Descomposición en series de Fourier:** cualquier señal continua se puede expresar como una suma de señales sinusoidales.



- **Compresión mediante DCT en JPG:**
 - Idea parecida a la FFT, pero usando cosenos y en dos dimensiones.
 - **Explicación intuitiva:**
 - a) Las imágenes se dividen en bloques de 8x8 píxeles.
 - b) Existe un **catálogo estándar** de bloques de 8x8 píxeles (similar la paleta, pero con bloques y predefinida).



- c) Cada bloque de 8x8 de la imagen es sustituido por el número del catálogo que sea más **parecido**.

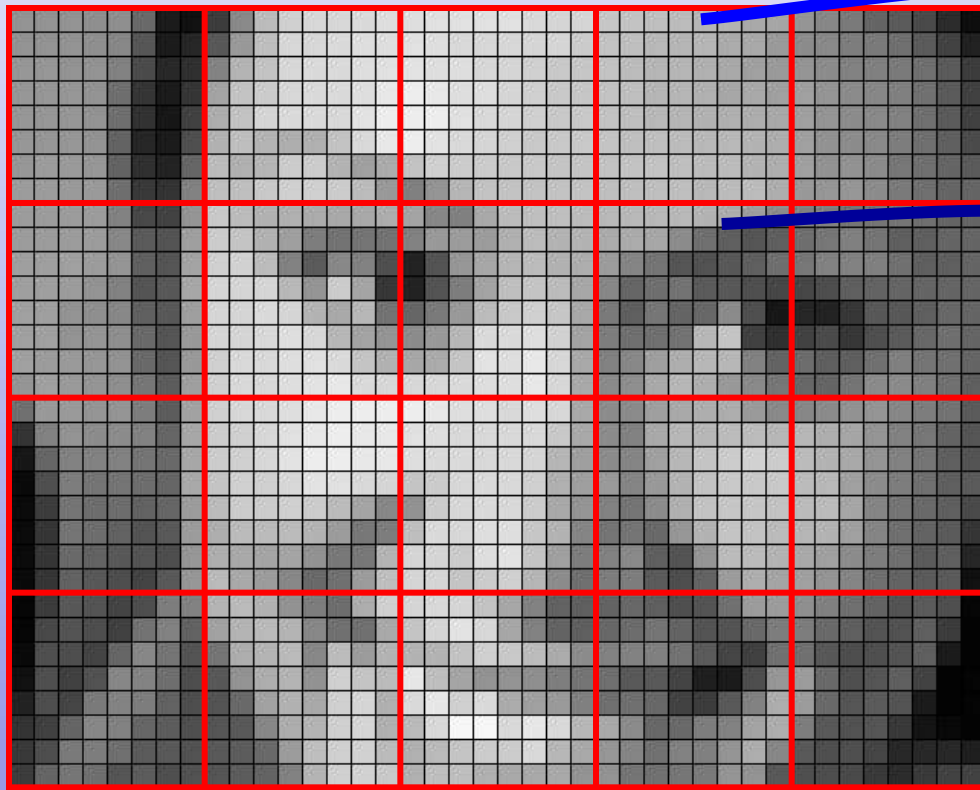


Imagen de entrada

Mucha
pérdida

Poca
pérdida

7	8	1	2	2
1	7	8	7	2
6	1	2	6	7
6	6	2	2	7

Imagen comprimida

- **Compresión mediante DCT en JPG:**

- Es posible ajustar el nivel de compresión modificando el tamaño del catálogo de bloques.
- **Catálogo pequeño** → Mucha compresión, pocos bits por cada gloque de 8x8, pero poca calidad.
- **Catálogo grande** → Poca compresión, muchos bits por cada bloque, pero alta calidad.

Ojo, es una imagen pequeña

Sin comprimir

Ratio 1:4

Ratio 1:10

Ratio 1:26



Formato BMP (*Windows Bitmap*)

- Fue desarrollado por Microsoft para la permitir una rápida entrada/salida por disco/pantalla.
- **Características:**
 - Permite muchos niveles de profundidad: 1 bit por píxel (2 colores), 4 bits (16 colores), 8 bits (escala de grises o paleta), 16 bits (Hi-color) y 24 bits = 3 bytes (True-color).
 - Utiliza compresión sin pérdida: RLE o sin comprimir.
 - Almacenamiento bottom-left y entrelazado de canales.
- **Ventajas:**
 - No hay pérdida de calidad en las imágenes.
 - La lectura y escritura son muy rápidas.
 - Formato muy sencillo: cabecera + datos.

Formato BMP (*Windows Bitmap*)

- **Inconvenientes:**

- El tamaño de las imágenes es excesivamente grande, sobre todo en imágenes fotográficas. Tamaño de imagen = (aprox.) ancho*alto*bits_por_pixel
- No adecuado para transmisión por red.
- Poco popular fuera de los entornos de MS Windows (aunque está libre de patentes).

- **Aplicaciones:**

- Aplicaciones que requieran una rápida salida por pantalla.
- Aplicaciones donde no deba haber pérdida de calidad, aun a costa del tamaño.

Formato BMP (*Windows Bitmap*)

- Ejemplos:



Resolución: 512x384

Profundidad: 24 bits/píxel

Tamaño: 576 Kbytes



Resolución: 400x308

Profundidad: 24 bits/píxel

Tamaño: 167 Kbytes

Formato GIF (*Graphics Interchange Format*)

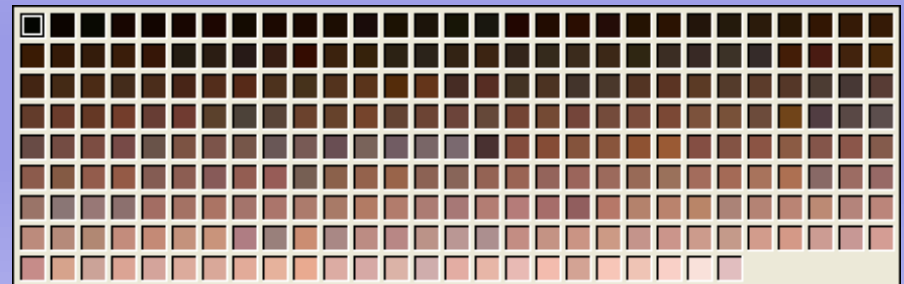
- Desarrollado por CompuServe en 1987 para la rápida transmisión de imágenes en color por las redes.
- **Características:**
 - Mucho más restringido que TIFF y que BMP.
 - Basado en uso de **paletas**, de hasta 256 colores.
 - Usa el algoritmo de **compresión LZW**.
 - **Ojo:** LZW es compresión sin pérdida, pero el uso de paletas implica una pérdida de información de color.
 - Permite definir **transparencias**. Se puede definir una entrada de la paleta como “transparente”.
 - Un fichero puede contener **múltiples imágenes**. Esto permite crear animaciones sencillas.

Formato GIF (*Graphics Interchange Format*)

Paleta: 32 colores
Tamaño: 33 Kbytes



Paleta: 256 colores
Tamaño: 87 Kbytes



Formato GIF (*Graphics Interchange Format*)

- **Ventajas:**

- Características no admitidas por otros formatos, como transparencias, animaciones y entrelazado.
- Adecuado para transmisión en redes.
- Muy popular.

- **Inconvenientes:**

- Poco adecuado para imágenes fotográficas: pérdida de color y tamaños muy grandes.
- Formato poco flexible.
- Problemas de patentes hicieron que apareciera el formato PNG como alternativa al GIF. Hoy día, las patentes existentes sobre GIF han expirado.

Formato GIF (*Graphics Interchange Format*)

- **Entrelazado:** las filas no se almacenan en posiciones consecutivas, sino salteadas (de 4 en 4).
- Esto permite hacerse una idea de la imagen cuando sólo se ha cargado una cuarta parte de la misma.
- **Aplicaciones:**
 - Compresión y almacenamiento de **dibujos e imágenes esquemáticas** con un número reducido de colores distintos.
 - Transmisión de imágenes por **red**: imágenes de tamaño reducido (iconos, símbolos, etc.), animaciones sencillas.



Formato PNG (*PNG's NOT GIF*)

- Diseñado para reemplazar a GIF, está libre de patentes.
- Utiliza compresión **sin pérdida**, con el algoritmo **DEFLATE** (el mismo que gzip), basado en predicción: se espera que cada línea se parezca mucho a la anterior.
- **Profundidades** admitidas: 1, 2, 4, 8 bits/píxel (paleta o gris), 8, 16 bits (gris, RGB, o RGBA).
- Transparencias mediante **canal alfa**.
- **Desventajas:**
 - No adecuado para fotografías.
 - No permite animaciones.
- **Aplicaciones:** las mismas que GIF.



320x240 píxeles
(57,2 Kbytes)

Formato JPEG (*Joint Photographic Experts Group*)

- Es el formato más elaborado de los cuatro y orientado al almacenamiento de imágenes fotográficas.
- **Características:**
 - Admite imágenes en escala de grises (1 byte por píxel) y RGB (3 bytes por píxel).
 - Incluye un **mecanismo avanzado de compresión**, que puede ajustarse a distintos ratios de compresión.
 - La principal característica es la **compresión con pérdida**, mediante DCT.
 - El fichero puede incluir una versión reducida, para **previsualizar** la imagen antes de leerla entera.
 - Está libre de patentes.

Formato JPEG (*Joint Photographic Experts Group*)

- **Mecanismo de compresión JPEG:**

- 1) Conversión del espacio de color, de RGB a YUV (Y= iluminación, UV= crominancia).
- 2) Reducción de resolución (a la mitad) en los canales UV.
→ El ojo humano es más sensible a la intensidad que al color.
- 3) Compresión mediante DCT de los grupos de 8x8 píxeles en cada canal.
→ El tamaño del “catálogo” depende del nivel de compresión.
- 4) Compresión sin pérdida del resultado mediante códigos de Huffman.

Formato JPEG (*Joint Photographic Experts Group*)

Tamaño: 31 Kbytes



Tamaño: 86 Kbytes



- Comprimiendo al mismo tamaño que GIF, la calidad es mejor, sobre todo en imágenes fotográficas. Pero...

Formato JPEG (*Joint Photographic Experts Group*)

- Con mayor compresión se producen distintos problemas.

Pérdida de color

Efecto de cuadriculado



Formato JPEG (*Joint Photographic Experts Group*)

- **Ventajas:**

- En la mayoría de los casos, consigue un ratio compresión/calidad mucho mejor que los otros formatos.
- Nivel de compresión ajustable. Típicamente entre 1:10 y 1:100
- Formato muy popular y casi exclusivo en muchos ámbitos.

- **Inconvenientes:**

- Compresión/descompresión complejas y costosas.
- No incluye transparencias ni animaciones.
- Genera artefactos o artificios (*artifacts*).
- La información perdida no se recupera. Si trabajamos con un JPEG guardando en disco tras cada operación, la imagen se va degradando.

Formato JPEG (*Joint Photographic Experts Group*)

- **Aplicaciones:**
 - Prácticamente, todas las aplicaciones de fotografía digital: captura, almacenamiento, transmisión, impresión, etc.
 - No usar si no se permite pérdida de calidad o si se trabaja con dibujos.
- Los artefactos pueden ser inadmisibles en ciertas aplicaciones que requieren alta calidad.
- Existe un nuevo estándar, **JPEG2000** que evita los artefactos. En lugar de DCT, usa una transformación basada en **wavelets**.
 - Mejora la compresión sobre un 20%, pero es más costoso.

Comparación JPEG / JPEG 2000

JPG 3.12 Kbytes



JPG 1.27 Kbytes



PNG 135 Kbytes



JP2 3.08 Kbytes



JP2 1.13 Kbytes



JP2 832 bytes



- **Otros: Formato TIFF (*Tagged Image File Format*)**
 - Diseñado para trabajos de impresión profesional de alta resolución y calidad (impresión industrial).
 - Es muy flexible, basado en **tags** (bloques de datos de formato predefinido).
 - El formato es **muy abierto**: admite hasta 64.000 canales, n^o arbitrario de bits por píxel (hasta enteros o reales de 64 bits), distintos espacios de color, múltiples imágenes por fichero, cualquier tipo de compresión existente, etc.
- **Otros: Formato RAW (*o negativo digital*)**
 - No existe un único estándar RAW, cada empresa usa el suyo.
 - Algunas características comunes: se almacenan los datos sin procesar; la profundidad suele ser 12 ó 14 bits/píxel; no son RGB, sino los resultados del patrón de Bayer; normalmente no hay compresión o es sin pérdida.

Conclusiones:

- Buscar el **formato y nivel de compresión** más adecuado para cada aplicación particular.
- Cuidado con los **formatos con pérdida**. → Cada vez que se guarda hay una pérdida de calidad. → Guardar una copia sin pérdida del original.
- **Ojo:** son formatos de **almacenamiento**. Para procesar las imágenes en memoria no se usan estos formatos, sino imágenes descomprimidas (*en crudo*): matrices de píxeles.

Conclusiones:

- Una **imagen digital** no es más que una matriz de números.
- Las imágenes digitales son **muestreos discretos** de señales continuas bidimensionales.
 - Discretización en el **espacio**: ancho y alto.
 - Discretización en el **valor**: profundidad de píxel.
- El **procesamiento de imágenes** recibe imágenes como entrada y produce imágenes en la salida (mejora, restauración, etc.).
- Pero... de donde no hay no se puede sacar. → La **adquisición** de imágenes sigue siendo fundamental.