

# **Visión Artificial**

**HUMBERTO LOAIZA CORREA, Ing., M.Sc., Ph.D.**

**Profesor Titular**

**Área Informática Industrial**

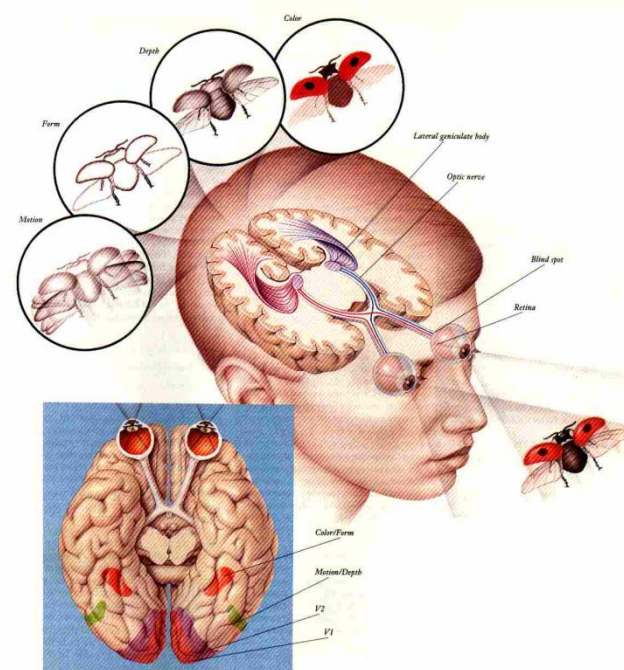
**[humberto.loaiza@correounivalle.edu.co](mailto:humberto.loaiza@correounivalle.edu.co)**



- Las imágenes constituyen una fuente muy significativa de información: *“una imagen vale más que mil palabras”*



- La visión humana es el sentido que más facilita la interacción mundo-hombre.

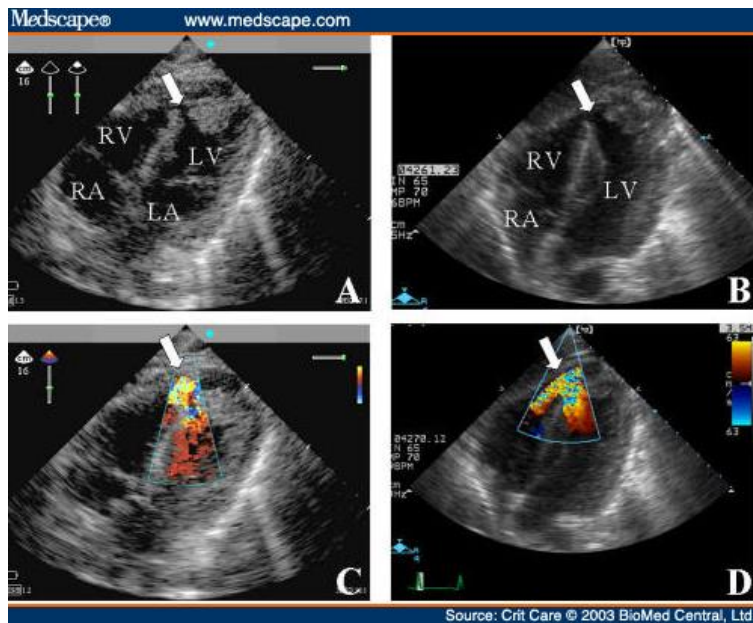




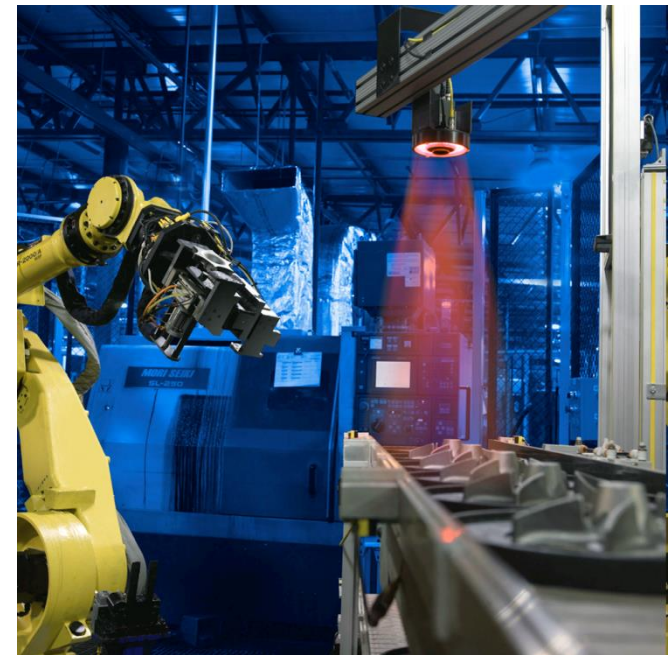
- En los últimos años la **Visión Artificial** se encuentra en continua **expansión** gracias al aumento en potencia de los computadores y de los sistemas de adquisición de imágenes, acompañado de una reducción de precios.



- **Extracción de información visual** para mejorar la interpretación humana de imágenes.



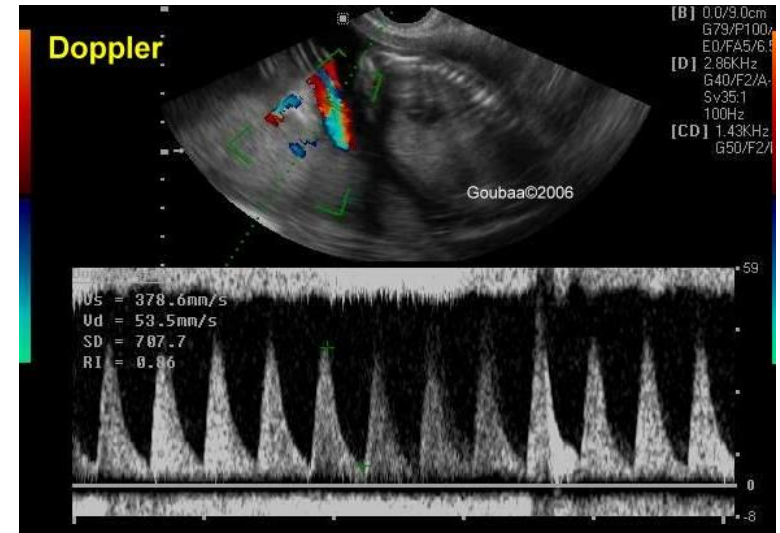
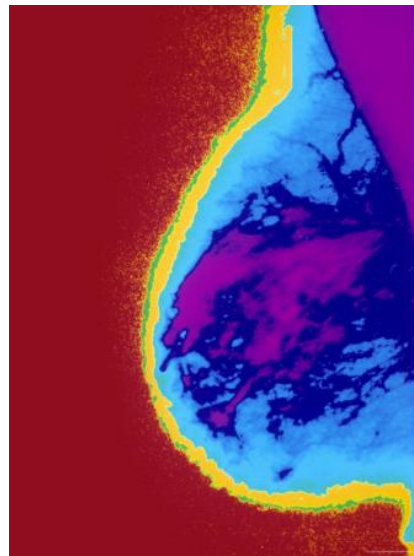
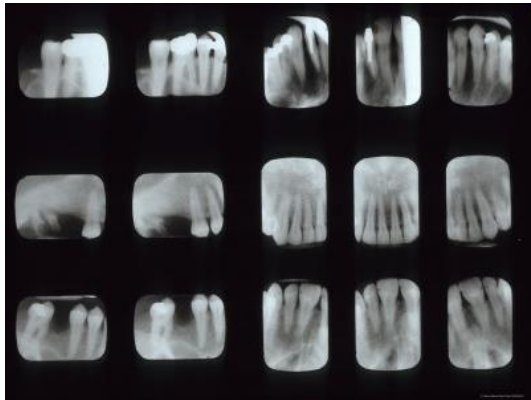
- **Desarrollo de sistemas de percepción** para la automatización de procesos.





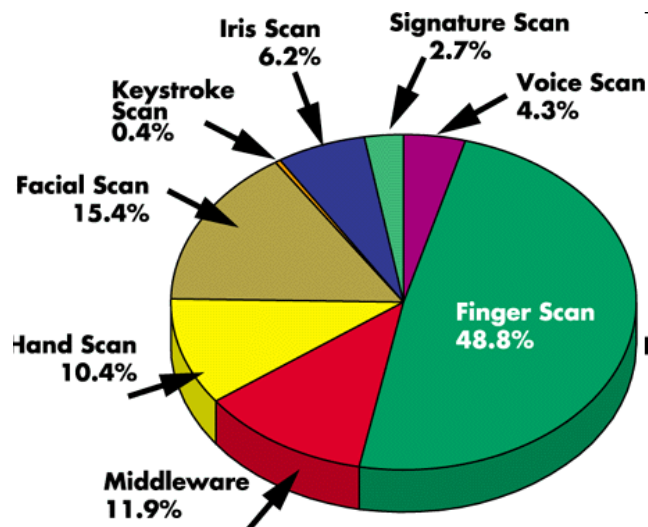
# Campos de aplicación

- **Medicina.** Interpretación de imágenes médicas (radiografías, ecografías,...)



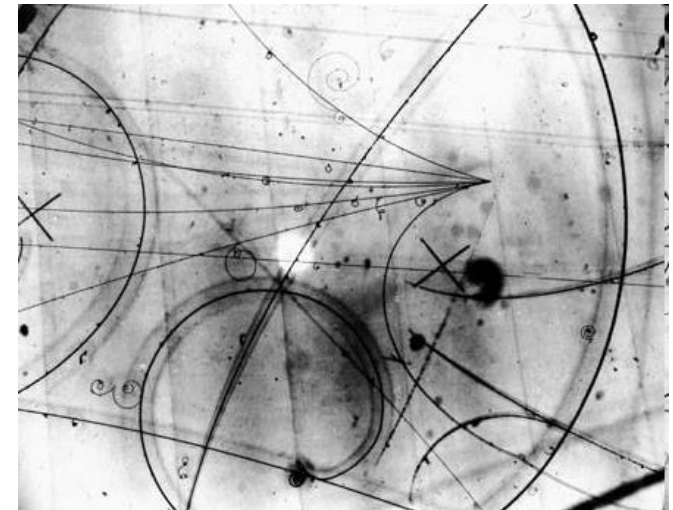
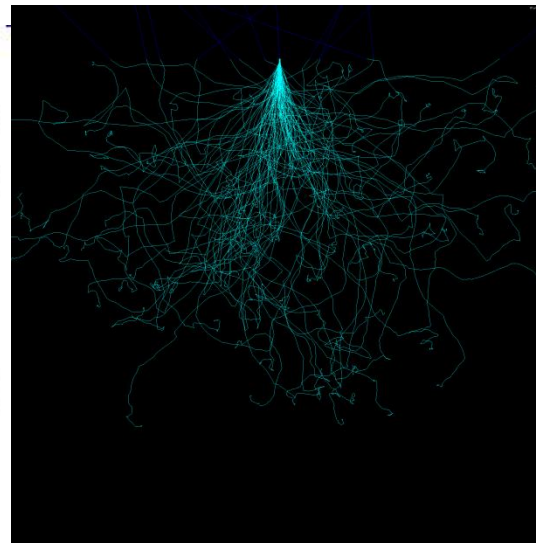
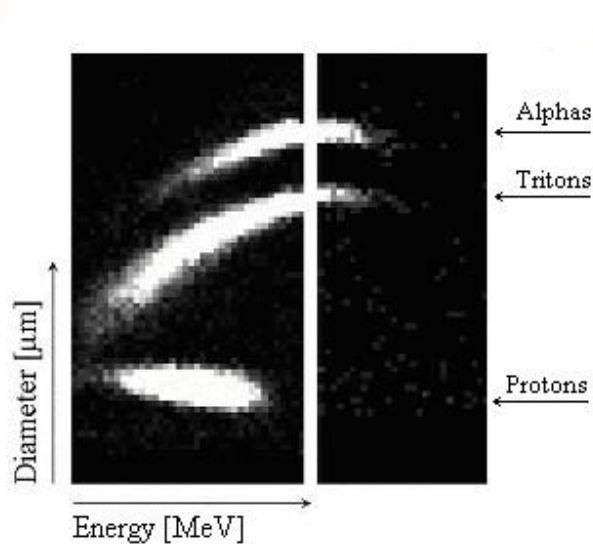
# Campos de aplicación

## ■ **Biometría.** Identificación de personas





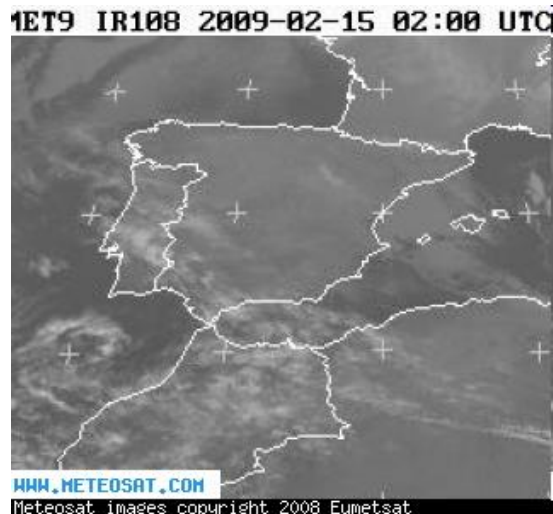
- **Física.** Estudio de las trayectorias de partículas inestables de alta velocidad.





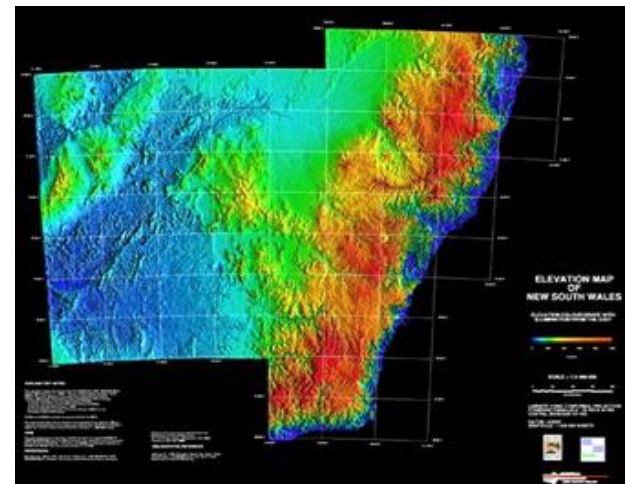
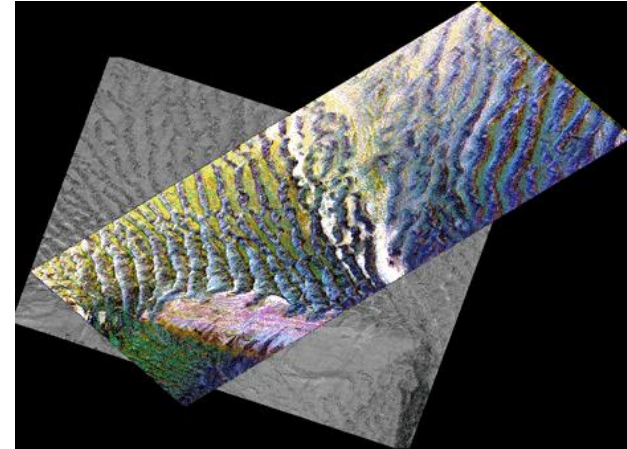
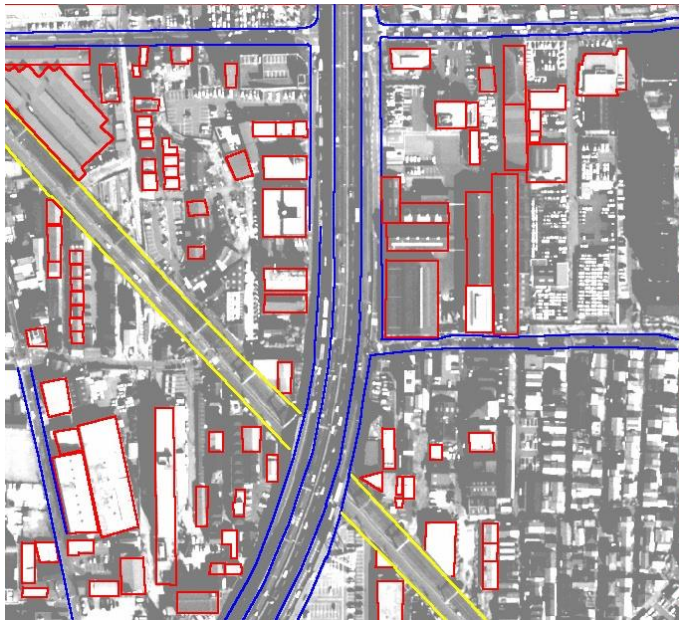
# Campos de aplicación

- **Meteorología.** Estudio de los patrones de polución, del comportamiento de los ciclones y tormentas. Predicción del tiempo.



# Campos de aplicación

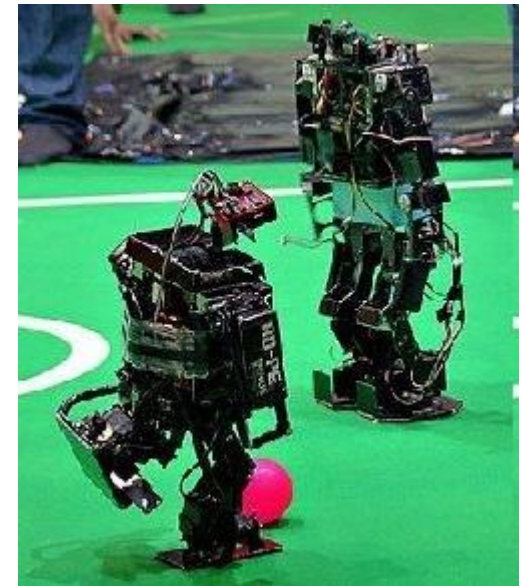
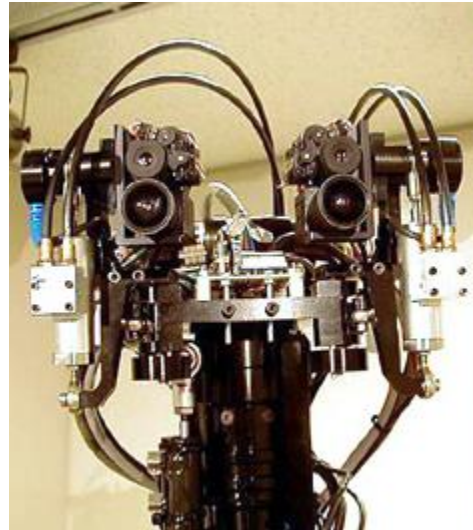
- **Topología:** mapas de elevación, planos,...





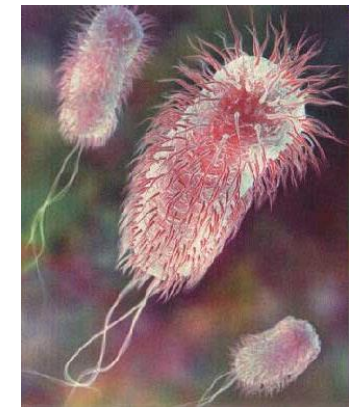
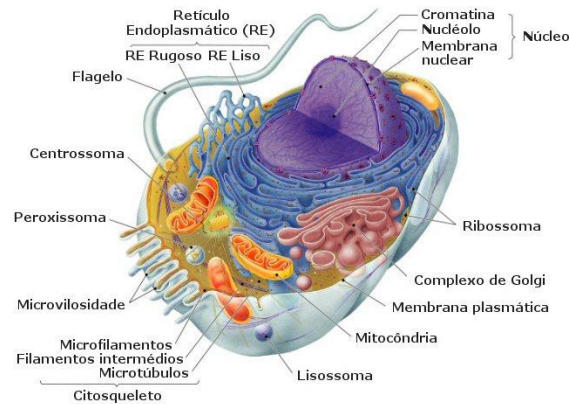
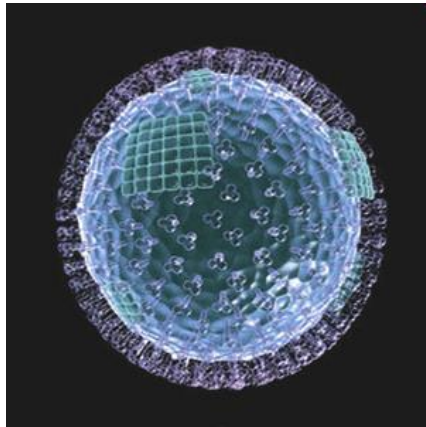
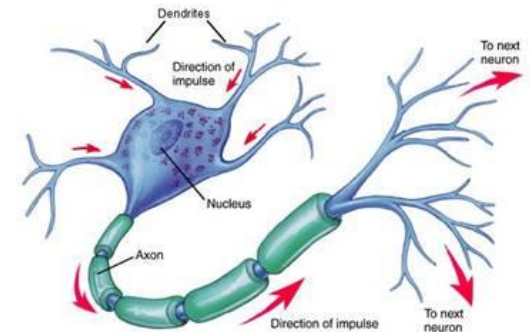
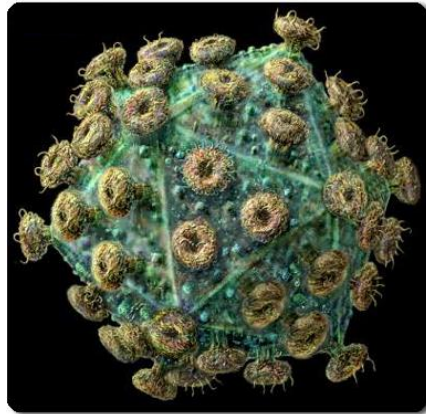
# Campos de aplicación

## ■ Robótica: percepción del entorno



# Campos de aplicación

## ■ **Biología.** Estudio de células, virus y bacterias





# Campos de aplicación

PSI Percepción y Sistemas Inteligentes

## ■ Videotelefonía y TV. Televisión digital, 3D TV, celulares



Universidad del Valle

[humberto.loaiza@correounivalle.edu.co](mailto:humberto.loaiza@correounivalle.edu.co)

Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica

## ■ Otros Campos:

- **Arqueología.** Restauración de gráficos y pinturas.
- **Rehabilitación.** Lectura de textos, localización de objetos.
- **Astronomía**
- **Educación**
- **Publicidad**
- ....



# Qué se puede hacer con PDI ?

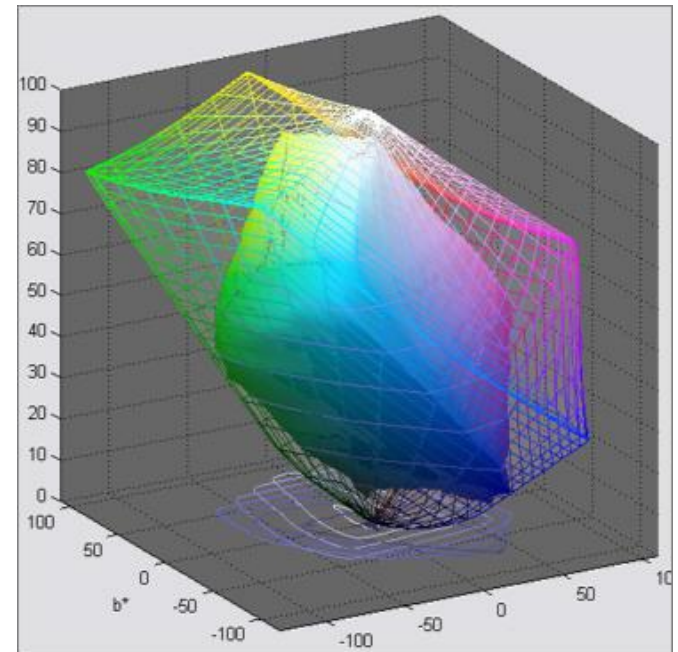


- Mejoramiento de imágenes
- Restauración de imágenes
- Análisis de imágenes
- Compresión de imágenes
- Síntesis de imágenes (diseño gráfico)



## ■ Imágenes en Colores

- Se utilizan *modelos* para facilitar la especificación de los colores de una forma normalizada y aceptada genéricamente.



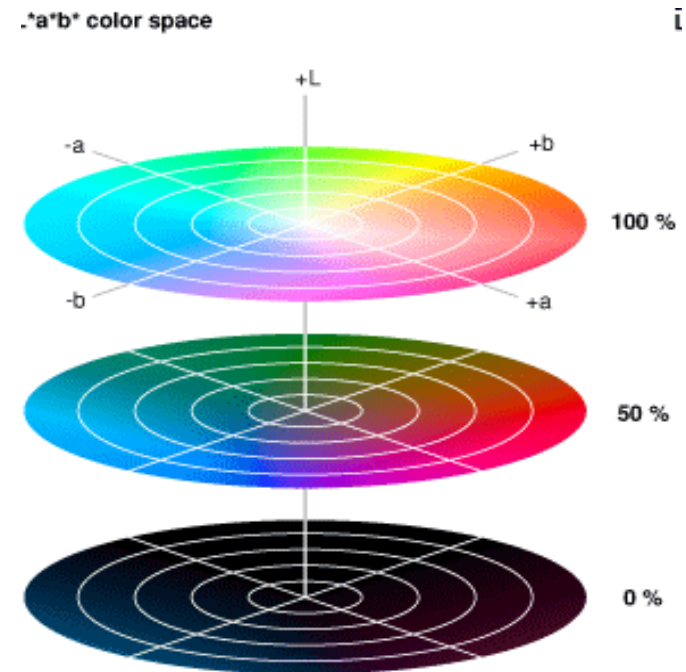


# Representación de una imagen digital



## ■ Imágenes en Colores

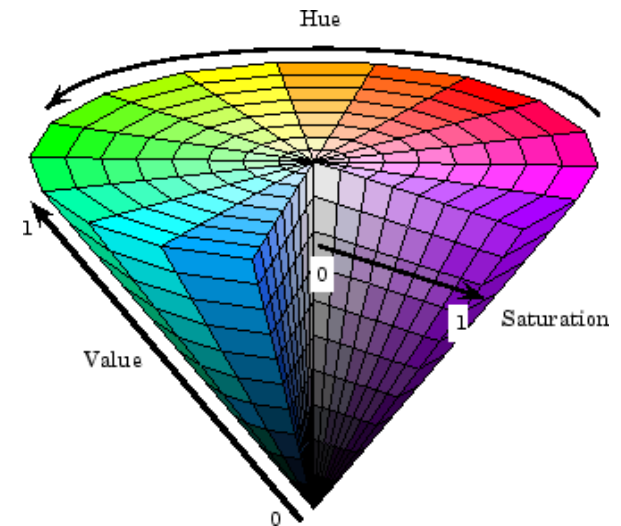
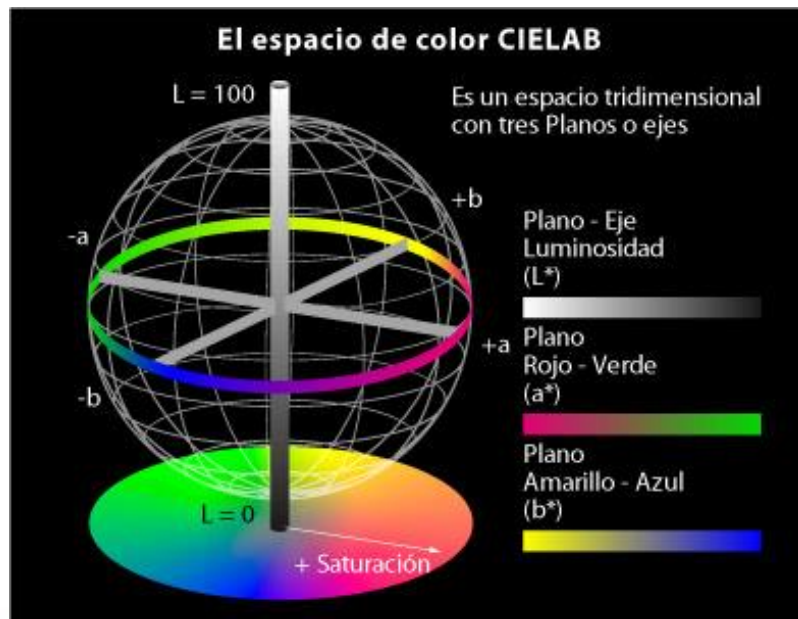
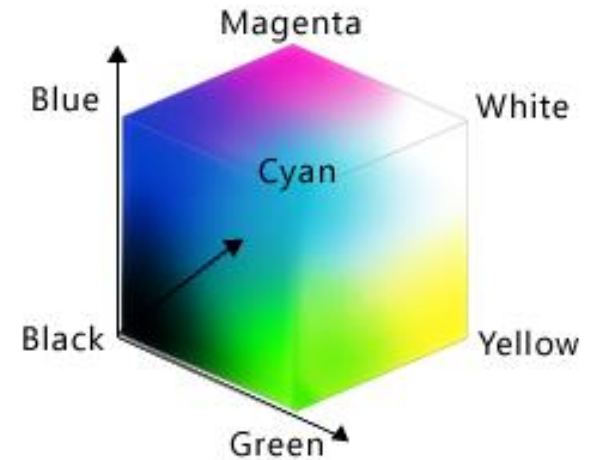
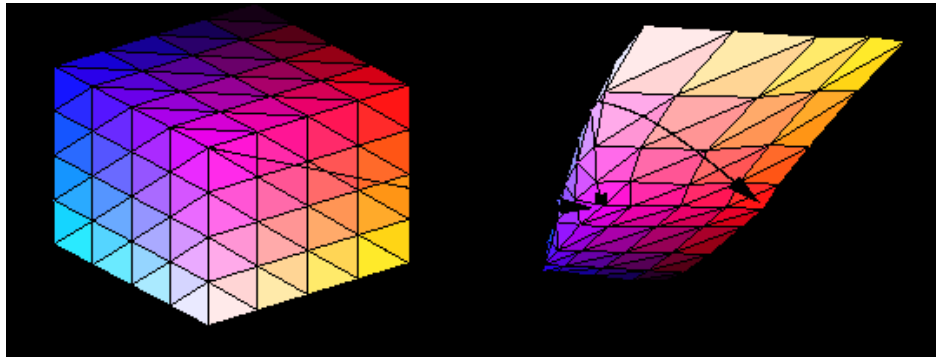
- Un **modelo de color** es la especificación de un sistema de coordenadas y de un subespacio de este sistema en el que cada color está representado por un punto único.



# Imágenes en Colores...



■ **Ejemplos:** modelos RGB, CMY, YIQ, HSV, HSI, CIELAB. **PSI** Percepción y Sistemas Inteligentes



**Universidad del Valle**

[humberto.loaiza@correounivalle.edu.co](mailto:humberto.loaiza@correounivalle.edu.co)

Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



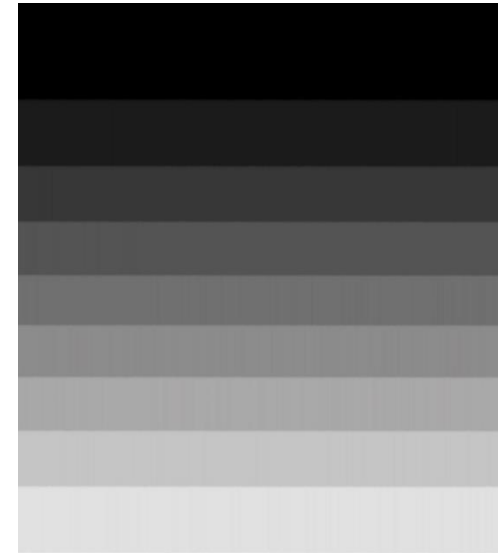
# Representación de una imagen digital

## ■ Imágenes Monocromáticas

- Hace referencia a una función de *intensidad de luz*, bidimensional,  $f(x,y)$  donde,

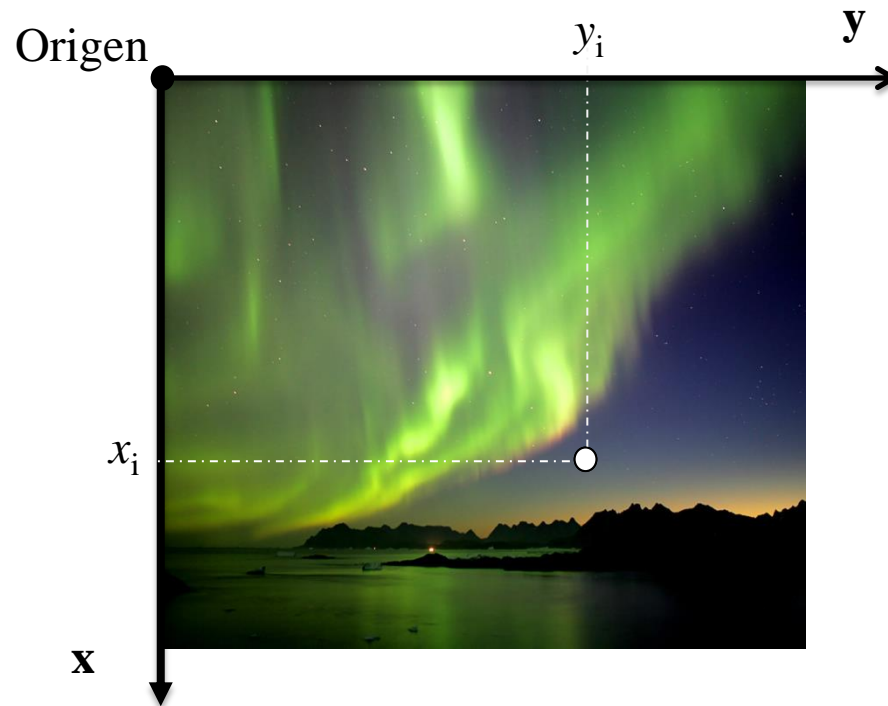
- $x, y$  → coordenadas espaciales
- $f(x,y)$  → nivel de gris.

Valor proporcional al brillo de la imagen en el punto  $(x,y)$ .



# Representación de una imagen digital

- **Imagen digital.** Es una imagen  $f(x, y)$  que ha sido discretizada tanto en coordenadas espaciales como en intensidad de luz.

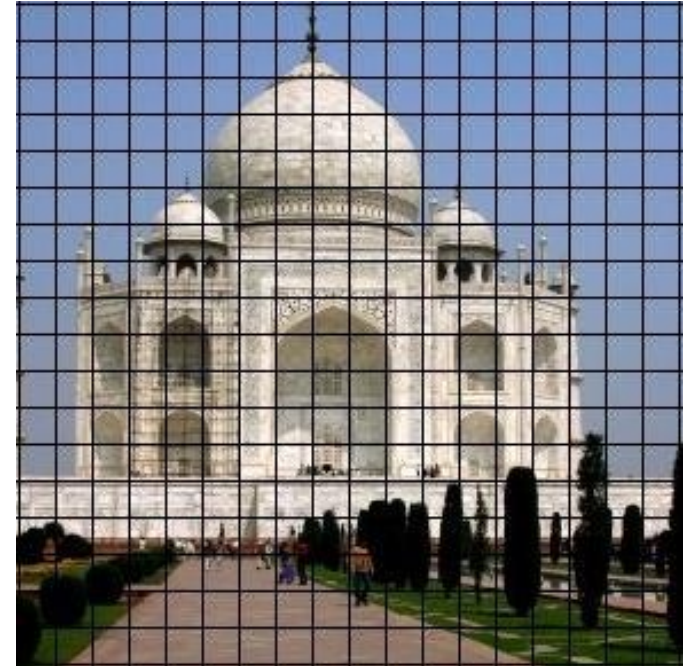




# Representación de una imagen digital

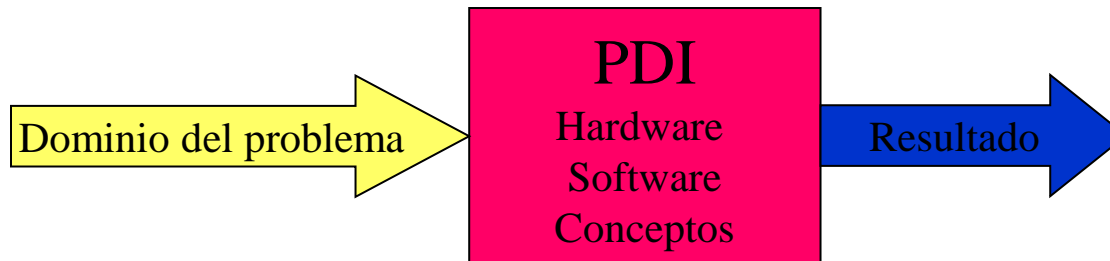


- Una imagen puede considerarse como una **matriz** donde:
  - Filas y columnas identifican un punto.
  - El valor del elemento proporciona el nivel de intensidad .
- Los **elementos** son llamados:
  - Image Element
  - Picture Elements { pixels, pels }
- El tamaño de las imágenes se determina dependiendo de la aplicación.
  - Número de columnas, filas y niveles de gris como una potencia de dos.



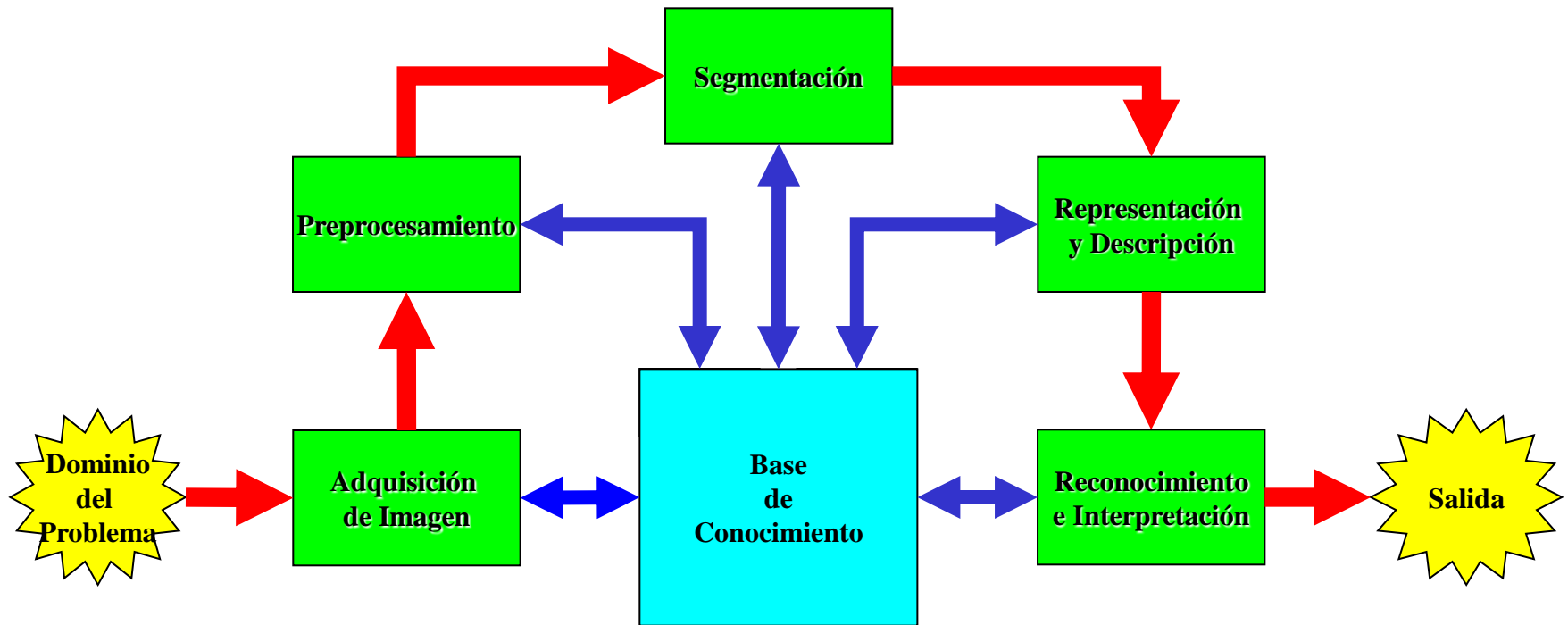
# Etapas Fundamentales para Realizar una Tarea de PDI

- El procesamiento digital de imágenes involucra aspectos hardware, software y *conceptos específicos* de la aplicación en particular.





# Etapas para el PDI



# Etapas para el PDI

- Para definir cada etapa, se recurre al ejemplo de un *sistema lector de direcciones postales*:





# Etapas para el PDI

## ■ 1<sup>er</sup> paso: Adquisición de imágenes

### ■ Sensor de imágenes + Digitalizador

### ■ La naturaleza del sensor y la imagen que produce es determinada por la aplicación.

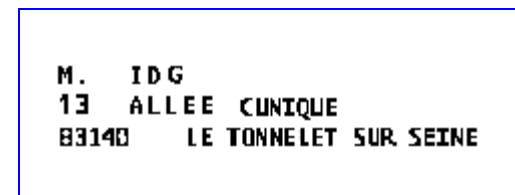
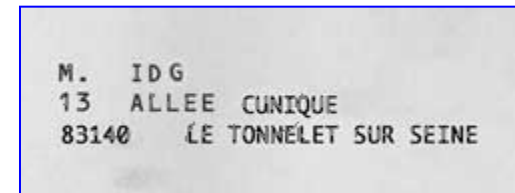
### ■ Cámara CCD monocrómica, de alta resolución



# Etapas para el PDI

## ■ 2º paso: Preprocesamiento de las imágenes

- Mejorar la imagen para aumentar la posibilidad de éxito en las etapas siguientes.
- ♣ *Aislar regiones con posible información alfanumérica, Aumentar contraste, Eliminar ruido, ...*



## ■ 3<sup>er</sup> paso: Segmentación

- **La *segmentación* se define como el proceso de particionar una imagen en las partes u objetos que la constituyen.**
  - Generalmente se obtienen como resultado un conjunto de pixeles que constituyen el contorno o todos los puntos de una o varias regiones de la imagen.
  - *Mala segmentación* → *fallas*
  - *Buena segmentación* → *probabilidad de éxito*
- **La segmentación autónoma es una de las labores más difíciles del PDI.**
- **♣ *Extraer pixeles de caracteres individuales***



## ■ 4<sup>o</sup> paso: Representación y Descripción

- Convertir los datos obtenidos con la segmentación, en una forma más adecuada para facilitar el procesamiento por computador.
  - Información de bajo nivel → información de alto nivel
- Se busca obtener **primitivas** y **descriptores**

## ■ 4 a. Representación:

- compactar los datos en formas más útiles (primitivas) para el cálculo de descriptores.
- **Bordes.** Cuando existe interés en las características de la forma exterior, como esquinas e inflexiones.
- **Regiones.** Cuando existe interés en las propiedades internas, como la textura o la estructuración.
- **Mixta.**
- ♣ *Segmentos de recta e inflexiones.*

## ■ 4 b - Descripción:

- Delinear, dibujar, figurar un objeto, de modo que dé idea de éste, remarcando sus principales características constitutivas.
- Se extraen características que suministran información cuantitativa de interés o que permiten diferenciar las distintas clases de objetos.
- ♣ *Cantidad de Agujeros y bahías son características poderosas para diferenciar caracteres*



## ■ 5<sup>o</sup> paso: Reconocimiento e Interpretación

### ■ Reconocimiento (o identificación)

**Proceso que asigna una etiqueta (label) a un objeto basándose en la información proporcionada por sus descriptores.**

- ♣ *objeto con una curva y una bahía = caracter c*

### ■ Interpretación



**Implica la asignación de significado a un conjunto de objetos reconocidos previamente.**

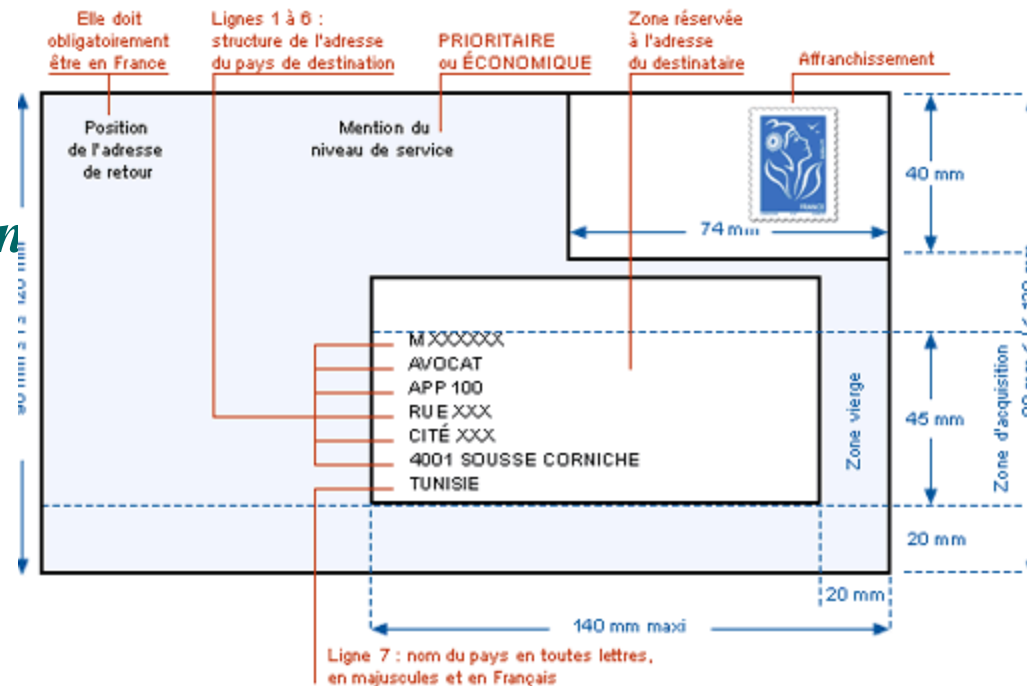
- ♣ *Un conjunto de caracteres numéricos = código postal*

# Etapas para el PDI

## ■ BASE DE CONOCIMIENTO

- El conocimiento sobre el dominio del problema es codificado en forma de *bases de conocimiento*.

- B. C. simple.   
*direcciones.*
- B. C. compleja.   
*escritura y abreviacion*



# Etapas para el PDI



- La base de conocimiento permite guiar (repetir, eliminar etapas) y controlar la interacción entre los diferentes módulos del sistema de PDI.
  - ♣ *Cuántas curvas, bahías e inflexiones caracterizan a cada caracter*
  - ♣ *Cuántos caracteres numéricos determinan una dirección válida.*
  - ♣ *Cuál es el tamaño mínimo en pixeles que permite un buen reconocimiento de caracteres.*
  - ♣ *Si la información es insuficiente, repetir el procesamiento.*

## ■ **OBSERVACIONES:**

1) Visualización de resultados. 2) Todos los pasos no son necesarios.



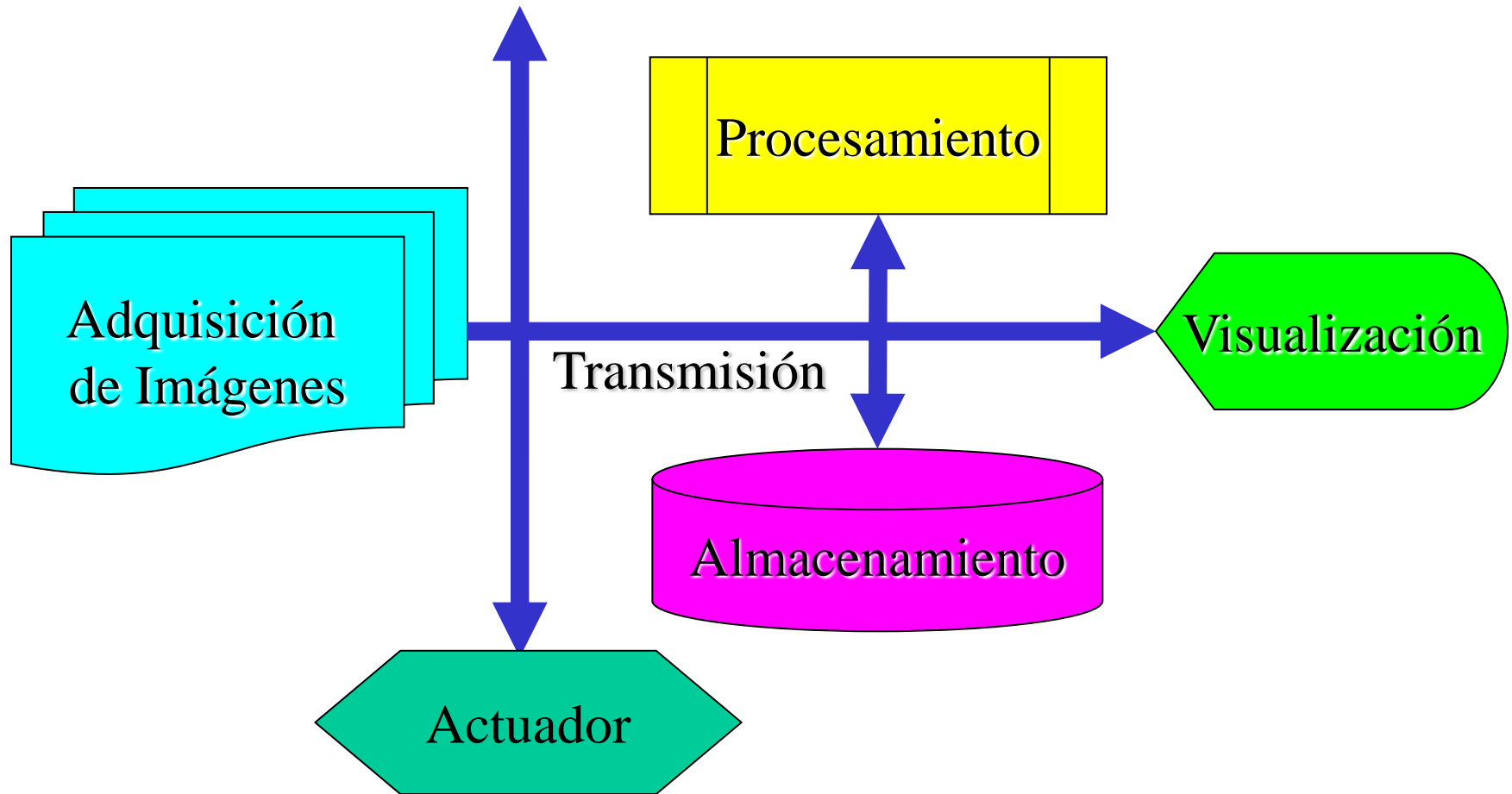


# Elementos hardware de un Sistema VA

## ■ Componentes:

- Los elementos necesarios para realizar aplicaciones de propósito general en VA deben realizar las siguientes funciones:
  - **Adquisición**
  - **Almacenamiento**
  - **Procesamiento**
  - **Transmisión**
  - **Visualización**
  - **Actuadores**

# Elementos básicos básicos de VA



# Adquisición de imágenes



■ **Dos elementos principales son necesarios:** *Digitalizador y Sensor de Imagen*

- **Sensor de imágenes.** Dispositivo físico sensible a una banda del espectro de energía electromagnética capaz de producir una señal eléctrica proporcional al nivel de energía sensada.
- **Sensor de Rayos X, Ultravioleta, Luz visible, infrarrojo, ultrasonido, laser, ...**





# Adquisición de imágenes

## ■ Dos elementos principales son necesarios..:

- **Digitalizador.** Dispositivo para convertir la señal eléctrica de salida del sensor a una forma digital.



# Sensores de imágenes

## ■ Sensores de Imágenes

■ Dentro del espectro de luz visible, los sensores de imágenes frecuentemente usados son:

- Cámaras VIDICON
- Cámaras CCD



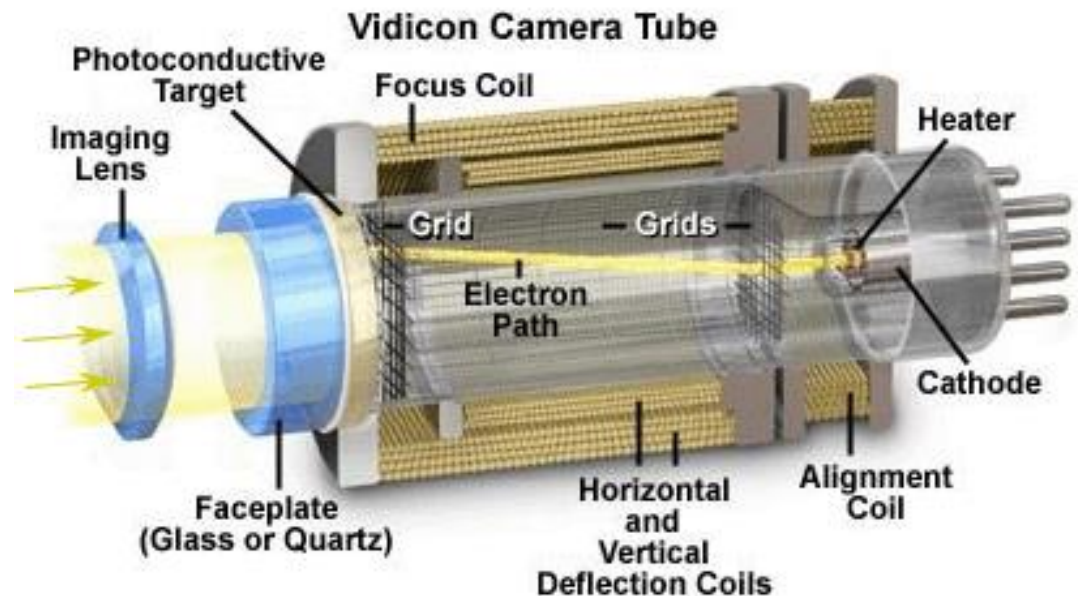
# Cámaras vidicon

■ Se basan en el principio de *fotoconductividad*.

■ Una imagen enfocada en la superficie del tubo produce un patrón de variación de conductividad proporcional a la distribución del brillo en la imagen óptica.

►► Un haz de electrones recorre la superficie trasera del objetivo fotoconductor y por neutralización de cargas, este haz crea una diferencia de potencial que produce una señal proporcional al patrón de brillo de entrada sobre un colector.

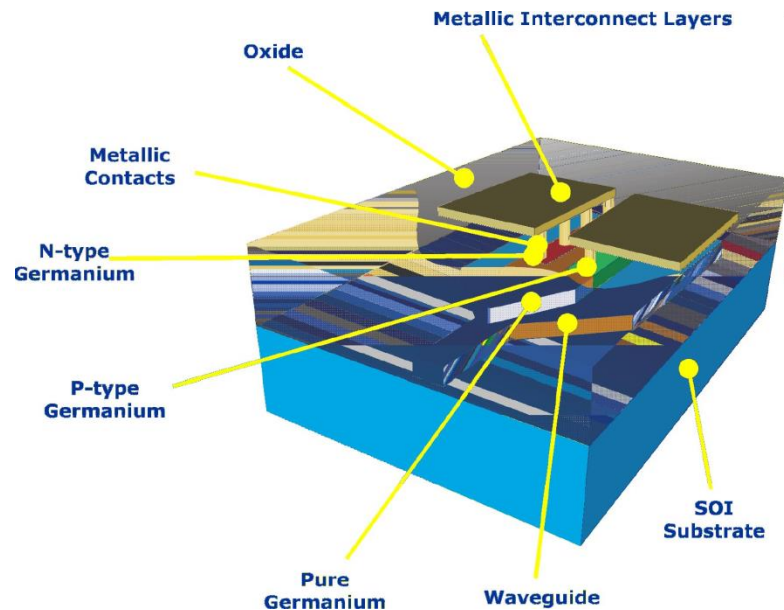
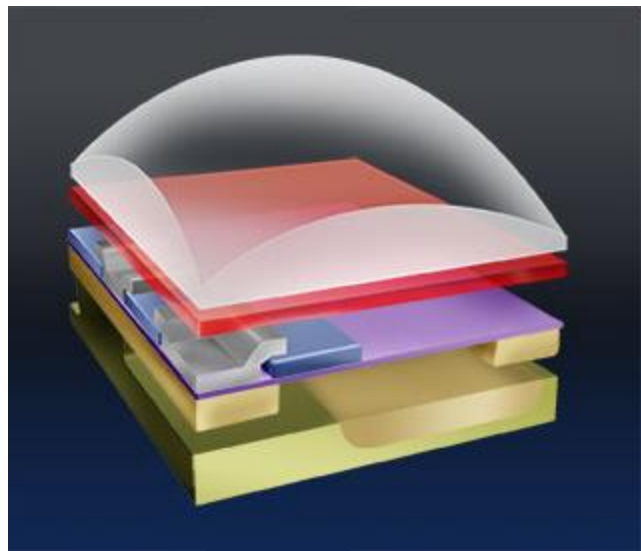
►► Una imagen digital es obtenida al cuantizar esta señal así como la correspondiente posición del haz.





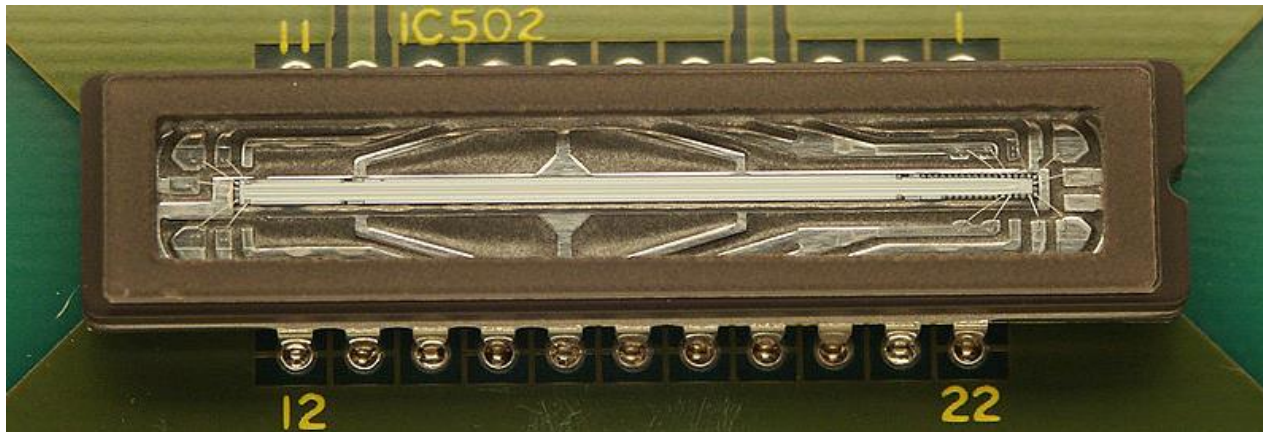
## ■ Arreglos de estado sólido fotosensibles

- Están compuestos por elementos discretos de semiconductores, llamados fotodetectores (photosites) que suministran un voltaje de salida proporcional a la intensidad de luz incidente.



## ■ Configuraciones geométricas

- **Sensor lineal.** Una fila de fotodetectores producen una línea de la imagen observada. Si se efectúa un desplazamiento relativo entre la escena y el sensor puede producir una imagen bidimensional.  
*Ej. Scanner.*





# Arreglo de estado sólido fotosensibles

## ■ Configuraciones geométricas...

- **Sensor de área.** Una matriz de fotodetectores capturan una imagen completa de la misma forma que lo hace un tubo vidicon. *Ej. Cámaras fotográficas.*

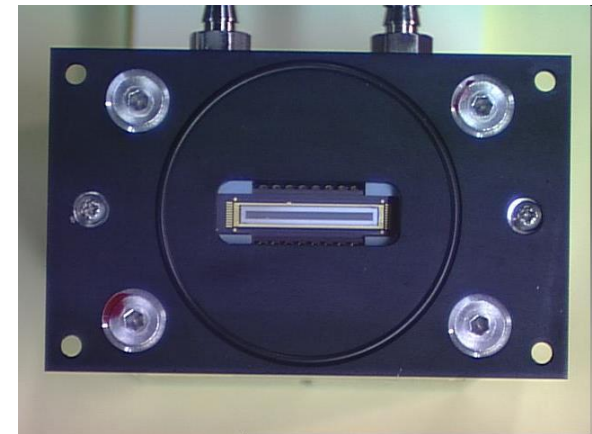




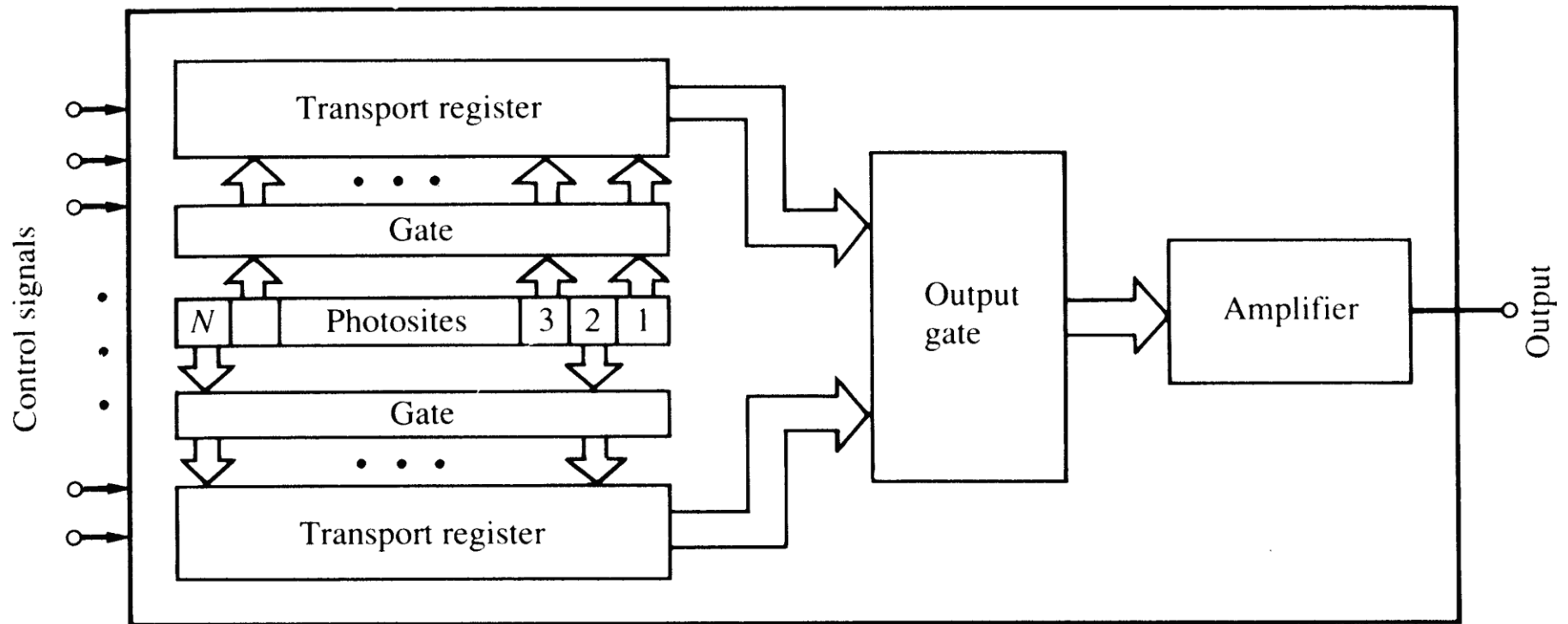
- La tecnología de los sensores de imágenes de estado sólido se basa principalmente en CCDs (**C**harge-**C**oupled **D**evelopes)

## ► Componentes Sensor CCD en línea

- Una fila de fotodetectores
- Dos compuertas de transferencia
- Dos registros de transporte (RT)
- Una Compuerta de salida
- Amplificador de señal



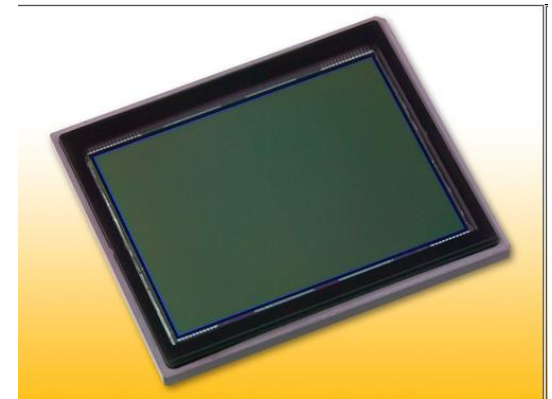
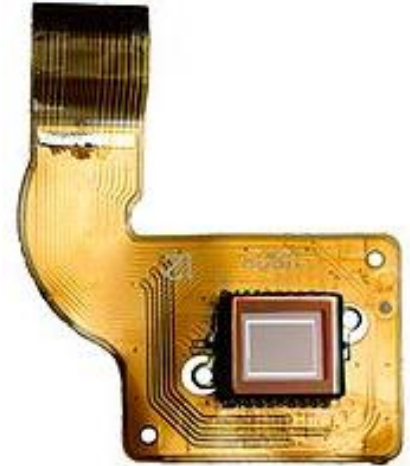
# Sensor CCD en línea



# Sensor CCD de área



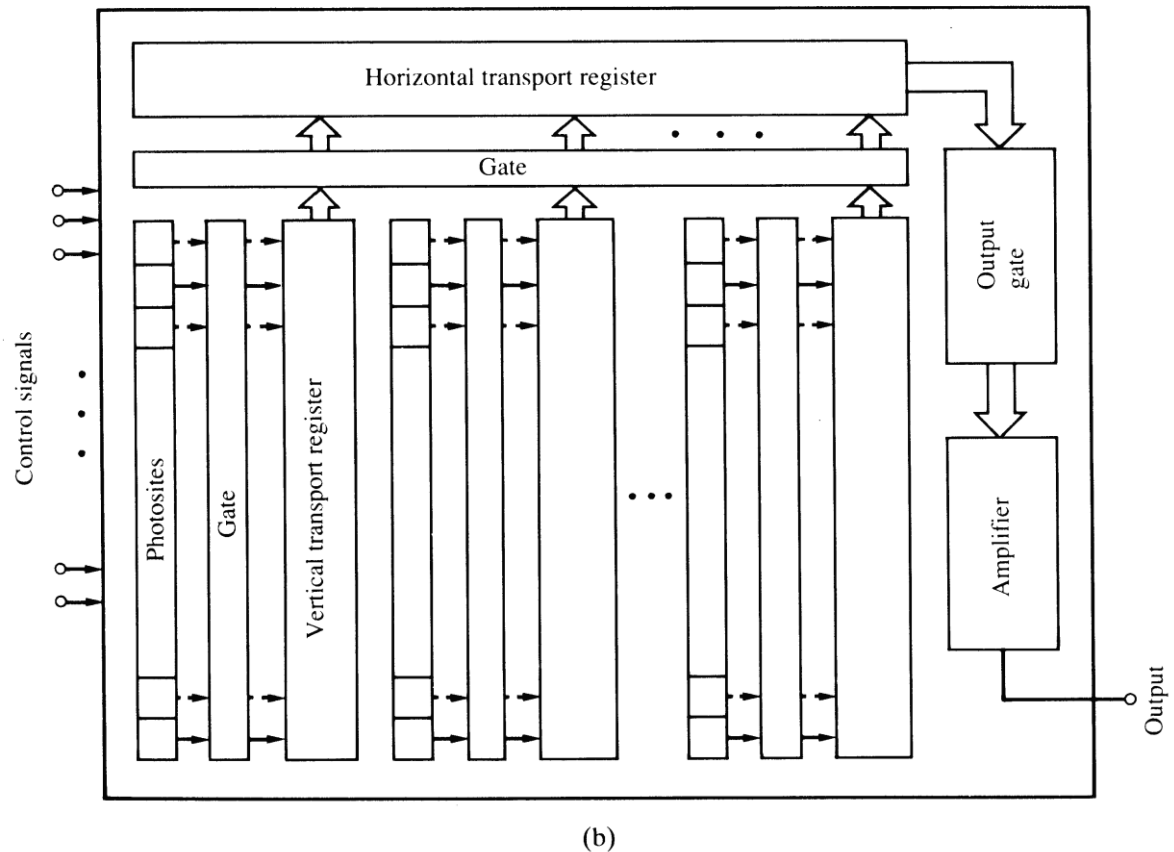
- Similares a los sensores de línea.
- Fotodetectores dispuestos en forma de matriz y utiliza una combinación de RT/compuerta para separar columnas de fotodetectores.
- Contenidos de los fotodetectores **impares** se llevan secuencialmente a los *RT vertical* y de ahí al *RT horizontal*.
- El contenido de este registro se introduce en el amplificador cuya salida es una línea de vídeo.





# Sensor CCD de área

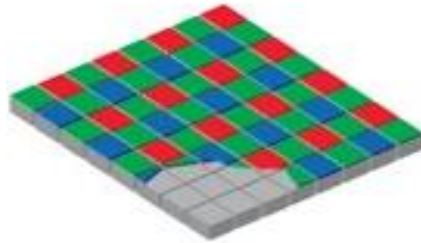
- Repitiendo el proceso anterior para las *líneas pares* se completa el segundo campo de una imagen de vídeo entrelazada.
- El barrido se repite 30 veces por segundo.



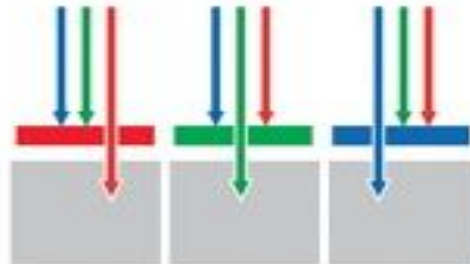
# CCD de Area

## ► CCD de colores

### Mosaic Capture



In conventional systems, color filters are applied to a single layer of photodetectors in a tiled mosaic pattern.

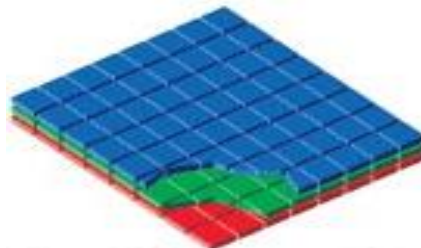


The filters let only one wavelength of light - red, green or blue - pass through to any given pixel, allowing it to record only one color.



As a result, mosaic sensors capture only 25% of the red and blue light, and just 50% of the green.

### Foveon® X3™ Capture



A Foveon® X3™ image sensor features three separate layers of photodetectors embedded in silicon.



Since silicon absorbs different colors of light at different depths, each layer captures a different color. Stacked together, they create full-color pixels.



As a result, only Foveon X3 image sensors capture red, green and blue light at every pixel location.

- Dado el gran volumen de bytes por imagen, el almacenamiento de éstas constituye un factor importante en el diseño de sistemas PDI.
- **Categorías según la frecuencia de acceso a la información.**
  - Almacenamiento a Corto Término.
  - Almacenamiento a Mediano Término
  - Almacenamiento a Largo Término



# Almacenamiento a corto término.

- Para uso casi instantáneo durante el procesamiento
  - Memoria RAM del computador
  - Tarjetas especiales con memoria -frame buffers que almacenan una o más imágenes y pueden ser accesa usualmente a la misma frecuencia de vídeo (30
  - Pueden efectuar instantáneamente operaciones
    - Zom (Modificación del tamaño de visualizació
    - Scroll (Desplazamiento vertical)
    - Pan (Desplazamiento horizontal)



# Almacenamiento a mediano término.

- Almacenamiento en línea para procesamiento posterior (pocos segundos ó ms)
- Tarjetas de Memoria, discos duros, discos ópticos, USB Mem,



# Almacenamiento a largo término.

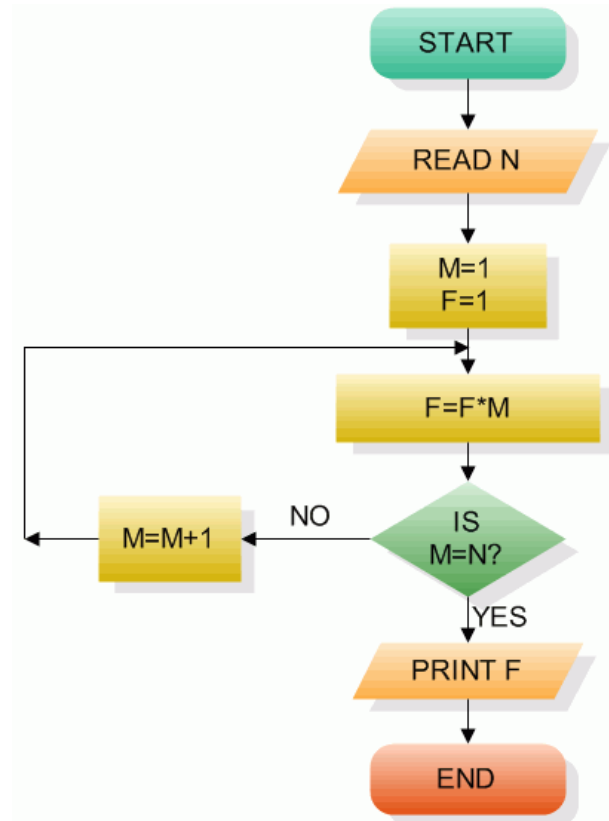
- Almacenamiento en archivos de accesos poco frecuentes.
- Cintas y discos magnéticos-ópticos (discos removibles)





# PROCESAMIENTO

- El tratamiento de imágenes digitales implica procedimientos que normalmente se expresan en forma de algoritmos.
- Todas las funciones de PDI pueden implementarse en software a excepción de la adquisición y la visualización de imágenes.



- El procesamiento puede ejecutarse dentro del computador y/o en una tarjeta de tratamiento de imágenes.



# PROCESAMIENTO...

PSI Percepción y Sistemas Inteligentes



■ El hardware especializado se justifica cuando es necesario alcanzar muy altas velocidades o cuando se deben sobreponer limitaciones fundamentales del computador.

►► **Ejemplo:** en microscopía con baja iluminación se requiere reducir el ruido realizando promedios sobre numerosas imágenes a una frecuencia igual a la de adquisición de imágenes.



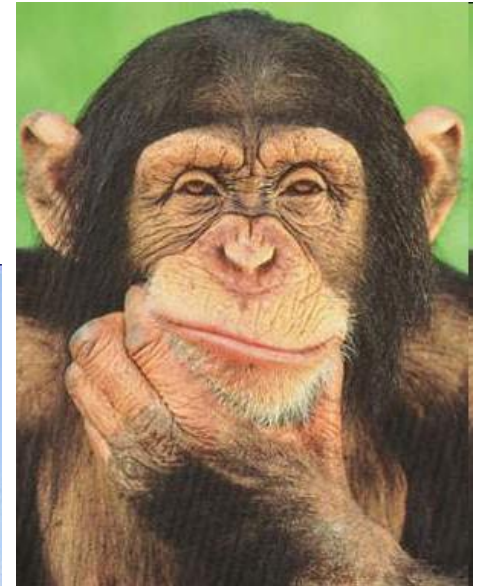
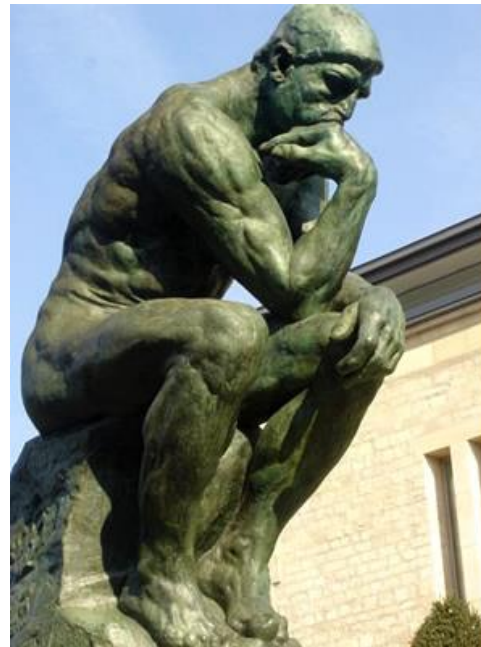
Universidad del Valle

[humberto.loaiza@correounivalle.edu.co](mailto:humberto.loaiza@correounivalle.edu.co)

Facultad de Ingeniería  
Escuela de Ingeniería Eléctrica y Electrónica



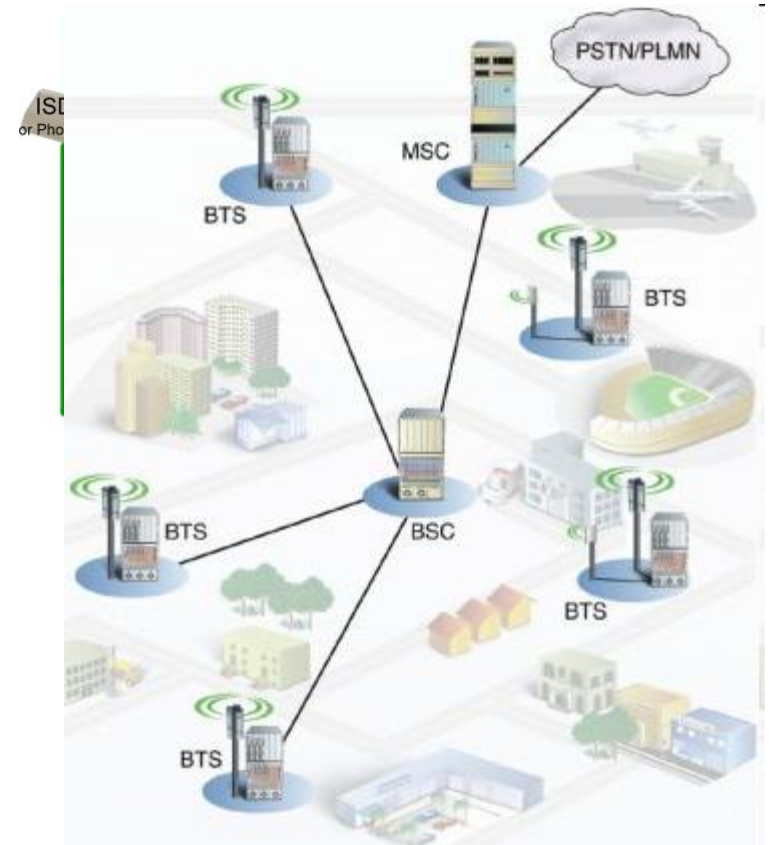
- El tratamiento de imágenes se caracteriza por *soluciones específicas*.
  - Técnicas que funcionan bien en un área pueden ser inadecuadas en otras.
- La solución a un problema específico necesita de un esfuerzo significativo en investigación y desarrollo.



# Transmisión

■ La transmisión en PDI involucra principalmente:

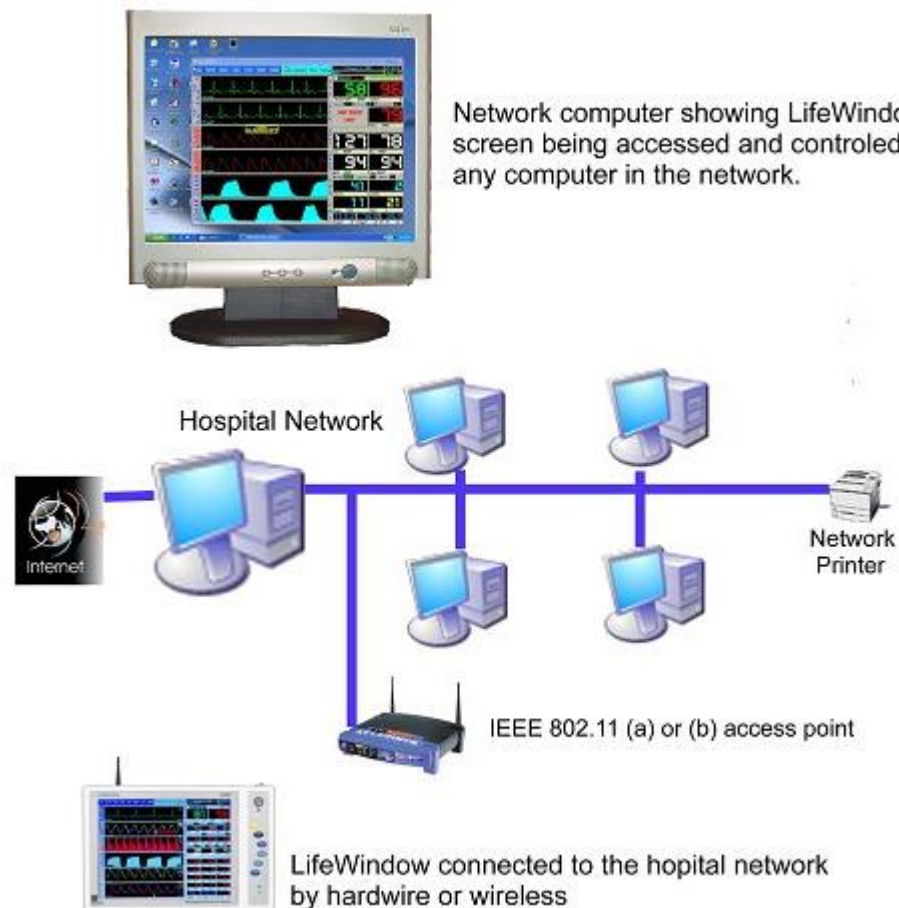
- Comunicaciones **locales**. Se realiza entre sistemas PDI y generalmente involucra la *transmisión de imágenes y resultados parciales*.
- Comunicaciones **remotas**. Se efectúa entre dos puntos distantes y por limitaciones de tiempo se busca transmitir sólo los *resultados finales*.



# Transmisión ...

- El hardware y el software para comunicaciones **con redes de computadores** se encuentra en constante evolución.
- Todo el desarrollo y prestaciones de Internet es útil para el establecimiento de la comunicación en sistemas PDI.
- Existen también otros sistemas y protocolos de comunicación industriales (como buses de campo).

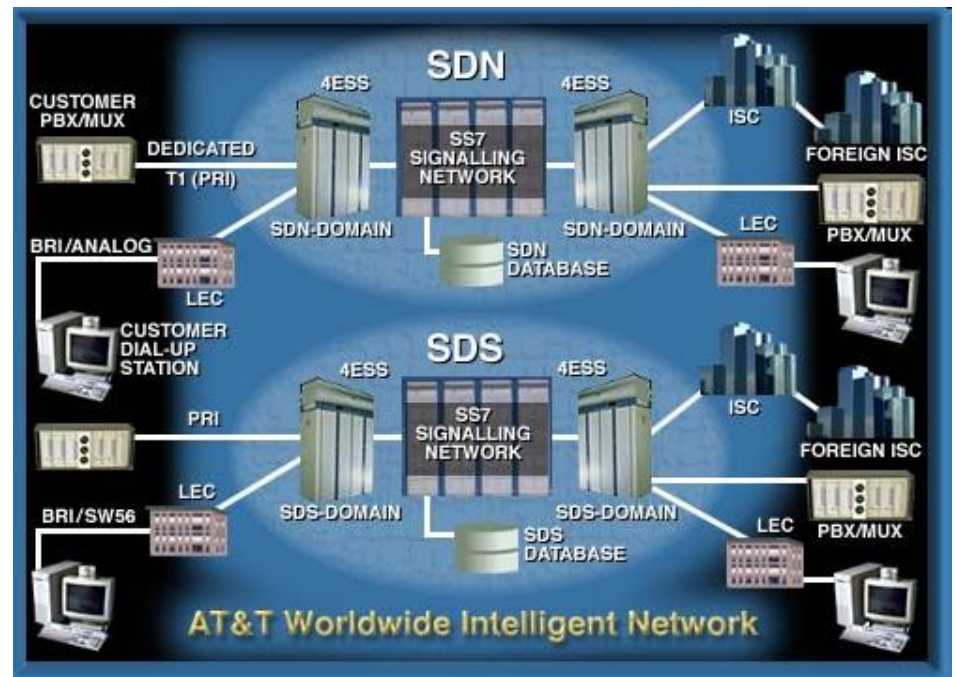
PSI Percepción y Sistemas Inteligentes



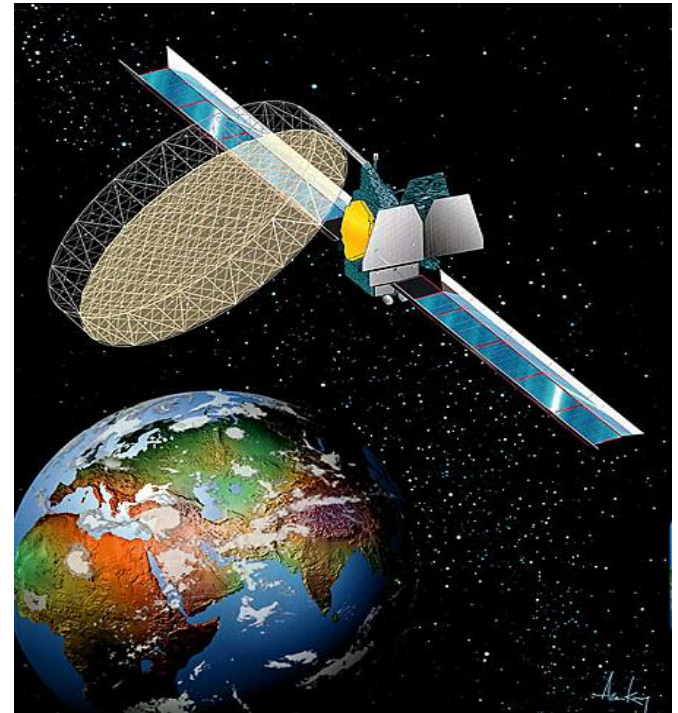


# Transmisión ...

- El problema de transmisión de imágenes a larga distancia no es un problema trivial.
- Las técnicas de *compresión* y *descompresión* de imágenes juegan un papel principal en las comunicaciones.



- **Ejemplo:** Cuanto tarda en transmitirse una imagen de 8 bits con  $512 \times 512$  pixel<sup>2</sup> a través de una línea telefónica de 9600 bits/seg.
  - Aprox. 5 minutos.





- Los principales dispositivos de visualización son los monitores de televisión monocromáticos y en colores.
- Tubos de rayos catódicos, Pantallas de Plasma y Cristal líquido, Videoproyectores.





# VISUALIZACION

- La visualización no siempre es necesaria en todas las aplicaciones de visión artificial.
- Pueden utilizarse dispositivos de impresión sobre papel (fax, plotter, fax), pared, fotografías,...



# Actuadores

- La visualización no siempre es necesaria en todas las aplicaciones de visión artificial.
- Pueden utilizarse dispositivos de impresión sobre papel (fax, plotter, fax), pared, fotografías,...



- **Definición:** dispositivo capaz de transformar energía hidráulica, neumática o eléctrica en la activación de un proceso con la finalidad de generar un efecto sobre un proceso automatizado.
  - Recibe la orden de un regulador o controlador y en función a ella genera la orden para activar un elemento final de control como, por ejemplo, una válvula.





# Actuadores

## ■ Tipos de actuadores

- Electrónicos
- Hidráulicos
- Neumáticos
- Eléctricos

