

Combinación de imágenes y transformaciones de color

Combinación de imágenes.

- **Combinación de imágenes:** utilizar dos o más imágenes de entrada para producir una imagen de salida.
- **Entrada:** imágenes A y B.
- **Salida:** imagen R.

$$R(x, y) := f(A(x, y), B(x, y))$$

El valor del píxel resultante es función de los píxeles de A y B en la misma posición

En principio, todas las imágenes deben ser del mismo tamaño

- Posibles operaciones de combinación:
 - **Booleanas:** and, or, xor, not
 - **Aritméticas:** suma, resta, producto/división, media
 - **Relacionales:** máximo, mínimo

Combinación de imágenes.

- **Operadores booleanos:**
 - $R(x, y) := A(x, y) \text{ AND } B(x, y)$
 - $R(x, y) := A(x, y) \text{ OR } B(x, y)$
 - $R(x, y) := A(x, y) \text{ XOR } B(x, y)$
 - $R(x, y) := \text{NOT } A(x, y) \text{ AND } B(x, y)$
 - $R(x, y) := A(x, y) \text{ OR NOT } B(x, y)$
 - ...
- Estos operadores tienen sentido cuando al menos una de las imágenes es binaria.
 - Negro (0) = FALSE
 - Blanco (1 ó 255) = TRUE

Combinación de imágenes.

- Ejemplos. Operadores booleanos.

Imagen de
entrada

A

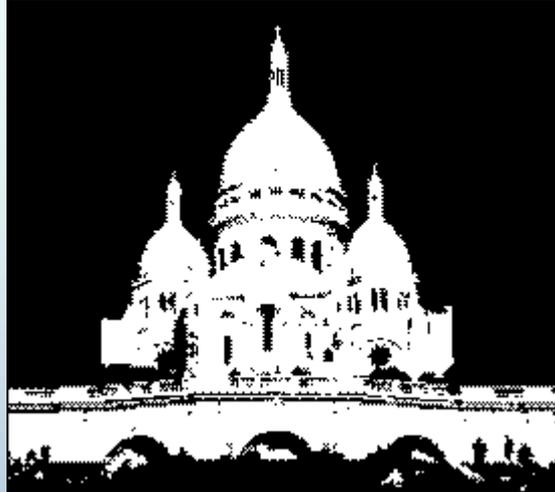
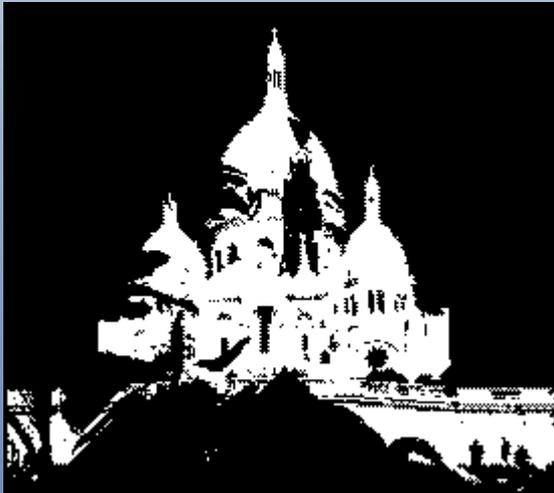


Imagen de
entrada

B



A AND B



A OR B



A XOR B



Combinación de imágenes.

- En imágenes no binarias no tienen mucho sentido...
¿Cómo se interpretan?

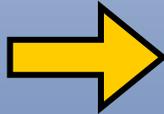


A_{Gris} AND B_{Gris}



A_{RGB} AND B_{RGB}

- Las operaciones binarias aparecen en análisis de imágenes, y también para trabajar con **máscaras y recortes** de objetos.



Combinación de imágenes.

- Imágenes de entrada.

A



B



C



- ¿Cómo conseguir el montaje de la página anterior?
- $R := (B \text{ AND NOT } C) \text{ OR } (A \text{ AND } C)$

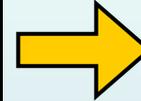
Combinación de imágenes.

1. $T1 := B \text{ AND NOT } C$

B



NOT C



T1

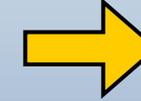


2. $T2 := A \text{ AND } C$

A



C



T2

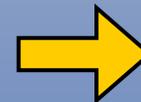


3. $R := T1 \text{ OR } T2$

T1



T2



R



Combinación de imágenes.

- La imagen binaria (**C**) se suele denominar **máscara**.
- La máscara permite segmentar el objeto de interés.



¿!?

Cuestiones:

- ¿Cómo crear la máscara de forma automática?
- La zona del pelo no se mezcla bien con el fondo.
¿Cómo evitar este problema?

Combinación de imágenes.

- **Operaciones aritméticas:**
 - $R(x, y) := A(x, y) + B(x, y)$
 - $R(x, y) := A(x, y) - B(x, y)$
 - $R(x, y) := (A(x, y) + B(x, y))/2$
 - $R(x, y) := a \cdot A(x, y) + (1-a) \cdot B(x, y)$
 - $R(x, y) := A(x, y) \cdot B(x, y) \cdot c$
- Se usan en generación y análisis de imágenes.
- Cuidado con los problemas de **saturación** .
- En imágenes binarias son equivalentes (en su mayoría) a los operadores booleanos.

Combinación de imágenes.

Sumar dos imágenes: $R(x, y) := A(x, y) + B(x, y)$

- **Significado:** mezclar las dos imágenes.



A



B



R

- **Ojo:** $[0..255] + [0..255] = [0..510]$

Combinación de imágenes.

- Para evitar la saturación se puede usar la media.

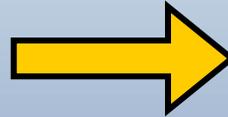
Media de 2 imágenes: $R(x, y) := (A(x, y) + B(x, y)) / 2$



A



B



R

- **Significado:** las imágenes son semitransparentes (al 50%).

Combinación de imágenes.

- De forma similar, se puede definir la **media ponderada**.

Media ponderada: $R(x,y) := a \cdot A(x,y) + (1-a) \cdot B(x,y)$

$a = 0,25$



$a = 0,5$



$a = 0,75$



- La media ponderada se puede usar para crear una **transición suave** entre imágenes (o vídeos).



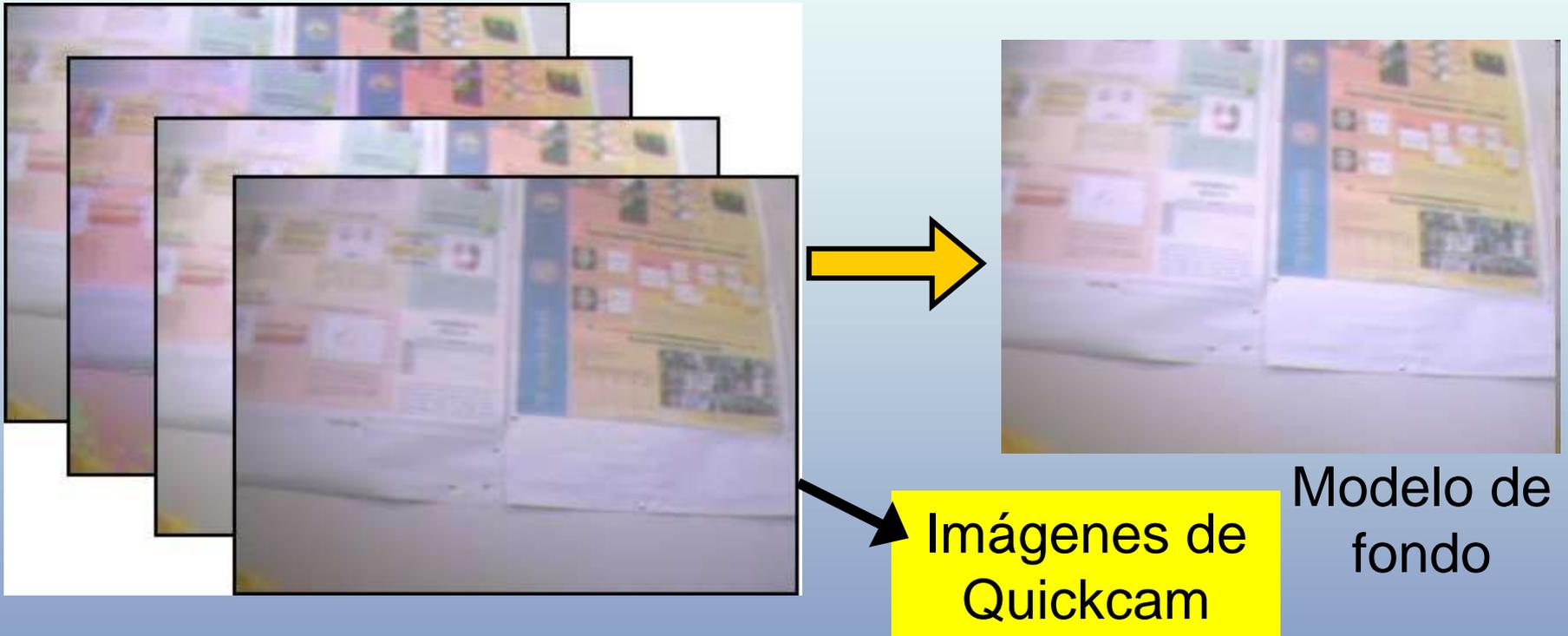
Combinación de imágenes.

- La media de imágenes se puede usar para **acumular imágenes** de un vídeo.
- **Ejemplo 1.** Combinar imágenes con mucho ruido de una escena, para obtener una mezcla con menos ruido.



Combinación de imágenes.

- **Ejemplo 2.** Crear un modelo de fondo de una escena, acumulando varias imágenes.



- **Idea:** si además de la media en cada píxel calculamos también la varianza, podríamos tener un modelo gaussiano del fondo ($N(\mu, \sigma)$).

Combinación de imágenes.

Restar dos imágenes: $R(x, y) := A(x, y) - B(x, y)$

- **Significado:** obtener diferencia entre imágenes.



A



A-B



B



B-A

$[0..255] - [0..255] = [-255..255] \rightarrow$ La mitad de los píxeles se saturan a 0

Combinación de imágenes.

Restar dos imágenes, manteniendo el rango de salida: $R(x, y) := (A(x, y) - B(x, y))/2 + 128$



A



(A-B)*



B



(B-A)*

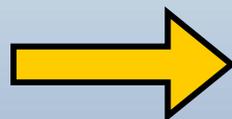
Combinación de imágenes.

- Muchas veces lo que interesa es conocer la diferencia entre las imágenes. → **Solución:** tomar valor absoluto de la resta.

Diferencia: $R(x, y) := \text{abs}(A(x, y) - B(x, y))$



A



R

¿? Son muy distintas...

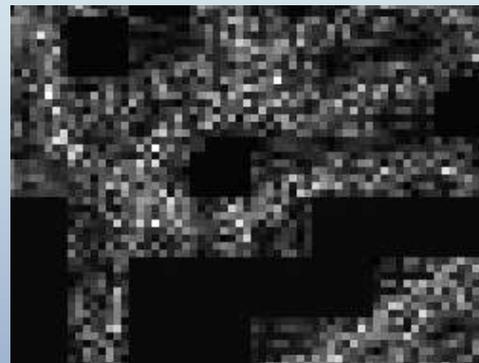
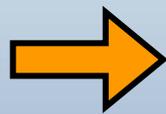


B

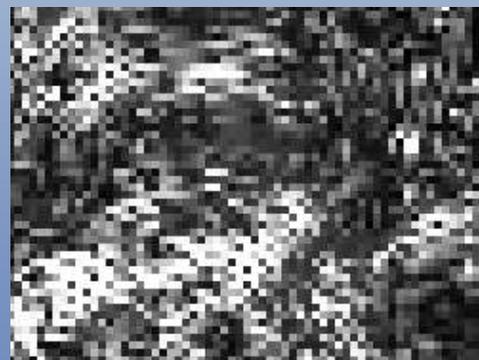
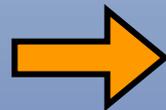
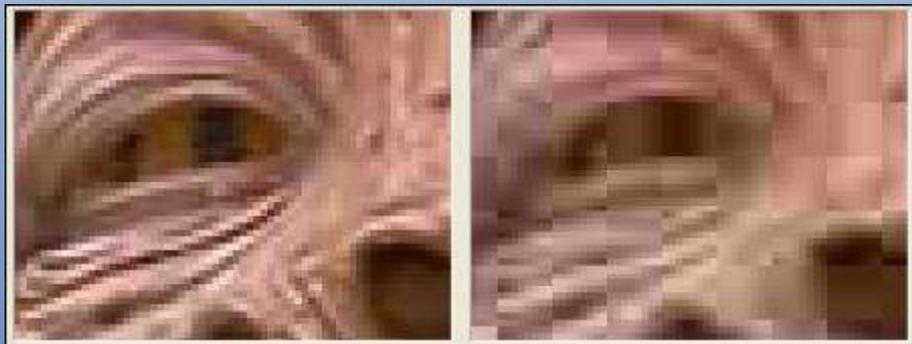
- **Píxel negro:** las dos imágenes son iguales en ese píxel.
- Cuando más clara es una zona, más se diferencian las imágenes.

Combinación de imágenes.

- **Aplicaciones de la diferencia:** encontrar variaciones entre imágenes que, en principio, deberían ser parecidas.
- **Ejemplo 1.** Analizar la pérdida de información al comprimir una imagen. Por ejemplo, con JPEG.



Dif.
x16



Dif.
x16

Combinación de imágenes.

- **Ejemplo 2.** Segmentación del fondo de una escena.
- Tenemos un fondo (imagen media) y una nueva imagen.

Modelo de fondo



Frame 1



Frame 2



Idea: esto se puede usar para crear la máscara...
¿Cómo?



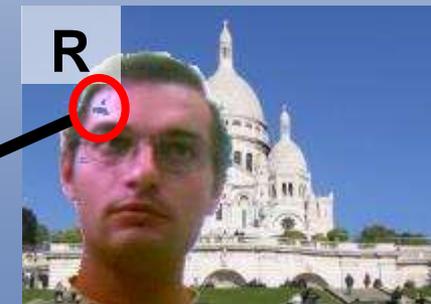
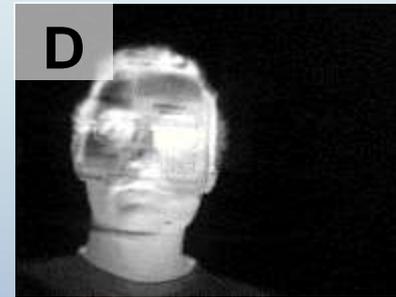
x2

x2

Combinación de imágenes.

- **Proceso.**

1. Obtener el modelo de fondo **M**.
2. Para cada imagen **A** del vídeo.
3. Calcular la diferencia: $D = \text{abs}(M-A)$.
4. Umbralizar la imagen con un valor adecuado. $U = \text{umbralizar}(D, x)$.
5. Sea **F** el nuevo fondo.
6. $R := (F \text{ AND NOT } U) \text{ OR } (A \text{ AND } U)$



¿Cómo arreglar eso?

Combinación de imágenes.

- **Ejemplo 3.** Detección de movimiento en vídeo.
- Dada una secuencia de vídeo, queremos saber si se ha producido alguna modificación, y en qué zonas de la imagen (“encuentra las 7 diferencias”).

Frame 1

Frame 2

Diferencia x2



- ¿Qué objetos se han movido y en qué dirección?

Combinación de imágenes.

Producto imágenes: $R(x, y) := A(x, y) \cdot B(x, y) / 255$



A



A·B



B

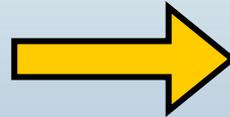
- Necesario escalar el resultado (dividir por 255).
- Efecto de **mezcla**, similar a la suma, pero conceptualmente más próximo a un AND...

Combinación de imágenes.

División imágenes: $R(x, y) := 255 \cdot A(x, y) / B(x, y)$



A



A/B

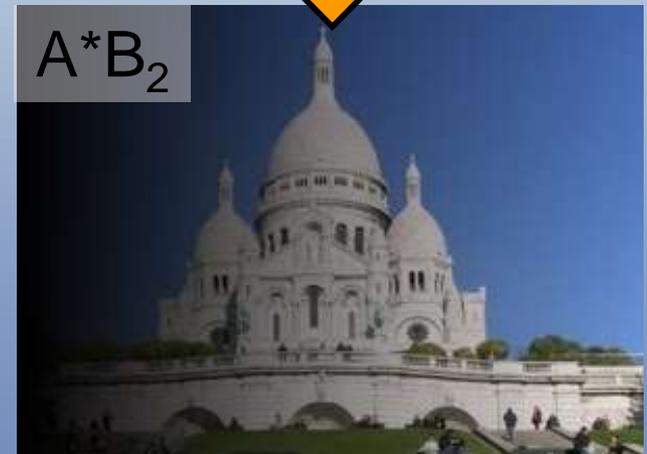
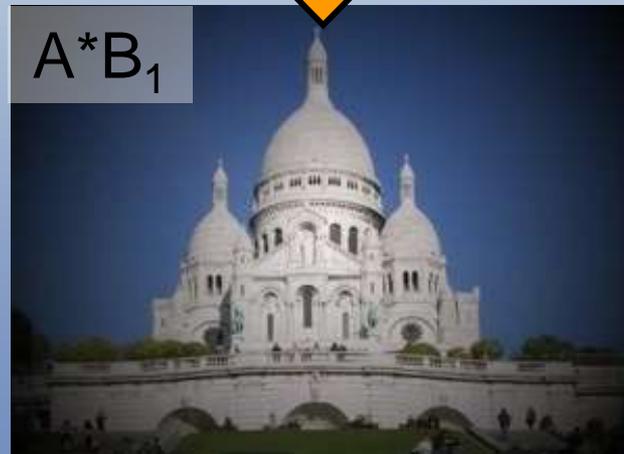
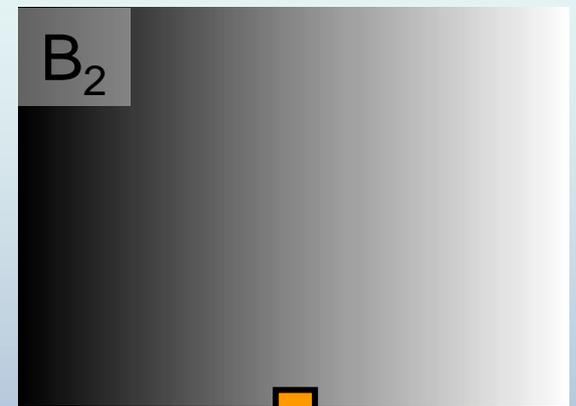
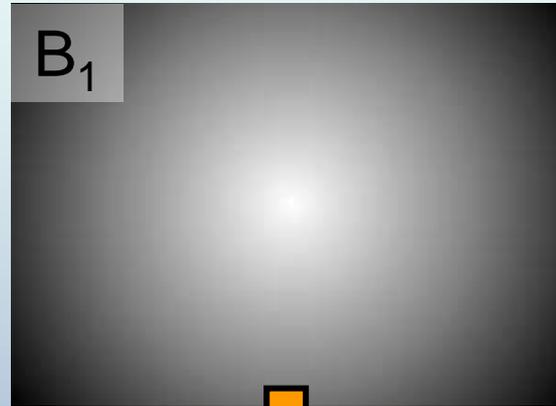


B

- También es necesario escalar el resultado (multiplicar por 255).
- ¿Cuál es interpretación del resultado?

Combinación de imágenes.

- **Ejemplo 1.** Realizar una transformación de intensidad distinta para cada píxel.

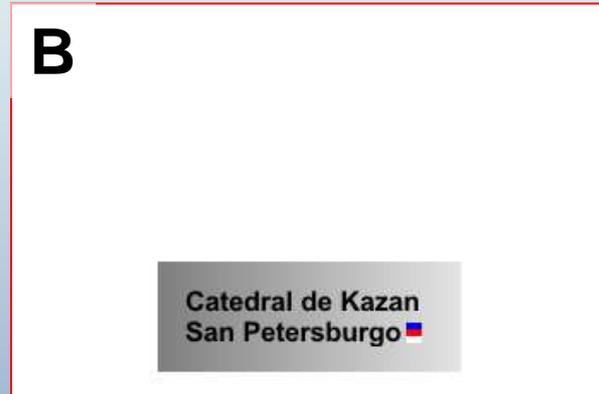


Combinación de imágenes.

- Estos mismos tipos de imágenes se pueden usar para hacer sumas, restas, divisiones, etc.
- **Ejemplo.** $R(x, y) := A(x, y) \cdot B(x, y) / 128$
 - Si $B(x, y) = 128$ el píxel de A no cambia.
 - Si $B(x, y) < 128$ el píxel se oscurece.
 - Si $B(x, y) > 128$ el píxel se aclara.
- El producto es también la base en la idea de **máscara** o **selección difusa**.
- **Idea:** una imagen se compone de distintos elementos o capas, que tienen definido cierto nivel de transparencia.

Combinación de imágenes.

- **Ejemplo 2.** Mezcla y combinación de imágenes.
Queremos combinar dos imágenes, por ejemplo, para poner una etiqueta descriptiva en una foto. Una imagen binaria sirve de **máscara**: 0 = fondo, 1 = etiqueta.



- **Resultado:**

$R := (A \text{ AND NOT } M)$
 $\text{OR } (B \text{ AND } M)$



No me convence...
mejor un reborde suave (difuminado)

Combinación de imágenes.

- **Solución.** Usar una máscara “suave”, una imagen en gris: 0 = transparente, 255 = opaco. Combinar: sumas y productos.



- **Resultado:**

$$R := A \cdot (255 - N) / 255 + B \cdot N / 255$$

Producto de
imágenes



Combinación de imágenes.

- **Indicaciones sobre el ejemplo 2.**
 - La “mascara suave” es la idea del **canal alfa**.
 - RGB → RGBA, donde el canal A indica el **grado de opacidad** de un píxel (0= transparente, 255= opaco).
 - **Uso:** definimos imágenes, con sus canales alfa, y las componemos poniendo unas sobre otras.
 - La **composición de imágenes** con canal alfa es básicamente una media ponderada como hemos visto.
 - En el modo binario, muchas herramientas incorporan las ideas de **máscara**, **selección**, **región de interés** (cuando es rectangular) o **canal de interés** (en multicanal).
 - No necesitamos trabajar con **operaciones booleanas**, aunque implícitamente es lo que hay subyacente.

Combinación de imágenes.

Otras operaciones no lineales

- **Mínimo de 2 imágenes.** $R(x, y) := \min(A(x, y), B(x, y))$



- **Máximo de 2 imágenes.** $R(x, y) := \max(A(x, y), B(x, y))$



Combinación de imágenes.

- **Ejemplo.** Una alternativa para crear modelos de fondo es usar máximos y mínimos. En lugar de tener media y varianza, tenemos **máximo** y **mínimo del fondo** en cada píxel.

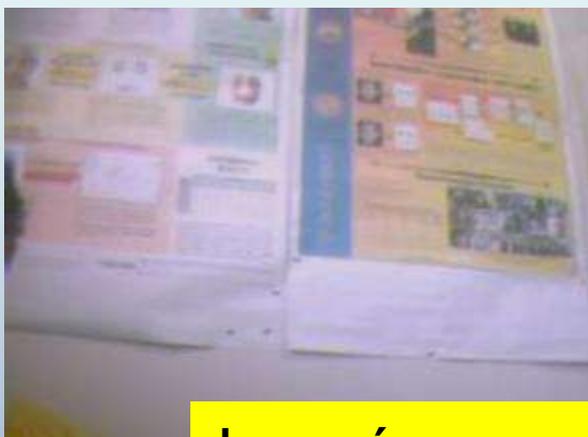


- Dada una imagen nueva, para cada píxel, comprobar si su valor está **entre el máximo y el mínimo**. Si lo está: fondo; si no lo está: objeto.

Combinación de imágenes.

- Con esto tenemos otra forma de hacer la segmentación de los objetos.

Modelo de fondo



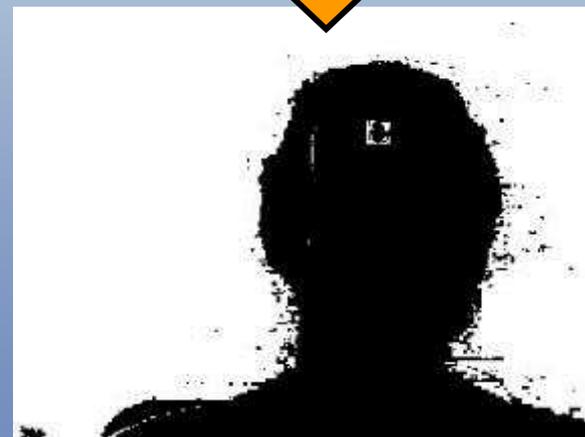
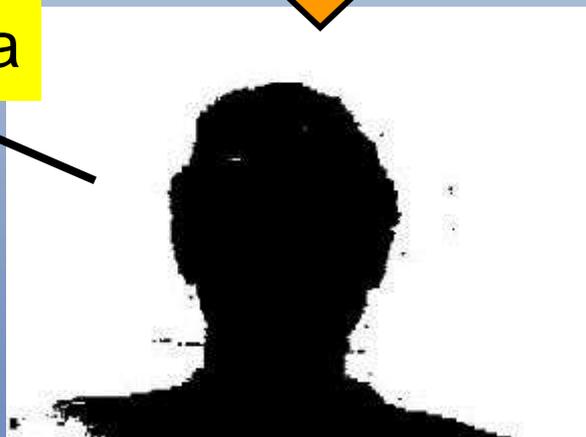
Frame 1



Frame 2



La máscara ya está binarizada



Combinación de imágenes.

Conclusiones:

- Operaciones de **combinación**: a partir de dos o más imágenes obtener una nueva imagen.
- La operación a aplicar depende de lo que queramos conseguir.
- Operaciones **booleanas**: útiles para trabajar con máscaras de objetos.
- Operaciones **aritméticas**: útiles en vídeo, modelos acumulados, detección de movimiento, transparencias difusas, etc.
- En general, cualquier tipo de operación es posible, ya sean lineales o no lineales.

Transformaciones de color.

- En los puntos anteriores la transformación era la misma para todos los canales (R, G y B).
- Si es **distinta**, hablamos de **transformación de color**:

$$R(x, y).R := f_1(A(x,y).R, A(x,y).G, A(x,y).B)$$

$$R(x, y).G := f_2(A(x,y).R, A(x,y).G, A(x,y).B)$$

$$R(x, y).B := f_3(A(x,y).R, A(x,y).G, A(x,y).B)$$

- **Posibilidades:**

- Aplicar **las mismas** transformaciones que antes (suma, producto, ajuste de histograma, etc.), pero con distintos parámetros para cada canal.
- Transformaciones basadas en **modelos de color**. Cambiar el modelo de color (RGB, HSV, HLS, XYZ, YUV, etc.) y aplicar la función en ese modelo.

Transformaciones de color.

Conversión color \rightarrow escala de grises

- **Conversión sencilla:**

$$R(x, y) := (A(x, y) \cdot R + A(x, y) \cdot G + A(x, y) \cdot B) / 3$$

Pero, ¿de dónde salen esos pesos?

- **Conversión precisa:**

$$R(x, y) := 0.21A(x, y) \cdot R + 0.72A(x, y) \cdot G + 0.07A(x, y) \cdot B$$



Imagen de entrada



Grises (media)

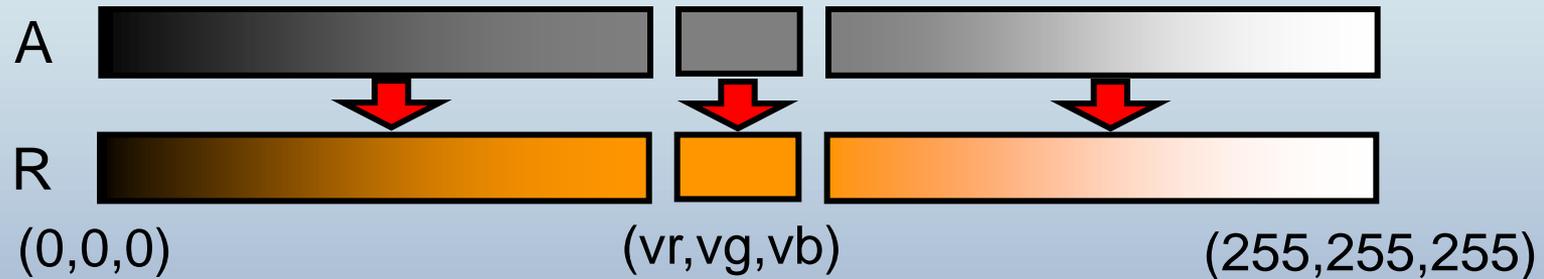


Grises (precisa)

Transformaciones de color.

Transformación escala de grises \rightarrow escala de color

- **Idea:** dada un imagen en gris, producir una imagen en escala de cierto color dado.
- Sea **A** una imagen en grises y un color objetivo **(vr, vg, vb)**. La escala se puede descomponer en dos partes:



- **Transformación** (obviamos (x,y)):

si $A < 128$ **entonces**

$$R.R := vr \cdot A / 128; R.G := vg \cdot A / 128; R.B := vb \cdot A / 128$$

sino

$$R.R := vr + (255 - vr)(A - 128) / 128; R.G := vg + (255 - vg)(A - 128) / 128$$

$$R.B := vb + (255 - vb)(A - 128) / 128$$

finsi

Transformaciones de color.

- **Ejemplo.** Transformación a sepia.



Imagen de entrada



Escala de grises



Escala de sepias

- ¿Cómo conseguir que el punto intermedio sea un valor cualquiera (distinto de 128)?



Escala de (30,255,0)

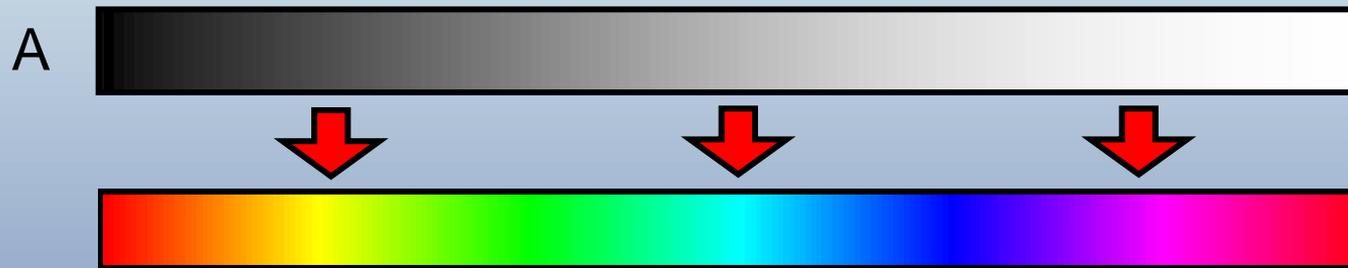


Escala de (0,255,255)

Transformaciones de color.

Transformación de color falso

- Es una transformación de la misma familia, cuyo objetivo es hacer más visibles las **pequeñas variaciones** del nivel de gris.
- Se define una paleta de salida adecuada y una transformación de cada valor de gris en la paleta.



R=	255	↓	0	0	↑	255
G=	↑	255	255	↓	0	0
B=	0	0	↑	255	255	↓

Transformaciones de color.

- **Ejemplo.** Transformación de color falso.

Las transformaciones de este tipo son comunes en imágenes **médicas** y de **satélite**.

En estas aplicaciones, la profundidad del canal puede ser fácilmente mayor que 1 byte. Al usar sólo 256 grises se pierde información.

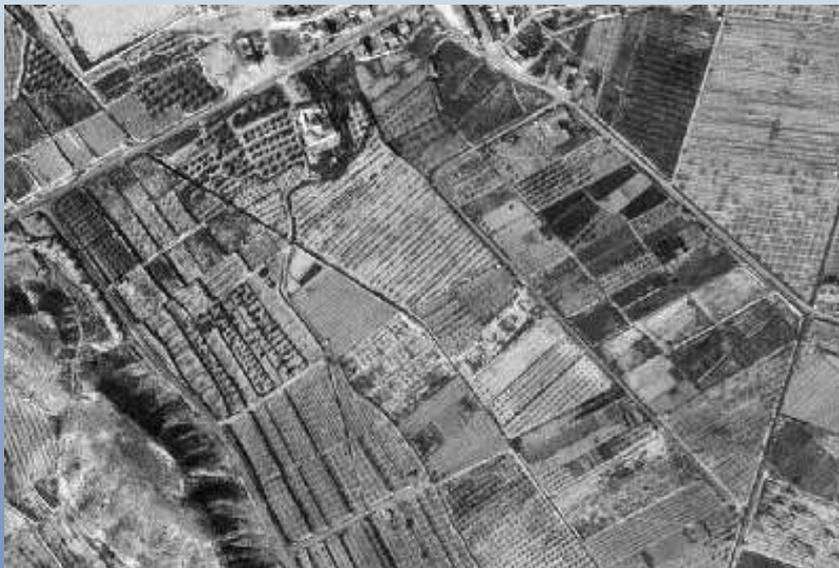


Imagen de entrada

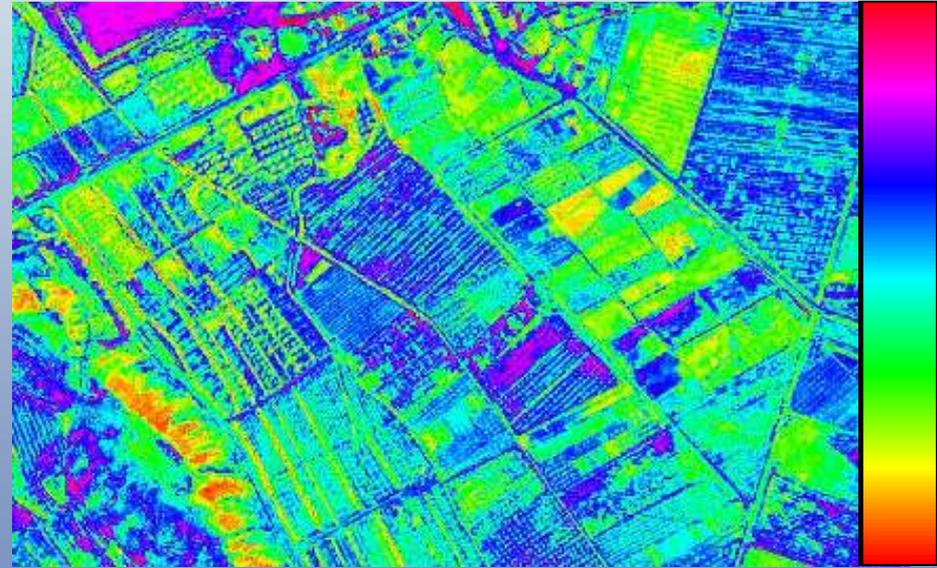


Imagen con color falso

Transformaciones de color.

Transformaciones de agregar color (colorear)

- **Idea:** usar las operaciones de suma, resta y producto, pero con una constante distinta por cada canal.

$$R.R := v_r + A.R; \quad R.G := v_g + A.G; \quad R.B := v_b + A.B$$

$$R.R := f_r \cdot A.R; \quad R.G := f_g \cdot A.G; \quad R.B := f_b \cdot A.B$$

- **(v_r , v_g , v_b)** y **(f_r , f_g , f_b)** indican el tono de color que se da a la imagen.



Imagen de entrada



Sumar (-20, 8, 60)



Transformaciones de color.

Transformaciones de agregar color (colorear)



Imagen de entrada



Multipl. (1.4, 1.15, 1)



Multipl. (1.4, 0.9, 0.9)



Sumar (-10, 40, -10)

Transformaciones de color.

- Estas transformaciones están relacionadas con el **balance de blancos**.
- Las salidas de los fotodetectores de cada canal (R,G,B) deberían ser acordes a la apreciación subjetiva del color por parte del humano.
- Esto implica multiplicar cada canal por un factor adecuado.
- **Cuestión:** ¿qué imagen tiene los colores más realistas?
- **Ejemplos:**
 - Priorizar rojos (medio): $f_r= 1.2$, $f_g= 0.9$, $f_b= 0.9$
 - Priorizar verdes (mucho): $f_r= 0.8$, $f_g= 1.6$, $f_b= 0.8$
 - Priorizar amarillos (poco): $f_r= 1.1$, $f_g= 1.1$, $f_b= 0.8$

Transformaciones de color.

- También es posible **mezclar** y **cambiar** los canales, con transformaciones como las siguientes.



Imagen de entrada



$$R.R = A.G$$

$$R.G = A.B$$

$$R.B = A.R$$



$$R.R = A.B$$

$$R.G = A.R$$

$$R.B = A.G$$



$$R.R =$$

$$(A.G + A.B) / 2$$

$$R.G =$$

$$(A.G + A.R) / 2$$

$$R.B =$$

$$(A.G + A.B) / 2$$

Transformaciones de color.

- Finalmente, recordar que las operaciones de ajuste y ecualización del histograma se pueden aplicar **conjuntamente** (usando el histograma de gris) o por **separado** (usando el histograma de cada canal).
- La diferencia es que mientras el primero **mantiene** los colores (cambia la intensidad) el segundo no los mantiene.



Imagen de entrada



Ajuste conjunto



Los colores parecen poco realistas

Ajuste separado

Transformaciones de color.

Conclusiones:

- Las transformaciones globales se pueden realizar **igual** en todos los canales o con valores **distintos**.
- En el primer caso, habrá un cambio en la **intensidad**. En el segundo, puede haber también un **cambio de color**.
- **Balance de blancos:** compensar los canales para obtener los colores más realistas posibles.
- Veremos más cuestiones relacionadas con el color cuando estudiemos **espacios de color**.