

# **SISTEMA DE ILUMINACIÓN Y AISLAMIENTO PARA ADQUISICIÓN IMÁGENES DE CONTROL DE CALIDAD DEL JITOMATE**

## *LIGHTING AND INSULATION SYSTEM FOR ACQUISITION QUALITY CONTROL IMAGES OF THE TOMATO*

### ***Marcos Jesús Villaseñor Aguilar***

Tecnológico Nacional de México en Celaya, México  
*mavillasenor@itess.edu.mx*

### ***Alejandro Israel Barranco Gutiérrez***

Tecnológico Nacional de México en Celaya, México  
*Israel.barranco@itcelaya.edu.mx*

### ***José Alfredo Padilla Medina***

Tecnológico Nacional de México en Celaya, México  
*alfredo.padilla@itcelaya.edu.mx*

### ***Micael Gerardo Bravo Sánchez***

Tecnológico Nacional de México en Celaya, México  
*gerardo.bravo@itcelaya.edu.mx*

### ***Coral Martínez Nolasco***

Tecnológico Nacional de México en Celaya, México  
*coral.martinez.@itcelaya.edu.mx*

**Recepción:** 25/septiembre/2019

**Aceptación:** 14/noviembre/2019

## **Resumen**

El estudio de calidad de jitomate ha tomado relevancia por su contenido de antioxidantes para combatir enfermedades, esto permite la creación de diferentes productos derivados de esta hortaliza. En este trabajo se presenta una comparación de los sistemas de aislamiento e iluminación para la adquisición de imágenes del jitomate. El método empleado para el desarrollo de este fue integrado por tres fases que son: (1) la de selección de la plataforma de procesamiento, (2) la implementación de los subsistemas de aislamiento e iluminación, (3) la del algoritmo de adquisición de datos. Las dos configuraciones de iluminación utilizadas en este trabajo fue la de geometría de anillo y difusa. Una parte esencial para una buena

operación del sistema de adquisición de imágenes es la configuración de iluminación difusa. Se identificó que la mejor iluminación para la adquisición de imágenes del jitomate fue la de iluminación difusa. Cabe resaltar que la elección de la Raspberry Pi 3 facilitó el desarrollo del algoritmo por el uso del lenguaje de programación Python y las librerías de OpenCV.

**Palabra(s) Clave:** Imagen, Iluminación, Jitomate

## **Abstract**

*The tomato quality study has become relevant for its antioxidant content to fight diseases, this allows the creation of different products derived from this vegetable. This paper presents a comparison of the isolation and lighting systems for the acquisition of tomato images. The method used for the development of this was integrated by three phases that are: (1) the selection of the processing platform, (2) the implementation of the insulation and lighting subsystems, (3) that of the acquisition algorithm of data. The two lighting configurations used in this work were that of ring and diffuse geometry. An essential part for a good operation of the image acquisition system is the diffuse lighting configuration. It was identified that the best lighting for the acquisition of tomato images was diffuse lighting. It should be noted that the choice of the Raspberry Pi 3 facilitated the development of the algorithm by the use of the Python programming language and OpenCV libraries.*

**Keywords:** Image, Lighting, Tomato

## **1. Introducción**

En la actualidad la calidad del jitomate es asociada a las propiedades internas y externas como son: la apariencia, el color, la textura, el valor nutricional, la composición interna, el sabor y el aroma [Hashimoto et al., 2017]. La medición de esta ha permitido la integración de Sistemas de Visión Computacional (SVC) que facilitan identificar los grados de madurez, los daños y propiedades nutricionales del jitomate [Villaseñor et al., 2019].

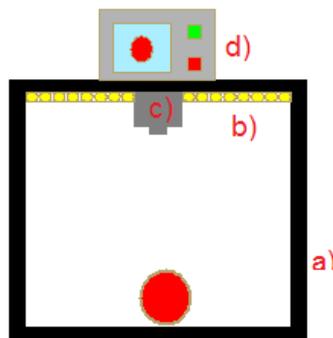
Ha tomado gran relevancia la calidad el jitomate por la diversidad de productos que se pueden crear con este como son: suplementos, malteadas, productos clínicos,

proteínas, cátsup, puré, pastas, salsa, jugos, suplementos y fresco. Esto se debe a su contenido de potasio, hierro, antioxidantes como el Licopeno conjuntamente vitamina A, C, E y K [Arias et al., 2000] y [da Costa et al., 2019].

Los SVC tienen como finalidad emular el comportamiento de la visión humana, estos permiten automatizar tareas de inspección de calidad de alimentos empleando características como forma, color y tamaño del fruto [Sehgal, 2015]. Una parte fundamental de los SVC es la plataforma de desarrollo que es la encargada del procesamiento de las imágenes, el control de los diferentes periféricos y la operación del interfaz de usuario [Pagnutti, 2017].

Los SVC están integrados por los subsistemas:

- Aislamiento.
- Iluminación.
- Adquisición de imágenes.
- Procesamiento de imágenes como se muestra en la figura 1.



*Fuente: Elaboración propia.*

Figura 1 Sistema de visión computacional.

El primero permite aislar cualquier perturbación de iluminación del medio ambiente, el segundo mantiene la iluminación constante sobre la muestra, el tercero obtiene las imágenes de la muestra, y el último obtiene características como ecualización de histogramas, resaltado de bordes, segmentación, etiquetado de componentes y madurez del tomate [Acosta, 2014], [Gill, 2015] y [Zhang, 2014].

Se han realizado diferentes investigaciones sobre el desarrollo de sistemas de adquisición de imágenes.

Guerrero et al. 2014 reportaron un sistema que utilizó la cámara CMUCAM3, una pantalla de visualización, dos microprocesadores que fueron LPC2106 de 60 MHz y el ATMEGA 2560 de 16 MHz. El sistema de adquisición tiene la capacidad de analizar 7.14 imágenes por segundo, almacenar 2.6 imágenes por segundo y visualizar una imagen cada 3.4 s.

Delgado et al. 2016 realizaron una propuesta similar que fue implementada en un arreglo de compuertas reconfigurable (FPGA), la adquisición de las imágenes fue por medio del sensor óptico cámara OV7670; este fue configurado empleando el Bus de Control de Cámara Serial OmniVision (SCCB).

Bautista et al. 2016 desarrollaron un sistema de clasificación de granos de café que fue implementado en una Raspberry Pi B, la discriminación de las muestras se realizó por medio de los histogramas.

Gastélum et al. 2018 reportaron un sistema de adquisición de imágenes que determina la madurez y el Licopeno en el jitomate. La adquisición de las muestras fue realizada con una cámara Nikon D3200 y una cabina fotográfica. El subsistema de procesamiento de imágenes fue implementado empleando una computadora con un CPU Intel Core i7 3632QM @2.20 GHz con 16 GB de memoria RAM.

En este trabajo se reporta la propuesta de un sistema de adquisición de imágenes de jitomate que reduce la saturación y reflejo ocasionados por el subsistema de iluminación. Para el desarrollo de este se evaluaron las geometrías de iluminación de anillo y difusas que son empleadas en los sistemas de calidad de alimentos. La principal contribución de este trabajo es la propuesta de un sistema portable de adquisición de imágenes del jitomate que reduce los reflejos y saturación de pixeles de las imágenes capturadas. Este tiene como ventaja su facilidad de uso, su núcleo de lenguaje es pequeño y puede emplear diferentes librerías desarrolladas para Python.

## **2. Desarrollo**

### **Hardware**

La Raspberry Pi es una microcomputadora que emplea el sistema operativo Raspbian que es una versión de GNU / Linux. Esta utiliza Broadcom SoC, que

contiene una GPU Videocore4 y un CPU ARM Corteza A53. de 64 bits que funciona a 1.2 GHz con 1 GB de RAM. La Raspberry Pi fue seleccionada por su interfaz de cámara que es compatible con el módulo cámara V2 de 8 MPx. En la figura 2 se muestra la Raspberry Pi 3 y módulo cámara V2.



*Fuente: Elaboración propia.*

Figura 2 Raspberry Pi 3 y módulo de la v2.

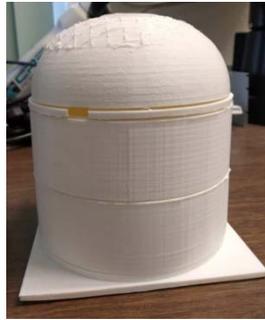
### **Subsistemas de aislamiento e iluminación**

La segunda fase consistió en construir el subsistema de aislamiento e iluminación con la finalidad de reducir los cambios de iluminación sobre las muestras. Se emplearon dos tipos de subsistemas de aislamiento como se muestran en las figuras 3 y 4. El primero está integrado por un gabinete negro de dimensiones 38 x 38 x 43 cm este utilizó la geometría de iluminación tipo anillo de 23 de diámetro cm. El segundo empleó la iluminación de luz difusa, su estructura del subsistema de aislamiento se construyó con un cilindro y domo blanco ambos con radio de 7.5 cm, sus alturas son 10 y 7.5 cm respectivamente.



*Fuente: Elaboración propia.*

Figura 3 Sistema de aislamiento utilizado por la configuración de anillo.

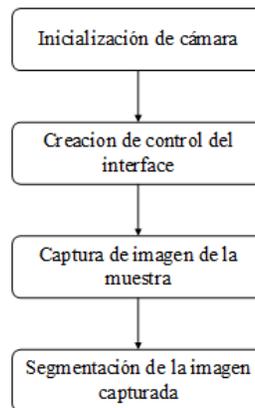


Fuente: Elaboración propia.

Figura 4 Sistema de aislamiento utilizado por la configuración de luz difusa.

### Algoritmo de adquisición de datos

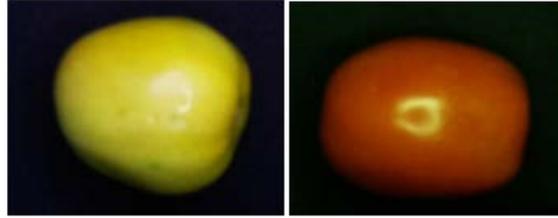
El algoritmo de adquisición de dato propuesto está integrado por 4 fase como se muestra en la figura 5. En la primera se inicializa la cámara empleando una resolución 640 x 480. La segunda fase genera los controles de segmentación de imágenes. La tercera fase es la encargada de la segmentación de la imagen empleando una máscara con el modelo de color HSV. En la última se realiza la captura de la imagen.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 5 Fases del algoritmo de adquisición de imágenes del jitomate.

Se adquirieron imágenes de varias muestras empleando el sistema de iluminación de geometría tipo anillo como se muestra en la figura 6. Posteriormente, se utilizó el mismo algoritmo empleando el sistema de iluminación difuso como se muestra en la figura 7. Donde se puede observar que la superficie y la forma del jitomate afecta la adquisición de las imágenes.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 6 Muestras adquiridas empleando el sistema de iluminación de anillo.

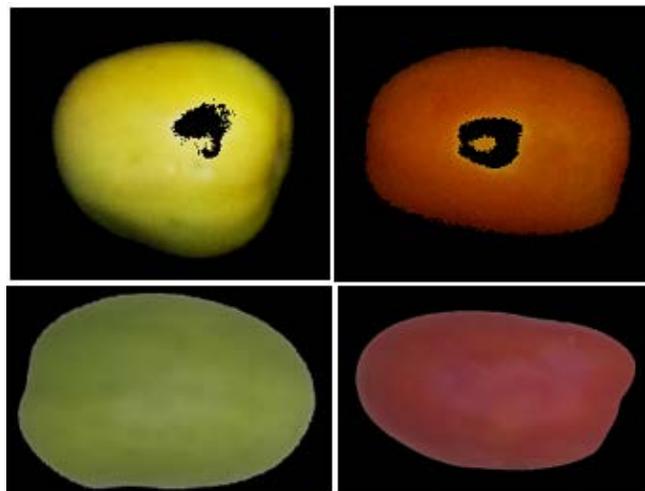


Fuente: Elaboración propia.

Figura 7 Muestras adquiridas empleando el sistema de iluminación difuso.

### 3. Resultados

En la figura 8 se muestra la segmentación de los jitomates empleando ambos sistemas. Se puede observar que el sistema de iluminación difusa tiene menor saturación de píxeles sobre la superficie de la muestra, esto permite obtener una mejor segmentación de las muestras y permite determinar la intensidad de todos los píxeles de la muestra.



Fuente: Elaboración propia.

Figura 8 Muestras segmentadas del jitomate.

## 4. Discusión

De los sistemas de adquisición de imágenes propuestos, el que presento mejores condiciones para capturar imágenes del jitomate es que opera con la iluminación difusa. Esto se debe a que esta iluminación es utilizada por los sistemas de inspección de calidad de frutos con forma de esfera. Los resultados obtenidos por este coinciden con lo reportado por Wu y Sun, 2018.

Esta propuesta puede ser utilizada para determinar el contenido de Licopeno y los grados de madurez del jitomate. Se han presentado en este artículo los resultados de la implementación de dos propuestas de sistemas de iluminación y aislamiento para la adquisición de imágenes de jitomate.

Se puede concluir que un parte fundamental para obtener imágenes sin regiones de saturación es recomendable emplear la iluminación difusa.

Además, la Raspberry Pi facilita la implementación de sistemas de adquisición por facilidad de programación en Python y sus librerías de OpenCV. Este sistema puede ser utilizado para aplicaciones de Farming 4.0.

## 5. Bibliografía y referencias

- [1] A. Hashimoto, T. Muramatsu, K.-i. Suehara, S. Kameoka y T. Kameoka, «Color evaluation of images acquired using open platform camera and minispectrometer under natural lighting conditions,» *Food Packaging and Shelf Life*, vol. 14, 2017.
- [2] M. Marcos J. Villaseñor-Aguilar, J. E. Botello-Álvarez, F. J. Pérez-Pinal, M. Cano-Lara, M. F. León-Galván, M.-G. Bravo-Sánchez y A. I. Barranco-Gutierrez, «Fuzzy Classification of the Maturity of the Tomato Using a Vision System,» *Journal of Sensors*, vol. 2019, 2019.
- [3] R. Arias, T.-C. LeeL, L. Logendra y H. Janes, «Correlation of Lycopene Measured by HPLC with the L\*, a\*, b\* Color Readings of a Hydroponic Tomato and the Relationship of Maturity with Color and Lycopene Content,» *J. Agric. Food Chem*, 2000.
- [4] N. da Costa Pereira Soares , M. de Barros Elias , C. Lima Machado , B. Boquimpani Trindade , R. Borojevic y A. Junger Teodoro , «Comparative

- Analysis of Lycopene Content from Different Tomato-Based Food Products on the Cellular Activity of Prostate Cancer Cell Lines,» *Foods*, 2019.
- [5] N. G. a. P. Sehgal, «Fuzzy classification of pre-harvest tomatoes for ripeness estimation – an approach based on automatic rule learning using decision tree,» *Applied Soft Computing*, 2015.
- [6] R. E. R. G. C. M. G. R. H. E. L. a. J. P. Mary Pagnutti, «Laying the foundation to use,» *Journal of Electronic Imaging*, 2017.
- [7] J. A. P.-M. J. E. B.-A. M. S. Acosta-Navarrete, «Instrumentation and Control to Improve the Crop Yield,» *Biosystems Engineering: Biofactories for Food Production in the Century XXI*, 2014.
- [8] A. K. S. a. G. S. Gill, «Automatic fruit grading and classification system using computer vision: a review,» *Second International Conference on Advances in Computing and Communication Engineering*, 2015.
- [9] W. H. J. L. B. Zhang, «Principles, developments and applications of computer vision for external quality inspection of fruits and vegetables: a review,» *Food Research International*, 2014.
- [10] Á. Guerrero Aguirre y . P. J. Ramos Giraldo, «Sistema embebido de bajo costo para visión,» *Scientia Et Technica*, 2014.
- [11] J. C. Delgado Vázquez, M. A. García Martínez, R. Posada Gómez y I. Herrera Aguilar, «Implementación de un Sistema de Adquisición de Imágenes Embebido en un Fpga,» *Pistas Educativas*, 2016.
- [12] V. V. T. M. A. G. M. O. O. S. G. Alberto Nicolás Bautista Bautista, «Diseño de un Sistema Para la Selección de Granos de Café Tostado Basado en un Microprocesador Raspberry-Pi,» *Pistas Educativas*, 2016.
- [13] A. Gastélum-Barrios, J. F. García-Trejo, G. M. Soto-Zarazúa, G. Macías-Bobadilla y M. Toledano-Ayala, «Portable System to Estimate Ripeness and Lycopene Content in Fresh Tomatoes Based on Image Processing,» *2018 XIV International Engineering Congress (CONIIN)*, 2018.
- [14] E. Q. A. V. B. L. J. Q. Q. Carlos Flores García, «Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo basado en HMI-PLC para un pozo de agua potable,» *Ingeniería, Investigación y Tecnología*, 2014.

- [15] D. Wu y D.-W. Sun, «Colour measurements by computer vision for food quality control – A review,» *Trends in Food Science & Technology*, 2013.
- [16] Siemens, «Sistema de automatización S7-300 Getting Started Collection,» Siemens, 2008.
- [17] Schneider Electric, Ayuda en línea versión 4.4, 2010.
- [18] A. Ruiz Canales y J. M. Molina Martínez, *Automatización Y Telecontrol De Sistemas De Riego*, Marcombo.
- [19] K. Ogata, *Ingeniería de Control Moderna*, Pearson, 2010.
- [20] V. V. T. M. A. G. M. O. O. S. G. Alberto Nicolás Bautista Bautista, «Diseño de un Sistema Para la Selección de Granos de Café Tostado Basado En Un Microprocesador Raspberry-Pi,» *Pistas Educativas*, 2016.
- [21] Á. G. & G. P. J. R. Aguirre, «Sistema embebido de bajo costo para visión artificial,» *Scientia et technica*, 2014.