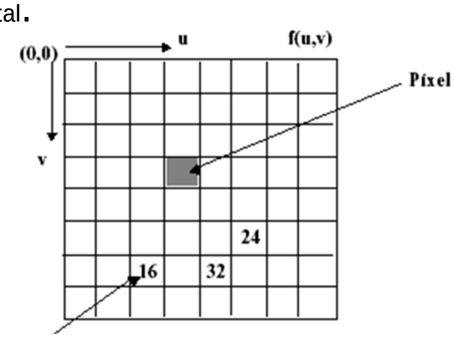
Concepto de imagen digital

- Imagen
  - Figura, fotografía, en general: datos visuales.
  - Se puede definir como una función en dos dimensiones f(x,y)
  - x,y: coordenadas espaciales.
  - f: amplitud o intensidad del punto (x,y).
    - Si $f \in \Re$: imagen en intensidades de gris
    - Si $f \in \Re^3$: imagen en color RGB, CMY o HSI

- Imagen digital:
  - La intensidad es función bidimensional.
  - x, y: cantidades discretas.
  - f(x,y): colección de valores finitos.

Caracterizacion matemática de las Imágenes

- Una imagen puede ser definida como una función de dos dimensiones f(x,y) donde x y y son las coordenadas espaciales (plano) y la amplitud de la función f en algún par de coordenadas (x,y) es llamada intensidad o nivel de gris de la imagen en ese punto. Cuando x, y y los valores de la amplitud de la función f son cantidades discretas finitas, a dicha imagen se le llama imagen digital.



¿Cómo representan las imágenes las computadoras?

- Una imagen puede ser representada por una función: **f(u,v)**.
- El argumento de **f(u,v)** representa la localización de cada pixel en el plano imagen
- El valor de **f(u,v)** puede tener diferentes interpretaciones en diferentes tipos de imágenes. **Ejemplos:**

Imagenes de intensidad:

f(u,v) = intensidad de la escena

Imagenes de distancia:

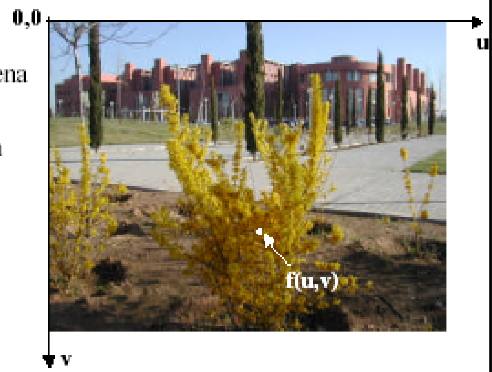
f(u,v) = distancia desde la escena al sistema de captación.

Imágenes en color:

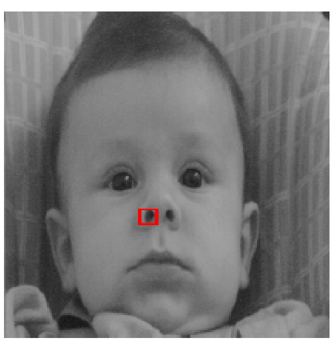
$\mathbf{f}(u,v) = \{f_r(u,v), f_g(u,v), f_b(u,v)\}$

Video:

f(u,v,t) = secuencia temporal de imágenes



Ejemplo de Imagen 2D



99	71	61	51	49	40	35	53	86	99
93	74	53	56	48	46	48	72	85	102
101	69	57	53	54	52	64	82	88	101
107	82	64	63	59	60	81	90	93	100
114	93	76	69	72	85	85	94	95	99
117	106	94	92	97	101	100	108	105	99
116	114	109	106	105	108	108	102	107	110
115	113	109	114	111	111	113	108	111	115
110	113	111	109	106	108	108	110	120	122
103	107	106	108	109	114	120	124	124	132

Digitalización

- Transformación de una imagen analógica a otra discreta.
- Para que una imagen analógica, en blanco y negro, en escala de grises (las llamadas comúnmente, imágenes en blanco y negro), o una a color, pueda ser "manipulada" usando una computadora, primero debe convertirse a ***imagen digital.***

Muestreo (I)

- "sampling"
- Consiste en la medición a intervalos (discretización) respecto de alguna variable (generalmente el tiempo o el espacio), siendo su parámetro fundamental la frecuencia de muestreo, que representa el número de veces que se mide un valor analógico por unidad de cambio.
- Convierte una imagen (***IC)***, que es algo continuo, en una matriz discreta (***ID)*** de N×M píxeles.
- El número de muestras por unidad de espacio sobre el objeto original conduce al concepto de resolución espacial de la imagen.

Resolución

- Distancia, sobre el objeto original, entre dos píxeles adyacentes.
- Sin embargo la unidad de medida de resolución espacial más habitual suele ser los píxeles por pulgada (DPIs: Dots per inch en inglés) siempre medidos sobre el objeto original.

Muestreo (II)

- De esta forma, el proceso de muestreo, para una imagen, que asocia a cada punto un valor real, cambia una imagen del formato:

$$I_C(x, y) \in \Re \text{ en donde } x, y \in \Re$$

al formato:

$$I_D(x, y) \in \Re \text{ en donde } x, y \in \mathrm{N} \text{ y } 0 \le x \le N\text{-}1 \text{ , } 0 \le y \le M\text{-}1$$

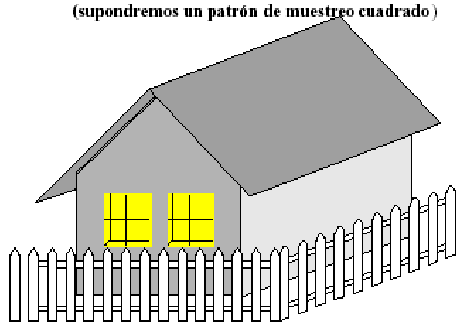
que se puede representar en forma matricial:

$$I_D(x, y) = \begin{pmatrix} I_D(0,0) & I_D(0,1) & \ldots & I_D(0, M-1) \\ I_D(1,0) & I_D(1,1) & \ldots & I_D(1, M-1) \\ \ldots & & & \ldots \\ I_D(N-1,0) & I_D(N-1,1) & \ldots & I_D(N-1, M-1) \end{pmatrix}$$

Muestreo(III)

Señal → Digitalización → Representación digital

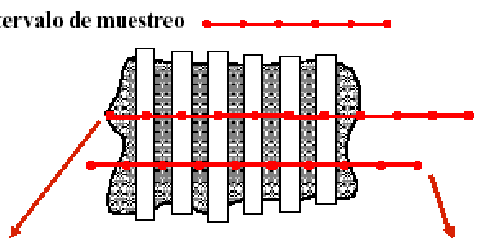
Digitalicemos esta imagen, con diferentes resoluciones espaciales
(supondremos un patrón de muestreo cuadrado)



Efecto del Intervalo de Muestreo (I)

- **Obsérvese el entorno de la valla**

Intervalo de muestreo



100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100
100	100	100	100	100	100

Zona clara

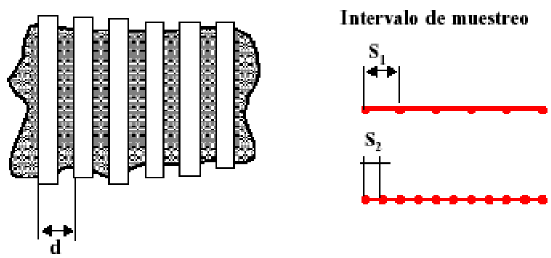
! No se detecta la valla !

40	40	40	40	40	40
40	40	40	40	40	40
40	40	40	40	40	40
40	40	40	40	40	40

Zona oscura

Efecto del Intervalo de Muestreo (II)

- Considerando la estructura repetitiva de la valla



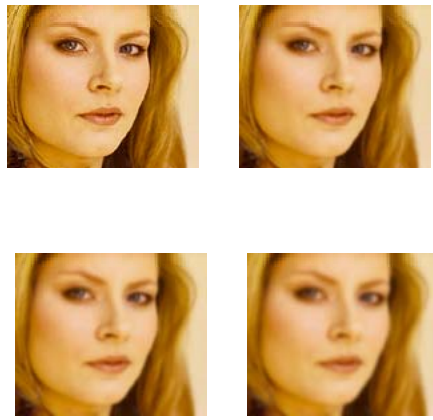
Caso 1: $S_1 = d$ — El intervalo de muestreo es igual al tamaño de la estructura que se repite — Ausencia de Valla

Caso 2: $S_2 = d/2$ — El intervalo de muestreo es la mitad de la estructura que se repite — Presencia de Valla

Efecto del Intervalo de Muestreo (III)

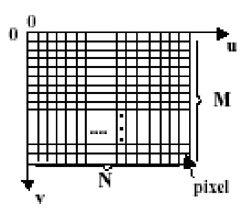
- Si el tamaño de los objetos más pequeños es *d* y se quieren preservar dichos objetos, entonces el intervalo de muestreo debe ser menor que *d/2*
- Esto se puede demostrar matemáticamente.
- Las estructuras repetitivas tienen una cierta frecuencia ('estacas/metro'). Para preservar su estructura se debe muestrear por lo menos al doble de la frecuencia.

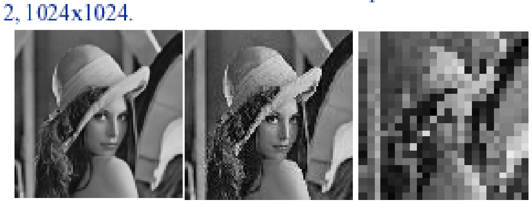
Efectos de Muestreo (resolución)



Ejemplos de cuantificación espacial y resolución (Lena)

- **Resolución espacial:** Depende del número de pixels del dispositivo o, en caso de imágenes analógicas, del numero de muestras tomadas: valores típicos son MxN: 128x128, 256x256, 512x512, 1024x1024.





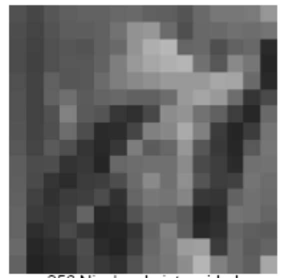
256x256 100x100 20x20

-

Se presenta la misma imagen, siempre a 256 niveles de intensidad, usando diferentes resoluciones espaciales.

256 Niveles de intensidad
160 x 160 píxeles

256 Niveles de intensidad
80 x 80 píxeles



256 Niveles de intensidad
16 x 16 píxeles

Cuantización (I)

- Discretización de los posibles valores de cada píxel.
- Los niveles de cuantización suelen ser potencias de 2 para facilitar el almacenamiento en la computadora de las imágenes, ya que éstos utilizan el byte.
  - Un byte está compuesto de 8 bits.
  - Un bit es la unidad mínima de información en un computador y puede tomar valores 0 y 1, lo que permite al byte representar 256 números. como unidad mínima de memoria directamente direccionable.
- Así, suelen usarse 2, 4, 16 ó 256 niveles posibles.
- De esta forma, ***ID*** que pertenece a $\Re$ se convierte en ***IDC*** (discreta cuantizada) que pertenece a N.
- El número de niveles posibles define la resolución radiométrica.

$$I_{DC}(x, y) \in \mathrm{N}$$

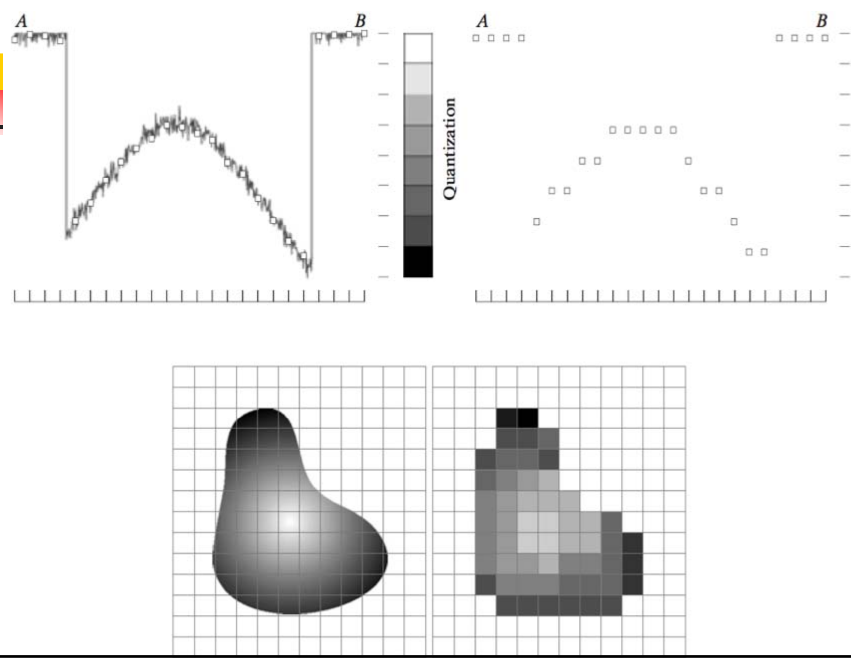
$$x, y \in \mathrm{N} \text{ y } 0 \leq x \leq N\text{-}1 \text{ , } 0 \leq y \leq M\text{-}1$$

$$0 \leq \mathrm{I}_{DC}(x, y) \leq 2^{q}\text{-}1$$

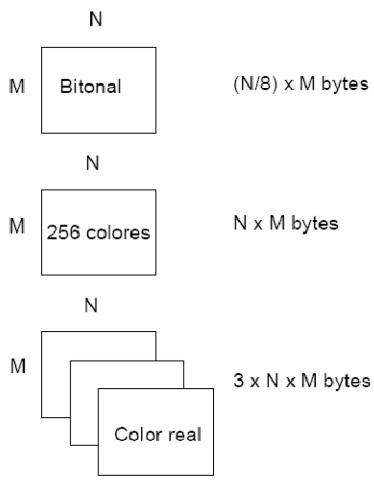
Cuantización (II)

- Cuando las imágenes sólo tienen información sobre el brillo se habla de imágenes en niveles de gris y se suelen utilizar hasta 256 niveles para representar los tonos intermedios desde el negro (0) hasta el blanco (255).
- Si sólo se permiten dos niveles de cuantización (normalmente blanco y negro) se habla de imágenes bitonales o imágenes binarias.
- Para el caso del color suelen usarse 256 niveles para representar la intensidad de cada uno de los tres colores primarios (RGB).
- De esta forma se obtienen 16 millones de colores aproximadamente (256 x 256 x 256) y se habla de imágenes en color real.
- En algunos casos puede necesitarse mayor resolución radiométrica y se usan 4096 niveles por banda de color en vez de 256, o incluso más.

Muestreo y Cuantización de una Imagen



Diferentes tipos de imágenes digitales y su tamaño en bytes



Se representa la misma imagen, siempre con la misma resolución espacial y se reduce el nivel de cuantización. (niveles de gris)

16 Niveles de intensidad
160 x 160 pixeles

8 Niveles de intensidad
160 x 160 pixeles

2 Niveles de intensidad
160 x 160 pixeles

Otro Ejemplo

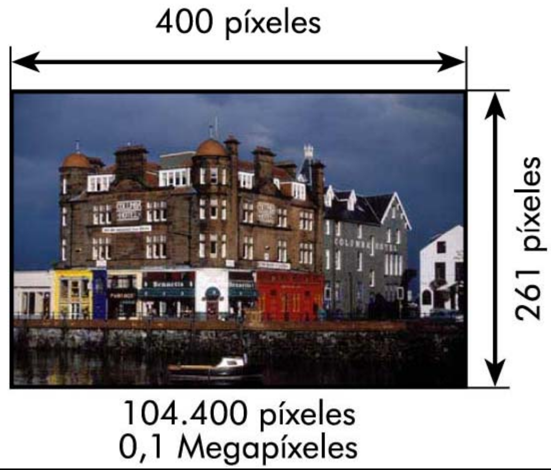
- Tomando la diapositiva anterior: Una reducción de la resolución espacial de la imagen (b), conseguida dejando uno de cada 4 píxeles, produce una pérdida de la legibilidad del documento binario (a).
- Dicha pérdida no sería tan patente si se hubiese usado un método de reescalado más adecuado, como por ejemplo el que consiste en construir una imagen que interpola los valores de cada grupo de 4 píxeles aumentado la resolución radiométrica para representarlos (c).
- Este método de reescalado implica un intercambio no reversible de valores entre la resolución espacial (que disminuye) y la radiométrica (que aumenta).
- En particular, en la Figura c se construye cada píxel de la imagen reducida interpolando su valor a partir de los 4 píxeles correspondientes de la imagen original.

Tamaño de una imagen

- Dimensiones en píxeles de la matriz o cuadrícula.
- Si una imagen está formada por una matriz de 800 columnas por 500 filas, tiene entonces un tamaño de 800 x 500 píxeles.
- Se suele utilizar el término “megapíxel” para simplificar las cifras: 1 megapíxel equivale a 1 millón de píxeles.
- Su problema es que es una medida que no da información acerca de sus dimensiones. Una imagen de 1000x400 tiene el mismo número de píxeles (400,000) que una de 800x500 pero, evidentemente, sus dimensiones son diferentes.
- Una imagen en color en las mismas condiciones que una en escala de grises no tiene el mismo tamaño. Si una imagen es en color RGB (profundidad de 24 bits) contiene el triple de información que la misma en escala de grises, ya que se compone de 3 canales y, por tanto, 3 Bytes y no uno por píxel.

Ejemplo

400 x 261 píxeles, un total de 104,400 píxeles y 0,104 Megapíxeles



Resolución de imágenes

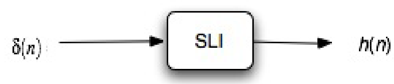
- Describe cuánto detalle puede observarse en una imagen.
- Tener mayor resolución se traduce en obtener una imagen con más detalle o calidad visual.
- Para las imágenes digitales almacenadas como mapa de bits, la convención es describir la resolución de la imagen con dos números enteros, donde el primero es la cantidad de columnas de píxeles (cuántos píxeles tiene la imagen a lo ancho) y el segundo es la cantidad de filas de píxeles (cuántos píxeles tiene la imagen a lo alto).
- La convención que le sigue en popularidad es describir el número total de píxeles en la imagen (usualmente expresado como la cantidad de megapíxeles), que puede ser calculado multiplicando la cantidad de columnas de píxeles por la cantidad de filas de píxeles.
- Otras convenciones incluyen describir la resolución en una unidad de superficie (por ejemplo píxeles por pulgada).
- A continuación se presenta una ilustración sobre cómo se vería la misma imagen en

Las tres imágenes siguientes muestran un tamaño en píxeles del 50, 25 y 12,5% a la anterior respectivamente:

- Tarea
  - Sistema lineal e invariante en el tiempo
  - Formatos de imagenes

Sistema Lineal e Invariante en el tiempo

Propiedades:



- Homogeneidad
- Superposicion
- Invariancia en el tiempo

Operaciones lineales y no lineales

- Sea H un operador cuya entrada y salida son imágenes. Se dice que *H* es un operador lineal si para cualesquiera dos imágenes *f* y *g* y cualesquiera dos escalares *a* y *b*,

$$H(af+bg) = aH(f) + bH(g)$$

- Un operador cuya función es calcular la suma de K imágenes es lineal. Un operador que calcula el valor absoluto de las diferencias de dos imágenes es no lineal

Operaciones lineales y no lineales

- Los operadores lineales son de excepcional importancia en el PDI porque están basados en un conjunto teórico y práctico bien conocidos. Mientras que los operadores no-lineales que a veces ofrecen mejores resultados, no son siempre predecibles y la mayoría de ellos no están bien entendidos teóricamente

Convolucion

- Tarea
- ¿Qué es convolución lineal?
- ¿Qué es convolución lineal discreta?
- http://graphics.stanford.edu/courses/cs178/applets/convolution.html

- Tarea
  - Leer y Desplegar una imagen
  - Pasarla a grises
  - Generar los 2 filtros h1 (ones5) y h2(3x3)
  - Pasar los datos a double
  - Convolucionar imagen con cada filtro
  - Mostrar el tamaño resultante
  - PROBLEMAS EN LAS IMÁGENES DE Tomografia Computarizada