

Codificación Perceptual

Miguel Hernández-Cabronero

`<miguel.hernandez@uab.cat>`



Universitat Autònoma
de Barcelona



Group on Interactive
Coding of Images

Universidad Miguel Hernández

19 de Noviembre de 2019

Nos hackean
●oooooo

Qué tal se recibe?
oooooo

Cómo te lo dibujo?
oooooooooooooooooooooooooooo

Modelos de la Percepción
oooooooooooooooooooooooooooo



Nos hackean
●oooooo

Qué tal se recibe?
oooooo

Cómo te lo dibujo?
oooooooooooooooooooooooooooo

Modelos de la Percepción
oooooooooooooooooooooooooooo



Modelos de la Percepción





Nos hackean
●●○○○○○

Qué tal se recibe?
○○○○○

Cómo te lo dibujo?
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

Modelos de la Percepción
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○



Nos hackean
○○●○○○○

Qué tal se recibe?
○○○○○○

Cómo te lo dibujo?

Modelos de la Percepción

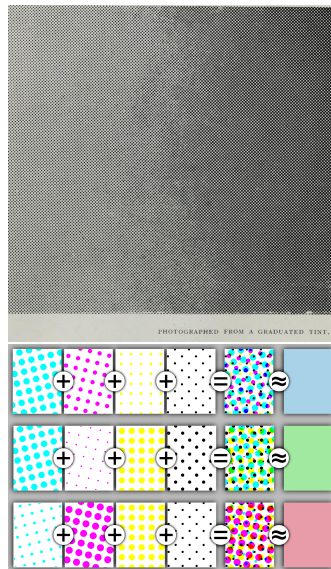
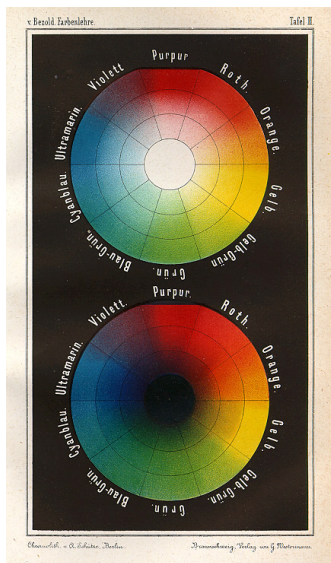


Nos hackean
○○●○○○

Qué tal se recibe?
○○○○○

Cómo te lo dibujo?
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

Modelos de la Percepción
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○



Nos hackean
○○●○○○

Qué tal se recibe?
○○○○○

Cómo te lo dibujo?
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

Modelos de la Percepción
○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○○

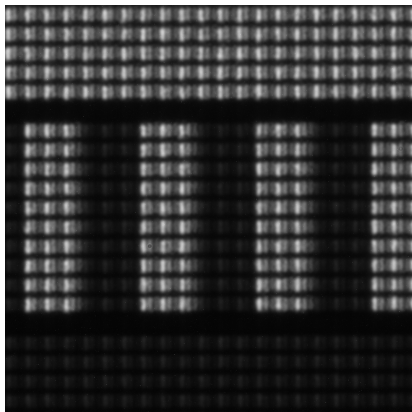


Nos hackean
○○●○○○○

Qué tal se recibe?
○○○○○○

Cómo te lo dibujo?
oooooooooooooooooooooooooooo

Modelos de la Percepción
oooooooooooooooooooooooooooo



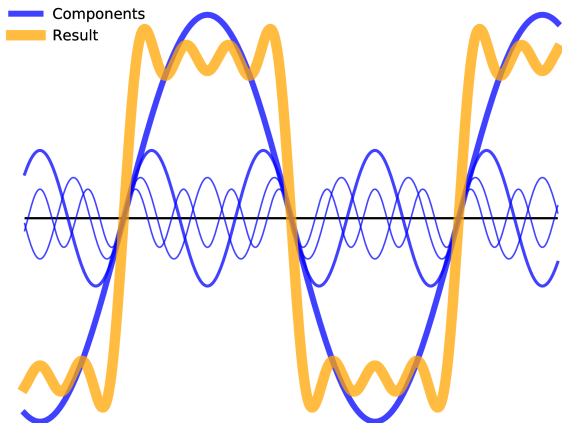
Nos hackean
ooo●ooo

Qué tal se recibe?
oooooo

Cómo te lo dibujo?
oooooooooooooooooooooooooooo

Modelos de la Percepción
oooooooooooooooooooooooooooo





Preguntas importantes

- Por qué perceptualmente?
- Cómo diseñar perceptualmente?
- Cómo evaluar perceptualmente?

Preguntas importantes

- Por qué perceptualmente?
 - ⇒ **para diseñar mejores sistemas**
(calidad + ancho de banda)
- Cómo diseñar perceptualmente?
- Cómo evaluar perceptualmente?

Contents

- 1 Nos hackean
- 2 Qué tal se recibe?
 - Calidad subjetiva
 - Límites de la percepción
- 3 Cómo te lo dibujo?
 - Básicos de compresión
 - JPEG (classic)
 - JPEG 2000
- 4 Modelos de la Percepción
 - CSF y Thresholds Visuales (VTs)
 - Probabilidad de detección
 - Métricas de calidad

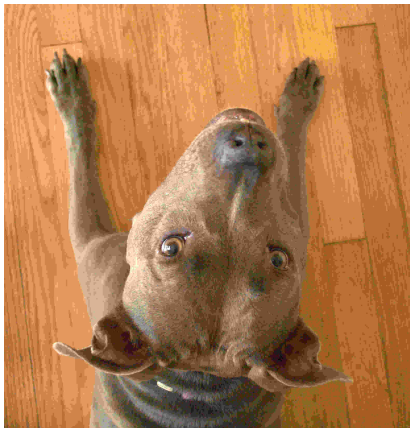
Nos hackean
oooooooo

Qué tal se recibe?
●ooooo

Cómo te lo dibujo?
oooooooooooooooooooooooooooooooo

Modelos de la Percepción
oooooooooooooooooooooooooooooooo

Calidad subjetiva



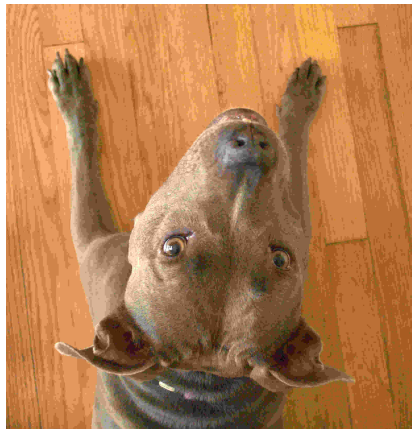
Nos hackean
oooooooo

Qué tal se recibe?
●ooooo

Cómo te lo dibujo?
oooooooooooooooooooooooooooooooo

Modelos de la Percepción
oooooooooooooooooooooooooooooooo

Calidad subjetiva



Calidad subjetiva



Pros:

- Calidad *percibida*
- Calidad *final*

Cons:

- Subjetivos
- Cómo aplicar al diseñar?
- Otras condiciones?

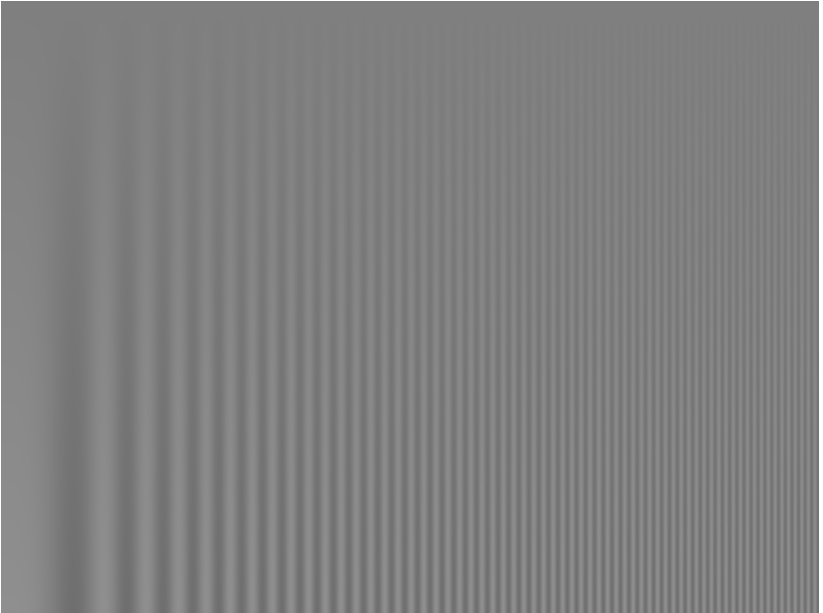
- 1 Nos hackean
- 2 Qué tal se recibe?
 - Calidad subjetiva
 - Límites de la percepción
- 3 Cómo te lo dibujo?
 - Básicos de compresión
 - JPEG (classic)
 - JPEG 2000
- 4 Modelos de la Percepción
 - CSF y Thresholds Visuales (VTs)
 - Probabilidad de detección
 - Métricas de calidad

Nos hackean
oooooooo

Qué tal se recibe?
ooo●oo

Cómo te lo dibujo?
oooooooooooooooooooooooooooo

Modelos de la Percepción
oooooooooooooooooooooooooooo



Nos hackean
oooooooo

Qué tal se recibe?
ooo●oo

Cómo te lo dibujo?
oooooooooooooooooooooooooooo

Modelos de la Percepción
oooooooooooooooooooooooooooo



Nos hackean
oooooooo

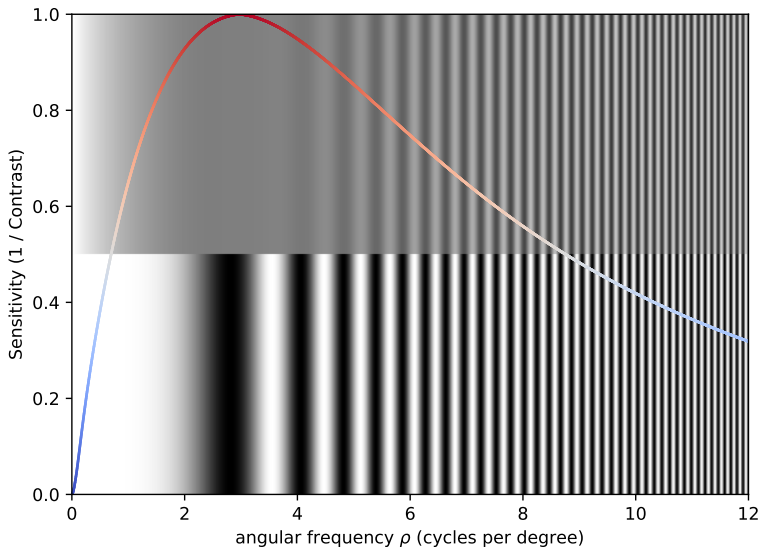
Qué tal se recibe?
ooo●oo

Cómo te lo dibujo?
oooooooooooooooooooooooooooo

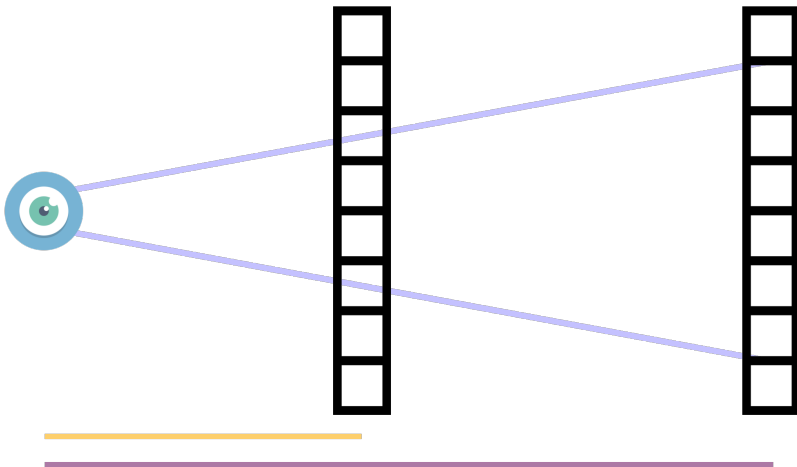
Modelos de la Percepción
oooooooooooooooooooooooooooo



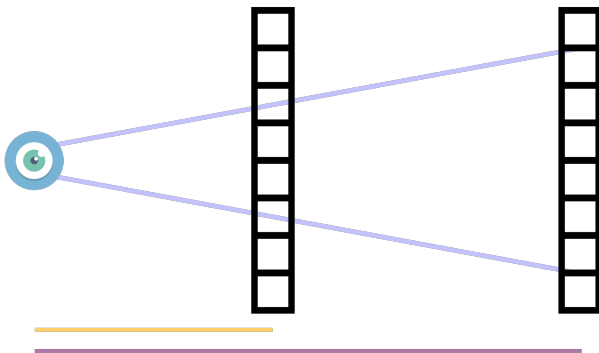
CSF – Contrast Sensitivity Function



Frecuencia angular



Frecuencia angular



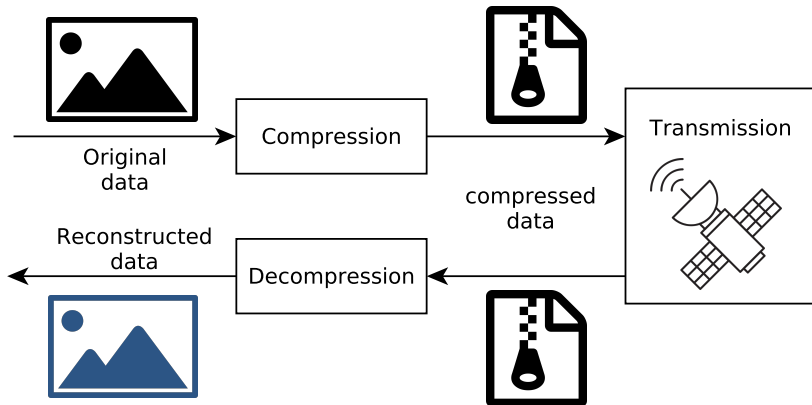
$$\rho = \frac{1 \text{ cycle}}{n \text{ px}} \frac{1 \text{ px}}{\theta \text{ deg}}$$

$$\theta \approx 2 \cdot \tan^{-1}\left(\frac{\text{pixel_width}/2}{\text{distance}}\right)$$

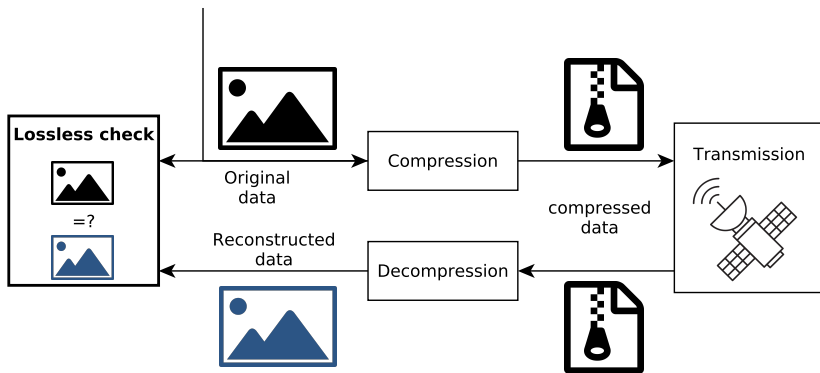
Contents

- 1 Nos hackean
- 2 Qué tal se recibe?
 - Calidad subjetiva
 - Límites de la percepción
- 3 **Cómo te lo dibujo?**
 - Básicos de compresión
 - JPEG (classic)
 - JPEG 2000
- 4 Modelos de la Percepción
 - CSF y Thresholds Visuales (VTs)
 - Probabilidad de detección
 - Métricas de calidad

Lossless vs Lossy



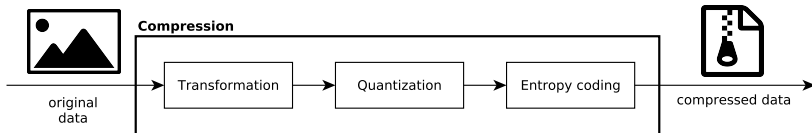
Lossless vs Lossy



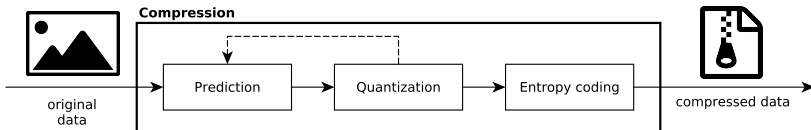
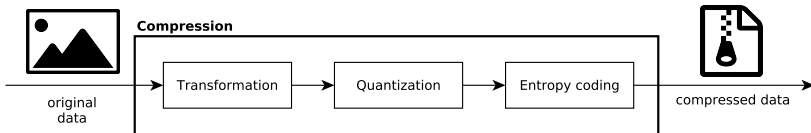
Lossless vs Lossy

- Cuándo es OK tener pérdida?
- Cuánta pérdida?
- Cómo se pierde?
- Cómo controlarla?

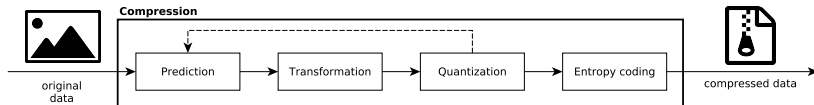
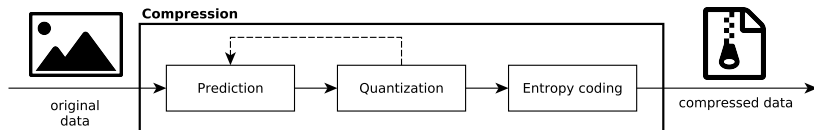
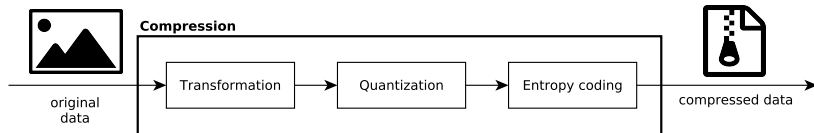
Pipelines de compresión



Pipelines de compresión



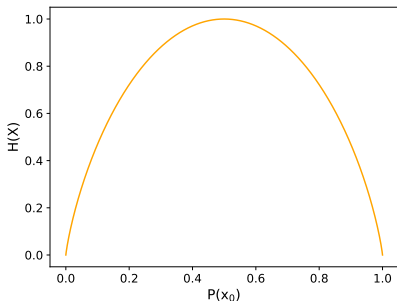
Pipelines de compresión



Entropía

Entropía de Shannon

$$H(X) = - \sum_{x \in X} P(X) \log_2(P(X))$$



Mantra:

Compression rate \sim entropía
más entropía \Rightarrow peor compresión

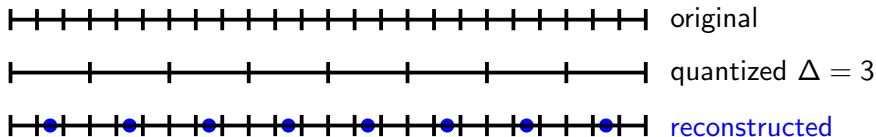
Cuantización uniforme

$$x \xrightarrow{\text{quantization}} Q(x) = \left\lfloor \frac{x}{\Delta} \right\rfloor \xrightarrow{\text{reconstruction}} \hat{x} = Q(x) \cdot \Delta + \frac{\Delta}{2}$$

Cuantización uniforme

$$x \xrightarrow{\text{quantization}} Q(x) = \left\lfloor \frac{x}{\Delta} \right\rfloor \xrightarrow{\text{reconstruction}} \hat{x} = Q(x) \cdot \Delta + \frac{\Delta}{2}$$

$$|\text{error}| = |x - \hat{x}| \in \left\{ 0, \dots, \left\lfloor \frac{\Delta}{2} \right\rfloor \right\}$$



Cuantización uniforme

$$\uparrow \Delta \Rightarrow \downarrow H(X)$$

Cuantización uniforme

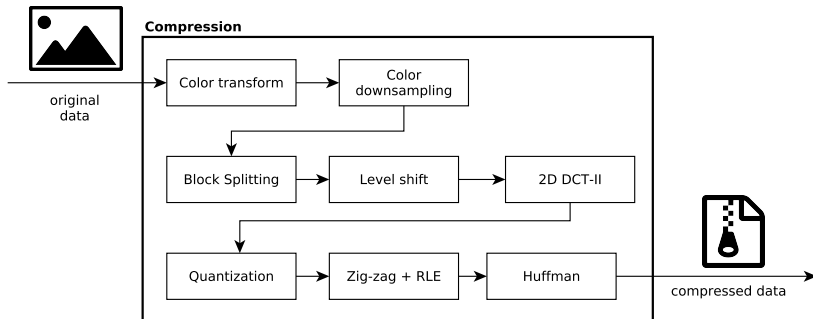
$$\uparrow \Delta \Rightarrow \downarrow H(X)$$

más cuantización \Rightarrow menos entropía \Rightarrow mejor compresión

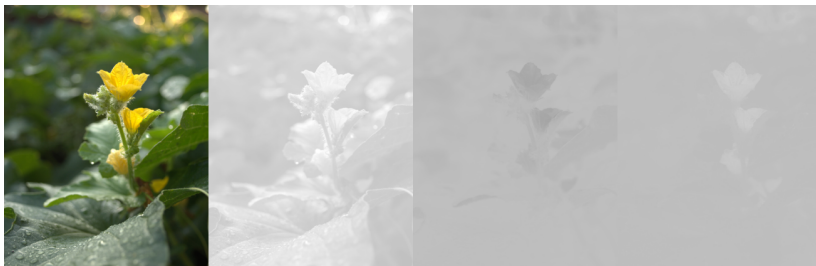
Contents

- ➊ Nos hackean
- ➋ Qué tal se recibe?
 - Calidad subjetiva
 - Límites de la percepción
- ➌ Cómo te lo dibujo?
 - Básicos de compresión
 - JPEG (classic)
 - JPEG 2000
- ➍ Modelos de la Percepción
 - CSF y Thresholds Visuales (VTs)
 - Probabilidad de detección
 - Métricas de calidad

JPEG (classic)



Transformada de color + downsampling



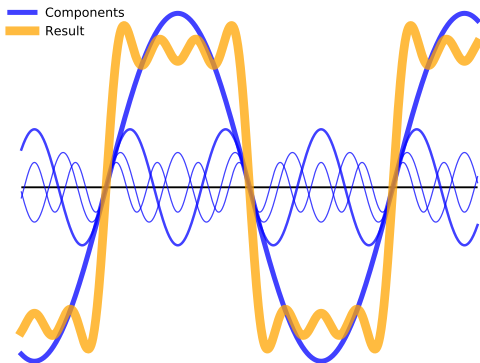
Colores:

- Menor sensibilidad espacial
- Menor sensibilidad tonos

Espacio YCbCr:

- (Más fácil comprimir)
- Descarte selectivo:
información cromática
(444 vs 422)

1D DCT

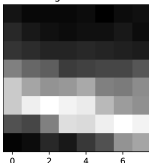


$$DCT(\mathbf{x}) = \mathbf{X}$$
$$X_k = \sum_n x_n \cos\left(\frac{\pi(n+1/2)k}{N}\right)$$

2D DCT

Transformada directa:

Original matrix



Transformed matrix



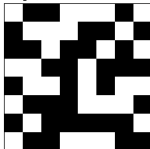
Transformed matrix (no DC)



|Transformed matrix|



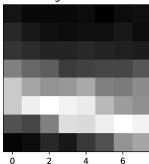
sign(Transformed matrix)



2D DCT

Transformada directa:

Original matrix



Transformed matrix



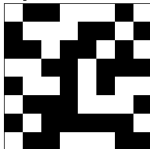
Transformed matrix (no DC)



|Transformed matrix|



sign(Transformed matrix)

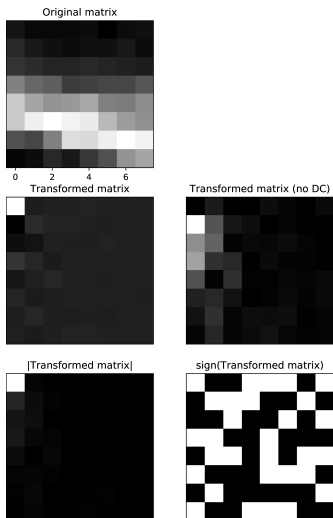


Demo:

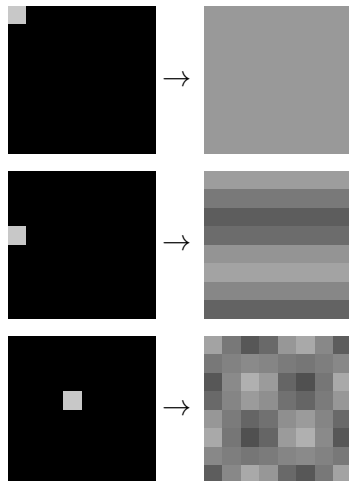


2D DCT

Transformada directa:

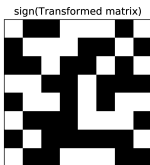
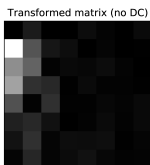
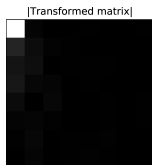
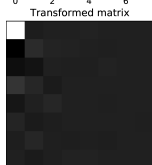


Transformada inversa:



2D DCT

Transformada directa:



Animacion (fuelle)

Cuantización DCT – Filtrado de frecuencias

- Bandas cuantizadas independientemente
⇒ filtrado selectivo de frecuencias

$$DCT(i,j) \leftarrow Q(i,j) \cdot \lfloor DCT(i,j)/Q(i,j) \rfloor$$

 $\Delta =$ 

- black: $\Delta = 1$
- white: $\Delta = \infty$

Cuantización DCT – Filtrado de frecuencias

$\Delta =$

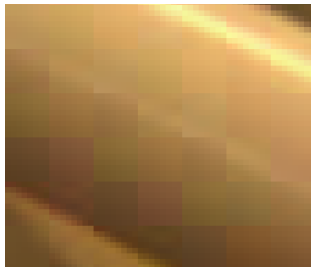


- black: $\Delta = 1$
- white: $\Delta = \infty$

- Bandas cuantizadas independientemente
⇒ filtrado selectivo de frecuencias

$$DCT(i,j) \leftarrow Q(i,j) \cdot \lfloor DCT(i,j)/Q(i,j) \rfloor$$

- Bloques independientes
⇒ artefactos visuales



Filtrado en JPEG

$$T_b = \begin{pmatrix} 16 & 11 & 10 & 16 & 24 & 40 & 51 & 61 \\ 12 & 12 & 14 & 19 & 26 & 58 & 60 & 55 \\ 14 & 13 & 16 & 24 & 40 & 57 & 69 & 56 \\ 14 & 17 & 22 & 29 & 51 & 87 & 80 & 62 \\ 18 & 22 & 37 & 56 & 68 & 109 & 103 & 77 \\ 24 & 35 & 55 & 64 & 81 & 104 & 113 & 92 \\ 49 & 64 & 78 & 87 & 103 & 121 & 120 & 101 \\ 72 & 92 & 95 & 98 & 112 & 100 & 103 & 99 \end{pmatrix}$$

$$S = \begin{cases} 5000/Q & \text{if } Q < 50 \\ 200 - 2Q & \text{if } Q \geq 50 \end{cases}$$

$$M = (S \cdot T_b + 50)/100$$

Nos hackean

oooooooo

Qué tal se recibe?

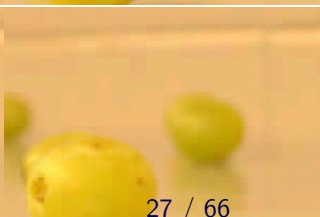
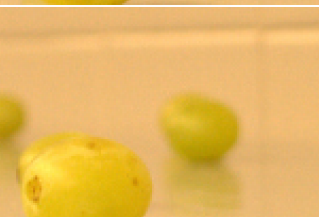
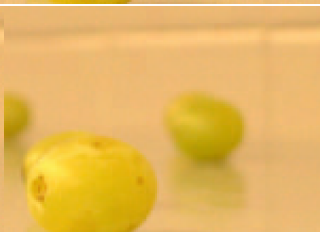
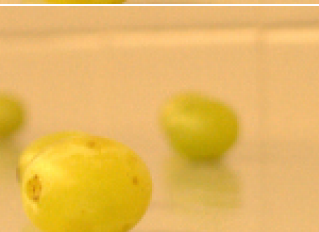
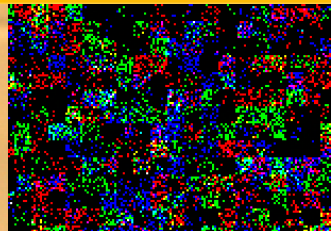
ooooooo

Cómo te lo dibujo?

oooooooooooooooo●oooooooooooo

Modelos de la Percepción

oooooooooooooooooooooooooooooooooooo

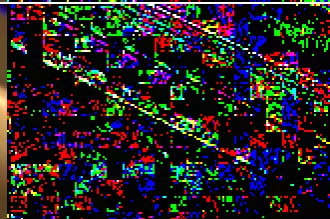
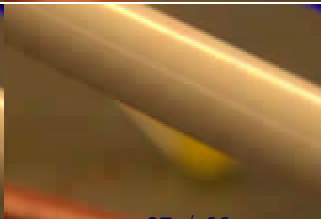
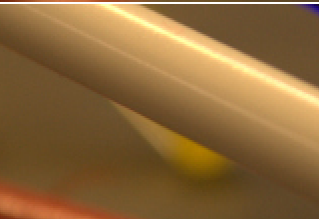
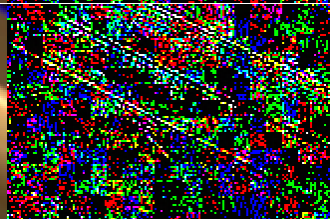
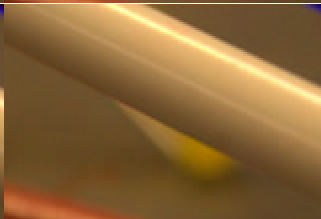
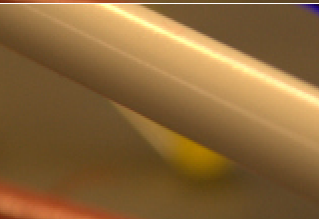
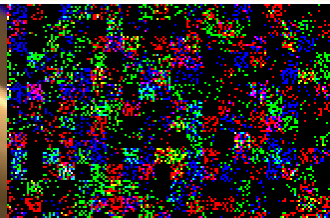
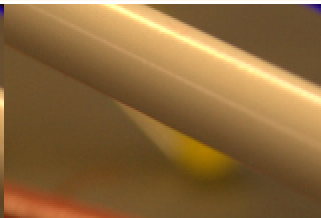
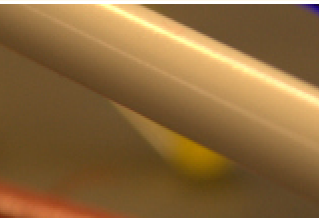


Nos hackean
oooooooo

Qué tal se recibe?
ooooooo

Cómo te lo dibujo?
oooooooooooooooo●oooooooooooo

Modelos de la Percepción
oo



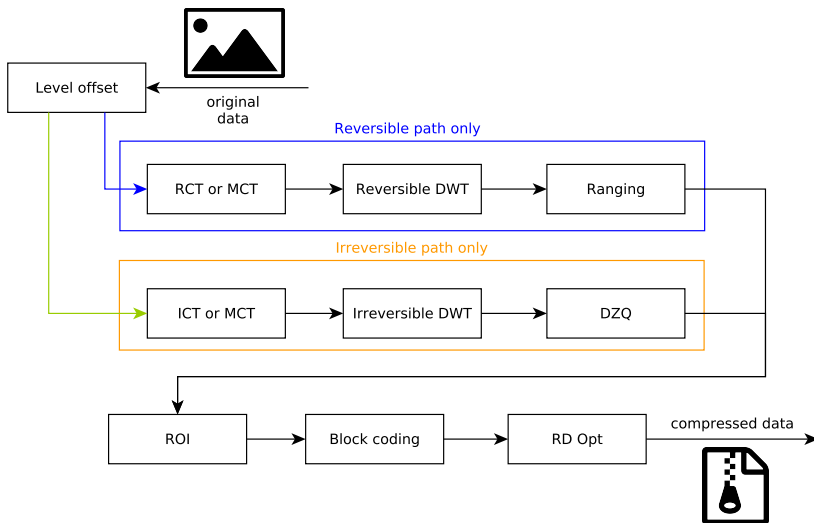
Pendiente:

- Cómo se diseñó la matriz JPEG standard?
- Cómo diseñar matrices de cuantización para DCT?

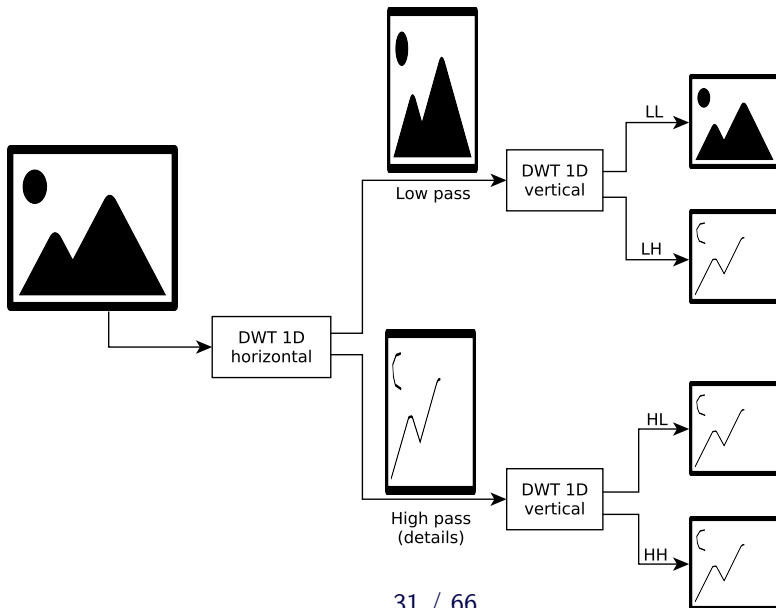
Contenidos

- 1 Nos hackean
- 2 Qué tal se recibe?
 - Calidad subjetiva
 - Límites de la percepción
- 3 Cómo te lo dibujo?
 - Básicos de compresión
 - JPEG (classic)
 - JPEG 2000
- 4 Modelos de la Percepción
 - CSF y Thresholds Visuales (VTs)
 - Probabilidad de detección
 - Métricas de calidad

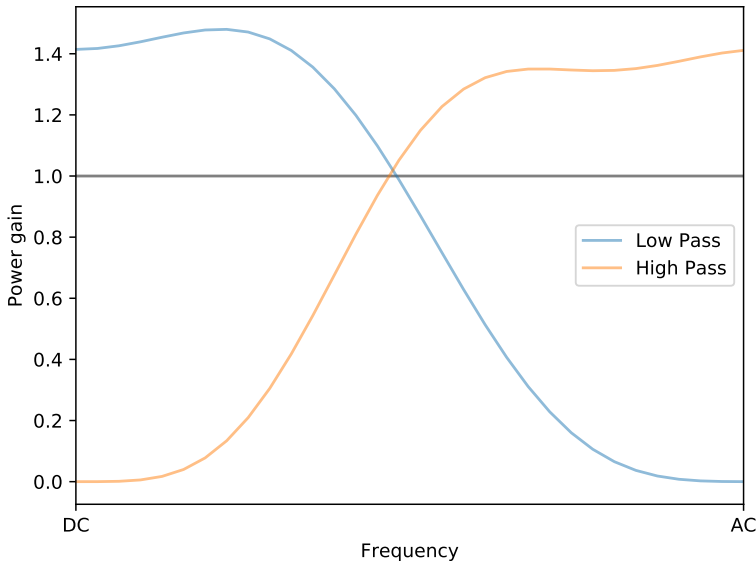
JPEG 2000



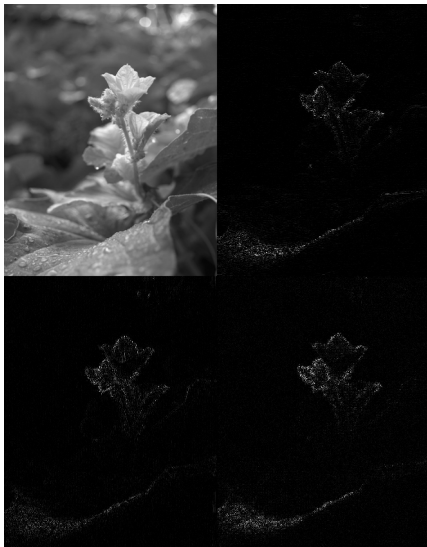
DWT – decomposición



DWT – respuesta de frecuencia

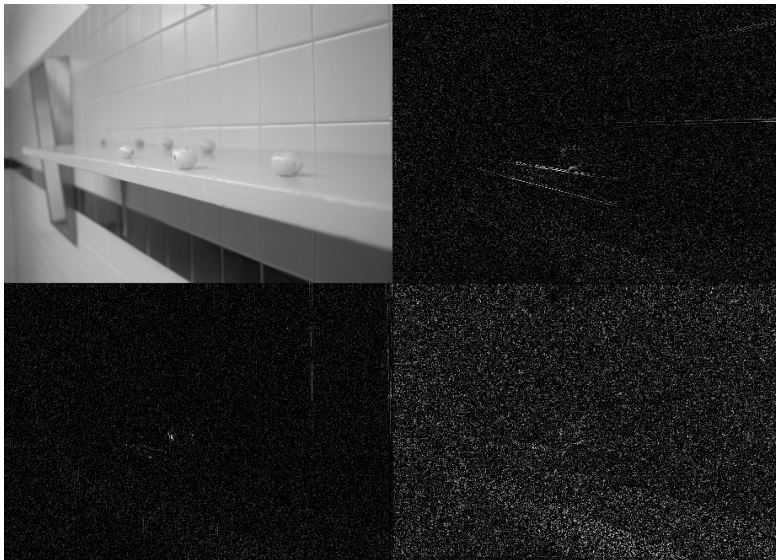


DWT – ejemplos (1 nivel)



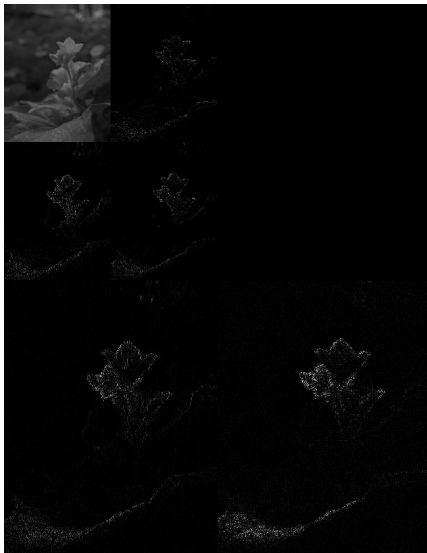
[IMG]

DWT – ejemplos (1 nivel)



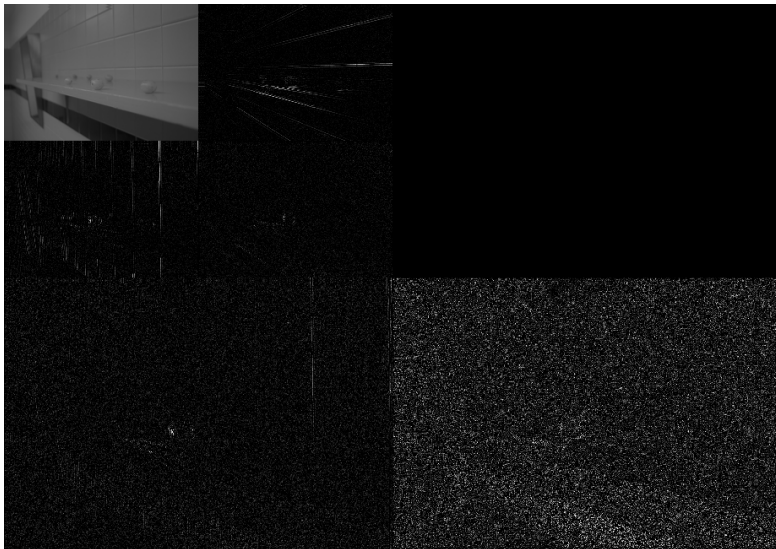
[IMG]

DWT – ejemplos (2 niveles)



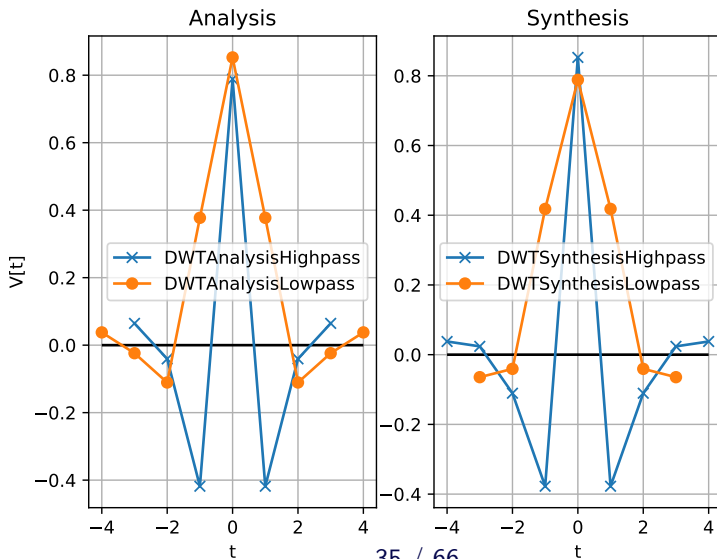
[IMG]

DWT – ejemplos (2 niveles)



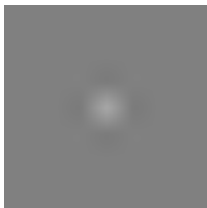
[IMG]

DWT – filtro lineal



DWT – vectores de síntesis

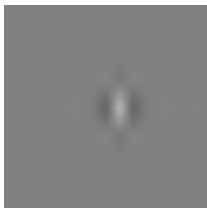
5 niveles DWT inversa de **1** coeficiente:



LL5



HL5



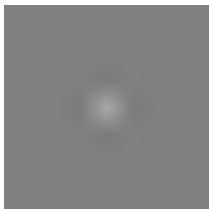
LH5



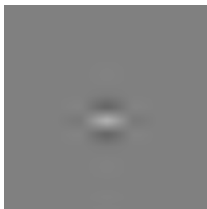
HH5

DWT – vectores de síntesis

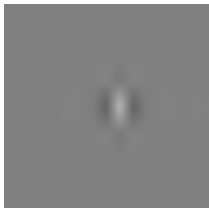
5 niveles DWT inversa de **1** coeficiente:



LL5



HL5



LH5



HH5

Cada coeficiente DWT:

- Info de lugar
- Info de frecuencia
⇒ no hay artefactos de bloque

DWT – parámetros visuales

Ajustes visuales en JPEG 2000:

- Color downsampling
- Adaptar paso de cuantización Δ :
 - Bitrate¹
 - Pesos componentes color¹
 - Δ para subbandas HL1, LH1, HH1, ..., HL5, LH5, HH5, LL5¹
 - Δ localmente adaptativo (visual masking^{1,2})

DWT – parámetros visuales

Ajustes visuales en JPEG 2000:

- Color downsampling
- Adaptar paso de cuantización Δ :
 - Bitrate¹
 - Pesos componentes color¹
 - Δ para subbandas HL1, LH1, HH1, ..., HL5, LH5, HH5, LL5¹
 - Δ localmente adaptativo (visual masking^{1,2})

Otros ajustes importantes:

- Niveles de resolución
- Transmisión progresiva
- Region de interés (ROI)

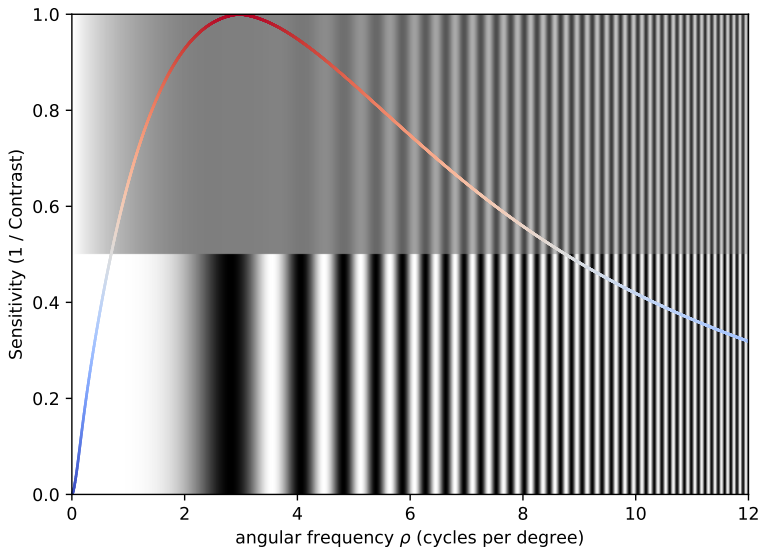
¹ Ver [Taubman], esp. Caps. 15.5 y 16.1.

² Ver [Oh]

Contents

- 1 Nos hackean
- 2 Qué tal se recibe?
 - Calidad subjetiva
 - Límites de la percepción
- 3 Cómo te lo dibujo?
 - Básicos de compresión
 - JPEG (classic)
 - JPEG 2000
- 4 Modelos de la Percepción
 - CSF y Thresholds Visuales (VTs)
 - Probabilidad de detección
 - Métricas de calidad

Contrast Sensitivity Function



Algunos modelos

1987– Watson

- [Watson87] *Cortex* transform
- Masking models
- Foveal models
- ...

1990 [Peli]'s CT

1992 [Daly]'s *VDP*

2013 [Mantiuk], [Kim] et al. HDR-VDP-2's CSF

Daly's CSF model (1992)

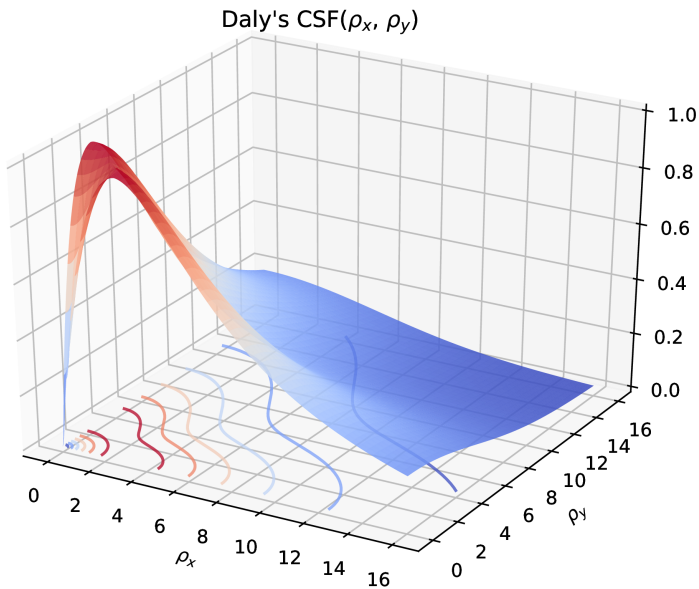
$$CSF_{2D}(\rho, \theta, l, i^2, d, e) = P \cdot \min($$

$$CSF_{1D}(\frac{\rho}{bw_a \cdot bw_e \cdot bw_\theta}, l, i^2),$$

$$CSF_{1D}(\rho, l, i^2))$$

$$CSF_{1D}(\rho, l, i^2) = \left((3.23(\rho^2 i^2)^{-0.3})^5 + 1 \right)^{-1/5}$$

$$\cdot A_l \cdot \varepsilon \cdot \rho e^{-B_l \varepsilon \rho} \sqrt{1 + 0.06 e^{B_l \varepsilon \rho}}$$

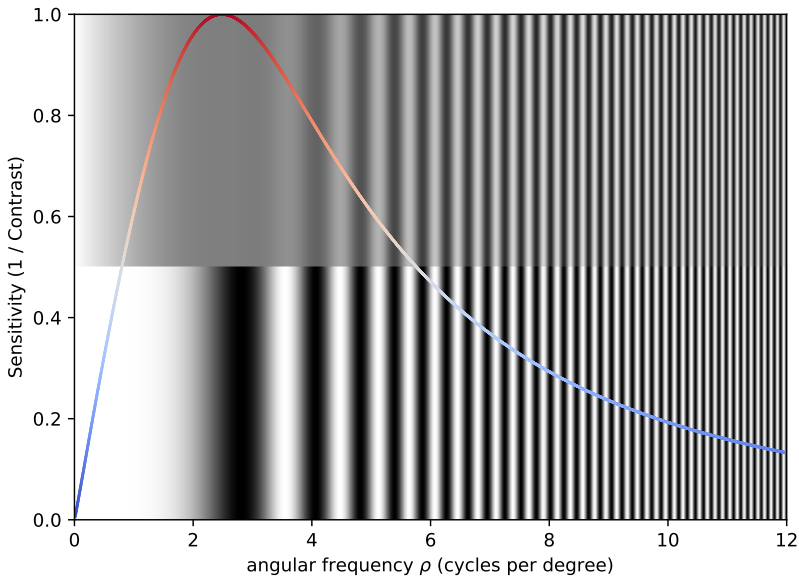


Mantiuk's Model (2013, HDR)

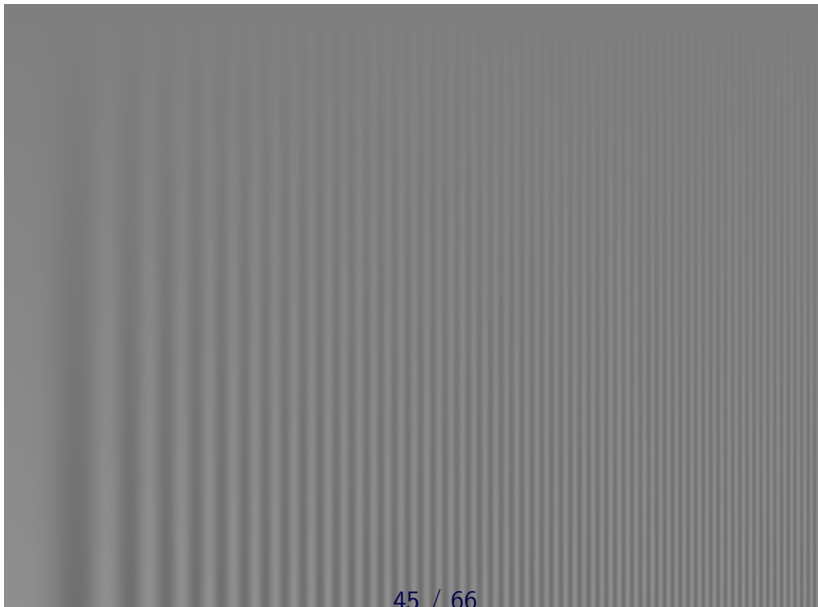
$$CSF_{1D}(\rho, l) = p_4 s_A(l) \frac{MTF_{eye}(\rho)}{\sqrt{(1 + (p_1 \rho)^{p_2} \cdot (1 - e^{-(\rho/7)^2})^{-p_3}}}$$

$$s_A(l) = p_5 \left(\frac{p_6^{p_7}}{l} + 1 \right)^{-p_8}$$

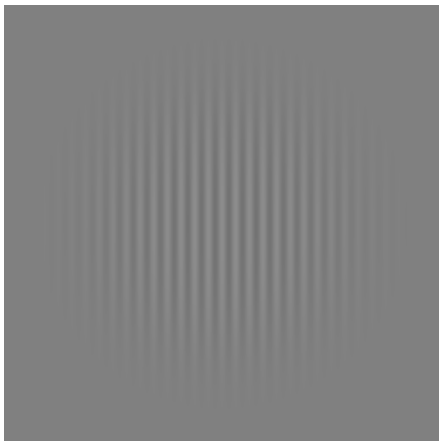
Mantiuk's Model (2013, HDR)



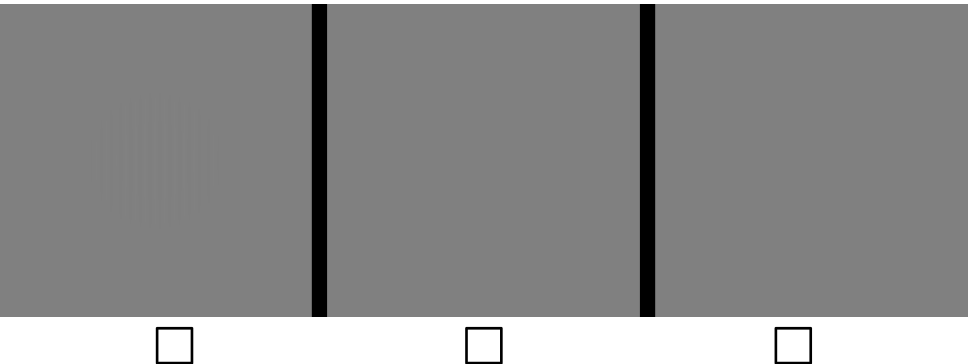
Dónde está el límite?



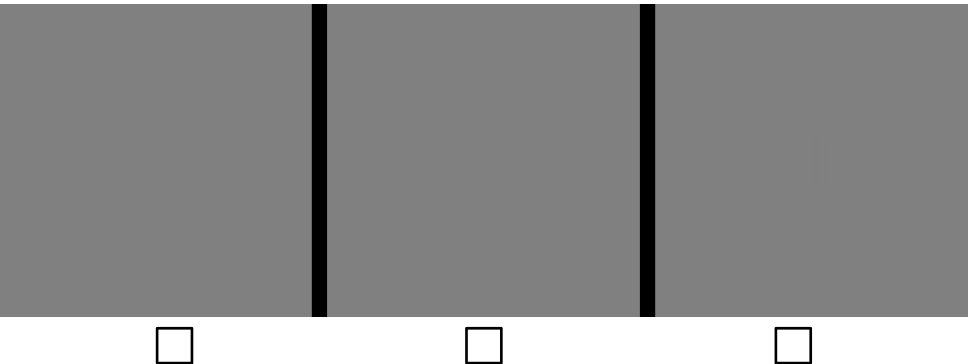
Dónde está el límite?



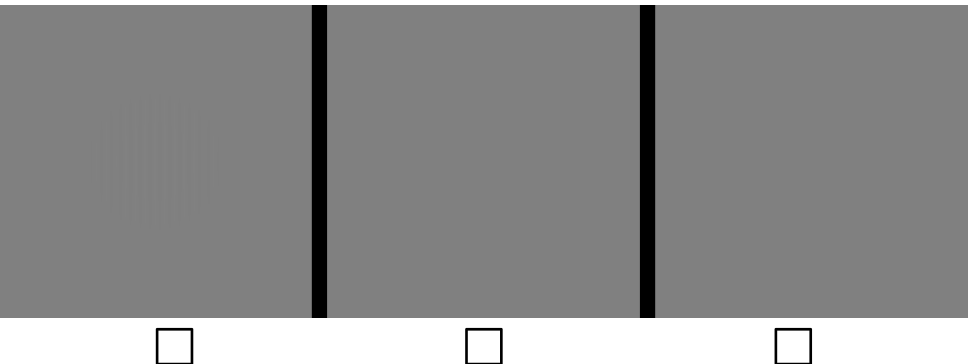
3AFC – 3-alternative forced choice



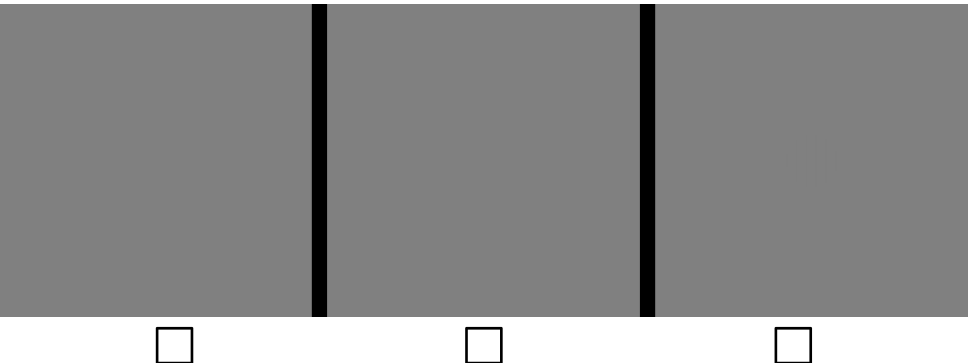
3AFC – 3-alternative forced choice



3AFC – 3-alternative forced choice



3AFC – 3-alternative forced choice



Cómo medir

Repetir:

- × cada frecuencia
- × cada orientación
- × cada color
- × cada brillo de fondo



Cómo medir

Consideraciones al medir

(ITU-T P.913):

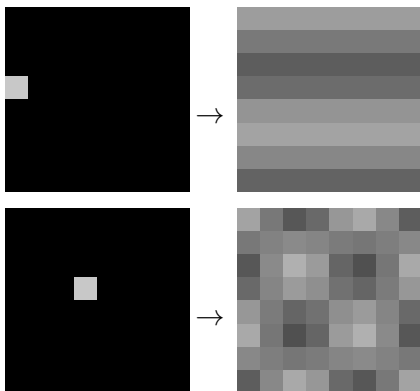
- Distancia
- Pantalla/Proyector
- Brillo ambiente
- Tiempo por respuesta
- Aprendizaje
- Cansancio
- # participantes
- # repeticiones
-



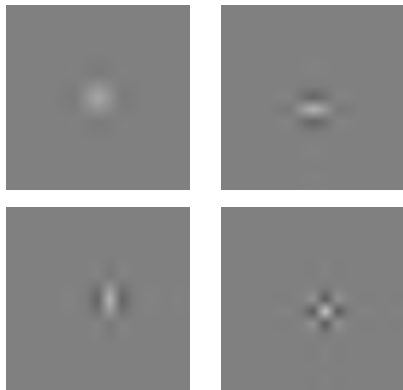
Otras CSF

Podemos medir Visibility Thresholds (VT) para otros estímulos:

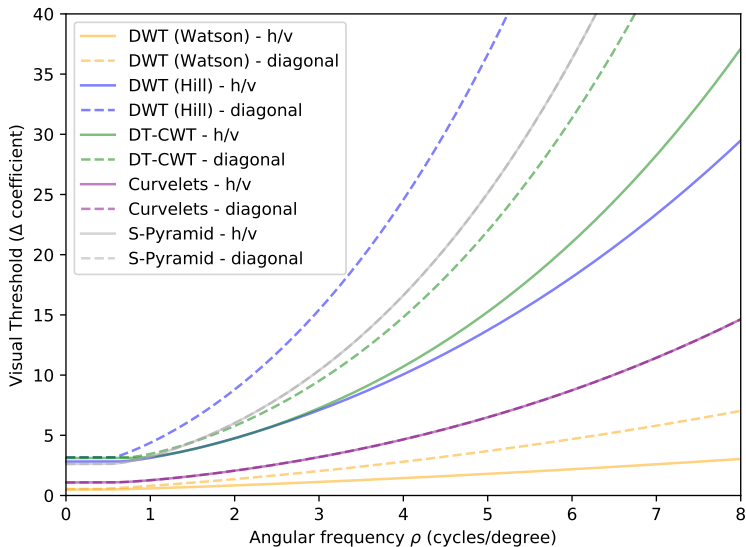
DCT:



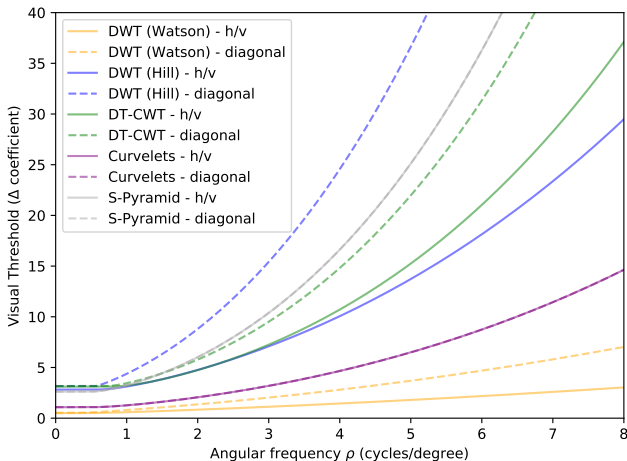
DWT:



[Hill] 2016



[Hill] 2016



- Δ no baja para ρ pequeña
- Mayor sensibilidad a diagonales

Problemas prácticos de las CSF:

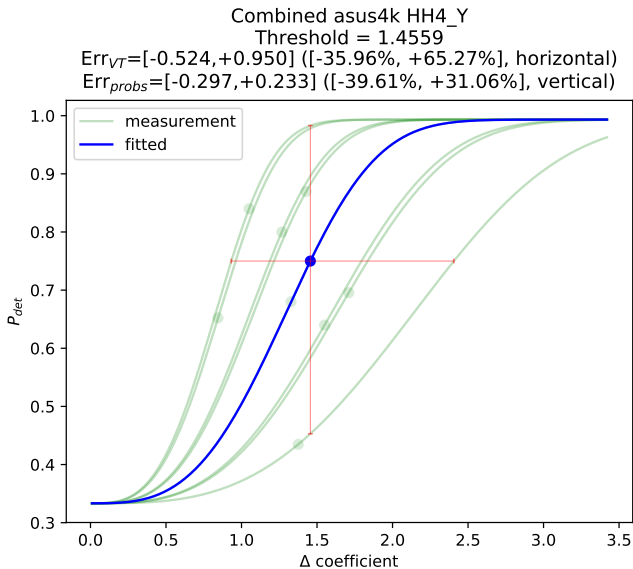
- Cómo aplicarla al codificar?
- Qué ocurre al combinar estímulos?
- Qué vemos sobre otro fondo?
- En otras condiciones?

- 1 Nos hackean
- 2 Qué tal se recibe?
 - Calidad subjetiva
 - Límites de la percepción
- 3 Cómo te lo dibujo?
 - Básicos de compresión
 - JPEG (classic)
 - JPEG 2000
- 4 Modelos de la Percepción
 - CSF y Thresholds Visuales (VTs)
 - Probabilidad de detección
 - Métricas de calidad

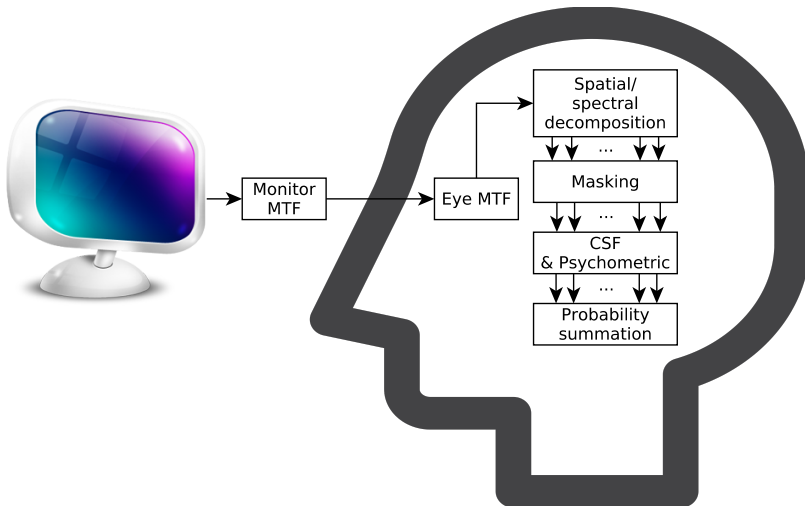
Weibull (función psicométrica)

Qué medimos realmente?

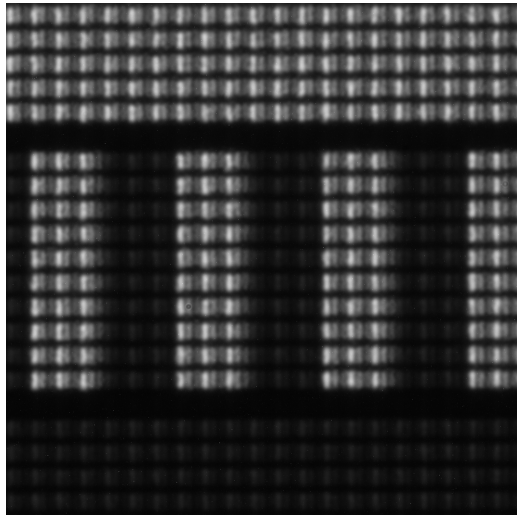
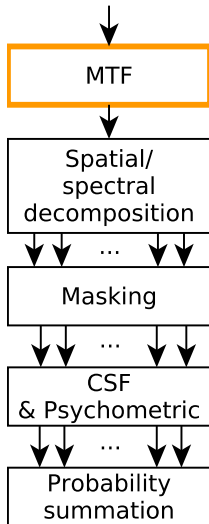
Weibull (función psicométrica)



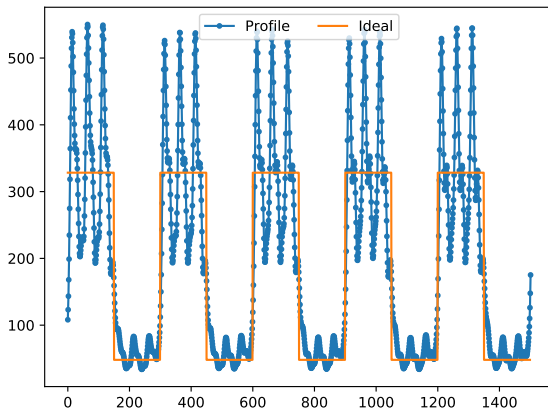
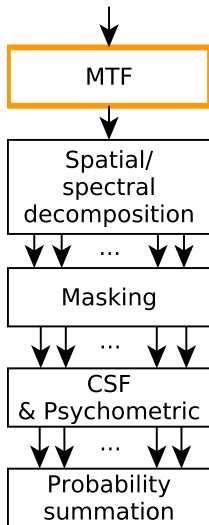
Modelo completo



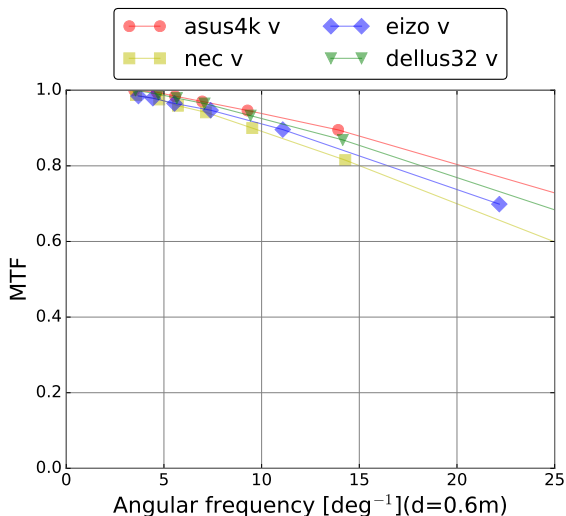
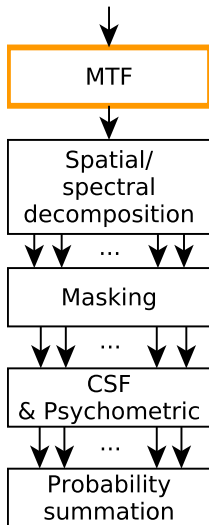
MTF



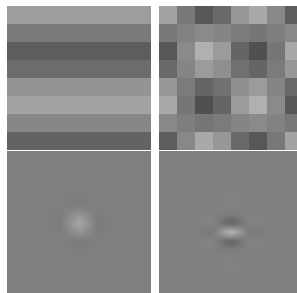
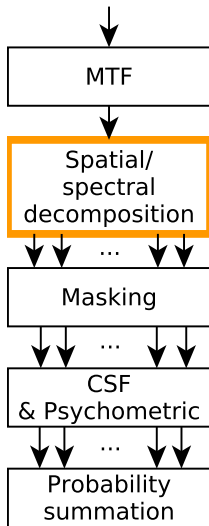
MTF



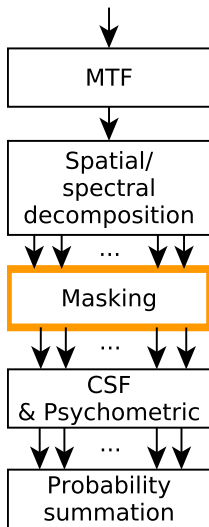
MTF



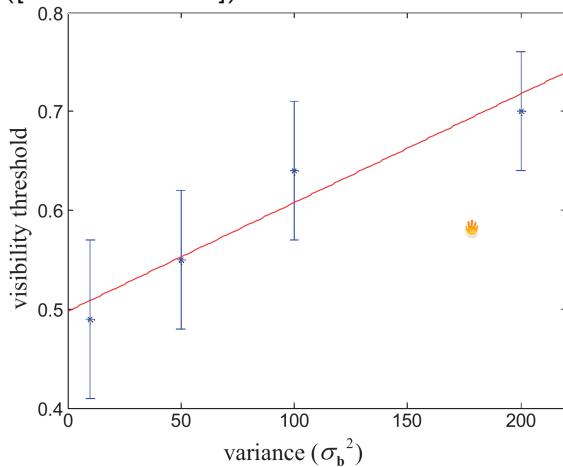
Band decomposition



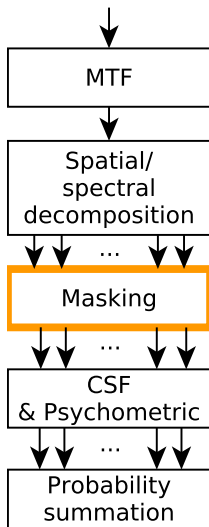
Masking



Señales activas ocultan estímulos ([Oh13,Watson06]):



Masking

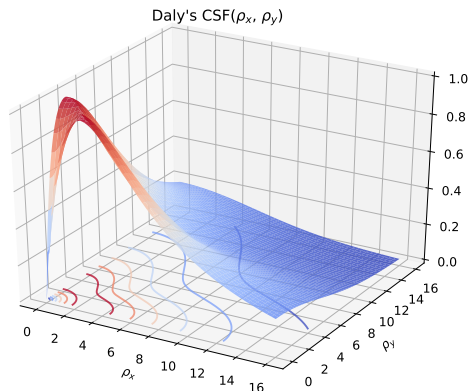
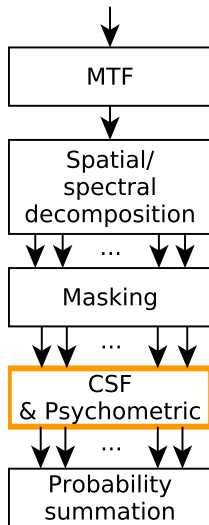


Más brillo: menos sensibilidad:

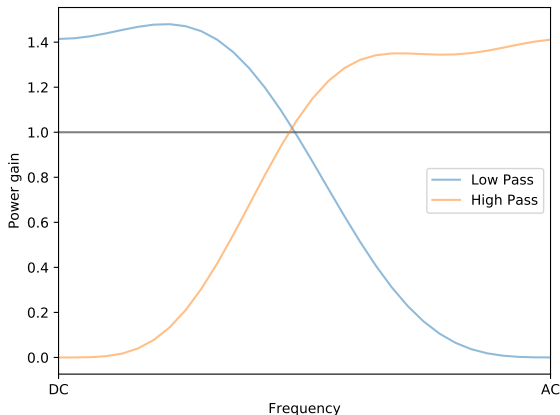
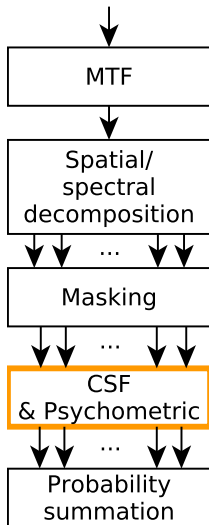
$$a_I(\lambda, \theta) = \left(\frac{v_{\lambda_{\max}, LL}}{v_{bg}} \right)^{a_T}$$

$$\text{threshold } \Delta'_{\lambda, \theta} = \Delta_{\lambda, \theta} / a_I(\lambda, \theta)$$

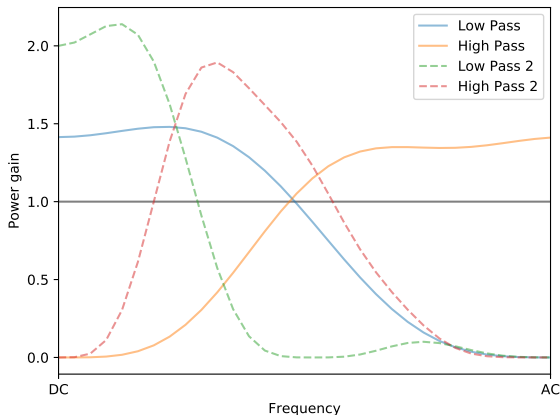
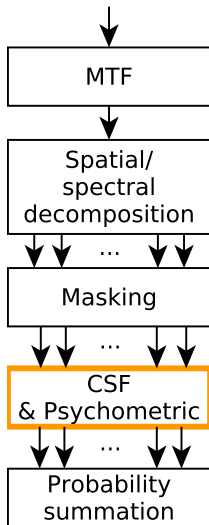
Aplicación de la CSF



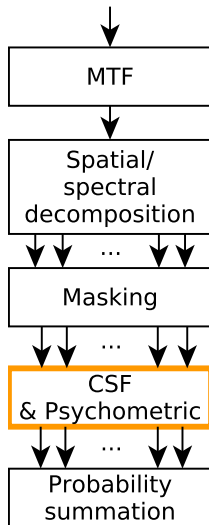
Aplicación de la CSF



Aplicación de la CSF



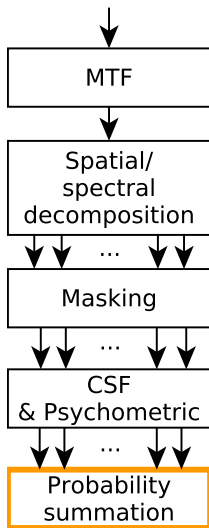
Aplicación de la CSF



Frecuencias representativas:

- Punto medio
- Centro de masa
- Experimentalmente

Integración de probabilidades



P^{det} para cada pixel:

$$P_{map}^{det}(x, y) = 1 - \prod_{\lambda, \theta} (1 - P_{\lambda, \theta}^{det}(\lambda, \theta))$$

Integración espacial:

- Máximo de detección en cada punto [Mantiuk]
- A veces se integran parámetros de masking [Oh13]:

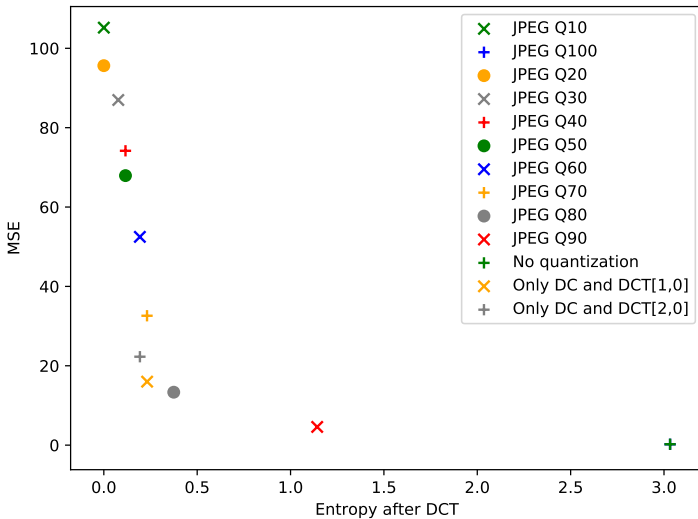
$$\left(\frac{1}{|B|} \sum_{n \in B} mask(n)^\beta \right)^{1/\beta}$$

- 1 Nos hackean
- 2 Qué tal se recibe?
 - Calidad subjetiva
 - Límites de la percepción
- 3 Cómo te lo dibujo?
 - Básicos de compresión
 - JPEG (classic)
 - JPEG 2000
- 4 Modelos de la Percepción
 - CSF y Thresholds Visuales (VTs)
 - Probabilidad de detección
 - Métricas de calidad

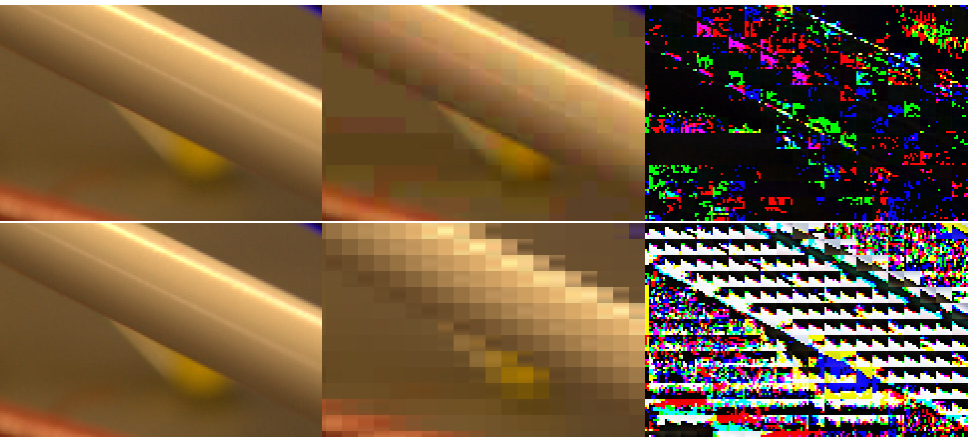
MSE

$$MSE(X, \hat{X}) = \frac{1}{|X|} \sum_{(x, \hat{x}) \in (X, \hat{X})} (x - \hat{x})^2$$

MSE



Ejemplos cuantización DCT



Top: JPEG Q60

Bottom: H2

Métricas perceptuales

Una alternativa: HDR-VDP-2 (Mantiuk)

- modelo perceptual
- más *preciso* que MSE/SNR/PSNR/RMSE/...
- presente \neq 100% precision

Conclusiones

Conclusiones

- Engañamos al cerebro rutinariamente

Conclusiones

- Engañamos al cerebro rutinariamente
- Codificación perceptual \Rightarrow sistemas más eficientes

Conclusiones

- Engañamos al cerebro rutinariamente
- Codificación perceptual \Rightarrow sistemas más eficientes
 - Cuantización \Rightarrow $\left\{ \begin{array}{l} \text{más compresión, y} \\ \text{descarte selectivo de info} \end{array} \right.$

Conclusiones

- Engañamos al cerebro rutinariamente
- Codificación perceptual \Rightarrow sistemas más eficientes
 - Cuantización \Rightarrow $\left\{ \begin{array}{l} \text{más compresión, y} \\ \text{descarte selectivo de info} \end{array} \right.$
 - Sensitividad B/N vs. color

Conclusiones

- Engañamos al cerebro rutinariamente
- Codificación perceptual \Rightarrow sistemas más eficientes
 - Cuantización $\Rightarrow \left\{ \begin{array}{l} \text{más compresión, y} \\ \text{descarte selectivo de info} \end{array} \right.$
 - Sensitividad B/N vs. color
 - Ajustable en JPEG, JPEG 2000, HEVC, ...

Conclusiones

- Engañamos al cerebro rutinariamente
- Codificación perceptual \Rightarrow sistemas más eficientes
 - Cuantización \Rightarrow $\left\{ \begin{array}{l} \text{más compresión, y} \\ \text{descarte selectivo de info} \end{array} \right.$
 - Sensitividad B/N vs. color
 - Ajustable en JPEG, JPEG 2000, HEVC, ...
- Niveles de ajuste:
 - ① Automático (algoritmo decide) – calidad?

Conclusiones

- Engañamos al cerebro rutinariamente
- Codificación perceptual \Rightarrow sistemas más eficientes
 - Cuantización \Rightarrow $\left\{ \begin{array}{l} \text{más compresión, y} \\ \text{descarte selectivo de info} \end{array} \right.$
 - Sensitividad B/N vs. color
 - Ajustable en JPEG, JPEG 2000, HEVC, ...
- Niveles de ajuste:
 - 1 Automático (algoritmo decide) – calidad?
 - 2 Basado en MSE/PSNR (típico)

Conclusiones

- Engañamos al cerebro rutinariamente
- Codificación perceptual \Rightarrow sistemas más eficientes
 - Cuantización \Rightarrow $\left\{ \begin{array}{l} \text{más compresión, y} \\ \text{descarte selectivo de info} \end{array} \right.$
 - Sensitividad B/N vs. color
 - Ajustable en JPEG, JPEG 2000, HEVC, ...
- Niveles de ajuste:
 - 1 Automático (algoritmo decide) – calidad?
 - 2 Basado en MSE/PSNR (típico)
 - 3 Basado en modelo CSF (e.g., Daly)

Conclusiones

- Engañamos al cerebro rutinariamente
- Codificación perceptual \Rightarrow sistemas más eficientes
 - Cuantización \Rightarrow $\left\{ \begin{array}{l} \text{más compresión, y} \\ \text{descarte selectivo de info} \end{array} \right.$
 - Sensitividad B/N vs. color
 - Ajustable en JPEG, JPEG 2000, HEVC, ...
- Niveles de ajuste:
 - 1 Automático (algoritmo decide) – calidad?
 - 2 Basado en MSE/PSNR (típico)
 - 3 Basado en modelo CSF (e.g., Daly)
 - 4 Basado en modelo completo de la visión (HDR-VDP2)

Conclusiones

- Engañamos al cerebro rutinariamente
- Codificación perceptual \Rightarrow sistemas más eficientes
 - Cuantización \Rightarrow $\left\{ \begin{array}{l} \text{más compresión, y} \\ \text{descarte selectivo de info} \end{array} \right.$
 - Sensitividad B/N vs. color
 - Ajustable en JPEG, JPEG 2000, HEVC, ...
- Niveles de ajuste:
 - 1 Automático (algoritmo decide) – calidad?
 - 2 Basado en MSE/PSNR (típico)
 - 3 Basado en modelo CSF (e.g., Daly)
 - 4 Basado en modelo completo de la visión (HDR-VDP2)
 - 5 Basado en pruebas subjetivas – calidad!

Preguntas abiertas

- Cómo predecir respuesta en otras condiciones?
- Predicción vs Utilidad en una tarea
- Cómo automatizar tests subjetivos? Sería viable en ML?
- Compresión con pérdida mejora resultados!?
- MP3s y Vinilos

Bibliografía I

- **[Wu2013]**: Hong Ren Wu et al., “Perceptual Visual Signal Compression and Transmission,” Proceedings of the IEEE, vol. 101, no. 9, pp. 2025-2043, Sept. 2013
- **[Kim]**: Kim, K.J., Mantiuk, R. and Lee, K.H., 2013, March. “Measurements of achromatic and chromatic contrast sensitivity functions for an extended range of adaptation luminance”. In Human Vision and Electronic Imaging XVIII (Vol. 8651, p. 86511A). International Society for Optics and Photonics.
- **[Mantiuk]**: Mantiuk, R., Kim, K.J., Rempel, A.G. and Heidrich, W., 2011. “HDR-VDP-2: A calibrated visual metric for visibility and quality predictions in all luminance conditions”. ACM Transactions on graphics (TOG), 30(4), p.40.

Bibliografía I

- **[Peli]**: Peli, E., 1990. "Contrast in complex images". JOSA A, 7(10), pp.2032-2040.
- **[Watson87]**: WATSON, A., 1987. "The cortex transform- Rapid computation of simulated neural images". Computer vision, graphics, and image processing, 39(3), pp.311-327.
- **[Hill]**: Hill, P., Achim, A., Al-Mualla, M.E. and Bull, D., 2016. "Contrast sensitivity of the wavelet, dual tree complex wavelet, curvelet, and steerable pyramid transforms". IEEE Transactions on Image Processing, 25(6), pp.2739-2751.

Bibliografía II

- **[Watson93]**: Watson, A.B., 1993, September. "DCT quantization matrices visually optimized for individual images". In Human vision, visual processing, and digital display IV (Vol. 1913, pp. 202-216). International Society for Optics and Photonics.
- **[Watson06]**: Zhen Liu, L. J. Karam and A. B. Watson, "JPEG2000 encoding with perceptual distortion control," in IEEE Transactions on Image Processing, vol. 15, no. 7, pp. 1763-1778, July 2006.
- **[Oh13]**: H. Oh, A. Bilgin and M. W. Marcellin, "Visually Lossless Encoding for JPEG2000," in IEEE Transactions on Image Processing, vol. 22, no. 1, pp. 189-201, Jan. 2013.
- **[Taubman]**: Taubman, D.S. and Marcellin, M.W., 2002. "JPEG2000: Image compression fundamentals. Standards and Practice," pp.295-301, Kluwer.