



ESPE
UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS
INNOVACIÓN PARA LA EXCELENCIA

DEPARTAMENTO DE ENERGÍA Y MECÁNICA

CARRERA DE INGENIERÍA MECATRÓNICA

PROYECTO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL
TÍTULO DE INGENIERO EN MECATRÓNICA

AUTORES: MARÍA CRISTINA NAVAS LEMA
RAMIRO SEBASTIÁN VARGAS CRUZ

TEMA: “DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA
DE OVOSCOPIA CON VISIÓN ARTIFICIAL PARA
LA DETECCIÓN DE HUEVOS FÉRTILES PARA
INCUBANDINA”

DIRECTOR: ING. EDDIE GALARZA
COORDIRECTOR: ING. JUAN CORREA

LATACUNGA, NOVIEMBRE 2014

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA

INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

CERTIFICADO

ING. EDDIE GALARZA M.SC. (DIRECTOR)

ING. JUAN CORREA M.SC. (CODIRECTOR)

CERTIFICAN: Que el trabajo titulado “Diseño e Implementación de un Sistema de Ovoscopia con Visión artificial para la detección de huevos fértiles para INCUBANDINA”, realizado por María Cristina Navas Lema y Ramiro Sebastián Vargas Cruz, ha sido guiado y revisado periódicamente y cumple normas estatutarias establecidas por la ESPE, en el Reglamento de Estudiantes de la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE.

Debido a que constituye un trabajo con alto contenido científico, que aportará al desarrollo profesional y educativo si aprobamos su publicación.

Latacunga, Noviembre del 2014.

Ing. Eddie Galarza M.Sc.
DIRECTOR

Ing. Juan Correa M.Sc.
CODIRECTOR

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA

INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD

MARÍA CRISTINA NAVAS LEMA
RAMIRO SEBASTIÁN VARGAS CRUZ

DECLARAMOS QUE: El proyecto de grado denominado “Diseño e Implementación de un Sistema de Ovoscopia con Visión artificial para la detección de huevos fértiles para INCUBANDINA”, ha sido desarrollado con base a una investigación exhaustiva, respetando derechos intelectuales de terceros, conforme las citas que constan en las páginas correspondientes, cuyas fuentes se incorporan en la bibliografía.

Consecuentemente este trabajo es de nuestra autoría.

En virtud de esta declaración, nos responsabilizamos del contenido, veracidad y alcance científico del proyecto de grado en mención.

Latacunga, Noviembre del 2014.

María Cristina Navas Lema
CI: 180433429 – 8

Ramiro Sebastián Vargas Cruz
CI: 050358208 – 2

UNIVERSIDAD DE LAS FUERZAS ARMADAS – ESPE
EXTENSIÓN LATACUNGA

INGENIERÍA EN MECATRÓNICA

AUTORIZACIÓN

NOSOTROS:

MARÍA CRISTINA NAVAS LEMA
RAMIRO SEBASTIÁN VARGAS CRUZ

AUTORIZAMOS a la Universidad de las Fuerzas Armadas – ESPE la publicación, en la biblioteca virtual de la Institución del trabajo escrito correspondiente al proyecto titulado “Diseño e Implementación de un Sistema de Ovoscopia con Visión artificial para la detección de huevos fértiles para INCUBANDINA”, cuyo contenido, ideas y criterios son de nuestra exclusiva responsabilidad y autoría.

Latacunga, Noviembre del 2014.

María Cristina Navas Lema
CI: 180433429 – 8

Ramiro Sebastián Vargas Cruz
CI: 050358208 – 2

DEDICATORIA

“Solo el que ensaya lo absurdo alcanza lo imposible”

Miguel de Unamuno

Dedico este trabajo a mis padres Carlos y María y a mi hermana Gaby, quienes me brindaron su apoyo incondicional en cada momento de mi vida.

Cris Navas

*“Existe una fuerza motriz más poderosa que el vapor de agua, la electricidad y la energía atómica,
la fuerza de voluntad”*

Albert Einstein

Dedicado a mi hermana Valeria Alejandra.

Ramiro Vargas

AGRADECIMIENTO

“Nunca es demasiado el agradecimiento, a quien no te abandonó en tus peores momentos”

Anónimo

Quiero agradecer infinitamente a mis abuelitos Luis y Luisa quienes estuvieron presentes siempre en mi vida en los momentos más felices y en los más difíciles más aún.

A mis padres, quienes me brindaron el mejor regalo que pudieron “la educación”.

A mis tíos, con quienes he compartido muchos momentos inolvidables, que cumplieron roles que tal vez no les correspondía, como cuidarme, llevarme a la escuela, ayudarme con mis deberes, etc.

A mi hermana, con la que pasamos momentos difíciles y salimos juntas.

Y a todas las personas que pese a mis errores y defectos, los toleran y siguen conmigo.

MIL GRACIAS...!!!!!!!

Cris Navas

“El hombre no es sino lo que sabe”

Sir. Francis Bacon

Agradezco a quienes nunca escatimaron en darme la mejor educación para lograr mis metas, mis padres Patricio Vargas y Carmita Cruz espero la vida me dé la oportunidad de pagarles todo lo que han hecho por mí.

Ramiro Vargas

ÍNDICE DE CONTENIDOS

CERTIFICADO.....	<i>i</i>
DECLARACIÓN DE RESPONSABILIDAD	<i>ii</i>
AUTORIZACIÓN.....	<i>iii</i>
DEDICATORIA	<i>iv</i>
AGRADECIMIENTO	<i>v</i>
ÍNDICE DE CONTENIDOS.....	<i>vi</i>
ÍNDICE DE TABLAS.....	<i>xi</i>
ÍNDICE DE FIGURAS.....	<i>xii</i>
RESUMEN.....	<i>xiv</i>
ABSTRACT.....	<i>xv</i>
PRESENTACIÓN.....	<i>xvi</i>

CAPÍTULO I FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. Ovoscopía (Claudia, 2012).....	1
1.1.1. Definición.....	1
1.1.2. Propósito	1
1.1.3. Partes del huevo.....	1
1.1.4. Factores que influyen en la incubación (Ricaurte, 2006).....	3
1.1.5. Defectos de cascara a través de ovoscopía (Arango, 2013)	4
1.2. Procesamiento Digital de Imágenes.....	7
1.2.1. Introducción (García, 2008).....	7
1.2.2. Imagen Digital (García, 2008).....	9
a. Tipos de Imágenes Digitales.....	9
a.1. Imágenes RGB (Red-Green-Blue)	9
a.2. Imágenes Indexadas.....	10
a.3. Imágenes en Escala de Grises	10
a.4. Imágenes Binarias	10
1.2.3. Vecindad (Chambi, 2011).....	11
1.2.4. Conectividad.....	11
1.2.5. Detección de Contorno (García, 2008).....	12
1.3. Sistemas Mecánicos (Solano, 2012).....	12
1.3.1. Introducción (Dpto. Tecnología IES SEFARAD, 2014).....	12
1.3.2. Definición.....	13
1.3.3. Características de los sistemas mecánicos	14
1.3.5. Sistemas mecánicos empleados en el sistema	15
a. Banda transportadora	15
a.1. Definición y funciones (Santillán, 2008)	15
a.2. Empleos de las cintas transportadoras.	16
b. Mecanismo de Palanca.....	16
b.1. Tipos de palancas.....	17

1.4.	Sistemas eléctricos (Correia, 2009)	18
1.4.1.	Introducción	18
1.4.2.	Definición	19
1.4.3.	Características de los sistemas eléctricos	19
1.4.4.	Instrumentos de control	20
a.	ARDUINO	20
1.4.5.	Máquinas Eléctricas (Kosow, 1982)	21
1.4.6.	Tipos de Máquinas Eléctricas	22
a.	Máquina Síncrona (Inductor Fijo).....	22
b.	Máquina Síncrona (Inductor Móvil).....	22
c.	Máquina Asíncrona De Inducción.....	23
1.5.	Interfaz Gráfica de Usuario en MATLAB	23
1.5.1.	Introducción	24
1.5.2.	Características de la Interfaz Gráfica	25
1.5.3.	Diseño de una Interfaz Gráfica	25

CAPÍTULO II DISEÑO, SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

2.1.	Introducción.....	27
2.2.	Diseño y selección de los elementos mecánicos	30
2.2.1.	Metodología de diseño	30
2.2.2.	Diseño de la cadena transportadora.....	30
a.	Cadenas de transportación (UCLM, 2012)	30
a.1.	Clasificación de transportadores (Cotransa, 2009)	31
b.	Dimensionamiento de la cadena transportadora	32
c.	Dimensionamiento del piñón (Mott, 2006)	33
d.	Dimensionamiento de la cadena.....	34
d.1.	Distancia entre centros	34
d.2.	Longitud de cadena	35
e.	Número de sujetadores.....	36
f.	Velocidad lineal de la cadena	37
g.	Peso de la carga a transportar.....	37
h.	Carga aplicada sobre la cadena	38
i.	Carga de trabajo	39
j.	Presión admisible eje – casquillo	40
k.	Potencia motriz	40
2.2.3.	Cálculo de la cinta transportadora (Forbo, 2009)	41
a.	Fuerza tangencial máxima.....	41
a.1.	Fuerza de tracción máxima de la banda F1	43
a.2.	Control del tipo de banda seleccionado	43
b.	Diámetro mínimo del tambor motriz	44
c.	Potencia mecánica en el tambor motriz	45
c.1.	Potencia mecánica del motor necesaria	46

d.	Valores aproximados de la elongación de montaje ϵ	47
2.2.4.	Diseño de la transmisión por cadena del motor.....	48
a.	Definición	48
b.	Cálculos para el diseño de la cadena de transmisión	49
b.1.	Potencia de diseño	49
b.2.	Relación de transmisión deseada	50
b.3.	Paso de la cadena	52
b.4.	Cantidad necesaria de dientes de la rueda grande.....	52
b.5.	Velocidad de salida esperada	53
b.6.	Diámetros de paso de las catarinas	54
b.7.	Distancia entre centros nominal.....	55
b.8.	Longitud de la cadena.....	55
b.9.	Distancia teórica entre centros.....	56
b.10.	Cálculo del ángulo de contacto de la cadena.....	57
b.11.	Resumen del diseño	58
2.2.5.	Diseño del eje.....	59
a.	Definición	59
b.	Fuerzas ejercidas sobre el eje	59
b.1.	Catarinas.....	59
b.2.	Valores preliminares de diseño para Kt	60
b.3.	CUÑEROS	60
b.4.	Chaflanes en escalón	61
c.	Diagrama de torques y momentos	61
d.	Resistencia a la fatiga real estimada (Budynas & Nisbett, 2008)....	68
2.2.6.	Mecanismo de selección	73
a.	Fuerzas actuantes	74
2.2.7.	Motor – reductor	75
2.3.	Diseño y selección de los elementos eléctricos y electrónicos	75
2.3.1.	Parámetros iniciales para el diseño	75
2.3.2.	Selección de componentes eléctricos	76
a.	Motor trifásico	76
b.	Variador de velocidad	77
c.	Relé de potencia (220 v).....	78
2.3.3.	Selección de los componentes electrónicos	79
a.	Tarjeta ARDUINO UNO	79
b.	Sensor foto – reflectivo (Wikipedia, 2014)	80
c.	Relé (12 v)	81
d.	Servomotor	82
e.	Tarjeta KEYES – dos relés (5 v)	83
f.	Suministro de energía.....	84
g.	Selección del cable.....	84
g.1.	Corriente nominal.....	85
g.2.	Resistencia nominal.....	86
g.3.	Potencia de sobrecarga	87

g.4.	Corriente de sobrecarga	87
g.5.	Voltaje de sobrecarga	88
g.6.	Resistencia a Tf del cable	89
g.7.	Cálculo de la reactancia (XL)	90
g.8.	Voltaje de carga	90
g.9.	Caída de tensión	91
h.	Selección del fusible	92
2.4.	Diagrama de flujo del sistema	93
2.5.	Desarrollo del HMI	94
2.5.1.	Estructura del software	95
a.	Método manual	95
b.	Método automático	95
2.5.2.	Diagrama de flujo del software	95

CAPÍTULO III ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1.	Introducción.....	97
3.2.	Pruebas del sistema mecánico	97
3.2.1.	Pruebas del sistema de soporte y estructura.....	98
3.2.2.	Pruebas del sistema de frenado	99
3.2.3.	Pruebas de la resistencia de la banda de accesorios.....	100
3.2.4.	Pruebas de la resistencia de la banda lisa	101
3.2.5.	Pruebas del transporte de huevos.....	102
3.3.	Pruebas del sistema eléctrico y electrónico	102
3.3.1.	Pruebas de estado del motor durante el proceso	103
3.3.2.	Pruebas de respuesta de los servos	104
3.3.3.	Pruebas con el sensor foto reflectivo.....	105
3.3.4.	Pruebas de órdenes desde el panel de mando	106
3.4.	Pruebas del software.....	108
3.4.1.	Pruebas del sistema de control	108
3.4.2.	Pruebas de procesamiento de huevos	108
a.	Detección del tamaño y ubicación	108
b.	Detección de la forma	109
c.	Detección de enfermedades	110
3.4.3.	Pruebas del HMI.....	111
a.	Pruebas del modo manual	111
b.	Pruebas del modo automático	112
3.5.	Pruebas del sistema.....	113
3.5.1.	Capacidad de procesamiento de huevos	114
3.5.2.	Resultados obtenidos respecto a la funcionalidad sistema	114
3.6.	Alcances y limitaciones	115
3.6.1.	Alcances	115
3.6.2.	Limitaciones.....	115

3.7. Validación de la hipótesis..... 115
3.8. Costos..... 116

CAPÍTULO IV
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones..... 117
4.2. Recomendaciones 118

BIBLIOGRAFÍA..... 120
GLOSARIO 122

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. 1. Niveles de visión y procesos del PID.	8
Tabla 2. 1. Descripción del dimensionamiento de cavidad.	33
Tabla 2. 2. Resumen del diseño de la cadena de potencia.	58
Tabla 2. 3. Cotas para el diseño del eje conductor.	62
Tabla 3. 1. Resultados de las Deformaciones de la Estructura	99
Tabla 3. 2. Resultados del sistema de frenado	100
Tabla 3. 3. Resultados de la resistencia de la banda de accesorios.....	101
Tabla 3. 4. Resultados de la resistencia de la banda lisa	101
Tabla 3. 5. Pruebas realizadas en el motor trifásico	103
Tabla 3. 6. Resultados de las pruebas realizadas a los servos	105
Tabla 3. 7. Resultados de las pruebas del sensor foto reflectivo	106
Tabla 3. 8. Resultados de las pruebas al panel de control	107
Tabla 3. 9. Pruebas de detección de tamaño	109
Tabla 3. 10. Pruebas de detección de forma	110
Tabla 3. 11. Pruebas de detección de enfermedad	111
Tabla 3. 12. Resultados de las pruebas del HMI manual.....	112
Tabla 3. 13. Resultados de las pruebas del HMI automático	113
Tabla 3. 14. Resultados de la prueba de huevos incubados	114
Tabla 3. 15. Tabla de costos del sistema.....	116

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. 1. Partes del Huevo.....	3
Figura 1. 2. Ovoscopia - Ruptura por Impacto.....	4
Figura 1. 3. Ovoscopia - Ruptura Puntual.....	5
Figura 1. 4. Ovoscopia - Ruptura Linear.....	5
Figura 1. 5. Ovoscopia - Corregido por Útero.....	6
Figura 1. 6. Ovoscopia - Cáscara Fina.....	6
Figura 1. 7. Ovoscopia - Marcas de Jaula.....	7
Figura 1. 8. Ovoscopia - Huevo de aspecto normal.....	7
Figura 1. 9. Tipos de Imágenes Digitales.....	11
Figura 1. 10. Tipos de vecindad de entre pixeles.....	11
Figura 1. 11. Ejemplo de conectividad.....	12
Figura 1. 12. Sistema Mecánico.....	13
Figura 1. 13. Aplicaciones de los sistemas mecánicos.....	15
Figura 1. 14. Banda lisa.....	16
Figura 1. 15. Palanca de primera clase.....	17
Figura 1. 16. Palanca de segunda clase.....	17
Figura 1. 17. Palanca de tercera clase.....	18
Figura 1. 18. Sistema eléctrico sencillo.....	19
Figura 1. 19. Construcción de la máquina de c.c. y circuitos eléctricos.....	21
Figura 1. 20. Máquina síncrona, inducido móvil y polos salientes.....	22
Figura 1. 21. Máquina síncrona de inductor móvil.....	22
Figura 1. 22. Máquina de inducción (asíncrona).....	23
Figura 1. 23. Interfaz gráfica de usuario.....	24
Figura 1. 24. Interfaz antigua.....	24
Figura 1. 25. Diseño amigable de una interfaz.....	26
Figura 2. 1. Vista Isométrica del sistema.....	28
Figura 2. 2. Mecanismo de empuje tipo cuchara.....	28
Figura 2. 3. Sistema de transmisión de potencia.....	29
Figura 2. 4. Eje conductor de la banda transportadora.....	29
Figura 2. 5. Cadenas Transportadoras.....	31
Figura 2. 6. Partes básicas de una cadena.....	31
Figura 2. 7. Diseño de la cadena transportadora de huevos.....	32
Figura 2. 8. Esquema dimensional de cavidad por unidad de huevo.....	33
Figura 2. 9. Valores aproximados de la elongación.....	47
Figura 2. 10. Transmisión por Cadena.....	49
Figura 2. 11. Estilos de Cadenas de Rodillos.....	49
Figura 2. 12. Fuerzas generadas por Mecanismos Cadena - Catarina.....	60
Figura 2. 13. Cuñeros.....	61
Figura 2. 14. Chaflanes en ejes.....	61
Figura 2. 15. Esquema de diseño del eje conductor.....	62

Figura 2. 16. Vista frontal piñón conductor – conducido.....	63
Figura 2. 17. Diagrama de fuerzas actuantes sobre el eje.....	63
Figura 2. 18. Límite de resistencia a la fatiga vs. Resistencia a la tensión. ..	69
Figura 2. 19. Moto Reductor - Reductor de la Marca TRANSTECNO.	75
Figura 2. 20. Motor Trifásico SIEMENS.	77
Figura 2. 21. Variador de frecuencia SINAMICS G110.	77
Figura 2. 22. Relé CAMSCO 220V.....	78
Figura 2. 23. Tarjeta ARDUINO UNO.....	79
Figura 2. 24. Sensor Foto – Reflectivo.	80
Figura 2. 25. Relé 12V.....	81
Figura 2. 26. Servomotor HITEC HS-311.....	82
Figura 2. 27. Tarjeta KEYES	83
Figura 2. 28. Diagrama de flujo del sistema electromecánico.	94
Figura 2. 29. Diagrama de flujo del programa.....	96
Figura 3.1. Prueba de resistencia mecánica.....	98
Figura 3.2. Pruebas del sistema de frenado	99
Figura 3. 3. Prueba de la banda de accesorios.....	100
Figura 3. 4. Pruebas de la banda lisa	101
Figura 3. 5. Motor trifásico ubicado en el sistema	103
Figura 3. 6. Pruebas realizadas a los servos.....	105
Figura 3. 7. Pruebas del sensor foto reflectivo	106
Figura 3. 8. Pruebas de panel de mando	107
Figura 3. 9. Detección de tamaño y ubicación	109
Figura 3. 10. Detección de forma	110
Figura 3. 11. Pruebas de detección de enfermedades	111
Figura 3. 12. Pruebas del HMI del modo manual.....	112
Figura 3. 13. Pruebas del HMI modo automático.....	113

RESUMEN

La incubación de huevos puede entenderse como un procedimiento empírico, incluso desde tiempos inmemorables se llevaba un control de los mismos haciendo uso de la ovoscopía exponiendo los huevos a la luz de una vela durante la noche o en un lugar con suficiente oscuridad, automatizar este control de calidad para un mejor rendimiento y optimización de recursos solo se hace posible a través de la búsqueda de métodos adecuados cuyo resultado se plasma en el sistema a continuación descrito mismo que consta de una banda transportadora mixta de tres hileras, las cadenas transportadoras laterales permiten no solo el paso de la luz propio de la ovoscopía sino también el transporte de un huevo por cavidad y la cinta transportadora central llevará a aquellos huevos seleccionados como no fértiles, en cuanto a la instrumentación, los actuadores y sensores se comunican con el ordenador gracias al uso de ARDUINO, cabe destacar que por tratarse de un motor de corriente alterna su control se realiza con un variador de frecuencia, finalmente en la parte central de la banda transportadora se encuentra la cámara de ovoscopía donde mediante visión artificial por computador los huevos se clasifican bajo parámetros de fertilidad requeridos en el cascaron. Todo lo antes mencionado debe presentarse de forma amigable al usuario y al tratarse de procesamiento de imágenes se vio la utilidad de MATLAB bajo la cual está programada la interfaz gráfica de usuario que permite una operación y control de todo el sistema en modo manual y automático.

Palabras clave: Ovoscopía, banda transportadora, automatización industrial, visión artificial, MATLAB.

ABSTRACT

Incubation of eggs can be understood as an empirical procedure. From immemorial time, the control of these was carried out using candling analysis, exposing the eggs to the candle light in a dark place. To automate this quality control for better performance and to resource optimization, it is only possible through the search of suitable methods whose results we present in the system described in the following lines. The proposed system consists of a mixed conveyor belt with three rows. The side conveyor chains allow the passage of the light and the transportation of one egg using the cavity, the central conveyor belt carry the eggs segregated whose fertility was not enough. Actuators and sensors communicate with the computer using ARDUINO, given that the transporter is an AC motor the control is performed with a Variable Frequency Drive. In the central part of the conveyor belt, the camera makes the candling analysis using computer vision and eggs are classified by fertility parameters required in the eggshell. The above characteristics must be presented in a friendly way to the user. To process the images we use MATLAB software under which is programmed the graphical user interface that allows the operation and control of the entire system in manual mode and automatic mode.

Keywords: Egg candling analysis, conveyor belt, industrial automation, image processing, MATLAB.

PRESENTACIÓN

En el presente proyecto se desarrolla la construcción de un Sistema Automático de Ovoscopia con Visión Artificial para la Detección de Huevos fértiles para la empresa INCUBANDINA S.A., mismo que puede entenderse como una máquina de control de calidad de huevos previo a su incubación.

El Capítulo I detalla información necesaria del tema central del proyecto, es decir, ovoscopia, así como una descripción breve de los diversos sistemas mecánicos electrónicos e informáticos requeridos como conocimiento base para la construcción del módulo.

El Capítulo II consta de los diseños mecánicos requeridos y delimitados por el material a transportar cuya delicadeza exige un diseño ergonómico y exhaustivo detallado en el presente capítulo, así mismo se muestran los algoritmos utilizados para la programación y desde luego las características principales de los distintos implementos eléctricos y electrónicos así como los cálculos necesarios para una correcta selección.

El Capítulo III contiene los ensayos de la implementación, se ponen a prueba los elementos mecánicos, la velocidad de respuesta de los actuadores e instrumentos y finalmente los resultados que conllevan a la posterior validación de la hipótesis, del mismo modo se muestra en este capítulo el resumen económico de la inversión y alcance y limitaciones del sistema.

El Capítulo IV finaliza con las conclusiones del proyecto así como las recomendaciones de posibles implementaciones y mejoras que podrían optimizar una segunda versión del sistema.

CAPÍTULO I

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

1.1. Ovoscopia (Claudia, 2012)

1.1.1. Definición

Se puede entender la ovoscopia como un método diafanoscópico basado en la experimentación al exponer un huevo (OVO) a fuentes de luz tal que permite observar (SKOPEIN) defectos de cáscara y enfermedades internas.

1.1.2. Propósito

Este método de evaluación no destructiva permite segregar entre huevos en buen estado y aquellos descartables de acuerdo a los parámetros necesarios para una eclosión satisfactoria, entre ellos: estado de cascarón, manchas de sangre, deformaciones y otros. El embrión permanece seguro siempre y cuando la exposición a la luz no sea prolongada y al mismo tiempo sea de baja temperatura (luz fría). Al realizar la ovoscopia tras un tiempo del huevo en incubación el embrión reaccionará a la luz y producirá un movimiento que demuestre el estado saludable del mismo con lo que se deduce la fertilidad del huevo.

1.1.3. Partes del huevo

El huevo consta de una cáscara de cal que en el caso de las gallinas puede tornarse en una gama de colores entre blanco y café. El cascarón está revestido en su interior por dos membranas cuya separación en el polo cerrado constituyen la cámara de aire.

La clara es un líquido espeso de color amarillo envuelto por tres capas cuya viscosidad oscila entre fluida y densa. La yema se encuentra envuelta por la clara, posee una forma esférica fijado a través de dos cordones retorcidos en espiral conocidos como “chalazas”. En la parte superior de la yema se encuentra la “galladura” que es el disco germinal y cuyo aspecto es similar a una mancha blanca.

Cascarón: En esta parte del huevo se pueden notar imperfecciones tales como fisuras, defectos de calcificación y manchas. Las manchas internas de sangre se tornan al exterior de un color oscuro o rojo. En el caso de yemas adheridas al cascarón se puede notar una sombra en la zona de adherencia.

Cámara de aire: En la parte cerrada del huevo se encuentra una cámara de aire formada por las membranas anteriormente mencionadas, su altura es proporcional al tiempo transcurrido desde su expulsión de la gallina. En un huevo fresco la altura de la cámara de aire oscila entre 3 mm y aumenta conforme pasa el tiempo hasta tomar un tercio del huevo en tiempos superiores a los cuatro meses.

Yema y clara: Al fijarse detenidamente en la posición correspondiente a la yema puede notarse una sombra rosa inmóvil en el centro. Cuando el huevo es fecundado y se encuentra entre el día primero y cuarto de la incubación se puede ver la formación de vasos sanguíneos en el disco germinativo, a partir del quinto día puede apreciarse el embrión. Conforme pasa el tiempo la clara empieza el proceso de licuefacción por lo que permite una mayor movilidad a la yema, entre otros efectos del paso del tiempo se puede mencionar el aumento de traslucidez.

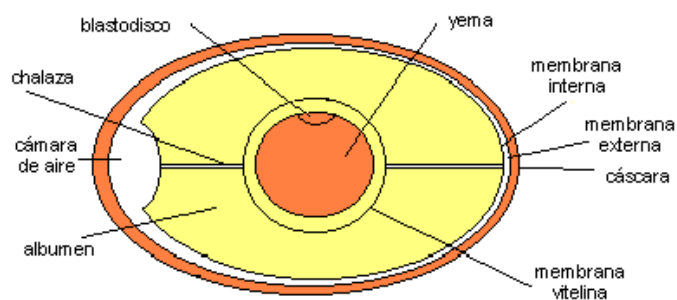


Figura 1. 1. Partes del Huevo.

Fuente: Granja Avícola Ntra. Sra. de Guía (2002) Información sobre el Huevo.
URL: <http://www.villanuevadelduque.com/empresas/granjansguia/>

1.1.4. Factores que influyen en la incubación (Ricaurte, 2006)

Peso del huevo: El peso adecuado oscila entre 50 y 65 g, siendo este la consecuencia de factores tales como el peso de la hembra, la subespecie y la alimentación. El peso indica de manera clara el peso del pollo al nacer, el tamaño por consecuente relacionado al peso es de igual importancia ya que un huevo de tamaño excesivo no necesariamente implica un pollo sano sino un nacimiento tardío por otra parte un huevo de pequeñas proporciones si implica un pollo débil.

Calidad de la cáscara: La porosidad en el cascarón así como anomalías y fisuras son indeseados para la obtención de un pollo saludable debido al riesgo de contaminación por microorganismos patógenos.

Alimentación de los reproductores: La alimentación en las gallinas sin duda es parte fundamental del tamaño y peso del huevo, por lo que debe contener de manera constante minerales y vitaminas para un mejor desarrollo del embrión, así mismo el reproductor está en la necesidad de mantener una dieta rica en vitaminas y minerales, de manera especial en la época de reproducción.

Manejo del huevo fértil: Pueden distinguirse dos etapas en cuanto al manejo del huevo fértil, la etapa pre incubación que va desde el momento de

la puesta hasta su introducción en la incubadora y la etapa de incubación propiamente dicha, ambas etapas deben realizarse con la mayor cautela posible y con el control de temperatura y ergonomía posible para un mejor resultado en la obtención de pollitos saludables.

1.1.5. Defectos de cascaron a través de ovoscopía (Arango, 2013)

Ruptura por Impacto

Posibles Causas:

- ✓ Impacto con otro huevo, superficies rígidas, etc.



Figura 1. 2. Ovoscopía - Ruptura por Impacto.

Fuente: Arango Jesús (2013) Calidad Externa e Interna del Huevo
URL: <http://avicol.co/descargas2/CalidadExternaInternaHuevo.pdf>

Ruptura Puntual

Posibles causas:

- ✓ En ovario (burbuja de gas).- cutícula intacta.
- ✓ Impacto con objetos agudos (alambre) Depósitos de Calcio.- cutícula afectada.

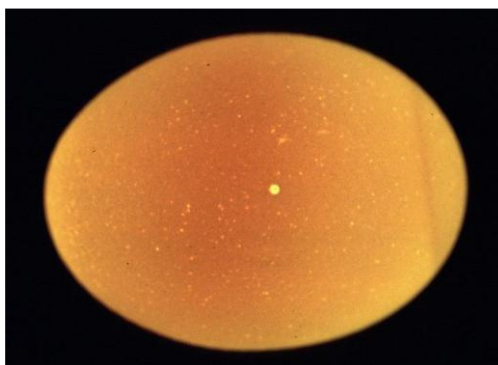


Figura 1. 3. Ovoscopia - Ruptura Puntual.

Fuente: Arango Jesús (2013) Calidad Externa e Interna del Huevo
URL: <http://avicol.co/descargas2/CalidadExternaInternaHuevo.pdf>

Ruptura Linear (Hair – line)

Posibles Causas:

- ✓ Estrés térmico.
- ✓ Presión.

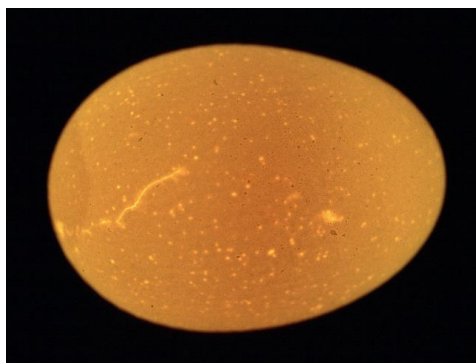


Figura 1. 4. Ovoscopia - Ruptura Linear.

Fuente: Arango Jesús (2013) Calidad Externa e Interna del Huevo
URL: <http://avicol.co/descargas2/CalidadExternaInternaHuevo.pdf>

Corregido en Útero (Body – check)

Posibles Causas:

- ✓ Estrés de diverso origen.
- ✓ Actividad excesiva hacia final de la tarde.
- ✓ Alta densidad en jaulas.

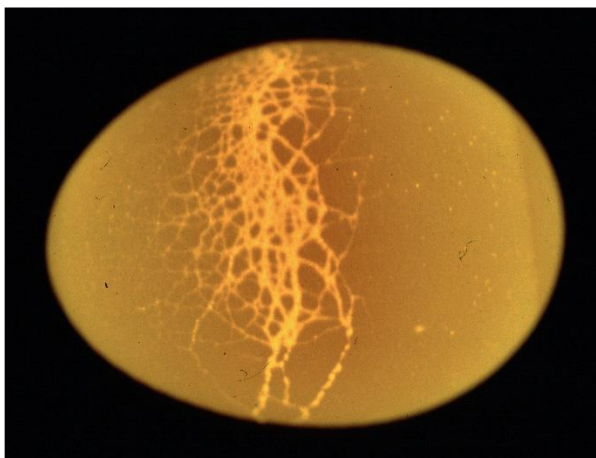


Figura 1. 5. Ovoscopia - Corregido por Útero.

Fuente: Arango Jesús (2013) Calidad Externa e Interna del Huevo
URL: <http://avicol.co/descargas2/CalidadExternaInternaHuevo.pdf>

Huevos de cáscara fina o rugosa

Posibles Causas:

- ✓ Problemas de nutrición.
- ✓ Enfermedades.
- ✓ Estrés agudo antes de la formación de la cáscara.
- ✓ Enfermedades (bronquitis infecciosa).
- ✓ Albumina acuosa.

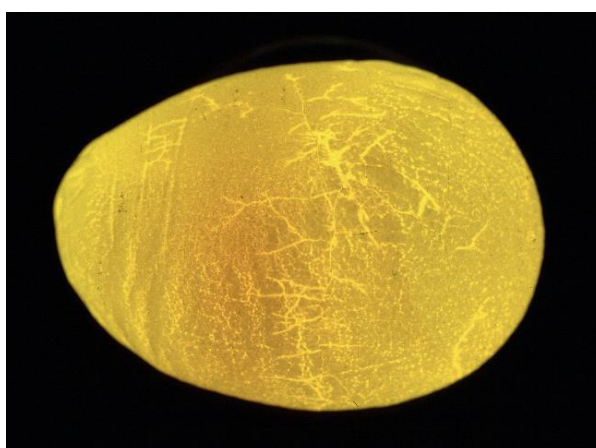


Figura 1. 6. Ovoscopia - Cáscara Fina.

Fuente: Arango Jesús (2013) Calidad Externa e Interna del Huevo
URL: <http://avicol.co/descargas2/CalidadExternaInternaHuevo.pdf>

Marcas de Jaula

Posibles Causas:

- ✓ Jaula.
- ✓ Recolección.

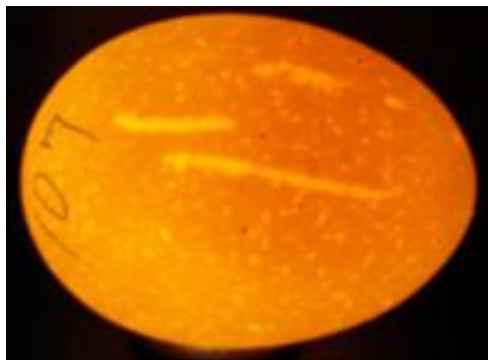


Figura 1. 7. Ovoscopia - Marcas de Jaula.

Fuente: Arango Jesús (2013) Calidad Externa e Interna del Huevo
URL: <http://avicol.co/descargas2/CalidadExternaInternaHuevo.pdf>

Huevo de aspecto normal



Figura 1. 8. Ovoscopia - Huevo de aspecto normal.

Fuente: Arango Jesús (2013) Calidad Externa e Interna del Huevo
URL: <http://avicol.co/descargas2/CalidadExternaInternaHuevo.pdf>

1.2. Procesamiento Digital de Imágenes

1.2.1. Introducción (García, 2008)

García postula *“El procesamiento digital de imágenes (PDI) se refiere a procesar las imágenes del mundo real de manera digital por medio de un*

computador. Es un tema muy amplio, en el que se incluyen estudios de física, matemáticas, ingeniería eléctrica, computación.”

El propósito lógico del análisis de imágenes digitales es hallar pequeños detalles a través de edición y varios procedimientos de tratamiento matemático y un sin número de algoritmos desarrollados por el usuario en las diversas plataformas creadas para este fin.

El término visión artificial puede entenderse como el proceso de obtención, caracterización e interpretación de imágenes bidimensionales tomadas de un mundo tridimensional. Su complejidad por tratamiento puede catalogarse en niveles como los mostrados en la Tabla 1. 1.

Tabla 1. 1. Niveles de visión y procesos del PID.

Procesos del PDI	Nivel de Visión
Captura/adquisición	Bajo
Pre procesamiento	
Segmentación	Medio
Descripción	
Reconocimiento	
Interpretación	Alto

Fuente: Garcia Iván (2008). Visión Artificial y Procesamiento Digital de Imágenes usando Matlab Ecuador: PUCE – IBARRA.

- ✓ La captura o adquisición es el procedimiento mediante el cual se digitaliza una imagen, ya sea una cámara digital, escáner, entre otros.
- ✓ El pre procesamiento puede entenderse como una edición previa pudiendo ser realce, reducción, mejoramientos varios.
- ✓ La segmentación divide a la imagen en objetos, de allí el usuario decide cuales analizar según el objetivo de su estudio.
- ✓ La descripción es el proceso que obtiene características convenientes para diferenciar un tipo de objeto de otro, como: la forma, el área, etc.
- ✓ El reconocimiento es el proceso que identifica los objetos, como por ejemplo: una llave, un tornillo, moneda, coche, etc.

- ✓ La interpretación es el proceso que asocia un significado a un conjunto de objetos reconocidos (llaves, tornillos, herramientas, etc.) y trata de emular la cognición, por ejemplo el conteo de dichos objetos, detección de uno o varios objetos defectuosos, detección de objeto intruso, entre otros.

1.2.2. Imagen Digital (García, 2008)

Una imagen puede definirse como una función bidimensional $f(x,y)$ donde x y y son coordenadas en el plano y la amplitud f es llamada intensidad o nivel de gris en ese punto.

Cuando (x,y) y f son todos finitos (cantidades discretas) llamamos a la función como imagen digital. Es decir, una imagen digital estará compuesta por un número finito de elementos llamados píxeles, cada uno de los cuales con un valor y una posición particular.

El término píxel (abreviación de picture element o elemento de imagen), se trata de la unidad mínima de información de una imagen, la cual aparece como un punto en la pantalla o en una impresora. En realidad cada píxel se compone de tres registros de color, mediante la combinación de cierta cantidad de rojo, verde y azul, el píxel adopta un color particular.

a. Tipos de Imágenes Digitales

En el procesamiento digital de imágenes (PDI) se manejan cuatro tipos de imágenes básicamente: imágenes RGB, imágenes indexadas, imágenes en escala de grises e imágenes binarias.

a.1. Imágenes RGB (Red-Green-Blue)

- ✓ Utilizan tres canales para reproducir los colores en la pantalla.

- ✓ Utilizan 8 bits por canal (8 bits x 3), es decir, 24 bits de color para cada píxel.
- ✓ Reproducen hasta 16,7 millones de colores.
- ✓ Soporta algunos formatos como: JPG, BMP, PNG, etc.

a.2. Imágenes Indexadas

- ✓ Reduce los colores de la imagen a un máximo de 256.
- ✓ Admiten los formatos GIF y PNG-8 y muchas aplicaciones multimedia.
- ✓ Reduce el tamaño de archivo porque elimina la información del color.

a.3. Imágenes en Escala de Grises

- ✓ Utilizan distintos tonos de gris.
- ✓ En imágenes de 8 bits, puede tener hasta 256 tonos de gris.
- ✓ Cada píxel tiene un valor de brillo comprendido entre 0 (negro) y 255 (blanco).

a.4. Imágenes Binarias

- ✓ Tienen una profundidad de color de 1 bit.
- ✓ Utiliza uno de los dos valores de color (blanco o negro) para representar los píxeles de una imagen.

Existen además imágenes con una profundidad de píxel de 32 bits. Los 8 bits (1 byte) adicionales de profundidad sobre las imágenes de 24 bits, le permiten almacenar la transparencia de la imagen. Este byte adicional es generalmente llamado máscara o canal alfa, y almacena diferentes valores de transparencia.

En la Figura 1. 9 se muestra algunos ejemplos correspondientes a los tipos de imágenes.

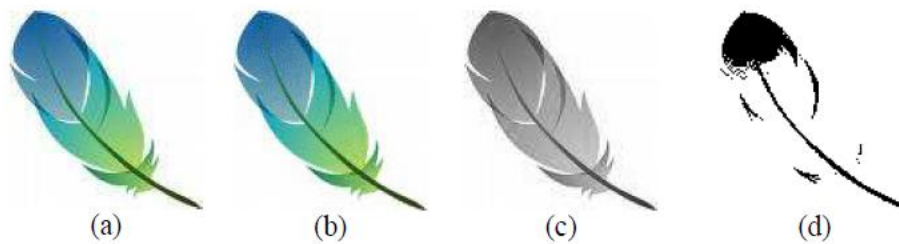


Figura 1. 9. Tipos de Imágenes Digitales.

(a) RGB; (b) Indexada; (c) Escala de Grises; (d) Binaria

Fuente: Garcia Iván (2008). Visión Artificial y Procesamiento Digital de Imágenes usando Matlab Ecuador: PUCE – IBARRA.

1.2.3. Vecindad (Chambi, 2011)

Existen dos tipos de vecindad para determinar si dos pixeles son adyacentes entre sí, dichas vecindades se describen a continuación.

Vecindad – 4: Se consideran únicamente los pixeles conectados en direcciones perpendiculares (puntos cardinales).

Vecindad – 8: Se consideran también los pixeles vecinos en dirección diagonal.

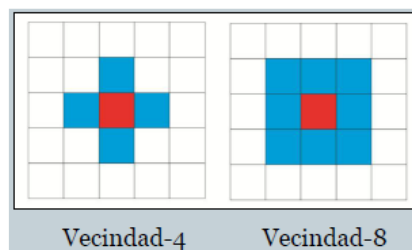


Figura 1. 10. Tipos de vecindad de entre pixeles.

Fuente: Chambi Percy (2011) Procesamiento de Imágenes con MATLAB
URL: <http://es.slideshare.net/lonely113/procesamiento-digital-de-imagenes-con-matlab>

1.2.4. Conectividad

Dos pixeles cuya etiqueta es la misma están conectados si existe un camino del uno al otro a través de pixeles vecinos con la misma etiqueta.

La conectividad puede ser:

Conexión – 4: Se toma en cuenta la vecindad – 4 para determinar la conectividad de píxeles.

Conexión – 8: Se toma en cuenta la vecindad – 8 para determinar la conectividad de píxeles.

Etiquetado.- Agrupación de píxeles con características similares. Ejemplo: en la Figura 1. 11 si se elige conectividad conexión – 4 se consideraría como dos objetos diferentes, pero si se elige conectividad conexión – 8 se consideraría como un solo objeto (vecindad diagonal).

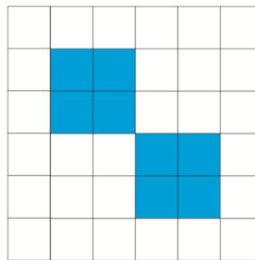


Figura 1. 11. Ejemplo de conectividad.

Fuente: Chambi Percy (2011) Procesamiento de Imágenes con MATLAB
URL: <http://es.slideshare.net/lonely113/procesamiento-digital-de-imagenes-con-matlab>

1.2.5. Detección de Contorno (García, 2008)

Parte del reconocimiento de imágenes es la detección de contornos. En una imagen el contorno corresponde a los límites de determinado objeto para lo cual se buscan lugares en los que la intensidad de color del píxel cambia bruscamente.

1.3. Sistemas Mecánicos (Solano, 2012)

1.3.1. Introducción (Dpto. Tecnología IES SEFARAD, 2014)

A lo largo del tiempo el ser humano se ha visto en la necesidad de realizar trabajos que demandan gran capacidad física e intelectual, como por ejemplo: transportar elementos de gran volumen y peso, solucionar problemas y optimizar recursos para obtener mayor rentabilidad.

Para dar solución los problemas relacionados a los requerimientos de fuerza se han creado los sistemas mecánicos, como grúas, excavadoras, además bandas, bicicletas, etc. solucionan problemas de transportación de objetos o personas, inclusive utensilios como cuchillos y pinzas son sistemas mecánicos que reducen el esfuerzo del ser humano al realizar una actividad específica.

En general, todo objeto puede ser convertido en una máquina o un sistema mecánico, pues basta con observar un problema como elevar un objeto pesado hacia el tercer piso de una casa, inmediatamente el ingenio del ser humano empieza a crear formas que permitan cumplir ese objetivo, usando poleas, palancas, etc., que multiplican la fuerza del ser humano.



Figura 1. 12. Sistema Mecánico

Fuente: DPTO TECNOLOGÍA IES SEFARAD (2014) *Bloque Temático: Sistemas Mecánicos*

URL: http://www.tecnosefarad.com/wp-content/archivos/bach_1/mecanica/sistemas_mecanicos.pdf

1.3.2. Definición

Los sistemas mecánicos son sistemas formados principalmente por componentes, dispositivos o elementos que tienen como función específica

transformar, transmitir el movimiento desde las fuentes que lo generan, al transformar distintos tipos de energía.

1.3.3. Características de los sistemas mecánicos

Los sistemas mecánicos se caracterizan en presentar varios elementos o piezas, unidos con la finalidad de realizar movimientos específicos partiendo de una fuerza inicial, para generar esa fuerza inicial por lo general se usan elementos eléctricos como motores, en la mayoría de los casos los sistemas mecánicos son propulsados por motores de combustión interna.

La fuerza inicial no solo es transformada por los sistemas mecánicos sino también pueden cambiar su intensidad o dirección, considerando que por lo general los motores usados son rotacionales.

1.3.4. Aplicaciones de los sistemas mecánicos (Directores Mecatrónica TSU, 2009)

Existen varias aplicaciones de los sistemas mecánicos desde los más simples como palancas, poleas, etc., como los más complejos como excavadoras, tornos, secuencia de cilindros, etc. Así mismo los sistemas mecánicos se emplean en tareas técnicas siendo las principales aplicaciones de los sistemas mecánicos en equipos industriales las siguientes:

- ✓ Sujeción.
- ✓ Apoyo.
- ✓ Transmisión de movimiento y potencia.
- ✓ Transporte.
- ✓ Transformación.
- ✓ Manipulación.
- ✓ Almacenamiento.
- ✓ Selección y separación.

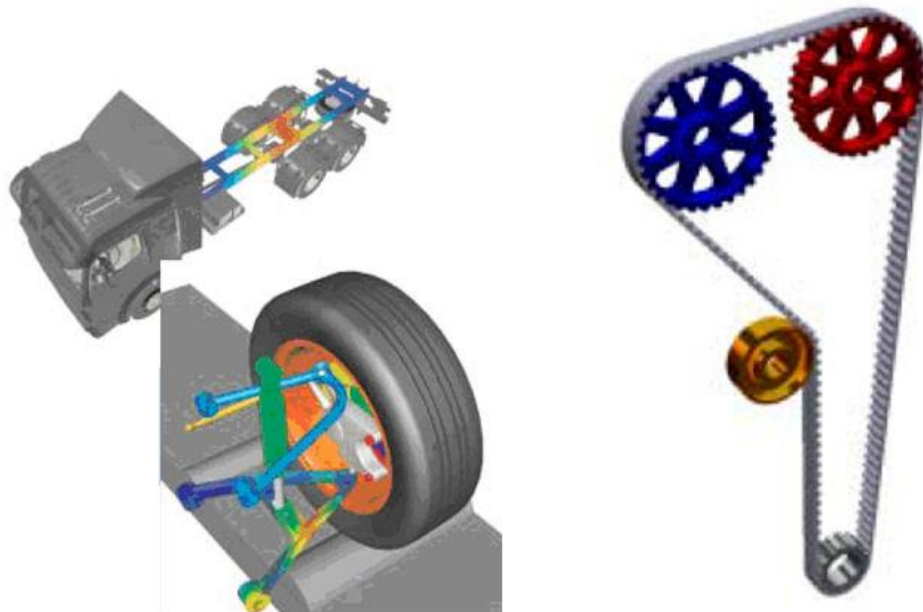


Figura 1. 13. Aplicaciones de los sistemas mecánicos

Fuente: REYES Jesús (2013) Prototipos Virtuales
 URL: <http://www.iat.es/2013/02/prototipos-virtuales>

1.3.5. Sistemas mecánicos empleados en el sistema

El sistema usa los siguientes sistemas mecánicos:

a. Banda transportadora

a.1. Definición y funciones (Santillán, 2008)

“Una cinta transportadora o banda transportadora es un aparato para el transporte de objetos formado por dos poleas que mueven una cinta transportadora continua. Las poleas son movidas por motores, haciendo girar la cinta transportadora y así lograr transportar el material depositado en la misma.” (BRUNSSSEN de occidente, 2005).

La función principal de la banda es soportar directamente el material a transportar y desplazarlo desde un punto a otro, razón por la cual se la puede considerar el componente principal de todo sistema de transportación.

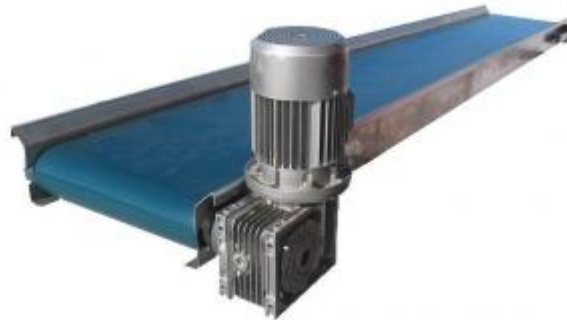


Figura 1. 14. Banda lisa

Fuente: MAQ Martín (2014) Maquinaria-Transportadores
 URL: http://www.martinmaq.com/web/es/lista_maquinas/Transportadores

a.2. Empleos de las cintas transportadoras.

El empleo de las Cintas Transportadoras es muy diverso entre las cuales podemos destacar los siguientes:

- ✓ Las industrias extractivas (minas subterráneas y a cielo abierto, canteras).
- ✓ Las Industrias Siderúrgicas (parques de carbón y minerales).
- ✓ Instalaciones portuarias de almacenamiento, carga y descarga de barcos.
- ✓ Centrales Térmicas (parques de almacenamiento y transporte a quemadores de carbón, así como la evacuación de las cenizas producidas).
- ✓ Agroindustrias azucareras (Transporte de bagazo, cachaza).
- ✓ Industria Automotriz.
- ✓ Industria Químico – Farmacéutica.

b. Mecanismo de Palanca

PALANCA (Wikipedia, 2013). Es un mecanismo simple que transmite fuerza y desplazamiento. Se compone de una barra rígida que puede girar libremente alrededor de un punto de apoyo llamado fulcro.

b.1. Tipos de palancas

Dependiendo de la posición relativa de los puntos de aplicación tanto de potencia y resistencia podemos distinguir tres géneros de palancas. Su funcionamiento se basa en el mismo principio independientemente al tipo o aplicación del mecanismo.

Palanca de primera clase



Figura 1. 15. Palanca de primera clase.

Fuente: Wikipedia (2013) Palanca Mecánica
URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Palanca>

Como se puede notar en la Figura 1. 15 se trata de una palanca en la cual el punto apoyo se encuentra situado entre la potencia y resistencia.

Palanca de segunda clase



Figura 1. 16. Palanca de segunda clase.

Fuente: Wikipedia (2013) Palanca Mecánica
URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Palanca>

En la palanca de segunda clase tanto resistencia y potencia se encuentran en un mismo lado a cierta distancia del punto de apoyo, por tratarse de la misma dirección pero sentido diferente, la potencia suele ser menor que la resistencia si esta se encuentra más alejada del punto de apoyo.

Palanca de tercera clase

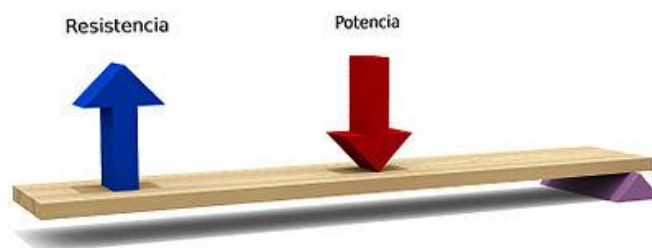


Figura 1. 17. Palanca de tercera clase.

Fuente: Wikipedia (2013) Palanca Mecánica

URL: <http://es.wikipedia.org/wiki/Palanca>

Al igual que en el caso de la palanca de segunda clase tanto resistencia como potencia se encuentran sobre el mismo lado con la diferencia que sus direcciones son opuestas, por consecuencia la potencia requerida normalmente es mayor.

1.4. Sistemas eléctricos (Correia, 2009)

1.4.1. Introducción

Los sistemas eléctricos tienen gran importancia en la actualidad, ya que existe un sin número de aplicaciones de circuitos eléctricos que se implementan en varios objetos comunes, como: automóvil, televisión, radio, teléfono, computadoras, entre muchos y otros son aparatos que requieren para su funcionamiento, de circuitos eléctricos simples o complejos.

Un sistema eléctrico consiste en el recorrido de los electrones a lo largo de un elemento conductor, desde la fuente de corriente eléctrica (que es fundamental para el funcionamiento del circuito) hasta el elemento que lo consume.

Cada circuito tiene una serie de características específicas, las cuales deben ser analizadas, a más de ello es importante determinar los componentes y elementos que forman el circuito con el fin de establecer y determinar la funcionalidad de dichos sistemas eléctricos.

Es indispensable el estudio de los circuitos eléctricos para la implementación de sistemas de automatización, que optimizan procesos.

1.4.2. Definición

Un sistema eléctrico es aquel que está formado por dispositivos eléctricos o electrónicos como resistencias, bobinas, capacitores, fuentes o semiconductores, que están conectados a través de conductores, con la finalidad de cumplir un objetivo específico.

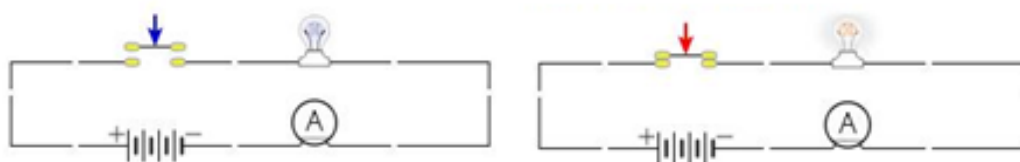


Figura 1. 18. Sistema eléctrico sencillo

Fuente: CORREIA, A. (2009) Sistema Eléctrico

URL: http://www.monografias.com/usuario/perfiles/andreina_correia/monografias

1.4.3. Características de los sistemas eléctricos

- ✓ Un circuito eléctrico está constituido por una fuente de voltaje (tomacorriente), conductores (que transportan los electrones) y un

receptor de energía (motor, foco, estufa, licuadora, etc.), que transforma la electricidad recibida en luz, movimiento, calor, etc.

- ✓ Se requiere que los electrones (corriente) circulen por el circuito para que se realice la transformación de energía.
- ✓ El circuito debe ser cerrado y formado por dispositivos conductores con una fuente de voltaje. El circuito puede ser abierto o cerrado por interruptores.

1.4.4. Instrumentos de control

Para abordar el tema de los instrumentos de control es importante describir los que se van a emplear para la implementación del sistema así:

a. ARDUINO

“Arduino 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.

Arduino tiene diferentes aplicaciones interactivas debido a su capacidad de recibir gran variedad de entradas tanto digitales (interruptores) como analógicas (sensores), así mismo, posee salidas con las cuales se puede controlar un gran número de actuadores como motores, luces, etc. Además la tarjeta Arduino posee librerías de comunicación, que permite ampliar sus aplicaciones.

Tanto el software como el hardware es libre, por lo tanto la tarjeta puede comprarse o construirse, ya que, el diseño puede ser descargado gratuitamente.

El lenguaje de programación que usa Arduino es una implementación de Wiring, que es muy amigable con el usuario y de fácil aprendizaje, además posee un entorno de programación multimedia.” (ARDUINO , 2014)

1.4.5. Máquinas Eléctricas (Kosow, 1982)

Se considera una máquina eléctrica un mecanismo capaz de convertir la energía mecánica en eléctrica (generador) o energía eléctrica en mecánica (motor).

Los diversos tipos de máquinas son:

- ✓ Máquina de corriente continua (c.c.).
- ✓ Máquina síncrona (c.a.).
- ✓ Máquina asíncrona (c.a.).

En la Figura 1. 19 se puede ver una sección de una máquina de c.c. simplificada para destacar las partes más importantes.

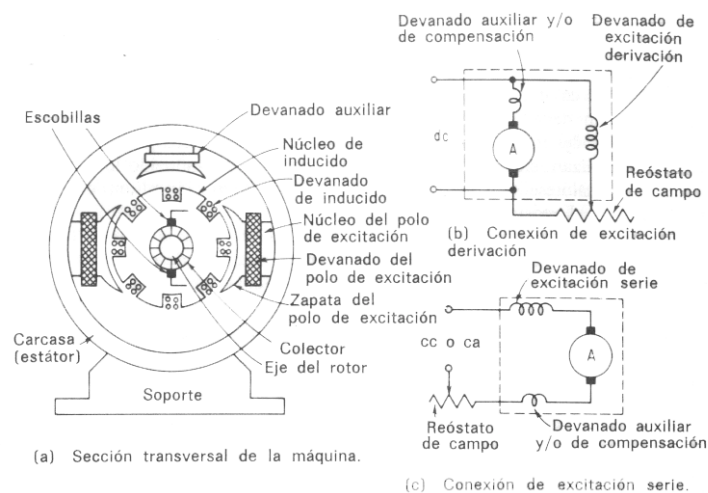


Figura 1. 19. Construcción de la máquina de c.c. y circuitos eléctricos.
(a) Sección transversal; (b) Conexión derivación; (c) Conexión serie

Fuente: Kosow Irving (1982) Máquinas eléctricas y transformadores.

España: REVERTÉ

1.4.6. Tipos de Máquinas Eléctricas

a. Máquina Síncrona (Inductor Fijo).

Se puede establecer un estator similar para el caso de la máquina síncrona como la máquina c.c., y la excitación del devanado lógicamente es mediante corriente continua.

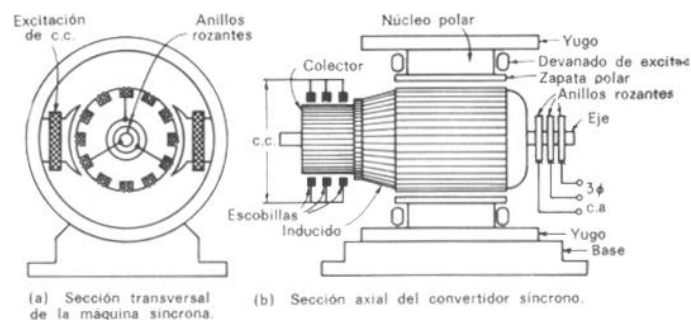


Figura 1. 20. Máquina síncrona, inducido móvil y polos salientes.

Fuente: Kosow Irving (1982) Máquinas eléctricas y transformadores.
España: REVERTÉ

b. Máquina Síncrona (Inductor Móvil).

En esta máquina, la alimentación de corriente continua del devanado de excitación es a través de dos anillos rozantes y el inducido se conecta directamente a una fuente de corriente alterna o a una carga.

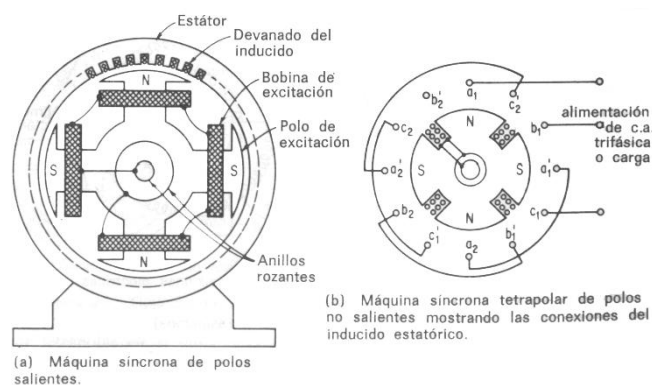


Figura 1. 21. Máquina síncrona de inductor móvil.

Fuente: Kosow Irving (1982) Máquinas eléctricas y transformadores.
España: REVERTÉ

c. Máquina Asíncrona De Inducción.

La máquina asíncrona de inducción presenta una constitución del estator idéntica a la descrita en la máquina síncrona de inductor móvil. Por consiguiente, el devanado estatórico del inducido puede estar conectado a una alimentación de c.a. monofásica o polifásica. Puede convertirse en un generador asíncrono de inducción si el rotor se hace girar mediante un motor primario a una velocidad que supere la velocidad de sincronismo.

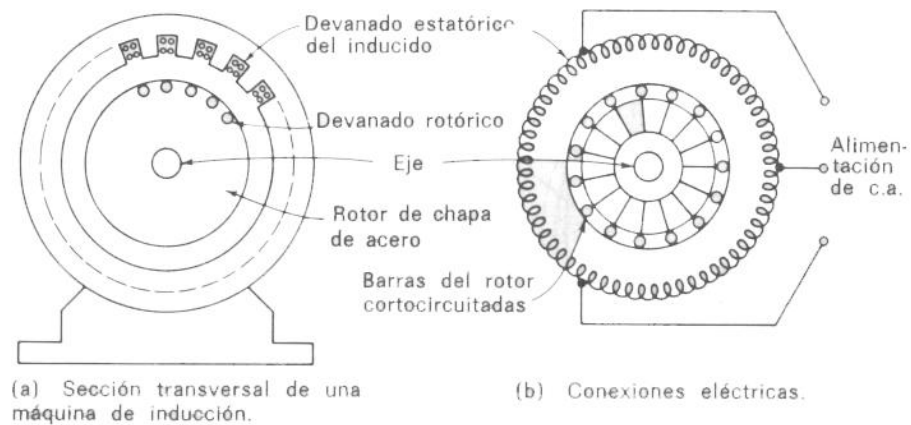


Figura 1. 22. Máquina de inducción (asíncrona).

Fuente: Kosow Irving (1982) Máquinas eléctricas y transformadores.
España: REVERTÉ

En el rotor de jaula de ardilla, los conductores rotóricos están cortocircuitados en cada extremo mediante anillos terminales continuos; de ahí el nombre jaula de ardilla. En los rotores grandes, los anillos de los extremos están soldados en lugar de fundidos con los conductores. Las barras del rotor de jaula de ardilla no siempre se mantienen paralelas a la longitud axial del rotor sino que pueden disponerse formando un cierto ángulo con el eje del rotor a fin de impedir saltos y producir un par más uniforme.

1.5. Interfaz Gráfica de Usuario en MATLAB (Manual de Interfaz Gráfica de Usuario en Matlab, 2008)

1.5.1. Introducción



Figura 1. 23. Interfaz gráfica de usuario

Fuente: LAPUENTE, M. (2013) La interfaz gráfica
 URL: <http://www.hipertexto.info/documentos/interfaz.htm>

En la actualidad se usa comúnmente metáforas visuales a través de interfaces gráficas, con el fin de facilitar para al usuario el uso de ordenadores, es decir, la interfaz gráfica de usuario (GUI) provee una forma fácil e intuitiva de interacción entre el usuario y la PC.

En la antigüedad los programas requerían comandos para cumplir funciones solicitadas por el usuario, en la actualidad estos comandos o líneas de código han sido suplantados por una interfaz amigable y vistosa.



Figura 1. 24. Interfaz antigua

Fuente: LAPUENTE, M. (2013) La interfaz gráfica
 URL: <http://www.hipertexto.info/documentos/interfaz.htm>

Una interfaz es un dispositivo que permite la comunicación entre dos sistemas que no hablan el mismo lenguaje, como por ejemplo: el sistema computacional maneja código binario, mientras que el ser humano no lo domina, la interfaz presenta una imagen entendible por el hombre, quien da una orden a la interface, la misma que es codificada en un lenguaje entendible por el computador, que finalmente realiza la acción solicitada.

1.5.2. Características de la Interfaz Gráfica

Las características básicas de una buena interfaz podrían sintetizarse en:

- ✓ Facilidad de comprensión, aprendizaje y uso
- ✓ Representación fija y permanente de un determinado contexto de acción (fondo)
- ✓ El objeto de interés ha de ser de fácil identificación
- ✓ Diseño ergonómico mediante el establecimiento de menús, barras de acciones e iconos de fácil acceso
- ✓ Las interacciones se basarán en acciones físicas sobre elementos de código visual o auditivo (iconos, botones, imágenes, mensajes de texto o sonoros, barras de desplazamiento y navegación...) y en selecciones de tipo menú con sintaxis y órdenes
- ✓ Las operaciones serán rápidas, incrementales y reversibles, con efectos inmediatos
- ✓ Existencia de herramientas de Ayuda y Consulta
- ✓ Tratamiento del error bien cuidado y adecuado al nivel de usuario

1.5.3. Diseño de una Interfaz Gráfica

Para diseñar una correcta interfaz se debe enfocar la programación a las necesidades y conocimientos del usuario directo de la interfaz. También es importante determinar el correcto contenido presente y su funcionalidad,

determinando herramientas adecuadas y una estructura organizada, que permitan el manejo de la interfaz por parte del usuario.

En general, las interfaces deben facilitar y simplificar el acceso y los recorridos de los usuarios.



Figura 1. 25. Diseño amigable de una interfaz

Fuente: LAPUENTE, M. (2013) La interfaz gráfica

URL: <http://www.hipertexto.info/documentos/interfaz.htm>

CAPÍTULO II

DISEÑO, SELECCIÓN E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

2.1. Introducción

Este capítulo tiene como finalidad determinar el diseño más adecuado que cumpla con las necesidades específicas del sistema de selección de huevos fértiles, de manera que se cumpla con requerimientos como ergonomía, modulabilidad, flexibilidad y principalmente funcionalidad.

Se desarrollará varios diseños los cuales serán evaluados matemáticamente y con ayuda de programas se verificará su funcionalidad.

Para desarrollar el sistema se parte de las siguientes características específicas de diseño:

- ✓ Capacidad máxima de transporte.
- ✓ Velocidad máxima de la banda.
- ✓ Material de los accesorios.
- ✓ Material de la banda.
- ✓ Dimensiones de la estructura.
- ✓ Material de la estructura

Es importante resaltar que el transporte de huevos representa un reto significativo, pues son unidades sensibles a golpes, por ello el sistema debe estar dotado de un material suave y movimientos controlados que no comprometan el estado del huevo, que es prioridad en el sistema.

Considerando lo anteriormente planteado, la estructura principal será la banda de transporte de los huevos, cuya funcionalidad representará un porcentaje significativo del éxito del sistema total.

Para un mejor entendimiento del posterior detalle del diseño mecánico es necesario pre visualizar el sistema y los elementos que requieren un diseño metodológico, tal es así que en la Figura 2. 1 se puede ver el sistema y sus partes principales.

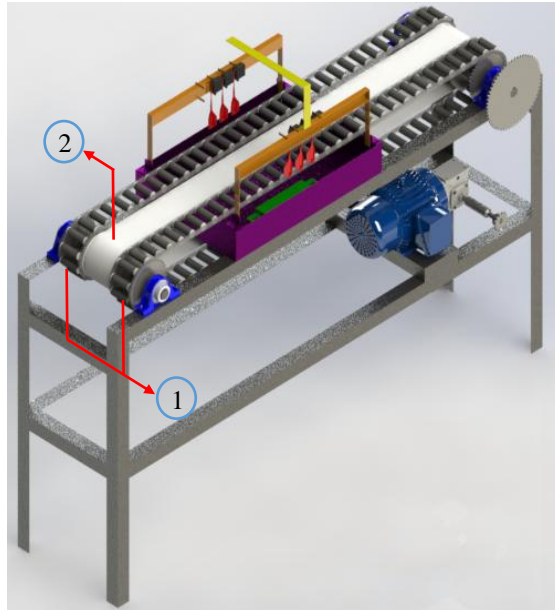


Figura 2. 1. Vista Isométrica del sistema.
1) Cadenas transportadoras; 2) Cinta transportadora
Fuente: Autores

En la parte central se puede notar una base que contiene varios pequeños elementos de entre los cuales es necesario diseñar el mecanismo de empuje mostrado en la Figura 2. 2 que estaría impulsado por un pequeño servomotor.

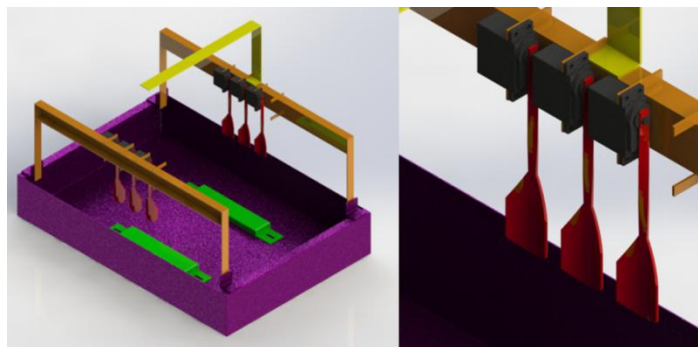


Figura 2. 2. Mecanismo de empuje tipo cuchara.
Fuente: Autores

También es notable ver que el motor transmite su movimiento y potencia a través de un sistema de cadena – piñón que se puede observar de mejor manera en la Figura 2. 3.

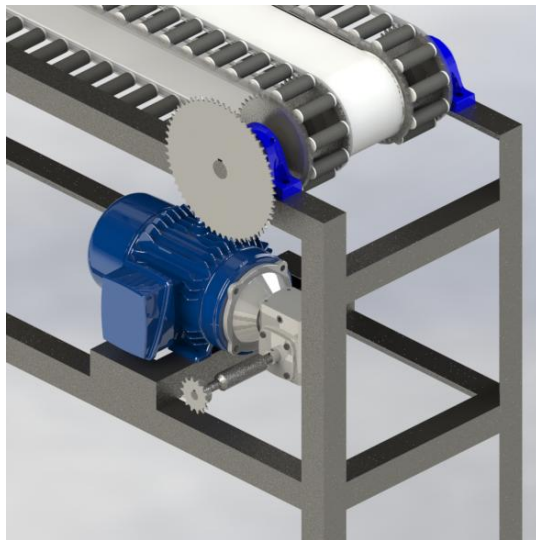


Figura 2. 3. Sistema de transmisión de potencia.

Fuente: Autores

Para finalizar el diseño de las partes mecánicas que requiere un análisis, y por tratarse de una banda transportadora es claro pensar en la necesidad de un eje motriz conductor que resista a la tensión que se generará, mencionado eje se puede observar en la Figura 2. 4.

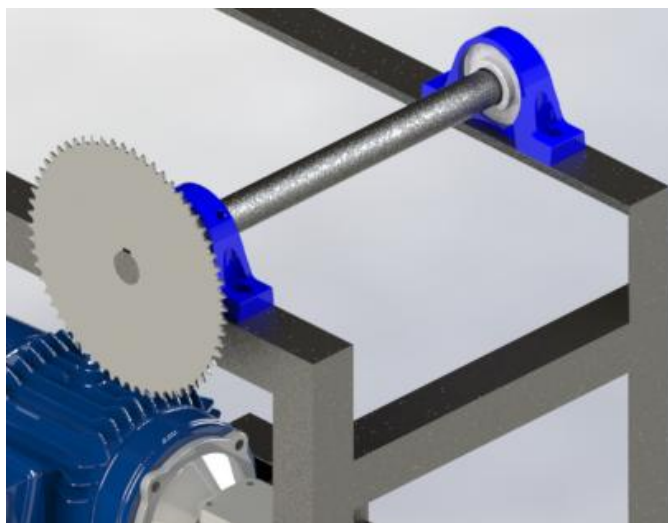


Figura 2. 4. Eje conductor de la banda transportadora.

Fuente: Autores

2.2. Diseño y selección de los elementos mecánicos

Para el desarrollo del sistema se toman los siguientes parámetros de diseño:

- ✓ Velocidad máxima de la banda = 0,05 m/s.
- ✓ Material de los accesorios = caucho.
- ✓ Material de la banda = poliéster.
- ✓ Dimensiones de la estructura = 2m x 1m x 1.75m.
- ✓ Material de la estructura = Latón.
- ✓ Capacidad máxima de transporte = 200 Kg. (incluyendo huevos, accesorios y cadena).

2.2.1. Metodología de diseño

La metodología empleada para el diseño de la banda transportadora es deductiva ya que de las ecuaciones y teoría planteadas de manera general se aplican específicamente en el desarrollo de un sistema particular cumpliendo requerimientos específicos.

2.2.2. Diseño de la cadena transportadora

a. Cadenas de transportación (UCLM, 2012)

Básicamente una cadena transportadora hace referencia a una banda transportadora en la cual se utilizan cadenas en lugar de materiales sintéticos apoyados sobre tambores, esto debido a la necesidad explícita de separar el material transportado en cargas equitativas en lo posible, como es el ejemplo de los elevadores de chatarra en una fundidora de metales.

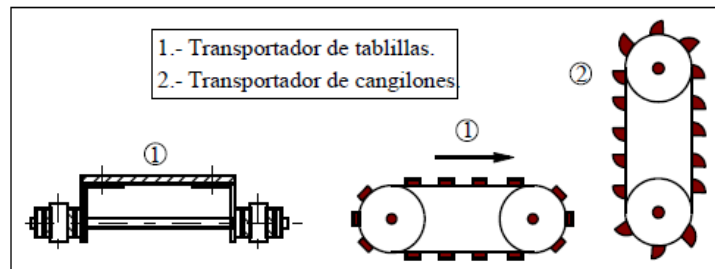


Figura 2. 5. Cadenas Transportadoras.

Fuente: Universidad de la Castilla (2012) CADENAS

URL: <http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema07.pdf>

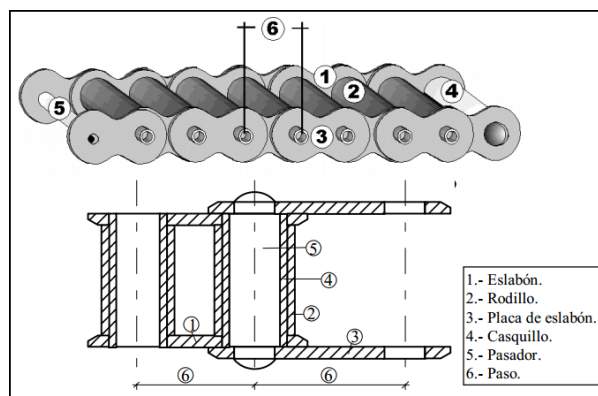


Figura 2. 6. Partes básicas de una cadena.

Fuente: Universidad de la Castilla (2012) CADENAS

URL: <http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema07.pdf>

Las cadenas empleadas en esta transmisión suelen tener libertad de movimiento solo en una dirección y tienen que engranar de manera muy precisa con los dientes de los piñones. Las partes básicas de las cadenas son: placa lateral, rodillo y pasador.

Las ruedas dentadas suelen ser una placa de acero sin cubo (aunque también las hay de materiales plásticos).

a.1. Clasificación de transportadores (Cotransa, 2009)

Transportador y elevador: La carga a transportar está indirectamente en contacto con las cadenas (la carga se apoya en tablillas, bandejas, cangilones, soportes, etc.). Cadena rodando.

Transportador y arrastrador: La carga a transportar es arrastrada por la cadena (por medio de topes de arrastre, barras, etc.) a través de una pista de deslizamiento. Cadena rodando y carga deslizándose.

Arrastrador: La carga a transportar es a granel y situada en canales.

b. Dimensionamiento de la cadena transportadora

Tomando en cuenta las necesidades de análisis mediante visión artificial es necesario crear dos cadenas transportadoras paralelas con cavidades individuales, que permitan la emisión de luz por la parte inferior así como la movilidad del mecanismo que separe los huevos que no cumplan los parámetros requeridos de fertilidad para su incubación.

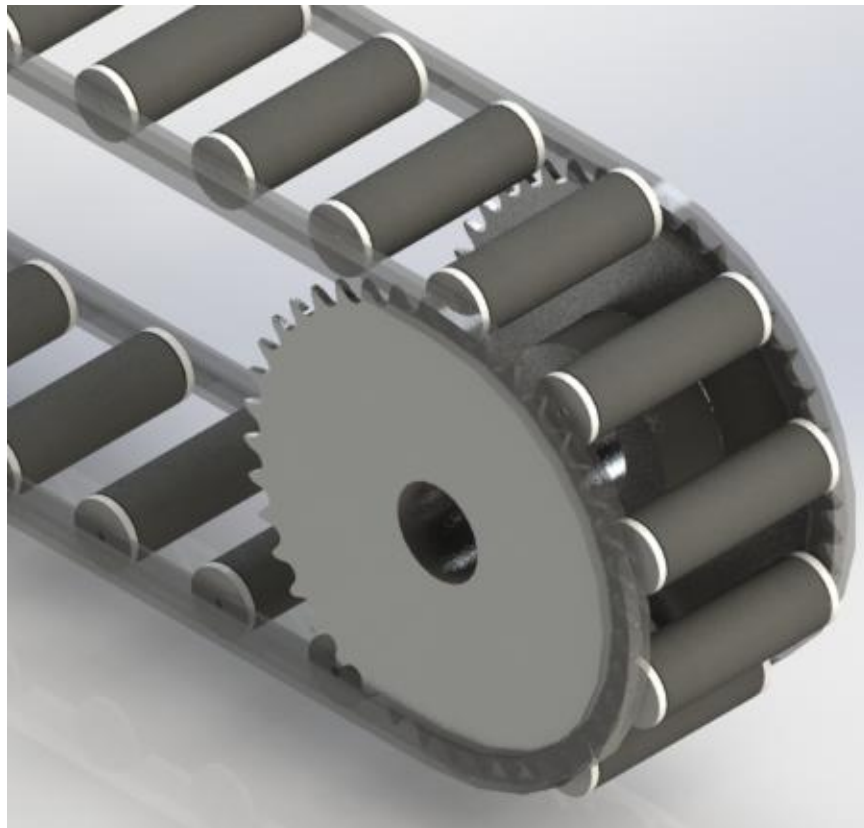


Figura 2. 7. Diseño de la cadena transportadora de huevos.
Fuente: Autores

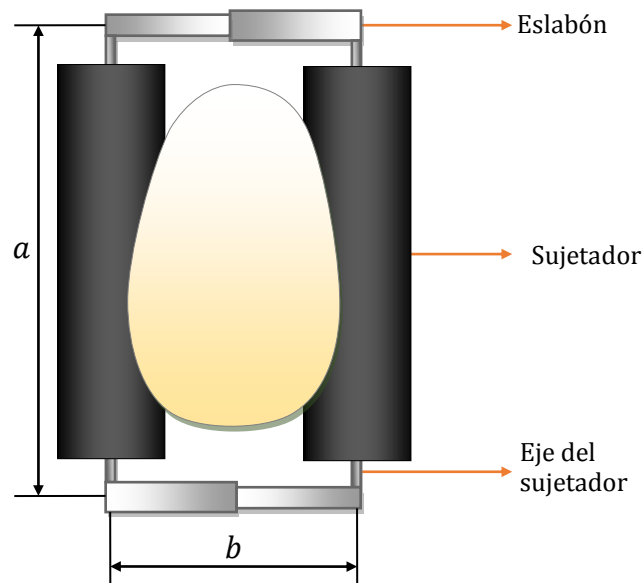


Figura 2. 8. Esquema dimensional de cavidad por unidad de huevo.
Fuente: Autores

Tabla 2. 1. Descripción del dimensionamiento de cavidad.

Leyenda	Dimensión
<i>a</i>	0.080 m
<i>b</i>	0.050 m

Fuente: Autores

Ya que los sujetadores que conformarán las cavidades para el transporte deberán distar entre sí de acuerdo a medidas promedio de los huevos, es conveniente el manejo de cadenas de 0,0127 m de paso, y así colocar un sujetador cada cuatro eslabones.

c. Dimensionamiento del piñón (Mott, 2006)

DIÁMETRO DE PASO DEL PIÑÓN

$$D = \frac{p}{\sin\left(\frac{180^\circ}{N}\right)}$$

Ec. 1

Dónde las unidades requeridas de la ecuación son:

D = Diámetro de Paso, [in]
 p = Paso, [in]
 N = Número de dientes

Para este caso y debido a la luz requerida, es necesario dejar un espacio pertinente entre el lado tenso y flojo de la cadena de aproximadamente 0.160 m equivalente a 0.625".

Desarrollando:

$$N = \frac{180^\circ}{\sin^{-1}\left(\frac{p}{D}\right)}$$

$$N = \frac{180^\circ}{\sin^{-1}\left(\frac{0.5}{6.25}\right)}$$

$$N = 39.22 \approx 40$$

Por lo tanto el diámetro de paso será.

$$D = \frac{0.5}{\sin\left(\frac{180^\circ}{40}\right)}$$

$$D = 6.3727 \text{ in} \approx 0.1618 \text{ m}$$

Ya que el paso de la cadena a usar es 0.0127 m equivalente a 1/2" se debe seleccionar la catarina con Z 40 del catálogo de REXNORD cuyo detalle se encuentra en el anexo A. 2. 4, o una catarina similar comercialmente disponible.

d. Dimensionamiento de la cadena (Rexnord® and Link-Belt®, 2009)

d.1. Distancia entre centros

$$CD_p = \frac{CD}{p}$$

Ec. 2

Dónde las unidades requeridas por la ecuación son:

$$\begin{aligned} CD &= \text{Distancia longitudinal entre centros, [in]} \\ CD_p &= \text{Distancia entre centros en pasos de cadena, [pasos]} \end{aligned}$$

Desarrollando:

Dadas las dimensiones estructurales definidas en el punto Diseño y selección de los elementos mecánicos, y el resultado del literal c. del punto 2.2.2. Diseño de la cadena transportadora, tenemos los valores:

$$\begin{aligned} CD &= 60 \text{ in} \approx 1.524 \text{ m} \\ p &= 0.5 \text{ in} \approx 0.0127 \text{ m} \end{aligned}$$

Por lo tanto se tiene:

$$\begin{aligned} CD_p &= \frac{60}{0.5} \\ CD_p &= 120 \text{ [pasos]} \end{aligned}$$

d.2. Longitud de cadena

$$L_p = 2CD_p + \frac{N+n}{2} + \left(\frac{N-n}{2\pi}\right)^2 \frac{1}{CD_p} \quad \text{Ec. 3}$$

Dónde:

$$\begin{aligned} L_p &= \text{Longitud de la cadena en pasos, [pasos]} \\ N &= \text{Número de dientes de la catarina conducida} \\ n &= \text{Número de dientes de la catarina conductora} \end{aligned}$$

Desarrollando:

Tanto N y n (catarina conductora y conducida) tiene el mismo valor de 40 dientes y con el resultado anteriormente descrito de CD_p tenemos:

$$L_p = 2(120) + \frac{40 + 40}{2} + \left(\frac{40 - 40}{2\pi}\right)^2 \frac{1}{120}$$

$$L_p = 280 \text{ [pasos]}$$

e. Número de sujetadores

Con la selección de medidas descritas en el literal b. del numeral 2.2.2 podemos concluir que el número de sujetadores requeridos para la cadena transportadora es de la siguiente manera.

$$NS = \frac{L_p}{4} \quad \text{Ec. 4}$$

Dónde:

NS = Número de Sujetadores

Se divide la longitud de cadena entre 4 ya que corresponde al número de pasos de $\frac{1}{2}$ " existentes en 2" de distancia entre sujetadores.

Desarrollando:

$$NS = \frac{280}{4}$$

$$NS = 70$$

Y finalmente dado que son dos cadenas transportadoras en paralelo se duplicaría la cantidad, con un peso aproximado por sujetador de 200 g.

$$\text{Total Sujetadores} = 140$$

f. Velocidad lineal de la cadena

$$V = \frac{\pi D \cdot n}{1000} \quad \text{Ec. 5}$$

Dónde las unidades requeridas por la ecuación son:

- V = Velocidad lineal de la cadena, [m/min]
 D = Diámetro primitivo de la rueda, [mm]
 n = Velocidad de la rueda motriz, [rpm]

La velocidad lineal requerida es de 5 cm/s, por ende de la Ec. 5 se puede obtener la velocidad angular que cumple los objetivos de diseño.

Conversión de unidades:

$$5 \frac{\text{cm}}{\text{s}} \left| \frac{60 \text{ s}}{1 \text{ min}} \right| \left| \frac{1 \text{ m}}{100 \text{ cm}} \right| = 3 \frac{\text{m}}{\text{min}}$$

Despejando y desarrollando n tendremos:

$$n = \frac{1000 \cdot V}{\pi D}$$

$$n = \frac{1000 \cdot 3}{\pi(161.8)}$$

$$n = 5.9 \text{ rpm} \approx 6 \text{ rpm}$$

g. Peso de la carga a transportar

$$P_m = \frac{QL}{60V} \quad \text{Ec. 6}$$

Dónde las unidades definidas por la ecuación son:

Pm = Carga a transportar, [Kg]
 Q = Carga transportada por hora, [Kg/h]
 L = Distancia entre ejes, [m]

Carga transportada por hora:

Se espera un procesamiento en caso favorable aproximado de un huevo (64 g) por segundo, lo que en carga por hora representaría:

$$Q = 64 \frac{\text{g}}{\text{s}} \left| \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} \right| \left| \frac{3600 \text{ s}}{1 \text{ h}} \right| = 230.4 \frac{\text{Kg}}{\text{h}}$$

Desarrollando:

$$Pm = \frac{(230.4)(1.524)}{60(3)}$$

$$Pm = 1.95 \text{ Kg}$$

h. Carga aplicada sobre la cadena

Los siguientes coeficientes a utilizarse para el cálculo respectivo se encuentran en el anexo A. 3.

$$Ca = \frac{Pm \cdot f_1 + (Pa + Pc) \cdot f_2}{N \cdot z \cdot f_x}$$

Ec. 7

Dónde:

Ca = Carga aplicada, [Kg]
 f_1, f_2 = Coeficientes cálculo (anexo A. 3. 1)
 f_x = Coeficiente de inclinación (anexo A. 3. 2)
 N = Número de ejes motrices
 Pa = Peso total de los accesorios, [Kg]
 Pc = Peso total de las cadenas, [Kg]
 z = Número de cadenas en paralelo

Peso de los accesorios o sujetadores por transportadora:

$$Pa = (70 \cdot 200)g \left| \frac{1 \text{ Kg}}{1000 \text{ g}} \right|$$

$$Pa = 14 \text{ Kg}$$

Peso total de las cadenas paralelas:

$$Pc = 2q \cdot L_p \quad \text{Ec. 8}$$

Dónde:

q = Coeficiente de peso, [lb/ft]

Coeficiente de peso disponible en el anexo A. 2. 2.

$$Pc = 2 \cdot \left(0.27 \frac{\text{lb}}{\text{ft}} \right) (280 \cdot 0.5 \text{ in}) \left| \frac{1 \text{ ft}}{12 \text{ in}} \right| \left| \frac{1 \text{ Kg}}{2.2 \text{ lb}} \right| = 2.86 \text{ Kg}$$

Desarrollando Ca :

$$Ca = \frac{1.95 \cdot 4 + (14 + 2.86) \cdot 1}{1 \cdot 2 \cdot 0.14}$$

$$Ca = 88.07 \text{ Kg}$$

i. Carga de trabajo

$$Ct = f_u \cdot Ca \quad \text{Ec. 9}$$

Dónde:

Ct = Carga corregida, [Kg]

f_u = Coeficiente de utilización (anexo A. 3. 3)

Desarrollando:

$$Ct = 1.1 \cdot 88.07$$

$$Ct = 96.877 \text{ Kg}$$

j. Presión admisible eje – casquillo

$$Pe = \frac{Ct}{pE} \quad \text{Ec. 10}$$

Donde las unidades requeridas por la ecuación son:

$$\begin{aligned} Pe &= \text{Presión admisible eje – casquillo, [daN/mm}^2\text{]} \\ p &= \text{Paso, [mm]} \\ E &= \text{Distancia interna entre eslabones, [mm]} \end{aligned}$$

La distancia interna entre eslabones se encuentra con el mismo nombre en el anexo A. 2. 2.

Desarrollando:

$$\begin{aligned} Pe &= \frac{96.877 \text{ Kg}}{0.5 \cdot 0.25 \text{ in}^2} \left| \frac{1 \text{ in}^2}{(25.4)^2 \text{ mm}^2} \right| \left| \frac{9.8 \text{ N}}{1 \text{ Kg}} \right| \left| \frac{1 \text{ daN}}{10 \text{ N}} \right| \\ Pe &= 1.17 \frac{\text{daN}}{\text{mm}^2} \end{aligned}$$

Presión admisible para la cadena seleccionada con materiales en contacto Ac. – Ac., verificación disponible en el anexo A. 3. 5.

k. Potencia motriz

Para inclinación de hasta 15°.

$$P = \frac{2,4 \cdot Ca \cdot z \cdot V}{3500}$$

Ec. 11

Dónde las unidades resultantes de la ecuación son:

$$P = \text{Potencia requerida} \quad [CV]$$

Desarrollando:

$$P = \frac{2,4 \cdot 88,07 \cdot 2 \cdot 3}{3500} = 0,141 \text{ CV} \left| \frac{735,5 \text{ W}}{1 \text{ CV}} \right| = 266,32 \text{ W}$$

Dado que son dos transportadoras en paralelo podemos decir que la potencia total requerida por las cadenas transportadoras es:

$$P_{total \text{ cadenas}} = 532,64 \text{ W}$$

2.2.3. Cálculo de la cinta transportadora (Forbo, 2009)

a. Fuerza tangencial máxima

Para el cálculo de la fuerza tangencial máxima F_U [N], por las características que presenta el sistema se empleará la ecuación de orden 1 del anexo A. 1. 1.

$$F_U = \mu_R \cdot g(m + m_B + m_R)$$

Ec. 12

Dónde las unidades requeridas por la ecuación son:

$$F_U = \text{Fuerza tangencial, [N]}$$

$$\mu_R = \text{Coeficiente de fricción para marcha sobre rodillo}$$

$$g = \text{Aceleración de la gravedad, [m/s}^2\text{]}$$

$$m = \text{Masa de la mercancía transportada en total, [kg]}$$

m_B = Masa de la banda, [kg]

m_R = Masa de todos los tambores, excepto el tambor motriz, [kg]

Desarrollando:

Con los valores propios del sistema:

μ_R : 0.35. Se obtiene del anexo A. 1. 2

g : 9.81 m/s²

m : 1.8 Kg

m_B : 1.36 Kg

m_R : Para obtener este valor precedemos de la siguiente manera:

$$m_R = \gamma * \left(\frac{\pi D_T^2}{4} \cdot h \right)$$

Ec. 13

Dónde las unidades requeridas por la ecuación son:

γ = Peso específico del material del rodillo, [gr/cm³]

D_T = Diámetro del rodillo, [cm]

h = Altura, [cm]

Reemplazando los valores en Ec. 13, se obtiene:

$$m_R = \frac{1.14 \text{ gr}}{\text{cm}^3} * \left(\frac{\pi (22.71 \text{ cm})^2}{4} \cdot 12.7 \text{ cm} \right)$$

$$m_R = 5864.537 \text{ gr} \approx 5.864 \text{ Kg}$$

Reemplazando los valores respectivos en Ec. 12 tenemos:

$$F_U = (0.35) \cdot \left(\frac{9.81 \text{ m}}{\text{s}^2} \right) (1.8 \text{ kg} + 1.36 \text{ kg} + 5.864 \text{ kg})$$

$$F_U = 30.984 \text{ N}$$

a.1. Fuerza de tracción máxima de la banda F_1

Con una fuerza tangencial calculable F_U

$$F_1 = F_U * C_1 \quad \text{Ec. 14}$$

Dónde:

F_1 = Fuerza de tracción máxima de la banda, [N]

F_U = Fuerza tangencial, [N]

C_1 = Factor de Cálculo Coeficiente de fricción para marcha sobre rodillo

Para los valores del sistema:

F_U : 30.984 N Según los cálculos realizados.

C_1 : 1,5. Se obtiene tomando el valor correspondiente del anexo A. 1. 3 conociendo que el material de la banda es poliéster con recubrimiento de la cara inferior tipo E0 (Poliuretano).

Reemplazando los valores en Ec. 14, se obtiene:

$$F_1 = (30.98 \text{ N}) * (1.5)$$

$$F_1 = 46.476 \text{ N}$$

a.2. Control del tipo de banda seleccionado

Para determinar si la banda ha sido seleccionada correctamente debe cumplir la siguiente desigualdad:

$$\frac{F_1}{b_0} \leq C_2 = (\varepsilon_{max} \cdot k_{1\%}) \quad \text{Ec. 15}$$

Dónde las unidades requeridas por la ecuación son:

- F_1 = Fuerza de tracción máxima de la banda, [N]
 b_0 = Ancho de la banda, [mm]
 ε_{max} = Elongación máxima de la banda, [%]
 $k_{1\%}$ = Fuerza de tracción relajada de la banda con una elongación del 1% por unidad de anchura, [N/mm]

Para los valores del sistema:

- F_1 : 46.476 N cálculos anteriores
 b_0 : 120 mm
 ε_{max} : 2 Se obtiene del anexo A. 1. 4, conociendo que el material de la banda es poliéster
 $k_{1\%}$: 3.5 [N/mm] Se obtiene de los datos técnicos de la banda en el anexo A. 1. 2

Reemplazando los valores en Ec. 15, se obtiene:

$$\frac{46.476 \text{ N}}{120 \text{ mm}} \leq (2) \cdot \left(3.5 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \right)$$

$$0.387 \frac{\text{N}}{\text{mm}} \leq 7 \frac{\text{N}}{\text{mm}}$$

Por lo tanto se concluye que la banda ha sido seleccionada correctamente.

b. Diámetro mínimo del tambor motriz

Para el cálculo del diámetro mínimo del tambor motriz se emplea la siguiente fórmula:

$$d_A = \frac{F_U \cdot C_3 \cdot 180}{b_0 \cdot \beta} \quad \text{Ec. 16}$$

Donde las unidades requeridas por la ecuación son:

d_A = Diámetro mínimo del tambor motriz, [mm]

F_U = Fuerza tangencial, [N]

C_3 = Factor C3 (válido para el tambor motriz)

b_0 = Ancho de la banda, [mm]

β = Ángulo de contacto en el tambor motriz, [°]

Para los valores del sistema:

F_U : 30,984 N Según cálculos anteriores

C_3 : 25. Se obtiene del anexo A. 1. 5, conociendo que el material de la banda es poliéster

b_0 : 120 mm

β : 180 °

Reemplazando los valores en la Ec. 16, se obtiene:

$$d_A = \frac{(30.984 \text{ N}). (25). (180)}{(120 \text{ mm}). (180)}$$

$$d_A = 6.455 \text{ mm}$$

Al obtener este valor de diámetro mínimo y en concordancia con el diseño de las cadenas transportadoras dados los requerimientos, es posible asignar el siguiente diámetro de tambor motriz:

$$d_A = 136 \text{ mm}$$

c. Potencia mecánica en el tambor motriz

A diferencia de la Ec. 11, la potencia mecánica del tambor motriz para cinta transportadora maneja unidades diferentes y se encuentra expresada de forma tal que se ajusta a los valores previamente obtenidos de la Ec. 12.

$$P_A = \frac{F_U \cdot v}{1000} \quad \text{Ec. 17}$$

Dónde las unidades requeridas por la ecuación son:

$$\begin{aligned} P_A &= \text{Potencia mecánica en el tambor motriz, [KW]} \\ F_U &= \text{Fuerza tangencial, [N]} \\ v &= \text{Velocidad de la banda, [m/s]} \end{aligned}$$

Para los valores del sistema:

$$\begin{aligned} F_U &: 30.984 \text{ N Según cálculos anteriores} \\ v &: 0.05 \text{ m/s} \end{aligned}$$

Reemplazando los valores en la Ec. 17, se obtiene:

$$\begin{aligned} P_A &= \frac{(30.984 \text{ N}) \cdot (0.05)}{1000} \\ P_A &= 0.001549 \approx 1.549 \text{ W} \end{aligned}$$

c.1. Potencia mecánica del motor necesaria

$$P_M = \frac{P_A}{n} \quad \text{Ec. 18}$$

Dónde:

$$\begin{aligned} P_M &= \text{Potencia mecánica del motor necesaria, [KW]} \\ P_A &= \text{Potencia mecánica en el tambor motriz, [KW]} \\ n &= \text{Eficiencia accionamiento} \end{aligned}$$

- F_U = Fuerza tangencial, [N]
 F_2 = Fuerza de tracción mínima de la banda (en el tambor motriz), [N]
 $k_{1\%}$ = Fuerza de tracción relajada de la banda con una elongación del 1% por unidad de anchura, [N/mm]
 b_0 = Ancho de la banda, [mm]

Para los valores del sistema:

- F_U : 30.984 N. Según cálculos anteriores
 F_2 : Esta fuerza es igual a $F_1 - F_U$
 $k_{1\%}$: 3.5 N/mm. Se obtiene de los datos técnicos de la banda en el anexo A. 1. 2
 b_0 : 120 mm

Reemplazando los valores en la Ec. 19, se obtiene:

$$\varepsilon \approx \frac{\frac{30.984 \text{ N}}{2} + 2 * (46.476 \text{ N} - 30.984 \text{ N})}{2 * (3.5) * (120)}$$

$$\varepsilon \approx 0.055$$

2.2.4. Diseño de la transmisión por cadena del motor

a. Definición

Una cadena es un elemento de transmisión de potencia formado por una serie de eslabones unidos con pernos. Este diseño permite tener flexibilidad, y permite además que la cadena transmita grandes fuerzas de tensión, dependiendo de las referencias técnicas.

Cuando se transmite potencia entre ejes giratorios, la cadena entra en ruedas dentadas correspondientes llamadas catarinas. La Figura 2. 10 muestra una transmisión típica de cadena.

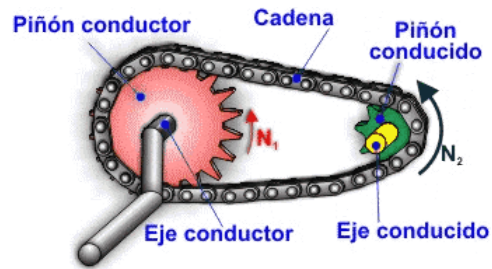


Figura 2. 10. Transmisión por Cadena.

Fuente: CEJAROSU (2005) Cadena – piñón.

URL: http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_cadena-pinion.htm

El tipo de cadena más común es la cadena de rodillos, en la que el rodillo sobre cada perno permite tener una fricción excepcionalmente baja entre la cadena y las catarinas. Existen otros tipos que comprenden una variedad de diseños de eslabones extendidos, y se usan principalmente en aplicaciones de transportadores como se puede ver en Figura 2. 11.

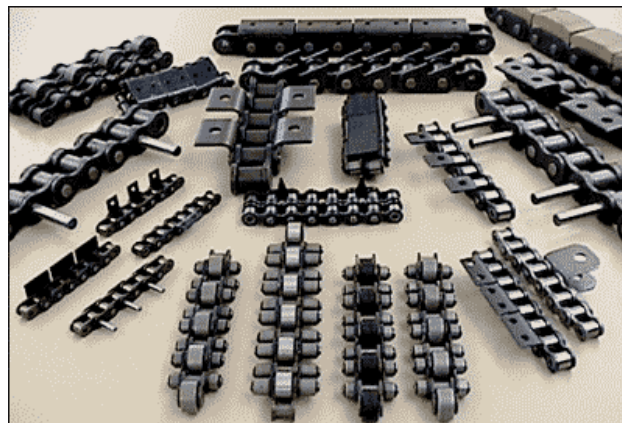


Figura 2. 11. Estilos de Cadenas de Rodillos.

Fuente: MOURASBAND (2009) Bandas y Transmisiones

URL: http://www.mourasband.com.ar/portal/imagenes/imagenchica_12.jpg

b. Cálculos para el diseño de la cadena de transmisión

b.1. Potencia de diseño

Para el cálculo de la potencia de diseño se requiere la siguiente ecuación:

$$P_d = FS(P_t)$$

Ec. 20

Dónde:

P_d = Potencia de diseño, [hp]
 FS = Factor de servicio
 P_t = Potencia transmitida, [hp]

Para los valores del sistema podemos establecer la potencia transmitida como la sumatoria de las potencias obtenidas de la Ec. 11 y Ec. 18.

$$P_t = 2P_{cadena} + P_{cinta}$$

$$P_t = 2(266.32) W + 2 W$$

$$P_t = 534.64$$

Con el objetivo de evitar fallas en la transmisión y tomando como referencia la medida comercialmente disponible más cercana se ha decidido:

P_t : 1 hp \approx 745.7 W
 FS : 1. Se obtiene del anexo A. 2. 5, conociendo que el tipo de carga es ligera y uniforme y que el motor empleado es eléctrico

Reemplazando los valores en la Ec. 20, se obtiene:

$$P_d = 1(1 \text{ hp})$$

$$P_d = 1 \text{ hp}$$

b.2. Relación de transmisión deseada

Con la velocidad lineal requerida para la banda determinamos la transmisión esperada, así:

$$\omega_2 = \frac{v}{r}$$

Ec. 21

Dónde:

$$\begin{aligned}\omega_2 &= \text{Velocidad angular del conducido, [rad/s]} \\ v &= \text{Velocidad lineal de la banda, [m/s]} \\ r &= \text{Radio del tambor de la banda, [m]}\end{aligned}$$

Los valores del sistema:

$$\begin{aligned}v &: 0.05 \text{ m/s} \\ r &: 0.068 \text{ m}\end{aligned}$$

Reemplazando los valores en la Ec. 21, se obtiene:

$$\begin{aligned}\omega_2 &= \frac{0.05 \frac{m}{s}}{0.068 \text{ m}} \\ \omega_2 &= 0.735 \frac{rad}{s} \\ \omega_2 &= 0.735 \frac{rad}{s} * \frac{1 \text{ rev}}{2\pi \text{ rad}} * \frac{60 \text{ s}}{\text{min}} \\ \omega_2 &= 7.022 \text{ RPM}\end{aligned}$$

Con esta velocidad angular estimamos la relación:

$$I = \frac{\omega_1}{\omega_2} \tag{Ec. 22}$$

Dónde:

$$\begin{aligned}I &= \text{Relación} \\ \omega_1 &= \text{Velocidad angular del piñón conductor, [rad/s]} \\ \omega_2 &= \text{Velocidad angular del conducido, [rad/s]}\end{aligned}$$

Los valores del sistema:

$$\omega_1 : 30 \text{ RPM. Velocidad angular del piñón conductor.}$$

ω_2 : 7.022 RPM. Velocidad angular de la catrina conducida, calculada anteriormente.

Reemplazando en la Ec. 22:

$$I = \frac{30 \text{ RPM}}{7.022 \text{ RPM}}$$

$$I = 4.272$$

b.3. Paso de la cadena

Seleccionamos el paso de la cadena y el número de dientes del piñón con la ayuda del anexo A. 2. 1, conociendo de antemano que la velocidad máxima angular permitida será de 200 RPM, y que el motor disponible es de 1 HP, además que la lubricación de la cadena y piñón será manual, y se obtiene:

$$paso = 0.5$$

$$N_1 = 14$$

b.4. Cantidad necesaria de dientes de la rueda grande

Para determinar la cantidad de dientes de la rueda grande o catarina empleamos la siguiente fórmula:

$$N_2 = N_1 * I \tag{Ec. 23}$$

Dónde:

- N_2 = Número de dientes de la rueda grande (catarina).
- N_1 = Número de dientes del piñón conductor.
- I = Relación

Datos del sistema:

N_1 : 14. Determinado anteriormente

I : 4,272. Calculado anteriormente

Reemplazando en la Ec. 23, se obtiene:

$$N_2 = 14 * 4.272$$

$$N_2 = 59.81 \approx 60$$

b.5. Velocidad de salida esperada

Para determinar la velocidad angular de salida (conducida o catarina) empleamos la siguiente fórmula:

$$\omega_2 = \omega_1 * \left(\frac{N_1}{N_2}\right) \quad \text{Ec. 24}$$

Dónde:

N_2 = Número de dientes de la rueda grande (catarina)

N_1 = Número de dientes del piñón conductor

ω_1 = Velocidad angular del piñón conductor, [rad/s]

ω_2 = Velocidad angular del conducido, [rad/s]

Datos del sistema:

N_2 : 60. Calculado anteriormente.

N_1 : 14. Calculado anteriormente.

ω_1 : 30 RPM. Calculado anteriormente.

Reemplazando en la Ec. 24, se obtiene:

$$\omega_2 = 30 \text{ RPM} * \left(\frac{14}{60}\right)$$

$$\omega_2 = 7 \text{ RPM}$$

$$\omega_2 = 7 \text{ RPM} * \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} * \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}}$$

$$\omega_2 = 7 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

Esta velocidad angular genera una velocidad lineal muy cercana a 5 cm/s, que es lo requerido.

b.6. Diámetros de paso de las catarinas

Para determinar los diámetros de paso de la catarina y piñón respectivamente se puede usar las ecuaciones siguientes.

$$D_1 = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180}{N_1}\right)} \quad \text{Ec. 25}$$

$$D_2 = \frac{p}{\text{sen}\left(\frac{180}{N_2}\right)} \quad \text{Ec. 26}$$

Dónde las unidades requeridas por las ecuaciones son:

- N_2 = Número de dientes de la rueda grande (catarina).
- N_1 = Número de dientes del piñón conductor.
- D_1 = Diámetro del piñón conductor, [in]
- D_2 = Diámetro de la catarina o piñón conducido, [in]
- p = Paso, [in]

Datos del sistema:

- N_2 : 60. Calculado anteriormente.
- N_1 : 14. Calculado anteriormente.
- p : 0.5 in. Seleccionado anteriormente.

Reemplazando en la Ec. 25 y Ec. 26 respectivamente, se obtiene:

$$D_1 = \frac{0,5 \text{ in}}{\text{sen}\left(\frac{180}{14}\right)}$$

$$D_1 = 2.247 \text{ in} \approx 5.707 \text{ cm}$$

$$D_2 = \frac{0.5 \text{ in}}{\text{sen}\left(\frac{180}{60}\right)}$$

$$D_2 = 9.554 \text{ in} \approx 24.266 \text{ cm}$$

Posteriormente, comparando estas cantidades con las propias de la hoja de datos de los piñones en el anexo A. 2. 3 se puede comprobar que son exactamente iguales.

b.7. Distancia entre centros nominal

La distancia entre centros requerida es de 48 cm, la cual debe ser expresada en pasos, que se obtiene dividiendo a dicha distancia para 2.54 y multiplicando por 2, que da como resultado: 37.795 pasos, medida que debe ser aproximada al inmediato superior 38 pasos.

b.8. Longitud de la cadena

Para determinar la longitud necesaria, en pasos se emplea la siguiente ecuación:

$$L = 2C + \frac{N_2 + N_1}{2} + \frac{(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2 C}$$

Ec. 27

Dónde:

- L = Longitud de la cadena, [*pasos*]
 C = Distancia entre centros nominal, [*pasos*]
 N_2 = Número de dientes de la rueda grande (catarina)
 N_1 = Número de dientes del piñón conductor

Datos del sistema:

- C : 38. Determinado anteriormente.
 N_2 : 60. Calculado anteriormente.
 N_1 : 14. Calculado anteriormente.

Reemplazando en la Ec. 27 respectivamente, se obtiene:

$$L = 2(38) + \frac{60 + 14}{2} + \frac{(60 - 14)^2}{4\pi^2(38)}$$

$$L = 114.41 \text{ pasos}$$

Para convertir estos pasos a unidades de longitud primero aproximamos al inmediato inferior 114, multiplicamos por el paso de la cadena, que en este caso es $\frac{1}{2}$ in, así se obtiene:

$$L = 114 \text{ pasos} * \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$L = 57 \text{ in} \approx 1454.78 \text{ cm}$$

b.9. Distancia teórica entre centros

Para el análisis de la distancia teórica entre centros se emplea:

$$C = \frac{1}{4} \left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} + \sqrt{\left[L - \frac{N_2 + N_1}{2} \right]^2 - \frac{8(N_2 - N_1)^2}{4\pi^2}} \right] \quad \text{Ec. 28}$$

Dónde:

- C = Distancia teórica entre centros, [pasos]
 L = Longitud de la cadena, [pasos]
 N_2 = Número de dientes de la rueda grande (catarina)
 N_1 = Número de dientes del piñón conductor

Datos del sistema:

- L : 114. Calculado anteriormente.
 N_2 : 60. Calculado anteriormente.
 N_1 : 14. Calculado anteriormente.

Reemplazando en la Ec. 28 respectivamente, se obtiene:

$$C = \frac{1}{4} \left[114 - \frac{60 + 14}{2} + \sqrt{\left[114 - \frac{60 + 14}{2} \right]^2 - \frac{8(60 - 14)^2}{4\pi^2}} \right]$$

$$C = 37.79 \text{ pasos}$$

Para convertir estos pasos a unidades de longitud primero aproximamos al inmediato superior 38, multiplicamos por el paso de la cadena, que en este caso es $\frac{1}{2}$ in, así se obtiene:

$$C = 38 \text{ pasos} * \frac{1}{2} \text{ in}$$

$$C = 19 \text{ in} \approx 48.26 \text{ cm.}$$

b.10. Cálculo del ángulo de contacto de la cadena

Para terminar se calcula el ángulo de contacto de la cadena con la catarina, siendo aceptado solamente si llega a ser mayor de 120 grados.

$$\theta_1 = 180 - 2 \operatorname{sen}^{-1} \left[\frac{(D_2 - D_1)}{2C} \right] \quad \text{Ec. 29}$$

$$\theta_2 = 180 + 2 \operatorname{sen}^{-1} \left[\frac{(D_2 - D_1)}{2C} \right] \quad \text{Ec. 30}$$

Donde las unidades requeridas por las ecuaciones son:

D_1 = Diámetro del piñón conductor, [in]

D_2 = Diámetro de la catarina o piñón conducido, [in]

C = Distancia entre centros teórica, [in]

Datos del sistema:

C : 19 in. Calculado anteriormente.

Reemplazando en la Ec. 29 y Ec. 30, respectivamente, se obtiene:

$$\theta_1 = 180 - 2 \operatorname{sen}^{-1} \left[\frac{(9.554 \text{ in} - 2.247 \text{ in})}{2(19 \text{ in})} \right]$$

$$\theta_1 = 157.827^\circ$$

$$\theta_2 = 180 + 2 \operatorname{sen}^{-1} \left[\frac{(9.554 \text{ in} - 2.247 \text{ in})}{2(19 \text{ in})} \right]$$

$$\theta_2 = 202.173^\circ$$

Ángulos que son aceptados por ser mayores a 120 grados.

b.11. Resumen del diseño

Tabla 2. 2. Resumen del diseño de la cadena de potencia.

Paso:	N° 40, ½ in de paso.
Longitud:	$L = 57 \text{ in} \approx 1454.78 \text{ cm}$
Distancia entre centros:	$C = 19 \text{ in} \approx 48.26 \text{ cm}$.
Catarinas:	Hilera simple.
Pequeña:	14 dientes
Grande:	60 dientes

Fuente: Autores

2.2.5. Diseño del eje

a. Definición

Un eje (o árbol) es un componente de dispositivos mecánicos que transmite movimiento rotatorio y potencia. Es parte de cualquier sistema mecánico donde la potencia se transmite desde un motor primario, que puede ser eléctrico o uno de combustión, a otras partes giratorias del sistema. (Mott, 2006)

Para el estudio y diseño de un eje de transmisión y en este caso de movimiento de una banda transportadora mixta es necesario saber que se toman en cuenta conocimientos previos como es el análisis de esfuerzos y diagrama de vigas para la obtención de gráficas de cortante y momentos ejercidos sobre el eje.

b. Fuerzas ejercidas sobre el eje

A continuación se presentará detalladamente el análisis de fuerzas sobre el eje, sin embargo únicamente se han considerado aquellos elementos que se encontrarán sobre el eje de la banda transportadora mixta, es decir: cojinetes, catalinas para cadenas y el análisis de la banda lisa se tomará como una sola tensión generada en el centro de la misma.

b.1. Catarinas

La Figura 2. 12 muestra un par de ruedas catarinas con cadena que transmiten potencia. La parte superior de la cadena está a tensión, y produce el par torsional en cada catarina. La fuerza flexionante total sobre el

eje que sostiene la catarina es igual a la tensión en el lado tenso de la cadena, si se conoce el par torsional en una catarina.

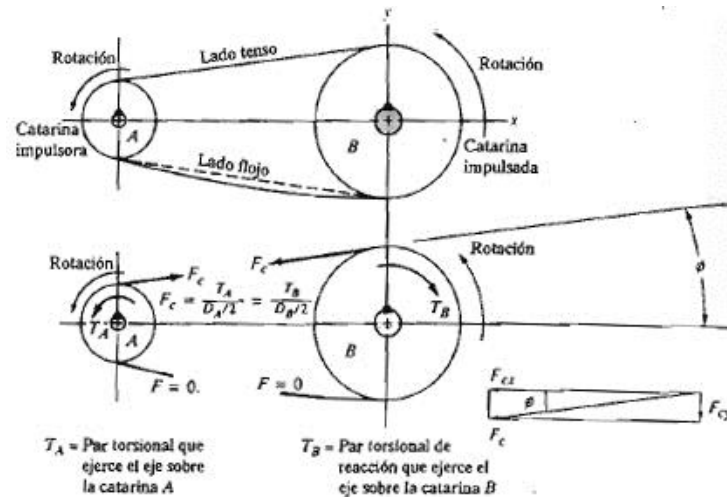


Figura 2. 12. Fuerzas generadas por Mecanismos Cadena - Catarina.

Fuente: MOTT (2006) Diseño de Elementos de Máquinas.
México: Pearson

Si el ángulo θ es pequeño, se causa mínimo error si se supone que toda fuerza F_c actúa en la dirección de x . A menos que se diga otra cosa.

b.2. Valores preliminares de diseño para K_t

Si se considera aquí las discontinuidades geométricas encontradas con más frecuencia en ejes de transmisión de potencia: cuñeros, escalones y ranuras para anillos de retención. En cada caso el valor sugerido es relativamente alto, para llegar a un resultado conservador en la primera aproximación del diseño. Se vuelve a subrayar que el diseño final debe verificarse desde el punto de vista de seguridad. Esto es, si el valor final es menor que el valor de diseño original, el diseño es todavía seguro. Por el contrario, si el valor final es mayor, se debe revisar otra vez el análisis de esfuerzos para el diseño.

b.3. CUÑEROS

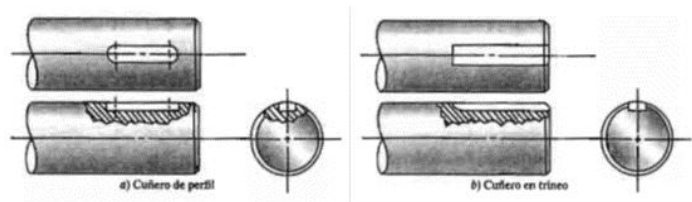


Figura 2. 13. Cuñeros.

Fuente: MOTT (2006) Diseño de Elementos de Máquinas.
México: Pearson

Los valores de diseño usualmente manejados son:

$$K_t = 2.0 \quad (\text{perfil})$$

$$K_t = 1.6 \quad (\text{trineo})$$

b.4. Chaflanes en escalón

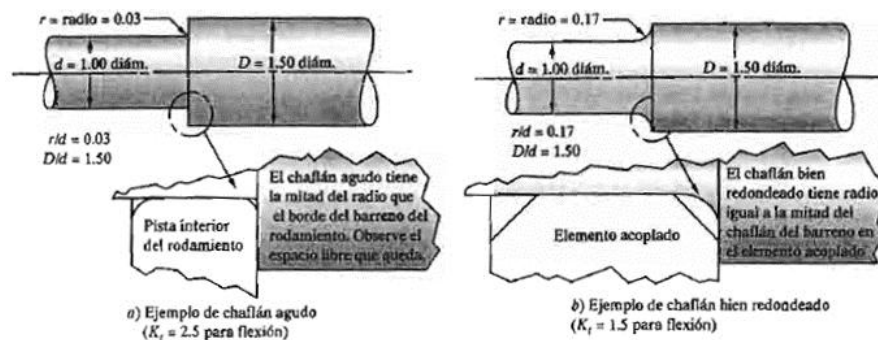


Figura 2. 14. Chaflanes en ejes.

Fuente: MOTT (2006) Diseño de Elementos de Máquinas.
México: Pearson

Se pueden usar los siguientes valores para diseños en flexión.

$$K_t = 2.5 \quad (\text{chaflán agudo})$$

$$K_t = 1.5 \quad (\text{transición bien redondeada})$$

c. Diagrama de torques y momentos

Gracias al previo análisis de diseño exhaustivo con referencia a transmisión de potencia por cadena, los diseños de cadena transportadora y

banda transportadora; se puede establecer el diseño de la Figura 2. 15 para el árbol conductor de dicha banda transportadora mixta.

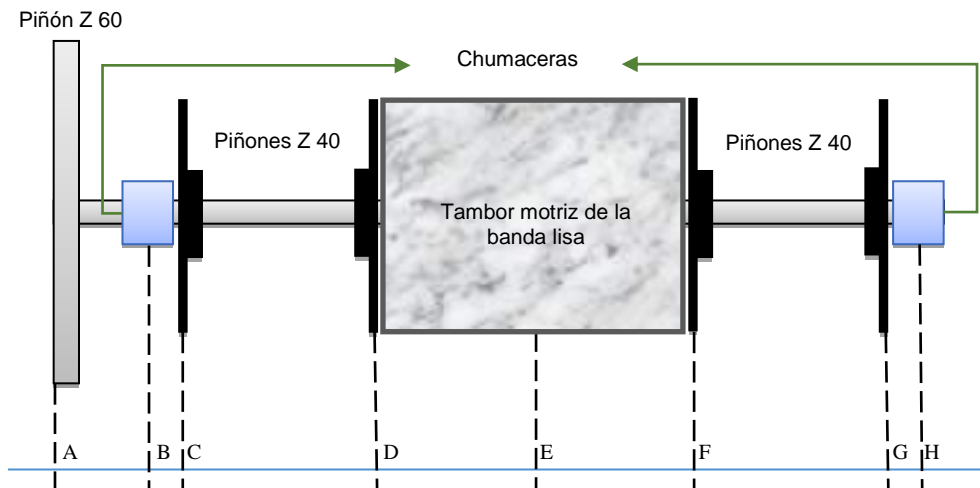


Figura 2. 15. Esquema de diseño del eje conductor.

Fuente: Autores

Tabla 2. 3. Cotas para el diseño del eje conductor.

COTA	DISTANCIA	COTA	DISTANCIA
A-B	3.00 in	E-F	2.50 in
B-C	1.25 in	F-G	3.75 in
C-D	3.75 in	G-H	1.25 in
D-E	2.50 in	A-H	18.0 in

Fuente: Autores

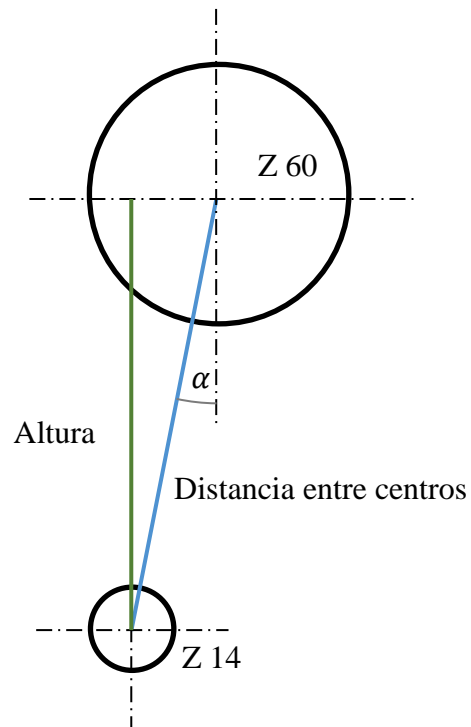


Figura 2. 16. Vista frontal piñón conductor – conducido.

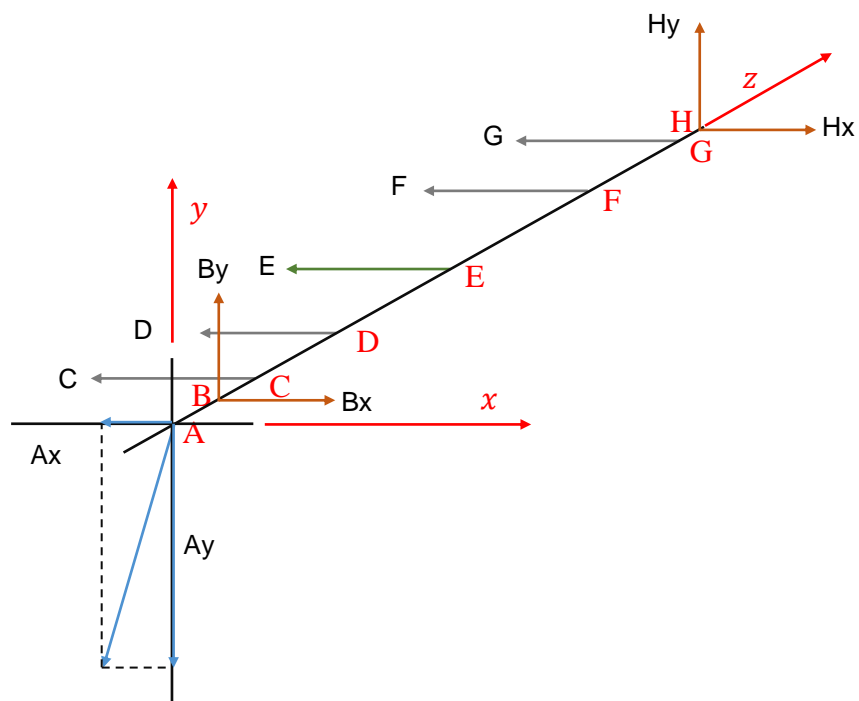


Figura 2. 17. Diagrama de fuerzas actuantes sobre el eje.

Con las distancias y una vez analizados los esquemas de la Figura 2. 16 y Figura 2. 17 podemos efectuar el diagrama de Cortantes y Momentos en los ejes correspondientes.

Análisis en el punto A

Tomando en consideración las ecuaciones:

$$P = T \cdot \omega \quad \text{Ec. 31}$$

$$F = \frac{2T}{D} \quad \text{Ec. 32}$$

Dónde las unidades requeridas por la ecuación son:

P = Potencia transmitida, [HP]

T = Torque, [lb · in]

F = Fuerza resultante del torque, [lb]

D = Diámetro del piñón conductor, [in]

Y considerando que el ángulo de contacto es 0° , se deduce que la fuerza tangencial resultante es:

$$\omega = 6 \frac{\text{rev}}{\text{min}} \left| \frac{1 \text{ min}}{60 \text{ s}} \right| \frac{2\pi \text{ rad}}{1 \text{ rev}} = 0.628 \frac{\text{rad}}{\text{s}}$$

$$F_{Ay} = \frac{2P}{D \cdot \omega} = \frac{2 \cdot 550 \text{ lb} \cdot \text{ft} \cdot \text{s}}{9.554 \cdot 0.628 \text{ in} \cdot \text{s}} \left| \frac{12 \text{ in}}{1 \text{ ft}} \right| = 2200 \text{ lb}$$

En los puntos C, D, F y G se puede establecer del mismo modo que la fuerza generada por las cadenas transportadoras es:

$$F_{Cx} = F_{Dx} = F_{Fx} = F_{Gx} = \frac{2P}{D \cdot \omega}$$

Se hace un divisor de potencia a la mitad, dado que la potencia que se obtuvo en la Ec. 11 se refiere al par de cadenas en paralelo que cumplen la función de la banda transportadora.

Desarrollando:

$$F_{C_x} = F_{D_x} = F_{F_x} = F_{G_x} = \frac{266.32 \text{ N} \cdot \text{m} \cdot \text{s}}{6.373 \cdot 0.628 \cdot \text{m} \cdot \text{s}} \left| \frac{39.37 \text{ in}}{1 \text{ m}} \right| \left| \frac{1 \text{ lb}}{4.448 \text{ N}} \right| = 588.98 \text{ lb}$$

$$F_{E_x} = F_1 = 46.476 \text{ N} \left| \frac{1 \text{ lb}}{4.448 \text{ N}} \right| = 10.48 \text{ lb}$$

Análisis en el eje x :

$$\Sigma F_x = 0$$

$$F_{B_x} + F_{H_x} = F_{E_x} + 4F_{C_x}$$

$$F_{B_x} + F_{H_x} = 10.48 \text{ lb} + 4(588.98) \text{ lb}$$

$$F_{B_x} + F_{H_x} = 2366.4 \text{ lb}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$3 \cdot F_{B_x} + 18 \cdot F_{H_x} = 4,25 \cdot F_{C_x} + 8 \cdot F_{D_x} + 10,5 \cdot F_{E_x} + 13 \cdot F_{F_x} + 16,75 \cdot F_{G_x}$$

$$3 \cdot F_{B_x} + 18 \cdot F_{H_x} = 10.5 \cdot (10.48) + (588.98)(4.25 + 8 + 13 + 16.75)$$

$$3 \cdot F_{B_x} + 18 \cdot F_{H_x} = 24847.2 \text{ lb}$$

Reemplazando F_{B_x} tenemos:

$$3 \cdot (2366.4 - F_{H_x}) + 18 \cdot F_{H_x} = 24847.2 \text{ lb}$$

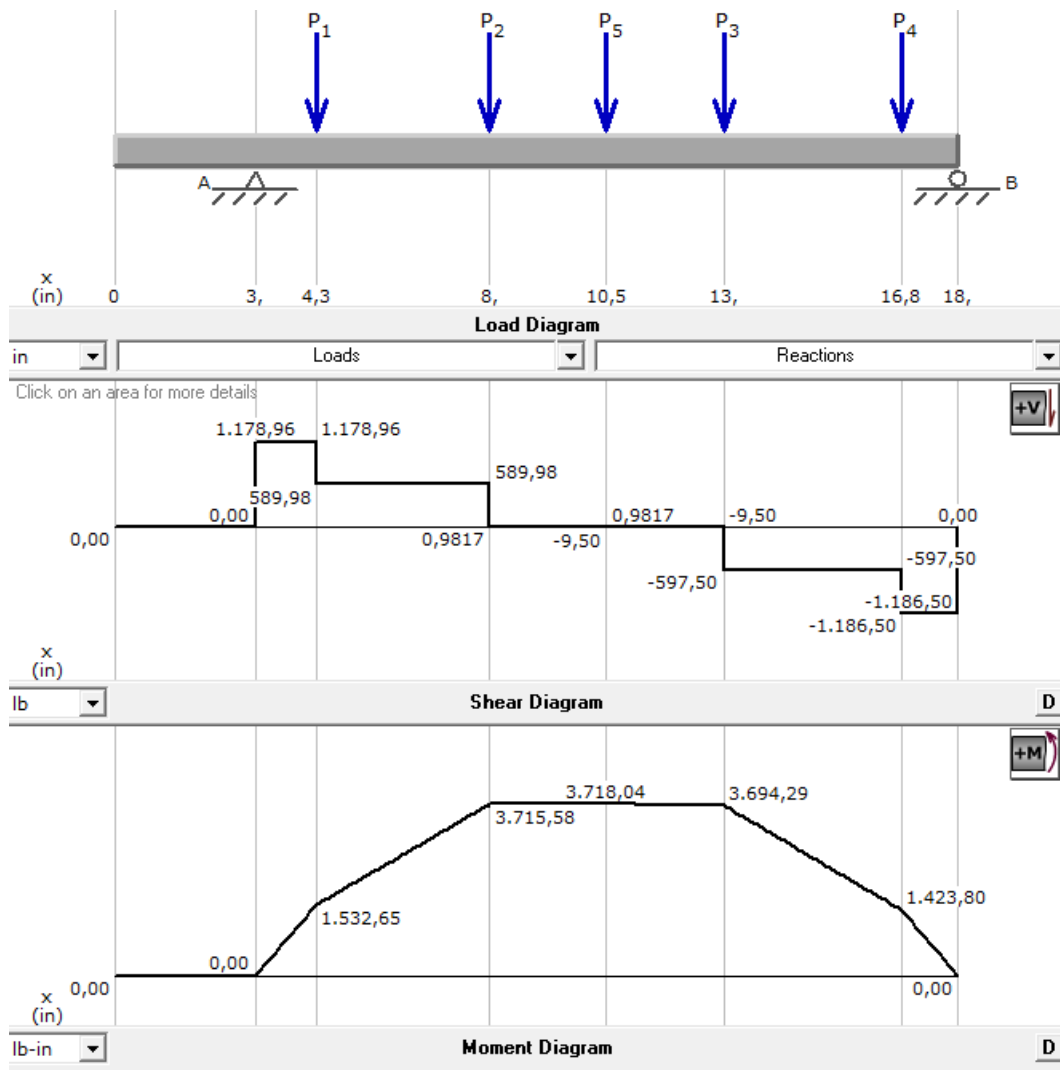
$$15F_{H_x} = 17748 \text{ lb}$$

$$F_{H_x} = 1183.2 \text{ lb}$$

$$F_{B_x} = 2366.4 - 1183.2$$

$$F_{B_x} = 1183.2 \text{ lb}$$

Verificación:



Notamos que el momento máximo se encuentra en el tramo D – F y corresponde a un valor de 3715,58 lb · in

Análisis en el eje y:

$$\Sigma F_y = 0$$

$$F_{B_y} = F_{A_y} + F_{H_y}$$

$$F_{B_y} - F_{H_y} = 2200 \text{ lb}$$

$$\Sigma M_A = 0$$

$$3 \cdot F_{B_y} = 18 \cdot F_{H_y}$$

$$F_{B_y} = 6 \cdot F_{H_y}$$

Reemplazando F_{B_y} tenemos:

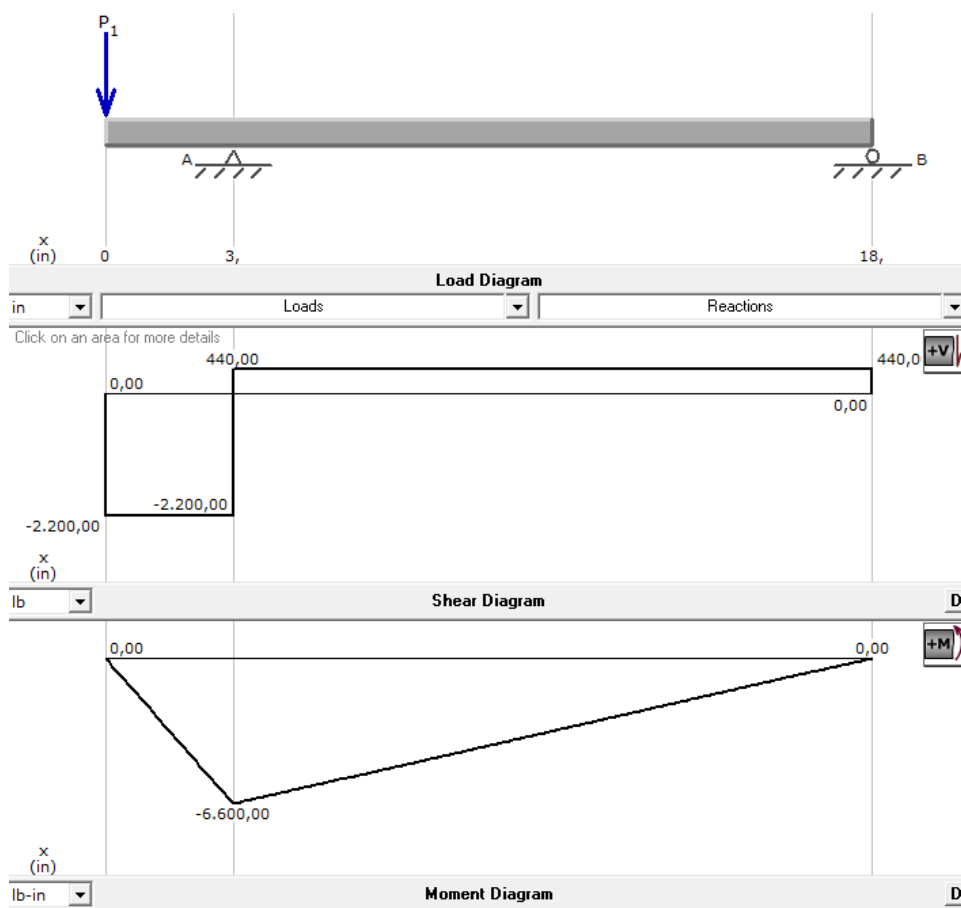
$$5 \cdot F_{H_y} = 2200 \text{ lb}$$

$$F_{H_y} = 440 \text{ lb}$$

$$F_{B_y} = 6(440)$$

$$F_{B_y} = 2640 \text{ lb}$$

Verificando tenemos:



Es notorio ver que los momentos de mayor valor se dan en los puntos B y D, por lo cual se hace necesario el calcular el momento resultante de ambos puntos para hallar el momento máximo en el eje.

Para calcular el M_{Dy} se utilizará relación de triángulos así:

$$\frac{6600}{15} = \frac{M_{Dy}}{10}$$

$$M_{Dy} = 4400 \text{ lb} \cdot \text{in}$$

$$M_D = \sqrt{M_{Dx}^2 + M_{Dy}^2}$$

$$M_D = \sqrt{3716^2 + 4400^2}$$

$$M_D = 5729.52 \text{ lb} \cdot \text{in}$$

Para calcular el M_B únicamente tomamos los resultados obtenidos de los análisis de los ejes x y y .

$$M_B = \sqrt{M_{Bx}^2 + M_{By}^2}$$

$$M_B = \sqrt{0^2 + 6600^2}$$

$$M_B = 6600 \text{ lb} \cdot \text{in}$$

Claramente el momento en el punto B del análisis del eje y es mayor que el momento en el punto D. Para posteriores cálculos se tomará como referencia de momento máximo a $M_B = 6600 \text{ lb} \cdot \text{in}$.

d. Resistencia a la fatiga real estimada (Budynas & Nisbett, 2008)

Es necesario mencionar el tema de resistencia a la fatiga, ya que para las fórmulas de dimensionamiento de diámetros se toma en cuenta dicha

resistencia, la misma que también tiene su procedimiento de acuerdo al material empleado y condiciones de trabajo.

La resistencia a la fatiga de un material es su capacidad de resistir cargas de fatiga. En general es el valor del esfuerzo que puede resistir un material durante una cantidad dada de ciclos de carga.

$$S_e' = 0,5S_u \quad \text{Ec. 33}$$

Dónde:

$$\begin{aligned} S_e' &= \text{Resistencia a la fatiga, [ksi]} \\ S_{ut} &= \text{Resistencia última a la tensión, [ksi]} \end{aligned}$$

Ya que el acero es comúnmente usado se poseen varios datos de S_e' en función del acabado superficial.

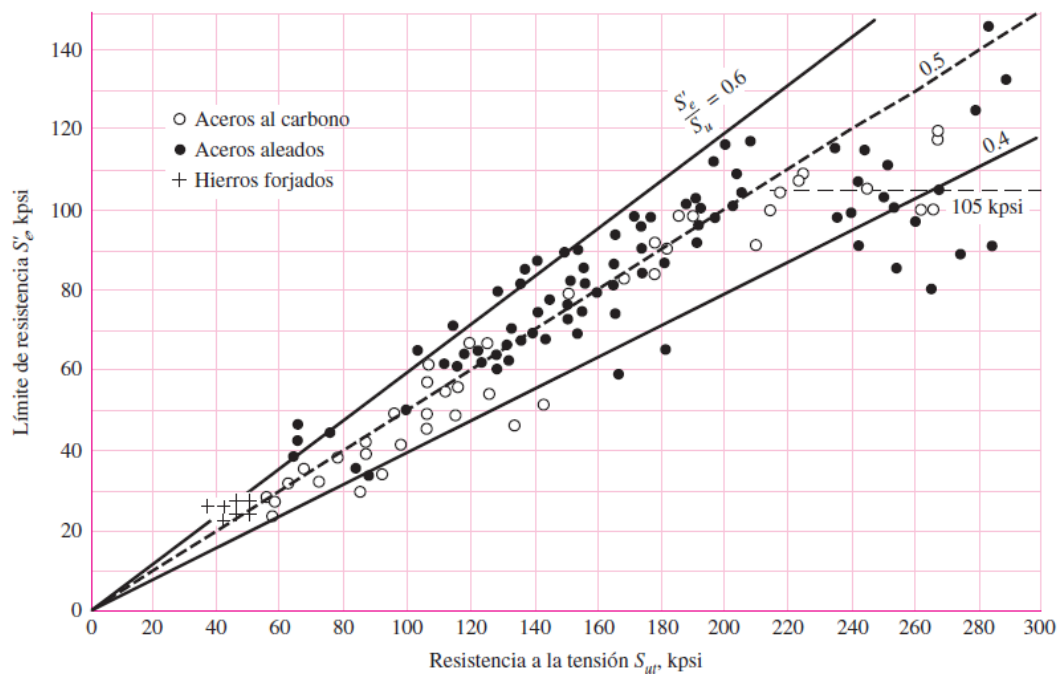


Figura 2. 18. Límite de resistencia a la fatiga vs. Resistencia a la tensión.

Fuente: Budynas & Nisbett (2008) Diseño en ingeniería mecánica de Shigley
México: McGraw Hill

Para procedimientos posteriores se utiliza la resistencia a la fatiga real estimada que viene dada por:

$$S_e = k_a k_b k_c k_d k_e k_f \cdot S_e' \quad \text{Ec. 34}$$

Dónde:

S_e	=	Resistencia a la fatiga real estimada, [ksi]
k_a	=	Factor de modificación de la condición superficial
k_b	=	Factor de modificación del tamaño
k_c	=	Factor de modificación de la carga
k_d	=	Factor de modificación de la temperatura
k_e	=	Factor de confiabilidad
k_f	=	Factor de modificación de efectos varios

Todos estos factores de modificación de la resistencia a la fatiga se encuentran detallados en el anexo A. 6.

Por decisión, se ha seleccionado el acero 705, equivalente al AISI 4340 tratado y revenido a 315°C cuya resistencia última a la tensión se encuentra en el anexo A. 5. 3.

$$S_u = 250 \text{ ksi}$$

Dado el método para evitar interacción tenemos:

$$S_e' = 0.5(250)$$

$$S_e' = 125 \text{ ksi}$$

$$S_e \approx 0.3S_e'$$

$$S_e \approx 0.3(125)$$

$$S_e \approx 37.5 \text{ ksi}$$

Bajo la ecuación de factor de seguridad en base al esfuerzo flexionante se tiene:

$$n = \frac{S_e}{\sigma} \quad \text{Ec. 35}$$

$$\sigma = \frac{M}{Z} \quad \text{Ec. 36}$$

Dónde:

n = Factor de Seguridad

σ = Esfuerzo flexionante, [ksi]

M = Momento máximo, [$lb \cdot in$]

Z = Módulo de Sección, [in^3]

Desarrollando tenemos:

$$n = \frac{S_e}{\frac{M}{Z}}$$

$$Z = \frac{Mn}{S_e} = \frac{6600 \cdot 2}{37.5 \cdot 10^3} = 0.352 \text{ in}^3$$

Ecuación del módulo de sección para circunferencias:

$$Z = \frac{\pi \cdot D^3}{32} \quad \text{Ec. 37}$$

Dónde:

D = Diámetro del eje, [in]

$$D = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot Z}{\pi}} = \sqrt[3]{\frac{32 \cdot 0.352}{\pi}} = 1.5 \text{ in}$$

Es decir la medida máxima estimada con un factor de seguridad de 2 resultará en 1.8 in.

Retomando el análisis con refinamiento de cálculo y considerando todos los factores de modificación de la resistencia a la fatiga real tenemos en base al anexo A. 6. 1 y A. 6. 2:

$$k_a = a \cdot S_u^b = 1.34(250^{-0.085}) = 0.838$$

$$k_b = \left(\frac{1}{0.3}\right)^{-0.107} = 0.879$$

Por carga flexionante, ver anexo A. 6. 3:

$$k_c = 1$$

Por temperatura de funcionamiento a 20 °C, ver anexo A. 6. 4:

$$k_d = 1$$

Con un factor de confianza de 99,99 %, ver anexo A. 6. 5:

$$k_e = 0.702$$

Y dado que no se consideran factores externos, ver anexo A. 6. 6:

$$k_f = 1$$

$$S_e = (0.838)(0.879)(1)(1)(0.702)(1) \cdot 125$$

$$S_e = 64.642 \text{ ksi}$$

Dimensionamiento del diámetro en base a factores de K_t para chaflanes considerados por ubicación de chumacera

La ecuación del diámetro para esfuerzos combinados se presenta de la siguiente manera:

$$D = \left[\frac{32n}{\pi} \sqrt{\left[\frac{K_t M}{S_e} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{T}{S_y} \right]^2} \right]^{1/3} \quad \text{Ec. 38}$$

Dónde:

S_y = Resistencia a la fluencia, $[lb/in^2]$

T = Torque máximo, $[lb \cdot in]$

Y dado que el torque en el punto de interés es:

$$T = \frac{P}{\omega} = \frac{550}{0.628} = 875.8 \text{ lb} \cdot \text{in}$$

El diámetro resultaría, con chaflán bien redondeado $K_t = 1,5$

$$D = \left[\frac{32(2)}{\pi} \sqrt{\left[\frac{1.5 \cdot 6600}{64.642 \cdot 10^3} \right]^2 + \frac{3}{4} \left[\frac{875.8}{230 \cdot 10^3} \right]^2} \right]^{1/3}$$

$$D = 1.328 \text{ in} \approx 1.375 \text{ in}$$

Se estandarizar el diámetro a $1' 3/8$ in con un factor de seguridad de 2.

2.2.6. Mecanismo de selección

Como ya se ha mencionado anteriormente se utilizará un mecanismo tipo palanca que empuje a los huevos defectuosos a la cinta transportadora central.

a. Fuerzas actuantes

Potencia: Es la fuerza que aplicamos voluntariamente con el fin de obtener un resultado; ya sea manualmente o por medio de motores u otros mecanismos

Resistencia: Es la fuerza que vencemos, ejercida sobre la palanca por el cuerpo a mover. Su valor será equivalente, por el principio de acción y reacción, a la fuerza transmitida por la palanca a dicho cuerpo.

Fulcro: Punto de apoyo de la barra

En física, la ley que relaciona las fuerzas de una palanca en equilibrio se expresa mediante la ecuación:

$$P \cdot Bp = R \cdot Br$$

Ec. 39

Dónde:

- P = Potencia, [N]
- Bp = Distancia fulcro – potencia, [m]
- R = Resistencia, [N]
- Br = Distancia fulcro – resistencia, [m]

Ya que por conveniencia electrónica y de programación se utilizará un SERVOMOTOR H 311 (anexo B. 6) con un torque de 3 kg·cm. Sabiendo que un huevo tiene un peso de 64 g es necesario establecer la distancia máxima fulcro – resistencia.

$$B_r = \frac{3000 \text{ g} \cdot \text{cm}}{64 \text{ g}} = 46.87 \text{ cm} \approx 18 \text{ in}$$

Por ende el brazo a diseñar e implementar no podrá tener una distancia al objetivo mayor a 18 in.

2.2.7. Motor – reductor

Dados los requerimientos de velocidad se hace necesaria la implementación de un reductor mecánico con una relación bastante considerable teniendo conocimiento de las elevadas velocidades que presentan los motores en el orden de las 1200 RPM en el mejor de los casos.

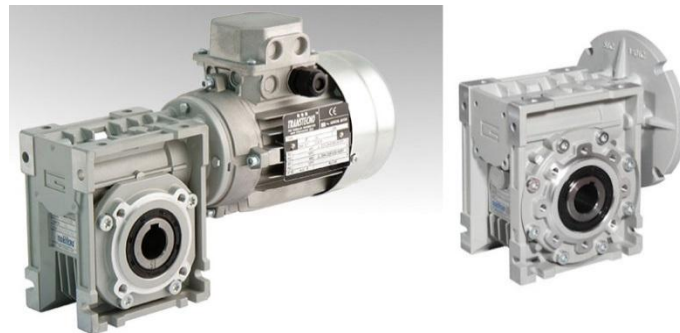


Figura 2. 19. Moto Reductor - Reductor de la Marca TRANSTECNO.

Fuente: TRANSTECNO (2014) Productos
URL: <http://www.transtecno.com/es/products/stock/CM/>

Debido a la confiabilidad y fácil instalación con diversas marcas comerciales de motores se implementará un reductor mecánico de la marca TRANSTECNO similar al de la Figura 2. 19 cuyo detalle se extiende en el anexo A. 7 y para un control fino también se instalará un variador de frecuencia que proporcione un mayor ajuste de velocidad y control.

2.3. Diseño y selección de los elementos eléctricos y electrónicos

2.3.1. Parámetros iniciales para el diseño

Para el diseño se implementará un sistema de control en lazo abierto, ya que no existirá retroalimentación de los huevos detectados, es decir, serán analizados una sola vez y después del resultado serán separados y la banda continuará, sin retorno.

Es importante controlar el movimiento de la banda especialmente la velocidad, aceleración y desaceleración, factores que son cruciales al manipular huevos, ya que la falta de control representaría quebraduras, que significan pérdidas económicas.

Para el desarrollo del Sistema eléctrico se tomará a consideración los siguientes parámetros iniciales:

- ✓ Motor de 1 HP, obtenido mediante los cálculos realizados.
- ✓ Voltaje principal 220 V.
- ✓ Velocidad de la banda 0,05 m/s.
- ✓ La tarjeta de control debe tener mínimo 1 entrada digital y 8 salidas digitales

2.3.2. Selección de componentes eléctricos

a. Motor trifásico

El motor de la Figura 2. 20 presenta las siguientes características:

- ✓ Marca: SIEMENS.
- ✓ Voltaje tipo trifásico.
- ✓ Número de polos: 6.
- ✓ Potencia nominal (60 Hz): 1 HP.
- ✓ Corriente nominal: 1.6 A.
- ✓ Velocidad nominal: 1200 RPM.

- ✓ Factor de potencia: 0.74.
- ✓ Tamaño constructivo: 80M.
- ✓ Peso aproximado: 10 Kg.



Figura 2. 20. Motor Trifásico SIEMENS.

Fuente: Mercado Libre (2014) Motor trifásico SIEMENS

URL: articulo.mercadolibre.cl/MLC-421352642-vendo-motor-trifasico-siemens-13-hp-1700rpm-_JM

b. Variador de velocidad



Figura 2. 21. Variador de frecuencia SINAMICS G110.

Fuente: SIEMENS (2014) SINAMICS G110 Built-in units

URL: siemens.com/mcms/mc-drives/en/low-voltage-inverter/sinamics-g110/pages/sinamics-g110.aspx

Las funciones del variador son específicamente de control de velocidad, y manejo de rampas de encendido y apagado; y dados los requerimientos de un control fino de paro y continuación del movimiento sincronizado con la

instrumentación electrónica no es posible prescindir de este elemento eléctrico que manejará óptimamente el motor de la misma marca.

El variador de la Figura 2. 21 presenta las siguientes características:

- ✓ Marca: SIEMENS.
- ✓ Voltaje de salida tipo trifásico PARA MOTORES.
- ✓ Diseñado para motores con potencia de 120 W a 3,0 kW.
- ✓ Controlado por Microprocesador y tecnología IGBT.
- ✓ Controlable con BOP (Basic Operator Panel) para modo de entradas y salidas digitales o comunicación RS 485.
- ✓ Fácil instalación.
- ✓ Protección de sobre y sub tensión.

c. Relé de potencia (220 v)



Figura 2. 22. Relé CAMSCO 220V.

Fuente: CAMSCO (2014) Phase Protection Relay, Voltage Protection Relays
URL: <http://www.camsco.com.tw/relay.htm>

Los relés de potencia tendrán la función de encendido y apagado de luces piloto que indiquen el estado de funcionamiento del sistema o parte del mismo.

El relé que se visualiza en la Figura 2. 22, tiene las siguientes características:

- ✓ Relé electromecánico de armadura.
- ✓ Voltaje de funcionamiento: 220V.
- ✓ Resistencia de los contactos: 50 mΩ (1A - 6 VAC)
- ✓ Capacidad de los contactos: 10A – 30 VAC
- ✓ Terminal: tipo socket.

2.3.3. Selección de los componentes electrónicos

a. Tarjeta ARDUINO UNO



Figura 2. 23. Tarjeta ARDUINO UNO.

Fuente Wikipedia (2014) ARDUINO
URL: <http://pt.wikipedia.org/wiki/Arduino>

Esta tarjeta presenta las siguientes características:

- ✓ Modelo: Arduino UNO R3.
- ✓ Microcontrolador: ATmega328
- ✓ Voltaje de Operación: 5V
- ✓ Voltaje de Entrada (recomendado): 7-12V.
- ✓ Voltaje de Entrada (límites): 6-20V.

- ✓ Entradas y salidas digitales: 14 de la cuales 6 tienen salida PWM.
- ✓ Entradas Analógicas: 6
- ✓ Corriente directa de entrada y salida por puerto: 40 mA.
- ✓ Corriente directa para puertos de 3.3: 50 mA
- ✓ Frecuencia de trabajo: 16 MHz

Conociendo los parámetros iniciales para el controlador del sistema en cuanto a entradas y salidas, se concluye que esta tarjeta cumple con dichos requerimientos.

b. Sensor foto – reflectivo (Wikipedia, 2014)



Figura 2. 24. Sensor Foto – Reflectivo.

Fuente: IBEST Electrical Co. (2014) Fotosensor
URL: <http://www.ibestchina.com/english/img.asp?id=241>

Este tipo de sensor presenta una cara frontal en la que se encuentra el LED y el fototransistor. Debido a esta configuración el sistema tiene que medir la radiación proveniente del reflejo de la luz emitida por el LED.

Se debe tener presente que esta configuración es sensible a la luz del ambiente perjudicando las medidas, por lo que es necesario la incorporación de circuitos de filtrado en términos de longitud de onda, así pues será importante que trabajen en ambientes de luz controlada.

El sensor foto - reflectivo ibest m18 cilindro de interruptor, que se puede visualizar en la Figura 2. 24, posee las siguientes características:

- ✓ Estilo: cilindro de diámetro 18mm.
- ✓ Voltaje de funcionamiento: 12VCD.
- ✓ 4 cables de salida sin conector.
- ✓ PNP
- ✓ Recurso de la luz: led infrarrojo
- ✓ Fuerte anti - choque y anti - vibración.
- ✓ Detector de larga distancia: 10m.
- ✓ Respuesta rápida.
- ✓ Contacto NO (Normally Open).
- ✓ Detecta cualquier objeto con diferentes materiales, tales como: vidrio, metal, plástico, madera, fluido... Etc.

Se escoge este sensor debido a las características técnicas especificadas, que cumplen requerimientos del sistema como: rápida detección de diferentes materiales, fuerte anti - choque, además de su ergonomía en el montaje del mismo.

c. Relé (12 v)



Figura 2. 25. Relé 12V.

Fuente: CAMSCO (2014) Phase Protection Relay, Voltage Protection Relays
URL: <http://www.camsco.com.tw/relay.htm>

El relé que se visualiza en la Figura 2. 25, tiene las siguientes características:

- ✓ Relé electromecánico de armadura.
- ✓ Voltaje de funcionamiento: 12V.
- ✓ Resistencia de los contactos: 50 m Ω (1A - 6 VDC)
- ✓ Capacidad de los contactos: 10A – 30 VDC
- ✓ Terminal: tipo socket.

Se emplea este relé específicamente para cumplir con el requerimiento del sensor foto – reflectivo que maneja este voltaje. A la respuesta de sus contactos se requiere manejar 5V, que pueden ser fácilmente conducidos con el relé descrito.

d. Servomotor



Figura 2. 26. Servomotor HITEC HS-311.
Fuente: HITEC (2014) HS-311 Standard Economy Servo
URL: hitecrd.com/products/servos/sport-servos/

Los servos serán los actuadores que recibirán órdenes desde la tarjeta para con la ayuda de un brazo empujar los huevos defectuosos a la banda central, tomando en cuenta que el peso promedio de un huevo es de 60 gr, y que por los cálculos realizados anteriormente empujarlos no genera un torque excesivo, se decide utilizar el servo HITEC HS – 311, el cual presenta un modelo compacto, bastante rápido y altamente preciso.

Dicho servomotor presenta las siguientes características técnicas:

- ✓ Tipo de motor: 3 polos.
- ✓ Voltaje de operación: 4.8V – 6V.
- ✓ Consumo de corriente: 160 mA (sin carga).
- ✓ Velocidad (4.8V / 6V): 0.19 / 0.15 sec @ 60 deg.
- ✓ Torque (4.8V / 6V): 42/51 oz / in.
- ✓ Tamaño (mm.): 39.88 x 19.81 x 36.32.
- ✓ Peso: 1.5 oz.

e. Tarjeta KEYES – dos relés (5 v)



Figura 2. 27. Tarjeta KEYES

Fuente: FASTECH (2014) Módulos Electrónicos

URL: <http://www.fastech.com/product/1144100-ac-dc-2-channel-relay-module>

La tarjeta KEYES facilita el acoplamiento de señales, ya que de una señal enviada desde la tarjeta de control ARDUINO con 5V, puede controlar otro dispositivo que maneje potencias mayores o menores, de manera fácil y segura.

Las características de esta tarjeta son las siguientes:

- ✓ Marca: KEYES
- ✓ Modelo: 2-Way 5V.
- ✓ Color: Rojo
- ✓ Material: FR4.
- ✓ Voltaje de funcionamiento: 5V.

f. Suministro de energía

El suministro de energía comprende los siguientes voltajes, requeridos por distintos elementos del sistema:

- ✓ La fuente principal de energía es 220V AC con la que se alimenta todo el sistema, el variador de frecuencia y a la vez el motor e inclusive las demás fuentes de voltaje.
- ✓ Se alimenta con 220V una fuente de voltaje que genera 12V DC con la que se alimentan el sensor, su respectivo relé y la tarjeta de control.
- ✓ La misma fuente genera 5V DC con la que se alimentan los servos, la tarjeta KEYES.
- ✓ Además del variador se toma el voltaje de 24V DC para dar la señal de inicio al mismo variador desde las entradas digitales.

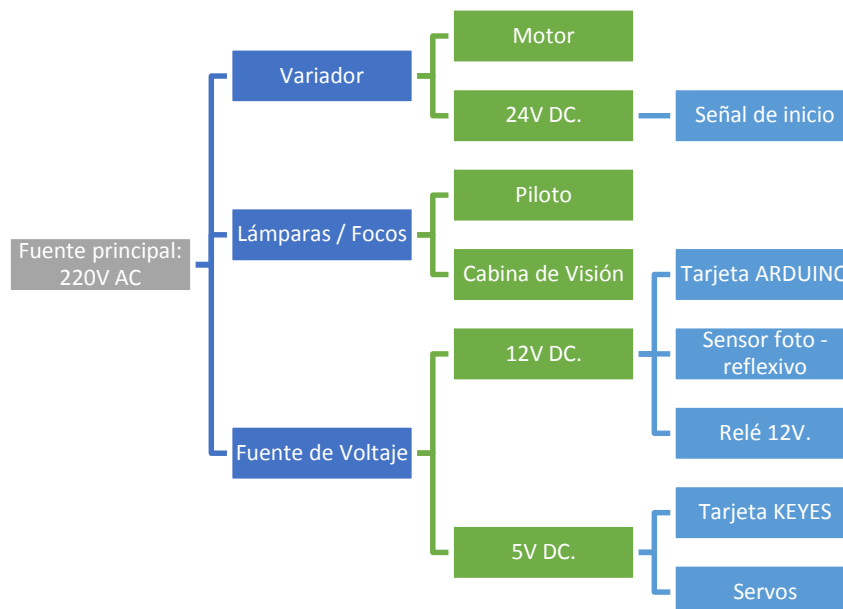


Figura 1. Distribución de Energía

Fuente: Autores

g. Selección del cable

Para seleccionar el cable determinamos los siguientes parámetros iniciales:

- ✓ Longitud: 0.02 Km.
- ✓ Potencia: 1 hp = 745.7 W.
- ✓ Frecuencia: 60 Hz.
- ✓ Voltaje de la fuente: 220V.
- ✓ Factor de potencia: 1
- ✓ Sobrecarga: 35%.
- ✓ To (Temperatura de operación): 20 °C.
- ✓ Tf (Temperatura final del cable): 75 °C.

Parámetros del cable seleccionado tomados del anexo B. 7. 1:

- ✓ Calibre: 14 AWG
- ✓ Capacidad de Corriente: 18 A.
- ✓ Resistencia a 20°C.: 8.44 Ω /Km.
- ✓ S (Distancia entre centros): 8.60 mm.
- ✓ r (Radio del núcleo): 2.035 mm.

g.1. Corriente nominal

La corriente nominal se calcula con la siguiente fórmula:

$$I_{nom} = \frac{P_{nom}}{V_{nom}} \quad \text{Ec. 40}$$

Dónde:

- I_{nom} = Corriente nominal, [A]
- P_{nom} = Potencia nominal, [W]
- V_{nom} = Voltaje nominal (fuente), [V]

Datos del sistema:

P_{nom} : 745.7 W. Dato inicial

V_{nom} : 220 V. Dato inicial

Reemplazando en Ec. 40, se obtiene:

$$I_{nom} = \frac{745.7 \text{ W.}}{220 \text{ V.}}$$

$$I_{nom} = 3.39 \text{ A} \approx 4 \text{ A}$$

Se empleará un fusible de 4 A debido a que es el valor comercial más aproximado al calculado.

g.2. Resistencia nominal

La resistencia nominal se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_{nom} = \frac{P_{nom}}{(I_{nom})^2} \quad \text{Ec. 41}$$

Dónde:

R_{nom} = Resistencia nominal, [Ω]

P_{nom} = Potencia nominal, [W]

I_{nom} = Corriente nominal, [A]

Datos del sistema:

P_{nom} : 745.7 W. Dato inicial

I_{nom} : 3.39 A. Calculado anteriormente

Reemplazando en la Ec. 41, se obtiene:

$$R_{nom} = \frac{745.7 \text{ W}}{(3.39 \text{ A})^2}$$

$$R_{nom} = 64.889 \Omega$$

g.3. Potencia de sobrecarga

La potencia de sobrecarga se calcula con:

$$P_{sob} = \frac{135 P_{nom}}{100}$$

Ec. 42

Dónde:

P_{sob} = Potencia de sobrecarga, [W]

P_{nom} = Potencia nominal, [W]

Datos del sistema:

P_{nom} : 745.7 W. Dato inicial

Se multiplica por 135 y divide para 100 debido a que el bobinado del motor tolera hasta un 35% de sobrecarga.

Reemplazando en Ec. 42, se obtiene:

$$P_{sob} = \frac{135 * 745.7 \text{ W}}{100}$$

$$P_{sob} = 1006.695 \text{ W.}$$

g.4. Corriente de sobrecarga

La corriente de sobrecarga se calcula con:

$$I_{sob} = \sqrt{\frac{P_{sob}}{R_{nom}}} \quad \text{Ec. 43}$$

Dónde:

$$\begin{aligned} I_{sob} &= \text{Corriente de sobrecarga, [A]} \\ P_{sob} &= \text{Potencia de sobrecarga, [W]} \\ R_{nom} &= \text{Resistencia nominal, [\Omega]} \end{aligned}$$

Datos del sistema:

$$\begin{aligned} P_{sob} &: 1006,695 \text{ W calculado anteriormente} \\ R_{nom} &: 64,889 \Omega \text{ calculado anteriormente} \end{aligned}$$

Reemplazando en Ec. 43, se obtiene:

$$\begin{aligned} I_{sob} &= \sqrt{\frac{1006.695 \text{ W}}{64.889 \Omega}} \\ I_{sob} &= 3.939 \text{ A} \end{aligned}$$

g.5. Voltaje de sobrecarga

El voltaje de sobrecarga se calcula con la siguiente fórmula:

$$V_{sob} = \frac{P_{sob}}{I_{sob}} \quad \text{Ec. 44}$$

Dónde:

$$\begin{aligned} V_{sob} &= \text{Voltaje de sobrecarga, [V]} \\ I_{sob} &= \text{Corriente de sobrecarga, [A]} \\ P_{sob} &= \text{Potencia de sobrecarga, [W]} \end{aligned}$$

Datos del sistema:

I_{sob} : 3.939 A calculado anteriormente

P_{sob} : 1006.695 W calculado anteriormente

Reemplazando en Ec. 44, se obtiene:

$$V_{sob} = \frac{1006.695 W}{3.939 A}$$

$$V_{sob} = 255.571 V$$

g.6. Resistencia a T_f del cable

La resistencia a T_f (temperatura final del cable) se calcula con la siguiente fórmula:

$$R_{75^\circ C} = R_{20^\circ C} \left(\frac{T_f + 234,5}{T_o + 234,5} \right) \quad \text{Ec. 45}$$

Dónde:

$R_{75^\circ C}$ = Resistencia del cable a 75°C, [Ω]

$R_{20^\circ C}$ = Resistencia del cable a 20°C, [Ω]

T_f = Temperatura máxima del cable, [°C]

T_o = Temperatura de operación del cable, [°C]

Datos del sistema:

$R_{20^\circ C}$: 8.44 Ω /Km. Dato inicial

T_f : 75°C. Dato inicial.

T_o : 20°C. Dato inicial.

Reemplazando en Ec. 45, se obtiene:

$$R_{75^{\circ}C} = 8.44 \frac{\Omega}{\text{Km}} \left(\frac{75 + 234.5}{20 + 234.5} \right)$$

$$R_{75^{\circ}C} = 10.264 \frac{\Omega}{\text{Km}}$$

g.7. Cálculo de la reactancia (X_L)

Se calcula con la siguiente fórmula:

$$X_L = 2\pi f \left(0.1404 \log\left(\frac{s}{r}\right) + 0.0153 \right) * 10^{-3} \quad \text{Ec. 46}$$

Dónde:

- X_L = Reactancia, [Ω]
- f = Frecuencia, [Hz]
- s = Distancia entre centros, [mm]
- r = Radio del núcleo, [mm]

Datos del sistema:

- f : 60 Hz. Dato inicial
- s : 8,60 mm. Dato inicial
- r : 2,035 mm. Dato inicial

Reemplazando en la Ec. 46, se obtiene:

$$X_L = 2\pi(60) \left(0.1404 \log\left(\frac{8.60}{2.035}\right) + 0.0153 \right) * 10^{-3}$$

$$X_L = 0.039 \Omega$$

g.8. Voltaje de carga

La caída de tensión se calcula con:

$$V_{Sob} = \sqrt{(V_L \cos \theta + I_{Sob} R_{75^\circ C})^2 + (V_L \sin \theta + I_{Sob} X_L)^2} \quad \text{Ec. 47}$$

Dónde:

$$\begin{aligned} V_{Sob} &= \text{Voltaje de sobrecarga, [V]} \\ V_L &= \text{Voltaje de carga, [V]} \\ R_{75^\circ C} &= \text{Resistencia a } 75^\circ\text{C, } [\Omega] \\ I_{Sob} &= \text{Corriente de sobrecarga, [A]} \\ X_L &= \text{Reactancia, } [\Omega] \end{aligned}$$

Datos del sistema:

$$\begin{aligned} V_{Sob} &: 255.571 \text{ V calculado anteriormente} \\ R_{75^\circ C} &: 10.264 \Omega \text{ calculado anteriormente} \\ I_{Sob} &: 3.939 \text{ A calculado anteriormente} \\ X_L &: 0.039 \Omega \text{ calculado anteriormente} \end{aligned}$$

Reemplazando en la Ec. 47, se obtiene:

$$\begin{aligned} (255.571 \text{ V})^2 &= (V_L(1) + 3.939 \text{ A} * 10.264)^2 + (V_L(0) + 3.939 \text{ A} * 0.039 \Omega)^2 \\ V_L^2 + 80.859 V_L - 63681.936 &= 0 \end{aligned}$$

Resolviendo esta ecuación de segundo grado se obtiene el voltaje de carga que corresponde a:

$$V_L = 215.141 \text{ V}$$

g.9. Caída de tensión

Se admite como máximo un 5% de caída de tensión y se calcula con la Ec. 48:

$$\Delta V = \frac{100(V_{nom} - V_L)}{2} \quad \text{Ec. 48}$$

Dónde:

$$\begin{aligned} \Delta V &= \text{Caída de Tensión, [\%]} \\ V_{nom} &= \text{Voltaje Nominal, [V]} \\ V_L &= \text{Voltaje de carga, [V]} \end{aligned}$$

Datos del sistema:

$$\begin{aligned} V_{nom} &: 220 \text{ V. Dato inicial} \\ V_L &: 215.141 \text{ V calculado anteriormente} \end{aligned}$$

Reemplazando en Ec. 48, se obtiene:

$$\begin{aligned} \Delta V &= \frac{100(220 - 215.141 \text{ V})}{215.141 \text{ V}} \\ \Delta V &= 2.259 \% \end{aligned}$$

Este porcentaje cabe en el permitido, por lo tanto, se selecciona este cable para las conexiones.

h. Selección del fusible

Para la selección del fusible recurrimos a una fórmula empírica, basada en la experiencia de los técnicos eléctricos. Así:

$$I_f = 1.25 I_{nom} \quad \text{Ec. 49}$$

Dónde:

I_f = Corriente del fusible, [A]

I_{nom} = Corriente nominal, [A]

Datos del sistema:

I_{nom} : 3.39 A. calculado anteriormente

Reemplazando en la Ec. 49, respectivamente, se obtiene:

$$I_f = 1.25 (3.39)$$

$$I_f = 4.23 \text{ A}$$

Se escoge un fusible de 4A, que es el más aproximado en el mercado.

2.4. Diagrama de flujo del sistema

A continuación se presenta el diagrama del sistema, que describe la función y estructura de los instrumentos electrónicos en conjunto con la lógica de programación.

Para entender de mejor manera el diagrama de flujo consta de los pasos a seguir de la máquina cuyo funcionamiento como ya se explicó, es autómatas, para lo cual se considera el contador (sensor infrarrojo) dejando ingresar para su análisis un grupo de seis (6) huevos por ciclo, tres de cada hilera, al cabo de contados los tres pasos el motor se detiene, y es en este momento en donde la cámara tomará la fotografía que será enviada al computador para su procesamiento, y cuya respuesta hace actuar a los mecanismos de selección, con esta acción termina el ciclo y se repite al encender nuevamente el motor y reiniciar el contador de infrarrojos.

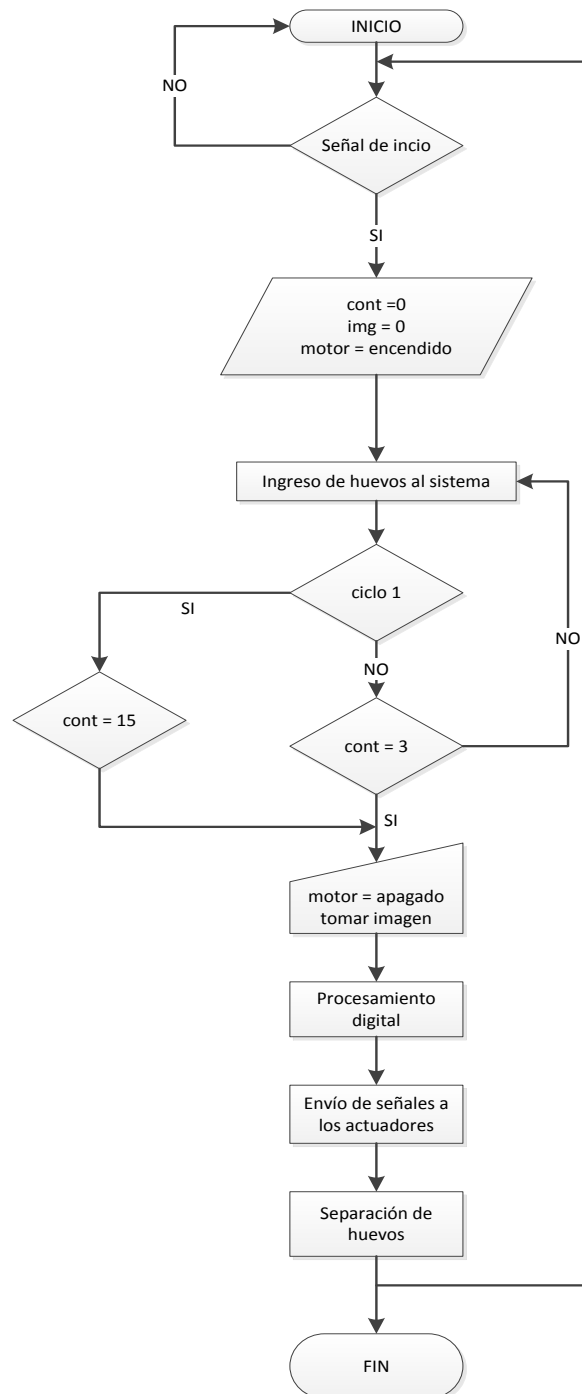


Figura 2. 28. Diagrama de flujo del sistema electromecánico.

Fuente: Autores

2.5. Desarrollo del HMI

El software se desarrolla con el programa MATLAB, que posee una librería para realizar visión artificial, además de librerías de comunicación y

herramientas que permiten desarrollar un entorno amigable con el usuario, lo que permitirá un fácil manejo.

2.5.1. Estructura del software

El software presenta dos opciones de funcionamiento manual y automático:

a. Método manual

Permite al usuario observar la imagen de los huevos sin exponerse a la luz intensa, ya que los verá a través del monitor que recibe la imagen desde la cámara de ovoscopia y será el mismo usuario quien seleccione los huevos, solo dando un clic sobre el huevo que considere defectuoso.

b. Método automático

En este método no interviene el usuario, pues el software realiza el procesamiento de imágenes, y los resultados son enviados a los actuadores que seleccionan los huevos fértiles.

2.5.2. Diagrama de flujo del software

A continuación se presenta el diagrama de software, que describe la interacción entre la programación del HMI (GUI MATLAB) y la programación de la tarjeta de control (ARDUINO UNO).

Una vez adquirida la imagen el computador a través del procesamiento de imagen en modo automático binariza la primera y segunda capa para luego de una superposición de las mismas segmentar los tres huevos, se procede a una segunda Binarización en la cual se toman únicamente los

pixeles dentro del huevo y aquellos que notoriamente han dejado pasar la luz y son considerados como imperfecciones toman un color blanco para dejar el resto de color negro. Así se cuentan las regiones blancas detectadas por unidad de huevo y se determina su fertilidad.

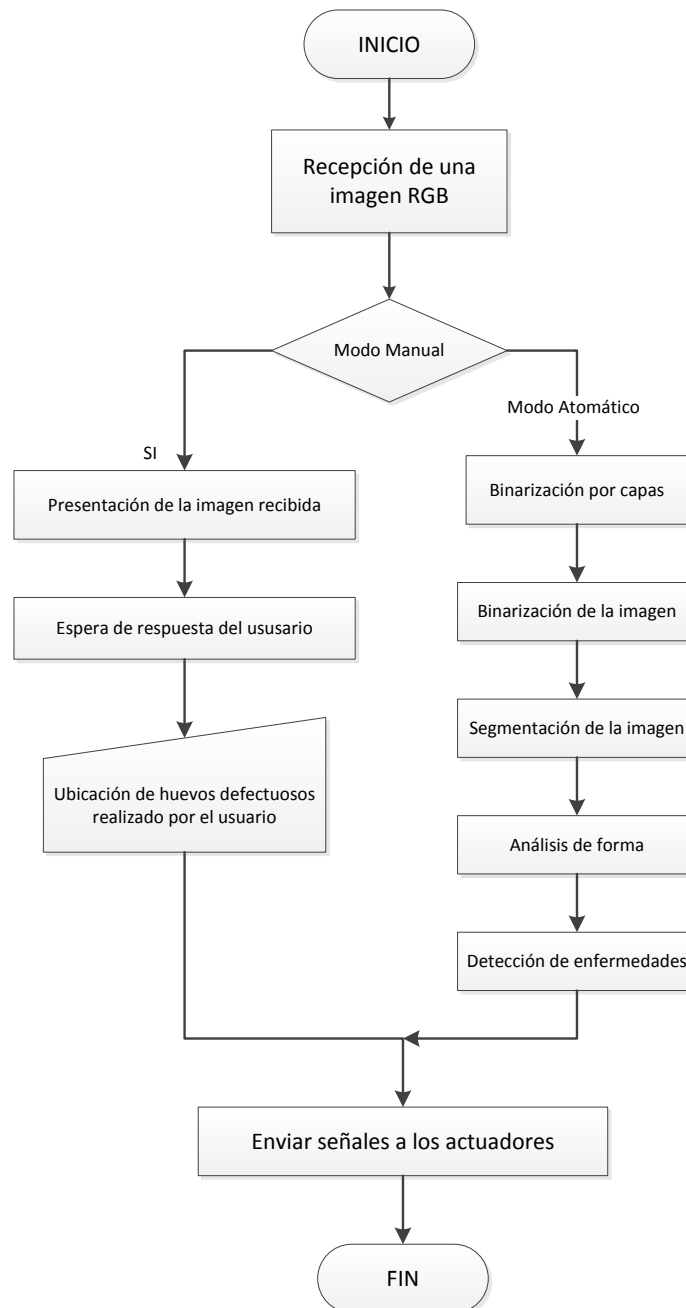


Figura 2. 29. Diagrama de flujo del programa.

Fuente: Autores

CAPÍTULO III

ANÁLISIS DE RESULTADOS

3.1. Introducción

Es de gran importancia realizar las respectivas pruebas al proyecto en cuanto al sistema mecánico, eléctrico, electrónico y de software, ya que, las mismas validarán su funcionalidad y cumplimiento de los requerimientos iniciales del sistema.

La finalidad de realizar las pruebas es determinar el comportamiento real del sistema determinado sus fallas, y así depurar el sistema, asegurando un funcionamiento óptimo y de acuerdo con las características requeridas por el usuario.

Las pruebas son realizadas a toda parte del sistema, sin embargo, se tomará más atención al transporte de huevos, ya que manejar objetos tan delicados requiere mayor precisión y cuidado. El procesamiento de las imágenes es obviamente parte fundamental del sistema en general, por ello, se tomará también especial atención en estas pruebas.

Además, las pruebas son requerimiento previo, pues dan una garantía de funcionalidad, es decir, dan paso a la puesta en marcha del sistema.

3.2. Pruebas del sistema mecánico

Esta sección muestra las pruebas del sometimiento del sistema a diferentes fuerzas, analizando los resultados obtenidos, que se detallan a continuación:

3.2.1. Pruebas del sistema de soporte y estructura

Para la realización de esta prueba se sometió la estructura a varias fuerzas (pesos), incrementando gradualmente objetos sobre el sistema, como se puede observar en la Figura 3.1.

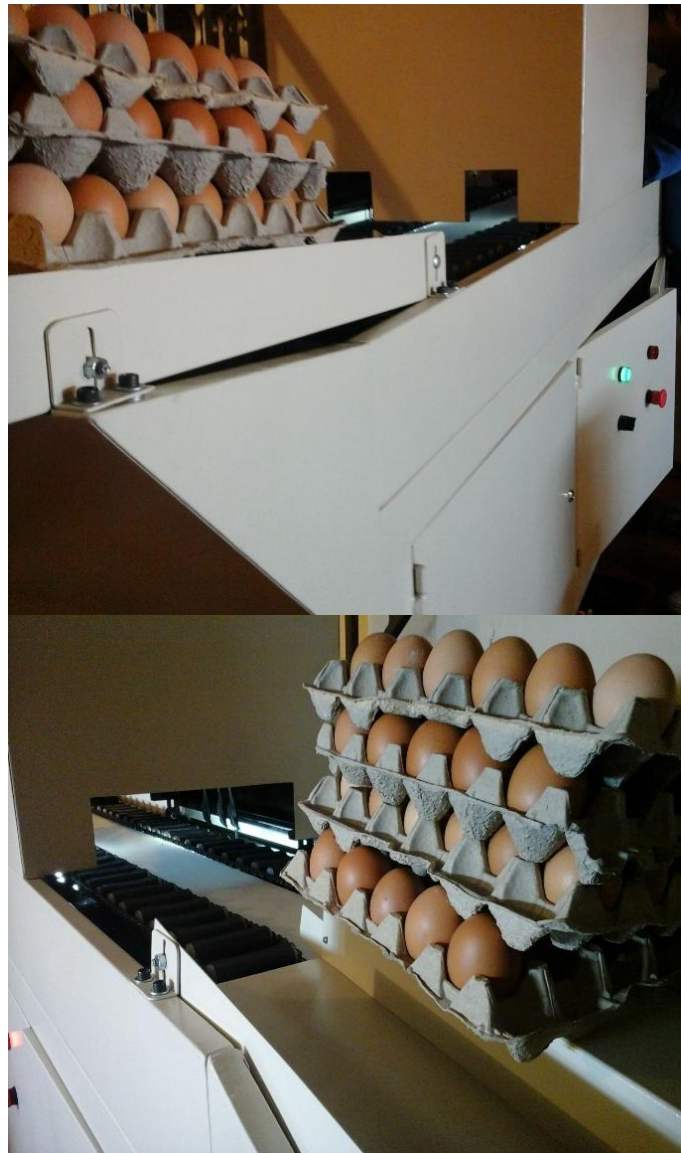


Figura 3.1. Prueba de resistencia mecánica

Fuente: Autores

En la Tabla 3. 1 se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 3. 1. Resultados de las Deformaciones de la Estructura

CANTIDAD DE HUEVOS	PESO	DEFORMACIÓN
Objeto 1	20000 gr.	Nula
Objeto 2	40000 gr.	Nula
Objeto 3	60000 gr.	Nula

Fuente: Autores

Se puede concluir que la estructura no se ve afectada por el peso al que se somete, ya que a simple observación y con ayuda de un calibrador se determina que no existe deformación alguna, cabe recalcar que el sistema como máximo llevará un peso de 12000 gr., sin embargo las pruebas se realizaron con pesos mayores, determinando el satisfactorio diseño del sistema.

3.2.2. Pruebas del sistema de frenado

Para el desarrollo de esta prueba se ubicó 100 huevos en las bandas de transporte, y se procedió a ubicar los huevos tanto en la banda de accesorios como en la lisa y ponerlo en marcha y detenerlo como se aprecia en la Figura 3.2.



Figura 3.2. Pruebas del sistema de frenado

Fuente: Autores

Posteriormente, se obtuvieron los resultados de la Tabla 3. 2:

Tabla 3. 2. Resultados del sistema de frenado

Medición	Distancia recorrida después del paro	Tiempo de frenado después del paro	Huevos rotos
1	0 m.	0 seg.	Ninguno
2	0 m.	0 seg.	Ninguno
3	0 m.	0 seg.	Ninguno
4	0 m.	0 seg.	Ninguno
5	0 m.	0 seg.	Ninguno

Fuente: Autores

Con lo que se concluye que el sistema de frenado no presenta ningún tipo de falla y no repercute en el estado de los huevos.

3.2.3. Pruebas de la resistencia de la banda de accesorios

Se realizó ésta prueba incrementando gradualmente la cantidad de huevos sobre la banda de accesorios, como se puede observar en la Figura 3. 3.



Figura 3. 3. Prueba de la banda de accesorios

Fuente: Autores

Obteniendo los resultados mostrados en la Tabla 3. 3:

Tabla 3. 3. Resultados de la resistencia de la banda de accesorios

Cantidad de huevos	Peso	Deformación	Huevos rotos
10	600 gr.	Ninguna	Ninguno
20	1200 gr.	Ninguna	Ninguno
30	1800 gr.	Ninguna	Ninguno
40	2500 gr.	Ninguna	Ninguno
50	3000 gr.	Ninguna	Ninguno

Fuente: Autores

Por lo tanto, se determina que el diseño de la banda de accesorios es correcto pues no muestra ninguna deformación ante la carga sometida.

3.2.4. Pruebas de la resistencia de la banda lisa

Se realizó ésta prueba incrementando gradualmente la cantidad de huevos sobre la banda lisa, en la Figura 3. 4 se puede observar la prueba descrita.



Figura 3. 4. Pruebas de la banda lisa

Fuente: Autores

Se obtuvieron los resultados descritos en la Tabla 3. 4:

Tabla 3. 4. Resultados de la resistencia de la banda lisa

Cantidad de	Peso	Deformación	Huevos
-------------	------	-------------	--------

huevos		rotos	
10	600 gr.	Ninguna	Ninguno
20	1200 gr.	Ninguna	Ninguno
30	1800 gr.	Ninguna	Ninguno
40	2400 gr.	Ninguna	Ninguno
50	3000 gr.	Ninguna	Ninguno
60	3600 gr.	Ninguna	Ninguno

Fuente: Autores

Por lo tanto, se determina que el diseño de la banda lisa es el adecuado, pues no muestra ninguna deformación ante la carga sometida y cabe recalcar que se le realizó la prueba con el doble de peso que se aplicaría normalmente.

3.2.5. Pruebas del transporte de huevos

Con los resultados mostrados en la Tabla 3. 1, Tabla 3. 2, Tabla 3. 3 y Tabla 3. 4 se concluye que el sistema es apto para el transporte de huevos, ya que, no presenta deformaciones bajo la exposición de diferentes pesos.

En el transporte de los huevos presenta fluidez y en el frenado no representa ningún tipo de peligro para el estado de los huevos.

Además, la estructura del sistema es robusta, es decir, todo el proyecto tiene un soporte adecuado, que obviamente garantiza la sostenibilidad de todo el sistema en general.

Todas estas características verificadas mediante las pruebas realizadas demuestran que el sistema es apto para el transporte de huevos, pues cumple con los requerimientos iniciales de funcionalidad.

3.3. Pruebas del sistema eléctrico y electrónico

Una vez aprobado el sistema mecánico, mediante las pruebas realizadas, se procede a efectuar el respectivo análisis de la parte eléctrica, con las siguientes pruebas, las mismas que validarán su funcionalidad.

3.3.1. Pruebas de estado del motor durante el proceso

Para probar el estado del motor se energiza el mismo y con órdenes desde el panel manual se prende y apaga, varias veces, se mantiene encendido un tiempo prolongado y se observa su funcionamiento, la Figura 3. 5 muestra el motor y su ubicación dentro del sistema.

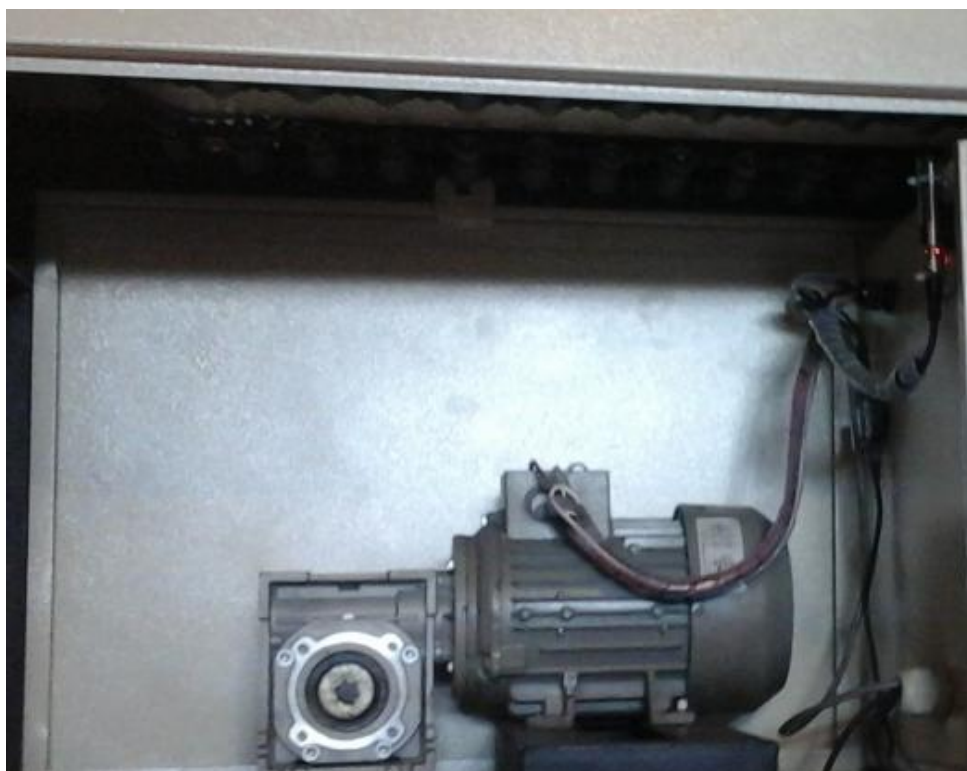


Figura 3. 5. Motor trifásico ubicado en el sistema
Fuente: Autores

En la Tabla 3. 5 se muestran los resultados obtenidos:

Tabla 3. 5. Pruebas realizadas en el motor trifásico

Medición	Prueba	Tiempo de prueba	Estado del motor	Elevación de temperatura
----------	--------	------------------	------------------	--------------------------

1	Encendido	3 seg.	Normal	No
2	Apagado	1 seg.	Normal	No
3	Encendido	2 seg.	Normal	No
4	Apagado	1 seg.	Normal	No
5	Encendido	30 min	Normal	No
6	Apagado	3 seg.	Normal	No
7	Encendido	5 hora	Normal	Si *
8	Apagado	-	Normal	Si *

Fuente: Autores

Al término de la prueba se demuestra que el motor funciona correctamente, ya que, no presenta ningún deterioro.

En las pruebas 7 y 8 se observa una elevación de temperatura de 2°C, que no representa ningún tipo falla o daño del motor.

La temperatura de funcionamiento máxima corresponde a 60°C y en las pruebas se alcanzó como máximo una temperatura de 25°C. Lo que determina la validez del funcionamiento del motor.

3.3.2. Pruebas de respuesta de los servos

Para la realización de pruebas a los servos se procede primero a probar la continuidad de las conexiones realizadas, posteriormente se envía señales de posición a cada servo, especificando el tiempo de reacción y su posición final respecto a la señal enviada, verificando así su funcionamiento óptimo, en la Figura 3. 6, se puede observar los servos dentro de la cabina de ovoscopía.



Figura 3. 6. Pruebas realizadas a los servos

Fuente: Autores

A continuación, la Tabla 3. 6 muestra los resultados obtenidos:

Tabla 3. 6. Resultados de las pruebas realizadas a los servos

Servo	Continuidad de la conexión	Ángulo inicial y final	Tiempo de reacción	Funcionamiento
1	Aprobado	10° - 55°	0,5 seg. (aprox)	Aceptable
2	Aprobado	10° - 55°	0,5 seg. (aprox)	Aceptable
3	Aprobado	10° - 55°	0,5 seg. (aprox)	Aceptable
4	Aprobado	170° - 125°	0,5 seg. (aprox)	Aceptable
5	Aprobado	170° - 125°	0,5 seg. (aprox)	Aceptable
6	Aprobado	170° - 125°	0,5 seg. (aprox)	Aceptable

Fuente: Autores

Con los resultados obtenidos se puede concluir que las conexiones han sido realizadas correctamente y que la respuesta de los servos es aceptable para la aplicación requerida.

3.3.3. Pruebas con el sensor foto reflectivo

Para probar el correcto funcionamiento del sensor foto reflectivo se realiza primero la comprobación de continuidad de las conexiones y posteriormente se prueba la capacidad de detección del sensor, se puede observar en la Figura 3. 7 la ubicación del sensor dentro del sistema.



Figura 3. 7. Pruebas del sensor foto reflectivo

Fuente: Autores

Se obtuvieron los resultados descritos en la Tabla 3. 7.

Tabla 3. 7. Resultados de las pruebas del sensor foto reflectivo

Medición	Objetos a ser detectados	Velocidad de paso de los objetos	Objetos detectados por el sensor	Reacción del sensor
1	2	10 cm/seg.	2	Aprobado
2	3	12 cm/seg.	3	Aprobado
3	6	15 cm/seg.	6	Aprobado
4	9	35 cm/seg.	9	Aprobado
5	15	60 cm/seg.	15	Aprobado
6	20	80 cm/seg.	20	Aprobado
7	Continuidad de las conexiones			Aprobado

Fuente: Autores

En conclusión, el sensor reacciona correctamente y acorde con las necesidades del sistema, cabe recalcar que se probó el sensor con velocidades mayores a las de funcionamiento, respondiendo favorablemente.

3.3.4. Pruebas de órdenes desde el panel de mando

El panel de mano posee dos botones, uno de doble posición para encendido y apagado y otro de paro de emergencia; además posee dos luces piloto que permiten visualizar el estado del sistema: verde para operación normal y rojo para detenido. Para demostrar el correcto

funcionamiento del sistema se realizó la siguiente prueba que se observa en la Figura 3. 8 que consiste en presionar cada uno de los botones.

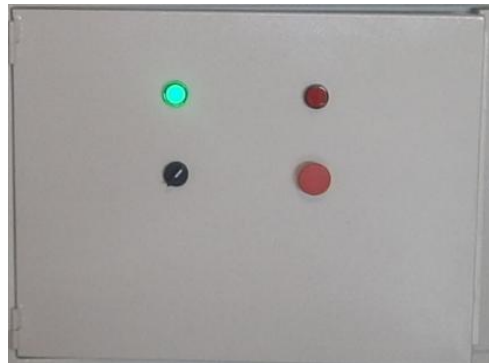


Figura 3. 8. Pruebas de panel de mando

Fuente: Autores

Al observar el funcionamiento, en la Tabla 3. 8 se describen los resultados obtenidos.

Tabla 3. 8. Resultados de las pruebas al panel de control

Prueba	Tiempo de reacción	Luz piloto verde	Luz piloto Roja	Funcionamiento
Botón en posición Encendido	Inmediato	Encendida	Apagada	Aprobado
Botón en posición Apagado	Inmediato	Apagada	Encendida	Aprobado
Paro de emergencia	Inmediato	Apagada	Encendida	Aprobado

Fuente: Autores

Con los resultados observados se concluye que el panel de control funciona correctamente, representa una básica interface entre hombre y máquina, pues muestra de manera simple y amigable el estado del sistema, es decir, cumple con los requerimientos iniciales.

En general, el sistema eléctrico y electrónico funciona correctamente, en base a los resultados obtenidos de las pruebas realizadas.

3.4. Pruebas del software

En cuanto al software se realizaron varias pruebas que garantizan el correcto funcionamiento, a continuación se muestran las tablas de resultados específicas para cada prueba.

3.4.1. Pruebas del sistema de control

El sistema de control es de lazo abierto, ya que se analiza cada huevo y el algoritmo decide si es o no fértil y posterior a eso se envían las señales a cada servo y se separan, sin embargo, no hay retroalimentación.

3.4.2. Pruebas de procesamiento de huevos

El procesamiento de las imágenes de los huevos representa una parte crucial en el proyecto, por ello, las pruebas realizadas han sido especialmente analizadas para obtener un buen funcionamiento del sistema en general.

Es así que se realizaron varias pruebas, que se describen a continuación:

a. Detección del tamaño y ubicación

Para la realización de esta prueba se captura la imagen e igualmente se analiza a través del software, esta parte es muy importante pues los huevos pueden cambiar de ubicación en la banda, en la Figura 3. 9, se puede observar la detección de cada huevo por separado.

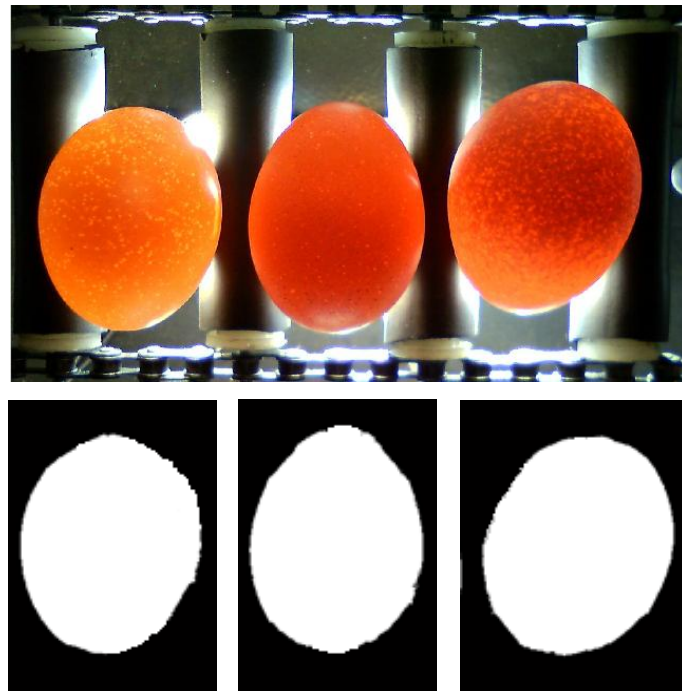


Figura 3. 9. Detección de tamaño y ubicación
Fuente: Autores

Los resultados obtenidos se muestran en la Tabla 3. 9, así:

Tabla 3. 9. Pruebas de detección de tamaño

Prueba	Tamaño vertical del huevo (real)	Tamaño vertical del huevo (algoritmo)	Funcionamiento
1	5,4 cm.	5,49 cm.	Correcto
2	6,2 cm.	6,31 cm.	Correcto
3	4,8 cm.	4,95 cm.	Correcto
4	7,2 cm	7,35 cm	Correcto
5	5,8 cm.	5,99 cm.	Correcto

Fuente: Autores

En este proceso lo único que se requiere es captar específicamente la longitud vertical del huevo, ya que, el tamaño aceptado será solamente definido por el usuario, que puede ser modificado, por lo tanto esta prueba resulta exitosa, ya que cumple con el requerimiento de captar y determinar correctamente el tamaño del huevo.

b. Detección de la forma

Para esta prueba de igual manera se requiere capturar la imagen y analizarla a través del software, en la Figura 3. 10 se puede observar el funcionamiento del software.

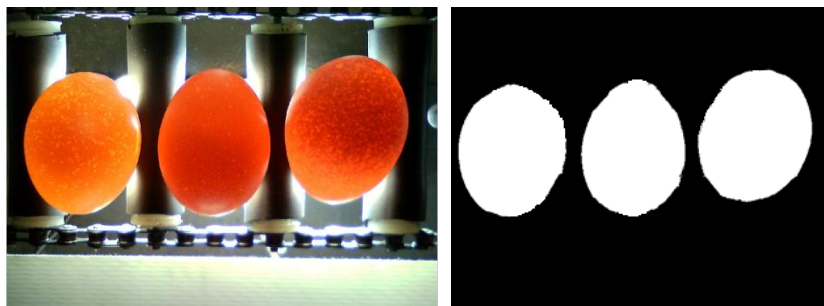


Figura 3. 10. Detección de forma

Fuente: Autores

Los resultados obtenidos, se pueden observar en la Tabla 3. 10, así:

Tabla 3. 10. Pruebas de detección de forma

Prueba	Forma detectada	Funcionamiento
1	Si	Correcto
2	Si	Correcto
3	Si	Correcto
4	Si	Correcto
5	Si	Correcto

Fuente: Autores

Por lo tanto, se concluye que el sistema funciona correctamente en cuanto a la detección del borde o forma.

c. Detección de enfermedades

Para esta prueba se realiza la captura de imágenes de huevos que presentan enfermedades, en la Figura 3. 11 se observa la segmentación del software para una ruptura lineal.

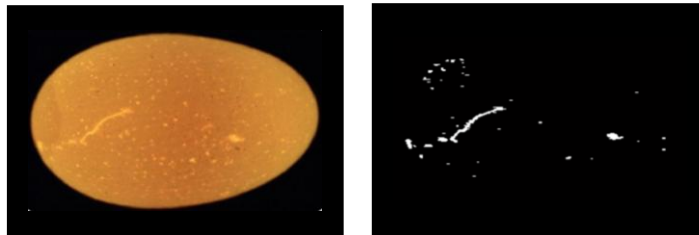


Figura 3. 11. Pruebas de detección de enfermedades
Fuente: Autores

En la Tabla 3. 11 se muestran los resultados obtenidos.

Tabla 3. 11. Pruebas de detección de enfermedad

Prueba	Enfermedad	Deformaciones encontradas	Funcionamiento
1	Ruptura puntual	Si	Correcto
2	Ruptura lineal	Si	Correcto
3	Ruptura por impacto	Si	Correcto
4	Corregido en útero	Si	Correcto
5	Huevos de cáscara rugosa	Si	Correcto
6	Marcas de jaula	Si	Correcto

Fuente: Autores

3.4.3. Pruebas del HMI

La interface humano-máquina representa gran importancia en el sistema en general, por ello es necesario realizar pruebas que validen su funcionalidad.

a. Pruebas del modo manual

El método manual fue probado en cuanto a la funcionalidad de las órdenes enviadas, en Figura 3. 12, se puede observar la interface.

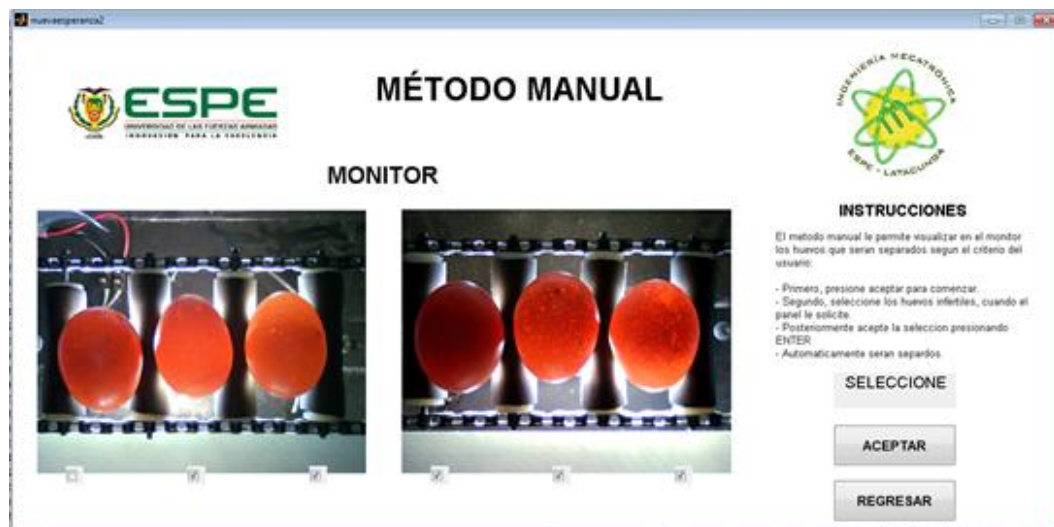


Figura 3. 12. Pruebas del HMI del modo manual

Fuente: Autores

Se realizó la verificación de este modo a través del envío de órdenes desde la ventana del modo manual y comparando el funcionamiento mecánico correspondiente, en la Tabla 3. 12 se observan los resultados.

Tabla 3. 12. Resultados de las pruebas del HMI manual

Prueba	Dato enviado	Funcionamiento mecánico
1	000001	Correcto
2	000101	Correcto
3	100010	Correcto
4	010011	Correcto
5	001100	Correcto
6	111111	Correcto

Fuente: Autores

b. Pruebas del modo automático

El HMI del modo automático fue probado a través de la comparación de la fotografía a color con la segmentación realizada por el software. La Figura 3. 13, muestra la interface y su respectivo funcionamiento.

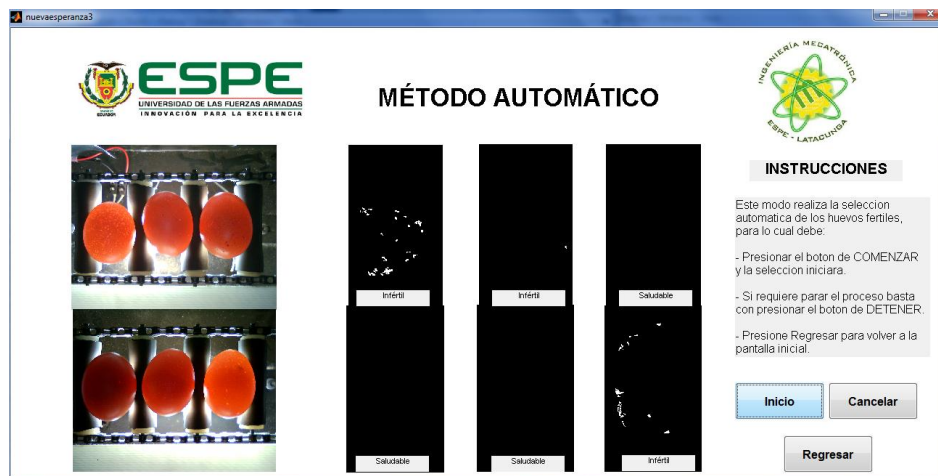


Figura 3. 13. Pruebas del HMI modo automático

Fuente: Autores

Los resultados obtenidos se observan en la Tabla 3. 13, así:

Tabla 3. 13. Resultados de las pruebas del HMI automático

Prueba	Defecto	Reconocido	Funcionamiento
1	Ruptura lineal	Si	Correcto
2	Porosidad	Si	Correcto
3	Ruptura puntual	Si	Correcto
4	Ruptura por impacto	Si	Correcto
5	Corregido en útero	Si	Correcto

Fuente: Autores

Cabe recalcar que el HMI puede detener el proceso en cualquier momento, sin embargo, el proceso se detendrá después de una secuencia terminada, es decir, después de acabar la selección de los huevos que capturó la imagen. Si se requiere detener el sistema inmediatamente, existe el paro de emergencia en el panel de control manual.

3.5. Pruebas del sistema

Una vez realizadas las pruebas independientes de cada parte del sistema, se realiza las pruebas integrales, demostrando el funcionamiento del sistema en general.

3.5.1. Capacidad de procesamiento de huevos

El sistema en modo manual requiere de la intervención del usuario, para determinar la fertilidad de los huevos, por ende, la capacidad de procesamiento de huevos depende directamente del operador.

Sin embargo, en el modo automático, la capacidad de procesamiento es de 6 huevos en 10 s, que es equivalente a procesar 1 huevo en 1,667 s, es así que:

- ✓ En una hora se procesan 2159 huevos.
- ✓ En una jornada de 8 horas se procesan 17276 huevos.

3.5.2. Resultados obtenidos respecto a la funcionalidad sistema

Para la prueba final de funcionamiento se realizó la incubación de los huevos separados por el sistema, dicha prueba se realizó con 1000 huevos, en la Tabla 3. 14 se pueden observar los resultados obtenidos.

Tabla 3. 14. Resultados de la prueba de huevos incubados

Huevos fértiles (Seleccionados por el sistema)		Huevos Infértiles (Seleccionados por el sistema)	
683		317	
Huevos eclosionados satisfactoriamente	Huevos no eclosionados satisfactoriamente	Huevos eclosionados satisfactoriamente	Huevos no eclosionados satisfactoriamente
647	36	21	296

Fuente: Autores

Error del sistema en selección de huevos fértiles

$$e_p = \frac{h_s - h_f}{h_s} * 100$$

Ec. 50

Dónde:

e_p = Error porcentual, [%]

h_s = Huevos seleccionados

h_f = Huevos fértiles (eclosión exitosa)

Reemplazando con los valores obtenidos:

$$e_p = \frac{683 - 647}{683} * 100$$
$$e_p = 5.27\%$$

3.6. Alcances y limitaciones

3.6.1. Alcances

- ✓ El sistema segmenta huevos de diferentes colores y tamaños.
- ✓ El software tiene la capacidad de procesar las imágenes ubicando automáticamente la posición de los huevos.
- ✓ El sistema puede procesar 6 huevos en 10 segundos.
- ✓ El sistema separa automáticamente los huevos fértiles de los infértiles.
- ✓ La estructura posee un diseño ergonómico y robusto.
- ✓ Las piezas del sistema pueden ser cambiados fácilmente.

3.6.2. Limitaciones

- ✓ El sistema requiere una alimentación de 220 VAC.
- ✓ El sistema no se limpia automáticamente.
- ✓ El procesamiento de los huevos no es a tiempo real.

3.7. Validación de la hipótesis

La hipótesis es:

El sistema de ovoscopia con visión artificial servirá para determinar la fertilidad de los huevos antes de su incubación.

La hipótesis ha sido validada en base a las siguientes razones:

- ✓ El sistema realiza la selección de huevos fértiles, determinando defectos en los huevos como: enfermedades, forma, tamaño, etc., este procesamiento que se realiza antes del ingreso de los huevos a la incubadora, con lo que se asegura un mayor porcentaje de eclosiones satisfactorias.
- ✓ El sistema es funcional, ya que, con las pruebas realizadas se ha validado el correcto funcionamiento del sistema.
- ✓ El proyecto cumple con los requerimientos iniciales, como modularidad (estructura sólida) y flexibilidad (el software está diseñado para segmentar imágenes de los huevos, sin importar su ubicación en la banda, color, forma, etc.).

3.8. Costos

El análisis de costos del sistema se divide en:

- ✓ Sistema mecánico
- ✓ Sistema eléctrico
- ✓ Sistema electrónico

Los costos se describen en la Tabla 3. 15:

Tabla 3. 15. Tabla de costos del sistema

Ord.	Descripción	Valor
1	Sistema Mecánico (estructura, chasis, banda)	\$ 1500,00
2	Sistema eléctrico (motor – reductor, variador)	\$ 750,00
3	Sistema electrónico (control)	\$ 400,00
TOTAL		\$ 2650,00

Fuente: Autores

CAPÍTULO IV

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

4.1. Conclusiones

- ✓ Se construyó e implementó un sistema automático de ovoscopía con visión artificial para la detección de huevos fértiles para INCUBANDINA.
- ✓ El sistema mecánico de transporte y manipulación de huevos es lo suficientemente ergonómico para no comprometer la fragilidad del material transportado y del mismo modo el sistema de selección por empuje está probado para una adecuada separación.
- ✓ La velocidad de la banda transportadora es la esperada, pudiendo ser regulada de forma independiente mediante el variador de frecuencia según las necesidades del usuario y sin alterar de manera alguna el resto del sistema y/o programaciones.
- ✓ Los instrumentos y actuadores eléctricos y electrónicos acoplados mediante acondicionamiento para su correcto funcionamiento con el controlador ARDUINO UNO se llevaron a cabo con satisfacción.
- ✓ El módulo SAOVA (Sistema Automático de Ovoscopía con Visión Artificial) constituye una banda transportadora mixta de tres hileras que separa huevos fértiles de no fértiles en modo manual y automático, pudiendo el último modo procesar hasta 2159 huevos por hora.
- ✓ Los GUI (Graphic User Interface / Interfaz Gráfica de Usuario) implementados cuentan con una ergonomía visual y facilidad de manejo tal que el usuario puede manipularlo con solo leer las instrucciones incluidas en cada una de las pantallas de la interfaz.

- ✓ Si bien la visión artificial no detecta en un 100% los errores debido a las condiciones bajo las cuales se realiza la ovoscopia, puede reconocer cierto número de imperfecciones gracias a lo cual cataloga a un huevo como fértil e infértil resultados claramente visibles en el número de eclosiones satisfactorias.
- ✓ Aquellos huevos cuyo proceso de incubación pudo no haber sido impedido no pierden su cualidad de ser comestibles, por lo que para la empresa es rentable su venta.
- ✓ Si bien la incubadora no ahorra energía pues sigue funcionando con los mismos espacios de tiempo, se optimiza su utilización al ingresar huevos con una mayor probabilidad de eclosión exitosa.
- ✓ La efectividad del funcionamiento en cuanto a resultados es satisfactoria con un margen de error del 10% en promedio.
- ✓ El sistema SAOVA mide 0,5 m x 2,0 m x 1,5 m; con un peso estimado de 197,68 Kg.

4.2. Recomendaciones

- ✓ La tarjeta de control ARDUINO UNO tiene suficientes entradas y salidas digitales, sin embargo es recomendable usar la tarjeta ARDUINO MEGA para contar con un mayor número de salidas tal que permitan la integración de visualizadores LCD durante la calibración de sensores y la verificación del envío y recepción de datos.
- ✓ Las cámaras web GENIUS e-face 2025 tienen una funcionalidad adecuada al sistema, sin embargo su velocidad de adquisición es limitada a

30 fps (frames per second / cuadros por segundo) lo cual para una futura mejoría del sistema podría ser limitante.

- ✓ El procesamiento digital de imágenes mediante la plataforma MATLAB si bien es veloz en medida de lo necesario puede ser reemplazada por el software libre OPENCV cuya velocidad es notablemente mayor a la de Matlab.

- ✓ El variador SINAMICS G110 utilizado para el control eléctrico – mecánico del motor es eficiente, sin embargo existen marcas de similar funcionamiento pero de manejo más sencillo como el LS de LG – Electronics.

- ✓ Se sugiere usar la instrumentación adecuada que opere en voltaje continuo y así tener un mejor acople con la tarjeta ARDUINO UNO o series similares.

- ✓ Se recomienda usar fuentes de voltaje continuo de computadores con la potencia necesaria para una corriente adecuada que logre energizar satisfactoriamente los actuadores de empuje para la separación de los huevos, en nuestro caso la potencia de la fuente es de 500 W de bajo costo y de la marca SPEEDMINO, sin embargo en el mercado se pueden encontrar fuentes de poder de mejores marcas y con mayor potencia para dar cabida a un mayor número de actuadores y sensores que mejoren el funcionamiento del proyecto.

BIBLIOGRAFÍA

- Arango, J. (5 de Marzo de 2013). Recuperado el 7 de Enero de 2014, de Calidad externa e interna del huevo:
<http://avicol.co/descargas2/CalidadExternaInternaHuevo.pdf>
- ARDUINO . (2014). *Arduino Website*. Obtenido de Qué es Arduino?:
<http://arduino.cc/es/Guide/Introduction>
- BRUNSEN de occidente. (2005). *comercioindustrial.net*. Obtenido de Productos Auxiliares para la Industria:
<http://www.comercioindustrial.net/productos.php?id=btrans&mt=bandas>
- Budynas, & Nisbett. (2008). *Diseño en ingeniería mecánica de Shigley*. Mexico: McGraw-Hill.
- CEJAROSU. (2005). Recuperado el 27 de 11 de 2013, de
http://concurso.cnice.mec.es/cnice2006/material107/mecanismos/mec_cadena-pinon.htm
- Chambi, P. (16 de Febrero de 2011). *Sildeshare*. Obtenido de Procesamiento de Imágenes con MATLAB: <http://es.slideshare.net/lonely113/procesamiento-digital-de-imagenes-con-matlab>
- Claudia, A. (Octubre de 2012). *¿Qure es ovoscopia?* Recuperado el 25 de Junio de 2013, de
<http://condorandinoenpeligro.blogspot.com/2012/10/ovoscopia.html>.
- Correia, A. (5 de Agosto de 2009). *monografias.com*. Obtenido de Sistema eléctrico:
http://www.monografias.com/usuario/perfiles/andreina_correia/monografias
- Cotransa. (3 de Abril de 2009). Recuperado el 27 de Noviembre de 2013, de
<http://es.scribd.com/doc/166184222/Et09-Cotransa-Catalogo-Cadenas-Transportadoras>
- Directores Mecatrónica TSU. (Septiembre de 2009). *Técnico Superior Universitario en Mecatrónica*. Obtenido de Sistemas mecánicos:
<http://calidad.utags.edu.mx/Calidad/PROGRAMAS-CALIDAD/3C-TSU-UTA/3C-MT/3C-MT.AU/PDF/8.SISTEMAS%20MECANICOS%20-%201198.pdf>
- Dpto. Tecnología IES SEFARAD. (16 de Enero de 2014). *BLOQUE TEMÁTICO: SISTEMAS MECÁNICOS*. Obtenido de SISTEMAS MECÁNICOS:
http://www.tecnosefarad.com/wp-content/archivos/bach_1/mecanica/sistemas_mecanicos.pdf
- Forbo. (04 de 2009). *Siegling transilon - bandas de transporte y procesamiento*. Obtenido de Cálculo de la banda transportadora: http://www.forbo-siegling.com/es/pages/brochures/technical/download/fms200904_calculo_de_la_banda_transportadora_304_sp.pdf
- García, I. (2008). *Visión Artificial y Procesamiento Digital de Imágenes usando Matlab*. Ibarra: PUCE - Sede Ibarra.
- Kosow, I. (1982). *Máquinas eléctricas y transformadores*. España: REVERTÉ.
 (2008). Manual de Interfaz Gráfica de Usuario en Matlab. En D. O. Guerrero. Guayaquil.
- Martos, G. F. (Septiembre de 2007). *Creación de Interfaces Gráficas de Usuario (GUI) con .* Obtenido de <http://web.usal.es/~gfdc/docencia/GuiSection.pdf>
- Mott, R. (2006). *Diseño de Elementos de Maquinas*. Mexico: Pearson.
- Rexnord® and Link-Belt®. (Septiembre de 2009). *Rexnold Chain Catalog*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2013, de
http://www.rexnord.com/rexnord_web_media_prod/PDFs/7010.pdf

- Ricaurte, S. (7 de Agosto de 2006). *Avicultura/Artículos técnicos*. Obtenido de <http://www.engormix.com/MA-avicultura/articulos/analisis-control-calidad-incubacion-t860/243-p0.htm>
- Santillán, J. C. (04 de 07 de 2008). *Monografías*. Obtenido de Criterios para el diseño de una cinta transportadora: <http://www.monografias.com/trabajos58/disenocintas-transportadoras/disenocintas-transportadoras2.shtml#xcomponentes>
- Solano, L. R. (31 de Octubre de 2012). *SlideShare*. Obtenido de Sistemas Mecánicos : http://www.slideshare.net/Luisa_regino/sistemas-mecnicos
- UCLM. (14 de Febrero de 2012). *CADENAS*. Recuperado el 27 de Noviembre de 2013, de Universidad de Castilla - La Mancha: <http://www.uclm.es/profesorado/porrasysoriano/elementos/Tema07.pdf>
- Wikipedia. (25 de Noviembre de 2013). *Palanca*. Recuperado el 1 de Diciembre de 2013, de <http://es.wikipedia.org/wiki/Palanca>
- Wikipedia. (7 de mayo de 2014). *Fundación Wikipedia, Inc*. Obtenido de Sensor Infrarrojo: http://es.wikipedia.org/wiki/Sensor_infrarrojo

GLOSARIO

ACCESO: m. Acción de llegar o acercarse.

ACCESORIO: m. Utensilio auxiliar para determinado trabajo o para el funcionamiento de una máquina. U. m. en pl.

BANDA: f. Cinta ancha o tafetán de colores determinados que se lleva atravesada desde un hombro al costado opuesto.

BINARIO: adj. Compuesto de dos elementos, unidades o guarismos.

CÓDIGO: m. Combinación de signos que tiene un determinado valor dentro de un sistema establecido.

DISEÑO: m. Traza o delineación de un edificio, objeto u obra.

ELECTRÓN: m. Fís. Partícula elemental más ligera que forma parte de los átomos y que contiene la mínima carga posible de electricidad negativa.

INTERFAZ: f. Inform. Conexión física y funcional entre dos aparatos o sistemas independientes.

MÁQUINA: f. Conjunto de aparatos combinados para recibir cierta forma de energía y transformarla en otra más adecuada.

PROGRAMACIÓN: Conjunto de líneas de código.

USUARIO: adj. Der. Dicho de una persona: Que tiene derecho de usar de una cosa ajena con cierta limitación. U. m. c. s.

ANEXOS

ANEXO A. Datos para el diseño mecánico.

A. 1. Parámetros de bandas transportadoras.

- A. 1. 1. Instalaciones de transporte de mercancías.
- A. 1. 2. Características y datos técnicos de la banda HABASIT.
- A. 1. 3. Constante C_1 para diseño de bandas.
- A. 1. 4. Elongaciones de servicio máximas.
- A. 1. 5. Factor C_3 .

A. 2. Parámetros de cadenas de rodillos.

- A. 2. 1. Datos técnicos – Cadena # 40.
- A. 2. 2. Datos técnicos – Cadena # 41.
- A. 2. 3. Datos técnicos – Piñones # 40.
- A. 2. 4. Datos técnicos – Piñones # 41.
- A. 2. 5. Factores de servicio para transmisiones por cadenas.

A. 3. Coeficientes de diseño para cadena transportadora.

- A. 3. 1. Coeficientes de Cálculo.
- A. 3. 2. Coeficiente de Inclinación.
- A. 3. 3. Coeficiente de utilización.
- A. 3. 4. Coeficiente de seguridad.
- A. 3. 5. Presión admisible Eje - Casquillo.

A. 4. Valores de K_r para diseño de ejes.

- A. 4. 1. Factor de concentración de esfuerzo debido al cuñero.
- A. 4. 2. Factor de concentración de esfuerzo debido al chaflán (estimación).
- A. 4. 3. Factores de concentración de esfuerzo en eje redondo escalonado.

A. 5. Propiedades mecánicas de algunos aceros.

- A. 5. 1. Composición porcentual del acero 705.
- A. 5. 2. Equivalencias del acero 705.
- A. 5. 3. Propiedades mecánicas de algunos aceros.

A. 6. Factores para el cálculo del límite de resistencia a la fatiga.

- A. 6. 1. Factor de superficie k_a .
- A. 6. 2. Factor de tamaño k_b .
- A. 6. 3. Factor de carga k_c .
- A. 6. 4. Factor de temperatura k_d .
- A. 6. 5. Factor de confiabilidad k_e .

A. 6. 6. Factor de efectos varios k_f .

A. 7. Características técnicas del reductor.

A. 7. 1. Rendimiento.

A. 7. 2. Dimensiones.

ANEXO B. Características de implementos eléctricos - electrónicos.

B. 1. Características técnicas del motor.

B. 1. 1. Especificaciones.

B. 1. 2. Dimensiones.

B. 2. Características técnicas del variador de frecuencia.

B. 2. 1. Especificaciones y dimensiones.

B. 2. 2. Distribución de pines – variante analógica.

B. 2. 3. Diagrama de bloques.

B. 4. Características del módulo a relé de dos canales.

B. 4. 1. Especificaciones y dimensiones.

B. 5. Características de la tarjeta ARDUINO UNO.

B. 5. 1. Diagrama de pines.

B. 5. 2. Especificaciones.

B. 6. Características del Servomotor HS – 311.

B. 6. 1. Especificaciones.

B. 6. 2. Dimensiones.

B. 7. Especificaciones técnicas del cable de cobre.

B. 7. 1. Características Cables ENCAUCHETADOS ST-C.

B. 8. Especificaciones técnicas de la cámara web implementada.

B. 8. 1. WEBCAM eFace 2025 GENIUS.

ANEXO C. Planos mecánicos.

C. 1. Sistema Automático de Ovoscopia – Vista Isométrica.

C. 1. 1. Despiece general.

C. 2. Banda transportadora.

C. 2. 1. Mesa.

C. 2. 1. a. Análisis del factor de seguridad de la mesa.

C. 2. 2. Bocín para sujetador.

C. 2. 3. Ejes de movimiento.

C. 2. 4. Polea.

C. 3. Chasis.

C. 3. 1. Marco lateral izquierdo.

C. 3. 2. Puerta caja de control.

C. 3. 3. Marcos superiores.

C. 3. 4. Marco lateral derecho.

C. 3. 5. Marco lateral derecho del motor – Puerta para caja del motor.

C. 3. 6. Caja de control eléctrico.

C. 3. 7. Marco frontal – posterior.

C. 3. 8. Sujetador rampa de entrada.

C. 3. 9. Sujetador rampa de salida.

C. 3. 10. Rampa de entrada.

C. 3. 11. Rampa de salida.

C. 3. 12. Cámara de ovoscopía.

C. 3. 13. Tapa para cadena – piñones.

C. 4. Base de focos y actuadores.

C. 4. 1. Base general.

C. 4. 2. Mecanismo tipo cuchara.

C. 4. 3. Base para focos.

C. 4. 4. Base para servomotores.

C. 4. 5. Base para cámaras web.

ANEXO D. Conexiones eléctricas.

ANEXO E. Programaciones.

E. 1. Programación de la tarjeta ARDUINO UNO.

E. 2. Programación de MATLAB.

E. 2. 1. Programación Pantalla Inicial.

E. 2. 2. Programación Método Manual.

E. 2. 3. Programación Método Automático.

ANEXO F. Manual de Operación.

ANEXO G. Fotografías del sistema real.

A. 1. Parámetros de bandas transportadoras.

A. 1. 1. Instalaciones de transporte de mercancías.

ORD	Ecuación	Diagrama
1	$F_U = \mu_R \cdot g(m + m_B + m_R)$	
2	$F_U = \mu_T \cdot g \left(m + \frac{m_B}{2} \right) + \mu_R \cdot g \left(\frac{m_B}{2} + m_R \right)$	
3	$F_U = \mu_T \cdot g(m_1 + m_2 + m_B)$	
4	Sentido de transporte ascendente: $F_U = \mu_R \cdot g(m + m_B + m_R) + g \cdot m \cdot \sin(\alpha)$ Sentido de transporte descendente: $F_U = \mu_R \cdot g(m + m_B + m_R) - g \cdot m \cdot \sin(\alpha)$	
5	Sentido de transporte ascendente: $F_U = \mu_T \cdot g \left(m + \frac{m_B}{2} \right) + \mu_R \cdot g \left(\frac{m_B}{2} + m_R \right) + g \cdot m \cdot \sin(\alpha)$ Sentido de transporte descendente: $F_U = \mu_R \cdot g(m + m_B + m_R) - g \cdot m \cdot \sin(\alpha)$	
6	$F_U = \mu_T \cdot g \left(m + \frac{m_B}{2} \right) + \mu_R \cdot g \left(\frac{m_B}{2} + m_R \right) + \mu_{ST} \cdot g \cdot m$	
7	$F_U = \text{Consultar}$	
8	$F_U = \text{Consultar}$	

A. 1. 2. Características y datos técnicos de la banda HABASIT.

Construcción del producto/Diseño

1	Lado de transporte (material):	Habilene
1	Lado de transporte (superficie):	Suave
1	Lado de transporte (propiedad):	No adhesivo
1	Lado de transporte (color):	Blanco
2	Capa de tracción (material):	Tejido de poliéster (PET)
-	Número de tejidos:	2
3	Cara de marcha/Lado de polea (material):	Tejido de poliéster (PET)
3	Cara de marcha/Lado de polea (superficie):	Tejido impregnado
3	Cara de marcha/Lado de polea (color):	Blanco

Datos técnicos

Grosor:	1.05 mm.	0.04 en.
Masa de la correa (peso de la correa):	1 kg./m ²	0.2 lbs./sq.ft
Radio de la barra de frente (mínimo):	2 mm.	0.08 en.
Diámetro de la polea (mínimo):	15 mm.	0.6 en.
Diámetro mínimo de la polea con contraflexión:	20 mm.	0.8 en.
Carga para 1% de extensión (k1% estático) por unidad de ancho (Norma Habasit SOP3-155 / EN ISO21181):	4.5 N/mm	26 lbs./in
Fuerza de tracción para 1% de alargamiento después de la relajación (k1% después del rodaje) por unidad de ancho (Norma Habasit SOP3-155):	3.5 N/mm	20 lbs./in
Fuerza de tracción admisible por unidad de ancho:	8 N/mm	46 lbs./in
Temperatura de funcionamiento admisible (continua):	Min -40 °C Max 80 °C	Min -40 °F Max 176 °F
Coefficiente de fricción de la polea de accionamiento de acero:	0.15 [-]	0.15 [-]
Coefficiente de fricción de la polea de accionamiento con capa de fricción:	0.35 [-]	0.35 [-]
Ancho de fabricación sin costuras:	2400 mm.	94 en.
Otros anchos de fabricación sin costuras por encargo:	NA mm.	NA en.

Todos los datos son valores aproximados bajo condiciones climáticas standar: 23°C/73°F, 50% humedad relativa (DIN 50005/ISO 554) y están basados en el método de empalme Master.

A. 1. 3. Constante C_1 para diseño de bandas.

Recubrimiento de la cara inferior Siegling Transilon	V3,V5,U2,A5,E3			V1,U1,UH,U2H, V2H,V5H			0,U0,NOVO,E0, A0,T,P		
Ángulo del contacto β	180°	210°	240°	180°	210°	240°	180°	210°	240°
Tambor de acero liso									
Seco	1,5	1,4	1,3	1,8	1,6	1,5	2,1	1,9	1,7
Mojado	3,7	3,2	2,9	5,0	4,0	3,0	No recomendable		
Tambor con forro de fricción									
Seco	1,4	1,3	1,2	1,6	1,5	1,4	1,5	1,4	1,3
Mojado	1,8	1,6	1,5	3,7	3,2	2,9	2,1	1,9	1,7

A. 1. 4. Elongaciones de servicio máximas.

Tipo de elemento tractor	Poliéster (letra identificativa "E")	Aramida (letra identificativa "AE")
Ejemplos de clases de tipos	E 2/1, E 3/1, E 4/2, E 6/1, NOVO, E 8/2, E 10/M, E 12/2, E 15/2, E 15/M, E 18/3, E 20/M, E 30/3, E 44/3	AE 48/H, AE 80/3, AE 100/3, AE 140/H, AE 140/3
ϵ_{max} (%)	2,0	0,8

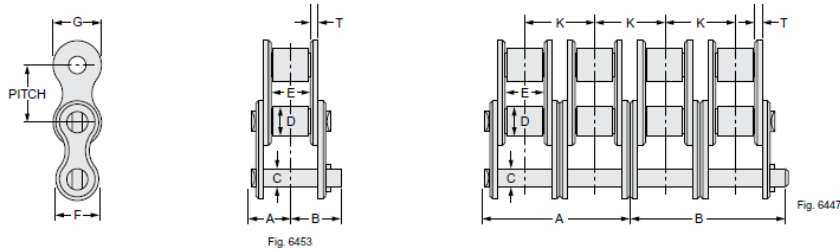
A. 1. 5. Factor C_3 .

Recubrimiento de la cara inferior Siegling transilon	V3,V5,U2,A5, E3	V1,U1,UH	0,U0,NOVO,T,P
Tambor de acero liso			
Seco	25	30	40
Mojado	50	No recomendable	No recomendable
Tambor con forro de fricción			
Seco	25	25	30
Mojado	30	40	40

A. 2. Parámetros de cadenas de rodillos.

A. 2. 1. Datos técnicos – Cadena # 40.

Drive engineering No. 40 chain • .500" pitch



Specifications and dimensions

Chain Number	Chain width, number of strands	Average ultimate strength, pounds	Joint bearing area, sq.in.	Weight per foot, pounds	Dimensions, inches									
					A	B	C	D	E	F	G	K	T	
40	Single	3,700	.068	.39	.32	.38								
40-2	Double	7,400	.136	.79	.60	.67								
40-3	Triple	11,100	.204	1.18	.89	.95	.156	.313	.31	.41	.47	.566	.06	
40-4	Quadruple	14,800	.272	1.57	1.17	1.23								
40-5	Quintuple	18,500	.340	1.97	1.45	1.52								
40-6	Sextuple	22,200	.408	2.36	1.73	1.80								

Available only in riveted construction.

Note: Dimensions and other Engineering Data are subject to change. Certified specifications of ordered product furnished upon request.

Ratings

Number of teeth, in small sprocket	Maximum bore inches	Horsepower for single strand chain ▲																			
		RPM of small sprocket																			
		50	100	200	300	400	500	700	1000	1200	1400	1600	1800	2400	3000	3500	4000	5000	6000	7000	8000
11	.750	0.23	0.43	0.80	1.16	1.50	1.83	2.48	3.42	4.03	4.63	5.22	4.66	3.03	2.17	1.72	1.41	1.01	0.77	0.61	0.50
12	.844	0.25	0.47	0.88	1.27	1.65	2.01	2.73	3.76	4.43	5.09	5.74	5.31	3.45	2.47	1.96	1.60	1.15	0.87	0.69	0.57
13	1.000	0.28	0.52	0.96	1.39	1.80	2.20	2.97	4.10	4.83	5.55	6.26	5.99	3.89	2.79	2.21	1.81	1.29	0.98	0.78	0.64
14	1.188	0.30	0.56	1.04	1.50	1.95	2.38	3.22	4.44	5.23	6.01	6.78	6.70	4.35	3.11	2.47	2.02	1.45	1.10	0.87	0.71
15	1.250	0.32	0.60	1.12	1.62	2.10	2.56	3.47	4.78	5.64	6.47	7.30	7.43	4.82	3.45	2.74	2.24	1.60	1.22	0.97	0.79
16	1.375	0.35	0.65	1.20	1.74	2.25	2.75	3.72	5.13	6.04	6.94	7.83	8.18	5.31	3.80	3.02	2.47	1.77	1.34	1.07	0.87
17	1.500	0.37	0.69	1.29	1.85	2.40	2.93	3.97	5.48	6.45	7.41	8.36	8.96	5.82	4.17	3.31	2.71	1.94	1.47	1.17	0.96
18	1.625	0.39	0.73	1.37	1.97	2.55	3.12	4.22	5.82	6.86	7.88	8.89	9.76	6.34	4.54	3.60	2.95	2.11	1.60	1.27	0
19	1.750	0.42	0.78	1.45	2.09	2.71	3.31	4.48	6.17	7.27	8.36	9.42	10.5	6.88	4.92	3.91	3.20	2.29	1.74	1.38	0
20	1.875	0.44	0.82	1.53	2.21	2.86	3.50	4.73	6.53	7.69	8.83	9.96	11.1	7.43	5.31	4.22	3.45	2.47	1.88	1.49	0
21	2.063	0.46	0.87	1.62	2.33	3.02	3.69	4.99	6.88	8.11	9.31	10.5	11.7	7.99	5.72	4.54	3.71	2.66	2.02	1.60	0
22	2.188	0.49	0.91	1.70	2.45	3.17	3.88	5.25	7.23	8.52	9.79	11.0	12.3	8.57	6.13	4.87	3.98	2.85	2.17	1.72	0
23	2.250	0.51	0.96	1.78	2.57	3.33	4.07	5.51	7.59	8.94	10.3	11.6	12.9	9.16	6.55	5.20	4.26	3.05	2.32	1.84	0
24	2.250	0.54	1.00	1.87	2.69	3.48	4.26	5.76	7.95	9.36	10.8	12.1	13.5	9.76	6.99	5.54	4.54	3.25	2.47	1.96	0
25	2.281	0.56	1.05	1.95	2.81	3.64	4.45	6.02	8.30	9.78	11.2	12.7	14.1	10.4	7.43	5.89	4.82	3.45	2.63	0	0
28	2.625	0.63	1.18	2.20	3.18	4.11	5.03	6.81	9.39	11.1	12.7	14.3	15.9	12.3	8.80	6.99	5.72	4.09	3.11	0	0
30	2.750	0.68	1.27	2.38	3.42	4.43	5.42	7.33	10.1	11.9	13.7	15.4	17.2	13.6	9.76	7.75	6.34	4.54	3.45	0	0
32	3.000	0.73	1.36	2.55	3.67	4.75	5.81	7.86	10.8	12.8	14.7	16.5	18.4	15.0	10.8	8.54	6.99	5.00	0	0	0
35	3.563	0.81	1.50	2.81	4.04	5.24	6.40	8.66	11.9	14.1	16.2	18.2	20.3	17.2	12.3	9.76	7.99	5.72	0	0	0
40	3.781	0.93	1.74	3.24	4.67	6.05	7.39	10.0	13.8	16.3	18.7	21.1	23.4	21.0	15.0	11.9	9.76	6.99	0	0	0
Lubrication type ■		A		B								C									

A. 2. 2. Datos técnicos – Cadena # 41.

Drive Engineering No. 41 chain •.500" pitch

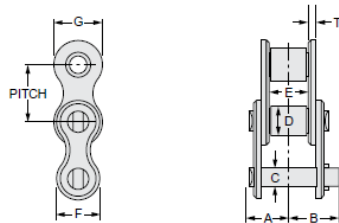


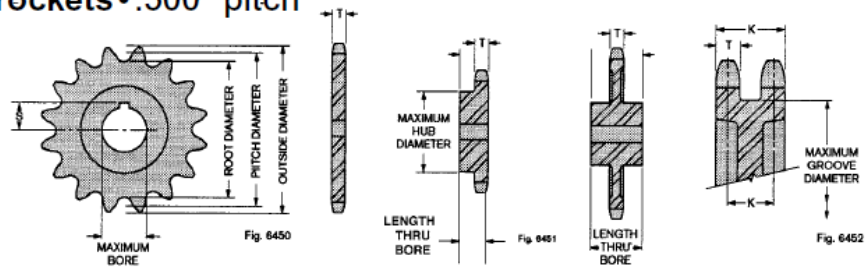
Fig. 6453

Specifications and dimensions

Chain number	Average ultimate strength, pounds	Joint bearing area Sq. in.	Weight per foot, pounds	Dimensions, inches							
				A	B	C	D	E	F	G	T
41	2,000	.049	.27	.27	.32	.141	.306	.25	.32	.38	.05

A. 2. 3. Datos técnicos – Piñones # 40.

No. 40 sprockets •.500" pitch

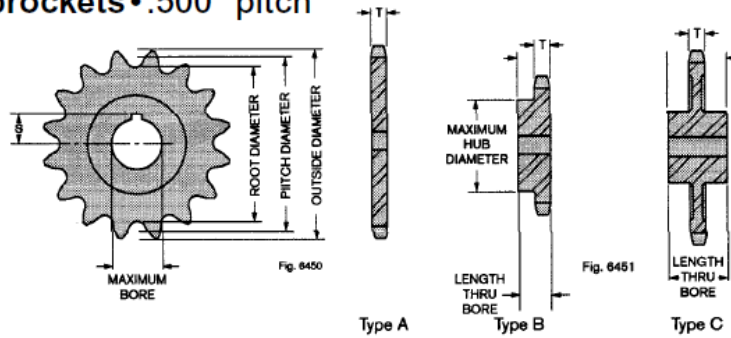


Dimensions

Number of teeth	Pitch diameter, inches	Root diameter, inches	Outside diameter, inches Δ	Maximum hub and groove diameter, inches	Maximum bore with standard keyseat, inches ▲	S max., inches	Type A	Type B	Type C	Multiple Width				
							Number of teeth	Pitch diameter, inches	Root diameter, inches	Outside diameter, inches Δ	Number of teeth	Pitch diameter, inches	Root diameter, inches	Outside diameter, inches Δ
8	1.307	.995	1.507	.67	.375	.188	46	7.327	7.015	7.609	84	13.372	13.060	13.663
9	1.462	1.150	1.674	.84	.500	.313	47	7.486	7.174	7.769	85	13.531	13.219	13.822
10	1.618	1.306	1.839	1.00	.625	.406	48	7.645	7.333	7.927	86	13.690	13.378	13.982
11	1.775	1.463	2.003	1.17	.750	.469	49	7.804	7.492	8.088	87	13.849	13.537	14.141
12	1.932	1.620	2.166	1.33	.844	.516	50	7.963	7.651	8.247	88	14.008	13.696	14.300
13	2.089	1.777	2.329	1.50	1.000	.625	51	8.122	7.810	8.407	89	14.168	13.856	14.459
14	2.247	1.935	2.491	1.66	1.188	.719	52	8.281	7.969	8.566	90	14.327	14.015	14.618
15	2.405	2.093	2.653	1.81	1.250	.750	53	8.440	8.128	8.725	91	14.486	14.174	14.777
16	2.563	2.251	2.814	1.98	1.375	.844	54	8.599	8.287	8.885	92	14.645	14.333	14.937
17	2.721	2.409	2.975	2.14	1.500	.938	55	8.758	8.446	9.044	93	14.804	14.492	15.096
18	2.879	2.567	3.136	2.30	1.625	1.000	56	8.917	8.605	9.203	94	14.963	14.651	15.255
19	3.038	2.726	3.297	2.45	1.750	1.063	57	9.076	8.764	9.363	95	15.122	14.810	15.414
20	3.196	2.884	3.457	2.63	1.875	1.188	58	9.236	8.924	9.522	96	15.281	14.969	15.573
21	3.355	3.043	3.618	2.78	2.063	1.281	59	9.395	9.083	9.681	97	15.440	15.128	15.733
22	3.513	3.201	3.778	2.94	2.188	1.344	60	9.554	9.242	9.841	98	15.600	15.288	15.892
23	3.672	3.360	3.938	3.09	2.250	1.375	61	9.713	9.401	10.000	99	15.759	15.447	16.051

A. 2. 4. Datos técnicos – Piñones # 41.

No. 41 sprockets • .500" pitch



Dimensions

Number of teeth	Pitch diameter, inches	Root diameter, inches	Outside diameter, inches Δ	Maximum hub and groove diameter, inches			S max., inches	Number of teeth	Pitch diameter, inches	Root diameter, inches	Outside diameter, inches Δ	Number of teeth	Pitch diameter, inches	Root diameter, inches	Outside diameter, inches Δ
				Maximum bore with standard keyseat, inches ▲	Maximum bore with standard keyseat, inches ▲	Maximum bore with standard keyseat, inches ▲									
8	1.307	1.001	1.507	.77	.500	.313		46	7.327	7.021	7.609	84	13.372	13.066	13.663
9	1.462	1.156	1.674	.94	.625	.406		47	7.486	7.180	7.769	85	13.531	13.225	13.822
10	1.618	1.312	1.839	1.09	.750	.469		48	7.645	7.339	7.927	86	13.690	13.384	13.982
11	1.775	1.469	2.003	1.27	.875	.531		49	7.804	7.498	8.088	87	13.849	13.543	14.141
12	1.932	1.626	2.166	1.42	.969	.609		50	7.963	7.657	8.247	88	14.008	13.702	14.300
13	2.089	1.783	2.329	1.59	1.125	.688		51	8.122	7.816	8.407	89	14.168	13.862	14.459
14	2.247	1.941	2.491	1.75	1.250	.750		52	8.281	7.975	8.566	90	14.327	14.021	14.618
15	2.405	2.099	2.653	1.91	1.313	.813		53	8.440	8.134	8.725	91	14.486	14.180	14.777
16	2.563	2.257	2.814	2.08	1.438	.906		54	8.599	8.293	8.885	92	14.645	14.339	14.937
17	2.721	2.415	2.975	2.23	1.563	.969		55	8.758	8.452	9.044	93	14.804	14.498	15.096
18	2.879	2.573	3.136	2.39	1.688	1.031		56	8.917	8.611	9.203	94	14.963	14.657	15.255
19	3.038	2.732	3.297	2.55	1.813	1.156		57	9.076	8.770	9.363	95	15.122	14.816	15.414

A. 2. 5. Factores de servicio para transmisiones por cadenas.

Tipo de Carga	Tipo de impulsor		
	Impulsor hidráulico	Motor eléctrico o turbina	Motor de combustión interna con transmisión mecánica
Uniformes (agitadores, ventiladores, transportadores con carga ligera y uniforme)	1,0	1,0	1,2
Choque moderado (máquinas herramientas, grúas, transportadores pesados, mezcladoras de alimento y molinos)	1,2	1,3	1,4
Choque pesado (prensas de troquelado, molinos de martillos, transportadores alternos, accionamientos de molino de rodillos)	1,4	1,5	1,7

A. 3. Coeficientes de diseño para cadena transportadora.

A. 3. 1. Coeficientes de Cálculo.

CLASIFICACIÓN INSTALACIÓN	Menos de 15° de inclinación		Más de 15° de inclinación	
	f_1	f_2	f_1	f_2
Transportador elevador	1	1	1	0,5
Transportador arrastrador	2	1	1,2	0,5
Arrastrador	4	1	1,5	0,5

A. 3. 2. Coeficiente de Inclinación.

Horizontal	5°	10°	15°	30°	45°	60°	90°
0,14	0,23	0,31	0,40	0,64	0,85	1,00	1,14

A. 3. 3. Coeficiente de utilización.

Lubricación de las cadenas	Horas de funcionamiento		
	8 h/día	16 h/día	24 h/día
Engrase normal y mantenimiento regular	1,0	1,2	1,7
Engrase irregular y ambiente limpio	1,1	1,4	1,8
Falta de engrase y ambiente abrasivo	1,2	1,6	2,0

A. 3. 4. Coeficiente de seguridad.

Ambiente	Limpio	Medio	Sucio	Abrasivo
Lubricación	Normal	Irregular	Escaso	Sin Engrase
Tipo de Carga	Uniforme	Alternativa	Brusca	A golpes
Ks	8	9	10	12

A. 3. 5. Presión admisible Eje - Casquillo.

Materiales en contacto	P_e [daN/mm ²]
Ac. Cementado – Ac Cementado	2,24
Ac. Cementado – Ac. Tratado	1,49
Ac. Tratado – Bronce	0,50
Ac. Inoxidable – Delrín	0,89

A. 4. Valores de K_t para diseño de ejes.

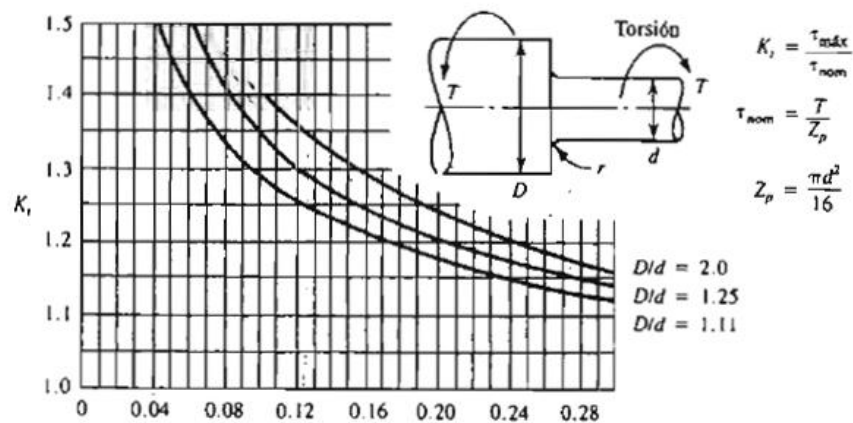
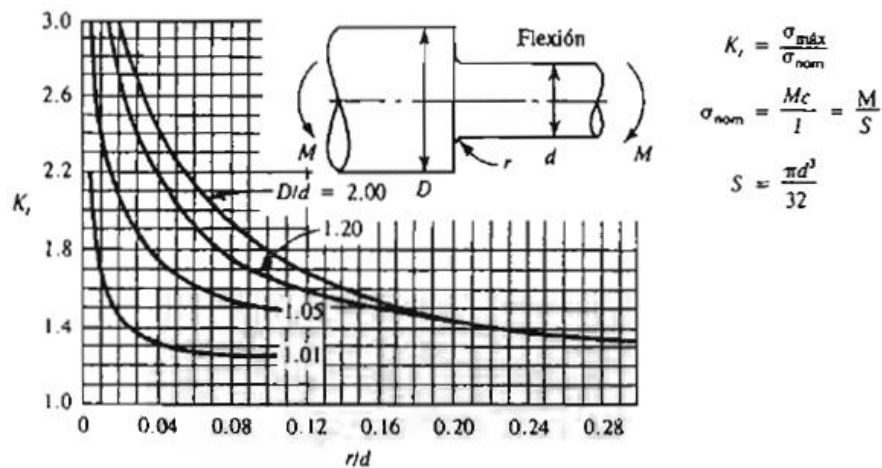
A. 4. 1. Factor de concentración de esfuerzo debido al cuñero.

Factor	Condición
$K_t = 2.0$	(perfil)
$K_t = 1.6$	(trineo)

A. 4. 2. Factor de concentración de esfuerzo debido al chaflán (estimación).

Factor	Condición
$K_t = 2.5$	(chaflán agudo)
$K_t = 1.5$	(transición bien redondeada)

A. 4. 3. Factores de concentración de esfuerzo en eje redondo escalonado.



A. 5. Propiedades mecánicas del acero implementado.

A. 5. 1. Composición porcentual del acero 705.

	C	Si	Mn	P	Ni	Cr	Mo
705	0,36	0,25	0,70		1,40	1,40	0,20
AISI 4340	0,35 – 0,40	0,20 – 0,35	0,60 – 0,80	0,04	1,65 – 2,00	0,70 – 0,90	0,20 – 0,30

A. 5. 2. Equivalencias del acero 705.

AISI/SAE	4340
DIN	34 Cr Ni Mo 6
W.Nr	1.6582
JIS	SNCM1
AFNOR	35NCD6

A. 5. 3. Propiedades mecánicas de algunos aceros.

1	2	3	4	5	6	7	8
AISI núm.	Tratamiento	Temperatura, °C (°F)	Resistencia a la tensión MPa (kpsi)	Resistencia a la fluencia, MPa (kpsi)	Elongación, %	Reducción del área, %	Dureza Brinell
4130	TyR*	205 (400)	1 630 (236)	1 460 (212)	10	41	467
	TyR*	315 (600)	1 500 (217)	1 380 (200)	11	43	435
	TyR*	425 (800)	1 280 (186)	1 190 (173)	13	49	380
	TyR*	540 (1 000)	1 030 (150)	910 (132)	17	57	315
	TyR*	650 (1 200)	814 (118)	703 (102)	22	64	245
	Normalizado	870 (1 600)	670 (97)	436 (63)	25	59	197
	Recocido	865 (1 585)	560 (81)	361 (52)	28	56	156
	4140	TyR	205 (400)	1 770 (257)	1 640 (238)	8	38
TyR		315 (600)	1 550 (225)	1 430 (208)	9	43	445
TyR		425 (800)	1 250 (181)	1 140 (165)	13	49	370
TyR		540 (1 000)	951 (138)	834 (121)	18	58	285
TyR		650 (1 200)	758 (110)	655 (95)	22	63	230
Normalizado		870 (1 600)	1 020 (148)	655 (95)	18	47	302
Recocido		815 (1 500)	655 (95)	417 (61)	26	57	197
4340		TyR	315 (600)	1 720 (250)	1 590 (230)	10	40
	TyR	425 (800)	1 470 (213)	1 360 (198)	10	44	430
	TyR	540 (1 000)	1 170 (170)	1 080 (156)	13	51	360
	TyR	650 (1 200)	965 (140)	855 (124)	19	60	280

Resistencias mínimas determinísticas a la tensión y a la fluencia ASTM de algunos aceros laminados en caliente (HR) y estirados en frío (CD).

Descripción del Acero 705

A. 6. Factores para el cálculo del límite de resistencia a la fatiga.

A. 6. 1. Factor de superficie k_a .

$$k_a = aS_{ut}^b$$

Parámetros en el factor de la condición superficial de Marin.

Acabado superficial	Factor a		Exponente b
	S_{ut} [kpsi]	S_{ut} [MPa]	
Esmerilado	1.34	1.58	- 0.085
Maquinado o laminado en frio	2.70	4.51	- 0.265
Laminado en caliente	14.4	57.7	- 0.718
Como sale de la forja	39.9	272	- 0.995

A. 6. 2. Factor de tamaño k_b .

Para flexión y torsión pueden expresarse como:

$$k_b = \begin{cases} (d/0.3)^{-0.107} = 0.879d^{-0.0107} & 0.11 \leq d \leq 2 \text{ pulg} \\ 0.91d^{-0.157} & 2 < d \leq 10 \text{ pulg} \\ (d/7.62)^{-0.107} = 1.24d^{-0.107} & 2.79 \leq d \leq 51 \text{ mm} \\ 1.51d^{-0.157} & 51 < d \leq 254 \text{ mm} \end{cases}$$

Para carga axial no hay efecto de tamaño, por lo cual

$$k_b = 1$$

A. 6. 3. Factor de carga k_c .

$$k_c = \begin{cases} 1 \text{ flexión} \\ 0.85 \text{ axial} \\ 0.59 \text{ torsión} \end{cases}$$

A. 6. 4. Factor de temperatura k_d .

$$k_d = \frac{S_T}{S_{RT}}$$

Efecto de la temperatura de operación en la resistencia a la tensión del acero.

ST = resistencia a la tensión a la temperatura de operación.

SRT = resistencia a la tensión a temperatura ambiente.

Temp. °C	S_T/S_{RT}	Temp. °F	S_T/S_{RT}
20	1.000	70	1.000
50	1.010	100	1.008
100	1.020	200	1.020
150	1.025	300	1.024
200	1.020	400	1.018
250	1.000	500	0.995
300	0.975	600	0.963

A. 6. 5. Factor de confiabilidad k_e .

$$k_e = 1 - 0.08z_a$$

Confiabilidad %	Variación de transformación z_a	Factor de confiabilidad k_e
50	0.000	1.000
90	1.288	0.897
95	1.645	0.868
99	2.326	0.814
99.9	3.091	0.753
99.99	3.719	0.702
99.999	4.265	0.659
99.9999	4.753	0.620

A. 6. 6. Factor de efectos varios k_f .

Aunque el factor k_f tiene el propósito de tomar en cuenta la reducción del límite de resistencia a la fatiga debida a todos los otros efectos, en verdad significa un recordatorio que estos efectos se deben tomar en cuenta, porque los valores reales de k_f no siempre están disponibles.

Al no especificarse otras condiciones se tomará el siguiente valor:

$$k_f = 1$$

A. 7. Características técnicas del reductor.

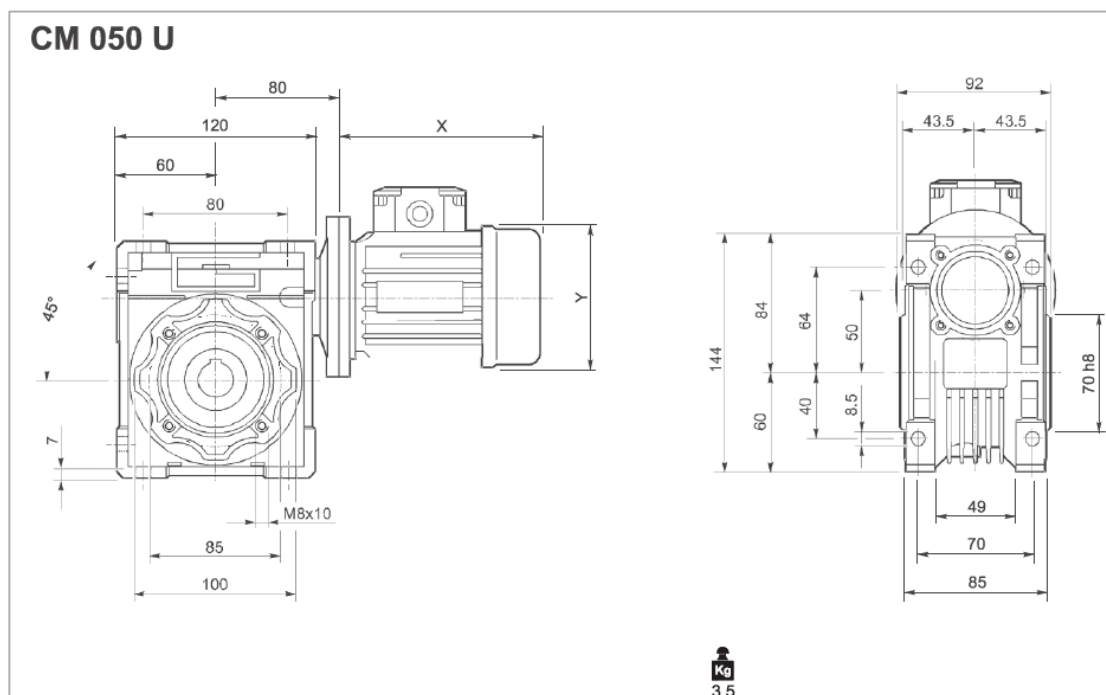
A. 7. 1. Rendimiento.

Efficiency

Rendimiento

	n ₁ [rpm]	Efficiency Rendimiento	Ratio / Relación											
			5	7.5	10	15	20	25	30	40	50	60	80	100
CM040	1750	Rd	88	86	84	81	78	74	70	65	60	58	52	46
		Rs	74	71	67	60	55	51	45	40	36	32	28	24
CM050	1750	Rd		87	85	82	79	76	72	67	63	60	54	49
		Rs		70	66	59	55	51	44	39	35	32	27	23
CM063	1750	Rd		88	86	84	81	78	75	70	66	63	57	52
		Rs		71	67	60	55	51	45	40	36	33	28	24
CM075	1750	Rd		89	87	84	83	80	77	73	69	66	60	56
		Rs		71	68	61	57	53	46	42	38	35	29	26
CM090	1750	Rd		90	88	86	84	83	79	76	72	69	64	60
		Rs		73	70	64	60	56	49	45	41	38	32	28
CM110	1750	Rd		89	88	86	85	84	80	79	76	73	68	64
		Rs		72	69	63	62	59	48	46	44	41	36	32

A. 7. 2. Dimensiones.



B. 1. Características técnicas del motor.

B. 1. 1. Especificaciones.

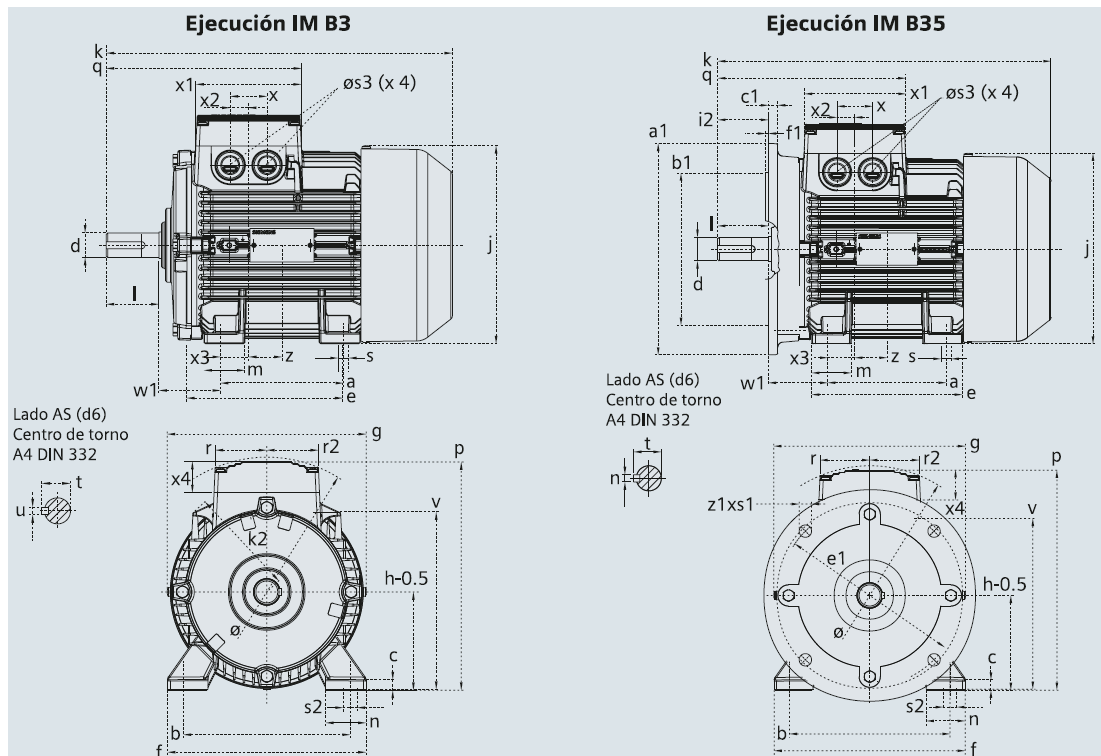
Velocidad 1200 rpm, 6 polos, 60 Hz														
Tipo	Frame IEC Tamaño	Potencia		F.S.	In		Eficiencia η %	Factor de potencia $\cos \phi$	Velocidad nominal rpm	Torque nominal Nm	Torque de arranque Tarr / Tn	Cte. de arranque Iarr / In	Momento de inercia kg m ²	Peso kg
		HP	kW		220V A	440V A								
1LA7 072-6YA60	71M	0,4	0,30	1,05	1,60	0,80	65	0,76	1055	2,70	2,3	4,9	0,0006	5,7
1LA7 080-6YC60	80M	0,6	0,45	1,05	2,40	1,20	63	0,82	1080	3,96	1,8	2,7	0,0015	8,5
1LA7 082-6YA60	80M	0,9	0,67	1,05	3,60	1,80	66	0,88	1080	5,94	1,9	3,1	0,0018	10,5
1LA7 083-6YA60	80M	1	0,75	1,15	4,20	2,10	67	0,69	1090	6,54	2,6	4	0,0018	10,5
1LA7 090-6YA60	90S/L	1,5	1,12	1,15	6,60	3,30	69	0,77	1110	9,63	2	3,4	0,0028	12
1LA7 096-6YA60	90S/L	2	1,49	1,15	7,80	3,90	72	0,77	1100	12,95	2,7	6	0,0035	14,9
1LA7 112-6YA60	112M	3	2,24	1,15	11,80	5,90	72,1	0,69	1150	18,58	1,9	4	0,011	26,7
1LA7 113-6YA60	112M	4	2,98	1,15	15,00	7,50	76,8	0,68	1150	24,78	2	4,5	0,011	29,6
1LA7 130-6YA70	132S/M	5	3,73	1,15	16,40	8,20	78,5	0,76	1150	30,97	1,8	4,6	0,015	40,5

Motor implementado MARCA SIEMENS 1LA7 083-6YA60, trifásico, 6 polos, 1200 rpm, 1 HP.

B. 1. 2. Dimensiones.

Motor tamaño	Medidas comunes (IM B3, IM B5)					medidas de la forma constructiva IM B3										Medidas de la forma constructiva IM B5 / IM B35						
	l	d	t	u	g ₁	p/p ₂	k	a	b	h	w ₁	s	e	f	a1	b1	c1	e1	f1	s1	k	
071	30	14	16.1	5	148	-	178.5	240	90	112	71	45	7	107.5	132	160	110	5.5	130	3.5	10.5	231
080	40	19	21.5	6	163	-	193.5	273.5	100	125	80	50	9.5	119.5	150	200	130	8	165	3.5	13	283
090 S	50	24	26.9	8	181	-	211.5	331	100	140	90	56	10	114.5	165	200	130	7	165	3.5	13	324
090 L	50	24	26.9	8	181	-	211.5	331	125	140	90	56	10	144.5	165	200	130	7	165	3.5	13	324

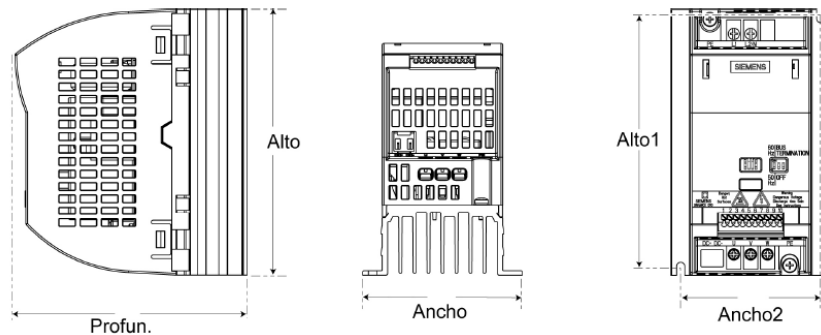
Motor implementado MARCA SIEMENS 1LA7 083-6YA60 tamaño constructivo para ejecución IM B3



B. 2. Características técnicas del variador de frecuencia.

B. 2. 1. Especificaciones y dimensiones.

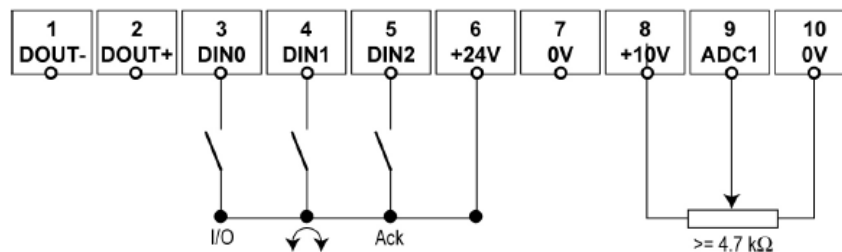
Tamaño constructivo	A		A con disipador plano	B	C
Potencia	0,12 ... 0,37 kW	0,55 ... 0,75 kW	0,12 ... 0,75 kW	1,1 ... 1,5 kW	2,2 ... 3 kW
Intensidad asignada de entrada (a 230 V)	2,3 ... 6,2 A	7,7 ... 10 A	2,3 ... 10 A	14,7 ... 19,7 A	27,2 ... 35,6 A
Intensidad asignada de salida (a 40 °C)	0,9 ... 2,3 A	3,2 ... 3,9 A	0,9 ... 3,9 A	6 ... 7,8 A	11 ... 13,6 A
Datos mecánicos					
Grado de protección	IP20				
Temperatura de servicio	-10 ... +40 °C, hasta +50 °C con derating				
Ancho × Alto × Profundidad (mm)	90 × 150 × 116	90 × 150 × 131	90 × 150 × 101	140 × 160 × 142	184 × 181 × 152
Datos eléctricos					
Tensión de red	1 AC 200 ... 240 V ±10 %				
Frecuencia de red	47 ... 63 Hz				
Capacidad de sobrecarga	Corriente de sobrecarga 1,5 × corriente asignada a la salida (es decir, 150 % sobrecarga) durante 60 s, a continuación 0,85 × corriente asignada de salida durante 240 s, tiempo de ciclo 300 s				
Frecuencia de salida	0 ... 650 Hz				
Frecuencia de pulsación	8 kHz (estándar), 2 ... 16 kHz (en escalones de 2 kHz)				
Rango de frecuencias inhbibles	1, parametrizable				
Rendimiento del convertidor	En equipos < 0,75 kW: 90 ... 94 %, en equipos ≥ 0,75 kW: 95 %				
Filtro CEM	Variante con filtro CEM integrado de clase A/B				
Entradas digitales	Hasta 4				
Salidas digitales	1 salida por optoacoplador con aislamiento galvánico (24 V DC, 50 mA, óhm., tipo NPN)				
Entrada analógica	Variante con una entrada analógica (también utilizable como entrada digital)				
Interfaces de comunicación	Variante con interfaz serie RS485 para funcionar con protocolo USS				



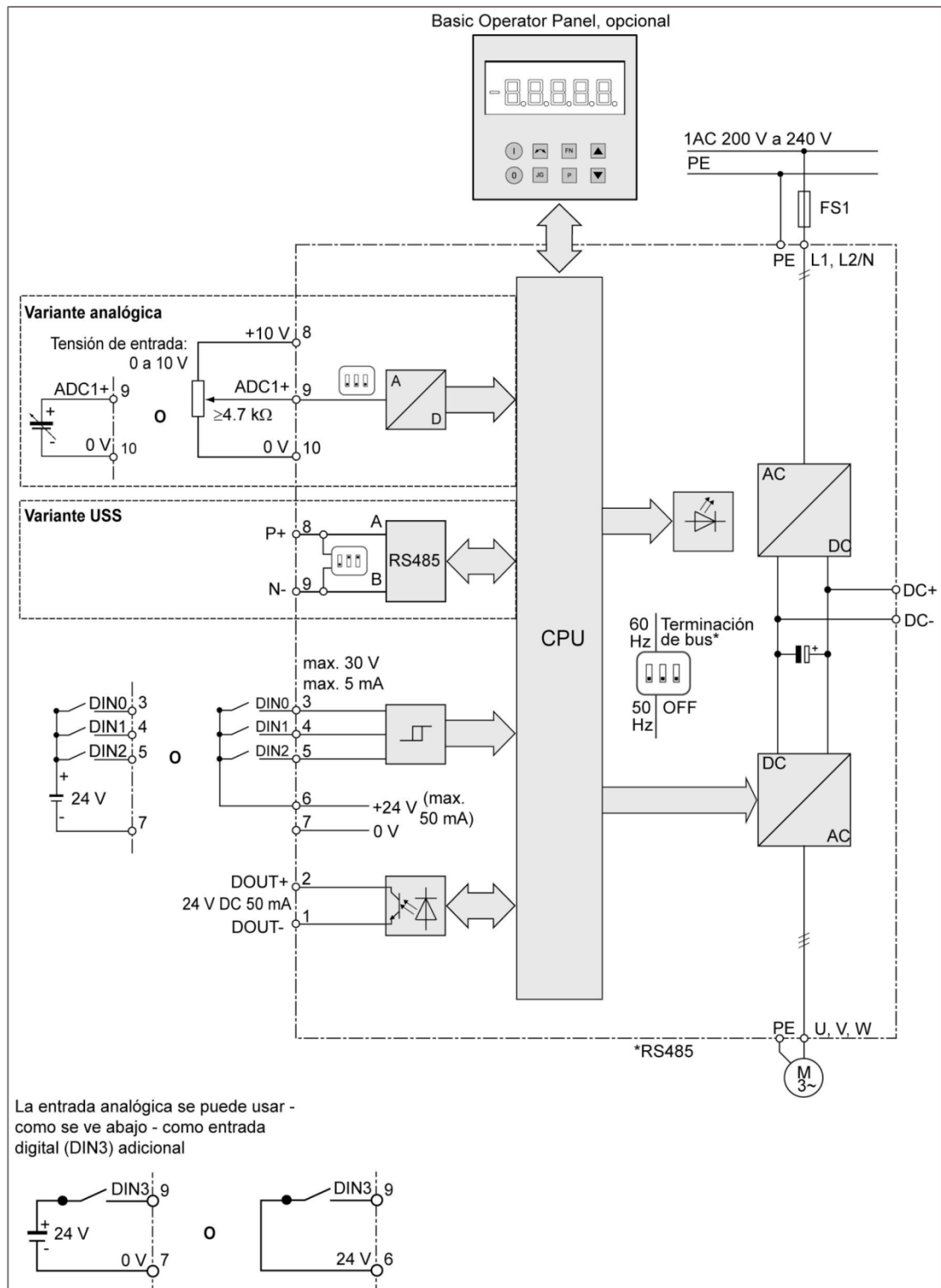
Tamaño constructivo A

B. 2. 2. Distribución de pines – variante analógica.

Variante analógica

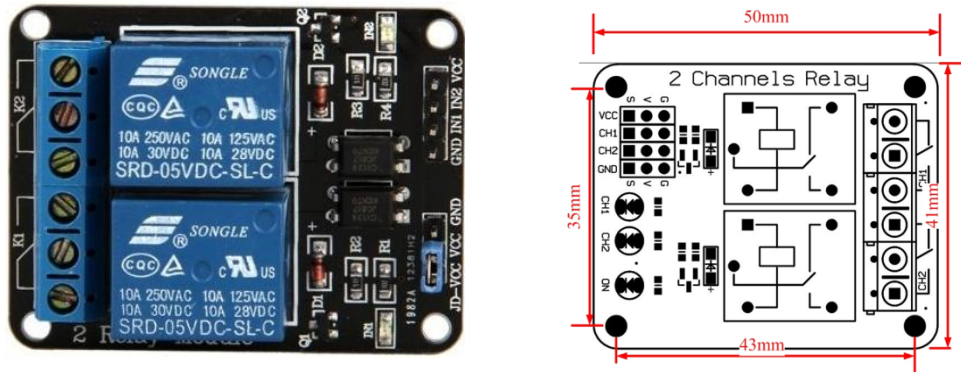


B. 2. 3. Diagrama de bloques.



B. 4. Características del módulo a relé de dos canales.

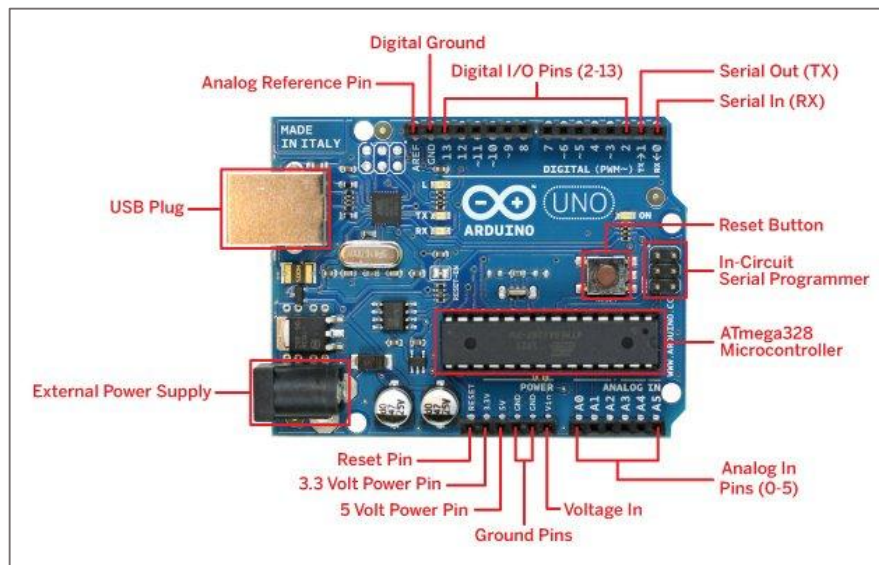
B. 4. 1. Especificaciones y dimensiones.



*Las especificaciones del relé son visibles en la cara superior del mismo.

B. 5. Características de la tarjeta ARDUINO UNO.

B. 5. 1. Diagrama de pines.



B. 5. 2. Especificaciones.

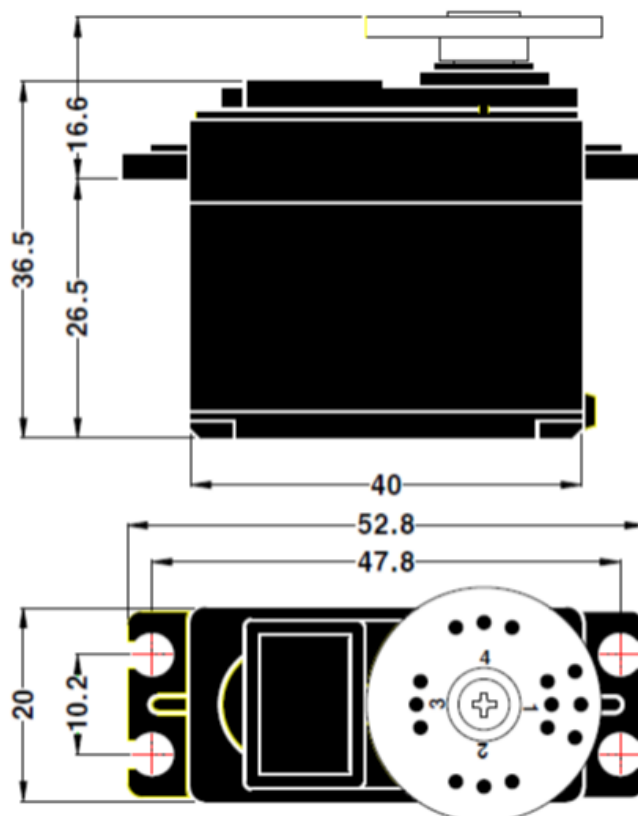
Microcontroller	ATmega328
Operating Voltage	5V
Input Voltage (recommended)	7-12V
Input Voltage (limits)	6-20V
Digital I/O Pins	14 (of which 6 provide PWM output)
Analog Input Pins	6
DC Current per I/O Pin	40mA
DC Current for 3.3V Pin	50mA
Flash Memory	32KB (ATmega328) of which 0.5 KB used by bootloader
SRAM	2KB (ATmega328)
EEPROM	1KB (ATmega328)
Clock Speed	16MHz

B. 6. Características del Servomotor HS – 311.

B. 6. 1. Especificaciones.

CONTROL SYSTEM	:+PULSE WIDTH CONTROL 1500usec NEUTRAL	
OPERATING VOLTAGE RANGE	:4.8V TO 6.0V	
TEST VOLTAGE	:AT 4.8V	AT 6.0V
OPERATING SPEED	:0.19sec/60□ AT NO LOAD	0.15sec/60□ AT NO LOAD
STALL TORQUE	:3.0kg.cm(42oz.in)	3.5kg.cm(48.60oz.in)
IDLE CURRENT	:7.4mA AT STOPPED	7.7mA AT STOPPED
RUNNING CURRENT	:160mA/60□ AT NO LOAD	180mA/60□ AT NO LOAD
STALL CURRENT	:700mA	800mA
DEAD BAND WIDTH	:5usec	5usec
OPERATING TRAVEL	:40□/ONE SIDE PULSE TRAVELING 400usec	
DIRECTION	:CLOCK WISE/PULSE TRAVELING 1500 TO 1900usec	
MOTOR TYPE	:CORED METAL BRUSH	
POTENTIOMETER TYPE	:4 SLIDER/DIRECT DRIVE	
AMPLIFIER TYPE	:ANALOG CONTROLLER & TRANSISTOR DRIVER	
DIMENSIONS	:40x20x36.5mm(1.57x0.78x1.43in)	
WEIGHT	:43g(1.51oz)	
BALL BEARING	:TOP/RESIN BUSHING	
GEAR MATERIAL	:RESIN	
HORN GEAR SPLINE	:24 SEGMENTS/□5.76	
SPLINED HORNS	:SUPER/R-XA	
CONNECTOR WIRE LENGTH	:300mm(11.81in)	
CONNECTOR WIRE STRAND COUNTER	:40EA	
CONNECTOR WIRE GAUGE		

B. 6. 2. Dimensiones.



B. 7. Especificaciones técnicas del cable de cobre.

B. 7. 1. Características Cables ENCAUCHETADOS ST-C.

Cables "Encauchetados" ST-C

600V 75°C

1. Conductor		2. Aislamiento Espesor	Número de Conductores	Diámetro del Núcleo	3. Chaqueta Espesor	Diámetro Exterior	Peso Total Aproximado	Resistencia DC a 20°C	Capacidad de Corriente (A)	
Calibre	Diámetro								(*)	(**)
AWG	mm	mm	No	mm	mm	mm	Kg/Km	Ohm/Km		
18	1,17	0,64	2	2,34	0,76	6,66	55	21,42	12	9
			3	2,52	0,76	7,05	65			
			4	2,82	0,76	7,71	78			
16	1,48	0,64	2	2,96	0,76	7,28	71	13,45	16	12
			3	3,19	0,76	7,72	85			
			4	3,57	0,76	8,46	104			
14	1,89	0,64	2	3,78	0,76	8,10	95	8,44	22	18
			3	4,07	0,76	8,60	117			
			4	4,56	0,76	9,45	144			
12	2,38	0,64	2	4,76	0,76	9,08	130	5,31	30	24
			3	5,13	0,76	9,66	163			
			4	5,75	1,14	11,41	220			
10	2,99	0,64	2	5,98	0,76	10,30	182	3,34	35	30
			3	6,44	1,14	11,75	251			
			4	7,22	1,14	12,88	311			
8	3,75	1,02	2	7,50	1,52	14,90	341	2,10	45	40
			3	8,08	1,52	15,81	423			
			4	9,05	2,03	18,35	560			
6	4,75	1,14	2	9,50	2,03	18,44	533	1,32	65	55
			3	10,24	2,03	19,55	663			
			4	11,47	2,03	21,39	819			

Notas

Capacidades de corriente a temperatura ambiente 30°C y temperatura conductor 75°C. Norma base NTC 2050 Sección 400.

(*) Dos conductores transportando corriente.


(**) Tres conductores transportando corriente.

Otras configuraciones, calibres y colores no especificadas en este catálogo están disponibles bajo pedido.

Los datos aquí indicados están sujetos a las tolerancias normales de fabricación y pueden ser cambiados sin previo aviso.

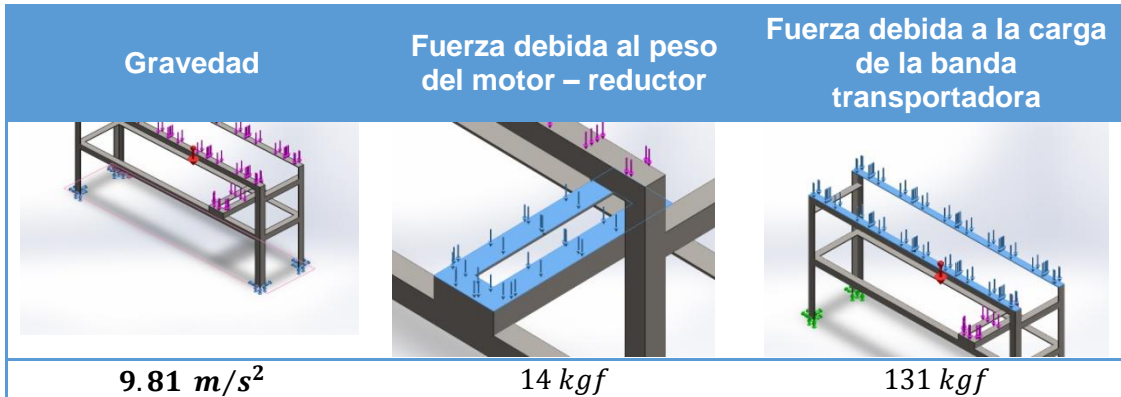
B. 8. Especificaciones técnicas de la cámara web implementada.

B. 8. 1. WEBCAM eFace 2025 GENIUS.

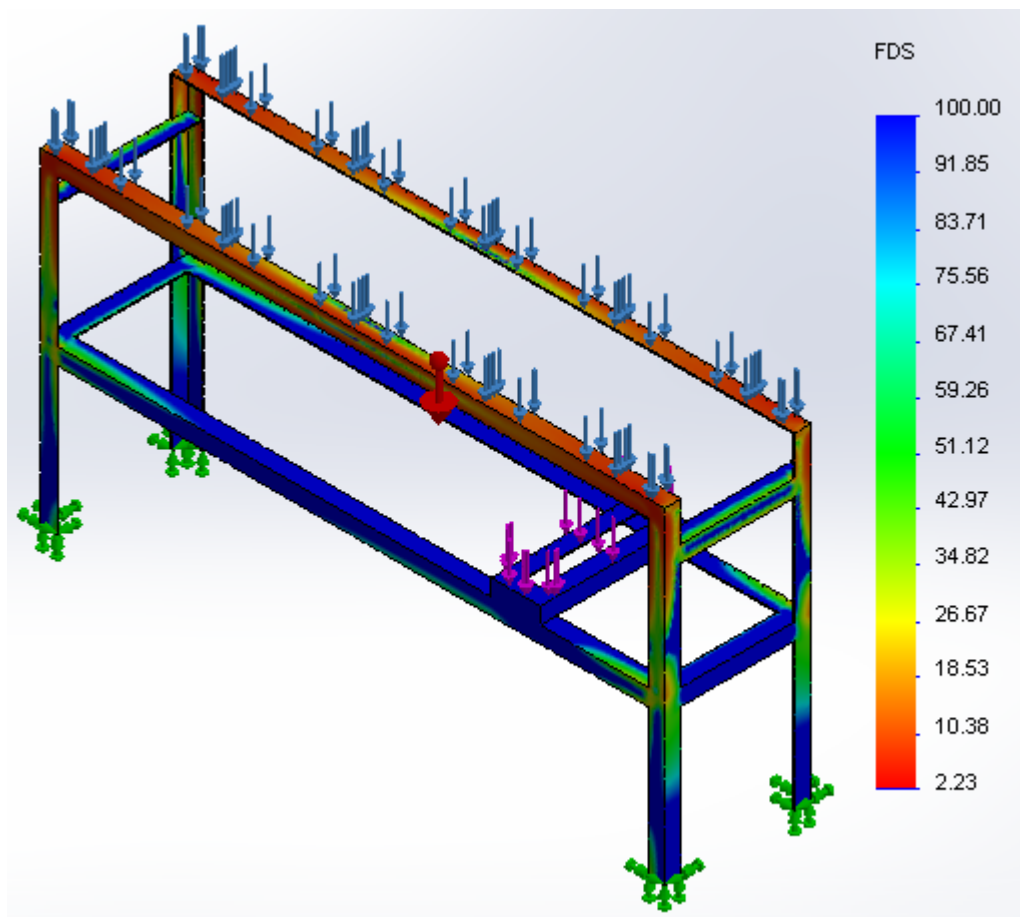
Model Name	eFace 2025
Product image	
Image Sensor	2.0M pixel CMOS
Lens type	Manual focus
Interface	USB 2.0
File format	JPEG/WMV
Still Image in CrazyTalk Cam Suite PRO	8MP (Software Interpolation), 1600 x 1200, 1280 x 1024, 1280 x 720, 800 X 600, 640 x 480, 352 x 288, 320 x 240, 176 x 144, 160 x 120 pixels
Video resolution	CIF/VGA: Up to 30fps 720P HD: Up to 30fps 1.3M: Up to 20fps 2.0M: Up to 6fps
View angle	Up and Down: 100 degrees
UVC (Plug & Play)	✓
Built-in Microphone	✓

C. 2. 1. a. Análisis del factor de seguridad de la mesa.

Fuerzas aplicadas



Resultado



Conclusión: Factor de seguridad mínimo de 2.23; aceptable.

E. 1. Programación de la tarjeta ARDUINO UNO.

```
#include <Servo.h>
int pbIn = 0; // Define la Interrupción
volatile int state = LOW; // The input state toggle
Servo s1,s2,s3,s4,s5,s6;
int dato;
int c=0; //Variable usada para conteo de Sensor y como Cociente
int num[]={0,0,0,0,0,0}; //Vector para binarizar el dato recibido
int i=0; //Variable usada para ubicación en vector y ciclos for
int decim=0; //Variable que recibe el dato desde el ordenador
int mod; //MODULO usado en el algoritmo de binarización
void setup() {
  attachInterrupt(pbIn, stateChange, LOW);
  //Definicion Servomotores
  s2.attach(8);
  s3.attach(7);
  s5.attach(6);
  s4.attach(5);
  s1.attach(4);
  s6.attach(3);
  Serial.begin(9600);
  pinMode(9,OUTPUT); //luz piloto
  pinMode(10,OUTPUT); //enciende motor
  pinMode(11,INPUT); //sensor fotoelectrico
  //Encerado de servomotores
  for (i=1;i<80;i++){
    s1.write(172);
    s2.write(165);
    s3.write(172);
    s4.write(0);
    s5.write(0);
    s6.write(0);
    delay(10);
  }
}
void loop() {
  c=0;
  for(i=0;i<6;i++){
    num[i]=0;
  }
  Serial.println(c);
  while(c<3){
    digitalWrite(10,HIGH);
    digitalWrite(9,HIGH);
    if (digitalRead(11)==1){
      while(digitalRead(11)==1){
      }
      delay(10);
      c=c+1;
      Serial.println(c);
    }
  }
  digitalWrite(9,LOW);
  digitalWrite(10,LOW);
  decim=0;
  while (decim==0){
```

```

        while (Serial.available() > 0){
            decim= Serial.read();
        }
    }
    decim=decim-10;
    i=0;
    c=1;
    while (c>0){
        num[i]=decim%2;
        c=int(decim/2);
        decim=c;
        i=i+1;
    }
    for (i=1;i<80;i++){
        if (num[0]==1){s1.write(115);}//pos inicial 172
        if (num[1]==1){s2.write(110);}//pos inicial 165
        if (num[2]==1){s3.write(115);}// pos inicial 172
        if (num[3]==1){s4.write(55);}// pos inicial 0
        if (num[4]==1){s5.write(55);}// pos inicial 0
        if (num[5]==1){s6.write(55);}// pos inicial 0
        delay(10);
    }
    for (i=1;i<80;i++){
        s1.write(172);//pos inicial 172
        s2.write(165);//pos inicial 165
        s3.write(172);// pos inicial 172
        s4.write(0);// pos inicial 0
        s5.write(0);// pos inicial 0
        s6.write(0);// pos inicial 0
        delay(10);
    }
}
}
void stateChange()
{
}
}

```

E. 2. Programación de MATLAB.

E. 2. 1. Programación Pantalla Inicial.

```

function varargout = SAOVA(varargin)

% --- Executes just before SAOVA is made visible.

function SAOVA_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)

axes(handles.axes3);
path = 'espe.jpg';
imag = imread(path);
imshow(imag);
axis off;

axes(handles.axes4);
path = 'mecatroni.jpg';
imag = imread(path);
imshow(imag);

```

```

axis off;

axes(handles.axes5);
path = 'pollos.jpg';
imag = imread(path);
imshow(imag);
axis off;

% --- Outputs from this function are returned to the command line.
function varargout = SAOVA_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)

varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in checkbox1.
function checkbox1_Callback(hObject, eventdata, handles)

clear all;clc;
delete(instrfind({'Port'},{'COM10'}));
pserial=serial('COM10','BaudRate',9600);
fopen(pserial);
lectura=0;
while(lectura<3)
    lectura=fscanf(pserial,'%d');
end
a=62;
fwrite(pserial,a);
fclose(pserial);
delete(pserial);
clear all;

% --- Executes on button press in checkbox2.
function checkbox2_Callback(hObject, eventdata, handles)

l=3;

% --- Executes on button press in checkbox3.
function checkbox3_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in checkbox4.
function checkbox4_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)

manual = get(handles.radiobutton3,'Value');
automatico = get(handles.radiobutton4,'Value');
if manual==1
    a=1
    SAOVA2
    close SAOVA
end
if automatico==1
    a=2
    SAOVA3
    close SAOVA
end
end

```

```
% --- Executes on button press in radiobutton3.  
function radiobutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
% --- Executes on button press in radiobutton4.  
function radiobutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

E. 2. 2. Programación Método Manual.

```
function varargout = SAOVA2(varargin)
```

```
% --- Executes just before SAOVA2 is made visible.  
function SAOVA2_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)
```

```
axes(handles.axes3);  
path = 'espe.jpg';  
imag = imread(path);  
imshow(imag);  
axis off;
```

```
axes(handles.axes4);  
path = 'mecatroni.jpg';  
imag = imread(path);  
imshow(imag);  
axis off;
```

```
% Choose default command line output for SAOVA2  
handles.output = hObject;
```

```
% Update handles structure  
guidata(hObject, handles);
```

```
% --- Outputs from this function are returned to the command line.  
function varargout = SAOVA2_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)
```

```
varargout{1} = handles.output;
```

```
% --- Executes on button press in pushbutton1.  
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
close SAOVA2  
SAOVA
```

```
% --- Executes on button press in pushbutton2.  
function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)
```

```
global ku;  
b=1;  
ku=0;  
set(handles.text5, 'STRING', 'ESPERE');  
while b==1 && ku==0  
    delete(instrfind({'Port'}, {'COM8'}));  
    pserial=serial('COM8', 'BaudRate', 9600);  
    fopen(pserial);  
    lectura=0;  
    while(lectura<3)  
        lectura=fscanf(pserial, '%d');
```

```

end
for i=1:1:2
vid=videoinput('winvideo',1,'YUY2_1280x1024');
set(vid,'ReturnedColorSpace','rgb');
Im_1=getsnapshot(vid);
vid=videoinput('winvideo',2,'YUY2_1280x1024');
set(vid,'ReturnedColorSpace','rgb');
Im_2=getsnapshot(vid);
end
axes(handles.axes1);
imshow(Im_1);
axes(handles.axes2);
imshow(Im_2);
vid=videoinput('winvideo',1,'YUY2_1280x1024');
set(vid,'ReturnedColorSpace','rgb');
Im_RGB=getsnapshot(vid);
axes(handles.axes1);
imshow(Im_RGB);
set(handles.text5,'STRING','SELECCIONE');

w=0;
while w==0
    w=waitforbuttonpress
    if w==1
        break
    end
end

v=0;
if get(handles.checkbox1,'Value')==1;
    v=1;
end
if get(handles.checkbox2,'Value')==1;
    v=v+2;
end
if get(handles.checkbox3,'Value')==1;
    v=v+4;
end
if get(handles.checkbox4,'Value')==1;
    v=v+8;
end
if get(handles.checkbox5,'Value')==1;
    v=v+16;
end
if get(handles.checkbox6,'Value')==1;
    v=v+32;
end
v=v+10;
v
fwrite(pserial,v);
fclose(pserial);
delete(pserial);
whos v
set(handles.text5,'STRING','ESPERE');

```

end

```

% --- Executes on button press in checkbox1.
function checkbox1_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in checkbox2.
function checkbox2_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in checkbox2.
function checkbox3_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in checkbox4.
function checkbox4_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in checkbox5.
function checkbox5_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in checkbox5.
function checkbox6_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in checkbox7.
function checkbox7_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in checkbox8.
function checkbox8_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in checkbox9.
function checkbox9_Callback(hObject, eventdata, handles)

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)

delete(instrfind({'Port'}, {'COM8'}));
pserial=serial('COM8', 'BaudRate', 9600);
fopen(pserial);
v=73;
fwrite(pserial,v);
fclose(pserial);
delete(pserial);

% --- Executes when user attempts to close figure1.
function figure1_CloseRequestFcn(hObject, eventdata, handles)

delete(hObject);
close

% --- Executes during object deletion, before destroying properties.
function figure1_DeleteFcn(hObject, eventdata, handles)

clc
try
fclose(handles.pserial)
delete(handles.pserial)
clear handles.pserial
disp('Cerrado')
catch
disp('error')
end

```


E. 2. 3. Programación Método Automático.

```
function varargout = SAOVA3(varargin)

% --- Executes just before SAOVA3 is made visible.
function SAOVA3_OpeningFcn(hObject, eventdata, handles, varargin)

global k;

% Choose default command line output for SAOVA3
handles.output = hObject;

% Update handles structure
guidata(hObject, handles);
axes(handles.axes1);
path = 'espe.jpg';
imag = imread(path);
imshow(imag);
axis off;

axes(handles.axes2);
path = 'mecatroni.jpg';
imag = imread(path);
imshow(imag);
axis off;

function varargout = SAOVA3_OutputFcn(hObject, eventdata, handles)

varargout{1} = handles.output;

% --- Executes on button press in pushbutton1.
function pushbutton1_Callback(hObject, eventdata, handles)

set(handles.text2, 'string', 'ESPERE');

function pushbutton1_KeyPressFcn(hObject, eventdata, handles)
set(handles.text2, 'string', 'ESPERE');

function pushbutton1_ButtonDownFcn(hObject, eventdata, handles)

set(handles.text2, 'string', 'ESPERE');

function pushbutton2_Callback(hObject, eventdata, handles)

global ku;
b=1;
ku=0;
while b==1 && ku==0
    ku;
    delete(instrfind({'Port'}, {'COM8'}));
    pserial=serial('COM8', 'BaudRate', 9600);
    fopen(pserial);
    lectura=0;
    while(lectura<3)
        lectura=fscanf(pserial, '%d');
    end
```

```

Tx=[0,0,0,0,0,0];
%ADQUISICION DE IMAGENES A TRAVES DE LAS WEB CAM E-FACE
for i=1:1:4
vid=videoinput('winvideo',1,'YUY2_1280x1024');
set(vid,'ReturnedColorSpace','rgb');
Im_RGB=getsnapshot(vid);
end
axes(handles.axes3);
imshow(Im_RGB);
axis off;
[m n p]=size(Im_RGB); %Tamaño de la Imagen Original
Im_RGBSaved=Im_RGB; %Imagen Original guardada
%Binarizamos la capa 1 y 3 con los T
Ths(1)=ceil(mean(mean(Im_RGB(:,:,1))));
Ths(2)=floor(mean(mean(Im_RGB(:,:,3))));
for i=1:1:m
    for j=1:1:n
        if (Im_RGB(i,j,1)<Ths(1))
            Im_RGB(i,j,1)=0;
        else
            Im_RGB(i,j,1)=255;
        end
        if (Im_RGB(i,j,3)>Ths(2))
            Im_RGB(i,j,3)=0;
        else
            Im_RGB(i,j,3)=255;
        end
    end
end
end
Im_BW1=im2bw(Im_RGB(:,:,1));
Im_BW2=im2bw(Im_RGB(:,:,3));
%Superponemos CAPAS BINARIZADAS 1 y 3
Im_BW=zeros(m,n);
for i=1:1:m
    for j=1:1:n
        if (Im_BW1(i,j)==1 && Im_BW2(i,j)==1)
            Im_BW(i,j)=1;
        else
            Im_BW(i,j)=0;
        end
    end
end
end
%Llenado de espacios negros dentro de estapcios blancos
Im_BW=imfill(Im_BW,'holes');
Im_BW=double(Im_BW);
%Segregación de espacios blancos innecesarios
Im_BW=bwareaopen(Im_BW,3000);
Im_BW=uint8(Im_BW);
%Segmentacion final de la imagen
for i=1:1:m
    for j=1:1:n
        for k=1:1:p
            Im_RGB(i,j,k)=Im_RGBSaved(i,j,k)*Im_BW(i,j);
        end
    end
end
end
%Localizacion de coordenadas
c_x(1,:)=sum(Im_BW);

```

```

i=1;c=0;cond=0;
while c<6
    if cond==0
        if c_x(i)>0
            cond=1;
            c=c+1;
            cr_x(c)=i;
        end
    else
        if c_x(i)==0
            cond=0;
            c=c+1;
            cr_x(c)=i;
        end
    end
    i=i+1;
%En caso de no existir los 3 huevos
    if i==m && c<6
        c=6;
        cr_x(1)=65;
        cr_x(2)=365;
        cr_x(3)=415;
        cr_x(4)=715;
        cr_x(5)=715;
        cr_x(6)=115;
    end
end
tam(1)=cr_x(2)-cr_x(1);
tam(2)=cr_x(4)-cr_x(3);
tam(3)=cr_x(6)-cr_x(5);
tamx=max(tam)+10;
crx_1=cr_x(1)-ceil((tamx-tam(1))/2);
crx_2=cr_x(3)-ceil((tamx-tam(2))/2);
crx_3=cr_x(5)-ceil((tamx-tam(3))/2);
% Recorte de imagenes COLOR
% ----- VERIFICAR COORDENADAS -----
Im_cort=imcrop(Im_RGB,[1 200 n 600]);
HC(:,:,1)=imcrop(Im_cort,[crx_1 1 tamx 600]);
HC(:,:,2)=imcrop(Im_cort,[crx_2 1 tamx 600]);
HC(:,:,3)=imcrop(Im_cort,[crx_3 1 tamx 600]);
%Treshol para binarización en base a promedio por CAPA 2
TsHC=[0 0 0];
%excluyendo aquellos datos con valor igual a cero
for i=1:1:3
    HCTemp=double(reshape(HC(:,:,2,i),1,[]));
    HCTemp(HCTemp==0)=[];
    TsHC(i)=ceil(mean(HCTemp));
end
% Recorte de imagenes CAPA 2
% CAPA 2 de HC -> "HCG" Huevos Cortados Gris
HCG(:,:,1)=HC(:,:,2,1);
HCG(:,:,2)=HC(:,:,2,2);
HCG(:,:,3)=HC(:,:,2,3);
[m n p]=size(HCG);
H_BW=zeros(m,n,p);
%Binarizamos la capa 2
for k=1:1:p
    for i=1:1:m

```

```

        for j=1:1:n
            if (HCG(i,j,k)<TsHC(k))
                H_BW(i,j,k)=0;
            else
                H_BW(i,j,k)=255;
            end
        end
    end
end
Im_label=zeros(m,n,p);
for i=1:1:p
    H_BW(:,:,i)=double(im2bw(H_BW(:,:,i)));
    %Extruimos regiones INNECESARIAS
    LB = 40; %Regiones de mínimo número de pixeles
    UB = 200; %Regiones con máximo número de pixeles

H_BW(:,:,i)=xor(bwareaopen(H_BW(:,:,i),LB),bwareaopen(H_BW(:,:,i),UB
));
    %Conteo de regiones con Conexión 8
    Im_label(:,:,i)=bwlabel(H_BW(:,:,i),8);
    Tx(7-i)=max(max(Im_label(:,:,i)));
    if Tx(7-i)>5 %Tolerancia de errores
        Tx(7-i)=1;
    else
        Tx(7-i)=0;
    end
end
axes(handles.axes5);
imshow(Im_label(:,:,1));
axes(handles.axes6);
imshow(Im_label(:,:,2));
axes(handles.axes7);
imshow(Im_label(:,:,3));

if Tx(6)==0
    set(handles.text8,'string','Saludable');
else
    set(handles.text8,'string','Infértil');
end
if Tx(5)==0
    set(handles.text9,'string','Saludable');
else
    set(handles.text9,'string','Infértil');
end
if Tx(4)==0
    set(handles.text10,'string','Saludable');
else
    set(handles.text10,'string','Infértil');
end
Tx;
Tx=bi2de(Tx);
Tx=Tx+10;
Tx=double(Tx);
Tx;
fwrite(pserial,Tx);
fclose(pserial);
delete(pserial);

```

```
end

% --- Executes on button press in pushbutton3.
function pushbutton3_Callback(hObject, eventdata, handles)

global ku;

close SAOVA3
SAOVA3
pserial=serial('COM8','BaudRate',9600);
fclose(pserial);
delete(pserial);
ku=60;
pause(2);
clear;

% --- Executes on button press in pushbutton4.
function pushbutton4_Callback(hObject, eventdata, handles)
close SAOVA3
SAOVA
pserial=serial('COM8','BaudRate',9600);
fclose(pserial);
delete(pserial);
clear;
clc;
```

ANEXO F MANUAL DE OPERACIÓN

SISTEMA AUTOMÁTICO DE OVOSCOPIA CON VISIÓN ARTIFICIAL PARA LA SELECCIÓN DE HUEVOS FÉRTILES



CONTENIDO:

Este manual contiene varias instrucciones y consejos que le permitirán usar correctamente el sistema, así como, mantenerlo apropiadamente, solo con un cuidado básico y preventivo. El manual proporciona respuesta a varias inquietudes sobre el funcionamiento del sistema.

Características del Sistema:

Dimensiones: 0,5 m x 2,0 m x 1,5 m.

Peso: 197,68 Kg.

Material: Latón

Voltaje de Funcionamiento: 220 VAC.

Motor: Trifásico SIEMENS

Variador: SIEMENS

Información de Funcionamiento

El sistema realiza una selección automática de huevos fértiles, a través de la visión artificial, la misma que se realiza en la cabina de ovoscopía.

Información de Seguridad

- **Antes de Empezar**

Lea el manual de operación antes de poner en funcionamiento el sistema, con el fin de evitar errores que lo dañen o deterioren.

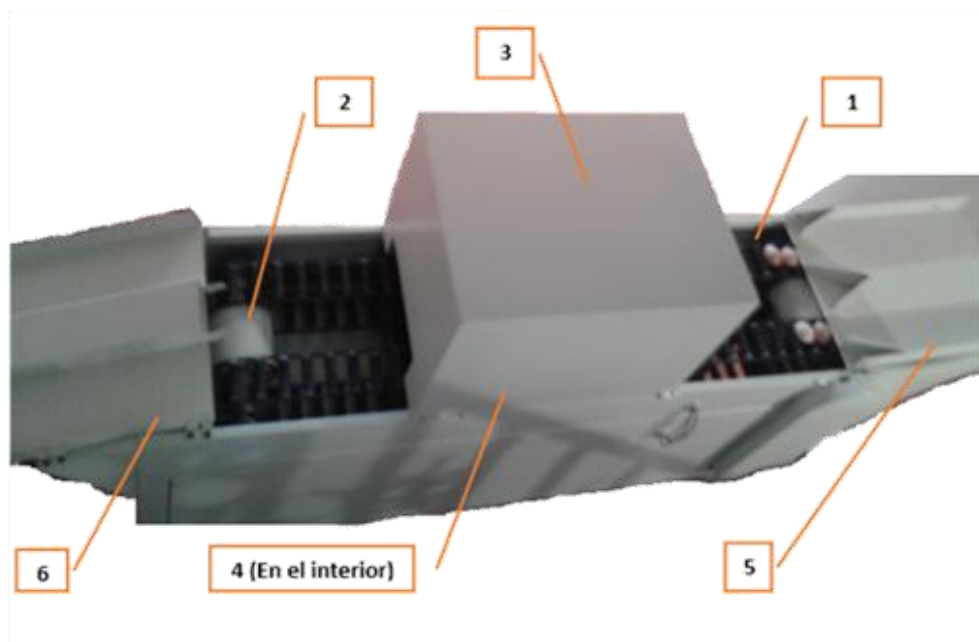
- **Instalación Apropiada**

En la instalación del sistema es importante conocer que el mismo cuenta con una alimentación principal de 220 V. que representa peligro si se manipula sin tomar las medidas de seguridad adecuadas.

- **En Funcionamiento**

Cuando el sistema esté en funcionamiento es importante mantener las manos lejos de las cadenas o lugares donde exista peligro de remordeduras. No levante la tapa de la cabina de visión artificial sin antes, mover los soportes de las cámaras de visión artificial.

Identificación de Partes del Sistema:



Se presenta una estructura ergonómica y modular de fácil adaptación y manejo, la misma que consta de lo siguiente:

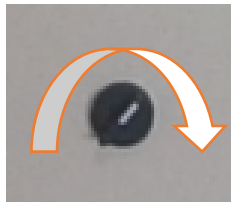
1. Dos bandas transportadoras de huevos con accesorios que permiten el paso de luz para realizar la visión artificial.
2. Una banda lisa central a la cual se empujarán los huevos defectuosos.
3. Una cabina cerrada para la visión artificial, la cual, mantendrá una claridad constante.
4. Actuadores, que directamente separarán los huevos defectuosos del resto, previo a la orden de la tarjeta controladora.
5. Cubículos de entrada con los cuales ingresan fácilmente los huevos al sistema.
6. Cubículos de salida que finalmente separan los huevos de una manera simple y segura.

Instrucciones de Uso:

El sistema presenta dos modos de uso.

Modo manual

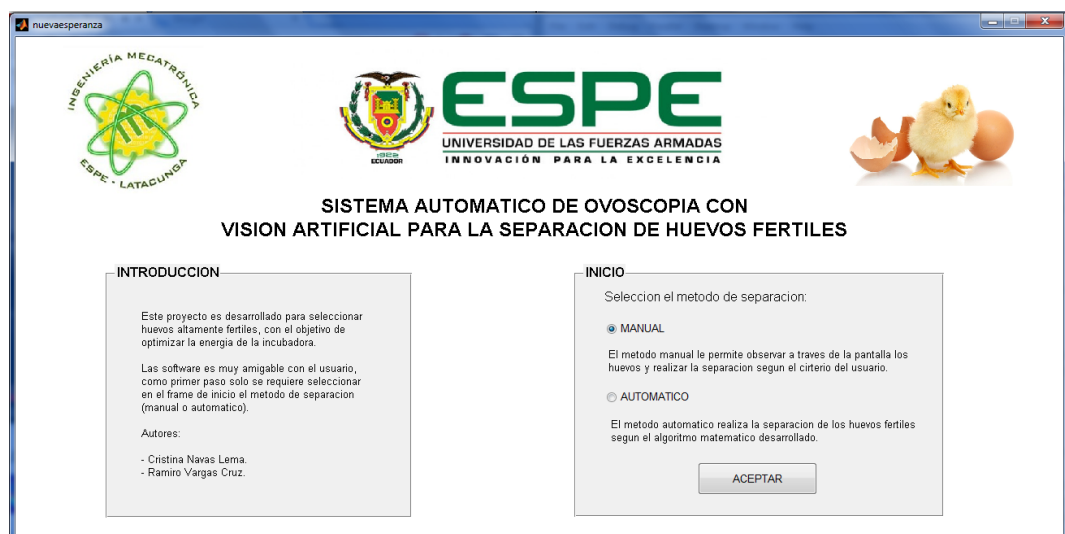
1. Mueva el botón posicionador hacia la derecha.



2. Libere el pulsador de emergencia.



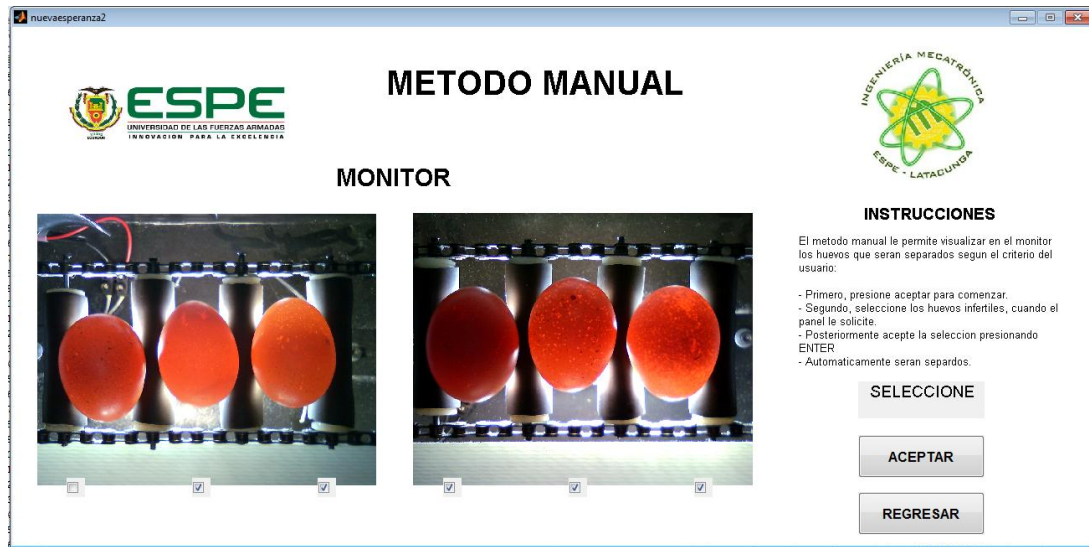
3. Seleccione método manual desde el ventana de inicio y presione ACEPTAR.



4. Presione ACEPTAR para iniciar el proceso.

ACEPTAR

5. Cuando se visualice, en el monitor seleccione los huevos defectuosos y presione ENTER



6. Si desea regresar a la ventana inicial Presione REGRESAR

REGRESAR

Modo automático

1. Mueva el botón posicionador hacia la derecha.



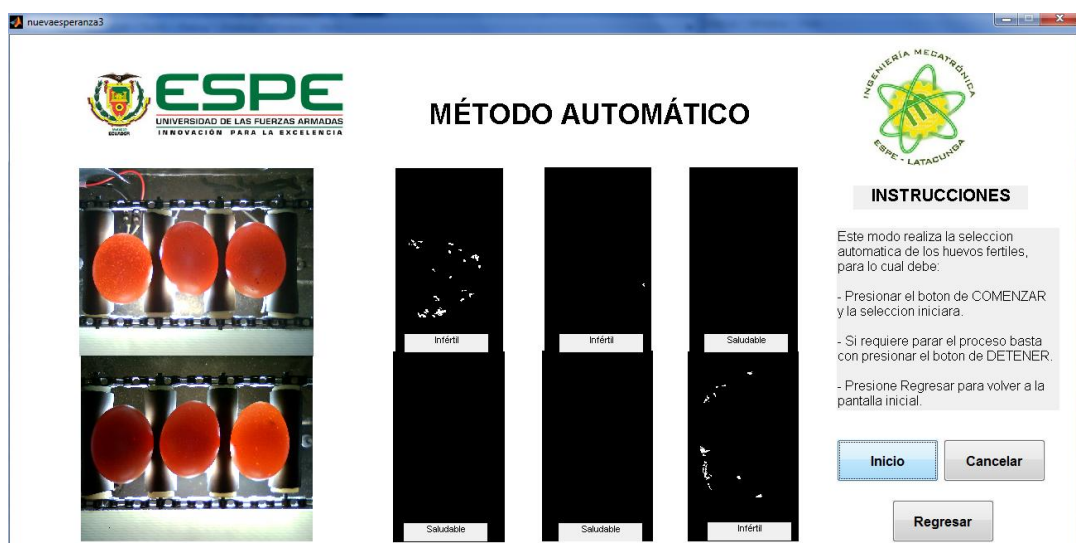
2. Libere el pulsador de emergencia.




3. Seleccione método automático desde el ventana de inicio y presione ACEPTAR.




4. En la ventana de MODO AUTOMÁTICO presione INICIO para comenzar con la selección automática.



5. Si desea detener la selección automática presione CANCELAR

A rectangular button with a light gray gradient and a thin black border. The text "Cancelar" is centered in a bold, black, sans-serif font.

6. Si se necesita regresar a la ventana de INICIO presione REGRESAR.

A rectangular button with a light gray gradient and a thin black border. The text "Regresar" is centered in a bold, black, sans-serif font.

Instrucciones de Instalación:

- Se debe adecuar un lugar seco, limpio y que permita la ubicación de una máquina con las características descritas.
- El sistema requiere de varias fuentes de alimentación de 12 V., 5V. y 220 V., que son derivadas de un fuente principal de 220 V trifásico, las cuales deben ser conectados directamente con el adaptador del sistema.
- Además debe conectarse la Tierra (GND) del sistema.

Cuidado y Mantenimiento:

El sistema requiere varios cuidados, que son detallados a continuación:

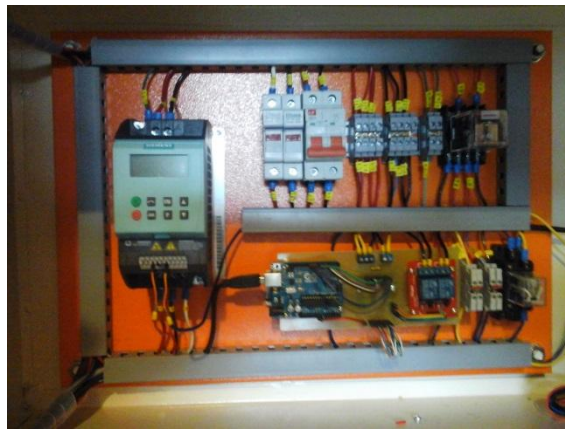
- Es importante limpiar la estructura, con el fin de mantener el buen funcionamiento e higiene del sistema.
- Se recomienda lubricar las cadenas cada 6 meses, para evitar desgastos excesivos en las mismas.
- Revisar el estado de los focos ditroicos, ya que, el procesamiento de imágenes depende del buen funcionamiento de ellos.
- Cargar al sistema el software más actualizado.

G. Fotografías del sistema real.

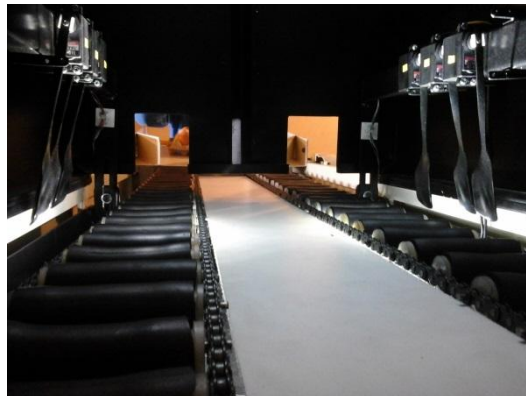
Vista general



Control eléctrico



Interior de la cámara de ovoscopia



Elaborado por:

María Cristina Navas Lema
AUTOR

Ramiro Sebastián Vargas Cruz
AUTOR

Revisor por:

Ing. Eddie Galarza M.Sc.
DIRECTOR

Ing. Juan Correa M.Sc.
CODIRECTOR

Aprobado por:

Ing. Vicente Hallo
**DIRECTOR DE LA CARRERA DE
INGENIERÍA MECATRÓNICA**

Certificado por:

Dr. Freddy Jaramillo
SECRETARIO ACADÉMICO

Latacunga – Noviembre del 2014.