

Inspección por visión artificial de probetas plásticas.

Marlene Selene Mascotte-Cruz

Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, Guanajuato, México, msmascotte@hotmail.com

José Antonio Vázquez-López

Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, Guanajuato, México, antonio.vazquez@itcelaya.edu.mx

Salvador Hernández-González

Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, Guanajuato, México, salvador.hernandez@itcelaya.edu.mx

Manuel Darío Hernández-Ripalda

Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, Guanajuato, México, dario.hernandez@itcelaya.edu.mx

Armando Javier Ríos-Lira

Instituto Tecnológico de Celaya, Celaya, Guanajuato, México, armando.rios@itcelaya.edu.mx

RESUMEN

La identificación y clasificación del nivel de calidad de un producto manufacturado presenta variación considerable, ya que el proceso de identificación se efectúa a partir de un patrón establecido y el criterio de clasificación pasa o no-pasa lo determina el operador del equipo de medición. La clasificación mediante un sistema de visión artificial ha demostrado eficiencia alta una vez que ha sido calibrado adecuadamente. El entorno de visión artificial desarrollado en esta investigación permite clasificar un producto manufacturado dentro de las especificaciones de calidad dadas. Para este sistema de visión artificial, en este trabajo se plantean dos pasos: el primero involucra la captura de la imagen y su procesamiento, el segundo la clasificación mediante un conjunto de instrucciones, con un algoritmo en el entorno de MATLAB®. El sistema de visión artificial es útil para diferentes procesos, al clasificar un producto manufacturado.

Palabras claves: visión artificial, clasificación, patrón, medida, probeta.

ABSTRACT

The identification and classification of the quality of a manufactured product shows considerable variation, as the identification process is carried out from a set pattern classification criterion and passes or not passes is determined by the measuring equipment operator. The classification by an artificial vision system has shown high efficiency once it has been properly calibrated. The vision environment developed in this research to classify a manufactured within quality specifications given. For this machine vision system, in this paper we present two steps: the first involves the capture and image processing, the second classification by using a set of instructions, with an algorithm in MATLAB® environment. The artificial vision system is useful for different processes, the classification of a manufactured product.

Keywords: artificial vision, classification, pattern, measure, test piece.

1. INTRODUCCIÓN

El tipo de inspección visual que utiliza la industria manufacturera en México, es la inspección visual mediante operadores humanos, a través de esta inspección se evalúa el tamaño de un producto procesado para su aceptación

o rechazo, este proceso permite lograr una clasificación del producto en cuanto a las especificaciones establecidas en las normas de calidad de la industria para el producto.

Al efectuar la clasificación de forma manual el operador usa instrumentos de medición que le permiten tomar una decisión del proceso productivo, sin embargo esta clasificación no se hace de modo subjetivo por lo que directamente nos encontramos con un error de clasificación humano.

Mediante la inspección visual artificial en puntos intermedios de un proceso productivo, se pueden detectar piezas defectuosas antes de ser ensambladas, evitando el rechazo de un producto.

La visión artificial es un proceso que se produce a partir de las imágenes del mundo exterior, las cuales proporcionan una descripción que es útil para el observador y que no tiene información irrelevante (Russell & Norvig, 2004).

Un campo muy ligado a la visión artificial es el procesamiento de imágenes. Aunque ambos campos tienen mucho en común, el objetivo final es diferente (Gonzalez & Woods, 2008). El procesamiento de imagen consiste en aumentar la calidad de la imagen mejorando propiedades de color, contraste, estructura; quitando defectos; removiendo problemas por desenfoco; agregando colores a imágenes monocromáticas para su posterior interpretación (Sucar & Gómez, 2012).

La visión artificial extrae características de una imagen para su descripción e interpretación por el ordenador como pueden ser; determinar la localización y tipo de objetos en la imagen; analizar un objeto para determinar medidas y definir su calidad (González et al., 2006).

La clasificación con técnicas de visión artificial según (Vélez et al., 2003) implica las siguientes fases:

- La primera fase, consiste en la captura o adquisición de la imagen digital mediante algún tipo de dispositivo de acuerdo al objeto que se analizará.
- La segunda fase, consiste en el tratamiento digital de la imagen, con objeto de facilitar las etapas posteriores. En esta etapa de procesamiento previo es donde, mediante filtros y transformaciones geométricas, se eliminan partes indeseables de la imagen o se realzan partes interesantes de la misma.
- La tercera fase, se conoce como segmentación, y consiste en extraer las características de los elementos del objeto que interesan en la imagen.
- La cuarta fase, es la etapa de reconocimiento o clasificación en ella se pretende distinguir los objetos segmentados, con el análisis de ciertas características que se establecen para diferenciarlos.

Un sistema de visión artificial actúa sobre la representación de una realidad que proporciona información sobre brillo, colores, formas, etcétera. Estas representaciones suelen estar en forma de imágenes estáticas, escenas tridimensionales o imágenes en movimiento (Vélez et al., 2003).

Un sistema de visión artificial puede controlar la calidad de los productos procesados en la industria además de que hace posible la inspección total de la producción. La industria manufacturera necesita un estricto control de calidad al final de un proceso productivo con productos libres de defectos evitando la devolución de lotes.

Los elementos empleados en esta investigación para la implementación del sistema de visión artificial son: una plataforma informática que permite trabajar con un dispositivo de captura, software MATLAB® para la obtención de la dimensión lineal de un producto procesado y el algoritmo desarrollado. Se describe la implementación del algoritmo para obtener la dimensión lineal de la probeta en milímetros. El algoritmo tiene como entrada la imagen de la probeta, como salida la dimensión lineal en milímetros y la clasificación pasa o no-pasa. Las principales pruebas de funcionamiento se realizaron con una probeta de prueba, posteriormente con dos lotes de probetas con características similares.

2. DESCRIPCIÓN DEL MÉTODO

La estructura general del sistema la conforman los elementos mencionados en la tabla 1

Tabla 1: Elementos del sistema de inspección

Equipo	Producto
Cámara Canon EOSREBELT3	Lote 1 Probeta pigmentación café
Ordenador con Software MATLAB® R2009a	Lote 2 Probeta de pigmentación blanca
Cabina para la captura de imágenes	

La figura 1 muestra el diagrama de bloques del esquema de inspección para la clasificación de la probeta.

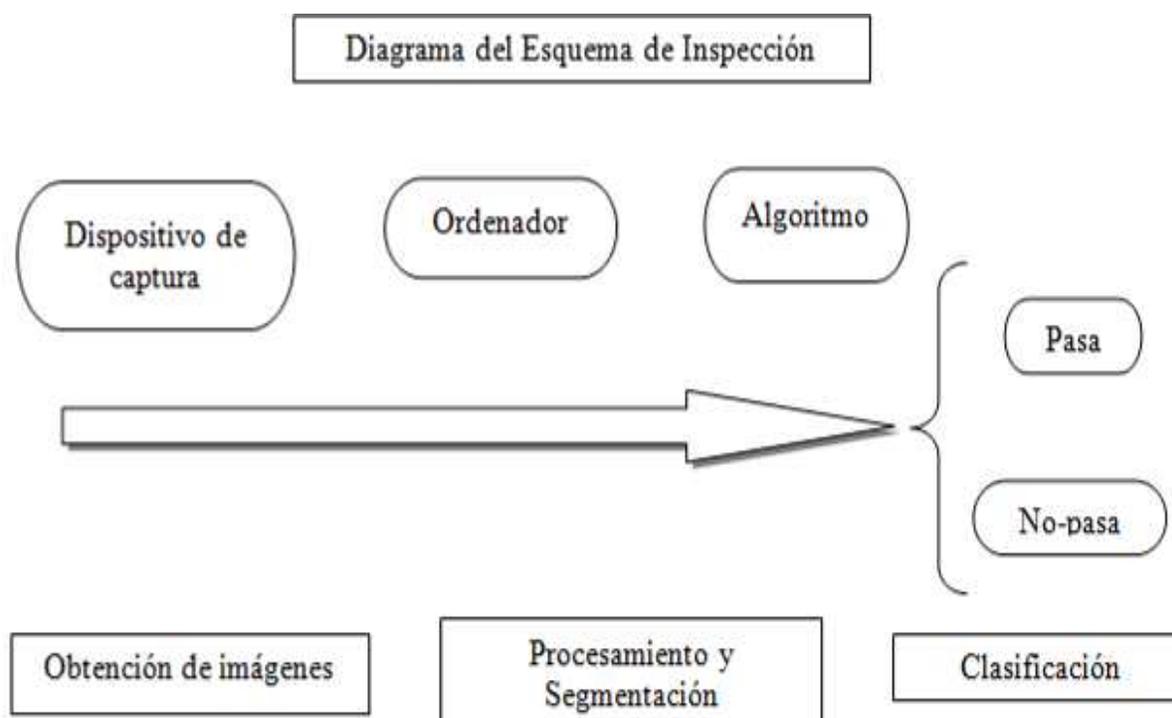


Figura 1: Diagrama del esquema de inspección con visión artificial

3. SISTEMA DE VISIÓN

Para el diseño del sistema de visión se analizó el tamaño y forma de la probeta con lo que se determinó la base para su colocación; la posición de la cámara y la ubicación de la fuente de iluminación.

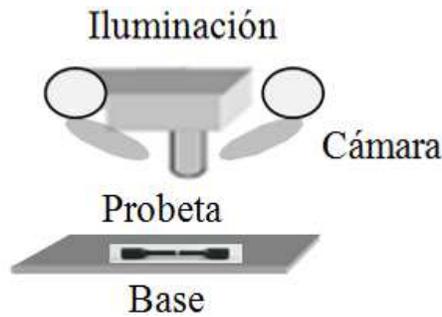


Figura 2: Diseño del sistema de visión

En la figura 2 se muestra la primer etapa de desarrollo del sistema de visión, para ajustar la cámara se analizó la resolución de la lente mediante la captura de imágenes y se determinó la distancia adecuada entre la lente de la cámara y la probeta. En base a los resultados preliminares se decidió capturar la imagen con la probeta en posición horizontal.

Para la captura de las imágenes digitales se monto la cámara en un soporte dentro de una cabina con fondo blanco mate con una fuente de iluminación blanca a una distancia fija de 17.5 cm de la probeta la base que se uso como fondo en la imagen es una hoja de papel marquilla con una superficie de 40 x 30 cm. El dispositivo de captura usado es una cámara digital marca Canon EOSREBELT3.

Las imágenes se obtuvieron de cada pieza de forma horizontal. El número total de imágenes capturadas fueron 46 se almacenaron en formato JPEG bajo las características que se mencionan en la tabla 2. La ubicación de la fuente de iluminación se determinó observando la reflexión generada por la probeta en la captura de la imagen.

Tabla 2: Características de las imágenes

Parámetros	Valores
Dimensiones	Ancho 4272 x Alto 2848 píxeles
Resolución horizontal y vertical	72 ppp
Profundidad	24 bits por píxel
Punto focal	f/4.5
Tiempo de exposición	1/160 s
Velocidad	ISO-100
Distancia focal	29 mm

4. PRUEBAS EXPERIMENTALES

Las primeras pruebas experimentales consistieron en capturar imágenes de la probeta de prueba en diferentes posiciones, sobre un fondo blanco a una distancia de 17.5 cm con una fuente de iluminación blanca, ejemplos de resultados se muestran en la figura 3.



Figura 3: Imágenes de probeta en diferentes posiciones

Una vez que se experimento con las imágenes de la probeta de prueba y se determinó que es posible saber el número de píxeles de una imagen segmentada en la región de interés (García Santillan, 2008), se efectuaron pruebas para establecer un patrón de referencia y estimar la medida de la probeta.

Las pruebas para establecer un patrón de referencia consistían en capturar imágenes de un calibrador con características conocidas sobre un fondo blanco a una distancia de 17.5 cm (figura 4) bajo las mismas características que se mencionaron en la tabla 2 para la captura de imágenes de la probeta de prueba.

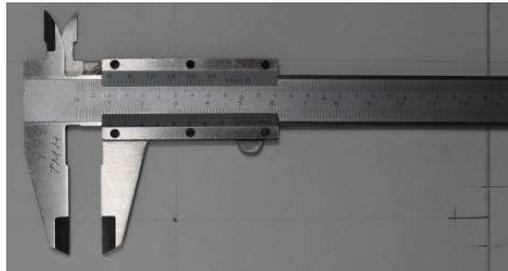


Figura 4: Calibrador

Con estos datos se obtiene una constante (X) que nos ayuda a relacionar unidades de medida con el número de píxeles obtenidos de la imagen, mediante la fórmula:

$$X = \text{unidad de medida en milímetros} / \text{medida de la imagen en píxeles}$$

Usando el software MATLAB® se proceso y segmento la imagen dentro de la región de interés como se muestra en la figura 5.

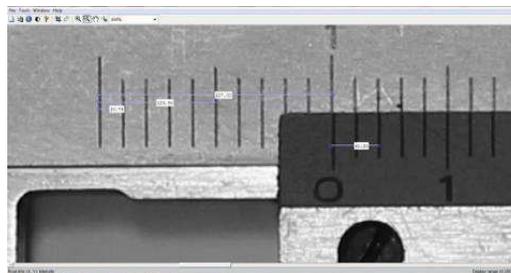


Figura 5: Dimensión en píxeles

Matlab almacena las imágenes como arreglos bidimensionales (matrices) en los cuales cada elemento de la matriz corresponde a la intensidad de un píxel de la imagen (García Santillan, 2008).

Con la foto del calibrador obtenemos la dimensión en píxeles, luego aplicamos la formula mencionada anteriormente. Las medidas obtenidas a partir de la imagen se muestran en la tabla 3.

Tabla 3: Medidas en milímetro sobre píxel

Medida en mm	PIXEL	Constante mm/P
1	20.75	0.048192771
5	103.5	0.048309179
10	207.5	0.048192771

4.1 PRUEBA DE LA CONSTANTE X

Para verificar la constante de medición X se proceso y segmento la imagen C2F-6 como se muestra en la figura 6.



Figura 6: Probeta C2F-6

Esta imagen corresponde a una de las probetas evaluadas por el Laboratorio de Metrología SEP-CRODE.CELAYA. A partir de esta imagen se obtuvo el siguiente resultado:

Longitud _ probeta = 3700 píxeles

Posteriormente, se evaluó este resultado utilizando la constante (X), el resultado se muestra en la tabla 4.

Tabla 4: Comparación de medidas

Medición	Real	Experimental
Medida de la Longitud	178.291 mm	178.313 mm

Estas pruebas se realizaron para determinar la fiabilidad de la utilización de obtener distancias mediante el número de píxeles. Una vez hechas estas pruebas se establece el patrón para las mediciones que se exploraron primero con la probeta de prueba y después con el lote 1: probetas de pigmentación café y lote 2: probetas de pigmentación blanca.

5. ALGORITMO PARA LA TRANSFORMACIÓN DE UNIDADES Y CLASIFICACIÓN DE PROBETAS

La aplicación requiere diseñar e implementar un algoritmo que proporcione información que sirva como controlador en el sistema de inspección para determinar si el producto procesado pasa o no-pasa (Peña et al., 2011).

El algoritmo usa una imagen, la imagen se captura con la cámara digital, la medida de la longitud de la probeta en la imagen se calcula en píxeles. Con esta información, el sistema genera la medición en milímetros y clasifica de acuerdo a las especificaciones del producto procesado.

5.1 PROCESAMIENTO DE LA IMAGEN

Para procesar la imagen se asigna una variable en el espacio de trabajo del software MATLAB® la cual almacena la matriz de la imagen que se procesa, entonces se comienza a eliminar la mayor cantidad de ruido existente en la imagen enfatizando las características que después se segmentarán (Ruelas Santoyo, 2011).

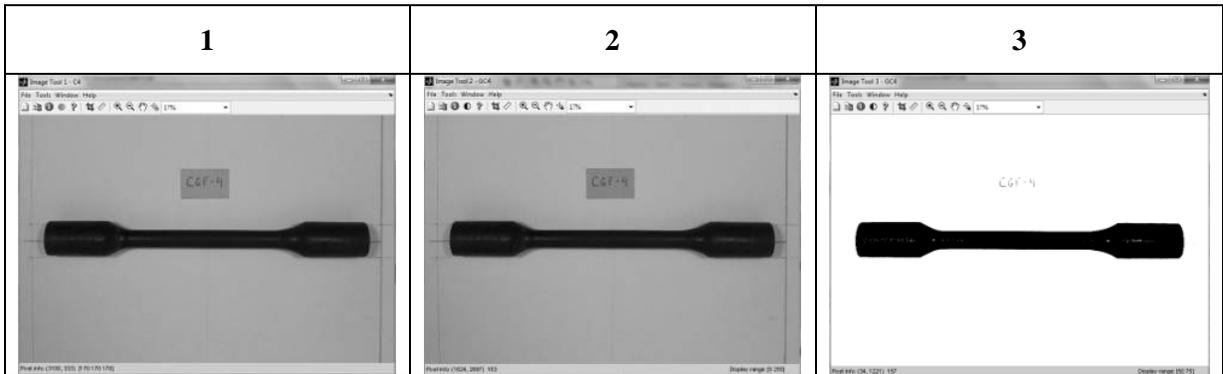
5.1.1 ALGORITMO DEL PROCESAMIENTO DE LA IMAGEN

Los resultados de los pasos para el procesamiento de la imagen se muestran en la tabla 5 y se describen a continuación:

1. Leer la imagen desde el archivo donde ha sido almacenada.

2. Convertir la imagen a escala de grises.
3. Ajustar rango de visualización para la eliminación de sombras y definición de contornos.

Tabla 5: Procesamiento de imagen en MATLAB®



5.1.2 SEGMENTACIÓN DE LA IMAGEN

Para la segmentación de la imagen se trabajó con la herramienta imtool de MATLAB® (García Santillan, 2008), la cual permite medir la longitud en píxeles de la imagen que se inspecciona como se muestra en la figura 6.

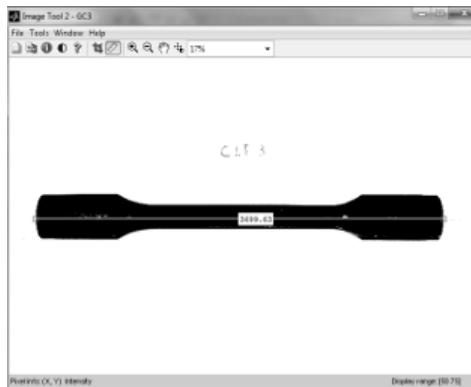


Figura 6: Segmentación de la imagen

Se determinó la distancia en píxeles de cada una de las imágenes de las probetas, estos datos se procesaron en el algoritmo creado en el software MATLAB® para obtener la medida de la longitud en milímetros de las probetas en las imágenes.

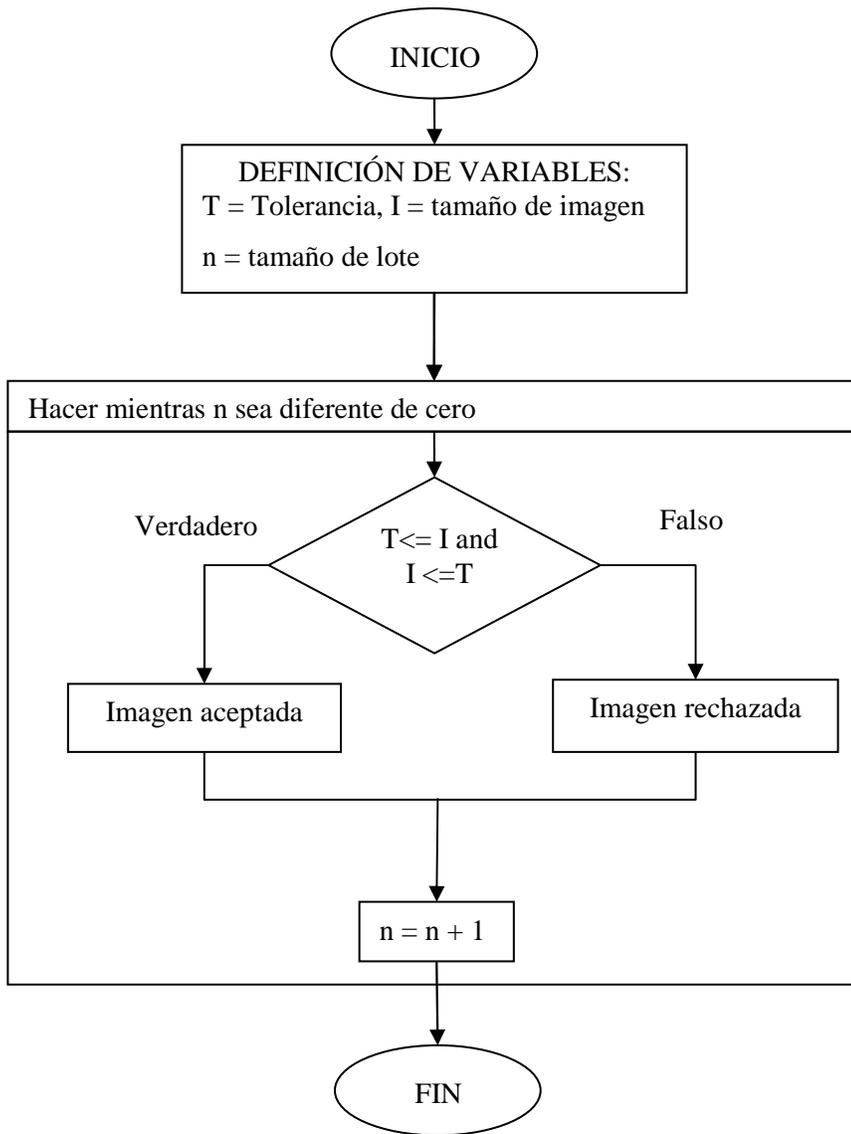
5.1.3 ALGORITMO PARA EL CÁLCULO DE LA LONGITUD DE LA PROBETA

Se programó el algoritmo en el software MATLAB®. Los pasos para el cálculo de la medida de la longitud de la probeta se describen a continuación:

1. I=patrón de referencia en mm
2. L= medida de la longitud en píxeles de la imagen
3. X =constante de medición mm/píxeles
4. P= numero de píxeles de la imagen a evaluar
5. T = P*E tamaño de la imagen en mm

5.1.4 ALGORITMO PARA LA CLASIFICACIÓN

Para la clasificación de la medida de la longitud en la imagen de cada probetas se efectuó el siguiente algoritmo en software MATLAB®. Los pasos se describen a continuación:



Los límites de tolerancias por lote empleados para la clasificación se muestran en la tabla 5.

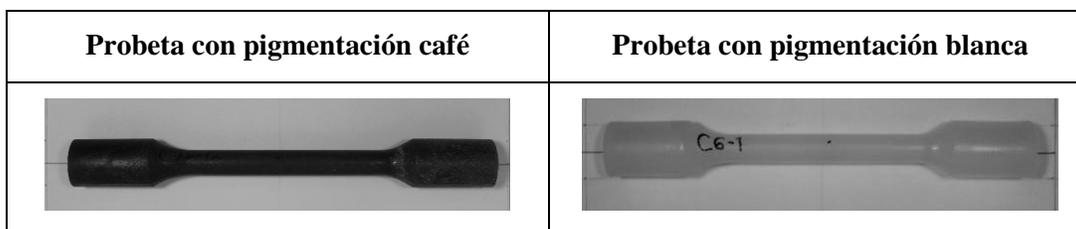
Tabla 5: Límites de Tolerancias por lote

Tolerancia Lote 1		Tolerancia Lote 2	
179.56	177.78	177.10	178.88

6. RESULTADOS EXPERIMENTALES CON PROBETAS

Para los experimentos finales se utilizaron 2 lotes de probetas, lote 1: probeta con pigmentación café y lote 2: probeta con pigmentación blanca, como se observa en la tabla 6.

Tabla 6: Pigmentación de probetas



Las medidas obtenidas mediante el sistema de visión en ambos lotes se compararon con medidas obtenidas por el Laboratorio de Metrología SEP-CRODE.CELAYA, los resultados se muestran en la tabla 7.

Tabla 7: Desviación estándar por lote

Desviación Lote 1 probetas café		Desviación Lote 2 probetas blancas	
Real	Experimental	Real	Experimental
0.53	0.41	0.63	0.51

Para determinar la precisión del sistema de visión se analizó la repetibilidad y reproducibilidad, los resultados obtenidos se muestran en la tabla 8.

Tabla 8: Análisis de repetibilidad y reproducibilidad

Análisis	Lote 1 probetas de pigmentación café	Lote 2 probetas de pigmentación blanca
Repetibilidad	0.10533	0.000005
Reproducibilidad	0.03265	0.000138
Categoría	5	72

El sistema fue implementado en el laboratorio de visión artificial como se muestra en la figura 9 se muestra la cámara a una distancia definida para la captura de la imagen en posición horizontal, la cámara transmite la imagen mediante cable USB conectada al ordenador. La fuente de iluminación se adaptó para eliminar reflexiones de la probeta.



Figura 9: Implementación del sistema de visión

El algoritmo se implementó en un ordenador de tipo LAPTOP con plataforma Windows 7, la aplicación del algoritmo se ejecuta en software MATLAB®.

7. CONCLUSIONES

El algoritmo de clasificación parte de una medida establecida por un patrón de medición. Mediante el algoritmo se determina la medida de la longitud de la probeta en milímetros.

Para que un sistema de visión artificial funcione adecuadamente se debe extraer de la imagen las características de la región de interés en el producto procesado, debido a esto durante la captura de la imagen se deben evitar sombras y brillos, mediante la colocación adecuada de la fuente de iluminación.

Se observó durante la experimentación que el sistema de visión debe estar calibrado bajo las especificaciones antes mencionadas, de este modo la clasificación se efectúa de manera precisa, la cantidad de píxeles medidos se hace con la herramienta para el procesamiento de imágenes de MATLAB®.

La visión artificial en el control de calidad se puede usar para inspeccionar cada uno de los productos procesados, en lugar de hacer muestreos aleatorios de lotes. Con este método cada inspección es realizada bajo las mismas condiciones, asegurando la repetibilidad en cada uno de los parámetros de aceptación del producto. La inspección visual artificial evita la subjetividad con lo que se obtiene niveles de calidad consistentes en todos los productos procesados.

REFERENCIAS

- García Santillan, I. D. (2008). *Vision artificial y procesamiento digital de imagenes usando MATLAB*. Ecuador: Ibarra.
- González Marcos, A., Martínez de Pisón Ascacíbar, F. J., Pernía Espinosa, A. V., & Alba Elías, F. (2006). *Técnicas y algoritmos básicos de visión artificial*. España: Universidad de la rioja.
- Gonzalez, R. C., & Woods, R. E. (2008). *Digital Image Processing*. New Jersey: Prentice Hall.
- Peña Cabrera, M., Lopez Juarez, I., Cortes, B., Martinez, S., Vazquez Lopez, A., & Sergiyenko. (2011). *Machine Vision Approach for Precise Cutting in the Cheese Production of Packed Portions*. En S. P. Werther, *Process Control: Problems, Techniques and Applications* (págs. 149-166).
- Ruelas Santoyo, E. (19 de Enero de 2011). *Guía Técnica. Procesamiento de imagenes en Matlab*. Celaya, Guanajuato, Mexico.
- Rusell, S. J., & Norvig, P. (2004). *Inteligencia Artificial un enfoque moderno*. Madrid: Prentice Hall.
- Sucar, E. L., & Gómez, G. (Agosto de 2012). *vision computacional*. Recuperado el 20 de Octubre de 2012, de <http://ccc.inaoep.mx/~esucar/Libros/vision-sucar-gomez.pdf>
- Vélez Serrano, J. F., Moreno Díaz, A. B., & Sanchez Calle, Á. (2003). *Vision por computador*. Recuperado el 16 de Octubre de 2012, de *Vision por computador*: <http://www.terra.es/personal/jfvelez/libro2/libro.html>

Authorization and Disclaimer

Authors authorize LACCEI to publish the paper in the conference proceedings. Neither LACCEI nor the editors are responsible either for the content or for the implications of what is expressed in the paper.