

## Análisis y procesamiento de imágenes

### Introducción

Luego de que se ha configurado el sistema de imágenes y que se han adquirido las imágenes, éstas pueden analizarse y procesarse para extraer información valiosa acerca de los objetos que está siendo inspeccionados

### Análisis de imágenes

El análisis de imágenes combina técnicas que calculan estadísticas y mediciones basándose en las intensidad de escala de grises de los píxeles de la imagen. Se pueden usar las funciones de análisis de imagen para determinar si la calidad de imagen es suficientemente buena para la tarea de inspección. También se puede analizar una imagen para comprender su contenido y para decidir qué tipo de herramientas de inspección utilizar para manejar la aplicación. Las funciones de análisis de imágenes también proveen mediciones que pueden usarse para realizar tareas de inspección básicas, tales como presencia o ausencia de verificación.

Las herramientas normales que pueden utilizarse para el análisis de imágenes incluyen los histogramas, perfiles de línea y mediciones de intensidad.

### Histograma

Un histograma cuenta y grafica el número total de píxeles en cada nivel de la escala de grises. Se puede utilizar el histograma para determinar si la intensidad total en la imagen es conveniente para la tarea de aplicación. A partir del histograma se puede decir si la imagen contiene diferentes regiones de un cierto nivel de la escala de grises. En base los datos del histograma se pueden ajustar las condiciones de la adquisición de la imagen para adquirir imágenes de mayor calidad.

Se pueden detectar dos importantes criterios mirando el histograma:

**Baja exposición o saturación:** muy poca luz en el medio ambiente de la imagen conduce a una baja exposición del sensor de imágenes. Mucha luz produce sobre exposición o saturación del sensor. Las imágenes adquiridas con baja exposición o bajo condiciones de saturación no contienen toda la información que se necesita para inspeccionar el objeto. Es importante detectar estas condiciones de las imágenes y corregirlas durante la configuración del sistema de imágenes.

Se puede detectar si un sensor está sometido a baja exposición o saturación observando el histograma. Una imagen con baja exposición contiene un gran número de píxeles se les corre bajo nivel de escala de grises como se muestra la figura 1 a. Los valores bajos de la escala de grises aparecen como un pico en el extremo inferior del programa como se observan la Figura 1a. U se na imagen sobreexpuesta o saturada contiene un gran número de píxeles con valores de la escala de grises muy altos como se ve en la Figura 2a. Esta condición está representada por un pico en el extremo superior del histograma como se puede ver en la Figura 2b.

**Falta de contraste:** un tipo de aplicación de imágenes ampliamente utilizado se refiere a la inspección y medición (conteo) de objetos de interés dentro de una escena. Una estrategia para separar los objetos del fondo se basa en la diferencia de las intensidades de ambos, por ejemplo, partículas brillantes y un fondo más oscuro. El análisis de his-

tograma en la Figura 3b revela que la Figura 3a posee dos o más poblaciones con intensidades bien separadas. Se debe ajustar la configuración de la imagen hasta que histograma de las imágenes adquiridas posea el contraste requerido por la aplicación.

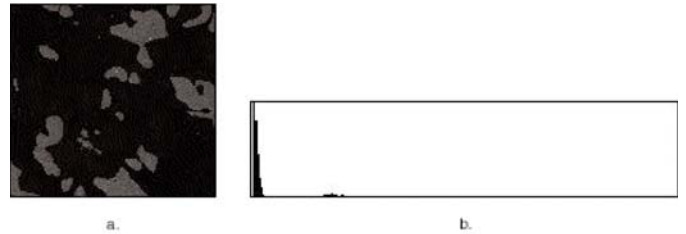


Figura 1. Imagen con baja exposición y su histograma.

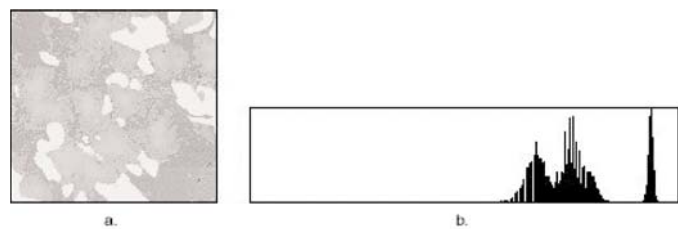


Figura 2. Imagen sobreexpuesta y su histograma.

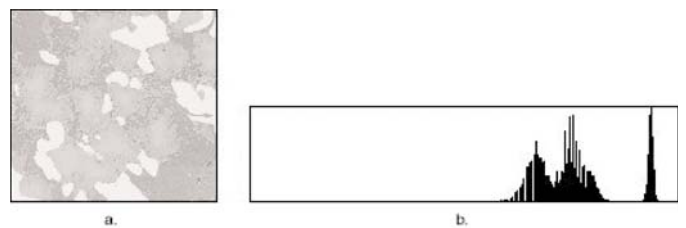


Figura 3. Imagen en escala de grises y su histograma.

### Perfil de Línea

Un perfil de línea grafica las variaciones de intensidad a largo de una línea. Este perfil regresa los valores de la escala de grises de los píxeles a lo largo de la línea y los grafica. Los perfiles de línea son útiles para examinar los bordes entre componentes, cuantificando la magnitud de las variaciones de intensidad y detectando la presencia de patrones repetitivos.

Los picos y valles de un perfil de línea representan aumentos y disminuciones de la intensidad de la luz a lo largo de la línea seleccionada en la imagen. Su ancho y magnitud son proporcionales al tamaño e intensidad de las regiones relacionadas. La Figura 4 muestra cómo un objeto brillante con intensidad uniforme aparece en el perfil como una meseta. Cuanto mayor sea el contraste entre el objeto y el medio ambiente que lo rodea, más abrupta serán las rampas de esa meseta. Píxeles ruidosos por otro lado producen una serie de picos angostos.

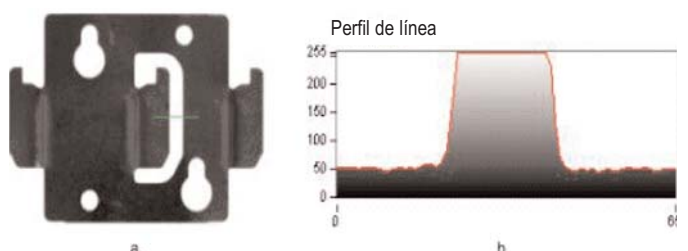


Figura 4. Una línea y su correspondiente perfil.

## Mediciones de Intensidad

Las mediciones de intensidad sirven para medir la estadística de la escala de grises en una imagen o regiones dentro de una imagen. Se pueden utilizar para realizar tareas tales como medición de la intensidad media dentro de la región de una imagen para determinar la presencia o ausencia de una pieza o un defecto en la misma. Las mediciones típicas incluyen los siguientes parámetros:

- Valor mínimo de intensidad
- Valor máximo de intensidad
- Valor medio de intensidad
- Desviación normal de los valores de intensidad

## Procesamiento de imágenes

Utilizando la información que se reunió a partir del análisis de la imagen se puede ser mejorada su calidad para inspeccionarla removiendo ruido, resaltando características de interés y separar el objeto de su fondo. Las herramientas que pueden usarse para mejorar la imagen incluyen tablas de transformación, filtros espaciales, morfología de escala de grises y procesamiento en el dominio de la frecuencia.

### Tablas de Transformación (Lookup)

Una tabla de transformación (LUT) convierte valores de la escala de grises en la imagen origen a otros valores de escala de grises en la imagen transformada. Se deben usar las transformaciones LUT para mejorar el contraste y el brillo de una imagen modificando la intensidad dinámica de regiones con contraste pobre. Usualmente se aplican las transformaciones LUT para resaltar detalles de imágenes que contienen información significativa a expensas de otras áreas.

### Filtros espaciales

Los filtros espaciales mejoran la calidad de la imagen removiendo ruido, suavizando, acentuando y transformando la imagen. El IMAQ Vision posee muchos filtros ya definidos, tales como los Gaussianos y los de suavizado, filtros Laplacianos para resaltar detalles de imágenes, filtros Medianos y de enésimo orden para remoción de ruido y filtros Prewitt, Roberts y Sobel para detección de bordes. Se pueden definir filtros personalizados especificando los coeficientes de los mismos.

### Morfología de Escala de Grises

Las transformaciones morfológicas extraen y alteran la estructura de las partículas dentro de una imagen. Se pueden usar las funciones de morfología de la escala de grises para hacer lo siguiente:

- Filtrar o suavizar las intensidades de píxeles de una imagen
- Alterar la forma de las regiones expandiendo áreas brillantes a expensas de las áreas oscuras y viceversa.
- Remover o mejorar características aisladas, tal como píxeles brillantes sobre un fondo oscuro.
- Suavizar gradualmente patrones variables e incrementar el contraste en las áreas del borde.

Las aplicaciones incluyen filtrado de ruidos, corrección de falta de uniformidad del fondo y extracción de características de escala de grises. Se pueden usar las transformaciones morfológicas de la escala de grises para mejorar características no distintivas antes de hacer un

umbral de la imagen en preparación de un análisis de partículas. Las transformaciones morfológicas de la escala de grises comparan un píxel con aquellos píxeles que lo rodean y cambian la forma de las partículas procesando cada píxel en base al número de sus vecinos y los valores de éstos. Un vecino es un píxel cuyo valor afecta los valores de los píxeles cercanos durante ciertas funciones de procesamiento de imágenes. Las transformaciones morfológicas utilizan una máscara binaria 2D, denominada elemento estructural, para definir el tamaño y efecto del área que circunda cada píxel, controlando el efecto de las funciones morfológicas binarias sobre la forma y el borde de una partícula.

### Procesamiento en el Dominio de la Frecuencia

La mayor parte de procesamiento de imágenes se realiza en el dominio espacial. Sin embargo, se puede procesar una imagen en el dominio de la frecuencia para remover información de frecuencia no deseada antes de analizarla y procesarla, tal como se haría normalmente. Para convertir la imagen al dominio de la frecuencia se debe usar la Transformada Rápida de Fourier (FFT).

Una imagen puede tener un ruido extraño tal como fajas periódicas introducidas durante el proceso de digitalización. En el dominio de la frecuencia, esa forma periódica se reduce a un conjunto limitado de frecuencias espaciales altas. Además, la configuración de la imagen puede producir iluminación no uniforme del campo de visión, lo cual resulta en una imagen con un corrimiento de la luz sobreimpuesto sobre la información que se desea analizar. En el dominio de la frecuencia, el corrimiento de la luz aparece sobre un conjunto limitado de bajas frecuencias alrededor de la intensidad media de la imagen (componente CC). Se pueden usar algoritmos que trabajan en el dominio de la frecuencia para aislar y remover esas frecuencias no deseadas de la imagen. Truncando esas frecuencias particulares y convirtiendo la imagen filtrada FFT nuevamente al dominio espacial produce una nueva imagen en la cual el ruido ha desaparecido en tanto que permanecen las características generales de la misma.

### Análisis de Blob

Un *blob* (objeto binario grande) es una zona de píxeles que se hallan en contacto y poseen el mismo estado lógico. Dentro de una imagen, todos los píxeles que pertenecen un *blob* se encuentran encima, en tanto que los demás píxeles se encuentran debajo. En una imagen binaria, los píxeles del fondo poseen valores iguales a cero mientras que cada píxel no igual a cero es parte de un objeto binario.

El análisis de *blob* consiste en una serie de operaciones de procesamiento y funciones de análisis que producen información acerca de cualquier forma 2D dentro de una imagen.

El análisis de *blob* se utiliza cuando existe interés en hallar partículas cuyo características espaciales satisfacen ciertos criterios. En muchas aplicaciones donde el cálculo es muy pesado se puede usar el análisis de *blob* para eliminar *blobs* que no son de interés en base a sus características espaciales y mantener sólo aquellos relevantes para un análisis posterior.

Se puede usar este análisis para hallar información estadística, tal como el tamaño de los blobs o el número, ubicación y presencia de regiones de blobs. Con esta información, se pueden realizar numerosas tareas de inspección de visión de maquinaria, tales como la detec-

ción de defectos en obleas de sílice, defectos de soldaduras en placas electrónicas o aplicaciones de inspección web tales como la detección de defectos estructurales en planchas de madera o fisuras en láminas plásticas. También se pueden ubicar objetos en aplicaciones de control de movimientos donde existe una variación significativa de la forma u orientación de las piezas. En este último caso, el análisis de *blob* es una manera poderosa y flexible para buscar el objeto.

Para definir un conjunto de características que definen de manera única la forma del objeto se puede usar una combinación de mediciones obtenidas mediante el análisis de *blob*.

### Umbral de Imágenes

El umbral de imágenes permite seleccionar rangos de valores de píxeles en imágenes de escala de grises y color que separan los objetos bajo consideración de su fondo. El umbral convierte una imagen en una imagen binaria, con valores de píxeles de cero o uno. Este proceso trabaja colocando en uno todos los píxeles cuyos valores caen dentro de un cierto rango, denominado el intervalo de umbral, y colocando todos los otros valores de píxeles de la imagen en cero. La Figura 5a muestra una imagen en escala de grises y la Figura 5b muestra la misma imagen luego de efectuado el umbral.

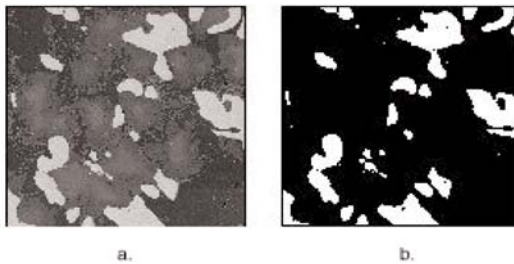


Figura 5. Imagen antes y después de realizado el umbral.

### Morfología binaria

Las operaciones morfológicas binarias extraen y alteran la estructura de las partículas dentro de una imagen binaria. Se pueden usar estas operaciones durante la inspección para mejorar la información de una imagen binaria antes de realizar las mediciones sobre las partículas, tales como el área, el perímetro y la orientación. También se pueden utilizar estas transformaciones para observar la geometría de las regiones y extraer las formas más simples para modelación e identificación.

Debido a que el umbral es un proceso subjetivo, la imagen binaria resultante puede contener información no deseada, tal como partículas de ruido, partículas que tocan el borde de la imagen, partículas que se tocan entre ellas, y partículas con bordes desaparejos. Las funciones morfológicas pueden remover esta información no deseada mejorando así la información de la imagen binaria puesto que afectan la forma de las partículas.

### Morfología binaria básica

Las operaciones morfológicas básicas trabajan sobre las imágenes binarias para procesar cada píxel en base a su entorno. Cada píxel se coloca ya sea en 1 o 0, dependiendo de la información de su entorno y de la operación utilizada. Estas operaciones siempre cambian el tamaño general y la forma de las partículas dentro de la imagen.

Las operaciones morfológicas básicas se utilizan para expandir o

reducir partículas, suavizar los bordes de objetos, hallar los bordes externos e internos de partículas y localizar configuraciones particulares de píxeles.

### Morfología Binaria Avanzada

Las operaciones morfológicas avanzadas se construyen sobre las operaciones morfológicas básicas y trabajan sobre las partículas de modo opuesto a los píxeles de la imagen. Cada una de las operaciones ha sido desarrollada para realizar una operación específica sobre las partículas dentro de una imagen binaria.

Las operaciones morfológicas avanzadas se utilizan para hallar huecos dentro de partículas, remoción de partículas que tocan el borde de la imagen, partículas no deseadas pequeñas y grandes, separar partículas que se tocan, hallar la forma convexa (*convex hull*) de las partículas y aún más.

### Mediciones de Partículas

Luego que se ha creado y mejorado una imagen binaria se pueden hacer hasta 50 mediciones sobre ellas. Con estas mediciones se puede determinar la ubicación de partículas y su forma y se pueden utilizar estas características para clasificar o filtrar las partículas en base a una o muchas mediciones. Por ejemplo, se pueden filtrar partículas cuyas áreas sean menores que  $X$  píxeles.

### Visión de Maquinarias

La inspección más común de visión de maquinarias consiste en la detección de la presencia o ausencia de partes dentro de una imagen y en la medición de sus dimensiones para ver si cumplen con ciertas especificaciones. Las mediciones se basan en la características del objeto representado en la imagen. Los algoritmos de procesamiento de imágenes tradicionalmente clasifican el tipo de información contenida dentro de una imagen como bordes, superficie y texturas o patrones. Diferentes tipos de algoritmos de visión de maquinarias influyen y extraen uno o más tipos de información.

### Detección de bordes

Los detectores de bordes y técnicas derivadas, tales como el rastrillaje, el rastrillaje concéntrico y la irradiación de rayos, localizan el borde de un objeto con gran precisión. Un borde es un cambio significativo en los valores de la escala de grises entre píxeles adyacentes en una imagen. Se puede usar la localización del borde para realizar mediciones, tales como el ancho de una parte. Se pueden utilizar múltiples ubicaciones de bordes para calcular mediciones tales como puntos de intersección, proyecciones y ajuste de círculos o elipses.

La detección de bordes es una herramienta efectiva para las aplicaciones de visión de maquinarias. La detección de bordes provee información a la aplicación acerca de la ubicación de los bordes de los objetos y la presencia de discontinuidades y se utiliza en las siguientes tres áreas de aplicación: medición, detección y alineación.

### Medición

La medición se utiliza para realizar mediciones dimensionales críticas, tales como longitudes, distancias, diámetros, ángulos y conteos para determinar si el producto que se inspecciona se ha manufacturado

correctamente. La componente o parte es luego clasificada o rechazada, dependiendo de que los parámetros medidos caigan dentro o fuera del límite de tolerancia definido por el usuario.

La Figura 6 muestra cómo una aplicación de medición utiliza la detección de bordes para medir la luz de una bujía.



Figura 6. Uso de la detección de bordes para medir la luz de una bujía.

## Detección

El objetivo del área de las aplicaciones de detección es determinar si una parte se encuentra presente o ausente mediante la utilización de perfiles de línea y la detección de bordes. Un borde a lo largo de un perfil de línea se define por el nivel de contraste entre el fondo y lo que se encuentra encima y por la rampa de la transición. Utilizando esta técnica se pueden contar el número de bordes a lo largo del perfil de línea y comparar el resultado con el número de bordes esperado. Este método ofrece una alternativa numéricamente menos intensiva a otros métodos de procesamiento de imágenes, tales como la correlación y el ajuste de patrones.

La Figura 7 muestra una aplicación simple de detección en la cual el número de bordes detectado a lo largo del perfil de línea de búsqueda determina si un conector ha sido armado correctamente. La detección de ocho bordes indica que existen cuatro cables y que el conector pasa la inspección, como se muestra en la Figura 7a. Cualquier otro borde detectado indicaría que el conector no fue armado correctamente, como se muestra en la figura 7b.

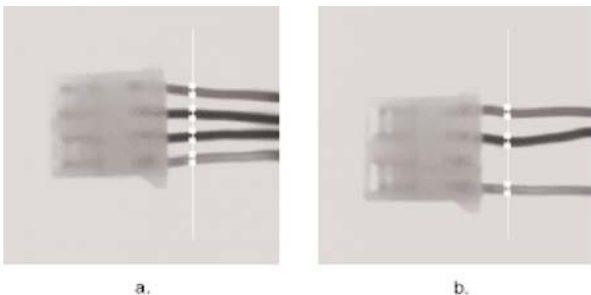


Figura 7. Uso de la detección de bordes para detectar la presencia de una parte.

También se puede usar la detección de bordes para detectar defectos estructurales sobre una parte, tales como rajaduras o defectos cosméticos o raspaduras. Si la parte es de intensidad uniforme, estos defectos se muestran como variaciones abruptas en el perfil de intensidad. La detección de bordes identifica estos cambios.

## Alineación

La alineación determina la posición y orientación de una parte. En muchas aplicaciones de visión de maquinarias, el objeto que se desea inspeccionar puede estar en diferentes ubicaciones dentro de la imagen. La detección de bordes encuentra la ubicación del objeto dentro de la imagen antes de realizar la inspección de manera tal que se puedan inspeccionar sólo las regiones de interés. La posición y orienta-

ción de la parte también puede ser utilizada para proveer información para retroalimentar un dispositivo de posicionamiento, tal como una transmisión.

La Figura 8 muestra una aplicación que detecta el borde izquierdo sobre un disco dentro de la imagen. Se puede utilizar la ubicación de los bordes para determinar la orientación del disco. Luego se puede utilizar la información de la orientación para posicionar las regiones de inspección adecuadamente.

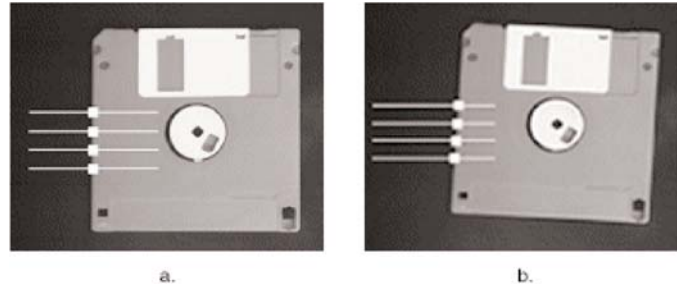


Figura 8. Uso de la detección de bordes para posicionar una región de inspección.

## Ajuste de patrones

Mediante el ajuste de patrones se ubican las regiones de una imagen en escala de grises que coinciden con el de una plantilla predeterminada y permite encontrar las coincidencias de la plantilla con independencia de la iluminación defectuosa, el borroneo, el ruido, el corrimiento de la plantilla o la rotación de la misma.

El ajuste de patrones se utiliza para ubicar rápidamente patrones de referencia conocidos dentro de una imagen. Con el ajuste de patrones se puede crear un modelo o plantilla que representa el objeto que se está buscando. Cuando la aplicación de visión de maquinarias busca el modelo en cada imagen adquirida, calcula un resultado para cada coincidencia. El resultado relaciona cuánto coincide el modelo con la plantilla buscada.

Los algoritmos de ajuste de patrones son algunas de las funciones más importantes del procesamiento de imágenes debido a su uso en numerosas aplicaciones. Se puede usar este procedimiento en las siguientes tres aplicaciones generales: alineación, medición e inspección.

## Alineación

La alineación determina la posición y orientación del objeto conocido ubicando patrones. Se utilizan los patrones como puntos de referencia sobre el objeto.

## Medición

Se puede utilizar el ajuste de patrones para ubicar el objeto que se quiere medir, luego de lo cual se pueden medir longitudes, diámetros, ángulos y otras dimensiones críticas. Si las mediciones caen fuera de los niveles de tolerancia determinados, se rechaza la pieza.

## Inspección

El ajuste de patrones se puede utilizar para detectar fallas simples, tales como piezas perdidas o impresiones no legibles.

## Mediciones dimensionales

Se pueden utilizar las mediciones dimensionales, o herramientas de medición, en IMAQ Vision para obtener mediciones cuantificables y críticas de distancia. Las mediciones típicas incluyen la distancia entre puntos, el ángulo entre dos líneas representadas por tres o cuatro puntos, la línea con mejor ajuste, ajustes circulares o elípticos y las áreas de formas geométricas, tales como círculos, elipsoides y polígonos que ajustan a los puntos detectados.

## Inspección de color

El color puede simplificar una inspección visual monocromática mejorando el contraste o separando el objeto de su fondo. La inspección de color involucra tres áreas: ajuste de color, ubicación de color y ajuste de patrones de color.

### Ajuste de color

El ajuste de color cuantifica qué color es y cuánto de cada color existe dentro de la región de la imagen y utiliza esta información para verificar si otra imagen contiene los mismos colores en igual proporción.

El ajuste de color se puede utilizar para comparar el contenido de color de una imagen o regiones dentro de la imagen como referencia para la información de color. Con el ajuste de color se puede crear una imagen o seleccionar regiones dentro de la imagen que contengan la información de color que se desea utilizar como referencia. La información de color dentro de la imagen puede consistir en uno o más colores. El software de visión de maquinarias luego aprenderá la información de color 3D dentro de la imagen y la representará como un espectro de color 1D. La aplicación de visión de maquinarias compara la información de colores dentro de toda la imagen o dentro de las regiones de la imagen en las cuales el espectro de colores será aprendido y calcula un resultado para cada región. El resultado relaciona cuán cerca se ajusta la información de colores en la región a la información representada por el espectro de colores.

Se puede utilizar el ajuste de colores en aplicaciones tales como identificación de colores, inspección de colores y otras aplicaciones que requieran la comparación de información de colores para la toma de decisiones.

La Figura 9 muestra un ejemplo de una aplicación de identificación de baldosas. La Figura 9a muestra una baldosa que necesita ser identificada. La Figura 9b muestra un conjunto de baldosas de referencia y los resultados del ajuste de colores obtenidos durante ese proceso.

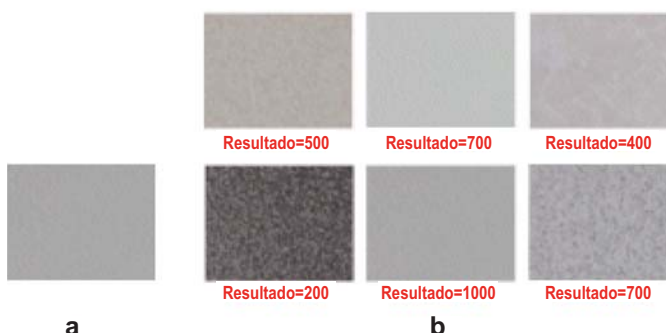


Figura 9. Uso del ajuste de colores para identificar baldosas.

## Ubicación de Colores

La ubicación de colores se utiliza para ubicar rápidamente regiones de colores conocidos dentro de una imagen. Con este procedimiento se puede crear un modelo o plantilla que representa los colores que se están buscando. La aplicación de visión de maquinarias luego busca el modelo en cada imagen adquirida y calcula un resultado para cada coincidencia. El resultado indica cuán cerca coincide la información de colores dentro del modelo con la información de colores halladas en las regiones.

Los algoritmos de ubicación de colores proveen una manera rápida de ubicar regiones dentro de una imagen que poseen colores específicos. Este procedimiento se puede utilizar en los siguientes casos:

- Cuando se requiere ubicar y conocer el número de regiones dentro de una imagen con información de colores específica
- Basarse en la información acumulada de color dentro de la región en lugar de cómo se han dispuesto los colores dentro de la misma.
- No se requiere la orientación de la región.
- No se requiere la ubicación con precisión de subpíxel.

En el IMAQ Vision las herramientas de ubicación de colores miden la similitud entre una representación ideal de una característica, denominada el modelo, y una característica que puede estar presente dentro de la imagen. Una característica para ubicar colores se define como una región dentro de la imagen que posee colores específicos.

La ubicación de colores se utiliza en aplicaciones que involucran inspección, identificación y clasificación.

La Figura 10 muestra una aplicación de clasificación de caramelos. Utilizando los patrones de color de los diferentes caramelos dentro de la imagen, la ubicación de colores rápidamente ubica las posiciones de los diferentes caramelos.

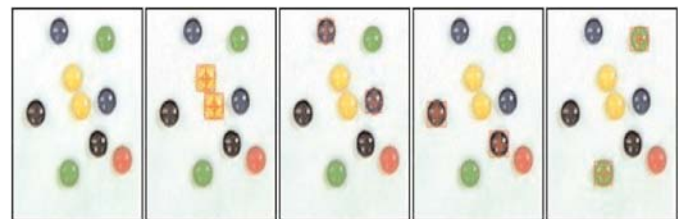


Figura 10. Uso del ajuste de colores para clasificar caramelos.

## Ajuste de Patrones de Colores

El ajuste de patrones de colores se utiliza para hallar rápidamente patrones de referencia conocidos dentro de una imagen a color. Con este proceso se puede crear un modelo o una plantilla que representa el objeto que se está buscando. Cuando la aplicación de visión de maquinarias busca el modelo en cada imagen adquirida, calcula un resultado para cada coincidencia. Este resultado indica cuán cerca el modelo se ajusta al patrón de colores encontrado. El procedimiento de ajuste de colores se utiliza para ubicar patrones de referencia que están totalmente descriptos por su color y por la información espacial dentro del patrón.

El procedimiento de ajuste de patrones de color se utiliza en los siguientes casos

- Si el objeto que se desea hallar contiene información de colores que es muy diferente respecto al fondo y si se quiere encontrar la ubicación del objeto en la imagen con mucha precisión. Para estas aplicaciones, el proceso de ajuste de patrones de colores provee una solución más precisa que la ubicación de colores debido a que usa información de la forma durante la fase de búsqueda.

La Figura 11 muestra la diferencia entre la ubicación de colores y el proceso de ajuste de patrones de colores. La Figura 11a representa la imagen de un patrón de una resistencia que los algoritmos están buscando en las imágenes. Aunque la ubicación de colores, como se muestra en la Figura 11b, encuentra las resistencias, las coincidencias no son muy precisas puesto que están limitadas a la información de colores. El ajuste de patrones de colores utiliza primeramente el ajuste de color para ubicar los objetos y luego utiliza el ajuste de patrones para refinar las ubicaciones, proveyendo resultados más precisos, como se puede ver en la Figura 11c.

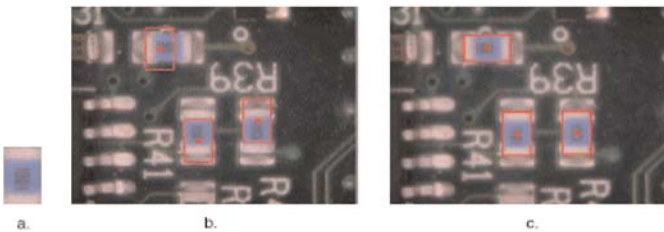


Figura 11. Uso del ajuste patrones de colores para ubicar resistencias con precisión.

- Si el objeto que se decida localizar posee propiedades de escala de grises que son muy difíciles de caracterizar o son muy similares a otros objetos en la imagen bajo inspección. En tales casos, el proceso de ajuste de escala de grises puede lograr resultados precisos. Si el objeto posee alguna información de color que lo diferencia de los otros objetos dentro de la escena, el color provee al software de visión de maquinarias información adicional para ubicar.

En la Figura 12 se muestra la ventaja de utilizar información de color cuando se localizan fusibles codificados por colores en una fusiblera. En la Figura 12a se muestra una imagen en escala de grises de la fusiblera en la cual el ajuste de patrones de escala de grises claramente tiene dificultad en diferenciar entre los fusibles de 20 A y los de 25 A debido a que las intensidades de las escalas de grises son similares y a la naturaleza translúcida de los mismos. En la figura 12b, el color ayuda a separar los fusibles. La adición del color ayuda a mejorar la precisión y confiabilidad de la herramienta de ajuste de patrones.



Figura 12. Uso del ajuste patrones de colores para identificar objetos con precisión.