

Procesamiento Digital de Imágenes

Parcial 1

Darién Julián Ramírez
Franco Matzkin
Gianfranco Fagioli

Índice

1. Unidad I - Introducción al Procesamiento Digital de imágenes (PDI)	1
2. Unidad II - Operaciones en el dominio espacial	5
2.1. Operaciones Puntuales	5
2.2. Operaciones Globales	9
2.3. Procesamiento de Color	13
3. Unidad III - Operaciones en el dominio frecuencial	14
4. Sin responder	19

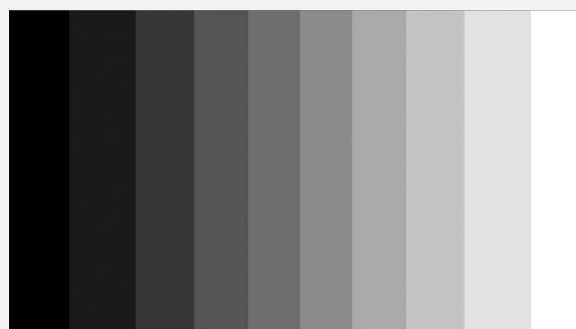
1. Unidad I - Introducción al Procesamiento Digital de imágenes (PDI)

Concepto de imagen digital y PDI. Niveles de procesamiento y disciplinas relacionadas. Espectro electromagnético y de luz. Ejemplos de campos de aplicación. Censado de imagen y adquisición. Muestreo y cuantización de imágenes: conceptos básicos, resolución, cuantificación. Formatos de las imágenes digitales.

1. Conteste VERDADERO o FALSO y explique su respuesta en éstos últimos casos:

a) El efecto integrador del ojo no es responsable del fenómeno de Bandas Mach.

Verdadero. El efecto diferenciador del ojo es el responsable del fenómeno de Bandas Mach.



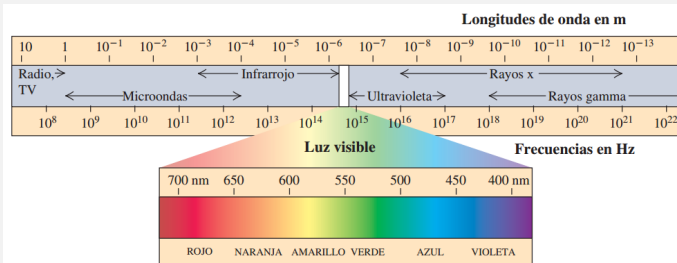
b) Los rayos X tienen mayor longitud de onda que los rayos infrarrojos.

- k) La capacidad del ojo de diferenciar dos grises diferentes es independiente de la iluminación ambiente.

Falso. Según el experimento de Weber es posible distinguir cambios pequeños de intensidad en condiciones de buena iluminación ambiente mientras que para distinguir cambios de intensidad con baja iluminación ambiente, el delta de cambio debe ser mayor.

- l) Los rayos ultravioleta tienen menor longitud de onda que los rayos X.

Falso. Los rayos ultravioleta tienen mayor longitud de onda que los rayos X.



- m) Si a una imagen con alto contenido de detalle se la sobremuestra a $\times 2$ (aumento de tamaño al doble) y a la vez se decrementa la cantidad de grises, la calidad visual se mantiene.

Falso. No existen reglas determinadas para fijar la relación entre la frecuencia de muestreo y los niveles de grises. La calidad de la imagen es una cualidad subjetiva que depende del contenido de detalle de la imagen y de la respuesta del observador (experimento de Haug).

- n) Es posible incrementar un color mediante balance de colores incrementando los dos contiguos al complementario.

Falso. Hay que decrementarlos en vez de incrementarlos.

2. (2) Nombre 3 sectores diferentes del espectro electromagnético, ordenados por longitud de onda decreciente, junto a una aplicación en cada uno de ellos.

- Espectro visible: las aplicaciones son muchas, cualquiera que sea percibida por el ojo humano.
- Luz ultravioleta: Luz negra utilizada para la detección de dinero falsificado.
- Rayos X: Tomografía computarizada.

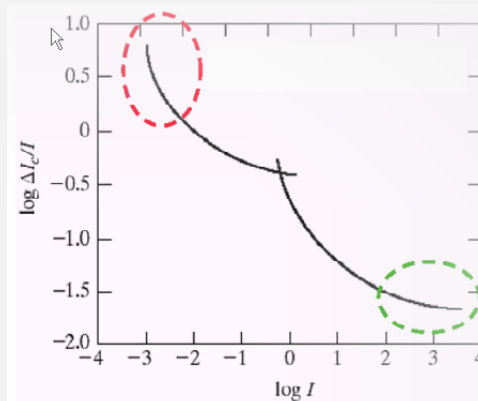
3. Explique qué es la relación de Weber, esquematice las curvas típicas y explique todas sus características.

Es un concepto asociado a la capacidad del ojo para discriminar variaciones en luminosidad. La relación se establece mediante el siguiente cociente:

$$\text{Relación de Weber: } \frac{\Delta I_c}{I}$$

donde ΔI_c es el incremento de iluminación que puede distinguirse el 50 % de las veces (varias repeticiones del experimento) para una iluminación I .

Un valor pequeño de este cociente indica que pueden distinguirse cambios de intensidad pequeños. Un valor grande de este cociente indica que se necesita un cambio grande de intensidad para que pueda distinguirse. Resumiendo, es más fácil distinguir cambios de intensidad cuando se tiene buena iluminación (conos) que cuando esta es poca (bastones).



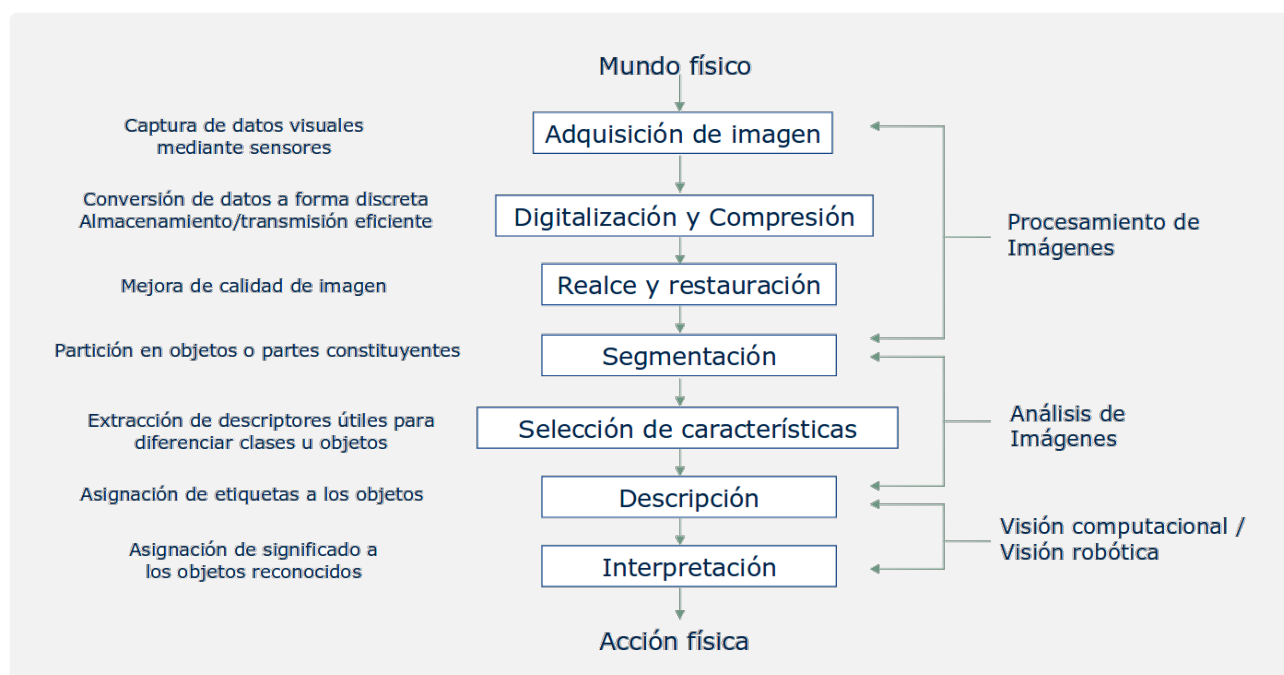
4. Explique el método de balance de colores

El método de balance de colores sirve para resaltar algún color en particular en una imagen. Hay dos maneras de ponerlo en práctica: Una es decrementar el color complementario, y la otra es incrementar los dos colores contiguos en la rueda de colores (o decrementar los dos contiguos complementarios).

5. Explique la operación de rebanado de color (*color slicing*).

Consiste en reasignar una intensidad de salida para cada pixel dependiendo del valor de intensidad original. Se puede hacer diferente tratamiento para los distintos canales.

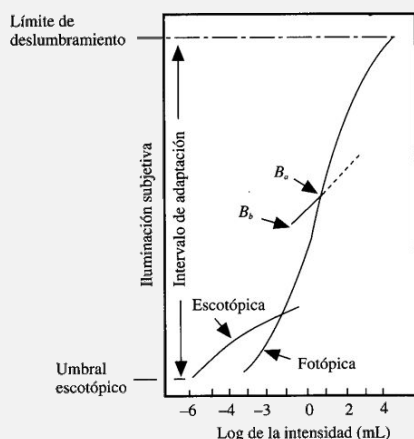
6. Mencione la secuencia de etapas de un sistema general de visión computacional (sin detallar cada una).



7. Describa brevemente el papel de conos y bastones del sistema visual humano en el mecanismo de adaptación al brillo.

Son células receptoras que se ubican sobre la superficie de la retina. Los conos se encargan de la detección del color y detalles de la imagen. Requieren niveles elevados de iluminación y poseen alta resolución. Los bastones se encargan de la detección de formas y objetos en movimiento. Funcionan con bajos niveles de iluminación y poseen baja resolución.

8. (2) Defina el brillo subjetivo y explique el fenómeno de adaptación al brillo, graficando las curvas correspondientes.



El ojo humano puede percibir alrededor de 10^{10} niveles de intensidad de luz diferentes, pero el sistema visual no opera directamente sobre este rango, ya que el *brillo subjetivo* reduce este rango de percepción por otro menor ajustándose al brillo medio de la imagen.

9. Mencione similitudes y diferencias entre los formatos BMP y JPG.

Ambos formatos son formatos de mapas de bit para la visualización de imágenes. BMP no tiene compresión, mientras que JPG sí.

2. Unidad II - Operaciones en el dominio espacial

Conceptos básicos. Transformaciones puntuales de niveles de gris: negativo, logarítmica, potencia. Procesamiento de histograma: ecualización y especificación. Realce mediante operaciones aritméticas (adición, sustracción, multiplicación, división) y operaciones lógicas (AND, OR, XOR). Fundamentos de filtrado espacial. Filtros espaciales: promediado, pasa-bajos, pasa-altos, máscara difusa, no lineales (mediana, adaptativo, variante). Pseudocolor y procesamiento de imágenes en color.

2.1. Operaciones Puntuales

1. Conteste VERDADERO o FALSO y explique su respuesta en éstos últimos casos:

- a) El rango dinámico de una imagen con grises entre 0 y 200 será afectado al igualar a cero el bit menos significativo de cada píxel.

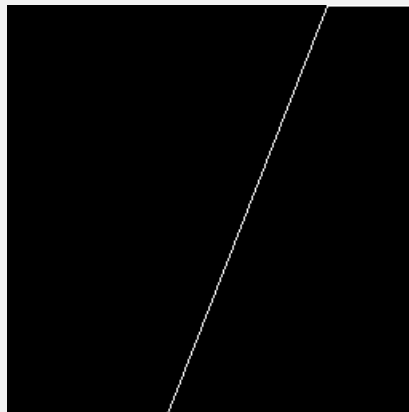
Falso. Los extremos (0 y 200) son niveles de intensidad pares y cambiar el bit menos significativo no afecta a estos niveles (200 en binario es 11001000).

2. Siendo $f(x, y)$ una imagen con grises entre 0 y 255, enuncie y justifique qué sucede al aplicar repetidas veces:

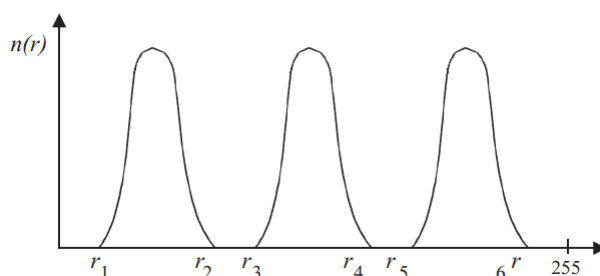
- a) La transformación definida por:

$$s = \begin{cases} 0 & r < 100 \\ \frac{255(r-100)}{100} & 100 \leq r \leq 200 \\ 255 & r > 200 \end{cases}$$

Al aplicar la transformación se asigna intensidad cero a los niveles menores a 100, intensidad 255 a los niveles superiores a 200 y se expande el rango de salida para los niveles entre 100 y 200. Como el rango dinámico de la imagen transformada abarca todos los niveles de grises, aplicar repetidamente la transformación hará que se repita el proceso y de a poco tienda a convertirse en una imagen binaria.



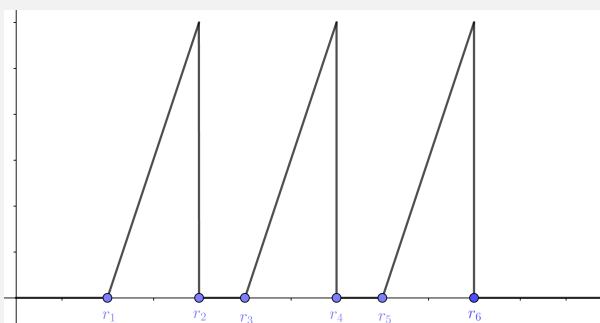
3. Sea $f(x, y)$ una imagen de 256×256 pixeles, con el siguiente histograma:



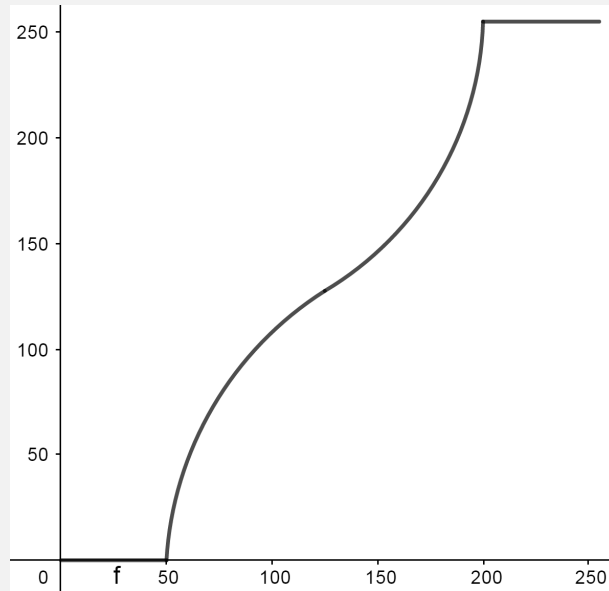
Suponga que las tres campanas corresponden a tres regiones separadas de la imagen. Como se deduce, el contraste entre regiones es alto, pero los detalles dentro de cada región pueden ser difíciles de observar, ya que el contraste es bajo. Esquematice una transformación $s = T(r)$ que, cuando se aplica a toda la imagen, mejore el contraste local en cada campana.

$$s = \begin{cases} 0 & r < r_1 \\ \frac{255(r-r_1)}{r_1} & r_1 \leq r \leq r_2 \\ 0 & r_2 \leq r \leq r_3 \\ \frac{255(r-r_3)}{r_3} & r_3 \leq r \leq r_4 \\ 0 & r_4 \leq r \leq r_5 \\ \frac{255(r-r_5)}{r_5} & r_5 \leq r \leq r_6 \\ 0 & r > r_6 \end{cases}$$

La gráfica de la derecha no es del todo correcta. Faltan las separaciones.

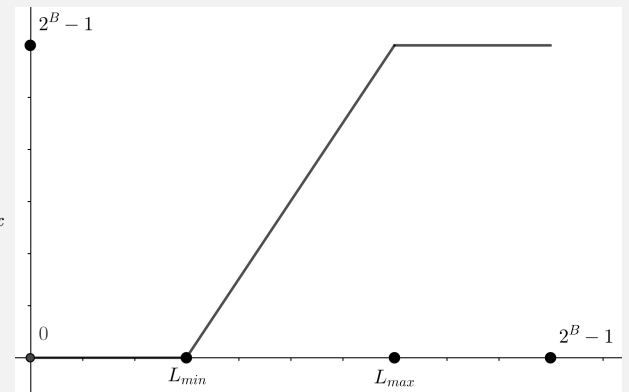


4. Sea una imagen con gris mínimo 50 y máximo 200. Esquematice y explique la función de mapeo de grises que utilizaría para incrementar el contraste en las regiones oscuras y brillantes de la imagen mientras que lo mantiene en la región de los grises medios.



5. Una imagen es digitalizada mediante un frame-grabber de B-bits que presenta una falla sistemática: no utiliza el rango completo de grises. Un examen del histograma muestra que los niveles de gris están restringidos al rango $[L_{min}, L_{max}]$, con $L_{min} > 0$ y $L_{max} < 2^B - 1$. Obtenga la expresión matemática para una LUT de salida que mapee los grises de la imagen al rango completo, y grafique la LUT resultante.

$$s = \begin{cases} 0 & r < L_{min} \\ \left(\frac{2^B - 1}{L_{max} - L_{min}} \right) (r - L_{min}) & L_{min} \leq r \leq L_{max} \\ 2^B - 1 & r > L_{max} \end{cases}$$



6. Sea una imagen de 2 bits. Esquematice las transformaciones $s = T(r)$ que obtienen los diferentes planos de bits.

$$0 = 00$$

$$1 = 01$$

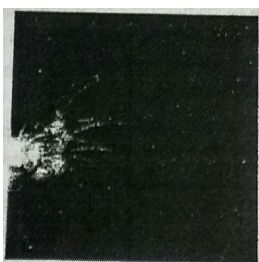
$$2 = 10$$

$$3 = 11$$

$$\text{Plano } 0 = \begin{cases} 0 & r = 0, 2 \\ 1 & r = 1, 3 \end{cases}$$

$$\text{Plano } 1 = \begin{cases} 0 & r = 0, 1 \\ 1 & r = 2, 3 \end{cases}$$

7. Sea $f(x, y)$ la imagen de 256x256 píxeles, dada por:



Proponga un método para obtener como salida la radiografía de la mano en alto contraste: mano negra sobre fondo blanco, donde se vea toda la estructura ósea sin la iluminación inicial no uniforme. Justifique detalladamente cada paso.

Primero se le aplica el negativo a la imagen ($s = -r$) obteniendo así la mano de color negro sobre el fondo blanco. Luego, para mejorar el contraste, se aplica una transformación logarítmica ($s = c \cdot \log(1 + r)$) expandiendo así las intensidades oscuras y comprimiendo las intensidades claras.

Con un ejemplo similar:

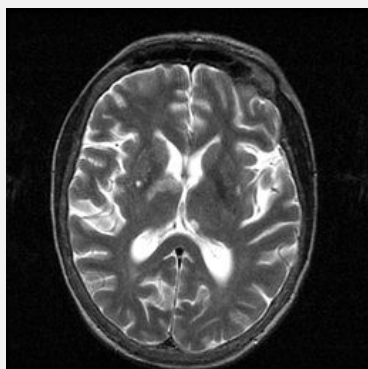
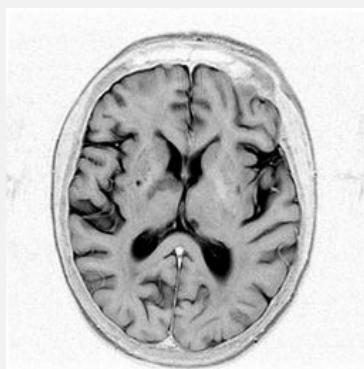
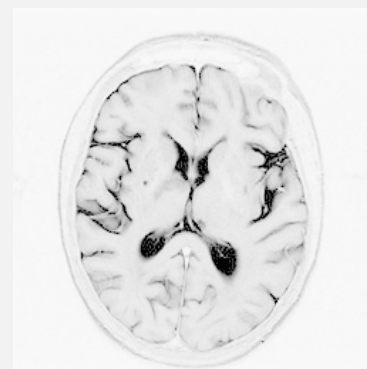


Imagen original.



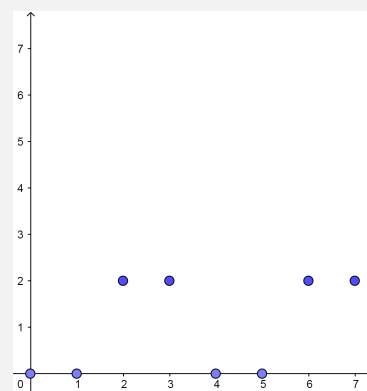
Negativo



Transformación logarítmica.

8. Sea una imagen de 3 bits. Esquematice la transformación $s = T(r)$ que obtiene el plano del segundo bit.

Nº	Bit 2	Bit 1	Bit 0		Bit 2	Bit 1	Bit 0	Nº
0	0	0	0		0	0	0	0
1	0	0	1		0	0	0	0
2	0	1	0		0	1	0	2
3	0	1	1	→	0	1	0	2
4	1	0	0		0	0	0	0
5	1	0	1		0	0	0	0
6	1	1	0		0	1	0	2
7	1	1	1		0	1	0	2



9. Explique el efecto de la siguiente transformación no lineal al aplicarla sobre la imagen:

$$w = T[v] = \phi \cdot v^{1/3}$$

siendo v el nivel de gris de entrada con $v \in [0, L - 1]$ y w el nivel de gris de salida. Obtenga, además, el valor de ϕ que realiza el mapeo $v \in [0, L - 1]$ a $w \in [0, L - 1]$.

Esta transformación produce que las intensidades bajas tengan un incremento en el rango de salida, similar a lo que ocurre con la transformación logarítmica.

$$\phi(L - 1)^{1/3} = L - 1$$

$$\phi = \frac{L - 1}{(L - 1)^{1/3}}$$

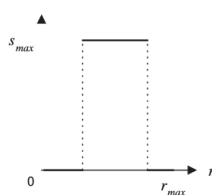
10. Sea una imagen ecualizada de 3 bits de resolución. Si se iguala a 0 el bit central. ¿Cambia el rango de la imagen? ¿Qué sucede con el histograma?.

Sí, el rango de la imagen cambia, ya que originalmente, con 3 bits el rango iba de 0 (000) a 7 (111), mientras que ahora el valor máximo que puede tomar es 5 (101). El histograma también cambiará, ya que hay niveles de gris que antes estaban en la imagen y ahora no lo estarán.

11. Defina los operadores: intervalo de umbral invertido y umbral de escala de grises.

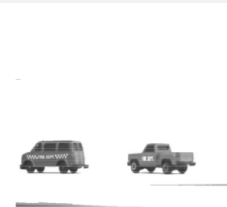
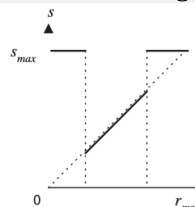
Operador intervalo de umbral invertido:

$$s = \begin{cases} 0 & \text{para } p \leq p_1 \text{ y } p \geq p_2 \\ s_{max} & \text{para } p_1 < p < p_2 \end{cases}$$



Operador umbral de escalas de grises:

$$s = \begin{cases} s_{max} & \text{para } p \leq p_1 \text{ y } p \geq p_2 \\ p & \text{para } p_1 < p < p_2 \end{cases}$$



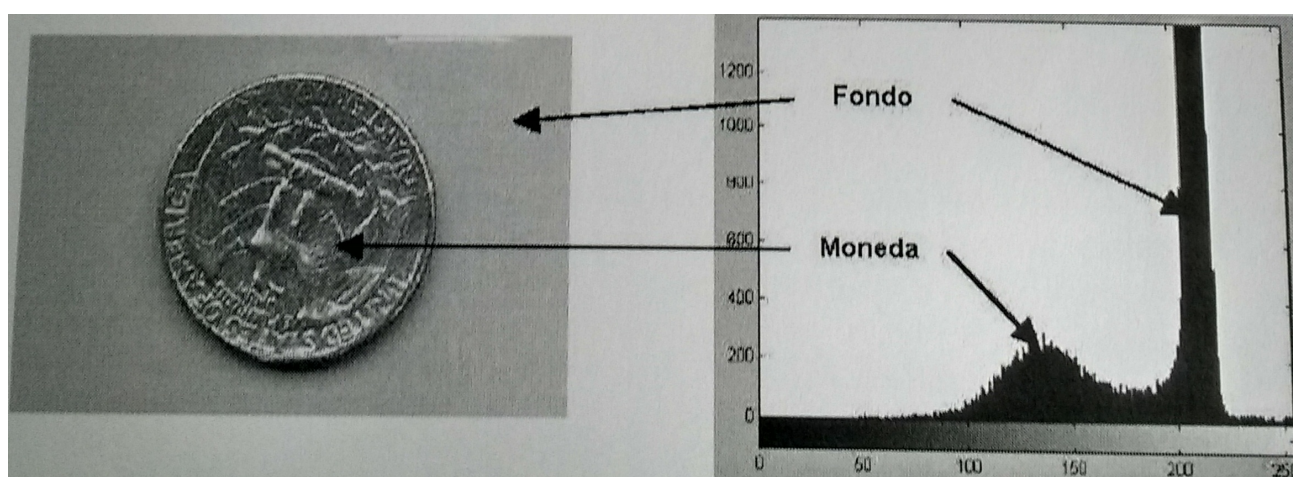
2.2. Operaciones Globales

1. Siendo $f(x, y)$ una imagen con grises entre 0 y 255, enuncie y justifique qué sucede al aplicar repetidas veces:

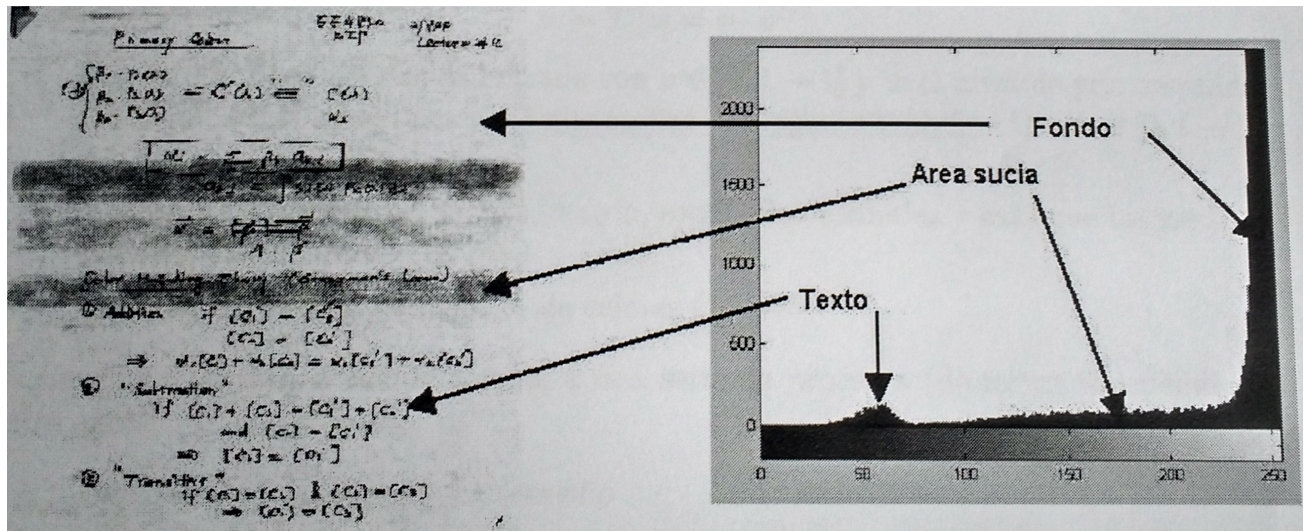
a) La ecualización de histograma.

Al aplicar la ecualización del histograma la primera vez dará como resultado la ecualización de la imagen. Sin embargo, si se continua ecualizando el histograma ya no habrá cambios en la imagen.

2. Una relación entre una imagen y su histograma se ilustra a continuación. Basado en la distribución del histograma y otras características de la imagen, se requiere que indique el/los procesamiento/s a aplicar para mejorar la calidad de la imagen original. Usted tiene la libertad de emplear cualquier procesamiento visto en teoría, tal como manejo de histograma, filtrado pasa-altos, énfasis de alta frecuencia, etc. Comente con detalle su elección.



En primer lugar hay que aclarar que la ecualización del histograma no es una buena opción puesto que el fondo es una zona homogénea que se traduce como un pico en el histograma pudiendo causar falsos bordes y regiones de diferente intensidad. Como la imagen se ve algo oscura, en primer lugar se aplicará una transformación rectilínea (ángulo $> 45^\circ$) para aumentar brillo. Luego se aplica un filtro pasa-altos para realzar las altas frecuencias sin alterar las bajas resaltando así los bordes de la imagen.



Como en el caso anterior no se aplica la ecualización del histograma. Se utiliza una transformación rectilínea por tramos que no afecte a las zonas correspondientes al texto y al fondo (identidad, 45°) pero haga cero la salida en el lugar de la zona sucia.

3. (3) Cuando se trabaja con imágenes de bajo contraste, un método efectivo para lograr realce de detalles y mejora de contraste es aplicar en cascada la ecualización de histograma y el filtrado de énfasis de altas frecuencias.

a) Indique y justifique si importa el orden de aplicación de los métodos.

El orden de aplicación de los métodos si importa. Si se aplica la ecualización del histograma se redistribuyen los grises de la imagen original sobre todos los grises disponibles (se expande el rango dinámico). Luego, al aplicar la máscara difusa se realzan las altas frecuencias de dicha imagen.

Si se aplica la máscara difusa primero se realzan los bordes de la imagen original dando como resultado unos pocos niveles de grises distribuidos. Al ecualizar el histograma se expanden esos pocos grises dando un resultado distinto al anterior.

b) Indique qué método usaría primero, argumentando su decisión.

El orden de aplicación que utilizaría es ecualización del histograma seguido de máscara difusa puesto que se expande el rango dinámico mejorando así el contraste y luego se realzan los bordes. Si los aplicara en orden contrario, la ecualización de la imagen de altas frecuencias expandirá el rango dinámico pudiendo provocar la aparición de bordes falsos.

4. Siendo $f(x, y)$ una imagen con grises entre 0 y 255, enuncia y justifique qué sucede al aplicar repetidas veces (iterativamente sobre los resultados parciales):

a) El filtrado espacial con la máscara definida por: $\frac{1}{9}[1, 1, 1]$.

La imagen se irá borroneando puesto que se le está aplicando un filtro pasa-bajos y además como se está dividiendo por un número mayor a la suma de los elementos del *kernel* la imagen se irá oscureciendo.



Imagen original.



$kernel = \frac{1}{4} \cdot [1, 1; 1, 1]$



$kernel = \frac{1}{9} \cdot [1, 1; 1, 1]$

b) La transformación definida por:

$$s = \begin{cases} 0 & r < 100 \\ 150 & 100 \leq r \leq 200 \\ 255 & r > 200 \end{cases}$$

Al aplicar la transformación por primera vez, la imagen resultante pasa a tener sólo tres niveles de intensidad (0, 150, 255). Si se vuelve a aplicar la transformación ya no ocurre nada puesto que las tres intensidades son transformadas a las mismas tres intensidades.

5. Se tiene una imagen a la que somete una serie de procesos (de forma independiente entre ellos):

- A: Contraste \rightarrow Mediana \rightarrow Promedio
- B: Promedio \rightarrow Mediana \rightarrow Contraste
- C: Promedio \rightarrow Contraste \rightarrow Mediana
- D: Mediana \rightarrow Contraste \rightarrow Promedio

En el enunciado anterior, “Contraste” significa aplicar la operación $s = \sqrt{r}$, “Promedio” significa aplicar un filtro de promediado de talla $N = 3$ y “Mediana” corresponde al filtrado con una máscara de la misma talla.

Enuncie y justifique qué métodos lograrán el mismo resultado.

En primer lugar se analiza si es posible conmutar las operaciones:

Si se aplica primero la *mediana* se selecciona el valor que deja por debajo al 50 % de la distribución de probabilidad. Al aplicar el *contraste* se hace la raíz cuadrada de dicho valor. Si se aplica primero el *contraste* se hacen las raíces de todos los elementos. Al aplicar la mediana se selecciona el mismo valor que al hacer el proceso inverso puesto que esta transformación sólo escala los valores.

Si se aplica primero el *promedio* se obtiene el promedio de los elemento que abarca el *kernel*. Al aplicar el *contraste* se obtiene la raíz de dicho promedio. Si se aplica primero el *contraste* se obtienen todas las raíces. Al aplicar el *promedio* se obtiene el mismo resultado anterior por promedio de raíces.

Pero no ocurre lo mismo para el *promedio* y la *mediana*. Realizar un promedio de medianas no arroja el mismo resultado que realizar una mediana de promedios.

Como conclusión, los procesos A y D arrojan los mismos resultados, y los procesos B y C también.

6. Respecto al histograma de una imagen, escriba las fórmulas y explique las medidas de energía y entropía.

Energía: Informa sobre la distribución de los niveles de gris. Valor máximo 1 para imagen con un único nivel de gris, disminuye con el aumento del número de grises. Cuanto más homogénea es una imagen, más energía tiene.

$$E = \sum_{g=0}^{L-1} P(g)^2$$

Entropía: Indica incerteza en la distribución, la cual aumenta con el número de grises.

$$e = - \sum_{g=0}^{L-1} P(g) \log_2 P(g)$$

7. Se tiene un conjunto de imágenes suaves, esto es, caracterizadas principalmente por bajas variaciones espaciales, que fueron adquiridas con bajo contraste. Además, un pequeño porcentaje de píxeles desparrramados están contaminados con ruido tipo sal y pimienta. Un problema adicional es que las imágenes tienen dimensiones excesivas para el dispositivo de visualización.

Se intentará solucionar el problema del contraste aplicando una transformación mediante una ley de potencia ($s = r^2$). Para tratar de eliminar el ruido se aplicará filtrado de la mediana, mientras que se reducirá el tamaño de las imágenes mediante un submuestreo por un factor de 2 en cada dirección. Se desea comparar el resultado de aplicar las siguientes combinaciones de los procesos:

- Transformación de potencia → Filtrado de mediana → Remuestreo.
 - Remuestreo → Transformación de potencia → Filtrado de mediana.
 - Transformación de potencia → Remuestreo → Filtrado de mediana.
 - Filtrado de mediana → Remuestreo → Transformación de potencia.
- Ordene las operaciones anteriores en calidad decreciente (pueden haber combinaciones de igual calidad), justificando detalladamente su elección.
 - Considerando ahora el costo computacional de cada combinación, especifique el ordenamiento según costo creciente, justificando su elección.

Las operaciones de *potencia* y *mediana* se pueden conmutar debido a la monotonía de la transformación. Las operaciones de *potencia* y *remuestreo* también se pueden conmutar, es lo mismo aplicar la transformación antes o después de la eliminación de filas y columnas. En cambio, no es posible conmutar *mediana* y *remuestreo* y esperar que arrojen el mismo resultado.

Calidad:

1) a, b.

2) c, d.

Costo computacional:

1) b.

2) c, d.

3) a.

8. En una aplicación de OCR, las páginas de sólo texto son reducidas a forma binaria mediante un umbral con $r = 0,5$ (normalizado). Esto es seguido de un proceso que afina los caracteres a líneas de 1 píxel de grosor. Debido a algunos problemas, este proceso puede dejar baches de hasta 3 píxeles de ancho donde no debía haberlos. Se pide que implemente un bloque de reparación usando técnicas de PDI para llenar estos huecos. Además se pide que finalmente se aplique nuevamente un umbral para binarizar la salida entregada. ¿Puede especificar el valor de umbral a usar en este caso, según lo que haya propuesto en su aplicación? (sin que se “quiebren” los segmentos nuevamente)?.

- a) Invertir la imagen de manera que las letras queden en negro y el fondo blanco.
- b) Aplicar un filtro de 5x5 cuyas componentes sean:

$$M = \frac{1}{25} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & 1 & 1 & 1 & 1 \end{bmatrix}$$

La elección de un filtro de este tamaño se basa en que se desean conectar píxeles que estén separados por otros 3 píxeles de distancia, por lo que teniendo en cuenta esta separación, siempre conectaremos dos extremos que no se toquen.

- c) Determinar el valor del umbral a aplicar. En este caso para que no se produzca nuevamente el efecto de separación, se utiliza el valor de intensidad mínimo que se obtendrá luego de aplicar el filtro, esto es, un píxel que contenga información de otros dos píxeles solamente. Así se determina que $p = \frac{2}{25} = 0,08$

9. Si se filtra una imagen utilizando la máscara $M_1 = [0,25 \quad 0,5 \quad 0,25]$ y a continuación se filtra el resultado

con la máscara $M_2 = \begin{bmatrix} 0,25 \\ 0,5 \\ 0,25 \end{bmatrix}$

- a) Razone el efecto final de los procesos sobre la imagen.

El resultado de aplicar el filtro M_1 es un suavizado de los contornos verticales de la imagen, y luego con el filtro M_2 se suavizan los contornos horizontales. El brillo medio total no se modifica ya que los filtros son de suma 1.

- b) Deduzca la máscara equivalente a la aplicación consecutiva de las máscaras M_1 y M_2 .

El filtrado con este nuevo kernel hace un suavizado general de la imagen y tampoco modifica el brillo medio.

$$M = \begin{bmatrix} \frac{1}{16} & \frac{1}{8} & \frac{1}{16} \\ \frac{1}{8} & \frac{1}{4} & \frac{1}{8} \\ \frac{1}{16} & \frac{1}{8} & \frac{1}{16} \end{bmatrix}$$

2.3. Procesamiento de Color

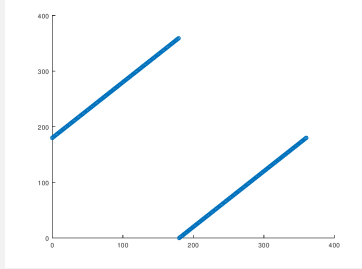
1. (2) Explique la operación de balance de colores. Proponga una tarea donde sea de utilidad este proceso, detallando la aplicación del mismo.

La percepción de un color es afectada por los colores de los vecinos. Para incrementar un color se pueden ajustar (calibrar) los canales de la siguiente manera:

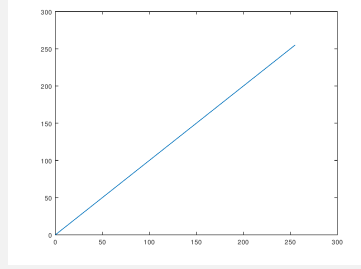
- a) Incrementar el color.
- b) Decrementar su complementario.
- c) Incrementar los colores contiguos.
- d) Decrementar los colores contiguos al complementario.

2. (2) Grafique las transformaciones del tipo $s = T(r)$ en H, S e I que obtengan el complemento de color.

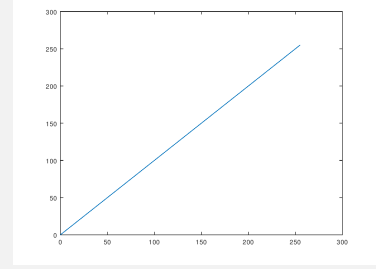
H: $\text{mod}(H + 180, 360)$



S:



I:



3. Sea la imagen de una señal de ajuste de televisión consistente en las barras de color blanco, amarillo, cyan, verde, magenta, rojo, azul y negro. Especifique los vectores CMY y HSI de cada barra.

CMY

$\text{Blanco} = [0, 0, 0]$
 $R = [0, 255, 255]$
 $G = [255, 0, 255]$
 $B = [255, 255, 0]$
 $C = [255, 0, 0]$
 $M = [0, 255, 0]$
 $Y = [0, 0, 255]$
 $\text{Negro} = [255, 255, 255]$

HSI

$\text{Blanco} = [-, 0, 255]$
 $R = [0, 255, 255]$
 $G = [120, 255, 255]$
 $B = [240, 255, 255]$
 $C = [180, 255, 255]$
 $M = [300, 255, 255]$
 $Y = [60, 255, 255]$
 $\text{Negro} = [-, -, 0]$

4. Conteste VERDADERO o FALSO y explique su respuesta en éstos últimos casos:

- a) En las impresoras, la adición de un pigmento que absorbe la luz azul y otro que refleja la luz azul y roja, dará como resultado una tinta roja.

Verdadero. Un pigmento que absorbe la luz azul hace que la luz reflejada sea amarilla. Un pigmento que refleja la luz azul y roja se ve de color magenta. La suma de amarillo más magenta da como resultado rojo.



3. Unidad III - Operaciones en el dominio frecuencial

Señales y sistemas en dos dimensiones. Transformada bidimensional de Fourier y su inversa: definición, propiedades y representación gráfica. Importancia de la magnitud y la fase. Filtros frecuenciales: pasa-bajos, pasa-altos, fenómeno de Gibbs. Filtrado homomórfico. Correspondencia entre filtrado en el dominio espacial y frecuencial.

1. Conteste VERDADERO o FALSO y explique su respuesta en éstos últimos casos:

- a) Es posible disminuir la cantidad de grises sin notar pérdida de calidad visual en imágenes con bajo contenido de detalle.

Falso. Una imagen con bajo contenido de detalle es aquella con baja frecuencia (sin bordes, zonas homogéneas). Si se disminuyen demasiados niveles de grises aparecerá el efecto de falso contorno que normalmente aparece en las áreas homogéneas de la imagen digital.

- b) La imagen de sólo fase tiene fase igual a la imagen original y módulo cero.

Falso. Tiene módulo 1.

- c) La base de Fourier para una imagen de grises de 256x256 píxeles tiene 256 elementos de tamaño 256x256.

Falso. La base de Fourier tiene 65536 (256x256) elementos de tamaño 256x256.

- d) En la imagen centrada de $|H(u, v)|$ de un filtro ideal, el fenómeno de Gibbs es visible como oscilaciones a partir del punto central.

Falso. El fenómeno de Gibbs sólo es visible en el dominio espacial. Éste es producido por las oscilaciones a partir del lóbulo central de la función sinc, que es la transformada de Fourier de el filtro ideal.

- e) Los filtros de Butterworth y Gaussiano no introducen sobredisparo en ningún caso.

Falso. El filtro Gaussiano no introduce sobredisparo, mientras que los filtros de Butterworth de orden muy grande (que se asemejan al filtro ideal) sí pueden introducirlo.

- f) Uno de los efectos del filtro homomórfico es comprimir el rango dinámico de las componentes de reflectancia.

Falso. El filtro homomórfico comprime el rango dinámico de las componentes de iluminación.

2. Detalle el algoritmo de aplicación del filtro homomórfico.

La imagen se expresa como $f(x, y) = i(x, y)r(x, y)$ (iluminación * reflectancia). Esta forma no se puede usar directamente porque la transformada de Fourier de un producto de funciones no es separable. Para poder usarla se realizan las siguientes operaciones:

- Se le aplica el logaritmo para poder expresarla como una suma en lugar de un producto.
- Se aplica la TDF.
- Se realiza un filtrado en frecuencia (filtro homomórfico que actúa sobre las componentes de iluminación y reflectancia de forma separada).
- Se aplica la TDF inversa.
- Se aplica la exponencial (opuesto al logaritmo).

3. Explique a qué se debe la aparición del fenómeno de Gibbs en filtrado.

Los filtros ideales traen consigo un efecto de *sobredisparo* por la discontinuidad (o caída abrupta) de la función de transferencia. Esto genera lo que se conoce como *fenómeno de Gibbs*.

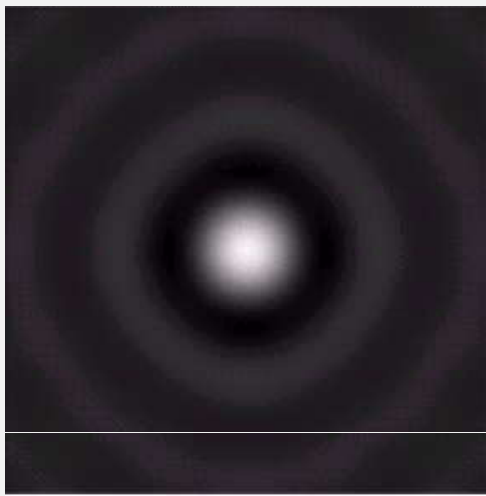
4. Enuncie y explique cuáles son los efectos del filtro homomórfico en una imagen.

El filtro homomórfico **comprime el rango dinámico a partir de las condiciones de iluminación** y **realza el contraste a partir de las propiedades de reflectancia de los objetos**. Dicho de otro modo, **comprime las intensidades claras** y **expande las intensidades oscuras**. Sus resultados son muy similares a la transformación logarítmica.

5. ¿Sería posible encontrar la localización aproximada de un objeto en una escena mediante la TDF? Justifique.

El módulo de la TDF no contiene información acerca de la posición del objeto en la imagen. Esa información se encuentra presente en la fase. A partir de ella sería posible encontrar la localización aproximada de un objeto.

6. Grafique la respuesta en frecuencia del filtro frecuencial ideal, mencionando características del aspecto visual de las imágenes filtradas.



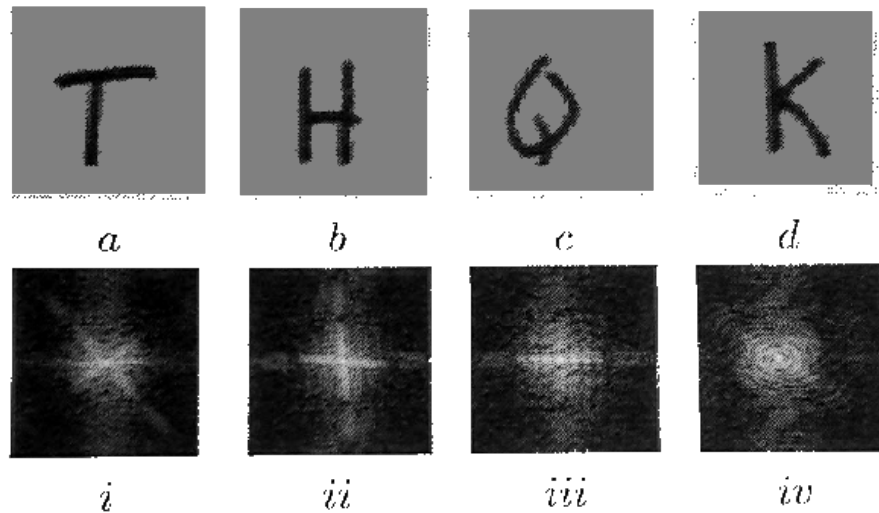
Los filtros ideales traen consigo un efecto de *sobredisparo* por la discontinuidad (o caída abrupta) de la función de transferencia. Esto genera lo que se conoce como *fenómeno de Gibbs*. Este fenómeno presenta oscilaciones en la imagen (Se observa una especie de repetición de contornos) al realizar el cálculo de la transformada inversa.

7. Explique detalladamente el proceso de filtrado frecuencial de una imagen f con un filtro h .

Proceso de filtrado frecuencial:

- Generar una función $H(u, v)$ (función de transferencia del filtro).
- Calcular la TF $F(u, v)$ de la imagen.
- Multiplicar elemento a elemento las funciones.
- Calcular la TF inversa.
- Obtener la parte real.

8. En las Figuras 1(a)-(d) se muestra un conjunto de cuatro imágenes correspondientes a las letras del abecedario. En las figuras 1(i)-(iv) se encuentran sus espectros de magnitud en cualquier orden. Escriba las correspondencias (a)-(d) \rightarrow (i)-(iv) que vinculan cada imagen con su espectro, explicando -de manera general- los criterios de elección.



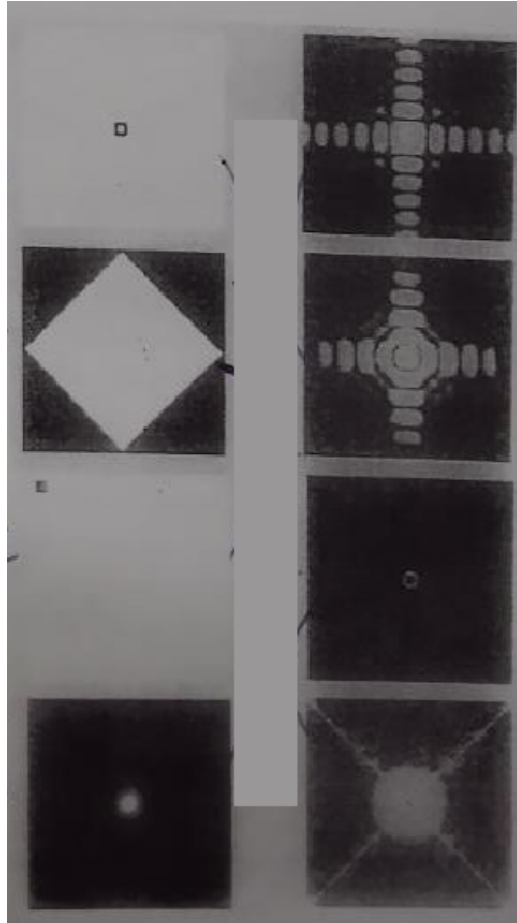
Letras y sus TDFs (desordenadas)

- $a \rightarrow ii$. La T está formada por dos segmentos que no se encuentran perfectamente alineados con la vertical y la horizontal. En su TF se debe observar una cruz que tampoco esté perfectamente alineada.
- $b \rightarrow iii$. Este caso es similar al anterior con la diferencia de que no hay inclinación de los segmentos por lo que en su TF tampoco se debe ver plasmada esa inclinación.
- $c \rightarrow iv$. La forma circular de la Q hace que aparezcan lóbulos circulares en la TF.
- $d \rightarrow i$. Los segmentos a 45° de la K se traducen en líneas de igual ángulo en la TF. El segmento vertical se traduce en uno horizontal.

9. ¿Cuál es la importancia de la fase en la transformada discreta de Fourier?

La mayoría de las características más importantes de la imagen se preservan sólo si la información de la fase se mantiene. Cuando una señal es de longitud finita, la información de la fase es suficiente para reconstruir una señal pudiendo ver la imagen a grandes rasgos. Cabe aclarar que las características de la imagen original son identificable en una imagen de sólo fase, ya que la inteligibilidad está asociada a los detalles (puntos, bordes, etc.).

10. En la figura siguiente se muestran imágenes sintéticas a la izquierda y espectros de magnitud a la derecha. Indique la correspondencia entre imagen y espectro, luego elija una de ellas y explique cómo observar las características que lo llevaron a esa elección.



- 1-(b), debido a que el cuadrado está vacío y eso implica una mayor frecuencia.
 2-(d), debido a que las líneas que delimitan el cuadrado están rotadas 45 grados y eso puede verse en el espectro como líneas a 45 grados.
 3-(a), debido a que el cuadrado está lleno y la frecuencia resultante es menor.
 4-(c), debido a que el espectro de frecuencias de un círculo es otro círculo.

11. Explique cómo podría reducir o eliminar el impacto producido por el fenómeno de Gibbs.

Para reducir el impacto del fenómeno de Gibbs, la función de transferencia del filtro $H(u, v)$ debe tener una caída suave, esto se logra multiplicando el filtro (que produce este fenómeno) por una ventana suavizante (Hamming, Kaiser, etc).

Por otro lado, el fenómeno de Gibbs puede eliminarse completamente utilizando como función de transferencia del filtro una Gaussiana, cuya transformada de Fourier es también una Gaussiana.

12. Dada una imagen de HDTV (1280x720px), especifique la cantidad de elementos de la base de Fourier y el tamaño de cada uno de ellos al calcularse la TDF.

Se tendrán 921600 elementos (1280x720) de tamaño 1280x720.

13. En operaciones entre imágenes se define $XNOR = \overline{X \oplus Y}$. Proponga y explique un algoritmo de procesamiento de video basado en esta operación para detectar el movimiento de una pelota de tenis sobre una cancha de polvo de ladrillo. Considere una imagen color de entrada con salida igual a una imagen binaria de fondo negro y blanco solamente con la posición de la pelota.

Supuestos: En el video sólo se ve la pelota y el suelo.

1. Tomar sólo el canal G de la imagen RGB, debido a que el polvo de ladrillo es predominantemente rojo (y no es importante conservarlo) y la pelota es amarilla (mezcla entre R y G, por lo que G contendrá información sobre la pelota).
2. Umbralizar en un nivel cercano a 200 (debido a que amarillo es $R=255$ y $G=255$), quedando así una máscara de la pelota en cada frame.
3. Aplicar frame a frame la operación \overline{XOR} , la cual da como resultado 1 en los píxeles donde frames son iguales (pelota + piso), y 0 en los frames donde la pelota no coincide.
4. Invertir esta máscara, teniendo como resultado un 1 en donde las posiciones de las pelotas **no** coincidieron.
5. A partir de las posiciones de los píxeles blancos de esta máscara, hallar la media de las posiciones en x y en y de todos los píxeles, teniendo así una posición aproximada de la pelota.

4. Sin responder

1. Explicitar la transformación lograda por la ecualización y explique conceptualmente cómo es que se logra su objetivo.

2. Formule matemáticamente el filtro de máscara difusa espacial. Dado que es un proceso LSI, es posible hacerlo mediante convolución, por lo que se pide que deduzca un kernel con el cual implementar esta operación. ¿Qué cambiaría en la máscara obtenida si el filtro es el de alta potencia (*high-boost*)?

3. Mencione y explique los parámetros que describen una fuente lumínica cromática. Mencione las características del color y su contextualización en el modelo HSI.

4. Conteste VERDADERO o FALSO y explique su respuesta en éstos últimos casos:

a) El filtrado de máscara difusa frecuencial no elimina el brillo medio de la imagen.

5. Las radiaciones ionizantes son aquellas cuya energía es suficiente para arrancar electrones de los átomos, y poseen longitud de onda menor que la luz visible. Mencione 2 tipos diferentes de esta clase de radiaciones y sus aplicaciones en el PDI.

Referencias

[C. Gonzalez and Eugene Woods, 1996] C. Gonzalez, R. and Eugene Woods, R. (1996). Tratamiento digital de imágenes.