

VISIÓN ARTIFICIAL

CONCEPTOS GENERALES

Se puede definir la “Visión Artificial” como un campo de la “Inteligencia Artificial” que, mediante la utilización de las técnicas adecuadas, permite la obtención, procesamiento y análisis de cualquier tipo de información especial obtenida a través de imágenes digitales.

La visión artificial la componen un conjunto de procesos destinados a realizar el análisis de imágenes. Estos procesos son: captación de imágenes, memorización de la información, procesamiento e interpretación de los resultados.

Con la visión artificial se pueden:

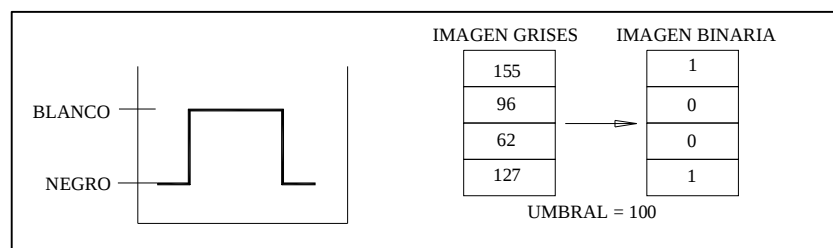
- ☐ Automatizar tareas repetitivas de inspección realizadas por operadores.
- ☐ Realizar controles de calidad de productos que no era posible verificar por métodos tradicionales.
- ☐ Realizar inspecciones de objetos sin contacto físico.
- ☐ Realizar la inspección del 100% de la producción (calidad total) a gran velocidad.
- ☐ Reducir el tiempo de ciclo en procesos automatizados.
- ☐ Realizar inspecciones en procesos donde existe diversidad de piezas con cambios frecuentes de producción.

Las principales aplicaciones de la visión artificial en la industria actual son:

- ☐ Identificación e inspección de objetos.
- ☐ Determinación de la posición de los objetos en el espacio.
- ☐ Establecimiento de relaciones espaciales entre varios objetos (guiado de robots)
- ☐ Determinación de las coordenadas importantes de un objeto.
- ☐ Realización de mediciones angulares.
- ☐ Mediciones tridimensionales.

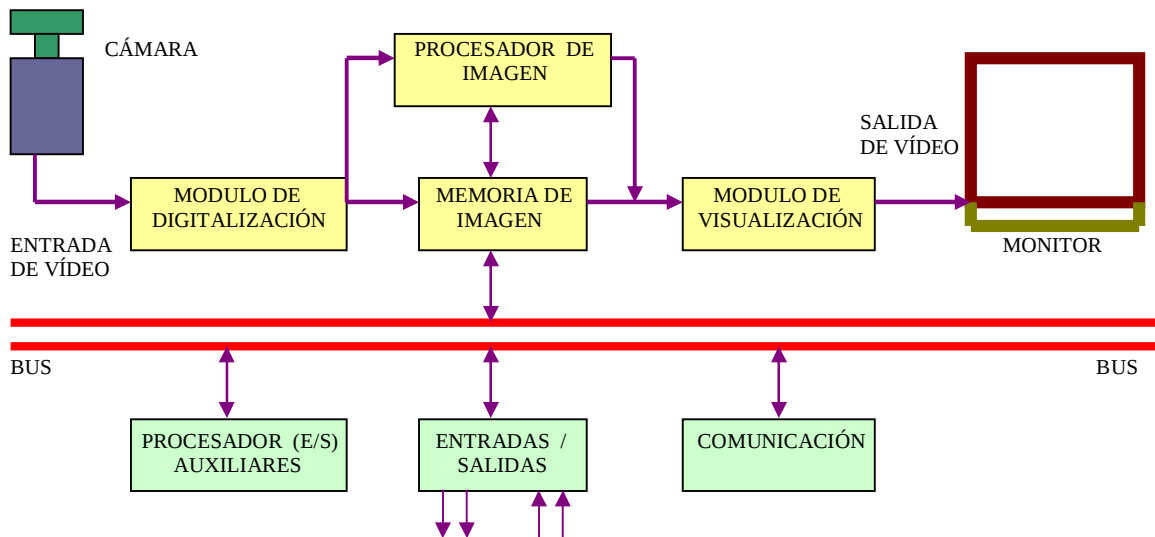
Métodos de captación de las imágenes.

- ☐ Digital. La función obtenida tras el resultado de la medida o muestreos realizados a intervalos de tiempo espaciados regularmente, siendo el valor de dicha función un número positivo y entero. Los valores que esta función toma en cada punto dependen del brillo que presenta en esos puntos la imagen original.
 - ☐ Píxel. Una imagen digital se considera como una cuadrícula. Cada elemento de esa cuadrícula se llama Píxel (Picture element). La resolución estándar de una imagen digital se puede considerar de 512x484 Pixel.
 - ☐ Nivel de grises. Cuando una imagen es digitalizada, la intensidad del brillo en la escena original correspondiente a cada punto es cuantificada, dando lugar a un numero denominado “nivel de gris”.
 - ☐ Imagen binaria. Es aquella que sólo tiene dos niveles de gris: negro y blanco. Cada píxel se convierte en negro o blanco en función del llamado nivel binario o UMBRAL.



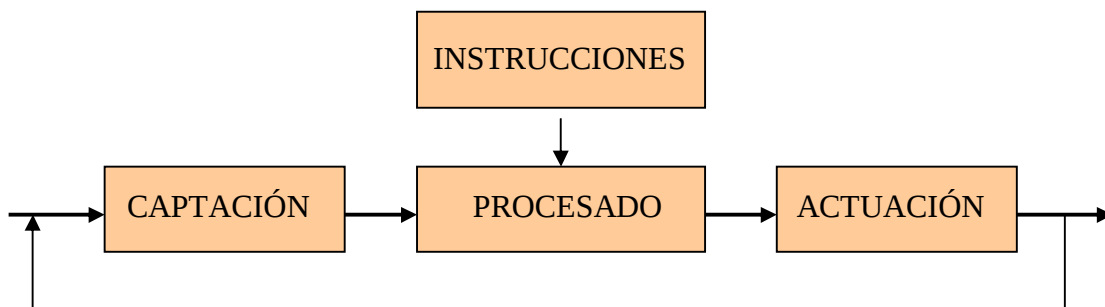
- Escena. Es un área de memoria donde se guardan todos los parámetros referentes a la inspección de un objeto en particular: Cámara utilizada, imágenes patrón memorizadas, tolerancias, datos a visualizar, entradas y salidas de control, etc.
- Window (ventana de medida). Es el área específica de la imagen recogida que se quiere inspeccionar.

DIAGRAMA DE BLOQUES



- **Módulo de digitalización.** Convierte la señal analógica proporcionada por la cámara a una señal digital (para su posterior procesamiento).
- **Memoria de imagen.** Almacena la señal procedente del módulo de digitalización.
- **Módulo de visualización.** Convierte la señal digital residente en memoria, en señal de vídeo analógica para poder ser visualizada en el monitor de TV.
- **Procesador de imagen.** Procesa e interpreta las imágenes captadas por la cámara.
- **Módulo de entradas/salidas.** Gestiona la entrada de sincronismo de captación de imagen y las salidas de control que actúan sobre dispositivos externos en función del resultado de la inspección.
- **Comunicaciones.** Vía I/O, ethernet, RS232 (la más estándar).

La secuencia a seguir en el proceso operativo es:



- **Captación.** Obtención de la imagen visual del objeto a inspeccionar.
- **Instrucciones.** Conjunto de operaciones a realizar para resolver el problema.
- **Procesado.** Tratamiento de la imagen mediante las instrucciones aplicadas.
- **Actuación.** Sobre el entorno (aparato, pieza, elemento) en función del resultado obtenido.

CAMARAS

Su función es capturar la imagen proyectada en el sensor, vía las ópticas, para poder transferirla a un sistema electrónico.

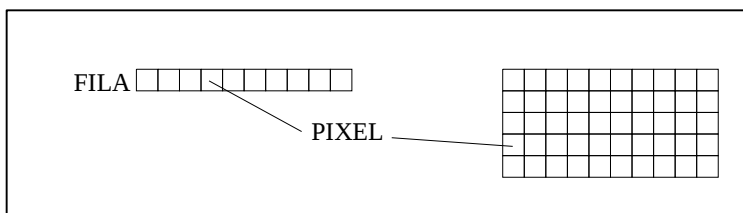
Las cámaras utilizadas en visión artificial requieren de una serie de características que permitan el control del disparo de la cámara para capturar piezas que pasan por delante de ella en la posición requerida. Son mas sofisticadas que las cámaras convencionales, ya que tienen que poder realizar un control completo de: tiempos, señales, velocidad de obturación, sensibilidad, etc.

Se clasifican en función de:

- La tecnología del elemento sensor.
 - Cámaras de tubo. Se basan en la utilización de un material fotosensible que capta la imagen, siendo leída por un haz de electrones.
 - Cámaras de estado sólido CCD (Charge – Coupled – Device). Se basan en materiales semiconductores fotosensibles para cuya lectura no es necesario un barrido electrónico (mas pequeñas que las de tubo)
- La disposición física.
 - Cámaras lineales. Se basan en un sensor CCD lineal
 - Cámaras matriciales. Se basan en un sensor CCD matricial, lo que permite el análisis de imágenes bidimensionales.

Hay una cámara específica para cada aplicación, color, monocromo, alta definición, alta sensibilidad, alta velocidad, infrarrojas, etc. Pasamos a comentar en forma breve el funcionamiento de las más utilizadas.

Cámaras lineales. Construyen la imagen línea a línea realizando un barrido del objeto junto con un desplazamiento longitudinal del mismo.

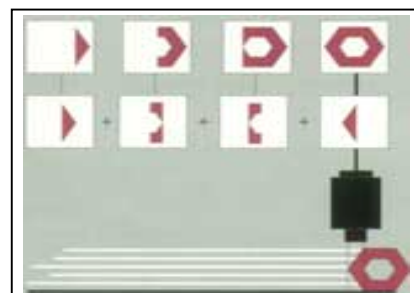


Las cámaras lineales utilizan sensores que tienen entre los 512 y 8192 pixels, con una longitud lo mas corta posible y gran calidad de imagen.

El hecho de construir imágenes de alta calidad a partir de líneas individuales, requiere de una alta precisión. La alineación y el sincronismo del sistema son críticos si se quiere obtener una imagen precisa del objeto a analizar.



Cámara lineal de 2048



Obtención de la imagen mediante barridos sucesivos

Su utilización está muy extendida para la inspección de objetos de longitud indeterminada, tipo telas, papel, vidrio, planchas de metal, etc.

Características técnicas:

- Número de elementos del sensor. A mayor número de elementos (pixels) mayor tamaño de la óptica.
- Velocidad. Número de pixels capaces de ser leídos por unidad de tiempo. En las cámaras lineales es un valor mucho mas alto que en las matriciales. En la cámaras de última generación se alcanzan velocidades superiores a los 200 Mhz.
- Cámaras lineales a color. Tienen tres sensores lineales, uno para cada color (rojo verde y azul). Pueden ser de dos tipos:
 - Trisensor. Los sensores CCD están posicionados unos junto a otros separados por un pequeño espacio. Tienen una buena sensibilidad pero solo pueden utilizarse en aplicaciones con superficies planas.
 - Prisma. Los sensores están posicionados en las tres caras de un prisma. Pueden utilizarse para cualquier tipo de aplicación pero necesitan de una mayor iluminación.

Cámaras matriciales. El sensor cubre un área que está formada por una matriz de pixels. Los sensores de las cámaras modernas son todos de tecnología CCD formados por miles de diodos fotosensibles posicionados de forma muy precisa en la matriz.

El tamaño de los CCD está definido en pulgadas, sin embargo su tamaño real no tiene nada que ver con su valor en pulgadas, sino que están basados en la relación de los primeros con el tamaño de los tubos Vidicon. Formatos habituales son 1/3", 1/2" y 2/3".



Cámara matricial de 768x494

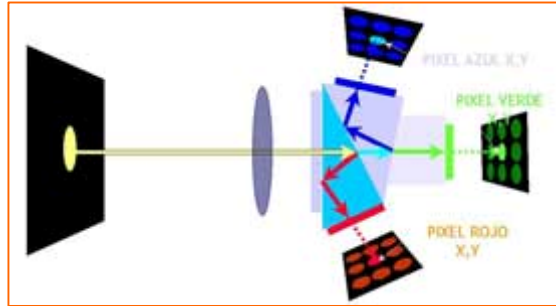
Características de los sensores.

- Factor de relleno. Porcentaje del área de píxel que es sensible a la luz, el ideal es el 100%, porcentaje imposible de obtener por la separación entre los registros.
- Tipo de transferencia. Según la forma de transferencia de la información.
 - Transferencia Inter-línea (ITL). Son los mas comunes, utilizan registros de desplazamiento situados entre las líneas de píxel para almacenar y transferir los datos de la imagen lo que permite una alta velocidad de obturación.
 - Transferencia de cuadro. Disponen de un área dedicada al almacenamiento de la luz, la cual está separada del área activa, esto permite un mayor factor de relleno aunque se pierde velocidad de obturación.
 - Cuadro entero. Son los de arquitectura más simple, emplean un registro paralelo para exposición de los fotones, integración de la carga y transporte de la misma, alcanzando con este sistema factores de relleno del 100%.

Cámaras color. Aunque el proceso de obtención de las imágenes es más complejo, proporcionan una mayor información que las monocromo.



- **Cámara color 1CCD.** Incorporan un sensor con filtro en forma de mosaico, con los colores primarios RGB (filtro bayer), observar en la figura como hay el doble de pixels de color verde para así asemejar la percepción del sensor al ojo humano.
Debido al carácter del filtro, bien en el interior de la cámara, o bien en un ordenador, se realizan los cálculos necesarios para obtener en tiempo real una señal analógica o digital en RGB.
- **Cámara color 3CCD.** Incorporan un prisma y tres sensores, la luz procedente del objeto pasa a través de la óptica y se divide en tres direcciones al llegar al prisma. En cada una de los tres extremos del prisma se encuentra un filtro de color (rojo, verde y azul) y un sensor que captura la luz de cada color que viene del exterior. Internamente la cámara combina los colores y genera una señal RGB similar a la que ve el ojo humano. Aunque la calidad de las imágenes de este tipo de cámaras respecto de las de 1CCD es muy superior, tienen dos inconvenientes a tener en cuenta: la necesidad de una mejor iluminación para compensar el efecto producido por el prisma y el efecto de aberración cromática que se crea por la propia estructura del sistema que se subsana colocando las ópticas adecuadas para este tipo de cámaras.



Cámara a color de 752x582

OPTICAS

Fundamentos teóricos. Las ópticas se utilizan para transmitir la luz al sensor de la Cámara de una forma controlada para poder obtener una imagen enfocada de uno o varios objetos.

Para saber exactamente qué óptica debe utilizarse hay que tener en cuenta una serie de parámetros. Tamaño del sensor, Distancia del objeto a la cámara y el campo de visión que deseamos abarcar. Se puede calcular la óptica mediante la siguiente fórmula:

$$\text{Distancia} = \frac{\text{Tamaño del sensor} \times \text{Distancia al objeto}}{\text{Tamaño del objeto}}$$

En los sistemas de visión artificial es necesario utilizar ópticas de calidad para tener la mejor imagen posible y permitir las medidas con la mayor precisión.

Para definir el tipo de óptica se deben seguir una serie de consideraciones:

El tipo de iluminación utilizado

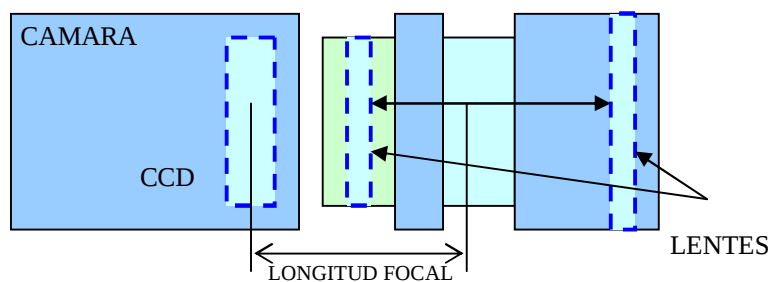


Distintos modelos de ópticas

Las especificaciones del sensor de la cámara
 El tamaño y geometría del objeto
 La distancia y el espacio disponible

Elementos que componen las lentes:

- ☐ Anillo de enfoque. Cuanto más cerca enfocamos, más sobresale el objetivo.
- ☐ Diafragma. Se gira para seleccionar la entrada de luz a la cámara. Su escala suele ser: 16,11,...,1.8. A mayor número seleccionado, menor abertura del diafragma y mayor profundidad de campo.
- ☐ Velocidad de obturación. Selecciona el tiempo que estará abierto el diafragma. Su escala suele ser: 1/1, 1/2, ... 1/250, 1/1000. Para obtener imágenes nítidas de objetos que se desplazan a gran velocidad hay que seleccionar velocidades de obturación altas ($>1/250$).
- ☐ Longitud focal. Valor en milímetros que nos informa de la distancia entre el plano focal (CCD) y el centro del objetivo.



- ☐ Profundidad de campo. Espacio en el cual se ve el objeto totalmente nítido. Depende de la longitud focal de la lente empleada.
- ☐ Precisión de la medida. Depende exclusivamente del campo de medida y de la resolución de la cámara. Ejemplo: si el campo de visión es de 10x10 mm. y utilizamos una cámara de 752x752 pixels, la precisión de la medida en cada eje sería de 0,013 mm/píxel, o lo que es lo mismo, un píxel equivale a 13 milésimas de milímetro.
- ☐ Clasificación de las lentes:

	Gran angular (<50 mm)	Standard (=50 mm)	Teleobjetivo (>50 mm)
Angulo de visión	70 grados	50 grados	30 grados
Tamaño	Pequeño	Medio	Grande
Luminosidad	Muy luminoso	Luminoso	Poco luminoso
Perspectiva	Separación de objetos	Reproducción correcta	Objetos próximos
Prof. De campo	Muy grande	Media	Muy pequeña
Possibilidades	Para grandes espacios	Espacios no muy grandes	Para acercar objetos

ILUMINACIÓN

La iluminación es la parte más crítica dentro de un sistema de visión. Las cámaras capturan la luz reflejada de los objetos. El propósito de la iluminación utilizada en las aplicaciones de visión es controlar la forma en que la cámara va a ver el objeto. La luz se refleja de forma distinta si se ilumina una bola de acero, que si se ilumina una hoja de papel blanco y el sistema de iluminación por tanto debe ajustarse al objeto a iluminar.

Hay un cierto número de consideraciones a tener en cuenta para determinar la mejor iluminación para una aplicación:

- ¿Es en color o en monocromo?
- ¿Es de alta velocidad o no?
- ¿Cuál es el campo de visión a iluminar?

- ¿El objeto presenta superficies con reflejos?
- ¿Qué fondo presenta la aplicación: color, geometría, ...?
- ¿Cuál es la característica a resaltar?
- ¿Qué duración debe tener el sistema de iluminación?
- ¿Qué requisitos mecánicos, ambientales, deben considerarse?

La respuesta a estas preguntas dará el tipo de iluminación a utilizar, para lo que se tendrá en cuenta:

- ☐ Intensidad de luz necesaria
- ☐ Longitud de onda adecuada
- ☐ Superficie a iluminar
- ☐ Reflectividad del objeto
- ☐ Color del objeto
- ☐ Espacio disponible
- ☐ Tipo de cámara utilizada

La iluminación podrá ser mediante fibra óptica, fluorescente, led, difusa, láser.

Iluminación mediante fibra óptica. Proporcionan una gran intensidad de luz uniforme, con ausencia de sombras. Es ideal para iluminar objetos de reducidas dimensiones y se pueden sujetar al objetivo de la cámara o a la óptica de un microscopio. A los anillos de luz se les puede acoplar filtros de colores, polarizadores/analizadores, y difusores para eliminar reflejos y aumentar el efecto difusor.



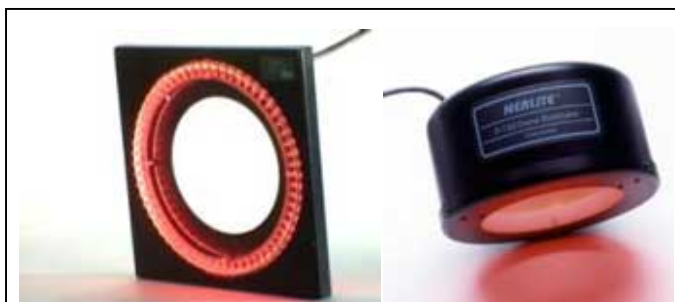
Iluminación mediante fibra óptica circular - semirrigida

Iluminación mediante fluorescentes. (anulares, lineales, lineales de apertura, de panel). Este tipo de iluminación proporciona una luz brillante, sin sombras. Las lámparas han sido diseñadas para suministrar el máximo de intensidad durante al menos 7000 horas. Lo que proporciona una mayor productividad. Existen lamparas blancas en distintas temperaturas de color, Y también ultravioletas (UV). Esta iluminación se aplica en entornos que requieren mucha luz, y ningún tipo de sombra, (análisis biológicos, inspección y la microscopía, Ensamblaje, Inspección de circuitos, Industria, Laboratorios, Visión Industrial, Fotografía, Control de Calidad, Robótica, etc...)



iluminación fluorescente de panel - circular

Iluminación mediante diodos led. Proporcionan una luz difusa muy útil para la aplicación



iluminación mediante diodos led, anular - directa

en ciertos objetos. Pueden ser de iluminación directa y en anillo

Iluminación mediante láser. Los patrones láser se utilizan mayoritariamente en aplicaciones de medida de profundidad, y de superficies irregulares. mediante ópticas especialmente diseñadas, se puede convertir un puntero láser, en diferentes formas y tamaños.



Laser de alta potencia – con lentes intercambiables

GRABBERS (tarjetas PC). En las aplicaciones de visión industrial y de análisis de imagen es necesario tomar las imágenes con la mejor calidad posible y enviarlas a la memoria del ordenador con el fin de procesarlas, analizarlas y /o visualizarlas. Las cámaras que se utilizan en estos entornos presentan una serie de requisitos que en la mayoría de ocasiones no son estándar. Las especificaciones y precios de las placas de captura de imagen (Frame Grabbers) varían enormemente y por tanto se deben tener en cuenta los requisitos técnicos de cada frame grabber para su elección.

Las tarjetas se dividen en tres categorías distintas en función de sus características:

- ☐ Frame Grabbers estándar de bajo coste
- ☐ Frame Grabbers avanzados de altas prestaciones y con características multicanal
- ☐ Frame Grabbers "inteligentes" con procesadores abordo.
- ☐
- ☐

SOFTWARE. En el pasado más reciente no era posible hacer los procesos en tiempo real debido a que los ordenadores no eran lo suficientemente rápidos para realizar los cálculos con las imágenes. Con la llegada del bus PCI y con la rápida evolución de los procesadores de los PC se ha conseguido visualizar las imágenes en tiempo real y realizar la mayoría de procesos en tiempos suficientemente cortos, como para que puedan resolver aplicaciones de visión en entornos científicos e industriales, con los resultados esperados en su justo tiempo. Esta evolución del hardware a comportado el desarrollo de librerías de visión que puedan funcionar en entornos estándar de todo tipo de sistemas operativos como de procesadores.

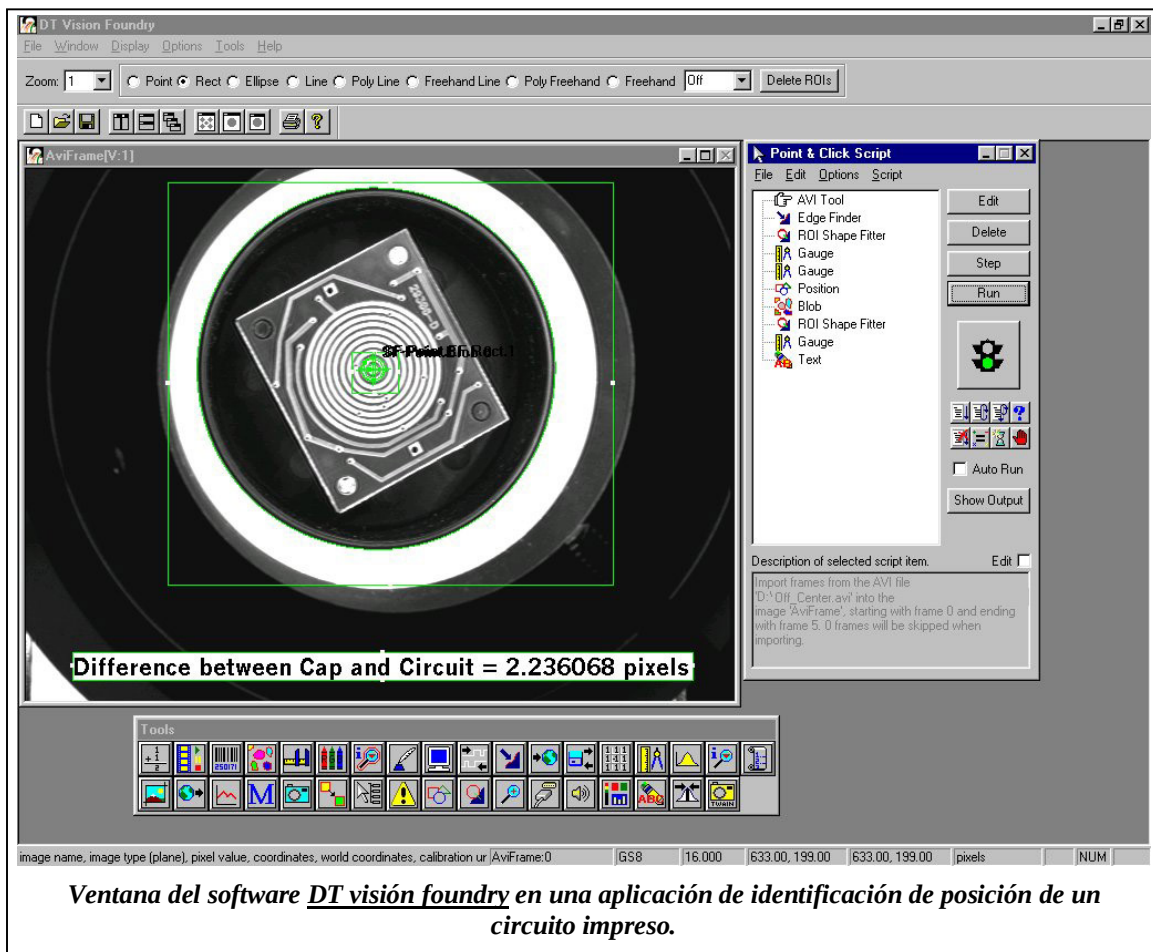
La base del software de un sistema de visión es la interpretación y análisis de los píxeles. El resultado final puede ser, desde la medida de una partícula, a la determinación o lectura de una serie de caracteres (OCR), pasando por cualquier otro proceso que podamos imaginar sobre las imágenes.



Software que permite la identificación de objetos y caracteres

Los pasos a seguir en un sistema de visión serán:

- ☐ Captura de la Imagen
- ☐ Definición de la región de interés donde se realizarán las medidas
- ☐ Inicialización de las tolerancias para determinar si la pieza a determinar es o no correcta
- ☐ Ejecutar las medidas
- ☐ Generar una salida apropiada



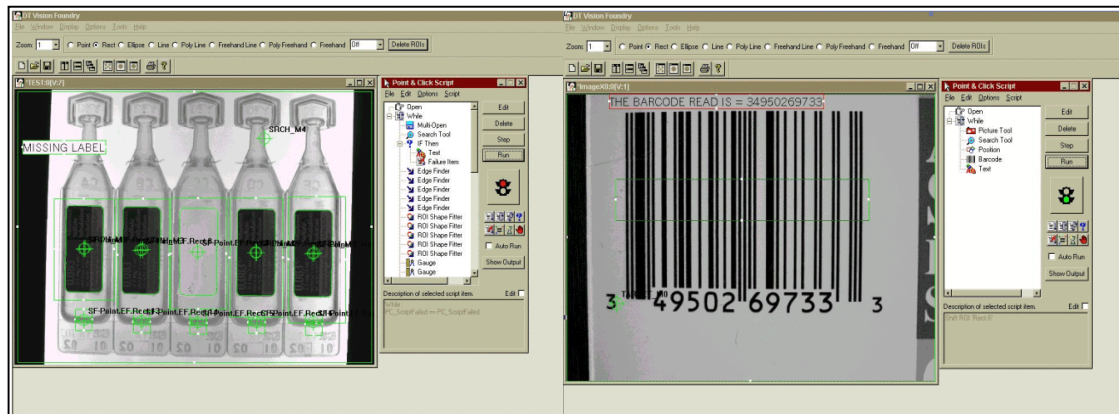
SISTEMAS INTEGRADOS. Se denomina sistema de visión integrado al que incorporan el software y todo el hardware necesario en un mismo sistema. Lo forman un conjunto de componentes de pequeñas dimensiones preparados para poder ser instalados en cualquier aplicación de visión, con los mínimos requisitos de programación.

Existen dos tipos de sistemas:

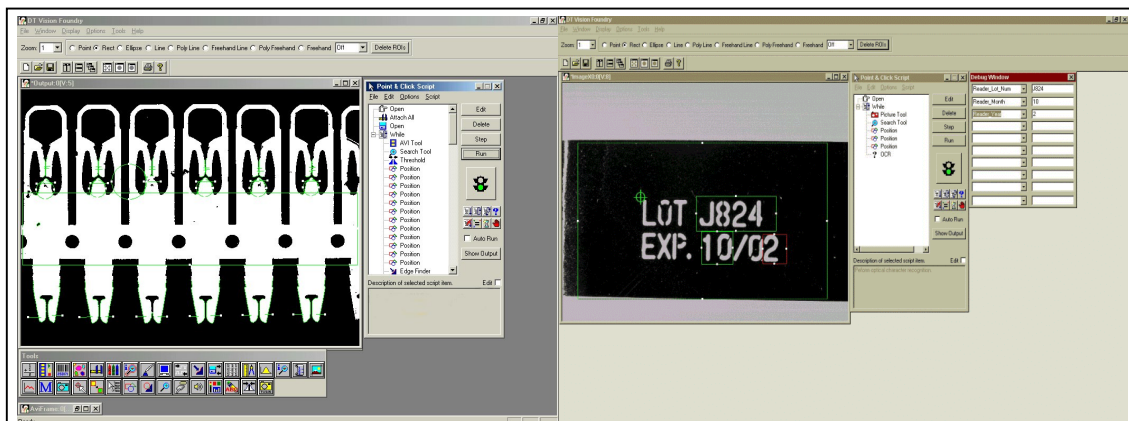


- Cámaras inteligentes. Tienen el aspecto de una cámara pero integran a su vez un procesador, memoria, puertos de comunicación con el exterior (I/O, RS232, Ethernet). La programación del sistema se realiza mediante PC.
- Sistemas de visión multicámara. Son sistemas integrados que permiten ser conectados a cualquier tipo de cámara existente. Permiten controlar hasta 4 cámaras analógicas o digitales.

EJEMPLOS DE APLICACIÓN



Verificación de botellas con etiqueta - Identificación de código de barras



Verificación de la estampación de terminales – Identificación de caracteres