

CONTROL DE CALIDAD DE QUEQUES EN LA ETAPA DE PRE ENVASADO USANDO VISIÓN COMPUTACIONAL

Beymar Castañeta Quisbert
Carrera de Ingeniería Mecatrónica
La Paz, Bolivia
cqbeymar@gmail.com

QUALITY CONTROL OF CUPCAKES IN THE PRE-PACKAGING STAGE USING COMPUTER VISION

Resumen:

El control de calidad en alimentos cada día se va haciendo más necesario, debido a que van apareciendo más industrias dedicadas a este rubro, donde ya no solo se pueden competir por el precio de los productos, entonces se compite por la calidad del producto final que va directamente al consumidor, es por eso que se necesita un sistema que realice el control de calidad de los productos antes de su envasado. Un sistema automatizado por visión computacional resulta menos costoso con el tiempo, es más seguro, es más flexible, es más rápido y al tratarse de una máquina esta no se cansa al realizar la labor. El procesamiento de imagen y el análisis de imágenes son fundamentales para la visión computacional. El presente trabajo tiene por objetivo proponer una solución para el control de calidad de queques en la industria alimenticia por medio de un sistema de visión computacional. En cuanto al sistema, estará compuesto de adquisición de imagen, preprocesamiento, segmentación del área de interés, análisis de color y aplicación del filtro gabor para encontrar fallas.

Palabras Claves:

Análisis de imágenes, adquisición de imágenes, pre procesamiento, extracción de características usando segmentación, productos alimenticios.

Abstract- The quality control in food every day is becoming more necessary, because they are appearing more industries dedicated to this area,

where you can not only compete for the price of products, then you compete for the quality of the final product. goes directly to the consumer, that's why you need a system that performs quality control of the products before packaging. An automated computer vision system is less expensive over time, it is safer, it is more flexible, it is faster and because it is a machine it does not get tired when doing the work. Image processing and image analysis are fundamental for computational vision. The objective of this work is to propose a solution for the quality control of queques in the food industry through a computer vision system. As for the system, it will be composed of image acquisition, preprocessing, segmentation of the area of interest, color analysis and application of the gabor filter to find faults.

Keywords- Image analysis, image acquisition, pre-processing, feature extraction using segmentation, food products.

I. INTRODUCCIÓN

A la hora de envasar productos alimenticios es muy importante que estos estén en muy buena calidad y que el empaque sea el adecuado para cada tipo de producto. El control de calidad es muy importante en la industria alimenticia, debido a que el usuario siempre espera encontrar un producto en buena calidad al abrir el envase, el hecho de que el producto

cuenta con un control de calidad bueno permite que la industria sea reconocida y pueda fidelizar a sus clientes a través de la calidad de sus productos, entonces este control de calidad es importante para que la industria pueda seguir creciendo.

Los queques son envasados en envasadoras horizontales entrando uno a uno en la maquina envasadora, la cual los empaqueta y posteriormente son metidos en cajas para su venta. Es en este lugar del proceso es donde se realiza un control de calidad de los productos (control de calidad pre envasado), generalmente esta labor está a cargo de un trabajador de la empresa, el cual revisa uno a uno los queques que entran en la maquina envasadora, viendo que estos estén en un buen estado, este trabajo se realiza 8 horas al día y 16 horas aproximadamente si es que se trabaja en doble turno, lo que hace que sea un trabajo poco ergonómico y cansador, por lo que la persona puede cometer un error al realizar el control de calidad por distracción o por cansancio.

Las maquinas envasadoras, envasan de 40 a 80 queques por minuto (cada una), lo que quiere decir que es esencial que la inspección de los productos sea rápida. La decisión de una persona al decidir si un producto está en buen estado o no, es una variable que puede causar problemas, es costosa y consume tiempo.

El realizar un sistema de control de calidad automatizado por medio de visión computacional es una solución perfecta para este caso, realizando el control de calidad más rápido, de manera más segura y sin exponer a las personas a un trabajo poco ergonómico que puede causarles problemas en un futuro.

La visión computacional puede solucionar estos problemas de manera continua y confiable por medio de algoritmos matemáticos y siendo un sistema no intrusivo. Los componentes básicos usados en un sistema de visión computacional son focos o lámparas led que dotan de luz constante al sistema para la captura de fotos, una cámara, la computadora y el hardware.

La herramienta usada para realizar el procesamiento de imágenes era MatLab 2018, por medio de este software podremos realizar todos los procesos que necesite nuestro sistema. Los datos a tomar en cuenta para realizar el control de calidad serán los siguientes:

- El análisis de color en los queques para determinar si falta algún pedazo
- Filtro Gabor para determinar si el queque se encuentra partido
- Velocidad de inspección

El objetivo principal es realizar el diseño, implementar y verificar el sistema de visión computacional para control de calidad.

II. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1 Sistema de visión computacional

El software usado en este proyecto fue MatLab con el sistema operativo Windows, Matlab usa un lenguaje que nos permite procesar imágenes de forma matemática para que podamos tener los resultados deseados. Se realizaron varios pasos en el sistema, estos se describen a continuación:

2.1.1 Adquisición de imagen

Para realizar la adquisición de imágenes utilizamos la cámara Logitech C270, que es una cámara de 3 Mega Píxeles, la cual nos da varios formatos de imagen con los que podemos trabajar, en este caso tomamos fotos 1280x720 RGB

Voltaje de alimentación: 5 VDC
Consumo de corriente: 500 mA



Fig. 1. Logitech C270

2.1.2 Dimensionamiento de la imagen

Realizamos un dimensionamiento o *re size* de la imagen, debido a que esta es muy grande para trabajar y serian muchos pixeles para procesar.

El hecho de procesar mas pixeles conlleva más tiempo, pero a la vez se puede procesar a más detalle, por otro lado, si se procesan menos pixeles, se puede hacer un procesamiento más rápido de las imágenes, pero con menos detalle, el número de pixeles a procesar en cada caso debe ser de acuerdo a la necesidad y a la aplicación para la cual se dimensione el sistema de visión computacional.

En este caso reducimos el tamaño de la imagen, pues aun así tendremos un resultado óptimo después de procesas las imágenes.

Utilizamos un *re size* de 0.5 para reducir la imagen pixelada, esto quiere decir que:

$$1280 \times 0.5 = 640 \text{ (para el eje X)}$$

$$720 \times 0.5 = 360 \text{ (para el eje Y)}$$

Entonces se trabajó sobre una imagen 640x360 RGB.

2.1.3 Filtro Gaussiano

El segundo paso que se aplicó a la imagen es procesarla por medio de un filtro Gaussiano, antes de aplicar el filtro se realizó el conteo de los valores con más reincidencia en los planos Red, Green y Blue (RGB), a la vez se encontró la varianza de las mismas, que es un dato que se usó en el filtro Gaussiano que se aplicó.

Es así que se pudo encontrar los valores que más se repiten en la imagen y sus respectivas varianzas, los datos que se obtuvieron fueron los siguientes:

RED

Valor con más reincidencia: 113

Varianza: 50

GREEN

Valor con más reincidencia: 125

Varianza: 30

BLUE

Valor con más reincidencia: 130

Varianza: 20

Con estos datos se procedió a pasar la imagen por el Filtro Gaussiano.



Fig. 2. Campana de Gauss que representa el Filtro Gaussiano

Tras realizar pruebas procesando las capturas por medio del Filtro Gaussiano, se pudo apreciar que el color más dominante en las capturas era el color rojo, entonces se puso más énfasis en este, los resultados que se obtuvieron fueron los siguientes:

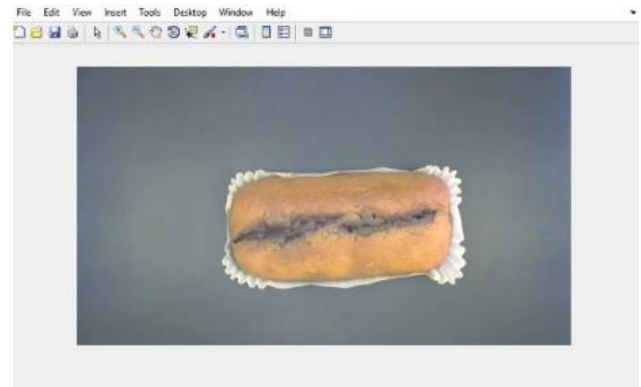


Fig. 3. Captura de una imagen del queque a analizar

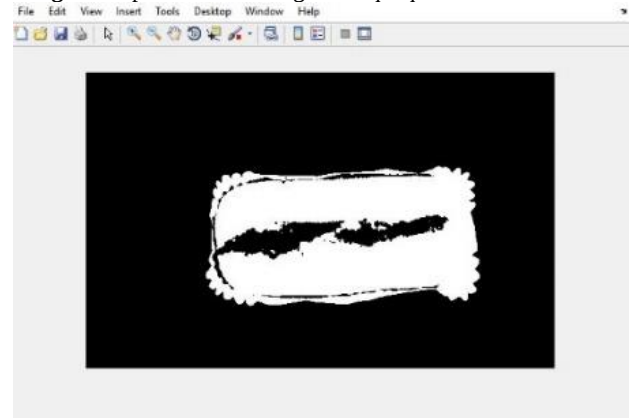


Fig. 4. Imagen después de ser procesada por el Filtro Gaussiano

En la figura 4 se puede apreciar el resultado que se obtuvo por medio del Filtro Gaussiano, procesando cada pixel y si este se encontraba entre los límites establecidos por un algoritmo, se le designaba un valor 1 (blanco) debido a que en el procesamiento de imágenes por computadora se trabaja con 1 y 0 (blanco y negro respectivamente).

2.1.4 Detección del ROI

Al tener la imagen en blanco y negro (0 y 1), se puede encontrar el área de interés ROI en la imagen. Esto es necesario debido a que, si procesamos toda la imagen, se está procesando datos que no son innecesarios para nuestro fin, pero si encontramos el área de interés podemos procesar los datos que realmente nos interesan. Para esto antes de hacer la detección del ROI, se realizó un procesamiento de la imagen por medio de operaciones morfológicas, para eliminar el ruido de la imagen.

Los resultados que se obtuvieron son los siguientes:

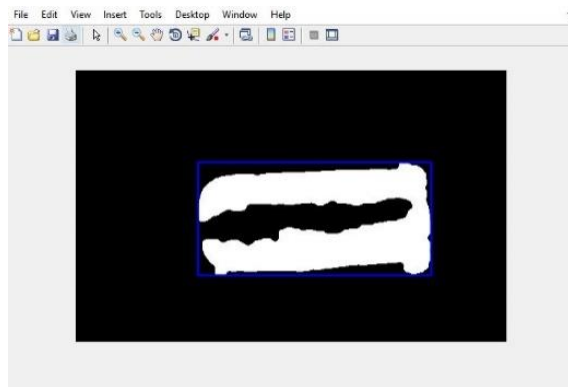


Fig. 5. Imagen después de ser procesada por medio de operaciones morfológicas y el ROI enmarcado

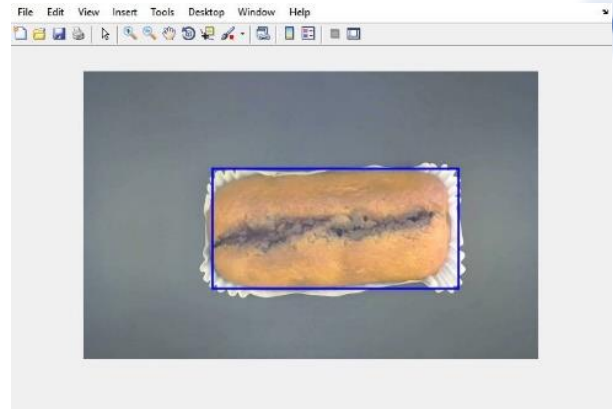


Fig. 6. Detección del ROI enmarcado en la imagen original

Una vez detectado el ROI podemos empezar a procesar la imagen que nos interesa, por medio de los logaritmos matemáticos empleados en este proyecto.

2.1.5 Filtro Gabor

El filtro Gabor es usado para reconstrucción de huellas dactilares, también es usado para reconstrucción de imágenes de acuerdo a las variables que se manejan, se puede usar este filtro para diferentes fines. En este proyecto se usó para determinar los lugares de rupturas de quesos.

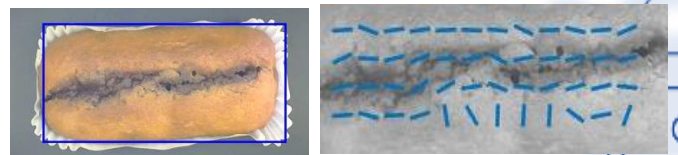
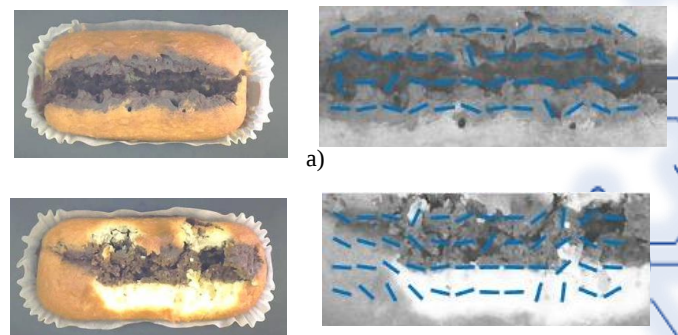


Fig. 7. Resultado después de aplicar el Filtro Gabor en la parte central del ROI en un queque en buen estado



b)

Fig. 8. a) Resultado después de aplicar el Filtro Gabor en la parte central del ROI en un queque abierto
b) Resultado después de aplicar el Filtro Gabor en la parte central del ROI en un queque incompleto

En la figura 7 y la figura 8 podemos apreciar los resultados después de aplicar el Filtro Gabor, nos centramos en los ángulos entre las líneas generadas con respecto al eje X, de esta manera determinaremos si un queque está en buen estado o mal estado, debido a que los queques en mal estado presentan ángulos diferentes a un queque en buen estado.

2.1.6 Filtro de color

El filtro de color es uno de los más utilizados en la visión computacional, esto debido a que es muy versátil en cuanto a sus aplicaciones. En este proyecto se usó para encontrar los queques incompletos. Los queques que están incompletos presentan colores amarillos en la imagen, es por eso que se tomaron como dato para poder inspeccionar estos productos.

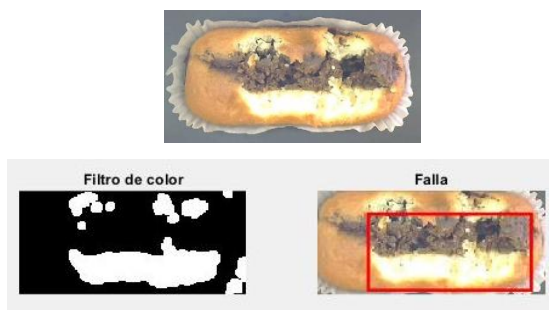


Fig. 9. Queque en mal estado y la detección de las partes faltantes por medio del filtro de color

En la figura 8 se aprecia como por medio del Filtro de Color podemos encontrar un queque en mal estado

2.2 Sistema Electrónico

Para realizar la parte de control de este proyecto se usaron los siguientes componentes:

- Arduino UNO

- Sensor foto eléctrico difuso reflectivo NPN
- Relé industrial de 24 VDC
- Transistor BC558 PNP
- Resistencias: 1 x 10 K
- 1 x 3.3 K
- 1 x 1 K
- 3 x 220
- Regulador de voltaje 7805
- Optoacoplador MOC3020
- 2 x Optoacoplador PC817
- Cables para realizar el circuito
- Fuente de 24 VDC

2.2.1 Arduino y su programación

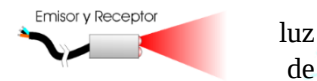
En este proyecto se utilizó el Arduino UNO para leer la señal que manda el sensor foto eléctrico (es la señal que indica cuando se debe tomar una foto) y también se lo uso para señales de salida, una para activar y detener la cinta transportadora (para que la cámara pueda sacar una foto con menor ruido) y otra para controlar un actuador neumático que expulsa los queques malos de la línea de producción.



Fig. 10. Arduino Uno

2.2.2 Sensor foto eléctrico difuso reflectivo

Es un sensor fotoeléctrico reflectante, que contiene un transmisor y un receptor en una sola carcasa. El sensor emite un haz de luz hacia un objetivo distante, que actúa como un reflector, volviendo parte de la luz transmitida al sensor. El receptor detecta la cantidad de luz reflejada por el objetivo, activando el sensor cuando la intensidad de la luz alcanza un valor umbral.



Generalmente se alimenta con 24 VDC y tiene salidas NPN o PNP.



Fig. 11.
Funcionamiento de un sensor foto eléctrico difuso reflectivo

Se uso este sensor para conocer cuando un queque ingresa al sistema, entonces esta señal pasa por un circuito que transforma la señal NPN de 24 VDC a 5 VDC PNP que es la señal que podemos usar para energizar un optoacoplador PC817 y de esta manera poder mandar un dato de 5VDC a un pin del Arduino UNO. Una vez que el Arduino recibe esta señal, espera un tiempo “Delay por Millis (tic toc)” para parar la cinta transportadora. Se repite este proceso cada vez que el sensor detecta un queque en el sistema.

2.2.3 Relé industrial de 24 VDC

Se utilizó un relé de 24 VDC con la configuración contacto seco NA para poder energizar o apagar la cinta transportadora en el momento necesario para que la cámara de nuestro sistema de visión computacional pueda sacar una captura de imagen optima y sin ruido.

Se energizo este relé por medio de una opto acoplador PC817 que fue activado por un pin de salida de Arduino Uno, este fue programado por Matlab para realizar esta labor.



Fig. 12. Relé industrial 24 VDC NA/NC

2.2.4 Circuito de control y potencia

El circuito usado en este proyecto consta de

parte de control y parte de potencia, por lo que estas deben estar debidamente separadas, utilizaremos 3 voltajes en este circuito:

- 5 VDC: Son todas las señales que utiliza el Arduino, tanto de entrada como de salida.
- 24 VDC: Es el voltaje de alimentación para sensores y energización del relé que trabaja con este voltaje.
- 220 VCA: Usaremos este voltaje para energizar la electroválvula que controla el cilindro neumático para la expulsión de queques en mal estado.

Para realizar este circuito se utilizó una separación galvánica por medio de los optoacopladores MOC3020 y PC817, el primero para el Voltaje 220 VAC que se usó para energizar una electro-válvula y el PC817 para los voltajes 5 VDC y 24 VDC.

La separación galvánica del circuito, se refiere a que se dividió el circuito por medio de los opto acopladores en parte de control y parte de potencia, siendo estos una barrera que protege a nuestro controlador de voltajes o corrientes que los pueden llegar a dañar.

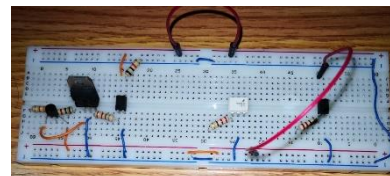


Fig. 13. Protoboard con circuito de control del sistema de visión computacional

2.3 Sistema mecánico

Para realizar el diseño de las partes mecánicas complementarias a la estructura de este proyecto, se utilizó el software Inventor.

Las partes que se diseñaron fueron las siguientes:

- Caja para toma de fotos
- Soporte para cilindro neumático
- Paleta para rechazador neumático

2.3.1 Diseño de caja para adquisición de fotos

El diseño de esta caja y su posterior fabricación fueron muy importantes en el proyecto, debido a que es en este lugar donde se albergan, el sensor foto eléctrico, los focos LED para dotar de iluminación a el interior de la caja y también en este lugar es donde se ubica la cámara que es la que captura fotos para posteriormente ser procesada. Esta caja fue diseñada en base a la cinta transportadora sobre la cual se desarrolló el sistema.



Fig. 14. Cinta transportadora y caja diseñada para la iluminación y adquisición de fotos.

La caja cuenta con dos orificios para los focos LED, un orificio en el centro para la cámara y un orificio en el lateral para poder sujetar el sensor foto eléctrico. Esta pieza debe ser fabricada en una plancha de 1.5 mm de acero inoxidable para su utilización en una planta de alimentos.

2.3.2 Diseño de soporte para cilindro y rechazador.

El diseño del soporte y del rechazador para el cilindro neumático, se realizó para poder implementar el cilindro a la estructura de la cinta transportadora.

A continuación, se ven las dos piezas diseñadas y con las medidas para su fabricación, es importante que estas sean de acero inoxidable con calidad alimenticia.

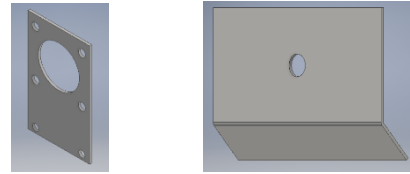


Fig. 15. Soporte para cilindro neumático y rechazador para acoplar a cilindro

Las dos piezas mostradas anteriormente deben ser fabricadas a base de una plancha de 2 mm de acero inoxidable.

2.4 Sistema neumático

El sistema neumático consta de:

- 1 cilindro neumático doble efecto 6 Bares / 60 mm / 150 mm
- 1 válvula con 5/2 vías accionamiento eléctrico retorno a muelle
- 1 unidad de mantenimiento
- 1 compresora que libera 6 bares de aire comprimido

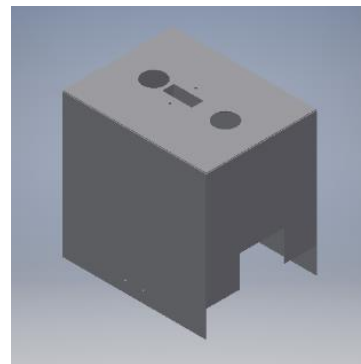
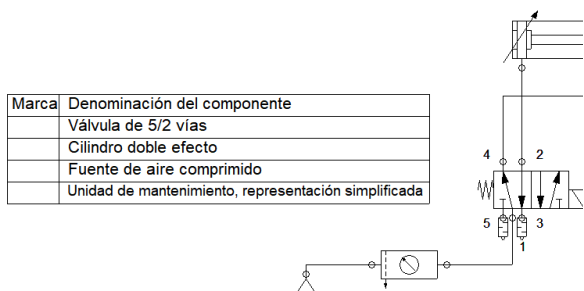


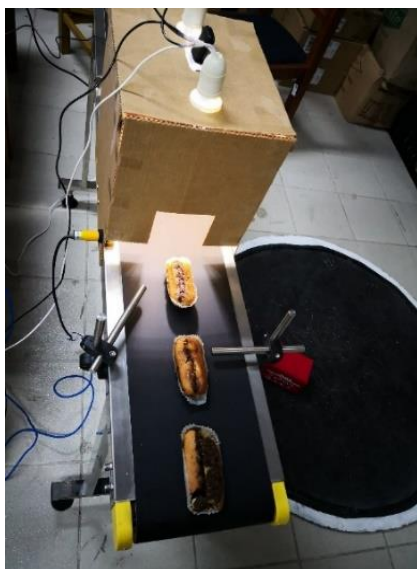
Fig. 16. Componentes neumáticos usados en el sistema

A continuación, se observa el circuito neumático utilizado para este proyecto, este es energizado por la señal que el Arduino provee cuando el sistema encuentra un queque en mal estado, entonces se acciona el cilindro una vez por cada queque en mal estado encontrado.

**Fig. 17.** Circuito neumático y lista de piezas realizado en FluidSIM

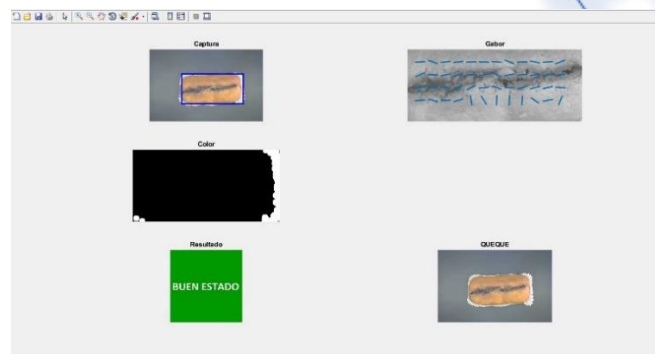
2.5 Sistema completo

A continuación, se mostrarán fotos tomadas del prototipo de la máquina.

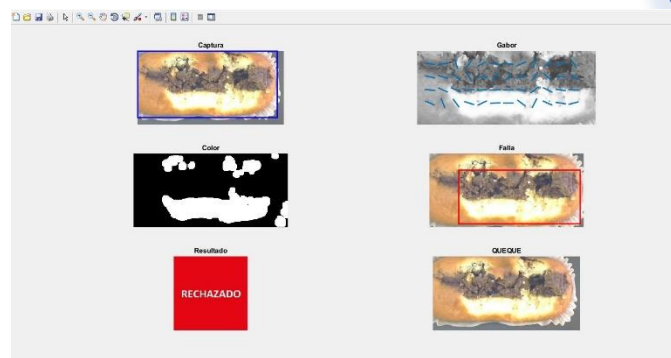
**Fig. 18.** Queques ingresando al sistema**Fig. 19.** Sistema completo

III. RESULTADOS

El sistema nos devuelve un resultado final fácil de interpretar por el usuario, con una precisión del 90 %, en este existen dos opciones “Buen Estado” y “Rechazado”, a la vez el sistema nos devuelve una señal de control que puede ser usada para accionar un dispositivo industrial.



a)



b)
Fig. 9. a) Resultado final mostrado en pantalla “Buen Estado”
b) Resultado final mostrado en pantalla “Rechazado”

En la figura 9 a) podemos ver que el resultado final es “Buen Estado” enmarcado en verde, esto debido a que al queque no le falta ningún pedazo y tampoco se encuentra abierto por el medio. Por otro lado, en la figura 9 b) se ve el resultado “Rechazado” enmarcado en rojo, esto debido a que al queque le falta un pedazo por lo que no puede ser envasado, si el queque se encontrara partido el resultado sería el mismo.

IV CONCLUSIONES

En el presente artículo se explicó el sistema de visión computacional para realizar el control de calidad de queque en la industria alimenticia. La aplicación fue realizada en MatLab en Windows. El sistema logro el objetivo planteado de realizar el control de calidad de queques con un 90% de precisión, realizando el discernimiento entre queques en buen estado, queques con pedazos faltantes y queques abierto por el medio.

Es un sistema fácil de usar por el usuario y los resultados son fáciles de interpretar, este sistema permite realizar el control de calidad de manera fácil y deja de exponer a los trabajadores a trabajos poco ergonómicos, es más rápido y resulta ser eficiente en costos para la empresa a mediano plazo.

La visión computacional provee en la industria alternativas que pueden reemplazar trabajos mejorando su eficiencia y de manera

más rápida, es una solución ideal que solo genera beneficios para sus usuarios.

RECONOCIMIENTOS

Totalmente agradecido al Msc. Ing. Marcelo Saavedra Alcoba por el apoyo incondicional y el excelente consejo profesional que apporto para la realización de este proyecto.

REFERENCIAS

- [1] Sapan Naik, Bankim Patel (2017). Machine vision based Fruit Classification and Grading. International Journal of Computer Applications, 170(9), 23 – 24
- [2] Archana A. Bade, Manisha P. Dale y Jemshid K. K (2016). Quality assessment of biscuits using computer vision. ICTACT JOURNAL ON IMAGE AND VIDEO PROCESSING, 7, 1286-1296
- [3] Tadhg Brosnan y Da Wen Sun (2004). Improving Quality Inspection of Food Products by Computer Vision- A review. Journal of Food Engineering, 61(1), 3-16
- [4] V. Gokmen, H. Z. Senyuva y B. Dulek, A. E. Cetin (2007). Computer vision-based image analysis for the estimation of acrylamide concentrations of potato chips and french fries. www.elsevier.com/locate/foodchem, 1, 791 – 798
- [5] C.J. Du, Q Cheng y D.W. Sun (2012). Computer Vision in the Bakery Industry, A volume in Wood head Publishing Series in Food Science, Technology and Nutrition, 422 – 450

RECEPCION: 04/02/2019
APROBACION: 08/03/201