

# IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA PARA LIMPIEZA Y CLASIFICACIÓN DE HUEVOS DE GALLINA PONEDORA TIPO JUMBO, AAA, AA, A, B Y C. CASO DE ESTUDIO: CENTRO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO TECNOLÓGICO EN TENJO

*IMPLEMENTATION OF A SYSTEM FOR CLEANING AND CLASSIFICATION OF JUMBO LAYER EGGS, AAA, AA, A, B, AND C. CASE STUDY: RESEARCH AND TECHNOLOGICAL DEVELOPMENT CENTER IN TENJO*

---

Ivette Juliana Amador Quesada<sup>1</sup>

Johan Andres Espitia Trujillo<sup>1</sup>

Andrea Katerine Pineda Torres<sup>2</sup>

---

## RESUMEN

La universidad cuenta con un centro de investigación y desarrollo tecnológico en Tenjo (CIDT), el cual cuenta con una zona de avicultura en la que hay aproximadamente 600 gallinas. Al día, las gallinas producen alrededor de 600 huevos, los cuales limpian, clasifican y empaquetan manualmente los trabajadores. Este proceso conlleva a emplear 3 horas al día. La limpieza es un proceso primordial, ya que permite eliminar las bacterias de la superficie. Este procedimiento requiere de paciencia y cuidado sobre el huevo, ya que se podría quebrar. A partir del objetivo se desarrolla el proyecto de grado para obtener el título como Ingenieros Mecatrónicos de la Fundación Universitaria Agraria de Colombia, enfocado en el desarrollo rural y emprendimiento de productos de la canasta familiar, mediante la aplicación de conocimientos desde las áreas de mecánica, electrónica, diseño computacional y sistemas de control.

**Palabras clave:** Limpieza, Clasificación, Automatización, Huevos.

## ABSTRACT

The university has a research and technological development center in Tenjo (CIDT), which has a poultry area in which there are approximately 600 chickens. The hens produce around 600 eggs per day, which the workers clean, classify and pack manually, which involved spending 3 hours a day for these processes. Cleaning is a fundamental process since it allows to eliminate the bacteria from the surface, this procedure requires patience and care on the egg since it could break. From the objective, the degree project is developed to obtain the title of Mechatronic Engineers of the Agrarian University Foundation of Colombia, focused on rural development and entrepreneurship of products from the family basket through the application of knowledge from the areas of mechanics, electronics, computational design, and control systems.

**Keywords:** cleanse, classification, automation, eggs.

---

<sup>1</sup>Estudiantes de Ingeniería Mecatrónica. Integrante semillero MECA. Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Sede Bogotá.

<sup>2</sup>Docente Coordinadora Semillero MECA. Fundación Universitaria Agraria de Colombia. Sede Bogotá.

## INTRODUCCIÓN

En los últimos años, la industria avícola ha crecido en el país. El pollo, por ejemplo, se encuentra en el mercado por encima de otras proteínas. Actualmente es un producto escogido por los colombianos por su economía y potencial alimenticio. Tan solo en el año 2018, el consumo de esta proteína superó en cifras a su competidor más cercano, la carne de res (Dinero, 2019). Adicionalmente, el huevo es utilizado en el hogar colombiano como un alimento rico en proteína y de fácil digestión, llegando a un consumo promedio por persona de 300 unidades por año.

El incremento en la venta del huevo, impulsa al crecimiento de las empresas que se dedican a la comercialización de estos productos. Sin embargo, los pequeños productores no están en la capacidad de aprovechar esta situación (Organización de Naciones Unidas para alimentación y la agricultura, 2007), ya que cuando recién empiezan en la producción, simplemente, no tienen el alcance de una gran distribución masiva de huevo, o no cuentan con los recursos necesarios para aumentar su producción, ampliar su canal de distribución y mejorar sus procesos para poder llegar más al mercado y crecer industrialmente desde el inicio, con un producto de alta calidad.

Con base en esta problemática, surge la pregunta: **¿Cómo garantizar que los pequeños productores de huevos sean más competitivos en el mercado?**

Teniendo en cuenta la pregunta base, existen diferentes procesos que permiten la producción del huevo desde su proceso de limpieza, clasificado, empacado y distribución.

El proceso de la limpieza y clasificación del huevo de gallina es realizado manualmente por los trabajadores o por granjeros en las pequeñas empresas para poder ofrecer el mismo producto que las grandes empresas (Anzola Vásquez et al., 2008). Aunque estas últimas lo hacen con una menor inversión de tiempo y dinero, obtienen un producto de mayor calidad, debido a la precisión de sus procesos; mientras que, para las pequeñas productoras, el margen de error es mayor en cualquier etapa.

El motivo por el cual los pequeños productores no adquieren máquinas industriales para el proceso de producción del huevo es que su costo está alrededor de los \$5000 dólares y su capacidades de producción está entre 4000 y 6000 huevos por hora, lo cual excede las necesidades de estos productores. (Newest Machinery, 2019).

Las grandes empresas cuentan con avanzados sistemas tecnológicos que realizan, de manera automática y con alta precisión, gran parte de todo el proceso de producción del huevo; ofreciendo beneficios en calidad, eficiencia y mínimo porcentaje de error, además de innovación (Dinero, 2019); contrario a los pequeños empresarios, cuyo proceso es manual y tedioso.

El crecimiento de las pequeñas y medianas empresas en el sector avícola favorece también a la economía nacional, dado que el huevo es un producto de exportación a países como Japón (Dinero, 2015), en donde hay un mercado abierto y una gran oportunidad para las empresas capaces de producir un producto de alta calidad en grandes cantidades.

En Colombia hay 2.996 granjas avícolas, de las cuales 961 se dedican a la producción de huevo. Cundinamarca es el departamento con más número de granjas. Hay 23.156.248 de gallinas, de las cuales solo el 3,78% está concentrado en predios de pequeños productores (Matos, 2018), donde podemos apreciar que el gremio avícola está monopolizado por las grandes industrias, ya que éstas cuentan con altos estándares de calidad que le permiten generar un mejor producto final.

A mediano y largo plazo, la amplitud en los mercados nacionales e internacionales del huevo se convierte en un generador de empleo, dado el crecimiento de la industria. A su vez, brinda opciones para la creación de nuevas empresas, sin requerir cantidades inalcanzables de dinero en inversión, donde los pequeños productores no se ven beneficiados por no seguir la norma ICONTEC 1240 de estandarización de productos avícolas. El incremento en la calidad del proceso de producción del huevo, sin aumentar el costo en la producción, representa un producto más competitivo en el mercado, mayores posibilidades de inversión y crecimiento; disminuyendo las brechas entre los costos de producción de las grandes y pequeñas empresas.

El centro de desarrollo de investigación y desarrollo tecnológico en Tenjo (CIDT) cuenta con una pequeña industria avícola, la cual produce alrededor de 600 huevos diarios. Su proceso de lavado es netamente manual, lo cual lo hace extenso y tedioso. Es necesario un proceso de limpieza automático, de bajo costo y funcional, para que sea acorde a la necesidad de este pequeño distribuidor. Al ser un proceso manual, requiere aproximadamente de 3 horas para la limpieza de los huevos en

su totalidad, donde varios pueden resultar dañados o sin ser limpiados correctamente. El proceso semiautomático posee las cualidades propicias para generar un mejor proceso de limpieza y clasificado del huevo en un menor tiempo de lo que tomaría manualmente (Ifm electronics. 2016). Éste nos ofrece cumplir con las demandas requeridas en un proceso semiautomático, ya que éstos pueden trabajar los 365 días del año las 24 horas del día.

El proceso de lavado y clasificado de huevos es importante para una solución mecatrónica, ya que estos procesos ayudan a disminuir el potencial de riesgo del huevo. Si consideramos que su superficie posee una contaminación variable de enterobacterias, es razonable realizar una acción de limpieza y desinfección previa, para evitar propagación de bacterias.

El desarrollo de una solución mecatrónica va directamente relacionado a la implementación de un sistema automatizado de bajo costo, de fácil armado y ejecución en el proceso de limpieza y clasificación del huevo de gallina. De esta manera se ofrece una mejor oferta tecnológica para los pequeños productores que cubran las necesidades de producción, aportando a la sostenibilidad económica de sus hogares. Actualmente se desea mejorar el proceso de limpieza y clasificación del huevo de gallina bajo altos estándares de calidad, generando emprendimientos para la institución y/o pequeños productores de la región de Cundinamarca, implementando un prototipo piloto en el CIDT.

Debido a esta problemática, se busca diseñar, desarrollar e implementar un prototipo que realice el proceso de limpieza y clasificación del huevo, mediante estándares de

inocuidad y tamaño (JUMBO, AAA, AA, A, B Y C), aplicando los conocimientos en las áreas de diseño mecánico, electrónico y de automatización.

**Método:**

La metodología por aplicar en el presente proyecto es de tipo científica mixta,

debido al valor cuantitativo y cualitativo de evaluación de los requerimientos del proyecto respecto a los avances técnico-científicos, para dar un valor agregado al producto (huevo campesino). Este proyecto de 12 meses con 7 etapas dando cumplimiento a los objetivos específicos del mismo.

**Tabla I**

*Etapas de desarrollo del proyecto*

Objetivo General	Objetivos específicos	Etapas	tarea	
Implementar un prototipo semiautomático para la limpieza y clasificación de huevos gallina tipo (JUMBO, AAA, AA, A BY C)	Diagnosticar un sistema mecatrónico adecuado para una óptima limpieza y clasificación del huevo de gallina ponedora.	<b>Diagnóstico</b>	Revisión del estado del arte	
			Productos en el mercado huevo y gallina	
			Prototipos en el mercado	
			Diagnostico en CIDT	
			Condiciones de estudio. Alcances y limitaciones	
	<b>Diseño Mecánico</b>	Desarrollar un sistema mecatrónico para el prototipo de limpieza y clasificación de huevos de gallina ponedora tipo JUMBO, AAA, AA, A BY C según los parámetros de producción requeridos.		Selección de materiales
				Cálculos de esfuerzos mecánicos
				Diseño CAD
				Mecanizado – CAM
				Montaje prototipo
				Selección de sensores
				Selección de actuadores
				Selección de controlador
				Diseño CAE
Montaje de tarjeta electrónica				
<b>Diseño Compuccional</b>		Interfaz con el usuario		
<b>Semi-automatización</b>		Programación de tareas en código ladder		

Objetivo General	Objetivos específicos	Etapas	tarea
Implementar un prototipo semiautomático para la limpieza y clasificación de huevos gallina tipo (JUMBO, AAA, AA, A BY C)	Validar el cumplimiento de las normas y parámetros establecidos para la producción de huevos de gallina en el prototipo bajo su puesta en marcha.	Validación de comunicación y respuesta	Calibración
			Funcionamiento de sensores y actuadores
			Rápida respuesta al usuario
		Validación del prototipo	Funcionamiento del prototipo mecatrónico
			Evaluación prueba y error
			Manual uso
			Ficha técnica
		Desarrollo documental	Propuesta
			Anteproyecto
			Tesis

Fuente: Propia de los autores.

## 1. Diagnóstico:

Es importante, inicialmente, saber sobre los productos del huevo y el proceso de los pequeños productores avícolas, elaborando un estado del arte, profundizando los beneficios al proveer este producto y obtener un valor agregado, especialmente, en el campo, ya el proceso es manual generalmente.

La siguiente etapa es indagar en los prototipos o sistemas en el mercado que se especializan en la limpieza y clasificación de huevos que tienen funcionalidad en los pequeños productores con relación de capacidad y precio.

Para el proyecto escogemos diagnosticar el galpón del centro de investigación tecnológico de la universidad en Tenjo,

donde se presenta la problemática de los pequeños productores, puesto que manejan cerca de 600 gallinas y utilizan la mano de obra del personal. Es necesario hacer una visita al CIDT para determinar la capacidad del galpón, las dimensiones del lugar donde se realizan la limpieza y clasificación, conocer el valor de venta de los huevos y su distribución.

El proyecto implementará un sistema de lavado y clasificado del huevo con el menor costo posible, para facilitar en menor tiempo la tarea del personal en el Centro de Investigación Tecnológico en Tenjo.

## 2. Diseño mecánico:

Teniendo en cuenta la capacidad del galpón, se realiza un estudio mecánico con los cálculos necesarios para ofrecer

confiabilidad, competitividad y utilidad del prototipo en su desempeño; bajo un factor de seguridad alto, aumentando así, la vida útil de las piezas mecánicas y su fácil manejo por parte del o los operarios.

De este modo, tendremos los factores necesarios para escoger los materiales, evaluando los esfuerzos y cargas en puntos arbitrarios de la estructura aplicando la teoría de falla apropiada a cada material desde el momento de torción, resistencia a la corrosión y facilidad de limpieza, cumpliendo con la norma técnica NTC 1240 para el procesamiento de alimentos.

Al obtener los materiales, se utiliza un Software tipo CAD de análisis de elementos finitos, como herramienta para la validación de daños presentados en las piezas del prototipo bajo alto desgaste, obteniendo una aproximación real antes del proceso de fabricación de las piezas de cada elemento mecánico.

Luego, se proceden a evaluar las técnicas de manufactura como: Corte, maquinado, doblado, soldadura; o las técnicas de prototipado rápido, como inyección de plástico, estereolitografía y deposición por hilo fundido.

### **3. Diseño electrónico:**

Se va a realizar un diseño esquemático del funcionamiento y conexionado del sistema prototipo en funcionamiento, relacionando los sensores y actuadores, dependiendo de la variable física a monitorear, priorizando el tamaño y el peso de los huevos a partir de sus características estimas dentro de los objetivos planteados.

Los sensores por implementar se establecen a partir del tipo de señal -sean digitales y/o análogos-, que serán conectados directamente a un PLC, anteriormente simulados con un software tipo CAE, definiendo, así, un protocolo para su posterior comunicación con el usuario.

### **4. Diseño computacional:**

En esta etapa se desarrolla la integración dada de las etapas anteriores. Aquí se debe diseñar un protocolo de comunicación sencillo e interactivo con el usuario. Para cumplir con este objetivo, se establece el uso del software GX Work2 en lenguaje Ladder propio de un PLC, que permite la fácil comunicación bajo la integración de una pantalla HDMI que ayuda a visualizar; por medio de comandos, la acción y respuesta en tiempo real del prototipo ante la limpieza, clasificación y conteo de cada uno de los tipos de huevo.

### **5. Validación de comunicación y respuesta del prototipo**

En esta etapa se evalúa el funcionamiento de los sensores y actuadores que determinan el adecuado manejo del prototipo, para la capacidad que requiere el CIDT de Tenjo. De esta manera, se determinan pruebas y validaciones mecánicas, electrónicas y de software con los intervalos de tiempo de la limpieza y clasificación de cada huevo.

Para el usuario es necesario suministrarle una ficha técnica sobre el prototipo para su conexión y capacidad. Ofreciendo, así mismo, una guía de uso del correcto funcionamiento y mantenimiento de éste.

## Resultados y Discusión:

### I. Producción Avícola

La producción avícola representa un ingreso importante dentro del PIB del sector pecuario, con una participación del 25%, 7% del sector agropecuario y 0.5% de todo el PIB Nacional, estimando un consumo per cápita para el 2020 de 321 huevos. Esto nos pone a nivel mundial, como el treceavo productor huevos. Esto deja ver la importancia que tiene el sector

avícola para la industria colombiana y la necesidad de continuar invirtiendo en el sector para favorecer su crecimiento.

En Colombia los huevos criollos de los pequeños productores son conocidos por alto contenido nutricional y por su alimentación que encuentran en el pastoreo, aunque su tamaño y peso son de menor volumen. A continuación, se determina la especie con su color de huevo y peso. Véase la tabla 2.

**Tabla 2**

*Tipos de gallinas criollas*

<b>Especie</b>	<b>Peso Gallina (máx.)</b>	<b>Peso huevo (máx.)</b>	<b>Color de huevo</b>
Santandereana	2.5 Kg	70 g	Azul
Tufus	2.0 Kg	55 g	Marrón
Tapuncha	1.5 Kg	58 g	Marrón
Carioca	2.0 Kg	70 g	Marrón
Crespa	2.0 Kg	70 g	Marrón
Zamarrona	2.5 Kg	60 g	Marrón
Copetona	1.5 Kg	55 g	Marrón
Paticorta	2.0 Kg	60 g	Marrón

Fuente: (Valencia, 2011)

- Proceso de limpieza del huevo criollo.

Dentro de la industria avícola, es indispensable manejar la inocuidad en el huevo, ya que éste es el medio transmisor de varias enfermedades, como lo son: la salmonella y la bronquitis infecciosa aviar (Osorio, 2014). La salmonella fue el

segundo agente causal de brotes (35,5%) en América Latina en el período comprendido entre 1995 a 1999 (Oficial, 2011). También fue una de las enfermedades de transmisión alimentaria (ETA) con importantes afectaciones en la salud pública. Esta bacteria ocasiona síntomas gastrointestinales, lo cual produjo 2.2 millones de muertes a nivel

mundial (Anzola Vásquez et al., 2008). Esta bacteria está presente en los alimentos de la canasta familiar como el huevo, por su alto valor nutricional y bajo costo.

El lavado de los huevos es un método que se utiliza para reducir al máximo la contaminación, pero para la Unión Europea, prima la instauración de medidas preventivas como lo es la salud de las gallinas ponedoras (Hutchison, 2004). A finales del año 2003, se realizó un estudio comparativo analizando la cáscara de los huevos lavados y sin lavar. Como resultado, se logró evidenciar que 1 huevo por cada 4,000 de éstos se encuentra contaminado con salmonella. Si las medidas de inocuidad son adecuadas se podría obtener una cifra inferior a 1 entre 10,000 (Eggs, 2004).

La gran problemática de la inocuidad de los huevos es su superficie, ya que su mayor foco de contaminación es la materia fecal de las gallinas y la inadecuada manipulación que se les pueda dar; puesto que, una vez contaminadas, crean una entrada para el ingreso de los microorganismos en los hogares. Por consiguiente, es indispensable la limpieza adecuada a los huevos (López et al., 2014).

En la actualidad, el proceso del lavado del huevo se ha automatizado a tal punto que las lavadoras de huevo utilizan soluciones de agua caliente con detergentes y desinfectantes. Con este proceso de limpieza se pretende eliminar los microorganismos patógenos, como lo son la salmonella y los provenientes de origen fecal (Rodríguez, 2005).

Para obtener un lavado de huevos más efectivo, es recomendable no usar solo

agua para la limpieza de cáscara, sino la inmersión en una solución acuosa con un detergente (hipoclorito) (Nutrición, 2006). Posteriormente, se debe realizar un buen aclarado para eliminar todos los posibles residuos químicos. La inmersión debe durar 5 minutos.

El tratamiento de un huevo sucio se puede llevar a cabo por tres métodos diferentes. Uno, por raspado, donde las cerdas robustas distribuidas en una espiral en forma de cepillo giran por un motor al sentido contrario y, debajo, una cinta transportadora tiene la función de limpiar en seco el huevo. Es la más usada por la industria (Dutchman, 2008). Sin embargo, este método posee una desventaja. A pesar de que elimine la suciedad de la cáscara, es más propenso a dañar la cutícula exterior del huevo.

El segundo método, es el del lavado, donde se aumenta el riesgo de dañar la calidad del huevo, este proceso se da de forma manual, por ende, se deben tener en cuenta las siguientes condiciones (López et al., 2014):

1. La solución a utilizar debe ser detergente e higienizante, a base de compuestos de cloro, yodo o amonio cuaternario, en la proporción de 250ppm.
2. En el caso del cloro 5ml. o comercialmente al 5% de cloro activo, por cada litro de agua y de 200ppm. En el caso de los otros desinfectantes, la temperatura de la solución siempre deberá estar entre los 38 y los 40°C, siempre superior a la temperatura del huevo. El tiempo de lavado no debe exceder más de tres minutos, la solución debe renovarse con cierta frecuencia cada 3 o 4 tandas de lavado.

3. La dureza del agua debe ser adecuada, desde el punto de vista bacteriológico y químico. Sobre todo, se ha de prestar atención a la concentración de hierro, ya que ésta nunca debe exceder de 5ppm. (Operaciones, 2007).

El último método, es el de lavado de huevos por medio de un agente detergente, donde se emplea la termo-estabilización que consta de una inmersión del huevo en agua con este agente, a una temperatura de 100C° durante 5 segundos, seguido de un enfriamiento rápido, provocando una coagulación de las proteínas para formar la membrana impermeable debajo de la cáscara. Este método disminuye el riesgo de penetración de microorganismos (Fatriani, 2015).

## 2. Diseño Mecánico

El diseño mecánico favorece la realización de un plan para resolver un problema o una necesidad en particular; donde el diseño debe ser funcional, seguro, confiable, competitivo y útil para nuestro sistema. Debe contar con la opción de fabricarse y comercializarse, utilizando las herramientas de la ingeniería que son las matemáticas y la computación.

Para el sistema, podemos elaborar diferentes estructuras y elementos mecánicos, normalmente utilizados en procesos de alimentos debido a su buena resistencia a la corrosión y facilidad de limpieza.

**Tabla 3**

*Tipos de materiales*

<b>Material</b>	<b>Características</b>
Acero inoxidable AISI 304	Acero inoxidable austenítico, aleado con cromo, níquel y bajo contenido de carbono. Maneja una buena resistencia a la corrosión y no requiere tratamiento para soldadura. Puede ser trabajado en frío, pero comparado con aceros de baja aleación, requieren de mayor esfuerzo.
Aluminio	El aluminio es el metal no ferroso más abundante sobre la corteza terrestre. No se corroe, es reflectivo y buen conductor térmico. Se puede maquinar, laminar, forjar y soldar. Es utilizado en el transporte, refrigeración, electrónica, utensilios de cocina y alimentos. Además, es 100% reciclable.
Termoplástico ABS	Este material está compuesto por acrilonitrilo, butadieno y estireno. Este termoplástico tiene buena resistencia mecánica y al impacto, es considerado impermeable al agua y los aceites; sin embargo, es ligeramente permeable al vapor. Es utilizado en automóviles y electrodomésticos en la parte de la cubierta.

Material	Características
Termoplástico ASA	El acrilonitrilo estireno acrilato (ASA) es un material con propiedades excepcionalmente resistentes a la intemperie, sin perder su color; ni resistencia al impacto a largo plazo. Es un material impermeable y resistente a los químicos, es utilizado para techos de vivienda y equipos de eléctricos.
Termoplástico PET	Este material es la combinación de ácido tereftálico y el etilenglicol, por ello maneja un punto de fusión de 255 a 265 °C y un punto de transición vítrea de 60 a 80°C. Gracias a ello, se puede transformar por procesos de extrusión, moldeo por inyección, soplado, compresión, etc. En la actualidad, este material se recicla como filamento para impresoras 3D, en la realización de piezas en manejos de alimentos.
Lámina de acrílico	Este material es compuesto con MMA elaborada con monómero 100% virgen para dar durabilidad, duración a la intemperie y resistencia al impacto. Es utilizado en avisos, remplazo de parabrisas, utensilios de cocina y artículos de hogar; entre otros.

Fuente: (Carbone Stainless Steel, 2016).

- Técnicas Metalmecánicas
- El sistema de limpieza y clasificación de huevos requiere procesos metalmecánicos para su fabricación, con el fin de tener buenos acabados y diseño necesarios para la producción del CIDT, los cuales son los siguientes:

**Tabla 4**

*Técnicas Metalmecánicas*

Proceso	Descripción
Corte (Separación húmeda)	Consiste en la segmentación geométrica básica de láminas, tubos o barras de metal, utilizando aceites lubricantes de enfriamiento, con el fin de no maltratar el material.
Maquinado	Se conoce por operaciones de arranque de viruta, después del corte de la materia prima, los más esenciales son torneados, fresado, esmerilado y cepillado.

Proceso	Descripción
Doblado	Se utiliza la presión para obtener una geometría definitiva, de acuerdo con la ductilidad del metal se configuran formas prediseñadas en las que puede utilizarse un mismo elemento.
Soldadura por resistencia (MIG)	Este proceso consta de un arco eléctrico que consume un electrodo flexible, derritiendo el electrodo en la unión de piezas metálicas en espesores mayores de 0,5mm. en todas las posiciones.
Armado	Consiste en el ensamble final del sistema. Se implementan remaches, amarres, adormilamientos y conexiones eléctricas.
Acabado	En esta parte se tiene en cuenta la preparación de la superficie (grateado, granallado o choro de arena), donde la aplicación del sistema a utilizar se implementan enjuagues, sellantes, anticorrosivos y pinturas.

**Fuente: (Rene, 2007)**

- Técnicas de prototipado rápido
- En el sistema de limpieza y clasificación de huevos, algunas piezas requieren de diseño especial, donde no se requiere mucha resistencia, como los materiales plásticos. Para el manejo de alimentos, suelen ser mejores que los aceros por su economía. Se mencionan los más usados a continuación:

**Tabla 5**

*Técnicas de prototipado rápido*

Proceso	Descripción
Inyección de plástico	Este proceso requiere de un molde metálico acorde a la geometría deseada, con el fin de inyectar el polímero, o un material cerámico en el interior a presión. Al enfriarse el material dentro del molde, se solidifica la pieza y no requiere de mayor acabado.
Esterolitografía	Es un proceso que solidifica la resina fotocurable en estado líquido, mediante un rayo láser ultravioleta. Esta solidificación se realiza capa por capa, hasta completar la pieza.

Proceso	Descripción
Deposición por hilo fundido	Es un proceso por el cual se utiliza un filamento de material plástico, por lo general ABS. Es alimentado por un sistema de carrete e ingresado a la cámara de licuefacción, donde está en sólido y pasa a estado semisólido y depositado sobre la plataforma por la boquilla siguiendo una trayectoria programada capa por capa.

Fuente: (Acosta Prado & Prada Ospina, 2017)

Este proceso de diseño nos conllevó al estudio de materiales y procesos de manufactura viables y de bajo costo para el

pequeño agricultor. Véase en la figura 1 el diseño del prototipo.



**Figura 1.** Tipos de gallinas criollas

Fuente: Propia de los autores

### 3. Diseño Electrónico

El diseño electrónico se desarrolla en los procesos de creación e implementación de soluciones que requieran el monitoreo y control de condiciones físicas. Éstas, normalmente, determinan los parámetros de funcionamiento electrónico de una máquina, proceso o dispositivo. Algunos de los componentes necesarios son: los sensores, actuadores, controladores y comunicación entre módulos, entre otras.

- Sensores

Los sensores forman parte fundamental de los circuitos eléctricos y electrónicos encontrados en el hogar, en la industria, centros médicos, etc. Esto evidencia su uso en dispositivos integrados utilizados como asistentes y/o ayudantes en nuestras labores diarias.

Algunos de estos dispositivos integran sistemas de recolección de información a

través de los sensores que miden estados de continuidad del portador; preferencias de selección en toma de decisiones y condiciones reales de su entorno. Estos instrumentos en elementos son

indispensables para el diseño de prototipos que conviertan magnitudes físicas y estados de productos en magnitudes eléctricas bajo estados de selección o no selección.

**Tabla 6**

*Sensores de proximidad*

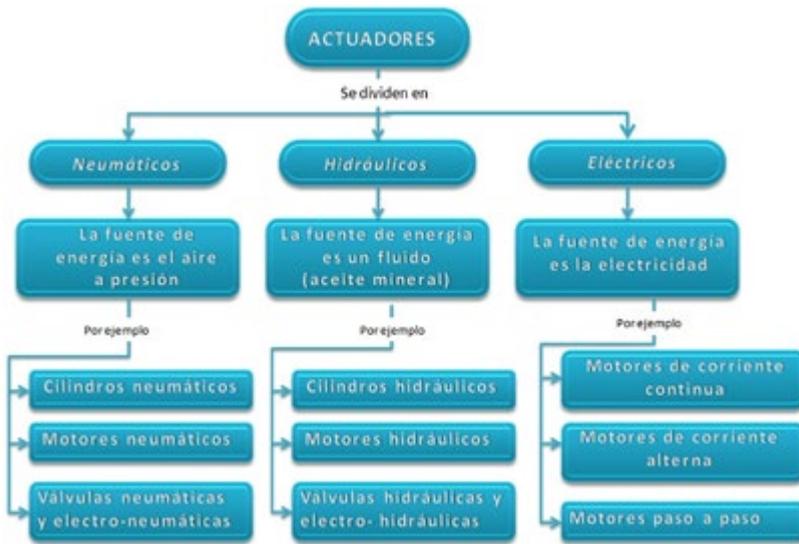
<b>Tipos de sensores de proximidad</b>	<b>Descripción</b>
MAGNÉTICOS	Los sensores magnéticos reaccionan ante los campos magnéticos de imanes permanentes y de electroimanes.
INDUCTIVOS	Los sensores inductivos son utilizados principalmente para medir piezas metálicas en distancias de entre 1mm. y 75mm.
CAPACITIVOS	Los sensores capacitivos se basan en la propiedad de un condensador; según la cual su capacidad toma un valor en relación con la constante dieléctrica entre las placas. Son utilizados en materiales metálicos o no, en rangos desde 1mm. y 30 mm.
ÓPTICOS	Los sensores ópticos tienen diferentes tipos de funcionamiento, ya sea por reflexión directa, de barrera o retro reflexión, según sea la necesidad de uso. Se pueden considerar las ventajas y desventajas de cada tipo de sensor óptico, se puede considerar de manera especial el sensor de barrera para una detección de objetos con mayor precisión.
ULTRASÓNICOS	Los sensores ultrasónicos emiten sonido en rangos inaudibles a cualquier frecuencia y reciben el eco. De esta manera pueden detectar un objeto hasta varios metros, sin importar su color o material. Son altamente resistentes a la suciedad y el polvo, aunque las superficies inclinadas pueden desviar la onda de sonido y tienen una reacción relativamente lenta.

Fuente: (Ricardo et al., 2001).

- Actuadores

Los actuadores dentro de un circuito electrónico cumplen una función sumamente importante; son los que permiten manipular algún componente

dentro de la cadena de producción y permiten que el sistema sea automatizado (Vildósola, 2010). Éstos también son denominados transductores, dado que transforman energía eléctrica en energía mecánica.



**Figura 11.** Tipos de actuadores

Fuente: (Vildósola, 2010)

**Tabla 7**

Ventajas de los tipos de actuadores

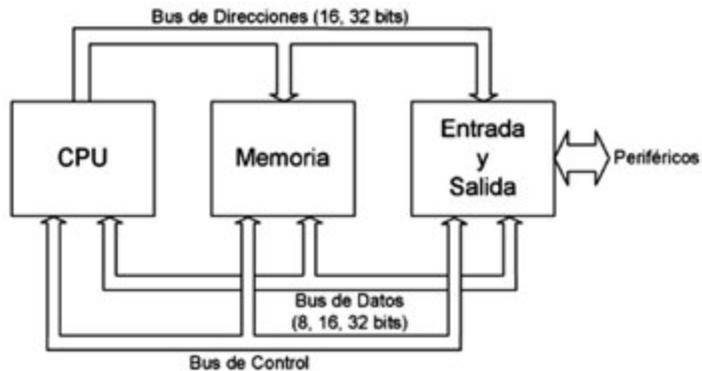
Tipo de actuador	Ventajas	Desventajas
NEUMÁTICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Bajo costo</li> <li>• Rapidez</li> <li>• Sencillo</li> <li>• Robusto</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requieren de instalaciones especiales</li> <li>• Ruidosos</li> </ul>
HIDRÁULICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Rápidos</li> <li>• Alta capacidad de carga</li> <li>• Presenta estabilidad frente a cargas estáticas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Requiere instalaciones especiales</li> <li>• Son de difícil mantenimiento</li> <li>• Resultan poco económicos</li> </ul>
ELÉCTRICO	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Precisos y fiables</li> <li>• Silencioso</li> <li>• Su control es sencillo</li> <li>• Son de fácil instalación</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Potencia limitada</li> </ul>

Fuente: (Vildósola, 2010)

- Microcontroladores

Estos dispositivos están presentes en casi cualquier producto electrónico que usamos hoy en día. Resultan ser versátiles en sus aplicaciones y características, dado que existen en el mercado una gran cantidad de éstos.

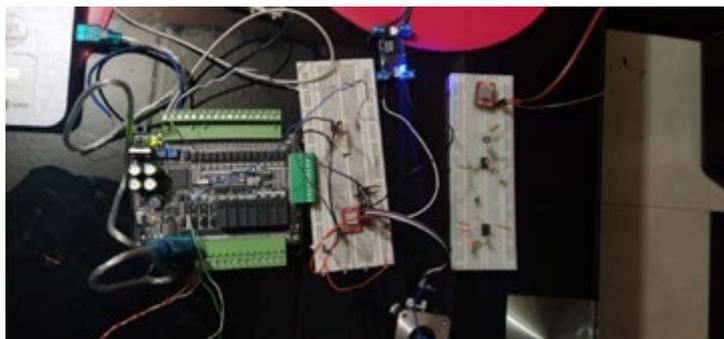
Los microcontroladores están compuestos básicamente por tres partes: CPU (Central Processing Unit); la memoria; y la entrada y salida. Estos bloques están conectados entre sí por medio de buses (líneas eléctricas), como se ven en la siguiente figura.



**Figura 21.** Microcontrolador  
Fuente: (Central & Ram, 2003).

En la industria el microcontrolador más usado son los PLC, por su gran capacidad de entradas y salidas que permiten conectar diferentes sensores y actuadores. En el mercado existen de diferentes marcas y

dependiendo del fabricante tiene su software. Para el desarrollo se integran sensores, actuadores, tarjetas de control y un sistema de automatización programado con Gxwork2.



- Diseño computacional

El diseño computacional surge como resultado del pensamiento lógico matemático aplicado en las áreas de diseño y programación, reformando el mundo actual desde los avances industriales dados de la industria 1.0 hasta la 4.0, e integrándolas a servicios en la nube conectados a dispositivos portables e industriales. Estas son fácilmente modificables desde su arquitectura y

lenguaje (Casalet, 2018), permitiendo su integración a la comunicación en tarjetas electrónicas que accionen una función en el sistema y/o proceso.

- Software

A continuación, se muestra una lista de los softwares utilizados en la programación de microcontroladores enfocados en la exploración de diseño computacional (CAE), a partir de la comunicación usuario-máquina.

**Tabla 8.**

*Softwares*

<b>Software</b>	<b>Descripción</b>
Codesys	La interfaz codesys utiliza 2 lenguajes de texto los cuales son: lenguaje ensamblador y de texto estructurado. Los lenguajes gráficos que maneja son, Ladder, FDB (Diagrama de bloques de función), SFC (Bloques de función secuenciales) y CFC (continuos function chart).
Matlab (GUI)	Matlab es diseñado como un software matemático que permite resolver diferentes tipos de problemas lógico-matemáticos como de simulación, utilizando diferentes componentes para unir todas las características que posee y generar una visualización interactiva con el usuario.  El GUI es un entorno de programación visual que utiliza una interfaz gráfica que permite ejecutar programas que constantemente están recibiendo datos.
LabVIEW	Es una plataforma para diseñar sistemas por medio de un lenguaje de programación visual para software de pruebas en control de simulación en tiempo real.
JAVA	Es una aplicación que se basa en la programación orientada a objetos, permitiendo ejecutar un programa en diversos sistemas operativos.
VISUALBASIC	Con visual basic se pueden desarrollar aplicaciones enfocadas en Windows, con el lenguaje de programación dirigida a eventos.

**Fuente: (Roncancio et al., 2000).**

- Lenguajes de programación

En el diseño computacional podemos ver varios tipos de lenguajes de programación:

- Lenguaje de máquina.
- Lenguaje de programación de bajo nivel.
- Lenguajes de programación de alto nivel.

Estos lenguajes son usados para permitir una interfaz con el usuario y el software, de modo que pueda realizar las actividades deseadas ("Tipos de sensores industriales y características AUTYCOM").

- Automatización

La automatización se aplica en la solución de problemas a nivel industrial, con el fin de disminuir costos y tiempo en los procesos de producción (Análisis & Realizar).

En la automatización existen diferentes grados de tecnología implementados en el proceso, los cuales van a determinar qué tan automatizado debe ser el proceso que se desea implementar.

A continuación, se muestra en una tabla los grados de automatización.

**Tabla 9**

*Tipos de grados de automatización*

<b>Grados de automatización</b>	<b>Descripción</b>
VERIFICACIÓN DEL PROCESO	La función principal es verificar el proceso sin intervenir en él. Es decir, da una información basada en la verificación y esto permite al operario generar una acción en el proceso.
SEMI-AUTOMATIZADO	Una vez adquirida la información en el sistema, da al operario la información y ayuda a tomar la decisión a seguir en el proceso.
AUTOMATIZADO	El operario no toma ninguna decisión en el proceso. La acción es requerida solo cuando exista algún incidente en la línea de producción; informando de la eventualidad, realizando el registro bajo paro de emergencia.

Fuente: (Análisis Propio de los Autores)

La automatización de una empresa depende de qué tan automatizada ésta está. Es decir, la automatización tiene unos niveles, que -dependiendo del punto

hasta el que llegue la empresa- se puede estimar ésta que tan automatizada está. A continuación podemos observar los niveles de automatización.

**Tabla 10**

*Niveles de automatización*

<b>Nivel</b>	<b>Descripción</b>
OPERATIVO	En este nivel se encuentra la parte operativa, donde encontramos los actuadores, sensores, temporizadores y el equipo que se necesite para la producción. Son parte fundamental en el proceso de producción, ya que realizan cualquier proceso que posteriormente se automatizará.
CONTROL	Este nivel tiene por objeto controlar procesos secuenciales por medio de ordenadores especializados, como el caso de los PLC, que reciben señales de entrada y salida, cuentan con un CPU y memoria que procesa la información cargada o software. Este nivel y el primero deben estar en comunicación con un protocolo llamado ethernet.
SUPERVISIÓN	Su función es la representación gráfica de los anteriores niveles, es decir, una comunicación hombre-máquina (MHI), facilitando la interacción y supervisión del proceso en tiempo real. Se utiliza comúnmente un servidor de comunicaciones OPC para comunicarse con los distintos softwares.
INTEGRACIÓN Y GESTIÓN	Este nivel se encarga de controlar y supervisar la producción total de la planta, brindando información directamente del proceso de producción en tiempo real. Ésto permite una correcta organización, facilitando la toma de decisiones y detectando errores, reduciendo tiempo y, en consecuencia, economizando costos.
PLANEACIÓN	<p>Este nivel se puede ver en las grandes industrias que manejan, en conjunto, la parte administrativa. Aun así, se derivan dos grupos de software:</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• ERP vertical</li> <li>• ERP horizontal</li> </ul> <p>En el primero podemos encontrar la parte que atiende soluciones puntuales determinadas a la industria, mientras que el segundo puede gestionar la administración de cualquier empresa, ya que permite configurar las necesidades de ésta.</p>

**Fuente: (Análisis Propio de los Autores)**

## CONCLUSIONES:

- Mediante el desarrollo del proyecto se pueden establecer nuevas oportunidades para el pequeño productor de huevos, ofreciendo mayor oferta y demanda hacia la canasta familiar.
- Se pueden establecer que el desarrollo de sistemas mecatrónicos da solución a la problemática actual, generando estrategias de e-commerce para su venta.
- Se pudieron identificar en el análisis del proceso de producción los requerimientos y necesidades, como: materias primas; mano de obra; maquinaria necesaria; plan de manufactura; inversión requerida; tamaño y localización de las instalaciones; forma en que se organizará y costos de inversión y operación; para el buen desarrollo del lavado y clasificación del huevo de gallina ponedora.
- La recuperación económica de la inversión del prototipo se da a corto plazo.
- El prototipo puede ser modificado aun más para mejorar su portabilidad, transporte y ensamble. Fue diseñado para su fácil ensamble.

## REFERENCIAS

- Big Dutchman. (2008). *Sistemas de recolección de huevos*. Recuperado de: <https://www.bigdutchman.es/es/manejo-de-gallinas-ponedoras/productos/detail/sistemas-de-recoleccion-de-huevos/>
- Dinero. (2019). *Exportaciones de pollo y huevo de Colombia a Japón*. (2019) Recuperado de: <https://www.dinero.com/pais/articulo/exportaciones-pollo-huevo-colombia-japon/206587>.
- Anzola Vásquez, H., Pedraza Morales, Á., & Lezzaca Gasca, M. (2008). *Las Buenas Prácticas De Bioseguridad En Granjas De Reproducción Aviar Y Planta De Incubación*. ICA.
- Osorio, C. (2014). Buenas Prácticas agrícolas (BPA), *Manual técnico actualización tecnológica y buenas prácticas agrícolas (BPA) en el cultivo de aguacate*. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>
- Rodríguez, J. J. (2005). *El lavado de huevos como medida de seguridad. Seguridad Alimentaria, el Diario del consumidor*. Recuperado de: <https://www.consumer.es/seguridad-alimentaria/el-lavado-de-huevos-como-medida-de-seguridad.html>
- Eggs, C. S. (2004). *La of Enterobacteriaceae. Washed and Unwashed Identification of Enterobacteriaceae from Washed and Unwashed Commercial Shell Eggs, volumen 1*. <https://doi.org/10.4315/0362-028X-67.11.2613>
- Fatriani, M. D. (2015). *Alternativas de desinfección en huevos comerciales como herramienta para reducir la contaminación causada por salmonella y SUS*.
- Hutchison, M. L., Gittins, J., Sparks, A. W. N., Humphrey, T. J., Burton, C., & Moore, A. (2004). An Assessment of the Microbiological Risks Involved with Egg Washing under Commercial Conditions, *Journal of Food Protection*, 67(1), 4–11.

- Recuperado de: <http://citeseerx.ist.psu.edu/viewdoc/download?doi=10.1.1.497.9544&rep=rep1&type=pdf>
- López, M., Reyes, B., Franco, B., Matías, R., & Juárez, S. (2014). *Inocuidad en el proceso de lavado de huevo de una empresa Avícola*, 117–134. Recuperado de: <https://ecorfan.org/handbooks/Ciencias de la Ingeniería y Tecnología T-VI/ARTÍCULO 13.pdf>
- Seguridad Alimentaria. (2006). *La importancia de lavar los huevos*, 2-68. Recuperado de: [http://www.federovo.net/portall/images/content/seguridad\\_alimentaria\\_huevos\\_ovoproductos.pdf](http://www.federovo.net/portall/images/content/seguridad_alimentaria_huevos_ovoproductos.pdf)
- Oficial, T. (2011). *Análisis microbiológico de los alimentos*.
- Operaciones, C. D. E. L. A. S. (2007). *Código de prácticas de higiene para los huevos y los productos de huevo*.
- lfm Electronics. (2016). *Sistemas de automatización para la industria alimentaria*, 245. Recuperado de: <http://www.betelgeux.es/blog/2015/03/25/disenio-higienico-en-la-industria-alimentaria/>
- Dinero. (2015). *Exportaciones de pollo y huevo de Colombia a Japón*. Recuperado de <https://www.dinero.com/pais/articulo/exportaciones-pollo-huevo-colombia-japon/206587>.
- Casalet, M. (2018). *La digitalización industrial: Un camino hacia la gobernanza colaborativa*, Publicaciones de las Naciones Unidas, 79 Recuperado de: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44266/1/S1800941\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44266/1/S1800941_es.pdf).
- Ricardo, A., Orozco, H., Alejandro, J., Montoya, O., Morgan, T. H., Brown, W. E., Schumer, A. J., Josue Elias Obregon Lozano, Electricas, M., Boglietti, A., Cavagnino, A., Lazzari, M., Pastorelli, M., Amado, F., Almeida, A. T. de, Ferreira, F., Electrotecnica, D. E., & Labvol, L. (2001). *Sensores fluidos. Conference Record - IAS Annual Meeting (IEEE Industry Applications Society)*, Volumen 2. <https://doi.org/10.1109/ias.2003.1257626>
- Roncancio, H., & Cifuentes, H. (2000). Tutorial de LABVIEW. *LabVIEW Tutorial*, 1, 20. Recuperado de: <http://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Tutorial+de+labview#0%5Chttp://scholar.google.com/scholar?hl=en&btnG=Search&q=intitle:Tutorial+de+LABVIEW#0>.