

**Diseño e implementación de un prototipo clasificador de huevo tipo A, AA y AAA a través
de visión computacional para las pequeñas y medianas granjas productoras del Tolima**

Fabian Dario Cardona Castro

Asesor

Juan Esteban Tapias Baena

Universidad Nacional Abierta y a Distancia-UNAD

Escuela de Ciencias Básicas, Tecnología e Ingeniería - ECBTI.

Ingeniería Electrónica

2023

Nota de aceptación

Firma del presidente del jurado

Firma del jurado

Firma del jurado

Resumen

En Colombia el consumo de huevo por persona ha ido en aumento, siendo necesario aumentar la producción de dicho producto para cumplir con la demanda que exige el mercado, por ende, las granjas productoras tienen la necesidad de mejorar sus procesos para poder ser competitivas, Una de estas mejoras se da en el proceso de clasificación del huevo siendo necesario adquirir clasificadoras mecánicas o electromecánicas las cuales son de gran tamaño y pueden ser muy costosas. Esto se convierte en un inconveniente para las pequeñas o medianas granjas productoras de huevo. En este trabajo, se diseña e implementa un prototipo que permite la clasificación de los huevos según su categoría, mediante el uso de visión computacional, usando el lenguaje de programación Python, librerías de OpenCV y un sistema de monitoreo y visualización con Ubidots. Se tomaron las medidas del alto, ancho y peso de 197 huevos, con el ancho y alto se calculó el área de los huevos, Se desarrolla un algoritmo el cual mediante una cámara de 5 Megapíxeles capta las imágenes en el espacio de color RGB y las transforma al espacio de color YCrCb, se toma la componente Cr en la cual se aplica umbralización, dilatación, filtrado, permitiendo que en la imagen resultante se pueda extraer las características del largo y ancho, calculando su área y así clasificarlo según su tipo A, AA y AAA, después de su clasificación los datos son enviados a la plataforma ubidots permitiendo ser observados en cualquier dispositivo con acceso a internet. Para poder evaluar la eficiencia del clasificador se toman 90 huevos 30 A, 30 AA y 30 AAA, los cuales son pasados por el clasificador de forma aleatoria dando como resultado una eficiencia del 86.66%, 66,66% y 83,33% de tipo A, AA, y AAA respectivamente.

Palabras claves: Visión Computacional, Python, Opencv, Ubidots, Algoritmo, Clasificador, Huevo, Espacio De Color

Abstract

In Colombia, egg consumption per person has been increasing, making it necessary to increase the production of said product to meet the demand demanded by the market, therefore, producing farms have the need to improve their processes in order to be competitive. One of these improvements occurs in the egg classification process, making it necessary to acquire mechanical or electromechanical classifiers, which are large and can be very expensive. This becomes a drawback for small or medium-sized egg-producing farms. In this work, a prototype is designed and implemented that allows the classification of eggs according to their category, through the use of computer vision, using the Python programming language, OpenCV libraries and a monitoring and visualization system with Ubidots. The measurements of the height, width and weight of 197 eggs were taken, with the width and height the area of the eggs was calculated. An algorithm is developed which, by means of a 5 Megapixel camera, captures the images in the RGB color space and transforms to the YCrCb color space, the Cr component is taken in which thresholding, dilation, and filtering are applied, allowing the characteristics of length and width to be extracted from the resulting image, calculating its area and thus classifying it according to its type A, AA and AAA, after classification, the data is sent to the ubidots platform, allowing it to be viewed on any device with internet access. In order to evaluate the efficiency of the classifier, 90 eggs 30 A, 30 AA and 30 AAA are taken, which are randomly passed through the classifier, resulting in an efficiency of 86.66%, 66.66% and 83.33% of type A, AA, and AAA respectively.

Keywords: Computer Vision, Python, Opencv, Ubidots, Algorithm, Classifier, Egg, Color Space.

Tabla de Contenido

Introducción.....	9
Justificación.....	10
Caracterización inicial.....	13
Relación de intereses investigativos.....	14
La Idea de Proyecto Aplicado.....	15
Descripción del Problema.....	16
Árbol causa – efecto del problema.....	17
Definición del problema.....	18
Marco Referencial.....	22
Estado del Arte.....	26
Posibles soluciones.....	36
Cronograma.....	38
Recursos.....	39
Diseño de la Solución.....	40
Especificaciones técnicas.....	40
Planos.....	42
Algoritmos.....	43
Explicación de la simulación.....	77
Explicación detallada del funcionamiento de la solución implementada.....	78
Enlace del video en YouTube con la explicación detallada del funcionamiento de la solución implementada.....	87
Segundo Prototipo.....	88
Comunicación con Ubidots (IOT).....	91
Resultados.....	95
Plan de Mejoras.....	112
Plan de Mejoras a Corto Plazo.....	112
Plan de Mejoras a Mediano Plazo.....	112
Plan de Mantenimiento.....	114
Plan de Mantenimiento Predictivo.....	114
Plan de Mantenimiento Preventivo.....	114
Enlace del Video en Youtube de la Sustentación.....	115
Conclusiones.....	116
Glosario.....	122
Referencias.....	118

Lista de Tablas

Tabla 1 Ficha de caracterización inicial	13
Tabla 2 Relación de intereses investigativos, líneas y grupos de investigación.....	14
Tabla 3 Clasificación del huevo por peso.	20
Tabla 4 Cronograma de actividades.....	38
Tabla 5 Recursos con presupuestos.	39
Tabla 6 Elementos Control y Procesamiento	40
Tabla 7 Elementos Potencia.....	40
Tabla 8 Sistema Alimentación.....	41
Tabla 9 Características 197 huevos.....	55
Tabla 10 Peso real, Peso calculado, % de error de 197 huevos	66
Tabla 11 Clasificación Tipo A	96
Tabla 12 Clasificación Tipo AA% de error de 197 huevos.....	98
Tabla 13 Clasificación Tipo AAA.....	99
Tabla 14 Peso real, Peso calculado, % de error de 90	102
Tabla 15 Eficiencia Prueba aleatoria.....	108

Lista De Figuras

Figura 1 Árbol causa – efecto del problema	17
Figura 2 Producción de huevo por regiones 2010-2020	18
Figura 3 Consumo huevo por habitante 2010-2019	19
Figura 4 Estructura física principal.....	42
Figura 5 Circuito Electrónico	43
Figura 6 Importar librerías (Algoritmo).	43
Figura 8 Inicio del ciclo del Algoritmo.	46
Figura 9 Determina área de interés.	46
Figura 10 Imagen de entrada.	47
Figura 11 Área de interés.....	47
Figura 12 Espacio de color YCrCb.	48
Figura 13 Espacio color YCrCb y componentes	48
Figura 14 Transformaciones morfológicas.....	49
Figura 16 Dilatación.	51
Figura 15 Umbralización.	51
Figura 17 Eliminación ruido.....	52
Figura 18 Filtro.....	52
Figura 19 Código hallar contornos.	53
Figura 20 Contornos.	53
Figura 21 Regresión lineal.....	54
Figura 22 Regresión lineal Área Vs Peso.	64
Figura 23 Calculo peso.	75
Figura 24 Código condicionales y muestra en pantalla	76
Figura 25 Huevo clasificado.	77
Figura 26 Prototipo Clasificador de huevo A y AA.	78
Figura 27 Conexiones computador.	79
Figura 28 Conexión circuito de iluminación.	80
Figura 29 Banda iluminada.	81
Figura 30 Conexión adaptador.	81
Figura 31 Icono ejecutar.....	82
Figura 32 Todo listo para empezar.....	83
Figura 33 Ubicación de los huevos en la banda.....	84
Figura 34 Imagen desde la cámara.....	84
Figura 35 Clasificación huevo tipo A.	85
Figura 36 Clasificación huevo tipo AA.	85
Figura 37 Cantidad de huevo clasificado según su tipo.	86
Figura 38 Segundo prototipo realizado en acrílico.	89
Figura 39 Motor de torque instalado.	89
Figura 40 Prototipo terminado.	90
Figura 41 Variables Ubidots.....	91
Figura 42 Función build_payload().	92
Figura 43 Función post_request().....	92
Figura 44 Envio de información a ubidots.....	93

Figura 45 Plataforma Ubidots	94
Figura 46 Prueba Tipo A	95
Figura 47 Huevos Nápoles Tipo AA.....	97
Figura 48 Prueba Tipo AA.....	97
Figura 49 Huevo Santa Anita Tipo AAA.....	98
Figura 50 Prueba Tipo AAA.....	99
Figura 51 Ajuste Algoritmo.....	100
Figura 52 Prueba Aleatoria	107
Figura 53 Vista desde un computador	108
Figura 54 Vista desde un dispositivo móvil	109

Introducción

Colombia es un país avícola por naturaleza por tal motivo es normal encontrar granjas productoras de huevo por todo el país, destinadas a la producción, distribución y comercialización de huevo de gallina, siendo este uno de los principales alimentos y fuente de proteínas que se puede hallar en muchos de los hogares colombianos, por eso es común que cada día en el país se creen nuevas granjas productoras de huevo y el departamento del Tolima no es ajeno a este panorama. Este tipo de granjas se enfrentan a una serie de problemas como lo es la clasificación del mismo producto no solo por el estado del mismo sino por el tamaño (tipo de huevo).

Actualmente el mercado ofrece varias alternativas para la clasificación del huevo las cuales se pueden diferenciar dependiendo si son nacionales o internacionales, dependiendo su capacidad huevo/hora, tipo de funcionamiento rotativas o lineales características que influyen en su precio, pero todas bajo el mismo principio básico de clasificación que es el peso del huevo, para este proyecto se propone diseñar e implementar un algoritmo que pueda clasificar los huevos A y AA teniendo en cuenta su morfología y sus dimensiones mediante la visión computacional.

Justificación

La cuarta revolución industrial es una propuesta del gobierno alemán que combina una serie de tecnologías inteligentes como la robótica, la inteligencia artificial, Big Data, el Internet of Things (IoT), entre otras, y que tienen la finalidad de digitalizar todos los procesos industriales o de servicio, optimizando los recursos y utilizando efectivas metodologías para tener negocios inteligentes mejorando toda la cadena de valor.(Barzallo Núñez & Montero, 2019).

Poder implementar tecnologías en el agro es un gran desafío, por tal razón que el Centro para la Cuarta Revolución Industrial, en convenio con el Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones (MinTIC), diseñaron la estrategia Agro 4.0, la cual está dirigida a agricultores, productores y a la comunidad en general para que conozcan cómo mejorar la productividad y sostenibilidad de las actividades agrícolas en el territorio nacional. En el proyecto Agro 4.0 se desarrollan talleres para aumentar los niveles de entendimiento sobre la cuarta revolución industrial en el sector agro y encontrar oportunidades para poner en práctica las tecnologías emergentes como Inteligencia Artificial, internet de las cosas y Blockchain.

(ministerio de las tecnologías de la información y las comunicaciones, 2021).

En las bases del Plan Nacional de Desarrollo 2018-2022 Pacto Por Colombia Pacto por la Equidad indica lo siguiente: “Para aumentar la productividad, Colombia debe sofisticar y diversificar su aparato productivo. Así mismo, debe fortalecer la capacidad técnica de las empresas no solo para buscar y seleccionar tecnología, sino también para transferirla y absorberla, así como generar y adoptar innovación” (DNP, 2019). Siendo fundamental que las diferentes empresas sin importar su sector de producción adopten tecnologías avanzadas para dichos procesos.

La iniciativa Transformación digital empresarial y de los sectores productivos del Plan Tic 2018-2022 del Ministerio de las Tecnologías e información (MinTic) , en una alianza con iNNpulsa Colombia, las cámaras de comercio y los diferentes gremios de Colombia tiene como objetivo acompañar a las empresas en sus procesos de apropiación de tecnologías como una estrategia de largo plazo que les permitirá mejorar su productividad y competitividad (MinTic, 2018), de esta forma promueve que las empresas inviertan en tecnologías, como la visión computacional, para el mejoramiento de sus procesos de producción con el acompañamiento del MinTic.

La visión computacional trata de emular en las computadoras la capacidad que tienen nuestros ojos. Es decir, trata de interpretar las imágenes recibidas por dispositivos como cámaras y reconocer los objetos, ambiente y posición en el espacio (Enrique Sucar & Giovani Gómez, n.d.). Actualmente la empresa Moba la cual es fabricante de clasificadoras de huevo usa el análisis espectral para determinar el color, impurezas o suciedad en los huevos como lo hacen en sus clasificadoras de huevo de la serie OMNIA (Moba, n.d.), con la ayuda de la visión computacional se podrá medir y determinar las mismas variables (color, impurezas o suciedad) con un valor agregado de poder determinar el peso del huevo.

Por esto se busca con este proyecto aplicado, diseñar e implementar un prototipo funcional que pueda en primera instancia clasificar los huevos tipo A, AA y AAA, por ser los tipos de huevos mas producidos en el mercado de acuerdo con cifras de Fenavi, en lo corrido del 2022, en Colombia se han producido más de cuatro millones de huevos rojos de las distintas categorías: AAA, AA, A y B. (portafolio, 2022). Dejando abierta la posibilidad que se pueda mejorar el prototipo permitiendo que la clasificación sea completa, tipo (jumbo, AAA, AA, A, B, C), huevo roto y sucio. Esta mejora se pondrá hacer sin la necesidad de aumentar los costos en el

diseño de la clasificadora, permitiendo que las pequeñas y medianas granjas productoras puedan acceder a una clasificadora compacta y completa ayudándolas a ser más competitivas en el mercado y simplificando el proceso.

También, se pretende proponer un nuevo método que tome como referencia las dimensiones del huevo para su clasificación. Esto permitiría que solo con tres elementos principales (software, hardware y una cámara), se pueda definir el tipo de huevo y estado de la cascara (rota o sucia) mejorando el tiempo del proceso y reduciendo el tamaño de la clasificadora, lo anterior se realizara usando el lenguaje de programación Python y las librerías de OpenCV las cuales son de código abierto para crear el algoritmo de clasificación el cual pueda ser usado en un computador o en una tarjeta de desarrollo como la Raspberry pi, este proyecto también podrá ser utilizado posteriormente para otros proyectos aplicados o mejorar algún otro proceso de producción.

Caracterización Inicial

Tabla 1

Ficha de caracterización inicial.

<i>Información solicitada</i>	<i>Respuesta</i>
Nombres y Apellidos completos	Fabian Dario Cardona Castro
Programa	Ingeniería Electrónica
Créditos aprobados	172
Intereses en ingeniería, tecnología e investigación	Ampliar los conocimientos que he adquirido durante mi vida, entender mejor cómo funciona todo
Experiencia en investigación (si/no) ¿cuál?:	No
Fortalezas en áreas de ingeniería:	Conocimiento en varios lenguajes de programación, conozco y entiendo gran parte de los sistemas electrónicos ya sean analógicos o digitales, aptitudes y actitudes en el manejo e instalaciones eléctricas domesticas e industriales.
Debilidades en áreas de ingeniería:	Poco entendimiento de los sistemas dinámicos y en el tratamiento de señales o equipos de comunicación

Nota. Se muestra información técnica del autor. Elaboración propia

Relación de Intereses Investigativos

Tabla 2

Relación de intereses investigativos, líneas y grupos de investigación.

<i>Intereses en ingeniería e investigación</i>	<i>Línea de investigación y áreas temáticas</i>	<i>Grupo de investigación</i>
Mis intereses siempre se han inclinado hacia la automatización y herramientas de procesos no solo industriales sino de diferentes áreas, como ejemplo realizar o automatizar mi propia casa, a algún sistema que mejore la condición de las poblaciones vulnerables, creo que cada vez es necesario combinar las tecnologías para mejorar algún proceso, y es algo que me ha permitido la ingeniería electrónica acercar cada vez un poco más a mi objetivo	mi línea de investigación sería lógicas, creo que de esta forma podría aprender mucho más y solo de parte de los tutores sino de parte de mis compañeros, las temáticas encontradas en estas líneas me son muy interesantes, pero considero que las que más me llaman la atención y quiero profundizar en procesos, robótica, electrónica de potencia y la microelectrónica	De los grupos de investigación no son muy llamativos para mí, pero si escoger uno sería GRUPO SIGICIENTY según su línea de investigación seria el más completo e interesante

Nota. Se muestra los intereses investigativos del autor. Elaboración propia

La Idea de Proyecto Aplicado

Diseñar e implementar un algoritmo funcional de una clasificadora de huevo (tipo A, AA y AAA) mediante el uso de la visión computacional y el envío de la información mediante el uso del internet de las cosas usando la plataforma ubidots, debido a que actualmente las granjas que son pequeñas productoras de huevo realizan este proceso de forma manual mediante el uso de una báscula, algo lento y poco práctico, y en otros casos lo hacen por medio de una clasificadora mecánica la cual usa pesas de diferente gramaje para la clasificación del huevo, este tipo de clasificadoras tienen un costo elevado, son de gran tamaño y pueden presentar problemas en la calibración por desgaste de las partes móviles.

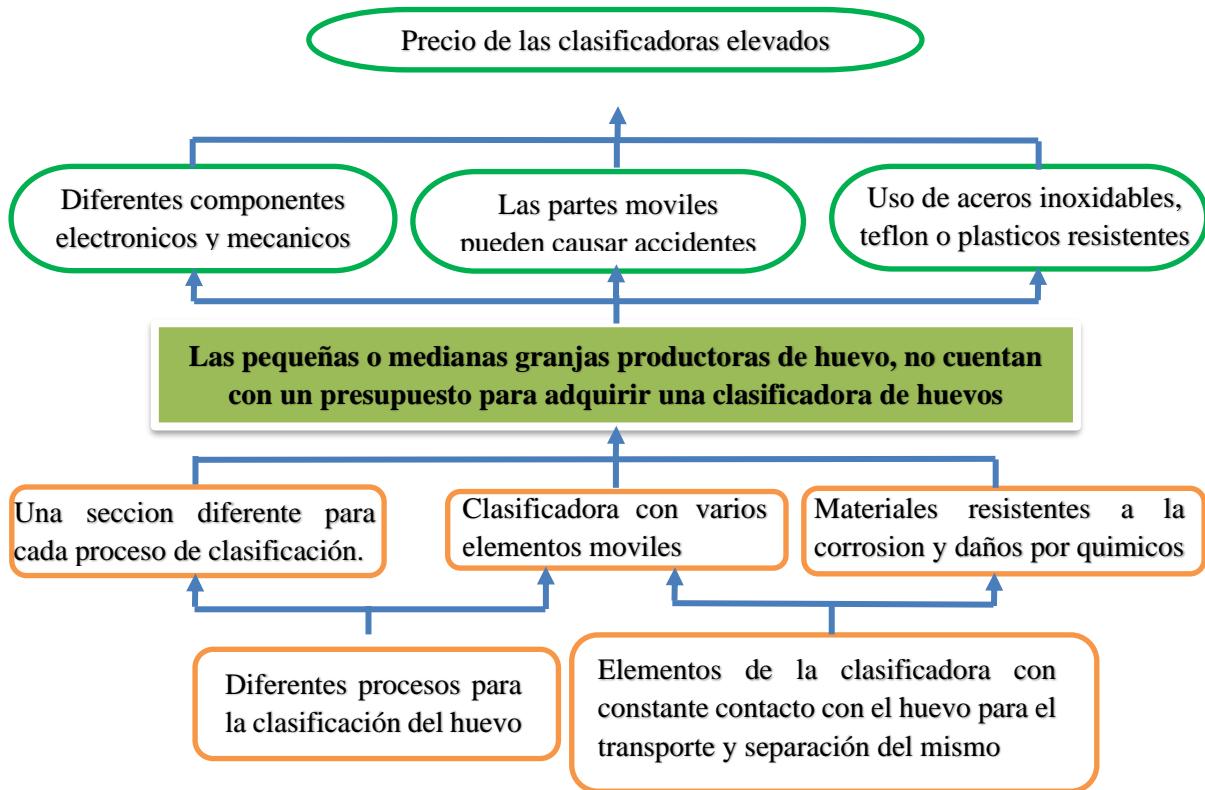
Descripción del Problema

Actualmente las clasificadoras de huevo que existen en el mercado son costosas y de gran tamaño como por ejemplo la clasificadora de huevo vendida por AgroLibre con un valor de \$4950000 (AgroLibre (s.f.)), donde clasifican el huevo por medio de su peso mediante el uso de pesas o de señales eléctricas que varían dependiendo el peso del huevo, desde el punto de vista de precio vista de tamaño y costo esto afecta a las pequeñas y medianas granjas productoras de huevo que no tienen el conocimiento, el presupuesto o el espacio requerido para tener una clasificadora generando que realmente no sean eficientes y competitivas en el mercado.

Aunque las clasificadoras de huevo han evolucionado y se ha implementado nuevas tecnologías, aun su funcionamiento básico es el mismo clasificar el huevo por peso, la tecnología usada y su funcionamiento básico genera que sean costosas, de un tamaño considerable y su tecnología se vuelve obsoleta desde el punto de vista tecnológico, en el mercado podemos encontrar diferentes tipos de clasificadoras una de ellas es Mabanette3 es una clasificadora de huevos semiautomática especialmente diseñada para pequeñas granjas (veterinaria digital,(s.f)) con un peso de 40 Kg, algo que para la época que estamos y donde las cosas son más compactas, tecnológicas y accesibles estas aun no lo son.

Figura 1

Árbol causa – efecto del problema



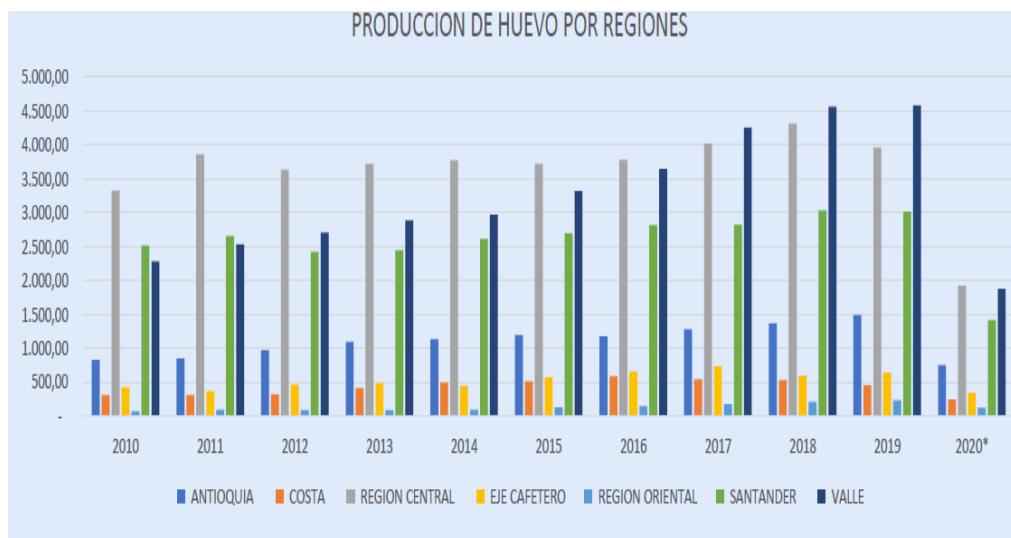
Nota. Elaboración propia

Definición del Problema

Actualmente Colombia está dividida en siete zonas productoras de huevo y pollo, el Tolima pertenece a la zona centro, la cual en el 2019 tuvo una producción de 3960 millones de huevo, esto le dio a la seccional el segundo lugar a nivel nacional. Al momento de comparar la producción de huevo desde el año 2010 hasta el 2019 se observa que ésta ha ido en aumento cada año, de la misma forma lo ha hecho el consumo de huevo por persona. En el 2019 se tuvo un promedio de consumo de 291 huevos por persona. (Ministerio de Agricultura, 2020).

Figura 2

Producción de huevo por regiones 2010-2020



Nota. FENAVI

Figura 3

Consumo huevo por habitante 2010-2019.

HUEVO CONSUMO POR HABITANTE (Unidad / año)										
PRODUCTO	2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019
Huevo	214	234	228	236	242	252	262	279	303	291

Nota. Ministerio de Agricultura, 2020

El 30 de junio de 2020 FENAVI y el banco Agrario firmaron un convenio para el fortalecimiento y la asistencia técnica del sector avícola. El convenio financiaba algunas actividades como la bioseguridad, infraestructura, compra de animales y equipos. Para lograrlo, el banco Agrario de Colombia entregó más crédito a los productores y por otro lado FENAVI otorgó asistencia técnica. El propósito era llevar 1500000 millones durante el 2020 donde se esperaba que 70.000 millones fueran para los pequeños productores. (minagricultura, 2020).

Por otro lado, la forma de clasificación del huevo se realiza de manera mecánica y debe cumplir los requisitos establecidos donde la clasificadora se mantendrán limpia se le practicará mantenimiento, limpieza y desinfección, el equipo no debe ofrecer riesgo de contaminación del producto. El huevo se clasifica según su peso como se muestra en la tabla 2, el tamaño del huevo se relaciona directamente con su peso. (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2011).

Tabla 3

Clasificación del huevo por peso.

Tipo de Huevo	Rango de Peso
Jumbo	>78 gramos
AAA	67-77.9 gramos
AA	60-66.9 gramos
A	53-59.9 gramos
B	46-52.9 gramos
C	<46 gramos

Nota. En esta tabla se muestran los tipos de huevo con su respectivo rango de peso. Instituto

Colombiano de Normas Técnicas y Certificación, 2011.

Una clasificadora que cumpla estas condiciones y que clasifique todos los tipos de huevos generalmente no es económica, además que tienen un gran tamaño, como por ejemplo la clasificadora de huevo vendida por AgroLibre con un valor de \$4950000 (AgroLibre s.f.)). Esto se convierte en un inconveniente para las pequeñas o medianas granjas productoras de huevo, las cuales no cuentan con recursos destinados para la adquisición de este tipo de maquinaria.

Las máquinas más económicas y sencillas superan los 4 millones de pesos, a esto se suma que el espacio disponible no es suficiente para la correcta instalación, como lo indica en una entrevista el señor Juan Pablo Contreras quien tiene el cargo de auxiliar de mantenimiento en la granja la Ceiba “*Es muy difícil mantener y actualizar un proceso de producción de huevo, es uno de los motivos por el cual desistí en continuar con la granja que tenía*” (J. Contreras, comunicación personal, 14 de julio de 2021), es claro que si don Juan Pablo hubiera tenido otras opciones para aplicar la tecnología a su negocio, aun tendría su granja y generaría empleo.

Debido a lo anterior, se diseñará e implementará un nuevo tipo de clasificador el cual debe ser económico, compacto, pero a su vez permita una clasificación total del huevo entre unidades sucias o rotas, para que todo tipo de granja productora de huevo sea competitiva en el mercado y con ello dar solución al siguiente interrogante:

¿Es posible clasificar el huevo de gallina tipo A, AA y AAA por medio del diseño e implementación de un nuevo tipo de clasificadora que haga uso de la visión computacional teniendo en cuenta su morfología, color y dimensiones?

Marco Referencial

Marco Conceptual Prototipo

Es la forma preliminar en cómo se verá un producto que se está diseñado, donde permitirá ver de forma clara las características o poder simular el funcionamiento de dicho producto, son creados con el fin de poder realizar los diversos ajustes necesarios antes de obtener el producto final.

Por lo tanto, los bocetos, maquetas a escala o cualquier otro producto que se presente de forma preliminar será considerado como un prototipo y este sujeto a mejoras o cambios en su diseño. Las características principales es que se consideran como una versión preliminar, su principal objetivo sirviendo como un medio de evaluación de este., es importante señalar esto debido que el desarrollo del proyecto será con el fin de llegar a realizar un prototipo. (Ruales, 2017).

Clasificación de Huevo

El huevo se debe clasificar dependiendo su peso, pero los huevos frescos para el consumo también deben cumplir ciertos requisitos mínimos de calidad como lo es que la cascara debe estar entera sin fisuras, debe estar libre de polvo, sangre, excremento o cualquier resto que genere una contaminación directa del producto y sea perjudicial para la salud, si pose alguna debe ser inferior al 25% del área del huevo (NTC-1240, 2011), lo anterior indica que los parámetros que definen la calidad de producción avícola está relacionada directamente con las características del huevo, bajo estos requerimientos de calidad y clasificación se diseña un algoritmo que clasifique el huevo tomando como referencia sus dimensiones mediante el uso de visión computacional.

Visión Computacional

Es el estudio de los procesos de reconocer y localizar los objetos para poder entenderlos y construir maquinas con capacidades similares (Enrique Sucar & Giovani Gómez, n.d.), siendo un método que permite extraer las características o la información importante de las imágenes, se debe tener claro que la visión computacional está ligada al procesamiento de las imágenes pero los objetivos son muy diferentes, el objetivo principal de la visión computacional es la de extraer las diferentes características de una imagen para que puedan ser procesadas por la computadora. se podría decir que la visión computacional trata de emular la capacidad que tienen nuestros ojos. (Enrique Sucar & Giovani Gómez, n.d.).

Procesamiento de Imágenes

Como se dijo anteriormente el procesamiento de imágenes está muy ligado a la visión computacional y su objetivo es la de mejorar la calidad de una imagen para que pueda ser utilizada e interpretada más adelante, donde se removerán defectos, problemas de enfoque o el mejoramiento de ciertas propiedades (Enrique Sucar & Giovani Gómez, n.d.), para realizar el procesamiento de imágenes existen diferentes métodos como lo son la umbralización, los filtros, el histograma, la segmentación de las imágenes entre otras. Para este proyecto se utiliza el lenguaje de programación Python junto las librerías de Open cv para crear un algoritmo que procese las imágenes y realice la clasificación del huevo.

Python

Es un lenguaje de programación que permite trabajar rápidamente e integrar los sistemas (*Welcome to Python.Org*, n.d.), es un lenguaje de programación, por ser un software libre, y sencillo, actualmente es usado por grandes compañías o plataformas como lo es YouTube, Google, Netflix, incluso en la industria del cine, Python cuenta con facilidades para la

programación orientada a objetos, imperativa y funcional, por lo que se considera un lenguaje multiparadigmas.(Holguín et al., 2014), actualmente Python es uno de los lenguajes más populares a nivel mundial lo que hace que existan foros, tutoriales, proyectos que sirven de guía, que permiten resolver muchas de las dudas o problemas que se puedan presentar.

Opencv

Es una biblioteca de software de visión artificial y de código abierto, que fue creado para proporcionar un sistema común para el desarrollo de aplicaciones para la visión por computadora, actualmente posee más de 2500 algoritmos automatizados, estos algoritmos pueden tener un aprendizaje automático y visión por computadora clásicos y de última generación. Es muy utilizado en varias industrias como lo es Google, y usado de varias formas en diferentes países como lo es china, Israel, España, estados unidos, etc.(*About - OpenCV*, n.d.), con todas estas características cabe pensar que es la mejor forma de hacer la visión computacional y el procesamiento de las imágenes para el desarrollo del proyecto.

Norma Técnica NTC-1240

La norma técnica que rige la producción de huevo en Colombia es la norma NTC-1240 de 2012, la cual toma como referencia normativa las siguientes normas:

Decreto 3075 del 23 de diciembre de 1.997 del Ministerio de Salud

CAC/RCP 15-1976 Código Internacional Recomendado de Prácticas de Higiene para

Productos de Huevo

NOM-159-SSA-1996 Norma Oficial Mexicana, Bienes y Servicios. Huevo, sus

Productos y Derivados.

Resolución 347 JUNAC. Norma Andina

La norma NTC-1240 dicta los requerimientos para las buenas prácticas de manufactura

definiendo las etapas de recepción, clasificación, empaque y almacenamiento de huevo comercial, donde establece las condiciones locativas para clasificación, recepción y almacenamiento de huevo, lo cual debe cumplir ciertas condiciones, adicional establece las reglas, las medidas de protección y hábitos o prácticas higiénicas que debe tener el personal que este en contacto o haga parte del proceso de producción de huevo, define el almacenamiento requerido, tratamiento de los residuos sólidos, el abastecimiento de agua y por último la clasificación adecuada del huevo.

Ubidots

Es una plataforma de IoT (Internet de las cosas) que habilita la toma de decisiones a empresas de integración de sistemas a nivel global. Este producto permite enviar datos de sensores a la nube, configurar tableros y alertas, conectarse con otras plataformas, usar herramientas de analítica y arrojar mapas de datos en tiempo real. (ubidots, s.f).

Estado del Arte

Investigaciones Internacionales

1) En la investigación “A Simple Digital Imaging Method for Dirt Detection on Eggshells realizada por L. Lunadeia,* L. Ruiz-Garciaa, R. Guidettib, L. Bodriab, M. Ruiz-Altisenta”, de la universidad de Madrid en el año 2011.

El objetivo de la investigación fue desarrollar un sistema de visión off-line para detectar las diferentes imperfecciones que se pueden presentar en la cascara de los huevos mediante el uso de un algoritmo basado en operaciones lógicas para que posteriormente pueda ser implementado en un proceso de clasificación on-line. El trabajo fue basado en poder identificar y diferenciar las manchas de suciedad en cáscaras de huevo marrones causadas por residuos orgánicos, de las manchas naturales, causadas por depósitos de pigmentos.

Las imágenes digitales que se adquirieron mediante el uso de una cámara monocromática CCD, equipada con una lente Nikon AF regulada manualmente. La cámara estaba dotada de 15 filtros monocromáticos que permiten a la cámara adquirir imágenes en el rango óptico de 440 nm a 940 nm, se analizaron un total de 384 huevos divididos en dos grupos sucios (manchas de sangre, plumas y heces adheridas) y limpios donde la cascara estuviera en buen estado y limpia.

Como resultado se presentó un método de imagen digital mediante la combinación de imágenes digitales rojas (700 nm) y azules (450 nm), que resultan contener suficiente información para que el método propuesto clasifique las imágenes de las muestras como sucias o limpias. Con una eficacia del 98% de las muestras, y un 97% de eficiencia aplicando una validación externa.

2) En un artículo publicado por los autores Ávila, D.; Guerra J. “Aplicación de redes neurales a la foto identificación de los huevos de garzas cubanas (Aves: Ardeidae)”, Revista Cubana de Ciencias Biológicas, 4 (2), Cuba, 2015, 64-70.

El objetivo fue desarrollar un sistema automatizado para la identificación de los huevos de las diferentes especies de garzas a partir de fotografías digitales y una red neuronal de tipo perceptrón multi capa, para su realización se emplearon fotos de 167 huevos de 9 especies distintas, depositados en las colecciones del Instituto de Ecología y Sistemática, Cuba. Se crearon redes neuronales formadas por una capa de entrada con 7 neuronas, una capa oculta de 8 neuronas y la capa de salida con 9 neuronas, entrenadas con un procedimiento de búsqueda automático. Donde la utilidad de la red se evaluó a través de las tasas de error y por el cálculo de los errores de omisión/comisión en una matriz de confusión.

En sus resultados lograron una identificación completa de los datos de entrenamiento y un 89.7% con los datos de validación, demostrando que los huevos de las diferentes especies de garzas pueden ser identificados con relativa precisión mediante la red neuronal permitiendo que la red neuronal permita identificar rápidamente los nidos encontrados si tener la necesidad de vigilar la actividad de los parentales.

Como conclusión los autores siguieron que métodos como las redes neuronales pueden proveer una forma más efectiva para este tipo de análisis clasificatorio, comparándolo con los métodos tradicionales multivariados de la estadística clásica. Este método también puede ser ampliado y puesto en práctica para el desarrollo de un trabajo general que incluya los huevos de toda la ornitofauna cubana, permitiendo crear un sistema de identificación automatizado.

3) En su proyecto de investigación Fernández, A. “Sistema Electrónico para el Control de Calidad de Huevos de Gallina Mediante Procesamiento de Imágenes”, Universidad Técnica de Ambato, 2018.

Con su objetivo de implementar un prototipo de sistema electrónico para el control de calidad de huevos de gallina mediante el procesamiento de imágenes, para así identificar huevos

idóneos para la incubación mediante el uso de Hardware y Software libre, este prototipo cuenta con una cubeta especializada que aloja 36 huevos posicionándolos sobre unas tiras led, se realiza la adquisición de las imágenes por medio de una cámara para luego ser procesadas aplicando filtros, segmentación y comparación de descriptores para poder verificar los parámetros de calidad.

Lograron obtener como resultado en tiempo de procesamiento de 1.72 segundos por huevo, este prototipo se probó en 108 huevos los cuales eran para el consumo humano donde 21% era apto y el 79% no apto, logrando determinar los problemas principales como fisuras, porosidad excesiva y cascaras muy finas, reflejando que los huevos para el consumo humano no son adecuados para el proceso de incubación.

Llegaron a la conclusión que, aunque el prototipo podía identificar problemas en la composición de los huevos de gallina, pero no es posible afirmar que el 100% de los huevos seleccionados como idóneos originen pollos, ya que esto depende de muchas condiciones como biológicas, manipulación o la incubadora que se emplee. Además, que la eficiencia del procesamiento de las imágenes está limitada por el sistema de iluminación y la cámara que se use.

4) En un trabajo realizado por Paguay D.; Valarezo L. “Diseño e Implementación de un Prototipo Clasificador de Huevo de Gallina Basado en las Imperfecciones de la Cásara Aplicando la Visión Artificial”, Facultad de Informática y Electrónica, Riobamba-ecuador, 2018.

En este trabajo se diseñó e implementó un prototipo clasificador de huevo de gallina basándose en las imperfecciones de la cáscara aplicando la visión artificial, este prototipo centra su funcionamiento en la Raspberry Pi3 que fue conectada a una cámara web Genius F100, las cuales adquieren las imágenes para ser procesadas por la Raspberry mediante un algoritmo

escrito con el lenguaje de programación Python y con el uso de las librerías de OpenCV. Se usaron métodos estadísticos y de visión artificial para detectar las diferentes anomalías que se pueden encontrar en las cascaras de huevo.

En el desarrollo de su trabajo obtuvieron como resultado que en la implementación de su prototipo este garantizaba, un ahorro del 60% del tiempo en la realización del proceso de clasificación del huevo de gallina basándose en las imperfecciones de la cascara comparándolo con un método de clasificación manual, por otro lado, el algoritmo solo tuvo una eficiencia promedio de 79.71% al momento de encontrar las anomalías en la cascara del huevo.

Si se compara el prototipo implementado con otros tipos de clasificadoras se llega a la conclusión de que no existen otros tipos de clasificadores que usen la visión artificial y guarden sus registros con un bajo costo, su otra conclusión es que se puede usar la visión artificial para la clasificación de los huevos y que este tuvo una eficiencia del 79.71% encontrando las anomalías, su efectividad puede variar dependiendo las condiciones del ambiente.

5) En su tesis de grado Villafuerte, S. “Sistema Mecatrónico de Manipulación y Selección Huevos por Peso y Ausencia de Grietas en Cascara para una Planta de Incubación”, Pontificia Católica de Perú, Lima, 2019.

El objetivo de su tesis fue diseñar un sistema mecatrónico capaz de seleccionar huevos por su peso y ausencia de grietas en la cascara, mediante el uso de sensores y el procesamiento de imágenes con el fin de automatizar un proceso manual, este sistema es requerido por las plantas de incubación y el inconveniente al realizar el proceso de forma manual, fue necesario analizar los diferentes procesos en la manipulación del huevo junto con los criterios de higiene y seguridad en dicha manipulación, lo anterior se tuvo en cuenta para el diseño del prototipo, para

la identificación de la cascara de huevo se realiza el procesamiento de imágenes y las imágenes son tomadas con un mecanismo que permite analizar toda la cascara del huevo.

Para el procesamiento de las imágenes estas fueron convertidas a escalas de grises, fue necesario un fondo de color azul esto con el fin de que se pudiera diferenciar el huevo del fondo y por ende la suciedad que este tuviera, se tomaron un total de 15 fotos por huevo mientras este giraba 360° para poder captar toda su superficie, donde posteriormente se aplica un filtro y un procesamiento basado en valores diferenciales para finalizar con una umbralización, este procesamiento permitió como resultado un tiempo de 300 ms por huevo y una tasa de éxito entre 82% y 92% .

Se concluye que el prototipo resuelve la problemática de seleccionar por su peso y ausencia de grietas siendo posible usarlo dentro del ambiente de una planta de incubación debido a sus componentes industriales, además de que su eficiencia es mejor ya que por día este prototipo es capaz de inspeccionar 11 bandejas más en comparación con un operario sin tener en cuenta el desgaste que sufre este por las 8 horas laborales diarias.

⑥ En el artículo publicado por Dwi, A.; Rafliansyah, M.; Rahmat, T.; Harly,W.; Purno A. “implementation egg sorting system based on neural network image processing and artificial intelligence”, Revista Turkish Journal of Physiotherapy and Rehabilitation; 32(3), Turquía, 2019.

Con el objetivo de implementar un sistema de clasificación de huevos basado en una red neuronal e inteligencia artificial para el procesamiento de las imágenes, donde los huevos deben clasificarse por color para saber si eclosionaran o no, para lograr esto se usará la visión por computadora donde las imágenes fueron tomadas con una cámara conectada a la computadora principal que mediante un algoritmo de red neuronal.

El proceso para la clasificación del huevo se realizaba por pasos donde se tomaban las imágenes por medio de la cámara para ser procesadas los autores usaron un tipo de segmentación conocida como el método de reconocimiento usando el espectro de color HSV y el análisis de imagen Bondary técnica que permite extraer ciertas características que permiten identificar a los objetos esto para saber el color y el tamaño del huevo.

Como resultado la inteligencia artificial tenía una precisión del 98% en términos de color y tamaño de huevo, proporcionando información de los huevos que eran de buena calidad y cuáles no, teniendo la ventaja de clasificar por color y tamaño por encima de las clasificadoras que solo pueden hacer esta labor por tamaño y no por color, dando como conclusión que el sistema puede ser implementado en los procesos industriales de clasificación además que se puede mejorar si se aumenta el número de cámaras.

Investigaciones Nacionales

1) Un artículo publicado por Velazco F. y pinto M. “Caracterización del Huevo de Gallina para el Diseño de un Sistema Automático de Clasificación”. Rev. Investig. Desarro. Innov. Vol.3, N°.1 Junio - Diciembre 2012, 33-43.

Su objetivo fue desarrollar un sistema mecánico de clasificación de huevo donde por lo menos se pudieran clasificar 2000 huevos hora, generando un conteo general y por tipo para que esta información pueda ser almacenada permitiendo generar estadísticas del proceso, además el fácil acceso para su mantenimiento y de tamaño reducido con un máximo de 1.5 m x 4m permitiendo controlar la velocidad y el rango de peso de forma electrónica.

Para su desarrollo se establecieron etapas, una de ellas era establecer las características de comportamiento mecánico del huevo y las variables específicas del proceso de clasificación, donde se tomó una muestra de 160 huevos, abordando la caracterización del comportamiento

mecánico del huevo para poder establecer parámetros de funcionamiento de la maquina.

Determinando la relación entre la clasificación por peso y el tamaño del huevo, su resistencia a la compresión, el grosor de la cáscara y el grosor de la membrana.

Como resultado se estableció que existe una relación directamente proporcional entre la clasificación por peso y el tamaño del huevo, y que no existe ninguna relación entre el tamaño y su resistencia a la compresión o el grosor de la cascara o de la membrana, el sistema resultó ser seguro para los huevos sanos y cumplir con los objetivos establecidos.

2) En su trabajo de grado para ingeniero electrónico Suarez D. “determinación de manchas en huevo de gallina mediante visión artificial”, facultad de ingeniería electrónica de la universidad Pontificia Bolivariana de Bucaramanga, 2013.

En su trabajo se presentó el diseño de un sistema de visión artificial aplicado a la clasificación del huevo de gallina según el tamaño y el porcentaje de suciedad en la superficie, ya que se tenía como objetivo principal Desarrollar un algoritmo para identificación de suciedad (excremento, impurezas y objetos adheridos) en el huevo.

Para su desarrollo se adquirieron un total de 270 imágenes donde se contaba con las 6 presentaciones de huevo que existen en Colombia (Jumbo, AAA, AA, A, B y C) entre los cuales se tenían huevos sucios y limpios, las imágenes se adquirieron en el espacio de color RGB con el uso de una cámara CCD para posteriormente ser transformada al espacio de color YCrCb utilizando el componente Cr se aplicaron operaciones morfológicas que pudieron determinar el área de una elipse (por la forma del huevo), y la cantidad de suciedad presentada en el mismo.

Para validar los resultados se realizaron diferentes pruebas las cuales constaban en pintar diferentes porcentajes del huevo con pintura negra y determinar el porcentaje de acierto del algoritmo, presentando resultados similares a los observados por el ojo humano, también se

presentan pequeños errores en la segmentación de la imagen ya que el reflejo hecho por flash de la cámara es segmentado como suciedad en algunas de las muestras.

3) En el proyecto de grado de Medina, M y Oñate, J. “Diseño e Implementación de un Prototipo que Clasifique Huevos de Gallina Según sus Características”, de la facultad de ingeniería de la Universidad Autónoma del Caribe, Barranquilla 2014.

Mediante de las características físicas de los huevos, realizar un proceso de separación que permita la clasificación de dichos huevos, según la cantidad de yemas y su estado (bueno o en descomposición), centrándose en el diseño e implementación de un sistema de visión artificial para realizar de forma automática la clasificación de los huevos mediante un método de investigación documental.

Las imágenes fueron tomadas mediante el uso de una cámara con una resolución de 1600x1200. Las imágenes eran tomadas dentro de un ovoscopio diseñado especialmente para este proyecto el cual contaba con una iluminación de 300 lúmenes cantidad suficiente para mirar el interior del huevo, El algoritmo fue elaborado en MATLAB, el algoritmo puede determinar las características internas del huevo, dicho algoritmo divide la imagen en regiones homogéneas mediante el uso de una técnica de segmentación, binarización, dilatación y labelling.

Como resultado demostraron que por medio de datos estadísticos se puede hacer un conteo interno de los poros de las características internas de los huevos siendo necesario utilizar una binarización para reducir el campo de información y eliminar el fondo para no presentar ningún inconveniente en el proceso de segmentación, como medio físico se vio en la necesidad de controlar la iluminación y poder adquirir una imagen limpia.

Análisis

A nivel regional se pudo detectar que no se encuentra información que tenga relación con la clasificación o análisis del huevo mediante el uso de la visión artificial, a nivel nacional e internacional se encontró información variada de la cual se concluye lo siguiente.

Cada una de las características internas y externas del huevo se puede detectar, mediante el uso de diferentes métodos de procesamiento de imágenes como es la binarización, dilatación, segmentación entre otras, se debe determinar exactamente la información de interés y la forma de adquirirla.

El uso de la cámara se deberá determinar dependiendo de la cantidad de información o características que debamos adquirir teniendo en cuenta que a mayor cantidad de información mayor será el tiempo de procesamiento llegando a la necesidad de tener mejores equipos para dicho procesamiento.

Si se controla el ambiente y la iluminación se puede mejorar la toma de imágenes, evitando la contaminación por ruido como sombras, elementos externos generando información innecesaria o errónea. Una de las mayores dificultades al momento de analizar las características de un huevo es tener que analizar un objeto de tres dimensiones en una imagen de tan solo 2 dimensiones.

Objetivos

Objetivo General

Diseñar e implementar un prototipo que permita la clasificación de los huevos según su categoría, mediante el uso de visión computacional, usando el lenguaje de programación Python, librerías de OpenCV y un sistema de monitoreo y visualización con Ubidots.

Objetivos Específicos

Identificar las librerías necesarias a utilizar que permitan un correcto procesamiento de las imágenes recibidas en tiempo real a través de la cámara, donde se determine el tipo de cámara, iluminación, materiales que permita controlar las diferentes variables que influyen en el proceso de clasificación por medio de la visión computacional.

Estructurar el sistema de monitoreo y visualización de datos a través de Ubidots

Diseñar el algoritmo que clasifique el huevo dependiendo de sus dimensiones

Construir el prototipo que integre la clasificación del huevo mediante visión computacional y el sistema de monitoreo y visualización de datos mediante la plataforma ubidots.

Posibles Soluciones

Primera Solución

Crear un prototipo que por medio de un algoritmo y mediante el uso de una cámara para la toma de las imágenes pueda clasificar el huevo tipo A y AA, por medio del procesamiento de dichas imágenes, se conocerán las dimensiones del huevo (Ancho, Alto) para calcular el área del mismo, y como el área del huevo es directamente proporcional a su peso se podrá clasificar el huevo por sus dimensiones. Para poder tener un flujo constante de huevo se usará una banda transportadora para que pase el huevo por debajo de la cámara.

Segunda Solución

Usar una banda transportadora para tener un flujo constante de huevo, en dicha banda se ubicará a un costado un sensor infrarrojo el cual enviaría una señal (proximidad) cada vez que un huevo pase frente a él, ya sea en un computador o en un sistema embebido (Arduino, raspberry, etc.) se programará un algoritmo con ciertos rangos, si la señal está dentro de alguno se podrá determinar el tamaño del huevo.

Solución Seleccionada y Justificación

Aunque la segunda solución puede llegar a ser más sencilla y en costo la más económica ya que puede constar de un simple Arduino NANO, no es la mejor en términos de optimización y practicidad, ya que puede presentar inconvenientes al momento de su programación y se debe asegurar que el huevo siga siempre una trayectoria sin posibilidad de moverse hacia alguno de los lados.

De otra forma la primera solución nos permitiría implementar de una forma más eficiente los conocimientos adquiridos en la ingeniería electrónica (programación en lenguaje de alto nivel y utilización de varios elementos de electrónica), desde el punto de eficacia esta solución permite que se tenga en cuenta el alto y el ancho del huevo permitiendo clasificar el huevo por su

morfología, como las imágenes serán tomadas por una cámara para luego ser procesadas no importara la posición del huevo o si esta más hacia la derecha o la izquierda aun así se podrán tomar sus características haciendo más fácil su implementación.

Desde el punto de vista de costos la primera solución es más costosa que la segunda ya que es necesario el uso de un computador o por lo menos de una Raspberry 3 o superior o algún sistema embebido que soporte el procesamiento de las imágenes y todas las librerías a utilizar, pero esto se compensa en que el algoritmo se podrá modificar para poder clasificar no solo los diferentes tipos de huevo (A, AA, AAA, jumbo), sino que podría clasificar el huevo si esta sucio o roto.

Cronograma

Tabla 4

Cronograma de actividades.

Actividades	Mes 1	Mes 2	Mes 3	Mes 4
1. Definir librerías	X			
2. Pruebas de iluminación y cámara		X		
3. Consulta de materiales		X		
1. Diseñar algoritmo			X X	
2. Pruebas del algoritmo			X	
1. Construcción física del prototipo			X X	
2. Pruebas e implementación del prototipo			X X	

Nota. Tabla de cronograma establecido. Elaboración propia

Recursos

Tabla 5

Recursos con presupuestos

Recurso	Descripción	Presupuesto
Equipo Humano	Ing. Fabian cardona	1000000
Equipos y Software	computador portátil marca ACER con Windows 8.	0
	lenguaje de programación Python junto con sus librerías que son de uso libre.	0
	Librerías de OpenCV de código abierto.	0
	IDE Geany de uso gratuito	0
	Arduino UNO	50000
Viajes y Salidas de Campo	No son necesarios	
Materiales y suministros	1 servo motor	12000
	4 leds	300
	Cargador de 12 Voltios reciclado	0
	Cables	0
	Cámara de 5 MPx	17000
	Madera reciclada	0
	Pinturas	3000
	Banda plástica reciclada	0
	4 motores	35000
	2 driver L293D	3000
	Baquelita 10*10	5000
TOTAL		1125300

Nota. Recursos y presupuesto usado en la elaboración del proyecto. Elaboración propia

Diseño de la Solución

Especificaciones Técnicas

Tabla 6

Elementos Control y Procesamiento

Equipo	Características	Función
Computador	Acer NITRO 5 y Windows 8	Realizar el procesamiento de las imágenes y ejecución del algoritmo
Arduino Nano	Con ATmega328, alimentación de 5 voltios 8 pines E/S analógicos y 22 pines E/S digitales. Salidas PWM.	Envía pulsos PWM al driver l293d, solo lo hará cuando reciba la orden desde el computador.

Nota. Elementos de control y procesamientos usados. Elaboración propia

Tabla 7

Elementos Potencia

Equipo	Características	Función
Driver L293D	Corriente máxima 600 mA, Vss=4.5 hasta 45 voltios, VI=7 v, VE=7 v,	Controla la velocidad de los motores la cual dependerá de los pulsos PWM enviados por el Arduino.
Motor (dos)	12 V, I=80 mA	Serán los encargados de mover la banda que transportara los huevos.

Nota. Elementos de potencia usados. Elaboración propia

Tabla 8*Sistema Alimentación*

Equipo	Características	Función
Adaptador 12V	Adaptador de 12V y 1 A	Encargado de entregar el Vss del driver L293D y los motores.
Regulador LM7805	V _{OUT} =5 V I _{OUT} =1 A	Se encargará de la alimentación de los pines Enable y V _I del driver L293d.

Nota. Elementos de alimentación eléctrica usados. Elaboración propia

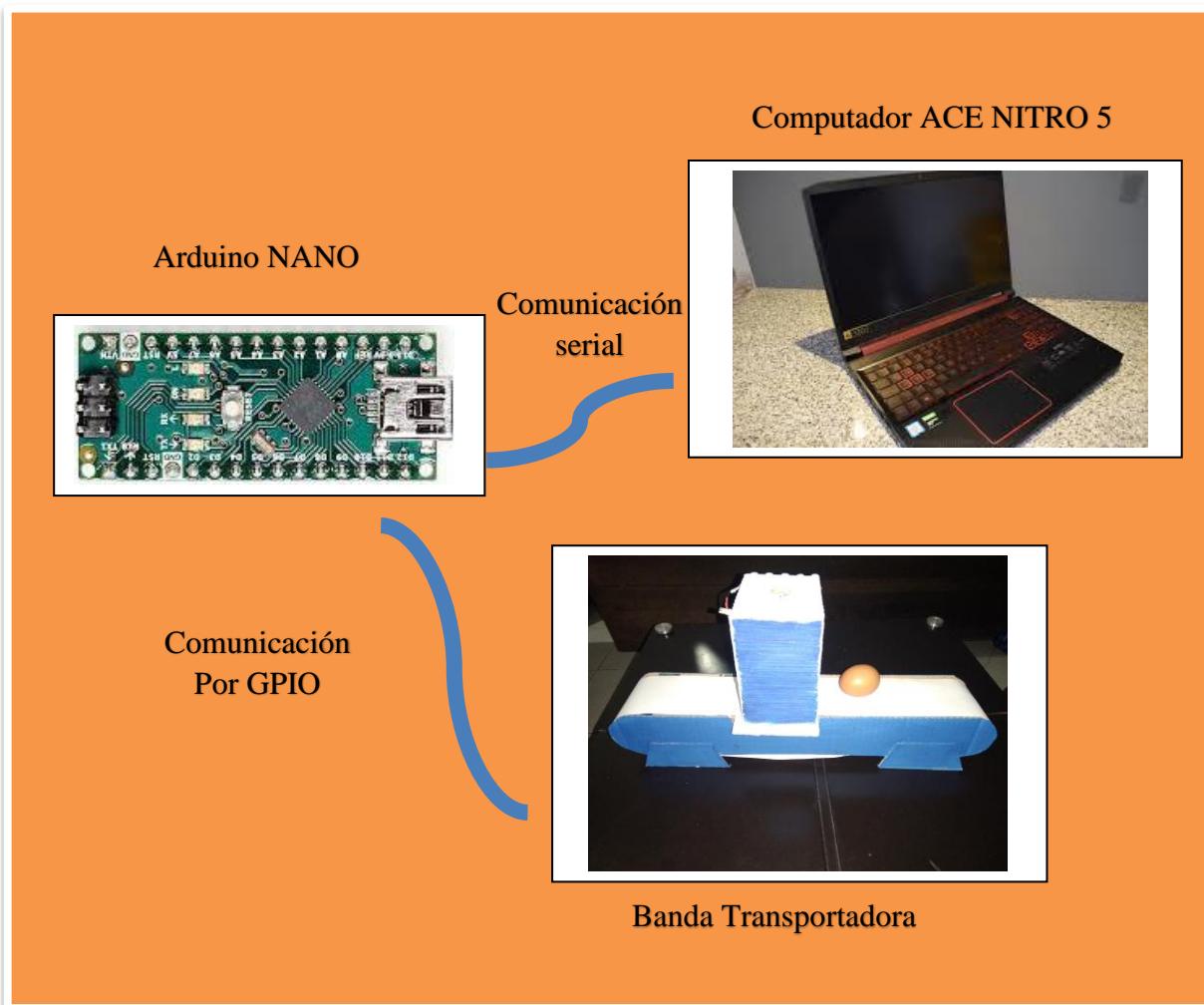
Comunicación

Entre el computador y el Arduino se usa comunicación serial donde se usa uno de los puertos COM del computador y el USB mini Jack tipo B del Arduino. Mientras para la comunicación entre el Arduino y el driver l293d, usaremos los GPIO del Arduino y los conectaremos al driver.

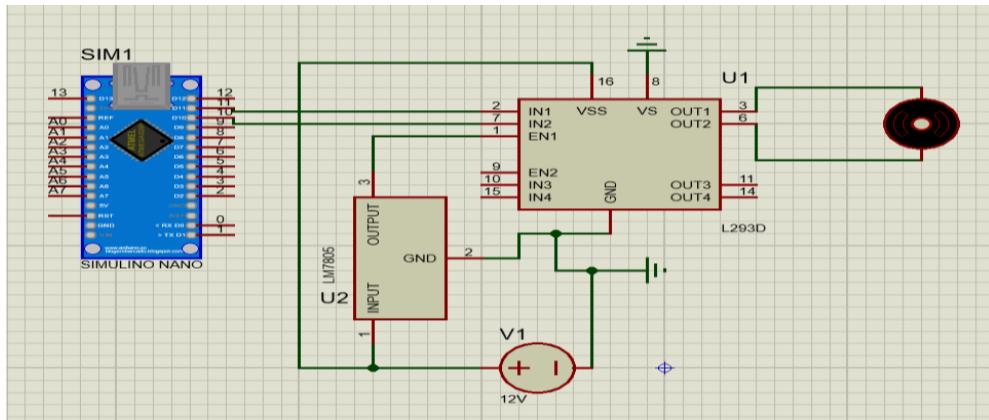
Planos

Figura 4

Estructura física principal



Nota. Elaboración propia

Figura 5*Circuito Electrónico*

Nota. Elaboración propia

Algoritmos

El lenguaje de programación que se utilizó fue el lenguaje PYTHON, porque es un lenguaje de programación que permite trabajar rápidamente e integrar los sistemas, además por ser un software libre, y sencillo en el cual podemos usar las librerías de OpenCV con las cuales se realiza el procesamiento de las imágenes.

Figura 6

importar librerías (Algoritmo).

```

Archivo Editar Buscar Ver Documento Proyecto Construir Herramientas Ayuda
Nuevo Abrir Guardar Guardar todo Revertir Cerrar Atrás Adelante Compilar Construir Ejecutar Selector de color Buscar Ir a Salir

Símbolos clasificadora.py hsv.py YCrCb.py contorno.py
Variables Cb [31] Cr [30] Y [29] YCrCb [27] alto [51] ancho [50]
1 #se llaman las librerias
2 import cv2
3 import numpy as np
4 import time

```

Nota. Elaboración propia

Lo primero que se hace es llamar las librerías a utilizar como se muestra en la figura 6:

Import CV2:

Es la encargada de todo lo que tenga que ver con el procesamiento de imágenes que se realizan en el algoritmo, es la que nos facilitara las transformaciones morfológicas (umbralización, dilatación, etc.) procesos que permiten tener una aproximación a las características del huevo.

Import Numpy:

Para un computador, o más exactamente un microprocesador las imágenes son vistas como arreglos o matrices conformadas por números de diferentes valores por lo tanto es necesario tener una forma especializada en el cálculo numérico con un gran volumen de datos. También nos permitirá obtener el valor de π (PI) necesario en la operación matemática de obtención del área del huevo.

Import Time:

Esta librería de Python nos permite controlar el tiempo de espera programado en nuestro algoritmo.

Figura 7

Captura de imagen desde la cámara (Algoritmo).

```

 6
 7 cap=cv2.VideoCapture(2,cv2.CAP_DSHOW)
 8 kernel=cv2.getStructuringElement(cv2.MORPH_ELLIPSE,(3,3))
 9 time.sleep(1)
10

```

Nota. Elaboración propia

“cap=cv2.VideoCapture(2,cv2.CAP_DSHOW)”:

Se crea un objeto con el nombre cap, con el fin de poder acceder a la cámara de la computadora mediante la función **cv2.Capture**, esta función puede recibir un solo parámetro pero en nuestro caso le pasamos dos la cámara a utilizar (en este caso una conectada a un puerto USB) y la función **CAP_DSHOW** para que la imagen tome el tamaño total de la ventana donde será mostrada.

kernel=cv2.getStructuringElement(cv2.MORPH_ELLIPSE,(3,3)):

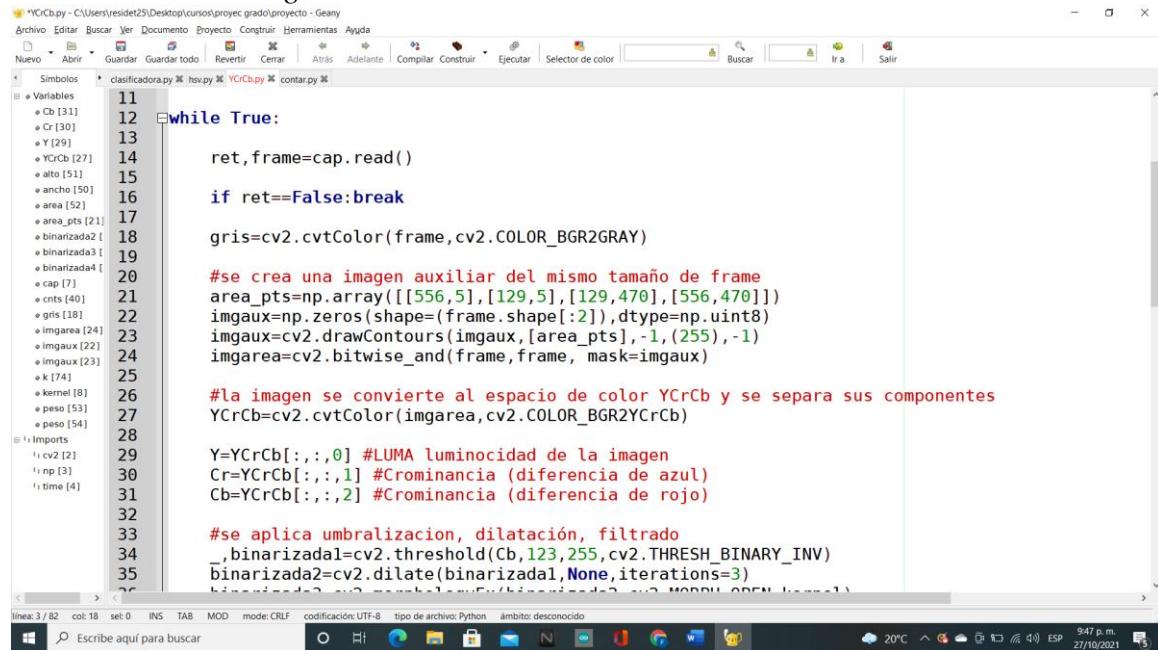
Mediante el uso de la función **cv2.getStructuringElement** se crea un kernel o una máscara para poder mas adelante mejorar la calidad de la imagen mejorando el enfoque de la misma, ya que esta función nos permite estructurar los elementos de la imagen simplemente se le pasa la forma y el tamaño del kernel. (opencv-python-tutorials,s.f.).

time.sleep(1)

Da un tiempo de espera de un segundo antes de continuar con el programa, esto con el fin de que la cámara este bien enfocada al momento de realizar el procesamiento de las imágenes.

Figura 8

inicio del ciclo del Algoritmo.



```

11
12 while True:
13
14     ret,frame=cap.read()
15
16     if ret==False:break
17
18     gris=cv2.cvtColor(frame,cv2.COLOR_BGR2GRAY)
19
20     #se crea una imagen auxiliar del mismo tamaño de frame
21     area_pts=np.array([[556,5],[129,5],[129,470],[556,470]])
22     imgaux=np.zeros(shape=(frame.shape[:2]),dtype=np.uint8)
23     imgaux=cv2.drawContours(imgaux,[area_pts],-1,(255),-1)
24
25     #la imagen se convierte al espacio de color YCrCb y se separa sus componentes
26     YCrCb=cv2.cvtColor(imgarea,cv2.COLOR_BGR2YCrCb)
27
28     Y=YCrCb[:, :, 0] #LUMA luminosidad de la imagen
29     Cr=YCrCb[:, :, 1] #Crominancia (diferencia de azul)
30     Cb=YCrCb[:, :, 2] #Crominancia (diferencia de rojo)
31
32
33     #se aplica umbralización, dilatación, filtrado
34     binarizada1=cv2.threshold(Cb,123,255,cv2.THRESH_BINARY_INV)
35     binarizada2=cv2.dilate(binarizada1,None,iterations=3)
36
37
38
39
40
41
42
43
44
45
46
47
48
49
50
51
52
53
54
55
56
57
58
59
60
61
62
63
64
65
66
67
68
69
70
71
72
73
74
75
76
77
78
79
80
81
82
83
84
85
86
87
88
89
90
91
92
93
94
95
96
97
98
99
100
101
102
103
104
105
106
107
108
109
110
111
112
113
114
115
116
117
118
119
120
121
122
123
124
125
126
127
128
129
130
131
132
133
134
135
136
137
138
139
140
141
142
143
144
145
146
147
148
149
150
151
152
153
154
155
156
157
158
159
160
161
162
163
164
165
166
167
168
169
170
171
172
173
174
175
176
177
178
179
180
181
182
183
184
185
186
187
188
189
190
191
192
193
194
195
196
197
198
199
200
201
202
203
204
205
206
207
208
209
210
211
212
213
214
215
216
217
218
219
220
221
222
223
224
225
226
227
228
229
230
231
232
233
234
235
236
237
238
239
240
241
242
243
244
245
246
247
248
249
250
251
252
253
254
255
256
257
258
259
260
261
262
263
264
265
266
267
268
269
270
271
272
273
274
275
276
277
278
279
280
281
282
283
284
285
286
287
288
289
290
291
292
293
294
295
296
297
298
299
300
301
302
303
304
305
306
307
308
309
310
311
312
313
314
315
316
317
318
319
320
321
322
323
324
325
326
327
328
329
330
331
332
333
334
335
336
337
338
339
340
341
342
343
344
345
346
347
348
349
350
351
352
353
354
355
356
357
358
359
360
361
362
363
364
365
366
367
368
369
370
371
372
373
374
375
376
377
378
379
380
381
382
383
384
385
386
387
388
389
390
391
392
393
394
395
396
397
398
399
400
401
402
403
404
405
406
407
408
409
410
411
412
413
414
415
416
417
418
419
420
421
422
423
424
425
426
427
428
429
430
431
432
433
434
435
436
437
438
439
440
441
442
443
444
445
446
447
448
449
450
451
452
453
454
455
456
457
458
459
460
461
462
463
464
465
466
467
468
469
470
471
472
473
474
475
476
477
478
479
480
481
482
483
484
485
486
487
488
489
490
491
492
493
494
495
496
497
498
499
500
501
502
503
504
505
506
507
508
509
510
511
512
513
514
515
516
517
518
519
520
521
522
523
524
525
526
527
528
529
530
531
532
533
534
535
536
537
538
539
540
541
542
543
544
545
546
547
548
549
550
551
552
553
554
555
556
557
558
559
560
561
562
563
564
565
566
567
568
569
570
571
572
573
574
575
576
577
578
579
580
581
582
583
584
585
586
587
588
589
589
590
591
592
593
594
595
596
597
598
599
600
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617
618
619
620
621
622
623
624
625
626
627
628
629
630
631
632
633
634
635
636
637
638
639
640
641
642
643
644
645
646
647
648
649
650
651
652
653
654
655
656
657
658
659
660
661
662
663
664
665
666
667
668
669
669
670
671
672
673
674
675
676
677
678
679
679
680
681
682
683
684
685
686
687
688
689
689
690
691
692
693
694
695
696
697
698
699
699
700
701
702
703
704
705
706
707
708
709
709
710
711
712
713
714
715
716
717
718
719
719
720
721
722
723
724
725
726
727
728
729
729
730
731
732
733
734
735
736
737
738
739
739
740
741
742
743
744
745
746
747
748
749
749
750
751
752
753
754
755
756
757
758
759
759
760
761
762
763
764
765
766
767
768
769
769
770
771
772
773
774
775
776
777
778
779
779
780
781
782
783
784
785
786
787
787
788
789
789
790
791
792
793
794
795
796
797
797
798
799
799
800
801
802
803
804
805
806
807
808
809
809
810
811
812
813
814
815
816
817
818
819
819
820
821
822
823
824
825
826
827
828
829
829
830
831
832
833
834
835
836
837
838
839
839
840
841
842
843
844
845
846
847
848
849
849
850
851
852
853
854
855
856
857
858
859
859
860
861
862
863
864
865
866
867
868
869
869
870
871
872
873
874
875
876
877
878
879
879
880
881
882
883
884
885
886
887
887
888
889
889
890
891
892
893
894
895
896
897
897
898
899
899
900
901
902
903
904
905
906
907
908
909
909
910
911
912
913
914
915
916
917
917
918
919
919
920
921
922
923
924
925
926
927
927
928
929
929
930
931
932
933
934
935
936
937
937
938
939
939
940
941
942
943
944
945
945
946
947
947
948
948
949
949
950
951
952
953
953
954
955
955
956
956
957
957
958
958
959
959
960
960
961
961
962
962
963
963
964
964
965
965
966
966
967
967
968
968
969
969
970
970
971
971
972
972
973
973
974
974
975
975
976
976
977
977
978
978
979
979
980
980
981
981
982
982
983
983
984
984
985
985
986
986
987
987
988
988
989
989
990
990
991
991
992
992
993
993
994
994
995
995
996
996
997
997
998
998
999
999
1000
1000
1001
1001
1002
1002
1003
1003
1004
1004
1005
1005
1006
1006
1007
1007
1008
1008
1009
1009
1010
1010
1011
1011
1012
1012
1013
1013
1014
1014
1015
1015
1016
1016
1017
1017
1018
1018
1019
1019
1020
1020
1021
1021
1022
1022
1023
1023
1024
1024
1025
1025
1026
1026
1027
1027
1028
1028
1029
1029
1030
1030
1031
1031
1032
1032
1033
1033
1034
1034
1035
1035
1036
1036
1037
1037
1038
1038
1039
1039
1040
1040
1041
1041
1042
1042
1043
1043
1044
1044
1045
1045
1046
1046
1047
1047
1048
1048
1049
1049
1050
1050
1051
1051
1052
1052
1053
1053
1054
1054
1055
1055
1056
1056
1057
1057
1058
1058
1059
1059
1060
1060
1061
1061
1062
1062
1063
1063
1064
1064
1065
1065
1066
1066
1067
1067
1068
1068
1069
1069
1070
1070
1071
1071
1072
1072
1073
1073
1074
1074
1075
1075
1076
1076
1077
1077
1078
1078
1079
1079
1080
1080
1081
1081
1082
1082
1083
1083
1084
1084
1085
1085
1086
1086
1087
1087
1088
1088
1089
1089
1090
1090
1091
1091
1092
1092
1093
1093
1094
1094
1095
1095
1096
1096
1097
1097
1098
1098
1099
1099
1100
1100
1101
1101
1102
1102
1103
1103
1104
1104
1105
1105
1106
1106
1107
1107
1108
1108
1109
1109
1110
1110
1111
1111
1112
1112
1113
1113
1114
1114
1115
1115
1116
1116
1117
1117
1118
1118
1119
1119
1120
1120
1121
1121
1122
1122
1123
1123
1124
1124
1125
1125
1126
1126
1127
1127
1128
1128
1129
1129
1130
1130
1131
1131
1132
1132
1133
1133
1134
1134
1135
1135
1136
1136
1137
1137
1138
1138
1139
1139
1140
1140
1141
1141
1142
1142
1143
1143
1144
1144
1145
1145
1146
1146
1147
1147
1148
1148
1149
1149
1150
1150
1151
1151
1152
1152
1153
1153
1154
1154
1155
1155
1156
1156
1157
1157
1158
1158
1159
1159
1160
1160
1161
1161
1162
1162
1163
1163
1164
1164
1165
1165
1166
1166
1167
1167
1168
1168
1169
1169
1170
1170
1171
1171
1172
1172
1173
1173
1174
1174
1175
1175
1176
1176
1177
1177
1178
1178
1179
1179
1180
1180
1181
1181
1182
1182
1183
1183
1184
1184
1185
1185
1186
1186
1187
1187
1188
1188
1189
1189
1190
1190
1191
1191
1192
1192
1193
1193
1194
1194
1195
1195
1196
1196
1197
1197
1198
1198
1199
1199
1200
1200
1201
1201
1202
1202
1203
1203
1204
1204
1205
1205
1206
1206
1207
1207
1208
1208
1209
1209
1210
1210
1211
1211
1212
1212
1213
1213
1214
1214
1215
1215
1216
1216
1217
1217
1218
1218
1219
1219
1220
1220
1221
1221
1222
1222
1223
1223
1224
1224
1225
1225
1226
1226
1227
1227
1228
1228
1229
1229
1230
1230
1231
1231
1232
1232
1233
1233
1234
1234
1235
1235
1236
1236
1237
1237
1238
1238
1239
1239
1240
1240
1241
1241
1242
1242
1243
1243
1244
1244
1245
1245
1246
1246
1247
1247
1248
1248
1249
1249
1250
1250
1251
1251
1252
1252
1253
1253
1254
1254
1255
1255
1256
1256
1257
1257
1258
1258
1259
1259
1260
1260
1261
1261
1262
1262
1263
1263
1264
1264
1265
1265
1266
1266
1267
1267
1268
1268
1269
1269
1270
1270
1271
1271
1272
1272
1273
1273
1274
1274
1275
1275
1276
1276
1277
1277
1278
1278
1279
1279
1280
1280
1281
1281
1282
1282
1283
1283
1284
1284
1285
1285
1286
1286
1287
1287
1288
1288
1289
1289
1290
1290
1291
1291
1292
1292
1293
1293
1294
1294
1295
1295
1296
1296
1297
1297
1298
1298
1299
1299
1300
1300
1301
1301
1302
1302
1303
1303
1304
1304
1305
1305
1306
1306
1307
1307
1308
1308
1309
1309
1310
1310
1311
1311
1312
1312
1313
1313
1314
1314
1315
1315
1316
1316
1317
1317
1318
1318
1319
1319
1320
1320
1321
1321
1322
1322
1323
1323
1324
1324
1325
1325
1326
1326
1327
1327
1328
1328
1329
1329
1330
1330
1331
1331
1332
1332
1333
1333
1334
1334
1335
1335
1336
1336
1337
1337
1338
1338
1339
1339
1340
1340
1341
1341
1342
1342
1343
1343
1344
1344
1345
1345
1346
1346
1347
1347
1348
1348
1349
1349
1350
1350
1351
1351
1352
1352
1353
1353
1354
1354
1355
1355
1356
1356
1357
1357
1358
1358
1359
1359
1360
1360
1361
1361
1362
1362
1363
1363
1364
1364
1365
1365
1366
1366
1367
1367
1368
1368
1369
1369
1370
1370
1371
1371
1372
1372
1373
1373
1374
1374
1375
1375
1376
1376
1377
1377
1378
1378
1379
1379
1380
1380
1381
1381
1382
1382
1383
1383
1384
1384
1385
1385
1386
1386
1387
1387
1388
1388
1389
1389
1390
1390
1391
1391
1392
1392
1393
1393
1394
1394
1395
1395
1396
1396
1397
1397
1398
1398
1399
1399
1400
1400
1401
1401
1402
1402
1403
1403
1404
1404
1405
1405
1406
1406
1407
1407
1408
1408
1409
1409
1410
1410
1411
1411
1412
1412
1413
1413
1414
1414
1415
1415
1416
1416
1417
1417
1418
1418
1419
1419
1420
1420
1421
1421
1422
1422
1423
1423
1424
1424
1425
1425
1426
1426
1427
1427
1428
1428
1429
1429
1430
1430
1431
1431
1432
1432
1433
1433
1434
1434
1435
1435
1436
1436
1437
1437
1438
1438
1439
1439
1440
1440
1441
1441
1442
1442
1443
1443
1444
1444
1445
1445
1446
1446
1447
1447
1448
1448
1449
1449
1450
1450
1451
1451
1452
1452
1453
1453
1454
1454
1455
1455
1456
1456
1457
1457
1458
1458
1459
1459
1460
1460
1461
1461
1462
1462
1463
1463
1464
1464
1465
1465
1466
1466
1467
1467
1468
1468
1469
1469
1470
1470
1471
1471
1472
1472
1473
1473
1474
1474
1475
1475
1476
1476
1477
1477
1478
1478
1479
1479
1480
1480
1481
1481
1482
1482
1483
1483
1484
1484
1485
1485
1486
1486
1487
1487
1488
1488
1489
1489
1490
1490
1491
1491
1492
1492
1493
1493
1494
1494
1495
1495
1496
1496
1497
1497
1498
1498
1499
1499
1500
1500
1501
1501
1502
1502
1503
1503
1504
1504
1505
1505
1506
1506
1507
1507
1508
1508
1509
1509
1510
1510
1511
1511
1512
1512
1513
1513
1514
1514
1515
1515
1516
1516
1517
1517
1518
1518
1519
1519
1520
1520
1521
1521
1522
1522
1523
1523
1524
1524
1525
1525
1526
1526
1527
1527
1528
1528
1529
1529
1530
1530
1531
1531
1532
1532
1533
1533
1534
1534
1535
1535
1536
1536
1537
1537
1538
1538
1539
1539
1540
1540
1541
1541
1542
1542
1543
1543
1544
1544
1545
1545
1546
1546
1547
1547
1548
1548
1549
1549
1550
1550
1551
1551
1552
1552
1553
1553
1554
1554
1555
1555
1556
1556
1557
1557
1558
1558
1559
1559
1560
1560
1561
1561
1562
1562
1563
1563
1564
1564
1565
1565
1566
1566
1567
1567
1568
1568
1569
1569
1570
1570
1571
1571
1572
1572
1573
1573
1574
1574
1575
1575
1576
1576
1577
1577
1578
1578
1579
1579
1580
1580
1581
1581
1582
1582
1583
1583
1584
1584
1585
1585
1586
1586
1587
1587
1588
1588
1589
1589
1590
1590
1591
1591
1592
1592
1593
1593
1594
1594
1595
1595
1596
1596
1597
1597
1598
1598
1599
1599
1600
1600
1601
1601
1602
1602
1603
1603
1604
1604
1605
1605
1606
1606
1607
1607
1608
1608
1609
1609
1610
1610
1611
1611
1612
1612
1613
1613
1614
1614
1615
1615
1616
1616
1617
1617
1618
1618
1619
1619
1620
1620
1621
1621
1622
1622
1623
1623
1624
1624
1625
1625
1626
1626
1627
1627
1628
1628
1629
1629
1630
1630
1631
1631
1632
1632
1633
1633
1634
1634
1635
1635
1636
1636
1637
1637
1638
1638
1639
1639
1640
1640
1641
1641
1642
1642
1643
1643
1644
1644
1645
1645
1646
1646
1647
1647
1648
1648
1649
1649
1650
1650
1651
1651
1652
1652
1653
1653
1654
1654
1655
1655
1656
1656
1657
1657
1658
1658
1659
1659
1660
1660
1661
1661
1662
1662
1663
1663
1664
1664
1665
1665
1666
1666
1667
1667
1668
1668
1669
1669
1670
1670
1671
1671
1672
1
```

Para poder reducir el tiempo de procesamiento y de la misma forma el trabajo del microprocesador de la computadora, es necesario determinar el área donde se encuentra el objeto de nuestro interés en este caso sería el huevo. Esta área fue determinada de forma manual. Mediante prueba y error se pudo determinar los cuatro puntos necesarios dentro de los cuales esta comprendida nuestra área.

Figura 10

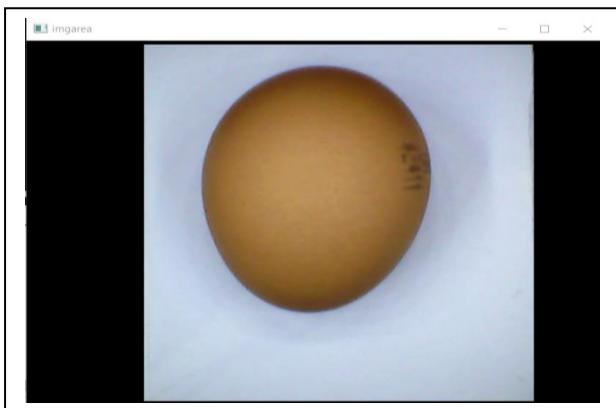
Imagen de entrada.



Nota. Elaboración propia

Figura 11

Área de interés



Nota. Elaboración propia

El espacio de color que se utilizo fue el YCrCb esta decisión se toma por los resultados obtenidos en el trabajo de grado “Detección de Manchas de Huevo de Gallina Mediante Visión Artificial” del ingeniero Suarez D., quien determinó que dicho espacio permitía determinar de mejor manera las características de la imagen en comparación con los espacios de color HSV, HLS y XYZ. (Suarez Solano, D. L., 2013).

Para poder convertir la imagen de entrada la cual es en el espacio de color BGR, se utiliza la función cv2.cvtColor, para poder posteriormente separar los componentes de que se obtienen en el espacio de color YCrCb figura 12, y determinar en cual se puede diferenciar mejor el fondo de la imagen del objeto. Como se observa en la figura 13.

Figura 12

Espacio de color YCrCb

```

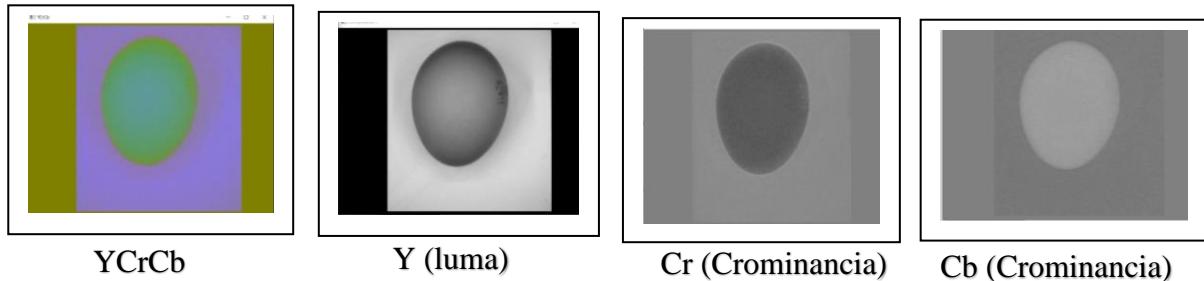
23
24 #la imagen se convierte al espacio de color YCrCb y se separa sus componentes
25 YCrCb=cv2.cvtColor(imgarea,cv2.COLOR_BGR2YCrCb)
26
27 Y=YCrCb[:, :, 0] #LUMA luminosidad de la imagen
28 Cr=YCrCb[:, :, 1] #Crominancia (diferencia de azul)
29 Cb=YCrCb[:, :, 2] #Crominancia (diferencia de rojo)
30

```

Nota. Elaboración propia

Figura 13

Espacio color YCrCb y componentes



Nota. Elaboración propia

Al analizar los tres componentes del espacio de color **YCrCb** se puede observar que la imagen generada por el componente **Cr**, es la mejor opción para poder separar el fondo del huevo, de esta manera poder aplicar diferentes transformaciones morfológicas y umbralización a la imagen como se muestra en la figura 11 que permitirán obtener las características como lo son el largo y ancho de forma precisa del huevo las cuales permitirán calcular de forma matemática el peso de este.

Figura 14

Transformaciones morfológicas.

• ancho [48]	
• area [50]	
• area_pts [19]	
• binarizada2 [
• binarizada3 [
• binarizada4 [
• cap [7]	
• cnts [381]	
31	#se aplica umbralizacion, dilatación, filtrado
32	_ ,binarizada1=cv2.threshold(Cr,123,255,cv2.THRESH_BINARY_INV)
33	binarizada2=cv2.dilate(binarizada1,None,iterations=3)
34	binarizada3=cv2.morphologyEx(binarizada2,cv2.MORPH_OPEN,kernel)
35	binarizada4=cv2.medianBlur(binarizada3,35)
36	

Nota. Elaboración propia.

Lo primero que se realizo fue una umbralización invertida donde se establece un umbral de 123, todo pixel por encima de este umbral tomara el valor de 255 (blanco) y aquellos que

estén por debajo tomaran el valor de 0 (negro), siendo esta umbralización invertidas los pixeles que sean de color negro pasaran a color blanco y viceversa. (opencv-python-tutorials, s.f.). siendo la imagen de salida la que se observa en la figura 15.

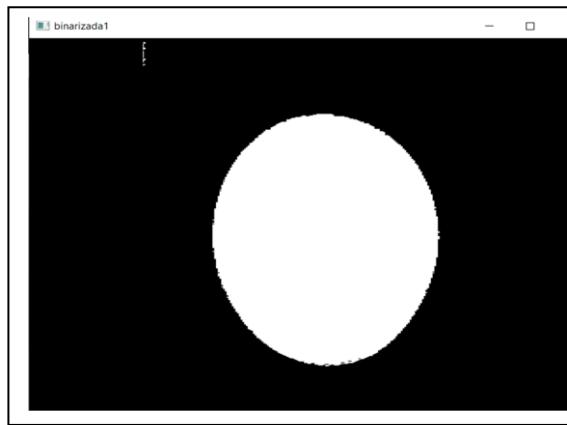
Posterior a esto se aplica una transformación morfológica llamada **Dilatación** (**cv2.dilate**), como se observa en la figura 16, esto es necesario porque al momento de la umbralización los objetos pueden encogerse entonces lo dilatamos para aumentar la región blanca de la imagen en este caso el tamaño del huevo.

Aunque en la figura 17 no se note diferencia en comparación con las dos anteriores imágenes en esta se realiza una eliminación del ruido de forma preventiva ya que un ruido podría generar un cambio en el tamaño de la imagen, para esto se usó la transformación morfológica (**cv2.morphologyEx**) siendo una erosión seguida de una dilatación.

La figura 18 es la imagen de salida después de haber procesado correctamente la imagen de entrada, esta última se da después de aplicar un filtro (**cv2.medianBlur**), como se observa se elimina cualquier elemento que no haga parte del objeto de interés, además que permite definir la forma del huevo, evitando que se presenten variaciones en la imagen.

Figura 15

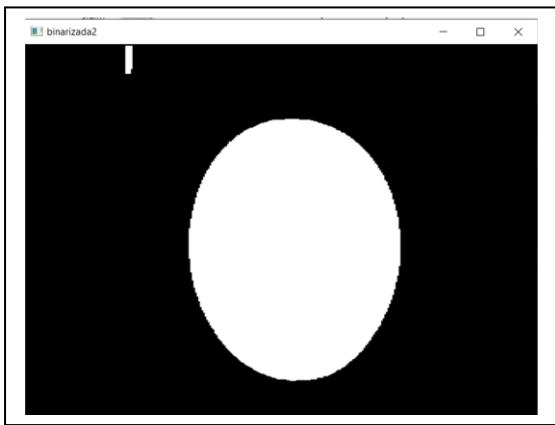
Umbralización



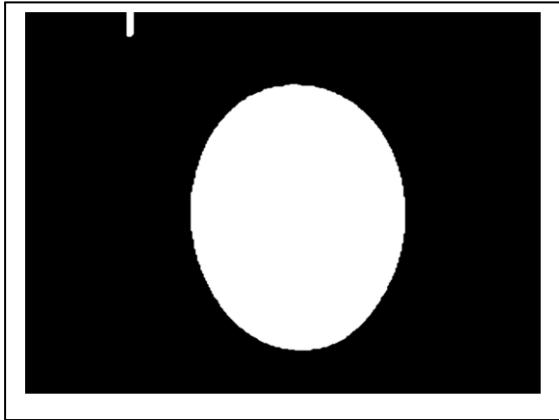
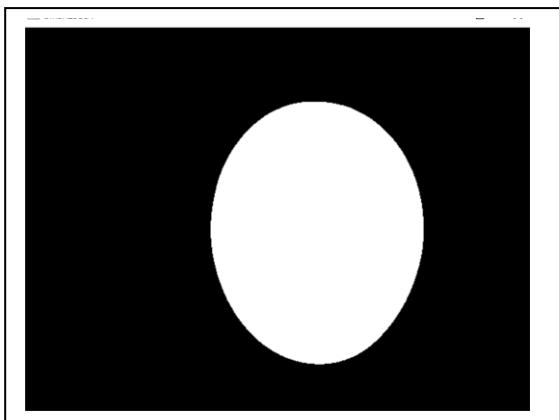
Nota. Elaboración propia

Figura 16

Dilatación



Nota. Elaboración propia

Figura 17*Eliminación**Nota.* Elaboración propia**Figura 18***Filtro.**Nota.* Elaboración propia

Para poder obtener el ancho y alto del huevo es necesario hallar los contornos de este, para lograrlo se utiliza la línea de código que se ve en la figura 19, esta función nos entrega el punto (X, Y) desde el cual empieza la imagen y los valores en pixeles de alto y ancho de la misma. Se analiza cada contorno para saber su área y evitar que se obtengan valores

innecesarios. En la figura 20 se puede observar que se dibuja un rectángulo el cual tiene el mismo ancho y alto del huevo.

Figura 19

Código hallar contornos.

```

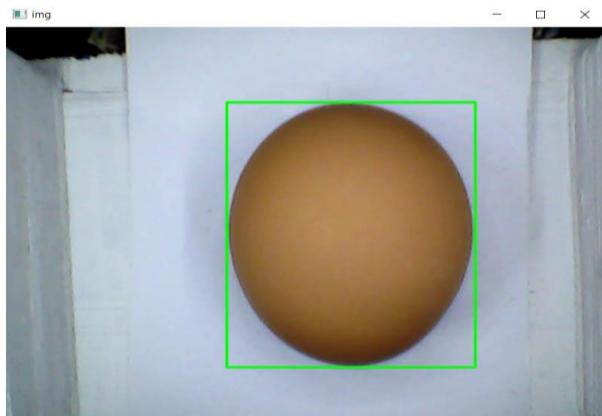
37 #se hallan los contornos de la imagen
38 cnts=cv2.findContours(binarizada4,cv2.RETR_EXTERNAL,cv2.CHAIN_APPROX_SIMPLE)[0]
39
40
41 #se hace un barrido por cada contorno encontrado
42 for c in cnts:
43
44     #análisis del área del contorno
45     if cv2.contourArea(c)>5000:
46

```

Nota. Elaboración propia

Figura 20

Contornos.



Nota. Elaboración propia

Determinación del Peso del Huevo

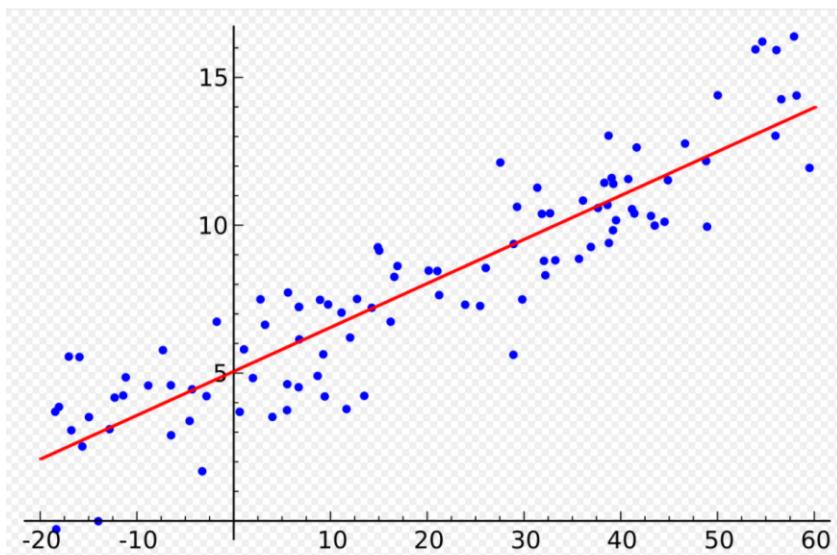
Se intenta inferir el peso del huevo mediante el método de ajuste por regresión lineal, donde el objetivo es clasificar el huevo de acuerdo a la norma NTC-1240, expuesto anteriormente en la tabla 3.

La regresión lineal pretende inferir la relación entre dos variables mediante la ecuación lineal (1), la cual se halla mediante un procedimiento estadístico que pretende encontrar una ecuación que se aproxime a los puntos dados, como se observa en la figura 21.

$$y = a + bx \text{ (1)}$$

Figura 21

Regresión lineal.



Nota. Wikipedia.

Para la regresión lineal utilizada en el desarrollo de este proyecto se utilizó Excel y se tomaron las características como peso, área, ancho y altura de 197 muestras, de forma manual mediante el uso de una gramera de 0-150 gramos y un calibrador vernier rectilíneo o también llamado calibrador pie de rey con escala en milímetros.

Tabla 9*Características 197 huevos*

numero	Alto (mm)	Ancho (mm)	tipo	Peso (gramos)	Área (mm²)
1	56,5	44,2	AA	63	1961,37483
2	58,9	44,25	AA	68	2047,00287
3	57,4	44,6	AA	63	2010,65071
4	54,1	44,1	AA	61	1873,81079
5	57	43,15	AA	62	1931,72605
6	53,4	45,3	AA	68	1899,89387
7	54,65	45	AA	64	1931,49043
8	58,1	44,3	AA	64	2021,48135
9	56,36	45,1	AA	65	1996,35333
10	57,45	43	AA	61	1940,20835
11	57,6	45	AA	63	2035,75204
12	56,5	43,6	AA	61	1934,74984
13	56,3	44,15	AA	60	1952,22102
14	58,2	44	AA	63	2011,24762
15	56	44	AA	63	1935,22107
16	58,5	44,4	AA	63	2039,99319
17	55,5	44,15	AA	60	1924,48075
18	55,25	45	AA	61	1952,69618
19	58,6	43,7	AA	63	2011,26332
20	57,7	43,8	AA	62	1984,90536

21	55,5	43,4	AA	59	1891,78856
22	56,2	44,85	AA	62	1979,65105
23	56	44,3	AA	60	1948,41576
24	57,35	43,95	AA	62	1979,6216
25	59,3	42,65	AA	62	1986,38584
26	58,6	44,25	AA	65	2036,57671
27	60,75	43,5	AA	64	2075,51282
28	56,25	43,75	AA	59	1932,81579
29	60,2	44,8	AA	66	2118,18743
30	55,55	44,6	AA	63	1945,84751
31	56,5	43,15	AA	61	1914,78109
32	54,7	44,75	AA	63	1922,51726
33	56,15	44,45	AA	62	1960,24975
34	58,95	43,6	AA	62	2018,64607
35	57,45	44,35	AA	61	2001,12187
36	56,8	44,3	AA	62	1976,25027
37	55,3	45,5	AA	65	1976,17959
38	60,1	42,6	AA	65	2010,8235
39	55,85	43,9	AA	60	1925,651
40	57,65	45,5	AA	66	2060,15829
41	56,3	43,85	AA	61	1938,95564
42	56,4	43,6	AA	60	1931,3255
43	56,05	44,05	AA	59	1939,15003

44	56,2	43,7	AA	61	1928,89077
45	58,8	44,35	AA	64	2048,14562
46	58,8	44,6	AA	65	2059,69098
48	54,7	44,5	AA	62	1911,77694
49	55,9	44,6	AA	65	1958,10758
50	56,1	44,2	AA	62	1947,48899
51	55,6	46	AA	66	2008,73434
52	58,6	43,6	AA	63	2006,66089
53	54,5	44,7	AA	64	1913,34774
54	57,2	43,1	AA	68	1936,2578
55	56,7	44,8	AA	68	1995,037
56	55,5	45	AA	64	1961,53191
57	54,7	44,7	AA	61	1920,3692
58	56,2	43,6	AA	59	1924,47683
59	55,5	44,3	AA	61	1931,01919
60	57,8	43,3	AA	61	1965,6474
61	55,7	44,6	AA	61	1951,10183
62	54,8	44,2	AA	60	1902,36002
63	56,8	44	AA	61	1962,86709
64	57,7	44,8	AA	67	2030,22284
65	56,8	44,1	AA	61	1967,32815
66	57,9	45,3	AA	66	2059,99728
67	54,9	44,6	AA	61	1923,07882

68	57,2	43,7	AA	60	1963,21267
69	59,9	43,7	AA	64	2055,88179
70	56,6	43,8	AA	62	1947,06488
71	58,1	45	AA	67	2053,4235
72	56	43,5	AA	60	1913,22993
73	55,6	44,2	AA	61	1930,13169
74	56	43,6	AA	62	1917,62816
75	55,6	45	AA	62	1965,0662
76	56	44,4	AA	61	1952,81399
77	54,7	45,1	AA	64	1937,55371
78	58,6	42,8	AA	61	1969,84143
79	61,7	42,9	AA	64	2078,89396
80	55	43,9	AA	59	1896,34387
81	56,4	46	AA	68	2037,637
82	57,5	45	AA	67	2032,21775
83	53,7	45,2	AA	62	1906,34984
84	57,5	44,2	AA	63	1996,08943
85	56,1	43,8	AA	60	1929,86466
86	54	44,3	AA	60	1878,82949
87	56,6	44,9	AA	64	1995,96377
88	56,5	45,3	AA	65	2010,18733
89	57,5	43,5	AA	62	1964,47716
90	57,4	43,6	AA	65	1965,56886

91	57,7	43,6	AA	61	1975,84187
92	56,5	44	AA	61	1952,49983
93	58,3	44,7	AA	64	2046,75547
94	57	44,4	AA	62	1987,68567
95	57,5	43,6	AA	62	1968,9932
96	56,5	49,9	AA	65	2214,31231
97	56	44,5	AA	61	1957,21222
98	57,4	44	AA	62	1983,6016
99	56,6	43,5	AA	59	1933,72882
100	55,5	43,8	AA	61	1909,2244
101	56,5	45,6	AA	66	2023,49983
102	55,2	45	AA	64	1950,92904
103	55	43,4	AA	62	1874,74542
104	57,2	45,1	AA	66	2026,10735
105	55,2	44,4	AA	62	1924,91665
106	57,2	43,3	AA	61	1945,24276
107	56,3	43,5	AA	60	1923,47937
108	57	45	AA	65	2014,54629
109	57,3	45	AA	65	2025,14916
110	55,4	45	AA	63	1957,99762
111	55,6	44,6	AA	62	1947,59895
112	59,3	42,5	AA	60	1979,39972
113	52,7	44,8	AA	60	1854,29365

114	57,6	44,5	AA	63	2013,13257
115	58,3	44,8	AA	66	2051,33434
116	54,5	45,2	AA	63	1934,74984
117	54,7	43,8	AA	60	1881,70404
118	58,2	44	AA	63	2011,24762
119	57,2	44,1	AA	63	1981,18258
120	55,6	44	AA	61	1921,39807
121	58,2	44,6	AA	68	2038,67372
122	55,6	44,3	AA	62	1934,49851
123	56,3	44,2	AA	62	1954,43191
124	55,4	44,7	AA	63	1944,9443
125	55,9	45,4	AA	65	1993,23058
126	57,6	43,9	AA	62	1985,98921
127	59,7	44,6	AA	67	2091,21686
128	57	44	AA	62	1969,77859
129	55,3	44	AA	61	1911,03081
130	55,9	44,2	AA	62	1940,54607
131	55,7	44	AA	60	1924,85382
132	55,6	44,7	AA	61	1951,96576
133	57,4	43,9	AA	63	1979,09342
134	57,2	45,6	AA	66	2048,56974
135	55,1	45,8	AA	64	1982,0151
136	58,2	44,1	AA	65	2015,81863

137	57,7	44,1	AA	63	1998,5006
138	57,2	43	AA	66	1931,76532
139	60	44	AA	64	2073,45115
140	55,5	44,05	AA	62	1920,12179
141	54,8	45,2	AA	63	1945,39983
142	57,3	44,5	AA	65	2002,64751
143	56,9	44,6	AA	63	1993,13634
144	56,2	43,8	AA	61	1933,3047
145	56,4	44,5	AA	62	1971,19231
146	55,3	44,1	AA	61	1915,37406
147	57,4	43,1	AA	60	1943,02793
148	55,85	44,5	AA	62	1951,96969
149	57,15	44,15	AA	63	1981,69505
150	55,25	43,4	AA	60	1883,26699
151	55,7	44,1	AA	61	1929,22849
152	54,4	44	AA	59	1879,92904
153	58,65	44,1	AA	69	2031,40486
154	56,8	43,4	AA	61	1936,10072
155	56,8	44,65	AA	65	1991,86399
156	53,95	45,1	AA	62	1910,98761
157	56,8	43,7	AA	62	1949,48391
158	55,4	44,3	AA	61	1927,53988
159	54,1	45,2	AA	63	1920,54984

160	58,65	44,65	AA	65	2056,73984
161	56,05	43,6	AA	61	1919,34032
162	53,2	44,4	AA	61	1855,17329
163	55,95	45,6	AA	66	2003,80204
164	57,7	43,6	AA	63	1975,84187
165	55,9	44,2	AA	62	1940,54607
166	56,5	43,4	AA	59	1925,87484
167	58,2	43,9	AA	63	2006,6766
168	56,4	45,6	AA	65	2019,91841
169	58	42,8	AA	61	1949,6724
170	56,95	42,2	AA	63	1887,53955
171	56,9	43,15	AA	62	1928,33706
172	57	43,2	AA	62	1933,96444
173	58,15	43	AA	60	1963,84884
174	54,55	45,5	AA	63	1949,37788
175	59,6	44,3	AA	65	2073,67106
176	56,4	45	AA	64	1993,34054
177	57	45,5	AA	66	2036,93014
178	56,2	44,15	AA	62	1948,75348
179	57,2	44,65	AA	63	2005,8912
180	56,6	44,2	AA	68	1964,84629
181	55,8	43,4	AA	60	1902,01444
182	54,6	45,3	AA	64	1942,58811

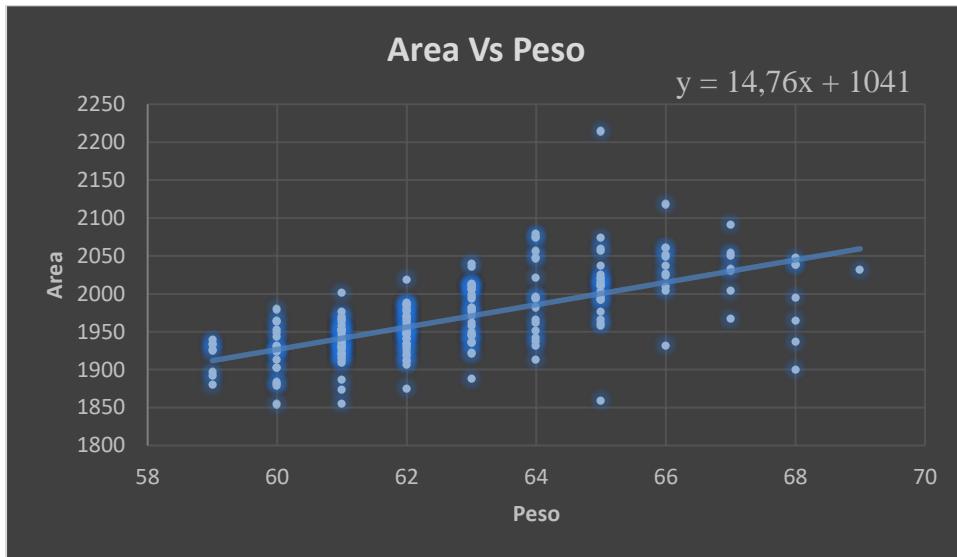
183	55,9	44,8	AA	67	1966,88833
184	55	45,4	AA	65	1961,13921
185	57,3	44,9	AA	65	2020,64883
186	56,7	43,7	AA	62	1946,05172
187	54,9	44,9	AA	63	1936,01433
188	57,5	45,4	AA	67	2050,28191
189	54,1	44,4	AA	61	1886,5578
190	53,2	44,5	AA	65	1859,35161
191	57,4	43,4	AA	62	1956,55249
192	56,4	44,5	AA	63	1971,19231
193	57,2	44,6	AA	67	2003,64496
194	57,8	44,3	AA	65	2011,04341
195	55,6	45	AA	64	1965,0662
196	56	45,3	AA	65	1992,39806
197	57,6	44,1	AA	64	1995,037

Nota. Características tomadas de las muestras. Elaboración propia

En la figura 22 se observa la regresión lineal de las características área Vs peso, ya que esta es la mejor aproximación que se puede obtener, el motivo es que los datos no están tan dispersos.

Figura 22

Regresión lineal Área Vs Peso.



Nota. Elaboración propia

Teniendo en cuenta los resultados de la figura 22 la ecuación que representa la regresión lineal es la (2) donde *Y* representa el área y *X* representa el peso, por tal motivo es necesario realizar un despeje de *X* para así poder inferir en el peso del huevo dando como resultado la ecuación (3).

$$y = 14.76x + 1041 \quad (2)$$

$$x = \frac{y - 1041}{14.76} \quad (3)$$

Para poder confirmar la eficacia de la ecuación lineal se procedió a calcular el peso del huevo de forma matemática usando la ecuación (3), para posteriormente calcular porcentaje de error con la ecuación (4) de cada una de las 197 muestras y el promedio de todas ellas usando la ecuación (5). Los resultados se pueden ver en la tabla 10.

$$\text{error} = \frac{\text{peso real} - \text{peso calculado}}{\text{peso real}} * 100 \quad (4)$$

$$\text{error promedio} = \frac{\sum \text{error cada dato}}{\text{numero de datos}} \quad (5)$$

Tabla 10

Peso real, Peso calculado, % de error de 197 huevos

peso	Peso calculado matemáticamente	error
63	62,35601853	1,02219281
68	68,1573759	-0,23143514
63	65,69449283	-4,27697275
61	56,42349541	7,50246655
62	60,34729355	2,66565557
68	58,19064128	14,4255275
64	60,33133017	5,73229661
64	66,42827608	-3,79418137
65	64,7258351	0,42179216
61	60,92197513	0,12790962
63	67,39512463	-6,9763883
61	60,55215689	0,73416903
60	61,73584132	-2,89306886
63	65,73493339	-4,34116411
63	60,58408365	3,83478786
63	67,68246542	-7,43248479
60	59,8564197	0,23930051
61	61,76803413	-1,25907234
63	65,73599761	-4,34285336
62	63,95022781	-3,14552872

59	57,6415011	2,30254052
62	63,59424449	-2,57136209
60	61,47803277	-2,46338796
62	63,59224907	-2,56814366
62	64,05053103	-3,30730811
65	67,45099645	-3,77076377
64	70,08894455	-9,51397586
59	60,42112417	-2,40868503
66	72,98017824	-10,5760276
63	61,30403196	2,69201276
61	59,19926066	2,9520317
63	59,72339155	5,20096579
62	62,2797934	-0,45127968
62	66,23618344	-6,83255393
61	65,04890725	-6,63755287
62	63,36383975	-2,19974153
65	63,35905073	2,52453733
65	65,70619931	-1,08646048
60	59,93570447	0,10715922
66	69,04866446	-4,61918858
61	60,83710318	0,26704397
60	60,32015581	-0,53359301
59	60,85027296	-3,13605587

61	60,15520091	1,38491654
64	68,23479828	-6,61687231
65	69,01700376	-6,18000579
62	58,9957276	4,84560064
65	62,13465969	4,40821585
62	61,41524349	0,94315566
66	65,56465736	0,65961005
63	65,42417964	-3,8479042
64	59,10215012	7,65289044
68	60,65432251	10,8024669
68	64,63665303	4,94609848
64	62,36666078	2,55209253
61	59,57785876	2,33137908
59	59,85615364	-1,45110787
61	60,29940342	1,14851899
61	62,64548777	-2,69752093
61	61,66001528	-1,08199226
60	58,35772462	2,73712563
61	62,45711992	-2,38872117
67	67,02051738	-0,03062295
61	62,75935986	-2,88419649
66	69,03775615	-4,60266084
61	59,7614376	2,03043016

60	62,48053287	-4,13422145
64	68,75892916	-7,43582682
62	61,38650941	0,98950095
67	68,59237793	-2,37668347
60	59,09416843	1,50971928
61	60,2392747	1,24709066
62	59,39215147	4,2062073
62	62,60611144	-0,97759909
61	61,77601582	-1,27215708
64	60,74212108	5,09043581
61	62,92963588	-3,16333752
64	70,31801901	-9,87190471
59	57,95012639	1,7794468
68	67,52283165	0,70171817
67	67,15567397	-0,23234921
62	58,62803781	5,43864869
63	64,70795612	-2,71104145
60	60,22118287	-0,36863811
60	56,76351534	5,39414109
64	64,69944231	-1,09287862
65	65,66309819	-1,02015106
62	62,56620299	-0,91323064
65	62,64016664	3,63051286

61	63,33616989	-3,82978671
61	61,75473131	-1,23726445
64	68,14061435	-6,46970992
62	64,13859566	-3,44934784
62	62,87216773	-1,40672214
65	79,49270406	-22,2964678
61	62,07399886	-1,76065387
62	63,86189712	-3,00305987
59	60,48298226	-2,51352925
61	58,82279102	3,56919505
66	66,56502901	-0,85610456
64	61,6483088	3,6745175
62	56,4868168	8,89223096
66	66,74169038	-1,12377331
62	59,88595194	3,40975493
61	61,26305929	-0,43124474
60	59,78857534	0,35237443
65	65,95842067	-1,47449334
65	66,67677265	-2,57965023
63	62,12721012	1,38538076
62	61,42269307	0,93114021
60	63,57721689	-5,96202815
60	55,10119565	8,16467391

63	65,86264041	-4,54387366
66	68,45083598	-3,71338785
63	60,55215689	3,88546525
60	56,95826855	5,06955242
63	65,73493339	-4,34116411
63	63,69800645	-1,10794674
61	59,64756551	2,21710572
68	67,59307051	0,59842572
62	60,53512929	2,3626947
62	61,88563101	0,18446612
63	61,24283902	2,78914442
65	64,51426714	0,74728133
62	64,02365934	-3,26396668
67	71,15290365	-6,19836365
62	62,92537898	-1,49254675
61	58,94517691	3,36856244
62	60,94485597	1,70184521
60	59,88169504	0,19717493
61	61,71854766	-1,17794698
63	63,5564645	-0,88327698
66	68,26353235	-3,42959448
64	63,75441038	0,38373378
65	66,04462291	-1,60711217

63	64,87131468	-2,97034076
66	60,34995411	8,56067559
64	69,949265	-9,29572656
62	59,56109722	3,93371417
63	61,27370155	2,74015628
65	65,15227012	-0,23426172
63	64,50788179	-2,39346315
61	60,45424818	0,89467512
62	63,02115925	-1,64703104
61	59,23943516	2,88617186
60	61,11300355	-1,85500591
62	61,71881372	0,45352626
63	63,73272679	-1,1630584
60	57,06415895	4,89306842
61	60,17808175	1,34740697
59	56,8380111	3,66438796
69	67,10060032	2,75275316
61	60,64368025	0,58413073
65	64,42167955	0,88972377
62	58,94225029	4,93185437
62	61,55040009	0,72516115
61	60,06367755	1,53495484
63	59,59009735	5,41254389

65	68,81706246	-5,87240379
61	59,50815202	2,44565243
61	55,16079226	9,5724717
66	65,23049067	1,16592323
63	63,33616989	-0,533603
62	60,94485597	1,70184521
59	59,95086968	-1,61164352
63	65,42524387	-3,84959344
65	66,32238567	-2,0344395
61	61,56317079	-0,9232308
63	57,35362819	8,96249493
62	60,11768697	3,03598875
62	60,49894563	2,42105543
60	62,52363399	-4,20605665
63	61,54321657	2,31235466
65	69,96416415	-7,63717562
64	64,52171671	-0,81518237
66	67,47494152	-2,23475987
62	61,50091362	0,80497804
63	65,37203261	-3,76513113
68	62,59121229	7,95409958
60	58,33431167	2,77614722
64	61,08320524	4,55749181

67	62,72956156	6,37378872
65	62,34005515	4,09222285
65	66,37187214	-2,11057253
62	61,31786689	1,10021469
63	60,63782702	3,74948093
67	68,3795329	-2,05900432
61	57,28711412	6,08669816
65	55,44387615	14,701729
62	62,0293014	-0,04726033
63	63,02115925	-0,03358611
67	65,21984842	2,65694266
65	65,72109846	-1,10938225
64	62,60611144	2,17795088
65	64,45786321	0,83405661
64	64,63665303	-0,99477036

Nota. Comparación entre datos reales y calculados por el algoritmo de clasificación. Elaboración propia

$$\text{error promedio} = 0,00246178$$

Para poder calcular el área por medio del algoritmo se utiliza las líneas de código que se muestran en la figura 23, donde se calcula que cada milímetro está conformado por 5.3354 *pixels* con respecto al ancho y 5.12771 *pixels* con respecto al largo de la imagen, relación que dependerá del tipo de cámara y la distancia a la que se encuentre el objeto, teniendo esta relación se calcula los milímetros que corresponden al ancho y alto de la imagen ambos

divididos por 2 que corresponden a los semiejes usados en la ecuación (8), el resultado se calcula mediante las ecuaciones (6) y (7).

$$\text{ancho} = ((w/5.225)/2) \quad (6)$$

$$\text{alto} = ((h/5.225)/2) \quad (7)$$

Como ya se tiene el ancho y alto se calcula el área usando la ecuación (8) la cual se usa para calcular el área de una elipse que es una figura similar a la del huevo. Como ya se conoce el área se procede a usar la ecuación numero (3), para poder inferir el peso del huevo.

$$\text{area} = \pi * \text{semieje menor} * \text{semieje mayor} \quad (8)$$

Figura 23

Calculo peso.

```

47 #se obtine medidas del contorno y se calcula matematicamente un aproximado del peso
48 x,y,w,h=cv2.boundingRect(c)
49 ancho=((w/5.85)/2)
50 alto=((h/5.85)/2)
51 area=((ancho)*(alto)*np.pi)
52 peso=(area-1041)/14.76

```

Nota. Elaboración propia.

En la figura 24 se observan 4 condicionales **if**, las cuales evalúan dentro un rango el valor de la variable peso y de pendiendo de este mostrara en pantalla el tipo de huevo al que pertenece, para poder mostrar alguna imagen en pantalla es necesario la función **cv2.imshow** el cual recibe dos parámetros el nombre de la ventana y la imagen a mostrar, para finalizar el algoritmo se lee alguna tecla y si este es **ESC** el programa terminara y se cerraran todas las ventanas.

Figura 24

Códigos condicionales y muestra en pantalla.

```

• ancho [49]      54           #con condicionales se analiza el rango del peso
• area [51]       55   □       if 60>peso>53:
• area_pts [19]    56   □       cv2.rectangle(frame,(x,y),(x+w,y+h),(0,255,0),2)
• binarizada2 [  57   □       cv2.putText(frame,'Tipo: A',(15,30),2,1,(0,0,255),1,cv2.LINE_AA)
• binarizada3 [  58   □       if 67>peso>59:
• binarizada4 [  59   □       cv2.rectangle(frame,(x,y),(x+w,y+h),(0,255,0),2)
• cap [7]          60   □       cv2.putText(frame,'Tipo: AA',(15,30),2,1,(0,0,255),1,cv2.LINE_AA)
• cnts [38]        61   □       if 78>peso>66.9:
• imgarea [22]     62   □       cv2.rectangle(frame,(x,y),(x+w,y+h),(0,255,0),2)
• imgaux [20]      63   □       cv2.putText(frame,'Tipo: AAA',(15,30),2,1,(0,0,255),1,cv2.LINE_AA)
• imgaux [21]      64   □       if peso>=78:
• k [72]           65   □       cv2.rectangle(frame,(x,y),(x+w,y+h),(0,255,0),2)
• kernel [8]        66   □       cv2.putText(frame,'Tipo: JUMBO',(15,30),2,1,(0,0,255),1,cv2.LINE_AA)
• peso [52]         67
• peso [52]         68

Imports           69   #se muestra en pantalla la imagen
    cv2 [2]          70   cv2.imshow('img',frame)
    np [3]          71
    time [4]         72   k=cv2.waitKey(1)
    73
    if k==27:        74   □       break
    75
    76
    #se apaga camara y se cierran ventanas
    77   cap.release() 78
    78   cv2.destroyAllWindows()
    79
    80

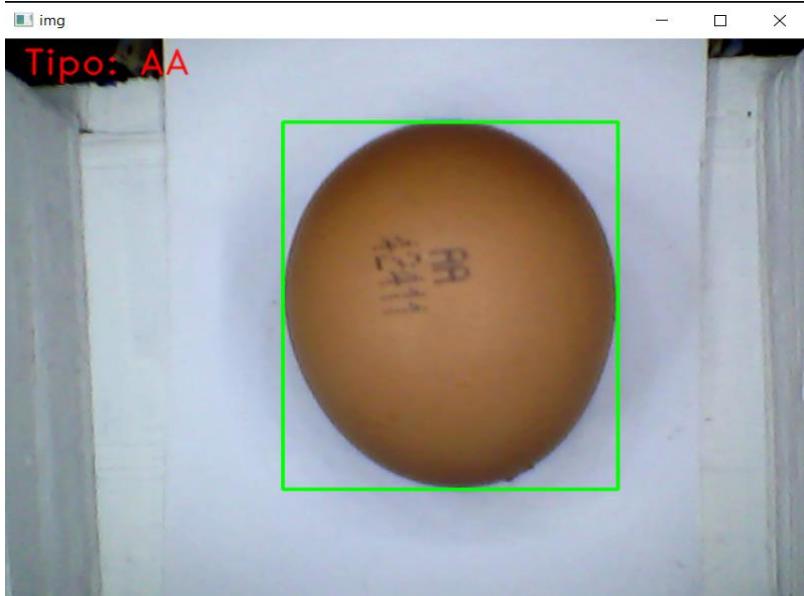
```

Nota. Elaboración propia.

En la figura 25 se puede observar la imagen de salida donde se puede reconocer el tipo de huevo que se está clasificando, el huevo utilizado está marcado con su tipo, esta muestra utilizada fue adquirida en una empresa reconocida y que cumple con los requerimientos anteriormente mencionados de la norma NTC-1240.

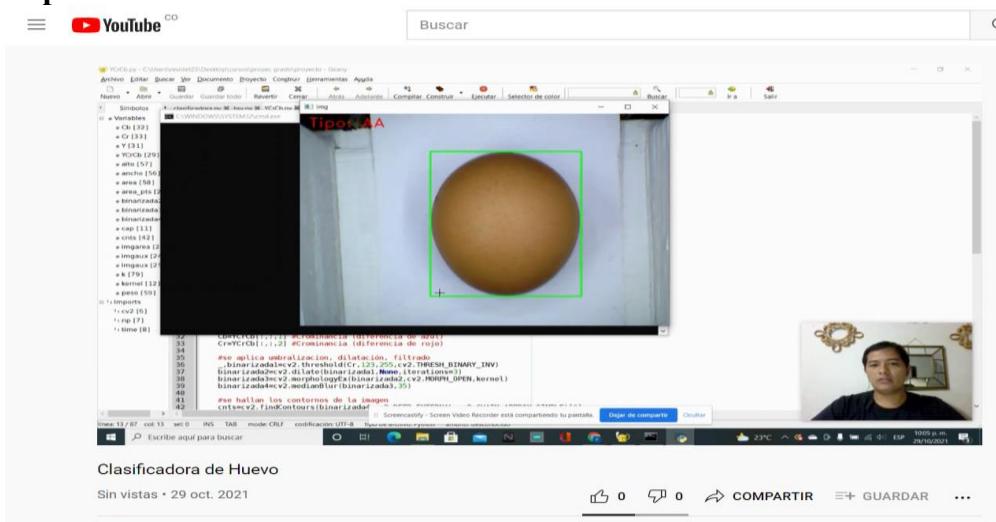
Figura 25

Huevo clasificado



Nota. Elaboración propia

Explicación de la Simulación



Link: <https://youtu.be/6WVkaNOqQrk>

Explicación Detallada del Funcionamiento de la Solución Implementada

Primer Prototipo

Las siguientes imágenes corresponden a un primer prototipo realizado con materiales reciclados como cartón y madera, en las figuras 26, 29 y 33 se puede ver que la parte física fue realizada con los materiales anteriormente mencionados, en este prototipo se busca poner a prueba la comunicación entre la cámara, el Arduino y el computador, además se pretende observar el comportamiento del computador al momento de ejecutar el algoritmo, comprobar que este tenga la capacidad de procesamiento necesaria. Por ultimo se puso a prueba el funcionamiento del algoritmo comprobando la eficiencia de este al momento de realizar la clasificación del huevo según su tipo A, AA y AAA.

Figura 26

Prototipo Clasificador de huevo A y AA



Nota. Elaboración propia

El clasificador de huevos tipo A y AA está diseñado de tal manera que su uso y funcionamiento sea muy simple, por lo tanto, su operario no tiene que ser una persona con conocimientos en electrónica o electricidad, solo es necesario conectar unos cuantos cables, dar unos cuantos clics y listo ya tenemos en funcionamiento el clasificador de huevo. A continuación, se detallarán el procedimiento para su puesta en marcha, se dará cuenta que es muy simple de hacer.

Antes de energizar el circuito electrónico y poner en marcha la banda transportadora se debe realizar las conexiones que van al computador Acer, estos son el cable de alimentación del computador y los cables USB tipo A pertenecientes a la cámara y a la comunicación serial del Arduino Nano, si estos cables no son conectados el clasificador no se pondrá en marcha. La figura 27 muestra la conexión que se realiza.

Figura 27

Conecciones computador



Nota. Elaboración propia

Después de realizar las conexiones al computador se procederá a energizar el circuito electrónico de esta forma también se energiza la banda transportadora, para poder hacer esto es necesario que primero se realice la conexión del circuito de iluminación de la banda transportadora conectando los conectores tipo Jack macho y hembra entre si como se muestra en la figura 28. Por último, conectamos el adaptador de 12 V a cualquier toma corriente de 110 voltios.

Figura 28

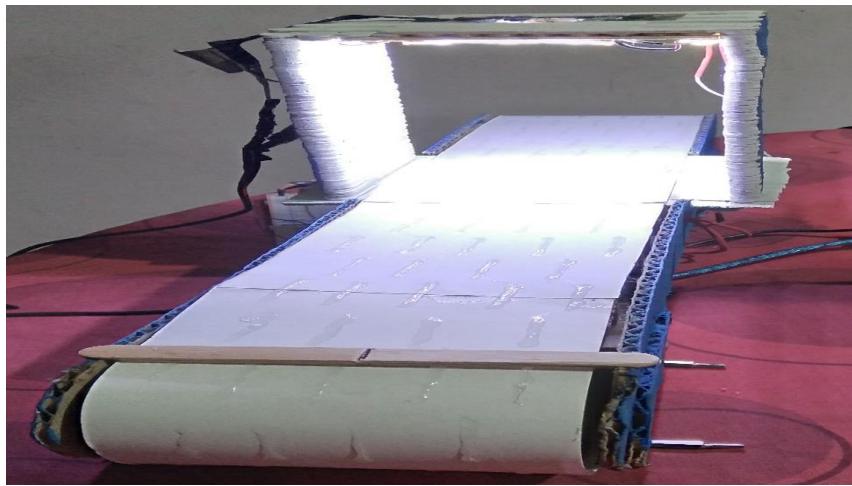
Conexión circuito de iluminación



Nota. Elaboración propia

Figura 29

Banda iluminada



Nota. Elaboración propia

Figura 30

Conexión adaptador



Nota. Elaboración propia

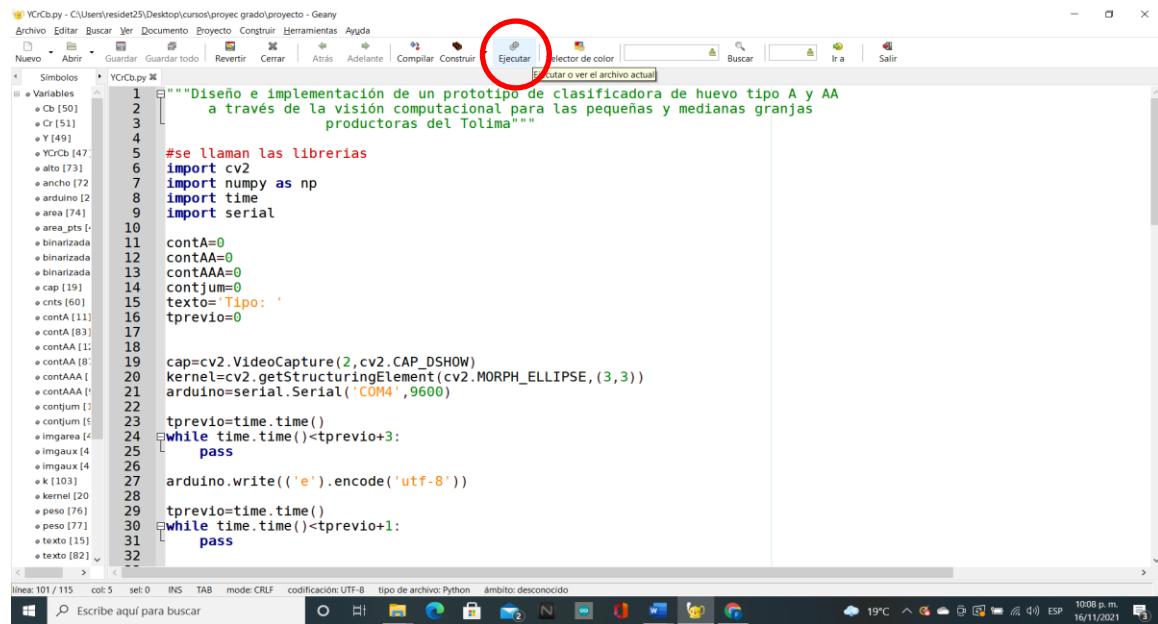
En esté punto ya todas las conexiones necesarias se han realizado solo hace falta realizar unos cuantos clics en el computador y se podra empezar a clasificar los diferentes tipos de huevo (A, AA), para esto usamos el editor de texto Geany que por sus características basicas de IDE ayudara en la ejecución del algoritmo. Cuando ya se tenga el algoritmo en pantalla se debe

oprimir la tecla F5 o dar clic en el icono de “ejecutar” como se ve en la figura 31, para poder correr el algoritmo el cual es el que realiza la clasificación del huevo.

Se debe esperar 5 segundos antes que el clasificador esté en funcionamiento, tiempo en el cual se enciende la cámara y la banda transportadora a una velocidad constante, la figura 32 muestra cómo se vería la pantalla cuando ya todo está listo para empezar a clasificar los huevos.

Figura 31

Icono ejecutar



```

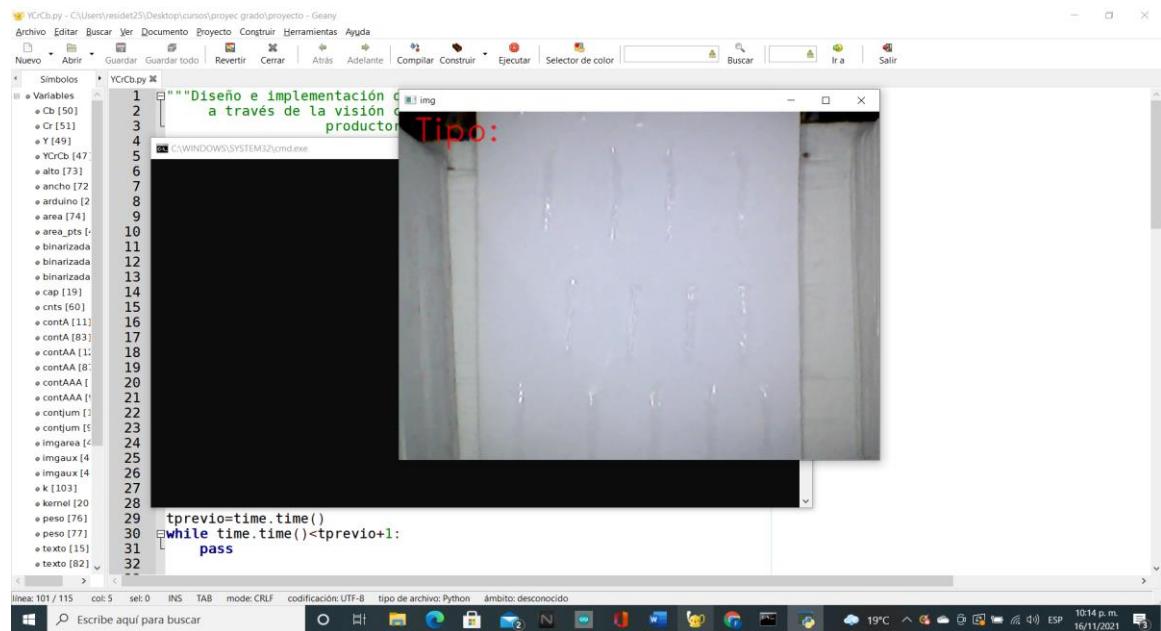
 1 """Diseño e implementación de un prototipo de clasificadora de huevo tipo A y AA
 2 a través de la visión computacional para las pequeñas y medianas granjas
 3 productoras del Tolima"""
 4
 5 #se llaman las librerías
 6 import cv2
 7 import numpy as np
 8 import time
 9 import serial
10
11 conta=0
12 contaA=0
13 contaAA=0
14 conjum=0
15 texto="Tipo: "
16 tprevio=0
17
18 cap=cv2.VideoCapture(2,cv2.CAP_DSHOW)
19 kernel=cv2.getStructuringElement(cv2.MORPH_ELLIPSE,(3,3))
20 arduino=serial.Serial('COM4',9600)
21
22 tprevio=time.time()
23 conjum []
24 while time.time()<tprevio+3:
25     pass
26
27 arduino.write('e'.encode('utf-8'))
28
29 tprevio=time.time()
30 while time.time()<tprevio+1:
31     pass
32

```

Nota. Elaboración propia

Figura 32

Todo listo para empezar



Nota. Elaboración propia

La banda transportadora va estar moviéndose en todo momento mientras el algoritmo se esté ejecutando, pero si se desconecta alguno de los cables USB (cámara o Arduino) todo el proceso se detendrá, ya se pueden ubicar los huevos sobre la banda como se ve en la figura 33. A medida que la banda gira los huevos irán pasando por debajo de la cámara para ser clasificados (Figura 34) y un mensaje en la pantalla se mostrara dependiendo del tipo de huevo que se haya detectado (Figuras 35 y 36).

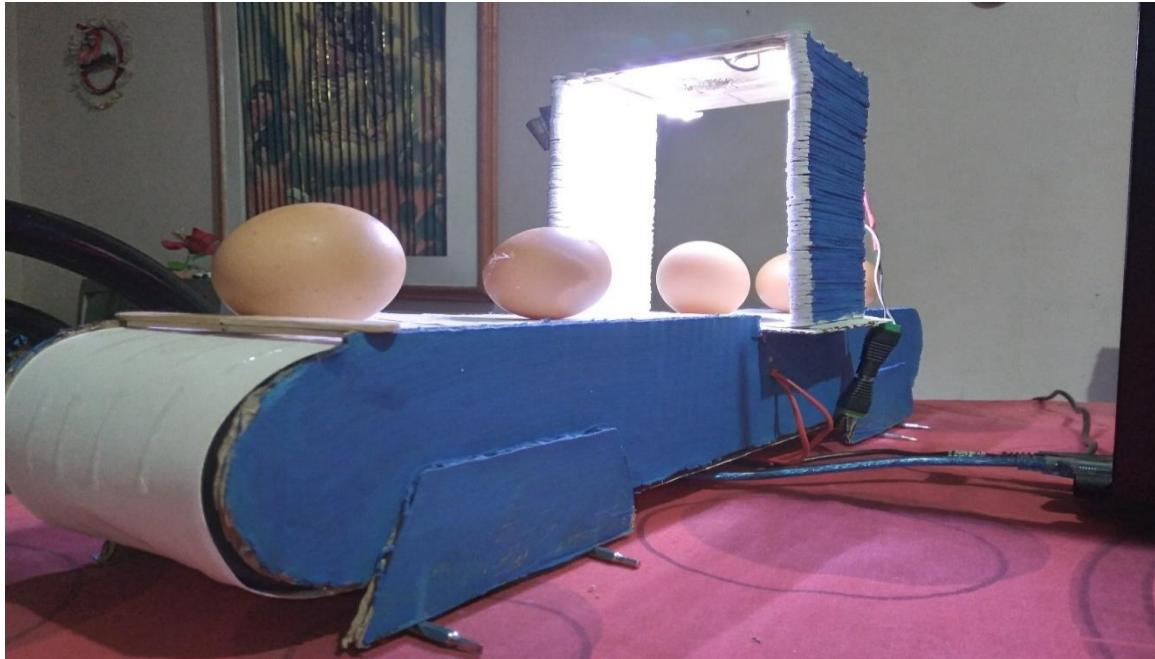
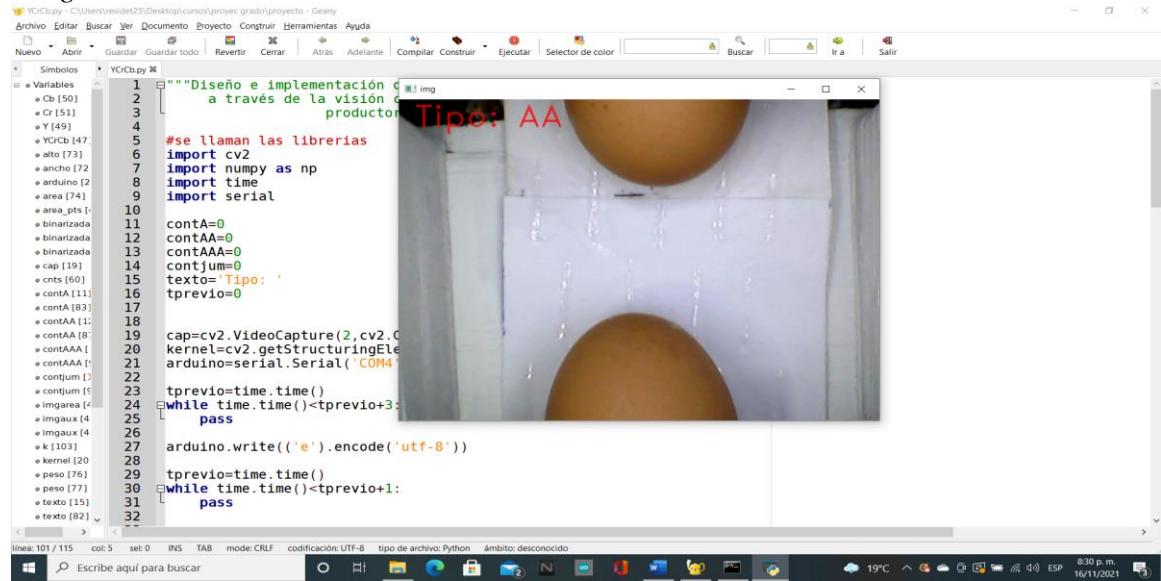
Figura 33*Ubicación de los huevos en la banda**Nota.* Elaboración propia**Figura 34***Imagen desde la cámara**Nota.* Elaboración propia

Figura 35

Clasificación huevo tipo A

Nota. Elaboración propia

Figura 36

Clasificación huevo tipo AA

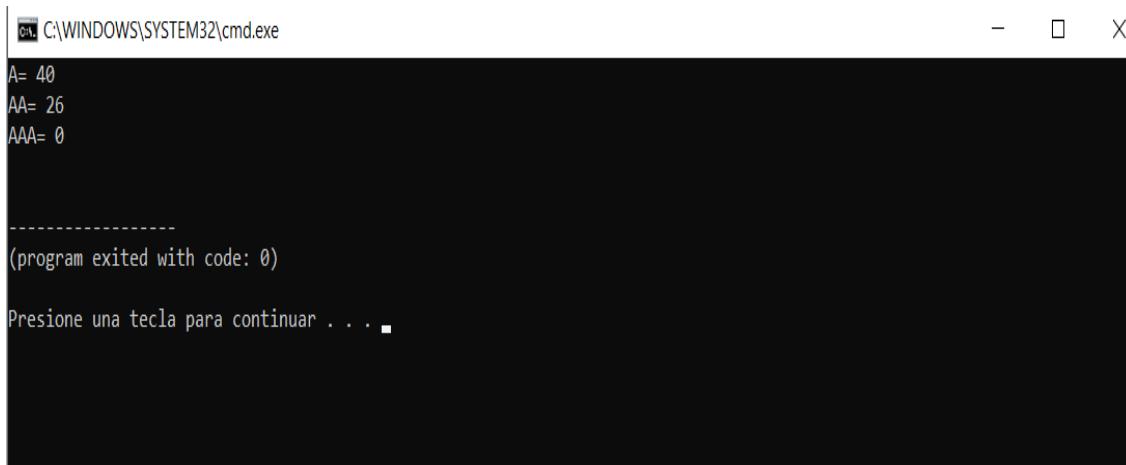
A screenshot of a Windows desktop showing a Python script in a code editor and a video feed from a camera. The code editor on the left contains a script named 'YCCb.py' with code related to image processing and communication with an Arduino. The video feed on the right shows a brown egg on a white surface. A red box highlights the text 'Tipo: AA' overlaid on the video feed. The taskbar at the bottom shows various application icons.

Nota. Elaboración propia.

Para poder terminar el proceso de clasificación es necesario oprimir la tecla “ESC” del teclado del computador, esto hará que la banda se detenga, la cámara se apague, se interrumpa la comunicación serial con el Arduino para después mostrar en pantalla la cantidad de huevos que se clasificó según su tipo (Figura 37), se oprime cualquier tecla y todo ha terminado.

Figura 37

Cantidad de huevo clasificado según su tipo



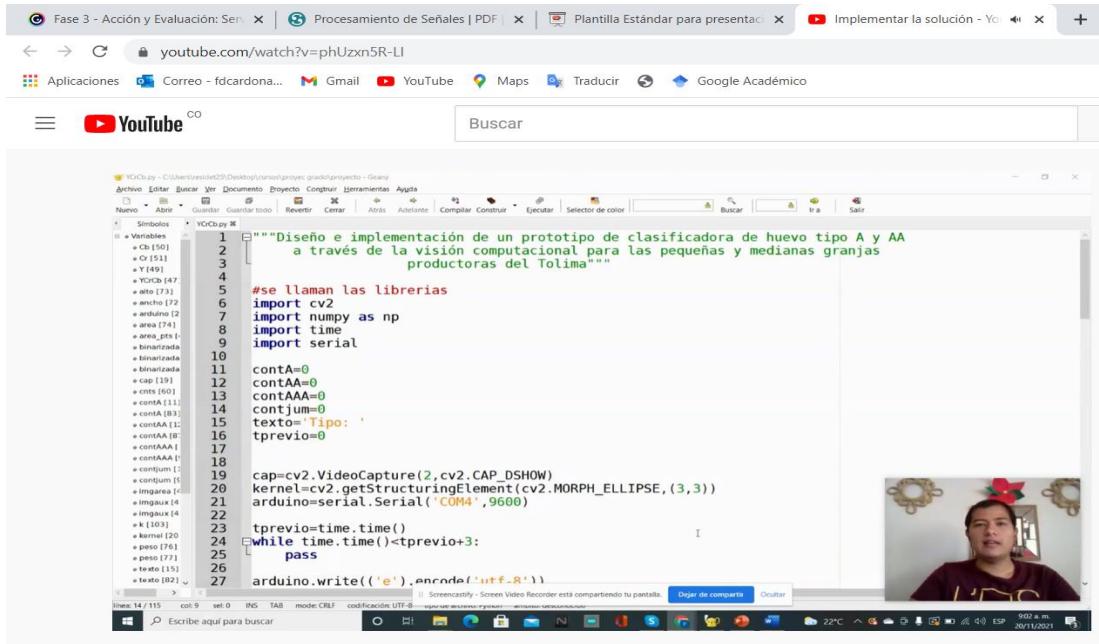
```
C:\WINDOWS\SYSTEM32\cmd.exe
A= 40
AA= 26
AAA= 0
-----
(program exited with code: 0)

Presione una tecla para continuar . . .
```

Nota. Elaboración propia.

Enlace del Video en Youtube con la Explicación Detallada del Funcionamiento de la Solución

Implementada



Fabian Dario Cardona Castro. [Fabian Cardona] (20/11/2021). *Implementar la solución* [Video].

YouTube. <https://youtu.be/phUzxn5R-LI>

Segundo Prototipo

En el Primer Prototipo se Pudo Observar

El computador Nitro 5 tienen la capacidad necesaria para poder ejecutar el algoritmo correctamente.

El algoritmo cumple con el objetivo de poder clasificar el huevo según sus dimensiones.

Se tiene un correcto control de la iluminación mediante luces led evitando depender de la luz ambiente evitando ruido en las imágenes debido a sombras o una iluminación deficiente.

Control del encendido y apagado de la banda mediante el circuito electrónico.

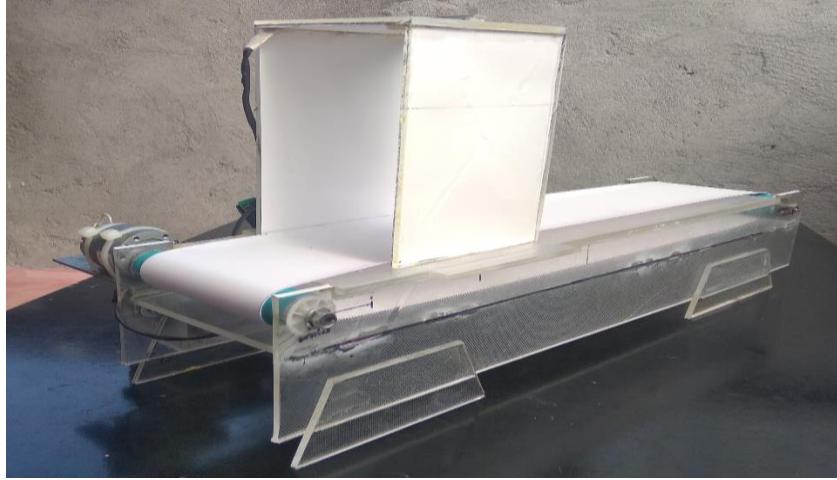
La banda no tiene la suficiente fuerza para transportar mas de 4 huevos a la vez.

Las imágenes tomadas por la cámara son procesadas en tiempo real logrando la clasificación del huevo según su tipo.

Gracias a lo observado en el primer prototipo se procede a diseñar el segundo prototipo con materiales que cumplan los requerimientos de la norma NTC-1240, para este caso se uso láminas de acrílico de 3 mm de espesor por ser un material resistente, fácil de limpiar y desinfectar y económico con respecto a otro tipo de material como el acero inoxidable, en la figura 35 se puede ver el prototipo numero 2.

Figura 38

Segundo prototipo realizado en acrílico

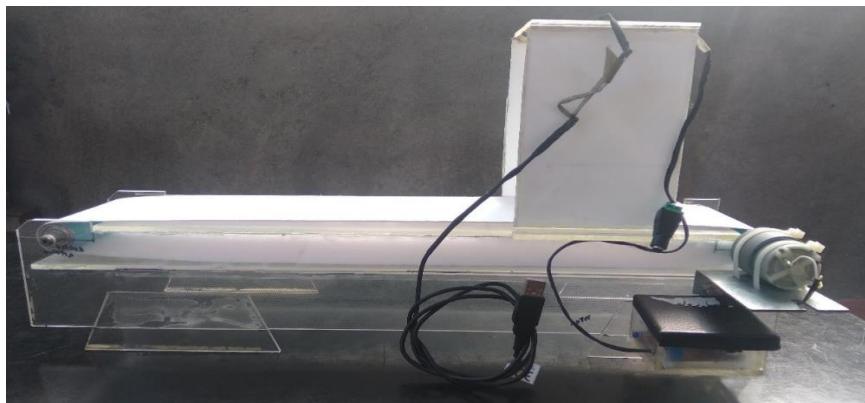


Nota. Elaboración propia.

Para poder que la banda pudiera mover mas de 4 huevos a la vez se cambiaron los 4 motores por un solo motor de torque a 12 voltios capaz de mover un peso de 3 kilogramos según las características del fabricante, de esta forma se logra conseguir que el clasificador sea mas rápido al mover una mayor cantidad de huevos simultáneamente, en la figura 36 se puede observar el motor instalado.

Figura 39

Motor de torque instalado



Nota. Elaboración propia

El adaptador de 12 voltios, la cámara y el circuito electrónico del primer prototipo fueron instalados en el segundo, ya que su comportamiento en el primer prototipo fueron adecuados y cumplieron con su función, en cuanto a la parte física el clasificador no recibió mas cambios como se puede observar en la figura 40, por lo tanto se procede a realizar pruebas de funcionamiento para comprobar la eficacia del clasificador de huevo y la parte del algoritmo la cual se encargara de enviar la información en tiempo real a la plataforma ubidots permitiendo un control del proceso mediante el internet de las cosas.

Figura 40

Prototipo terminado



Nota. Elaboración Propia

Comunicación con Ubidots (IOT)

El primer prototipo no contaba con comunicación a internet por lo tanto la información no era enviada a ninguna parte y solo se podía observar mientras el algoritmo estuviera en funcionamiento, en este segundo se agregan las líneas de código con las cuales el algoritmo envía la información de la cantidad de los huevos clasificados y el tipo en que se hizo, esta información se envía siempre que el proceso de clasificación a terminado.

En la figura 41 se muestran las variables que han sido creadas las cuales contienen el nombre de la misma forma como fueron creadas en ubidots, también se crea una variable la cual contiene el TOKEN el cual es un código de identificación y otra con el nombre del device de esta forma ubidots reconoce a donde pertenecen los datos enviados.

Figura 41

Variables Ubidots

```

14 TOKEN = "BBFF-8fQahQjhEEGJ9tT8TXErOJ81bwxl6R" # TOKEN generado por ubidots
15 DEVICE_LABEL = "clasificador" # nombre del device creado en ubidots
16 VARIABLE_LABEL_1 = "tipo-a" # primera variable
17 VARIABLE_LABEL_2 = "tipo-aa" # segunda variable
18 VARIABLE_LABEL_3 = "tipo-aaa" # tercera variable
19

```

Nota. Elaboración propia

La función **def build_payload()** recibe los valores almacenados en los contadores (contA, contAA y contAAA) y retorna un diccionario llamado payload donde están guardados dichos valores, como se puede ver en la figura 42, mientras tanto la función **def post_request()** recibe como entrada la variable payload y crea los encabezados para generar las solicitudes

HTTP, estas solicitudes están conformadas por la url, el nombre del device, los headers (token y el tipo de contenido) que le dicen a ubidots que son datos de salida, por último se adiciona la información guardada en payload, como se puede ver en la figura 43.

Figura 42

Función `build_payload()`.

```

30  def build_payload(variable_1, variable_2, variable_3):
31      # Crea una lista con los valores a enviar
32      global contA
33      global contAA
34      global contAAA
35
36      payload = {variable_1: contA,
37                  variable_2: contAA,
38                  variable_3: contAAA}
39
40      return payload

```

Nota. Elaboración propia

Figura 43

Función `post_request()`

```

42  def post_request(payload):
43      # Crea los encabezados para las solicitudes HTTP.
44      url = "http://industrial.api.ubidots.com"
45      url = "{}/api/v1.6/devices/{}".format(url, DEVICE_LABEL)
46      headers = {"X-Auth-Token": TOKEN, "Content-Type": "application/json"}
47
48      # Hace las solicitudes HTTP
49      status = 20
50      attempts = 0
51      while status >= 20 and attempts <= 5:
52          req = requests.post(url=url, headers=headers, json=payload)
53          status = req.status_code
54          attempts += 1

```

Nota. Elaboración propia.

Para poder llamar las funciones anteriores se usan las líneas de código 148 donde se llama primero a la función `build_payload()` y se crea el diccionario con los valores de la variable, y en la línea 150 se llama a la función `post_request()` en donde se hacen los requerimientos y se envía la solicitud HTTP a ubidots con los valores de cada contador según el tipo de huevo. Como se observa en la figura 44.

Figura 44

Envio de información a ubidots

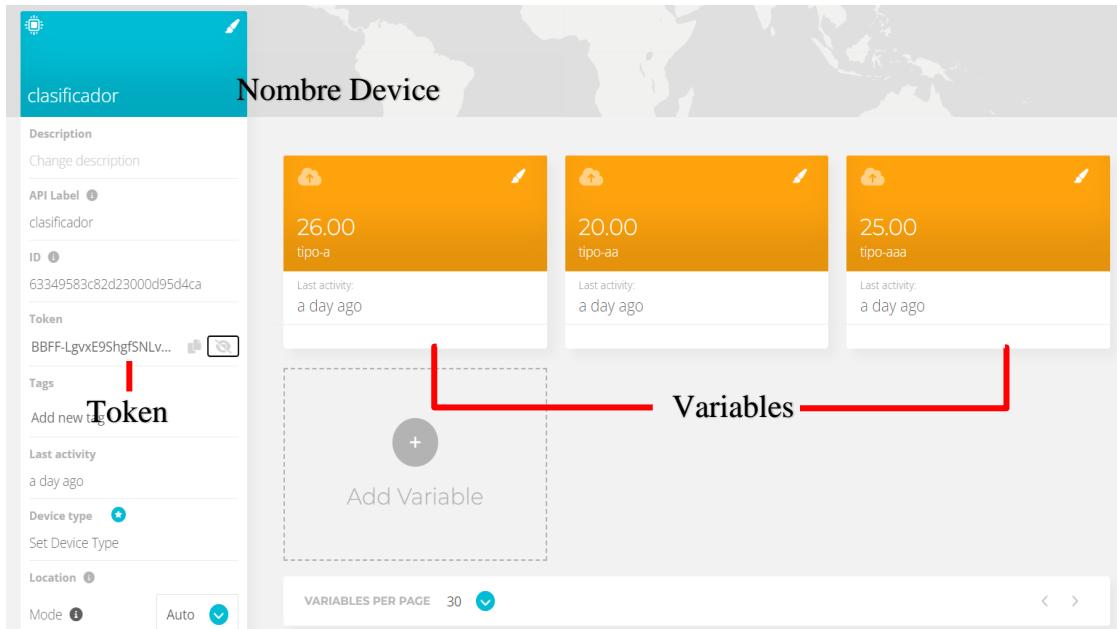
```

147 arduino.write((‘a’).encode(‘utf-8’))
148 payload=build_payload(
149     VARIABLE_LABEL_1, VARIABLE_LABEL_2, VARIABLE_LABEL_3)
150 post_request(payload)
151 cap.release()
152 cv2.destroyAllWindows()
153

```

Nota. Elaboración propia

Para que ubidots puede recibir los datos primero debemos registrarnos esta plataforma permita una versión gratuita de 30 días y otra versión de pago, una vez se tiene acceso es necesario crear el device el cual en nuestro caso se puede decir que es la aplicación donde se mostraran los datos, de la misma forma creamos los datos las variables donde serán almacenados los valores recibidos desde el clasificador, estas variables deben tener el mismo nombre que las creadas en el clasificador para evitar que se generen errores, el TOKEN es generado automáticamente por la plataforma, como se puede ver en la figura 45.

Figura 45*Plataforma Ubidots*

Nota. Elaboración propia.

Resultados

% Error Detectado

Hace referencia al porcentaje de error entre el número de muestras utilizadas y el número de muestras detectadas.

% Error * Muestras Detectadas

Hace referencia al porcentaje de error entre el número de muestras detectadas y el número de muestras clasificadas correctamente.

Prueba Tipo A

Se usaron 30 huevos tipo A, los cuales fueron pasados por el clasificador dos veces dando un total de 60 muestras utilizadas en esta primera prueba, en la figura 46, se observa la cantidad de huevos que fueron reconocidos y el tipo en que estos fueron clasificados.

Figura 46

Prueba Tipo A

```
Seleccionar C:\WINDOWS\SYSTEM32\cmd.exe
cant. huevos: 57
A= 33
AA= 20
AAA= 0

-----
(program exited with code: 0)

Presione una tecla para continuar . . .
```

Nota. Elaboración propia

La tabla 11 muestra la cantidad de muestras usadas, la cantidad de muestras detectadas y que cantidad de huevos fueron detectadas correctamente, de esta forma podemos calcular los

porcentajes de error entre la cantidad de muestras detectadas y la cantidad de muestras usadas y entender de mejor manera que porcentaje fue detectado correctamente.

Tabla 11

Clasificación Tipo A

Tipo Huevo	muestras	detectadas	Según	Otro	No	No	% error *
			tipo	tipo	detectados	clasificados	% error detectado
A	60	57	33	20	3	4	5% 42%

Nota. Resultado de las pruebas con huevo tipo A. Elaboración propia.

Prueba Tipo AA

Se usaron 30 huevos tipo AA, los cuales fueron pasados por el clasificador dos veces dando un total de 60 muestras utilizadas en esta segunda prueba, en la figura 47, se observa la cantidad de huevos que fueron reconocidos y el tipo en que estos fueron clasificados. Los huevos utilizados en esta prueba fueron adquiridos de otra empresa productora de huevos, como se puede observar en la figura 48.

Figura 47

Huevos Nápoles Tipo AA



Nota. Elaboración propia

Figura 48

Prueba Tipo AA

```
C:\WINDOWS\SYSTEM32\cmd.exe
cant. huevos: 59
A= 5
AA= 33
AAA= 21

-----
(program exited with code: 0)

Presione una tecla para continuar . . .
```

Nota. Elaboración propia

La tabla 12 muestra la cantidad de muestras usadas de huevos tipo AA, la cantidad de muestras detectadas y que cantidad de huevos fueron detectados correctamente, de esta forma podemos calcular los porcentajes de error entre la cantidad de muestras detectadas y la cantidad de muestras usadas y entender de mejor manera que porcentaje fue detectado correctamente.

Tabla 12

Clasificación Tipo AA

Tipo Huevo	muestras	detectadas	Según	Otro	No	No	% error	% error *
			tipo	tipo	detectados	clasificados	detectado	muestras detectadas
AA	60	59	33	26	0	0	0.1%	44%

Nota. Resultado de las pruebas con huevo tipo AA. Elaboración propia

Prueba Tipo AAA

Para esta prueba al igual que la prueba anterior se usaron huevos de una empresa productora diferente como se puede observar en la figura 47.

Figura 49

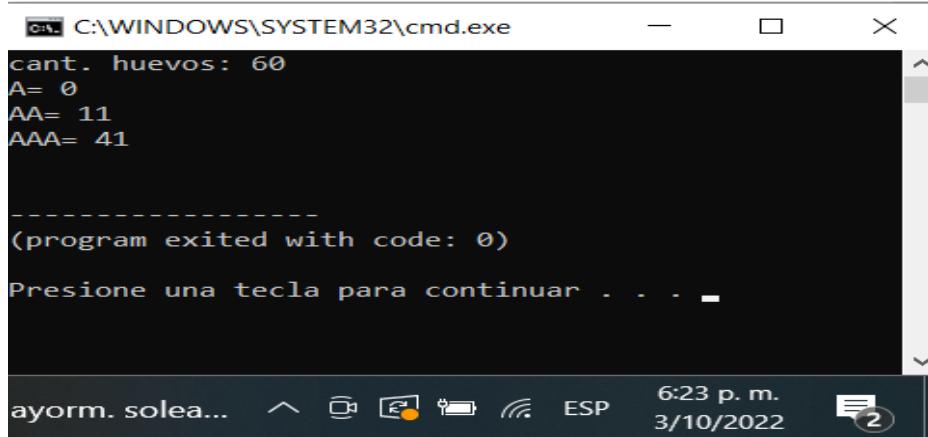
Huevo Santa Anita Tipo AAA



Nota. Elaboración Propia.

Figura 50

Prueba Tipo AAA



```
C:\WINDOWS\SYSTEM32\cmd.exe
cant. huevos: 60
A= 0
AA= 11
AAA= 41

-----
(program exited with code: 0)

Presione una tecla para continuar . . .

ayorm. solea... ^ Q E ! 6:23 p. m. 3/10/2022
```

Nota. Elaboración propia.

La tabla 13 muestra la cantidad de muestras usadas de huevos tipo AAA, la cantidad de muestras detectadas y que cantidad de huevos fueron detectados correctamente, de esta forma podemos calcular los porcentajes de error entre la cantidad de muestras detectadas y la cantidad de muestras usadas y entender de mejor manera que porcentaje fue detectado correctamente.

Tabla 13

Clasificación Tipo AAA

Tipo Huevo	muestras	detectadas	Según	Otro	No	No	% error *
			tipo	tipo	detectados	clasificados	% error detectado
AAA	60	60	41	11	0	8	0% 31%

Nota. Resultado de las pruebas con huevo tipo AAA. Elaboración propia.

Prueba Aleatoria

Antes realizar esta prueba y gracias a los resultados anteriores se realizo una modificación en el algoritmo clasificador como se observa en la figura 51, en la línea 86 se agrega un filtro “**medianBlur**” o desenfoque medio esta operación procesa los bordes mientras elimina el ruido, mediante el uso de la función cv2.medianBlur, de esta forma se puede resaltar mejor la morfología del huevo siendo mas fácil separarlo del fondo.

Figura 51

Ajuste Algoritmo

```

85 #la imagen se convierte al espacio de color YCrCb y se separa sus componentes
86 img=cv2.cvtColor(imgarea,cv2.COLOR_BGR2YCrCb)
87 YCrCb=cv2.medianBlur(img,23)
88
89 Cb=YCrCb[:, :, 2] #Crominancia (diferencia de rojo)
90
91 #se aplica umbralizacion, dilatación, filtrado
92 _,binarizada1=cv2.threshold(Cb,123,255,cv2.THRESH_BINARY_INV)
93 binarizada2=cv2.dilate(binarizada1,None,iterations=3)
94 binarizada3=cv2.morphologyEx(binarizada2,cv2.MORPH_OPEN,kernel)
95 binarizada4=cv2.medianBlur(binarizada3,35)
96

```

Nota. Elaboración propia.

En la realización de esta prueba se usaron los 90 huevos de las pruebas anteriores, recuerde que cada uno de los tipos usados (A, AA y AAA) provienen de empresas productoras diferentes con el fin de poder recrear una similitud a los huevos producidos en una granja real donde los tipos de huevos que se producen se dan de manera aleatoria y que la morfología de los huevos también puede variar, en la tabla 11 se puede observar una comparación entre el peso real y el calculado por el clasificador. En la columna **Tipo Calculado** la palabra **Menor** se escribe cuando el peso calculado es menor al peso mínimo permitido para ser un huevo tipo A, y la

palabra **Mayor** se escribe cuando el peso calculado es mayor al peso máximo para ser un huevo tipo AAA.

En la figura 49 se puede observar la cantidad de huevos que fueron detectados con respecto a las muestras utilizadas y los tipos en que estos fueron clasificados de esta manera podemos calcular el porcentaje de eficiencia del clasificador, teniendo en cuenta que la morfología de los huevos no siempre es la misma y que ha distintos factores de influyen en la misma como lo es el tipo de gallina, su alimentación su estado entre otros factores.

% Error

error dado entre el peso real y el peso calculado por el clasificador, el signo menos indica que el valor del peso calculado supera al valor real.

En la tabla 14 se toma el peso real de 90 muestras para ser clasificados de acuerdo con lo establecido en la norma NTC-1240 en la cual se establece un rango de peso para cada tipo de huevo, también se tiene el peso calculado por el clasificador para cada uno de los huevos de la muestra de esta forma se puede calcular el porcentaje de error entre el peso real y el calculado.

Tabla 14*Peso real, Peso calculado, % de error de 90 huevos*

Prueba Huevos tipo A-AA-AAA					
Ítem	Tipo	Peso Real	Peso Calculado	Tipo Calculado	% Error
1	A	58	50	Menor	13,793103
2	AAA	71	80	Mayor	-12,676056
3	AA	60	58	A	3,3333333
4	A	54	48	Menor	11,111111
5	AAA	69	72	AAA	-4,3478261
6	A	56	52	A	7,1428571
7	AA	65	69	AAA	-6,1538462
8	A	54	46	Menor	14,814815
9	AAA	70	85	Mayor	-21,428571
10	A	54	47	Menor	12,962963
11	AA	61	60	AA	1,6393443
12	AAA	69	80	Mayor	-15,942029
13	AA	63	61	AA	3,1746032
14	AAA	68	76	AAA	-11,764706
15	A	56	54	A	3,5714286
16	AA	61	65	AA	-6,557377
17	AA	63	63	AA	0
18	AAA	70	78	AAA	-11,428571

19	A	54	52	A	3,7037037
20	AA	63	69	AAA	-9,5238095
21	A	52	43	Menor	17,307692
22	A	58	57	A	1,7241379
23	AA	63	64	AA	-1,5873016
24	AA	65	67	AAA	-3,0769231
25	AA	62	62	AA	0
26	AAA	67	72	AAA	-7,4626866
27	A	57	54	A	5,2631579
28	A	59	62	AA	-5,0847458
29	AAA	76	87	Mayor	-14,473684
30	AAA	67	75	AAA	-11,940299
31	AA	65	64	AA	1,5384615
32	AAA	67	72	AAA	-7,4626866
33	AA	65	67	AAA	-3,0769231
34	A	53	45	Menor	15,09434
35	AA	66	72	AAA	-9,0909091
36	AA	63	65	AA	-3,1746032
37	A	55	48	Menor	12,727273
38	AA	62	58	A	6,4516129
39	AA	60	56	A	6,6666667
40	A	58	59	A	-1,7241379

						104
41	AA	63	65	AA	-3,1746032	
42	AA	64	69	AAA	-7,8125	
43	AA	61	61	AA	0	
44	A	58	60	AA	-3,4482759	
45	AAA	67	74	AAA	-10,447761	
46	AA	63	65	AA	-3,1746032	
47	AAA	71	81	Mayor	-14,084507	
48	AA	61	63	AA	-3,2786885	
49	AAA	75	86	Mayor	-14,666667	
50	AAA	67	72	AAA	-7,4626866	
51	A	55	55	A	0	
52	A	59	56	A	5,0847458	
53	A	53	48	Menor	9,4339623	
54	AA	65	73	AAA	-12,307692	
55	AAA	69	79	AAA	-14,492754	
56	A	59	59	A	0	
57	AA	62	63	AA	-1,6129032	
58	AAA	67	74	AAA	-10,447761	
59	A	59	54	A	8,4745763	
60	A	56	54	A	3,5714286	
61	A	55	51	Menor	7,2727273	
62	A	57	52	A	8,7719298	

63	AAA	70	74	AAA	-5,7142857
64	AA	62	62	AA	0
65	AA	66	71	AAA	-7,5757576
66	AAA	69	77	AAA	-11,594203
67	AAA	67	74	AAA	-10,447761
68	AA	66	74	AAA	-12,121212
69	A	53	47	Menor	11,320755
70	A	57	53	A	7,0175439
71	AAA	70	74	AAA	-5,7142857
72	AAA	67	74	AAA	-10,447761
73	A	53	49	Menor	7,5471698
74	AA	65	69	AAA	-6,1538462
75	A	58	55	A	5,1724138
76	AAA	72	84	Mayor	-16,666667
77	AAA	67	72	AAA	-7,4626866
78	AAA	67	74	AAA	-10,447761
79	AA	62	66	AA	-6,4516129
80	AA	61	63	AA	-3,2786885
81	AA	63	65	AA	-3,1746032
82	AA	62	66	AA	-6,4516129
83	AAA	68	73	AAA	-7,3529412
84	A	54	49	Menor	9,2592593

						106
85	A	59	55	A	6,779661	
86	AA	62	64	AA	-3,2258065	
87	AA	60	57	A	5	
88	A	57	54	A	5,2631579	
89	A	57	57	A	0	
90	A	57	55	A	3,5087719	
			Error Promedio		-1,8130209	

Nota. Resultados de la prueba comparando el peso real y el calculado. Elaboración propia

Según los datos obtenidos en la tabla anterior si se obtiene un error de $\pm 3\%$ mediante el uso del clasificador con respecto al peso real del huevo, este se podrá clasificar según el tipo al que pertenece de una manera efectiva, si el peso que se calcula supera este rango de porcentaje de error es muy posible que el huevo se clasifique dentro de otro tipo o no sea clasificado correctamente, dando valores menores o mayores con respecto a los rangos permitidos en la norma NTC-1240, como se puede observar en los ítems 3, 8 y 9.

Figura 52*Prueba Aleatoria*

```
C:\WINDOWS\SYSTEM32\cmd.exe
cant. huevos: 93
A= 26
AA= 20
AAA= 25
-----
(program exited with code: 0)

Presione una tecla para continuar . . .

26°C Nublado  ^  ☁  26°C Nublado  11:31 a.m.  6/10/2022
```

Nota. Elaboración propia.

En la tabla 15 se observa el porcentaje de eficiencia que se obtuvo mediante el uso del clasificador de huevos, este porcentaje de eficiencia esta dado para cada uno de los tipos A, AA y AAA, las muestras se pasaron por el clasificador de manera aleatoria para poder simular lo que sucede realmente en las granjas.

Tabla 15

Eficiencia Prueba aleatoria

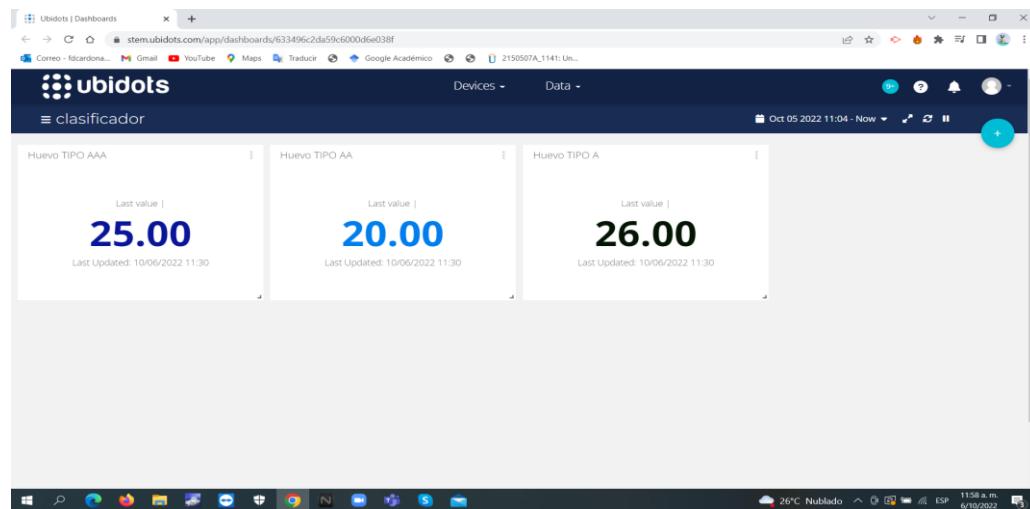
Tipo	Nº muestras	Cantidad detectada	% Eficiencia
Aleatoria	90	93	96.77
A	30	26	86.66
AA	30	20	66.66
AAA	30	25	83.33

Nota. Resultado de la prueba de eficiencia (aleatoria). Elaboración propia.

En la figura 53 y 54 se confirma la comunicación que hay entre el clasificador y ubidots, aplicando de esta forma el internet de las cosas esto permite que el usuario puede observar la cantidad y el tipo de huevo en que fueron clasificados, esta información esta disponible a cualquier persona que tenga acceso al enlace y puede ser observada desde cualquier dispositivo que tenga acceso a internet.

Figura 53

Vista desde un computador



Nota. Elaboración propia

Figura 54

Vista desde un dispositivo móvil



Nota. Elaboración propia.

Se Identificaron las librerías necesarias que permitieron un correcto procesamiento de las imágenes recibidas en tiempo real a través de la cámara, se determinó el tipo de cámara, la iluminación, y los materiales que permitieron controlar las diferentes variables que influyen en el proceso de clasificación por medio de la visión computacional.

Para esto se usaron librerías como OpenCV la cual permitió aplicar técnicas de segmentación, dilatación y filtrado de las imágenes que fueron tomadas mediante el uso de una cámara de 5 Megapíxeles la cual fue reciclada de un computador, el uso de las librerías como requests y serial permitieron el envío de los datos a la plataforma ubidots mediante protocolos de

HTTP y la comunicación con el Arduino para el encendido y apagado de la banda transportadora respectivamente.

En cuanto al material usado se optó por acrílico de 3 mm por ser un material resistente a la oxidación, económico, práctico al momento de trabajar con este y el cual permite que su limpieza y desinfección se puede hacer de manera fácil, para poder controlar la iluminación se usa 3 tiras led de 12 voltios cada una conformada por 4 leds, de esta forma se controla la generación de sombras que pueden ser interpretadas como ruidos y generar cálculos erróneos.

El diseño del algoritmo que clasifique el huevo dependiendo de sus dimensiones se realizó con el lenguaje de programación Python. Como se observa en la tabla 15 este algoritmo tuvo una eficiencia del 86.66%, 66,66% y 83,33% de tipo A, AA, y AAA respectivamente en la prueba aleatoria la cual se asemeja mucho a lo que sucede en las granjas productoras donde los huevos al momento de salir de los galpones están mezclados.

Se construyó el prototipo que integra la clasificación del huevo mediante la visión computacional y el sistema de monitoreo y visualización de datos en la plataforma de ubidots, como se observa en las figuras 50 y 51 la misma información que se obtiene en el clasificador es enviada vía internet dando como ventaja que no es necesario estar presente para conocer dicha información siendo posible llevar un control en todo momento de la producción.

Con lo anterior se puede decir que se diseñó e implementó un prototipo que permite la clasificación de los huevos según su categoría, mediante el uso de la visión computacional, usando el lenguaje de programación Python, librerías de OpenCV y un sistema de monitoreo y visualización con Ubidots. Aunque su eficiencia aún no se puede comparar con las clasificadoras usadas actualmente es un paso para que el uso de la visión computacional se pueda implementar

en el proceso de clasificación del huevo, además que su fabricación resulta ser económica permitiendo su acceso a las pequeñas y medianas granjas.

Plan de Mejoras

El prototipo, aunque funcional y cumple con lo planteado inicialmente, necesita de mejoras para hacerlo más efectivo y productivo, ya que lo que se quiere es que en algún momento este pueda ser utilizado en el proceso de producción de huevo de las medianas y pequeñas granjas del Tolima para luego poder expandirse a nivel nacional, por tal motivo se han planteado una serie de mejoras a corto y mediano plazo tanto en lo que a software y hardware se refiere.

Plan de Mejoras a Corto Plazo

El algoritmo a de mejorarse con el fin de que su eficacia alcance un porcentaje del 99.9%, pudiendo así clasificar todos los tipos de huevo (A, AA, AAA y jumbo), se deberán hacer pruebas con una cámara de mejor resolución para mejorar la calidad de las imágenes.

Se aprovechará que el algoritmo será modificado para poder lograr que este mismo pueda clasificar el huevo no solo por su tipo sino también si este está sucio o roto, con el fin de que se puedan reducir las etapas que se tienen actualmente en una clasificadora de huevo, permitiendo de esta manera reducir los tiempos y aumentar la producción.

Crear una interfaz que sea mas agradable para el usuario, con el fin de que el usuario pueda interactuar de una mejor forma con el clasificador y que el sistema permita observar la cantidad de huevos clasificados y detener el funcionamiento de la banda sin la necesidad de detener todo el proceso.

Plan de Mejoras a Mediano Plazo

Eliminar el uso del computador remplazando este por alguna tarjeta de desarrollo (Raspberry pi, FPGAs, etc.), esto con el fin de utilizar sistemas embebidos que se encarguen de una función específica disminuyendo así costos y trabajos innecesarios al procesador.

Convertir el algoritmo en un programa ejecutable o en una aplicación esto con el fin de que ya no se necesiten editores de texto para su ejecución y de la misma forma el algoritmo pueda ser modificado por cualquier persona y puede generar errores en su funcionamiento.

El material en que está construido el prototipo debe cambiarse por materiales como acero inoxidable u otro tipo de material que cumpla con los estándares de calidad para la manipulación de alimentos.

El sistema de banda debe ser remplazado por motores que tengan mayor fuerza con el fin de que soporte el transporte de varios huevos a la vez, además la banda debe remplazarse por una que permita el mejor posicionamiento del huevo evitando así que este se mueva y genere datos incorrectos en la clasificación.

Diseñar un sistema que alimente a la banda sin arriesgar la integridad física del huevo.

Plan de Mantenimiento

Como todo sistema el clasificador de huevo también necesita de un mantenimiento para evitar fallas en funcionamiento, con el fin de que se asegure la vida útil del mismo a continuación se darán unas pautas que se deben realizar antes, durante y después del uso del clasificador, también se enseñara el mantenimiento que se debe tener.

Plan de Mantenimiento Predictivo

El mantenimiento a continuación descrito debe hacerse mensualmente, con el fin de que se puedan revisar detalladamente todos los elementos que componen al clasificador, esto ayudara predecir futuras fallas o problemas en su funcionamiento.

revisar la parte interna de la banda en busca de partículas o elementos extraños que puedan dañar el motor o la banda transportadora.

inspeccione los cables de las conexiones estos deben estar limpios y libres de humedad, sin daños o deterioros, puede usar limpiadores comerciales para realizar la limpieza de dichas conexiones.

inspeccione los circuitos electrónicos o la cámara para evitar el mal funcionamiento de los mismos.

Plan de Mantenimiento Preventivo

Antes de la Puesta en Marcha

Realizar adecuadamente las conexiones de comunicación y alimentación, se debe verificar que estos queden bien conectados, así mismo se debe revisar que los cables no estén dañados para evitar errores en la comunicación con el computador.

Verificar que la banda se encuentra libre de obstáculos o elementos que puedan causar daños en la misma.

Limpie el lente de la cámara las partículas o la suciedad puede causar que las imágenes tomadas no sean claras.

Durante la Puesta en Marcha y Funcionamiento

verificar que ningún cuerpo extraño caiga en la banda para evitar daños o información errónea.

No desconectar ninguno de los cables ya sea la comunicación entre el computador y el Arduino o la cámara o los cables de alimentación.

Se debe asegurar que los huevos vayan dentro de la banda para asegurarse que sean tomadas por la cámara.

Después del Funcionamiento

Asegúrese que no queden huevos o elementos extraños dentro de la banda

Desconecte todos los cables de alimentación de potencia de la banda y el computador

Limpie muy bien todo el sistema

Enlace del Video en Youtube de la Sustentación

Fabian Dario Cardona. [Fabian Cardona] (05 de diciembre de 2021). *Clasificador de huevo con visión computacional* [Video]. YouTube. <https://www.youtube.com/watch?v=RRV3fxlexXo>

Conclusiones

Los proyectos de investigación o los proyectos aplicados tienen una estructura ya establecida, que nos permiten elaborar un trabajo en las condiciones adecuadas, esta estructura se debe seguir muy bien con el fin de que se tenga la información necesaria, y nuestro proyecto quede realmente completo.

Aunque todos los pasos, métodos, o estructura de un proyecto son necesarios, existen dos que son realmente importantes y necesarios, ya que son la base, el inicio y el soporte de todo lo demás, me refiero a la idea y al planteamiento del problema.

Las clasificadoras de huevo, aunque tienen diferentes características existe un factor común entre todas que es el principio básico de funcionamiento, el cual es realizar la clasificación del huevo dependiendo de su peso para poder cumplir con la norma NTC-1240 del 2012 en la que se establece los rangos de peso para los diferentes tipos de huevo, eliminando la necesidad de calcular su peso exacto, si se mantiene una diferencia de $\pm 3\%$ con respecto al peso real el huevo puede ser clasificado de forma correcta mediante el uso del clasificador.

Se propone el diseño e implementación de un algoritmo que mediante la visión computacional y usando diferentes métodos para el procesamiento de las imágenes, pueda clasificar los diferentes tipos de huevo dependiendo de su color, su morfología y sus dimensiones, en este caso solo se busca clasificar dos tipos de huevo que son el A y el AA, dando así un paso al uso de nuevas tecnologías al proceso de clasificación.

La equivalencia entre la cantidad de los pixeles y un milímetro dependerá siempre de la resolución de la cámara que se use y la distancia a la que se está del objeto. Si se varía alguno es necesario volver a determinar dicha equivalencia.

Al utilizar transformaciones morfológicas para el procesamiento de las imágenes se debe tener en cuenta cuales de estas son las que mas se adaptan a nuestras necesidades y de estas cuales agregan o adicionan información a las imágenes ya que le tamaño del objeto puede variar.

Como los huevos están en movimiento gracias a la banda transportadora se debe graduar la velocidad de esta dependiendo del tiempo de ejecución del algoritmo para que este pueda realizar los procesos con la información necesaria.

Para poder dar solución se diseña e implementa un prototipo clasificador de huevo mediante el uso de la visión computacional, con el fin de que las granjas puedan tener una forma diferente pero efectiva para la clasificación y puedan dejar a un lado este proceso que realizan actualmente de forma manual mediante el uso de una báscula.

Referencias Bibliograficas

About - Opencv. (s.f.). Que es Opencv <https://opencv.org/about/>

Barzallo Núñez, D., & Montero, D. B. (2019). Análisis de la Innovación Tecnológica Avícola Ecuatoriano en el Contexto de Industria 4.0. *Investigación Tecnológica IST Central Técnico: revista de investigación*

https://www.investigacionistct.ec/ojs/index.php/investigacion_tecnologica/article/view/23

Córdoba, M. (2011) *Formulación y evaluación de proyectos.* <https://elibro-net.bibliotecavirtual.unad.edu.co/es/ereader/unad/69169?page=23>

Calderón Almerco, L. *EL DISEÑO METODOLÓGICO.* (2011).
<http://observatorio.epacartagena.gov.co/wp-content/uploads/2017/08/metodologia-de-la-investigacion-sexta-edicion.compressed.pdf>

Denis Ávila, D., & Guerra Solana, J. L. (2015). Aplicación de redes neurales a la fotoidentificación de los huevos de garzas cubanas (Aves: Ardeidae). *Revista Cubana de Ciencias Biológicas.*

<https://link.gale.com/apps/doc/A677405424/IFME?u=anon~ed03e9ed&sid=googleScholar&xid=bda6f5f3>

Cahya, A. D., Manorek, M. D. R., Rahmat, T., Harli, W. A., & Saputra, A. P. W. (s.f.) Implementation egg sorting system based on neural network image processing and artificial intelligence. *Turkish Journal of Physiotherapy and Rehabilitation,* 32, 3.
www.turkjphysiotherrehabil.org

Enrique Sucar, L., & Giovani Gómez, M. (s.f.). *Visión Computacional*. chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://ccc.inaoep.mx/~esucar/Libros/visión-sucar-gomez.pdf

Fernando, D., Cáceres, V., Luisa, M., & Salamanca, P. Caracterización Del Huevo De Gallina Para El Diseño De Un Sistema Automático De Clasificación. (2012). *Revista. Investig. Desarro. Innov.*, 3, 33–43.

https://revistas.uptc.edu.co/index.php/investigacion_duitama/article/view/2136/2090

Fernández, A. (2018). *Sistema electrónico para el control de calidad de huevos de gallina mediante el procesamiento de imágenes*. [trabajo de graduación, Universidad Técnica de Ambato Ecuador]. Repositorio Institucional Universidad Técnica de Ambato Ecuador.
<https://repositorio.uta.edu.ec/jspui/handle/123456789/28950>

Challenger-Pérez, I., Díaz-Ricardo, Y., & Becerra-García, R. A. (2014). El lenguaje de programación Python. *Ciencias Holguín*. chrome-extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/https://www.redalyc.org/pdf/1815/181531232001.pdf

Instituto Colombiano De Normas Técnicas Y Certificación (ICONTEC). (2011). *Ntc 1240 2011-12-14 huevos de gallina frescos para consumo*. https://kupdf.net/download/ntc-1240-huevos-pdf_58fc36a7dc0d602a38959ed2_pdf

Klotz, C. (2017). *Ubidots y NXTIoT se asocian para darle vida a los objetos*. Ubidots. <https://ubidots.com/blog/ubidots-y-nxtiot-se-asocian-para-darle-vida-a-los-objetos/>

Medina, M. Oñate, J. (2014). *Diseño e Implementación de un Prototipo que Clasifique Huevos de Gallina Según sus Características*. [trabajo de grado, Universiada Autónoma del Caribe]. Repositorio Universiada Autónoma del Caribe. chrome-

extension://efaidnbmnnibpcajpcglclefindmkaj/http://repositorio.uac.edu.co/bitstream/handle/11619/1377/TMCT%2000017C.pdf?sequence=1&isAllowed=y

Ministerio de Agricultura. (2020). *Cadena avícola Segundo Trimestre 2020.*

<https://sioc.minagricultura.gov.co/Avicola/Documentos/2020-06-30%20Cifras%20Sectoriales.pdf>

Ministerio de las Tecnologías de la Información y las Comunicaciones. (2021). *Tecnologías 4.0, herramientas clave para mejorar la productividad del agro colombiano.*

[https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/184458:Tecnologias-4-0-herramientas-clave-para-mejorar-la-productividad-del-agro-colombiano.](https://mintic.gov.co/portal/inicio/Sala-de-prensa/184458:Tecnologias-4-0-herramientas-clave-para-mejorar-la-productividad-del-agro-colombiano)

Paguay, D. Valarezo, L. (2018). *Diseño e implementación de un prototipo clasificador de huevo de gallina basado en las imperfecciones de la cáscara aplicando visión artificial,* Ecuador. [trabajo de grado, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo]. Repositorio Escuela Superior Politécnica De Chimborazo

<http://dspace.esepoch.edu.ec/bitstream/123456789/9199/1/108T0246.pdf>

Rodríguez, D. (2022, 16 de mayo). En 2022 se han producido 4.160 millones de huevos en Colombia. *Portafolio.* <https://www.portafolio.co/negocios/empresas/huevos-en-colombia-datos-de-produccion-y-consumo-en-2022-565519>

Ruales, A. (2017). *Una mirada futurista al posible trabajo del diseñador,* quito. [trabajo de grado, Universidad San Francisco De Quito]. Repositorio Universidad San Francisco De Quito <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/6542/1/131408.pdf>

Suarez Solano, D. (2013). *Determinación de Manchas de Huevo de Gallina mediante la Visión Artificial,* bucaramanga. [trabajo de grado, Universidad Pontificia Bolivariana]. Repositorio Universidad Pontificia Bolivariana.

https://repository.upb.edu.co/bitstream/handle/20.500.11912/5094/digital_24699.pdf?seq=1&isAllowed=y

Villafuerte, S. (2019). *sistema mecatrónico de manipulación y selección de huevos por peso y ausencia de grietas en cáscara para una planta de incubación*, Perú. [Tesis de grado, Pontificia Universidad Católica Del Perú]. Repositorio Pontificia Universidad Católica Del Perú <http://hdl.handle.net/20.500.12404/15158>

Glosario

Algoritmo

En matemáticas, lógica, ciencias de la computación y disciplinas relacionadas, un algoritmo es un conjunto de instrucciones o reglas definidas y no-ambiguas, ordenadas y finitas que permite, típicamente, solucionar un problema, realizar un cómputo, procesar datos y llevar a cabo otras tareas o actividades.

Anomalías

Cambio o desviación respecto de lo que es normal, regular, natural o previsible.

Automatización

La automatización consiste en usar la tecnología para realizar tareas con muy poca intervención humana. Se puede implementar en cualquier sector en el que se lleven a cabo tareas repetitivas.

Binarización

Es una técnica que consiste en la realización de un barrido en la matriz de la imagen digital, por medio de bucles o recursividad, con el fin de que el proceso produzca la reducción de la escala de grises a dos únicos valores.

Clasificar

Ordenar o dividir un conjunto de elementos en clases a partir de un criterio determinado.

Computacional

Proceso de pensamiento que interviene en la formulación de los problemas y sus soluciones, de manera que las soluciones se representen de forma que pueda ser realizada por un procesador de información.

Crominancia

Es la señal que en los sistemas de vídeo transporta la información de color de la imagen, separadamente de la señal luma o señal. La crominancia es generalmente representada por dos componentes de diferencia de color, (azul – luma) y (rojo – luma). Cada una de estas señales puede tener factores de escala (amplitud) o corrimientos (desfase), como se especifica en las normas de video aplicables.

Electrónica

La electrónica trata con circuitos eléctricos que involucran componentes eléctricos activos como tubos de vacío, transistores, diodos, circuitos integrados, optoelectrónica y sensores, asociados con componentes eléctricos pasivos y tecnologías de interconexión. Generalmente los dispositivos electrónicos contienen circuitos que consisten principalmente, o exclusivamente, en semiconductores activos complementados con elementos pasivos; tal circuito se describe como un circuito electrónico.

Hardware

Equipo o soporte físico en informática se refiere a las partes físicas, tangibles, de un sistema informático, sus componentes eléctricos, electrónicos, electromecánicos.

Incubadora

Aparato cuya función común es crear un ambiente con la humedad y temperatura adecuados para el crecimiento o reproducción de seres vivos.

Los principales tipos de incubadora son los que se utilizan en neonatología, las de uso en microbiología y las destinadas a la reproducción de especies ovíparas, incluyendo la producción comercial de huevos.

Inferir

Extraer un juicio o conclusión a partir de hechos, proposiciones o principios, sean generales o particulares.

Internet

Es una red de redes que permite la interconexión descentralizada de computadoras a través de un conjunto de protocolos denominado TCP/IP.

Internet de las cosas

Describe objetos físicos con sensores, capacidad de procesamiento, software y otras tecnologías que se conectan e intercambian datos con otros dispositivos y sistemas a través de internet u otras redes de comunicación.

Luma

Es la componente que codifica la información de luminosidad de la imagen. En términos generales, es algo muy similar a la versión en blanco y negro de la imagen original.

Mecatrónico

Es una rama multidisciplinaria de la ingeniería, la cual desarrolla dispositivos y tecnologías de varios campos del conocimiento en los que se unen las ramas de sistemas, electrónica, mecánica y control, con el uso combinado de la robótica y de la ingeniería electrónica y ciencia de la Computación/Sistemas.

Microprocesador

Es el encargado de ejecutar todos los programas, desde el sistema operativo hasta las aplicaciones de usuario; sólo ejecuta instrucciones en lenguaje maquina, realizando operaciones aritméticas y lógicas simples, tales como sumar, restar, multiplicar, dividir y las operaciones bitwise, también las lógicas binarias y accesos a memoria.

Monocromática

Son todos los colores de un solo matiz o tono. Los esquemas de color monocromáticos se derivan de un solo color base que es extendida mediante el uso de tonalidades claras y oscuras del mismo color.

Morfología

Es la disciplina encargada del estudio de la estructura de un organismo o taxón y sus componentes o características.¹ Esto incluye aspectos físicos de la apariencia externa (forma, color, estructura) así como aspectos de la estructura interna del organismo como huesos y órganos. Está en contraste con la fisiología, que se ocupa principalmente de la función de aquellas estructuras.

Ovoscopio

Es un método diafanoscópico que se basa en la traslucidez de la cáscara y en las diferencias de transmisión lumínica que presentan las estructuras internas del huevo, modificadas más o menos según las alteraciones. El huevo debe colocarse ante el foco luminoso en posición vertical.

Prototipo

Es un primer modelo que sirve como representación o simulación del producto final y que nos permite verificar el diseño y confirmar que cuenta con las características específicas planteadas.

Pwm

La modulación por ancho de pulsos (también conocida como PWM, siglas en inglés de pulse-width modulation) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (una senoidal o una cuadrada, por ejemplo), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.⁵⁶⁷⁷⁶⁵

Software

Se conoce como software, logicial o soporte lógico al sistema formal de un sistema informático, que comprende el conjunto de los componentes lógicos necesarios que hace posible la realización de tareas específicas, en contraposición a los componentes físicos que son llamados hardware.

Umbralización

Es una técnica de segmentación simple y eficiente que permite separar los pixeles de una imagen en escala de grises en dos categorías a partir de un valor umbral de intensidad.