



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE
CHIMBORAZO**

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA CONTROL

Y REDES INDUSTRIALES

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO
DIDÁCTICO PARA CLASIFICACIÓN, EMPACADO E
INSPECCIÓN DE HUEVOS APLICANDO PLC”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

Presentado por

CRISTIAN FERNANDO GALLEGOS LÓPEZ

JORGE DARÍO JARRÍN VIVAR

RIOBAMBA-ECUADOR

2012

A nuestra familia quienes con su apoyo lograron influenciarnos a través de estos años de estudios para cumplir nuestros objetivos, a nuestro amigos Javier García y Lenin Aguirre que nos ayudaron a cumplir con este proyecto y a nuestro demás amigos que en estos años hicieron los momentos más amenos incluso cuando estos se tornaron difíciles y a todos los que de una y otra forma colaboraron con este proyecto

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Iván Menes

**DECANO DE LA FACULTAD
DE INFORMÁTICA Y
ELECTRÓNICA**

.....

Ing. Paul Romero

**DIR.ESC.ING.ELECTRÓNICA
CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

.....

Ing. Lenyn Aguirre

DIRECTOR DE TESIS

.....

Ing. Fernando Chávez

**MIEMBRO DEL
TRIBUNAL**

.....

Tlgo. Carlos Rodríguez

**DIRECTOR DPTO.
DOCUMENTACIÓN**

.....

NOTA DE LA TESIS

.....

“Nosotros, **Cristian Fernando Gallegos López y Jorge Darío Jarrín Vivar** somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

.....

JORGE DARÍO JARRÍN VIVAR

.....

CRISTIAN FERNANDO GALLEGOS LÓPEZ

INDICE DE ABREVIATURA

PLC: Programador lógico Programable

PVC: Poli cloruro de vinilo

DIN: Instituto Alemán de Normalización

KPa: Kilo pascales

CD: Corriente continúa

Vca: Voltaje de corriente alterno

Vcd: Voltaje de corriente continúa

LDR: Light Dependant Resistor o Resistor dependiente de la luz

HMI: Human Machine Interface o Interfaz Hombre Maquina

CPU: Central Processing Unit o Unidad de Proceso Central

EIA: Electronic Industries Alliance o Alianza de Industrias de Electrónica

VAS: Vástago.

INDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS DE RESPONSABILIDAD

RESPONSABILIDAD DE LOS AUTORES

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1 ANTECEDENTES.....	18
1.2 JUSTIFICACIÓN.....	19
1.3 OBJETIVOS.....	19
1.3.1 OBJETIVOS GENERALES.....	19
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	19
1.4 HIPÓTESIS.....	20

CAPÍTULO II

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

2.1 PLC.....	21
2.1.1 DEFINICIÓN.....	21
2.1.2 SELECCIÓN DE PLC.....	23
2.1.3 CARACTERÍSTICAS.....	23
2.1.4 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN.....	23
2.1.4.1 REQUERIMIENTO DE SOFTWARE.....	24
2.1.4.2 REQUERIMIENTO DE HARWARE.....	24
2.1.5 HMI.....	24
2.2 MOTORES DC.....	26
2.2.1 CARACTERÍSTICAS.....	26
2.2.2 FUNCIONAMIENTO.....	26
2.2.3 PARTES DE UN MOTOR DC.....	28
2.2.3.1 ESTATOR.....	29
2.2.3.2 ROTOR.....	30

2.2.4	TIPOS DE MOTORES DC.....	31
2.2.5	PWM PARA MOTORES.....	34
2.2.5.1	FRECUENCIA DE LA SEÑAL PORTADORA.....	35
2.2.5.2	APLICACIONES.....	35
2.2.5.3	DESVENTAJAS.....	36
2.2.6	CÁLCULO DE LA EFICIENCIA EN MOTOR DC.....	36
2.3	MOTORES PASO APASO.....	38
2.3.1	CARACTERÍSTICAS.....	39
2.3.2	PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.....	40
2.3.3	TIPOS DE MOTORES PASO A PASO.....	41
2.3.3.1	MOTORES PAP DE RELUCTANCIA VARIABLE.....	41
2.3.3.2	MOTOR PASO A PASO DE MAGNETO PERMANENTE.....	42
2.3.3.2.1	TIPOS DE MOTOR PAP MAGNETO PERMANENTES.....	43
2.3.3.3	MOTOR PASO A PASO DE TIPO HÍBRIDO.....	45
2.3.4	SECUENCIAS PARA MANEJAR LOS TIPOS DE MOTORES PAP.....	46
2.3.5	PARAMETROS DE LOS MOTORES PASO A PASO.....	48
2.3.6	CONTROL DE LOS MOTORES PASO A PASO.....	50
2.3.7	APLICACIONES DE MOTORES PASO A PASO.....	50
2.4	SENSORES.....	51
2.4.1	GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS.....	51
2.4.1.1	PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.....	52
2.4.1.2	CLASIFICACIÓN.....	53
2.4.1.3	CARACTERÍSTICAS.....	55
2.4.1.4	CELDA DE CARGA.....	57
2.4.1.4.1	PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.....	58
2.4.1.4.2	APLICACIÓN DE CARGA.....	60
2.4.1.4.3	TIPOS DE CELDA DE CARGA.....	62
2.4.1.4.4	PARAMETROS COMERCIALES.....	62
2.4.2	SENSORES INFRAROJOS.....	63
2.4.2.1	PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO.....	63

2.4.2.2 TIPOS DE SENSORES INFRAROJOS.....	64
2.5 DISPOSITIVOS DE VACÍO.....	66
2.5.1 GENERADOR DE VACÍO.....	66
2.5.2 VENTOSAS.....	67
2.5.2.1 FUNCIONAMIENTO.....	67
2.5.2.2 SIMBOLOGÍA.....	68
2.5.3 SISTEMAS DE VACÍO.....	68
2.6 VÁLVULAS.....	72
2.6.1 VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS.....	72
2.6.2 VÁLVULAS REGULADORAS.....	73
2.7 CILINDROS.....	73
2.7.1 CÁLCULOS DE FUERZA DE EMPUJE.....	74
2.7.2 CILINDROS DE SIMPLE EFECTO.....	75
2.7.3 CILINDRO DE DOBLE EFECTO.....	75
2.7.4 CÁLCULO DE CONSUMO DE AIRE.....	77

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL PROCESO

3.1. DISEÑO DE LA BANDA TRANSPORTADORA PARA EL DISPENSADOR DE CUBETAS DE HUEVOS.....	78
3.1.1. BANDA TRANSPORTADORA.....	78
3.1.1.1.DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO.....	79
3.1.1.2. FUNCIONAMIENTO DE LAS CINTAS TRANSPORTADORAS	79
3.1.1.1.3 FUNCIONAMIENTO DE RODILLOS TRANSPORTADORES.	80
3.1.2. PROCESO DE FABRICACIÓN.....	80
3.1.2.1. DESCRIPCIÓN DE LA FABRICACIÓN.....	80
3.1.2.2. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS.....	81
3.1.2.2.1. MOTOR DC.....	82
3.1.2.2.2. CIRCUITO DE MANDO.....	83
3.1.3. CLASIFICACIÓN, TIPOS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS BT.....	83

3.1.3.1. BANDA TRANSPORTADORAS DE GOMA.....	83
3.1.4. SENSORES DE PROXIMIDAD.....	84
3.1.4.1. SENSORES DE PROXIMIDAD FOTOELÉCTRICOS.....	85
3.1.5. DISEÑO DEL ACONDICIONAMIENTO DEL SENSOR DE PROXIMIDAD.....	89
3.1.6. PLANOS.....	90
3.1.6.1. PLANOS DE LA ESTRUCTURA.....	90
3.1.6.2. PLANOS DE PLAQUETAS.....	91
3.2. DISEÑO DEL ALIMENTADOR ARTICULADO ELECTROMECAÁNICO.....	91
3.2.1. ROBOT INDUSTRIAL.....	91
3.2.1.1. DEFINICIONES.....	91
3.2.1.2. CLASIFICACIÓN DE ROBOT INDUSTRIALES.....	91
3.2.2. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO.....	96
3.2.3. PROCESO DE FABRICACIÓN.....	97
3.2.3.1. DESCRIPCIÓN DE LA FABRICACIÓN.....	97
3.2.3.1.1. EQUIPO Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS.....	97
3.2.3.1.1.1. BRAZO MECÁNICO.....	97
3.2.3.1.1.2. MANIPULADOR.....	99
3.2.3.1.1.3. MOTOR DC.....	101
3.2.3.1.1.4. CIRCUITO DE MANDO.....	102
3.2.4. PLANOS.....	102
3.2.4.1. PLANOS DE LA ESTRUCTURA.....	102
3.2.4.2. PLANOS DE PLAQUETA.....	102
3.3. DISEÑO DEL SISTEMA CLASIFICADOR DE 3 HUEVOS.....	102
3.3.1. ROBOT CARTESIANO.....	102
3.3.1.1. DEFINICIÓN DE ROBOT CARTESIANO.....	102
3.3.1.2. ROBOT DE PÓRTICO.....	103
3.3.1.3. TRANSMISORES.....	104
3.3.1.3.1. TRANSMISIÓN DE FUERZA POR CADENA.....	105
3.3.1.4. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO.....	106

3.3.2. PROCESO DE FABRICACIÓN DE CADA SISTEMA.....	107
3.3.2.1. SISTEMA DE TRASLADO.....	107
3.3.2.2. DISEÑO DEL SISTEMA DE SUJECIÓN.....	108
3.3.2.2.1. CONTROL NEUMÁTICO.....	109
3.3.2.3. DISEÑO DEL SISTEMA DE PESAJE.....	110
3.3.2.3.1 SELECCIÓN DE LA CELDA DE CARGA.....	110
3.3.2.3.2. DISEÑO DEL ACONDICIONAMIENTO DE LA CELDA.....	111
3.3.2.3.2.1. AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN (AD620).....	111
3.3.2.3.3. CONVERTOR A/D.....	113
3.3.2.4. SISTEMA DE CLASIFICACIÓN.....	114
3.3.3. PLANOS.....	114
3.3.3.1. PLANOS DE LA ESTRUCTURA.....	114
3.3.3.2. PLANOS DE PLAQUETAS.....	114

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA.

4.1. ELEMENTOS ELECTRÓNICOS A UTILIZAR.....	115
4.1.1. MICROCONTROLADOR.....	115
4.1.2. FUENTES DE ALIMENTACIÓN REGULADA.....	121
4.1.3 TRANSISTORES.....	124
4.2. ALGORITMO DEL FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA.....	125
4.3. DISEÑO DEL CIRCUITO DE FUERZA Y CONTROL.....	125
4.3.1. DISEÑO DEL CIRCUITO DE LA BANDA TRANSPORTADORA	125
4.3.2. DISEÑO DEL ALIMENTADOR ARTICULADO.....	128
4.3.3 DISEÑO DEL SISTEMA CLASIFICADOR DE HUEVOS EN TRES TIPOS DIFERENTES.....	130
4.3.4. DISEÑO DE LAS FUENTES DE VOLTAJE DEL SISTEMA.....	144
4.3.5. PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	146

CAPÍTULO V

FUNCIONAMIENTO

5.1. PUESTA EN MARCHA, PRUEBAS Y RESULTADOS.....	147
5.1.1. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA BANDA TRANSPORTADORA.....	148
5.1.2. PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA CELDA DE CARGA	149
5.1.2.1. SEÑAL DE SALIDA EN CERO.....	149
5.1.2.2. RESPUESTA DE LA CELDA DE CARGA.....	149
5.1.2.3. REPETIBILIDAD DE LA CELDA DE CARGA.....	151
5.1.3. PRUEBAS DEL MOTOR PASO A PASO.....	152
5.1.4. PRUEBAS DEL SISTEMA NEUMÁTICO.....	152
5.1.4.1. PRUEBAS DEL CILINDRO DE DOBLE EFECTO.....	153
5.1.5. PRUEBAS DEL GENERADOR DE VACÍO.....	153
5.1.6. PRUEBAS DEL SISTEMA DE CONTROL.....	154

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

BIBLIOGRAFIA INTERNET

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Figura II.1.-Estructura de un PLC.....	22
Figura II.2 Partes del motor DC.....	28
Figura II.3 Motor Shunt.....	32
Figura II.4 Motor Serie.....	32
Figura II.5 Motor compuesto.....	33
Figura II.6.- Modulación de ancho de pulso.....	35
Figura II.7.- Motores paso a paso.....	38
Figura II.8.-Vista de sección de un motor de reluctancia variable.....	42
Figura II.9.- Vista en sección de un magneto permanente.....	42
Figura II.10.- Imagen del rotor.....	43
Figura II.11.- Imagen de un estator de 4 bobinas.....	43
Figura II.12.- Motor PAP Bipolar.....	43
Figura II.13.- Puente en H para control de cada bobina del motor.....	44
Figura II.14.- Motor PAP Unipolar.....	44
Figura II.15 Motor hibrido.....	45
Figura II.16.- Galga Extensiométrica.....	52
Figura II.17.- Variación de la resistencia por variación del material.....	53
Figura II.18.- Galga Metálica.....	54
Figura II.19 Galga semiconductora.....	55
Figura II.20.- Galga Uniaxial.....	56
Figura II.21.- Galga Biaxial.....	56
Figura II.22.- Galga de tres elementos.....	57
Figura II.23.- Otras formas constructivas de las galgas.....	57
Figura II.24.- Celda de carga.....	59
Figura II.25.- Aplicación ideal de fuerza en una celda de carga.....	60
Figura II.26 Aplicación de una fuerza angular en una celda de carga.....	61
Figura II.27 Aplicación de una fuerza excéntrica en una celda de carga.....	61
Figura II.28.- Tipos de celdas de carga.....	62

Figura II.29 Tabla de los componentes de un sensor activo.....	64
Figura II.30 Tipos de sensores infrarrojos.....	64
Figura II.31.-Niveles de presión.....	66
Figura II.32 Principio de funcionamiento de un generador de vacío.....	67
Figura II.33 Simbología del generador de vacío.....	67
Figura II.34 Ventosa de aspiración.....	68
Figura II.35.-Simbología de la ventosa de aspiración.....	68
Figura II.36.- Sistema de vacío.....	69
Figura II.37.- Sistema de vacío con regulación.....	69
Figura II.38 Simbología del sistema de vacío.....	70
Figura II.39.-Fuerza de retención de la ventosa.....	70
Figura II.40 Simbología de una válvula 5/2.....	72
Figura II.41.- Simbología de una reguladora de presión.....	73
Figura II.42.- Simbología de una reguladora de caudal.....	73
Figura II.43.- Corte de un pistón y vástago.....	74
Figura II.44 Cilindro de simple efecto.....	75
Figura II.45.- Cilindro de doble efecto.....	76
Figura II.46.- Simbología de un cilindro de doble efecto.....	76

DISEÑO DEL PROCESO

Figura III.47.- Banda Transportadora Real.....	79
Figura III.48.- Banda Transportadora.....	79
Figura III.49.- Tensión en una correa.....	81
Figura III.50.-Motor de la banda.....	82
Figura III.51.- Sensor fotoeléctrico de óptica alineada.....	86
Figura III.52.- Sensor fotoeléctrico de óptica reflexiva.....	86
Figura III.53.- Componentes de los sensores fotoeléctricos.....	87
Figura III.54.- Símbolo de una LDR.....	87
Figura III.55 respuesta de una LDR.....	88
Figura III.56.-Sharp.....	89
Figura III.57.- Diagrama de Bloques.....	89

Figura III.58.-Diseño del acondicionador de señal.....	90
Figura III.59.-Manipulador.....	92
Figura III.60.-Robot de aprendizaje.....	93
Figura III.61.-Robot manipulador real.....	97
Figura III.62.- Brazo mecánico y contrapeso.....	99
Figura III.63.- Manipulador Real.....	100
Figura III.64.-Conexión en paralelo.....	100
Figura III.65.- Generador de Vacío.....	101
Figura III.66.- motor DC.....	102
Figura III.67.- Robot de Pórtico.....	104
Figura III.68.-Elementos de una cadena.....	106
Figura III.69.- Robot Clasificador de huevos de tres tipos.....	107
Figura III.70.- Diseño del sistema de sujeción.....	110
Figura III.71.- Diseño del sistema de pesaje.....	110
Figura III.72.- Amplificador de instrumentación.....	112
Figura III.73.- Acondicionamiento de Señal.....	113

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Figura IV.74.-Microcontrolador.....	116
Figura IV.75.- Microcontrolador 16F628A.....	120
Figura IV.76.- Transformador.....	122
Figura IV.77.- Puente Rectificador.....	122
Figura IV.78.- Onda Continua.....	123
Figura IV.79.- Filtro.....	123
Figura IV.80.- Reguladores.....	124
Figura IV.81.- Tipos de transistores.....	124
Figura IV.82.- PWM del Motor de la Banda.....	126
Figura IV.83.- Sensor infrarrojo reflexivo.....	127
Figura IV.84.- Control de Brazo Manipulador.....	128
Figura IV.85.- Puente H de 5 A.....	129
Figura IV.86.- Driver de los motores paso a paso.....	132

Figura IV.87.- Circuito de Control del Brazo clasificador de huevos.....	133
Figura IV.88.- Diagrama de bloques de una fuente de voltaje DC.....	144
Figura IV.89.- Diseño de los reguladores LM78XX.....	146

FUNCIONAMIENTO

Figura V.90.- Curva de respuesta de la celda de carga.....	150
--	-----

INDICE DE TABLAS

FUNDAMENTOS TEÓRICOS

Tabla II.1.- Secuencia para controlar Motor PAP Bipolar.....	46
Tabla II.2.- Secuencia para controla Motor PAP Unipolar – Normal-.....	46
Tabla II.3.- Secuencia para controlar Motor PAP Unipolar – Wave Drive...	47
Tabla II.4.- Secuencia para controlar Motor PAP Unipolar – Medio Paso...	47
Tabla II.5.- Ángulos de paso referido al número de vueltas.....	49

DISEÑO DEL PROCESO

Tabla III.6.-Características del caucho de la banda transportadora.....	84
Tabla III.7.- Asociación Francesa de Robótica Industrial.....	95
Tabla III.8.-Clasificacion según su Generación.....	95
Tabla III.9.-Clasificacion según T.M.Knassel.....	96

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

Tabla IV.10.- Características del PIC 16F877A.....	117
Tabla IV.11.- Configuración de las entradas analógicas y de referencia.....	119
Tabla IV.12.- Características del PIC 16F628A.....	120

FUNCIONAMIENTO

Tabla V.13.- Mediciones de la respuesta de la celda de carga.....	150
Tabla V.14 Repetitividad de la celda de carga.....	151

INTRODUCCIÓN

El presente proyecto pretende ser una herramienta para el sector avícola, mismo que entre sus muchas actividades diarias se dedica también a la venta de huevos. En dicha venta la determinación del precio es de vital importancia y se la hace de acuerdo a su tamaño, el cual es determinado por su peso.

Al ser este prototipo una herramienta que permite hacer la clasificación de los huevos en sus diferentes tamaños, se logra que en la venta no salgan perjudicados ninguna de las dos partes tanto proveedores como consumidores.

El diseño y la construcción de este módulo pretende además ayudar a los estudiantes en la aplicación práctica de los conocimientos de las diferentes asignaturas que han sido necesarias en la elaboración de este módulo didáctico, para que con el transcurso del tiempo puedan ir mejorándolo y demostrando sus destrezas con un enfoque principalmente hacia la electrónica, instrumentación y automatización industrial.

CAPÍTULO I

MARCO REFERENCIAL

1.1. ANTECEDENTES

En los momentos actuales la producción de huevos es una actividad económica que en los países desarrollados y en el Ecuador se considera totalmente independiente de la producción de carne de ave, teniendo una compleja estructuración.

La automatización del proceso y técnica de control de clasificación, empaquetado, e inspección de huevos es un problema concerniente a la industria alimenticia ecuatoriana.

La búsqueda de soluciones automatizadas a este proceso solo pueden ser desarrolladas en un laboratorio donde se pueda simular en el cual intervengan áreas multidisciplinarias tales como: mecatrónica, control de procesos, etc.

1.2. JUSTIFICACIÓN

Debido al giro que viene dando en la actualidad el control de procesos en la industria y viendo la necesidad que los estudiantes de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales, se familiaricen con estos temas de forma práctica, se desarrolló este proyecto que tiene como objetivo diseñar e implementar un módulo didáctico para la clasificación, empaquetado e inspección de huevos aplicando PLC

Para integrar el talento humano a los recursos tecnológicos y las competencias intelectuales se hace necesario que este tipo de proyectos y herramientas de aprendizaje se faciliten a los estudiantes en primera instancia en los laboratorios de la escuela de Ingeniería Electrónica, Control y Redes Industriales y sea un programa piloto, modelo de innovación, con muestra de colaboración; obteniendo como valor agregado el posicionamiento de nuestra escuela a nivel regional y nacional, ganando de este modo el desempeño brillante de sus egresados y el deseo de muchos Ecuatorianos de formarse y capacitarse en tan prestigiosa institución.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL:

- Diseñar e implementar un módulo didáctico para la clasificación, empaquetado e inspección de huevos aplicando PLC.

1.3.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS:

- Diseñar e implementar una banda transportadora para un dispensador de cubetas impulsadas por un motor DC y de un sistema que impide la acumulación de huevos en la entrada.

- Diseñar e Implementar un alimentador articulado electromecánico, para el traslado de huevos al proceso de clasificación utilizando dispositivos neumáticos y de vacío controlados por PLC y microcontroladores.
- Diseñar y Construir un Brazo cartesiano con motores paso a paso.
- Esquematizar y construir un sistema de clasificación de huevos para clasificar los huevos según su peso mediante celda de carga con un en tres clases diferentes.
- Diseño e Implementación un sistema de llenado de cubetas 4x2 impulsados por motores paso a paso.
- Esquematizar e implementar un contador de cubetas huevos para conocer la producción diaria.
- Integrar los diferentes sistemas para formar un proceso continuo.
- Desarrollar los programas en PLC para el control de todos los procesos y HMI.

1.4 HIPÓTESIS

Con el diseño e implementación de un módulo didáctico para la clasificación, empaquetado e inspección de huevos aplicando PLC servirá para prácticas de laboratorio de los estudiantes de Electrónica en Control y Redes industriales de la ESPOCH en el campo de dispositivos de vacío y programación de PLC para fortalecer los conocimientos obtenidos en clases.

CAPÍTULO II

FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 PLC

2.1.1 DEFINICIÓN

Dispositivo electrónico y programable por el usuario destinado a gobernar máquinas o procesos lógicos y/o secuenciales, inicialmente surgen para implementar funciones lógicas

Funciones del PLC

- Reemplazar la lógica de relés para el comando de motores, máquinas,
- Reemplazar temporizadores y contadores electromecánicos
- Interface computador/proceso
- Control y comando de tareas repetitivas o peligrosas
- Detección de fallas y manejo de alarmas

- Regulación de aparatos remotos

Ventajas:

- Reducción de espacio
- Facilidad para mantenimiento y puesta a punto
- Flexibilidad de configuración y programación
- Reducción de costos

Estructura:

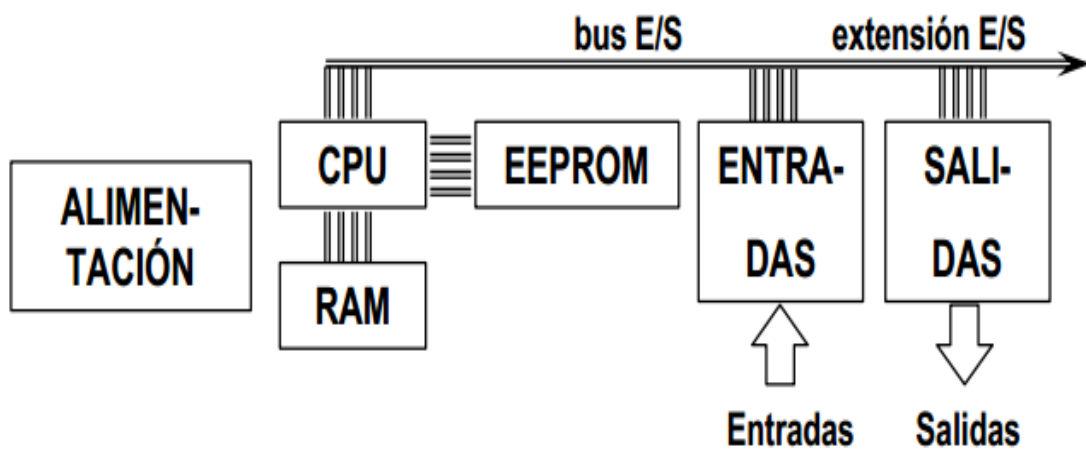


Figura II.1.-Estructura de un PLC

Características del PLC

- Tiempo de respuesta de entrada y salida
- Entradas y salidas especiales
- Pulsos de alta velocidad

Tipos de PLC

- Por construcción
- Modular, integral
- Por número de Entradas y Salidas

2.1.2 SELECCIÓN DEL PLC

Para nuestro módulo didáctico hemos tomado la decisión de utilizar un PLC en el cual este incluido o posea un HMI, para reducir tiempos de programación y abaratar costos, después de revisar varias marcas y modelos de PLCs. existentes en el mercado con estas características hemos tomado la decisión de realizarlo con el PLC (Flap Panel FP4030MRL1208R)

2.1.3 CARACTERÍSTICAS

- Pantalla gráfica 128 x 64 (3.1 ") multicolor de retroiluminación LCD
- Sólo HMI o digital integrado de E / S conectables o E / S digitales
- Soporte para E / S Digital (OC / relés)
- Contadores de alta velocidad y temporizadores
- Soporte para las entradas de cuadratura y la salida de PWM
- Escalera de editor con el conjunto de instrucciones de gran alcance
- Apoyo a recetas, alarmas, gráfico de barras
- Puertos de comunicación:
- Un puerto serie para conectar el PLC al RS232/422/485 niveles / Impresora / Puerto de programación.
- Dispositivo USB como puerto de programación
- Teclas de función definidas por el usuario para apoyar diversas tareas
- El software de programación común para todo el FlexiPanels es GRATIS.

2.1.4 SOFTWARE DE PROGRAMACIÓN

FlexiSoft ® es un sistema compacto, basado en Windows ® para configurar las unidades de FlexiPanels ®.

Herramientas de configuración fáciles de usar y fácil de enfoque, ayuda al usuario crear aplicaciones de forma rápida y sencilla.

2.1.4.1 REQUERIMIENTOS DE HARDWARE

- Procesador Pentium 800MHz o equivalente
- Microsoft Windows XP Professional / Home Edition with SP2
- RAM 256MB
- Espacio de disco duro de 800MB (incluidos 200MB para .NET Framework redistribuibles)
- Pantalla 1024 x 768 High Color de 16-bit
- Mouse/Teclado

2.1.4.2 REQUERIMIENTOS DE SOFTWARE

- Windows XP/Vista/7

2.1.5 HMI

Los FlexiPanels ® son compatibles con las características de interfaz de operador. El usuario también puede aplicar la lógica, específica para la aplicación utilizando la programación de escalera estándar. Un bloque de la lógica del PLC se puede ejecutar en el encendido, durante todos los análisis o en una interrupción de temporizador. Los FlexiPanels ® tienen funciones de interface de operador que giran en torno a pantallas y tareas que se pueden asignar para realizar una aplicación.

Teclas de función

FlexiPanels HMI ® están disponibles con las teclas de función y teclado numérico para entrada de datos fácil. Las teclas de función también se han incorporado en los LEDs. Estas teclas de función son las claves de la pantalla de funciones dependientes. El usuario puede asignar cualquier aplicación relacionada con la tarea o acciones a estas teclas de función.

Alarmas

En tiempo real y alarmas históricas se pueden definir en el FlexiPanels ®. Fácil de usar objetos de alarma que pueden ser definidos en la pantalla. Las alarmas pueden ser en tiempo real o histórico. Las claves pueden ser asignadas a reconocer la alarma, la vista y el desplazamiento

Recetas

Las recetas de datos se almacenan en los registros de memoria. Con un golpe de botón, un conjunto de datos puede ser descargado al PLC. Una vez en la memoria local, los datos de las recetas se pueden editar con simples objetos de entrada de datos.

Los mapas de bits / Asistentes

Existen diferentes mapas de bits que se pueden incrustar en la pantalla de FlexiPanels ® (modelo gráfico). Los mapas de bits se pueden importar en la aplicación y se muestra en las pantallas del FlexiPanel®. Además, existen varios asistentes de apoyo para la creación de objetos de uso común, tales como medidores analógicos, lámparas, botones y gráficos de barras.

Escalera de Apoyo

La funcionalidad de soporte de escalera es en donde el usuario puede definir la lógica de la unidad utilizando FlexiSoft ®. La ejecución de la escalera podría ser a través del puerto de comunicación o a través de E / S. El HMI Se utiliza para aplicaciones críticas en las que se procesan los datos antes de enviarlo al controlador. La ejecución de lógica de escalera es en microsegundos.

Multilinguaje / Soporte Unicode

Todas las lenguas son compatibles con el FlexiPanels ® (modelo gráfico). El usuario puede visualizar los mensajes, las alarmas en cualquier idioma regional o

local. Todas las fuentes de Windows ® también se puede utilizar para el texto en una aplicación.

Puertos de comunicación

Las teclas de función FlexiPanels tiene un puerto de comunicaciones serie. El puerto serie puede ser utilizado para la programación de FlexiPanels ®, pantallas de impresión (datos alfanuméricos), la conexión a dispositivos de otros fabricantes de serie (lectores de códigos de barras, escáneres de temperatura, etc.) o para conectarse a un PLC o en una unidad. El usuario puede configurar el puerto serie para la comunicación RS232 o RS485.

2.2 MOTORES DE DC

2.2.1 CARACTERÍSTICAS

El motor es una máquina que convierte energía eléctrica en energía mecánica, accionar un motor DC es muy simple y solo es necesario aplicar la tensión de alimentación entre sus bornes. Los motores DC no pueden ser posicionados y/o enclavados en una posición específica, estos giran a la máxima velocidad y en el sentido que la alimentación aplicada se los permite.

El funcionamiento se basa en la interacción entre el campo magnético del imán permanente y el generado por las bobinas, ya sea una atracción o una repulsión, hacen que el eje del motor comience su movimiento.

2.2.2 FUNCIONAMIENTO

La base del funcionamiento de los motores es el principio de la inducción descubierto por el científico e inventor británico Michael Faraday en 1831

La Ley de Faraday se refiere a la inducción de una fuerza electromotriz debido a la variación de flujo.

$$E = \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

Si hay varias espiras será:

$$E = -N \frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$$

Dónde:

E = Fem inducida

N = número de espiras de la bobina

$\frac{\Delta\varphi}{\Delta t}$ Variación de flujo con respecto al tiempo

El signo menos (-) se deriva de la ley de Lenz que nos dice: si una corriente inducida fluye, su dirección es siempre de tal forma que se opone al cambio de flujo que la produjo.

Por lo tanto se induce una corriente en la espira cuando hay variación de flujo en la espira, en este caso ello ocurre cuando hay movimiento relativo entre la espira y el imán.

Si un conductor se mueve a través de un campo magnético, o si está situado en las proximidades de otro conductor por el que circula una corriente de intensidad variable, se establece o se induce una corriente eléctrica en el primer conductor, consiste en una espira de alambre que gira entre los polos de un imán. Los extremos de la espira están conectados con delgas del colector que a su vez, hacen contacto con las escobillas. Las escobillas tienen conductores que van a una fuente de tensión de corriente continua.

Cuando la espira está en la posición 1, la corriente que pasa por la espira hace que el lado superior de la espira se convierta en polo norte y la parte inferior en polo sur, según la regla de la mano izquierda. Los polos magnéticos de la espira serán

atraídos por los polos opuestos correspondientes del campo, como resultado, la espira girara en el sentido de las agujas del reloj, colocando frente a frente a los polos contrarios, la espira ha girado 90 grados hasta la posición 2, se produce la conmutación y la corriente de la espira se invierte de sentido. A raíz de esto el campo magnético generado por la espira también se invierte. Ahora están frente a frente polos iguales, lo que significa que se rechazan, y la espira sigue girando para tratar de acercar los polos opuestos. Al girar 180 grados, más allá de la posición 2, la espira se encuentra en posición 3. Entonces la situación es la misma que cuando se hallaba en la posición 2. Se produce de nuevo la conmutación y la espira sigue girando.

2.2.3 PARTES DE UN MOTOR DC

Un motor de corriente continua está compuesto de un estator y un rotor. (Figura II.2).

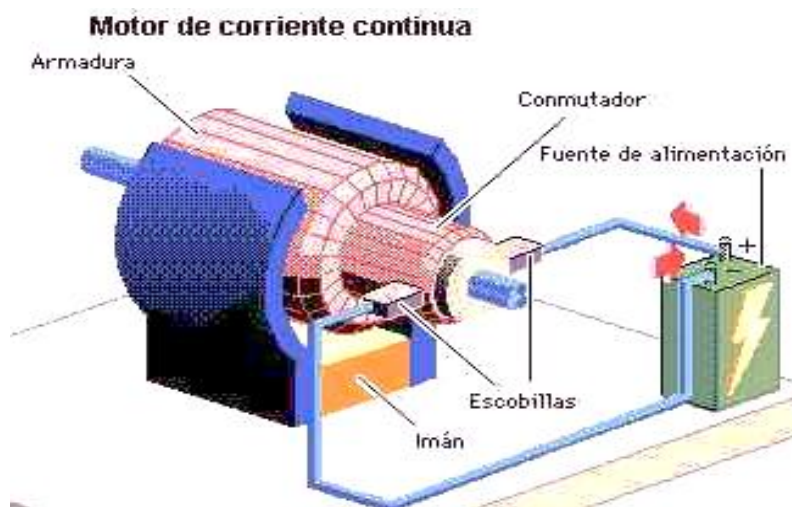


Figura II.2 Partes del motor DC

2.2.3.1 ESTATOR

Constituye la parte fija o estática de la máquina. Su función es suministrar el flujo magnético que será usado por el bobinado del rotor para realizar su movimiento giratorio. Está formado por: Armazón, imán permanente, escobillas.

Armazón

Denominado también yugo, tiene dos funciones primordiales: servir como soporte y proporcionar una trayectoria de retorno al flujo magnético del rotor y del imán permanente, para completar el circuito magnético.

Imán permanente

Compuesto de material ferromagnético altamente remanente, se encuentra fijado al armazón o carcasa del estator. Su función es proporcionar un campo magnético uniforme al devanado del rotor o armadura, de modo que interactúe con el campo formado por el bobinado, y se origine el movimiento del rotor como resultado de la interacción de estos campos.

Escobillas

Las escobillas están fabricadas de carbón, y poseen una dureza menor que la del colector, para evitar que éste se desgaste rápidamente. Se encuentran albergadas por los porta escobillas. Ambos, escobillas y porta escobillas, se encuentran en una de las tapas del estator.

La función de las escobillas es transmitir la tensión y corriente de la fuente de alimentación hacia el colector y, por consiguiente, al bobinado del rotor. La función del porta escobillas es mantener a las escobillas en su posición de contacto firme con los segmentos del colector. Esta función la realiza por medio de resortes, los cuales hacen una presión moderada sobre las escobillas contra el colector. Esta presión debe mantenerse en un nivel intermedio pues, de ser excesiva, la fricción desgastaría tanto a las escobillas como al colector; por otro

lado, de ser mínima esta presión, se produciría lo que se denomina "chisporroteo", que es cuando aparecen chispas entre las superficies del colector y las escobillas, debido a que no existe un buen contacto.

2.1.3.2 ROTOR

Constituye la parte móvil del motor es el dispositivo que gira en el centro del motor es el que proporciona el torque para mover la carga, está formado por: eje, núcleo, devanado, colector.

Eje

Formado por una barra de acero fresada. Imparte la rotación al núcleo, devanado y al colector.

Núcleo

Se localiza sobre el eje. Fabricado con capas laminadas de acero, su función es proporcionar un trayecto magnético entre los polos para que el flujo magnético del devanado circule.

Las laminaciones tienen por objeto reducir las corrientes parásitas en el núcleo. El acero del núcleo debe ser capaz de mantener bajas las pérdidas por histéresis. Este núcleo laminado contiene ranuras a lo largo de su superficie para albergar al devanado de la armadura (bobinado).

Devanado

Consta de bobinas aisladas entre sí y entre el núcleo de la armadura. Estas bobinas están alojadas en las ranuras, y están conectadas eléctricamente con el colector, el cual debido a su movimiento rotatorio, proporciona un camino de conducción conmutado.

Colector

Denominado también conmutador, está constituido de láminas de material conductor (delgas), separadas entre sí y del centro del eje por un material aislante, para evitar cortocircuito con dichos elementos. El colector se encuentra sobre uno de los extremos del eje del rotor, de modo que gira con éste y está en contacto con las escobillas. La función del colector es recoger la tensión producida por el devanado inducido, transmitiéndola al circuito por medio de las escobillas.

2.2.4 TIPOS DE MOTORES DC

Los motores D.C se clasifican de acuerdo al tipo de bobinado del campo como motores Serie, Shunt, Shunt estabilizado, o Compuesto (Compound). Sin embargo algunos de ellos pueden ser auto excitados o de excitación separada o pueden tener campos de imán permanente.

Ellos muestran curvas muy diferentes de torque-velocidad y se conectan en diferentes configuraciones para diferentes aplicaciones.

Algunos motores D.C utilizan imán permanente como campo principal, especialmente los de potencia (HP) fraccionada ($1/4, 1/2, 3/4$) y baja potencia.

Los motores de imán permanente tienen la ventaja de no requerir una fuente de potencia para el campo, pero tienen la desventaja de ser susceptibles a la desmagnetización por cargas de choque eléctricas o mecánicas. Los campos de imán permanente no se pueden ajustar para entonar el motor para ajustarse a la aplicación, como pueden los de campo bobinado.

Motor shunt

En un motor shunt, el flujo es constante si la fuente de poder del campo es fija. Asuma que el voltaje de armadura (E_a) es constante. A medida que la corriente de la carga disminuye desde plena carga a sin carga, la velocidad debe aumentar

proporcionalmente de manera que la fuerza contra electromotriz (E_b) aumentará para mantener la ecuación en balance.

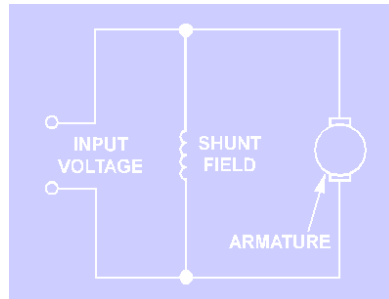


Figura II.3 Motor Shunt

A voltaje nominal y campo completo, la velocidad del motor shunt aumentará 5% a medida que la corriente de carga disminuya de plena carga a sin carga. La reacción de armadura evita que el flujo de campo permanezca absolutamente constante con los cambios en la corriente de la carga.

La reacción de armadura, por lo tanto causa un ligero debilitamiento del flujo a medida que la corriente aumenta. Esto tiende a aumentar la velocidad del motor. Esto se llama “inestabilidad” y el motor se dice que está inestable.

Motor serie

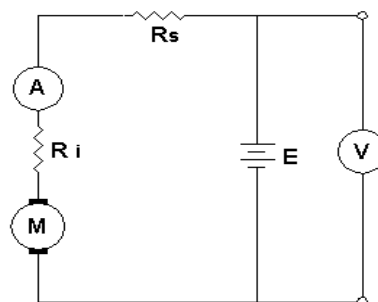


Figura II.4 Motor Serie

En un motor serie, el flujo del campo es una función de la corriente de la carga y de la curva de saturación del motor. A medida que la corriente de la carga

disminuye desde plena carga, el flujo disminuye y la velocidad aumenta. La rata de incremento de velocidad es pequeña al principio pero aumenta a medida que la corriente se reduce. Para cada motor serie, hay una mínima carga segura determinada por la máxima velocidad de operación segura.

Motor compuesto (compound)

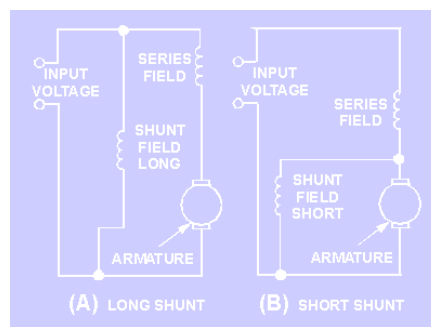


Figura II.5 Motor compuesto

Los motores compuestos tienen un campo serie sobre el tope del bobinado del campo shunt como se ve en la figura II.5 Este campo serie, el cual consiste de pocas vueltas de un alambre grueso, es conectado en serie con la armadura y lleva la corriente de armadura.

El flujo del campo serie varía directamente a medida que la corriente de armadura varía, y es directamente proporcional a la carga. El campo serie se conecta de manera tal que su flujo se añade al flujo del campo principal shunt. Los motores compound se conectan normalmente de esta manera y se denominan como compound acumulativo.

Esto provee una característica de velocidad la cual no es tan “dura” o plana como la del motor shunt, no tan “suave” como un motor serie. Un motor compound tiene un limitado rango de debilitamiento de campo, la debilitación del campo puede resultar en exceder la máxima velocidad segura del motor sin carga. Los motores D.C compound son algunas veces utilizados donde se requiera una respuesta estable de torque constante a través de un amplio rango de velocidad.

Motor shunt estabilizado

Para vencer la potencial inestabilidad de un motor recto shunt y reducir la “caída” de velocidad de un motor compound, un ligero devanado serie es arrollado sobre el devanado shunt. El flujo del devanado serie aumenta con la corriente de carga y produce un motor estable con una característica de caída de velocidad para todas las cargas.

En aplicaciones donde la inestabilidad resultante pudiera afectar seriamente el funcionamiento de la maquina (movidada por el motor), el campo serie puede desconectarse. En aplicaciones donde los efectos de estabilidad nos son críticos, como en un frenado regenerativo, el campo serie puede utilizarse para mejorar el rendimiento que el provee.

Cuando el campo serie no se conecta, el fabricante del control debe asegurar que la máxima velocidad segura del motor no es excedida y debe reconocer la perdida de torque que resulta de la operación del motor shunt estabilizado sin el devanado serie.

2.2.5 PWM PARA MOTORES DC

Los motores de corriente directa de pequeña capacidad se pueden arrancar al conectar directamente el motor al voltaje de línea.

Pero en nuestro caso vamos a necesitar hacer una modulación por ancho de pulso para que nuestro sistema sea más preciso.

La modulación por anchura de pulsos (PWM, del inglés pulse-width modulation) es una técnica de modulación en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica para, entre otras cosas, variar la velocidad de un motor.

El ciclo de trabajo de una señal periódica es el ancho relativo de su parte positiva en relación al período. Cuando más tiempo pase la señal en estado alto, mayor será la velocidad del motor.

Este tren de pulsos, en realidad, hace que el motor marche alimentado por la tensión máxima de la señal durante el tiempo en que esta se encuentra en estado alto, y que pare en los tiempos en que la señal está en estado bajo.

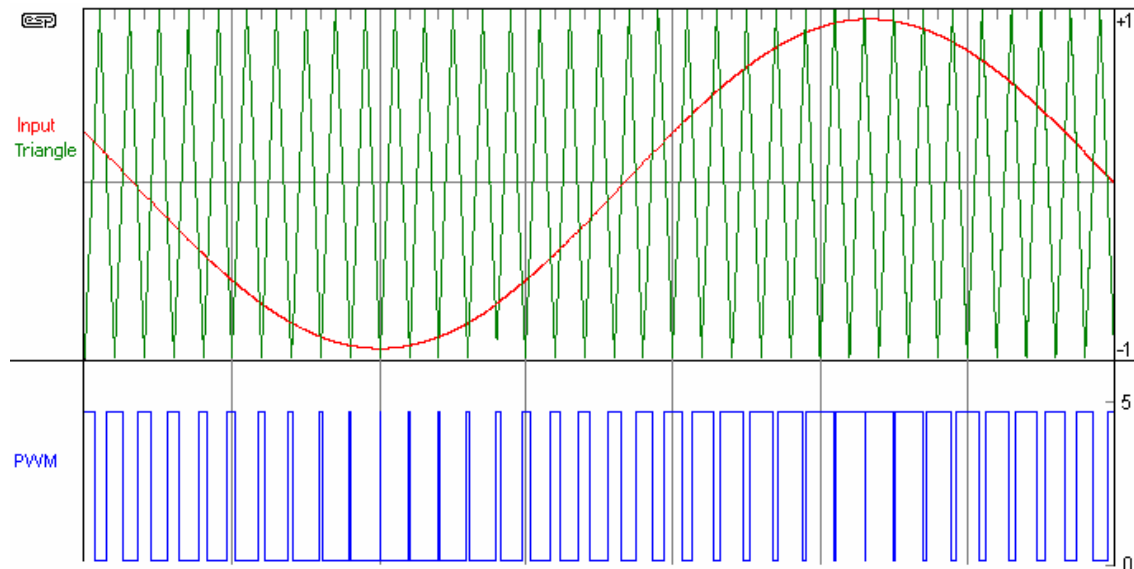


Figura II.6.- Modulación de ancho de pulso

2.2.5.1 FRECUENCIA DE LA SEÑAL PORTADORA

La frecuencia de la señal portadora no debe ser elegida alegremente, si no que se debe tener en cuenta que la relación de amplitudes entre la señal portadora y la moduladora sean tales, que la relación entre la frecuencia de la portadora y la de señal sea de 10 a 1 como mínimo.

2.2.5.2 APLICACIONES

El abanico de aplicaciones en las que se puede utilizar esta técnica es muy amplio, incluyendo el control de fuentes conmutadas, controles de motores, controles de elementos termoeléctricos, choppers para sensores en ambientes ruidosos y algunas otras aplicaciones, tales como el manejo de servos de modelismo. En la actualidad existen muchos circuitos integrados que integran la función PWM, tales como los microcontroladores PIC que hemos utilizado en otros proyectos. Se

distinguen por fabricar este tipo de integrados, compañías como Texas Instruments, National Semiconductor, Maxim, y algunas otras más.

2.2.5.3 DESVENTAJAS

La principal desventaja que presentan los circuitos PWM es la posibilidad de que haya interferencias generadas por radiofrecuencia. Éstas pueden minimizarse ubicando el controlador cerca de la carga y realizando un filtrado de la fuente de alimentación.

2.2.6 CÁLCULO DE LA EFICIENCIA EN MOTORES DC

Para calcular la eficiencia de un motor de corriente continua, se deben determinar las siguientes pérdidas:

- Sus pérdidas en el cobre
- Sus pérdidas por caída en las escobillas
- Sus pérdidas mecánicas
- Sus pérdidas en el núcleo
- Sus pérdidas rotacionales.

Las *pérdidas en el cobre* del motor son las pérdidas I^2R en los circuitos de armadura y campo del motor. Estas pérdidas pueden encontrarse conociendo las corrientes en la máquina y las dos resistencias. Para determinar la resistencia del circuito de armadura de una máquina, bloquee su rotor para que no pueda girar y aplique un voltaje de corriente continua pequeña a los terminales de armadura. Ajuste el voltaje hasta que la corriente de armadura sea igual a la corriente nominal de la máquina. La relación de voltaje aplicado a la corriente circulante en la armadura es RA . La razón para que cuando se realiza esta prueba la corriente sea aproximadamente igual al valor de plena carga, es que RA varía con la temperatura y al valor de corriente de plena carga, los devanados de la armadura están cerca de su temperatura normal de operación.

La resistencia obtenida no es completamente precisa, porque:

- No está presente el enfriamiento que ocurre normalmente cuando el motor está girando.

Puesto que durante la operación normal hay un voltaje de corriente alterna en los conductores del rotor, ellos adolecen de alguna cantidad de efecto pelicular, el cual eleva adicionalmente la resistencia de armadura.

Los estándares sobre máquinas de corriente continua permiten un procedimiento más preciso para determinar R_A , el cual puede utilizarse, si se requiere.

La resistencia de campo puede determinarse suministrando el voltaje nominal de pleno campo a su circuito de campo y midiendo la corriente de campo resultante. La resistencia de campo R_A es justamente la relación del voltaje de campo a la corriente de campo.

Las pérdidas por caída en las escobillas a menudo son cargadas junto con las pérdidas en el cobre. Si se tratan separadamente, pueden determinarse de una gráfica de potencial de contacto versus corriente, para el tipo particular de escobillas que se estén usando. Las pérdidas por caída en las escobillas son justo el producto del voltaje de caída en las escobillas V_{BD} por la corriente de armadura I_A .

Las pérdidas en el núcleo y las mecánicas usualmente se determinan juntas. Si se lleva un motor a girar libre sin carga y a la velocidad nominal, no hay potencia de salida desde la máquina. Puesto que el motor está sin carga, I_A es muy pequeña y las pérdidas en el cobre de la armadura son despreciables. Por lo cual, si las pérdidas en el cobre del campo se restan de la potencia de entrada al motor, la potencia de entrada restante consta de las pérdidas mecánicas y en el núcleo de la máquina a esa velocidad. Estas pérdidas del motor se denominan *pérdidas rotacionales* sin carga. En la medida que la velocidad del motor permanezca

cercana a la cual fueron medidas las pérdidas rotacionales sin carga son una buena estimación de las pérdidas mecánicas y en el núcleo de la máquina bajo carga.

2.3 MOTORES PASO A PASO

Los motores de pasos, al igual que todo motor, cumplen con la principal función de ser un conversor electromecánico, que transforma la energía eléctrica en mecánica, para lo cual emplea un método tan peculiar que le permite tener su propia categoría.

Específicamente hablando, se los puede definir como dispositivos electromagnéticos, rotativos, incrementales que convierten pulsos digitales en rotación mecánica.

Este tipo de motores son ideales en la construcción de fresadoras, bordadoras, tornos, y otros tipos de mecanismos que requieren movimientos exactos, es así que su mayor ventaja ante otros tipos de motores es su alta precisión en cuanto a velocidad, desplazamiento, enclavamiento y giros.

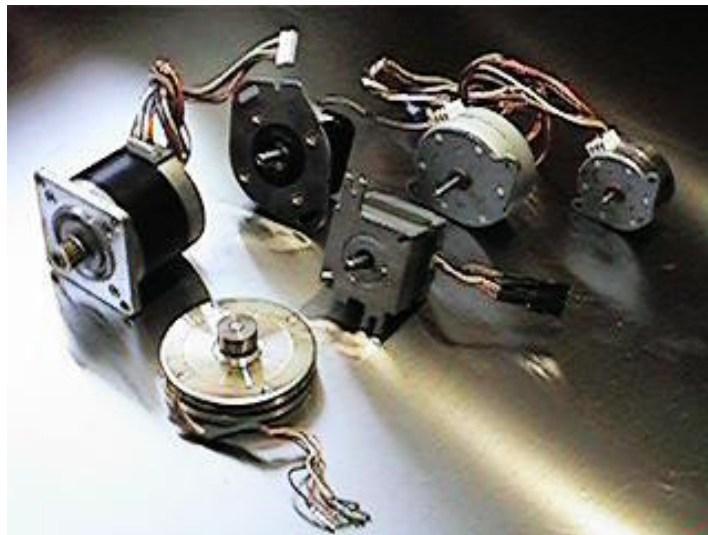


Figura II.7.- Motores paso a paso.

2.3.1 CARACTERÍSTICAS

Un motor paso a paso se define por estos parámetros básicos:

Voltaje

Los motores paso a paso tienen una tensión eléctrica de trabajo. Este valor viene impreso en su carcasa o por lo menos se especifica en su hoja de datos. Algunas veces puede ser necesario aplicar un voltaje superior para lograr que un determinado motor cumpla con el torque deseado, pero esto producirá un calentamiento excesivo y/o acortará la vida útil del motor.

Resistencia eléctrica

Otra característica de un motor paso a paso es la resistencia de los bobinados. Esta resistencia determinará la corriente que consumirá el motor, y su valor afecta la curva de torque del motor y su velocidad máxima de operación.

Grados por paso

Generalmente, este es el factor más importante al elegir un motor paso a paso para un uso determinado. Este factor define la cantidad de grados que rotará el eje para cada paso completo. Una operación de medio-paso o semi-paso (half step) del motor duplicará la cantidad de pasos por revolución al reducir la cantidad de grados por paso.

Cuando el valor de grados por paso no está indicado en el motor, es posible contar a mano la cantidad de pasos por vuelta, haciendo girar el motor y sintiendo por el tacto cada "diente" magnético. Los grados por paso se calculan dividiendo 360 (una vuelta completa) por la cantidad de pasos que se contaron. Las cantidades más comunes de grados por paso son: $0,72^\circ$, $1,8^\circ$, $3,6^\circ$, $7,5^\circ$, 15° y hasta 90° .

A este valor de grados por paso usualmente se le llama la resolución del motor. En el caso de que un motor no indique los grados por paso en su carcasa, pero sí la

cantidad de pasos por revolución, al dividir 360 por ese valor se obtiene la cantidad de grados por paso. Un motor de 200 pasos por vuelta, por ejemplo, tendrá una resolución de $1,8^\circ$ por paso.

2.3.2 PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

Aun basado en el mismo fenómeno que los motores de corriente continua, el principio de funcionamiento de los motores paso a paso es más sencillo que cualquier otro tipo de motor eléctrico.

Los motores eléctricos, en general, basan su funcionamiento en las fuerzas ejercidas por un campo electromagnético y creadas al hacer circular una corriente eléctrica a través de una o varias bobinas. Si dicha bobina, generalmente circular y denominada estator, se mantiene en una posición mecánica fija y en su interior, bajo la influencia del campo electromagnético, se coloca otra bobina, llamada rotor, recorrida por una corriente y capaz de girar sobre su eje.

Al excitar el estator, se crearan los polos N-S, provocando la variación del campo magnético formado.

La respuesta del rotor será seguir el movimiento de dicho campo (tenderá a buscar la posición de equilibrio magnético), es decir, orientará sus polos NORTE-SUR hacia los polos SUR-NORTE del estator, respectivamente. Cuando el rotor alcanza esta posición de equilibrio, el estator cambia la orientación de sus polos y se tratará de buscar la nueva posición de equilibrio. Manteniendo dicha situación de manera continuada, se conseguirá un movimiento giratorio y continuo del rotor, produciéndose de este modo el giro del eje del motor, y a la vez la transformación de una energía eléctrica en otra mecánica en forma de movimiento circular.

Al número de grados que gira el rotor, cuando se efectúa un cambio de polaridad en las bobinas del estator, se le denomina "ángulo de paso".

Existe la posibilidad de conseguir una rotación de medio paso con el control electrónico apropiado, aunque el giro se hará con menor precisión.

Los motores son fabricados para trabajar en un rango de frecuencias determinado por el fabricante, y rebasado dicho rango, provocaremos la pérdida de sincronización.

Los motores paso a paso, se controlan por el cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas que lo forman:

- Controlar el desplazamiento del rotor en función de las tensiones que se aplican a las bobinas, con lo que podemos conseguir desplazamientos adelante y atrás.
- Controlar el número de pasos por vuelta.
- Controlar la velocidad del motor.

2.3.3 TIPOS DE MOTORES PASO A PASO

A pesar de que varios tipos de motores por pasos han sido desarrollados, todos los mismos caen dentro de tres categorías básicas:

- De reluctancia variable (V.R.)
- De magneto permanente (armazón metálica)
- Híbridos

2.3.3.1 MOTORES PAP DE RELUCTANCIA VARIABLE (V.R.)

El tipo de motor de reluctancia variable o V.R. (Figura II.8) consiste en un rotor y un estator cada uno con un número diferente de dientes. Ya que el rotor no dispone de un magneto permanente el mismo gira libremente, o sea que no tiene torque de detención. A pesar de que la relación del torque a la inercia es buena, el torque dado para un tamaño de armazón dado es restringido.

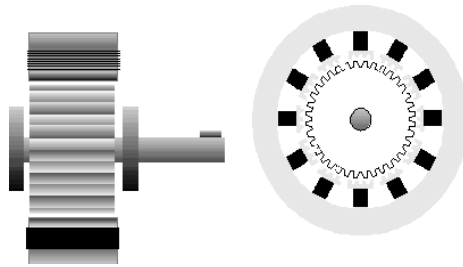


Figura II.8.- Vista de sección de un motor de reluctancia variable

2.3.3.2 MOTOR PASO A PASO DE MAGNETO PERMANENTE (PM)

Este es quizá el motor por pasos más ampliamente usado para aplicaciones no industriales. En su forma más simple, el motor consiste en un rotor magneto permanentemente magnetizado radial y en un estator similar al motor V.R. como se muestra en la Figura II.9. Debido a las técnicas de manufactura usadas en la construcción del estator, los mismos se conocen a veces como motores de polo de uñas o “claw pole” en Inglés.

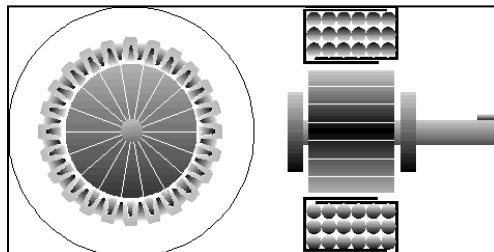


Figura II.9.- Vista en sección de un magneto permanente.

Principio de funcionamiento

Básicamente, estos motores están constituidos normalmente por un rotor sobre el que van aplicados distintos imanes permanentes (Figura II.10) y por un cierto número de bobinas excitadoras bobinadas en su estator (Figura II.11).

Las bobinas son parte del estator y el rotor es un imán permanente. Toda la conmutación (o excitación de las bobinas) deber ser externamente manejada por un controlador.



Figura II.10.- Imagen del rotor.



Figura II.11.- Imagen de un estator de 4 bobinas.

2.3.3.2.1 TIPOS DE MOTOR PAP MAGNETO PERMANENTE

Hay dos tipos básicos, los BIPOLARES que se componen de dos bobinas y los UNIPOLARES que tienen cuatro bobinas. Externamente se diferencian entre sí por el número de cables:

Bipolar: Estos tienen generalmente cuatro cables de salida (Figura II.12). Necesitan una configuración especial para ser controlados, debido a que requieren del cambio de dirección del flujo de corriente a través de las bobinas en la secuencia apropiada para realizar un movimiento.

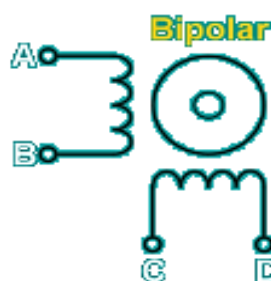


Figura II.12.- Motor PAP Bipolar.

En Figura II.12 se puede observar un ejemplo de control de estos motores mediante el uso de un puente en H (H-Bridge). Como se aprecia, será necesario un H-Bridge por cada bobina del motor, es decir que para controlar un motor Paso a Paso de 4 cables (dos bobinas), se necesita usar dos H-Bridges.

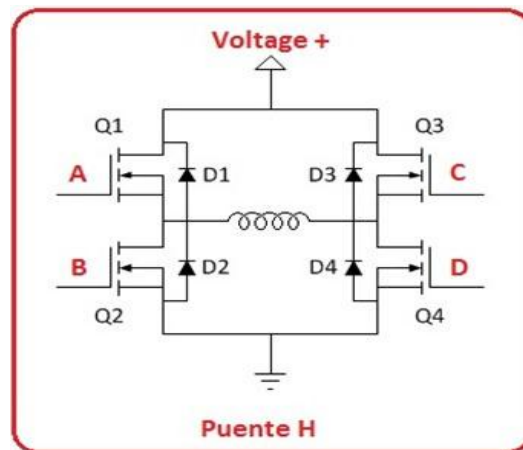


Figura II.13.- Puente en H para control de cada bobina del motor.

Unipolar

Estos motores suelen tener 6 o 5 cables de salida, dependiendo de su conexionado interno (Figura II.14). Este tipo se caracteriza por ser más simple de controlar.

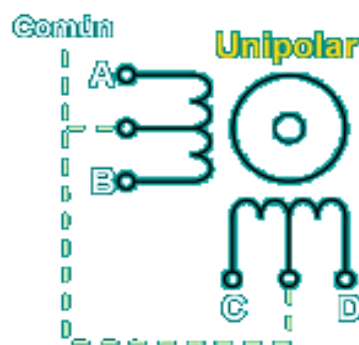


Figura II.14.- Motor PAP Unipolar.

Para identificar cada polo de la bobina, con la ayuda de un multímetro, se mide el valor de resistencia con respecto al común (alimentación). Cada polo de bobina,

leerá la mitad de lo que lee entre polos de la misma bobina; por eliminación es fácil encontrar los polos de las bobinas. De haber un error no sucede nada, solo que el motor no girará.

Cambiando el orden de dos de los polos de una bobina se cambia el sentido de giro. Si el motor solo tiene cinco cables, el común de alimentación se puede conectar a cualquiera de los lados.

2.3.3.3 MOTOR PASO A PASO DE TIPO HÍBRIDO

Es probablemente el más usado de todos los motores por pasos. Originalmente desarrollado como un motor PM sincrónico de baja velocidad su construcción es una combinación de los diseños V.R. y P.M.

El motor Híbrido consiste en un estator dentado y un rotor de tres partes (apilado simple). El rotor de apilado simple contiene dos piezas de polos separados por un magneto permanente magnetizado (Figura II.15), con los dientes opuestos desplazados en una mitad de un salto de diente para permitir una alta resolución de pasos.

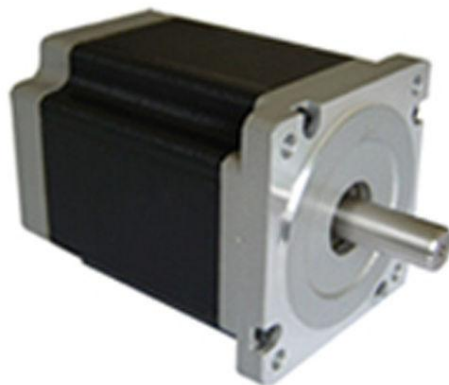


Figura II.15 Motor híbrido

2.3.4 SECUENCIAS PARA MANEJAR LOS TIPOS DE MOTORES PASO A PASO

De magneto permanente

Las siguientes Tablas presentan las secuencias válidas para el control de los motores PAP de magneto permanente; una sola secuencia para los Bipolares y tres secuencias para los Unipolares.

Tabla II.1.- Secuencia para controlar Motor PAP Bipolar.

PASO	TERMINALES			
	BOBINA A	BOBINA B	BOBINA C	BOBINA D
1	+ V	-V	+ V	-V
2	+ V	-V	-V	+ V
3	-V	+ V	-V	+ V
4	-V	+ V	+ V	-V

Tabla II.2.- Secuencia para controla Motor PAP Unipolar – Normal.

PASO	BOBINA A	BOBINA B	BOBINA C	BOBINA D
1	ON	ON	OFF	OFF
2	OFF	ON	ON	OFF
3	OFF	OFF	ON	ON
4	ON	OFF	OFF	ON

La secuencia Normal es la secuencia más usada y la que generalmente recomienda el fabricante, con esta secuencia el motor avanza un paso por vez y debido a que siempre hay al menos dos bobinas activadas, se obtiene un alto torque de paso y de retención.

Tabla II.3.- Secuencia para controlar Motor PAP Unipolar – Wave Drive.

PASO	BOBINA A	BOBINA B	BOBINA C	BOBINA D
1	ON	OFF	OFF	OFF
2	OFF	ON	OFF	OFF
3	OFF	OFF	ON	OFF
4	OFF	OFF	OFF	ON

En la secuencia Wave Drive se activa solo una bobina a la vez. En algunos motores esto brinda un funcionamiento más suave. La contrapartida es que al estar solo una bobina activada, el torque de paso y retención es menor.

Tabla II.4.- Secuencia para controlar Motor PAP Unipolar – Medio Paso.

PASO	BOBINA A	BOBINA B	BOBINA C	BOBINA D
1	ON	OFF	OFF	OFF
2	ON	ON	OFF	OFF
3	OFF	ON	OFF	OFF
4	OFF	ON	ON	OFF
5	OFF	OFF	ON	OFF
6	OFF	OFF	ON	ON
7	OFF	OFF	OFF	ON
8	ON	OFF	OFF	ON

En esta secuencia de Medio Paso se activan las bobinas de tal forma de brindar un movimiento igual a la mitad del paso real. Para ello se activan primero 2 bobinas y luego solo 1 y así sucesivamente. Como se ve, la secuencia completa consta de 8 movimientos en lugar de 4.

Cabe destacar que debido a que los motores paso a paso son dispositivos mecánicos y como tal deben vencer ciertas inercias, el tiempo de duración y la

frecuencia de los pulsos aplicados es un punto muy importante a tener en cuenta. En tal sentido el motor debe alcanzar el paso antes que la próxima secuencia de pulsos comience. Si la frecuencia de pulsos es muy elevada, el motor no trabajará correctamente.

Para obtener un arranque suave y preciso, es recomendable comenzar con una frecuencia de pulso baja y gradualmente ir aumentándola hasta la velocidad deseada sin superar la máxima tolerada. El giro en reversa debería también ser realizado previamente bajando la velocidad de giro y luego cambiar el sentido de rotación.

2.3.5 PARÁMETROS DE LOS MOTORES PASO A PASO

Desde el punto de vista mecánico y eléctrico, es conveniente conocer el significado de algunas de las principales características y parámetros que se definen sobre un motor paso a paso:

Par dinámico de trabajo (Working Torque): Depende de sus características dinámicas y es el momento máximo que el motor es capaz de desarrollar sin perder paso, es decir, sin dejar de responder a algún impulso de excitación del estator y dependiendo, evidentemente, de la carga.

Generalmente se ofrecen, por parte del fabricante, curvas denominadas de arranque sin error (pull-in) y que relaciona el par en función el número de pasos.

Hay que tener en cuenta que, cuando la velocidad de giro del motor aumenta, se produce un aumento de la f.e.m. en él generada y, por tanto, una disminución de la corriente absorbida por los bobinados del estator, como consecuencia de todo ello, disminuye el par motor.

Par de mantenimiento (Holding Torque): Es el par requerido para desviar, en régimen de excitación, un paso el rotor cuando la posición anterior es estable; es

mayor que el par dinámico y actúa como freno para mantener el rotor en una posición estable dada.

Para de detención (Detention Torque): Es una par de freno que siendo propio de los motores de imán permanente, es debida a la acción del rotor cuando los devanados del estator están desactivados.

Ángulo de paso (Step angle): Se define como el avance angular que se produce en el motor por cada impulso de excitación. Se mide en grados, siendo los pasos estándar más importantes los siguientes:

Tabla II.5.- Ángulos de paso referido al número de vueltas.

Grados por impulso de excitación	Nº de pasos por vuelta
0,72°	500
1,8°	200
3,75°	96
7,5°	48
15°	24

Número de pasos por vuelta: Es la cantidad de pasos que ha de efectuar el rotor para realizar una revolución completa.

Frecuencia de paso máximo (Maximum pull -in/out): Se define como el máximo número de pasos por segundo que puede recibir el motor funcionando adecuadamente.

Momento de inercia del rotor: Es su momento de inercia asociado que se expresa en gramos por centímetro cuadrado.

Par de mantenimiento, de detención y dinámico: Definidos anteriormente y expresados en miliNewton por metro.

2.3.6 CONTROL DE LOS MOTORES PASO A PASO

Estos se pueden controlar mediante tres formas drivers que es el tipo más utilizado en la industria ya que son fáciles de utilizar y son elaborados por las mismas empresas que fabrican este tipo de motores, la otra forma es mediante un PC que envían comandos a las bobinas de los motores para que estos se enciendan o se apaguen para esto se necesita una interfaz de potencia para poder satisfacer la necesidad de corriente de este tipo de motores, y por último es la utilización de micro controladores que al igual que el manejo a través de PC es necesario una interfaz de potencia para poder controlarlos.

2.3.7 APLICACIONES DE MOTORES PASO A PASO

Los motores paso a paso son ideales para la construcción de mecanismos en donde se requieren movimientos muy precisos

- Taxímetros.
- Disk-drive.
- Impresoras.
- Plotters.
- Brazo y Robots completos.
- Patrón mecánico de velocidad angular.
- Registradores XY.
- Relojes Eléctricos.
- Casetes Digitales.
- Control Remoto.
- Máquinas de escribir electrónicas.
- Manipuladores.
- Posicionamiento de válvulas en controles industriales.

- Posicionamiento de piezas en general.
- Bombas impelentes en aplicaciones de electro medicina.

2.4 SENSORES

Un **sensor** es un dispositivo capaz de detectar magnitudes físicas o químicas, llamadas variables de instrumentación, y transformarlas en variables eléctricas. Las variables de instrumentación pueden ser por ejemplo: temperatura, intensidad lumínica, distancia, aceleración, inclinación, desplazamiento, presión, fuerza, torsión, humedad, pH, etc. Una magnitud eléctrica puede ser una resistencia eléctrica (como en una RTD), una capacidad eléctrica (como en un sensor de humedad), una Tensión eléctrica (como en un termopar), una corriente eléctrica (como en un fototransistor), etc.

Un sensor diferencia de un transductor en que el sensor está siempre en contacto con la variable de instrumentación con lo que puede decirse también que es un dispositivo que aprovecha una de sus propiedades con el fin de adaptar la señal que mide para que la pueda interpretar otro dispositivo. Como por ejemplo el termómetro de mercurio que aprovecha la propiedad que posee el mercurio de dilatarse o contraerse por la acción de la temperatura. Un sensor también puede decirse que es un dispositivo que convierte una forma de energía en otra.

2.4.1 GALGAS EXTENSIOMÉTRICAS.

Una galga extensiométrica es un transductor pasivo, que aplicado sobre un elemento sensor, permite medir la fuerza ejercida sobre él a partir de la deformación resultante. Consiste de un alambre muy fino, o más comúnmente un papel metálico arreglado en forma de rejilla como se muestra en la figura II.16. Esta forma de rejilla permite aprovechar la máxima cantidad de material de la galga sujeto a la tensión a lo largo de su eje principal. Así las fuerzas de compresión, tracción o flexión, aplicadas sobre este material, generan deformaciones que son transmitidas a la galga.

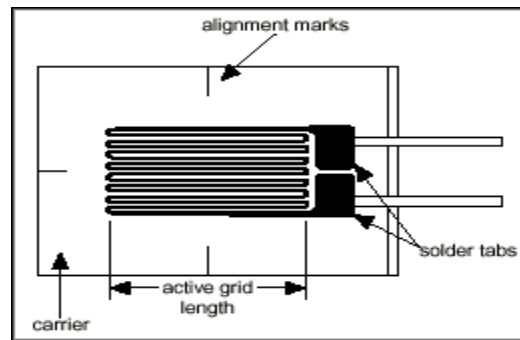


Figura II.16.- Galga Extensiométrica

2.4.1.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El principio de funcionamiento de una galga extensiométrica se lo puede ver desde dos puntos de vista.

El primero dice que la resistencia eléctrica del hilo de la galga es directamente proporcional a su longitud, o lo que es lo mismo, su resistencia aumenta cuando éste se alarga. De este modo las deformaciones que se producen en el objeto, en el cual está adherida la galga, provocan una variación de la longitud y, por consiguiente, una variación de la resistencia.

El segundo principio se basa en el efecto piezorresistivo de metales y semiconductores, según el cual, su resistividad varía en función de la presión a la que está sometida. Esto es debido a que una presión ejercida sobre ellos reduce su volumen y, en consecuencia, la distancia interatómica, en el caso de los metales, o en la concentración de portadores en el caso de los elementos semiconductores, factores que repercuten en una variación de su resistividad.

La resistencia eléctrica de la galga cambia a medida que se deforma de acuerdo a la propiedad física de la resistividad.

$$R = \rho \frac{l}{A}$$

Dónde:

R = Resistencia (#)

ρ = Constante de resistividad según el material (#.m)

l = Longitud (m)

A = Área de sección (m²)

Supongamos un hilo de metal homogéneo de longitud l y diámetro d al que se aplica una fuerza de tracción F a uno de los extremos. El material se deformará elásticamente produciéndose un alargamiento del hilo l y una disminución de su sección lo que ocasionará un cambio en la resistencia efectiva del hilo, dado por la expresión

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta l}{l} - 2 \frac{\Delta d}{d}$$

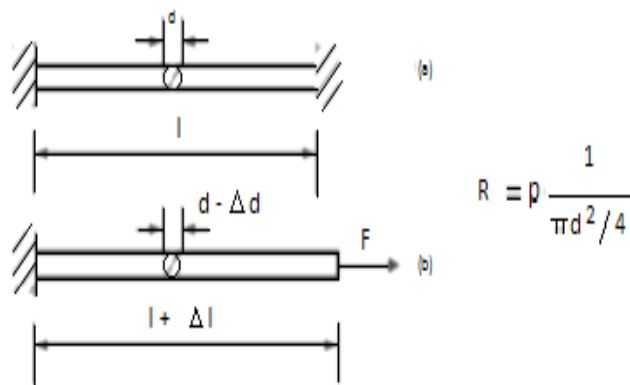


Figura II.17.- Variación de la resistencia por variación del material

2.4.1.2 CLASIFICACIÓN

Las galgas se clasifican de acuerdo al material con las que son construidas en:

Galgas metálicas:

Para su fabricación se emplean diversos conductores metálicos, como las aleaciones constantán, karma, nicrom, y aleaciones de platino. Pueden ser de: - Hilo metálico: Básicamente están formadas por un conductor metálico de sección circular, soportado por una fina lámina de material aislante. Por lo que se refiere al conductor, los materiales más empleados son el constantán, aleación de cobre (55 %) y níquel (45 %); y el nicrom, aleación de Ni (80 %) y Cr (20 %), que ofrece un mayor margen de compensación de temperatura.

Película metálica: Basadas en la tecnología de trama peculiar. Esta consiste en una película de metal de 20-30 micras de grosor, realizada con los mismos procesos de fabricación de los circuitos impresos. Sus ventajas respecto a las galgas de filamento son las siguientes:

- Optimización del diseño de la galga y reducción dimensional.
- Mayor superficie de evacuación térmica.
- Reducción del error debido a la distancia elemento sensor-galga.

En general, las galgas metálicas ofrecen una resistencia eléctrica de entre 100-5000 ohm y un factor de galga K que varía de 2 a 4, los valores más encontrados comercialmente son resistencias de $R = (120 \#, 135 \#, 600 \# \dots) \pm 0,1\%$

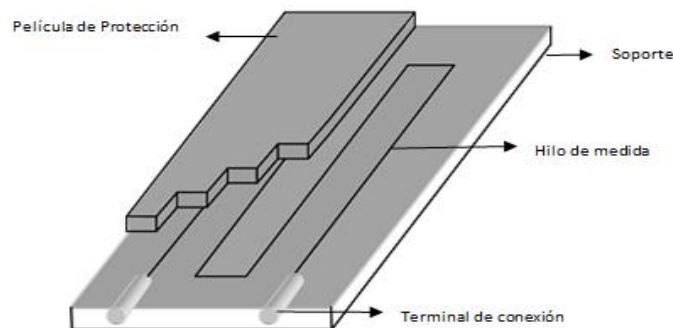


Figura II.18.- Galga Metálica

Galgas semiconductoras:

Están constituidas por una lámina de material aislante que soporta al elemento activo, que en este caso se trata de un cristal dopado de silicio, su funcionamiento se basa en el efecto piezoresistivo de los semiconductores, que genera una variación de la conductividad del material en función de las deformaciones resultantes a la aplicación de una fuerza.

Sus ventajas principales consisten en la facilidad de instalación, alta sensibilidad, tamaño reducido y alta resistencia a la fatiga. Su principal inconveniente radica en su respuesta no lineal y la alta dependencia del factor de galga con la temperatura, en relación inversamente proporcional.

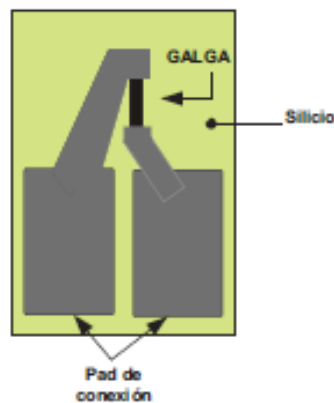


Figura II.1.9 Galga semiconductoras

2.4.1.3 CARACTERÍSTICAS

Las principales características de las galgas son las siguientes:

Temperatura de funcionamiento: Es aquella temperatura para la cual el funcionamiento de la galga se encuentra dentro de los parámetros proporcionados por el fabricante.

Resistencia de la galga: Es la resistencia de la galga cuando ésta no está sometida a ninguna deformación.

Factor de galga: El factor de galga o factor de sensibilidad de la galga es una constante K característica de cada galga. Determina la sensibilidad de la resistencia de la galga a los cambios de longitud. Se obtiene dividiendo ambos miembros por la deformación $\varepsilon = \Delta l/l$ unitaria en la ecuación.

$$\frac{\Delta R}{R} = \frac{\Delta \rho}{\rho} + \frac{\Delta l}{l} - 2 \frac{\Delta d}{d}$$

$$K = \frac{\frac{\Delta R}{R}}{\frac{\Delta l}{l}} = \frac{\frac{\Delta \rho}{\rho}}{\frac{\Delta l}{l}} + 1 - 2 \frac{\frac{\Delta d}{d}}{\frac{\Delta l}{l}}$$

Formas constructivas de las galgas

A continuación se describen algunas de las formas constructivas de galgas más comunes.

Uniaxiales: Miden tensiones en una sola dirección.



Figura II.20.- Galga Uniaxial

Biaxial: Determinan tensiones principales cuando se saben sus direcciones

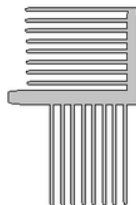


Figura II.21.- Galga Biaxial

Rosetones de Tres-Elementos: Para comprobar las tensiones de la componente principal y sus direcciones.

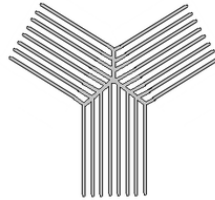


Figura II.22.- Galga de tres elementos

Además de las disposiciones de galgas para medir estados tensionales hay más posibilidades que permiten medir esfuerzos radiales, axiales o en direcciones no ortogonales.

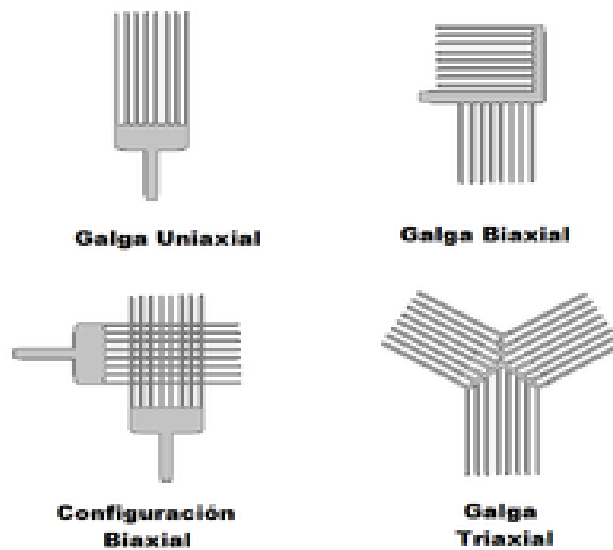


Figura II.23.- Otras formas constructivas de las galgas

2.4.1.4 CELDA DE CARGA

Una celda o célula de carga es un transductor de fuerza que después de haber tenido en cuenta los efectos de aceleración de la gravedad y del empuje del aire en el lugar de utilización mide una masa, convirtiendo la magnitud medida (masa) en

una señal eléctrica (señal de salida) proporcional al valor de la magnitud medida. Las celdas de carga, son utilizadas en prácticamente todos los sistemas de pesaje electrónicos.

Están compuestas de dos partes, una parte es un sólido elástico que absorbe las cargas y se deforma proporcionalmente a la magnitud medida, generalmente es una pieza metálica, y la otra parte consiste en un elemento sensible a la deformación, capaz de variar alguna de sus propiedades físicas y así obtener una variación de una señal eléctrica proporcional a esta variable.

2.4.1.4.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

El principio básico de una celda de carga está basado en el funcionamiento de cuatro galgas extensiométricas, dispuestos en una configuración especial, generalmente un puente de Wheastone, montadas o pegadas al elemento deformador.

Como la superficie a la cual la galga es adjuntada se va a deformar, el alambre de la galga, se estira o comprime cambiando su resistencia proporcional a la carga aplicada.

Gracias a la configuración del puente de Wheastone, se puede apreciar 4 puntos ubicados entre cada galga que forma el puente, dos de estos puntos son de entradas y dos son de salidas, los puntos de entradas se conocen como excitaciones y los de salida como señales.

Impedancia de las celdas de carga

Para identificar y distinguir excitaciones y señales, las empresas fabricantes utilizan un código de color en el cableado de las celdas de carga, aunque dependiendo de la procedencia, en algunos modelos, el cable azul es cambiado por un negro, y el amarillo por un blanco.

En nuestro caso, la celda usada es de procedencia China, por lo tanto los colores de los cables son: rojo (+), negro (GND) para polarización; y los de señal son blanco (+) y azul (-).

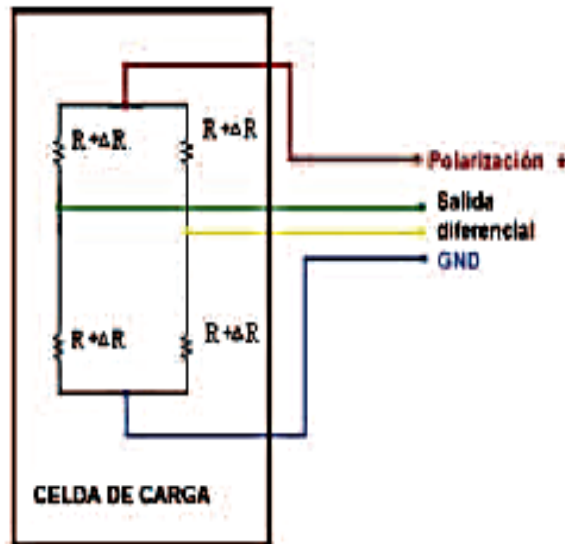


Figura II.24.- Celda de carga

Existen casos donde ninguno color corresponde a un código conocido, en este caso se puede utilizar el método de las impedancias, que consiste en medir cada cable con su compañero y tomar notas de las impedancias dadas, dependiendo de los fabricantes las celdas tendrán impedancias de 350Ω , 700Ω u otras, luego se aplica los siguientes criterios para conocer el estado de la celda.

- El par de cables con mayor impedancia son la Excitación.
- El par de cable restante son las Señales.
- Entre excitación positiva y cada una de las señales debe haber la misma impedancia $\pm 2 \Omega$
- Entre excitación negativa y cada una de las señales debe haber la misma impedancia $\pm 2 \Omega$ máximo.

Si cualquiera de estas condiciones no se cumple entonces la celda está dañada.

2.4.1.4.2 APLICACIÓN DE CARGA

El entendimiento de la forma exacta en que una carga o fuerza debe ser aplicada a la celda de carga es de vital importancia para el buen diseño de una balanza o sistema de peso.

El ideal

Las especificaciones técnicas de las celdas de cargas han sido determinadas, aplicando la carga o fuerza a la celda bajo condiciones lo más cercanas posibles a la perfección.

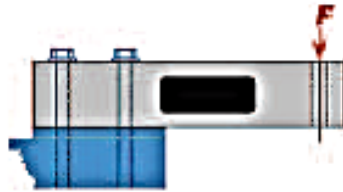


Figura II.25.- Aplicación ideal de fuerza en una celda de carga

En la figura II.25 vemos una simple aplicación con una celda de carga de tipo viga de flexión. Uno de los lados está firmemente fijado a una base rígida, con el extremo opuesto libre para flexionar de acuerdo al peso. Bajo condiciones ideales, la superficie será perfectamente plana, horizontal y totalmente rígida.

La carga F se introduce en forma vertical con un mínimo de fuerzas extrañas aplicadas. Las celdas de carga están preparadas para ser insensibles en lo posible a todas las fuerzas distintas a la vertical.

A continuación se describen los principales problemas de aplicación de fuerzas para poder prevenir la mayoría de los problemas en la instalación de los sistemas de pesaje.

Fuerzas angulares

Esta es una condición en que la fuerza F es introducida al orificio de recepción de carga en un ángulo en relación con el eje central. Esta fuerza se anula si el componente angular llega a los 90° en relación con el eje central. Este componente horizontal es una fuerza lateral, a la que la celda de carga es totalmente insensible.

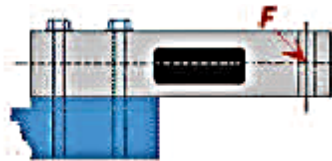


Figura II.26 Aplicación de una fuerza angular en una celda de carga

Si esta dirección de la fuerza aplicada es constante, la calibración compensará este error y la balanza será precisa. En cambio, si este ángulo varía al aplicar el peso, se producirá falta de linealidad en la balanza, fricciones en el sistema mecánico y errores por histéresis.

Cargas excéntricas

Esta es una condición en que la fuerza es aplicada a la celda en forma vertical pero la línea del eje de acción está apartada del eje del orificio de carga de la celda de carga.



Figura II.27 Aplicación de una fuerza excéntrica en una celda de carga

Esta condición no afectará el normal funcionamiento de la balanza o sistema de pesaje si la posición es constante, pues al calibrar se compensará el error.

2.4.1.4.3 TIPOS DE CELDAS DE CARGA

Existen diferentes tipos de celdas de carga que difieren, además de su capacidad y resolución, en la forma a la cual se la somete a la fuerza, es decir si es por tracción, compresión por tensión o por cizalladura. Cabe destacar que una fuerza aplicada por cizalladura o viga de flexión, es aquella que actúa a una determinada distancia de la celda de carga, es decir que se produce sobre un brazo de palanca.

Las celdas que reciben la fuerza por compresión y por cizalladura se utilizan en la medición de pesos grandes, mientras que las celdas que reciben la fuerza en forma de tensión se utilizan para la medición de pesos pequeños.



Figura II.28.- Tipos de celdas de carga

2.4.1.4.4 PARÁMETROS COMERCIALES

Los parámetros más utilizados para la elección de una celda de carga, son el voltaje de excitación, la capacidad y la resolución. La capacidad nos indica el peso máximo al cual se puede someter la celda, por ejemplo 2000 Kg. La resolución indica la señal que la celda entrega a plena carga por voltaje de excitación, por ejemplo 2mV/V.

La fórmula general usada para determinar la señal (en milivoltios) entregada por una celda de carga a un determinado esfuerzo o peso es la siguiente:

$$Señal = \frac{Carga \times Res \times Vexc}{Capacidad}$$

Dónde:

Carga = esfuerzo en Kg. a la que la celda es sometida

Res = resolución en mV/V

Vexc = voltaje con el que se alimenta la celda

Capacidad = carga máxima soportada por la celda en Kg.

2.4.2 SENSORES INFRAROJOS

es un dispositivo electrónico capaz de medir la radiación electromagnética infrarroja de los cuerpos en su campo de visión. Todos los cuerpos reflejan una cierta cantidad de radiación, esta resulta invisible para nuestros ojos pero no para estos aparatos electrónicos, ya que se encuentran en el rango del espectro justo por debajo de la luz visible.

2.4.2.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO

Los rayos infrarrojos(IR) entran dentro del fototransistor donde encontramos un material piroeléctrico, natural o artificial, normalmente formando una lámina delgada dentro del nitrato de galio (GaN), nitrato de Cesio (CsNO₃), derivados de la fenilpirazina, y ftalocianina de cobalto. Normalmente están integrados en diversas configuraciones (1, 2, 4 píxels de material piroeléctrico). En el caso de parejas se acostumbra a dar polaridades opuestas para trabajar con un amplificador diferencial, provocando la auto-cancelación de los incrementos de energía de IR y el desacoplamiento del equipo.

Sensores Pasivos

Están formados únicamente por el fototransistor con el cometido de medir las radiaciones provenientes de los objetos.

Sensores Activos

Se basan en la combinación de un emisor y un receptor próximos entre ellos, normalmente forman parte de un mismo circuito integrado. El emisor es un diodo LED infrarrojo (IRED) y el componente receptor el fototransistor.

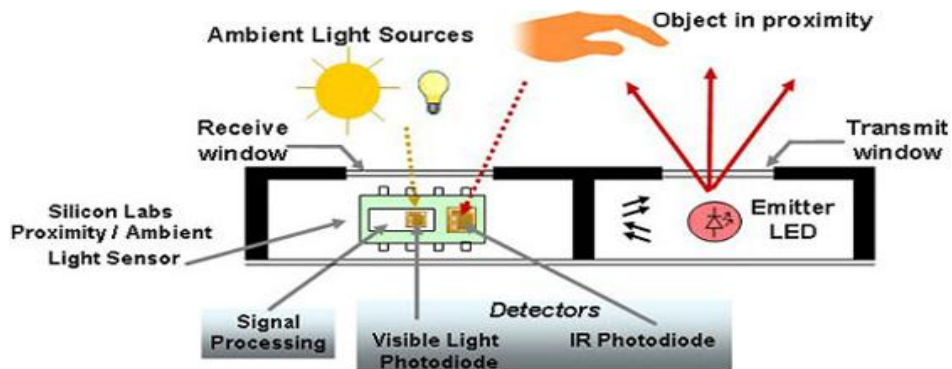


Figura II.29 Tabla de los componentes de un sensor activo

2.4.2.2 TIPOS DE SENSORES INFRARROJOS

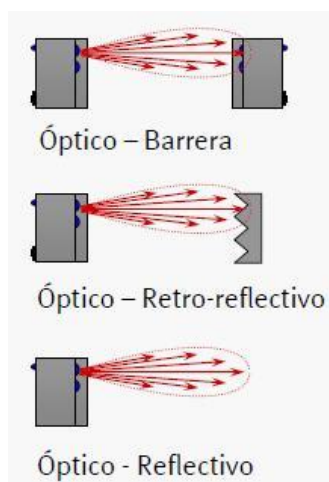


Figura II.30 Tipos de sensores infrarrojos

Sensores reflexivos

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

Se tiene que tener presente que esta configuración es sensible a la luz del ambiente perjudicando las medidas, pueden dar lugar a errores, 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. Otro aspecto a tener en cuenta es el coeficiente de reflectividad del objeto, el funcionamiento del sensor será diferente según el tipo de superficie.

Sensores de ranura (Sensor Break-Beam)

Este tipo de sensor sigue el mismo principio de funcionamiento pero la configuración de los componentes es diferente, ambos elementos se encuentran enfrentados a la misma altura, a banda y banda de una ranura normalmente estrecha, aunque encontramos dispositivos con ranuras más grandes. Este tipo se utiliza típicamente para control industrial. Otra aplicación podría ser el control de las vueltas de un volante.

Sensores modulados

Este tipo de sensor infrarrojo sigue el mismo principio que el de reflexión pero utilizando la emisión de una señal modulada, reduciendo mucho la influencia de la iluminación ambiental. Son sensores orientados a la detección de presencia, medición de distancias, detección de obstáculos teniendo una cierta independencia de la iluminación.

Sensores de barrido

La diferencia con los anteriores reside en que el sensor realiza el barrido horizontal de la superficie reflectante utilizando señales moduladas para mejorar

la independencia de la luz, el color o reflectividad de los objetos. Normalmente estos sistemas forman parte de un dispositivo de desplazamiento perpendicular al eje de exploración del sensor, para poder conseguir las medidas de toda la superficie.

2.5 DISPOSITIVOS DE VACÍO

Se entiende por vacío el margen de presión que se encuentra por debajo de la presión atmosférica. Dependiendo del campo de aplicación, existen distintos niveles de vacío. Para la manipulación por vacío, es suficiente un vacío relativamente bajo, llamado bajo vacío.

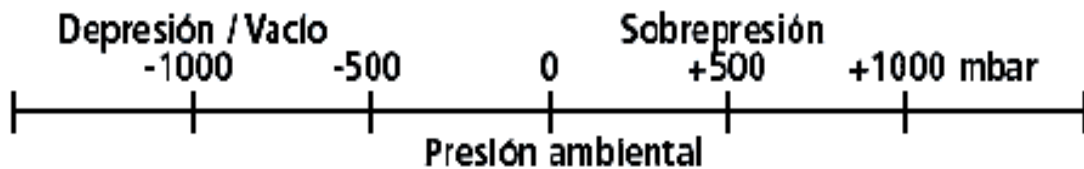


Figura II.31.-Niveles de presión

Las unidades de medida para la presión en la técnica de vacío son el Pascal [Pa], el Kilopascal [KPa], el Bar [bar] y el Milibar [mbar].

2.5.1 GENERADORES DE VACÍO

Para lograr la presión de vacío se utiliza dos métodos; una bomba de vacío o un generador de vacío llamado también tobera de aspiración.

Las toberas de aspiración, generan vacío según el principio Venturi. El aire comprimido entra a través de la conexión (A) en el generador y fluye por la tobera Venturi (B). El aire se ve acelerado y comprimido. Detrás de la tobera se alivia el aire acelerado y se produce una depresión (vacío). El aire se aspira a través de la conexión de vacío (D). El aire aspirado y el aire comprimido salen juntos a través del silenciador (C).

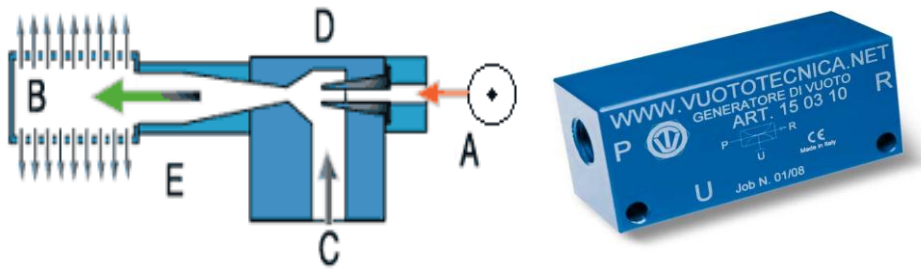


Figura II.32 Principio de funcionamiento de un generador de vacío

El símbolo usado en neumática para un generador de vacío es el siguiente.

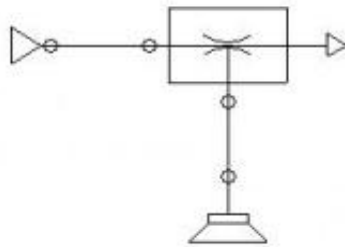


Figura II.33 Simbología del generador de vacío

2.5.2 VENTOSAS

2.5.2.1 FUNCIONAMIENTO

Las ventosas de aspiración son una solución para aplicaciones de sujeción repetitivas del tipo “tomar, transportar, dejar.

Una ventosa no se fija por sí misma a la pieza. La presión atmosférica presiona la pieza contra la ventosa en cuanto la presión atmosférica es mayor que la presión existente entre la ventosa y la pieza.

La diferencia de presión se consigue conectando a la ventosa un generador de vacío. Éste aspira el aire entre la ventosa y la pieza. En cuanto la ventosa entra en contacto con la superficie de la pieza y la hermetiza contra la presión atmosférica,

se genera una depresión. La fuerza de retención es tanto mayor cuanto mayor sea la diferencia de presión entre la presión atmosférica y la presión dentro de la ventosa.



Figura II.34 Ventosa de aspiración

2.5.2.2 SIMBOLOGÍA

El símbolo usado en neumática para una ventosa de aspiración es el siguiente.

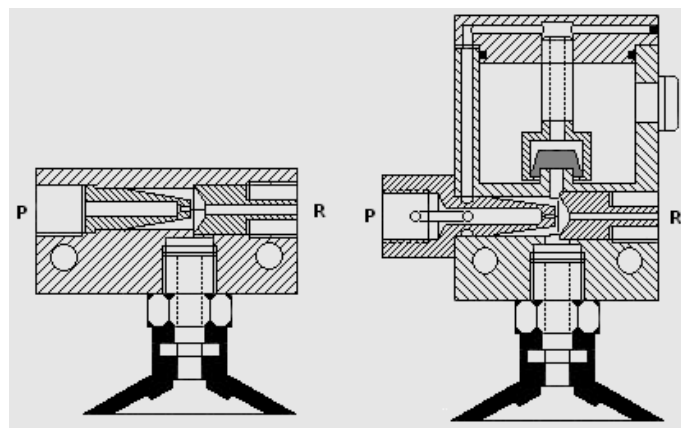
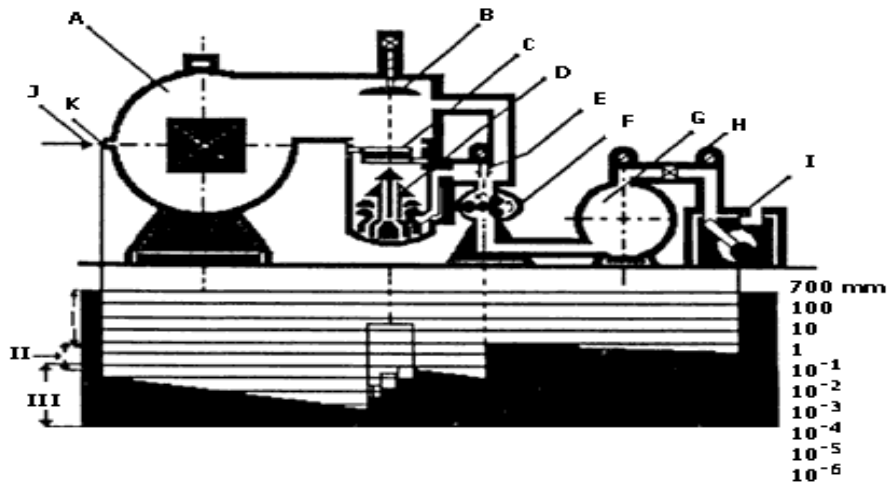


Figura II.35.-Simbología de la ventosa de aspiración

2.5.3 SISTEMA DE VACÍO

Un sistema de vacío está formado por el generador de vacío más la ventosa de aspiración, además de válvulas las cuales van a permitir realizar el control.



- A. Cámara de vacío.
- B. Válvula principal.
- C. Impedancia.
- D. Bomba de difusión.
- E. Canal de acceso.
- F. Bomba tipo Roots.
- G. Cámara de prevacío o condensador.
- H. Medidor de presión.
- I. Bomba rotatoria de pistón.
- J. Flujo de gas.
- K. Válvula de aguja.
- I. Bomba de pistón.
- II. Bombas tipo Roots.
- III. Bomba de difusión.

Figura II.36.- Sistema de vacío.

Además la presión o cantidad de vacío que se genera puede ser regulada colocando una válvula estranguladora o reguladora en el ingreso del aire hacia el generador

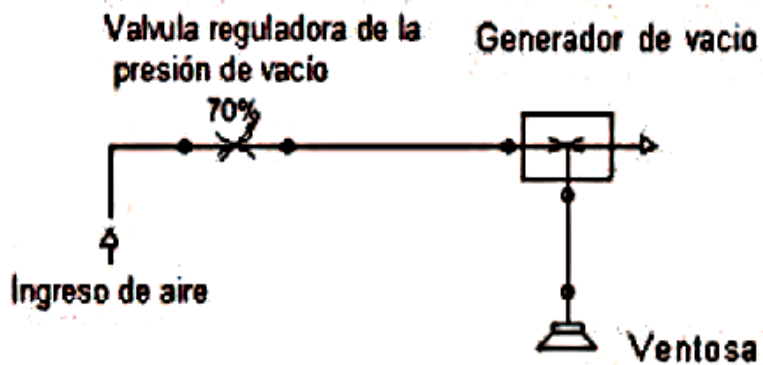


Figura II.37.- Sistema de vacío con regulación

El símbolo básico en neumática para un sistema de vacío quedaría de la siguiente manera.

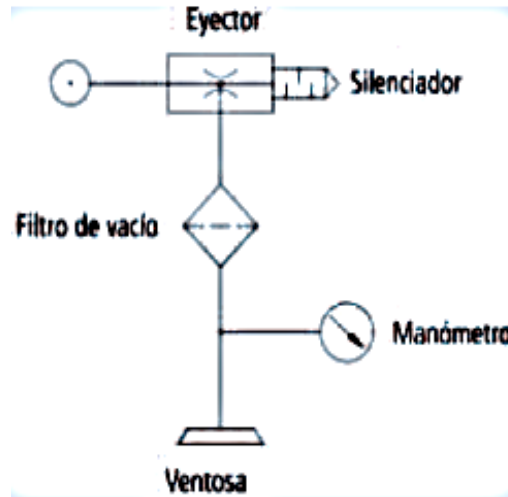


Figura II.38 Simbología del sistema de vacío

Para el cálculo de un sistema de vacío, es importante conocer primero la masa en Kg. de la pieza que va a ser transportada.

Luego se calcula la fuerza de retención, a partir de la masa. Adicionalmente, las ventosas deben poder soportar también las fuerzas de aceleración, que para el caso del prototipo clasificador de huevos, además de la aceleración de la gravedad, existe otra aceleración cuando la ventosa se coloca horizontalmente sobre el huevo que va a ser desplazado lateralmente.

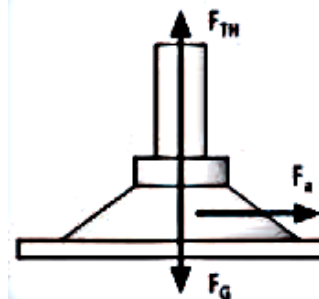


Figura II.39.-Fuerza de retención de la ventosa

En este caso la fuerza de retención de la ventosa se calcula de la siguiente forma

$$F_{TH} = m * \left(g + \frac{a}{\mu} \right) * S$$

Dónde:

F_{TH} = Fuerza de retención teórica [N]

F_a = Fuerza de aceleración = m*a

m = Masa [kg]

g = Aceleración terrestre [9,81 m/s²]

a = Aceleración [m/s²] de la instalación.

μ = Coeficiente de fricción

S = Seguridad (valor mínimo 1,5 veces de seguridad, en el caso de piezas críticas, heterogéneas o porosas, o bien en el caso de superficies rugosas, 2,0 ó mayor).

El siguiente paso es el cálculo de la fuerza de aspiración para lo cual se usa la siguiente ecuación:

$$F_S = \frac{F_{TH}}{n}$$

Dónde:

F_S = Fuerza de aspiración

n = Numero de ventosas

Dependiendo de las exigencias, hay diferentes materiales para ventosas especialmente aptos para superficies lisas o rugosas, piezas aceitosas o

especialmente sensibles, ventosas antiestáticas para componentes electrónicos, ventosas que dejan pocas huellas para materiales delicados de plástico, etc.

Dependiendo de las características de la superficie, se recomiendan diseños específicos de ventosa. Principalmente, se dispone de ventosas planas o de fuelle como la usada en este proyecto, con los más variados labios o bordes selladores, así como distintos diseños y geometrías.

2.6 VÁLVULAS

Según la función que desempeñan las válvulas pueden clasificarse en válvulas distribuidoras, válvulas de bloqueo, válvulas reguladoras, válvulas de presión, y válvulas de cierre.

2.6.1 VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS

Las válvulas distribuidoras son los elementos encargados de interrumpir, dejar pasar o desviar el aire comprimido. Pueden ser de dos o tres posiciones, y de dos o más vías, además pueden ser de accionamiento manual, neumático, mecánico, o eléctrico. Las posiciones se representan por un cuadrado y las vías por las entradas o salidas que están unidas a uno de los cuadrados.

Las válvulas se designan por dos números, por ejemplo 3/2. Estos indican que la válvula tiene 3 vías y 2 estados. El símbolo de la válvula indica los dos estados.

Por ejemplo la siguiente es una válvula 5/2. Tiene 5 vías y 2 posiciones. Cuando la válvula es pulsada la vía 1 es conectada a la vía 4 (también la vía 2 se conecta a la vía 3). Cuando retorna a su estado normal gracias al muelle la vía 1 se conecta a la vía 2 (también la vía 4 se conecta a la vía 5).



Figura II.40.- Simbología de una válvula 5/2

2.6.2 VÁLVULAS REGULADORAS

Estas válvulas pueden influir sobre dos parámetros: La presión o el caudal.

Válvulas reguladoras de presión

Estas válvulas están acondicionadas al valor que tome la presión. Al alcanzar en la entrada de la válvula el valor máximo de presión, se abre la salida y el aire escapa a la atmósfera.

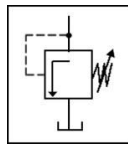


Figura II.41.- Simbología de la reguladora de presión

Válvulas reguladoras de caudal

Estas válvulas influyen sobre la cantidad de circulación de aire comprimido. El caudal que pasa por una conducción puede regularse estrangulando su paso, mediante la disminución de la sección del conducto, y la regulación puede hacerse en ambos sentidos de flujo.

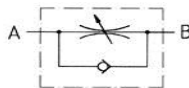


Figura II.42.- Simbología de la reguladora de caudal

2.7 CILINDROS

CILINDROS NEUMÁTICOS

Los cilindros son componentes neumáticos, que transforman la energía del aire comprimido en un movimiento lineal, este movimiento puede ser de avance y retroceso de un mecanismo.

Se dividen en cilindros de simple efecto y de doble efecto. Los de doble efecto son los más utilizados por la posibilidad de ejercer control tanto en el retroceso como en el avance.

La presión del fluido determina la fuerza de empuje de un cilindro, el caudal de ese fluido es quien establece la velocidad de desplazamiento del mismo.

2.7.1 CÁLCULO DE LA FUERZA DE EMPUJE

La figura 1.46 muestra la vista en corte de un pistón y vástago trabajando dentro de la camisa de un cilindro. El fluido actuando sobre la cara anterior o posterior del pistón provoca el desplazamiento de este a lo largo de la camisa y transmite su movimiento hacia afuera a través del vástago.

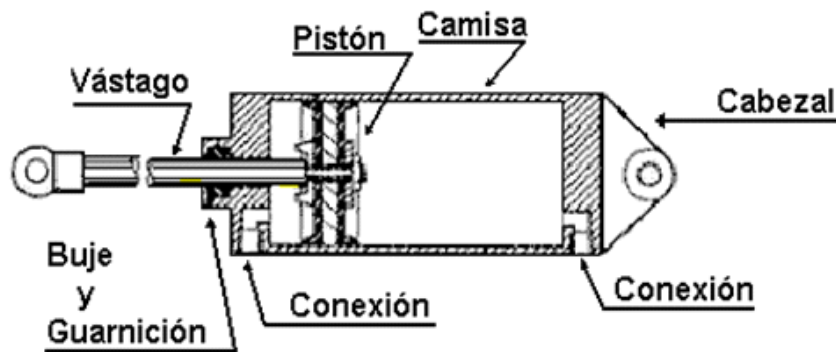


Figura II.43.- Corte de un pistón y vástago

El desplazamiento hacia adelante y atrás del cilindro se llama carrera. La presión ejercida por el aire comprimido o el fluido hidráulico sobre el pistón se manifiesta sobre cada unidad de superficie del mismo.

Si el manómetro indica en Kg. /cm², la regla para hallar la fuerza total de empuje de un determinado cilindro es:

$$F(kg) = P \left(\frac{Kg}{cm^2} \right) * A(cm^2)$$

Dónde:

F= Fuerza de empuje del cilindro

P= Presión manométrica

A= Superficie total del pistón.

2.7. 2 CILINDROS DE SIMPLE EFECTO

Estos cilindros tienen una sola conexión de aire comprimido. No pueden realizar trabajos más que en un sentido. Se necesita aire sólo para un movimiento de traslación o avance.

El vástago retorna por el efecto de un muelle incorporado o de una fuerza externa.

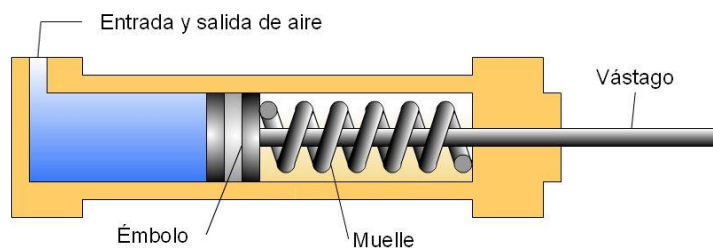


Figura II.44 Cilindro de simple efecto

2.7. 3 CILINDROS DE DOBLE EFECTO

El cilindro de doble efecto se construye siempre en forma de cilindro de embolo y posee dos tomas de aire comprimido situadas a ambos lados del émbolo.

El cilindro de doble efecto puede producir trabajo en los dos sentidos del movimiento, por lo que se emplean en aquellos casos en que el embolo tiene que realizar una misión también al retornar a su posición inicial.

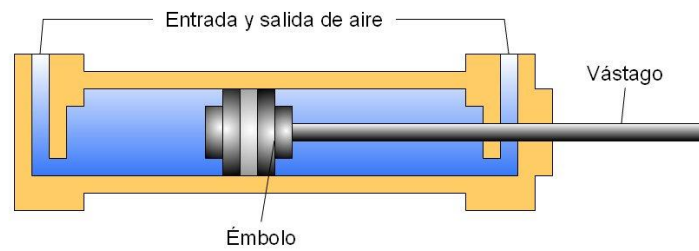


Figura II.45.- Cilindro de doble efecto

La fuerza de empuje es diferente tanto en el avance como en el retroceso del vástago, debido a que este cilindro tiene dos entradas de aire; por lo cual la ecuación queda de la siguiente manera:

$$F = P * A - Fr$$

En el caso del avance del vástago:

$$A = \frac{\pi}{4} D^2$$

Para el caso del retroceso

$$A = \frac{\pi}{4} (D^2 - d^2)$$

Dónde:

D= Diámetro del émbolo

d= Diámetro del vástago.

La simbología que representa a los cilindros de doble efecto es la siguiente:

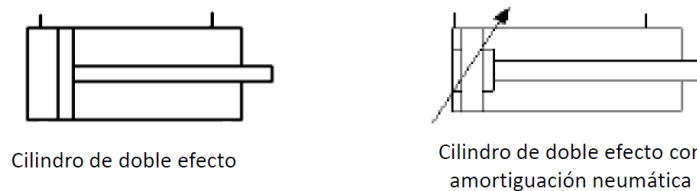


Figura II.46.- Simbología de un cilindro de doble efecto

2.7.4 CÁLCULO DEL CONSUMO DE AIRE.

Para disponer de aire y conocer el gasto de energía, es importante conocer el consumo de la instalación. Para una presión de trabajo, un diámetro y una carrera de émbolo determinado, el consumo de aire en un cilindro de doble efecto, se calcula como sigue:

$$Q = Lc \left(\frac{\pi}{4} (D^2 - d^2) + \frac{\pi}{4} D^2 \right) \frac{(\text{relación de compresión})}{n}$$

Dónde:

Q= Caudal en l/min

Lc = Longitud de carrera del vástago

n= tiempo de ciclo (seg.).

$$\text{relación de compresión} = \frac{1,033 + \text{presión de trabajo}}{1,033}$$

CAPÍTULO III

DISEÑO DEL PROCESO

3.1. DISEÑO DE LA BANDA TRANSPORTADORA PARA EL DISPENSADOR DE CUBETAS

3.1.1. BANDAS TRANSPORTADORAS

En el transporte de materiales, materias primas, minerales y diversos productos se han creado diversas formas; pero una de las más eficientes es el transporte por medio de bandas y rodillos transportadores.

Las bandas y rodillos transportadores son elementos auxiliares de las instalaciones industriales, cuya misión es la de recibir un producto de forma más o menos continua y regular para conducirlo a otro punto.

En nuestro caso la banda transportadora será usada para llevar los huevos que van a ser clasificados, este recorrido será desde el lugar donde son dispensados hasta

el sitio donde se realizará traslado de los huevos al pesaje en serie de cada uno de los huevos



Figura III.47.- Banda Transportadora Real

3.1.1.1. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento depende de la forma como se haga el transporte de los elementos sobre la banda, es decir, se los puede hacer mediante cintas transportadoras o rodillos transportadores.

3.1.1.2. FUNCIONAMIENTO DE LAS CINTAS TRANSPORTADORAS

Este tipo de transportadoras continuas están constituidas básicamente por una banda sinfín flexible que se desplaza apoyada sobre unos rodillos de giro libre. El desplazamiento de la banda se realiza por la acción de arrastre que le transmite uno de los tambores extremos, generalmente el situado en "cabeza". Todos los componentes y accesorios del conjunto se disponen sobre un bastidor, casi siempre metálico, que les da soporte y cohesión.

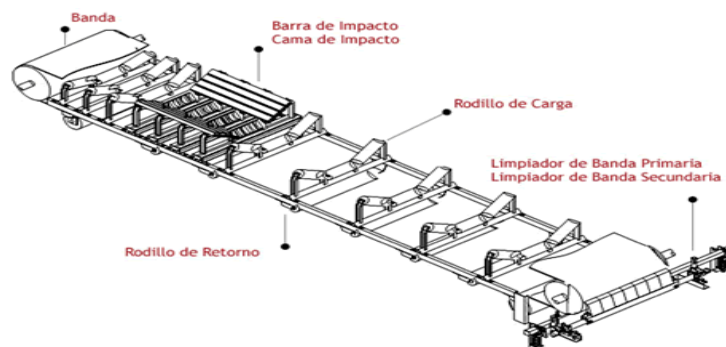


Figura III.48.- Banda Transportadora

En el funcionamiento de las bandas transportadoras se tiene en cuenta los siguientes componentes o cálculos:

- **Tensión en una correa:** Es una fuerza actuando a lo largo de la cinta, tendiendo a alargarla. La tensión de la correa es medida en Newtons.
- **Torque:** Es el resultado de una fuerza que produce rotación alrededor de un eje.
- **Energía y trabajo:** El trabajo es el producto de una fuerza y la distancia a recorrer.
- **La potencia:** Es la relación entre la realización de un trabajo o transmisión de energía.

3.1.1.1.3 FUNCIONAMIENTO DE RODILLOS TRANSPORTADORES

El sistema de rodillos funciona por medio de un motor de rotación; el cual a través de cadenas, cintas u otro elemento transfiere esta energía a los diferentes rodillos, lo cual hace que el sistema opere de una manera eficiente haciendo rodar todos los rodillos a una misma revolución, lo cual hará que giren todos los rodillos

3.1.2. PROCESO DE FABRICACIÓN

3.1.2.1 DESCRIPCIÓN DE LA FABRICACIÓN

Una cinta transportadora es un medio para el transporte de material desde un comienzo A, hasta un punto final B. Para efectuar el trabajo de mover material desde A hasta B, la correa requiere potencia que es proporcionada por un tambor motriz o una polea de conducción.

El torque del motor transforma en fuerza tangencial, llamada también tensión efectiva, a la superficie de la polea de conducción. Éste es el “tirón” o tensión requerida por la correa para mover el material de A B, y es la suma de lo siguiente:

- La tensión para vencer la fricción de la correa y de los componentes en contacto con ella.
- La tensión para vencer la fricción de la carga.
- La tensión para aumentar o disminuir debido a los cambios de elevación.

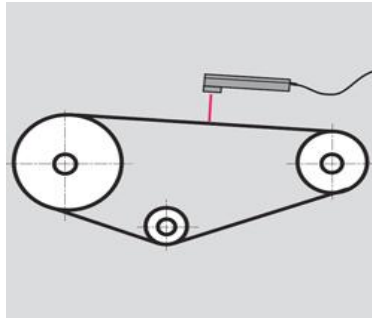


Figura III.49.- Tensión en una correa

3.1.2.2. EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS

Las bandas y rodillos transportadores poseen las siguientes herramientas para poder funcionar óptimamente y con una buena eficiencia:

Estructura soportante: Está compuesta por perfiles tubulares o angulares, formando en algunos casos verdaderos puentes que se fijan a su vez, en soportes o torres estructurales apertadas en una base sólida.

Elementos deslizantes: Son los elementos sobre los cuales se apoya la carga, ya sea en forma directa o indirecta, perteneciendo a estos los siguientes:

- **Correa o banda:** La correa o banda, que le da el nombre a éstos equipos, tiene una gran variedad de características, y su elección depende en gran parte del material a transportar, velocidad, esfuerzo o tensión a la que sea sometida, capacidad de carga a transportar, etc.
- **Polines:** La carga se desliza sobre ellos mediante un impulso ajeno a los polines y a ella misma.

- **Elementos motrices:** El elemento motriz de mayor uso en los transportadores es el del tipo eléctrico, Además del motor, las poleas, son otros de los elementos que componen el sistema motriz.
- **Elementos tensores:** Es el elemento que permite mantener la tensión en la correa o banda.
- **Tambor motriz y de retorno:** La función de los tambores es funcionar como poleas, las que se ubican en el comienzo y fin de la cinta transportadora, para su selección se toma en cuenta factores como: potencia, velocidad, ancho de la banda, entre otros.

3.1.2.2.1 MOTOR DC

El motor es una máquina que convierte energía eléctrica en energía mecánica, accionar un motor DC es muy simple y solo es necesario aplicar la tensión de alimentación entre sus bornes. Los motores DC no pueden ser posicionados y/o enclavados en una posición específica, estos giran a la máxima velocidad y en el sentido que la alimentación aplicada se los permite.

El funcionamiento se basa en la interacción entre el campo magnético del imán permanente y el generado por las bobinas, ya sea una atracción o una repulsión, hacen que el eje del motor comience su movimiento.



Figura III.50.-Motor de la banda

3.1.2.2.2 CIRCUITO DE MANDO

El circuito de control está constituido por una parte de control y una de potencia.

La parte de control la realiza el microcontrolador 16F628A y la de potencia la controla un relé, en detalle se explicara en el siguiente capítulo.

3.1.3 CLASIFICACIÓN, TIPOS Y CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS DE LAS BANDAS TRANSPORTADORAS

De acuerdo al tipo de materiales que van a manejarse, existen dos grandes grupos de transportadores, ellos son:

- Banda o rodillo para el manejo de productos empacados o cargas unitarias.
- Banda o rodillo para manejo de producto suelto o a granel.

Entre las variables más importantes para un proceso se tienen:

- Material a manejar: Características, temperatura, etc.
- Capacidad y peso.
- Distancia de transporte.
- Niveles de transporte.
- Condiciones ambientales.

3.1.3.1 BANDAS TRANSPORTADORAS DE GOMA

Este tipo de bandas puede ser cerrada sinfín, grapada, empalme preparado o abierta; y la contextura depende de la aplicación en la que se vaya a usar, las más comunes son:

- Lisa: Para transporte horizontal o de poca inclinación.
- Nervada: Para instalaciones de elevado ángulo de transporte.

- Rugosa: Alto coeficiente de rozamiento para transporte horizontal y/o inclinado de productos manufacturados generalmente.

Las características del caucho que va a soportar el material a transportar esta descrito en la siguiente Tabla:

Tabla III.6.-Características del caucho de la banda transportadora

REFERENCIA	UTILIZACIÓN
Y Estándar	Soporte del material a transportar
X Antiabrasivo	Materiales cortantes y de granulometría elevada
W Muy Antiabrasivo	Materiales con gran poder de desgaste granulometría fina
G Antiaceite	Resiste el ataque de aceites grasas e hidrocarburos al mismo tiempo soporta bien la temperatura, hasta 110°C
T Anticalórica	En función de la temperatura del producto se elegirá entre 110, 150 o 170°C teniendo bien en cuenta la granulometría
A Alimentaria	De color blanco para su uso en la industria alimentaria
S, K Antillama	Para empleo en minas y ambientes potencialmente explosivos

3.1.4 SENSORES DE PROXIMIDAD

Un sensor es un dispositivo para detectar y señalar una condición de cambio que con frecuencia se trata de la presencia o ausencia de un objeto o material (detección discreta). También puede ser una cantidad capaz de medirse, como un cambio de distancia, tamaño o color (detección analógica).

Los sensores sin contacto son dispositivos electrónicos de estado sólido que crean un campo de energía o haz y reaccionan ante una alteración en ese campo. Los sensores fotoeléctricos, inductivos, capacitivos y ultrasónicos son sensores sin contacto. Al no haber contacto físico, se elimina la posibilidad de desgaste.

Para el prototipo clasificador se usará un sensor fotoeléctrico por las muchas ventajas que presenta.

- Es importante tomar en cuenta características tanto del objeto, como del fondo y del entorno:
- Objeto: Forma, estructura, Tamaño, Material, Opacidad, propiedades reflectantes, color.
- Fondo: Proximidad al objeto, material, propiedades de emisión, propiedades reflectantes, color.
- Entorno: Material, humedad, propiedades transmisoras, luz, temperatura, interferencia electromagnética, ruido.

3.1.4.1 SENSORES DE PROXIMIDAD FOTOELÉCTRICOS

Son elementos que mediante la emisión y recepción de un haz de luz, generalmente infrarroja, detectan cualquier elemento que provoque la interrupción de dicho haz. Pueden ser en el espectro de la luz visible lo invisible.

El emisor puede estar constituido por fototransistores, fotodiodos, y el receptor por LDR (Light Dependent Resistance), que son celdas de Cadmio cuya resistencia varía con la luz.

Estos sensores pueden utilizarse en aplicaciones que requieren distancias de detección que van de menos de 2,5 cm a cien metros o más.

Todos los sensores fotoeléctricos operan detectando un cambio en la cantidad de luz recibida por el fotodetector. El cambio de luz permite al sensor captar la presencia o ausencia del objeto así como su tamaño, reflectividad, opacidad, translucidez o color.

En función del recorrido que se le provoca al haz de luz, se pueden clasificar en dos tipos:

- De óptica alineada
- De óptica reflexiva. Que a su vez puede ser directa o indirecta

Sensores de Óptica alineada

Permiten cubrir grandes distancias (aprox. 100 mts.), pero generalmente la dificultad es su alineación



Figura III.51.- Sensor fotoeléctrico de óptica alineada

Sensores de óptica reflexiva

Este tipo de sensores, detectan el reflejo del haz emitido bien en el objeto a detectar o bien en un pequeño espejo colocado convenientemente. Por ese motivo, emisor y detector están montados sobre el mismo cuerpo.



Figura III.52.- Sensor fotoeléctrico de óptica reflexiva

Los sensores fotoeléctricos constan de cinco componentes básicos:

- Fuente de luz
- Detector de luz
- Lentes
- Circuito lógico
- Salida

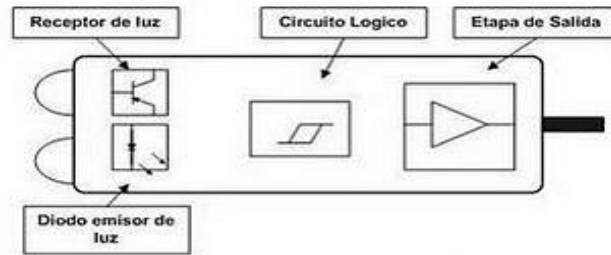


Figura III.53.- Componentes de los sensores fotoeléctricos

Fuente de luz

La mayoría de los sensores fotoeléctricos utilizan un diodo emisor de luz (LED) como fuente de luz. En los últimos tiempos también se han empezado a utilizar diodos de láser como fuentes de luz fotoeléctricas, los cuales presentan las siguientes características:

- Emisión de luz de longitud de onda (color) invariable
- Diámetro de haz pequeño
- Mayor alcance

Detector de luz

Una de las formas de detectar la emisión de luz son las fotorresistencias LDR (Light Dependent Resistors) se basan en la variación de la resistencia eléctrica de un semiconductor al incidir en él radiación electromagnética de tipo óptica, en estos elementos, a mayor iluminación, mayor conductividad. Su símbolo es:

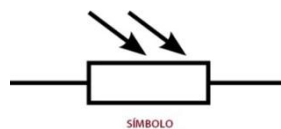


Figura III.54.- Símbolo de una LDR

La figura III.55 presenta una gráfica que muestra aproximadamente la relación que puede haber entre la resistencia ofrecida por una LDR entre sus terminales y la iluminación que sobre ella incide.

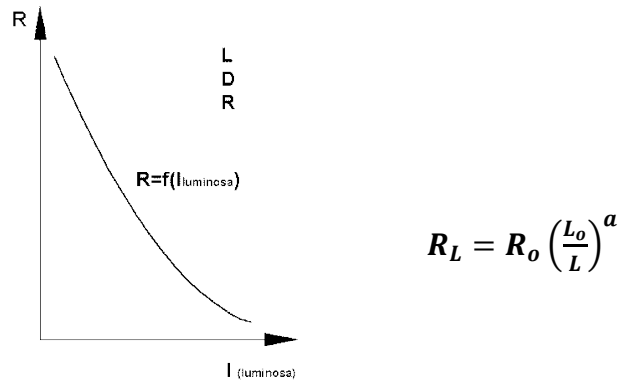


Figura III.55 respuesta de una LDR

Dónde:

L= iluminación (lux)

α = Constante que depende del material (0,7 – 1,5)

R_o = Resistencia inicial al nivel de luz generalmente ambiente.

Ventajas de los sensores de proximidad fotoeléctricos

- Su alcance nominal es mayor que los inductivos y capacitivos.
- Insensibles a campos magnéticos y eléctricos.
- Pueden detectar cualquier objeto independiente del material, forma, color, tamaño, etc.

Desventajas de los sensores de proximidad fotoeléctricos

- Se debe tener consideraciones respecto a la opacidad del objeto.
- En objetos brillantes se recomienda el uso de filtros polarizados que disminuyen la distancia de detección.

3.1.5 DISEÑO DEL ACONDICIONAMIENTO DEL SENSOR DE PROXIMIDAD FOTOELÉCTRICO

Esta etapa del diseño es importante ya que el objetivo del sensor fotoeléctrico es detener la banda transportadora en el momento que el huevo está entrando en la zona de traslado, de esta manera, los huevos se colocan donde el brazo los puede absorber

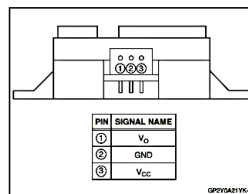


Figura III.56.-Sharp

El sensor fotoeléctrico utilizado Sharp de óptica reflexiva directa; es decir que tanto el emisor como el detector se encuentran en la misma carcasa, la detección se realiza cuando el haz de luz se refleja sobre el huevo.

El emisor de luz es un led infrarrojo de 880 nm el cual es inofensivo para la salud, y su alcance máximo es de 0,8m.

La salida para el control es del tipo transistor PNP, trabajando en corte y saturación

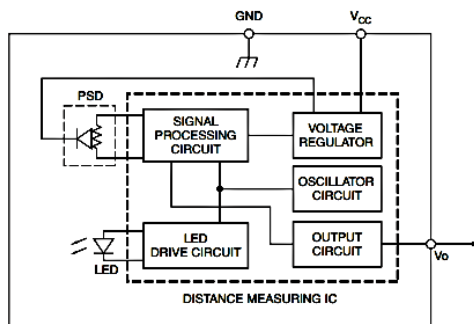


Figura III.57.- Diagrama de Bloques

Cuando la banda está en movimiento, el emisor infrarrojo está apuntando al vacío si el huevo llega a la zona de absorción, el haz de luz rebota, haciendo que el transistor entre en saturación y obteniendo a la salida del sensor una señal que varía en este caso de 0V (ausencia del huevo) a VCC (presencia del huevo).

Para poder ingresar esa señal al microcontrolador PIC de tal manera que sienta la presencia del huevo ingresando a la zona de absorción, es necesario obtener una señal discreta que varíe de 0L (ausencia del huevo) a 1L (presencia del huevo), para esto se utiliza un circuito comparador, el cual tiene en la entrada de la referencia, un voltaje variable, para poder calibrarlo. Finalmente para lograr la señal deseada de 0L o 1L, a la salida del comparador se coloca un diodo y un diodo zener, para que de esta manera 0L sea 0V y 1L sea 5V.

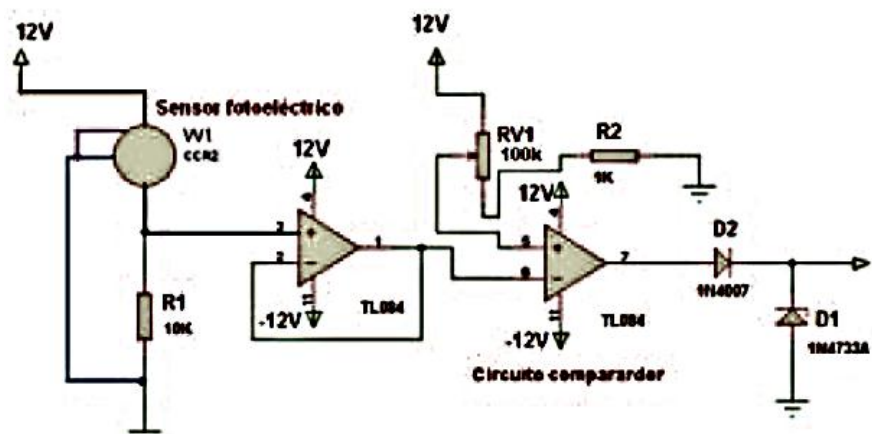


Figura III.58.-Diseño del acondicionador de señal

La señal de salida de este acondicionamiento va a activar un relé como entrada para el PLC y a la vez activa una entrada del microcontrolador que activa el siguiente proceso.

3.1.6 PLANOS

3.1.6.1 PLANOS DE LA ESTRUCTURA

Anexo 1

3.1.6.2 PLANOS DE LA PLAQUETA

Anexo 2

3.2 DISEÑO DEL ALIMENTADOR ARTICULADO ELECTROMECAÁNICO

3.2.1 ROBOT INDUSTRIAL

3.2.1.1 DEFINICIONES

Un robot industrial es un manipulador multifuncional reprogramable, capaz de mover materias, piezas, herramientas, o dispositivos especiales, según trayectorias variables, programadas para realizar tareas diversas.

Manipulador: mecanismo formado generalmente por elementos en serie, articulados entre sí, destinado al agarre y desplazamiento de objetos. Es multifuncional y puede ser gobernado directamente por un operador humano o mediante dispositivo lógico.

Robot: manipulador automático servo-controlado, reprogramable, polivalente, capaz de posicionar y orientar piezas, útiles o dispositivos especiales, siguiendo trayectoria variables reprogramables, para la ejecución de tareas variadas. Su unidad de control incluye un dispositivo de memoria y ocasionalmente de percepción del entorno. Normalmente su uso es el de realizar una tarea de manera cíclica, pudiéndose adaptar a otra sin cambios permanentes en su material.

3.2.1.2 CLASIFICACIÓN DEL ROBOT INDUSTRIALES

La maquinaria para la automatización rígida dio paso al robot con el desarrollo de controladores rápidos, basados en el microprocesador, así como un empleo de servos en bucle cerrado, que permiten establecer con exactitud la posición real de los elementos del robot y establecer el error con la posición deseada. Esta evolución ha dado origen a una serie de tipos de robots, que se citan a continuación:

- Manipuladores
- Robots de repetición y aprendizaje
- Robots con control por computador
- Robots inteligentes
- Micro-robots

Manipuladores

Son sistemas mecánicos multifuncionales, con un sencillo sistema de control, que permite gobernar el movimiento de sus elementos, de los siguientes modos:

- Manual: Cuando el operario controla directamente la tarea del manipulador.
- De secuencia fija: cuando se repite, de forma invariable, el proceso de trabajo preparado previamente.
- De secuencia variable: Se pueden alterar algunas características de los ciclos de trabajo.

Existen muchas operaciones básicas que pueden ser realizadas óptimamente mediante manipuladores, por lo que se debe considerar seriamente el empleo de estos dispositivos, cuando las funciones de trabajo sean sencillas y repetitivas.



Figura III.59.-Manipulador

Robots de repetición o aprendizaje

Son manipuladores que se limitan a repetir una secuencia de movimientos, previamente ejecutada por un operador humano, haciendo uso de un controlador manual o un dispositivo auxiliar. En este tipo de robots, el operario en la fase de enseñanza, se vale de una pistola de programación con diversos pulsadores o teclas, o bien, de joysticks, o bien utiliza un maniquí, o a veces, desplaza directamente la mano del robot. Los robots de aprendizaje son los más conocidos, hoy día, en los ambientes industriales y el tipo de programación que incorporan, recibe el nombre de "gestual".



Figura III.60.-Robot de aprendizaje

Robots con control por computador

Son manipuladores o sistemas mecánicos multifuncionales, controlados por un computador, que habitualmente suele ser un microordenador.

En este tipo de robots, el programador no necesita mover realmente el elemento de la máquina, cuando la prepara para realizar un trabajo. El control por computador dispone de un lenguaje específico, compuesto por varias instrucciones adaptadas al robot, con las que se puede confeccionar un programa de aplicación utilizando solo el terminal del computador, no el brazo. A esta programación se le denomina textual y se crea sin la intervención del manipulador.

Las grandes ventajas que ofrecen este tipo de robots, hacen que se vayan imponiendo en el mercado rápidamente, lo que exige la preparación urgente de personal cualificado, capaz de desarrollar programas similares a los de tipo informático.

Robots inteligentes

Son similares a los del grupo anterior, pero, además, son capaces de relacionarse con el mundo que les rodea a través de sensores y tomar decisiones en tiempo real (auto programable).

De momento, son muy poco conocidos en el mercado y se encuentran en fase experimental, en la que se esfuerzan los grupos investigadores por potenciarles y hacerles más efectivos, al mismo tiempo que más asequibles.

La visión artificial, el sonido de máquina y la inteligencia artificial, son las ciencias que más están estudiando para su aplicación en los robots inteligentes.

Micro-robots

Con fines educacionales, de entretenimiento o investigación, existen numerosos robots de formación o micro-robots a un precio muy asequible y, cuya estructura y funcionamiento son similares a los de aplicación industrial.

Por último y con el fin de dar una visión del posible futuro, se presentan en forma clasificada, buena parte de los diversos tipos de robots que se puedan encontrar hoy en día.

Todos los robots presentados existen en la actualidad, aunque los casos más futuristas están en estado de desarrollo en los centros de investigación de robótica.

Tabla III.7.- Asociación Francesa de Robótica Industrial.

Clasificación de los Robots según la AFRI	
TIPO A	Manipulador con control manual o telemando
TIPO B	Manipulador automático con ciclos preajustados; regulación mediante fines de carrera o topes; control por PLC; accionamiento neumático, eléctrico o hidráulico
TIPO C	Robot programable con trayectoria continua o punto a punto. Carece de conocimiento sobre su entorno
TIPO D	Robot capaz de adquirir datos sobre su entorno, readaptando su tarea en función de estos

Tabla III.8.-Clasificación según su Generación

Clasificación de los robots industriales en generaciones	
1ª Generación	Repite la tarea programada secuencialmente. No toma en cuenta las posibles alteraciones de su entorno
2ª Generación	Adquiere información limitada de su entorno y actúa en consecuencia. Puede localizar, clasificar (visión) y detectar esfuerzos y adaptar sus movimientos en consecuencia
3ª Generación	Su programación se realiza mediante el empleo de un lenguaje natural. Posee la capacidad para la planificación automática de sus tareas

Tabla III.9.-Clasificacion según T.M.Knasel

Generación	Nombre	Tipo de control	Grado de movilidad	Usos más frecuentes
1 (1982)	Pick and Place	Fines de carrera, aprendizaje	Ninguno	Manipulación, servicio de máquinas
2 (1984)	Servo	Servocontrol, trayectoria continua, programación condicional	Desplazamiento por vía	Soldadura, Pintura
3 (1989)	Ensamblado	Servos de precisión, visión, tacto	Guiado por vía	Ensamblado, desbardado
4 (2000)	Móvil	Sensores inteligentes	Patas, ruedas	Construcción, Mantenimiento
5 (2010)	Especiales	Controlados con técnicas de IA	Andante, Saltarín	Militar, espacial

3.2.2 DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

En resumen nuestro manipulador se encarga el de Transportar alimentos. Nuestro sistema incorpora un transportador de alimentación que sigue el principio del «toque delicado». Tan pronto como nuestro sensor de proximidad coloca los huevos en posición en donde el brazo manipulador con vacío lo transporta a la sección de clasificación.

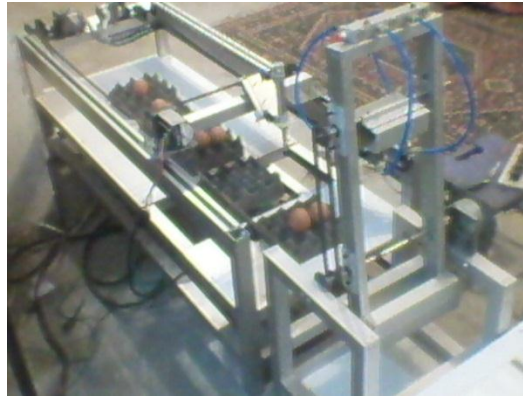


Figura III.61.-Robot manipulador real

3.2.3. PROCESO DE FABRICACIÓN

3.2.3.1 DESCRIPCIÓN DE LA FABRICACIÓN

Un brazo manipulador es un medio para el transporte de alimentos desde un punto B y el punto C.

Para efectuar el trabajo de mover alimentos desde B hasta C, el brazo necesita el torque indicado para girar por lo cual existe un contrapeso para ayudar a girar suavemente en el motor que genera el giro se le realiza un pwm para que el traslado de los huevos sea suave.

3.2.3.1.1 EQUIPOS Y HERRAMIENTAS UTILIZADAS

El Robot manipulador poseen las siguientes herramientas para poder funcionar óptimamente y con una buena eficiencia.

3.2.3.1.1.1. BRAZO MECÁNICO

Uno de los problemas clásicos en el diseño de brazos mecánicos es su peso, el cual genera un torque (fuerza angular) que debe ser soportado por el motor o motores (en nuestro caso será un motor), que a su vez tienen que tener fuerza adicional para soportar el torque generado por el peso de un objeto que pueda

sujetar. Torque: Es la fuerza aplicada en una palanca que hace rotar alguna cosa. Al aplicar fuerza en el extremo de una llave se aplica un torque que hace girar las tuercas. En términos científicos el torque es la fuerza aplicada multiplicada por el largo de la palanca ($\text{Torque} = F \times D$) y se mide comúnmente en Newtons metro.

La solución a este problema aplicando el principio de centro de masas. El centro de masas es un punto del espacio que representa una especie de media de las posiciones y las masas de los trozos que forman el sistema. Si pensamos, por ejemplo, en una pelota de futbol, su centro de masas está precisamente en su centro, en el interior de la pelota.

Si pensamos en dos naranjas separadas por un metro, su centro de masas está a medio metro de cada una de ellas. En cuanto a la Tierra y la Luna, su centro de masas está en la línea que las une, más cerca del centro de la Tierra que de la Luna, ya que la Tierra es mayor y tiene más masa, de hecho, está tan cerca que está dentro de la Tierra. El centro de masas de una cosa plana está en el punto donde podrías equilibrarla sobre la punta de un lápiz.

Para comprender esta explicación, sólo necesitamos saber que es algo que depende de la masa y la posición de las partes del sistema, que en casos comunes está más o menos cerca de su centro, en el significado usual de la palabra, y que está más cerca de las partes con más masa del sistema que de las que tienen menos masa: Como en el caso de la Tierra y la Luna.

Con estos ejemplos encontramos la solución a nuestro brazo mecánico. En nuestro caso tenemos nuestro brazo y el manipulador de este tiene la capacidad de girar para proporcionarle a nuestro brazo un movimiento de abajo hacia arriba en el plano vertical.

El brazo tiene un peso uniformemente distribuido, es decir su centro de masa está justamente a la mitad. El motor que genera el movimiento tiene que tener la capacidad de soportar el torque que genera ese peso justo a la mitad de la distancia del brazo o sea su centro de masas. Este torque será mayor entre más largo y

pesado sea nuestro brazo, una solución sería acortarlo o eliminar peso con materiales más liviano. Pero siempre tenemos torque que vencer el torque del motor.

Para lo cual tenemos correr el centro de masas de un brazo y colocarle un contrapeso lo suficientemente pesado como para contra restar el peso de la otra parte del brazo con lo cual no se necesita de una gran fuerza para hacerlo girar, pese a que en su eje se soporta el peso de todo el sistema:

El contrapeso que utilizamos fue 4 pedazos de aluminio de 20 con un peso hasta q se encuentre equilibrado el brazo más o menos fueron 4 libras.

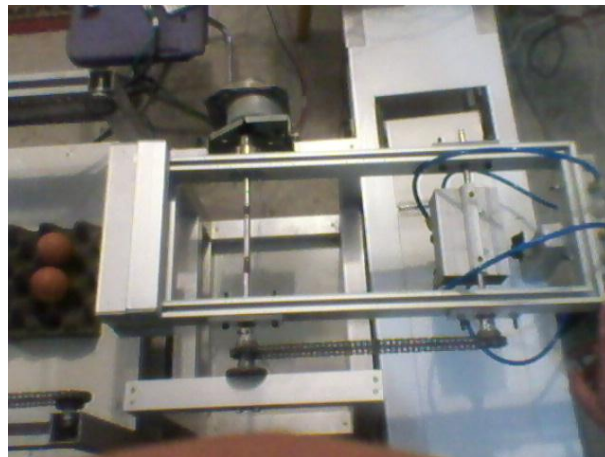


Figura III.62.- Brazo mecánico y contrapeso

3.2.3.1.1.2. MANIPULADOR

La parte que va a manipular los objetos está encargaran del traslado de los huevos.

Las partes del manipulador son las siguientes:

- 4 ventosas
- Un generador de vacío
- Una electroválvula

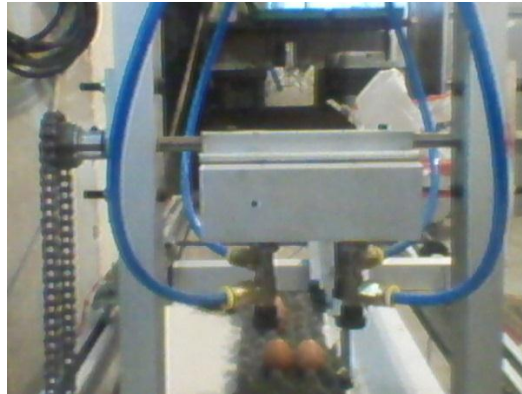


Figura III.63.- Manipulador Real

Ventosas.- Las ventosas de aspiración son una solución para aplicaciones de sujeción repetitivas del tipo “tomar, transportar, dejar.

Una ventosa no se fija por sí misma a la pieza. La presión atmosférica presiona la pieza contra la ventosa en cuanto la presión atmosférica es mayor que la presión existente entre la ventosa y la pieza.

Para el montaje en paralelo de varias ventosas debe estar herméticamente conectado.

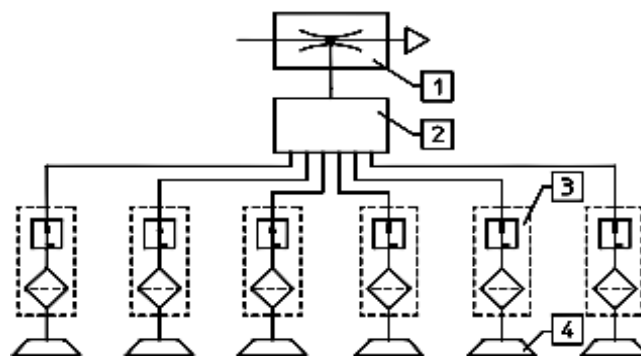


Figura III.64.- Conexión en paralelo

Generador de vacío.- Más conocido por Las toberas de aspiración, generan vacío según el principio Venturi. El aire comprimido entra a través de la conexión (A) en el generador y fluye por la tobera Venturi (B). El aire se ve acelerado y

comprimido. Detrás de la tobera se alivia el aire acelerado y se produce una depresión (vacío). El aire se aspira a través de la conexión de vacío (D). El aire aspirado y el aire comprimido salen juntos a través del silenciador (C).



Figura III.65.- Generador de Vacío

3.2.3.1.1.3. MOTOR DC

El motor servo DC utilizada para el proyecto es un Servo Japón DFS-10 G-05 utilizado originalmente en Impresoras láser HP2686A/HP2686D como se muestra en la Figura 5.5. Las especificaciones eléctricas del motor son las siguientes:

$$P_{out} = 13W$$

$$V_{in} = 24V$$

$$I_{max} = 0.54A$$

El tamaño aproximado total del motor en pulgadas es de:

$$5 \frac{1}{4} \text{ inches} \times 4 \frac{3}{4} \text{ inches} \times 5 \frac{1}{8} \text{ inches}$$

El motor está montado en una caja de reducción de engranajes con relación de velocidad 1:25, lo que reduce la velocidad del motor mientras que proporciona más par motor para levantar la viga en cualquier dirección.



Figura III.66.- motor DC

3.2.3.1.1.4. CIRCUITO DE MANDO

El circuito de control está constituido por una parte de control y una de potencia.

La parte de control la realiza el microcontrolador 16f628A y el puente H 298 los cuales van hacer explicados en detalle en el siguiente capítulo.

3.2.4. PLANOS

3.2.4.1 PLANOS DE LA ESTRUCTURA

Anexo 1

3.2.4.2 PLANOS DE LA PLAQUETA

Anexo 2

3.3 DISEÑO DEL SISTEMA CLASIFICADOR DE HUEVOS EN TRES CLASES DIFERENTES

3.3.1. ROBOT CARTESIANO

3.3.1.1. DEFINICIÓN DE ROBOT CARTESIANO

Los robots cartesianos son robots que están formados por un brazo de tres articulaciones traslación (prismáticas) ortogonales y por un órgano terminal orientado mediante movimientos de acuerdo a un sistema de coordenadas

cartesianas. Son vastos sus modelos ya que hay diferentes tipos de configuraciones de sus articulaciones y también se usan para diferentes aplicaciones.

Estas mesas tienen muchas aplicaciones industriales como por ejemplo: pantógrafos, plotters, grúas, máquinas herramienta con CNC, etc.

Además se pueden combinar perfectamente con otro tipo de robot o con máquinas de control numérico computarizado para trabajos dentro de una célula de manufactura o líneas de producción.

Su cuerpo principal está constituido por un cubo esquelético en donde en su parte superior tiene montados sus mecanismos que dan desplazamiento a su mano o a su eslabón terminal.

Para uno de sus ejes de traslación, depende de un motor fijo a la estructura, su transmisión puede ser variada: cadena o banda (dependiendo del tipo de trabajo).

De igual forma montada en este último eslabón mencionado existe otro mecanismo (motor con transmisión) de traslación que cubriría un segundo eje cartesiano, el tercer mecanismo está acoplado al segundo con un desplazamiento vertical, es decir, sobre el eje Z (arriba y abajo).

3.3.1.2 ROBOT DE PÓRTICO

Es un tipo de robot cartesiano cuya estructura parece un pórtico. Esta estructura es para minimizar deflexión a lo largo de cada eje. Muchos robots grandes son de este tipo. Las coordenadas X, Y Z pueden ser derivadas usando el mismo juego de ecuaciones usadas en los robots cartesianos.

Ventajas:

- Estructuras rígidas, y su capacidad de carga no depende prácticamente de la distancia del extremo del robot, donde está situada la carga.

- Los movimientos de las articulaciones se realizan desde la parte superior de la superficie de trabajo, lo cual evita obstaculizarla (robot pórtico).
- Resolución espacial es constante en todo su volumen de trabajo.
- La precisión de un robot pórtico no varía mucho según la carga.
- La modelización de este tipo de estructuras es muy sencilla de realizar.
- El control de las estructuras cartesianas es simple por dos motivos. No es necesario realizar transformaciones (menos cálculos). El control de articulaciones es más sencillo.

Desventajas:

- Requiere un gran volumen para instalar este tipo de manipuladores.
- No es posible trabajar con estructuras pórtico por debajo de los objetos.

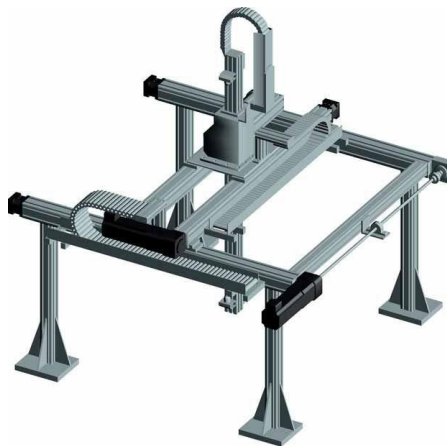


Figura III.67.- Robot de Pórtico.

3.3.1.3 TRANSMISORES

Los transmisores como su nombre lo indica, permiten transmitir el movimiento desde los actuadores a las articulaciones, junto a los transmisores están muchas veces los reductores encargados de adaptar el torque y la velocidad de salida del actuador a los valores adecuados para el movimiento de cada una de las articulaciones del robot.

Muchas veces el peso, el momento de inercia de los elementos del robot y los torques estáticos, son un problema en el desempeño del robot.

Por lo que son necesarios sistemas de transmisión que permitan llevar el movimiento hasta las articulaciones, donde se procura que los actuadores, especialmente los pesados, se encuentren lo más cerca a la base del robot, y en muchas ocasiones se opta por utilizar cadenas o bandas para transmitir el movimiento desde la base del robot.

Aunque también existen actualmente robots industriales con acoplamiento directo, los cuales ofrecen muchas ventajas, entre las cuales están: el control más preciso ya que se evita que pasen por cajas reductoras o engranes, y sobre todo por su montaje simple, lo cual disminuye cualquier posibilidad de error.

3.3.1.3.1 TRANSMISIÓN DE FUERZA POR CADENA

Una cadena es un componente confiable de una máquina, que transmite energía por medio de fuerzas extensibles, y se utiliza sobre todo para la transmisión y transporte de energía en los sistemas mecánicos. La función y las aplicaciones de la cadena son similares a la de una correa.

La cadena de rodillo de acero está formada por una serie de piezas de revolución que actúan como cojinetes, estando situados cada conjunto a una distancia precisa del otro mediante otras piezas planas llamadas placas.

El conjunto cojinete está formado por un pasador y un casquillo sobre el que gira el rodillo de la cadena.

El pasador y el casquillo son cementados para permitir una articulación bajo presiones elevadas, y para soportar las presiones generadas por la carga y la acción de engrane impartida a través de los rodillos de cadenas, generalmente las placas exteriores e interiores se someten a un proceso de templado para obtener una mayor tenacidad.

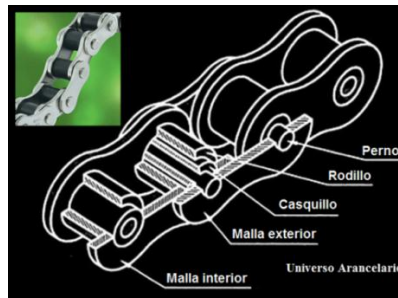


Figura III.68.-Elementos de una cadena.

Características de las transmisiones de cadena:

1. La reducción y aumento de la velocidad puede ser acomodada fácilmente.
2. La cadena se puede acomodar a grandes distancias de eje-centro (menos de 4 m), y son más versátiles.
3. Es posible utilizar la cadena con los ejes múltiples o puede ser operada a ambos lados de la cadena.
4. La estandarización de cadenas bajo la American National Standards Institute (ANSI), la organización internacional de la estandarización (ISO), y estándares industriales japoneses (JIS) permite la facilidad de la selección de las cadenas.
5. Es fácil cortar y ensamblar las cadenas.
6. El diámetro del piñón para un sistema de cadena puede ser más pequeño que una polea de una correa, mientras que en ambas se transmite el mismo esfuerzo de torsión.

3.3.1.4. DESCRIPCIÓN DEL FUNCIONAMIENTO

El funcionamiento de nuestro robot cartesiano se lo realizara con elementos neumáticos y eléctricos ya que estos facilitarían el traslado de los huevos a los diferentes sistemas que posee este brazo cartesiano.

El movimiento en X Y se lo realizara con elementos eléctricos y el movimiento en Z se lo realizara con elementos neumáticos.

Los sistemas que posee nuestro brazo cartesiano son los siguientes:

- Sistema de traslado
- Sistema de pesaje
- Sistema de clasificación
- Sistema de sujeción

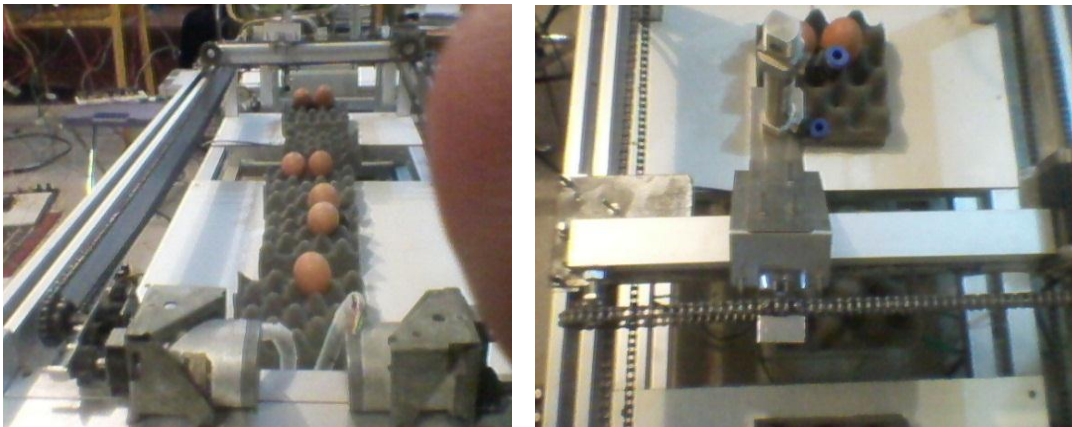


Figura III.69.- Robot Clasificador de huevos de tres tipos

3.3.2 PROCESO DE FABRICACIÓN DE CADA SISTEMA

3.3.2.1. SISTEMA DE TRASLADO

El sistema de traslado sirve para transporta los huevos que están previamente en el lugar donde deja el robot manipulador a los demás sistemas este sistema en el eje X está controlado por dos motores unipolares con una caja de reducción y en movimiento en Y es controlado por un motor unipolar y movimiento en Z está controlado por el sistema de sujeción.

El sistema de translación luego sujetar al huevo pasa a la parte de pesaje y los ubicara al huevo en su lugar correspondiente sea pequeño, mediano o grande.

El motor a pasos unipolar es seleccionado por su exactitud al momento de ubicarse en algún sitio específico, y por su facilidad de retornar a su posición inicial; su control es mediante la secuencia de ondas, para lo cual se utiliza el driver con transistores 3055 como intermediador entre el motor a pasos y el microcontrolador PIC16F877A, también se utilizan unos diodos para proteger al microcontrolador de que la corriente no se regrese, estos serán detallados en el siguiente capítulo con más profundidad.

3.3.2.2 DISEÑO DEL SISTEMA DE SUJECCIÓN

Antes de proceder al diseño de un sistema de mando neumático, es necesario hacer uso de tablas o gráficos adecuados, que pongan de manifiesto el desarrollo secuencial del movimiento de los elementos de trabajo y, los estados de conmutación de los elementos de mando y permitan además, establecer las correlaciones entre los diferentes elementos con rapidez y seguridad.

La secuencia que sigue el sistema de sujeción del clasificador de huevos una vez que los huevos fueron trasladados por el robot manipulador son primero absorbidos y colocados en el pesado el huevo se desarrollará en base a lo siguiente: El huevo es elevado por un cilindro neumático “A”, este cilindro cuenta con una ventosa en el extremo del vástago, la ventosa trabaja con un generador de vacío para la succión del huevo, una vez que el huevo está sujetado por la ventosa, el cilindro “A” retorna a su posición inicial, y se transporta hacia el lugar destinado de acuerdo al peso del huevo, el vástago sale del cilindro “A”, se corta la señal del generador de vacío lo que hace que se suelte el huevo y retorna el cilindro “A”.

Representación de las fases en orden cronológico del punto de Pesaje hasta el Punto de clasificación:

- El cilindro A desciende
- Generador de vacío se enciende

- El cilindro A retorna
- El cilindro A desciende
- Generador de vacío se apaga
- El cilindro A retorna

Representación de las fases en orden cronológico del punto de Pesaje hasta el Punto de clasificación:

- El cilindro A desciende
- Generador de vacío se enciende
- El cilindro A retorna
- El cilindro A desciende
- Generador de vacío se apaga
- El cilindro A retorna

3.3.2.2.1 CONTROL NEUMÁTICO

Figura III.70 se indica el control para el cilindro doble efecto, el mismo que a su vez es controlado con una válvula reguladora para poder variar la velocidad del vástago.

Para el sistema de sujeción se necesita una electroválvula distribuidora 3/2 retorno por muelle cuya función es el permitir o no el paso del aire hacia el generador de vacío, con esto se logra generar o interrumpir el vacío o succión; un generador de vacío el cual ayudará a sujetar el huevo mediante una ventosa tipo fuelle para que tenga la función de amortiguamiento para los huevos grandes.

El sistema de sujeción va estar colocado en el extremo de vástago mediante una unión tipo T, para así cumplir con las características que necesita el clasificador automático de huevos.

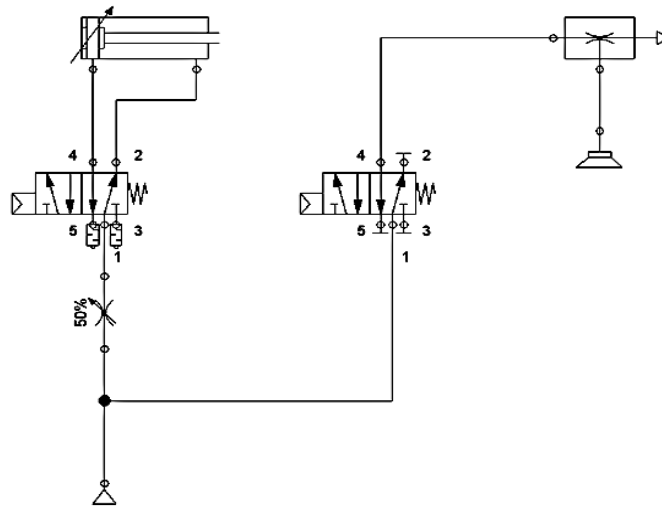


Figura III.70.- Diseño del sistema de sujeción

3.3.2.3 DISEÑO DEL SISTEMA DE PESAJE

El sistema de pesaje puede resumirse en el siguiente diagrama de bloques:

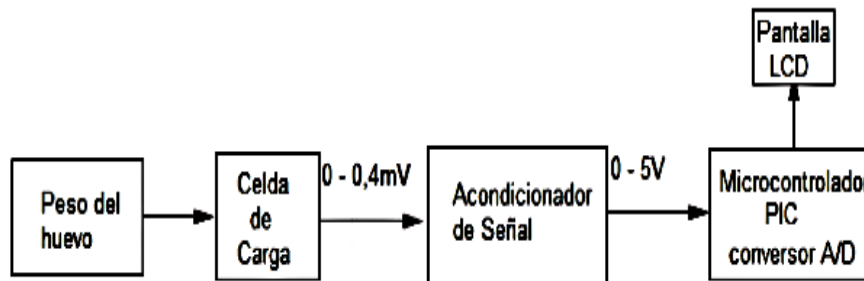


Figura III.71.- Diseño del sistema de pesaje

3.3.2.3.1 SELECCIÓN DE LA CELDA DE CARGA

Debido a que el peso que tiene que soportar la celda es pequeño, la celda escogida tiene una carga máxima de trabajo de $5000g=5Kg$, ya que es la más pequeña y económica que se puede encontrar en el Ecuador. El sistema de pesaje consta de una celda de carga, un amplificador de instrumentación, y el conversor A/D del microcontrolador PIC.

La aplicación de la carga es del tipo viga de flexión la salida de la celda es de 2mV/V y se excita con 12V.

El peso del huevo más grande es mayor a 75g, por lo tanto el diseño se lo hará para 80g.

$$Señal = \frac{80g * 2 \frac{mv}{V} * 12V}{5000g} = 0,384mv$$

La celda de carga tiene un voltaje muy pequeño y además diferencial en su salida, por lo tanto es necesario amplificar esa señal para que el microcontrolador pueda detectar un voltaje variable entre 0V y 5V proporcional al peso del huevo.

3.3.2.3.2 DISEÑO DEL ACONDICIONAMIENTO DE LA CELDA DE CARGA

3.3.2.3.2.1 AMPLIFICADOR DE INSTRUMENTACIÓN (AD620)

La primera etapa del diseño consta de un amplificador de instrumentación, para el sistema de carga se ha escogido el integrado AD620, ya que al intentar implementar un amplificador de instrumentación solo utilizando amplificadores operacionales, se dificulta el encontrar componentes que sean del valor exacto como es el caso de las resistencias, o bien que el voltaje de offset sea muy cercano a cero en el caso de los amplificadores operacionales.

El amplificador AD620 tiene las siguientes características generales:

- La ganancia se coloca utilizando una sola resistencia
- Rango de ganancia de 1 a 1000
- Amplificador de bajo ruido
- Opera con voltajes BIPOLARES de +- 2.3 a +- 18 volts
- Disponible en empaquetado de 8 pines
- Consumo de 1.3 mA

- El desempeño en DC es excelente ya que solo tiene un máximo de 50 uV de offset
- Desvío máximo de 0.6 uV/°C

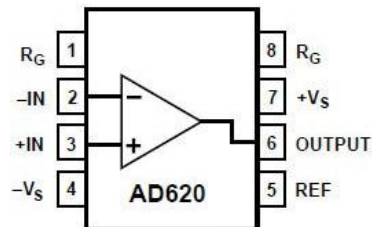


Figura III.72.- Amplificador de instrumentación

Para determinar la resistencia externa del amplificador de instrumentación se lo hace con la ecuación provista por el fabricante:

$$G = \frac{49.4}{RG} + 1$$

Debido a que el voltaje diferencial entregado por la celda de carga es demasiado pequeño, es necesaria una ganancia de 1000, lo máximo que entrega el amplificador de instrumentación la resistencia seria.

$$RG = 51\Omega$$

$$Vo = G * Vin$$

Dónde: $Vin = 0.384mV$

Subió nuestro voltaje debido a q colocamos un vidrio pesado para que subiera de 0.384mV a 3.84mV

$$Vo = 3.84V$$

Después del acondicionamiento se aplica un seguidor de tensión para acoplar impedancias, a la salida del seguidor se coloca un capacitor de 1uF y una

resistencia de 18Ω que funcionan como filtro para estabilizar el voltaje que va a entrar al microcontrolador, este filtro debe tener una frecuencia de corte menor que la mitad de la frecuencia de muestreo del conversor AD, por lo tanto, como la frecuencia de muestreo del conversor AD es de 20kHz , la frecuencia de corte del filtro debe ser menor a 10kHz , para los valores de capacitor y resistencia mencionados:

$$f_c = \frac{1}{2\pi RC}$$

$$f_c = \frac{1}{2\pi * 18 * 1 \times 10^{-6}} = 8,84\text{kHz}$$

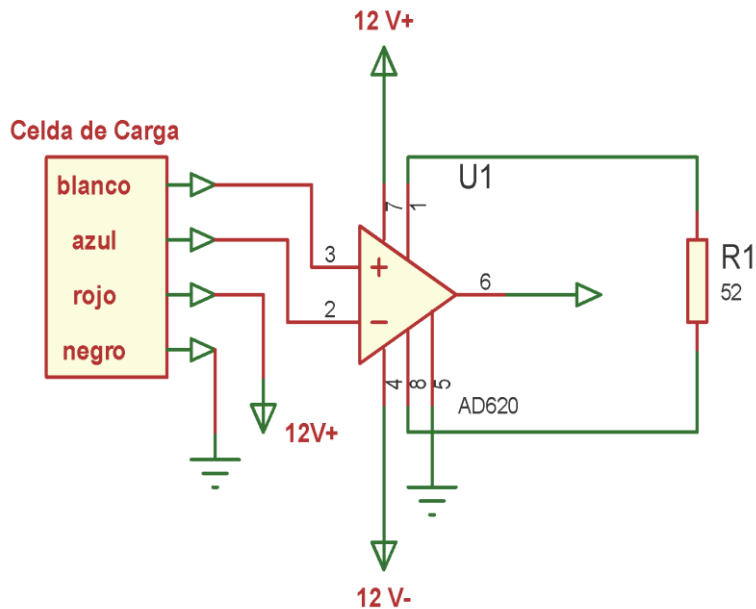


Figura III.73.- Acondicionamiento de Señal

3.3.2.3.3 CONVERTOR A/D

Una vez amplificada la señal entregada por el amplificador de instrumentación, un conversor A/D, incorporado en el PIC16F877A de la familia MICROCHIP, recoge esta señal y realiza la conversión necesaria para la visualización de la cantidad medida en la pantalla LCD y PLC para determinar a qué clasificación pertenece el huevo pero esto lo detallaremos a fondo en el siguiente capítulo.

3.3.2.4 SISTEMA DE CLASIFICACIÓN

Es sistema se lo hará después del sistema de pesaje luego pasara al sistema de sujeción y luego al del traslado donde finalmente dependiendo del tamaño de los huevos, el motor dará más o menos pasos para ubicarse en la sección correspondiente donde deben depositarse los huevos .

3.3.3. PLANOS

3.3.3.1 PLANOS DE LA ESTRUCTURA

Anexo 1

3.3.3.2 PLANOS DE LA PLAQUETA

Anexo 2

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA

4.1. ELEMENTOS ELECTRÓNICOS A UTILIZAR

4.1.1 MICROCONTRALADOR

Se denomina microcontrolador a un dispositivo programable capaz de realizar diferentes actividades que requieran del procesamiento de datos digitales y del control y comunicación digital de diferentes dispositivos.

Los microcontroladores poseen una memoria interna que almacena dos tipos de datos; las instrucciones, que corresponden al programa que se ejecuta, y los registros, es decir, los datos que el usuario maneja, así como registros especiales para el control de las diferentes funciones del microcontrolador.

Los microcontroladores se programan en Assembler y en Basic, cada microcontrolador varía su conjunto de instrucciones de acuerdo a su fabricante

y modelo. De acuerdo al número de instrucciones que el microcontrolador maneja se le denomina de arquitectura RISC (reducido) o CISC (complejo).

Los microcontroladores poseen principalmente una ALU (Unidad Lógica Aritmética), memoria del programa, memoria de registros, y pines I/O (entrada y/o salida).

Microcontrolador 16F877A

En este proyecto se utilizó el PIC 16F877A. El modelo 16F877A posee varias características que hacen a este microcontrolador un dispositivo muy versátil, eficiente y práctico para ser empleado en la aplicación que posteriormente será detallada.

Algunas de estas características se muestran a continuación:

- Soporta modo de comunicación serial, posee dos pines para ello.
- Memoria reprogramable: La memoria en este PIC es la que se denomina FLASH; este tipo de memoria se puede borrar electrónicamente (esto corresponde a la "F" en el modelo).

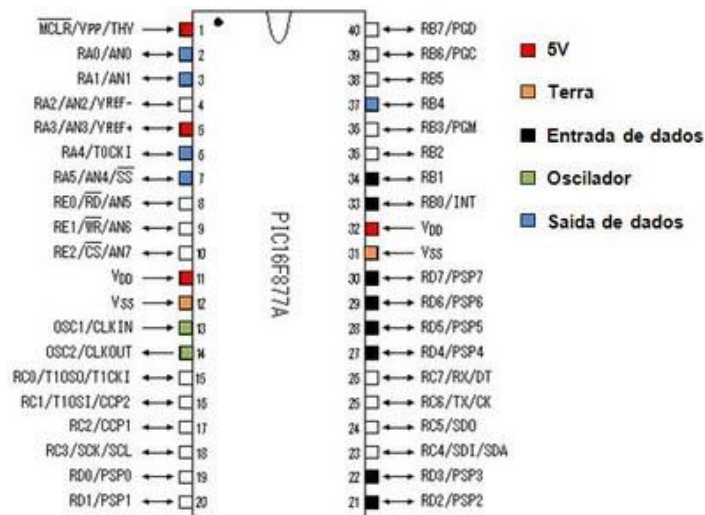


Figura IV.74.-Microcontrolador

Características:

Tabla IV.10.- Características del PIC 16F877A

• Frecuencia máxima	DC-20MHz
• Memoria de programa flash (palabra 14 bits)	8K
• Posiciones RAM de datos	368
• Posiciones EEPROM de datos	256
• Interrupciones	15
• Puertos E/S	A,B,C,D,E
• Timers	3
• Módulos CCP	2
• Comunicaciones Serie	MSSP, USART
• Comunicaciones paralelo	PSP
• Líneas de entrada de CAD de 10 bits	6
• Juego de instrucciones	35 instrucciones
• Longitud de la instrucción	14 bits
• Número de pines	40

Descripción de los puertos:

Puerto A:

- Puerto de e/s de 6 pines
- RA0 è RA0 y AN0
- RA1 è RA1 y AN1
- RA2 è RA2, AN2 y Vref-
- RA3 è RA3, AN3 y Vref+
- RA4 è RA4 (Salida en colector abierto) y T0CKI(Entrada de reloj del módulo Timer0)
- RA5 è RA5, AN4 y SS

Puerto B:

- Puerto e/s 8 pines
- Resistencias pull-up programables
- RB0 è Interrupción externa
- RB4-7 Interrupción por cambio de flanco
- RB5-RB7 y RB3 è programación y debugger in circuit

Puerto C:

- Puerto e/s de 8 pines
- RC0 è RC0, TIOSO (Timer1 salida oscilador) y T1CKI (Entrada de reloj del módulo Timer1).
- RC1-RC2 è PWM/COMP/CAPT
- RC1 è TIOSI (entrada osc timer1)
- RC3-4 è IIC
- RC3-5 è SPI
- RC6-7 è USART

Puerto D:

- Puerto e/s de 8 pines
- Bus de datos en PPS (Puerto paralelo esclavo)
- Puerto E:
- Puerto de e/s de 3 pines
- RE0 è RE0 y AN5 y Read de PPS
- RE1 è RE1 y AN6 y Write de PPS
- RE2 è RE2 y AN7 y CS de PPS

Convertor A/D

Una vez amplificada la señal entregada por el amplificador de instrumentación, un convertor A/D, incorporado en el PIC16F877A de la familia MICROCHIP, recoge esta señal y realiza la conversión necesaria para la visualización de la cantidad medida en la pantalla LCD y para determinar a qué clasificación pertenece el huevo. Además, el microcontrolador manipula todas las señales provenientes del exterior, ya sea desde el amplificador o de los pulsadores que comandan las funciones del clasificador.

El PIC16F877A posee un convertor A/D de 10 bits de resolución y 7 canales de entrada. La señal analógica se aplica a un capacitor de captura y mantenimiento y luego se introduce al convertor, este convertor proporciona el valor digital, equivalente a los 10 bits, utilizando el método de conversión por aproximaciones sucesivas. El convertor A/D posee 4 registros:

ADRESH: Registro de resultado de conversión (bits más significativos).

ADRESL: Registro de resultado de conversión (bits menos significativos).

ADCON0: registro de control 0. (Controla las operaciones del módulo A/D)

ADCON1: registro de control 1. (Configura los canales analógicos).

Las entradas analógicas y de referencia se configuran en el registro ADCON, con los bits PCFG <0-3>

Tabla IV.11.- Configuración de las entradas analógicas y de referencia

1111	D	D	D	D	VREF+	VREF-	D	A	AN3	AN2	1/2
------	---	---	---	---	-------	-------	---	---	-----	-----	-----

A = Analog input D = Digital I/O

C/R = # of analog input channels/# of A/D voltage references

Microcontrolador 16F628A

El pic16F628A es un microcontrolador de 8 bit, posee una arquitectura RISC avanzada así como un juego reducido de 35 instrucciones. Este microcontrolador es el remplazo del obsoleto pic16f84a, los pines del pic16F628A son compatibles con el pic16F84A, así se podrían actualizar proyectos que hemos utilizado con el pic16F84A.

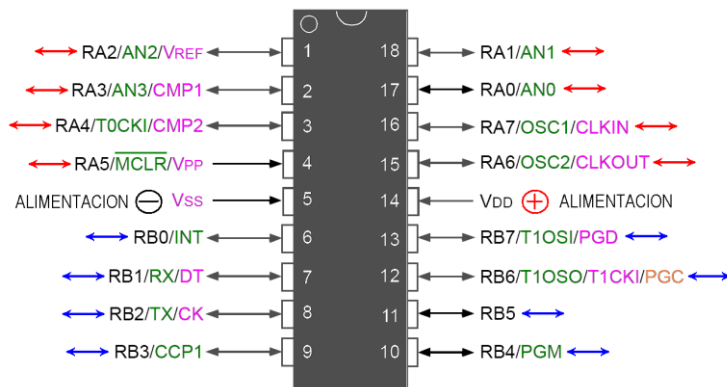


Figura IV.75.- Microcontrolador 16F628A

Características:

Tabla IV.12.- Características del PIC 16F628A

Pines de E/S	16
Entradas analógicas (ADC)	No
Salidas PWM	2
SPI	No
I2C	No
USART	Si
Temporizadores de 8 Bits	2
Temporizadores de 16 Bits	1
Comparadores	2
Oscilador	Frecuencia máxima: 20 MHz Oscilador interno de 4 MHz.
Número de pines	18
Encapsulado	PDIP, SOIC, SSOP, QFN

4.1.2 FUENTES DE ALIMENTACIÓN REGULADA

Una fuente de alimentación no regulada consta de un transformador, un rectificador y un filtro. Hay tres razones por las cuales tal sistema sencillo no es suficientemente bueno para algunas aplicaciones. La primera es su mala regulación; la tensión de salida no es constante conforme varía la carga. La segunda es que la tensión continua de salida varía directamente con la entrada alterna. La tercera es que la tensión continua de salida varía con la temperatura, en particular si se utilizan dispositivos semiconductores.

Por lo cual es necesario utilizar reguladores de Voltaje.

Transformador:

Se denomina transformador a un dispositivo eléctrico que permite aumentar o disminuir la tensión en un circuito eléctrico de corriente alterna, manteniendo la potencia. La potencia que ingresa al equipo, en el caso de un transformador ideal (esto es, sin pérdidas), es igual a la que se obtiene a la salida. Las máquinas reales presentan un pequeño porcentaje de pérdidas, dependiendo de su diseño, tamaño, etc.

El transformador es un dispositivo que convierte la energía eléctrica alterna de un cierto nivel de tensión, en energía alterna de otro nivel de tensión, por medio de interacción electromagnética. Está constituido por dos o más bobinas de material conductor, aisladas entre sí eléctricamente y por lo general enrolladas alrededor de un mismo núcleo de material ferromagnético. La única conexión entre las bobinas la constituye el flujo magnético común que se establece en el núcleo.

Los transformadores son dispositivos basados en el fenómeno de la inducción electromagnética y están constituidos, en su forma más simple, por dos bobinas devanadas sobre un núcleo cerrado, fabricado bien sea de hierro dulce o de láminas apiladas de acero eléctrico, aleación apropiada para optimizar el flujo

magnético. Las bobinas o devanados se denominan primarios y secundarios según correspondan a la entrada o salida del sistema en cuestión, respectivamente.

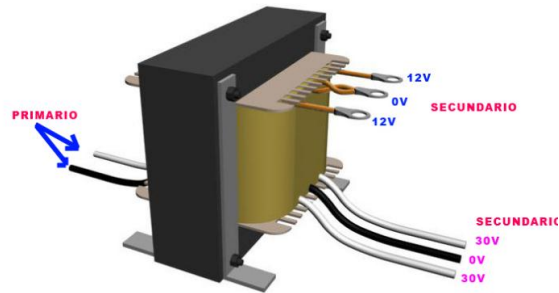


Figura IV.76.- Transformador

Rectificador:

Un *Rectificador de onda completa* es un circuito empleado para convertir una señal de corriente alterna de entrada (V_i) en corriente continua de salida (V_o) pulsante. A diferencia del rectificador de media onda, en este caso, la parte negativa de la señal se convierte en positiva o bien la parte positiva de la señal se convertirá en negativa, según se necesite una señal positiva o negativa de corriente continua.

Puente de Graetz o Puente Rectificador de doble onda

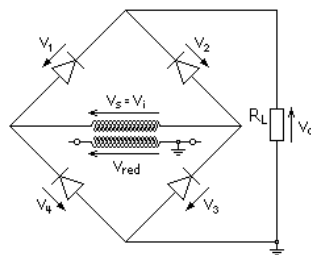


Figura IV.77.- Puente Rectificador

En este caso se emplean cuatro diodos con la disposición de la figura. Al igual que antes, sólo son posibles dos estados de conducción, o bien los diodos 1 y 3 están

en directa y conducen (tensión positiva) o por el contrario son los diodos 2 y 4 los que se encuentran en inversa y conducen (tensión negativa).

Esta es la configuración usualmente empleada para la obtención de onda continua.

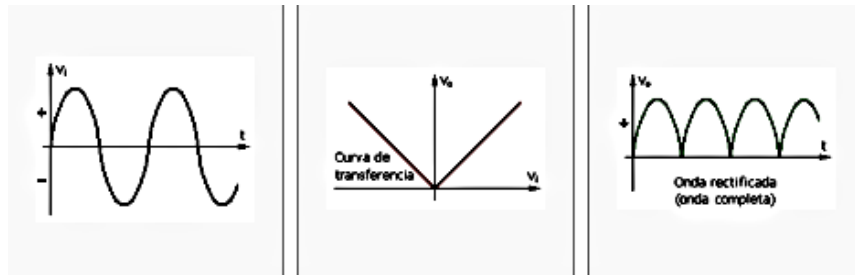


Figura IV.78.- Onda Continua

Filtros:

Son condensador de gran valor (1,000 uF - 12,000 uF) que se utiliza para eliminar el "rizado" que se genera en el proceso de conversión de corriente alterna a corriente continua.

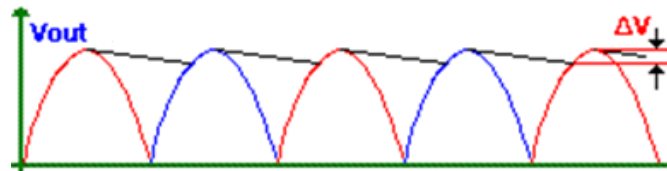


Figura IV.79.- Filtro

Reguladores

Los reguladores de voltaje que utilizamos son:

7805 que me da un voltaje de 5V

7812 que me da un voltaje de 12V

7912 que me da un voltaje de -12V

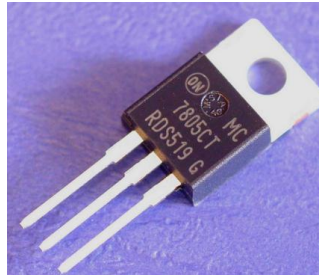


Figura IV.80.- Reguladores

4.1.3 TRANSISTORES

Dispositivo semiconductor que permite el control y la regulación de una corriente grande mediante una señal muy pequeña. Existe una gran variedad de transistores. En principio, se explicarán los bipolares. Los símbolos que corresponden a este tipo de transistor son los siguientes:

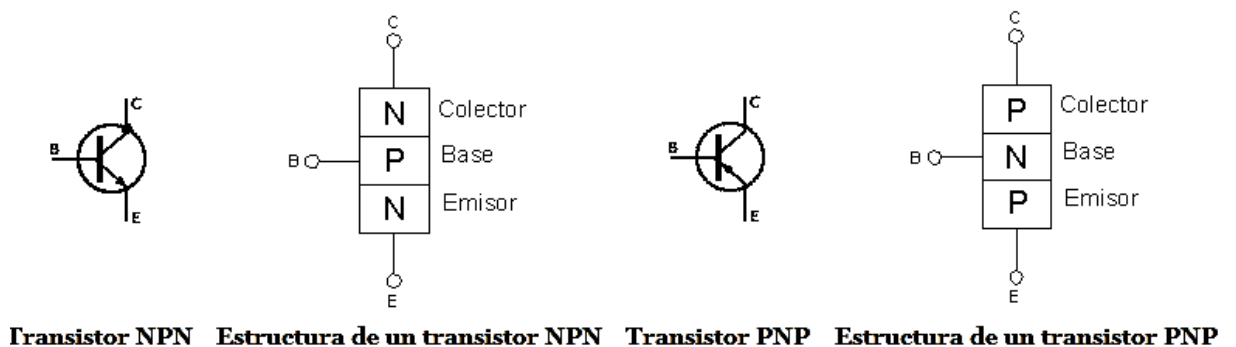


Figura IV.81.- Tipos de transistores

En nuestro caso vamos a trabajar en la zona de saturación.

Saturación

Cuando por la Base circula una intensidad, se aprecia un incremento de la corriente de colector considerable. En este caso el transistor entre Colector y Emisor se comporta como un interruptor cerrado. De esta forma, se puede decir que la tensión de la batería se encuentra en la carga conectada en el Colector.

En otras palabras decimos que el Voltaje Colector Emisor es casi Cero.

Los Tipos de transistores q ocupamos fueron los siguientes:

TIP 3055 de 15 A

TIP 31 de 1 A

TIP 35 de 20 A

4.2 ALGORITMOS DE FUNCIONAMIENTO DE LA MÁQUINA

Anexo 3

4.3. DISEÑO DE LOS CIRCUITO DE FUERZA Y CONTROL

4.3.1 DISEÑO DEL CIRCUITO DE LA BANDA TRANSPORTADORA

Funcionamiento

Los dispositivos utilizados en este circuito son:

Un Microcontrolador 16f628a el cual está encargado de realizar el PWM del motor de la banda pulsos al TIP 32.

De Dos pulsadores que se encargan de subir o bajar la velocidad de la banda.

El relé se encarga de accionar el PLC.

El Sharp como ya lo explicamos anteriormente nos da una señal analógico la cual la vamos a convertir en digital gracias al amplificador 358 la cual al ser comparado con un voltaje de referencia que nos da el trimmer nos acciona el relé el cual dará el pulso al PLC.

Para la protección de los circuitos fue necesario poner diodos en las Bobinas por corrientes parasitas.

Otra protección que añadimos a este circuito es separar las fuentes de Control y Potencia.

La parte de potencia la maneja una fuente de 24 voltios y la parte de potencia la maneja un fuente de 19 voltios que la reducimos gracias al 7805 una para el microcontrolador y otro para el Sharp

Al sensar el Sharp me va a dar un pulso para que funcione el siguiente proceso y el otro pare un uno gracias a un microcontrolador y otro gracias al PLC.

Diseño electrónico

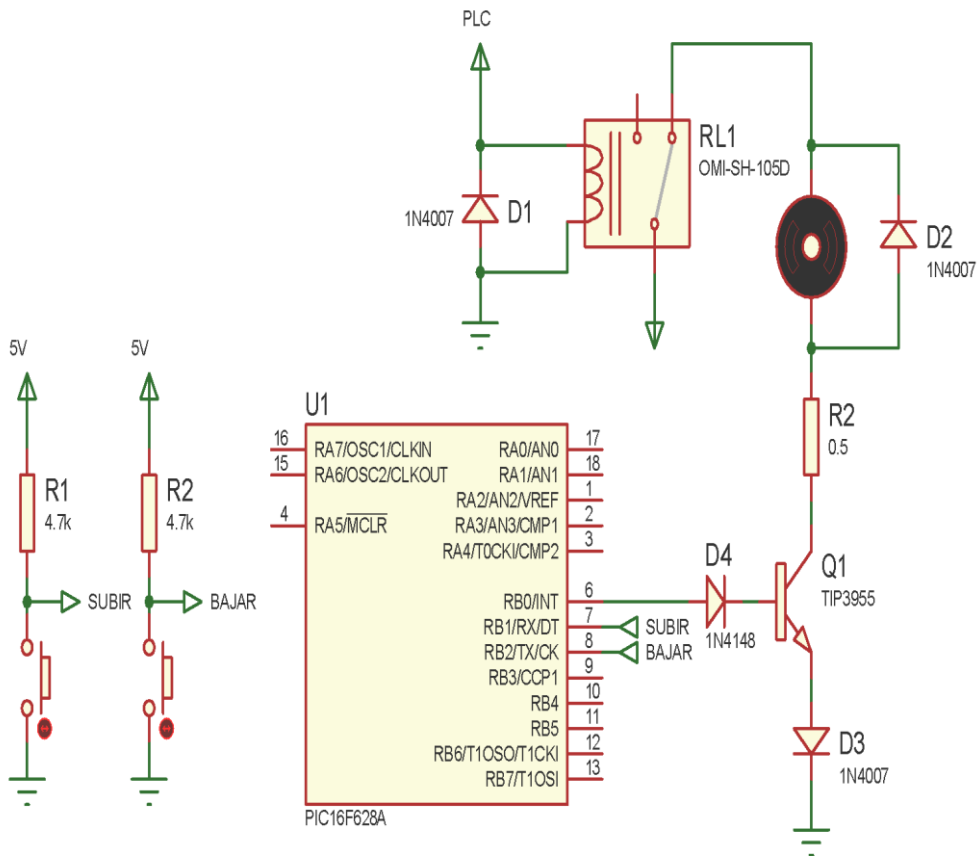


Figura IV.82.- PWM del Motor de la Banda

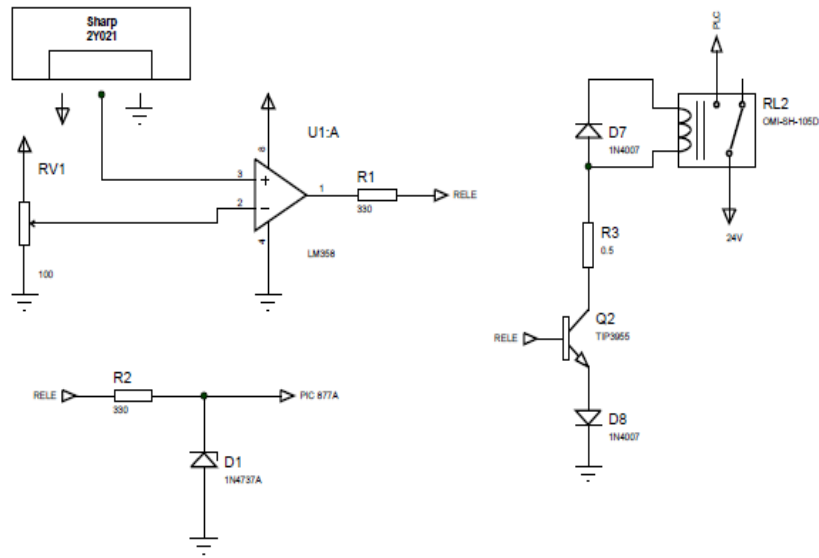


Figura IV.83.- Sensor infrarrojo reflexivo

Programación del PWM de banda transportadora:

```
botsubir var portb.1
botbajar var portb.2
frec var Byte
frec = 100
prog:
  pwm portb.0,frec,30
  if botsubir=0 then subir
  if botbajar=0 then bajar
goto prog
subir:
  gosub rebote
  if frec>249 then
    frec=249
  endif
  frec=frec+25
goto prog
bajar:
  gosub rebote
  if frec>249 then
    frec=249
  endif
  frec=frec-25
goto prog
```

rebote:

```
IF(botsubir=0)THEN GOTO REBOTE  
IF(botbajar=0)THEN GOTO REBOTE  
RETURN
```

4.3.2 DISEÑO DEL ALIMENTADOR ARTICULADO ELECTROMECAÁNICO

Funcionamiento:

Luego que el Sharp del anterior proceso detectó la cubeta da un pulso de accionamiento al microcontrolador 16F628A del brazo manipulador el cual se encarga de hacer PWM con diferentes tiempos de traslado y accionando la electroválvula de vacío.

El cambio de giro se le controla con un puente H L298 diseñado para que resista hasta 5A. Al igual que el anterior circuito este consta de dos tipos de protecciones.

Tiene dos fuentes independientes una fuente de computadora que maneja al motor y otra que maneja al microcontrolador. Al acabar el traslado acciona por un tiempo aproximado de 7 minutos al siguiente proceso. Luego de terminar el tiempo me da un pulso de accionamiento al primer proceso que era la banda transportadora para que el funcionamiento de la maquina sea automático.

Circuitos electrónicos

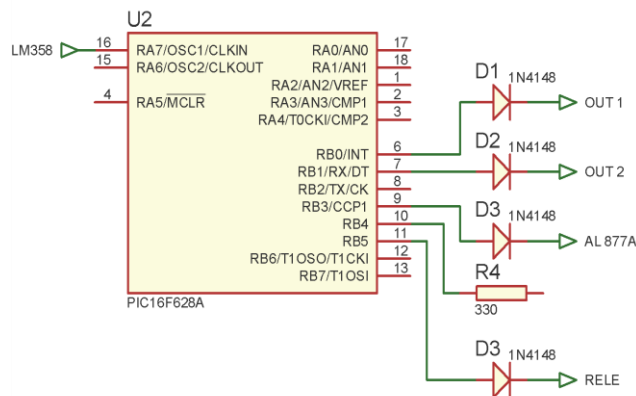


Figura IV.84.- Control de Brazo Manipulador

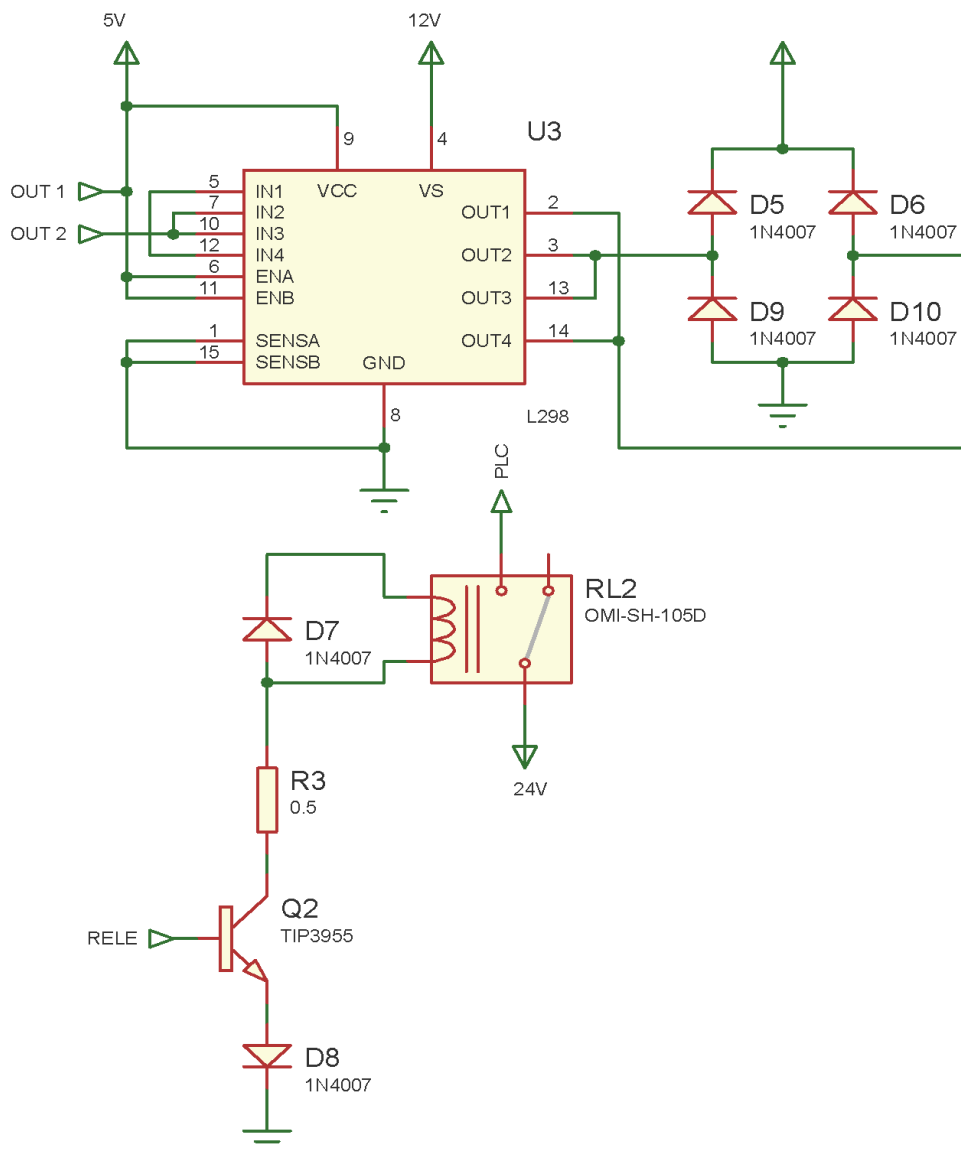


Figura IV.85.- Puente H de 5 A

Programación del PWM del brazo manipulador

```
@ DEVICE pic16F628A, INTRC_OSC
@ DEVICE pic16F628A, WDT_off
@ DEVICE pic16F628A, PWRT_OFF
@ DEVICE pic16F628A, BOD_Off
@ DEVICE pic16F628A, LVP_Off
@ DEVICE pic16F628A, MCLR_OFF
@ DEVICE pic16F628A, CPD_OFF
```

```
cmcon=7
TRISA=%11111111
TRISB=%00000000
portb=%00000000
prog:  if porta.7=1 then
        PORTB.4=1
        pwm portb.0,180,700      ' usar 700 pulsos
        pause 1000                '1000
        pwm portb.1,180,700      ' usar 620 pulsos
        pause 2000                '2000
        pwm portb.0,180,300      ' usar 300 pulsos
        PORTb.3=1
        pause 10000
        PORTB.4=0
        portb.3=0
        portb.5=1
        pause 200
        portb.5=0
    endif  goto prog
end
```

4.3.3 DISEÑO DEL SISTEMA CLASIFICADOR DE HUEVOS EN TRES CLASES DIFERENTES

Funcionamiento

Luego que el microcontrolador 16F628A le da el pulso al microcontrolador 16f877A

El comienza a funcionar con el sistema de traslado en el sistema de traslado existe tres motores dos para el eje X y una para el eje Y los cuales poseen posee driver hechos con TIP 3055 para que el movimiento sea silencioso y más efectivo primeramente los llevara a la posición 1 luego de llegar acciona el siguiente sistema que es de sujeción que ya explicamos anteriormente luego es trasladado a la sección de pesaje.

En este caso del prototipo clasificador la zona de pesaje, se tendrá tres entradas analógicas, una será el canal por donde ingresa el dato acondicionado para determinar el peso del huevo, el cual lo hicimos con adc620 y las otras dos

entradas servirán como referencias del conversor A/D en el momento de la calibración los cuales son dos trimmer.

Para dicho efecto se configura el registro TRISA como entradas en:

RA0 (entrada del valor analógico a convertir)

RA2 (entrada de la referencia inferior del conversor A/D)

RA3 (entrada de la referencia superior del conversor A/D)

Además se debe configurar el registro ADCON1 para tener entradas analógicas en los canales ADCON1=%10001111 ADCON0=%10000101

Calibración

Para la calibración se utiliza un método sencillo, el cual se procede a explicar.

Primeramente se observa el peso que indica el LCD sin peso aplicado y se regula el potenciómetro de precisión que modifica el valor de la tensión en el pin Vref(-) o RA2 del PIC hasta obtener la lectura, luego se coloca un peso patrón, cuyo valor es conocido, y se regula otro potenciómetro de precisión que modifica el valor de la tensión en el pin Vref(+) o RA3 del PIC hasta lograr la visualización, en el LCD, del peso patrón aplicado a la celda de carga.

Luego de ser pesado pasara nuevamente al sistema de sujeción, continuando con el sistema de traslado hasta que vaya al sistema de clasificación que puede ser pequeño, mediano y grande esto lo hará con los cuatro huevos que fueron trasladados los cuales se tardara en clasificarlos unos seis a siete minutos y los motores de traslado se detendrán en la posición inicial.

Circuitos electrónicos

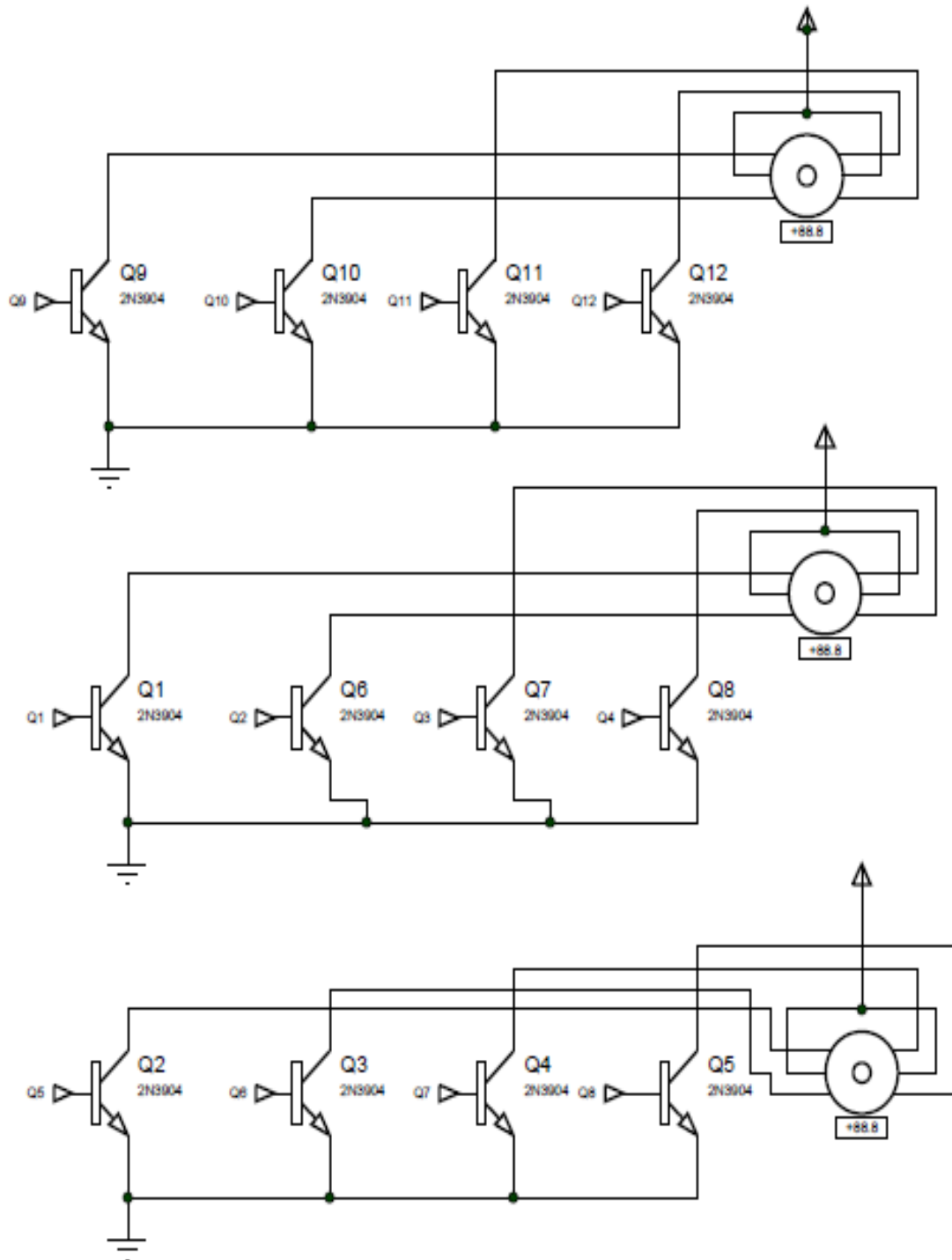


Figura IV.86.- Driver de los motores paso a paso

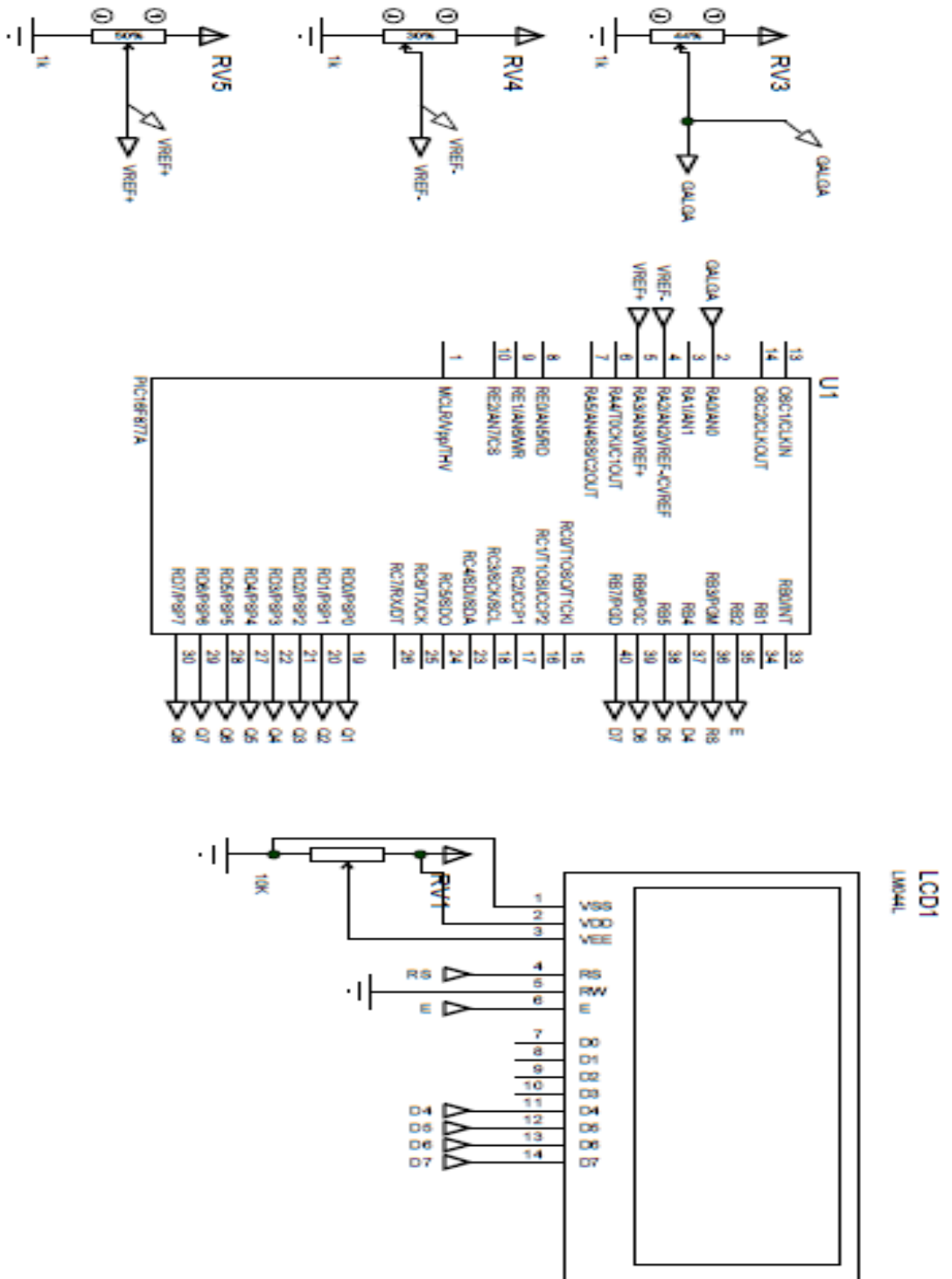


Figura IV.87.- Circuito de Control del Brazo clasificador de huevos

Programación del Cerebro

```
@ DEVICE pic16F877A, XT_OSC
@ DEVICE pic16F877A, WDT_OFF
@ DEVICE pic16F877A, PWRT_OFF
@ DEVICE pic16F877A, BOD_OFF
@ DEVICE pic16F877A, LVP_ON
GOSUB confi_sis
GOSUB variables
goto inicio
confi_sis:
  ADCON1=%10001111
  ADCON0=%10000101
  DEFINE OSC 4
  DEFINE ADC_BITS 10 'se configura el adc de 8bits de resolucion
  DEFINE ADC_SAMPLEUS 100

  DEFINE LCD_DREG PORTb 'declara el puerto a utilizar para el lcd
  DEFINE LCD_DBIT 4 'bit menos significativo del bus de datos
  DEFINE LCD_RSREG PORTb 'define el bit para el rs del lcd
  DEFINE LCD_RSBIT 3
  DEFINE LCD_EREG PORTb 'define el bit par el E del lcd
  DEFINE LCD_EBIT 2
  DEFINE LCD_COMANNDUS 2000
  input portA.0 'puerto A.0 como entrada
  input portB.0 'puerto B.0 como entrada
  output portB.1
  output portc.3
  trisc=%00000000
  trisd=%00000000
  portD=%00000000
  portC=%00000000
  portB.1=0
  portC.3=0
return
variables:
  px var word 'se declara la variable a utilizar
  px1 var word
  i var word
  j var word
  k var word
  h var word
  x var word
  tiempo var word
  TIEMPO1 VAR WORD
  h=0
```

```
i=0
j=0
x=0
return
inicio:
  pause 500
  ' FOR i=1 to 1330          ' usar 470 repeticiones PARA ATRAS
  '   gosub desplazamientoi
  ' next i
  pause 500
  for i=1 to 1870          ' usar 1850 repeticiones para adelante
    gosub desplazamientod
  next i
  gosub huevoc1d
  gosub cubetamedir
  gosub avancemedir
  pause 2000
  ' portb.1=1
  ' pause 200          'Rele 2 apaga vacio
  ' portb.1=0
  pause 3000
  portd=%00000000
  portc=%00000000
  AQUI:
    lcdout $fe,1, dec h
    px=0
    px1=0
    PAUSE 3000
    for k=1 to 201
      ADCIN 0, px          'LEE Y GUARDA EL LO DL CANAL 0 EN LA
VARIABLE px
      px=((px*5)/12)
      px1= px1+px
    next k
    px1=px1/200          'px1 valor a mostrar
    lcdout $fe,$C8,dec PX1," ",dec h
    portc.3=1
  ' pause 200          'rele 1 prende vacio
  ' portc.3=0
  pause 1000
  if px1 >= 270 and px1 <= 296 then
    h=h+1
    portc.0=1
    gosub pausarl
    portc.0=0
    if h=1 then
```

```
        gosub huevo1
    endif
    if h=2 then
        gosub huevo2
    endif
    if h=3 then
        gosub Huevo3
    endif
    if h=4 then
        gosub huevo4
    endif
endif
if px1 >= 297 and px1 <= 308 then
    h=h+1
    portc.1=1
    gosub pausarl
    portc.1=0
    portc.3=1
    if h=1 then
        gosub huevom1
    endif
    if h=2 then
        gosub huevom2
    endif
    if h=3 then
        gosub Huevom3
    endif
    if h=4 then
        gosub huevom4
    endif
endif
if px1 >= 309 and px1 <= 320 then
    h=h+1
    portc.2=1
    gosub pausarl
    portc.2=0
    portc.3=1
    if h=1 then
        gosub huevog1
    endif
    if h=2 then
        gosub huevog2
    endif
    if h=3 then
        gosub Huevog3
    endif
endif
```



```
        if h=4 then
            gosub huevog4
        endif
    endif
    goto AQUI
END
Huevo1:
    gosub retromedir           'regresa motor 3
    gosub huevop               ' cubeta huevos pequeños
    gosub huevoc1d            '1 posicion cubeta de huevos
    gosub cubetad             'regreso posicion deposito
    gosub huevoc2d            '2 posicion de deposito
    gosub cubetamedir         'posicion para pesar
    gosub avancemedir         ' avance motor 3
    portd=%00000000
    portc=%00000000
    goto aqui
Huevo2:
    gosub retromedir           'regresa motor 3
    gosub huevop               ' cubeta huevos pequeños
    gosub huevoc2d            '2 posicion cubeta de huevos
    gosub cubetad2            'regreso posicion deposito 2 columna
    gosub huevoc1d            ' 1 posicion de deposito
    gosub cubetamedir1
    gosub avancemedir
    portd=%00000000
    portc=%00000000
    goto aqui
Huevo3:
    gosub retromedir
    gosub huevop2
    gosub huevoc1d
    gosub cubetad
    gosub huevoc2d
    gosub cubetamedir1
    gosub avancemedir
    portd=%00000000
    portc=%00000000
    goto aqui
Huevo4:
    gosub retromedir
        gosub huevop2
        gosub huevoc2d
    FOR i=1 to 800             ' usar 1900 repeticiones PARA ATRAS
        gosub desplazamientoi
    next i
```

```
portd=%00000000
portc=%00000000
h=0
end
Huevom1:
  gosub retromedir           'regresa motor 3
  gosub huevomp1             ' cubeta huevos pequeños
  gosub huevoc1d             '1 posicion cubeta de huevos
  gosub cubetadm             'regreso posicion deposito
  gosub huevoc2d             '2 posicion de deposito
  gosub cubetamedir         'posicion para pesar
  gosub avancemedir         ' avance motor 3
  portd=%00000000
  portc=%00000000
goto aqui
Huevom2:
  gosub retromedir           'regresa motor 3
  gosub huevomp1             ' cubeta huevos pequeños
  gosub huevoc2d             '2 posicion cubeta de huevos
  gosub cubetadm2           'regreso posicion deposito 2 columna
  gosub huevoc1d             ' 1 posicion de deposito
  gosub cubetamedir1
  gosub avancemedir
  portd=%00000000
  portc=%00000000
goto aqui
Huevom3:
  gosub retromedir
  gosub huevomp2
  gosub huevoc1d
  gosub cubetadm
  gosub huevoc2d
  gosub cubetamedir1
  gosub avancemedir
  portd=%00000000
  portc=%00000000
goto aqui
Huevom4:
  gosub retromedir
  gosub huevomp2
  gosub huevoc2d
  FOR i=1 to 410             ' usar 1900 repeticiones PARA ATRAS
    gosub desplazamientoi
  next i
portd=%00000000
portc=%00000000
```

```
h=0
end
Huevog1:
  gosub retromedir          'regresa motor 3
  gosub huevogp            ' cubeta huevos pequeños
  gosub huevoc1d           '1 posicion cubeta de huevos
  gosub cubetadg           'regreso posicion deposito
  gosub huevoc2d           '2 posicion de deposito
  gosub cubetamedir        'posicion para pesar
  gosub avancemedir        ' avance motor 3
  portd=%00000000
  portc=%00000000
goto aqui
Huevog2:
  gosub retromedir          'regresa motor 3
  gosub huevogp            ' cubeta huevos pequeños
  gosub huevoc2d           '2 posicion cubeta de huevos
  gosub cubetadg2         'regreso posicion deposito 2 columna
  gosub huevoc1d           ' 1 posicion de deposito
  gosub cubetamedir1
  gosub avancemedir
  portd=%00000000
  portc=%00000000
goto aqui
Huevog3:
  gosub retromedir
  gosub huevogp2
  gosub huevoc1d
  gosub cubetadg
  gosub huevoc2d
  gosub cubetamedir1
  gosub avancemedir
  portd=%00000000
  portc=%00000000
goto aqui
Huevog4:
  gosub retromedir
  gosub huevogp2
  gosub huevoc2d
  for j = 1 to 23          'retorno huevo 2 DEPOSITO
    gosub avanceI
  NEXT J
  portd=%00000000
  portc=%00000000
h=0
end
```

```
avancemedir:
  for j = 1 to 44      ' HUEVO pesar
    gosub avanceD
  next j
  portc.3=0
return
retromedir:
  for j = 1 to 44      'retorno huevo 1
    gosub avanceI
  NEXT J
return
huevoP:
  for i=1 to 420      'usar 400 repeticiones para poner en la cubeta de huevos
  pequeños
    gosub desplazamientoi
  next i
return
huevoP2:
  for i=1 to 530      'usar 510 repeticiones para poner en la cubeta de huevos
  pequeños
    gosub desplazamientoi
  next i
return
huevoM1:
  for i=1 to 810      'usar 820 repeticiones para poner en la cubeta de huevos
  medianos
    gosub desplazamientoi
  next i
return
huevoM2:
  for i=1 to 920      'usar 930 repeticiones para poner en la cubeta de huevos
  medianos
    gosub desplazamientoi
  next i
return
huevoG1:
  for i=1 to 1220     'usar 1220 repeticiones para poner en la cubeta de huevos
  grandes
    gosub desplazamientoi
  next i
return
huevoG2:
  for i=1 to 1330     'usar 1350 repeticiones para poner en la cubeta de huevos
  grandes
    gosub desplazamientoi
  next i
```

```
return

pausar:
  pause 5
return
pausar1:
  pause 10
return
pausarl:
  pause 2000
return
huevoc1d:
for j = 1 to 43      ' HUEVO 1 cuveta DEPOSITO
  gosub avanceD
next j
if x=0 then
  portc.3=1
  x=1
endif
if x=1 then
  portc.3=0      'rele 2 desconectar vacio
' pause 200
' portb.1=0
  x=0
endif
pause 3000
portb.1=0
for j = 1 to 43      'retorno huevo 1 DEPOSITO
  gosub avanceI
NEXT J
return
cubetamedir:
FOR i=1 to 540      ' cubeta medir
  gosub desplazamientoi
next i
return
cubetamedir1:
FOR i=1 to 430      ' usar 470 repeticiones PARA ATRAS 2 columna
cubeta de reposo
  gosub desplazamientoi
next i
return
huevoc2d:
for j = 1 to 24      ' HUEVO 2 cuveta DEPOSITO
  gosub avanceD
next j
```

```
if x=0 then
  portc.3=1
  ' pause 200          'rele 1 conectar vacio
  ' portc.3=0
  x=1
endif
if x=1 then
  portc.3=0          'rele 2 desconectar vacio
  ' pause 200
  ' portb.1=0
  x=0
endif
PAUSE 5000
for j = 1 to 24      'retorno huevo 2 DEPOSITO
  gosub avanceI
NEXT J
return
cubetad:
for i=1 to 960      'usar 980 repeticiones para adelante vuelve a la cubeta de reposo
  gosub desplazamientod
next i
return
cubetad2:
for i=1 to 850      'usar 870 repeticiones para adelante vuelve a la cubeta de reposo
segunda fila
  gosub desplazamientod
next i
return
cubetadm:
for i=1 to 1350     'usar 1400 repeticiones para adelante vuelve a la cubeta de
reposo
  gosub desplazamientod
next i
return
cubetadm2:
for i=1 to 1240     'usar 870 repeticiones para adelante vuelve a la cubeta de
reposo segunda fila
  gosub desplazamientod
next i
return
cubetadg:
for i=1 to 1760     'usar 1720 repeticiones para adelante vuelve a la cubeta de
reposo
  gosub desplazamientod
next i
return
```

```
cubetadg2:
for i=1 to 1650      'usar 870 repeticiones para adelante vuelve a la cubeta de
reposo segunda fila
  gosub desplazamientod
next i
return
desplazamientod:
  portd=%10001000
  gosub pausar
  portd=%01000100
  gosub pausar
  portd=%00100010
  gosub pausar
  portd=%00010001
  gosub pausar
return
desplazamientoi:
  portd=%00010001
  gosub pausar
  portd=%00100010
  gosub pausar
  portd=%01000100
  gosub pausar
  portd=%10001000
  gosub pausar
return
avanceD:      ' avanza a la derecha
  PORTC=%00010000
  gosub pausar1
  portc=%00100000
  gosub pausar1
  portc=%01000000
  gosub pausar1
  portc=%10000000
  gosub pausar1
return
avanceI:
  PORTC=%10000000
  gosub pausar1
  portc=%01000000
  gosub pausar1
  portc=%00100000
  gosub pausar1
  portc=%00010000
  gosub pausar1
return
```

4.3.4 DISEÑO DE LAS FUENTES DE VOLTAJE DEL SISTEMA

En este proyecto se requiere una tensión fija y estable de un valor determinado, para este caso +5V, +12V, -12V, +24V. Un regulador de voltaje proporciona un voltaje de salida de DC constante que es prácticamente independiente del voltaje de entrada, la corriente de carga de salida y la temperatura.

El regulador de voltaje forma parte de una fuente de alimentación. Su voltaje de entrada proviene de la salida filtrada de un rectificador derivada de un voltaje de AC –DC

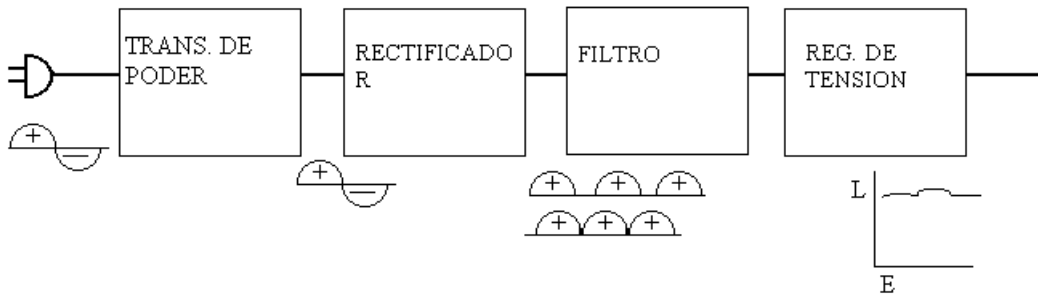


DIAGRAMA: FUENTE DE PODER BASICA

Figura IV.88.- Diagrama de bloques de una fuente de voltaje DC

El Transformador

El transformador para una alimentación estabilizada debe ser, un transformador separador, esto quiere decir, que ha de disponer por seguridad, de dos devanados separados galvánicamente (eléctricamente), no es conveniente utilizar los llamados auto-transformadores los cuales como se sabe están contruidos por una única bobina o devanado, el cual está provisto de diferentes tomas para obtener varias tensiones de salida.

En el transformador es importante tomar en cuenta que la tensión en vacío del secundario debe multiplicarse por la raíz cuadrada de dos ($\pm 1,42$). En cuanto a la intensidad se debe tomar en cuenta qué corriente se le exigirá a la salida, para esto se puede aplicar el mismo criterio del factor raíz cuadrada de dos.

Las fuentes DC del prototipo clasificador de huevos son cuatro:

La primera fuente es la que se encarga de entregar de alimentar a los sistemas de control de cada proceso que es de 5 Voltios. La fuente de 24V DC del PLC que controla las electroválvulas y las salidas de relés. La siguiente fuente es una fuente de computadora la cual controla 1 motor dc del brazo manipular y tres motores paso a paso del brazo del sistema clasificador de huevos de tres tipos diferentes. La última fuente es la encargada de excitar a la celda de carga y a su circuito de acondicionamiento para la cual debe ser simétrica.

El Rectificador

Para rectificar una tensión se debe tener muy claro el tipo de fuente que se va a necesitar, en contadas ocasiones se opta por una rectificación de media onda, pero es muy conveniente disponer de un rectificador de onda completa, para minimizar el rizado. Los diodos encargados de esta función han de poder disiparla potencia máxima exigible además de un margen de seguridad.

La tensión nominal del rectificador debe tener así mismo un margen para no verse afectado por los picos habituales de la tensión de red, como factor de seguridad se puede aplicar el criterio del doble del voltaje, es así que para una tensión de secundario simple de 24V, se debe usar unos diodos de 50V como mínimo.

Los puentes rectificadores encapsulados que se encuentran en el mercado soportan voltajes de hasta 700V, por lo tanto uno de estos resultaría más que suficiente en la fuente del prototipo clasificador.

El Capacitor electrolítico o filtro

La función del capacitor que se halla a la entrada del regulador es filtrar la tensión de posibles transitorios y picos indeseables, mientras que los capacitores de la salida del regulador, disminuyen la tensión de rizado, a la vez que evitan oscilaciones.

Para determinar el valor del capacitor electrolítico que se ha de aplicar a la salida del puente rectificador, puede usarse el criterio de colocar un capacitor de 2.000 uF por Amperio de salida y la tensión del doble del valor superior estándar al requerido, o sea, según esto, para la fuente de 1A a 24 V, el condensador electrolítico debe ser al menos de 2.000 uF/50V.

El Regulador

En el caso de necesitar corrientes a 1A, se utilizarán reguladores de la serie LM78XX, y para voltajes negativos se utilizará el regulador LM79XX, cada uno de estos dispositivos posee sólo tres terminales, uno corresponde a la entrada de tensión no regulada, otra es la salida regulada y la restante es la tierra común a ambas. Resumiendo, y para comprender completamente la simplicidad de una fuente de alimentación de este tipo, solo basta observar el diseño de la figura 3.89

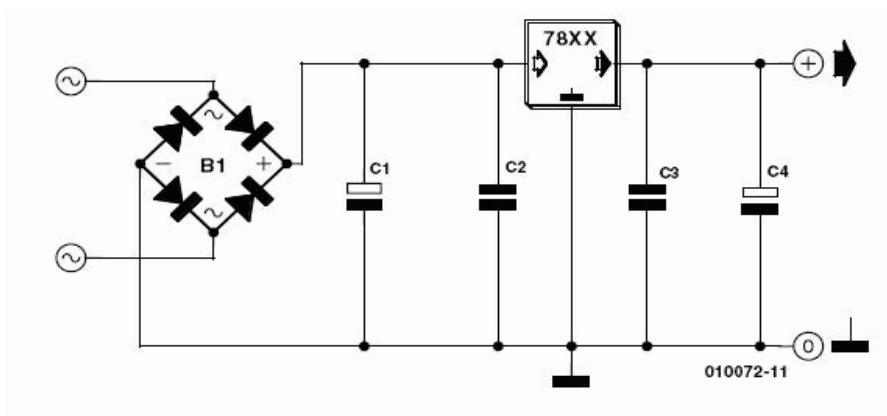


Figura IV.89.- Diseño de los reguladores LM78XX

Es necesario además colocar un diodo entre los terminales 1 y 3 del regulador LM78XX, con el fin de dar seguridad al regulador, contra tensiones inversas y evitar las tensiones parásitas o transitorias que lo destruyan.

4.3.5 PROGRAMACIÓN DEL PLC

Anexo 4

CAPÍTULO V

FUNCIONAMIENTO

5.1. PUESTA EN MARCHA, PRUEBAS Y RESULTADOS

Una vez que se ha finalizado con la puesta en marcha de todos y cada uno de los sistemas que constituyen el prototipo clasificador de huevos, se procedió a ejecutar pruebas de funcionamiento para determinar el comportamiento del prototipo y sus componentes principales como son los actuadores: motores y electroválvulas; y sensores: de proximidad fotoeléctrico y de peso, además del sistema que controla la secuencia de clasificación.

Las pruebas priorizaron el cumplimiento de secuencias, ya que es importante completar cada secuencia, pues cualquier falla interrumpiría el proceso de clasificación, pudiendo desencadenar en la ruptura de los huevos durante el proceso.

Las pruebas realizadas fueron las siguientes:

1. Pruebas de funcionamiento de la banda transportadora.
2. Pruebas de funcionamiento de la celda de carga.
3. Pruebas del motor a pasos.
4. Pruebas del sistema neumático.
5. Pruebas del sistema de control del proceso.

5.1.1 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA BANDA TRANSPORTADORA

La banda transportadora debe tener un correcto funcionamiento en el sentido de que la banda debe avanzar hasta que el sensor de proximidad sienta la llegada de la cubeta de huevo a la zona de pesaje, en ese momento la banda debe detenerse, y esperar que el resto del proceso de clasificación se complete, una vez que el huevo ha sido clasificado, la banda transportadora debe reanudar su movimiento hasta que el siguiente huevo llegue de igual manera a la zona de pesaje.

Las condiciones que debe cumplir la banda transportadora son las siguientes:

Si un cubeta llega a la zona de pesaje, la banda debe detenerse inmediatamente a fin de evitar que el siguiente cubeta venga muy pegado, y empuje a la otra.

Luego que la primera cubeta es detectada por el sensor si el sensor detecta antes de que no termine el proceso no pasara nada.

Los resultados de estas pruebas fueron satisfactorios, ya que al colocar las cubetas huevos en la banda transportadora y hacerla trabajar, la banda transportadora se detuvo inmediatamente en el momento en que cada huevo ingresó en la zona de pesaje, y reanudo su movimiento automáticamente después de haber completado el proceso de clasificación.

5.1.2 PRUEBAS DE FUNCIONAMIENTO DE LA CELDA DE CARGA

Estas prueba permiten verificar el correcto funcionamiento de la celda de carga tanto sin peso como utilizando pesos conocidos y de esta manera poder medir las distintas respuestas de voltaje ante estas situaciones.

5.1.2.1 SEÑAL DE SALIDA EN CERO

Esta prueba que se le realiza a la celda de carga permite conocer su señal de salida en cero.

Una señal de salida en cero, no es necesariamente sin peso aplicado, sino solo con el peso de la plataforma o estructura aplicada en ella. Para realizar esta prueba se alimentó la celda de carga con el respectivo voltaje de excitación 12 voltios y se midió la salida.

Idealmente la salida de la celda debe ser menor de 1 a 2,5 mV, aunque en ciertas celdas, la señal puede llegar hasta los 4mV, si excede este valor, se puede decir que la celda esta desviada o el peso de la estructura esta excedido. La salida de cero obtenida en la celda de carga del prototipo, fue de 0 mV.

Por lo tanto se puede considerar que la celda no se encuentra desviada y que la estructura está en el peso adecuado.

5.1.2.2 RESPUESTA DE LA CELDA DE CARGA

Esta prueba consiste en determinar la curva de funcionamiento de la celda de carga colocando pesos con valores conocidos sobre la plataforma de pesaje y midiendo la respuesta de voltaje luego de que se ha filtrado y amplificado la señal. Estas mediciones permitirán encontrar una gráfica que relacione el voltaje con el peso.

Tabla V.13.- Mediciones de la respuesta de la celda de carga

	Voltaje (V)	Peso (g)
1	2,74	55
2	2,78	56
3	2,83	59
4	2,90	60
5	2,99	61
6	3,18	63
7	3,20	67
8	3,24	68
9	3,30	69
10	3,36	70

Esta tabla incluye el peso del soporte de la bandeja de pesaje, así que el voltaje mostrado corresponde al peso del huevo más el del soporte o estructura; al ser el peso de la estructura el mismo para todas las mediciones, no influye en los distintos pesos de los huevos. La curva de respuesta se muestra en la figura IV.90

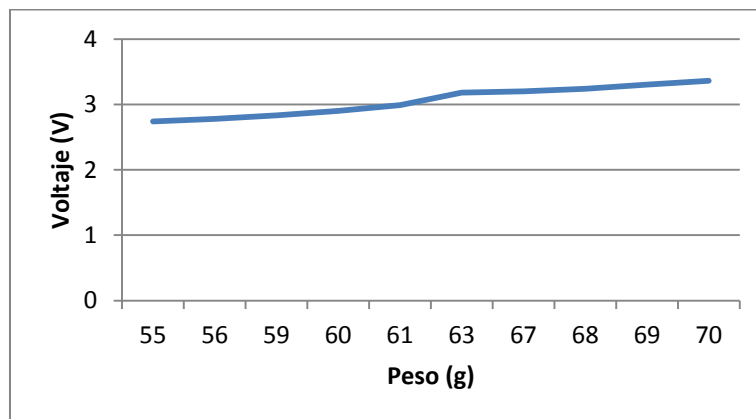


Figura V.90.- Curva de respuesta de la celda de carga

5.1.2.3 REPETIBILIDAD DE LA CELDA DE CARGA

Esta prueba se realiza con peso de aproximadamente la mitad de la capacidad (si es posible). Y se realiza aplicando el peso en el mismo sitio siempre, tomando nota y bajándolo, y se repite la operación por lo menos 10 veces.

Se compara la lecturas tomadas y se ve si repite, el error admitido es proporcionado por el fabricante, y se expresa en porcentaje de la señal de salida a carga nominal; para el caso de la celda de carga usada en este proyecto el error de repetitividad es 0,01%Fs.

El peso aplicado a la celda de carga fue de 59 gramos, 67 gramos y 70 gramos y se obtuvo las siguientes respuestas.

Tabla V.14 Repetitividad de la celda de carga

	Peso (g)	Voltaje (V)
1	59	2,93
2	59	2,95
3	59	2,94
4	59	2,90
5	67	3,28
6	67	3,26
7	67	3,28
8	67	3,27
9	70	3,34
10	70	3,33
11	70	3,33
12	70	3,34

5.1.3 PRUEBAS DEL MOTOR A PASOS

Las pruebas realizadas al motor a pasos fueron orientadas a optimizar y disminuir el tiempo que tarda el prototipo en completar el proceso de clasificación de un huevo, esto se logra debido a que el motor a pasos es el encargado de mover el brazo neumático que transporta a cada huevo desde el lugar donde es pesado hasta su respectiva zona de clasificación, y posteriormente regresar a la siguiente posición donde proseguirá con el siguiente huevo.

El poder disminuir el tiempo que tarda el brazo en ir y volver repercutirá en que el tiempo que demora el proceso de clasificación se disminuya y así poder clasificar la mayor cantidad de huevos en el menor tiempo posible.

A diferencia de los motores de DC, la velocidad de un motor a pasos no depende del voltaje con el que está alimentado, sino que depende del tiempo o pausa de tiempo entre paso y paso, por lo tanto, la optimización de este parámetro debe hacerse directamente en el programa del microcontrolador PIC que gobierna la rutina de control del motor a pasos.

Para poder realizar las pruebas se prosiguió de la siguiente manera: se colocó una pausa de tiempo entre paso y paso del motor empezando en 30 milisegundos, y se tomó el tiempo que demora el brazo en recorrer todo el trayecto de la riel del sistema de traslado, luego se fue disminuyendo paulatinamente la pausa entre cada paso hasta lograr obtener la mínima pausa que puede tener el motor sin que influya en su comportamiento normal.

5.1.4 PRUEBAS DEL SISTEMA NEUMÁTICO

Las pruebas que se realizaron al sistema neumático, se las hizo de manera separada, primero se hizo pruebas al cilindro de doble efecto, y luego las pruebas al generador de vacío.

5.1.4.1 PRUEBAS DEL CILINDRO DE DOBLE EFECTO

Es importante realizar pruebas al cilindro de doble efecto para poder manejar dos aspectos importantes tanto en su bajada como en su subida:

Primero se necesita que su bajada no sea tan brusca porque esto podría producir que el vástago y por lo tanto la ventosa, lleguen abajo con fuerza y lograrían romper el huevo en el momento de su contacto, además la subida tampoco puede ser tan brusca porque eso pudiera ocasionar que se produzca un golpe en el momento de llegar a la parte superior, y por efecto de la reacción el huevo se soltaría, cayéndose y produciendo su ruptura.

El Segundo aspecto tiene importancia en lo que se refiere al tiempo que demora el proceso de clasificación, esto es porque al lograr que la bajada y la subida no sean tan bruscas, también se logra que la bajada y la subida sean más lentas, por lo tanto lo óptimo es coordinar la regulación de estos parámetros para que se pueda obtener una salida y entrada del vástago sin brusquedad, y que sea lo más rápida posible.

Esto lo hará el regulador de presión

5.1.5 PRUEBAS DEL GENERADOR DE VACÍO

El objetivo de hacer pruebas en el generador de vacío es obtener un vacío apropiado al extremo de la ventosa, es decir que la succión no sea tan fuerte que venza la cáscara del huevo haciendo que esta se trise o incluso que se rompa.

Por otro lado si la succión es muy débil no se podrá transportar el huevo en el brazo hacia su zona de clasificación, ya que por efecto del movimiento, y al ser la fuerza de succión demasiado débil, el huevo se caerá en el trayecto y no se podrá completar el proceso de clasificación. El huevo no se trisa

5.1.6 PRUEBAS DEL SISTEMA DE CONTROL

Las pruebas del sistema de control fueron orientadas a comprobar que el prototipo cumpla con toda la secuencia de clasificación desde que inicia el proceso hasta que los huevos quedan correctamente clasificados en el menor tiempo posible, por lo tanto las pruebas se las hizo a partir de cuatro puntos de vista.

El primero es verificar que el prototipo inicie y acabe la secuencia automáticamente sin presentar alguna falla durante el trayecto para evitar la ruptura de los huevos durante el proceso.

El segundo es lograr que el prototipo haga la clasificación de manera correcta, es decir que los huevos terminen ubicados en sus respectivas canaletas, grandes, medianos, o pequeños según les corresponda.

El tercero consiste en lograr que el prototipo haga todo este proceso de manera correcta pero en el menor tiempo posible.

Finalmente el cuarto es tratar de que el peso de cada huevo indicado en la pantalla LCD del prototipo, corresponda al peso real del huevo.

Esta prueba se las hizo ya en la puesta en marcha de todo el sistema,

CONCLUSIONES:

En el diseño y construcción del prototipo clasificador de huevos automático, se aplican varios conocimientos los cuales en conjunto permiten el desarrollo óptimo de este tipo de máquinas, por lo cual es importante el saber interconectar y poner en funcionamiento distintos sistemas y elementos como sensores, actuadores, sistemas digitales, electrónicos y neumáticos, los cuales toman importancia al interactuar entre todos como sucede en la mayoría de maquinarias e industrias.

El sistema de pesaje fue realizado fuera de la banda transportadora debido a algunos parámetros que se tomó en cuenta, entre ellos la fricción y el desgaste que se hubiera producido tanto en la banda como en la celda de carga al realizar el pesaje en la misma banda (pesaje dinámico), esto produce un incremento considerable de costos debido a que una celda de carga para pesaje dinámico con todas las protecciones y tiempo de respuesta necesario es extremadamente costosa, sin mencionar los costos de mantenimiento que también se incrementan.

Fue necesario colocar protecciones como diodos, transistores y relés para el microcontrolador debido a que muchos elementos trabajan intermitentemente, incluyendo el motor que maneja la banda transportadora produciendo corrientes parásitas que pueden afectar al sistema de control.

La clasificación de huevos se la realizó únicamente en tres tamaños pequeño, mediano y grande, debido a que el proyecto se trata de un prototipo pequeño para la cual la importancia radica en el funcionamiento automatizado del prototipo. Sin embargo la clasificación se puede extender a varios tamaños más modificando los rangos de clasificación en la programación y físicamente extendiendo la estructura y aumentando el número de contenedores para los distintos tamaños, aunque esto aumentaría los costos del prototipo.

La reducción de velocidad del brazo manipulador fue realizada con un motorreductor variable acoplado al motor, 1:25 y también lo hicimos mediante PWM esto también lo hicimos en la banda transportadora controlando su

velocidad con PWM ya que los motores eran demasiado rápidos ya que al tratarse de un producto frágil se necesita una velocidad media baja de transporte, y este motor reductor y con el PWM brinda la posibilidad de controlar la velocidad hasta que sea la óptima requerida por el usuario. En el brazo del sistema clasificador de huevos no se optó por los motores que tienen ya el motor reductor acoplado en una misma estructura, ya que estos no permiten la variación de la velocidad de manera sencilla, y se hubiera necesitado elementos semiconductores haciendo más complicado y sobre todo más costoso este proceso.

El sistema de traslado fue adaptado con motores paso a paso para mover el brazo hacia la posición de clasificado y luego retornar hacia la posición inicial fácilmente.

El sistema de vacío como una alternativa de transporte de objetos, resulta interesante en esta aplicación debido a la fragilidad de los huevos, haciendo que la combinación del aire y una ventosa flexible resulten ideales para permitir la movilidad de los huevos sin maltratarlos ni estropearlos; motivo por el cual en muchas industrias dedicadas a la venta y distribución de huevos de gallina se utiliza este sistema.

Con el diseño de la zona de pesaje concluimos que con el Microcontrolador 16F877A tiene una precisión de 10 bits que es de $1/1024$ en milivoltios.

RECOMENDACIONES

Para un correcto funcionamiento del prototipo clasificador de huevos se recomienda aislar la fuente que alimenta el circuito de control de la parte de potencia, ya sea con un transformador de aislamiento o conectando en fases distintas.

Para mejorar la precisión en el pesaje de los huevos, se puede optar por la compra de una celda de carga de mejor calidad y de una menor capacidad, es decir de 100 g máximo, para que de esta manera se pueda tener voltajes más manejables en la salida y la amplificación pueda hacerse de manera más sencilla evitando la interferencia del ruido.

Como una alternativa de continuación para este proyecto, pueden existir dos tipos de proyectos complementarios orientados, el uno a un prototipo que dispense de manera ordenada los huevos hacia el clasificador, y el otro proyecto puede encargarse de empaquetar los huevos que queden ya clasificados en sus respectivos contenedores.

Se recomienda que se revise la calibración de la celda de carga, únicamente si se comprueba que se está afectando en el proceso de clasificación, es decir que la clasificación se está haciendo de manera incorrecta, ya que después de varios meses de uso, la celda podría dar errores en el peso, pero si estos errores no son grandes no influirá en la clasificación.

RESUMEN

Con el diseño e implementación de un módulo didáctico para clasificación, empaqueo e inspección de huevos aplicando PLC, se dispone de una herramienta de apoyo para facilitar el proceso de aprendizaje de los alumnos de la escuela de ingeniería electrónica.

Se aplicó el método inductivo para su diseño e implementación. Las técnicas utilizadas fueron lógica cableada y control automático las cuales facilitaron la solución para este proyecto

En el proyecto se usó los siguientes materiales: cilindro neumáticos, ventosas, electroválvulas, motores dc, motores paso a paso, PLC, microcontroladores, transistores de potencia y perfiles de Aluminio, elementos: conectores, racores, manguera neumática, cable. Herramientas: destornilladores, hexagonales, remachadora. Software Sistema Operativo Windows 7, para el diseño electrónico utilizamos proteus, para la programación de los microcontroladores utilizamos microcode, para la programación del PLC FlexiSoft.

El diseño de la estructura física se basa en una banda transportadora con control de velocidad, un alimentador articulado electromecánico, de un brazo clasificador de sistema cartesiano el cual nos clasifica en tres pesos diferentes: Pequeños 59gr, Medianos 67gr y grandes 70gr.

El sistema de vacío como una alternativa de transporte de objetos, resulta interesante en esta aplicación debido a la fragilidad de los huevos, haciendo que la combinación del aire y una ventosa flexible resulten ideales para permitir la movilidad de los huevos sin maltratarlos ni estropearlos; motivo por el cual se los utiliza en las industrias.

Se pretende dar una alternativa económica y rápida al sistema de clasificados de huevos al sector avícola.

SUMMARY

A didactic machine has been designed and implemented for classifying, packing and inspecting eggs applying PLC. This is a supporting tool to make easy the students learning process in the Electronic Engineering School.

The inductive method was applied for the design and implementation. Besides, cabling logic and automatic control were used as techniques to work out this project.

The following materials were used: pneumatic cylinder, vents, electro valves, DC motors, stepper motors, PLC, microcontroller, power transistors and aluminum profiles. Elements such as: connectors, coupling, pneumatic hose, cable. Tools: screwdrivers, hexagonal wrenches, riveting machines. Windows 7 Software Operating System was used. In addition to, proteus was used for the electronic design. Microcode was used for the microcontroller programming and the flexisoft PLC programming.

The physical structure design is based on a transporting band with speed control, an articulated electromechanical feeder, an arm Cartesian System classifying into three weights: Small 59gr, average 67gr and big 70gr.

The vacuum system as an object transporting is a suitable alternative for this application due to egg fragility. The air and flexi vent mixture is ideal to move eggs without damaging them, that is why, it is used in industries

It is intended to give an affordable and fast alternative to the eggs classifying system for the poultry industry.

BIBLIOGRAFÍA

1. **FLOYD THOMAS L.**, Dispositivos Electrónicos., 8ª Ed., California_Estados Unidos., Prentice Hall ., 2005., P.p. 105-120
2. **NORTON HARRY N.**, Sensores y Analizadores., 3ª Ed., Cataluña_España., Prentice Hall Pearson., 2005., P.p. 150-180

BIBLIOGRAFÍA DE INTERNET

3. **MOTORES DC E INVERSIÓN DE GIRO**
http://es.wikipedia.org/wiki/Motor_de_corriente_continua
<http://www.iesluisdelucena.es/dpp/docs/presentaciones/Contr>
2012-05-07
4. **MOTORES PASO A PASO**
<http://www.monografias.com/trabajos17/motor-paso-a-paso>
<http://www.todorobot.com.ar/informacion/tutorial%20stepper/st>
http://robots-argentina.com.ar/MotorPP_basico.htm
2012-05-21

5. ROBOT CARTESIANO

http://www.ime.eb.br/~pinho/micro/trabalhos/Robot_Bioins_I.pdf

http://es.wikipedia.org/wiki/Robot_industrial

http://cfievalladolid2.net/tecno/cyr_01/robotica/industrial.htm

<http://isa.umh.es/asignaturas/rvc/tema1.pdf>

<http://es.wikipedia.org/wiki/Robot>

2012-06-05

6. ROBOT MANIPULADOR

http://robots-argentina.com.ar/Sensores_general.htm

<http://www.alegsa.com.ar/Dic/robot.php>

<http://seleccionsalmon.blogcindario.com/2007/03/00003-onceptos->

<http://www.infob.uclm.es/labelec/solar/electronica/introduccion/int>

<http://tatas.galeon.com/>

2012-06-12

7. ACTUADORES

www.monografias.com/trabajos13/actoneu/actoneu.shtml

www.uhu.es/rafael.../Actuadores%20neumaticos.ppt

2012-07-02

8. ELECTROVÁLVULAS

<http://www.netcom.es/pepeaut/electrovalvulas.html>

2012-07-2

9. VENTOSAS

<http://www.vacuworld.com/es/unternehmen/uebersicht.html.es>

2012-07-10

10. PLC

<http://www.phoenixsalesinc.com/page7.html>

<http://www.atcinc-usa.com/Download.html>

<http://www.siamcontrol.co.uk/datasheets/>

2012-10-15

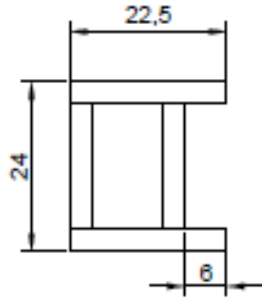
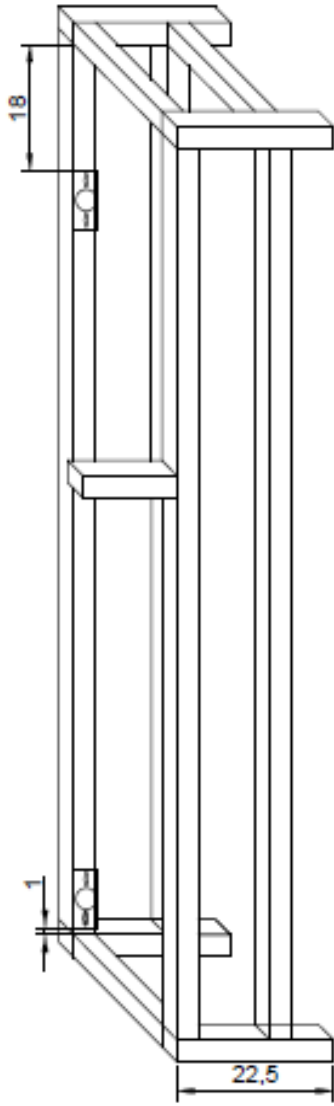
ANEXOS

ANEXO I

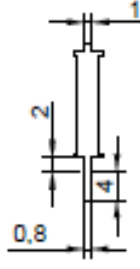
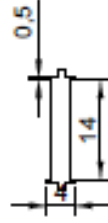
PLANOS DE LA

ESTRUCTURA DEL

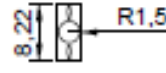
PROYECTO



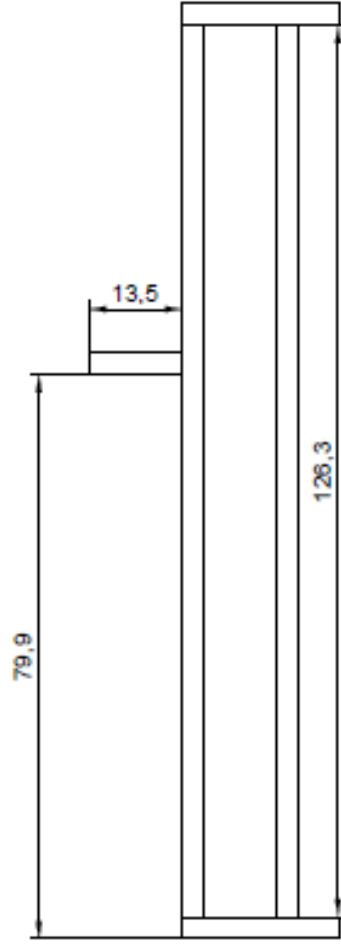
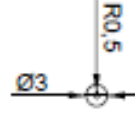
RODILLOS



CHUMACERAS



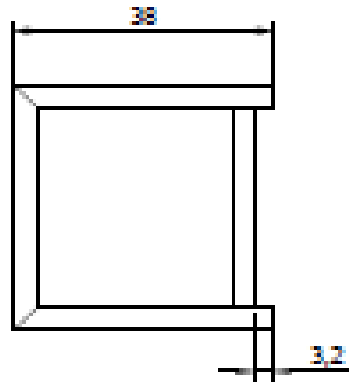
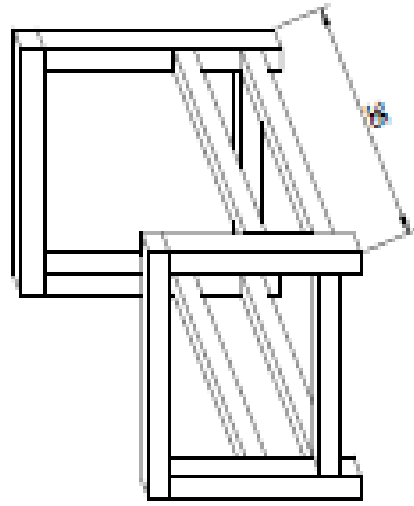
RODAMIENTOS



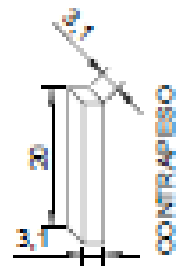
ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

BANDA TRANSPORTADORA

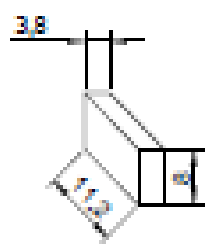
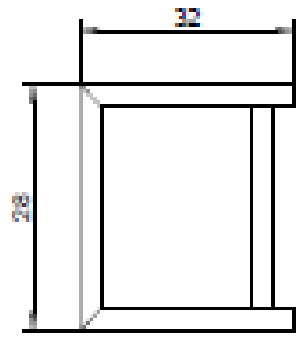
ESCUELA DE ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES



ESTRUCTURA DEL BRAZO MECANICO



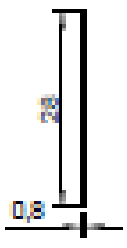
CONTRAPIESO



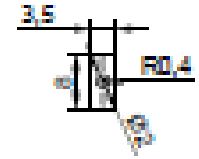
SUJETADOR DE VENTOSAS



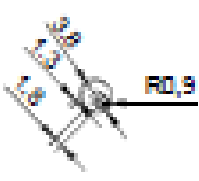
DISTRIBUIDOR DE VACIO



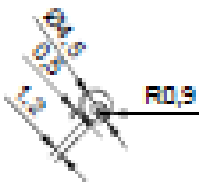
EJES DEL BRAZO MANIPULADOR



CHUMACERAS



PIEZAS ESTATICAS PARA EJES

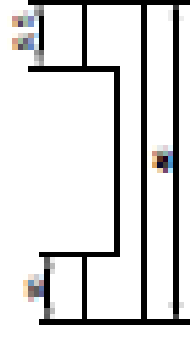
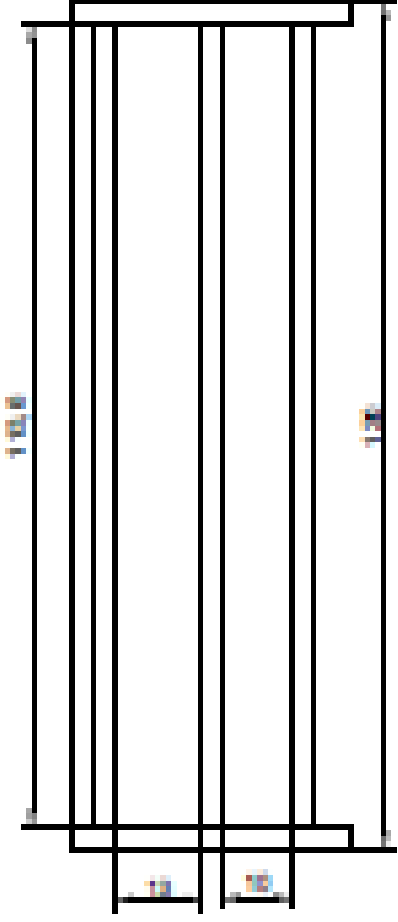
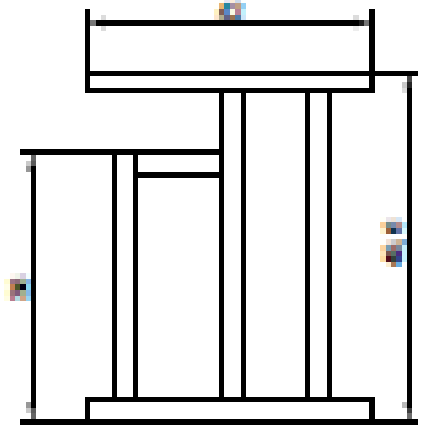
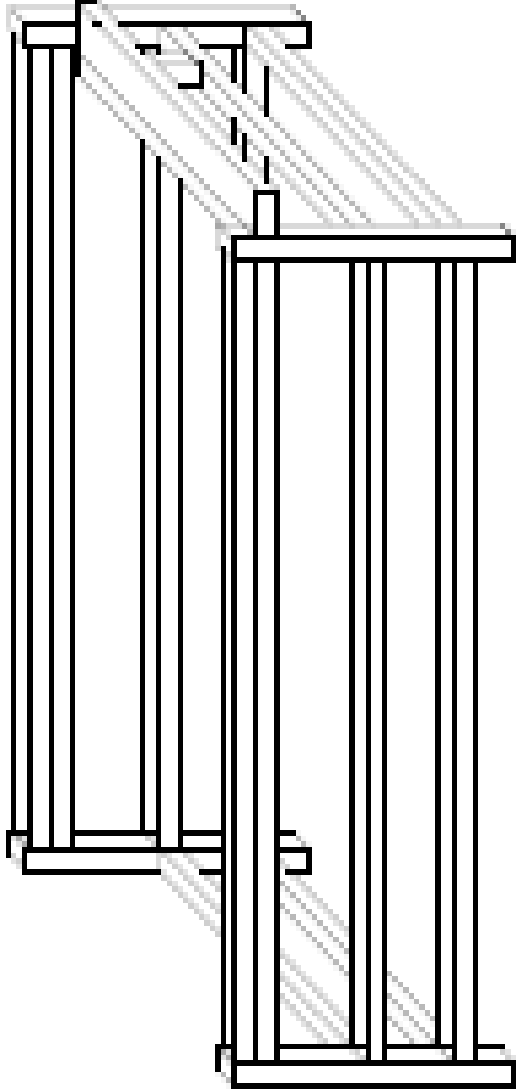


PIEZAS ESTATICAS PARA EJES

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

BRAZO MANIPULADOR

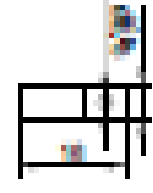
ESCUELA DE ELECTRONICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES



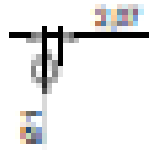
BRINCO PARA EL MONTAJE DEL EJE Y



PIEZA MOTRIZ PARA EJE Y



PIEZAS PARA MANTENER EL CILINDRO



ENGRANES PARA CADENA

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

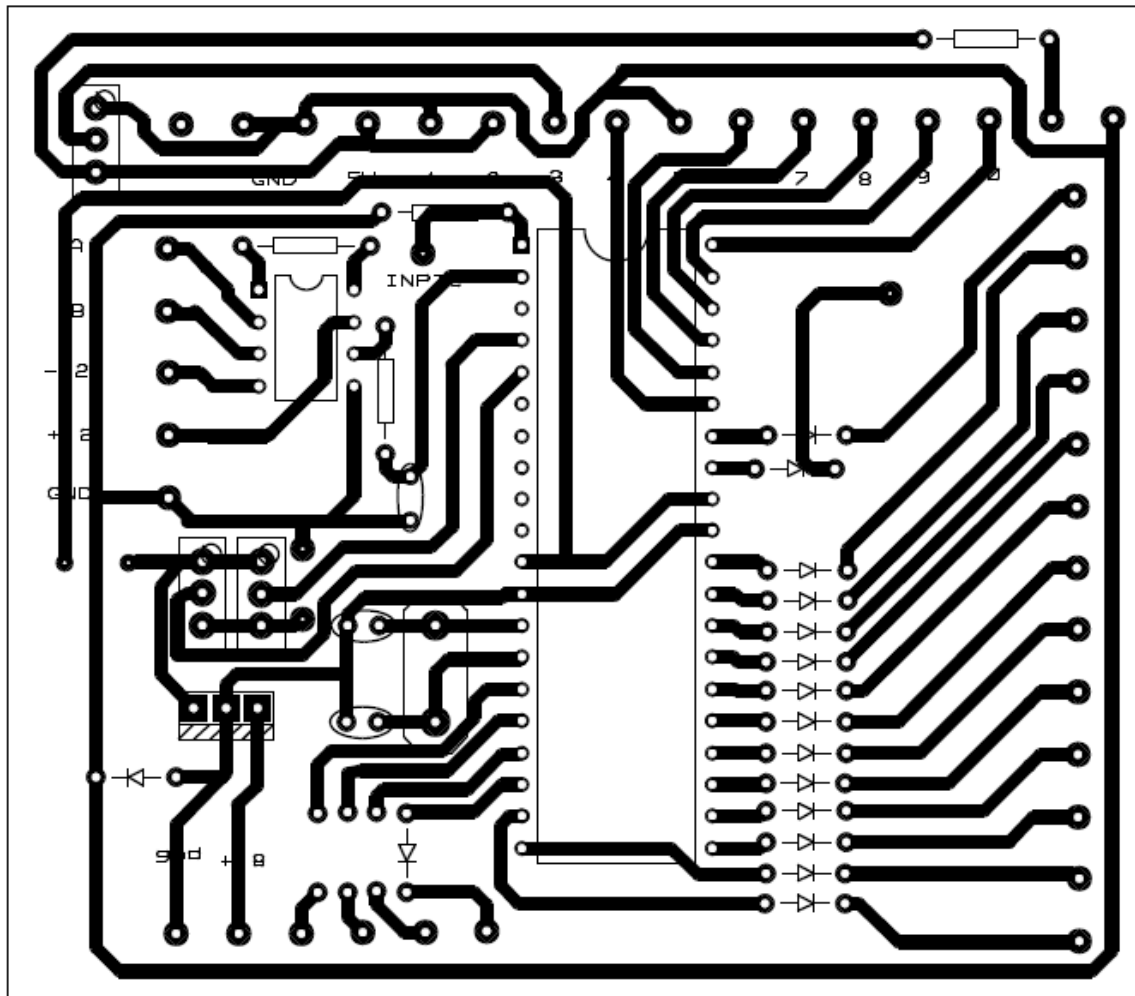
SISTEMA DE CLASIFICACIÓN DE HERRAJES

ESCUELA DE INGENIERÍA TÉCNICA CONTROL Y MECÁNICA INDUSTRIALES

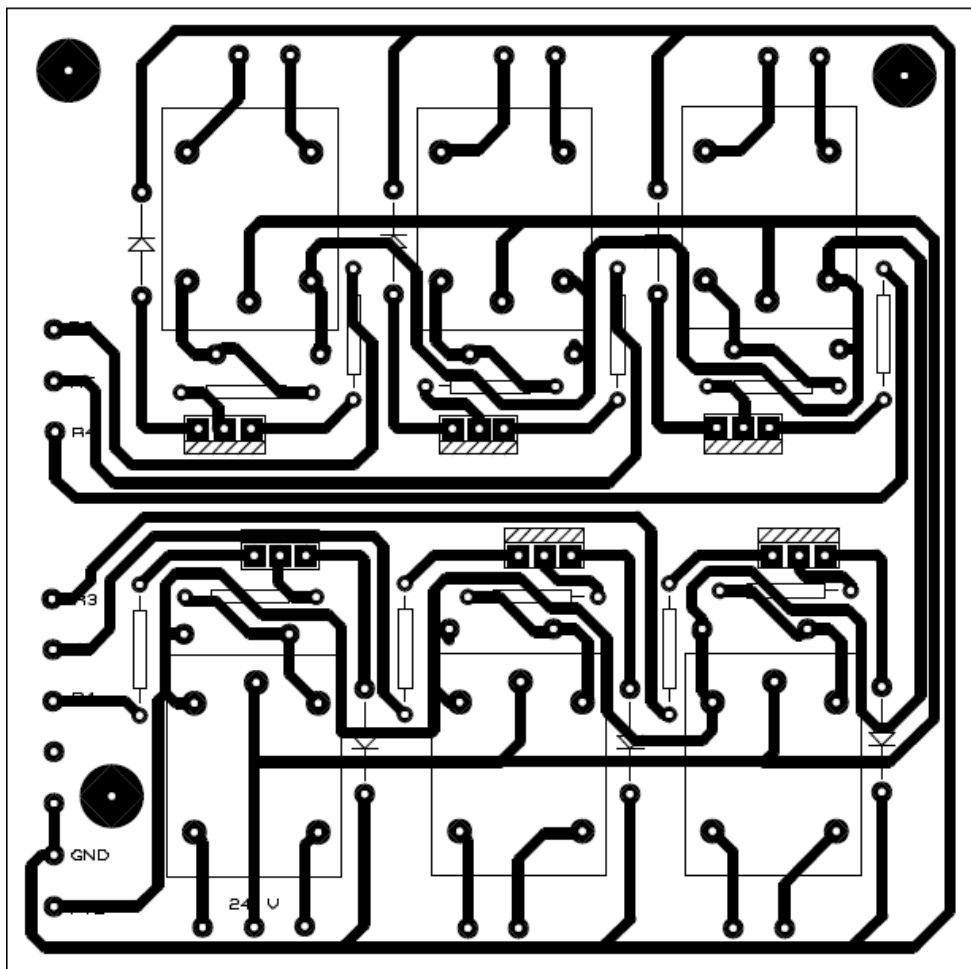
ANEXO II

PLANOS ELECTRÓNICOS DEL PROYECTO

CEREBRO

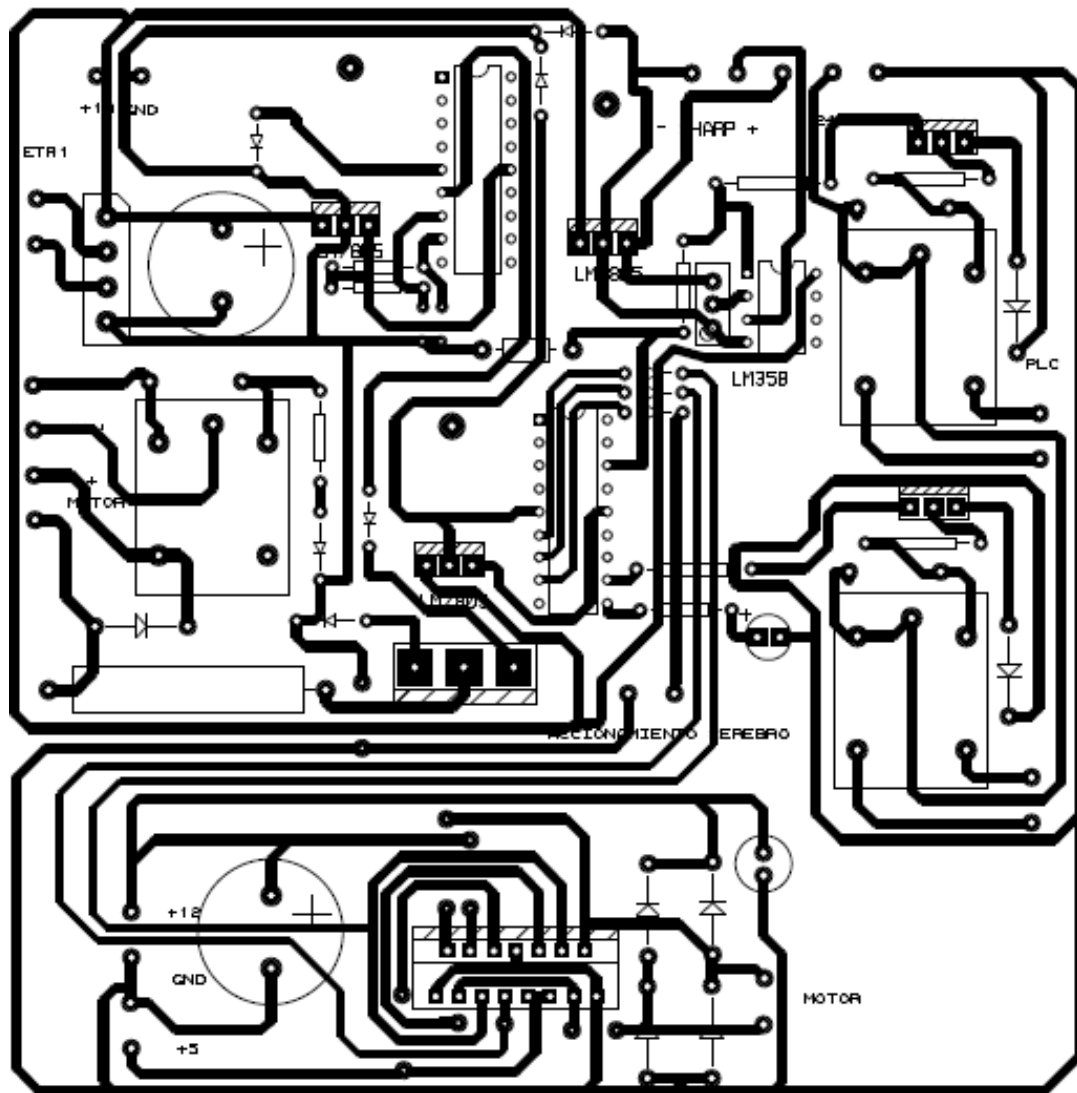


RELES



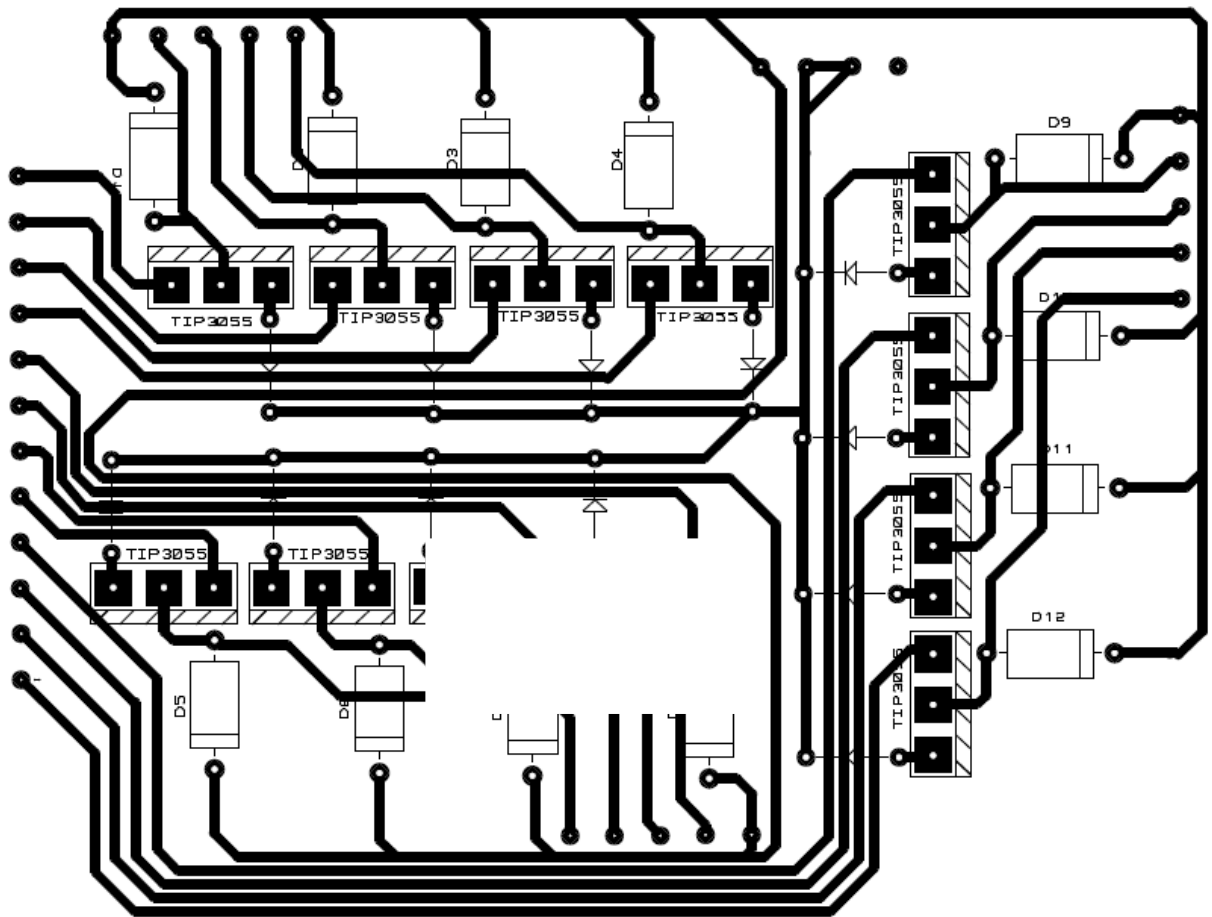
CONTROL DE MOTORES

DC



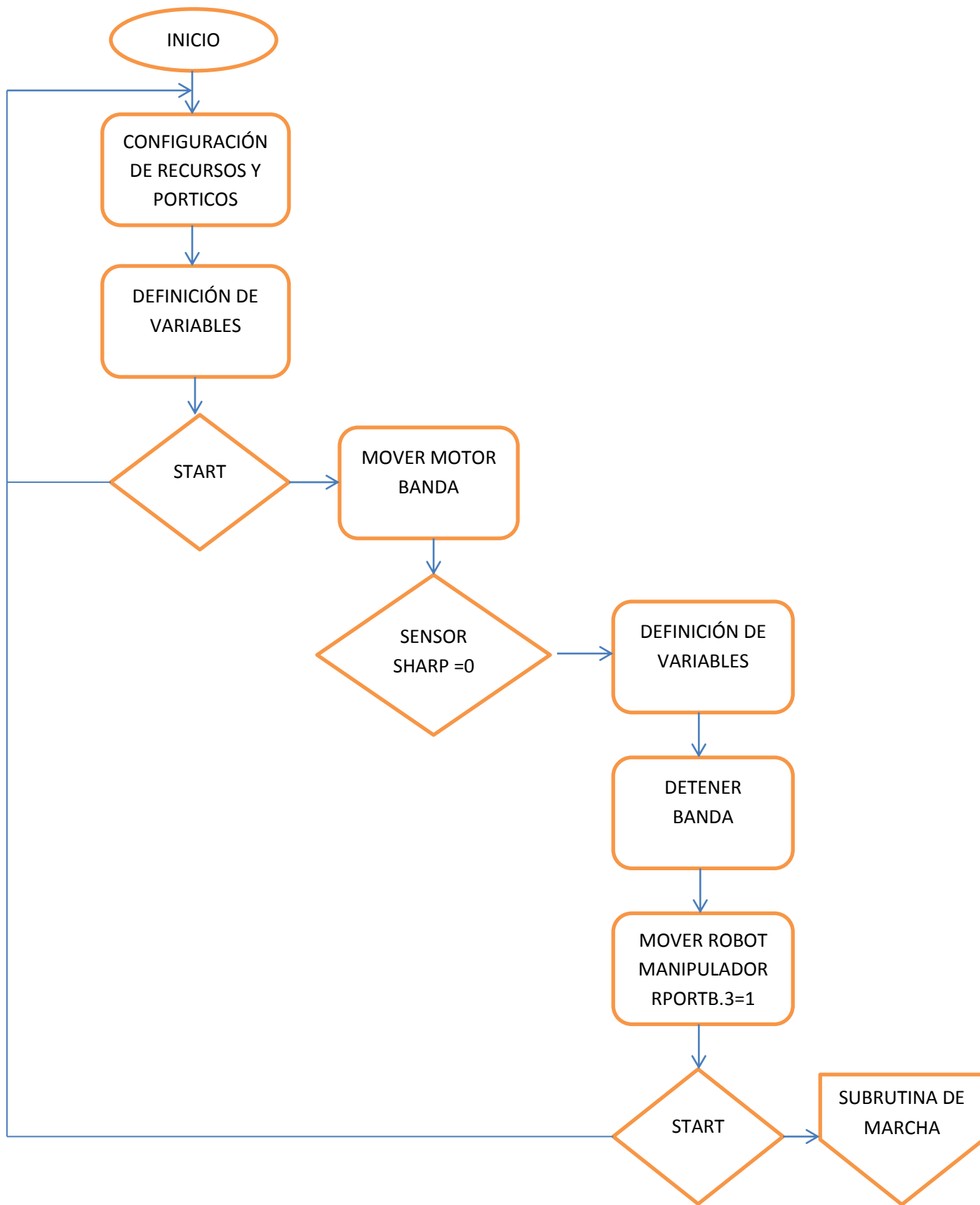
CONTROL DE MOTORES

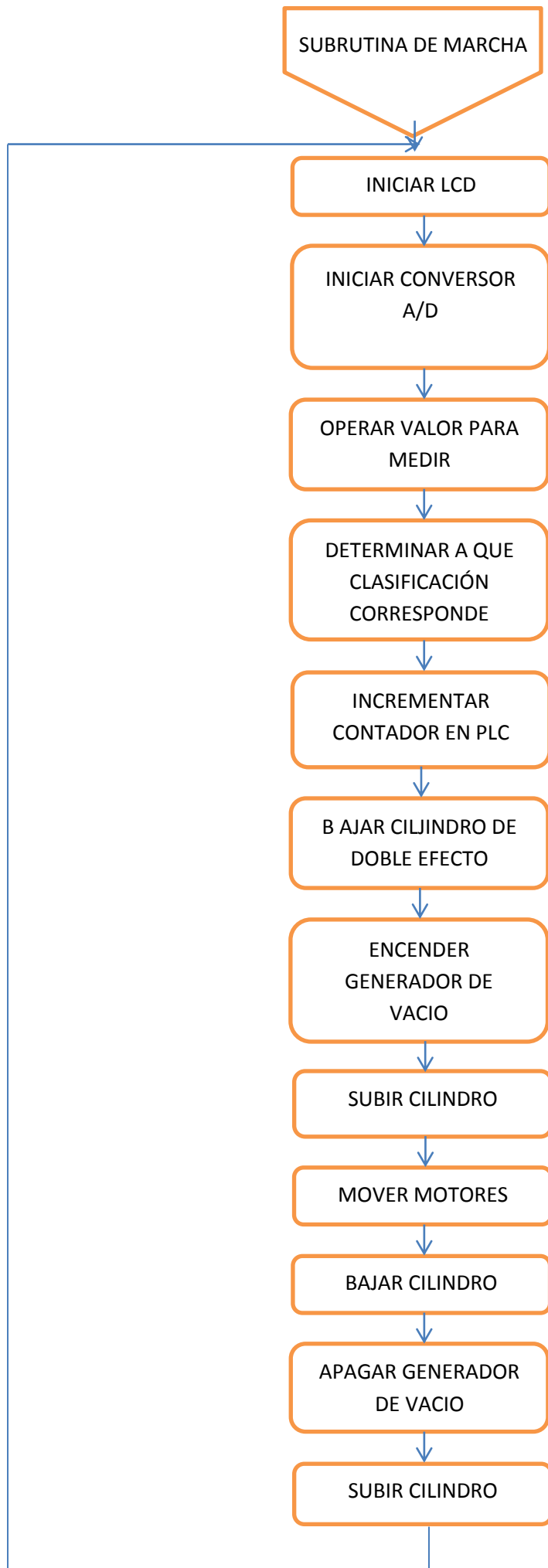
PASO A PASO



ANEXO III

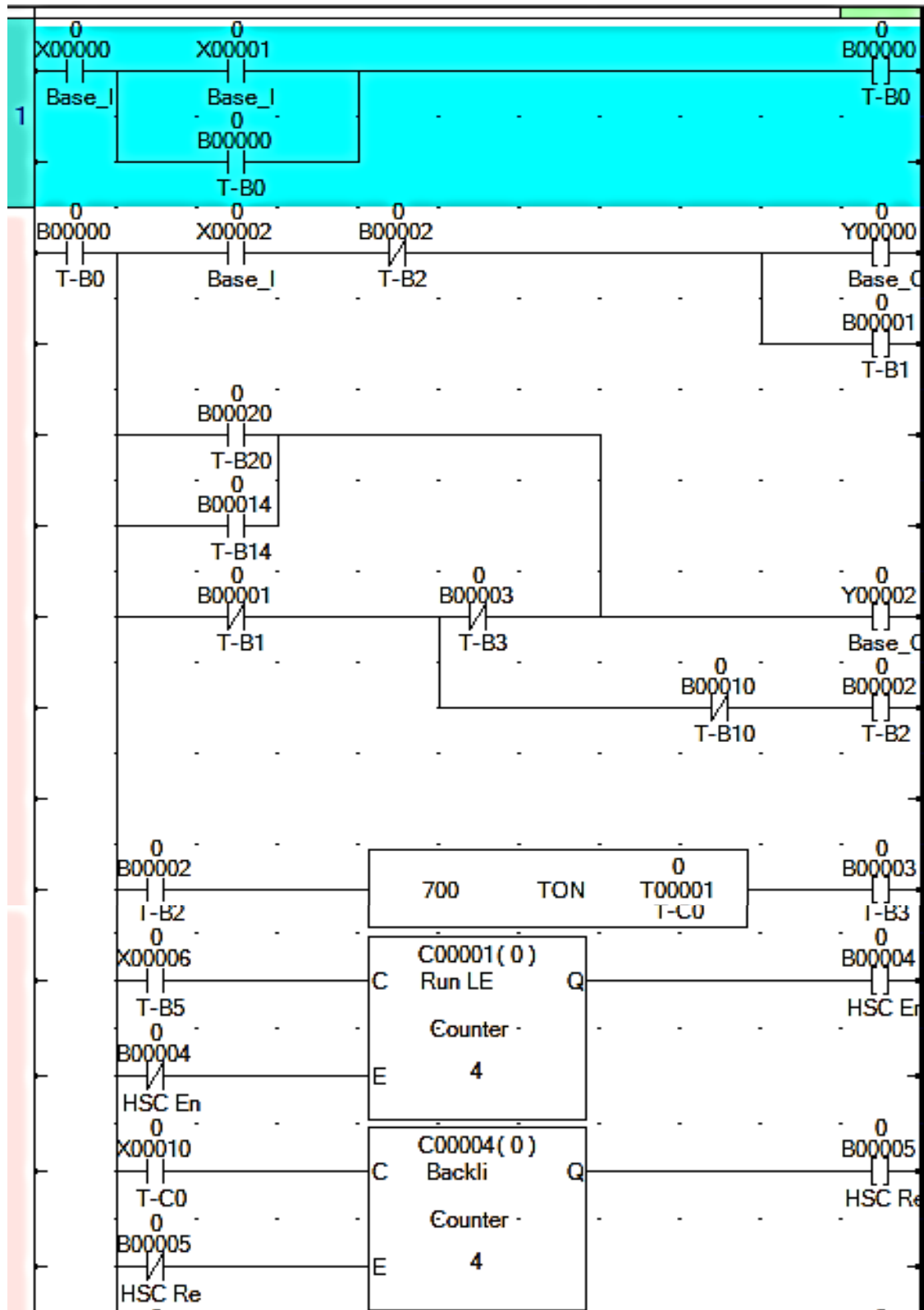
DIAGRAMAS DE FLUJO

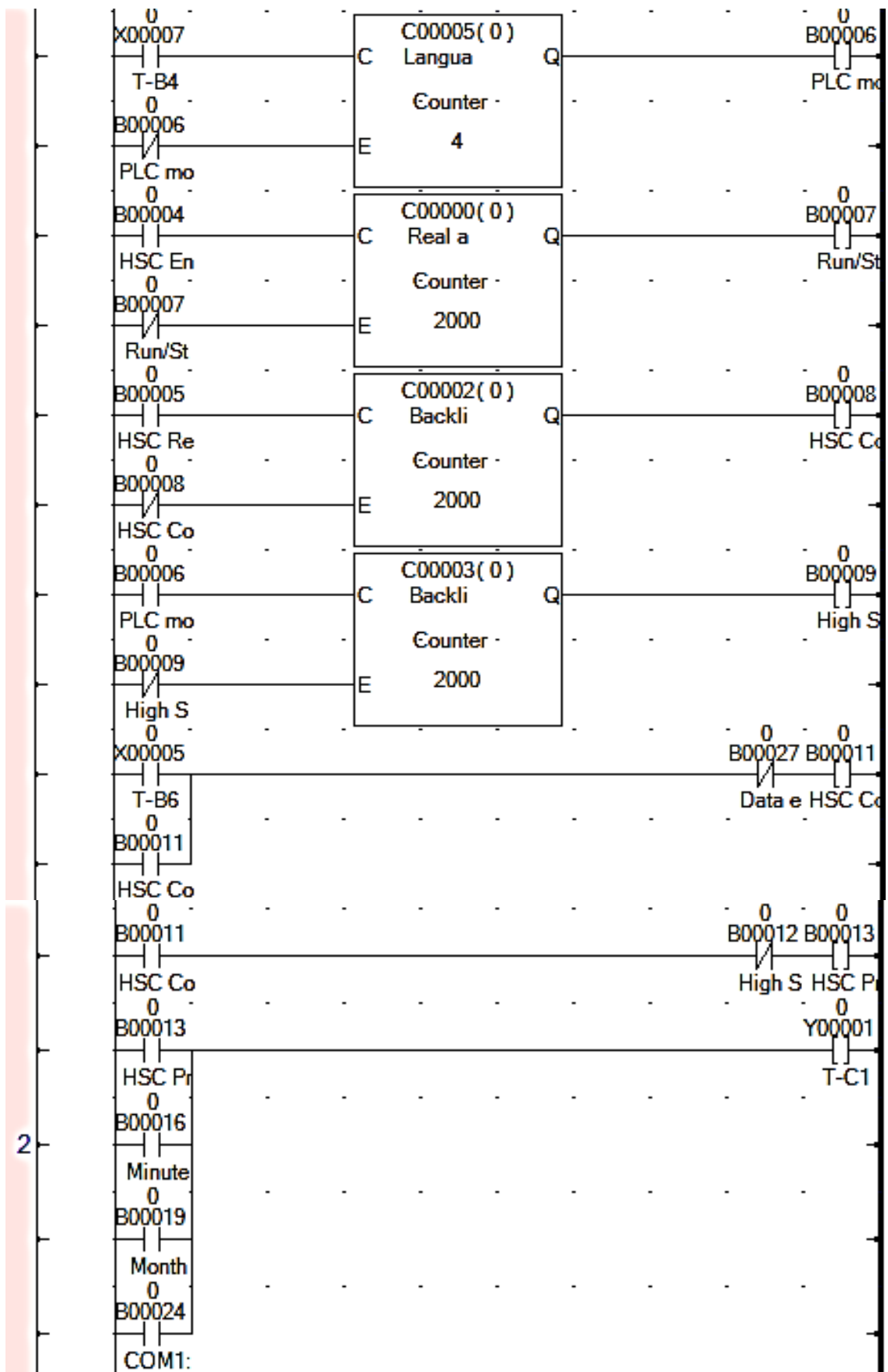


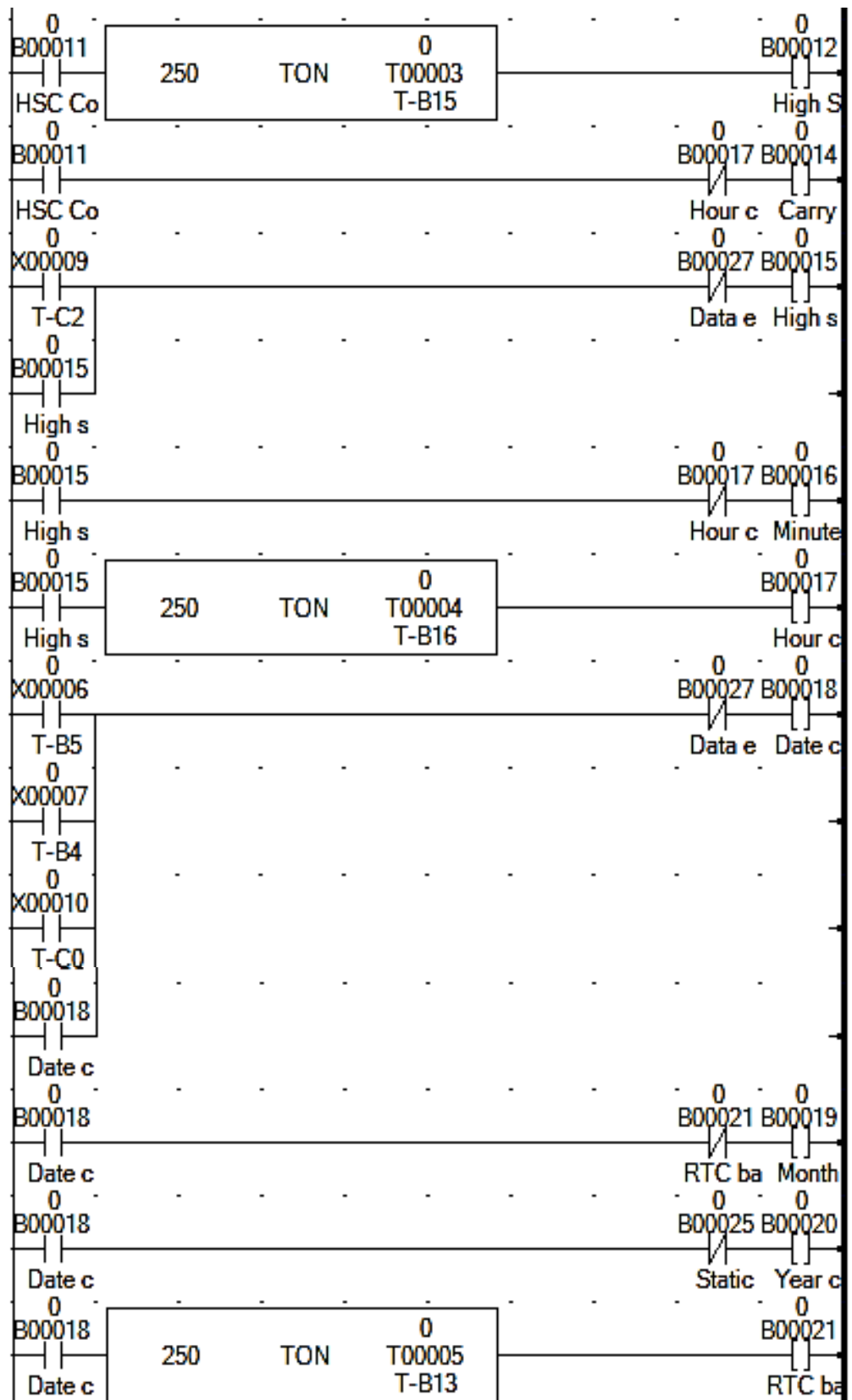


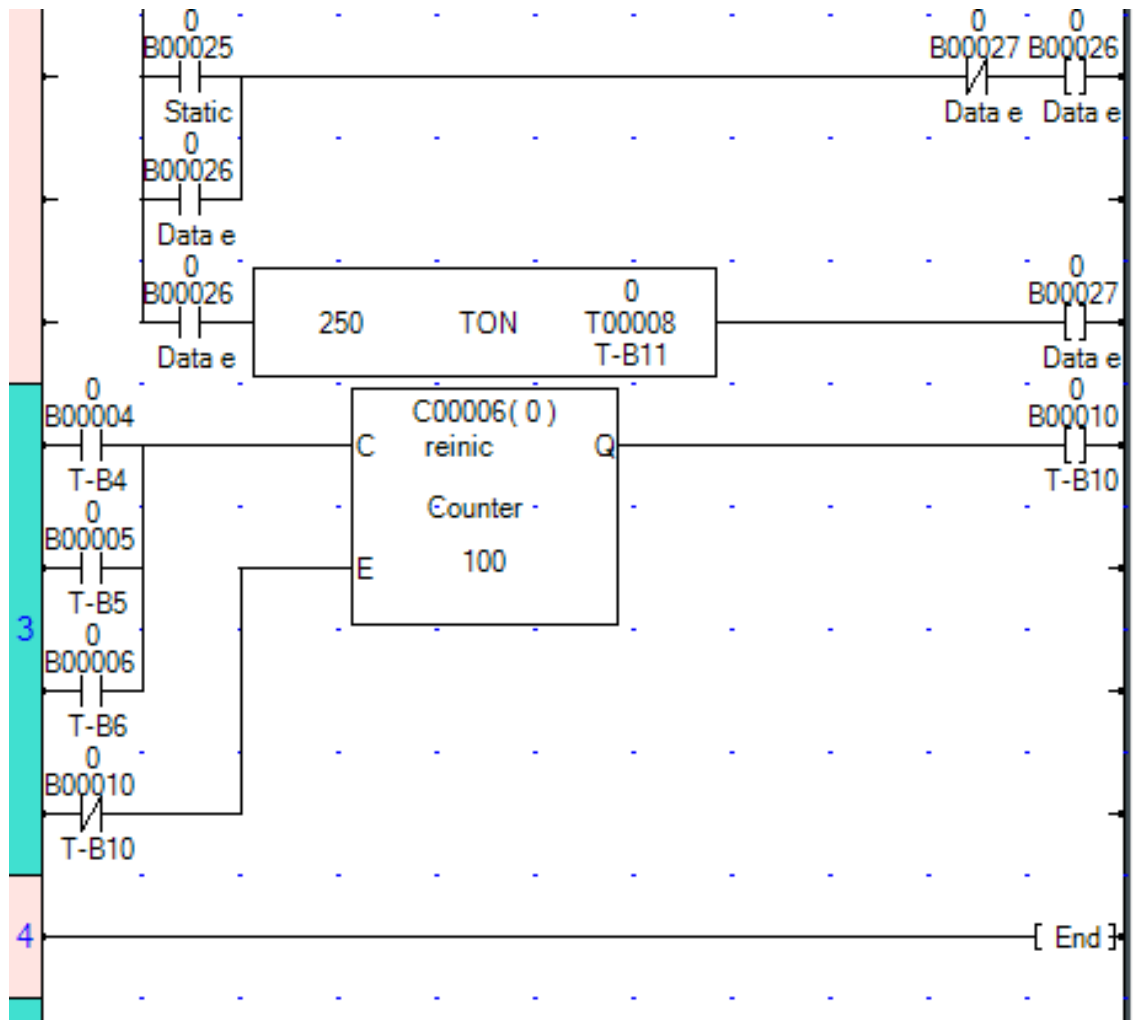
ANEXO IV

PROGRAMACIÓN PLC









ANEXO V

MANUAL

MANUAL DE USUARIO

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA CLASIFICACIÓN, EMPACADO E INSPECCIÓN DE HUEVOS APLICANDO PLC

El objetivo del presente manual, es informar al usuario sobre las bondades y la correcta utilización módulo didáctico para clasificación, empacado e inspección de huevos aplicando PLC.

El módulo es capaz de clasificar automática los huevos en sus tres principales tamaños, grande, mediano y pequeño; además permite visualizar su peso, y cuantos ha clasificado en sus respectivas categorías.

El sistema de control consta de cinco placas, la primera y la más grande contiene el sistema de PWM de la banda transportadora, el del brazo manipulador con su respectivo puente H, también contiene el acondicionamiento de señal del sensor de proximidad infrarrojo y también comanda las señales que van al PLC la primera señal que va al PLC es del sensor el cual acciona un relé 24V y la otra señal que sale del PLC es del otro Relé el cual me activa el motor DC de la banda transportadora, en esta placa también se observa que existe dos pulsadores los que se encargan de aumentar o disminuir la velocidad de la banda transportadora.

La segunda plaqueta contiene al sistema del microcontrolador 16F877A que se encarga del monitoreo continuo de todas las variables analizadas, y en base a esa información comanda los drivers de los motores a pasos y las salida de relé de que van hacia el PLC.

Las salidas del puerto D del microcontrolador 16F877A se encarga de controlar los drivers de los motores paso a paso que controlan el eje x y las puerto RC4 al RC7 controla el eje Y.

La entrada de la celda de la celda de carga es la RA0 y los voltajes de referencia son RA2 y RA3 (mínimo y máximo respectivamente).

Las salidas RC0, RC1 y RC2 son los que dan la señal de que tamaño son los objetos (pequeños, medianos y grandes respectivamente).

Las salidas RC3 controla la zona de pesaje y RB0 controla la posición donde se encuentra y donde lo vamos a ubicar el objeto.

La tercera placa se encuentra el driver del motor a pasos y el ingreso de la señal proveniente del microcontrolador.

La cuarta placa es la fuente simétrica de 12V 0 -12V que servirán para la alimentación de la celda de carga y acondicionamiento de la señal.

La quinta plaqueta se encuentra los relés que van a activar las entradas del PLC para saber los pesos y en qué posición se encuentran el brazo cartesiano.

Además posee una fuente de 24V para el control del PLC, Electroválvulas y de los relés de 24V.

También posee una fuente conmutada de 5 y 12V las cuales se encargaran de alimentar al brazo manipulador, al LCD, a los motores paso a paso y la alimentación de relé de 12V.

A.1 PANEL DE CONTROL

El panel de control consta de 4 pulsadores más un display LCD de 16X2 y el HMI (interfaz Máquina-Humano) del PLC FLEXIPANEL.

PULSADOR DE OFF (ROJO).- Permite apagar el proceso de la banda transportadora y el accionamiento de los relés.

PULSADOR MARCHA (VERDE).- Una vez energizado el prototipo procedemos a dar marcha con este pulsador, en ese momento comenzará a moverse la banda transportadora dando inicio al proceso de clasificación de los huevos según su peso.

PULSADORES DE PWM (ROJOS PEQUEÑOS).- estos se encargan de controlar la velocidad de la banda transportadora.

LCD.- En donde se visualizara la variable de calibración de peso.

HMI.- Nos indica a que categoría corresponde según su tamaño, PEQUEÑO, MEDIANO o GRANDE también nos indica el número de huevos que han sido clasificados en esa categoría y nos indicara que actuador está funcionando o cual se encuentra apagado

1.- Pantalla LCD

2.- HMI

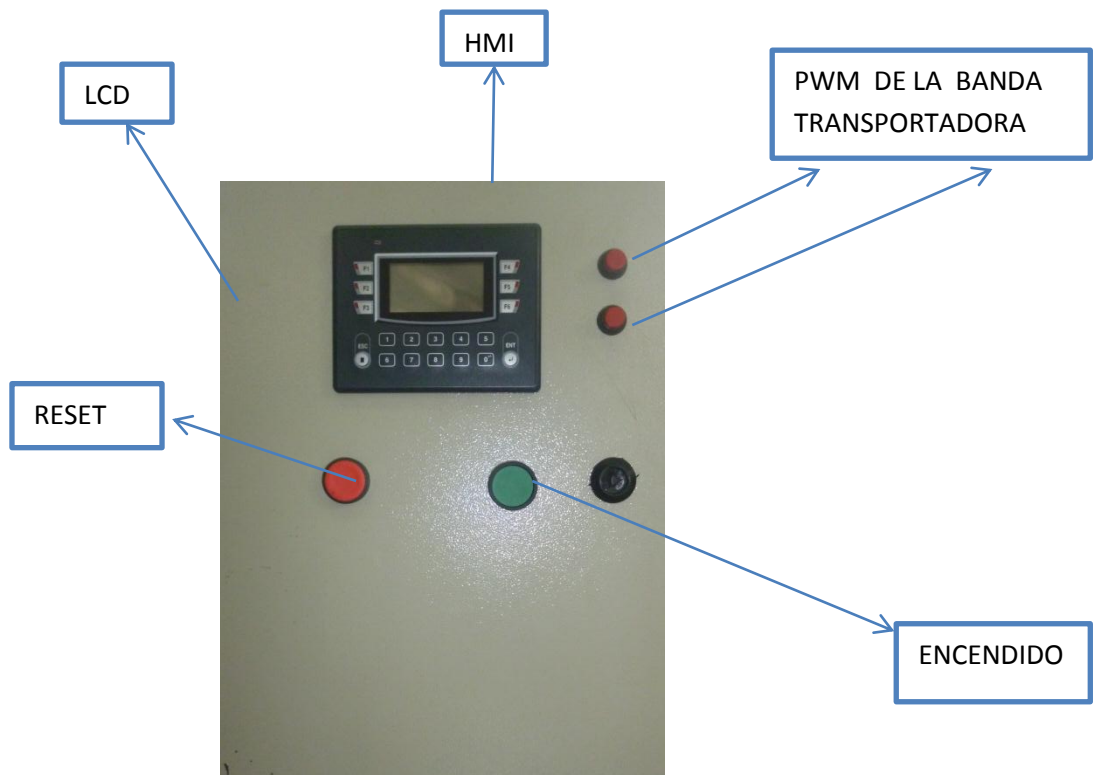
3.- Pulsante de Paro

4.- Pulsante de Marcha

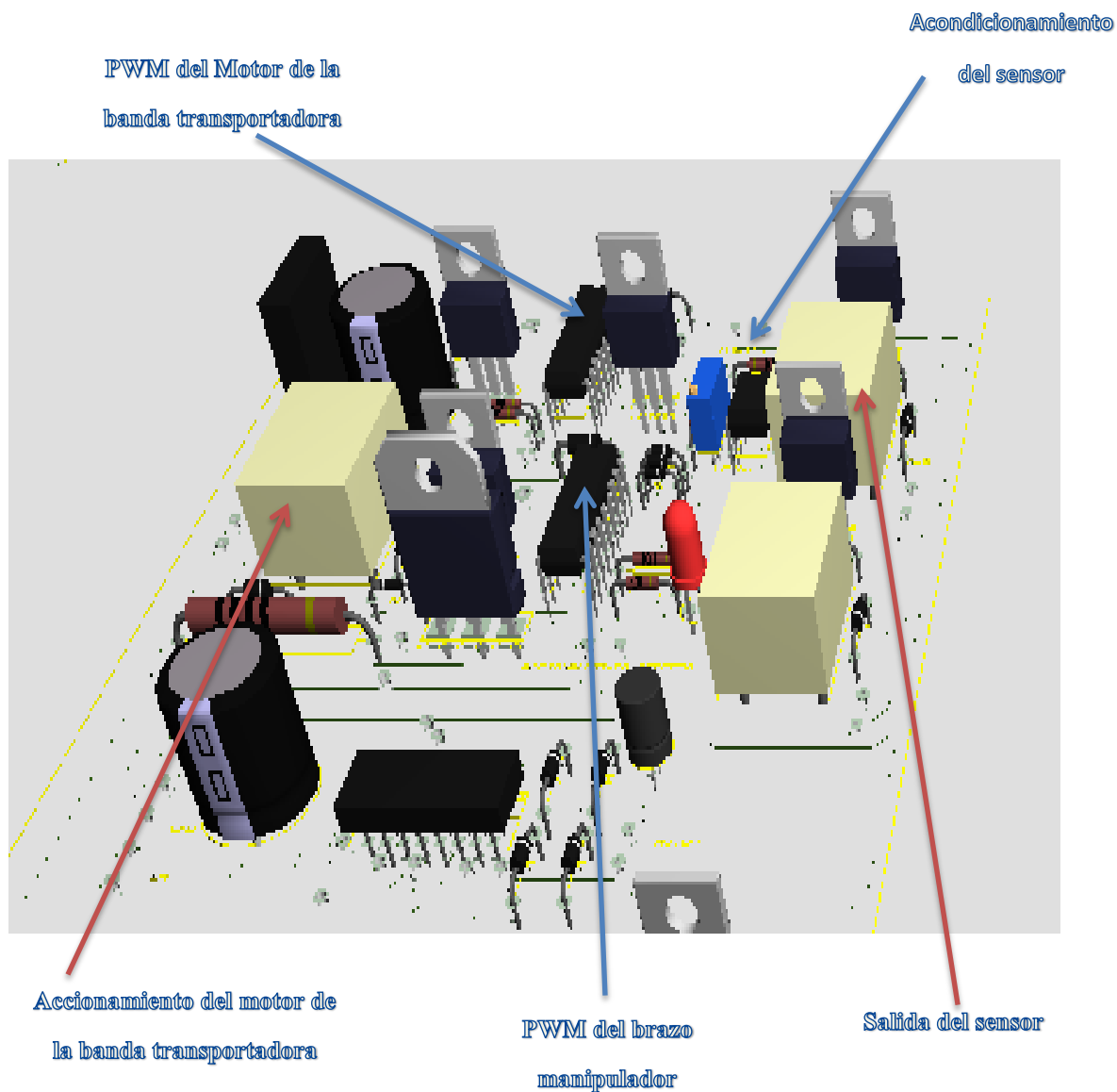
5.- Pulsantes de PWM de la Banda transportadora

.

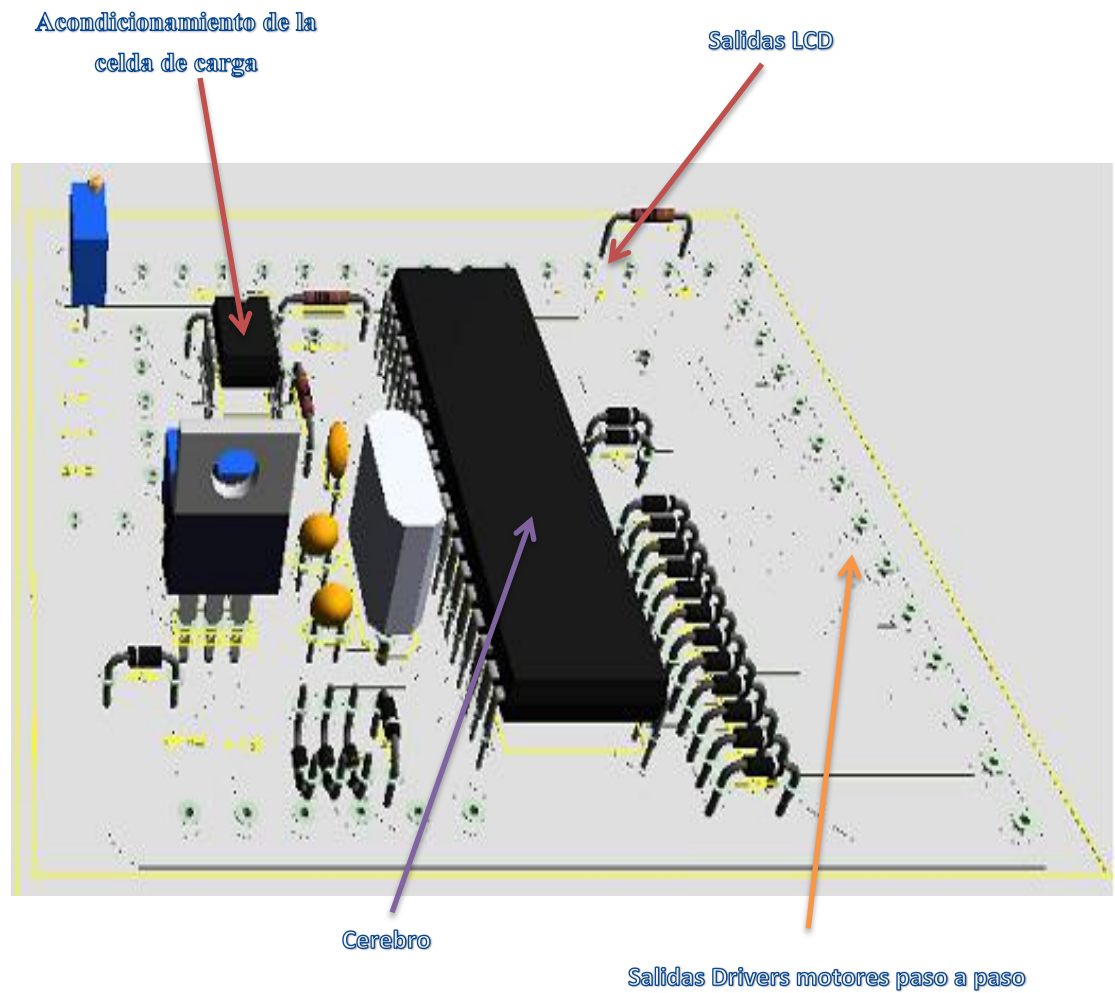
CARA FRONTAL DE LA CAJA DE MANDO



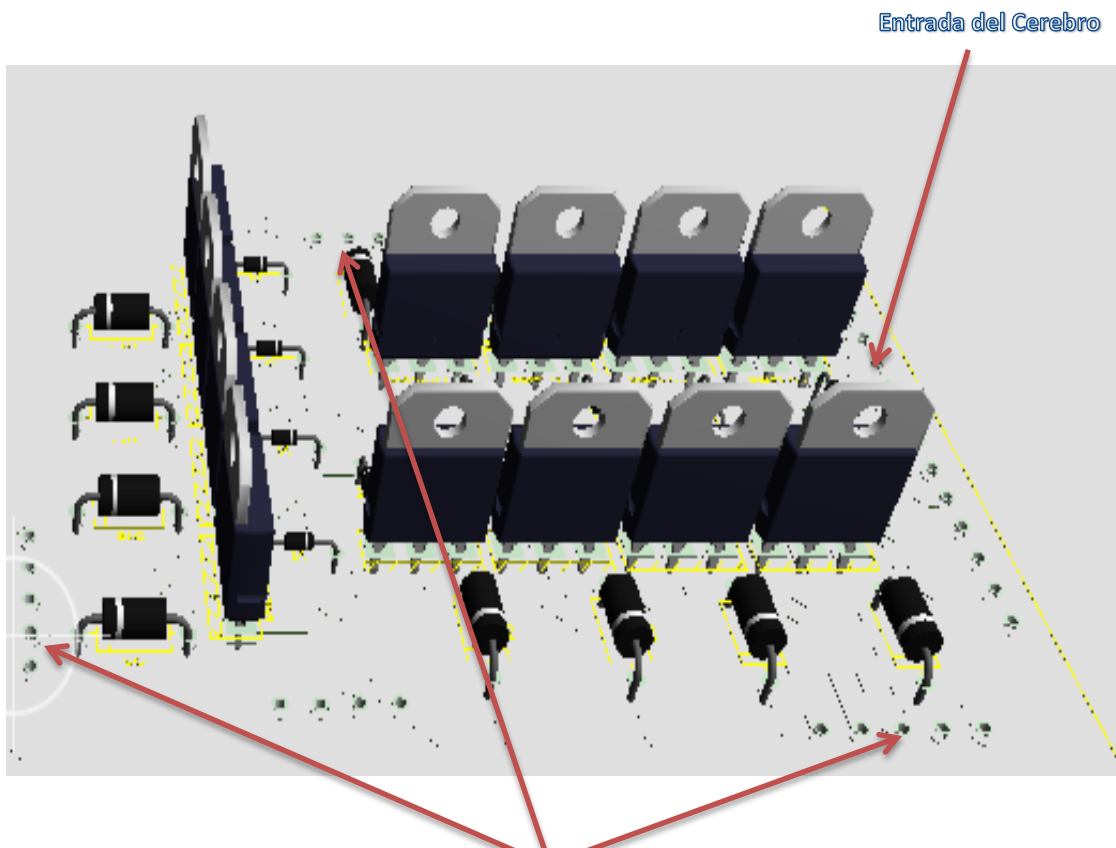
PLACA 1



PLACA 2

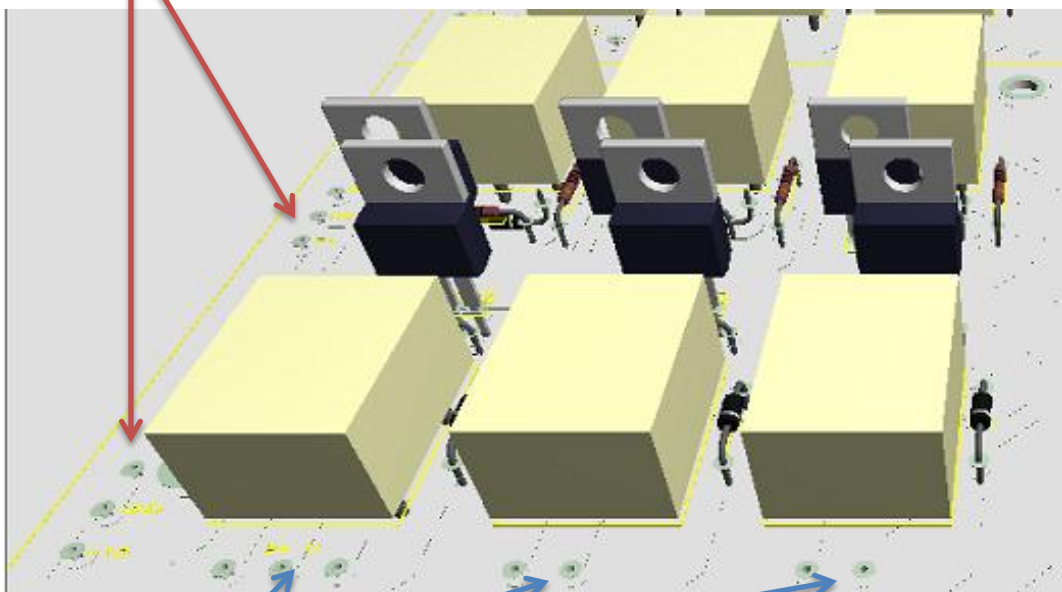


PLACA 3



PLACA 4

Entradas del Cerebro



Salidas al PLC

A.2 CALIBRACIÓN DE CELDA DE CARGA

Se debe tener en cuenta que la celda de carga necesita una calibración cada vez que se encienda la maquina o la clasificación se esté haciendo de manera incorrecta.

La calibración de la celda de carga se la realizara en el inicio de funcionamiento de la maquina:

Se deberá desmontar las cadenas del eje x de los motores paso a paso, todas las fuentes deberán estar conectadas.

Cuando entre a la zona de pesaje colocaremos los objetos que deseamos pesar uno a uno cuando pesemos el objeto nos saldrá un valor en el LCD y lo guardamos así sucesivamente con los tres objetos hacer pesados para esto tendremos un tiempo de 8 minutos o hasta que se apague el led indicador colocado en la plaqueta 1 tiempo suficiente para tener los datos requeridos.

Luego se volverá apagar la máquina. Se programara con los datos obtenidos al microcontrolador 16F877A y luego se lo colocara correctamente. Se montara las cadenas, se encenderán nuevamente todas las fuentes excepto la fuente conmutada la cual será encendida luego que se apague el led de la Plaqueta 1.

Encender el Pulsador de Marcha.

NOTA: Tener en cuenta que al poner otros objetos en la zona de pesaje se deberá medir el voltaje de salida del AD620 si este supera los 5V se deberá hacer una recalibración y cálculo de la ganancia del AD620 con las formulas indicadas en el documento de la tesis.

Los potenciómetros colocados en plaqueta 2 nos sirven para ver el rango inferior y superior de los objetos hacer pesados.