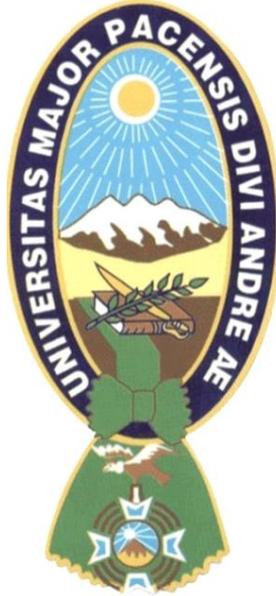


UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE TECNOLOGIA
CARRERA DE ELECTROMECANICA



“DISEÑO DE UNA MAQUINA CLASIFICADORA AUTOMÁTICA DE HUEVOS PARA LAS
MICROEMPRESAS AVÍCOLAS”

Proyecto de grado para la obtención del grado de licenciatura

POR: CAPQUIQUE ADUVIRI CRISTHIAN SIMON

TUTOR: ING. ROBERTO ESCALANTE MENDOZA

LA PAZ – BOLIVIA

UNIVERSIDAD MAYOR DE SAN ANDRÉS
FACULTAD DE TECNOLOGIA
CARRERA DE ELECTROMECHANICA

Proyecto de grado

Diseño de una maquina clasificadora automática de huevos para las microempresas avícolas

Presentado por: Univ. Cristhian Simon Capquique Aduviri

Para optar el grado académico de **Licenciado en Electromecánica**

Nota Numeral.....

Nota Literal.....

Ha sido.....

Director de la carrera de Electromecánica: Msc. Ing. Marcelo Vásquez Villamor

Tribunal:

Tribunal:

Tribunal:

DEDICATORIA

A mis Padrinos Rodolfo Beltrán y María loza pues fueron el principal cimiento para la construcción de mi vida profesional, sentando bases de responsabilidad, humildad y de superación, enseñándome a enfrentar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

C.S.C.A.

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Dios porque me ha puesto en el camino, gente que a pesar de mis defectos han sabido amarme.

A agradezco a cada persona que me dio la mano en los peores momento y esta va por ustedes.

Por los que me ayudan, ayudaron y acompañan
El tiempo enseña que los sueños nunca engañan.

El Saymon.

RESUMEN

El Proyecto comienza con un marco teórico donde se presentan conceptos principales con el sector avícola al cual se aplica la máquina y de los dispositivos necesarios para su automatización.

La propuesta mejorara el nivel de eficiencia en las microempresas, logrando un ahorro en el de tiempo de ejecución del proceso de clasificación en relación a un trabajo manual.

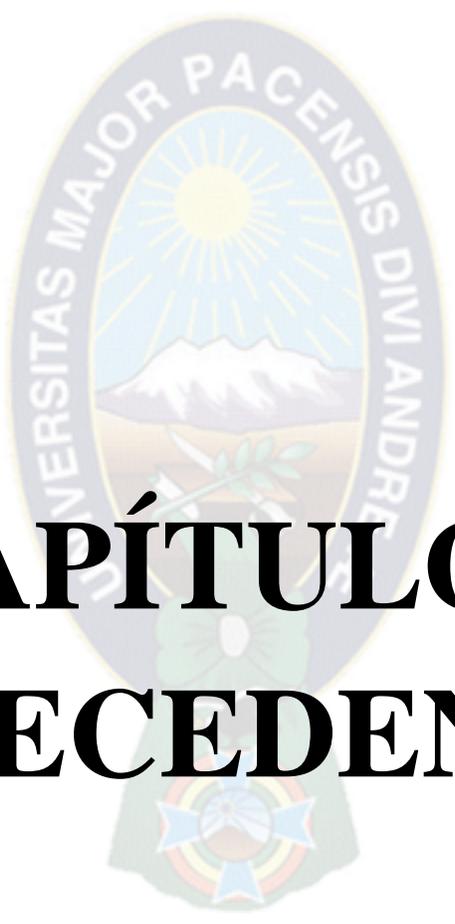
En esta propuesta, se realizara la aplicación de un diseño una clasificadora de huevos automático que mejorara los ingresos económicos de los pequeños y medianos productores y minimizara las demoras en la distribución de huevos.

En la parte final del estudio se presentan los cálculos de costos y un resumen de cantidades y tipos de materiales que fueron necesarios para la construcción de la máquina clasificadora.

1. CONTENIDO

CAPÍTULO 1 ANTECEDENTES.....	8
1. Antecedentes.....	9
1.1 Planteamiento del Problema.....	11
1.1.1 Identificación del Problema.....	11
1.1.2 Formulación del Problema.....	12
1.2 Objetivos.....	12
1.2.1 Objetivo General.....	12
1.2.2 Objetivos Específicos.....	12
1.3 Justificación.....	13
CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO.....	14
2. Caracterización de la Industria.....	15
2.1.1 Empresas Líderes en la Producción del Huevo.....	15
2.1.2 Granja Avícola.....	15
2.2 Funcionamiento de Una Granja Avícola.....	15
2.2.1 Gallinas Ponedoras.....	16
2.3 El Huevo.....	16
2.3.1 Cadena Productiva del Huevo.....	16
2.3.2 Características del Huevo.....	16
2.3.3 Los huevos comercializados sufren un proceso de limpieza que consiste en:.....	17
2.4 Control de Calidad.....	17
2.5 Clasificación Del Huevo.....	17
2.5.1 Clasificación por Tipos.....	18
2.6 Arduino.....	19
2.6.1 ¿Qué es un Arduino?.....	19
2.7 Especificaciones Técnicas de arduino uno.....	20
2.7.1 Alimentación de un Arduino.....	21
2.8 Final de Carrera.....	22
2.8.1 Funcionamiento.....	22
CAPÍTULO 3 MARCO PRÁCTICO.....	23
3. Antecedentes.....	24
3.1 Diseño de Transmisión por Banda y Polea.....	24
3.2 Selección de correa.....	25

3.2.1	Relación de transmisión	26
3.3	Selección de la polea	26
3.4	Distancia tentativa de centros.....	27
3.4.1	Longitud de paso	27
3.4.2	Selección de longitud estándar.....	28
3.5	Diseño del reductor de velocidad	29
3.6	Relación de reducción	29
3.7	Diseño de eje de transmisión.....	29
3.8	Diseño de la estructura móvil.....	32
3.9	Diseño de estructura fija.....	33
3.10	Diseño de cuchareta de recolección	35
3.11	Deflexión máxima	36
3.12	Diseño base de soporte de mesa	36
3.13	Factor de seguridad	38
3.14	Diseño de soporte trípode de mesa.....	38
3.15	Diseño de varilla refuerzo	40
3.16	Diagrama de flujo del sistema de conteo.....	41
3.17	Diagrama de fuerza	42
3.18	Diseño del prototipo	42
CAPÍTULO 4 COSTOS.....		45
4.	Análisis de Costos.....	46
4.1.1	Costo de materia prima	46
4.1.2	Costo de insumos	48
4.1.3	Costo de mano de obra.....	49
4.1.4	Costo Total de Proyecto.....	49
CAPITULO 5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		50
5.	Conclusiones.....	51
5.1	Recomendaciones	52
ANEXOS PLANOS.....		54
Código Fuente del Programa Desarrollado		55



CAPÍTULO 1

ANTECEDENTES

1. Antecedentes

En la gestión 2013, la producción de huevos en Bolivia superó los 1.500 millones de unidades, Y registró un crecimiento del 11% en relación al 2012. El Departamento de Santa Cruz es el mayor productor de huevos con una participación del 59%.

El departamento de Santa Cruz produce cada año aproximadamente 903,396 millones de unidades de huevo, lo que representa cerca del 57,65% de la producción nacional. El año pasado, la actividad reportó un incremento del 2,6%.

Con la incorporación de tecnología de punta, referida a la economía de escala, en la que el costo de unidad de producción disminuye a medida que va en aumento la cantidad de productos terminados y el aprovechamiento al máximo de la capacidad instalada. La incorporación de la maquinaria en la producción se incrementó en aproximadamente 400%, pasando de 17.500 a 70.000 huevos de forma diaria, el 60% se destina al mercado local y el 40% se envía a La Paz. El mercado del huevo se torna atractivo en Bolivia por el crecimiento vegetativo y porque es un comestible de consumo masivo, lo que les permitió invertir en tecnología.

Bolivia presenta en los últimos años un marcado crecimiento en el consumo de huevo. Según el último reporte de la Asociación de Avicultores (ADA-Cochabamba), el consumo anual en el país llega a 150 huevos per cápita, 15 más (11% de aumento) que en 2012. En América Latina, el consumo de huevo presenta un crecimiento del 60% en los últimos diez años, con un estimado de 255 unidades por persona para 2015.

La producción mundial de huevos ha mostrado un dinamismo notable en las últimas dos décadas.

Sin embargo, este crecimiento no ha sido homogéneo: mientras en la década de 1990 los países desarrollados contribuían con 52% de la producción global, en 2014 los países menos desarrollados y emergentes aportaban 59%.

Uno de los factores determinantes en este cambio ha sido el importante crecimiento que ha tenido la industria del huevo en países de Asia, especialmente China, lo que ha dado como resultado un nuevo patrón espacial en la producción mundial de este producto.

La industria del huevo a nivel global crece a un ritmo de 4% anual y tiene un valor de más de 100.000 millones de dólares al año. La producción mundial alcanzaba 35,2 millones de toneladas en 1990, mientras que en 2014 se llegó a 64,2 millones de toneladas, registrando un incremento de 82,4%.

De acuerdo a un estudio elaborado por la International Egg Commission (IEC), se estima que para 2016se producirán 12 millones de toneladas de huevos de mesa adicionales para suplir la demanda proyectada.

El proceso de producción del huevo se inicia en la granja, que es la explotación ganadera de gallinas que produce huevos para consumo humano. Estos huevos van a los centros de embalaje o a industrias de

fabricación de ovoproductos, desde los cuales salen ya en sus distintas presentaciones comerciales (como huevos en cáscara o como ovoproductos). Además de las especificaciones de obligado cumplimiento para todas las granjas, existen normas adicionales que establecen las condiciones para determinados tipos de producción o presentaciones comerciales que no implican diferencias nutricionales ni de calidad. El centro de embalaje es la industria alimentaria que recibe, selecciona y clasifica los huevos según sus categorías de calidad -categorías A y B y peso -clases S, M, L y XL-, y los envasa y vende clasificados (a consumidores finales, distribución, industrias alimentarias, establecimientos de restauración colectiva, etc.)

El traslado de huevo está controlado desde que sale de la granja, en la que se registran los detalles de origen y controles factores importantes en la producción. En la granja o en el centro de embalaje se incorpora, antes de la salida de los huevos hacia su destino, impreso en la cáscara del huevo el código que identifica la granja de origen. En el estuche y en el embalaje de los huevos se indica el código del centro de embalaje y otros datos de interés para el consumidor

Una **micro empresa** o **microempresa** es una **empresa** de tamaño pequeño. Su definición varía de acuerdo a cada **país**, aunque, en general, puede decirse que una microempresa cuenta con un máximo de diez empleados y una facturación acotada. Por otra parte, el dueño de la microempresa suele trabajar en la misma.

La creación de una micro empresa puede ser el primer paso de un **emprendedor** a la hora de organizar un **proyecto** y llevarlo adelante. Al formalizar su actividad a través de una empresa, el emprendedor cuenta con la posibilidad de acceder al **crédito**, contar con aportes jubilatorios y disponer de una obra social, por ejemplo.

Es importante resaltar el hecho de que dentro del sector de la micro empresa nos encontramos con lo que se da en llamar micro emprendimiento que no es más que la puesta en marcha de un negocio de aquella tipología donde el propio emprendedor es el dueño y administrador del mismo y en el que, además de haber llevado a cabo una baja inversión, no tiene empleados. El propietario e incluso sus familiares son los que ponen en pie y desarrollan aquella empresa.

En este sentido, bajo dicha denominación se encontrarían a su vez tres tipos diferentes de micro emprendimiento: el de expansión, el de transformación y el de supervivencia.

La micro empresa puede enmarcarse dentro de las **pequeñas y medianas empresas (pymes)**. Se trata de compañías que no tienen una incidencia significativa en el **mercado** (no vende en grandes volúmenes) y cuyas actividades no requieren de grandes sumas de **capital** (en cambio, predomina la mano de obra).

1.1 Planteamiento del Problema

1.1.1 Identificación del Problema

En la industria el proceso de clasificación es manual lo que ocasiona pérdidas de tiempo y en algunos casos de manera inexacta.

Siendo que el precio de venta de los huevos se determina por su tamaño, el cual está en directa relación con su peso por lo que su clasificación es muy importante y debe hacerse de forma exacta y rápida.

Problema principal.

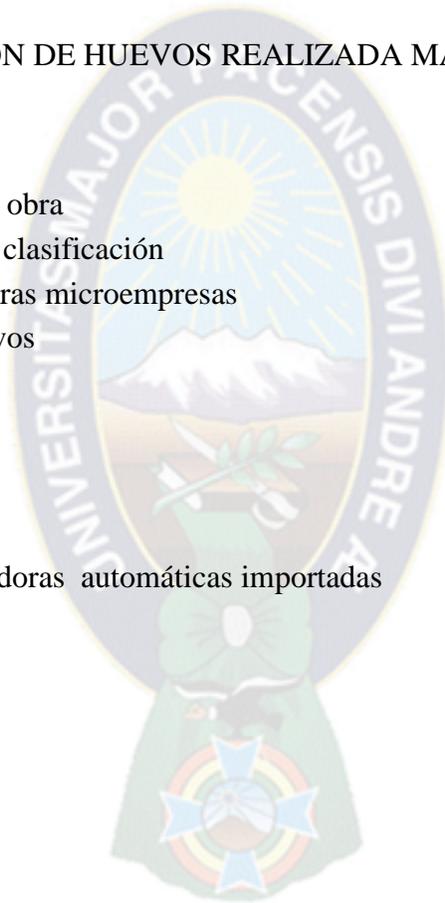
SELECCIÓN Y CLASIFICACIÓN DE HUEVOS REALIZADA MANUALMENTE

Efectos:

- Elevado costo de mano de obra
- Tiempos no óptimos en la clasificación
- No poder competir con otras microempresas
- Mala clasificación de huevos

Causas. .

- Clasificación manual
- Fatiga en el personal
- Elevado costo de clasificadoras automáticas importadas
- Demanda no abastecida



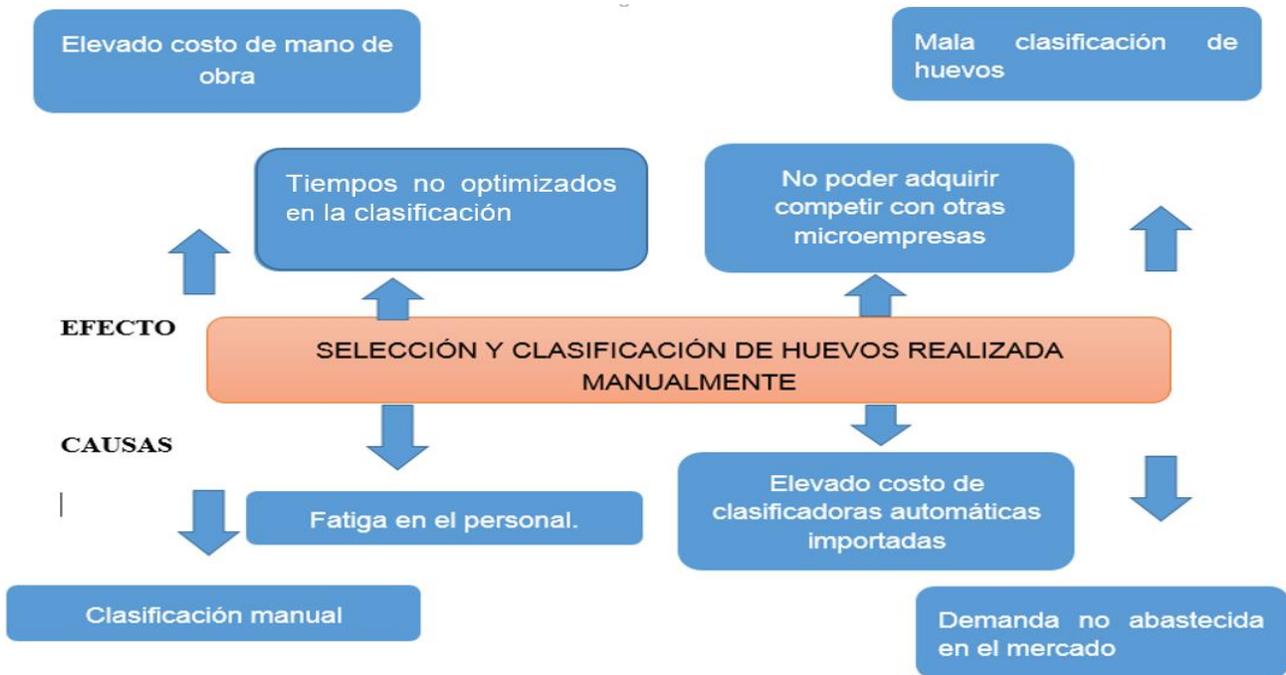


Figura 1. Árbol de problemas, falencias en la parte de selección de huevos

1.1.2 Formulación del Problema

La deficiente selección y clasificación de huevos genera pérdidas económicas por las demoras en el proceso productivo por la realización manual al momento de pesar cada huevo al mismo tiempo y para esta tarea no contar con tecnología moderna que permita optimizar su proceso de producción.

Ya que el costo de la mano de obra en clasificación manual representa un gasto para la empresa, y no es factible poder adquirir una clasificadora en el mercado por el costo de la máquina y contar con una clasificadora automática hace a la empresa competitiva incrementando sus ingresos.

1.2 Objetivos

1.2.1 Objetivo General

Diseñar y construir un prototipo de una maquina clasificadora automática de huevos para las microempresas avícolas

1.2.2 Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema automático para poder clasificar huevos
 - 750 - 1000 huevos/hora
- Identificar , describir el proceso de qué forma va a clasificar huevos
- Diseño del sistema de clasificación
- Implementar el sistema de clasificación.
- Determinar los costos del proyecto.

- Construir un prototipo

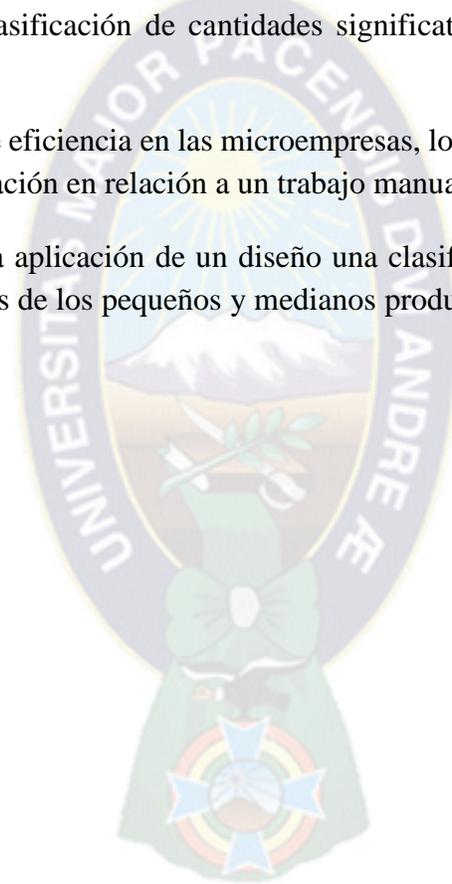
1.3 Justificación

La máquina clasificadora de huevos representa una herramienta útil para la realización de la jerarquización de este producto que permite a las empresas avocadas a esta producción la estandarización del proceso, garantizando una oportunidad de aplicar estrategias basadas en la calidad, encaminada en alcanzar el nivel de competitividad que el mercado requiere, realizando sus actividades de una mejor manera, con menores costos y en menor tiempo.

el objetivo del proyecto es el de establecer el menor tiempo en la selección huevos por su respectivo peso dando un menor tiempo a la clasificación de cantidades significativas de huevos que establecería la relación de tamaño y costo.

La propuesta mejorara el nivel de eficiencia en las microempresas, logrando un ahorro en el de tiempo de ejecución del proceso de clasificación en relación a un trabajo manual

En esta propuesta, se realizara la aplicación de un diseño una clasificadora de huevos automático que mejorara los ingresos económicos de los pequeños y medianos productores y minimizara las demoras en la distribución de huevos





CAPÍTULO 2 MARCO TEÓRICO

2. Caracterización de la Industria

2.1.1 Empresas Líderes en la Producción del Huevo

PROAN desempeña un papel muy importante en la avicultura de huevo nacional y del mundo.

Proteína Animal, SA de CV, el mayor productor de huevo de México y Latinoamérica, y el segundo del mundo, mejor conocida como PROAN o por su marca Huevo San Juan, es una empresa fundada en 1954, ubicada en San Juan de los Lagos, en la zona de Los Altos del estado de Jalisco, un poblado muy conocido también por ser el segundo lugar de mayor peregrinaje en el país, por la virgen de San Juan de los Lagos.

Industria Avícola tuvo la gran oportunidad de visitar las instalaciones de la empresa y de poder entrevistar a su director general, Don Manuel Romo. Con gran humildad, nos relata que su padre “en ese año de 1954 había hecho varios negocios en la época en que la avicultura se comenzaba a fincar en el país, se interesó y comenzó en la actividad. Cuando llegaron las primeras 500 pollitas, que eran una novedad y eran muchísimas, yo tenía unos 7 años de edad. Su pasión fue siempre la industria pecuaria”

2.1.2 Granja Avícola

Una **granja avícola** es un establecimiento agropecuario para la cría de aves de corral tales como pollos, pavos, patos, y gansos, con el propósito de usarlos como base alimenticia sea matándolos por su carne o recogiendo sus huevos.

2.2 Funcionamiento de Una Granja Avícola

Los pollos son el ganado **más barato** porque crecen muy **rápidamente**, cuestan **poco dinero** y requieren de **pocos cuidados**.

Los **avicultores** compran pollitos que ponen a **engorda** durante **siete a nueve semanas**. Después de este tiempo alcanzan el peso suficiente para ser vendidos. Usualmente se los compra un supermercado para venderlos al público, o un distribuidor, que los lleva al rastro para ser sacrificados y de ahí van las pollerías a adquirirlos.

Con el **huevo** pasa algo parecido. Los avicultores compran gallinas especializadas en producir huevos, que se llaman **ponedoras**. Las engordan y cuando están listas entran a su **vida productiva**, que dura más o menos **14 meses**.

Una ponedora produce hasta **2-3 días 60-90 huevos al mes**. Como estas gallinas no tienen contacto con gallos y no son fecundadas, sus huevos nunca dan pollitos, por lo que son adecuados para el consumo humano.

2.2.1 Gallinas Ponedoras

La principal característica de este tipo de gallinas, como su propio nombre indica, es la puesta abundante, que dependiendo de la raza pueden llegar a los 180-300 huevos anuales. No son recomendables por su canal, aunque en muchos casos su carne es sabrosa, por la poca carne que produce en comparación con otras razas.

Este tipo de gallinas es el más indicado tanto para la producción en "terrazas" como para las grandes granjas avícolas de puesta, las cuales se suelen decantar por la raza Leghron, única de este tipo de gallinas que soporta bien el enclaustramiento en jaulas. Pero esta reticencia natural al enjaulamiento no es un inconveniente, aunque lo parezca, para la cría de este tipo de gallinas en "terrazas" ya que en un gallinero donde se respete un mínimo de espacio por gallina, se podrán criar perfectamente.

2.3 El Huevo

El huevo de cascarón, producto de toda esta cadena, está constituido por 10,5% de cáscara, en tanto la parte comestible está formada por 58,5% de albumen o clara y 31% de yema, cuyos componentes son proteínas y lípidos que les confieren alto valor nutritivo (Badui, 2006)

Es uno de los pocos alimentos que no contiene carbohidratos. Cada huevo es rico en grasa, contiene una proporción considerable de excelente proteína, y buenas cantidades de calcio, hierro, vitaminas A y D, además de tiamina y riboflavina (FAO, 2002). Según la FAO, el huevo es uno de los alimentos más nutritivos de la naturaleza.

2.3.1 Cadena Productiva del Huevo

Cadena productiva es el conjunto de operaciones necesarias para llevar a cabo la producción de un bien o servicio, que ocurre de forma planificada, y producen un cambio o transformación de materiales, objetos o sistemas. Una cadena productiva consta de etapas consecutivas a lo largo de las que diversos insumos sufren algún tipo de transformación, hasta la constitución de un producto final y su colocación en el mercado.

2.3.2 Características del Huevo

Cutícula: cubierta proteica que recubre la cáscara.

Cáscara: formada por carbonato cálcico.

Membrana.

Clara.

Chalaza: cordones que fijan la yema.

Membrana vitelina: recubre la yema.

Yema.

Composición de las Partes Principales del Huevo

Vamos a ver ahora la composición de las partes principales del huevo; suponemos que un huevo pesa aproximadamente 60 g:

2.3.3 Los huevos comercializados sufren un proceso de limpieza que consiste en:

Limpieza en seco mediante cepillo papel de lija.

Lavado con un agente detergente.

Nebulizado con cloro.

Recubrimiento con parafina.

Termoestabilización: se realiza con la inmersión en agua a una temperatura de 100 C durante 5 segundos seguido de un enfriamiento rápido. Este tratamiento provoca una coagulación de las proteínas formando una membrana impermeable inmediatamente debajo de la cáscara, así se reduce la evaporación y el riesgo de penetración de microorganismos.

2.4 Control de Calidad

Aunque actualmente los huevos comercializados están frescos, debemos conocer el grado de frescura de un huevo, para evitar estropear otras valiosas materias primas.

Ensayo del olor: se realiza antes de su utilización, si tienen un olor desagradable hay que tirarlos.

Ensayo de la iluminación: consiste en mirarlos al trasluz de una bombilla potente, debe verse completamente diáfano, sin ningún tipo de manchas. Manchas rojas o negras indican descomposición. Completamente oscuros son huevos podridos.

Ensayo de la sacudida: se coge entre los dedos y se agita suavemente. Cuanto más alto sea el ruido, significa que es más viejo por el aumento de la cámara de aire, que le hace "bailar" dentro de su cáscara.

Un último ensayo se realiza sumergiendo los huevos en una solución de agua y sal común al 10%; los huevos frescos se van al fondo mientras que los viejos flotan. Esto se debe a que al ir envejeciendo, pierden agua a través de la cáscara, aumentando su cámara de aire y pesan menos.

2.5 Clasificación Del Huevo

La clasificación del huevo en el actual proyecto se llevará a cabo de acuerdo al peso, este factor depende en gran parte de la edad y la alimentación de la gallina ponedora.

Se justifica la clasificación de huevos debido a que el consumidor final requiere el producto con un peso promedio para mantener una dieta diaria normal. La industria alimenticia es la que demanda los tipos de huevos que salen del promedio de consumo común, esto quiere decir huevos muy grandes o muy pequeños son incorporados en sus procesos productivos alimenticios. Debido a esto las empresas avícolas y de distribución ven necesario clasificar toda su capacidad de venta y no solo un cierto porcentaje.

Tabla 1. Clasificación de los huevos frescos de gallina por su masa (peso) unitaria	
TIPOS	Masa unitaria en g Mínimo (\geq) Máximo ($<$)
Especial (súper extra)	Sobre los 68 gramos
Extra grande (Extra)	De 61 a 68 gramos
Grande (Primera)	De 54 a 61 gramos
Mediano (Segunda)	De 47 a 54 gramos
Chico (Tercera)	De 40 a 47 gramos
Muy chico (Cuarta)	Menos de 40 gramos

Fuente: NTE INEN 1973, 2014, p. 2

2.5.1 Clasificación por Tipos

Una vez visto la clasificación que hace la norma INEN 1973, la máquina clasificadora de este proyecto, clasificará en 5 tipos siempre basándose en la tabla 1. Los huevos irán desde el llamado “Chico (Tercera)” hasta “Especial (súper extra)” teniendo 5 diferentes tipos de huevos clasificados por su peso respetando los valores impuestos por norma y con las tolerancias que maneja la misma.

Hay algo que tomar en cuenta y es que la clasificación se hará absolutamente por peso y por ende por tamaño, ya que se puede clasificar un huevo por varios factores que para el caso de este proyecto no intervienen.

Se ha descrito anteriormente que se va a diseñar, automatizar una máquina clasificadora de huevos de acuerdo al costo de fabricación, capacidad de producción (mínimo 750 huevos cada hora) y dimensiones que se adapten al espacio destinado por el beneficiario del proyecto, por lo tanto el análisis que se va a definir es el tipo de sistema de funcionamiento y mecanismo que componen la máquina.

Productividad.

Tendrá la capacidad de procesar la mayor cantidad de productos en un determinado tiempo, por lo tanto una máquina rotativa, gracias a su movimiento, tiene un menor desplazamiento entre balanzas de pesaje y permite que la clasificación sea dinámica manteniendo la integridad del huevo sin que sufran fisuras o roturas teniendo una cantidad óptima de producto pesado por unidad de tiempo.

Precisión de clasificación.

Las balanzas mecánicas son elementos que funcionan con varios rangos de peso para la selección del huevo obteniendo producto mejor clasificado dentro de las bandejas correctas.

Sistema de pesaje.

En la figura 1. se aprecia este sistema que utiliza balanzas de tipo mecánico que son fáciles de construir, no todas las cucharetas de recepción necesitan de un elemento de pesaje debido a la rotación de estas y provocando que se reduzcan los pesos según los grados de selección.

Figura 2. Interior de la maquina clasificadora



Fuente: Museo etnográfico El Silo Garrobillas de Alconetar, 2014

En el proceso de construcción de esta máquina intervienen algunos factores como los materiales, forma de las piezas, mecanismos de transmisión, elementos de sujeción, etc., por lo que si se analizan cada uno de estos aspectos se conoce que los materiales son de fácil adquisición con mínimos tratamientos térmicos, la forma de las piezas son de geometría básica y su principal movimiento al ser rotativo no requiere de implementar sistemas de bandas, poleas, engranajes, cadenas entre otros y tampoco de mecanismos adicionales para el sistema de pesaje.

2.6 Arduino

2.6.1 ¿Qué es un Arduino?

Arduino es una herramienta para hacer que los ordenadores puedan sentir y controlar el mundo físico a través de tu ordenador personal. Es una plataforma de desarrollo de computación física (physical computing) de código abierto, basada en una placa con un sencillo microcontrolador y un entorno de desarrollo para crear software (programas) para la placa.

Puedes usar Arduino para crear objetos interactivos, leyendo datos de una gran variedad de interruptores y sensores y controlar multitud de tipos de luces, motores y otros actuadores físicos. Los proyectos con Arduino pueden ser autónomos o comunicarse con un programa (software) que se ejecute en tu ordenador.

Un arduino puede ser alimentado a través de la conexión USB o con una fuente de alimentación externa. La fuente de alimentación se selecciona automáticamente.

2.7 Especificaciones Técnicas de arduino uno

Arduino es una placa con un microcontrolador de la marca Atmel y con toda la circuitería de soporte, que incluye, reguladores de tensión, un puerto USB (En los últimos modelos, aunque el original utilizaba un puerto serie) conectado a un módulo adaptador USB-Serie que permite programar el microcontrolador desde cualquier PC de manera cómoda y también hacer pruebas de comunicación con el propio chip.

Un arduino dispone de 14 pines que pueden configurarse como entrada o salida y a los que puede conectarse cualquier dispositivo que sea capaz de transmitir o recibir señales digitales de 0 y 5 V.

También dispone de entradas y salidas analógicas. Mediante las entradas analógicas podemos obtener datos de sensores en forma de variaciones continuas de un voltaje. Las salidas analógicas suelen utilizarse para enviar señales de control en forma de señales PWM.

Arduino UNO es la última versión de la placa, existen dos variantes, la Arduino UNO convencional y la Arduino UNO SMD. La única diferencia entre ambas es el tipo de microcontrolador que montan.

- La primera es un microcontrolador Atmega en formato DIP.
- Y la segunda dispone de un microcontrolador en formato SMD.

Nosotros nos decantaremos por la primera porque nos permite programar el chip sobre la propia placa y después integrarlo en otros montajes.



Figura3. Arduino UNO con microcontrolador en formato DIP

Arduino UNO con microcontrolador en formato SMD

Entradas y salidas:

Cada uno de los 14 pines digitales se puede usar como entrada o como salida. Funcionan a 5V, cada pin puede suministrar hasta 40 mA. La intensidad máxima de entrada también es de 40 mA.

Cada uno de los pines digitales dispone de una resistencia de pull-up interna de entre 20K Ω y 50 K Ω que está desconectada, salvo que nosotros indiquemos lo contrario.

Arduino también dispone de 6 pines de entrada analógicos que trasladan las señales a un convertor analógico/digital de 10 bits.

Pines especiales de entrada y salida:

- RX y TX: Se usan para transmisiones serie de señales TTL.
- Interrupciones externas: Los pines 2 y 3 están configurados para generar una interrupción en el atmega. Las interrupciones pueden dispararse cuando se encuentra un valor bajo en estas entradas y con flancos de subida o bajada de la entrada.
- PWM: Arduino dispone de 6 salidas destinadas a la generación de señales PWM de hasta 8 bits.
- SPI: Los pines 10, 11, 12 y 13 pueden utilizarse para llevar a cabo comunicaciones SPI, que permiten trasladar información full dúplex en un entorno Maestro/Esclavo.
- I²C: Permite establecer comunicaciones a través de un bus I²C. El bus I²C es un producto de Phillips para interconexión de sistemas embebidos. Actualmente se puede encontrar una gran diversidad de dispositivos que utilizan esta interfaz, desde pantallas LCD, memorias EEPROM, sensores...

2.7.1 Alimentación de un Arduino

Puede alimentarse directamente a través del propio cable USB o mediante una fuente de alimentación externa, como puede ser un pequeño transformador o, por ejemplo una pila de 9V. Los límites están entre los 6 y los 12 V. Como única restricción hay que saber que si la placa se alimenta con menos de 7V, la salida del regulador de tensión a 5V puede dar menos que este voltaje y si sobrepasamos los 12V, probablemente dañaremos la placa.

La alimentación puede conectarse mediante un conector de 2,1mm con el positivo en el centro o directamente a los pines Vin y GND marcados sobre la placa.

Hay que tener en cuenta que podemos medir el voltaje presente en el jack directamente desde Vin. En el caso de que el Arduino esté siendo alimentado mediante el cable USB, ese voltaje no podrá monitorizarse desde aquí.



Figura 4. Fuente de alimentación mediante USB o JACK

Características Técnicas

Tabla 2 Características Técnicas	
Microcontrolador	Atmega328
Voltaje de operación	5V
Voltaje de entrada (Recomendado)	7 – 12V
Voltaje de entrada (Límite)	6 – 20V
Pines para entrada- salida digital.	14 (6 pueden usarse como salida de PWM)
Pines de entrada analógica.	6
Corriente continua por pin IO	40 mA
Corriente continua en el pin 3.3V	50 mA
Memoria Flash	32 KB (0,5 KB ocupados por el bootloader)
SRAM	2 KB
EEPROM	1 KB
Frecuencia de reloj	16 MHz

2.8 Final de Carrera

Interruptor final de carrera: conocido vulgarmente por final de carrera, son pulsadores accionados mecánicamente de formas muy diversas (también conocido como "interruptor de límite"), son dispositivos eléctricos, neumáticos o mecánicos situados al final del recorrido o de un elemento móvil.

Internamente pueden contener interruptores normalmente abiertos (NA), cerrados (NC) o conmutadores dependiendo de la operación que cumplan al ser accionados, de ahí la gran variedad de finales de carrera que existen en mercado.

Los finales de carrera están fabricados en diferentes materiales tales como metal, plástico o fibra de vidrio.

2.8.1 Funcionamiento

Estos sensores tienen dos tipos de funcionamiento: modo positivo y modo negativo.

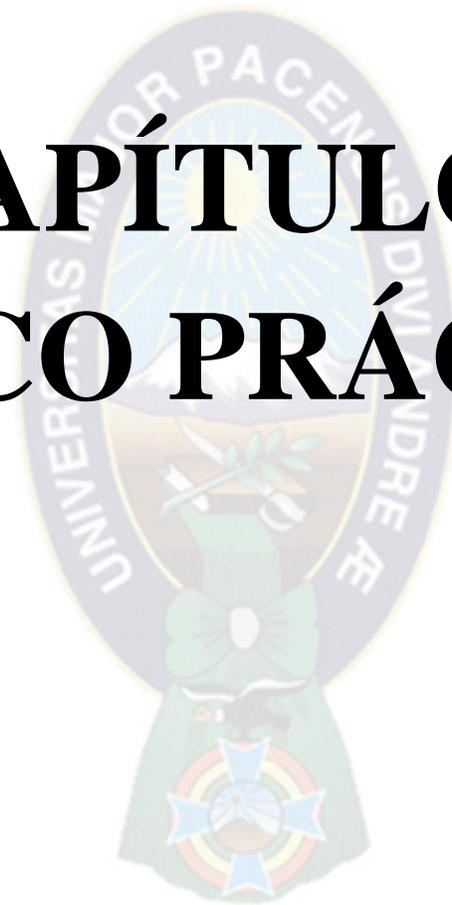
En el modo positivo el sensor se activa cuando el elemento a controlar tiene una tarea que hace que el eje se eleve y se conecte con el objeto móvil con el contacto NC (normal cerrado). Cuando el muelle (resorte de presión) se rompe el sensor se queda desconectado. El modo negativo es la inversa del modo anterior, cuando el objeto controlado tiene un saliente que empuje el eje hacia abajo, forzando el resorte de copa y haciendo que se cierre el circuito.



Figura 5. Interruptor de límite

CAPÍTULO 3

MARCO PRÁCTICO



3. Antecedentes

Para hacer el análisis y selección de alternativas se tomará en cuenta un factor de ponderación y ciertos parámetros que serán las características más preponderantes de cada alternativa y que estarán enumeradas de acuerdo a las necesidades del presente proyecto, las cuales serán determinantes para la decisión correcta del diseño, construcción y automatización de la máquina clasificadora.

3.1 Diseño de Transmisión por Banda y Polea

Para el cálculo de los elementos como el reductor de velocidad y la transmisión de movimiento por poleas o por engranes y cadena, se parte de la premisa que el patrocinador ha provisto un motor de accionamiento el cual se debe adaptar a la clasificadora y tiene las siguientes características:

Fases: monofásico

Velocidad: 1700 rpm

Potencia: 1/8 CV

Y la cantidad de huevos mínima de clasificación es de 750 unidades en una hora con un operario controlando la máquina.

Coefficiente de corrección de la potencia

Para este cálculo se escoge el factor de servicio que tendrá la máquina dadas las condiciones de uso:

La máquina trabajara 8 horas al día se escoge un factor de servicio de la tabla 2. Entonces la potencia de diseño es:

Potencia de diseño = potencia motor * factor de servicio

$$Potencia\ de\ diseño = \frac{1\ cv}{8} * \frac{0.9859\ HP}{1\ cv} * 1.1 = 0.1355\ HP$$

TABLA 3: FACTORES DE SERVICIO

Tipo de maquina	Tipo de impulsor					
	<6 h por día	6 - 15 h por día	>15h por día	Motores de CA: por par torsional normal	Motores de CA: por par torsional normal	Motores CD: bobinado en derivación
Agitadores, sopladores, ventiladores, bombas centrífugas, transportadoras ligeron	1.0	1.1	1.2	Motores CD: bobinado en derivación	Motores de combustión; múltiples cilindros	Motores de combustión; múltiples cilindros
Generadores, maquinas herramientas, mezcladores, transportadores de grava	1.1	1.2	1.3	<6 h por día	6 - 15 h por día	>15h por día
Elevadores de cangilones, maquinas textiles, molinos de martillos, transportadores pesados	1.2	1.3	1.4	1.1	1.2	1.3
Trituradoras, molinos de bolas, malacates, extrusoras de hule Toda máquina que se pueda ahogar	1.3 2.0	1.4 2.0	1.5 2.0	1.2	1.3	1.4
				1.4	1.5	1.6
				1.5	1.6	1.8
				2.0	2.0	2.0

Fuente: Mott, R. I., 2006, P. 274

3.2 Selección de correa

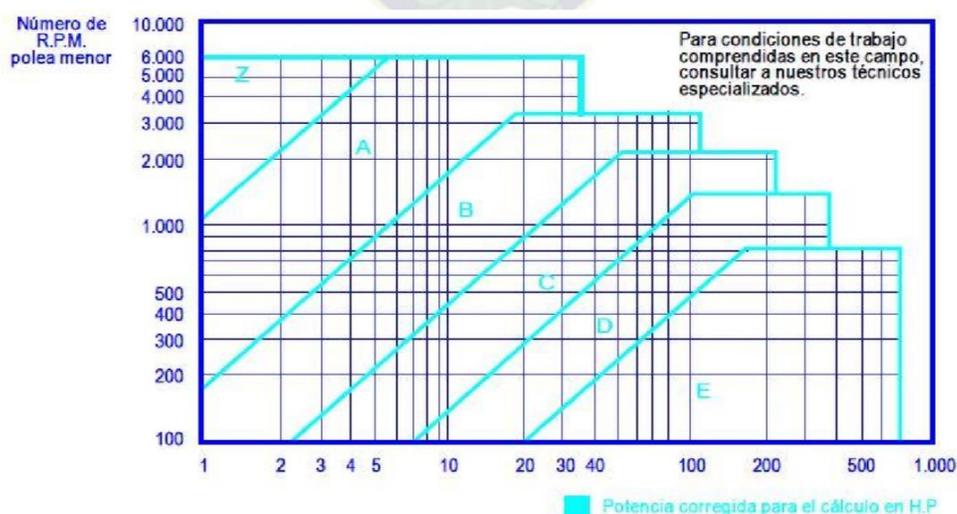


Figura 6. Selección de correa

Fuente: catálogo de correas de transmisión industrial, p. 39

Usando el valor de la potencia de diseño y la velocidad en la polea menor, se recomienda una banda de sección z para un motor menor a 1 HP Y 1700 rpm de entrada.

3.2.1 Relación de transmisión

Para la reducción de velocidad se asume una velocidad en la polea mayor de es 650 y se utiliza la ecuación de relación de velocidades y diámetros.

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{D_2}{D_1} \quad (\text{Fuente: Mott, R. L., 2006, p. 270}) \quad (\text{Ec. 1})$$

$$i = \frac{1700}{650}$$

$$i = 2.6154$$

3.3 Selección de la polea

TABLA 4: SERIE DE DIÁMETROS DE REFERENCIA

d _a nom ± 0.8%	t	Grado de preferencia para los diámetros de referencia según los perfiles de ranura						
		Y	Z SPZ	A SPA	B SPB	C SPC	D	E
mm	mm							
20	0.2	+						
22.4		+						
25		+						
28		+						
31.5		+						
35.5		+						
40		+						
45		+						
50		+	+					
53		+	+					
56		+	+					
60		+						
63		+	.					
67		+	.					
71		+	.					
75		+	.		+			
80		+	.		+			
85		+	.		+			
90	+	.		.				
95	+	.		.				
100	+	.		.				

FUENTE: Internacional Organization For Standardization 4184, 1989, P. 4

Escogemos de la tabla una polea con diámetro primitivo de 50 mm

Calculamos la polea mayor

$$i = \frac{D_2}{D_1}$$

$$D_2 = iD_1$$

$$D_2 = 2.6154 * (50)$$

$$D_2 = 130.7$$

$$D_1 = 50 \text{ mm}, \quad D_1 = 2 \text{ plg}$$

$$D_2 = 130. \text{ mm}, \quad D_2 = 5 \text{ plg}$$

Se escoge una polea de 130 y no la inmediata superior de la tabla para asegurar la velocidad de entrada al reductor debido a pérdidas de potencia en la transmisión por banda.

3.4 Distancia tentativa de centros

$$D_2 < C < 3(D_2 + D_1)$$

(Fuente: Mott, R. L., 2006, p. 273) (Ec. 2)

$$130 < C < 3(130 + 50)$$

$$130 < C < 540$$

Conociendo el espacio interno del tambor de la clasificadora se probara una distancia **C=200 mm, C=8 plg.**

3.4.1 Longitud de paso

$$Lp = 2C + \frac{\pi(D+d)}{2} + \frac{(D-d)^2}{4C}$$

(Fuente: Mott, R. L., 2006, p. 27.) (Ec. 3)

$$Lp = 2 * 200 + \frac{\pi(130 + 50)}{2} + \frac{(130 - 50)^2}{4 * 200}$$

$$Lp = 690.74 \text{ mm} = 27 \text{ plg.}$$

3.4.2 Selección de longitud estándar

Con el dato de la longitud de paso calculado se procede a elegir desde la tabla 5 una longitud de banda estándar.

TABLA 5: LONGITUDES DE BANDAS ESTÁNDAR 3V, 5V Y 8V (PULGADAS)				
Solo 3V	3V y 5V	3V,5V y 8V	5V y 8V	Solo 8V
25	50	100	150	375
26.5	53	106	160	400
28	56	112	170	425
30	60	118	180	450
31.5	63	125	190	475
33.5	67	132	200	500
35.5	71	140	212	
37.5	75		224	
40	80		236	
42.5	85		250	
45	90		265	
47.5	95		280	
			300	
165			315	

Fuente: Mott, R.L., 2006, p. 277

Elegimos la de 25 pulgadas que es igual a **L = 635 mm**

Calculamos la distancia de centros definitiva

$$C = \frac{B + \sqrt{B^2 - 32(D_2 - D_1)^2}}{16}$$

Fuente: Mott, R.L., 2006, p. 270 (Ec. 4)

Calculando B

$$B = 4L - 6.28(D_2 + D_1)$$

$$B = 4 * 635 - 6.28(130 + 50)$$

$$\mathbf{B = 1409.6 mm = 56plg.}$$

$$C = \frac{1409.6 + \sqrt{1409.6^2 - 32(130 - 50)^2}}{16}$$

$$\mathbf{C = 180.6mm = 7plg}$$

3.5 Diseño del reductor de velocidad

Para garantizar la cantidad de clasificación que se impuso en el objetivo principal se pondrá como base 750 huevos/hora, y colocando 12 cucharetas al sistema de recepción, se calcula las revoluciones de cada una de estas por ende del eje de la placa móvil y de la salida del reductor dando como resultado.

$$5500 \frac{\text{huevos}}{\text{hora}} * \frac{1 \text{ hora}}{60 \text{ min}} * \frac{1 \text{ vuelta}}{12 \text{ cucharetas}} = 7.64 \text{ rev/min}$$

3.6 Relación de reducción

Utilizando la velocidad de entrada del reductor asumida y la velocidad de salida se obtendrá la relación de velocidad del reductor:

$$i = \frac{650}{7.64}$$

$$i = 85.08$$

Con este valor buscare el reductor comercial más cercano a estas revoluciones o a su vez se construirá uno a la medida.

En este caso se ha elegido un reductor que ofrezca las revoluciones de salida requeridas usando la velocidad de entradas modelo COT3 velocidad de entrada 650, velocidades de salida

3.7 Diseño de eje de transmisión

El eje de transmisión estará conectado a la caja de reducción y la misma a un sistema de poleas y bandas para la reducción de velocidad. Con este cálculo se diseñara el diámetro mínimo del eje para el sistema sea óptimo.

Vemos el bosquejo de como es el eje de transmisión

BOSQUEJO DEL EJE DE TRANSMISIÓN

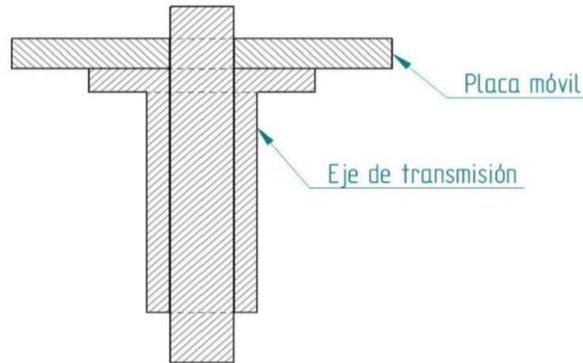


Figura 7. Bosquejo del eje de transmisión

Se toma como base la velocidad de la placa móvil para encontrar el torque y luego el diámetro, empezando con la aceleración angular del eje.

$$\alpha = \frac{\omega_f - \omega_0}{t}$$

Fuente: Larburu, 1997, p.117 (Ec. 5)

Donde:

ω_f = velocidad angular de la placa móvil [rad/seg]

ω_0 = velocidad angular de reposo

t = tiempo que toma la máquina en llegar a la velocidad de giro [seg]

$$\alpha = \frac{0.838 - 0}{0.5}$$

$$\alpha = 1.676 \text{ [rad/seg}^2\text{]}$$

MOMENTO DE INERCIA ESTRUCTURA MÓVIL

Center of Mass		Center of Volume	
<input checked="" type="checkbox"/> Display symbol	cm	<input checked="" type="checkbox"/> Display symbol	CV
X: 0,00 mm		X: 0,00 mm	
Y: 0,00 mm		Y: 0,00 mm	
Z: -1,46 mm		Z: -1,46 mm	

Mass Moments of Inertia		
Ixx: 0,041 kg·m ²	Iyy: 0,041 kg·m ²	Izz: 0,081 kg·m ²
Ixy: 0,000 kg·m ²	Iyz: 0,000 kg·m ²	Ixz: 0,000 kg·m ²

Mediante el programa solid works se encuentra el momento de inercia de la estructura móvil en el eje de acción.

Por tanto

$$T = I * \alpha$$

$$T = 0.041 * 1676$$

$$T = 0.0688 \text{ Nm}$$

Donde:

T = Torque

I = Inercia

α = aceleración angular

Por ultimo con el esfuerzo admisible se encuentra el radio mínimo para el eje:

$$\tau = \frac{2T}{\pi r^3}$$

Fuente: Pytel & Singer, 2008, p. 64 (Ec. 6)

Donde:

$$\tau = 0.4 * S_y$$

S_y Fundición gris = 303 Mpa

Se despeja el radio

$$r = \sqrt[3]{\frac{2T}{\pi * \tau}}$$

$$r = \sqrt[3]{\frac{2(0.688)}{\pi * (0.4 * 303)}}$$

$$r = 0.712 \text{ mm}$$

En conclusión se puede usar un eje con diámetro mínimo de 1.423 mm para que no falle el sistema. Este diámetro es referencial, ya que el diámetro del eje a usar es de 45 mm de 2 plg debido a que es la medida en la que está construido el eje que sale del reductor por cuestiones de acoplamiento con el resto de las partes del sistema móvil.

3.8 Diseño de la estructura móvil

El diseño de esta pieza se lo hace para comprobar el espesor de la placa el análisis de placas planas

Según el caso de este proyecto se ajusta a la siguiente figura

FACTOR k_1 PARA DEFLEXIÓN MÁXIMA

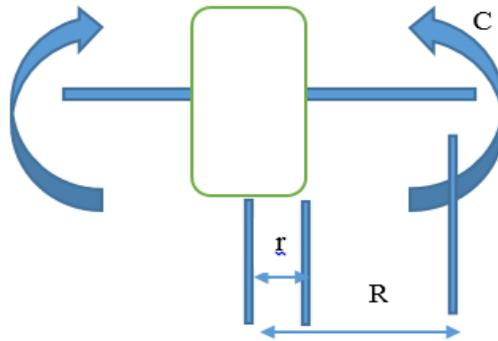


Figura 8. Deflexión máxima

Fuente: Marks L., 1996, p. 329

Por lo que la ecuación de la deflexión máxima está dada por

$$Y_m = k_1 \frac{CR^2}{Et^3}$$

Fuente: Marks, 1996, p. 329 (Ec. 7)

$$\frac{R}{r} = \frac{\text{radio exterior de la placa móvil}}{\text{radio interior de placa móvil}} = \frac{200}{35} = 5.71$$

Donde:

$m = 2 \text{ Kg}$ masa aproximada de piezas y huevos

$$P = m * g$$

$$C = P * d = \left(2 \text{ Kg} * 9.8 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right) * 0.2 \text{ m} = 3.92 \text{ Nm} \quad (\text{Par})$$

$Y_m = 0.1 \text{ mm}$ (Deflexión asumida)

$E = 110316 \text{ Mpa}$ (Módulo de elasticidad: Fundición gris tipo 40)

$k_1 = 3.418$ (Coeficiente para placas circulares)

$t =$ Espesor de placa móvil.

Tabla 6: coeficiente k y k1 para placas circulares

Case	k	k ₁
1	1.24	0.696
2	0.75	0.171
3	6.0	4.2

Case	R/r											
	1.25		1.5		2		3		4		5	
	k	k ₁	k	k ₁	k	k ₁	k	k ₁	k	k ₁	k	k ₁
4	0.592	0.184	0.976	0.414	1.440	0.664	1.880	0.824	2.08	0.830	2.19	0.813
5	0.105	0.0025	0.259	0.0129	0.481	0.057	0.654	0.130	0.708	0.163	0.730	0.176
6	1.10	0.341	1.26	0.519	1.48	0.672	1.88	0.734	2.17	0.724	2.34	0.704
7	0.195	0.0036	0.320	0.024	0.455	0.081	0.670	0.171	1.00	0.218	1.30	0.238
8	0.660	0.202	1.19	0.491	2.04	0.902	3.34	1.220	4.30	1.300	5.10	1.310
9	0.135	0.0023	0.410	0.0183	1.04	0.0938	2.15	0.293	2.99	0.448	3.69	0.564
10	0.122	0.00343	0.336	0.0313	0.740	0.1250	1.21	0.291	1.45	0.417	1.59	0.492
11	0.072	0.00068	0.1825	0.005	0.361	0.023	0.546	0.064	0.627	0.092	0.668	0.113
12	6.865	0.2323	7.448	0.6613	8.136	1.493	8.71	2.555	8.930	3.105	9.036	3.418
13	6.0	0.196	6.0	0.485	6.0	0.847	6.0	0.940	6.0	0.801	6.0	0.638
14	0.115	0.00129	0.220	0.0064	0.405	0.0237	0.703	0.062	0.933	0.092	1.13	0.114
15	0.090	0.00077	0.273	0.0062	0.710	0.0329	1.54	0.110	2.23	0.179	2.80	0.234

Fuente Markas L., 1996, p 329

El espesor de la placa es:

$$t = \sqrt[3]{3.418 * \frac{3.9 * (0.2)^2}{1.1 \times 10^{11} (0.0001)}}$$

$$t = 3.649 \text{ mm}$$

El espesor mínimo para que la placa fleje 0.1 mm será 3.649 mm

A continuación se aplicará la fórmula principal y ver cuánto es la deflexión con el espesor que se piensa construir la estructura móvil que es de 35 mm:

$$Y_m = k_1 \frac{CR^2}{Et^3}$$

$$Y_m = 3.148 \frac{3.92 * (0.2)^2}{1.1 \times 10^{11} * (0.035)^3}$$

$$Y_m = 1.13 \times 10^{-4} \text{ mm}$$

3.9 Diseño de estructura fija

Esta pieza será diseñada al igual que la estructura móvil, mediante el análisis de placas planas, ya que presenta características similares. Por lo tanto el caso de esta pieza se ajusta a la figura.

Se usará la ecuación de la deflexión máxima:

$$Y_m = k_1 \frac{CR^2}{Et^3}$$

De la tabla se obtiene el valor de k_1

$$\frac{R}{r} = \frac{130}{22.5} = 5.8$$

Donde:

$$m = 5 \text{ Kg} \quad \text{masa aproximada de piezas}$$

$$P = m * g$$

$$C = P * d = \left(5 \text{ Kg} * 9.8 \frac{m}{s^2}\right) * 0.13 \text{ m} = 6.37 \text{ Nm} \quad (\text{Par})$$

$$Y_m = 0.1 \text{ mm} \quad (\text{Deflexión asumida})$$

$$E = 110316 \text{ Mpa} \quad (\text{Módulo de elasticidad: Fundición gris tipo 40})$$

$$k_1 = 3.418 \quad (\text{Coeficiente para placas circulares})$$

Entonces el espesor de la placa es:

$$t = \sqrt[3]{3.418 * \frac{6.37 * (0.13)^2}{1.1 \times 10^{11} (0.0001)}}$$

$$t = 3.219 \text{ mm} = 1.5 \text{ plg}$$

El espesor mínimo para que la placa fleje 0.1 mm será 3.219 mm

A continuación se aplicará la ecuación 7 y ver cuánto es la deflexión con el espesor que se piensa construir la estructura móvil que es de 55 mm:

$$Y_m = k_1 \frac{CR^2}{Et^3}$$

$$Y_m = 3.148 \frac{6.37 * (0.13)^2}{1.1 \times 10^{11} * (0.055)^3}$$

$$Y_m = 2.005 \times 10^{-8} \text{ mm}$$

El valor demuestra que la deflexión es prácticamente nula, asegurando la resistencia de esta estructura.

3.10 Diseño de cuchareta de recolección

Esta pieza se la analizará como una viga empotrada en voladizo por el método de superposición con una carga en el extremo como se observa a continuación:

DEFLEXIÓN EN VIGAS POR SUPERPOSICIÓN

1 en voladizo carga en extremo

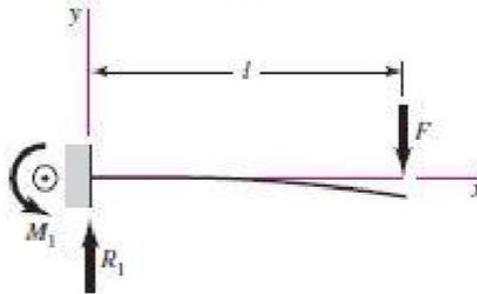


Figura 9. Fuente: Budynas, Shigley, & Nisbett, 2008,

Se asumirá una carga F de 150 gramos siendo el doble de peso de un huevo tamaño jumbo y la longitud $l=142\text{mm}$ que es el largo de la cuchareta.

La inercia transversal en el punto más alejado donde se aplica la carga en la cuchareta se obtiene del programa Autocad:

INERCIA PERPENDICULAR A LA CARGA APLICADA

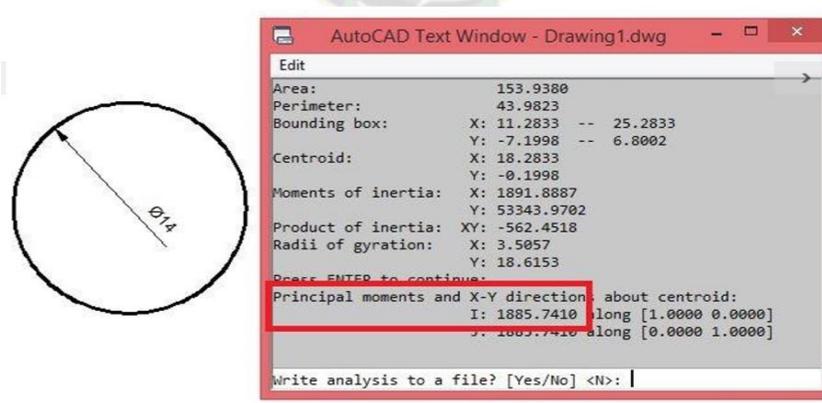


Figura 10. Inercia perpendicular la carga aplicada

El material a usar es plástico ABS de medio impacto con módulo de elasticidad $E=2275.27\text{ MPa}$ (dato tomado del programa sistemas PLM software solid edge)

3.11 Deflexión máxima

$$Y_{max} = -\frac{FL^2}{3EI} \quad \text{fuente: budynas, Shigley, \& Nisbett, 2008 p. 64 (Ec. 8)}$$

$$Y_{max} = -\frac{(.15 \times 9.8)(0.142)^3}{3(2.275 \times 10^9)(1.886)}$$

$$Y_{max} = -0.327 \text{ mm}$$

Para comprobar el esfuerzo admisible se aplica la siguiente formula

$$\delta_{adm} = \frac{L}{400}$$

$$\delta_{adm} = \frac{120}{400}$$

$$\delta_{adm} = 0.355 \text{ mm}$$

Por tanto

$$Y_{max} \leq \delta_{adm}$$

$$0.327 \leq 0.355$$

Con este resultado se concluye que la pieza soportara la carga aplicada sin que sufra deformación permanente o ruptura.

3.12 Diseño base de soporte de mesa

Para dimensionar las barras de soporte en la mesa inferior se la hará como una viga en voladizo empotrada en un extremo de tal manera que el peso recaerá en el centro de la mesa como se observa en la figura:

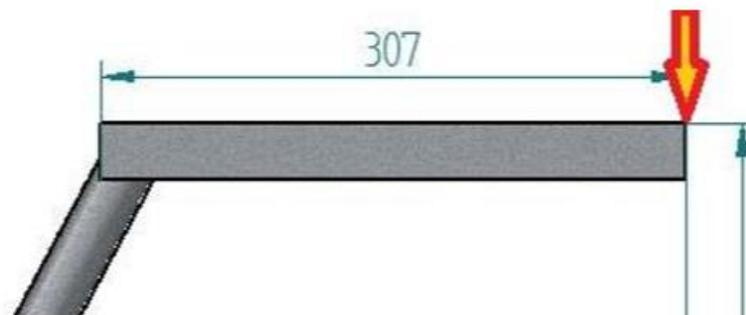


Figura 11 Disposición soporte de mesa

El peso total se obtendrá de la siguiente manera:

Peso 10 cubetas de huevos: 30 Kg

Peso de partes clasificadora: 45 Kg

Peso extra de diseño: 60 Kg

Peso Total: P = 135 Kg = 1323 N

Límite de fluencia del acero A-36 igual a Sy=248 MPa

(fuete Catálogo Productos de Acero, DIPAC MANTA S.A., 2014, p. 19

$$\sigma_{max} = \frac{M}{I/c} = \frac{M}{S} \quad \text{fuente: Pytel \& Singer, 2008, p.126} \quad (\text{Ec.9})$$

$$\sigma_{max} = \frac{(0.307)(1323)}{0.6(248)}$$

$$\sigma_{max} = 2.729 \text{ cm}^3$$

Donde

$$\sigma_{max} = 0.6 S_y \quad (\text{Esfuerzo a flexión})$$

S = Módulo de sección

M = Momento

I = Momento de inercia del cuerpo

c = Distancia más alejada del eje neutro

Con este valor del módulo de sección se busca en un catálogo el perfil que más se aproxime

Tabla 6: Elección de perfil estructural “U”

A	B	e	6metros	1metro	sección	Eje x-x		
						I	W	I
mm	mm	mm	kg	kg	cm2	cm4	cm3	cm
40	25	2	7.86	1.31	1.67	4.20	2.10	1.59
50	25	2	8.82	1.47	1.87	7.06	2.83	1.94
50	25	3	12.72	2.12	2.70	9.70	3.88	1.89

Fuente: DIPAC Manta S.A., 2014, p.

Por lo tanto se puede escoger un perfil C 50x25x2 o mayor.

3.13 Factor de seguridad

Este valor es la relación entre el esfuerzo permisible o máximo y el esfuerzo de trabajo o diseño y tendrá que ser mayor a 1 para que el diseño sea seguro:

$$\sigma_t = \frac{M}{I/c}$$

$$\sigma_t = \frac{(0.307 \text{ m} * 1323 \text{ N})(1.94 \text{ cm})}{7.06 \times 10^{-8}}$$

$$\sigma_t = 111.6 \text{ Mpa}$$

Por lo tanto el factor de seguridad se encuentra con la siguiente fórmula:

$$F_s = \frac{\sigma_{max}}{\sigma_t}$$

$$F_s = \frac{0.6(248)}{111.608}$$

$$F_s = 1.33$$

3.14 Diseño de soporte trípode de mesa

En este caso el peso aplicado para el cálculo anterior se lo desplaza y tomando en cuenta la inclinación dada en el pre diseño se procede a realizar el cálculo respectivo.

Se hace una simulación en el programa educacional MDSolids para encontrar el momento flector máximo de la barra del soporte como se observa en la figura a continuación:

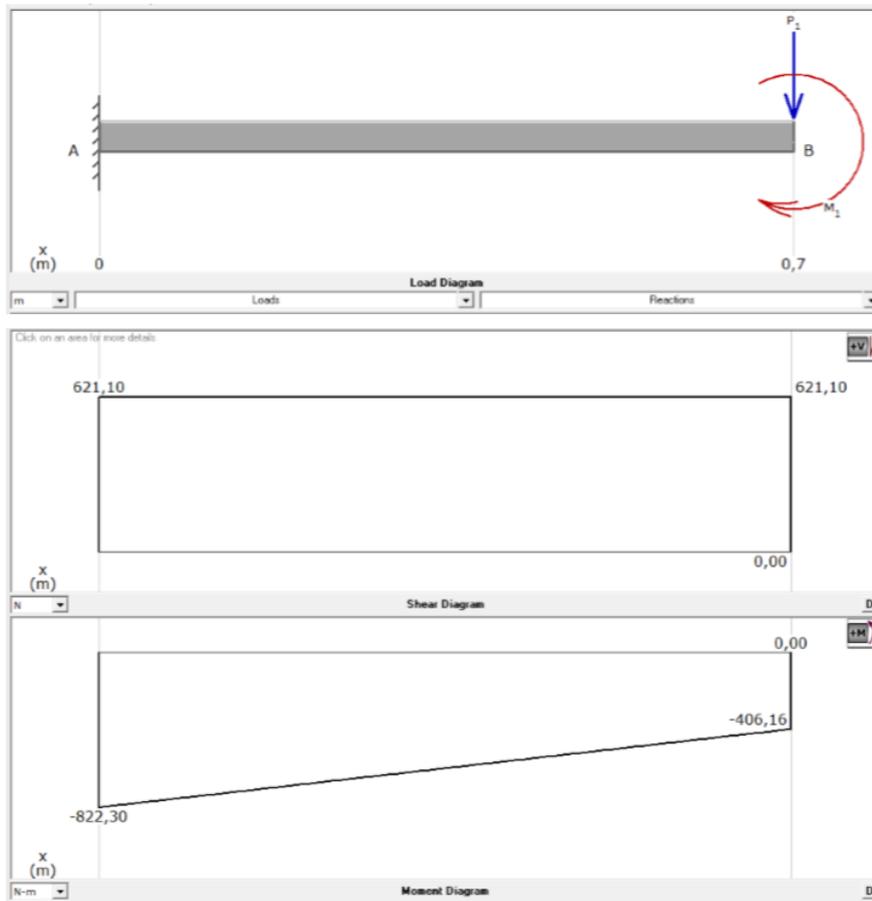


Figura 12. Momento Flector Máximo

En la siguiente figura 12. se muestra la disposición del soporte del trípode sosteniendo la carga del producto y de todos los componentes de la máquina.

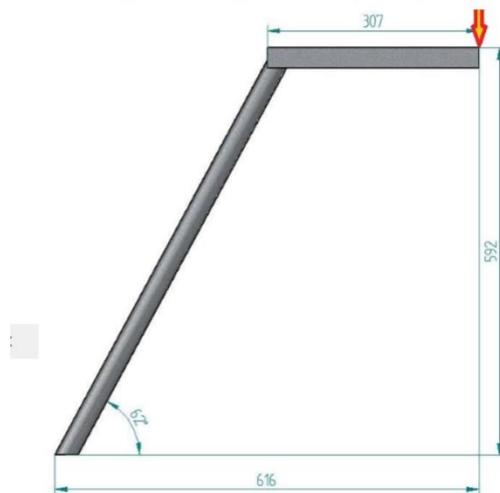


Figura 13 Disposición de Soporte Trípode

$$\sigma_{max} = \frac{M}{I/c} = \frac{M}{S}$$

$$S = \frac{(822.3)}{0.6(248 \times 10^6)} \quad (\div 3 \text{ debido a 3 barras})$$

$$S = 1.84 \text{ cm}^3$$

Con este valor del módulo de sección se busca en el catálogo del Anexo VI el perfil con el valor que más se aproxima al cálculo obteniendo un tubo de diámetro 1 7/8" con espesor 1.1mm

3.15 Diseño de varilla refuerzo

Las bandejas de recolección tienen un voladizo significativo por lo que fue necesario colocar una barra de apoyo para sostener el peso provocado por el producto.

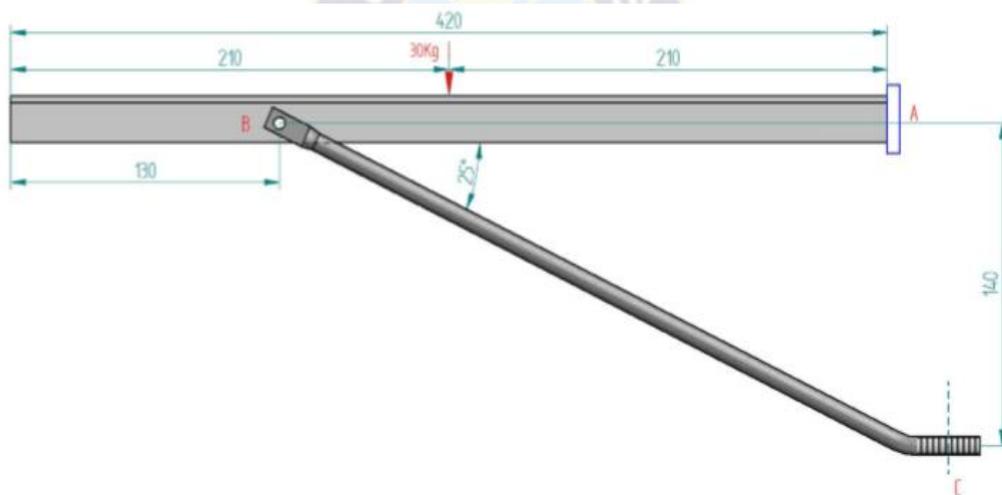


Figura 14. Disposición de varilla de refuerzo

Para este diseño se comparará con un arreglo de una sección empotrada en voladizo sostenido por una varilla empotrada la cual estará realizando todo el esfuerzo, soportando una carga de 30 Kg de seguridad ya que el peso de huevos es muy bajo.

$$\Sigma MA = 0$$

$$30(0.21) - F_{CB_y}(0.29) = 0$$

$$F_{CB} = \frac{30(0.21)}{0.29 \times \sin 25}$$

$$F_{CB} = 51.4 \text{ Kg}$$

$$F_{CB} = 504 \text{ N}$$

Se utiliza el valor del límite de fluencia con un factor de seguridad igual a 2 para garantizar que el diseño se encuentre dentro de la zona elástica.

$$\sigma = \frac{P}{A} \leq \frac{Sy}{2}$$

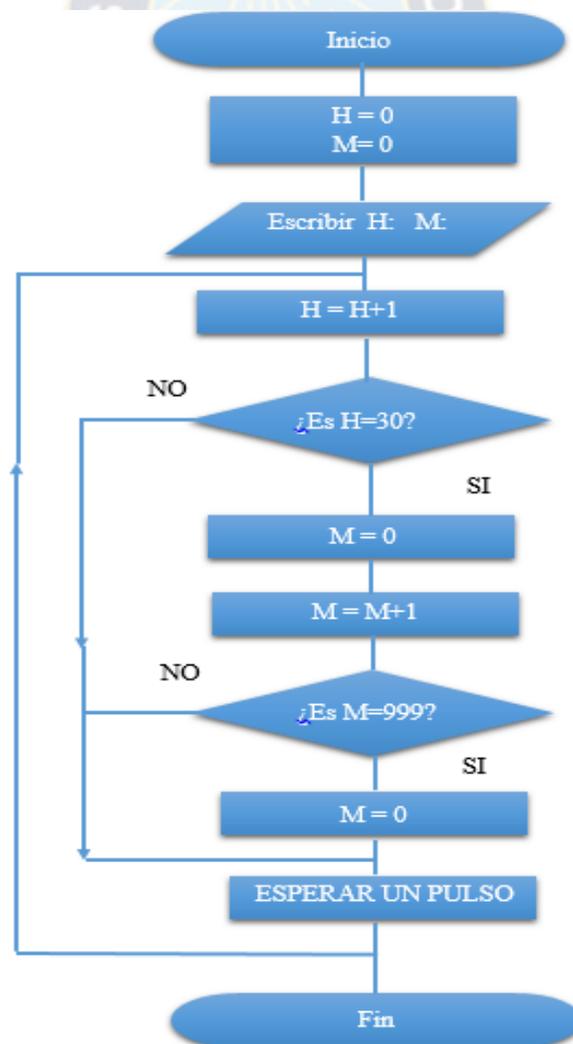
$$\sigma = \frac{504}{A} \leq \frac{248 \times 10^6}{2}$$

$$A = 4.06 \times 10^{-6} = \pi r^2$$

$$r = 1.14 \text{ mm}$$

En conclusión el diámetro mínimo a elegir será de 2.28 mm y así la varilla soportará perfectamente el peso de las bandejas y del producto clasificado

3.16 Diagrama de flujo del sistema de conteo



3.17 Diagrama de fuerza

Este diagrama consiste en la conexión a la red eléctrica del motor monofásico con el cual funciona la clasificadora.

Donde:

F1: Fusibles

Km1: Contactores

Q1: Interruptor electromagnético

M: Motor monofásico

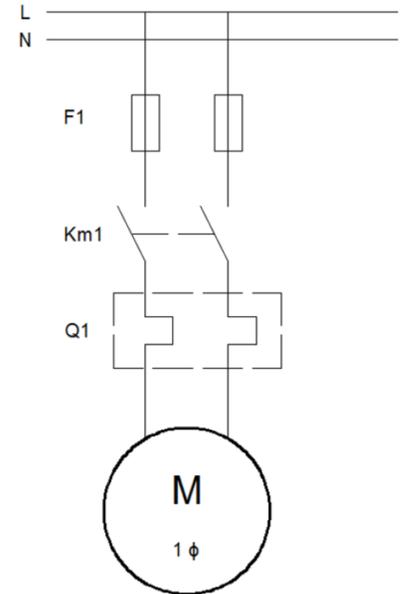


Figura 15 Diagrama de fuerza

3.18 Diseño del prototipo

El prototipo se realizó mediante los planos cada pieza se fabricó mediante los planos detalle a detalle mencionaremos a continuación en imágenes el proceso de creación.



Figura 16. Prototipo Finalizado



Figura 17.
Estructura móvil y bandeja



Figura 18.
Bandeja con se depositaran los huevos



Figura 19
Estructura fija y móvil



Figura 20 Ensamblado al motor de 7.5 rev/min



Figura 21. Comprobando funcionamiento del código fuente



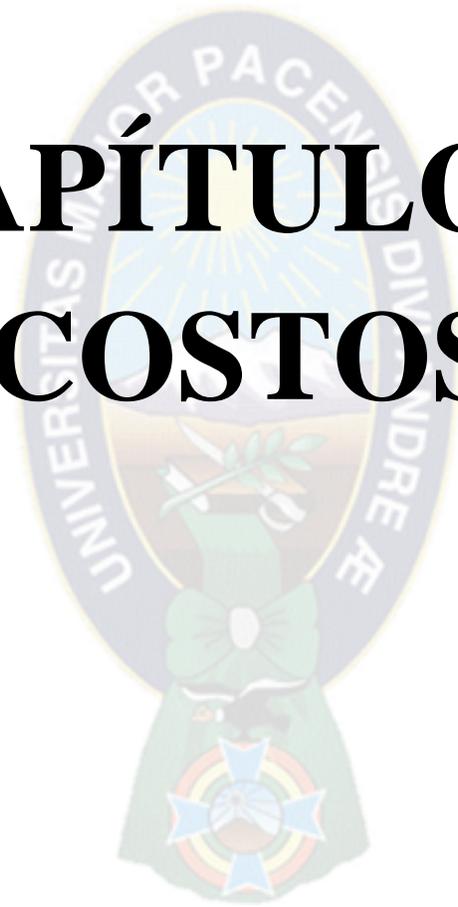
Figura 22. Poniendo en funcionamiento el código fuente. Al prototipo



Figura 23. Tapizado de las bandejas recolectoras

CAPÍTULO 4

COSTOS



4. Análisis de Costos

Aquí en este capítulo nos interesa detallar los datos necesarios que se puedan extraer de cada componente y pieza y sus costos globales en la fabricación de la máquina clasificadora de huevos.

Para este análisis es preciso cotizar todos los materiales e insumos de la máquina de la manera más precisa posible y hay que tomar en cuenta que ciertos rubros son estimaciones debido a la inflación de la moneda o fluctuaciones súbitas en los precios.

4.1.1 Costo de materia prima

La materia prima es todo el componente utilizado para la transformación industrial. Por lo tanto debido a este concepto es fundamental incluir este rubro en la lista de costos total del estudio.

En la siguiente tabla podemos ver cada parte de la maquina clasificadora para futura construcción.

COSTOS DE MATERIA PRIMA								
ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	SECCION (MM)	CANT.(U)	LONG(MM)	PESO TOTAL (KG)	COSTO UNIT.(USD)	COSTO TOTAL (USD)
1	Tambor	Plancha lisa ASTM A36	180x2	1	1657	4,633	1,17	5,42
2	Cubierta	Plancha lisa ASTM A36	105x1	1	1240	1,191	1,17	1,39
3	Cubierta	Plancha lisa ASTM A36	Ø 440x1	1		1,021	1,17	1,19
4	Porta motor 1	Platina ASTM A36	35x3	1	257	0,207	0,38	0,08
5	Porta motor 2	Platina ASTM A36	30x3	1	263	0,181	0,36	0,07
6	Platina Redondeada	Platina ASTM A36	PLT 25x4	1	3105	2,414	1,17	2,82
7	Platina A	Platina ASTM A36	PLT 25x3	10	45	0,17	0,014	0,14
8	Platina B	Platina ASTM A36	PLT 25x3	1	1210	0,557	0,703	0,39
9	Soporte Tapa 1	Varilla lisa ASTM A36	Ø 8	1	1165	0,458	1,6	0,73
10	Soporte Tapa 2	Varilla lisa ASTM A36	Ø 5,5	3	75	0,033	1,55	0,50
11	Soporte Tapa 3	Varilla plana ASTM A36	12x3,5	3	115	0,099	0,06	0,18
12	Barra Apoyo	Tubo redondo ASTM A-500	Ø 17/8"x1,1	3	700	1,434	0,98	2,94
13	Placa barra tripode	Placa ASTM A36	50x3	3	75	0,147	0,06	0,18
14	Sujetador motor	Varilla lisa ASTM A36	Ø 5,5	2	150	0,066	1,55	0,10
15	Barra tambor	Perfil Tipo Canal "U"	80x40x2	1	307	0,747	9,705	7,25

16	Barra tambor cortada	Perfil Tipo Canal "U"	80x40x2	2	245	0,59	7,25	14,50
17	Dona (Porta cauchos)	Madera Aglomerada	Ø 535x5	1		0,363	0,8	0,80
18	Bandeja	Madera Aglomerada	545x8	5	540	4,5	1,45	7,25
19	Retencion externa	Madera Aglomerada	100x8	1	3230	2,165	3,62	3,62
20	Retencion externa 2	Madera Aglomerada	100x8	2	475	0,24	0,4	0,80
21	Division	Madera	30x22	4	465	0,52	0,35	0,70
22	Soporte Bandejas	Perfil Estructural Angulo Doblado	L 20x3	6	420	0,365	0,55	3,30
23	Platina (Porta Balanza)	Plancha Laminada ASTM A36	35x1,5	8	23	0,064	0,27	2,16
24	Varilla refuerzo	Varilla lisa ASTM A36	Ø 8	6	375	1,125	1,6	1,80
25	Porta balanza	Aluminio 6061	45x40	4	25	0,156	5,5	22,00
26	Balanza	Acero AISI 1018	Ø 32,5	4		1,61	6,5	26,00
27	Sosten de pivote	Aluminio 6061-T6	22x16	4	30	0,04	2,6	10,40
28	Pivote	Aluminio 6061-T6	48x42	4	70	0,112	5	20,00
29	Sosten de pivote	Plastico ABS	Ø 20	1	42	0,005	1,1	1,10
30	Separador	Plastico ABS	Ø 20	15	20	0,09	0,9	13,50
31	Cuchareta	Plastico ABS	70x14	12	142	0,012	6	72,00
32	Porta Cuchareta	Plastico ABS	38x44	12	46	0,017	8	96,00
33	Pin Final	Acero AISI 1018	Ø 11	2	30	0,03	1,8	3,60
34	Varilla Sosten caida	Acero AISI 1018	Ø 8	1	180	0,059	3,23	3,23
35	Varilla reten	Acero AISI 1018	Ø 8	1	200	0,083	4,54	4,54
36	Varilla reten 2	Acero AISI 1018	Ø 6	1	260	0,051	0,28	0,28
37	Placa Curvada	Platina ASTM A36	25x3	2	82	0,09	0,37	0,74
38	Pesos	Acero AISI 1018	Ø 20	4	15	0,056	0,58	2,32
39	Triangulo	Madera	50x3	2	82	0,008	0,23	0,46
40	Bandeja entrada	Plancha lisa ASTM A36	171x1	1	565	0,757	1,17	0,89
41	Soporte Bandeja de entrada	Plancha lisa ASTM A36	192x1	2	163	0,49	1,17	0,57
				Subtotal Materia Prima	18089	26,956	86,902	335,94

4.1.2 Costo de insumos

Los insumos se los considera elementos o partes que se utilizan tal cual son adquiridos, y que fueron elegidos desde catálogos mediante los cálculos realizados en el capítulo de diseño, que se eligen para el sistema de sujeción, elementos extras de venta libre que aportan con la funcionalidad de los sistemas o que fueron fabricados bajo pedido.

ITEM	DESCRIPCION	MATERIAL	CANT. (U)	PESO TOTAL (KG)	COSTO UNITARIO (UDS)	COSTO TOTAL (USD)
1	Banda trapecial tipo Z	Compuestos	1		18,00	18,00
2	Polea conducida	Aluminio	1	0,328	10,00	10,00
3	Polea conductora	Aluminio	1	0,045	7,00	7,00
4	Porta varillas	Fundicion	1	0,331	10,00	10,00
5	caja reductora de velocidad	COT 30	1		185,00	185,00
6	Estructura fija central	Fundicion	1	2,543	300,00	300,00
7	Estructura movil central	Fundicion	1	3,549	350,00	350,00
8	Caucho expulsor	Caucho	12	0,006	2,15	25,80
9	Caucho sosten motor	Caucho	2	0,005	7,62	15,24
10	Tapiceria	Cuaerina	1	0,800	21,00	21,00
11	Elementos de sujecion	General	0			35,00
12	Finales de Carrera	Compuestos	4		0,50	2,00
13	arduino	Compuestos	1		12,00	12,00
14	Caja de control + componentes	General				60,00
15	cables de comunicación	General			50,00	50,00
16	Pintura y material sintetico	Sintentico				25,00
17	Material para uniones soldadas	General				5,00
18	Motor electrico monofasico	Compuestos	1		109,00	109,00
TOTAL					1127,27	1270,04

4.1.3 Costo de mano de obra

Los costos de operación o de mano de obra se considera al costo de fabricación y montaje, también se incluirán rubros como la automatización de la máquina. Los valores que se exponen serán tomados de los salarios mínimos por ley del ministerio de economía del Estado plurinacional de Bolivia del año 2017 para los casos que no se tenga el valor específico para cierta operación.

ítem	Tipo de Operario	DESCRIPCIÓN	COSTO TOTAL (USD)
1	Soldador	Suelda y montaje	80
2	Pintor	Pintura a soplete	20
3	Tornero	Torneado de piezas circulares	150
4	Fresador	Rectificados, agujeros, y roscados,	80
5	Ing. Eléctrico	Automatización, calibración e instalación eléctrica	50
6	Dibujante	Fdibujo 3D de piezas imprimibles	70
7	Carpintero	Elementos de madera	50
		TOTAL	500

4.1.4 Costo Total de Proyecto

Son precios que fueron averiguados para la construcción se planteó por partes de la máquina cada pieza para que se un poco más sencillo de tener precios en el diseño de la máquina

Costo total del proyecto

Rubro	Subtotales
Costo de materia prima	335,49
Costo de insumos	1270,04
Costo de mano de obra	500

Tenemos un total de materia prima y de insumos 2105.8 3 \$



CAPITULO 5

CONCLUSIONES Y

RECOMENDACIONES

5. Conclusiones

- El objetivo principal fue, diseñar una máquina clasificadora para huevos por peso, en diferentes tamaños para 1000 huevos por hora de capacidad fue e incluso superar esta cantidad inicialmente planeada.
- En el estudio de alternativas se concluyó que las elecciones propuestas en este capítulo fueron las correctas puesto que el sistema rotativo de selección ofreció mejores resultados en cuanto a la cantidad de ovoproducto clasificado y siendo proporcional con los rangos de pesos de selección.
- la estructura de la máquina fue el apropiado para poder soportar el peso propio de los componentes de la clasificadora así como la carga que proviene de los huevos e incluso peso extra que podría ser colocado sobre las bandejas de clasificación.
- El peso es directamente proporcional al tamaño del huevo en el momento de la clasificación, ya que el producto viene desde la granja con un nivel excelente de frescura y no pierde densidad.



5.1 Recomendaciones

- Es recomendable fabricar muestras con los pesos límites de la Norma INEN 1973 que se incluyeron en esta clasificadora para poder calibrar la máquina fácil y exactamente.
- Se puede seguir implementando otros mecanismos automáticos empezando por una bandeja móvil de alimentación, sensores para huevos con errores o cambiando el sistema mecánico de pesaje por uno electrónico y no solo el conteo del producto como fue en el presente caso.
- Se recomienda al usuario de esta máquina que realice la clasificación con huevos frescos, limpios y en buen estado, así se garantiza que el peso del producto esté acorde con el tamaño.
- Ser recomienda a la carrera de electromecánica el implemento del programa Solid Works
-



BIBLIOGRAFÍA

- ❖ Budynas, R. G., Shigley, J. E., & Nisbett, K. (2008). Diseño en ingeniería mecánica de Shigley. México: McGraw-Gill.
- ❖ DIPAC Productos de Acero Manta, (2014), Catálogo completo Dipac. de: <http://www.dipacmanta.com/inicio.php>
- ❖ Distritec S.A, (2014), Catálogo Serie Millenium II. de: http://www.distritec.com.ar/productos_micro_controladores.php
- ❖ Dunlop Argentina, (2012), Catálogo de correas industriales.: www.dunlop.com.ar
- ❖ Haugh, R. R. (1937). The Haugh unit for measuring egg. U.S. Egg Poultry Magazine.
- ❖ INEC, (2015), Índice de Precios de la Construcción, de: www.ecuadorencifras.gob.ec
- ❖ International Organization for Standardization (1989). Suiza. ISO 4184
- ❖ Instituto de Estudios del Huevo. (2002). Lecciones sobre el huevo. España.
- ❖ Larburu, N. (1997). Máquinas prontuario. España: Paraninfo.
- ❖ Mandado, E., Marcos, J., & Pérez, S. (2006). Controladores lógicos y autómatas programables. España: Marcombo.
- ❖ Marks, L. S. (1996). Mark's Standard Handbook for Mechanical Engineers. U.S.A.: McGraw-Hill.
- ❖ Mott, R. L. (2006). Diseño de Elementos de Máquinas. México: Pearson Educación. □ Porras, A., & Montanero, A. (1990). Autómatas Programables, Fundamento, Manejo, Instalación y Prácticas. México: McGraw Hill.
- ❖ Pytel, A., & Singer, F. (2008). Resistencia de materiales. México: Alfaomega Grupo Editor.
- ❖ Sauveur, B., & Picard, M. (1987). Environmental effects on egg quality. U.S.A.
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=we95aDQdjS4>
- ❖ <https://www.youtube.com/watch?v=5JnWhwz9t6Y&nohtml5=False>
- ❖ <https://prezi.com/snrrsitzas59/maquina-clasificadora-de-huevos/>
- ❖ <http://adacochabamba.com/web/category/informacion-de-importancia/>
- ❖ <http://www.elsitioavicola.com/articles/2310/tendencias-avacolas-mundiales-2012-racord-mundial-de-huevos-a-pesar-de-crecimiento-mas-lento/>
- ❖ <http://www.elsitioavicola.com/articles/2535/tendencias-avacolas-mundiales-2013-amarica-representa-el-20-por-ciento-de-la-produccion-mundial-de-huevo/>

ANEXOS PLANOS



CÓDIGO FUENTE DEL PROGRAMA DESARROLLADO

```
include <LiquidCrystal.h>

#include <Wire.h>

#include <LiquidCrystal_I2C.h>

//Crear el objeto lcd dirección 0x27 y 16 columnas x 2 filas

LiquidCrystal_I2C lcd(0x27, 16, 2); //

LiquidCrystal_I2C lcd2(0x3F, 16, 2);

int c1 = 0;
int cm1 = 0;
bool sw1 = true;
int c2 = 0;
int cm2 = 0;
bool sw2 = true;
int c3 = 0;
int cm3 = 0;
bool sw3 = true;
int c4 = 0;
int cm4 = 0;
bool sw4 = true;
void setup() {
  pinMode(8, INPUT);
  pinMode(9, INPUT);
  pinMode(10, INPUT);
  pinMode(11, INPUT);
  // Inicializar el LCD
  lcd.init();
  lcd2.init();
  //Encender la luz de fondo.
  lcd.backlight();
  lcd2.backlight();
  // Escribimos el Mensaje en el LCD.
  lcd.print("0 H 0 M BAN 1");
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("0 H 0 M BAN 2");
  lcd2.print("0 H 0 M BAN 3");
  lcd2.setCursor(0, 1);
  lcd2.print("0 H 0 M BAN 4");
}

void loop() {
  if (digitalRead(8))
  {
    if (sw1)
    {
      sw1 = false;
      c1++;
      if (c1 == 30)
      {
        cm1++;
        lcd.setCursor(0, 0);
        lcd.print(c1);
        lcd.setCursor(1, 0);
        lcd.print(" ");
        lcd.setCursor(4, 0);
        lcd.print(cm1);
        lcd.setCursor(7, 0);
        lcd.print("M");
        c1 = 0;
      }
      lcd.setCursor(0, 0);
      lcd.print(c1);
      lcd.setCursor(2, 0);
      lcd.print("H ");
    }
  }
  else {
    sw1 = true;
  }
  if (digitalRead(9))
  {
    if (sw2)
```

```

{
  sw2 = false;
  c2++;
  if (c2 == 30)
  {
    cm2++;
    lcd.setCursor(1, 1);
    lcd.print(c2);
    lcd.setCursor(1, 1);
    lcd.print(" ");
    lcd.setCursor(4, 1);
    lcd.print(cm2);
    lcd.setCursor(7, 1);
    lcd.print("M");
    c2 = 0;
  }
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print(c2);
  lcd.setCursor(2, 1);
  lcd.print("H ");
}
} else {
  sw2 = true;
}
//para el 3
if (digitalRead(10))
{
  if (sw3)
  {
    sw3 = false;
    c3++;
    if (c3 == 30)
    {
      cm3++;
      lcd2.setCursor(0, 0);
      lcd2.print(c3);
      lcd2.setCursor(1, 0);
      lcd2.print(" ");
      lcd2.setCursor(4, 0);
      lcd2.print(cm3);
      lcd2.setCursor(7, 0);
      lcd2.print("M");
      c3 = 0;
    }
  }
  lcd2.setCursor(0, 0);
  lcd2.print(c3);
  lcd2.setCursor(2, 0);
  lcd2.print("H ");
}
} else {
  sw3 = true;
}
//para el 4
if (digitalRead(11))
{
  if (sw4)
  {
    sw4 = false;
    c4++;
    if (c4 == 30)
    {
      cm4++;
      lcd2.setCursor(1, 1);
      lcd2.print(c4);
      lcd2.setCursor(1, 1);
      lcd2.print(" ");
      lcd2.setCursor(4, 1);
      lcd2.print(cm4);
      lcd2.setCursor(7, 1);
      lcd2.print("M");
      c4 = 0;
    }
  }
  lcd2.setCursor(0, 1);
  lcd2.print(c4);
  lcd2.setCursor(2, 1);
  lcd2.print("H ");
}
} else {
  sw4 = true;
}
}
}

```

Planos Realizados

Tambor

- Tambor ensamblaje
- Tambor
- Barras de tambor
- Barra tambor cortada 1
- Barra tambor cortada 2

Porta motor

- Porta motor 1 y 2 porta motor
- Porta cuchareras
- Estructura fija central y estructura móvil central

Cucharera

- Caucho expulsor
- Madera porta cauchos
- Barra de apoyo

Placa barra trípode

- Placa rolada
- Placa redonda
- Placa curvada
- Pesos

Soporte tapa 1,2 y 3

- Platina porta balanza
- Porta balanza
- Balanza



- Pivote

Motor

- Sujeta motor
- Soporte tapa 1,2 y 3
- Platina redondeada
- Platina a y b

Bandeja

- Separador
- División de bandejas
- Bandeja de entrada
- Soporte bandeja de entrada
- Retención extrema
- Retención externa dos

Porta varillas

- Polea mayor polea menor
- Platina 1,2 y 3
- Varilla reten dos
- Pin final
- Triangulo madera
- Sostén de varilla total
- Sostén de varilla total caída
- Sostén de pivote

