

## 1.- INTRODUCCIÓN AL PROCESADO DIGITAL DE IMÁGENES

Los campos del procesado digital de señales en dos dimensiones (2-D) y procesado digital de imágenes han tenido una tremenda vitalidad en las dos décadas pasadas y se seguirá manteniendo esta tendencia. Avances en tecnología *hardware* han provisto la capacidad de procesado de señales en chips. Esos avances han permitido procesados de señales sofisticados y algoritmos de procesado de imágenes que pueden ser implementados en tiempo real a un costo relativamente bajo. Las investigaciones continúan y abarcan otros campos como las telecomunicaciones, electrónica de consumo, medicina, defensa, robótica y geofísica.

A nivel conceptual, hay una gran similitud entre procesado digital en una dimensión y procesado digital en dos dimensiones. Sin embargo, a niveles más sofisticados, existen grandes diferencias entre el procesado digital en 1-D y 2-D.

Una gran diferencia viene desde el punto de vista matemático. Para 1-D, el tratamiento es mucho más asequible que para 2-D. Por ejemplo, muchos sistemas de 1-D quedan descritos mediante ecuaciones diferenciales ordinarias mientras que muchos sistemas en 2-D son descritos mediante ecuaciones diferenciales parciales y es mucho más fácil resolver ecuaciones diferenciales ordinarias que ecuaciones diferenciales parciales. Otro ejemplo es la ausencia del teorema fundamental del álgebra para polinomios de 2-D. Para polinomios en 1-D, el teorema fundamental del álgebra establece que cualquier polinomio unidimensional puede ser factorizado como un producto de polinomios de menor orden. Esta diferencia tiene un mayor impacto en muchos resultados en el procesado de señales. Por ejemplo, una importante estructura para realizar un filtro digital unidimensional es la estructura en cascada. En esta estructura, la función de transferencia de un filtro digital es factorizado como un producto de polinomios de menor orden y la realización de esos factores de bajo orden pueden ser en cascada. La transformada Z de la respuesta impulsiva de un filtro digital en 2-D, por lo general, no puede ser factorizada como un producto de polinomios de menor orden y por tanto no es una estructura general para la realización de un filtro digital en 2-D. Otra consecuencia de la no factorabilidad de un polinomio de dos dimensiones es la dificultad asociada con casos relacionados a la estabilidad del sistema. En un sistema en 1-D, la localización de los polos puede ser determinada fácilmente, y un sistema inestable puede ser estabilizado sin afectar la magnitud de la respuesta mediante simple manipulación en la localización de los polos. En

sistemas de 2-D, al no haber teorema fundamental del álgebra, es extremadamente difícil determinar la localización de los polos.

Una importante aplicación de la teoría del procesamiento de señales en 2-D, es el procesamiento de imágenes, el cual está claramente relacionado con la visión humana y esta es el principal sentido que utiliza la persona para percibir el mundo externo. Como resultado, el procesamiento de imágenes tiene un gran número de aplicaciones desempeñando un gran papel en la vida cotidiana.

Una de las primeras aplicaciones fue el procesamiento de imágenes desde la misión del Ranger 7 en el Laboratorio de Propulsión a Chorro (JPL) durante los primeros años 60. El sistema de imágenes montado sobre la nave tuvo un gran número de restricciones impuestas en él, como el tamaño y el peso, imágenes recibidas con una gran degradación y emborronamiento, distorsión geométrica y ruido impulsivo. Esas imágenes fueron procesadas satisfactoriamente por ordenadores, y desde entonces las imágenes desde misiones espaciales han sido procesadas para una mejor visión. Las óptimas imágenes de La Luna y de Marte así como de otros astros que vemos han sido todas procesadas.

Las aplicaciones del procesamiento de imágenes que probablemente tengan mayor impacto en nuestras vidas sean las del campo de la medicina, en el cual por ejemplo, se pueden detectar e identificar los tumores cerebrales. Otra aplicación del procesamiento digital de imágenes incluye el realce de imágenes en rayos X.

Otra aplicación es la mejora de las imágenes televisivas. Las imágenes que vemos en la televisión parpadean, tienen resolución limitada, imágenes fantasma, ruido impulsivo y movimiento entre líneas.

Un problema más grande ha sido en las videoconferencias debido al enorme ancho de banda requerido. Una emisión codificada de calidad de video requiere sobre el orden de 100 millones de bits por segundo. Para sacrificar calidad y usar esquemas de codificación digital de imágenes, sistemas que transmiten imágenes inteligibles en relaciones de bits menores de cien mil bits por segundo, han llegado a estar comercialmente disponibles.

El procesamiento digital de imágenes, se podría clasificar básicamente en cuatro grandes áreas: realce de imágenes, restauración, codificación y análisis. En el realce de imágenes, el propósito es acentuar ciertas partes de la imagen para un posterior análisis. Ejemplos típicos del realce de imágenes son el contraste y detección de bordes, filtrado de ruido, etc.

En la restauración de imágenes, el objetivo es la eliminación o minimización de degradaciones en las imágenes. Esto incluye la borrosidad de las imágenes degradadas por un sensor o su ambiente, filtrado de ruido y corrección de la distorsión geométrica.

El objetivo de la codificación de imágenes es representar una imagen con la menor cantidad de bits posibles, preservando un cierto nivel en la calidad de la imagen y una inteligibilidad aceptable para una aplicación dada. La codificación de imágenes puede ser usada para reducir el ancho de banda de un canal de comunicación cuando una imagen es transmitida.

En el análisis de imágenes, el objetivo es representar simbólicamente el contenido de la imagen. Las aplicaciones del análisis de imágenes, incluyen la visión por ordenador, robótica e identificación de objetos. En el análisis de imágenes, la entrada es una imagen, pero la salida es típicamente una representación simbólica del contenido de la imagen de entrada. Desarrollos satisfactorios de sistemas en esta área incluyen tanto el procesamiento de señales como conceptos de inteligencia artificial. En un proceso típico de análisis de imágenes, la señal procesada se utiliza para tareas de procesamiento en menor nivel como la reducción de la degradación y extracción de bordes; la inteligencia artificial es usada para tareas de mayor nivel como manipulación de símbolos y reconocimiento de formas. En este Proyecto, nos centraremos principalmente en el realce de la imagen.

## **2.- TECNOLOGÍAS DE LA IMAGEN**

Se ha estimado que el 75 % de la información recibida por un ser humano es visual . Al proceso de recibir información visual se le designa por percepción visual. Visión es la percepción, por los ojos, de objetos mediante la acción de la luz; constituye asimismo el proceso por el que, a partir de las imágenes, se descubre lo que está presente en ellas y donde está.

Aunque todo el mundo tiene la noción de lo que es una imagen, resulta difícil dar una definición precisa. Según Webster una imagen es una representación, semejanza o imitación de un objeto o cosa, una descripción gráfica, un algo para representar.

Por tanto, y de forma general, una imagen constituye una representación de algo. Una imagen contiene información descriptiva sobre el objeto que representa. Una fotografía presenta esta información de forma que la persona visualice dicho objeto. No

obstante, la definición dada de imagen incluye muchas otras representaciones no perceptibles por el ojo.

Las imágenes tienen lugar de variadas formas: unas veces visibles y otras no; a veces de forma abstracta y a veces real; a veces susceptibles de análisis por ordenador y otras veces no.

La amplitud de una imagen digital es frecuentemente cuantizada a 256 niveles (de 0 a 255) representados mediante 8 bits; el 0 representaría el negro y el 255, el blanco. A cada punto  $[m,n]$  se le llama pixel. A modo de ejemplo, una imagen de 512 x 512 en la que cada pixel queda representado mediante 8 bits, tendría una capacidad total 262.144 octetos. Si empezamos a reducir el número de niveles de cuantización, el ruido de cuantización dependiente de la señal haría que se degradara la imagen y empezaran a aparecer falsos contornos.

Las imágenes pueden clasificarse de diferentes maneras, según sea la forma en que se generen. Puede efectuarse una clasificación de interés, utilizando elementos de la teoría de conjuntos. Según esto el conjunto de todos los objetos puede dividirse en el grupo de objetos propiamente dicho y en las imágenes de dichos objetos.

El conjunto de las imágenes puede subdividirse en tres grupos:

a) **Imágenes físicas visibles**, que son perfectamente materiales y de naturaleza volátil o permanente. Las imágenes permanentes pueden ser ópticas, constituidas por fotones en el dominio visible (imágenes dadas por los instrumentos de óptica, hologramas, etc.) o imágenes electroópticas (CRT, visualizadores LED, etc.) las imágenes permanentes son reproducciones de todo tipo: clichés fotográficos, dibujos, pinturas, grabados, esculturas, documentos impresos, etc.

b) **Imágenes físicas no visibles** que son imágenes ópticas fuera del dominio visible o imágenes de naturaleza inmaterial: espectros físicos, mapas de poblaciones, de temperatura, de presiones o, en general, representaciones de parámetros físicos no directamente visibles. Por ejemplo, una imagen infrarroja es no visible, pero, después de impresión en película infrarroja, constituye una imagen visible. Asimismo, pertenecen a esta clase las imágenes topográficas 3D

c) **Imágenes matemáticas**, que son perceptuales y, por tanto, invisibles por naturaleza. Pueden ser analógicas o digitales, representables mediante una función continua o una secuencia.

En la figura 1, se representa el esquema correspondiente a la clasificación de acuerdo con elementos de la teoría de conjuntos:

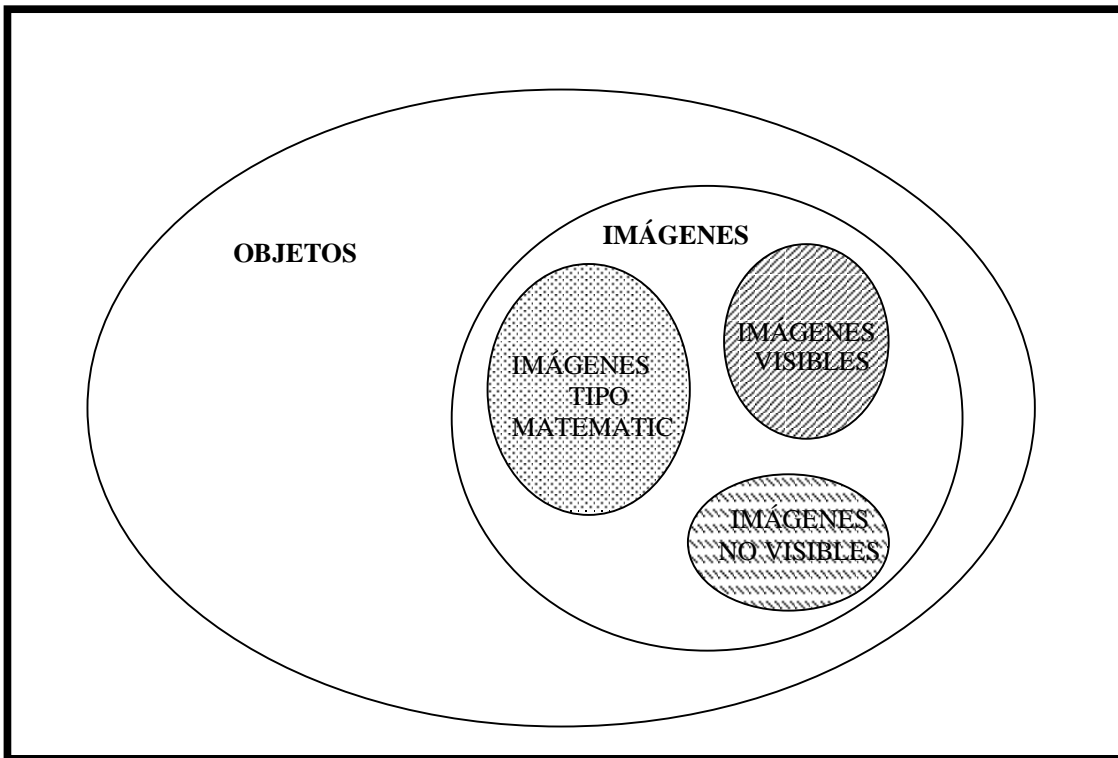


Fig 1.- Clasificación global de las Imágenes

Las imágenes físicas visibles constituyen el objeto de nuestro interés, y pueden considerarse continuas, por lo menos a nuestra escala de observaciones macroscópica.

Agruparemos bajo la denominación genérica de Tecnologías de la Imagen a todas aquellas técnicas que están relacionadas, de alguna manera, con la manipulación de la información visual. Dada la gran importancia que tiene el ordenador en el campo de las imágenes, conviene agrupar estas técnicas según utilicen el ordenador o no.

De acuerdo con ello, se tendrá:

- 1) **Tratamiento de la información visual por computador**, que comprende los siguientes campos:

a) *Proceso Digital de Imagen*, PDI o DIP (*Digital Image Processing*), que se ocupa de las transformaciones de imágenes en imágenes, sin obtener descripciones explícitas de ellas.

b) *Gráficos por Computador* (*Computer Graphics*) o Grafimática (como ha sido denominado por algún autor), cuya finalidad es la síntesis o generación artificial de imágenes (infografías), a partir de informaciones descriptivas

c) *Visión por Computador o Visión Artificial* (*Machine Visión*), VAO, cuyo objeto es el análisis de imágenes, es decir, la obtención de descripciones significativas y explícitas de objetos físicos, a partir de imágenes. Así mismo la Visión Artificial constituye una de las más importantes tendencias dentro de la Inteligencia Artificial. La VAO, pues, forma parte de dos disciplinas como se ve en la siguiente figura:

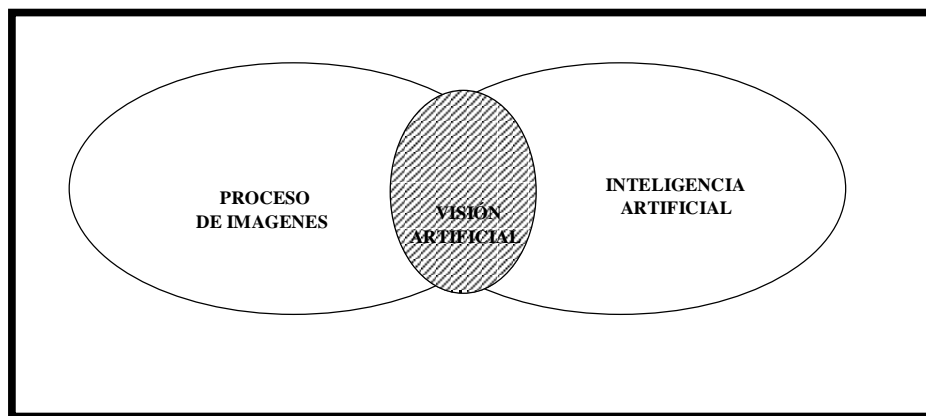


Fig 2.- Interrelaciones de la Visión Artificial

El siguiente cuadro muestra los campos relacionados con las tecnologías de la imagen por ordenador:

<b>ENTRADA</b>	<b>IMAGEN</b>	<b>DESCRIPCIÓN</b>
<b>SALIDA</b>	<b>PROCESO DIGITAL IMÁGENES</b>	<b>GRÁFICOS POR ORDENADOR</b>
	<b>VISIÓN ARTIFICIAL</b>	

Fig 3.- Tópicos relacionados con las imágenes por computador.

- 2) **Tratamiento Óptico de Imágenes (Optical Processing)**, que incluye el uso de lentes ,ampliadoras y variadas técnicas fotográficas.
- 3) **Procesado Analógico de Imágenes (Analog Image Processing)**, que transforma una imagen analógica de entrada en otra analógica de salida. Cubre la TV estándar en la que las imágenes son convertidas en señales eléctricas analógicas (y no en sucesiones numéricas como el PDI) para ser transmitidas, recibidas y reconstruidas (recuperadas de forma visual)
- 4) **Procesado Digital aplicado a los nuevos Sistemas de telecomunicación Visuales (Visual Communication)**. Muchas de las técnicas empleadas en el proceso de imágenes por computador, también se emplean en la TV digital, TV de alta definición, Teleconferencia, Facsimil (Grupo 3), Videotex y Teletex.

El Procesado Digital , el Tratamiento óptico y el Procesado Analógico de Imágenes se suelen agrupar en la literatura especializada bajo la denominación genérica de **Tratamiento de Imágenes (Image Processing)**