

## Revelado de la imagen



ANTONIO TABERNEIRO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

## Revelado de la imagen



ANTONIO TABERNEIRO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

## Revelado de la imagen

En fotografía tradicional la película expuesta sufre cambios químicos, conteniendo una imagen latente (no visible).

Es preciso pasar por una serie de procesos:

- Revelado de la película (aparece el negativo).
- Positivado (con posible ampliación) sobre papel sensible.
- Revelado del positivo.
- Fijador + lavado.
- Secado del papel fotográfico.

ANTONIO TABERNEIRO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

## De la imagen RAW a la imagen final

La imagen raw tiene un papel similar al negativo tradicional. Contiene todos los datos de la fotografía, pero hay que aplicar una serie de procesos para obtener a la imagen final:

- Demosaicing (interpolación de color)
- Matriz de color y balance de blancos
- Aplicación de  $\gamma$  (no linealidades)

- Retoques de contraste/brillo/saturación/nitidez
- Compresión JPEG.

ANTONIO TABERNEIRO GALÁN, 2015

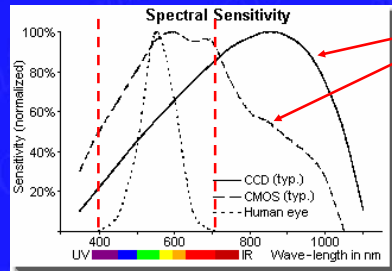
FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

## ¿Cómo capturamos el color?

Los sensores en nuestras cámaras son “monocromos”

Cuentan los fotones recibidos, no distinguen colores

Su eficiencia depende de la longitud de onda ( $\lambda$ ) del fotón.



Tan sensibles en el infrarrojo (IR) como en el visible.

Todas las cámaras tienen un filtro que bloquea IR

¿ Cómo capturar color usando sensores monocromos?

ANTONIO TABERNERO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

## Multiplexado temporal

- Haz 3 tomas con 3 filtros de color.
- Primeras fotografías en color conservadas (100+ años).



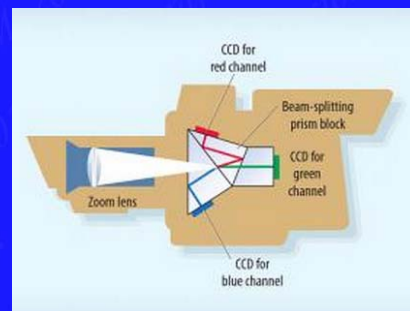
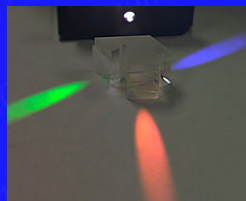
ANTONIO TABERNERO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

## Multiplexado imagen simultáneo

Divide la imagen en 3 usando un prisma y usa 3 sensores.

Uso en video camaras profesionales.



ANTONIO TABERNERO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

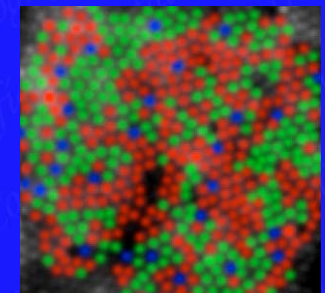
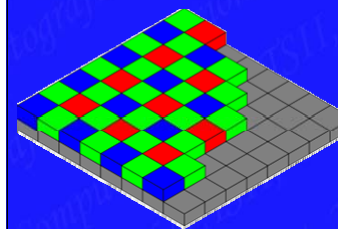
## Color Filter Arrays (CFAs)

Multiplexado espacial:

Cada sensel recoge información de un color distinto.

Mayoría de las cámaras digitales

Ojo humano



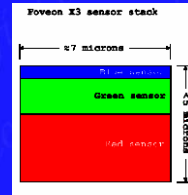
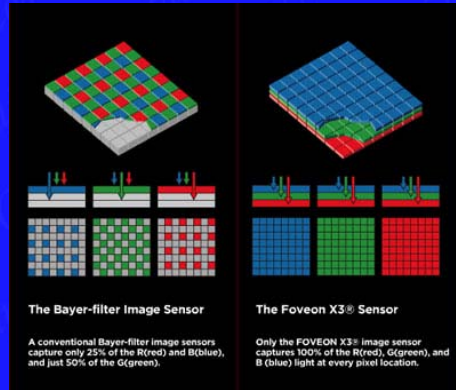
ANTONIO TABERNERO GALÁN, 2015

FOTOGRAFÍA COMPUTACIONAL, ETSII, UPM

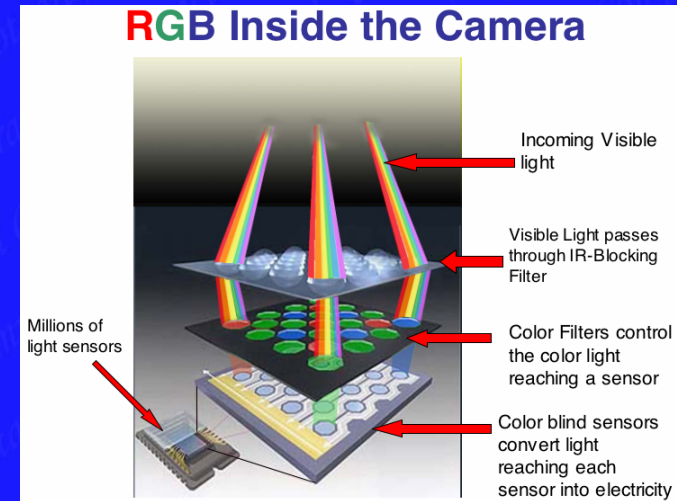


## Foveon Sensor

- Multiplexado en la vertical del sensor.
- Colocar 3 sensores con sus filtros uno encima de otro.



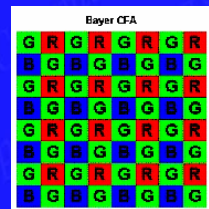
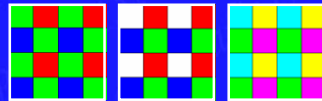
## CFAs (Color Filter Arrays)



<http://www.photoaxe.com/wp-content/uploads/2007/04/camera-sensor.jpg>

## Filtro de color de Bayer

Muchas formas de escoger y colocar los colores en el array:



El filtro de color (CFA) de Bayer es el más usado en las cámaras actuales:

- ½ de píxeles verdes
- ¼ de rojos
- ¼ de azules

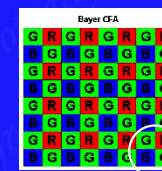
¿Por qué ese reparto?

- 3 es mal número para dividir un cuadrado.
- Máximo de la sensibilidad del sistema visual humano está en el verde.

## Reconstrucción RGB

En ninguna posición tengo información simultánea de los 3 colores.

Opción A: generar pixel de salida por cada cuatro "sensels": G1,R,B,G2

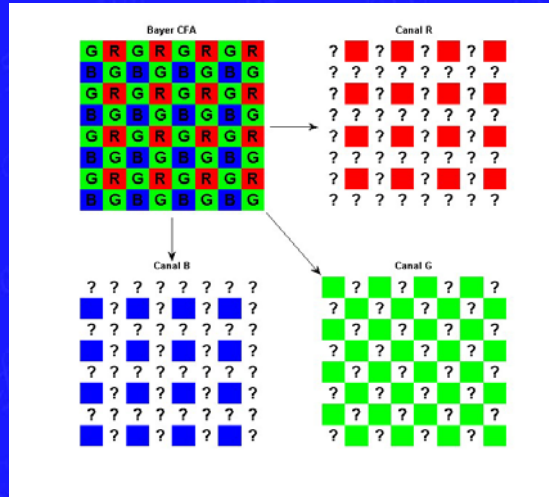


$$\begin{cases} R=R \\ G=(G1+G2)/2 \\ B=B \end{cases}$$

Sería lo más honrado y sencillo, pero entonces los megapíxeles efectivos se reducen a la cuarta parte de los "megasensels".

Opción B: mentimos y creamos 3 canales R, G, B con la misma resolución del sensor original (solo hay que inventarse 2/3 partes de la información).

## Demosaicing (interpolación color)



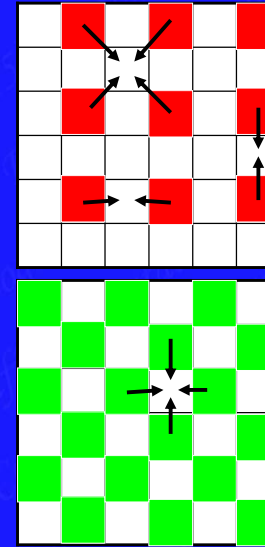
Tengo que inventarme  $\frac{3}{4}$  partes de los píxeles del canal rojo y azul.

Del canal verde "sólo" tengo que inventarme la mitad de los píxeles.

### INTERPOLACIÓN:

Para deducir el valor de las casillas con ? se usan los valores vecinos del mismo canal.

## Interpolación lineal



Los valores "medidos" deben mantenerse.

Para los que faltan:

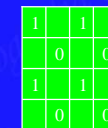
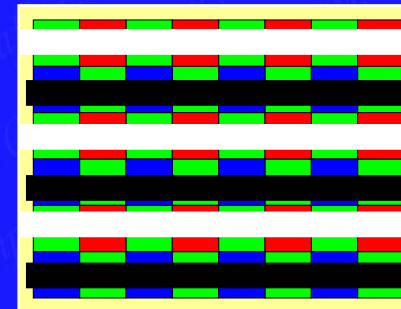
- Canal rojo o azul:
  - Promedio de las 4 vecinos en diagonales
  - Promedio de los 2 vecinos arriba-abajo o izquierda-derecha.
- Canal verde:
  - Promedio de los cuatro vecinos: arriba, abajo, izquierda, derecha.

Es posible usar interpolaciones de orden superior involucrando a más vecinos.

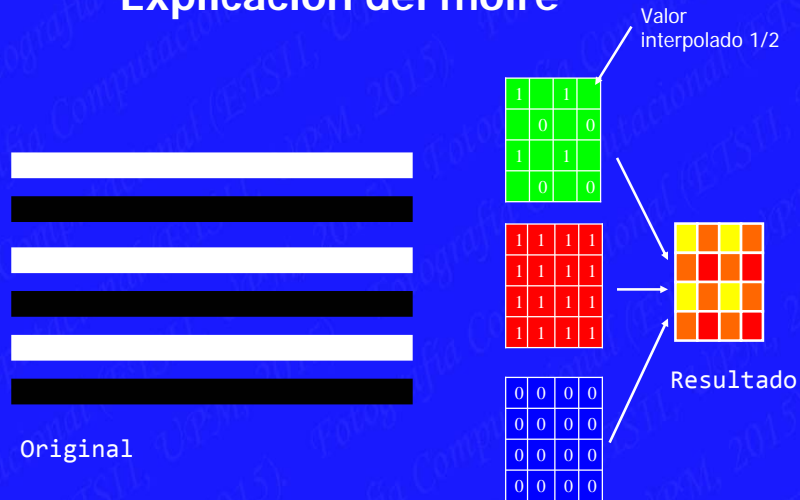
## Problemas: patrones de Moire



## Explicación del moire



## Explicación del moire



## Mitigación del Moire

Prevención: Filtro antialiasing (AA)

Suaviza la imagen, eliminando las frecuencias mas altas (cambios bruscos), que son las que causan más problemas.

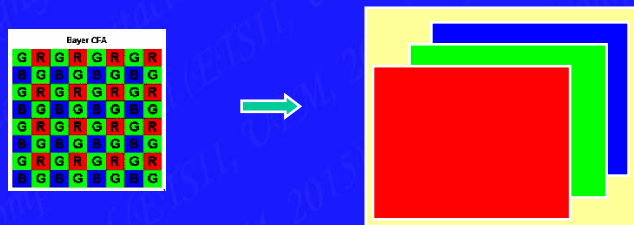
Algunos fabricantes ofrecen modelos sin el filtro AA para una máxima resolución.

Reducción: Mejores algoritmos de demosaicing: AHD, VCD

Combinar interpolación con detección de bordes: no promediar a través de bordes.

Se suele procesar primero canal G (más info) y luego nos apoyamos en él para procesar R y B.

## Gestión del color



El algoritmo de "demosaicing" da una imagen con 3 planos RGB.

¿Es la imagen definitiva?

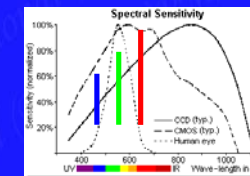
Quedan por resolver varios aspectos relacionados con el color.

2 cámaras haciendo la misma foto deberían dar mismos colores.

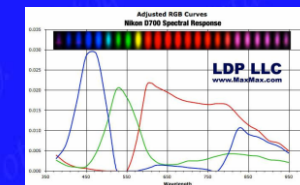
Los colores capturados por los 2 sensores van a diferir (entre si y con respecto al original)

## Motivos de la discrepancia de colores

- Los sensels tienen diferentes sensibilidades a cada color.
- Además está la influencia de los filtros previos (AA, IR, etc)



- Los filtros (R,G,B) del CFA tienen diferentes transmitancias y no son perfectos: dejan pasar un poco de los otros colores.



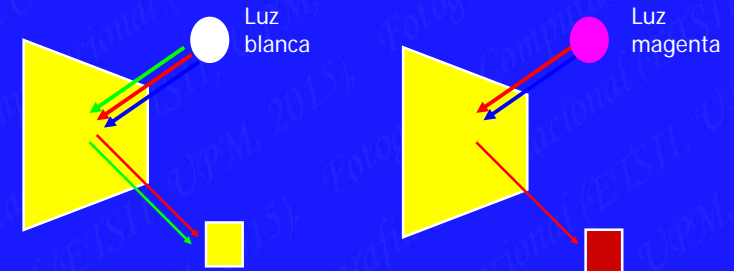


## Cambio a espacio de color común.

- Cada sensor captura el color en un espacio de color propio.
- El fabricante (que conoce los detalles del sensor y filtros) define una matriz de cambio de color que aplicada a los valores RGB del sensor los convierten al espacio color canónico XYZ.
- El espacio de color XYZ no es el más adecuado para el uso típico de nuestras imágenes (verlas en un monitor). En la práctica las cámaras de pasan de XYZ a otro espacio de color más apropiado: los dos más usados son sRGB o AdobeRGB.
- Aún así los resultados de 2 cámaras no coincidirán:
  - Hay efectos no lineales que no pueden capturarse en un transformación matricial.
  - Un fabricante puede decidir dar un toque "especial" a sus colores, para diferenciarse del resto.

## Balance de blancos (White Balance)

- Aunque todo se haga bien, zonas grises en la realidad pueden aparecer coloreadas en nuestra fotografía.
- La cámara (o el ojo) no capta color intrínseco del objeto sino el resultado de su interacción con la iluminación.



## Balance de blancos (White Balance)

Si sabemos que un píxel es gris pero sus valores son  $(r, g, b)$

$$r \neq g \neq b$$

Podemos hacer los tres iguales a su valor medio:

$$m = \frac{1}{3}(r + g + b)$$

Tenemos que usar 3 factores correctores para cada color:

$$\left( \frac{m}{r}, \frac{m}{g}, \frac{m}{b} \right)$$

y los aplicamos (multiplicando) a los píxeles de la imagen.

## Aplicar Balance de blancos

Opciones en postproceso para calcular factores correctores:

- Asumir que la imagen será un gris medio: calcular las medias de los canales  $\{r, g, b\}$  y usarlos para corregir.
- Señalar a una zona de la imagen que sabemos que es gris.
- Haber incluido una tarjeta gris (18%) en la foto.

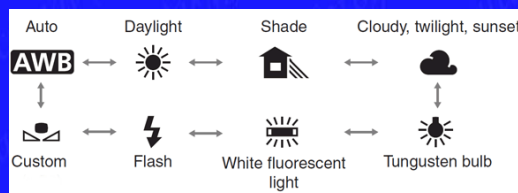
Los resultados de la tarjeta también nos sirven para ajustar exposición. Los píxeles que caen en la tarjeta (tono medio de gris) deben dar valores en la mitad de la escala.



## Aplicar Balance de blancos

Opciones en cámara:

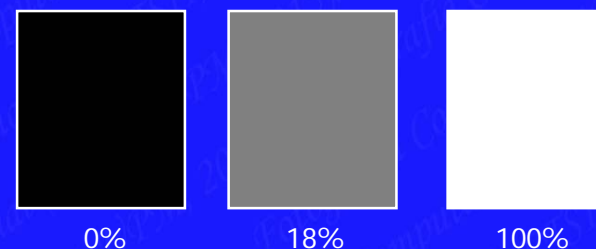
- A) AUTO: presupone que el mundo es gris de media, etc.
- B) SELECCIONAR un tipo de luz: de día, interior, fluorescente, etc. La máquina usa unos factores de corrección prefijados.



- C) MANUAL: hacer una foto de algo gris (papel, tarjeta 18%) bajo la luz "dudosa". La cámara calcula factores necesarios para corregir esa foto y los usa en fotos sucesivas.

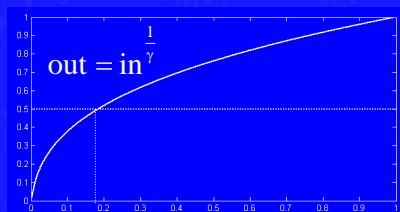
## Paso Final: No linealidad

- El sensor es esencialmente lineal frente a la luz: el doble de fotones recibidos da lugar a una respuesta doble (en ADUs).
- Por el contrario, la percepción del ojo no es lineal: somos más sensibles a cambios en la zona oscura que en las claras.
- Un incremento de sólo un 18% de fotones recibidos da lugar a un 50% de aumento en la "claridad" percibida.



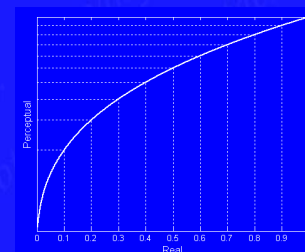
## Aplicación de no linearidades ( $\gamma$ )

- Vamos a reducir los 12-14 bits del sensor a 8 bits por canal.
- Los saltos deben ser equiespaciados en una escala "perceptiva".
- Para ello se aplica una función no lineal a los datos, antes de proceder a reducirlos a 256 niveles (8 bits).
- Se usa un  $\gamma$  entre 2 y 3

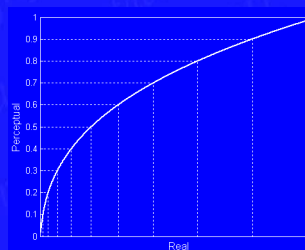


- Esta no-linealidad está incluida en el cambio de espacio de color.
- Será invertida por el sistema operativo antes de la visualización.

## Aplicación de no linearidades ( $\gamma$ )



Equiespaciado antes de aplicar  $\gamma$

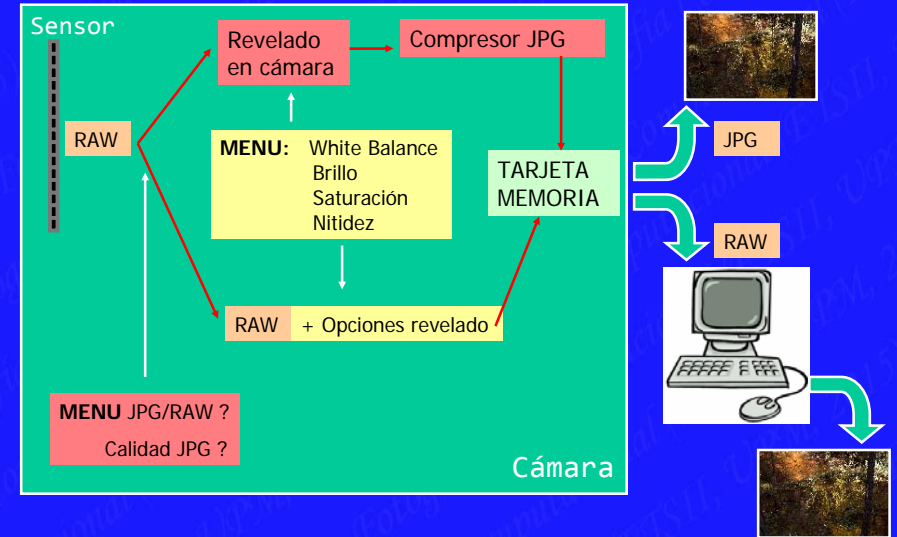


Equiespaciado después de aplicar  $\gamma$

## Retoques finales

- Tras aplicar todo lo anterior disponemos de una imagen válida.
- El fabricante puede intentar mejorar su aspecto alterando:
  - Brillo y contraste.
  - Saturación de color.
  - Nitidez.
- Estas opciones se fijan a través del menú de la cámara y no tienen ningún efecto si se trabaja en RAW.
- Si no trabajamos en RAW la imagen se “revela” dentro de la cámara con las opciones escogidas y se comprime (standard jpg, con pérdidas) para reducir su tamaño.
- Trabajando en RAW nosotros haremos el revelado en el PC.

## El proceso RAW-JPEG



## Referencias: revelado de la imagen

- <http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/RAW-file-format.htm>
- <http://www.cambridgeincolour.com/tutorials/gamma-correction.htm>
- <https://users.soe.ucsc.edu/~rcsumner/rawguide/RAWguide.pdf>
- <http://www.guillermoluijk.com/tutorial/dcraw/index.htm>