

# **UNIVERSIDAD NACIONAL DE ASUNCIÓN**

**Facultad de Ingeniería  
Ingeniería Mecatrónica**



**Diseño e Implementación de un Banco de Pruebas Aplicando  
Automatización en la Distribución de Alimentos Porcinos para  
el Laboratorio de Automatización y Robótica.**

**Emmanuel Capdevila Castro**

**Christian Rodolfo Gómez Nuñez**

**San Lorenzo - Paraguay**

**2023**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

**Miembros del Consejo Directivo**

**Consejeros Titulares**

Prof. Dr. Ing. Rubén Alcides López Santacruz (Decano)  
Prof. MSc. Ing. Cirilo Jorge Hernández Medina (Vice-Decano)  
Prof. MSc. Ing. Marco Aníbal Cáceres Arce (Docente)  
Prof. MSc. Ing. Marcial Almada Ibáñez (Docente)  
Prof. Dra. Ing. Miki Saito (Docente)  
Prof. Ing. Verónica Alexandra Blanco Bogado (Docente)  
Prof. Ing. Luis Vidal Poisson Spessot (Docente)  
Prof. Ing. Francisco Manuel Arrom Irún (Docente)  
Ing. Herbert Raul Segovia Lohse (Graduado)  
Ing. Rogrigo Miguel Arias Araujo (Graduado)  
Ing. Nelson Junior Stanley Lucero (Graduado)  
Keyla Bianca Rodriguez Mendieta (Estudiante)  
Samuel Octavio Grau Maciel (Estudiante)  
Victoria Montserrat Simon Orue (Estudiante)

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

**Consejeros Suplentes**

Prof. Ing. Hassim Daniel Yambay Ferreira (Docente)

Prof. Dr. Ing. Diego Herbin Stalder Díaz (Docente)

Prof. Dr. Ing. Hermann Rigoberto Segovia Lohse (Docente)

Prof. Ing. Luis Antonio Sosa Almirón (Docente)

Prof. Ing. Helio Ramon Duarte Rodas (Docente)

Prof. Ing. Henry Williams Stanley Calo (Docente)

Ing. Leticia Belen Beatriz Gomez Agüero (Graduada)

Ing. Priscilla Tamara Flor de Rivas (Graduada)

Ing. Fausto Ariel Alfonso Duarte (Graduado)

Fatima Maria Andrea Agüero Gauto (Estudiante)

Arturo Machuca Recalde (Estudiante)

Gabriela Maria Alexandra Valdez Samudio (Estudiante)

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

*Es un honor dedicar este proyecto a todos aquellos que han optado por esta apasionante carrera en el ámbito de la ingeniería.*

## Agradecimientos

A Dios, por ser mi fortaleza, motivación y sostén. Mi compañero fiel, Su presencia me ha acompañado y preservado en todo momento.

A mis padres, Antonio y Laura, por apoyarme y guiarme, por inculcarme a continuar con mis estudios para llegar a la meta.

A mis hermanas, Laura, Celia, Ana y Elisa, por formar parte de este tramo de mi vida, por todo el apoyo y ánimo que me ofrecieron.

A mis hermanos en Cristo, sus oraciones me han fortalecido en esta etapa, por todo el cuidado; por ofrecerme siempre palabras de aliento y para el momento.

A mi hermano y compañero de tesis, de estudio, de grandes luchas Christian Gómez, por correr conmigo desde el primer semestre, por ayudarme y motivarme.

A nuestro tutor el Ing. Francisco González por las enseñanzas y experiencias transmitidas. Al Ing. Héctor Cardozo, Guillermo Galeano y Magno Quintana, por su ayuda y soporte.

A Martín y Marcelo, grandes compañeros, por su apoyo y hospitalidad brindada para los tiempos de estudio. A su familia, al Sr. Rubén Barrientos, por su indispensable ayuda.

A mis amigos y compañeros de estudio Moisés Caballero, Willian Nuñez, Leonardo Renault, Rafael Lovera, Enrique Quinteros, Blas Irigoyen y Bryan Arévalos, aprecio todos los momentos compartidos.

A mi hermano Darío Martínez por ser una pieza clave en el inicio de esta etapa, por enseñarme y apoyarme cuando más lo necesitaba.

A todos mis familiares, amigos y a cada uno de mis compañeros que constantemente me brindaron su apoyo incondicional.

**Enmanuel Capdevila**

## Agradecimientos

A mi hermano, Sergio Gómez, por siempre estar presente y brindarme su apoyo de manera incondicional en cada etapa de mi vida.

A mi abuela y a mi padre, por el apoyo y tiempo de dedicación en inculcarme los buenos valores.

A Isaac Muzzachi y Rossy Mussi, quienes demostraron ser buenos amigos y hermanos de vida, desde el inicio de esta meta de ser ingeniero han estado a mi lado, animándome y apoyándome en todo momento.

A Leslie Bentron y Federico Maldonado, que con su amistad llenaron de alegría y cariño todo este tiempo.

A nuestro tutor el Ing. Francisco González, al Ing. Héctor Cardozo, Guillermo Galeano y Magno Quintana, quienes tuvieron la paciencia, amabilidad, predisposición y su aporte significativo a este trabajo.

A mis compañeros y amigos, que hicieron que este camino sea un proceso mas ameno y llevadero.

A Emmanuel Capdevila, por ser un gran amigo, por su paciencia, hemos compartido nuestros éxitos y fracaso durante toda la carrera y con quien tengo el honor de realizar el último proyecto final de grado. También agradezco a su familia por el aprecio y cariño que siempre me brindaron.

Y por ultimo, agradecer a Marcelo Barrientos, Martin Barrientos, a la Sra. Ana Vergara y el Sr. Ruben Barrientos, quienes tuvieron la confianza de darme la oportunidad de culminar mi carrera universitaria, de apoyarme para seguir adelante. No puedo expresar con palabras lo agradecido que estoy con ustedes y su familia, por haber tenido su amistad y apoyo en cumplir mi sueño y meta de ser ingeniero.

**Christian Gómez**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

**Índice general**

<b>1. Introducción</b>	<b>12</b>
1.1. Justificación . . . . .	13
1.2. Objetivos . . . . .	13
1.2.1. Objetivo General . . . . .	13
1.2.2. Objetivos Específicos . . . . .	13
1.3. Alcance y limitaciones . . . . .	14
<b>2. Marco teórico</b>	<b>15</b>
2.1. Sistemas de producción porcina. . . . .	15
2.1.1. Sistema de cría para subsistencia . . . . .	15
2.1.2. Sistema extensivo . . . . .	16
2.1.3. Sistema Mixto . . . . .	16
2.1.4. Sistema intensivo . . . . .	17
2.1.4.1. Sistema intensivo en confinamiento . . . . .	18
2.1.4.2. Sistema pastoril de crianza intensiva . . . . .	19
2.2. Tipos de alimentos . . . . .	19
2.2.1. Alimentación con residuos agrícolas . . . . .	19
2.2.2. Uso de pasturas como alimento para cerdos . . . . .	20
2.2.3. Uso de desperdicio de cocina . . . . .	20
2.2.4. Suero fresco de queso . . . . .	21
2.2.5. Caña de azúcar . . . . .	21
2.2.6. Alimento balanceado . . . . .	22
2.3. Engorde intensivo de cerdos . . . . .	22
2.3.1. Alimentación a base de pienso . . . . .	23
2.3.2. Etapas de engorde . . . . .	24
2.4. Automatización en granjas porcinas . . . . .	26

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

2.5. PLC (Controladores Lógicos Programables) . . . . .	28
2.6. Tipos de transporte de materiales . . . . .	29
2.6.1. Tornillo sinfín con eje . . . . .	29
2.6.1.1. Funcionamiento . . . . .	30
2.6.1.2. Antecedentes de su uso . . . . .	31
2.6.1.3. Por qué utilizar un tornillo sinfín con eje . . . . .	32
2.6.1.4. Componentes de un tornillo sinfín con eje . . . . .	32
2.6.1.5. Clasificación del tornillo sin fin con eje . . . . .	35
2.6.1.6. Sentido de giro de los transportadores . . . . .	38
2.6.1.7. Configuraciones del tornillo sinfín . . . . .	39
2.6.1.8. Transportadores de tornillo horizontales . . . . .	39
2.6.1.9. Transportadores de tornillo inclinado . . . . .	40
2.6.1.10. Transportadores de tornillo verticales . . . . .	41
2.6.1.11. Aplicaciones . . . . .	42
2.6.2. Tornillo sinfín sin eje, rígido . . . . .	45
2.6.2.1. Funcionamiento . . . . .	45
2.6.2.2. Componentes del helicoidal sinfín sin eje rígido . .	47
2.6.2.3. Por qué utilizar un tornillo sinfín sin eje . . . . .	48
2.6.2.4. Sentido de giro de los helicoidales . . . . .	48
2.6.2.5. Ventajas . . . . .	49
2.6.2.6. Aplicaciones . . . . .	50
2.6.3. Tornillo sinfín sin eje, flexible . . . . .	51
2.6.3.1. Funcionamiento . . . . .	51
2.6.3.2. Por qué utilizar un tornillo sinfín sin eje flexible . .	52
2.6.3.3. Componentes de un tornillo sinfín flexible. . . . .	52
2.6.3.4. Clasificación del tornillo sinfín flexible . . . . .	53
2.6.3.5. Extensiones de longitud por tramos . . . . .	55
2.6.3.6. Aplicaciones . . . . .	58

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

2.6.4. Tornillo sinfín con eje vs. Tornillo sinfín sin eje rígido . . . . .	60
2.6.5. Tornillo sinfín sin eje rígido vs. Tornillo sinfín sin eje flexible . . . . .	61
<b>3. Componentes y dimensionamiento de piezas . . . . .</b>	<b>62</b>
3.1. Cálculos . . . . .	62
3.1.1. Cálculos de tornillo sinfín con eje . . . . .	62
3.1.1.1. Parámetros necesarios . . . . .	62
3.1.2. Ecuaciones y tablas utilizados . . . . .	63
3.1.3. Cálculos de tornillo sinfín sin eje, rígido . . . . .	69
3.1.3.1. Parámetros necesarios . . . . .	69
3.1.4. Ecuaciones y tablas utilizados . . . . .	70
3.1.5. Cálculos de tornillo sinfín sin eje, flexible . . . . .	75
3.1.6. Dimensionamiento del motor . . . . .	76
3.1.7. Cálculos de sistema de transmisión . . . . .	78
3.1.7.1. Poleas y Correas . . . . .	78
3.1.8. Cálculo del cilindro neumático . . . . .	85
3.1.9. Microcilindro Neumático . . . . .	88
3.1.10. Conexiones neumáticas . . . . .	89
3.2. Diseño e implementación . . . . .	90
3.2.1. Diseño e implementación de la estructura del sistema . . . . .	90
3.2.1.1. Fabricación del tornillo sinfín . . . . .	90
3.3. Estructura mecánica . . . . .	92
3.3.0.1. Zona de carga . . . . .	94
3.3.1. Zona de descarga . . . . .	96
3.3.2. Resultado del caudal . . . . .	99
3.3.3. Mantenimiento . . . . .	100
<b>4. Componentes electrónicos . . . . .</b>	<b>107</b>
4.1. Tablero entrenador del LAR . . . . .	107

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

4.1.1. CPU 1214C DC/DC/DC . . . . .	108
4.1.2. SM 1223 . . . . .	108
4.1.3. HMI KTP600 . . . . .	109
4.1.4. Variador de frecuencia ENC600 . . . . .	110
4.2. Tablero bancada de engorde intensivo para cerdo . . . . .	111
4.2.1. Pulsador . . . . .	111
4.2.2. Indicador led . . . . .	111
4.2.3. Sensor Capacitivo . . . . .	112
4.2.4. Sensor Inductivo . . . . .	113
4.2.5. Relé . . . . .	113
4.2.6. Controlador a membrana . . . . .	114
4.2.7. Válvulas direccionales . . . . .	114
4.2.7.1. Motor trifásico . . . . .	115
4.2.8. Esquema eléctrico . . . . .	116
4.2.9. Tablero de mando . . . . .	120
<b>5. Programa académico tecnificado</b>	<b>122</b>
5.1. Guías del estudiante . . . . .	122
5.1.1. Actividad 1 - Entrada y salida digital . . . . .	123
5.1.2. Actividad 2 – Electroválvula y fin de carrera . . . . .	124
5.1.3. Actividad 3 – Variador de Frecuencia (VFD) . . . . .	125
5.1.4. Actividad 4 – Ejercicio de desafío: Producción de engorde intensivo de cerdo . . . . .	127
5.1.5. Actividad 5 – Periferia descentralizada ET200 . . . . .	131
5.2. Guías del docente . . . . .	132
5.2.1. Actividad 1 - Entrada y salida digital . . . . .	132
5.2.2. Actividad 2 – Electroválvula y fin de carrera . . . . .	132
5.2.3. Actividad 3 – Variador de Frecuencia (VFD) . . . . .	134

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

5.2.4. Actividad 4 – Ejercicio de desafío: Producción de engorde intensivo de cerdo . . . . .	136
<b>6. Conclusiones y Recomendaciones</b>	<b>144</b>
6.1. Conclusiones . . . . .	144
6.2. Recomendaciones . . . . .	145

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

**Índice de figuras**

2.1. Pienso o pellets para cerdo . . . . .	24
2.2. Etapas de engorde intensivo . . . . .	25
2.3. Cerdos en etapa iniciador. . . . .	27
2.4. Cerdos en etapa desarrollo. . . . .	27
2.5. Comedero para cerdo. . . . .	28
2.6. Tornillo transportador helicoidal con eje . . . . .	30
2.7. Tornillo transportador de Arquímedes . . . . .	31
2.8. Componentes de un tornillo sin fin o helicoidal . . . . .	32
2.9. Tipos de artesas más utilizadas . . . . .	34
2.10. Partes de un tornillo transportador . . . . .	35
2.11. Clasificación del tornillo (Parte I). . . . .	36
2.12. Clasificación del tornillo (Parte II). . . . .	37
2.13. Sentido de giro de los transportadores. . . . .	38
2.14. Dirección de flujo de los materiales. . . . .	39
2.15. Transportador helicoidal horizontal. . . . .	40
2.16. Transportador helicoidal inclinado. . . . .	41
2.17. Transportador helicoidal vertical. . . . .	42
2.18. Aplicaciones (Parte I). . . . .	44
2.19. Aplicaciones (Parte II). . . . .	44
2.20. Tornillo transportador sin eje o shaftless. . . . .	46
2.21. Hélice o espiral rígido. . . . .	46
2.22. Tornillo sin eje central. . . . .	46
2.23. Componentes de transportador sinfín sin eje. . . . .	47
2.24. Sentidos que puede adoptar un sinfín sin eje. . . . .	49
2.25. Tornillo sinfín sin eje flexible. . . . .	52
2.26. Componentes de un tornillo sinfín flexible. . . . .	53

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

2.27. Clasificación de un tornillo sinfín flexible. . . . .	55
2.28. Soldaduras en un tornillo sinfín flexible. . . . .	55
2.29. Extensión de longitud de tuberías flexibles. . . . .	56
2.30. Componentes de extensión de longitud en las tuberías. . . . .	57
2.31. Distancia de traslapo del tornillo flexible. . . . .	57
2.32. Aplicaciones del tornillo sinfín flexible. . . . .	59
3.1. Características de los materiales. . . . .	70
3.2. Lectura de código del material. . . . .	71
3.3. Capacidades de transportadores helicoidales. . . . .	72
3.4. Dimensiones del tornillo sinfín flexible. . . . .	76
3.5. Diagrama de fuerzas de la compuerta de descarga . . . . .	86
3.6. Volumen de grano pellets acumulado sobre la tapa de descarga . . . . .	87
3.7. Micro Cilindro MD8 . . . . .	89
3.8. Plano de conexión neumática. . . . .	89
3.9. Tornillo sinfín y tubo flexible. . . . .	90
3.10. Fabricación del tornillo por tramos. . . . .	91
3.11. Proceso de fabricación del tornillo. . . . .	92
3.12. Estructura completa del sistema (1) . . . . .	93
3.13. Estructura completa del sistema (2) . . . . .	94
3.14. Zona de carga, compuerta manual. . . . .	95
3.15. Zona de carga, aislamiento contra el polvo. . . . .	95
3.16. Vista superior de la tolva, acoplamiento del tornillo. . . . .	96
3.17. Zona de descarga. . . . .	96
3.18. Compuerta automática con sistema neumático. . . . .	97
3.19. Acoplamiento del tornillo sinfín con el eje del motor. . . . .	98
3.20. Sistema de transmisión mediante poleas y correa. . . . .	99
3.21. Instrumento utilizado para pesaje de pellets. . . . .	99

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

3.22. Mediciones para el cálculo del flujo másico. . . . .	100
3.23. Representación gráfica de todo el sistema . . . . .	101
3.24. Paso 1: Quitar las tuercas hexagonales . . . . .	102
3.25. Paso 2: Quitar los tornillos con cabeza allen . . . . .	102
3.26. Paso 3: Aflojar el tensor de gancho . . . . .	103
3.27. Paso 4: Quitar tornillos del soporte de la base . . . . .	103
3.28. Paso 5: Quitar tornillo con cabeza allen . . . . .	104
3.29. Paso 6: Arrastrar la estructura en el sentido de la flecha roja . . . . .	105
3.30. Paso 7: Estirar el tornillo sínfin y la manguera en el sentido de la flecha . . . . .	105
3.31. Paso 8: Extraer o limpiar cualquier resto de alimento u objeto caído	106
4.1. Tablero entrenador del Laboratorio de Automatización y Robótica de la FIUNA. . . . .	107
4.2. SIEMENS CPU 1214C DC/DC/DC . . . . .	108
4.3. Módulo de E/S digitales SM 1223 . . . . .	109
4.4. SIMATIC HMI KTP600 Basic . . . . .	110
4.5. Variador de Frecuencia ENC600. . . . .	110
4.6. Pulsador y Contacto. . . . .	111
4.7. Indicador led. . . . .	112
4.8. Sensor capacitivo. . . . .	112
4.9. Sensor inductivo. . . . .	113
4.10. Zócalo y bobina. . . . .	114
4.11. Controlador de sólido FILSA A-100. . . . .	114
4.12. Electroválvula 5/2 vías. . . . .	115
4.13. Motor trifásico. . . . .	116
4.14. Esquema de conexión 1 . . . . .	117
4.15. Esquema de conexión 2 . . . . .	118

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

4.16. Esquema de conexión 3 . . . . .	119
4.17. Esquema del tablero de mando. . . . .	120
4.18. Implementación del tablero de mando. . . . .	121
5.1. Interfaz HMI. . . . .	125
5.2. Interfaz HMI para la actividad 3 . . . . .	127
5.3. Conexión de la red. . . . .	131
5.4. Diagrama lógico de la actividad 2. . . . .	132
5.5. Diagrama lógico de la actividad 2. . . . .	133
5.6. Implementación HMI de la actividad 2. . . . .	134
5.7. Diagrama lógico de la actividad 3. . . . .	135
5.8. Implementación HMI de la actividad 3. . . . .	136
5.9. Diagrama lógico de la actividad 4. . . . .	137
5.10. Implementación HMI - Modo manual. . . . .	138
5.11. Implementación HMI - Estado manual. . . . .	138
5.12. Implementación HMI - Modo automático . . . . .	139
5.13. Representación del tiempo de trabajo del sistema. . . . .	141
5.14. Representación del tiempo de trabajo de la bancada. . . . .	141
5.15. Implementación HMI - Parámetros automático. . . . .	142
5.16. Implementación HMI - Estado automático. . . . .	143

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

**Índice de tablas**

2.1. Materia prima. . . . .	24
2.2. Ración diaria de concentrado por edad para el cerdo. . . . .	26
2.3. Distancia traslapo del tornillo flexible. . . . .	57
2.4. Tabla comparativa entre los sifines con eje y sifines sin eje . . .	60
2.5. Tabla comparativa entre los sifines sin eje rígido y sifines sin eje flexible . . . . .	61
3.1. Tabla de grupos . . . . .	65
3.2. Diámetros de tornillos. . . . .	66
3.3. Coeficiente de carga. . . . .	67
3.4. Factor por el tamaño del transportador. . . . .	68
3.5. Factores de caballaje. . . . .	69
3.6. Modelos de tornillos sifín flexibles. . . . .	75
3.7. Dimensiones de los modelos de tornillos sifín flexibles. . . . .	76
3.8. Potencias y velocidades del motor para el tornillo sifín. . . . .	77

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

**Índice de anexos**

Anexo A: Características de los materiales . . . . .	150
Anexo B: Capacidades de los transportadores helicoidales . . . . .	153
Anexo C: Tablas requeridas para los cálculos de potencia en transportadores helicoidales . . . . .	154
Anexo D: Tablas requeridas para cálculos de poleas y correas . . . . .	156
Anexo D.1: Determinación del perfil de la correa . . . . .	156
Anexo D.2: Diámetro primitivo mínimo recomendado para poleas acopladas a motores eléctricos1 . . . . .	156
Anexo D.3: Designación y largos primitivos . . . . .	157
Anexo D.4: Factor de corrección del arco de contacto $F_{Ac}$ . . . . .	158
Anexo D.5: Factor de corrección del largo $F_{Lp}$ . . . . .	159
Anexo D.6.1: HP Básico por correa . . . . .	160
Anexo D.6.2: HP Adicional por correa . . . . .	161
Anexo E: Guía del estudiante . . . . .	162
Anexo F: Programa de la actividad 1 . . . . .	183
Anexo G: Programa de la actividad 2 . . . . .	185
Anexo H: Programa de la actividad 3 . . . . .	189
Anexo I: Programa de la actividad 4 . . . . .	195
Anexo J: Implementación . . . . .	212
Anexo J: Implementación . . . . .	214

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

## **CAPÍTULO 1**

### **INTRODUCCIÓN**

El trabajo está motivado por una necesidad del ámbito educacional y laboral de poder desarrollar prácticas en el laboratorio de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional de Asunción, de tal forma que los conceptos adquiridos a lo largo del semestre puedan ser aplicados en un ámbito profesional a un nivel industrial, con el objetivo de que el alumno tenga la capacidad y la confianza de resolver los problemas del campo laboral, como un profesional que tiene desarrollado un carácter experimentado en el área.

En este trabajo presentamos el diseño y la implementación de una bancada de pruebas aplicando automatización en el rubro de engorde intensivo de cerdos.

La industria paraguaya del sector de cerdo tuvo un crecimiento importante en los últimos años, en el 2019 se registró 581.578 cerdos faenados, con un incremento de más de 8,7 % en el año 2020 [1]. El sector porcino viene creciendo tanto en cantidad como en calidad, lo cual está influenciado en factores como la mejora de los nutrientes de los alimentos que consumen y en la innovación de la industria de producción porcina.

Es importante resaltar que en la producción porcina existen tres sistemas: sistema extensivo, sistema semi - intensivo y el sistema intensivo [2]. El sistema a optar es el intensivo de confinamiento total y esto requiere una automatización del sistema de distribución de alimentos para poder llegar al resultado máximo en la producción, es decir, en el menor tiempo.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

## **1.1. Justificación**

En la actualidad, la tecnología ha evolucionado bastante, se ha implementado automatización en las industrias con el objetivo de incrementar la producción en el menor tiempo posible y obtener fiabilidad en los procesos repetitivos.

El problema que se presenta con los nuevos profesionales en el momento de incursionar en el mundo laboral es la falta de experiencia con los procesos de automatización a nivel industrial, y esto influye de forma negativa a la hora de obtener el puesto de trabajo ya que compiten con alguien que cuenta con experiencia, es por esto que el proyecto se enfoca en crear un banco de pruebas con implementación industrial.

A nivel académico la realización de este proyecto contribuirá a futuros estudiantes en poder desarrollar las experiencias necesarias para tener una visión de los procesos y decisiones que se deben tomar para resolver los inconvenientes encontrados en la industria, así también poder proponer mejoras y nuevos proyectos enfocados en la automatización.

## **1.2. Objetivos**

### **1.2.1. Objetivo General**

Realizar el diseño y la implementación de un banco de pruebas aplicando la automatización industrial en la distribución de alimentos porcinos para el Laboratorio de Automatización y Robótica a fin de que los estudiantes realicen prácticas de laboratorio a nivel industrial.

### **1.2.2. Objetivos Específicos**

- Diseñar e implementar un sistema de transporte de alimentos porcinos.
- Desarrollar la automatización del sistema mencionado anteriormente.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

- Implementar el proceso automático mediante controladores lógicos programables (PLC), motores, sensores y actuadores.
- Realizar dicho sistema industrial como una bancada de pruebas a ser utilizadas por los estudiantes de la facultad de Ingeniería en experiencias del Laboratorio de Automatización y Robótica.

### **1.3. Alcance y limitaciones**

Mediante el presente trabajo se realizará el diseño y la implementación de un banco de pruebas aplicando automatización en la distribución de alimentos porcinos para el Laboratorio de Automatización y Robótica.

Estará enfocado en el montaje de un sistema automatizado de distribución de alimentos porcinos de menor escala utilizando el PLC (Controlador Lógico Programable), permitiendo así, que los estudiantes de la facultad de Ingeniería realicen prácticas con el banco de pruebas a fin de mejorar el aprendizaje e interactuar con los componentes utilizados en el ámbito profesional de un ingeniero mecatrónico.

Cabe destacar que este proyecto también beneficiaría a los docentes, para una mayor dinámica a la hora transmitir los conceptos teóricos y prácticos abarcados en el área de la automatización.

## **CAPÍTULO 2**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Sistemas de producción porcina [2]**

Existen diferentes sistemas de producción porcina entre ellas podemos mencionar: sistema de cría para subsistencia, sistema extensivo o tradicional a campo, sistema mixto o tradicional mejorado y sistema intensivo o altamente tecnificado; sistema intensivo confinado, sistema pastoril de crianza intensiva.

##### **2.1.1. Sistema de cría para subsistencia**

Este sistema desde el punto de vista de la producción no representa una rentabilidad económica, y se lo considera como una variante a la actividad pecuaria. Este sistema se da a nivel de minifundio, y consiste en la cría integral de un rebaño pequeño formado, por lo general, a partir de la adquisición de una hembra que es alojada en un corral rustico que se la encierra en la noche. La alimentación se basa en los desperdicios domésticos, pastoreos libre y restos de cosechas. Tanto la sanidad como la consanguinidad no son tomadas en cuenta. Se estiman que estos animales en un año alcanzan de 50 a 60 kg y tardan hasta dos años en alcanzar los 120 kg. A nivel reproductivo una hembra puede destetar de tres a cuatro lechones y puede tener hasta menos de un parto por año lo que representa menos de cinco partos en su vida útil, los animales se suelen faenar para consumo familiar en pocos casos para la venta.

### **2.1.2. Sistema extensivo**

Se define por una baja producción por unidad de superficie. Generalmente se utilizan animales con características rústicas y autóctonas, con un limitado poder de transformación y bajos índices reproductivos. La cría está dada por lo general en corrales o a campo abierto, bebederos y refugios precarios. Esto causa que la producción sea estacional tanto por la disponibilidad de pasturas o subproductos agrícolas o agroindustriales y como variante pasturas con suplementación de granos como el maíz y rastrojos (alimentos no convencionales). Esto representa poca inversión, por ende el rendimiento productivo es bajo.

El manejo sanitario esta reducido, al ámbito preventivo y en lo curativo, a las desparasitaciones imprescindibles y en general mal efectuadas; este sistema representa un limitado rédito económico. No obstante, permite la integración animal con la agricultura en sistemas más sostenibles y menos agresivos para el ecosistema.

Este es el sistema que ha sido adoptado por los pequeños productores, donde las construcciones son rudimentarias, hay poca inversión de capital y no hay ninguna asistencia técnica, además está basada en alimentación con desperdicios, la forma de manejo de la explotación es bastante insegura, por lo general abundan explotaciones con a 5 cerdos y no existe control sobre el comportamiento reproductivo del rebaño y mucho menos de la reproducción. En este nivel al obtener un peso promedio el porcino de 25 a 40 kg, es comercializado en las ferias más cercanas y desde ahí es llevado al matadero.

### **2.1.3. Sistema Mixto**

Es donde el productor emplea algunas prácticas de tecnificación y los animales son productos del cruce de razas puras o mestizas. Existe una pequeña inversión de capital en infraestructura de construcción, algunos equipos de fa-

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

bricación artesanal, las dietas alimenticias de los animales pueden darse con productos aprovechados de la localidad y la asistencia técnica es eventual.

Llamado también semi-intensivo, la producción se realiza a campo en todas las etapas, o bien, con algún grado de confinamiento en alguna de ellas. Se requiere cierta inversión y regularmente empleo de mano de obra (familiar o asalariados), ya que este sistema combina racionalmente los factores que intervienen, de tal manera que se proporciona al cerdo un habitat adecuada en cada una de sus etapas productivas. La característica dominante del sistema es el acceso al pastoreo, lo cual puede ser negativo para el animal debido a un gasto excesivo de energía por la búsqueda de alimento a campo abierto.

Una estrategia de alimentación más eficiente es realizada en corrales con refugios o en instalaciones de confinamiento con acceso controlado a praderas durante un periodo de horas diarias. Ello dependerá de la superficie disponible, la inversión realizada y las etapas de desarrollo del animal. Esta práctica de manejo es esencial para las hembras gestantes; es recomendada además para la recría. Los cerdos en la fase de engorde se les suministra eventualmente concentrados proteicos, antibióticos y factores de crecimiento. Los partos se realizan en maternidades especiales con un periodo de permanencia de varios días antes del parto. Se suele emplear alimento concentrado y sub productos agrícolas, además, se utiliza un concentrado especial para los lechones hasta el destete. Las reproductoras de reemplazo serán escogidas de la misma piara, mientras que los reproductores serán adquiridos de otras granjas.

#### **2.1.4. Sistema intensivo**

Este sistema es un nivel industrial, es un tipo de explotación en donde se hace empleo de sistemas más avanzadas, las dietas son balanceadas con raciones concentradas, los animales son de raza mestiza y pura, su tipo de producción está definido, desde el punto de vista sanitario tienen asistencia técnica, existe

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

presencia de instalaciones costosas que implica una alta inversión de capital y las prácticas son adecuada. Este tipo de explotación por lo general va dirigido al proceso para productos embutidos industrializados o a los canales de las grandes ciudades.

Es una forma de explotación altamente tecnificada dirigida a situar los animales en condiciones que permiten obtener altos rendimientos productivos en el menor tiempo. Se utiliza material genético, dietas balanceadas, asistencia técnica, e infraestructura adecuada. Posee mano de obra permanente, y canales de comercialización directos. De acuerdo a las instalaciones de producción se clasifican en:

#### **2.1.4.1. Sistema intensivo en confinamiento**

Logra estándares productivos altos, las reproductoras producen de 20 a 25 cerdos destetados/año, con excelentes ganancias de peso diaria, conversión alimenticia. Maximizando a la eficiencia productiva, se caracteriza por el aprovechamiento de unidad de superficie.

Este método puede describirse como el grupo de prácticas e instalaciones que tienen como finalidad utilizar el menor área posible en la producción de cerdos, en un sistema de confinamiento total.

En confinamiento, tenemos las siguientes modalidades: Granjas de ciclo completo. Se caracteriza por poseer todos los períodos de la etapa productiva (gestación, maternidad, destete, y engorde) en un área compartida.

Granja multisitios. Este sistema no posee concentrada las instalaciones, cada uno de los períodos de producción se ubican en bloques aislados de los otros, agrupando los animales en el periodo de gestación, parto, lactancia, reproducción. Comprende la infraestructura utilizada para alojar los lechones luego del destete. Se lleva a cabo el engorde o terminación de los animales.

El periodo en confinamiento presenta ventajas, facilita las tácticas de manejo

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

tales como el cuidado de las hembras en el parto y la atención de los recién nacidos, disminuye la exposición de los animales a algunos microorganismos.

#### **2.1.4.2. Sistema pastoril de crianza intensiva**

Combina el uso intensivo de los pastizales (recursos naturales disponibles) como reductor del costo de alimentación en las madres, con la crianza eficiente de los lechones. Se utilizan instalaciones especialmente diseñadas para evitar el aplastamiento de los lechones y contribuir a sus necesidades térmicas. Los cerdos de engorde son confinados bajo una alimentación balanceada con base en los requerimientos nutricionales. El sistema fue creado como respuesta a los sistemas intensivos confinados, que requieren de una alta inversión en instalaciones y alimentación.

### **2.2. Tipos de alimentos**

La alimentación representa alrededor del 65 % de los costes de producción en el periodo parto-finalización, debido a el la optimización en el uso de los recursos alimenticios se establece como una prioridad. La adecuada elección de una fuente alimenticia ayuda a controlar el coste del alimento y produce un efecto favorable en la salud y variables productivas de los cerdos. [3]

#### **2.2.1. Alimentación con residuos agrícolas [4]**

Los residuos agrícolas son una alternativa que siempre estará presente en las fincas de los productores ya que el establecimiento y cosecha de granos básicos principalmente es una actividad de subsistencia.

La utilización de los residuos agrícolas ha sido históricamente la principal fuente de alimentación de los cerdos, obteniéndose resultados no alentadores,

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

la principal causa de obtener rendimientos bajos es por el escaso contenido nutricional.

Para mejorar los rendimientos productivos es necesario que los residuos que sean utilizados en la alimentación porcina se les realicen algunas actividades prácticas tales como:

1. Suministrarlos preferiblemente cocidos.
2. Ofrece a manera de complemento un alimento con mayor valor nutritivo.
3. No suministrarlo en grandes cantidades.
4. Suminístralos en partículas lo más pequeño posible.

#### **2.2.2. Uso de pasturas como alimento para cerdos [4]**

El cerdo, por tratarse de un monogástrico, no hace un uso tan eficiente de las pasturas ya que no posee las enzimas capaces de digerir los componentes de la pared celular de los vegetales. Sin embargo, cuando se les alimenta con forrajes tiernos se ha comprobado que los cerdos realizan un aprovechamiento de la proteína y en el caso de los adultos, son capaces de obtener una importante cantidad de energía.

#### **2.2.3. Uso de desperdicio de cocina [4]**

La basura y desperdicios utilizados para alimentar a los cerdos tienen que ser tratados al calor al menos por un tiempo de 30 minutos.

La alimentación con desperdicios de comida cruda o con desperdicios que no están apropiadamente cocinados, puede causar enfermedades infecciosas devastadoras en los cerdos y causar otras enfermedades de interés público.

Los desperdicios de cocina tienen una característica muy particular tienen alto contenido de energía en forma de grasa, la cual no se recomienda darle de

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

consumir a los lechones y cerdos de inicio, pero si a los demás cerdos.

#### **2.2.4. Suero fresco de queso [4]**

El suero de quesería o lácteo es un subproducto que resulta, al someter la leche al proceso de coagulación y corresponde a la fracción acuosa que se separa de la cuajada, tras la separación de la caseína y la grasa durante la fabricación del queso.

El suero se queda con el 15 % del contenido total de la proteína de la leche cruda y con el 90 % del contenido total de la lactosa de la leche cruda.

Debido al alto contenido nutritivo que este alimento juega este tiene una gran importancia en la alimentación de los cerdos permitiendo alimentarlos en cualquier etapa productiva.

El suero fresco de queso o cuajada casero es altamente nutritivo y podemos ofrecerlo como alimento en cualquier edad a los cerdos, no así el suero que distribuyen los camiones recolectores de leche (lecheras), ya que este es un suero con alto grado de fermentación y considerablemente adulterado con agua.

#### **2.2.5. Caña de azúcar [4]**

El jugo de caña de azúcar se compone principalmente de sacarosa y en relación con ello se han dado a conocer valores de energía digestible altos como 15,35 kjoule/g MS, explicando, por lo tanto, la alta digestibilidad de la sacarosa en cerdos en crecimiento.

El establecimiento del sistema de alimentación con jugo de caña de azúcar, suministra claras ventajas desde el punto de vista del costo de producción en un ambiente tropical, si el jugo de caña de azúcar es dado ad libitum (sin límites) a los cerdos.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

### **2.2.6. Alimento balanceado [4]**

Los alimentos balanceados o concentrados son el resultado de la mezcla de diferentes ingredientes con diferentes valores nutritivos más aditivos (melaza, sales minerales), todos los componentes en diferentes proporciones. Sufriendo primeramente una transformación total cada componente.

### **2.3. Engorde intensivo de cerdos**

La alimentación del ganado porcino debe cubrir sus necesidades alimenticias para que los animales alcancen los altos rendimientos que pueden proporcionar al ganadero. [5] La alimentación del ganado reproductor debe realizarse cuidadosamente, ya que sus necesidades varían según el estado o época en que se encuentran los animales. Si se suministra raciones insuficientes o excesivas se producen trastornos en la reproducción, como por ejemplo, el ganado debe estar en buen estado de carne, pero sin un exceso en grasa.

Para alimentar correctamente a los cerdos hay que tener en cuenta varios factores:

- La raza.
- La fase del crecimiento.
- La cantidad y calidad de la ración.
- El medio ambiente.

En la actualidad, la alimentación se hace a base de piensos concentrados y agua [6].

### 2.3.1. Alimentación a base de pienso [5]

La alimentación a base de piensos concentrados (ver figura 2.1) adopta tres modalidades distintas :

- Suministro de pienso completo tal como viene de la fábrica de piensos, sin mezclarlo con otro tipo de alimento.
- Mezcla de cereales con pienso complementario; este pienso complementario, de gran concentración proteica, suministra las proteínas, minerales y vitaminas que los cereales no tienen, o tienen en proporción insuficiente para cubrir las necesidades del ganado. Esta modalidad se adapta a cualquier tipo de explotación, pues se reduce a mezclar la harina de cereales con las proporciones de pienso complementario indicadas por el fabricante del pienso. Es particularmente ventajosa en las zonas productoras de cereales; para cerciorarse de ello basta considerar que los cereales constituyen más del 80 por 100 del pienso concentrado que se suministra a un cerdo de cebo desde el destete hasta la edad del sacrificio; estos cereales que vende el agricultor, vuelven en el pienso compuestos mezclados con los demás ingredientes, después de haber sufrido un considerable aumento de precio, debido al coste de transportes, beneficios del fabricante de piensos y de intermediarios, etc.
- Preparación del pienso concentrado en la propia explotación, a base de productores que se tienen o se adquieren: cereales, minerales, etc. Esta modalidad es interesante para explotaciones ganaderas de cierta consideración y para ganaderos que poseen suficiente conocimiento.



**Figura 2.1:** Pienso o pellets para cerdo. **Fuente:** [7]

Es importante mencionar que existe el pienso en forma de harina, los resultados obtenidos con respecto al granulado es sensiblemente igual con el inconveniente de que al ser finamente molida irrita las mucosas de las vías respiratorias y produce una tos seca.

En la tabla 2.1 se puede visualizar la materia prima que suelen utilizar los productores nacionales para la fabricación del balanceado para producción porcina.

**Tabla 2.1:** Materia prima.

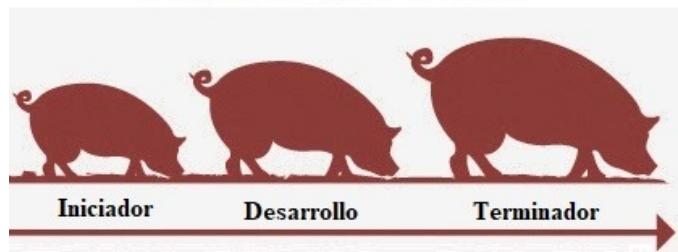
Materia prima utilizada por los fabricantes.	
FCV - UNA	SUPERMIX
Maíz	Maíz
Sorgo	Soja
Triguillo	Triticale
Afrecho de arroz	Afrechillo de trigo
Harina de soja	Soja extrusada
Afrecho de trigo	Trigo

**Fuente:** Elaboración propia

### 2.3.2. Etapas de engorde

Los siguientes puntos a mencionar son los distintos tipos de procesos de alimentación que se tiene en un sistema de engorde intensivo (ver figura 2.2), que van relacionado al peso vivo del animal.

### Etapas de engorde intensivo



**Figura 2.2:** Etapas de engorde intensivo. **Fuente:** Elaboración propia

Los siguientes datos fueron proporcionados por la Facultad de Ciencias Veterinarias de la Universidad Nacional de Asunción, por ende, son las que se recomiendan implementar en nuestro país.

1. **Porcino Iniciador:** Suministrar de 3 a 5 % de su peso vivo, de 0,5 a 1,5 kg por animal/día desde los 10 kg. hasta 25 kg. en etapa inicial, agua fresca de 2 a 4 litros por cada kg. de ración.

2. **Cerdos Desarrollo:** Dentro del programa de alimentación para cerdos, esta es la más importante dentro de su desarrollo productivo, dado que aquí el animal consume entre el 70 y 80 % del total de alimentos necesario en su vida productiva.

Suministrar a razón de 3 a 5 % de su peso vivo, de 1,5 a 2,5 kg del producto animal/día desde los 25 kg. hasta 50 kg. en etapa de desarrollo, con abundante agua fresca a razón de 2 a 4 litros por cada kg. de ración.

3. **Porcino Terminador:** Suministrar de 2,5 a 3,2 % de su peso vivo, de 2,5 a 3,2 kg por animal/día desde los 50 kg. hasta 120 kg. en etapa terminación, con agua fresca de 2 a 4 litros por cada kg. de ración.

En la tabla 2.2 se visualiza la relación del peso vivo con la etapa en que se encuentra el ganado porcino para el suministro de ración diaria.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

**Tabla 2.2:** Ración diaria de concentrado por edad para el cerdo.

Ración diaria de concentrado por edad para el cerdo.		
Etapas (días)	Peso vivo (Kg.)	Ración diaria (Kg./animal)
60	Hasta 25	0,5 a 1,5
120	25 - 50	1,5 a 2,5
180	50 - 120	2,5 a 3

**Fuente:** [8]

## 2.4. Automatización en granjas porcinas

Para el presente proyecto se estuvo trabajando en base a una granja ubicada en los Estados Unidos. Contactamos con un Dr. Veterinario que nos proveyó información respecto al montaje y el funcionamiento de distribución de balanceado.

La granja se dedica específicamente al engorde intensivo de cerdo lo cual tiene implementado el sistema de engorde intensivo de confinamiento total, con una capacidad de producción de hasta 7000 cerdos.

Se puede visualizar la distribución del corral que se maneja en el establecimiento, donde en la figura 2.3 los cerdos se encuentran en etapa iniciador y en la figura 2.4 se encuentra en etapa de desarrollo.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---



**Figura 2.3:** Cerdos en etapa iniciador. **Fuente:** Dr. Delio Barrientos



**Figura 2.4:** Cerdos en etapa desarrollo. **Fuente:** Dr. Delio Barrientos

Los comederos tienen disposición para seis bocas y están conectados a una tubería donde se provee el balanceado. En la figura 2.5 se visualiza la instalación del comedero.



**Figura 2.5:** Comedero para cerdo. **Fuente:** Dr. Delio Barrientos

## 2.5. PLC (Controladores Lógicos Programables) [9]

Un PLC es un equipo electrónico programable, que permite almacenar una secuencia de órdenes (programa) en su interior y ejecutarlo de forma cíclica con el fin de realizar una tarea.

Un PLC trabaja en base a la información recibida por los captadores y el programa lógico interno, actuando sobre los accionadores de la instalación.

Para que un PLC logre cumplir con su función de controlar, es necesario programarlo con cierta información acerca de los procesos que se quiere secuenciar. Esta información es recibida por captadores, que gracias al programa lógico interno, logran implementarla a través de los accionadores de la instalación. Es decir, a través de los dispositivos de entradas, formados por los sensores (transductores de entradas) se logran captar los estímulos del exterior que son proce-

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

sados por la lógica digital programada para tal secuencia de proceso que a su vez envía respuestas a través de los dispositivos de salidas (transductores de salidas, llamados actuadores).

## 2.6. Tipos de transporte de materiales

En esta sección se explicarán con más detalles los tipos de transportes de materiales también conocidos como tornillos helicoidales o tornillos sinfín, que se utilizan en la actualidad para el manejo y transporte de materiales en las industrias o bien para diferentes tipos de aplicaciones. A continuación, se muestran tres importantes tipos de tornillos helicoidales, los cuales son:

- Tornillo sinfín con eje
- Tornillo sinfín sin eje, rígido
- Tornillo sinfín sin eje, flexible

### 2.6.1. Tornillo sinfín con eje

Los transportadores de tornillo con eje, o transportadores de barrena, son equipos industriales que se utilizan para transportar cantidades a granel de sólidos granulares (polvo, pellets, granos, gránulos), semisólidos, líquidos e incluso materiales que no fluyen de un punto a otro. Mantienen una alta eficiencia operativa al eliminar la necesidad de que los trabajadores muevan manualmente las cargas. [10]

A continuación, se describen con más detalles acerca de este tipo de tornillo helicoidal, tales como su funcionamiento, componentes, clasificaciones, configuraciones, aplicaciones, etc.

### 2.6.1.1. Funcionamiento

Los transportadores de tornillo consisten principalmente en un eje de tornillo giratorio que se instala dentro de un canal. A medida que gira el eje del tornillo, el material se mueve linealmente. Se pueden diseñar para proporcionar trayectorias de viaje horizontales, verticales e inclinadas.

Varios tipos de transportadores de tornillo están diseñados para manejar un comportamiento de material específico. Los materiales a granel pueden ser abrasivos, no fluidos, fluidizantes, higroscópicos o peligrosos. Los productos que por lo general manejan los transportadores de tornillo son cereales, fertilizantes, alimentos para animales, cenizas, grava, cemento y desechos sólidos. [10]

En la figura 2.6 se muestra un ejemplo de tornillo sinfín con eje dentro de un canal o también conocido como artesa.



**Figura 2.6:** Tornillo transportador helicoidal con eje. **Fuente:** [11]

El caudal del material depende de: [12]

- la velocidad de giro del tornillo (número de revoluciones por minuto o rpm)
- los diámetros del tubo, tanto del interior como del exterior
- del paso (distancia entre cresta del helicoide)

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

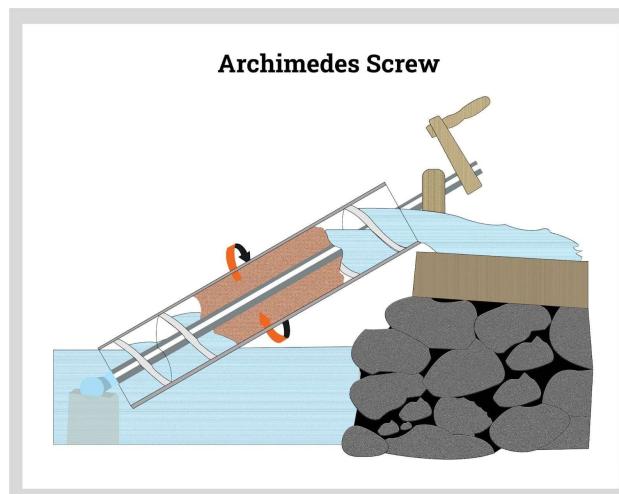
---

- la inclinación: horizontal, vertical o forma un ángulo respecto a la horizontal
- del nivel del llenado del tornillo
- del rozamiento del material con el mismo.

#### **2.6.1.2. Antecedentes de su uso**

Este equipo esta diseñado para realizar el transporte de material mediante una espiral basado en el principio de Arquímedes. El primer transportador de tornillo fue el tornillo de Arquímedes (ver figura 2.7), que se desarrolló alrededor del año 250 a. C. Un tornillo de Arquímedes es una forma de bomba de desplazamiento positivo que se usaba para elevar el agua de las tierras bajas a las zanjas de riego elevadas. La construcción y el sistema de accionamiento de los tornillos de Arquímedes fueron mejorando a lo largo de los años para aumentar su eficiencia, durabilidad y velocidad, a la vez que se adaptaba el mecanismo original. [10]

A pesar de que han pasado más de 2000 años desde su invención se sigue usando ampliamente en la industria hoy en día, en el área de transporte y manipulación de materiales.



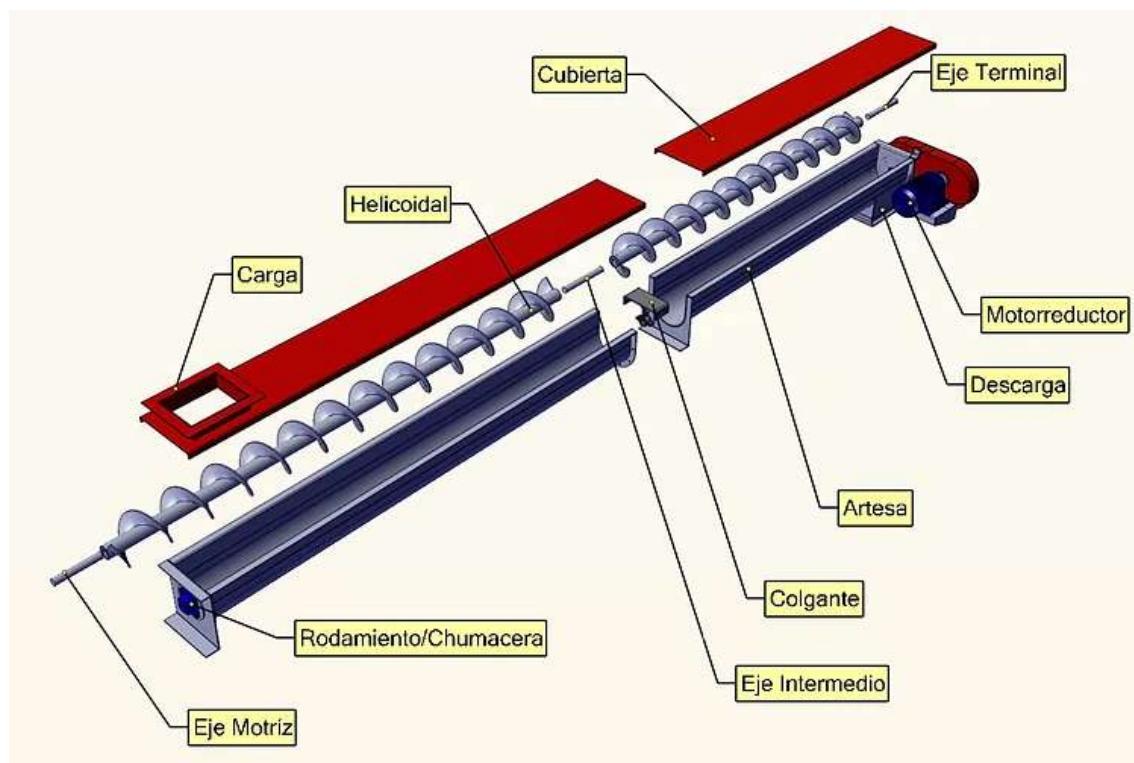
**Figura 2.7:** Tornillo transportador de Arquímedes. **Fuente:** [10]

### 2.6.1.3. Por qué utilizar un tornillo sinfín con eje

Un transportador de tornillo helicoidal con eje es un equipo que tiene un eje sólido o tubular que se extiende a lo largo por el centro de los helicoidales. Esto ayuda a mantener el helicoidal por encima de la artesa o canal de transporte, evitando roces que podrían producir desgaste y desprendimiento de metal con el contacto y velocidad de giro. [13]

### 2.6.1.4. Componentes de un tornillo sinfín con eje

En esta subsección se describen algunos componentes de mayor importancia de los transportadores, según la figura mostrada abajo (ver figura 2.8).



**Figura 2.8:** Componentes de un tornillo sin fin o helicoidal. **Fuente:** [13]

**Grupo motriz:** está formado por un motorreductor, el cual se encarga de hacer girar el tornillo a una velocidad deseada, éstas pueden montarse en la base

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

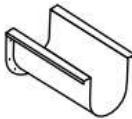
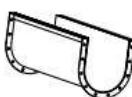
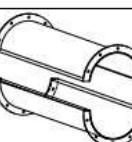
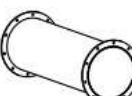
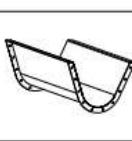
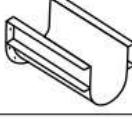
o en el eje, así como también en el lado de la entrada o la salida, quedando a criterio del usuario conforme a las necesidades. Para la transmisión de la fuerza se utilizan tanto de engranajes elásticos como también transmisión por cadena. Es posible ajustar las revoluciones mediante modificación de la transmisión o mediante los convertidores de frecuencia. [12]

**Carcasa o artesa:** Por lo general se fabrican en chapa de acero al carbono y cumplen la función de mantener el material en el interior de la máquina. Dependiendo del tipo de material que se quiera transportar, entre las más utilizadas se encuentran la de canal de acero en forma de U (estándar) y también en forma tubular con un tubo o varias secciones de este, unidas por tornillos. [12]

Las artesas tubulares para transportadores helicoidales son a prueba de polvo y de intemperie y pueden operar llenas de material. Los transportadores con artesas tubulares son rígidos y muy adecuados para transportar material en planos inclinados. Por su parte, el de canal estará formado por una canal en forma de U, que proporciona acceso para la alimentación y extracción de material a granel para éstos tipos de carcasa es recomendable que cuenten con tapas de segmentos planos, es decir, una cubierta plana rígida y removible que se apoyan sobre el borde y a lo largo del canal para proteger el material a granel de la contaminación, el polvo y los elementos peligrosos. [10]

A continuación, se muestran algunos de los tipos de carcasa más utilizados en la industria (figura 2.9).

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

<b>ARTESA EN "U" CON CEJA FORMADA</b>		Es una artesa económica de uso común. Construcción de una sola pieza. Longitudes estándar en existencia.
<b>ARTESA EN "U" CON CEJA DE ÁNGULO</b>		Construcción rígida. Longitudes estándar en existencia.
<b>ARTESA TUBULAR CON CEJA FORMADA</b>		Puede operar llena en aplicaciones de alimentadores. En aplicaciones inclinadas, minimiza el regreso del material. Se desensambla fácilmente para su mantenimiento. Se puede sellar con empaque para confinamiento a prueba de polvo. Se requieren registros para colgante para usar colgantes estándar.
<b>ARTESA TUBULAR SÓLIDA</b>		Construcción de una pieza para aplicaciones totalmente cerradas o inclinadas. Se requieren registros para colgante para usar colgantes estándar.
<b>ARTESA ENSANCHADA</b>		Se utiliza cuando los materiales tienden a puentearse o cuando se necesitan entradas ensanchadas.
<b>ARTESA CON CANAL</b>		Añade refuerzo estructural cuando las artesas son más largas que lo estándar.

**Figura 2.9:** Tipos de artesas más utilizadas. **Fuente:** [14]

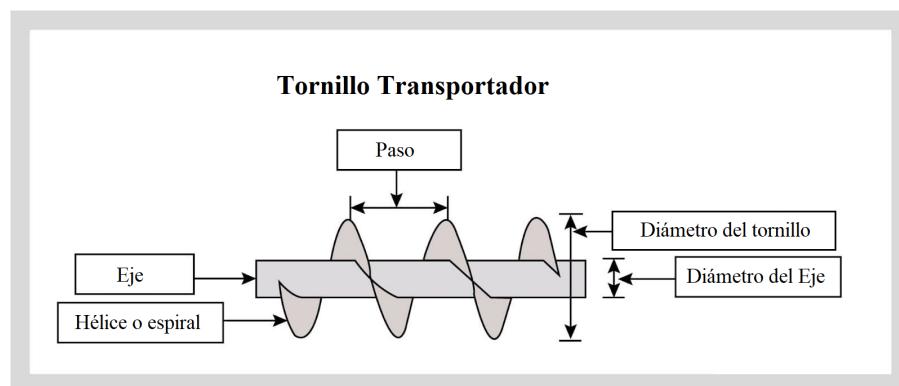
**Rodamientos o chumaceras:** En ambos extremos del tornillo se tienen dos rodamientos de tal forma que el eje pueda girar alineado libremente sin producirse algún roce con el canal de transporte. Para evitar que se produzcan excesivas flexiones del eje, se hace necesario disponer de una serie de soportes intermedios o colgantes (generalmente situados cada 3 - 4 metros) para apoyar el eje. En cada apoyo se hará uso de cojinetes para aminorar el rozamiento del eje en los soportes.

**Bocas de entradas y salidas:** La carga se realizará por un extremo en la parte superior y la descarga se realizará por la parte inferior del otro extremo, aunque también existe la posibilidad de colocar bocas de carga y descarga en diferentes puntos.

**Tornillo transportador:** El tornillo transportador es el componente principal de un transportador de tornillo; es responsable de empujar los sólidos a lo

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

largo del canal. Se compone de un eje con una hoja ancha que corre helicoidalmente alrededor de su longitud (figura 2.10). Esta estructura helicoidal se llama hélice o espiral. Los tornillos transportadores funcionan como tornillos enormes; el material viaja un paso a medida que el tornillo transportador gira en una revolución completa. El paso del tornillo transportador es la distancia axial entre dos crestas de espiral. El tornillo transportador permanece en su posición y no se mueve axialmente mientras gira para mover el material a lo largo de su longitud. [10]



**Figura 2.10:** Partes de un tornillo transportador. **Fuente:** [10]

#### 2.6.1.5. Clasificación del tornillo sin fin con eje [14]

Los siguientes son los tipos de transportadores de tornillo en función de su diseño de hélice (también llamado vuelo) y paso:

**Paso estándar, helicoidal sencillo:** Los helicoidales con paso igual al diámetro son considerados estándar. Son adecuados para manejar una gran variedad de materiales en la mayoría de las aplicaciones convencionales. (Fig. 2.11)

**Paso corto, helicoidal sencillo:** El paso del helicoidal se reduce a  $2/3$  del diámetro. Se recomienda para aplicaciones inclinadas o verticales. Se utilizan en alimentadores helicoidales. El paso corto reduce el flujo

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

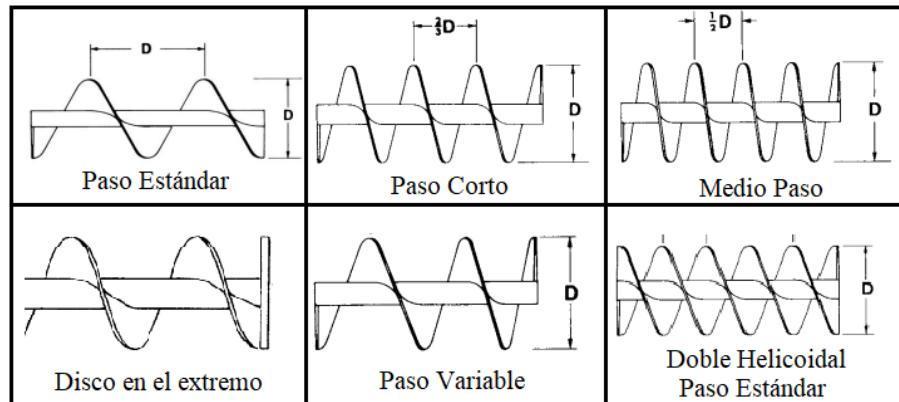
de los materiales que tienden a fluidizarse. (Fig. 2.11)

**Medio paso, helicoidal sencillo:** Es similar al paso corto excepto que el paso se reduce a la mitad del paso estándar. Es muy útil para aplicaciones inclinadas o verticales, en alimentadores helicoidales y para manejar materiales extremadamente fluidos. (Fig. 2.11)

**Disco en el extremo del helicoidal:** El disco es del mismo diámetro del helicoidal y soldado al tubo del helicoidal en el extremo de descarga. Desde luego gira con el helicoidal y ayuda a mantener el material de descarga lejos del sello. (Fig. 2.11)

**Helicoidal sencillo de paso variable:** Los helicoidales tienen un paso que se incrementa. Se utilizan en alimentadores helicoidales para manejar uniformemente materiales finos que fluyen libremente, a todo lo largo de la abertura de alimentación. (Fig. 2.11)

**Doble helicoidal, paso estándar:** Los helicoidales dobles de paso estándar permiten que ciertos tipos de materiales fluyan suave y uniformemente. (Fig. 2.11)



**Figura 2.11:** Clasificación del tornillo (Parte I). **Fuente:** [14]

**Cónico, paso estándar, helicoidal sencillo:** Los álabes del helicoidal se incrementan de  $2/3$  hasta el diámetro total. La principal aplicación es

en alimentadores helicoidales para permitir el manejo uniforme de materiales con partículas de gran tamaño. Son equivalentes en su operación pero más económicos que los de paso variable. (Fig. 2.12)

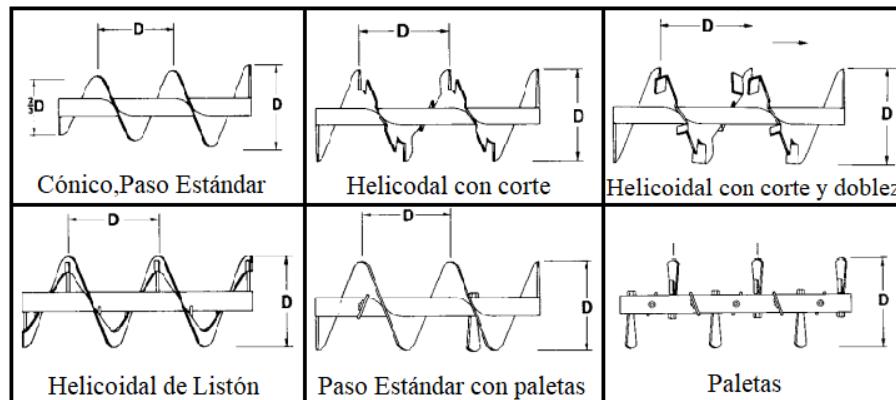
**Helicoidal con corte, paso estándar:** Los helicoidales se recortan a intervalos regulares en el extremo exterior. Favorece el efecto de mezclado y agitación del material en tránsito. Es muy útil para mover materiales que tienden a compactarse. (Fig. 2.12)

**Helicoidal con corte y doblez, paso estándar:** Los segmentos doblados en el helicoidal, levantan y derraman el material. El flujo retardado parcialmente favorece un minucioso mezclado. Es excelente para calentar, enfriar o airear substancias. (Fig. 2.12)

**Helicoidal de listón:** Son excelentes para transportar materiales pegajosos. El espacio abierto entre el helicoidal y el tubo evita que el material se acumule y se incruste. (Fig. 2.12)

**Paso estándar con paletas:** Las paletas ajustables se colocan en el helicoidal en posición opuesta al flujo para tener un mezclado suave pero minucioso del material transportado. (Fig. 2.12)

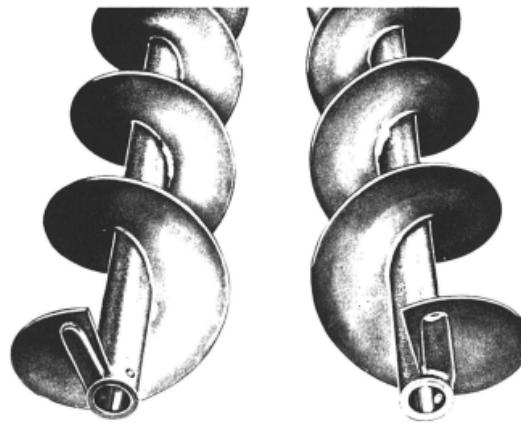
**Paletas:** Las paletas ajustables proporcionan una acción de mezclado total y de flujo controlado del material. (Fig. 2.12)



**Figura 2.12:** Clasificación del tornillo (Parte II). **Fuente:** [14]

### 2.6.1.6. Sentido de giro de los transportadores [14]

Un transportador helicoidal puede ser derecho o izquierdo dependiendo de la forma de la hélice. El sentido se determina fácilmente observando el extremo del helicoidal. La figura de la izquierda (figura 2.13) tiene la hélice enrollada al tubo en el sentido contrario a las manecillas del reloj o hacia la izquierda. Similar a las cuerdas izquierdas de un tornillo. Esto se denomina helicoidal mano izquierda. En la figura de la derecha (figura 2.13), la hélice está enrollada al tubo en el sentido de las manecillas del reloj, o hacia la derecha. Similar a las cuerdas derechas de un tornillo. Esto se denomina como helicoidal mano derecha.



**Figura 2.13:** Sentido de giro de los transportadores. **Fuente:** [14]

#### Movimiento direccional del producto transportado

La figura 2.14 nos indica la dirección en que se moverá el flujo de material transportado según el sentido de giro del tornillo y dependiendo del helicoidal, si es mano derecha o mano izquierda. Estas pueden ser:

Tornillo mano derecha y giro en sentido horario. (Fig. 2.14a).

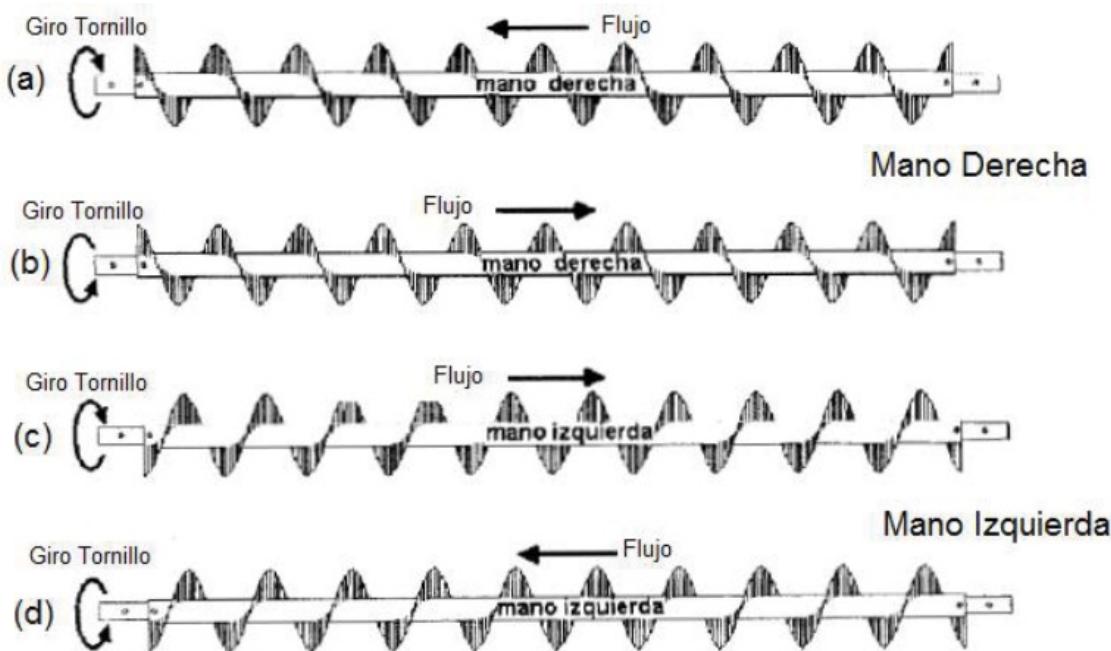
Tornillo mano derecha y giro en sentido antihorario. (Fig. 2.14b).

Tornillo mano izquierda y giro en sentido horario. (Fig. 2.14c).

Tornillo mano izquierda y giro en sentido antihorario. (Fig. 2.14d).

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---



**Figura 2.14:** Dirección de flujo de los materiales. **Fuente:** [12]

#### 2.6.1.7. Configuraciones del tornillo sínfín

Los transportadores de tornillo tienen la cualidad de trabajar en distintas posiciones, ya que posee la capacidad de transportar el material instalado sobre un plano completamente horizontal, en un plano inclinado o bien, en forma vertical, con una entrada y una salida o mejor aún con múltiples entradas y salidas dependiendo de las necesidades y/o aplicaciones dadas.

A continuación, se describen los tres tipos de configuraciones que pueden adoptar estos transportadores.

#### 2.6.1.8. Transportadores de tornillo horizontales [10]

Los transportadores de tornillo horizontales son la forma más simple de transportadores de tornillo. Esta configuración puede manejar una amplia gama de características de materiales a granel. Pueden transportar de manera eficiente los materiales a granel a varias ubicaciones del transportador de tornillo mediante el uso de múltiples entradas y puntos de descarga (Fig. 2.15).

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

La carga del canal se refiere a la profundidad máxima a la que se puede cargar el canal para evitar el desgaste y la fatiga indebidos de los componentes del transportador de tornillo. Depende de las características del material a granel a manejar y es un factor importante en el dimensionamiento del transportador de tornillo. En general, la carga del canal puede ser mayor para materiales livianos, de flujo libre y no abrasivos, y debe ser menor para materiales viscosos, pesados y abrasivos.



**Figura 2.15:** Transportador helicoidal horizontal. **Fuente:** [10]

#### 2.6.1.9. Transportadores de tornillo inclinado [10]

Los transportadores de tornillo inclinado ofrecen una trayectoria inclinada que elimina la necesidad de equipos de transporte adicionales para transportar materiales a granel hacia o desde una superficie elevada. Una alternativa a este tipo es el uso de dos equipos de transporte: un equipo para transporte horizontal y otro para transporte vertical. Sin embargo, esta configuración es costosa y consume más espacio (Fig. 2.16).

El ángulo de inclinación de un transportador de tornillo inclinado varía de  $0^\circ$  a  $45^\circ$  sobre la horizontal. A medida que aumenta el ángulo de inclinación, la

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

eficiencia y la capacidad de carga del transportador de tornillo disminuyen, mientras que los requisitos de potencia aumentan debido a la atracción gravitatoria y el retroceso del material a granel. Los efectos negativos de la inclinación se compensan mediante el uso de un tornillo transportador de paso reducido (por ejemplo, la mitad o dos tercios del diámetro del tornillo), ya que proporciona una mejor superficie de transporte y reduce el retroceso del material. El uso de canales tubulares también reduce el retroceso del material.



**Figura 2.16:** Transportador helicoidal inclinado. **Fuente:** [10]

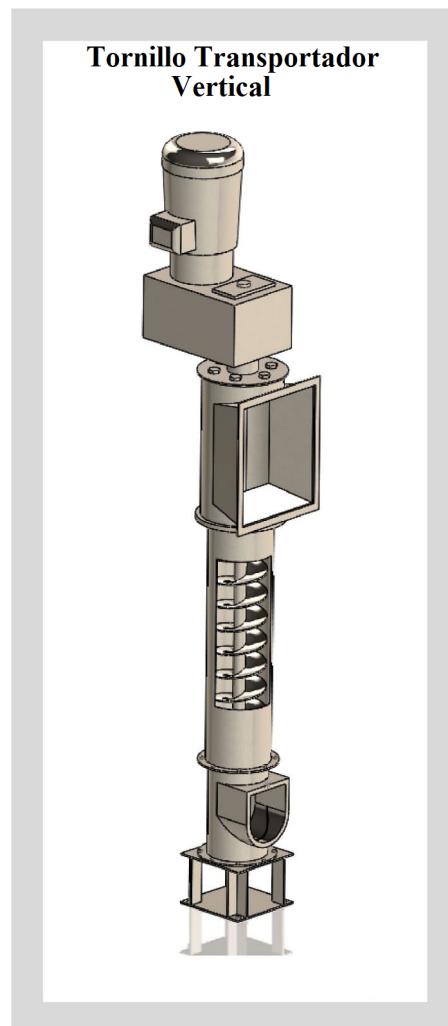
#### **2.6.1.10. Transportadores de tornillo verticales [10]**

Los transportadores de tornillo verticales transportan materiales a granel en trayectorias verticales y pendientes muy pronunciadas con un ángulo de inclinación superior a  $45^\circ$  sobre la horizontal. También son rentables y ahoran espacio

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

en el transporte de materiales a granel. El control de la cantidad de material a granel alimentado al transportador de tornillo es fundamental para que los transportadores de tornillo verticales mantengan una velocidad constante, reduzcan el desgaste y el consumo de energía, y aumenten la eficiencia del transportador. Por lo tanto, son necesarios dispositivos dosificadores a granel tales como alimentadores de tornillo (Fig. 2.17).



**Figura 2.17:** Transportador helicoidal vertical. **Fuente:** [10]

#### 2.6.1.11. Aplicaciones

Con éstas máquinas es posible el transporte de una gran gama de materiales, son muy utilizados por los fabricantes de equipos de construcción y agricultura,

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

en maquinaria de mezclado y excavación, por la industria de procesamiento de alimentos para equipos especializados y fabricantes de sistemas transportadores utilizados en distribución. Las industrias de minería y minerales requieren grandes lavadoras helicoidales de agregados.

Además, son indispensables para mover diferentes materiales de grado alimenticio, entre los cuales se puede encontrar, granos, polvos, pellets e inclusive algunas variedades de líquidos. Las plantas de tratamiento de aguas residuales utilizan transportadores de tornillo para mover el lodo a través del proceso de desagüe.

Algunos de los sectores donde es ampliamente utilizado son:

- Industria de la Construcción (fig. 2.18a)
- Industria Perforación de Suelos (fig. 2.18b)
- Industria de producción de alimentos (fig. 2.18c)
- Industria de Pavimentos (fig. 2.18d)
- Industria agrícola (fig. 2.19e)
- Ambiental / Aguas Residuales (fig. 2.19f)
- Industrias de minería y minerales (fig. 2.19g)
- Industrias químicas (fig. 2.19h)
- Industria de áridos, yeso, vidrio, cerámica y/o cemento
- Industria de incineración
- Plásticos y pinturas
- Transporte de rechazos de tamizado y de fangos deshidratados
- Industria de la Pulpa y el Papel

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---



**Figura 2.18:** Aplicaciones (Parte I). **Fuente:** [13]



**Figura 2.19:** Aplicaciones (Parte II). **Fuente:** [13]

## **2.6.2. Tornillo sifón sin eje, rígido**

En esta sección se explicarán con más detalles otro importante tipo de transporte de materiales muy utilizado en la actualidad para el manejo y transporte de materiales en las industrias o bien para diferentes tipos de aplicaciones. Se explican el funcionamiento, componentes, clasificaciones, ventajas, aplicaciones, etc.

### **2.6.2.1. Funcionamiento**

Los transportadores helicoidales sin eje o shaftless, funcionan del mismo modo que un tornillo helicoidal con eje, la diferencia principal es que carece del eje central en el tornillo helicoidal y eso es una gran ventaja, encamina a una solución ideal para mover materiales difíciles de transportar, que van desde sólidos de forma irregular (como madera de deshecho y metales) a materiales semilíquidos y pegajosos (como composta, pulpa, desechos en el procesamiento de alimentos, desechos de hospitales y sedimentos obtenidos en el tratamiento de aguas).

Los transportadores helicoidales shaftless son sencillos, no tiene eje central y requiere menos partes que los transportadores helicoidales convencionales, minimizando los costos de mantenimiento. Este diseño también permite cargas de artesa más altas manejadas a menos velocidad de giro del eje (RPM). Tienen como ventaja que eliminan los típicos atascamientos y la acumulación de material de los helicoidales convencionales, lo que se traduce en mayor tiempo de operación, alta eficiencia y menor mantenimiento. También elimina los colgantes, los bujes colgantes y los rodamientos para reducir el mantenimiento e incrementar la eficiencia permitiendo la transferencia del material a otro transportador.

En las siguientes figuras 2.20 y 2.21 se muestran ejemplos de transportadores helicoidales sin eje rígido.

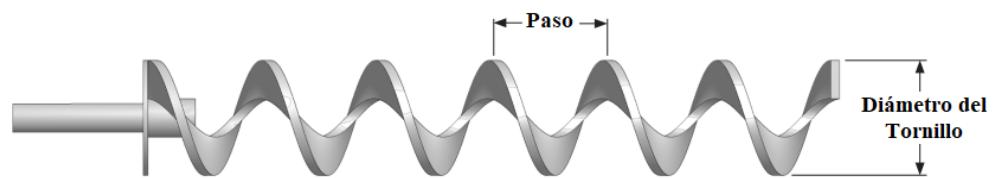


**Figura 2.20:** Tornillo transportador sin eje o shaftless. **Fuente:** [10]



**Figura 2.21:** Hélice o espiral rígido. **Fuente:** [15]

De esta forma se observa en la siguiente figura 2.22 el tornillo helicoidal sin eje central.



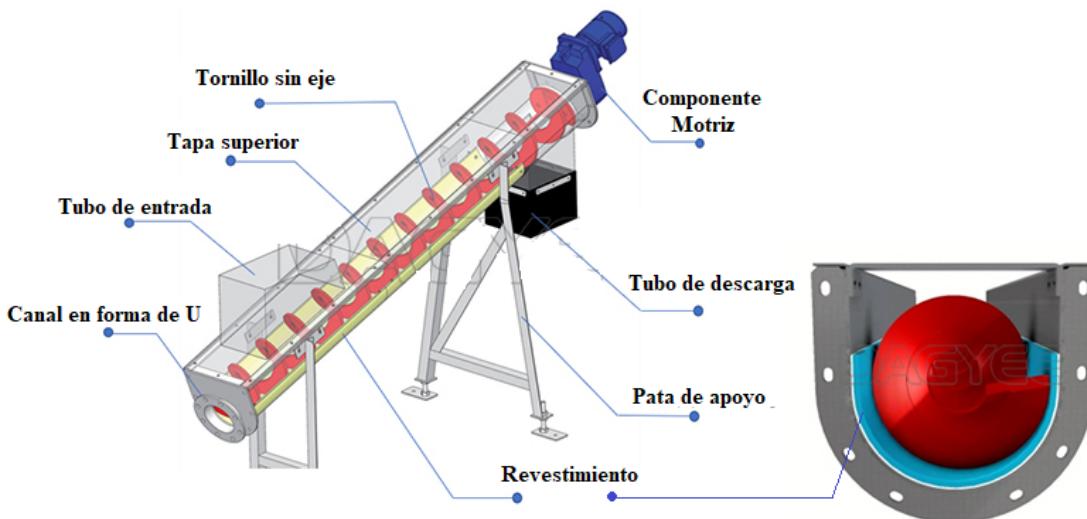
**Figura 2.22:** Tornillo sin eje central. **Fuente:** [16]

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

### 2.6.2.2. Componentes del helicoidal sinfín sin eje rígido

Los componentes tales como el grupo motriz, la carcasa o artesa, así como las bocas de carga y descarga descritas en la sección (2.6.1.4) no varían con respecto a estos tipos de transportadores con tornillo sin eje, la diferencia principal se observa claramente en el tornillo helicoidal debido a que carece del eje central, al no contar con dicho eje, se eliminan los rodamientos internos, los colgantes y los bujes colgantes logrando así la disminución de las obturaciones y atascos dentro del canal de transporte, así como se reduce el mantenimiento e incrementa la eficiencia permitiendo la transferencia del material a otro transportador.

Cabe destacar, que el canal de transporte generalmente en forma de U es fabricado en acero inoxidable con revestimiento interior de polietileno antidesgaste sobre el cual gira el tornillo helicoidal como se indica en la figura 2.23, este sistema funciona sin problemas, con poco o cero ruido, facilitando un entorno de trabajo seguro y silencioso. Al contar con una tapa superior estos transportadores de tornillo sin eje se pueden cerrar completamente para evitar derrames y contener olores de posible contaminación del material transportado.



**Figura 2.23:** Componentes de transportador sinfín sin eje. **Fuente:** [17]

### **2.6.2.3. Por qué utilizar un tornillo sinfín sin eje**

Un transportador de tornillo helicoidal sin eje tiene solo una espiral o hélice sin un eje central. El tornillo helicoidal sin eje gira sobre un revestimiento que generalmente está hecho de plástico de ingeniería. El único punto de conexión en un transportador de tornillo sin eje es en el extremo de accionamiento del transportador de tornillo helicoidal. [13]

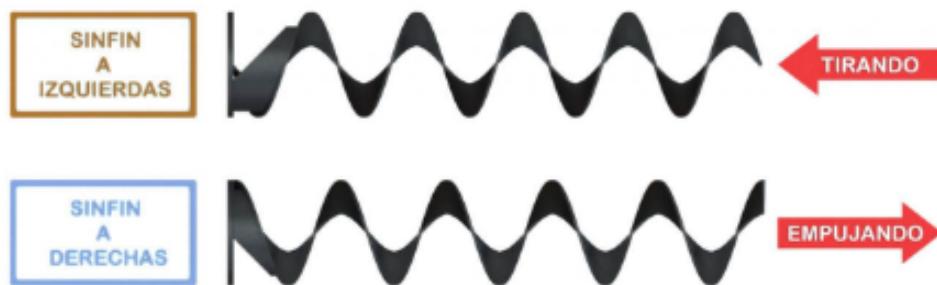
Se utilizan sinfines sin eje para transportar materiales húmedos, puesto que este tipo de sinfín permite más movimiento de materiales que un sinfín con eje. Al no haber ni tubo-eje interior, ni soportes, el material se puede transportar libremente sin pegarse o envolviendo al eje. Un transportador de sinfín sin eje puede tener hasta 90 metros de largo y puede funcionar en ambas direcciones, empujando o estirando el producto a transportar como lo indica la siguiente sección (2.6.2.4) dependiendo del sentido de giro del motor. [15]

### **2.6.2.4. Sentido de giro de los helicoidales [15]**

Un sinfín puede ser de sentido derecha o sentido izquierdo así como puede cumplir la función de estar empujando o estirando. Un sinfín empujando transporta el material desde la parte motriz hacia otro extremo. Un sinfín estirando transporta el material desde un extremo hacia la parte motriz. Es importante tener en cuenta al adquirir un tornillo helicoidal si es sentido derecha o izquierda. Las combinaciones que pueden darse son los siguientes:

- Derecha empujando
- Derecha estirando
- Izquierda empujando
- Izquierda estirando

En la figura 2.24 se tiene un ejemplo.



**Figura 2.24:** Sentidos que puede adoptar un sinfín sin eje. **Fuente:** [15]

Análogamente a la sección (2.6.1.7) las configuraciones que pueden adoptar estos tipos de tornillos sinfín son: horizontal, inclinado y vertical, aunque los transportadores de tornillo helicoidal sin eje son ideales para alimentar transportadores helicoidales verticales ya que no hay un eje o sello inferior.

#### 2.6.2.5. Ventajas

- Ideal para manipular materiales a granel pegajosos, viscosos y lentos con tamaño de partícula grande y de forma irregular.
- Eficiencia de transporte más alta en comparación con otros tipos de transportadores.
- Se eliminan los rodamientos internos, lo que reduce los costos de mantenimiento y de reemplazo de partes.
- No se requieren colgantes por lo que elimina ese punto de mantenimiento reduciendo los costos.
- No tiene tubo central por lo que elimina la acumulación del material sobre el tubo.
- Mayor carga de artesa.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

- Puede manejar más producto con menos rpm's, implica una mayor vida útil.
- No usa rodamientos en las tapas y utiliza tapas de artesa ciegas.
- Mayor duración en aplicaciones abrasivas.
- Reduce el desgaste dando como resultado menor costo de mantenimiento.
- Diseño sencillo, menos partes y por ende bajo costo de operación.
- Puede estar totalmente cerrado evita la fuga del material, reduce la emisión de polvo, elimina la contaminación ambiental.

#### **2.6.2.6. Aplicaciones**

Los transportadores helicoidales sin eje se utilizan con éxito en muchas de las industrias y con ciertas aplicaciones tales como:

- Depuradoras municipales
- Sinfín de fangos, barro blando y viscoso
- Clasificadores de arena
- Fábricas de cerveza
- Procesamiento de químicos
- Procesamiento de alimentos
- Minerales
- Tratamiento de aguas residuales

### **2.6.3. Tornillo sinfín sin eje, flexible**

El tipo de tornillo presentado a continuación es el tercero de los que se verán en este libro, se tienen los siguientes detalles acerca de este tipo de tornillo helicoidal, tales como su funcionamiento, componentes, clasificaciones, extensiones, aplicaciones, etc.

#### **2.6.3.1. Funcionamiento**

Los transportadores de tornillo flexible también se lo conocen como transportador con rosca sinfín flexible, transportador a hélice o rosca sin centro, se componen de una espiral flexible hecha en acero de muelle o acero inoxidable encerrada en un tubo de plástico, PVC (Policloruro de vinilo) o polietileno UHMW (Ultra High Molecular Weight Polyethylene), rígido o flexible, o un tubo rígido de acero, con un motor eléctrico instalado al punto de descarga de la máquina, se pueden colocar convenientemente.

Tanto su construcción como su funcionamiento son bien sencillos pero confiables, este sistema proporciona un trabajo eficaz y alta fiabilidad, reduciendo a la vez mantenimiento y los gastos de operación. Pueden transportar materiales a granel en una amplia gama de distancias, ángulos y elevaciones, esto es gracias a que el tornillo sinfín como el canal tubular están hechos de materiales flexibles.

En la figura 2.25 se puede observar un tornillo sinfín flexible dentro de una tubería de plástico PVC, transportando algún tipo de alimento balanceado.



**Figura 2.25:** Tornillo sinfín sin eje flexible. **Fuente:** [18]

#### 2.6.3.2. Por qué utilizar un tornillo sinfín sin eje flexible

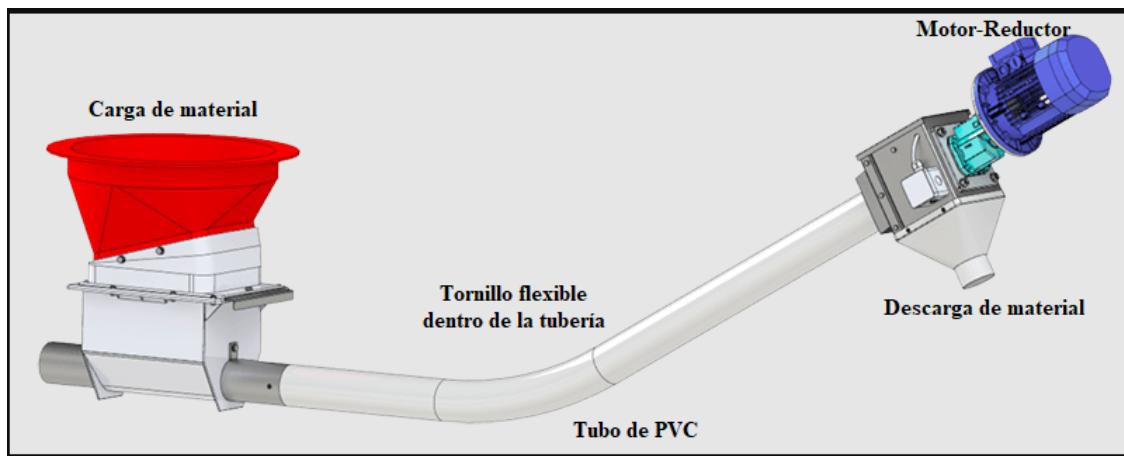
Si bien, un transportador de tornillo sinfín sin eje flexible debe construirse según las características específicas del producto transportado y el proceso en el cual será integrado, dicho sistema comparado a otros, funcionará mejor y más eficazmente que tornillos rígidos, elevadores de cangilones, transportadores por cadena, transportadores aero-mecánicos y otras máquinas que se emplean para transportar polvo y materiales sólidos.

El diseño único de los transportadores de tornillo sin eje flexible ahorra espacio, ya que la ruta para los materiales a granel se puede enrutar fácilmente y el motor eléctrico y la salida de descarga se pueden colocar convenientemente.

#### 2.6.3.3. Componentes de un tornillo sinfín flexible

Debido a su costo relativamente bajo y construcción simple, los transportadores de tornillo flexible son uno de los tipos más comunes de transportadores utilizados por los fabricantes. La razón de esto es que el tornillo es la única parte del transportador que se mueve. Los únicos otros componentes principales son la carcasa tubular y el motor eléctrico que impulsa el tornillo (también llamado barren). Los componentes se observan en la figura 2.26.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



**Figura 2.26:** Componentes de un tornillo sinfín flexible. **Fuente:** [19]

- **Motor eléctrico:** Los motores requieren un soporte extra para resistir la torsión que se produce cuando el motor es detenido o es puesto en marcha con carga, por lo que deberán usarse todos los medios para mantenerlo fijo
- **Tornillo flexible:** Mediante su flexibilidad permite el transporte con trayectorias curvilíneas y el material en el que se fabrican estos tornillos son acero de alto carbono, inoxidable o para muelles (más resistentes, elásticos y sin deformación permanente).
- **Tubería flexible:** La carcasa más común es el Polietileno de Ultra Alto Peso Molecular (UHMW-PE) simple, y el Cloruro de Polivinilo (PVC), aunque su diferencia principal frente al PVC es que el polietileno es más flexible, sin embargo, existen opciones disponibles para abordar problemas de estática, corrosión, desgaste y temperatura. Se puede proporcionar una carcasa sólida de acero inoxidable para mejorar el desgaste, la resistencia a la corrosión y el funcionamiento a temperaturas elevadas.

#### 2.6.3.4. Clasificación del tornillo sinfín flexible [20]

Existen varios diseños de tornillo sinfín flexible para elegir, cada uno de los cuales aborda los desafíos que presentan las diferentes características del mate-

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

rial. Para obtener los mejores resultados posibles de su transportador de tornillo flexible, se debe seleccionar el tipo de tornillo que mejor se adapte al material que necesita transportar.

- **Perfil plano:** Los sinfines de perfil plano se utilizan para transportar polvos u otros materiales livianos y están hechos de alambre rectangular o cuadrado. La superficie de transporte plana aplica una fuerza direccional hacia adelante más positiva sobre el producto que se transporta y reduce la fuerza hacia afuera contra la pared del tubo. Se utiliza un perfil en espiral plano para velocidades de avance más altas.
- **Perfil biselado o cuadrangular:** Estos tipos de barrena están diseñados específicamente para transportar material frágil o difícil de manejar con una degradación o daño mínimo del producto. El sinfín biselado debe instalarse recto. Mantiene un nivel de RPM máximo permitido mucho más bajo y funciona a un máximo de 600 RPM.
- **Perfil redondo:** Estos tornillos flexibles están hechos de una barra redonda enrollada y se utilizan principalmente para materiales pesados o altamente abrasivos. El mayor activo de este diseño de tornillo es su flexibilidad y resistencia, lo que minimiza la carga que se le impone por el peso del material, la forma de las partículas o el tamaño del material. El diseño del sinfín de alambre redondo crea un alto deslizamiento y fuerzas externas más fuertes en el producto transportado.

Dichos tipos de tornillo sinfín descritas anteriormente se muestran en la siguiente figura 2.27.

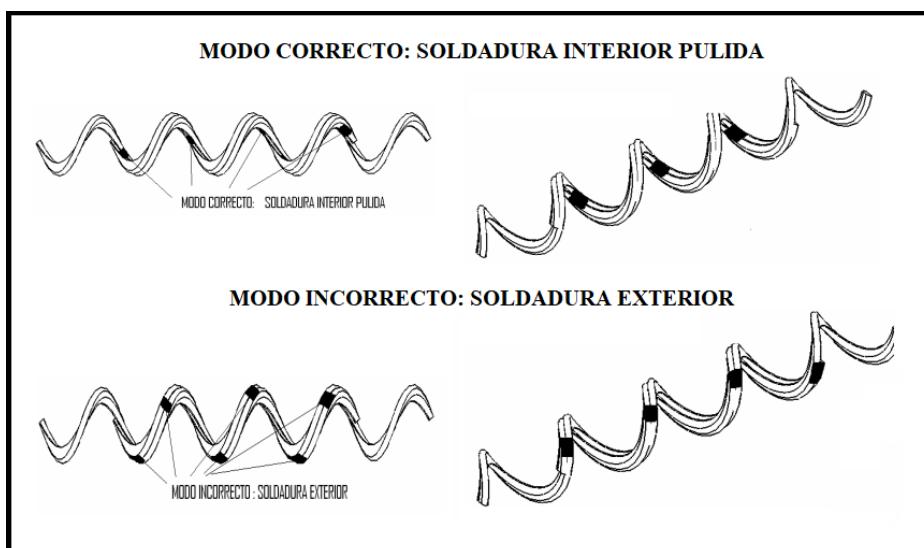


**Figura 2.27:** Clasificación de un tornillo sinfín flexible. **Fuente:** [20]

#### 2.6.3.5. Extensiones de longitud por tramos [21]

##### ■ Extensión de longitud de tornillo sinfín

**Mediante soldaduras:** Las soldaduras no deben realizarse nunca en las elevaciones, codos y/o curvas. En caso de tener que efectuarlas, hacerlo con bronce y por dentro del sinfín (sobre el diámetro interno), tratando de hacerlo en pequeños tramos alternados, para no restar toda la flexibilidad del material, como se muestra en la siguiente figura 2.28.



**Figura 2.28:** Soldaduras en un tornillo sinfín flexible. **Fuente:** [21]

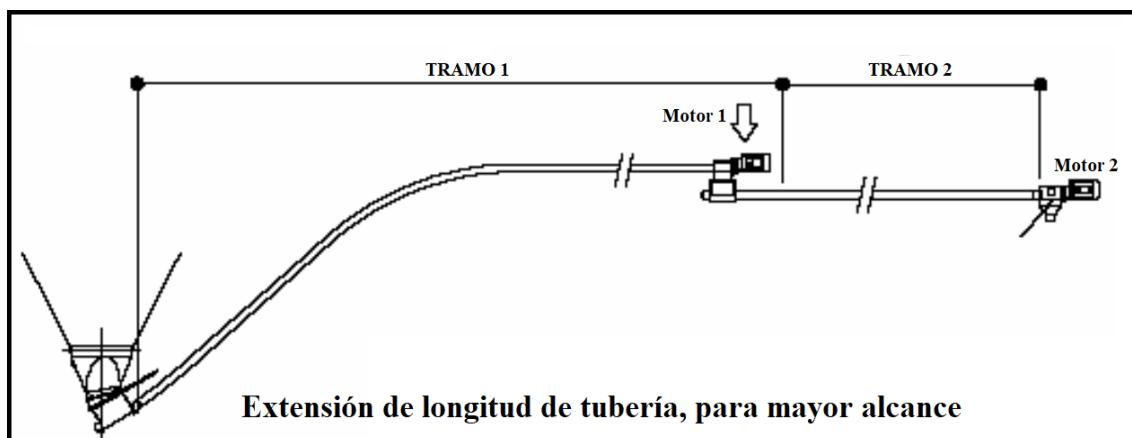
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

La soldadura por fuera del sinfín, al no quedar pulida dañará las paredes del tubo interior. Como alternativa y en caso de no contar con la posibilidad de soldar, pueden utilizarse como soluciones rápidas y provisorias, el ajuste mediante bridales de chapa y/o alambre teniendo la precaución de que el bulón de ajuste de la misma quede del lado interno de la rosca para no dañar el tubo.

■ **Extensión de longitud de tuberías flexibles**

En caso de que se desee extender la longitud de las tuberías del transportador sinfín flexible que permite que las líneas de alimentación se extiendan más allá de la longitud máxima recomendada de una sola corrida, para un mayor alcance se recomienda colocar otro tramo, cada uno como si fuera una instalación individual, de esa manera se extiende a grandes longitudes conforme a las necesidades del usuario.

En las siguientes figuras 2.29 y 2.30 se muestran algunos ejemplos.



**Figura 2.29:** Extensión de longitud de tuberías flexibles. **Fuente:** [21]



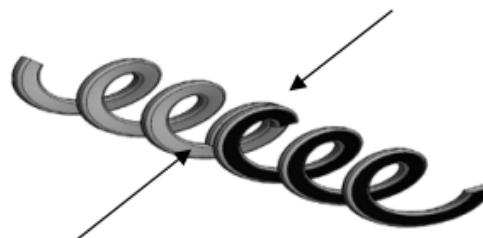
**Figura 2.30:** Componentes de extensión de longitud en las tuberías. **Fuente:** [22]

Además, la tabla 2.3 y la figura 2.31 mostrada a continuación, específica la distancia del traslapo según los modelos (el diámetro) del tornillo sinfín flexible. Estos modelos ya están estandarizados, se pueden obtener todas las dimensiones conforme a las necesidades ya sean del material, longitud, capacidad a transportar y se utilizan las tablas normalizadas por los fabricantes, más adelante se abordará con más detalles este tema (ver tabla 3.6).

**Tabla 2.3:** Distancia traslapo del tornillo flexible.

Distancia traslapo del tornillo flexible		
Modelo 55	Modelo 75 & Modelo HR	Modelo HR
1.0" a 1.125"	1.5" a 1.75"	1.5" a 1.75"
25 a 29 mm	38 a 45 mm	38 a 45 mm

**Fuente:** [22]



**Figura 2.31:** Distancia de traslapo del tornillo flexible. **Fuente:** [22]

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

### **2.6.3.6. Aplicaciones**

Debido a su versatilidad y capacidad para manejar una amplia gama de tamaños de partículas, densidades aparentes y propiedades de flujo, los transportadores de tornillo flexible se instalan en todo el mundo en una multitud de industrias.

#### **■ Producción de alimentos**

El manejo higiénico de los ingredientes es un beneficio fundamental de los equipos, diseñados para satisfacer las estrictas exigencias sanitarias de la industria alimentaria y afines. (Fig. 2.32a).

#### **■ Químicos**

Garantizan el manejo seguro y la medición precisa de estos materiales a menudo peligrosos. (Fig. 2.32b).

#### **■ Industrias de plásticos y gomas**

Indispensable para la alimentación eficiente de la maquinaria de moldeo, extrusión y mezcla en los sectores de fabricación de volumen. (Fig. 2.32c).

#### **■ Productos farmacéuticos**

La precisión, la higiene y la alimentación constante son requisitos primordiales en el campo farmacéutico. (Fig. 2.32d).

#### **■ Minerales y Cerámica**

Debido a las arduas tareas de manipulación en minerales y cerámica, se tienen sistemas especiales con una construcción robusta para satisfacer las demandas más exigentes. (Fig. 2.32e).

#### **■ Tratamiento de aguas**

Para la depuración de aguas residuales. Pre-tratamiento para la separación de los sólidos presentes en las aguas residuales

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



(a) Producción de alimentos.



(b) Químicos



(c) Industrias de plásticos



(d) Productos farmacéuticos



(e) Cerámicas

**Figura 2.32:** Aplicaciones del tornillo sinfín flexible. **Fuente:** [23]

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

#### 2.6.4. Tornillo sinfín con eje vs. Tornillo sinfín sin eje rígido

En la siguiente tabla (Tabla 2.4) se muestran algunas diferencias entre un transportador helicoidal con eje y un transportador helicoidal sin eje (shaftless).

**Tabla 2.4:** Tabla comparativa entre los sinfines con eje y sinfines sin eje.

Sinfín con eje	Sinfín sin eje, rígido
Longitud máxima de transportador 50m	Longitud máxima de transportador 90m
No son adecuados para materiales fibrosos o pastosos.	Adecuados para materiales viscosos, pegajosos, húmedos y grumosos.
Usan cojinetes (bujes) de suspensión cada 3 m.	No necesitan de cojinetes de suspensión
No necesita un revestimiento en la parte interna del canal o artesa, resulta en menos mantenimiento.	Necesita un revestimiento y reemplazarlo en algún momento ya que es un componente que se desgasta con el tiempo
Funcionar a mayores rpm porque no hay preocupación por el desgaste del revestimiento inferior de la artesa.	Funciona con menos rpm's, debido a que tiene un revestimiento y puede haber desgaste.
Tasa de llenado de artesa menor	Tasa de llenado de artesa más alta
Cuenta con eje central, soportes, pueden sufrir atascamientos y transporta menor material por el espacio ocupado por el eje central	Transporta el material libremente porque no tiene tubo-eje interior, ni soportes, sin pegarse o envolviendo al eje.
Bujes o chumaceras de suspensión pueden obstruir el flujo de material	No tienen bujes o chumaceras de suspensión, el flujo de material fluye libremente
Mayor ruido	Menor ruido con el revestimiento de polietileno
Cuenta con más accesorios, mayor trabajo para el mantenimiento	Menos accesorios, menor costo de mantenimiento

**Fuente:** Elaboración propia

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

### 2.6.5. Tornillo sinfín sin eje rígido vs. Tornillo sinfín sin eje flexible

A continuación, la tabla 2.5 también se observan algunas diferencias entre un transportador helicoidal sin eje rígido y un transportador helicoidal sin eje flexible.

**Tabla 2.5:** Tabla comparativa entre los sinfines sin eje rígido y sinfines sin eje flexible.

Sinfín sin eje rígido	Sinfín sin eje, flexible
Longitud máxima de 90 m. Pero con fácil posibilidad de extensión de longitud (ver sección 2.6.3.5)	Longitud máxima de 90 m. Pero con fácil posibilidad de extensión de longitud (ver sección 2.6.3.5)
Mayor espesor de la planchuela	Menor espesor de la planchuela
Por su rigidez solo permite el transporte en línea recta	Por su flexibilidad, permite el transporte con trayectorias curvilíneas
Material del tornillo en acero inoxidable o al carbono	Material del tornillo en acero de alto carbono, inoxidable o para muelles (más resistentes, elásticos y sin deformación permanente)
Mayor costo	Menor costo, más económico
Utiliza canaletas o artesas en forma de U, abiertas	Totalmente cerrado para evitar el polvo y el ruido.
Ideal para materiales viscosos, pegajosos, húmedos y grumosos	Ideal para alimentos (gránulos, harinas, pellets y mezclas)
Materiales pesados, mayores diámetros del tornillo	Materiales livianos, menores diámetros del tornillo
Operan a menor rpm's	Operan a mayor rpm's

**Fuente:** Elaboración propia

## CAPÍTULO 3

### COMPONENTES Y DIMENSIONAMIENTO DE PIEZAS

#### 3.1. Cálculos

En la siguiente sección se proceden a calcular los tres tipos de transportes de alimentos estudiados

1. Tornillo sinfín con eje.
2. Tornillo sinfín sin eje, rígido.
3. Tornillo sinfín sin eje, flexible.

##### 3.1.1. Cálculos de tornillo sinfín con eje

Se inician los cálculos del primer tipo de transporte helicoidal o sinfín con eje, para ello, se tienen en cuenta algunos parámetros.

###### 3.1.1.1. Parámetros necesarios

Para tener los cálculos buscados se deben tener estos datos mencionados:  
Material a transportar: Alfalfa (Pellets) es el balanceado que más se aproxima a su peso específico (figura 3.1).

###### Cálculo del caudal de transporte

Para realizar el cálculo se supone un establo con las siguientes capacidades:  
cantidad de cerdos por corral

$$cc = 120$$

cantidad de corral por establo

$$corral = 15$$

Entonces, la cantidad total de cerdos que se tendrá en un establo es de:

$$totalCerdos = cc \times corral$$

$$totalCerdos = 1800$$

Se había mencionado que en un sistema de engorde intensivo existe tres etapas: iniciador, desarrollo y terminador. En la etapa de terminador el cerdo debe consumir  $terminador = 3,2 [Kg/dia]$ , la cual es la etapa donde el cerdo consume mayor cantidad de balanceado. Suponiendo que 3 veces al día se le proveerá balanceado al ganado porcino se obtiene la cantidad total de ración a transportar en cada ciclo.

$$racionTotal = totalCerdos \times terminador$$

$$racionTotal = 1920 [kg]$$

Suponiendo que se quiere transportar toda esa cantidad en 1 hora se obtiene el valor del caudal de transporte con un valor de  $1.92 [ton/h]$ .

Se obtendrán: El diámetro del tornillo y la potencia del motor en HP.

### 3.1.2. Ecuaciones y tablas utilizados

Planteamiento del problema para los cálculos de dimensionamiento.

Se necesita transportar balanceado peletizado a razón de 1.92 ton/h, a una distancia de 30 metros. Calcule el diámetro del transportador y la potencia necesaria del motor, tomando como rendimiento mecánico del 80 %.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

Una vez definidos, el producto a transportar (densidad del mismo), la capacidad a transportar y la longitud del transportador. Se debe hallar la cantidad del producto, con la siguiente fórmula:

$$M = \gamma \times C \quad (3.1)$$

Donde:

$M$  : Capacidad de transportador

$\gamma$  : Densidad del material

$C$  : Cantidad del producto

El balanceado peletizado tiene una densidad de aproximadamente

$$\gamma = 0,66 \text{ [ton/m}^3\text{]}$$

Que también lo convertiremos a su equivalente en el sistema inglés en  $[\text{lb}/\text{ft}^3]$

$$\gamma = 41,20 \text{ [lb}/\text{ft}^3\text{]}$$

La longitud deseada para este problema en particular es de:

$$L = 30 \text{ [m]} \text{ o } L = 98,425 \text{ [ft]}$$

De la ecuación (3.1) se obtiene que:

$$C = \frac{M}{\gamma} = \frac{1,92 \text{ [ton/h]}}{0,66 \text{ [ton/m}^3\text{]}}$$

$$C = 2,9 \text{ [m}^3/\text{h}]$$

Convertimos el resultado al sistema inglés  $[\text{ft}^3/\text{h}]$

$$C = 102,33 \text{ [ft}^3/\text{h}] \quad (3.2)$$

### **Cálculo del diámetro.**

De la siguiente tabla (Tabla 3.2) se extrae el valor del diámetro para el tornillo sinfín, verificando previamente otra tabla (Tabla 3.1) en donde se describen a que tipo de grupos corresponde el material seleccionado a transportar, para este caso

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

el que se aproxima es el grupo 2, debido a que el material que será transportado son materiales finos y granulares.

**Tabla 3.1:** Tabla de grupos.

Factores del producto (F)		
<b>Grupo 1</b>	<b>Materiales ligeros</b>	<b>F</b>
	cebada, frijol, granos de cerveza(seco), linaza carbón(pulverizado), harina de maíz, de semilla de algodón harina malta, avena, arroz, trigo	0.5
<b>Grupo 2</b>	<b>Materiales finos y granulares</b>	<b>F</b>
	alumbre (pulverizado) carbón (menudos y finos) café en grano, ceniza volátil aserrín, sosa comercial (ligera) frijol de soya ceniza volátil	0.6 0.9 0.4 0.7 0.5 0.4
<b>Grupo 3</b>	<b>Materiales con terrones pequeños mezclados con finos</b>	<b>F</b>
	alumbre ceniza (secas) bórax, sosa comercial (pesada) granos de cerveza (húmedos) semilla de algodón sal (gruesa o fina)	1.4 4 0.7 0.6 0.9 1.2
<b>Grupo 4</b>	<b>Material semi abrasivo, finos, granulares y terrones pequeños</b>	<b>F</b>
	fosfato ácido (seco) bauxita (seca) cemento (seco) arcilla, tierra fuller, caliza críbada sales de plomo, azúcar (sin refinar), litargirio, óxido de zinc azufre (terrones)	1.4 1.8 1.4 2 1 0.8
<b>Grupo 5</b>	<b>Materiales abrasivos terrones que se deben mantener fuera de contacto de los cojinetes de los colgadores</b>	<b>F</b>
	cenizas mojadas hollín cuarzo (pulverizado) arena de sílice lodos de drenaje (mojados y arenosos)	5 4 2.5 2 6

**Fuente:** [24]

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

**Tabla 3.2:** Diámetros de tornillos.

Grupo	Capacidades de transportadores,[ft <sup>3</sup> /h]							
	Tamaño del transportador,[pulg]							
	6	9	10	12	14	16	18	20
1	350	1100	1600	2500	4000	5500	7600	10000
2	220	700	950	1600	2400	3400	4500	6000
3	150	460	620	1100	1600	2200	3200	4000
4	90	300	400	650	1000	1500	2000	2600
5	20	68	90	160	240	350	500	650

Fuente: [24]

Con los datos anteriormente calculados con  $C = 102,33$  [ $ft^3/h$ ] < 220 [ $ft^3/h$ ], y verificando las tablas 3.1 y 3.2 se obtiene que el diámetro requerido para el tornillo es:

$$D = 6 \text{ [pulg]} \quad (3.3)$$

Si pasamos ese valor en otro sistema:  $D = 15,24 \text{ [cm]}$

### Cálculo de la velocidad del tornillo

Se tiene que la relación entre el paso del tornillo ( $S$ ) y el diámetro ( $D$ ) es:

$$S = 0,8 \times D \quad (3.4)$$

Se presenta la fórmula para la velocidad del tornillo

$$M = 60 \times n \times s \times f \times \gamma \times \pi \times \left(\frac{D^2}{4}\right) \quad (3.5)$$

Donde:

$n$  : N° de revoluciones por minuto [ $rpm$ ]

$s$  : paso del tornillo

$f$  : coeficiente de carga (% máximo de sección transversal ocupada por el material) (Tabla 3.3)

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

**Tabla 3.3:** Coeficiente de carga.

Capacidades y velocidades de los transportadores	
Grupo	porcentaje máximo de sección transversal (f) [ % ]
1	45
2	38
3	31
4	25
5	12. 5

**Fuente:** [24]

De la tabla anterior (Tabla 3.3)  $f = 38\% \text{ o } f = 0,38$

Usando la ecuación (3.3), (3.4), (3.5) con los valores de las tablas calculados anteriormente:

$$1,92 [\text{ton}/\text{h}] = 60 \times n \times (0,8 \times 0,1524 [\text{m}]) \times 0,38 \times 0,66 [\text{ton}/\text{m}^3] \times \pi \times \frac{0,1524^2}{4}$$

Si despejamos el valor de  $n$ :

$$n = 57,37 [\text{rpm}] \quad (3.6)$$

### Cálculo de potencia del eje

$$H = (A \times L \times n + C \times L \times F \times \gamma) \times 10^{-6} \quad (3.7)$$

Donde:

$H$  : Potencia del eje [ $\text{hp}$ ]

$A$  : Factor por el tamaño del transportador (Tabla 3.4)

$L$  : Longitud del transportador

$F$  : Factor por el material (Tabla 3.1)

De la tabla 3.4 para  $D = 15,24 [\text{cm}] \text{ o } D = 6 [\text{pulg}] \therefore A = 54$

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

**Tabla 3.4:** Factor por el tamaño del transportador.

Factores por tamaño A		
Diámetro del transportador		Factor
pulg.	mm	A
6	152	54
9	229	96
10	254	114
12	305	171
14	356	255
16	406	336
18	457	414
20	508	510

Fuente: [24]

De la tabla 3.1 por ser del grupo 2,  $F \approx 0,6$

Como  $L = 30 [m]$  o  $L = 98,425 [ft]$

Reemplazando estos valores en la ecuación (3.7) se tiene:

$$H = (54 \times 98,425 \times 57,37 + 102,33 \times 98,425 \times 0,6 \times 41,20) \times 10^{-6}$$

$$H = 0,5546 [hp] \quad (3.8)$$

### Cálculo de potencia del motor

$$N = \frac{H \times G}{E} \quad (3.9)$$

Donde:

$N$  : Tamaño del motor [ $Hp$ ]

$G$  : Factor de caballaje (Tabla 3.5)

$E$  : Eficiencia

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

**Tabla 3.5:** Factores de caballaje.

Factores de caballaje					
H	1	1 a 2	2 a 4	4 a 5	>5
G	2	1.5	1.25	1,1	1

Fuente: [24]

De la tabla 3.5 por ser:  $H = 0,5546 \approx 1 \therefore G = 2$

La eficiencia es  $E = 80\% = 0,8$

$$N = \frac{0,5546 \times 2}{0,8}$$

$$N = 1,5 \text{ [hp]} \quad (3.10)$$

Finalmente, los resultados obtenidos fueron:

- El diámetro del transportador es de  $D = 6 \text{ [pulg]}$
- La potencia requerida por el eje es de  $H = 0,5546 \text{ [hp]}$
- La potencia del motor requerido es de  $N = 1,5 \text{ [hp]}$

### 3.1.3. Cálculos de tornillo sinfín sin eje rígido

#### 3.1.3.1. Parámetros necesarios

Análogamente a la sección anterior (3.1.1.1), para tener los cálculos buscados se deben tener estos datos mencionados:

Material a transportar: Alfalfa (Pellets) es el balanceado que más se aproxima a su peso específico (figura 3.1).

Caudal de transporte en  $\text{[ton/h]}$ , que fue de  $1.92 \text{ [ton/h]}$  como se obtuvieron anteriormente en la sección 3.1.1.1 y la cantidad del producto su equivalente en sistema inglés  $C = 102,33 \text{ [ft}^3/\text{h}]$ .

Se obtendrán: El diámetro del tornillo y la potencia del motor en HP.

### 3.1.4. Ecuaciones y tablas utilizados

Planteamiento del problema para los cálculos de dimensionamiento.

Se necesita transportar balanceado peletizado a razón de  $C = 102,33 [ft^3/h]$ , a una distancia de 30 metros. Calcule el diámetro del transportador y la potencia necesaria del motor, tomando como rendimiento mecánico del 80 %.

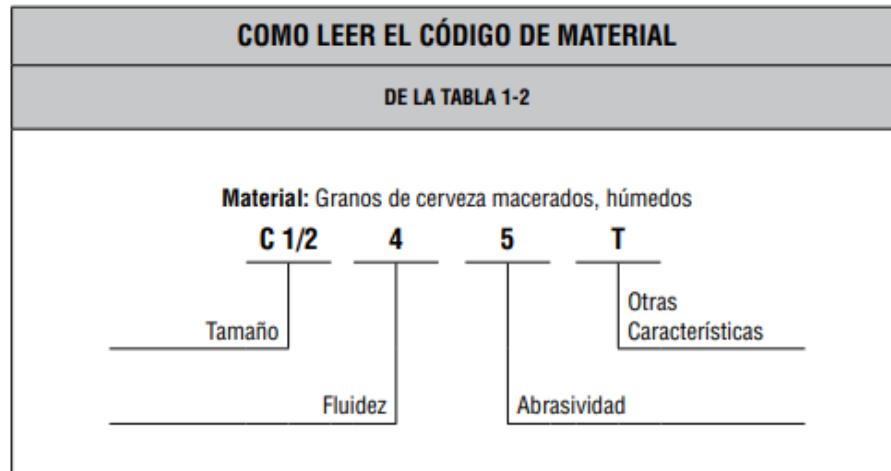
1. En la siguiente figura (figura 3.1), se encuentra el balanceado o (pellets) Alfalfa, es el que más se aproxima al valor del balanceado porcino, y en ella se encuentran algunos materiales, sus nombres, características, peso específico, etc. En las tablas de anexo A se pueden ver una variedad de materiales, si se requiere el transporte de otro material.

Material	Peso libras por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Serie de Componentes	Factor de Material Fm	Carga de Artesa
Ácido adipítico	45	A100-35	S	2	.5	30A
Ácido bórico, fino	55	B6-25T	H	3	.8	30A
Ácido hexanodioico (ver ácido adipítico)	—	—	—	—	—	—
Ácido oxálico (etano diácido) cristales	60	B6-35qS	L-S	1	1	30A
Ácido salicílico	29	B6-37u	H	3	.6	15
Ajonjoli, semilla	27-41	B6-26	H	2	.6	30A
Alfalfa	14-22	B6-45WY	H	2	.6	30A
Alfalfa (pellet)	41-43	C1/2-25	H	2	.5	45
Alfalfa, semilla	10-15	B6-15N	L-S-B	1	.4	45
Algarroba	48	B6-16N	L-S-B	1	.4	30B
Algodón, semilla pasta rolada	35-40	C1/2-45HW	L-S	1	.6	30A

Figura 3.1: Características de los materiales. Fuente: [14]

Seguidamente se definen la densidad, código del material (que es una codificación que se le hace para representar las características de dicho material).

Donde el código se lee de la siguiente manera (Fig: 3.2):



**Figura 3.2:** Lectura de código del material. **Fuente:** [14]

- **A) Peso por pie cúbico (Densidad):**  $W = 41,20 \text{ [lb/ft}^3\text{]}$
  - **B) Código del material:** C1/2-25
    - **Tamaño:** C1/2= 1/2 [pulg] y menor (malla de 6 [pulg] a 1/2 [pulg]).  
Granular
    - **Fluidez:** 2= Fluido libre
    - **Abrasividad:** 5= Abrasividad media
  - **C) Selección de Rodamiento intermedio:** En esta sección es importante recalcar que los tornillos sinfín sin eje no tienen bujes ni rodamientos intermedios, por lo que se podría tomar el valor del factor del buje para colgante  $F_b = 1$ .
  - **D) Factor del material:**  $F_m = 0,5$ .
  - **E) Carga de artesa:** 45 %.
2. En la siguiente figura 3.3 se muestra los valores de velocidad y capacidad de transporte conforme a su diámetro de tornillo. En el Anexo B se muestran las tablas completas para diferentes capacidades.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

Carga de Artesa	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Capacidad Pies Cúbicos por Hora (Paso Completo)		Máx. RPM
		A 1 RPM	A Máx. RPM	
45%	4	0.62	114	184
	6	2.23	368	165
	9	8.20	1270	155
	10	11.40	1710	150
	12	19.40	2820	145
	14	31.20	4370	140
	16	46.70	6060	130
	18	67.60	8120	120
	20	93.70	10300	110
	24	164.00	16400	100
	30	323.00	29070	90
	36	553.20	4142	75

**Figura 3.3:** Capacidades de transportadores helicoidales. **Fuente:** [14]

En este caso para una carga de artesa de 45 %, podemos ver que un transportador de 4 [pulg] puede manejar 114 pies cúbicos por hora a la velocidad máxima de 184 RPM, por lo tanto a 1 RPM este transportador manejará 0,62 pies cúbicos por hora. Para una capacidad de 102,33 pies cúbicos por hora y 0,62 pies cúbicos por hora por RPM, el transportador debe girar a:

$$n = \frac{102,33 \text{ [ft}^3/\text{h}]}{0,62 \text{ [ft}^3/\text{h}]} \times 1 \text{ [rpm]} = 165,57 \text{ [rpm]}$$

$$n = 166 \text{ [rpm]} < 184 \text{ [rpm]} \quad (3.11)$$

3. Con las tablas del 1-12 al 1-17 (del Catálogo de Martin [14]) que se muestran en Anexo C, se pueden extraer más datos de los factores de potencia. Y con las siguientes fórmulas mostradas a continuación (del Catálogo de Martin [14] Pág. H-23), se puede calcular la potencia requerida para mover 102,33 [ft<sup>3</sup>/h], pies cúbicos por hora, en un transportador de 4 [pulg] de diámetro y 98,425 [ft], pies de longitud.

**Fórmula de potencia para mover el transportador vacío**

$$HP_f = \frac{L \cdot N \cdot F_d \cdot f_b}{1,000,000} \quad (3.12)$$

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

**Fórmula de potencia para mover el material**

$$HP_m = \frac{C \cdot L \cdot W \cdot F_f \cdot F_m \cdot F_P}{1,000,000} \quad (3.13)$$

**Fórmula de potencia total en HP**

$$HP_{Total} = \frac{(HP_F + HP_m) \cdot F_0}{e} \quad (3.14)$$

Donde los factores determinan la potencia requerida:

$L$  = Longitud total del transportador, en pies.

$N$  = Velocidad de Operación, RPM (revoluciones por minuto).

$F_d$  = Factor del diámetro del transportador (Tabla 1-12; Anexo C.)

$F_b$  = Factor del buje para colgante (Tabla 1-13; Anexo C.)

$C$  = Capacidad en pies cúbico por hora.

$W$  = Densidad del material en libras por pie cúbico.

$F_f$  = Factor de helicoidal (Tabla 1-14; Anexo C.)

$F_m$  = Factor de material (Tabla 1-2; Anexo C.)

$F_p$  = Factor de las paletas (cuando se requieran) (Tabla 1-15; Anexo C.)

$F_0$  = Factor de sobrecarga (Tabla 1-16; Anexo C.)

$e$  = Eficiencia de la transmisión (Tabla 1-17; Anexo C.)

Los factores conocidos son:

$L = 30 [m] = 98,425 [ft]$

$N = 166 [rpm]$ , (paso 2)

$F_d = 12$ , para 4 [pulg], factor de diámetro.

$F_b = 1$ , por no tener rodamiento intermedio

$e = 0,88$ , factor de eficiencia.

$C = 102,33 [ft^3/h]$  o [CFH],

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

$$W = 41,20 \text{ [lb/ft}^3]$$

$F_f = 1$ , para 45 %, factor por porcentaje de carga de transportador.

$F_p = 12$ , para N° de paletas: cero (0), factor de paleta.

$$F_m = 0,5.$$

4. Substituyendo los valores anteriores en las fórmulas para cálculo de potencia (3.12),(3.13) y (3.14).

$$HP_f = \frac{98,425 \cdot 166 \cdot 12 \cdot 1}{1,000,000}$$

$$HP_f = 0,196 \text{ [hp]} \quad (3.15)$$

$$HP_m = \frac{102,33 \cdot 98,425 \cdot 41,20 \cdot 1 \cdot 0,5 \cdot 1}{1,000,000}$$

$$HP_m = 0,2075 \text{ [hp]} \quad (3.16)$$

Como  $HP_F + HP_m = 0,196 + 0,2075 = 0,4035 \text{ [hp]}$

De la tabla 1-16 mostrada en Anexo C con el valor de la suma de  $HP_F + HP_m$ ; ∴  $F_0 = 2,6$

$$HP_{Total} = \frac{(0,196 + 0,2075) \cdot 2,6}{0,88}$$

$$HP_{Total} = 1,192 \text{ [hp]} \quad (3.17)$$

Por lo que se requiere de 1,192 [hp] para manejar 102,33 [ $\text{ft}^3/\text{h}$ ] de balanceado peletizado en un transportador helicoidal sin eje de 4 [pulg] de diámetro y de 30 [m] = 98,425 [ft] de longitud. Por lo tanto se debe usar un motor de 1,5 [hp].

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

### 3.1.5. Cálculos de tornillo sinfín sin eje, flexible

En este apartado se describen las consideraciones a tener en cuenta para seleccionar un tornillo helicoidal sin eje flexible, en la tabla 2.3 se presentaron algunos modelos de tornillo sinfín, éstos son modelos estandarizados y normalizados por tablas que a su vez se pueden obtener de los diferentes fabricantes de tornillos helicoidales. Los datos presentados a continuación, en la tabla 3.6 se muestran los tipos de modelos más utilizados y tanto en la figura 3.4 como en la tabla 3.7, se detallan las especificaciones del tornillo y el tubo que son obtenidos directamente por tablas provistos por los fabricantes, los modelos de tornillos más frecuentes son el modelo 55, 75 90 y HR.

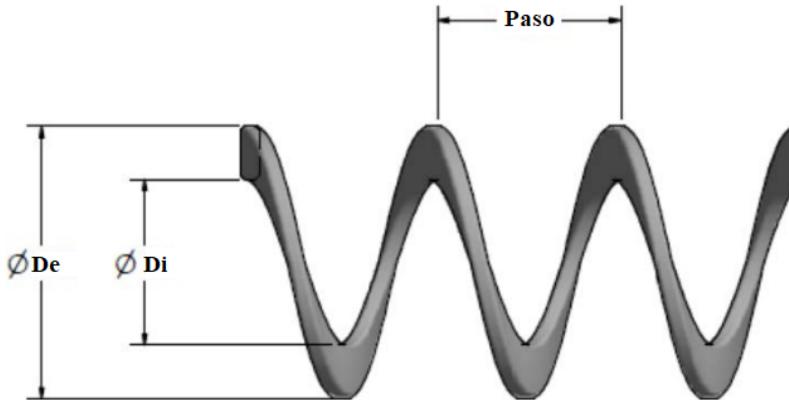
**Tabla 3.6:** Modelos de tornillos sinfín flexibles.

Modelos de tornillos sinfín flexibles				
Modelos	Tasa de entrega	Motor	Longitud	Extensión máxima
Modelo 55	15 lb/min (7 kg/min.)	1/3 Hp	46 m (150 ft)	56 m (185 ft)
		1/2 Hp	76 m (250 ft)	72 m (285 ft)
Modelo 75	50 lb/min. (22 kg/min.)	1/2 Hp	26 m (80 ft)	38 m (125 ft)
		3/4 Hp	46 m (150 ft)	56 m (185 ft)
		1 Hp	61 m (200 ft)	75 m (245 ft)
Modelo 90	100 lb/min. (45 kg/min.)	1/2 Hp	9 m (30 ft)	20 m (65 ft)
		3/4 Hp	27 m (90 ft)	38 m (125 ft)
		1 Hp	46 m (150 ft)	56 m (185 ft)
Modelo HR	50 lb/min. (22 kg/min.)	1/2 Hp	9 m (30 ft)	17 m (55 ft)
		3/4 Hp	27 m (90 ft)	32 m (105 ft)
		1 Hp	46 m (150 ft)	56 m (25 ft)

Fuente: [22]

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---



**Figura 3.4:** Dimensiones del tornillo sinfín flexible. **Fuente:** [22]

**Tabla 3.7:** Dimensiones de los tornillos sinfín flexibles.

Dimensiones de los modelos de tornillos sinfín flexibles		
Modelos	Especificaciones del tornillo	Especificaciones del tubo
Modelo 55	Di= 22,6 mm (0,89") De= 38,6 mm (1,52") Paso= 32 mm (1,26")	Di= 51,3 mm (2,02") De= 56,1 mm (2,21")
Modelo 75	Di= 37,3 mm (1,47") De= 61,2 mm (2,41") Paso= 41,4 mm (1,63")	Di= 67,3 mm (2,65") De= 74,9 mm (2,95")
Modelo 90	Di= 45,47 mm (1,79") De= 69,3 mm (2,73") Paso= 54,1mm (2,13")	Di= 81,79 mm (3,22") De= 88,9 mm (3,50")

**Fuente:** [22]

Para el problema planteado anteriormente en las secciones 3.1.2 y 3.1.4, un tornillo adecuado para dicha longitud es el modelo 75, con 26m de longitud, y una extensión máxima de 38m.

### 3.1.6. Dimensionamiento del motor

Para la selección del motor, el cual es indispensable para el giro del tornillo sinfín, primero se debe tener en cuenta de acuerdo a la tabla anterior (Tabla 3.6) el modelo del tornillo sinfín y la longitud requerida aproximadamente.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

Para el problema planteado anteriormente en las secciones 3.1.2 y 3.1.4, un tornillo adecuado para dicha longitud es el modelo 75, con 26m de longitud, y una extensión máxima de 38m, con estas características el motor requerido es de 1/2 hp de potencia.

Según los datos provistos por los fabricantes de tornillos sinfín las potencias del motor están asociadas a las velocidades de giro del motor, que se presentan en la siguiente tabla (Tabla 3.8).

**Tabla 3.8:** Potencias y velocidades del motor para el tornillo sinfín.

Potencias y velocidades del motor para el tornillo sinfín flexible				
Motor	RPM	Fase	Hz	Modelos
1/3 Hp	352	Monofásico	60	Modelo 55 solo
1/2 Hp	352	Monofásico	60	
3/4 Hp	352	Monofásico	60	
3/4 Hp	352	Monofásico	60	Modelo 75, 90 & HR
1/2 Hp	364	Trifásico	50	Modelo 55,75,90 & HR
3/4 Hp	364	Trifásico	50	Modelo 75, 90 & HR
1 Hp	364	Trifásico	50	Modelo 75,90 & HR
1.5 Hp	364	Trifásico	50	Modelo 75,90 & HR

**Fuente:** [22]

A partir de esta tabla 3.8 para el caso de un motor eléctrico trifásico (que son los más utilizados en las industrias debido a su flexibilidad) con una frecuencia de 50 Hz, con 1/2 hp de potencia, y para el modelo que previamente se había seleccionado siendo el modelo 75, lo recomendable es que dicho motor opere a una velocidad de giro promedio de 364 rpm.

Las características de un motor eléctrico trifásico con la cual se dispone y se desea utilizar es de 1/2 hp, 50 Hz, 4 polos, baja revolución y 1370 rpm. Este valor supera ampliamente al valor en la cual debe operar el motor según la tabla anterior (Tabla 3.8). Cabe destacar que es un motor con la cual se dispone y se desea utilizar en este proyecto, por ello se debe reducir una de las alternativas es que se necesita reducir la velocidad, pero sin que se pierda el torque, por lo cual se recurrirá a adaptar un sistema de poleas y eje para reducir su velocidad

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

sin perder el torque. Se podría pensar que reducir el tamaño o la potencia del motor sería otra alternativa pero al hacer esto se disminuye también el torque, lo que podría causar una sobrecarga en el transporte, que eso trabe al tornillo y de alguna manera dañar el motor, por esa razón se busca la manera más fácil y económica para solucionar este inconveniente, utilizando un sistema de transmisión por medio de poleas y correas.

### **3.1.7. Cálculos de sistema de transmisión**

En la presente sección se realizarán los cálculos para el sistema de transmisión mediante poleas y correas, que es un método sencillo, simple y más económico que cualquier otro sistema de transmisión. Para los cálculos se utilizará el "Manual de cálculos y recomendaciones para correas Multi-V3-T" provisto por los fabricantes de poleas y correas.

#### **3.1.7.1. Poleas y Correas**

Los cálculos seguidos aquí para la determinación de polea y correa, se refieren a correas industriales clásicas y se aplican a las transmisiones con dos poleas, son cálculos que se sujetan a procedimientos internacionales normalizados.

##### **1. Paso 1:** Determinación de la Potencia del proyecto (Potencia Calculada)

$$HP_{proyecto} = 0,5 \text{ [hp]}$$

De la sección anterior (3.1.6) se estableció que el motor de 0,5 Hp debe operar a 364 rpm.

##### **2. Paso 2:** Determinación del Perfil de la Correa

- De la tabla mostrada en anexo D.1 por la horizontal, con HP proyectado, y en la vertical con rpm del eje más rápido. La intersección de las

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

dos líneas indicará el perfil recomendado y la faja de diámetros primativos mínimos para la polea del eje más rápido.

Como  $HP_{proyecto} = 0,5 \text{ [hp]}$  y el motor trifásico que se utilizará para la transmisión es de 1370 [rpm]. Y dicha potencia de proyecto  $HP_{proyecto}$  no se encuentra dicho valor en el rango proporcionado en la horizontal mostrada en la tabla de anexo D.1 por lo que se recurrirá a la tabla mostrada en anexo D.2 para la obtención de los diámetros mínimos de las poleas, sin embargo, se puede estimar que el perfil recomendado seguirá siendo el perfil A.

Para tener valores concretos de los diámetros, se verifican las indicaciones proporcionadas en la tabla de anexo D.2, el procedimiento se describe en el paso 4.

**3. Paso 3:** Cálculo de la Relación de Velocidades  $R_T$

- a) Se calcula la relación de velocidad, dividiendo la rotación del eje más rápido por la rotación del eje más lento. de acuerdo a la siguiente fórmula. Se tiene:

$$R_T = \frac{rpm}{RPM} \quad (3.18)$$

Donde:

*rpm*: Es la velocidad de rotación del eje más rápido.

*RPM*: Es la velocidad de rotación del eje más lento.

$$R_T = \frac{1370}{364} = 3,76 \quad (3.19)$$

Se utilizó la velocidad de 364 rpm como la velocidad del eje más lento, a la cual debe operar el eje del tornillo sinfín flexible conforme a lo establecido en la sección 3.1.6.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

- 4. Paso 4:** Se elige los Diámetros primitivos Recomendados( $D_p$ ,  $d_p$ )
- a) Si el diámetro de la polea menor o de la mayor es conocido, se parte de ese diámetro. En este caso, no es conocido ninguno de esos diámetros, se parte del diámetro medio de la faja indicada en el paso (2). Por tanto, con la siguiente fórmula hallamos el diámetro primitivo de la polea menor.

$$d_p = \frac{d_{primit1} + d_{primit2}}{2} \quad (3.20)$$

Para la obtención del diámetro de la polea mayor se aplica la formula proporcionada a continuación.

$$D_p = R_T \cdot d_p \quad (3.21)$$

- b) Cuando se necesitan diámetros diferentes a los indicados en la tabla de anexo D.1, como se definió en el paso 2, en la cual la potencia de proyecto  $HP_{proyecto}$ , su valor no se encuentra en el rango proporcionado en la horizontal de la tabla de anexo D.1, por ello se establecen nuevos criterios de diámetros utilizando la tabla de anexo D.2.

Para una potencia de proyecto  $HP_{proyecto} = 0,5 [hp]$  y el motor tiene una capacidad de rotación de  $1370 [rpm]$ . :.  $d_p = 2,5 [pulg]$

De las ecuaciones (3.19) y (3.22) se obtiene que:

$$D_p = 3,76 \cdot 2,5 = 9,4 [pulg] \quad (3.22)$$

**5. Paso 5:** Cálculo de la Velocidad Periférica (V)

- a) La velocidad de la correa en pies por minuto (ppm) es obtenida mediante la siguiente fórmula:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

$$V = 0,262 \cdot d_p \cdot rpm = 0,262 \cdot D_p \cdot RPM [ppm] \quad (3.23)$$

Reemplazando los valores obtenidos anteriormente en la última fórmula, se tiene la velocidad de la correa:

$$V = 0,262 \cdot 2,5 \cdot 1370 = 897,35 [ppm] \quad (3.24)$$

- b) La velocidad encontrada no debe超pasar 6000 ppm. Si sobrepasa , se usa otro diámetro, de acuerdo a la tabla D.2, para la polea menor.

En este caso, se verifica que:

$$V = 897,35 [ppm] < 6000 [ppm]$$

**6. Paso 6:** Determinación de la Distancia Entre Centros de los Ejes ( $C$ ) y del Largo Primitivo de la Correa ( $L_p$ ).

Se presentan algunas fórmulas para determinar la distancias entre los centros y el largo primitivo de la correa.

**Fórmula estimada**

$$C_1 = \frac{D_p + 3 \cdot d_p}{2} \quad (3.25)$$

**Fórmula cuando  $L_p$  es conocido**

$$C_2 = \frac{L_p}{2} - [0,7854 \cdot (D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{2 \cdot L_p}] \quad (3.26)$$

**Fórmula para corregir  $C$  estimada**

$$C_3 = C_1 - \frac{L_p(\text{calculado}) - L_p(\text{listado})}{2} \quad (3.27)$$

**Fórmula para el largo primitivo de la correa  $L_p$ , (Aproximación ±0,15 %)**

$$L_p = 2 \cdot C + 1,57 \cdot (D_p + d_p) + \frac{(D_p - d_p)^2}{4 \cdot C} \quad (3.28)$$

- a) Si no es dada la distancia entre ejes, ésta puede ser estimada con la ecuación (3.25), o del diámetro de la polea mayor (se debe elegir la mayor entre estas dos medidas), a ser corregidas en la fórmula de la ecuación (3.27).

De la ecuación (3.25) se tiene que:

$$C_1 = \frac{9,4 + 3 \cdot 2,5}{2} = 8,45 \text{ [pulg]} \quad (3.29)$$

- b) Para hallar el largo primitivo de la correa (ecuación 3.28) se utiliza el valor de C hallado en la ecuación anterior (3.29)

$$L_p = 2 \cdot 8,45 + 1,57 \cdot (9,4 + 2,5) + \frac{(9,4 - 2,5)^2}{4 \cdot 8,45} = 36,99 \text{ [pulg]} \quad (3.30)$$

Cuya aproximación es de  $\pm 0,15\%$ , por tanto se corrige el largo primitivo aplicando:  $L_p - L_p \cdot 0,15\%$

$$L_p(\text{listado}) = 36,99 - 36,99 \cdot 0,15\% = 36,93 \text{ [pulg]} \quad (3.31)$$

- c) Se lleva el valor del  $L_p$  calculado en el ítem anterior en la tabla de anexo D.3 y se verifica que la correa que más se aproxima es la A-35, cuyo largo primitivo es aproximadamente 37 [pulg]
- d) Se corrige la distancia entre centros por la fórmula de la ecuación (3.27), a partir del  $L_p$  encontrado.

$$C_3 = 8,45 - \frac{36,99 - 36,93}{2} = 8,42 \text{ [pulg]} \quad (3.32)$$

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

**7. Paso 7:** Determinación del HP Clasificado y Número de Correas.

a) Cálculo y determinación del factor de corrección del arco de contacto

$$F_{Ac}.$$

Se calcula Arco de Contacto  $A_c$  a través de la siguiente fórmula.

$$A_c = 180 - \frac{D_p - d_p}{C} \cdot 60 \quad [en\ grados] \quad (3.33)$$

Reemplazando los parámetros en esta última ecuación.

$$A_c = 180 - \frac{9,4 - 2,5}{8,42} \cdot 60 = 130,8^\circ \quad (3.34)$$

Llevando este valor a la tabla de anexo D.4, se observa en la columna V-V (transmisiones con poleas con canales en "V") e interpolando para obtener un valor más aproximado del Factor de Corrección  $F_{Ac}$  del arco de contacto. Se tiene que para el caso de  $130,8^\circ$ :

$$F_{Ac} = 0,863 \quad (3.35)$$

b) Se determina el factor de corrección del largo  $F_{L_p}$ , se puede encontrar en la tabla de anexo D.5.

En este caso, como  $L_p = 36,93$  y la correa es A-35, no se encuentra un valor exacto en la tabla, pero interpolando se obtiene que el factor de corrección es:

$$F_{L_p} = 0,863 \quad (3.36)$$

c) Se determina el HP básico por correa.

Se procede a utilizar la tabla de anexo D.6.1. De esta manera con el valor de  $1370 \text{ [rpm]}$  el valor del eje más rápido del motor y con el diámetro de la polea menor  $2,5 \text{ [pulg]}$ , interpolando para tener mayor

precisión con los datos de la tabla se tiene:

$$HP_{basico} = 0,8565 \text{ [hp]} \quad (3.37)$$

- d) Se determina el HP adicional por correa.

Se procede a utilizar la tabla de anexo D.6.2. De esta manera con el valor de 1370 [rpm] el valor del eje más rápido del motor y con el valor de relación de velocidad  $R_T = 3,76$  que dicho valor es mayor a 1,65 por tanto en la última columna de la derecha, por interpolación se halla el valor del HP adicional en la tabla:

$$HP_{adicional} = 0,1855 \text{ [hp]} \quad (3.38)$$

- e) Se determina el HP clasificado.

Simplemente se procede a sumar los últimos valores de  $HP_{basico}$  y  $HP_{adicional}$

$$HP_{clasificado} = 0,8565 + 0,1855 = 1,042 \text{ [hp]} \quad (3.39)$$

- f) Para obtener el HP efectivo, se aplica la siguiente fórmula:

$$HP_{efectivo} = HP_{clasificado} \cdot F_{A_c} \cdot F_{L_p} \quad (3.40)$$

$$HP_{efectivo} = 1,042 \cdot 0,863 \cdot 0,863 = 0,776 \quad (3.41)$$

- g) El número de correas en la transmisión será obtenido por la división del HP del proyecto por el HP efectivo.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

$$\text{Número de correas} = \frac{HP_{\text{proyecto}}}{HP_{\text{efectivo}}} = \frac{0,5}{0,776} = 0,644$$

Por lo tanto, este valor se redondea para el entero inmediatamente superior : N° correas = 1

En resumen se tiene:

Diámetro primitivo de la polea menor = 2,5 [pulg]

Diámetro primitivo de la polea mayor = 9,4 [pulg]

Distancia entre los centros de los ejes = 8,42 [pulg]

Correa recomendada: 1 correa de perfil y tamaño: A-35.

### 3.1.8. Cálculo del cilindro neumático

Se desea automatizar la compuerta de descarga, lo cual se tiene un recorrido de 100 [mm] para abrir y cerrar la compuerta. Entonces, se necesita un cilindro neumático que cumpla las condiciones necesarias para el buen funcionamiento.

Cálculo del diámetro mínimo del vástago, aceptable con una carrera de trabajo dada y una fuerza.

**Fórmula cuando  $L_p$  es conocido**

$$S \geq \sqrt[4]{\frac{F \cdot C^2 \cdot K^2}{20,350}} \quad (3.42)$$

Donde:

$F$ : Fuerza máxima admitida por el vástago (N).

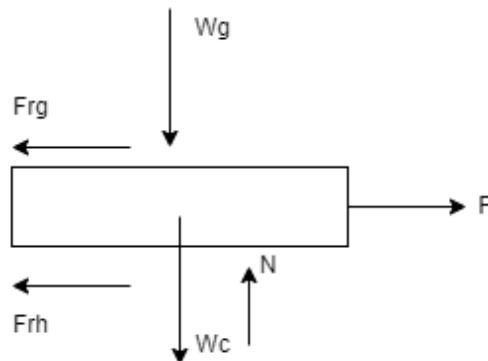
$S$ : Diámetro del vástago (mm)

$C$ : Carrera de trabajo (mm).

$K$ : Coeficiente de compresión libre dependiendo del montaje, que se puede ver en la figura 3.5.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---



**Figura 3.5:** Diagrama de fuerzas de la compuerta de descarga.  
**Fuente:** Elaboración propia

Donde:

$W_g$ : Peso del grano que se acumula sobre la compuerta (N).

$Fr_g$ : Fricción entre la compuerta y el grano (N)

$F$ : Fuerza necesario para mover la compuerta (N).

$Fr_h$ : Fricción entre la compuerta y el riel(N).

$W_c$ : Peso de la compuerta de descarga (N).

$N$ : Fuerza normal (N).

$$\sum F_y = 0$$

$$\sum F_x = 0$$

Realizando la sumatoria de fuerzas correspondiente a cada eje y con un valor de  $\mu = 0,74$  ya que se tiene una fricción entre Acero SAE 1010, se obtienen las siguientes ecuaciones:

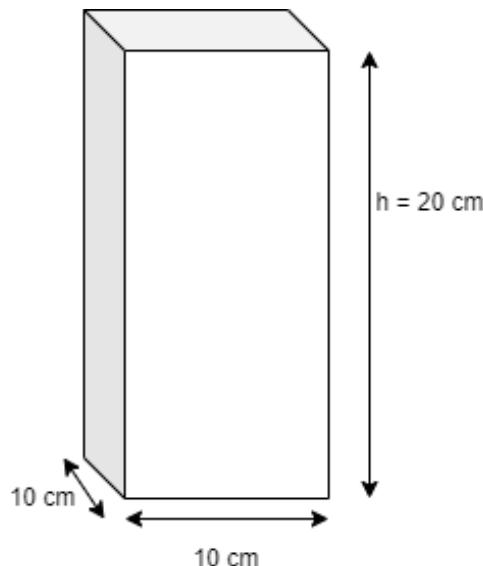
$$N = W_g + W_c \quad (3.43)$$

$$F = \mu \cdot (W_g + W_c) \quad (3.44)$$

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

Se calcula la fuerza que ejerce el grano sobre la compuerta de descarga. Son datos los siguientes valores:  $\gamma = 660 \text{ [kg/m}^3]$ ;  $h = 20 \text{ [cm]}$ ;  $A = 10 \times 10 \text{ [cm}^2]$



**Figura 3.6:** Volumen de grano pellets acumulado sobre la tapa de descarga.  
**Fuente:** Elaboración propia

Se obtiene el valor del volumen de grano peletizado.

$$V = s \cdot h \quad \dots \quad > \quad V = 0,003 \text{ [m}^3] \quad (3.45)$$

Una vez obtenido el valor del volumen se puede calcular la masa de ese volumen.

$$m = \gamma \cdot V \quad \dots \quad > \quad m = 1,32 \text{ [Kg]} \quad (3.46)$$

Y finalmente se obtiene el peso del volumen que se acumula encima de la compuerta de descarga.

$$W_g = m \cdot g \quad \dots \quad > \quad W_g = 13,2 \text{ [N]} \quad (3.47)$$

Para obtener el peso de la compuerta se sabe que es de acero SAE 1010

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

que tiene un peso específico de  $\gamma = 7900 \left[ \frac{Kg}{m^3} \right]$  y las dimensiones serían:  $Largo = 15 [cm]$ ;  $ancho = 10 [cm]$  y  $espesor = 2 [mm]$ . Se obtiene el valor del volumen de la compuerta de descarga.

$$V = Largo \cdot ancho \cdot espesor \quad \dots \quad > V = 0,03 \cdot 10^{-3} [m^3] \quad (3.48)$$

Una vez obtenido el valor del volumen se puede calcular la masa de la compuerta.

$$m_c = \gamma \cdot V \quad \dots \quad > m_c = 0,237 [Kg] \quad (3.49)$$

Finalmente se obtiene el peso de la compuerta de descarga.

$$W_c = m_c \cdot g \quad \dots \quad > W_c = 2,37 [N] \quad (3.50)$$

Con las ecuaciones (3.44); (3.47) y (3.50) se puede obtener la fuerza que se necesita para abrir la compuerta

$$F = 11,52 [N] \quad (3.51)$$

Las ecuaciones y los valores obtenidos es en base a la bancada de pruebas la cual se considera un recorrido  $C = 100 [mm]$  y el factor  $K = 2$  en la peor situación, entonces por las ecuaciones (3.42) y (3.51) se obtiene el valor del diámetro

$$S \geq 2,18 [mm] \quad (3.52)$$

### 3.1.9. Microcilindro Neumático

- Cilindro neumático de doble efecto de la marca MICRO y serie MD8
- Carrera de 100mm
- Diámetro d.20

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

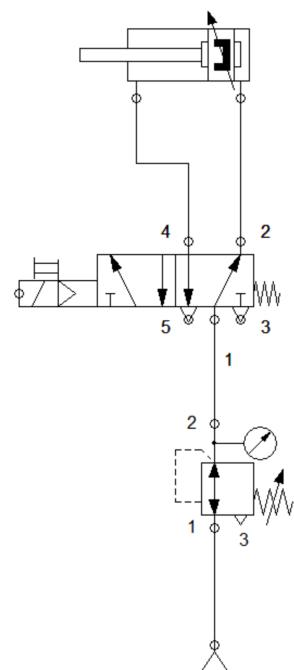
Número de artículo (número de mercado): [0.045.230.100]



**Figura 3.7:** Micro Cilindro MD8. **Fuente:** [10]

### 3.1.10. Conexiones neumáticas

Se cuenta con un sistema neumático para abrir y cerrar la compuerta de descarga. El plano de conexión se puede visualizar en la figura 3.8 donde el montaje de implementación esta compuesto por un cilindro neumático de doble efecto con recorrido de 100 [mm], un regulador de presión y una electroválvula con bobina de activación de 24VDC.



**Figura 3.8:** Plano de conexión neumática. **Fuente:** Elaboración propia

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

### 3.2. Diseño e implementación

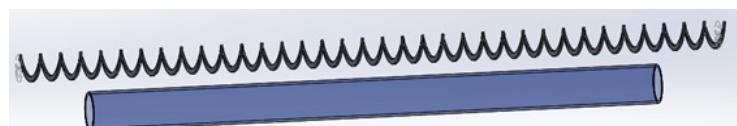
En esta sección se detallan todo el proceso de diseño e implementación de la estructura del sistema, así como también los pasos secuenciales a seguir para el mantenimiento de la máquina o el banco de pruebas.

#### 3.2.1. Diseño e implementación de la estructura del sistema

Una vez que se determinaron las dimensiones del tornillo y la selección de cada uno de los componentes a utilizar, se realizó el diseño utilizando el software solidworks, con el fin de obtener un esquemático, dimensionar el tamaño adecuado, que puedan adaptarse al área del laboratorio. Se muestran a continuación el diseño y la implementación de la estructura.

##### 3.2.1.1. Fabricación del tornillo sinfín

En las siguientes figuras 3.9a, 3.9b y 3.10, se observan el diseño previamente realizado del tornillo y el tubo sinfín flexible, junto con la implementación real propia asociadas a dichos componentes.



(a) Diseño.



(b) Implementación real.

**Figura 3.9:** Tornillo sinfín y tubo flexible. **Fuente:** Elaboración propia

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---



**Figura 3.10:** Fabricación del tornillo por tramos. **Fuente:** Elaboración propia

Para obtener dicho tornillo con las dimensiones deseadas para el modelo 75 de la tabla 3.7, se partió de la necesidad de transportar pellets y seleccionando materiales adecuados que cumplan con lo deseado, en este caso, se adquirió un perfil planchuela de acero con dimensiones  $1/2'' \times 3/16''$  (12,7mm x 4,5 mm), estas son enrolladas por un tubo de acero con diámetro exterior de 1.5" (38,1 mm) mediante soldadura autógena, que va calentando la planchuela de acero y se enrolla fácilmente alrededor del tubo de acero, para tomar la forma de un espiral, ésta por sí sola ya adquiere las dimensiones deseadas de diámetro interior y exterior, y solamente se van controlando las dimensiones del paso mediante mediciones. Finalmente el espiral flexible queda de la forma como se muestra en la figura 3.11 y al enfriarse puede separarse del tubo de acero.

Con estas dimensiones se obtuvieron valores aproximados y cercanos a los deseados, quedando el tornillo con:  $D_e = 63.5\text{mm}$ ;  $D_i = 38\text{mm}$  y el  $\text{paso} = 45\text{mm}$  (ver figura 3.4 y tabla 3.7) para comparar dichos valores.

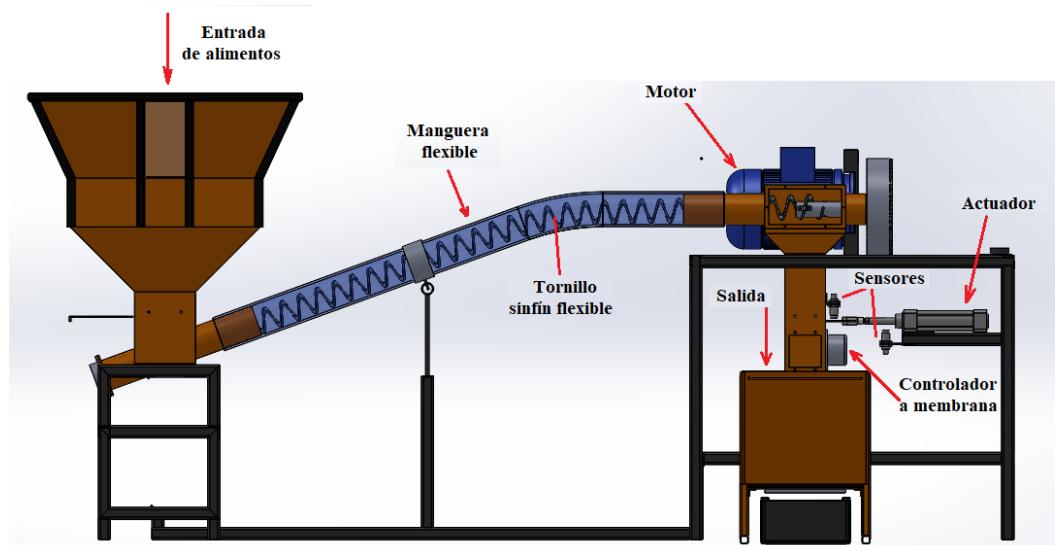


**Figura 3.11:** Proceso de fabricación del tornillo. **Fuente:** Elaboración propia

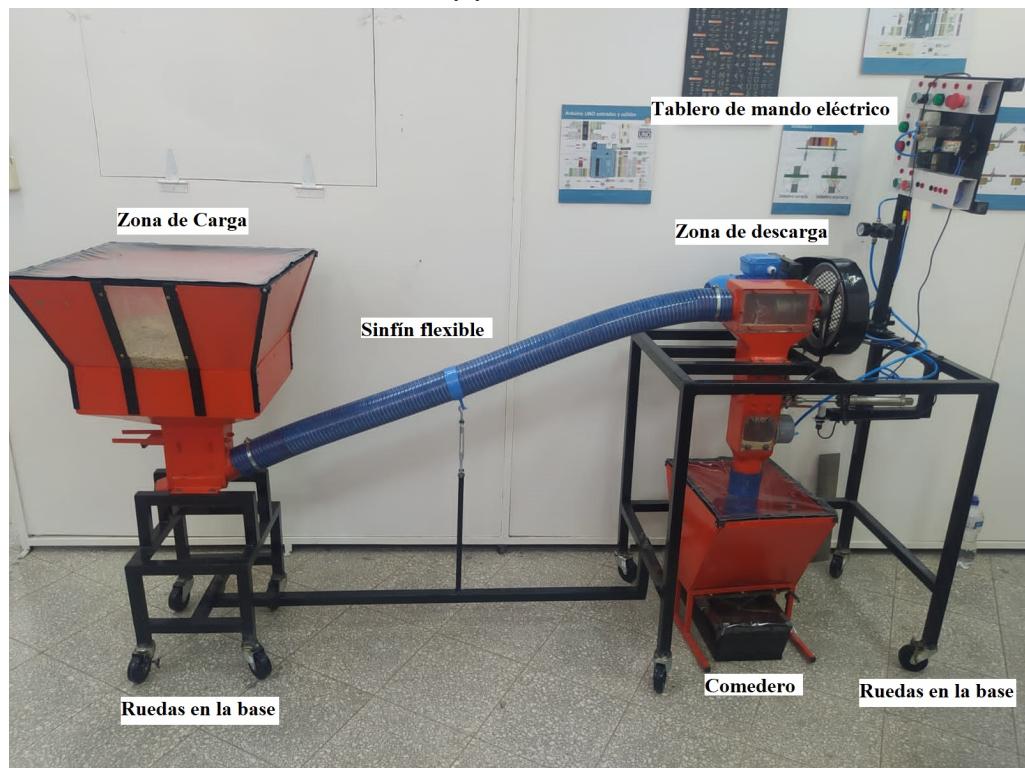
### 3.3. Estructura mecánica

La estructura del sistema transportador se compone de 2 partes principales, una zona de carga y una zona de descarga, están unidas mediante la manguera flexible que contiene el tornillo sinfín flexible, además cuenta con un tablero de mando eléctrico como se muestran en las siguientes figuras tanto del diseño previamente realizado en las figuras 3.12a y 3.13a, como las imágenes donde se muestran la implementación real 3.12b y 3.13b.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



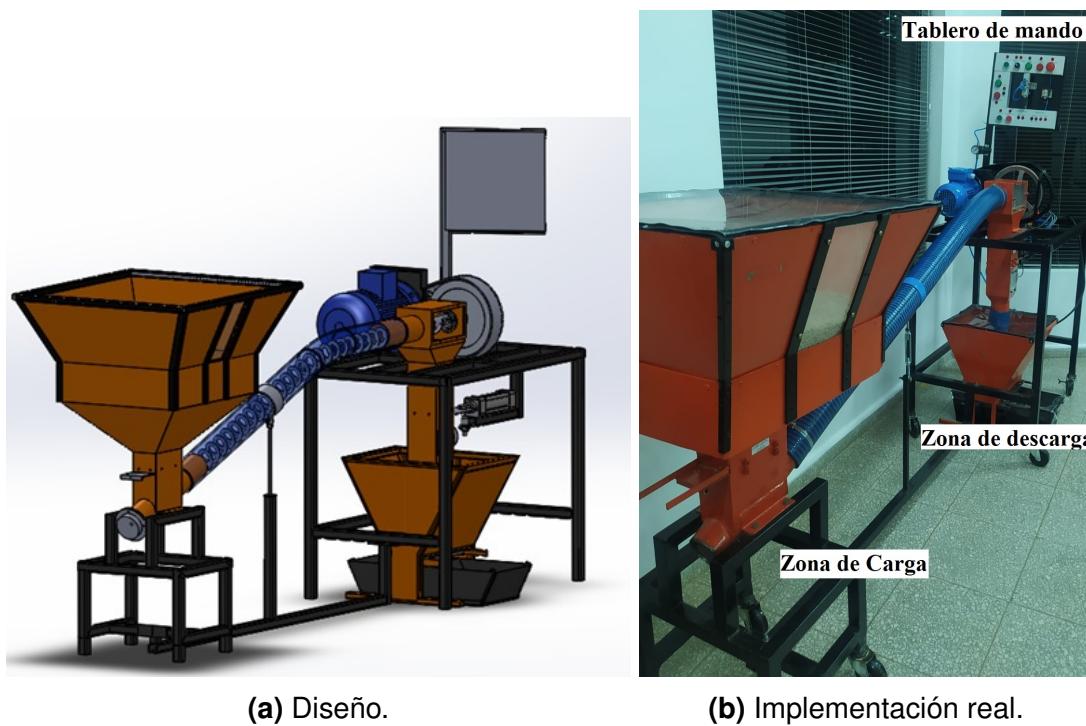
(a) Diseño.



(b) Implementación real.

**Figura 3.12:** Estructura completa del sistema (1). **Fuente:** Elaboración propia

Para una mayor facilidad cuando se desee trasladar la máquina, se insertaron ruedas en las bases como se puede apreciar en la figura 3.12, esto reduce bastante la tarea al momento de trasladar de un lugar a otro.



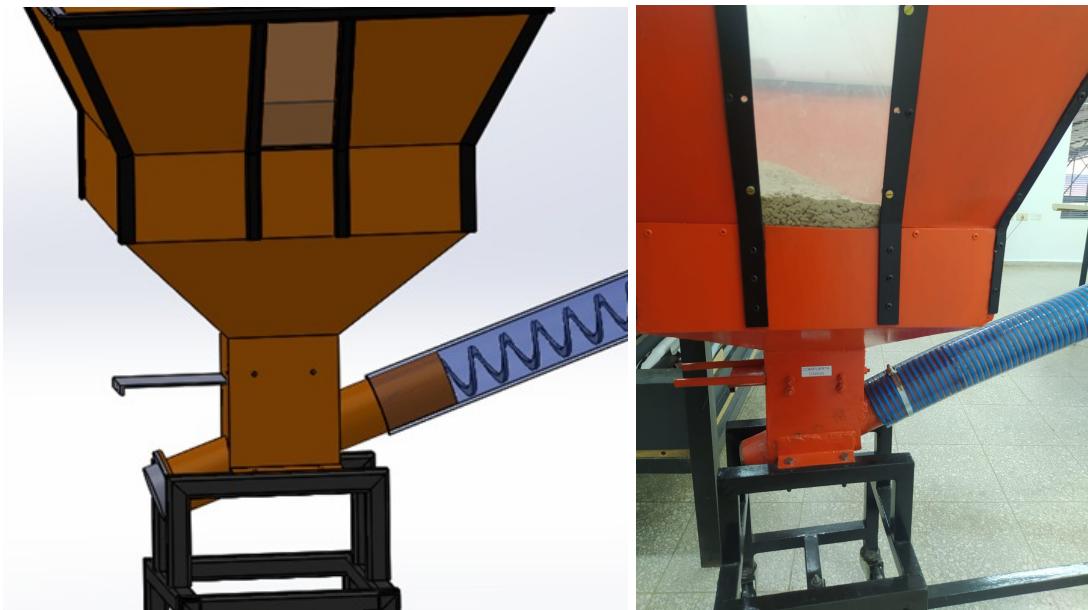
**Figura 3.13:** Estructura completa del sistema (2). **Fuente:** Elaboración propia

### 3.3.0.1. Zona de carga

La zona de carga, es el lugar donde se deposita el alimento balanceado peletizado a ser transportado, consiste en una tolva, tiene una sección transparente, esto ayuda mucho a observar el nivel de alimento que se tiene en dicha tolva, si ésta va aumentado o disminuyendo. Cuenta con una compuerta manual para habilitar o deshabilitar la carga de alimento concentrado por encima de la compuerta. Dichas características se observan en las figuras 3.14a del diseño previamente realizado y en 3.14b la implementación real.

Además, como medida de seguridad tiene un aislamiento transparente que cubre la tolva una vez cargado el alimento y para que no se genere polvo cuando la máquina esté en funcionamiento, se muestra en la figura 3.15.

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.



**Figura 3.14:** Zona de carga, compuerta manual. **Fuente:** Elaboración propia



**Figura 3.15:** Zona de carga, aislamiento contra el polvo. **Fuente:** Elaboración propia

En la figura de abajo, (figura 3.16) se muestra el diseño desde una vista superior (figura 3.16a), se puede notar que existe el acoplamiento del extremo del tornillo sinfín flexible a un eje giratorio que está fijo a la tolva, por encima se encuentra la compuerta manual y en la figura 3.16b se muestra la implementación real.



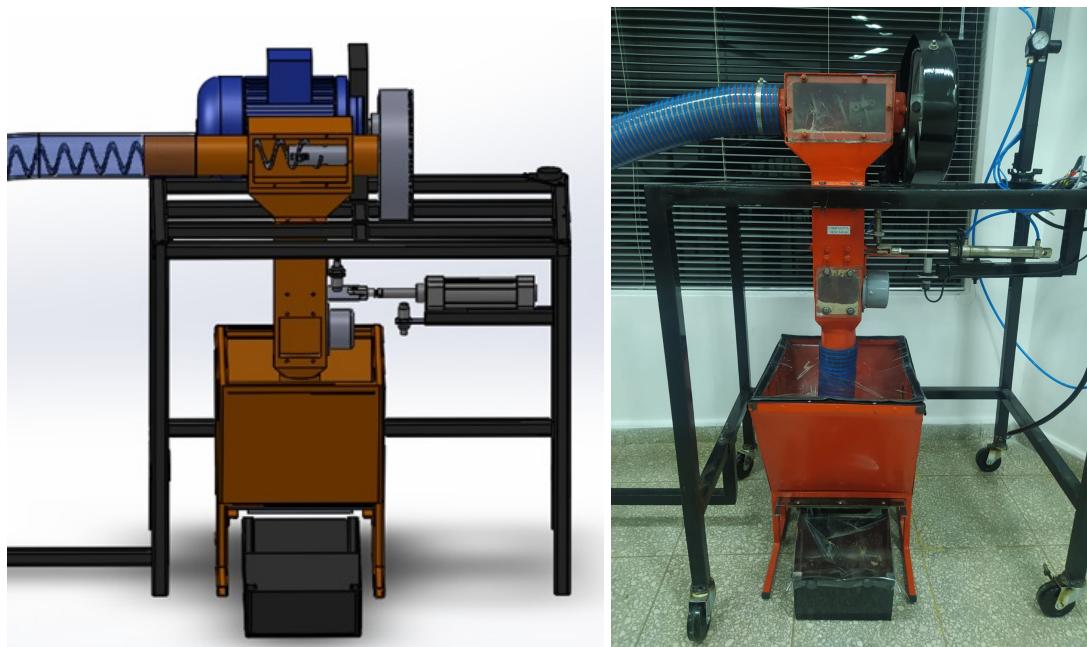
(a) Diseño.

(b) Implementación real.

**Figura 3.16:** Vista superior de la tolva, acoplamiento del tornillo. **Fuente:** Elaboración propia

### 3.3.1. Zona de descarga

Aquí se encuentra la mayor parte de la automatización, cuenta con el tablero de mando que incluye toda la parte eléctrica de la máquina, donde están los componentes tales como el sensor, el actuador, el motor y así también el comedero. (ver figuras 3.17a y 3.17b).

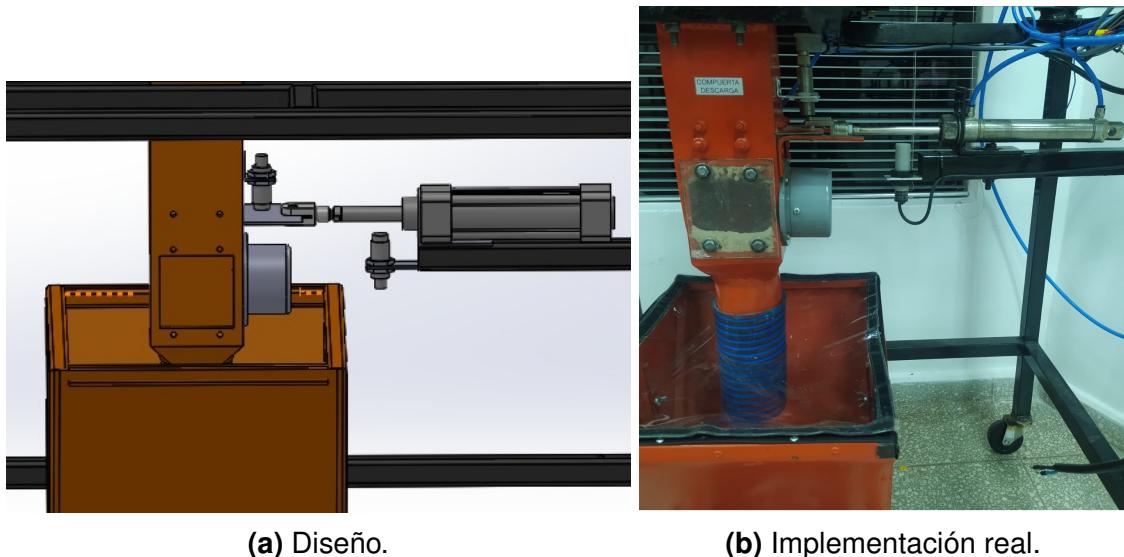


(a) Diseño.

(b) Implementación real.

**Figura 3.17:** Zona de descarga. **Fuente:** Elaboración propia

A continuación, se muestran las figuras 3.18a y 3.18b, en ellas se observan la compuerta automática que es accionada mediante el cilindro neumático y los sensores asociados a su apertura y cierre. Además, se aprecia el sensor a membrana a detectar el nivel de alimento balanceado como medida de seguridad cuando el comedero llega al máximo nivel, es posible observar esto mediante un acrílico transparente. Cabe resaltar, que esta zona también está recubierta con un aislante transparente con el fin de evitar que se genere polvo dentro del laboratorio.

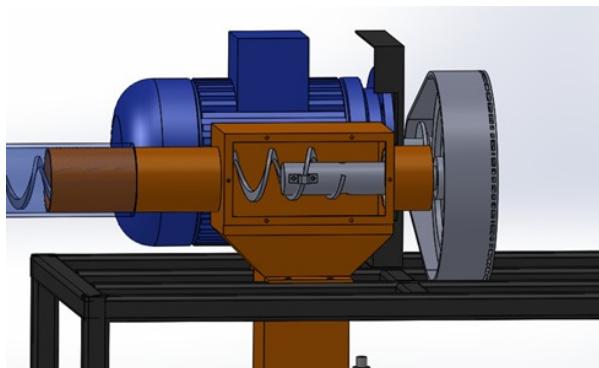


**Figura 3.18:** Compuerta automática con sistema neumático. **Fuente:** Elaboración propia

La zona de descarga posee cuadros de visualización con el acrílico transparente, donde se ve el acoplamiento del extremo del tornillo sinfín y el eje donde se encuentran las poleas acopladas al motor (ver figura 3.19).

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---



(a) Diseño.

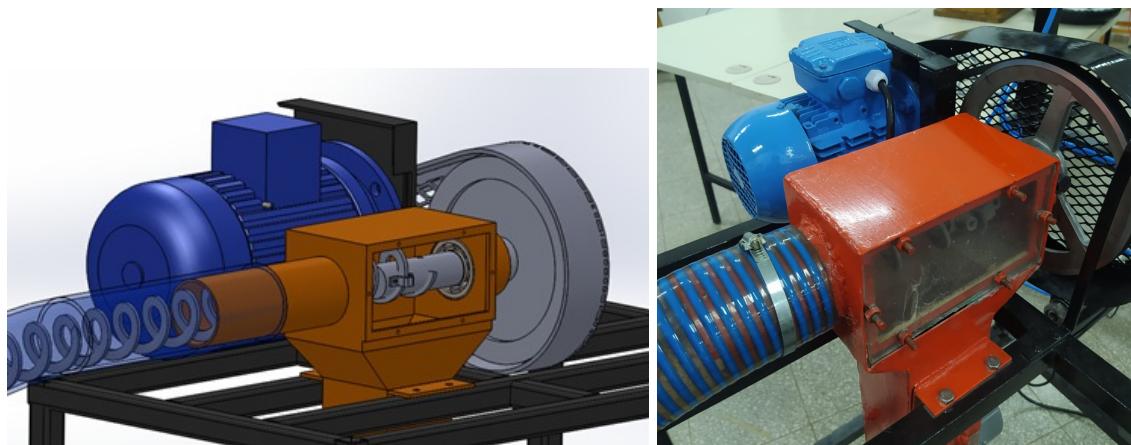


(b) Implementación real.

**Figura 3.19:** Acoplamiento del tornillo sinfín con el eje del motor. **Fuente:** Elaboración propia

El motor está acoplado a un sistema de poleas y una correa, como se ve en la siguiente figura 3.20, donde la figura 3.20a muestra el diseño previamente obtenido y en la figura 3.20b la implementación real, esto es con el fin de reducir la velocidad del tornillo sinfín a una velocidad de rotación deseada, aquí se muestra una polea mayor con diámetro de 9 pulgadas y una polea menor de 2,5 pulgadas, así como una correa de perfil y tamaño A-35, dimensiones deseadas y disponibles que fueron previamente calculadas en las sección 3.1.7.1.

Cuenta con un sistema de protección en una zona peligrosa de constante movimiento donde giran las poleas y la correa, para evitar cualquier tipo de accidente que también se aprecia en la figura 3.20.



(a) Diseño.

(b) Implementación real.

**Figura 3.20:** Sistema de transmisión mediante poleas y correa. **Fuente:** Elaboración propia

### 3.3.2. Resultado del caudal

Para obtener el valor del caudal se realizó varias mediciones de pesaje para luego calcular el valor promedio.

El equipo de medición que se utilizó (ver figura 3.21) tiene la capacidad de  $0 - 10 [kg]/5 [g]$  o  $10 - 50 [kg]/10 [g]$ , es decir, si el peso se encuentra en un rango de 0 (cero) a 10 (diez) kilogramos las divisiones serán de 5 gramos y si se encuentra en un rango de 10 (diez) a 50 (cincuenta) kilogramos las divisiones serán de a 10 gramos. Es importante mencionar que el equipo de pesaje utilizado no está certificado por algún ente regulador.



**Figura 3.21:** Instrumento utilizado para pesaje de pellets.  
**Fuente:** Elaboración propia

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

Como el motor esta conectado a un variador de frecuencia se hizo la medición con tres frecuencias constantes que seria la de 20, 30 y 50 Hz. donde los resultados obtenidos son de 9,526 [kg/min], 15,502 [kg/min] y 27,062 [kg/min] respectivamente a las frecuencias mencionadas. Las mediciones se detallan en la siguiente figura (ver figura 3.22).

Medición del peso en Kg en un timepo T=10 seg				
Nro.	Frecuencia de trabajo			
	20 Hz.	30 Hz.	50 Hz.	
1	1.580	2.580	4.520	
2	1.575	2.580	4.500	
3	1.580	2.585	4.500	
4	1.590	2.580	4.520	
5	1.590	2.580	4.515	
6	1.590	2.590	4.500	
7	1.585	2.585	4.520	
8	1.590	2.585	4.520	
9	1.600	2.585	4.510	
10	1.590	2.590	4.515	
11	1.590	2.585	4.500	
12	1.590	2.590	4.510	
13	1.585	2.580	4.515	
14	1.590	2.580	4.500	
15	1.590	2.580	4.510	
Promedio	1.588	2.584	4.510	
Flujo masico Kg/min		9.526	15.502	27.062

**Figura 3.22:** Mediciones para el cálculo del flujo másico. **Fuente:** Elaboración propia

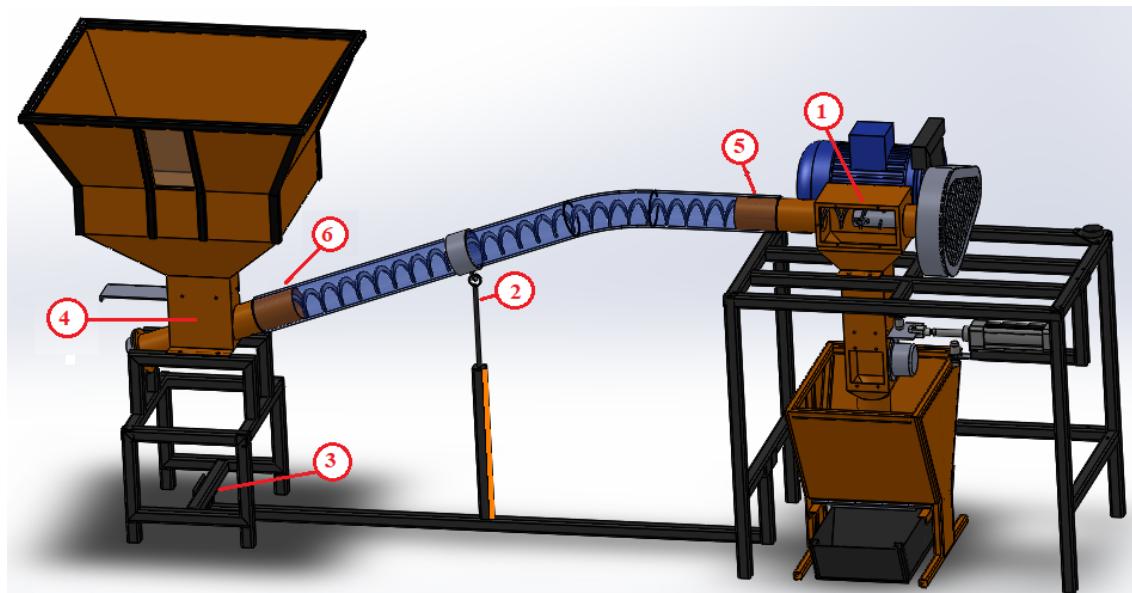
### 3.3.3. Mantenimiento

En caso de que se requiera realizar un mantenimiento, ya sea de limpieza interna o reemplazar alguna pieza dentro de la tubería flexible o en el tornillo sinfín,

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

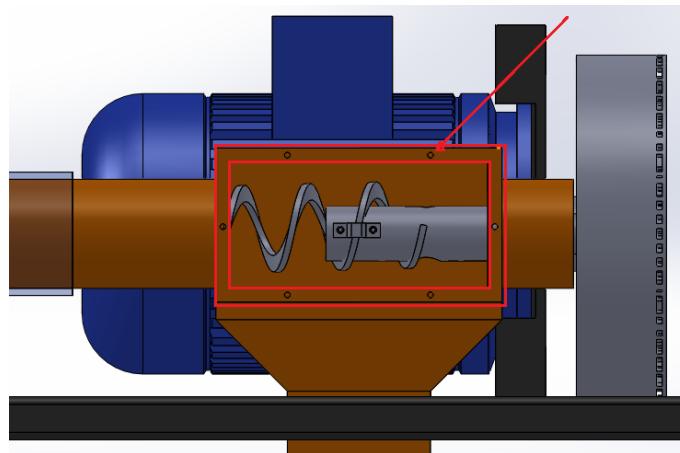
lo recomendable es seguir ciertas instrucciones para desarmar y volver a armar la máquina en su estado original, a continuación se deben seguir los siguientes pasos en el orden indicado, esto es, para evitar cometer algún tipo accidente o una mala maniobra que afecte el funcionamiento correcto de la máquina.

Antes, se muestra una representación gráfica indicando los puntos principales a tener en cuenta en el orden apropiado en la figura (3.23)



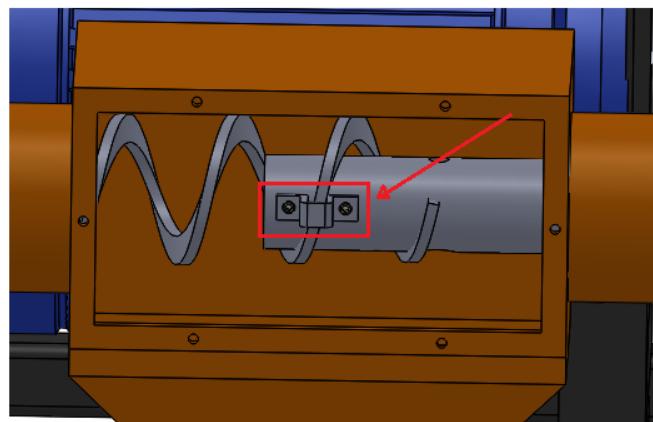
**Figura 3.23:** Representación gráfica de todo el sistema. **Fuente:** Elaboración propia

- Paso 1: Retirar la placa transparente de acrílico, ubicado en la boca de descarga (Punto 1, de la figura 3.23), esto se logra quitando las seis tuercas hexagonales que sujetan dicha placa. Se puede apreciar mejor en la siguiente figura de abajo (3.24)



**Figura 3.24:** Paso 1: Quitar las tuercas hexagonales. **Fuente:** Elaboración propia

- Paso 2: Una vez retirada la placa transparente se deben aflojar y quitar los dos tornillos con cabeza allen hexagonal que sujetan la planchuela al tornillo sinfín por el eje acoplado a la polea mayor, como se muestra en la figura (3.25)

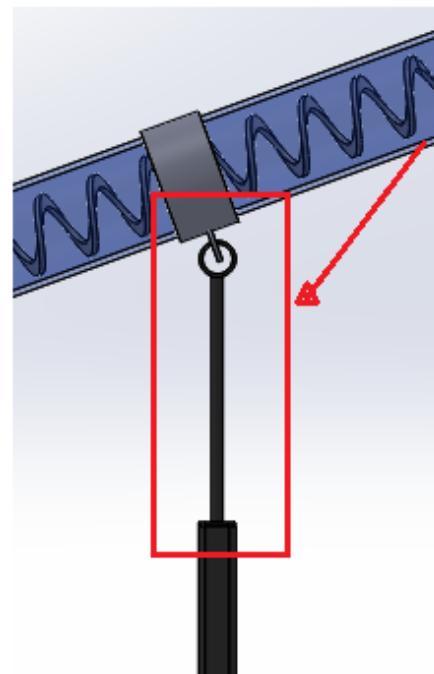


**Figura 3.25:** Paso 2: Quitar los tornillos con cabeza allen. **Fuente:** Elaboración propia

- Paso 3: A continuación, se procede simplemente a aflojar el tensor de gancho ubicado en el punto 2 de la figura (3.23), esto es, para que la manguera flexible pueda retirarse sin inconvenientes. Para una mejor comprensión ver la figura de la abajo, figura (3.26).

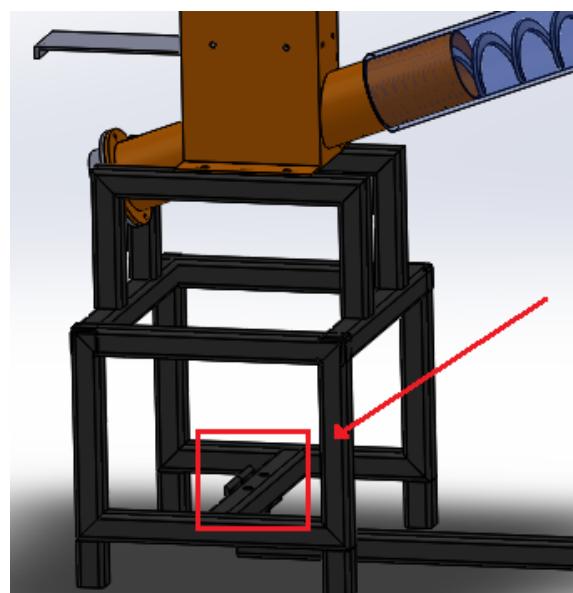
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---



**Figura 3.26:** Paso 3: Aflojar el tensor de gancho. **Fuente:** Elaboración propia

- Paso 4: Luego, se deben quitar los dos tornillos con cabeza hexagonal ubicados en el soporte de la base, punto 3 de la figura (3.23), o se puede observar en la figura de abajo, figura (3.27).

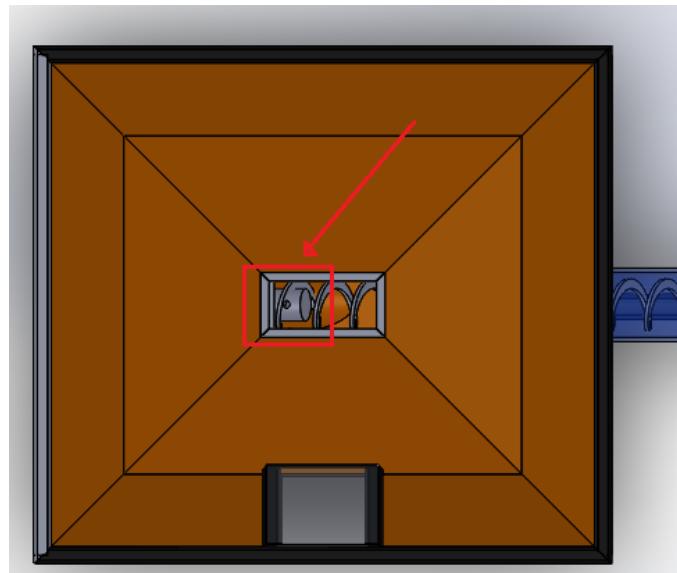


**Figura 3.27:** Paso 4: Quitar tornillos del soporte de la base. **Fuente:** Elaboración propia

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

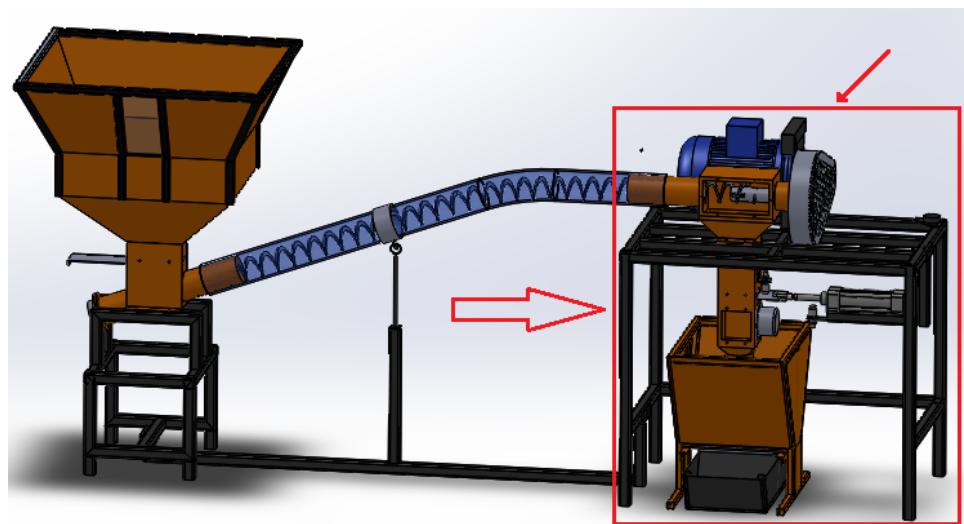
- Paso 5: El siguiente paso, análogamente al paso 2, es aflojar otro tornillo con cabeza allen hexagonal, ubicado en el punto 4 de la figura (3.23) dentro de la tolva de entrada de alimentos balanceados, aflojar un solo tornillo que sujeta el tornillo sinfín acoplado al eje. Se puede ver mejor desde una perspectiva superior de la tolva en la siguiente figura (3.28)



**Figura 3.28:** Paso 5: Quitar tornillo con cabeza allen. **Fuente:** Elaboración propia

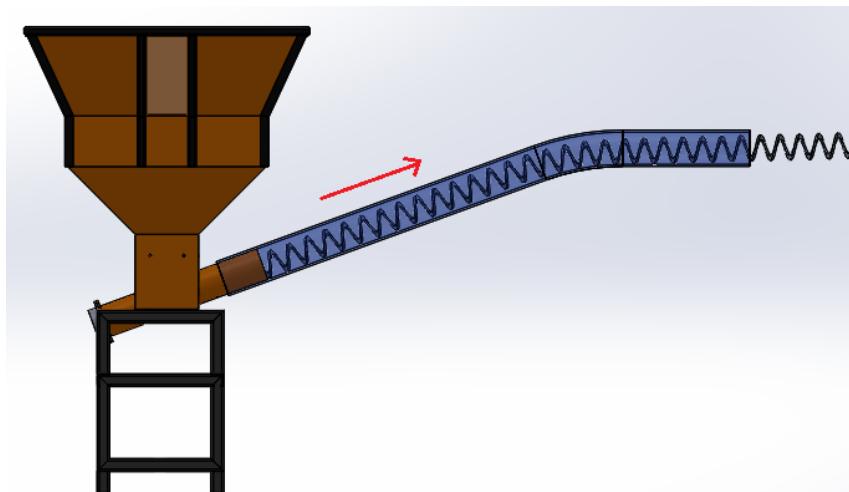
- Paso 6: Arrastrar hacia el lado derecho como lo indica la flecha roja de la figura (3.29), toda la estructura en que se encuentra la zona de descarga, esto es, con el fin de separar la manguera flexible y el eje de la polea mayor (Punto 5, de la figura 3.23).

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



**Figura 3.29:** Paso 6: Arrastrar la estructura en el mismo sentido de la flecha roja.  
**Fuente:** Elaboración propia

- Paso 7: Estirar el tornillo sinfín hacia el sentido indicado por la flecha roja de la figura (3.30), (Punto 5, de la figura 3.23).

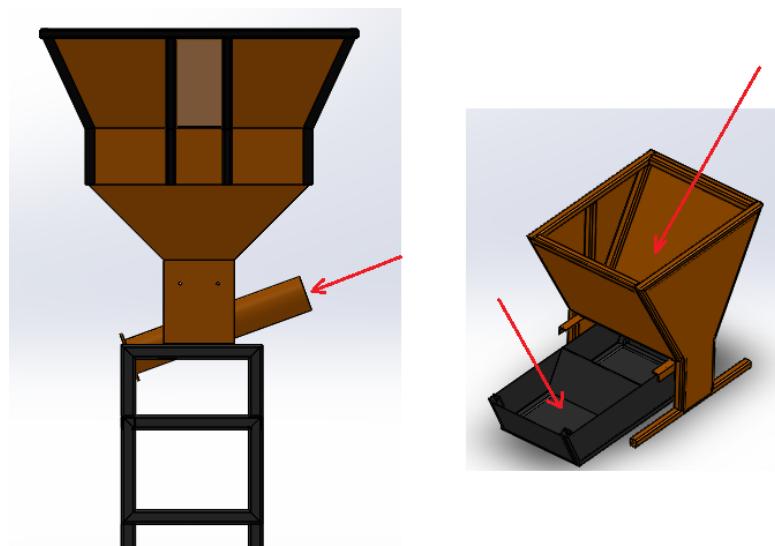


**Figura 3.30:** Paso 7: Estirar el tornillo sinfín y la manguera en el sentido de la flecha. **Fuente:** Elaboración propia

- Paso 8: Extraer o limpiar cualquier resto de alimento u objeto que haya caído en estas zonas indicadas por las flechas rojas de la figura (3.31).

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---



**Figura 3.31:** Paso 8: Extraer o limpiar cualquier resto de alimento u objeto caído.  
**Fuente:** Elaboración propia

Una vez realizado el Paso 8, el proceso de limpieza, en el caso de que se requiere volver a armar, sería siguiendo los mismos pasos pero en el orden inverso, es decir, comenzando con el Paso 7 y acabando con el Paso 1. Atornillando, los soportes, mangueras, tornillos, etc. De esa manera estará listo nuevamente para su próximo uso.

## CAPÍTULO 4

### COMPONENTES ELECTRÓNICOS.

En este capítulo se detallan los componentes y planos que forman parte del sistema de automatización de engorde intensivo para cerdo.

#### 4.1. Tablero entrenador del LAR

Actualmente la facultad cuenta con un laboratorio llamado LAR (Laboratorio de Automatización y Robótica) que está equipado con seis bancadas entrenador para realizar prácticas de equipos que son utilizados en industrias (ver figura 4.1).



**Figura 4.1:** Tablero entrenador del Laboratorio de Automatización y Robótica de la FIUNA. **Fuente:** Elaboración propia

Se detallan los componentes que pertenecen al entrenador y se utilizara para el funcionamiento del proyecto

#### 4.1.1. CPU 1214C DC/DC/DC

- SIMATIC S7-1200, CPU 1214C, CPU compacta DC/DC/DC, E/S
- Tiene integrada 14 DI 24 V DC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0-10V DC
- Alimentación de 20,4-28,8V DC,
- Memoria de programas/datos 100 KB
- Interfaz PROFINET para programación, HMI y comunicación PLC a PLC

Número de artículo (número de mercado): 6ES7214-1AG40-0XB0



**Figura 4.2:** SIEMENS CPU 1214C DC/DC/DC. **Fuente:** [25]

#### 4.1.2. SM 1223

- SIMATIC S7-1200, E/S digitales SM 1223
- Modulo de DI 16x24 VDC, DQ 16x Relais

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

- Alimentación de 20,4-28,8V DC

Número de artículo (número de mercado): 6ES7223-1PL32-0XB0



**Figura 4.3:** Módulo de E/S digitales SM 1223. **Fuente:** [26]

#### 4.1.3. HMI KTP600

- SIMATIC HMI KTP600 Basic Color PN
- mando con teclado/táctil
- display TFT de 6", 256 colores
- interfaz PROFINET
- configurable a partir de WinCC flexible 2008 SP2 Compact/WinCC Basic V10.5/ STEP 7 Basic V10.5
- Alimentación de 20,4-28,8V DC

Número de artículo (número de mercado): 6AV6647-0AD11-3AX0



**Figura 4.4:** SIMATIC HMI KTP600 Basic. **Fuente:** [27]

#### 4.1.4. Variador de frecuencia ENC600

- VDF de control avanzado para alto torque y alta precisión
- especial para control industrial con capacidades de variar la frecuencia de forma manual, a través de entradas y salidas digitales programables.
- Está preparado para controlar motores trifásicos y trabajar con tensión de 380V a 50/60Hz, corriente de 3,7-5A y hasta 1,5-2.2KW de potencia.

Número de artículo (número de mercado):EN600-4T0015G/0022P



**Figura 4.5:** Variador de Frecuencia ENC600. **Fuente:** [28]

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

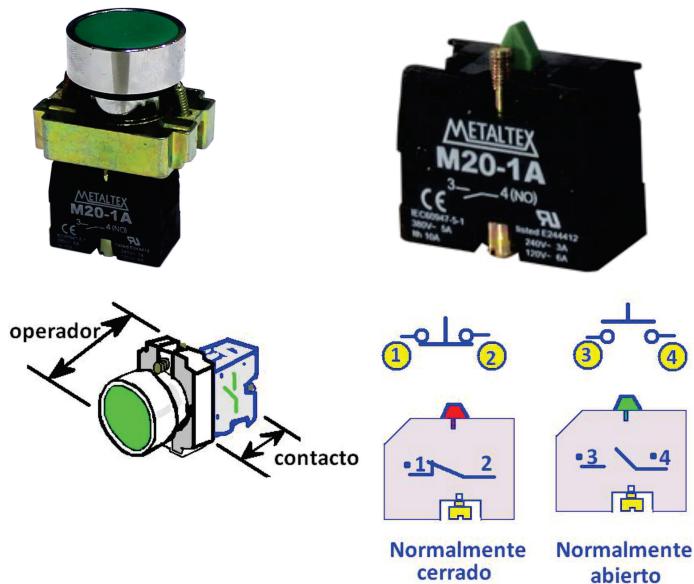
---

## 4.2. Tablero bancada de engorde intensivo para cerdo

En los siguientes ítems se detallan los componentes a utilizar para la implementación de la bancada de pruebas y citando las características necesarias requeridas para el buen funcionamiento.

### 4.2.1. Pulsador

- Operador: botonera y tipo hongo.
- Contacto: NO (normalmente abierto) y NC (normalmente cerrado).



**Figura 4.6:** Pulsador y Contacto. **Fuente:** Elaboración propia

### 4.2.2. Indicador led

- Color rojo y verde
- tensión 24VDC

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---



**Figura 4.7:** Indicador led. **Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.3. Sensor Capacitivo

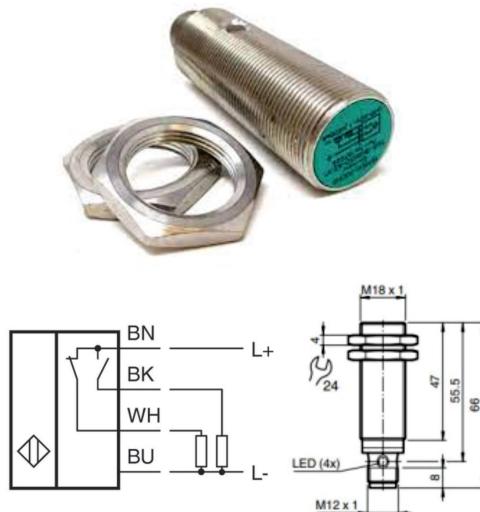
- Autonics CR18 – 8DP.
- Diámetro de 18mm.
- tensión de alimentación de 12 - 24 VDC
- Máxima 200mA
- Distancia de activación regulable
- Tipo de salida de conmutación: PNP



**Figura 4.8:** Sensor capacitivo. **Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.4. Sensor Inductivo

- NJ5-18GM50-A2
- Diámetro de 18mm.
- tensión VDC
- Máxima 200mA
- Distancia de activación 5mm
- Tipo de salida de conmutación PNP



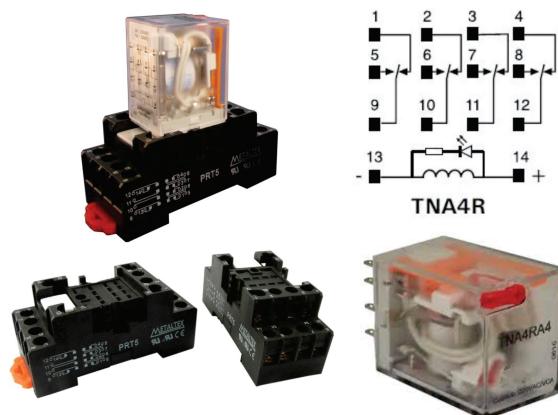
**Figura 4.9:** Sensor inductivo. **Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.5. Relé

- Zócalo para relé tna solda
- Relé 4 contactos inversores 5A
- Bobina de activación de 220VCA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---



**Figura 4.10:** Zócalo y bobina. **Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.6. Controlador a membrana

- Control de nivel de materiales a granel Filsa tipo A-100
- Presión de actuación regulable, mínimo 8 gramos.
- Inversor unipolar de 5A, 220VCA



**Figura 4.11:** Controlador de sólido FILSA A-100. **Fuente:** [29]

#### 4.2.7. Válvulas direccionales

- Válvula neumático de la marca MICRO, modelo SB1.
- Direccionables de 5/2 vías, conexión 1/4.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

- Mando eléctrico y reacción a resorte.
- Bobina de activación de 24VDC.
- Presión de 2,5 a 10 bar.
- Conector recto 1/4x 6mm, serie: [0.451.010.613]
- Regulador de escape con silenciador en bronce 1/4", serie: [0.400.001.222]
- Manguera/tubo mantova, de poliuretano azul y diámetro de 6mm

Número de artículo (número de mercado): [0.220.002.522]



**Figura 4.12:** Electroválvula 5/2 vías. **Fuente:** [30]

#### 4.2.7.1. Motor trifásico

- Potencia de 0.5 HP – 0.37 KW
- Voltaje de funcionamiento de 380V
- Corriente de 1.19 A
- Frecuencia de trabajo de 50Hz
- Velocidad nominal de 1370 rpm
- Número de polos igual a 4



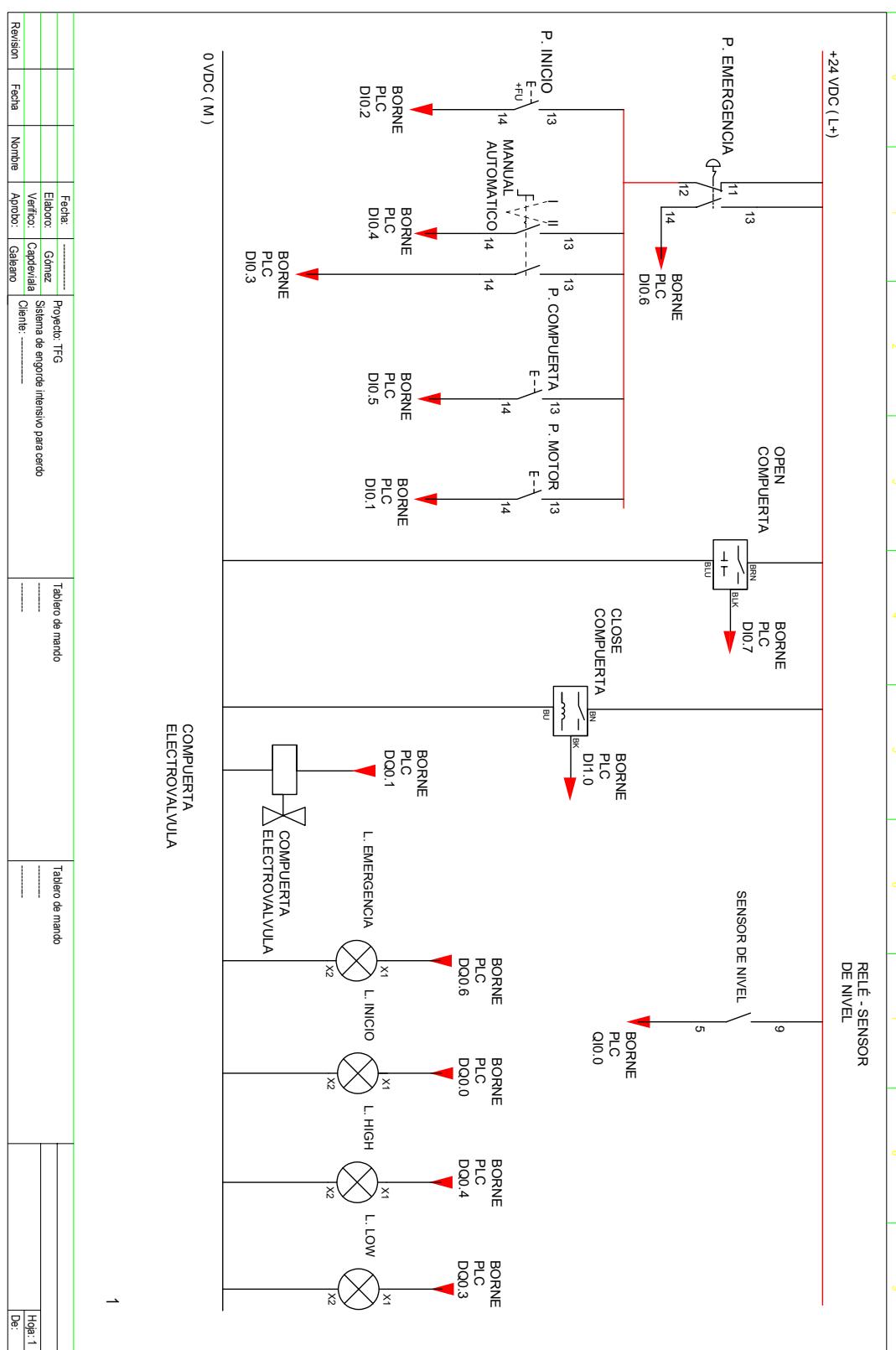
**Figura 4.13:** Motor trifásico. **Fuente:** Elaboración propia

#### 4.2.8. Esquema eléctrico

Una vez seleccionado los componentes se tuvo en cuenta las características de conexión para su funcionamiento y así realizar el esquema eléctrico del sistema que se dividen en tres:

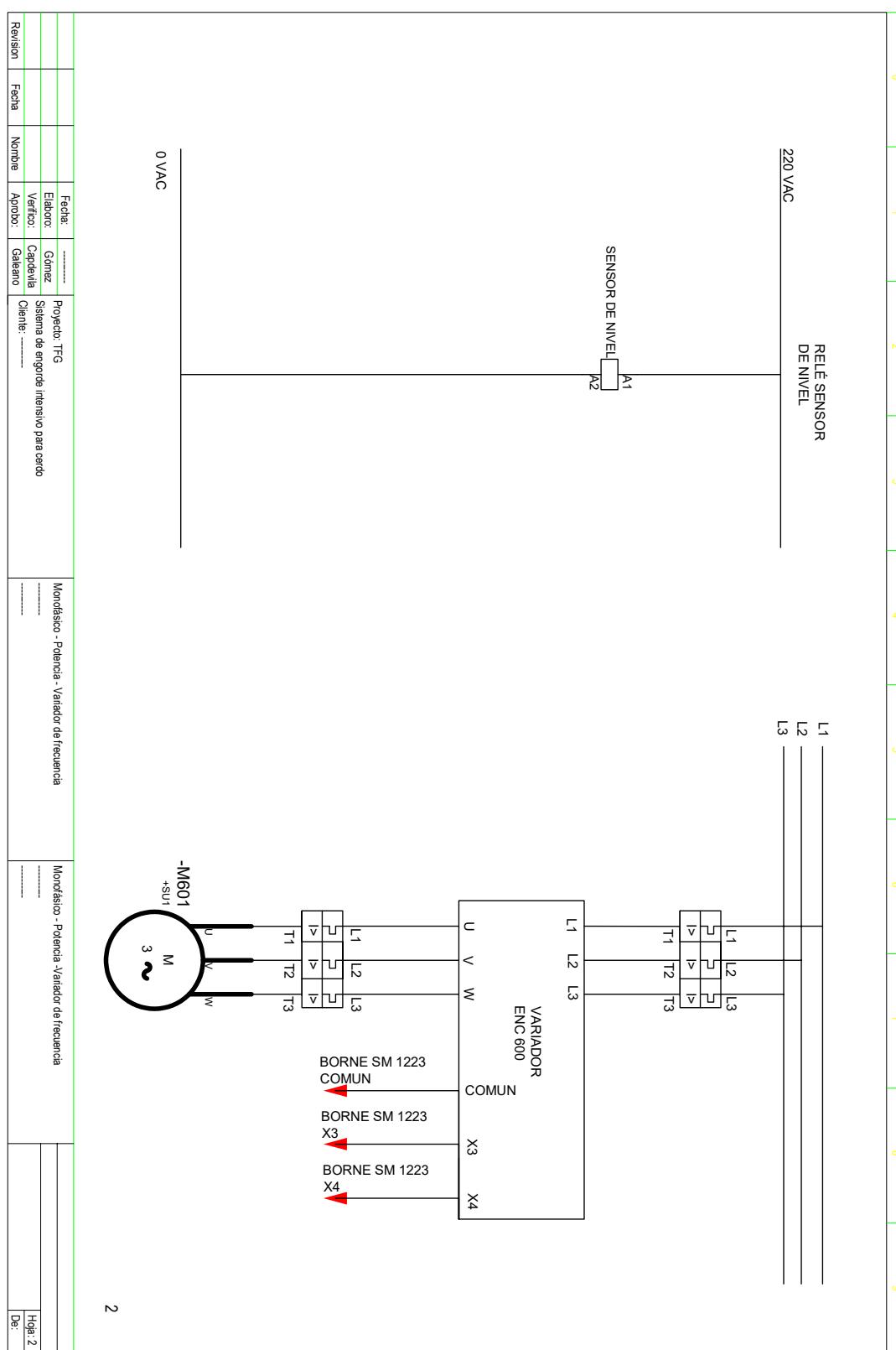
1. En la figura 4.14 se realiza el esquema eléctrico de los componentes que trabajan con tensión de 24 VDC y se especifica los bornes de entradas y salidas que van conectados a los módulos del PLC.
2. El esquema eléctrico que se ve en la figura 4.15 detalla la conexión del sensor de nivel que trabaja con una tensión de 220 VAC y la conexión de la parte de potencia del sistema del proyecto, que está involucrado el variador de frecuencia, el motor trifásico y se especifica los bornes de conexión a utilizar para interactuar con el módulo PLC.
3. La dirección de memoria junto con las conexiones de cada uno de los componentes del sistema que van conectado al CPU y al modulo relé SM1223 son especificadas en la figura 4.16.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



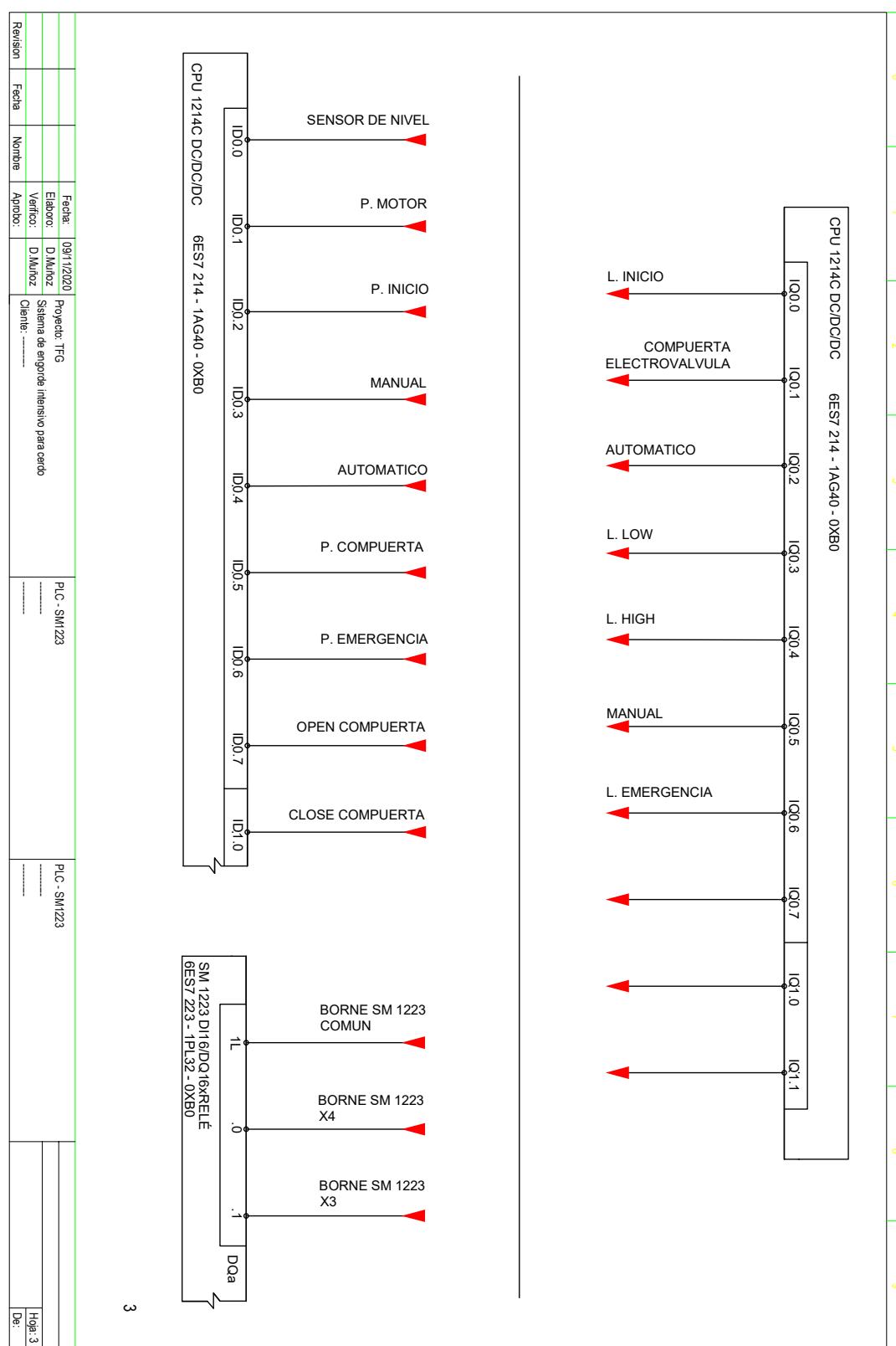
**Figura 4.14: Esquema de conexión 1. Fuente:** Elaboración propia

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



**Figura 4.15: Esquema de conexión 2. Fuente:** Elaboración propia

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



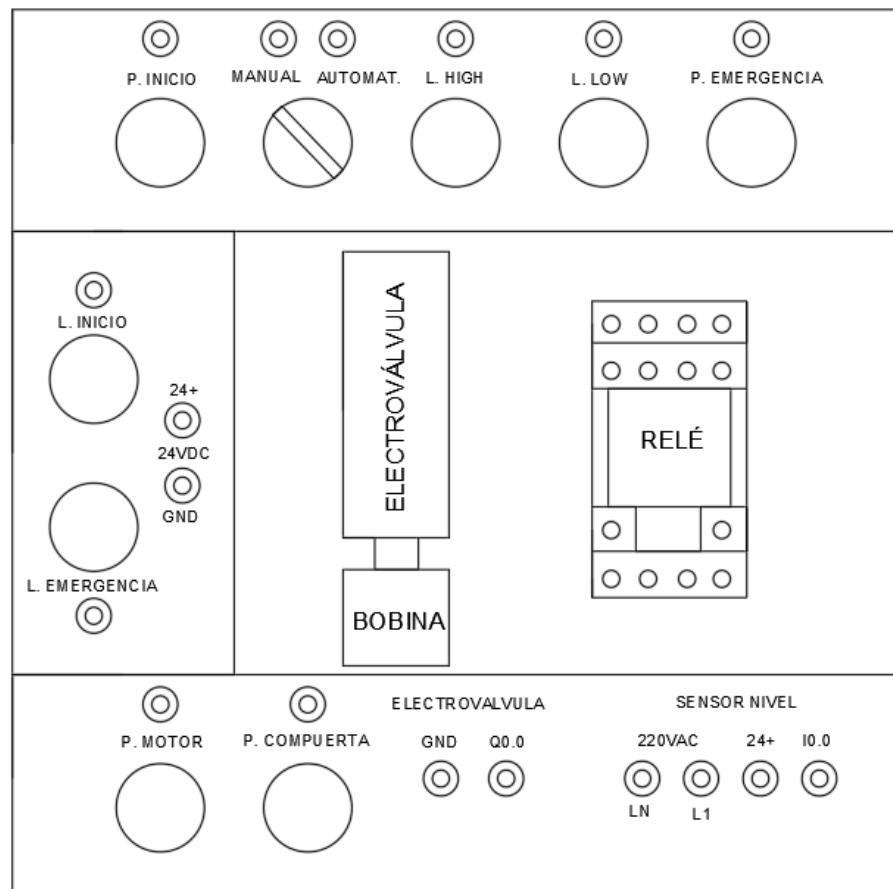
**Figura 4.16: Esquema de conexión 3. Fuente: Elaboración propia**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

#### 4.2.9. Tablero de mando

En este apartado se puede visualizar el diseño del tablero de mando (ver figura 4.17) y así también el resultado final de la implementación del diseño mencionado (ver figura 4.18).



**Figura 4.17:** Esquema del tablero de mando. **Fuente:** Elaboración propia

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



**Figura 4.18:** Implementación del tablero de mando. **Fuente:** Elaboración propia

## CAPÍTULO 5

### PROGRAMA ACADÉMICO TECNIFICADO.

El programa académico involucra dos partes importantes de lo que es el área de automatización industria: las del PLC y de Redes Industriales.

#### 5.1. Guías del estudiante

El programa que se desarrolla en este capítulo es respecto al funcionamiento del sistema de engorde intensivo la cual sera explicado los requerimientos a tener en cuenta para el funcionamiento.

##### ■ Objetivos

- Conocer la estructura y los componentes de lo que se podría encontrar en la industria. En esta ocasión se tendrá a disposición un banco de pruebas de engorde intensivo de cerdo.
- Adquirir conceptos técnicos para la puesta en marcha de un:
  1. Variador de frecuencia.
  2. PLC
  3. Módulo relé
  4. Sistema de periferia descentralizada ET 200SP
  5. HMI
  6. Electroválvula
  7. Relé de 4 contactos auxiliares 220VAC

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

8. Selectores
  9. Pulsadores
  10. Controlador a membrana para el control de nivel
  11. Sensor inductivo
  12. Sensor capacitivo
  13. Cilindro neumático
- Realizar la configuración y puesta en marcha de cada una de las partes que conforma la bancada de prueba.

■ **Alcance**

Esta experiencia está enfocada a realizar prácticas de montaje a nivel industrial y realizar el control del sistema con todos los conceptos que se desarrollaron a lo largo de la carrera. Los conocimientos previos requeridos son:

- Nociones básicas de electricidad industrial.
- Neumática
- Programación básica en PLC

#### **5.1.1. Actividad 1 - Entrada y salida digital**

Realizar un programa que cumpla las siguientes condiciones:

- Al presionar el pulsador “P. INICIO” envíe la señal al PLC y de la misma salga una señal que encienda el led “L. INICIO”.
- Cuando se acciona el pulsador tipo hongo “P. EMERGENCIA” se envía una señal al PLC y como acción debe encender el led “L. EMERGENCIA” y no permitir que ocurra alguna otra acción, es decir, que todo quede parado en lo que quede anclado el pulsador.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

- Si el sensor de nivel para sólidos (filsa tipo A – 100) se encuentra activo se debe encender el led verde del tablero de mando (L. HIGH) y cuando esté inactivo se tiene que encender el led de color rojo (L. LOW).

### **5.1.2. Actividad 2 – Electroválvula y fin de carrera**

#### **1. Condiciones a cumplir para el programa**

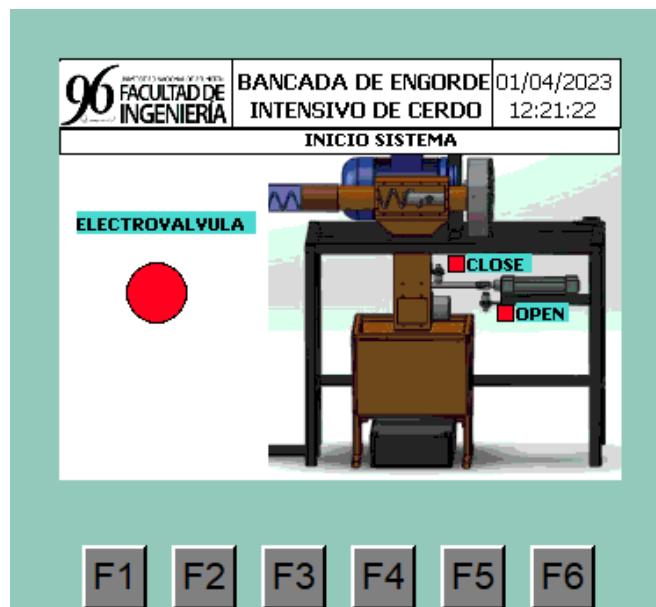
- Pulsador “P. EMERGENCIA”: al estar activo tiene que parar todo el proceso, tanto hardware como software.
- Led “L. EMERGENCIA”: se tiene que encender cuando se ha recibido la señal del pulsador de emergencia.
- Pulsador “P. INICIO”: cuando se presiona el pulsador da inicio al proceso, indicando que todas las partes del hardware del sistema está lista para su funcionamiento, si no se ha pulsado no debe empezar ningún proceso. En el caso de que ya se dio inicio al presionar el pulsador “P. INICIO”, entonces, se encuentra en un proceso y si se presiona el pulsador “P. EMERGENCIA”, al volver a desanclar se tiene que volver a presionar “P. INICIO” para dar aviso de que todo está (nuevamente) listo (nuevamente) para su funcionamiento.
- Led “L. INICIO”: Una vez que el PLC ha recibido la señal del pulsador “P. INICIO”, se tiene que encender el led.
- Pulsador “P. COMPUERTA”: si la compuerta se encuentra cerrada, al presionar el pulsador se tendrá que abrir la compuerta de descarga, en caso contrario, si la compuerta se encuentra abierta, al presionar el pulsador debe cerrar la compuerta.
- Sensor inductivo (fin de carrera): indicará que la acción de cerrar compuerta se ha realizado con éxito. Cuando el sensor inductivo esté acti-

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

vado el cuadrado “CLOSE” de la interfaz (ver figura 5.1) se debe poner en color verde, en caso contrario en color rojo.

- Sensor capacitivo (fin de carrera): indicará que la compuerta de descarga se abrió por completo. Cuando se activa el sensor capacitivo, el circulo “OPEN” de la interfaz (ver figura 5.1) debe ponerse en color verde y en caso contrario en color rojo.
- El circulo “ELECTROVAVULA” del HMI (ver figura 5.1) se pondrá rojo cuando se activa la bobina de la electroválvula, y en caso contrario en color rojo.

2. Diseñar una interfaz en el HMI según la imagen



**Figura 5.1:** Interfaz HMI. **Fuente:** Elaboración propia

### 5.1.3. Actividad 3 – Variador de Frecuencia (VFD)

1. Desarrollar un programa que cumpla las siguientes condiciones

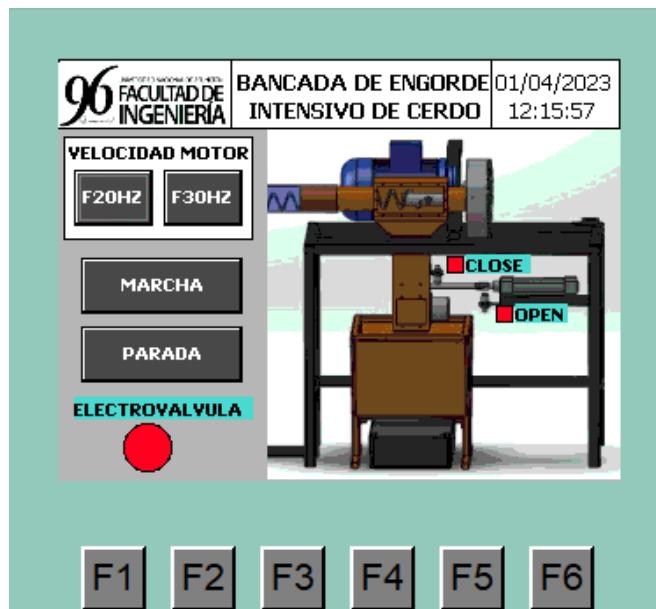
- Tablero de mando
  - Pulsador “P. EMERGENCIA”: al estar activo tiene que parar todo el proceso, tanto hardware como software.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

- Led “L. EMERGENCIA”: se tiene que encender cuando se ha recibido la señal del pulsador de emergencia.
- Pulsador “P. INICIO”: cuando se presiona el pulsador da inicio al proceso, indicando que todas las partes del hardware del sistema está listo para su funcionamiento, si no se ha pulsado no debe empezar ningún proceso. En caso de que ya se dio inicio al presionar el pulsador “P. INICIO”, entonces, se encuentra en un proceso y si se presiona el pulsador “P. EMERGENCIA”, al volver a desanclar se tiene que volver a presionar inicio para dar aviso de que todo está nuevamente listo para su funcionamiento.
- Led “L. INICIO”: Una vez que el PLC ha recibido la señal del pulsador “P. INICIO”, se tiene que encender el led “L. INICIO”.
- Pulsador “P. COMPUERTA”: si la compuerta se encuentra cerrada, al presionar el pulsador se tendrá que abrir la compuerta de descarga, en caso contrario, si la compuerta se encuentra abierta y al presionar el pulsador entonces se tiene que cerrar la compuerta.
- Sensor inductivo (fin de carrera): indicará que la acción de cerrar compuerta se ha realizado con éxito.
- Sensor capacitivo (fin de carrera): indicará que la compuerta de descarga se abrió por completo.
- Pulsador “P. MOTOR”: el comportamiento que tendrá el pulsador es la de autorizar el encendido y apagado del motor, pero la condición importante es que la compuerta tiene que estar abierta para que al presionar el botón se encienda el motor; en caso de que la compuerta esté cerrada el motor no debe encender por más que se presione el pulsador.
- Interfaz (HMI)

2. Diseñar la interfaz según la imagen



**Figura 5.2:** Interfaz HMI para la actividad 3. **Fuente:** Elaboración propia

#### 5.1.4. Actividad 4 – Ejercicio de desafío: Producción de engorde intensivo de cerdo

Se tiene una granja de producción intensivo de cerdos, con capacidad de producción de hasta X cantidad de cerdos, dicho estable tiene Y cantidad de ranchos. Se debe saber que para el engorde intensivo hay tres etapas:

1. Iniciador: Suministrar de 3 a 5 % de su peso vivo, de 0,5 a 1,5 Kg por animal/día desde los 10 Kg. hasta 25 Kg. en etapa inicial, agua fresca de 2 a 4 litros por cada Kg. de ración.
2. Desarrollo: Suministrar a razón de 3 a 5 % de su peso vivo, de 1,5 a 2,5 Kg del producto animal/día desde los 25 Kg. hasta 50 Kg. en etapa de desarrollo, con abundante agua fresca a razón de 2 a 4 litros por cada Kg. de ración.
3. Terminador: Suministrar de 2,5 a 3,2 % de su peso vivo, de 2,5 a 3,2 Kg por

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

animal/día desde los 50 Kg. hasta 120 Kg. en etapa terminación, con agua fresca de 2 a 4 litros por cada Kg. de ración.

El sistema se encuentra montado de la siguiente forma:

1. Cuenta con un tornillo sinfín flexible sin eje
2. Zona de carga
  - Puerta de carga manual
3. Zona de descarga
  - Motor trifásico de 0.5hp
  - Compuerta de descarga: se realiza la apertura y cierre por medio de un cilindro neumático con recorrido de 100mm, el cilindro es comandado por una electroválvula 5/2 vías con bobina de activación 24VDC.
  - Dos sensores de proximidad (inductivo y capacitivo), para la verificación de apertura y cierre de la compuerta de descarga.
  - Cuenta con un sensor de nivel con alimentación de 220VAC, sirve para que al llenarse el último comedero indique que se llenaron los comederos de cada rancho.
4. Tablero de mando
  - Pulsadores, leds y bornes de alimentación de tensión
  - Electroválvula para el cilindro neumático
  - Relé para manejar la tensión de 220VDC proveniente del sensor de nivel y luego transformar dicha tensión a 24VDC que será enviada al modulo PLC

Se solicita la automatización del sistema con los siguientes requisitos:

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

1. Selector modo AUTOMATICO: se debe cargar los parámetros en la interfaz y dejar en funcionamiento continuo, en caso de que ocurra alguna de las condiciones debe dar aviso teniendo las precauciones que se requiera.

Parámetros:

- Seleccionar la etapa en la que se encuentran los cerdos. Suponer que todos se encuentran en la misma etapa.

Etapa INICIADOR:

- Los cerdos deben comer 1.5 Kg por día
- El caudal de transporte de pellets es de 9,54 kg/ min si la frecuencia de trabajo del motor es 20Hz.

Etapa DESARROLLO:

- Los cerdos deben comer 2.5Kg por día
- El caudal de transporte de pellets es de 15,48 kg/ min si la frecuencia de trabajo del motor es 30Hz.

OBS: Para tener en cuenta, el control de la cantidad total de alimento a transportar se realizará por el tiempo de trabajo del motor, es decir, utilizando el caudal se hallará el tiempo que lleva transportar el total de alimento necesario dependiendo de la cantidad de cerdo y ese es el tiempo que debe trabajar el motor. Poner ejemplo

- Cantidad de cerdos en el establo: X
2. Selector modo MANUAL: se podrá elegir la frecuencia de trabajo del motor, comandar la compuerta de descarga y el motor con los respectivos pulsadores.
  3. Pulsador “P. EMERGENCIA”: al estar activo tiene que parar todo el proceso, tanto hardware como software.

4. Led “L. EMERGENCIA”: se tiene que encender cuando se ha recibido la señal del pulsador de emergencia.
5. Pulsador “P. INICIO”: cuando se presiona el pulsador da inicio al proceso, indicando que todas las partes del hardware del sistema está lista para su funcionamiento, si no se ha pulsado no debe empezar ningún proceso. En el caso de que ya se dio inicio al presionar el pulsador “P. INICIO”, entonces, se encuentra en un proceso y se presiona el pulsador de “P. EMERGENCIA”, al volver a desanclar se tiene que volver a presionar inicio para dar aviso de que todo está nuevamente listo para su funcionamiento.
6. Led “L. INICIO”: Una vez que el PLC ha recibido la señal del pulsador “P. INICIO”, se tiene que encender el led “L. INICIO”.
7. Pulsador “P. COMPUERTA”: si la compuerta se encuentra cerrada, al presionar el pulsador se tendrá que abrir la compuerta de descarga, en caso contrario si la compuerta se encuentra abierta, al presionar el pulsador entonces se tiene que cerrar la compuerta.
8. Sensor inductivo (fin de carrera): indicará que la acción de cerrar compuerta se ha realizado con éxito.
9. Sensor capacitivo (fin de carrera): indicará que la compuerta de descarga se abrió por completo.
10. Pulsador “P. MOTOR”: el comportamiento que tendrá el pulsador es la de autorizar el encendido y apagado del motor, pero la condición importante es que la compuerta tiene que estar abierta para que al presionar el botón se encienda el motor; en caso de que la compuerta esté cerrada el motor no debe encender por más que se presione el pulsador.
11. Interfaz HMI

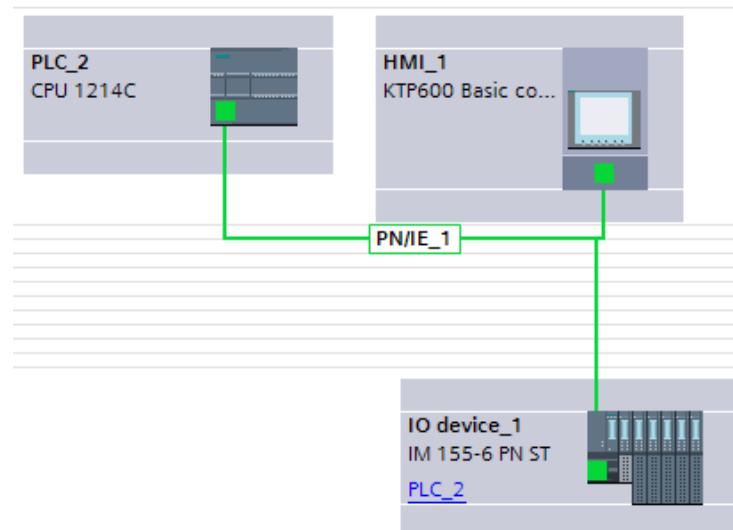
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

- Visualizar el estado en que se encuentra el tablero de mando, ya sea si se ha pulsado “P. INICIO” o “P. EMERGENCIA”.
- Así también, se debe visualizar si se encuentra en modo automático o manual.
- Se podrá elegir los parámetros dependiendo si se encuentra en modo automático o manual.

#### 5.1.5. Actividad 5 – Periferia descentralizada ET200

La actividad consiste en aplicar conceptos de redes industriales utilizando una periferia descentralizada con el módulo ET200SP. Para una implementación del módulo se solicita un sistema que cumpla con las mismas condiciones de lo que se había realizado en la actividad 4 con la diferencia de que los pulsadores “P. COMPUERTA” y “P. MOTOR” sean conectados a la entrada digital del modulo ET200SP, los leds “L. INICIO” y “L. EMERGENCIA” sean conectados al módulo ET200SP.

El diagrama de conexión de la red se puede ver en la figura 5.3.



**Figura 5.3:** Conexión de la red. **Fuente:** Elaboración propia

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

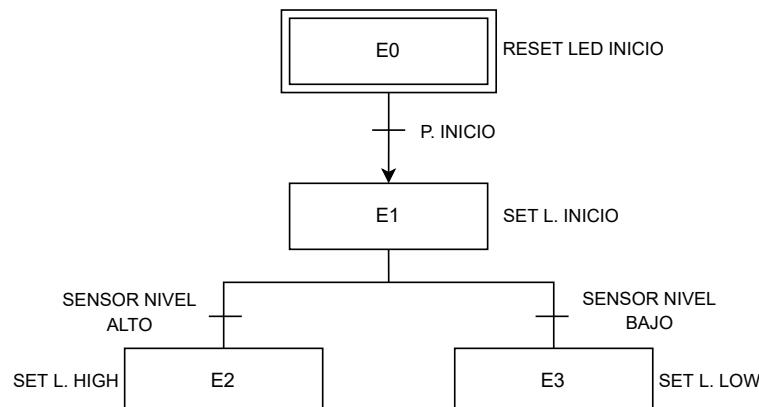
## 5.2. Guías del docente

En esta sección se detalla la resolución y explicación de las actividades para el docente. Es importante destacar que existen varias formas de resolver las prácticas.

### 5.2.1. Actividad 1 - Entrada y salida digital

Esta actividad es un problema sencillo para poder familiarizarnos con los módulos de PLC, poder fijar los conceptos de funcionamiento de las entradas y salidas digitadas, también para ver las conexiones de funcionamiento del CPU 1214.

Para programar en el software TIA Portal se representa la lógica en la figura 5.4.



**OBS.:**

- Cuando se activa el pulsador "P. EMERGENCIA", E0 se pone en estado set y los demás estados en reset.

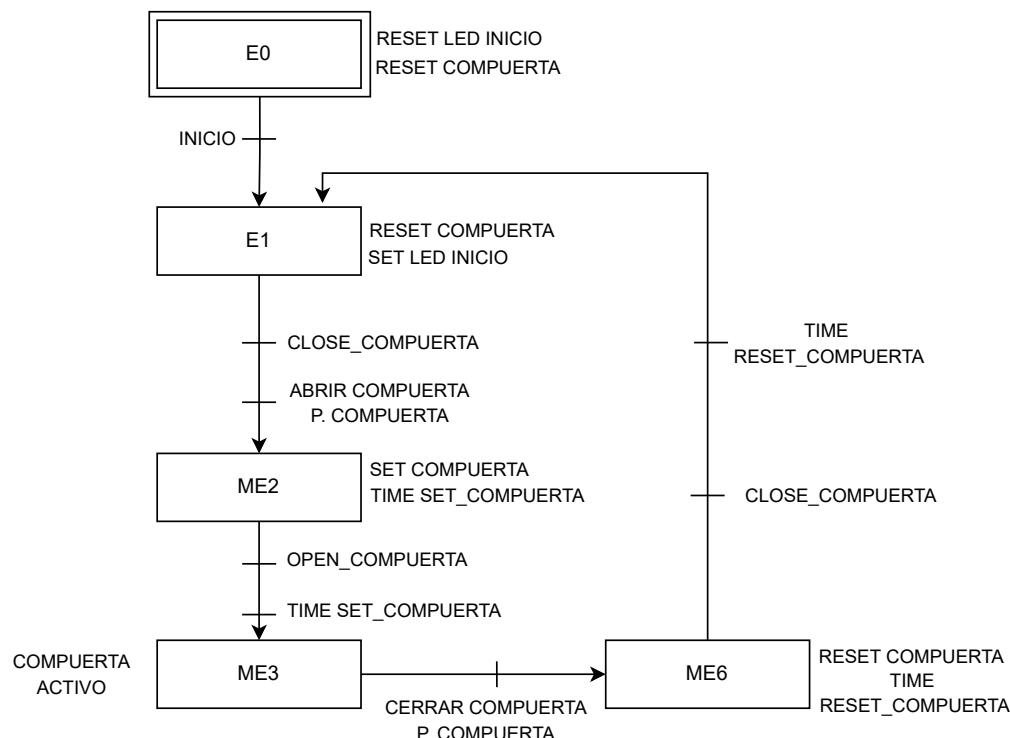
**Figura 5.4:** Diagrama lógico de la actividad 2. **Fuente:** Elaboración propia

### 5.2.2. Actividad 2 – Electroválvula y fin de carrera

En la figura 5.5 se puede visualizar el diagrama lógico del software a programar. Cuenta con seis etapas que cada una se activará de acuerdo a las condiciones requeridas en la actividad 2.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---



**OBS.:** Cuando se activa el pulsador "P. EMERGENCIA" , E0 se pone en estado set y los demás estados en reset.

**Figura 5.5:** Diagrama lógico de la actividad 2. **Fuente:** Elaboración propia

La implementación de la interfaz solicitada se puede ver en la figura 5.6. Se puede seleccionar la frecuencia de trabajo del motor, observar el estado de la electroválvula, del sensor inductivo y el sensor capacitivo que corresponde a los estados “OPEN” y “CLOSE” respectivamente, de la compuerta de descarga.



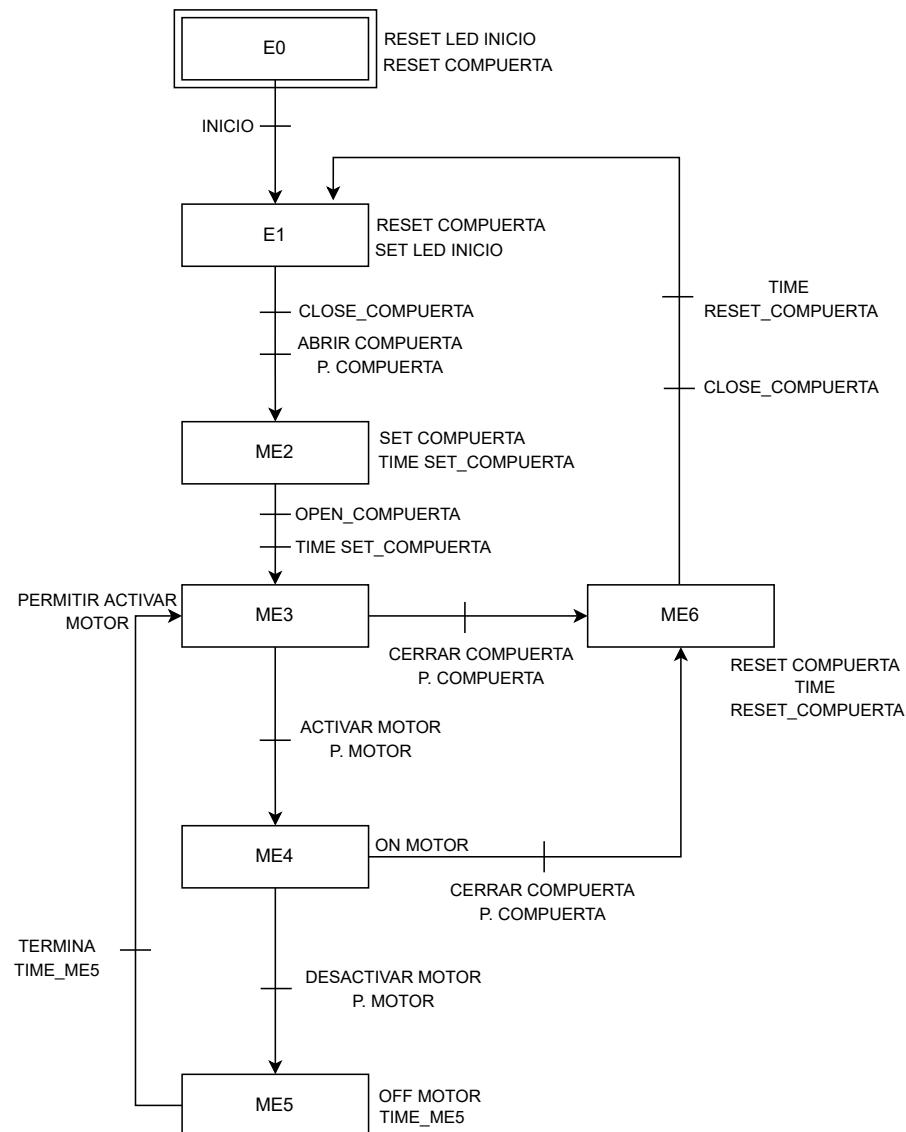
**Figura 5.6:** Implementación HMI de la actividad 2. **Fuente:** Elaboración propia

### 5.2.3. Actividad 3 – Variador de Frecuencia (VFD)

El software a implementar para la resolución de dicha actividad esta representada en la figura 5.7. Como se podrá notar la actividad 2 y 3 son parecidas con la diferencia que se agrega un motor lo cual implica dos estados mas (ME4 y ME5) para el buen funcionamiento.

Es importante mencionar que el motor solo tiene que trabajar si la compuerta se encuentra abierta.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



**OBS.:**

- Cuando se activa el pulsador "P. EMERGENCIA" , E0 se pone en estado set y los demás estados en reset.
- Cuando se selecciona PARADA , E1 se pone en set y los demás estados a excepción de E0 se ponen en reset.

**Figura 5.7:** Diagrama lógico de la actividad 3. **Fuente:** Elaboración propia

En la implementación del HMI se puede seleccionar la frecuencia de trabajo del motor y luego elegir MARCHA para dar aviso de que la interfaz se encuentra listo para el funcionamiento o en el caso de que se desee modificar los parámetros se selecciona "PARADA".

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---



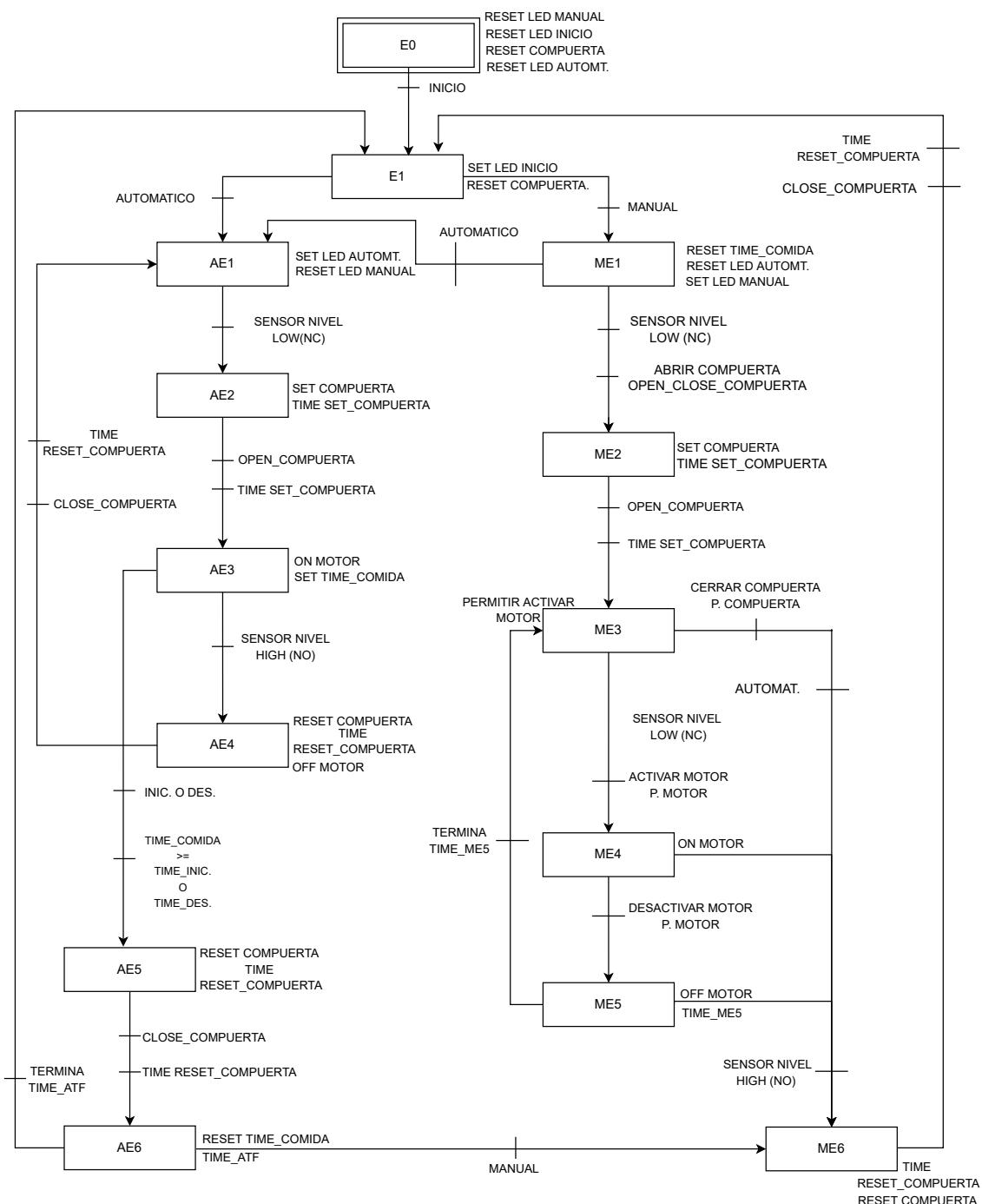
**Figura 5.8:** Implementación HMI de la actividad 3. **Fuente:** Elaboración propia

#### **5.2.4. Actividad 4 – Ejercicio de desafío: Producción de engorde intensivo de cerdo**

La actividad 4 es el funcionamiento general del sistema de engorde intensivo lo cual el programa se divide en dos partes importantes que seria en modo manual y automático (ver figura 5.7).

El modo automático cuenta con 6 estados que va desde AE1 hasta AE6 y la lógica del modo manual es idéntico a la actividad 3.

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.



OBS.: -

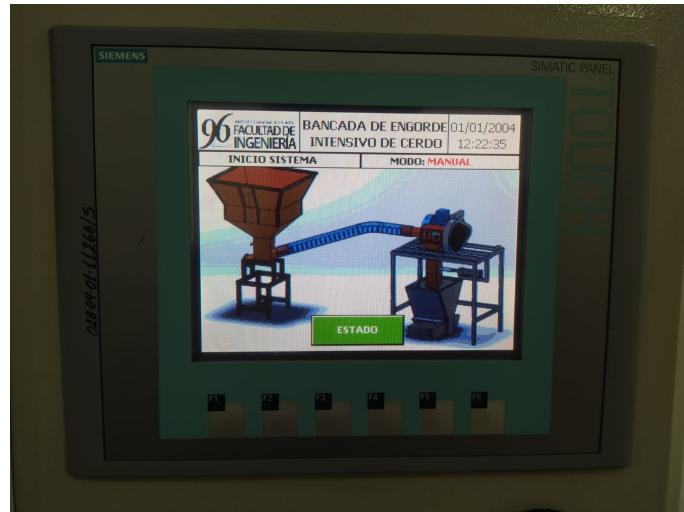
- Cuando se activa el pulsador "P. EMERGENCIA" , E0 se pone en estado set y los demás estados en reset.
  - Cuando se selecciona PARADA , E1 se pone en set y los demás estados a excepción de E0 se ponen en reset.

**Figura 5.9:** Diagrama lógico de la actividad 4. **Fuente:** Elaboración propia

Para el diseño de la interfaz de esta actividad se tiene cuatro plantillas que se visualizará dependiendo del modo automático o manual en que se encuentre.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

En la figura 5.10 se observa que el sistema se encuentra en modo manual, "INICIO SISTEMA" se pone en verde cuando el operador da inicio en el tablero de mando, al presionar el botón "ESTADO" se desplaza una nueva plantilla.



**Figura 5.10:** Implementación HMI - Estado manual. **Fuente:** Elaboración propia

En la figura 5.11 se visualiza el estado del motor, sensor de nivel, la electroválvula y los sensores capacitivo e inductivo. También se puede seleccionar la frecuencia de trabajo del motor que esta definido en 20 y 30 Hz.



**Figura 5.11:** Implementación HMI - Estado manual. **Fuente:** Elaboración propia

En la plantilla de figura 5.12 se puede ver que el sistema se encuentra en modo automático y que igual al modo manual cuenta con un botón estado, se

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

agrega un nuevo botón "PARAMETRO" que al presionar se dirige a una nueva ventana que consiste en poder configurar los parámetros necesarios para el funcionamiento en modo automático.



**Figura 5.12:** Implementación HMI - Modo automático. **Fuente:** Elaboración propia

Para el funcionamiento en modo automático es necesario configurar los parámetros que se observan en la figura 5.15. Se detallan cada uno de ellas en los siguientes ítems.

- La opción de la etapa en que se encuentra el ganado porcino (iniciador o desarrollo) define la frecuencia de trabajo del motor, el caudal a transportar y la cantidad de balanceado que cada cerdo debe consumir por día.
- La cantidad de cerdo, necesario para poder calcular el total de balanceado a transportar.
- Cantidad de veces que se le proveerá el balanceado a los cerdos. Si la opción es "3", desde el momento en que se inicia el proceso se va a dividir en tres las 24 horas, es decir, se distribuirá el balanceado cada 6 horas.
- El último parámetro es el tiempo de espera entre comida, es útil para que el sistema sea dinámico. Para explicar mejor se supone que se le dará

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

de comer 3 veces al día y la etapa en la que se encuentra el ganado es desarrollo (1.5 Kg/dia), entonces, la cantidad de comida a transportar en 24hs esta dada por la fórmula:

$$PD = CC \times etapa \quad (5.1)$$

Donde:

*CC* : Cantidad de cerdo en el establo

*etapa* : Etapa en la que se encuentra el ganado

*PD[Kg]* : Cantidad de granos a trasportar

El tiempo total que tiene que transportar PD es

$$RTD = \frac{PD}{Q} \quad (5.2)$$

Donde:

*Q[ $\frac{Kg}{min}$ ]* : El flujo másico que transporta el tornillo de acuerdo a la frecuencia de trabajo del motor

*RTD[min]* tiempo necesario para transportar PD balanceado.

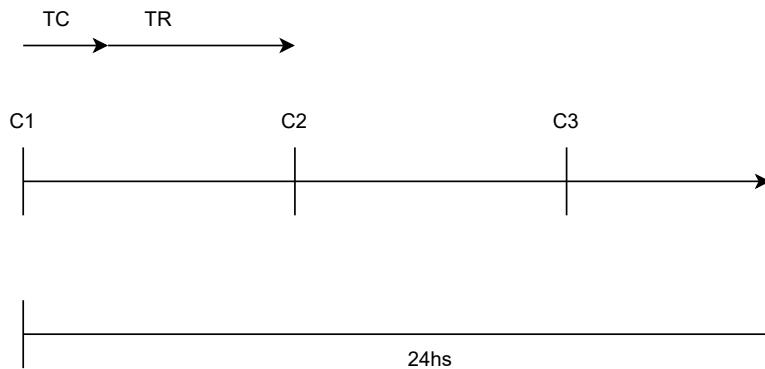
Entonces, el tiempo total que va a trabajar el motor en un ciclo esta dada por la siguiente ecuación.

$$TC = \frac{RTD}{VECES} \quad (5.3)$$

Donde:

*VECES* : La cantidad de veces que se le suministrara balanceado en el caso de que haga falta.

En la figura 5.13 se tiene la representación de la linea de tiempo de trabajo en una implementación para una granja.



**Figura 5.13:** Representación del tiempo de trabajo del sistema.

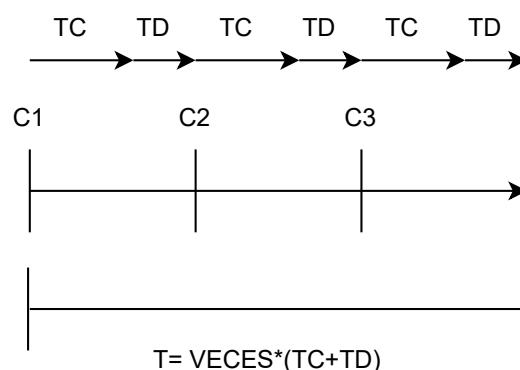
**Fuente:** Elaboración propia

Donde:

$TC$  : Tiempo de trabajo del motor para cumplir el ciclo.

$TR$  : Tiempo que falta para repetir el siguiente ciclo.

Pero si nos damos cuenta el tiempo TR podría darse en un rango de horas para que se vuelva a transportar el balanceado en el siguiente ciclo y esto no sería tan dinámico para una implementación de bancada de pruebas, es por esto que se agrega el parámetro "Tiempo de espera entre comida" donde en la figura 5.14 el valor es TD.



**Figura 5.14:** Representación del tiempo de trabajo de la bancada.

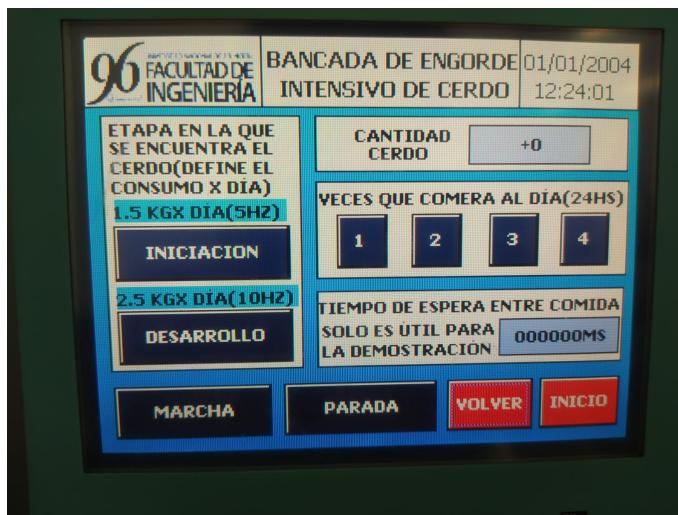
**Fuente:** Elaboración propia

Donde:

$TC$  : Tiempo de trabajo del motor para cumplir el ciclo.

$TD$  : Tiempo que falta para repetir el siguiente ciclo pero un tiempo que se carga en la interfaz de parámetros del modo automático para que sea mas dinámico y poder visualizar el siguiente ciclo.

En la plantilla de la figura 5.16 del modo automático el valor TIME\_ATF\_ET es la representación en tiempo real del valor TD que se mencionó anteriormente.



**Figura 5.15:** Implementación HMI - Parámetros automático. **Fuente:** Elaboración propia

En la figura 5.16 se observa el estado del sistema en modo automático, a la derecha al igual que en modo manual se puede visualizar el estado de cada componente y en la sección de la mano izquierda ve lo siguiente:

- TIME\_INICIADOR: se observa el tiempo en milisegundo que tardara en transportar la cantidad total de balanceado, y esa cantidad total se muestra abajo en unidades de kilogramos.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

- TIME\_COMIDA\_ET: se observa el tiempo y la cantidad aproximada de balanceados que se está transportando.
- TIME\_ATF\_ET: se visualiza el tiempo  $TD$  para repetir el siguiente ciclo, como se mencionó anteriormente.



**Figura 5.16:** Implementación HMI - Estado automático. **Fuente:** Elaboración propia

## CAPÍTULO 6

### CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

#### 6.1. Conclusiones

La bancada de pruebas del presente trabajo, en el cual se aplicó la automatización del sistema de transporte de alimentos porcinos para engorde intensivo que permitirá al Laboratorio de Automatización y Robótica de la Facultad de Ingeniería el desarrollo de prácticas de automatización a nivel industrial.

El diseño e implementación del tornillo sinfín flexible empleado en el proyecto es ideal para el transporte de pellets, el cual es utilizado para el engorde intensivo de cerdos confinados y al ser totalmente confinados son aplicables para longitudes extensas en una producción a gran escala.

Se desarrollaron pruebas experimentales en donde se obtuvo un caudal de 27,062 kg/min en la potencia máxima del motor (50 Hz) que se aproximan satisfactoriamente al valor teórico de 22 kg/min.

Cabe destacar que se realizó una guía que contiene cinco actividades que estarán disponibles en el laboratorio para realizar prácticas con la bancada de prueba implementada. Dichas actividades consisten primeramente en utilizar los módulos de PLC junto con la bancada de pruebas llevando a cabo prácticas de entrada y salida digital para luego aumentar la dificultad de las actividades añadiendo componentes que se encuentran en el ámbito industrial que serían los pulsadores, selectores, variador de frecuencia, motor trifásico y actuadores, así también se cuenta con una práctica donde se debe aplicar conceptos de

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

redes industriales con módulos de periferias descentralizadas.

Se puso en práctica dichas actividades con alumnos del último semestre de la carrera de Ing. Mecatrónica, en las primeras pruebas se dieron algunos inconvenientes en la comprensión del enunciado, luego de haber corregido se volvió a poner a prueba con otros alumnos teniendo un resultado exitoso.

## 6.2. Recomendaciones

Concluido este Trabajo Final de Grado, podemos mencionar algunas recomendaciones para una futura aplicación del proyecto de la bancada de pruebas.

Se recomienda colocar un sistema de pesaje para tener un control exacto de la cantidad de alimentos que se tiene en los comederos de cada rancho.

Se recomienda realizar un sistema SCADA junto con la cantidad de días de confinamiento y que estas estén relacionadas a la receta del balanceado.

Así también, se recomienda controlar el variador de frecuencia por medio del sistema analógico y que esté relacionado al caudal del balanceado. La mejora del caudal y la cantidad de producto a transportar se puede realizar con el control de giro del motor.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

**BIBLIOGRAFÍA**

- [1] M. A. G. D. Rodríguez, Leiva A, “Evaluación de parámetros productivos en canales porcinas,” *Universidad Nacional de Asunción - Facultad de Ciencias Veterinarias - Departamento de Ciencias Morfológicas - San Lorenzo - Paraguay*, 1021.
- [2] H. A. S. Bastidas, “Efecto de la ingestión de residuos pos cosecha de theobroma cacao l. sobre el comportamiento productivo de cerdos en la fase de engorde,” Trabajo Final de Grado, Facultad de Ciencias Agropecuarias, 2016.
- [3] G. G. G. A. García Contreras, Loera Ortega, “Alimentación práctica del cerdo,” *Revista Iberoamericana de Automática e Informática industrial Complutense de Ciencias Veterinarias*, 2012.
- [4] L. M. Báez Connolly, “Manual de cría y manejo de técnico de ganado criollo porcino en condiciones de trópico húmedo el rama- raccs, nicaragua.” Trabajo Final de Grado, Facultad de Ciencias Animal, 2017.
- [5] J. L. F. Y. I. Agrónomo, “La alimentación de los cerdos,” *Revista Hojas Divulgadora del Ministerio de Agricultura, Pesca y alimentación*, 1969.
- [6] E. Borja, P. Medel, y N. UVESA, “Avances en la alimentaciÓn del porcino: I. lechones y cerdos de engorde-iii. reproductoras,” *PG a, Rebollar C, de Blas, GG Mateos, editor. XIV Curso de especialización FEDNA: Avances en nutrición y alimentación animal. Madrid (España)*, pp. 261–312, 1998.
- [7] Como almacenar los alimentos para cerdos. [En línea]. Disponible: <https://bmeditores.mx/porcicultura/como-almacenar-los-alimentos-para-cerdos/> [Fecha de consulta: Julio 2022]

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

- [8] Alimentación y sanitación de aves y cerdos. [En línea]. Disponible: [https://www.jircas.go.jp/sites/default/files/publication/green/green44-19\\_1-14.pdf](https://www.jircas.go.jp/sites/default/files/publication/green/green44-19_1-14.pdf) [Fecha de consulta: marzo 2005]
- [9] J. L. L. C. MIGUEL ANGEL CARRIÓN MIRANDA, "Diseño e implementación de un banco de prueba dinámico – didáctico con lazos de control de presión y peso para el laboratorio de automatización de la ups-g." Trabajo Final de Grado, FACULTAD DE INGENIERÍAS , UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALSIANA, 2017.
- [10] IQS Directory - industrial quick search. [En línea]. Disponible: <https://www.iqsdirectory.com/articles/screw-conveyors.html> [Fecha de consulta: Julio 2022]
- [11] Direct Industry - Expo Virtual Group. [En línea]. Disponible: <https://www.directindustry.es/prod/wamgroup-spa/product-29492-1684845.html> [Fecha de consulta: Mayo 2022]
- [12] D. E. O. Orellana, "Estudio, puesta en marcha y proposición de ensayos para un transportador de tornillo de laboratorio," Trabajo Final de Grado, Facultad de Ingeniería, 2018.
- [13] Bega Helicoidales. [En línea]. Disponible: [www.begahelicoidales.com](http://www.begahelicoidales.com) [Fecha de consulta: Agosto 2022]
- [14] Martin Sprocket - Gear - manejo de materiales a granel. [En línea]. Disponible: <https://es.martinsprocket.com/documents/catalogs/Material%20Handling> [Fecha de consulta: Septiembre 2022]
- [15] Sinfines Factory. [En línea]. Disponible: [www.sinfinesfactory.com](http://www.sinfinesfactory.com) [Fecha de consulta: Julio 2022]

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

- [16] CEMA (Conveyor Equipment Manufacture Association). [En línea]. Disponible: <https://www.conveyoreng.com/conveyor-design-manual/> [Fecha de consulta: Septiembre 2022]
- [17] DAGYEE Empresa de tecnología de diseño, investigación y desarrollo. [En línea]. Disponible: <https://www.wastewatermachinery.com/es/Transportador-de-tornillo-automatico-para-alimentos-para-animales-p.html> [Fecha de consulta: Agosto 2022]
- [18] Big Dutchman Iberica. [En línea]. Disponible: <https://avicultura.poultry.com/productos/big-dutchman-iberica/espirales-flex-vey> [Fecha de consulta: Noviembre 2022]
- [19] MIAL-Fabricante de maquinarias. [En línea]. Disponible: <https://www.mialtecnologia.com/es/transportador-de-tornillo-flexible-o-45-60-90-125/> [Fecha de consulta: Octubre 2022]
- [20] HAPMAN-Fabricante mundial de equipos de manejo de materiales a granel y sistemas completos de manejo de materiales. [En línea]. Disponible: <https://hapman.com/white-paper-how-to-get-the-most-out-of-your-flexible-screw-conveyor/> [Fecha de consulta: Octubre 2022]
- [21] SinfinesFas S.A- Empresa especializada en la producción de tubos y sifones. [En línea]. Disponible: <http://www.sinfinesfas.com.ar/index.php/soporte> [Fecha de consulta: Septiembre 2022]
- [22] HOG SLAT- Mayor contratista de construcción y fabricante de equipos de producción de cerdos en los EEUU. [En línea]. Disponible: <https://www.hogslat.com/grower-select-grow-flex-auger-feeding-fill-system> [Fecha de consulta: Septiembre 2022]

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

- [23] Spiroflow Systems, Inc. [En línea]. Disponible: <https://www.spiroflow.com/product/flexible-screw-conveyors/> [Fecha de consulta: Octubre 2022]
- [24] T. Baumeister y E. A. Avallone, *Marks Manual del Ingeniero Mecánico*, octava ed. Editorial McGRAW - HILL - México, 1984.
- [25] IQS Directory - industrial quick search. [En línea]. Disponible: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ES7214-1AG40-0XB0> [Fecha de consulta: Julio 2022]
- [26] IQS Directory - industrial quick search. [En línea]. Disponible: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6ES7223-1PL32-0XB0> [Fecha de consulta: Julio 2022]
- [27] IQS Directory - industrial quick search. [En línea]. Disponible: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/WW/Catalog/Product/6AV66470AD113AX0> [Fecha de consulta: Julio 2022]
- [28] IQS Directory - industrial quick search. [En línea]. Disponible: <http://inverteracdrives.com/1-1-flux-vector-variable-frequency-drive.html> [Fecha de consulta: Julio 2022]
- [29] IQS Directory - industrial quick search. [En línea]. Disponible: <https://filsa.es/en/producto/a-100-eng/> [Fecha de consulta: Julio 2022]
- [30] IQS Directory - industrial quick search. [En línea]. Disponible: <https://ar.microautomacion.com/es/catalog/valvulas-direccionales-serie-sb0/> [Fecha de consulta: Julio 2022]
- [31] W. L. Bagder y J. T. Banchero, *Introducción a la Ingeniería Química*, primera ed. McGRAW - HILL - México, 1970.
- [32] V. Shubin y C. Pedre, *Diseño de Maquinaria Industrial*, primera ed. Pueblo y Educación - Cuba, 1977.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

**Anexo A: Características de los materiales**

Material	Peso libras por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Serie de Componentes	Factor de Material Fm	Carga de Artesa
Ácido adipíco	45	A100-35	S	2	.5	30A
Ácido bórico, fino	55	B6-25T	H	3	.8	30A
Ácido hexanodioico (ver ácido adipíco)	—	—	—	—	—	—
Ácido oxálico (etano diácido) cristales	60	B6-35qS	L-S	1	1	30A
Ácido salíclico	29	B6-37u	H	3	.6	15
Ajonjoli, semilla	27-41	B6-26	H	2	.6	30A
Alfalfa	14-22	B6-45WY	H	2	.6	30A
Alfalfa (pellet)	41-43	C1/2-25	H	2	.5	45
Alfalfa, semilla	10-15	B6-15N	L-S-B	1	.4	45
Algarroba	48	B6-16N	L-S-B	1	.4	30B
Algodón, semilla pasta rolada	35-40	C1/2-45HW	L-S	1	.6	30A
Algodón, semilla pasta, seco	40	B6-35HW	L-S	1	.6	30A
Algodón, semilla prensada, pasta	40-45	C1/2-45HW	L-S	2	1	30A
Algodón, semilla prensada, trozos	40-45	D7-45HW	L-S	2	1	30A
Algodón, semilla seca, desfibraida	22-40	C1/2-25X	L-S	1	.6	45
Algodón, semilla seca, no desfibraida	18-25	C1/2-45XY	L-S	1	.9	30A
Algodón, semilla, cascarillas	12	B6-35Y	L-S	1	.9	30A
Algodón, semilla, en harina, extraída	35-40	B6-45HW	L-S	1	.5	30A
Algodón, semilla, en harina, torta	25-30	B6-45HW	L-S	3	.5	30A
Algodón, semilla, hojuelas	20-25	C1/2-35HWY	L-S	1	.8	30A
Almendra, quebrada	27-30	C1/2-35q	H	2	.9	30A
Almendra, entera con cáscara	28-30	C1/2-35q	H	2	.9	30A
Almidón	25-50	A40-15M	L-S-B	1	1	45
Alumbre, (sulfato de aluminio) fino	45-50	B6-35u	L-S-B	1	.6	30A
Alumbre, (sulfato de aluminio) terrón	50-60	B6-25	L-S	2	1.4	45
Alúmina	55-65	B6-27MY	H	3	1.8	15
Alúmina briquetada	65	D3-37	H	3	2	15
Alúmina, molida fina	35	A100-27MY	H	3	1.6	15
Aluminato (hidróxido de aluminio)	45	B6-35	H	2	1.7	30A
Aluminato de sodio, molido	72	B6-36	H	2	1	30B
Aluminio, viruta con aceite	7-15	E-45V	H	2	.8	30A
Aluminio, viruta seca	7-15	E-45V	H	2	1.2	30A
Antimonio en polvo	—	A100-35	H	2	1.6	30A
Arcilla (ver bentonita, tierra diatomaceas, arcilla)	—	—	—	—	—	—
Arcilla calcárea	80	DX-36	H	2	1.6	30B
Arcilla calcinada	80-100	B6-36	H	3	2.4	30B
Arcilla cerámica, seca, fina	60-80	A100-35P	L-S-B	1	1.5	30A
Arcilla para tabiques, seca, fina	100-120	C1/2-36	H	3	2	30B
Arcilla seca, en trozos	60-75	D3-35	H	2	1.8	30A
Arena de banco, húmeda	110-130	B6-47	H	3	2.8	15
Arena de banco, seca	90-110	B6-37	H	3	1.7	15
Arena de fundición, de desmoldeo	90-100	D3-37z	H	3	2.6	15
Arena de fundición, seca (ver arena)	—	—	—	—	—	—
Arena de sílica, seca	90-100	B6-27	H	3	2	15
Arena de zirconio (con recubr. de resina)	115	A100-27	H	3	2.3	15
Arena fosfórica	90-100	B6-37	H	3	2	15
Arena sílica (con recubrimiento de resina)	104	B6-27	H	3	2	15
Arroz en bruto	32-36	C1/2-35N	L-S-B	1	.6	30A
Arroz, cascarilla	20-21	B6-35NY	L-S-B	1	.4	30A
Arroz, con cáscara	45-49	C1/2-25P	L-S-B	1	.4	45
Arroz, entero y con cascarilla	20	B6-35NY	L-S-B	1	.4	30A
Arroz, molido a semolina	42-45	B6-35P	L-S-B	1	.4	45
Arroz, pulido	30	C1/2-15P	L-S-B	1	.4	45
Arsenato de plomo (ver arsenato de plomo)	72	A40-35R	L-S-B	1	1.4	30A

\*Consulte a Martín

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

Material	Peso libras por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Serie de Componentes	Factor de Material Fm	Carga de Artesa
Arsénico pulverizado	30	A100-25R	H	2	.8	45
Arsenita de Plomo	72	A40-35R	L-S-B	1	1.4	30A
Asbesto desfibrado	20-40	E-46XY	H	2	1	30B
Aserrín, Seco	10-13	B6-45uX	L-S-B	3	1.5	30A
Asfalto (de Utah)	37	C1/2-35	H	3	1.5	30A
Asfalto, Triturado - ½"	45	C1/2-45	H	2	2	30A
Avena 26	26	C1/2-25MN	L-S-B	1	.4	45
Avena, cáscarilla	8-12	B6-35NY	L-S-B	1	.5	30A
Avena, harina	35	A100-35	L-S-B	1	.5	30A
Avena, procesada	19-24	C1/2-35NY	L-S-B	1	.5	30A
Avena, rizada	19-26	C1/2-35	L-S-B	1	.5	30A
Avena, triturada	22	B6-45NY	L-S-B	1	.6	30A
Azafrán (ver Cártamo)	—	—	—	—	—	—
Azúcar de leche	32	A100-35PX	S	1	.6	30A
Azúcar de Remolacha, Pulpa Húmeda	25-45	C1/2-35X	L-S-B	1	1.2	30A
Azúcar de Remolacha, Pulpa Seca	12-15	C1/2-26	H	2	.9	30B
Azúcar, cruda, mascabado	55-65	B6-35PX	S	1	1.5	30A
Azúcar, en polvo	50-60	A100-35PX	S	1	.8	30A
Azúcar, refinada, granulada húmeda	55-65	C1/2-35X	S	1	1.4-2.0	30A
Azúcar, refinada, granulada seca	50-55	B6-35Pu	S	1	1.0-1.2	30A
Azufre, en polvo	50-60	A40-35MN	L-S	1	.6	30A
Azufre, en trozos - 3"	80-85	D3-35N	L-S	2	.8	30A
Azufre, triturado - ½"	50-60	C1/2-35N	L-S	1	.8	30A
Bagazo de caña	7-10	E-45RVXY	L-S-B	2	1.5	30A
Baqueflita, polvo fino	30-45	B6-25	L-S-B	1	1.4	45
Barita (Sulfato de Bario) + ½" - 3"	120-180	D3-36	H	3	2.6	30B
Barita en polvo	120-180	A100-35X	H	2	2	30A
Basalto	80-105	B6-27	H	3	1.8	15
Bauxita seca, molida	68	B6-25	H	2	1.8	45
Bauxita, triturada - 3"	75-85	D3-36	H	3	2.5	30B
Bentonita cruda	34-40	D3-45X	H	2	1.2	30A
Bentonita de Sodio (ver Bentonita)	—	—	—	—	—	—
Bentonita, malla 100	50-60	A100-25MXY	H	2	.7	45
Bicarbonato de Sodio	40-55	A100-25	S	1	.6	45
Borato de Calcio	60	A100-35	L-S-B	1	.6	45
Borato de Sodio (ver Bórax)	—	—	—	—	—	—
Bórax, cribado ½"	55-60	C1/2-35	H	2	1.5	30A
Bórax, en trozo 1½" a 2"	55-60	D3-35	H	2	1.8	30A
Bórax, en trozo 2" a 3"	60-70	D3-35	H	2	2	30A
Bórax, polvo fino	45-55	B6-25T	H	3	.7	30B
Boro	75	A100-37	H	2	1	30B
Cacahuate crudo, sin limpiar	15-20	D3-36q	H	3	.7	30B
Cacahuate sin cáscara	35-45	C1/2-35q	S	1	.4	30A
Cacahuate, harina	30	B6-35P	S	1	.6	30A
Cacahuate, limpio, con cáscara	15-20	D3-35q	L-S	2	.6	30A
Cacao en escamas	35	C1/2-25	H	2	.5	45
Cacao en polvo	30-35	A100-45XY	S	1	.9	30A
Cacao en semilla	30-45	C1/2-25q	L-S	1	.5	45
Café en polvo, soluble	19	A40-35PuY	S	1	.4	45
Café molido, húmedo	35-45	A40-45X	L-S	1	.6	30A
Café molido, seco	25	A40-35P	L-S	1	.6	30A
Café tostado en grano	20-30	C1/2-25Pq	S	1	.4	45
Café, cascarrilla	20	B6-25MY	L-S	1	1	45
Café, grano verde	25-32	C1/2-25Pq	L-S	1	.5	45
Cal hidratada	40	B6-35LM	H	2	.8	30A
Cal viva, molida	60-65	B6-35u	L-S-B	1	.6	30A

\*Consulte a Martín

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

Material	Peso libras por pie cúbico	Código de Material	Selección de Rodamiento Intermedio	Serie de Componentes	Factor de Material Fm	Carga de Artesa
Hule recuperado, molido	23-50	C1/2-45	L-S-B	1	0.8	30A
Hule peletizado (pellets)	50-55	D3-45	L-S-B	2	1.5	30A
Hulla (ver Carbon, Antracita)	—	—	—	—	—	—
Ilmenita, mineral	140-160	D3-37	H	3	2	15
Jabón Detergente	15-50	B6-35FO	L-S-B	1	0.8	30A
Jabón en escamas	5-15	B6-35QXY	L-S-B	1	0.6	30A
Jabón, hojuelas	15-25	C1/2-35Q	L-S-B	1	0.6	30A
Jabón, perlas o granulado	15-35	B6-35Q	L-S-B	1	0.6	30A
Jabón, polvo	20-25	B6-25X	L-S-B	1	0.9	45
Kafir (Maíz)	40-45	C1/2-25	H	3	0.5	45
Kryalith (ver Criolita)	—	—	—	—	—	—
Lactato de Calcio	26-29	D3-45QTR	L-S	2	0.6	30A
Lactosa	32	A40-35PU	S	1	0.6	30A
Ladrillo, molido 1/8"	100-120	B6-37	H	3	2.2	15
Leche, en polvo	20-45	B6-25PM	S	1	0.5	45
Leche, entera, en polvo	20-36	B6-35PUX	S	1	0.5	30A
Leche, malteada	27-30	A40-45PX	S	1	0.9	30A
Leche, seca, en hojuelas	5-6	B6-35PUY	S	1	0.4	30A
Lignito (ver Lignito de Carbón)	—	—	—	—	—	—
Limanita café, mineral	120	C1/2-47	H	3	1.7	15
Linaza (ver Lino)	—	—	—	—	—	—
Lindano (Hexacloro Benceno)	—	—	—	—	—	—
Lino, semilla	43-45	B6-35X	L-S-B	1	0.4	30A
Lino, semilla, harina	25-45	B6-45W	L-S	1	0.4	30A
Lino, semilla, torta	48-50	D7-45W	L-S	2	0.7	30A
Litargirio (Óxido de Plomo)	—	—	—	—	—	—
Lithopone	45-50	A325-35MR	L-S	1	1	30A
Lodos de drenaje secos	40-50	E-47TW	H	3	0.8	15
Lodos de drenaje, secos, molidos	45-55	B-48S	H	2	0.8	30B
Lúpulo, agotado, húmedo	50-55	D3-45V	L-S	2	1.5	30A
Lúpulo, agotado, Seco	35	D3-35	L-S-B	2	1	30A
Madera, Astilla Cribada	10-30	D3-45VY	L-S	2	0.6	30A
Madera, Harina	16-36	B6-35N	L-S	1	0.4	30A
Madera, Viruta	8-16	E-45VY	L-S	2	1.5	30A
Maíz, medio molido	40-45	B6-35P	L-S-B	1	0.5	30A
Maíz, germen	21	B6-35PY	L-S-B	1	0.4	30A
Maíz, grano*	56	E-35	L-S	—	2	30A
Maíz, harina	32-40	B6-35P	L-S	1	0.5	30A
Maíz, mazorca, entera*	12-15	E-35	L-S	—	2	30A
Maíz (olote, molido)	17	C1/2-25Y	L-S-B	1	0.6	45
Maíz en semilla, quebrado	40-50	B6-25P	L-S-B	1	0.7	45
Maíz Machacado, Seco	35-50	C1/2-25	L-S-B	1	0.4	45
Maíz, aceite de, pasta	25	D7-45HW	L-S	1	0.6	30A
Maíz, azúcar de	30-35	B6-35PU	S	1	1	30A
Maíz, cáscara	45	C1/2-25	L-S-B	1	0.4	45
Maíz, semilla	45	C1/2-25PQ	L-S-B	1	0.4	45
Maize (ver Kafir)	—	—	—	—	—	—
Malta en harina	36-40	B6-25P	L-S-B	1	0.4	45
Malta, retoños de	13-15	C1/2-35P	L-S-B	1	0.4	30A
Malta, Seca, entera	20-30	C1/2-35N	L-S-B	1	0.5	30A
Malta, Seca, molida	20-30	B6-35NP	L-S-B	1	0.5	30A
Manganoso, Mineral	125-140	DX-37	H	3	2	15
Manganoso, Óxido de	120	A100-36	H	2	2	30B
Margarina	59	E-45HHPWX	L-S	2	0.4	30A
Mármol, triturado	80-95	B6-37	H	3	2	15
Mica, en escamas	17-22	B6-16MY	H	2	1	30B

\*Consulte a Martín

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

**Anexo B: Capacidades de los transportadores helicoidales**

Carga de Artesa	Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Capacidad Pies Cúbicos por Mora (Paso Completo)		Máx. RPM
		A 1 RPM	A Máx. RPM	
45%	4	0.62	114	184
	6	2.23	368	165
	9	8.20	1270	155
	10	11.40	1710	150
	12	19.40	2820	145
	14	31.20	4370	140
	16	46.70	6060	130
	18	67.60	8120	120
	20	93.70	10300	110
	24	164.00	16400	100
30% A	30	323.00	29070	90
	36	553.20	4142	75
	4	0.41	53	130
	6	1.49	180	120
	9	5.45	545	100
	10	7.57	720	95
	12	12.90	1160	90
	14	20.80	1770	85
	16	31.20	2500	80
	18	45.00	3380	75
30% B	20	62.80	4370	70
	24	109.00	7100	65
	30	216.00	12960	60
	36	368.80	18400	50
	4	0.41	29	72
	6	1.49	90	60
	9	5.45	300	55
	10	7.60	418	55
	12	12.90	645	50
	14	20.80	1040	50
15%	16	31.20	1400	45
	18	45.00	2025	45
	20	62.80	2500	40
	24	109.00	4360	40
	30	216.00	7560	35
	36	368.80	11064	30

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

**Anexo C: Tablas requeridas para los cálculos de potencia en  
transportadores helicoidales**

**Tabla 1-12**

Factor del Diámetro del Transportador, $F_d$	
Diámetro del Helicoidal (Pulgadas)	Factor $F_d$
4	12.0
6	18.0
9	31.0
10	37.0
12	55.0
14	78.0
16	106.0
18	135.0
20	165.0
24	235.0
30	365.0
36	540.0

**Tabla 1-13**

Factor del Buje para Colgante		
Tipo de Buje		Factor del Buje para Colgante $F_b$
B	Rodamiento de Bolas	1.0
L	<i>Martin</i> Bronce	
S	* Bronce Grafitado * Bronce, Impregnado en Aceite * Madera, Impregnado en Aceite * Nylatron * Nylon * Teflón * UHMW * Melamine (MCB) * Ertalyte® Quadrant * Uretano	2.0
H	* <i>Martin</i> Hierro Endurecido* * Superficie Endurecida * Stellite * Cerámico * Aleación de Hierro Blanco	3.4 4.4

\* Bujes no lubricados o bujes sin lubricación adicional.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

**Tabla 1-14**

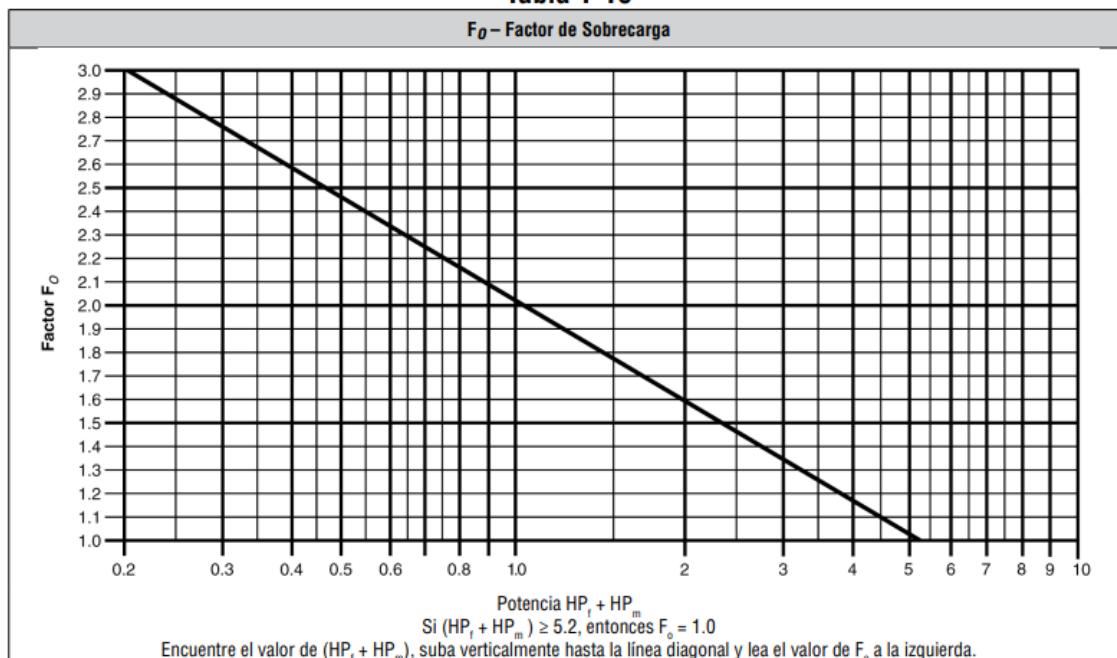
Tipo de Helicoidal	Factor $F_f$			
	F <sub>f</sub> /Factor por porcentaje de carga de transportador			
	15%	30%	45%	95%
Estándar	1.0	1.0	1.0	1.0
Helicoidal con Corte	1.10	1.15	1.20	1.3
Con Corte y Doblez	N.R.*	1.50	1.70	2.20
Helicoidal de Listón	1.05	1.14	1.20	—

\*No recomendada

**Tabla 1-15**

Número de Paletas por Paso	Factor de Paleta F <sub>p</sub>				
	0	1	2	3	4
Factor de Paleta – F <sub>p</sub>	1.0	1.29	1.58	1.87	2.16

**Tabla 1-16**



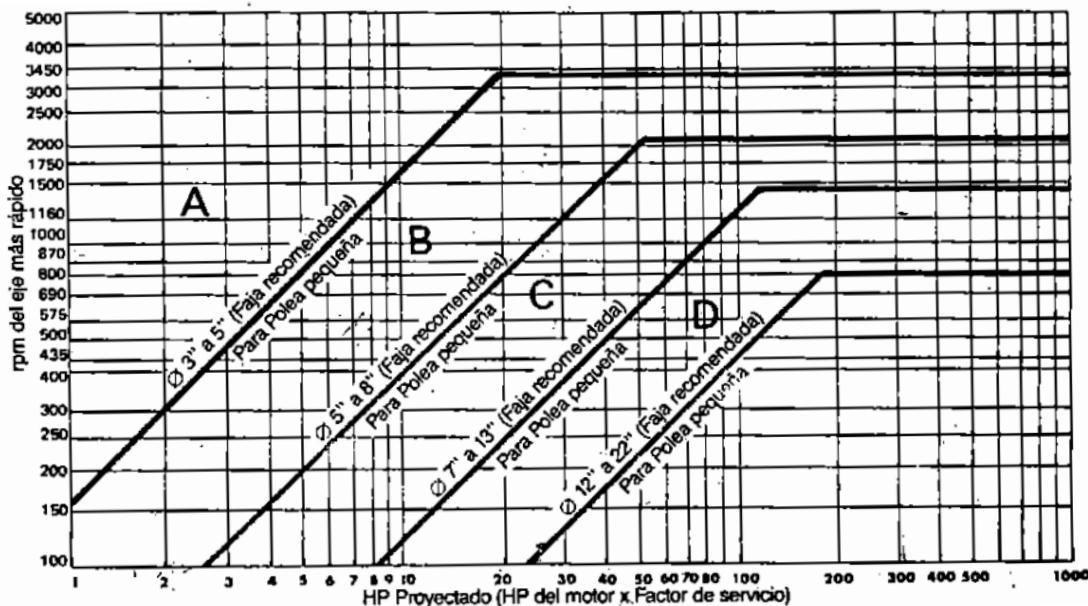
**Tabla 1-17**

Factor de Eficiencia (e) de las Transmisiones				
Transmisión para Transportador Helicoidal o Montado en Eje con Transmisión de Bandas en "V"	Reductor de Engranes Helicoidales con Transmisión de Bandas en V y Cople	Motorreductor con Cople	Motorreductor con Transmisión de Cadena	Corona Sinfín
.88	.87	.95	.87	Consulte a <i>Máx</i>

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

**Anexo D: Tablas requeridas para cálculos de poleas y correas**

**Anexo D.1: Determinación del perfil de la correa**



**Anexo D.2: Diámetro primitivo mínimo recomendado para poleas acopladas a motores eléctricos**

Potencia del motor	RPM DEL MOTOR											
	600/575		720/695		900/870		1200/1160		1800/1750		3600/3450	
	HP	kW	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm	pul	mm
0,50	0,38	2,50	64	2,50	64	2,50	64	2,25	57			
0,75	0,56	3,00	76	2,50	64	2,50	64	2,50	64	2,25	57	
1,00	0,75	3,00	76	3,00	76	2,50	64	2,50	64	2,50	64	
1,50	1,13	3,00	76	3,00	76	3,00	76	2,50	64	2,50	64	
2,00	1,50	3,75	95	3,00	76	3,00	76	2,50	64	2,50	64	
3,00	2,25	4,50	114	3,75	95	3,00	76	3,00	76	2,50	64	
5,00	3,75	4,50	114	4,50	114	3,75	95	3,00	76	3,00	76	
7,50	5,63	5,25	133	4,50	114	4,50	114	3,75	95	3,00	76	
10,00	7,50	6,00	152	5,25	133	4,50	114	4,50	114	3,75	95	
15,00	11,25	6,75	171	6,00	152	5,25	133	4,50	114	4,50	114	
20,00	15,00	8,25	210	6,75	171	6,00	152	5,25	133	4,50	114	
25,00	18,75	9,00	229	8,25	210	6,75	171	6,00	152	4,50	114	
30,00	22,50	10,00	254	9,00	229	6,75	171	6,75	171	5,25	133	
40,00	30,00	10,00	254	10,00	254	8,25	210	6,75	171	6,00	152	
50,00	37,50	11,00	279	10,00	254	9,00	229	8,25	210	6,57	171	
60,00	45,00	12,00	305	11,00	279	10,00	254	9,00	229	7,50	191	
75,00	56,25	14,00	356	13,00	330	10,00	254	10,00	254	9,00	229	
100,00	75,00	18,00	457	15,00	381	13,00	330	13,00	330	10,00	254	
125,00	93,75	20,00	508	18,00	457	15,00	381	13,00	330	11,00	279	
150,00	112,50	22,00	559	20,00	508	18,00	457	13,00	330			
200,00	150,00	22,00	559	22,00	559	22,00	559	22,00	559			
250,00	187,50	22,00	559	22,00	559							
300,00	225,00	27,00	686	27,00	686							

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

**Anexo D.3: Designación y largos primitivos**

SECCIÓN A			SECCIÓN B			SECCIÓN C			SECCIÓN D		
Dimensiones Nominales Ancho Superior: 1/2" - 13 mm Espesor: 5/16" - 8 mm Ángulo: 40° ± 1°			Dimensiones Nominales Ancho Superior: 21/32" - 17 mm Espesor: 13/32" - 11 mm Ángulo: 40° ± 1°			Dimensiones Nominales Ancho Superior: 7/8" - 22 mm Espesor: 17/32" - 14 mm Ángulo: 40° ± 1°			Dimensiones Nominales Ancho Superior: 1 1/4" - 32 mm Espesor: 3/4" - 19 mm Ángulo: 40° ± 1°		
Largo Tamaño Externo (pul)	Largo Tamaño Externo (pul)	Largo Tamaño Externo (pul)	Largo Tamaño Externo (pul)	Largo Tamaño Externo (pul)	Largo Tamaño Externo (pul)	Largo Tamaño Externo (pul)	Largo Tamaño Externo (pul)	Largo Tamaño Externo (pul)	Largo Tamaño Externo (pul)	Largo Tamaño Externo (pul)	
A - 22	24,0	61	63,0	B - 26	29,0	78	81,0	C - 47	51,0	D - 120	125,0
23	25,0	62	64,0	27	30,0	80	83,0	50	54,0	111	115,0
24	26,0	63	65,0	30	33,0	81	84,0	51	55,0	112	116,0
25	27,0	64	66,0	32	35,0	83	86,0	53	57,0	119	123,0
26	28,0	65	67,0	34	37,0	84	87,0	54	58,0	120	124,0
27	29,0	66	68,0	35	38,0	85	88,0	55	59,0	128	132,0
28	30,0	67	69,0	36	39,0	88	91,0	56	60,0	131	135,0
29	31,0	68	70,0	37	40,0	89	92,0	57	61,0	136	140,0
30	32,0	69	71,0	38	41,0	90	93,0	59	63,0	138	142,0
31	33,0	70	72,0	39	42,0	92	95,0	60	64,0	140	144,0
32	34,0	71	73,0	40	43,0	93	96,0	62	66,0	143	147,0
33	35,0	74	76,0	41	44,0	95	98,0	63	67,0	144	148,0
34	36,0	75	77,0	42	45,0	96	99,0	64	68,0	147	151,0
35	37,0	78	80,0	43	46,0	97	100,0	67	71,0	148	152,0
36	38,0	79	81,0	44	47,0	100	103,0	68	72,0	149	153,0
37	39,0	80	82,0	45	48,0	103	106,0	70	74,0	151	155,0
38	40,0	82	84,0	46	49,0	105	108,0	71	75,0	156	160,0
39	41,0	84	86,0	47	50,0	111	114,0	72	76,0	158	162,0
40	42,0	85	87,0	48	51,0	112	115,0	73	77,0	160	164,0
41	43,0	89	91,0	49	52,0	119	122,0	74	78,0	161	165,0
42	44,0	90	92,0	50	53,0	120	123,0	75	79,0	162	166,0
43	45,0	92	94,0	51	54,0	123	126,0	76	80,0	163	167,0
44	46,0	95	97,0	52	55,0	124	127,0	77	81,0	166	170,0
45	47,0	96	98,0	53	56,0	126	129,0	78	82,0	169	173,0
46	48,0	104	106,0	54	57,0	128	131,0	79	83,0	170	174,0
47	49,0	105	107,0	55	58,0	130	133,0	80	84,0	172	176,0
48	50,0	111	113,0	56	59,0	131	134,0	81	85,0	173	177,0
49	51,0	112	114,0	57	60,0	136	139,0	82	86,0	180	184,0
50	52,0	119	121,0	58	61,0	138	141,0	84	88,0	195	199,0
51	53,0	120	122,0	59	62,0	144	147,0	85	89,0	210	214,0
52	54,0	126	128,0	60	63,0	158	161,0	88	92,0	225	227,0
53	55,0	128	130,0	62	65,0	162	165,0	89	93,0	240	242,0
54	56,0	136	138,0	63	66,0	173	176,0	90	94,0	255	257,0
55	57,0	144	146,0	64	67,0	174	177,0	91	95,0	270	272,0
56	58,0	158	160,0	65	68,0	178	181,0	95	99,0	300	302,0
57	59,0	162	164,0	67	70,0	180	183,0	96	100,0	315	317,0
58	60,0	173	175,0	68	71,0	195	198,0	97	101,0	330	332,0
59	61,0	180	182,0	70	73,0	210	213,0	98	102,0	360	362,0
60	62,0			71	74,0	225	226,5	99	103,0	390	392,0
				72	75,0	240	241,5	100	104,0	420	422,0
				73	76,0	249	250,5	104	108,0		
				74	77,0	270	271,5				
				75	78,0	300	301,5				
				76	79,0	330	331,5				
				77	80,0	360	361,5				

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

**Anexo D.4: Factor de corrección del arco de contacto  $F_{Ac}$**

$\frac{D_p - d_p}{C}$	Arco de Contacto en Grados Ac	Factor de corrección $F_{Ac}$	
		VV	V-Plana
0.00	180	1.00	0.75
0.10	174	0.99	0.76
0.20	169	0.97	0.78
0.30	163	0.96	0.79
0.40	157	0.94	0.80
0.50	151	0.93	0.81
0.60	145	0.91	0.83
0.70	139	0.89	0.84
0.80	133	0.87	0.85
0.90	127	0.85	0.86
1.00	120	0.82	0.82
1.10	113	0.80	0.80
1.20	106	0.77	0.77
1.30	99	0.73	0.73
1.40	91	0.70	0.70
1.50	83	0.65	0.65

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

**Anexo D.5: Factor de corrección del largo  $F_{Lp}$**

Desig-nación del tamaño	Perfil/Factor de corrección $F_{Lp}$				
	A	B	C	D	E
26	0.78				
31	0.82				
35	0.85	0.80			
38	0.87	0.82			
42	0.89	0.84			
46	0.91	0.86			
51	0.93	0.88	0.80		
55	0.95	0.89			
60	0.97	0.91	0.83		
68	1.00	0.94	0.85		
75	1.02	0.96	0.87		
80	1.04				
81		0.98	0.89		
85	1.05	0.99	0.90		
90	1.07	1.00	0.91		
96	1.08		0.92		
97		1.02			
105	1.10	1.03	0.94		
112	1.12	1.05	0.95		
120	1.13	1.06	0.96	0.86	
128	1.15	1.08	0.98	0.89	
144		1.10	1.00	0.91	
158		1.12	1.02	0.93	
173		1.14	1.04	0.94	
180		1.15	1.05	0.95	0.92
195		1.17	1.06	0.96	0.93
210		1.18	1.07	0.98	0.95
240		1.22	1.10	1.00	0.97
270		1.24	1.13	1.02	0.99
300		1.27	1.15	1.04	1.01
330			1.17	1.06	1.03
360			1.18	1.07	1.04
390			1.20	1.09	1.06
420			1.21	1.10	1.07
480				1.13	1.09
540				1.15	1.11
600				1.17	1.13
660				1.18	1.15

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

**Anexo D.6.1: HP Básico por correa**

RPM del eje más rápido	HP BÁSICO POR CORREA PARA DIÁMETROS NOMINALES DE LAS POLEAS MENORES													
	2 50	2 80	3 00	3 20	3 40	3 60	3 80	4 00	4 20	4 40	4 60	4 80	5 00	
575	0.46	0.55	0.63	0.72	0.80	0.88	0.97	1.05	1.13	1.21	1.29	1.37	1.45	
690	0.46	0.63	0.73	0.83	0.93	1.02	1.12	1.22	1.32	1.41	1.51	1.60	1.70	
725	0.55	0.65	0.76	0.96	0.96	1.07	1.17	1.27	1.37	1.47	1.57	1.67	1.77	
870	0.63	0.75	0.87	0.99	1.12	1.24	1.36	1.47	1.59	1.71	1.82	1.94	2.06	
950	0.67	0.08	0.93	1.07	1.20	1.33	1.45	1.58	1.71	1.84	1.96	2.09	2.21	
1160	0.77	0.93	1.08	1.24	1.40	1.55	1.70	1.86	2.01	2.16	2.30	2.45	2.60	
1425	0.88	1.07	1.26	1.45	1.63	1.82	2.00	2.18	2.36	2.53	2.71	2.88	3.05	
1750	1.01	1.23	1.46	1.68	1.90	2.11	2.33	2.54	2.75	2.96	3.16	3.36	3.56	
2850	1.31	1.64	1.97	2.29	2.60	2.91	3.21	3.50	3.78	4.06	4.33	4.59	4.84	
3450	1.40	1.78	2.15	2.51	2.86	3.20	3.52	3.84	4.14	4.43	4.71	4.97	5.22	
30	0.20	0.23	0.27	0.30	0.33	0.36	0.40	0.43	0.46	0.49	0.52	0.55	0.59	
400	0.35	0.41	0.47	0.53	0.59	0.65	0.71	0.77	0.83	0.89	0.95	1.01	1.07	
600	0.43	0.56	0.65	0.74	0.83	0.91	1.00	1.09	1.17	1.26	1.34	1.42	1.51	
800	0.59	0.70	0.82	0.93	1.04	1.16	1.27	1.38	1.49	1.59	1.70	1.81	1.92	
1000	0.69	0.83	0.97	1.11	1.24	1.38	1.52	1.65	1.78	1.91	2.04	2.17	2.30	
1200	0.78	0.95	1.11	1.27	1.43	1.59	1.75	1.91	2.06	2.21	2.37	2.52	2.67	
1400	0.87	1.06	1.25	1.43	1.61	1.79	1.97	2.15	2.32	2.50	2.67	2.84	3.01	
1600	0.95	1.16	1.37	1.58	1.78	1.98	2.18	2.38	2.57	2.77	2.96	3.14	3.33	
1800	1.02	1.26	1.49	1.71	1.94	2.16	2.38	2.59	2.81	3.02	3.22	3.43	3.63	
2000	1.09	1.34	1.69	1.84	2.08	2.32	2.56	2.79	3.02	3.25	3.47	3.69	3.91	
2200	1.15	1.42	1.69	1.96	2.22	2.48	2.73	2.98	3.23	3.47	3.71	3.94	4.17	
2400	1.21	1.50	1.79	2.07	2.35	2.62	2.89	3.16	3.42	3.67	3.92	4.16	4.40	
2600	1.25	1.57	1.87	2.17	2.47	2.76	3.04	3.32	3.59	3.86	4.12	4.37	4.61	
2800	1.30	1.63	1.95	2.27	2.58	2.88	3.18	3.47	3.75	4.02	4.29	4.55	4.80	
3000	1.34	1.68	2.02	2.35	2.68	2.99	3.30	3.60	3.89	4.17	4.44	4.71	4.96	
3200	1.37	1.73	2.08	2.43	2.76	3.09	3.41	3.71	4.01	4.30	4.57	4.84	5.09	
3400	1.40	1.77	2.14	2.50	2.84	3.18	3.50	3.82	4.12	4.41	4.68	4.95	5.20	
3600	1.42	1.81	2.19	2.55	2.91	3.25	3.58	3.90	4.20	4.49	4.77	5.03	5.28	
3800	1.43	1.83	2.23	2.60	2.97	3.32	3.65	3.97	4.27	4.56	4.83	5.09	5.32	
4000	1.44	1.86	2.26	2.64	3.01	3.36	3.70	4.02	4.32	4.60	4.87	5.11	5.34	
4200	1.44	1.87	2.28	2.67	3.04	3.40	3.74	4.05	4.35	4.63	4.88	5.11	5.32	
4400	1.44	1.88	2.29	2.69	3.07	3.42	3.76	4.07	4.36	4.62	4.86	5.08	5.26	
4600	1.43	1.87	2.30	2.70	3.07	3.43	3.78	4.06	4.34	4.59	4.82	5.01	5.18	
4800	1.42	1.86	2.29	2.69	3.07	3.42	3.74	4.04	4.30	4.54	4.74	4.91		
5000	1.39	1.85	2.28	2.68	3.05	3.40	3.71	3.99	4.24	4.46	4.64			
5200	1.36	1.82	2.25	2.65	3.02	3.36	3.66	3.93	4.16	4.35				
5400	1.33	1.79	2.22	2.62	2.98	3.30	3.59	3.84	4.05					
5600	1.29	1.75	2.17	2.57	2.92	3.23	3.50	3.73						
5800	1.24	1.70	2.12	2.50	2.84	3.14	3.39	3.60						
6000	1.18	1.64	2.06	2.43	2.76	3.04	3.26							
6200	1.11	1.57	1.98	2.34	2.65	2.91								
6400	1.04	1.49	1.89	2.24	2.53	2.77								
6600	0.96	1.40	1.79	2.12	2.40									
6800	0.87	1.31	1.68	1.99	2.24									
7000	0.78	1.20	1.56	1.85										

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

**Anexo D.6.2: HP Adicional por correa**

RPM del eje más rápido	HP ADICIONAL POR CORREA PARA LA RELACIÓN DE VELOCIDAD R <sub>1</sub> /R <sub>2</sub>									
	1.00	1.02	1.05	1.08	1.11	1.15	1.21	1.28	1.40	1.65
	a	a	a	a	a	a	a	a	a	y
	1.01	1.04	1.07	1.10	1.14	1.20	1.27	1.39	1.64	arriba
575	0.00	0.01	0.02	0.03	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
690	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.09
725	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09	0.10
870	0.00	0.01	0.03	0.04	0.05	0.06	0.08	0.09	0.10	0.12
950	0.00	0.01	0.03	0.04	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11	0.13
1160	0.00	0.02	0.03	0.05	0.07	0.09	0.10	0.12	0.14	0.16
1425	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.11	0.13	0.15	0.17	0.19
1750	0.00	0.03	0.05	0.08	0.10	0.13	0.16	0.18	0.21	0.23
2850	0.00	0.04	0.08	0.13	0.17	0.21	0.25	0.30	0.34	0.38
3450	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.31	0.36	0.41	0.46
200	0.00	0.00	0.01	0.01	0.01	0.01	0.02	0.02	0.02	v.03
400	0.00	0.01	0.01	0.02	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.05
600	0.00	0.01	0.02	0.03	0.04	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08
800	0.00	0.01	0.02	0.04	0.05	0.06	0.07	0.08	0.10	0.11
1000	0.00	0.01	0.03	0.04	0.06	0.07	0.09	0.10	0.12	0.13
1200	0.00	0.02	0.04	0.05	0.07	0.09	0.11	0.12	0.14	0.16
1400	0.00	0.02	0.04	0.06	0.08	0.10	0.12	0.15	0.17	0.19
1600	0.00	0.02	0.05	0.07	0.10	0.12	0.14	0.17	0.19	0.21
1800	0.00	0.03	0.05	0.08	0.11	0.13	0.16	0.19	0.21	0.24
2000	0.00	0.03	0.06	0.09	0.12	0.15	0.18	0.21	0.24	0.27
2200	0.00	0.03	0.07	0.10	0.13	0.16	0.20	0.23	0.26	0.29
2400	0.00	0.04	0.07	0.11	0.14	0.18	0.21	0.25	0.29	0.32
2600	0.00	0.04	0.08	0.12	0.15	0.19	0.23	0.27	0.31	0.35
2800	0.00	0.04	0.08	0.12	0.17	0.21	0.25	0.29	0.33	0.37
3000	0.00	0.04	0.09	0.13	0.18	0.22	0.27	0.31	0.36	0.40
3200	0.00	0.05	0.09	0.14	0.19	0.24	0.29	0.33	0.38	0.43
3400	0.00	0.05	0.10	0.15	0.20	0.25	0.30	0.35	0.40	0.45
3500	0.00	0.05	0.11	0.16	0.21	0.27	0.32	0.37	0.43	0.48
3800	0.00	0.06	0.11	0.17	0.23	0.28	0.34	0.40	0.45	0.51
4000	0.00	0.06	0.12	0.18	0.24	0.30	0.36	0.42	0.48	0.53
4200	0.00	0.06	0.12	0.19	0.25	0.31	0.37	0.44	0.50	0.56
4400	0.00	0.07	0.13	0.20	0.26	0.33	0.39	0.46	0.52	0.59
4600	0.00	0.07	0.14	0.21	0.27	0.34	0.41	0.48	0.55	0.61
4800	0.00	0.07	0.14	0.21	0.29	0.36	0.43	0.50	0.57	0.64
5000	0.00	0.07	0.15	0.22	0.30	0.37	0.45	0.52	0.59	0.67
5200	0.00	0.08	0.15	0.23	0.31	0.39	0.46	0.54	0.62	0.69
5400	0.00	0.08	0.16	0.24	0.32	0.40	0.48	0.58	0.64	0.72
5600	0.00	0.08	0.17	0.25	0.33	0.42	0.50	0.58	0.67	0.75
5800	0.00	0.09	0.17	0.26	0.34	0.43	0.52	0.60	0.69	0.78
6000	0.00	0.09	0.18	0.27	0.36	0.45	0.53	0.62	0.71	0.80
6200	0.00	0.09	0.18	0.28	0.37	0.46	0.55	0.64	0.74	0.83
6400	0.00	0.10	0.19	0.29	0.38	0.48	0.57	0.67	0.76	0.85
6600	0.00	0.10	0.20	0.29	0.39	0.49	0.59	0.69	0.78	0.88
6800	0.00	0.10	0.20	0.30	0.40	0.51	0.61	0.71	0.81	0.91
7000	0.00	0.10	0.21	0.31	0.42	0.52	0.62	0.73	0.83	0.94
7200	0.00	0.11	0.21	0.32	0.43	0.53	0.64	0.75	0.86	0.96
7400	0.00	0.11	0.22	0.33	0.44	0.55	0.66	0.77	0.88	0.99
7600	0.00	0.11	0.23	0.34	0.45	0.56	0.68	0.79	0.90	1.02
7800	0.00	0.12	0.23	0.35	0.46	0.58	0.69	0.81	0.93	1.04

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

**Anexo E: Guía del estudiante**

	<p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE AUTOMATISMO Y ROBOTICA  LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBOTICA</p>	<p style="text-align: center;">Código: DAR-LAR-SXXXXX Versión:1A Fecha:01-06-2019</p>
---	--	---

**Contenido**

1- Objetivo .....	1
2- Alcance.....	1
3- Estructura.....	2
4- Componentes.....	2
3.1- Actividad 1 – Entrada y salida digital .....	7
3.2- Actividad 2 – Electroválvula y fin de carrera .....	7
3.4- Actividad 3 – Variador de Frecuencia (VFD).....	10
3.4- Actividad 4 – Ejercicio de desafío: Producción de engorde intensivo de cerdo .....	15
3.5- Actividad 5 – Periferia descentralizada ET200 .....	20

**1- Objetivo**

- Conocer la estructura y los componentes de lo que se podría encontrar en la industria. En esta ocasión se tendrá a disposición un banco de pruebas de engorde intensivo de cerdo.
- Adquirir conceptos técnicos para la puesta en marcha de un:
  1. Variador de frecuencia.
  2. PLC
  3. Módulo relé
  4. Sistema de periferia descentralizada ET 200SP
  5. HMI
  6. Electroválvula
  7. Relé de 4 contactos auxiliares 220VAC
  8. Selectores
  9. Pulsadores
  10. Controlador a membrana para el control de nivel
  11. Sensor inductivo
  12. Sensor capacitivo
  13. Cilindro neumático
- Realizar la configuración y puesta en marcha de cada una de las partes que conforma la bancada de prueba.

**2- Alcance**

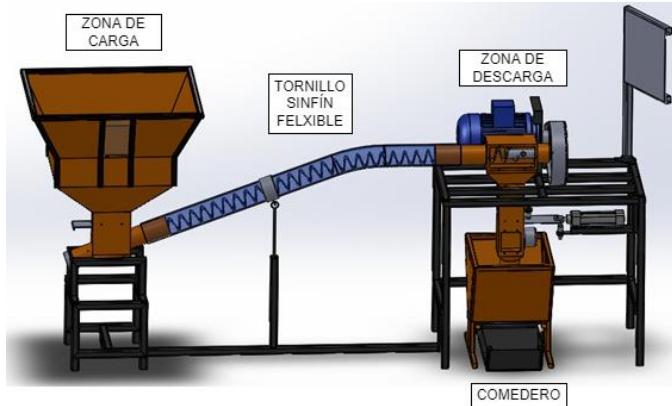
Esta experiencia está enfocada a realizar prácticas de montaje a nivel industrial y realizar el control del sistema con todos los conceptos que se desarrollaron a lo largo de la carrera.

Los conocimientos previos requeridos son:

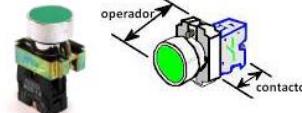
- Noción basicas de electricidad industrial.
- Neumática
- Programación básica en PLC

	<p>FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE AUTOMATISMO Y ROBOTICA  LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA</p>	<p>Código: DAR-LAR-SXXXXX Versión:1A Fecha:01-06-2019</p>
---	--	---

### 3- Estructura

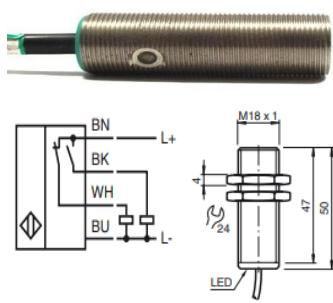
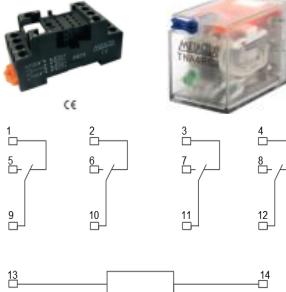


### 4- Componentes

1		Indicador color verde Tensión 24VDC
2		Indicador color rojo Tensión 24VDC
3		Botonera o pulsador
4		Pulsador tipo hongo

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE AUTOMATISMO Y ROBOTICA</b>  <b>LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA</b>	<b>Código: DAR-LAR-SXXXXX</b> <b>Versión:1A</b> <b>Fecha:01-06-2019</b>
---	---	---

5		Bloque de contacto NO (Normalmente abierto) – pico verde NC (Normalmente cerrado) – pico rojo
6		Sensor Capacitivo Autonics CR18 – 8DP 18mm diámetro 12 - 24 VDC Máxima 200mA Distancia de activación: regulable Tipo de salida de comutación: PNP
7		Sensor Inductivo – NJ5- 18GM50-A2 18mm diámetro Voltaje DC Distancia de activación: 5mm Tipo de salida de comutación: PNP
8		Zócalo para relé tna solda Relé 4 contactos inversores 5A bobina de activación de 220VCA

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

	<p>FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE AUTOMATISMO Y ROBOTICA LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA</p>	<p>Código: DAR-LAR-SXXXXX Versión:1A Fecha:01-06-2019</p>
---	---	---

9		Controlador a membrana para el control de nivel de materiales a granel Filsa tipo A-100 Presión de Actuación regulable, mínimo 8 gramos. Inversor unipolar de 5A, 220VCA
10		[0.045.230.100] MICRO Cilindro md8 Diámetro d.20 Carrera 100 mm
11		[0.451.010.613] MICRO Conector recto 1/4 x 6 mm
12		[0.220.002.522] MICRO válvula sb1 gc 5/2 vías 1/4 me reacción resorte modelo: sb-1 código:0.220.002.522/201 tipo: válvulas 5/2 mando: eléctrico reacción: a resorte bobina: 24vdc conexiones de trabajo: 1/4" presión: 2,5 a 10 bar
13		[0.400.001.222] MICRO regulador de escape c/silenciador en bronce 1/4"
14		Manguera/tubo mantova, de poliuretano azul 6 mm

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

	<p>FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE AUTOMATISMO Y ROBOTICA LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA</p>	<p>Código: DAR-LAR-SXXXXX Versión:1A Fecha:01-06-2019</p>
--	---	---

15		Variador de frecuencia ENC600 VDF de control avanzado para alto torque y alta precisión, especial para control industrial con capacidades de variar la frecuencia de forma manual, a través de entradas y salidas digitales programables.  Está preparado para controlar motores trifásicos y trabajar con tensión de 380V a 50/60Hz, corriente de 3,7-5A y hasta 1,5-2.2KW de potencia.
16		Modulo SM 1223 DI 16x24 VDC, DQ 16x Relé 6EST 223 – 1PL32 – 0XB0 Tensión de entrada: - Tipo de tensión de entrada: DC - Valor nominal (DC): 24 V - Para señal "0": 5 V DC, con 1 mA - Para señal "1": 15 VDC en 2,5 mA Salida de Relé: - N° de salidas relé: 16 - Tensión nominal de alimentación de bobina de relé L+ (DC): 24 V
17		SIMATIC S7-1200 CPU 1214C, CPU compacta DC/DC/DC 14 DI 24 V DC; 10 DO 24 V DC; 2 AI 0-10V DC, alimentación: DC 20,4-28,8V DC Memoria de programas/datos 100 KB
18		Sistema de periferia descentralizada ET 200SP módulo de interfaz IM 155-6 PN ST 6ES7 155-6AU00-0BN0 Tensión de alimentación 24VDC 32 módulos de periferia

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

	<p>FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE AUTOMATISMO Y ROBOTICA LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBOTICA</p>	<p>Código: DAR-LAR-SXXXXX Versión:1A Fecha:01-06-2019</p>
---	---	---

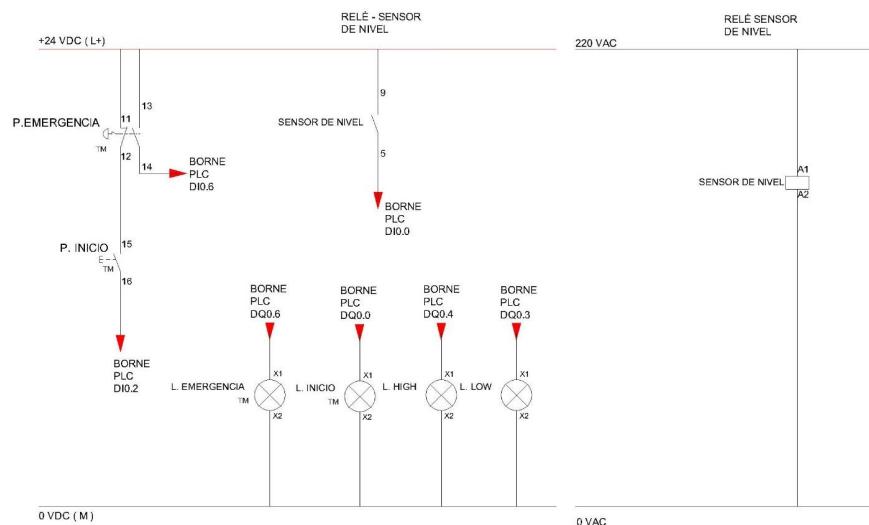
19		SIMATIC ET 200SP Módulo de entrada digital DI 8X 24VDC (ST) 6ES7 131-6BF00-0BA0
20		SIMATIC ET 200SP Módulo de salida digital DQ 8x24VDC/0.5A (BA) 6ES7 132-6BF00-0AA0
21		SIEMENS – KTP600BASIC color PN 6AV6 647 – 0AD11 – 3AX0 Tecla/táctil, DISPLAY 6" TFT, 256 colores, interfaz PROFINET
22		Motor trifásico Potencia: 0.5 HP – 0.37 KW Voltaje de funcionamiento: 380V Corriente: 1.19 A Frecuencia de trabajo: 50Hz Velocidad Nominal: 1370 rpm Nº de polos: 4

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE AUTOMATISMO Y ROBOTICA</b>  <b>LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA</b>	<b>Código: DAR-LAR-SXXXXX</b> <b>Versión:1A</b> <b>Fecha:01-06-2019</b>
---	---	---

**3.1- Actividad 1 – Entrada y salida digital**

1. Los componentes a utilizar para esta actividad según el cuadro del ítem 2 serán: 3, 1, 4, 8, 9 y 17.
2. Realizar un programa que cumpla las siguientes condiciones:
  - Al presionar el pulsador “P. INICIO” envíe la señal al PLC y de la misma salga una señal que encienda el led “L. INICIO”.
  - Cuando se acciona el pulsador tipo hongo “P. EMERGENCIA” se envía una señal al PLC y como acción debe encender el led “L. EMERGENCIA” y no permitir que ocurra alguna otra acción, es decir, que todo quede parado en lo que quede anclado el pulsador.
  - Si el sensor de nivel para sólidos (filsa tipo A – 100) se encuentra activo se debe encender el led verde del tablero de mando (L. HIGH) y cuando esté inactivo se tiene que encender el led de color rojo (L. LOW).
3. Conecte los componentes según el diagrama eléctrico.



4. Una vez hecho la conexión eléctrica y cargado el programa a la CPU, proceda a realizar las pruebas correspondientes.

**3.2- Actividad 2 – Electroválvula y fin de carrera**

1. Componentes a utilizar según la tabla de ítem 2: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 12 y 17.
2. Condiciones a cumplir para el programa
  - Pulsador “P. EMERGENCIA”: al estar activo tiene que parar todo el proceso, tanto hardware como software.
  - Led “L. EMERGENCIA”: se tiene que encender cuando se ha recibido la señal del pulsador de emergencia.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

	<p>FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE AUTOMATISMO Y ROBOTICA  LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA</p>	<p>Código: DAR-LAR-SXXXXX Versión:1A Fecha:01-06-2019</p>
--	--	---

- Pulsador “P. INICIO”: cuando se presiona el pulsador da inicio al proceso, indicando que todas las partes del hardware del sistema está lista para su funcionamiento, si no se ha pulsado no debe empezar ningún proceso. En el caso de que ya se dio inicio al presionar el pulsador “P. INICIO”, entonces, se encuentra en un proceso y si se presiona el pulsador “P. EMERGENCIA”, al volver a desanclar se tiene que volver a presionar “P. INICIO” para dar aviso de que todo está (nuevamente) listo (nuevamente) para su funcionamiento.
- Led “L. INICIO”: Una vez que el PLC ha recibido la señal del pulsador “P. INICIO”, se tiene que encender el led.
- Pulsador “P. COMPUERTA”: si la compuerta se encuentra cerrada, al presionar el pulsador se tendrá que abrir la compuerta de descarga, en caso contrario, si la compuerta se encuentra abierta, al presionar el pulsador debe cerrar la compuerta.
- Sensor inductivo (fin de carrera): indicará que la acción de cerrar compuerta se ha realizado con éxito.  
Cuando el sensor inductivo esté activado el cuadrado “CLOSE” de la interfaz (ver figura 2.1) se debe poner en color verde, en caso contrario en color rojo.
- Sensor capacitivo (fin de carrera): indicará que la compuerta de descarga se abrió por completo.  
Cuando se activa el sensor capacitivo, el círculo “OPEN” de la interfaz (ver figura 2.1) debe ponerse en color verde y en caso contrario en color rojo.
- El círculo “ELECTROVAVULA” del HMI (ver figura 2.1) se pondrá rojo cuando se activa la bobina de la electroválvula, y en caso contrario en color rojo.

3. Diseñar una interfaz en el HMI según la imagen:

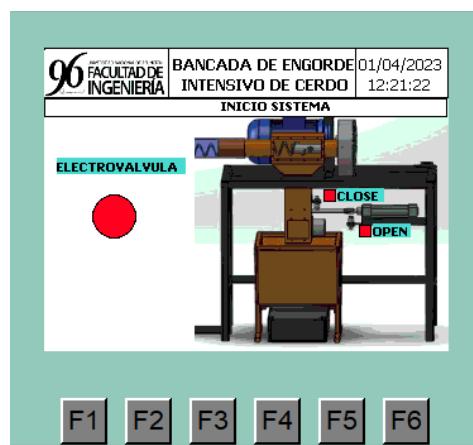


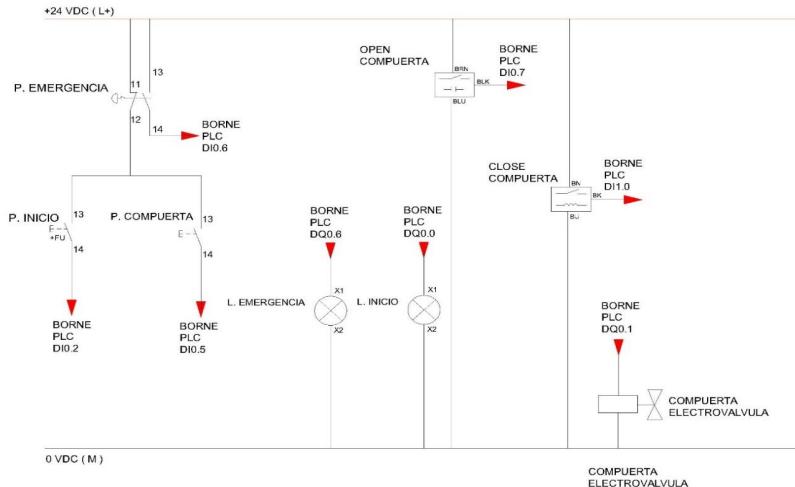
Figura 2.1: Interfaz HMI. Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

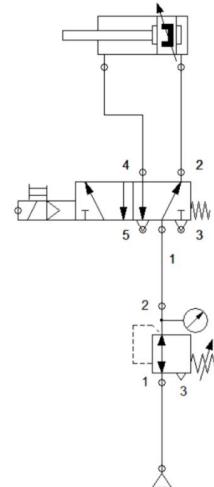
	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE AUTOMATISMO Y ROBOTICA</b>  <b>LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA</b>	<b>Código: DAR-LAR-SXXXXX</b> <b>Versión:1A</b> <b>Fecha:01-06-2019</b>
---	---	---

4. Realizar las conexiones según el diagrama

- Diagrama de conexión eléctrico



- Diagrama de conexión neumático



5. Realice las conexiones correspondientes y luego proceda a probar una vez cargado el programa a la CPU y el diseño de la interfaz en el HMI.

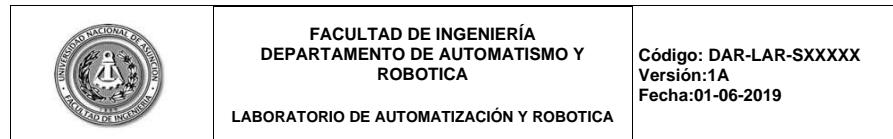
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

	<p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE AUTOMATISMO Y ROBOTICA  LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA</p>	<p>Código: DAR-LAR-SXXXXX Versión:1A Fecha:01-06-2019</p>
---	--	---

**3.4- Actividad 3 – Variador de Frecuencia (VFD)**

1. Componentes a utilizar según la tabla de ítem 2: 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 10, 12 y 17.
2. Desarrollar un programa que cumpla las siguientes condiciones
  - Tablero de mando
    - Pulsador “P. EMERGENCIA”: al estar activo tiene que parar todo el proceso, tanto hardware como software.
    - Led “L. EMERGENCIA”: se tiene que encender cuando se ha recibido la señal del pulsador de emergencia.
    - Pulsador “P. INICIO”: cuando se presiona el pulsador da inicio al proceso, indicando que todas las partes del hardware del sistema está lista para su funcionamiento, si no se ha pulsado no debe empezar ningún proceso. En caso de que ya se dio inicio al presionar el pulsador “P. INICIO”, entonces, se encuentra en un proceso y si se presiona el pulsador “P. EMERGENCIA”, al volver a desanclar se tiene que volver a presionar inicio para dar aviso de que todo está nuevamente listo para su funcionamiento.
    - Led “L. INICIO”: Una vez que el PLC ha recibido la señal del pulsador “P. INICIO”, se tiene que encender el led “L. INICIO”.
    - Pulsador “P. COMPUERTA”: si la compuerta se encuentra cerrada, al presionar el pulsador se tendrá que abrir la compuerta de descarga, en caso contrario, si la compuerta se encuentra abierta y al presionar el pulsador entonces se tiene que cerrar la compuerta.
    - Sensor inductivo (fin de carrera): indicará que la acción de cerrar compuerta se ha realizado con éxito.
    - Sensor capacitivo (fin de carrera): indicará que la compuerta de descarga se abrió por completo.
    - Pulsador “P. MOTOR”: el comportamiento que tendrá el pulsador es la de autorizar el encendido y apagado del motor, pero la condición importante es que la compuerta tiene que estar abierta para que al presionar el botón se encienda el motor; en caso de que la compuerta esté cerrada el motor no debe encender por más que se presione el pulsador.
  - Interfaz (HMI)
    - Botón 1: sirve para elegir la frecuencia 1 (20 Hz.)
    - Botón 2: sirve para elegir la frecuencia 2 (30 Hz.). Es importante tener en cuenta que solo debe estar seleccionada una de ellas.
    - Botón 3 (MARCHA): una vez seleccionada la frecuencia solo debe permitir el funcionamiento del hardware cuando se presione MARCHA y también el pulsador de inicio.
    - Botón 4 (PARADA): Si el motor se encuentra en funcionamiento y se desea modificar la frecuencia de trabajo, primeramente, se debe presionar PARADA.
    - El círculo “COMPUERTA” se debe poner en color verde cuando la compuerta de descarga se encuentre abierta (se activa el sensor capacitivo) y en color rojo cuando la compuerta esté cerrada (se activa el sensor inductivo).
    - Cuando el sensor inductivo esté activado el cuadrado “CLOSE” de la interfaz (ver figura 3.1) se debe poner en color verde, en caso contrario en color rojo.
    - Cuando se activa el sensor capacitivo, el círculo “OPEN” de la interfaz (ver figura 3.1) debe ponerse en color verde y en caso contrario en color rojo.
    - El círculo “ELECTROVÁLVULA” del HMI (ver figura 3.1) se pondrá rojo cuando se activa la bobina de la electroválvula, y en caso contrario en color rojo.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



3. Diseñar la interfaz según las imágenes

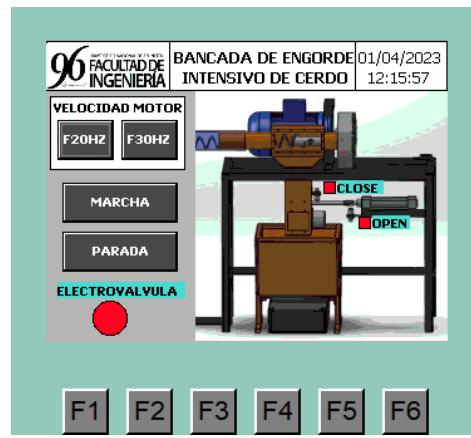
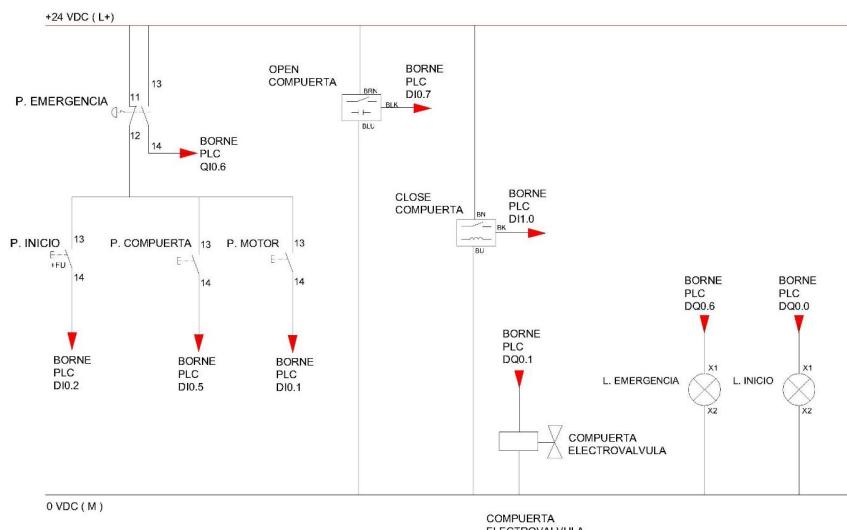


Figura 3.1: Interfaz HMI. Fuente: Elaboración propia

4. Realizar las conexiones según se indica en el diagrama

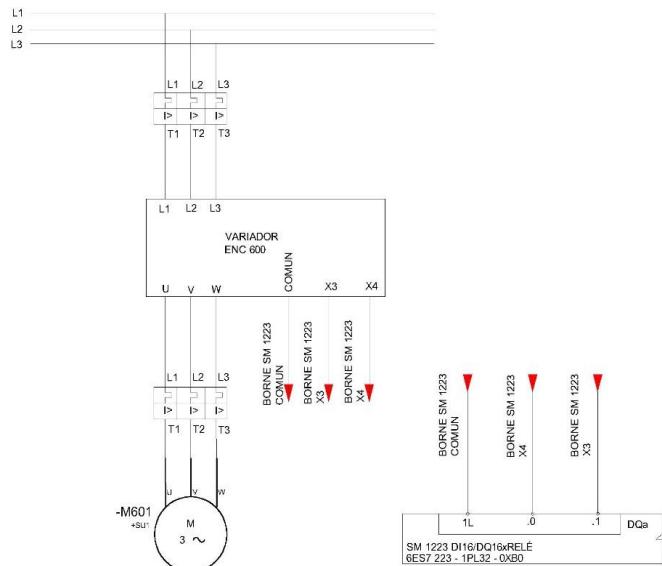
- Diagrama de conexión eléctrica



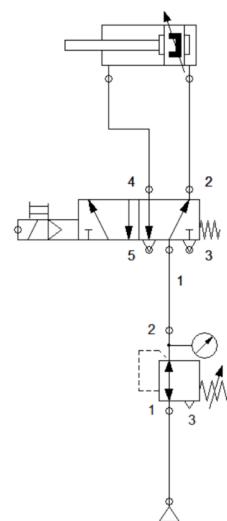
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



- Diagrama conexión de potencia



- Diagrama de conexión neumática



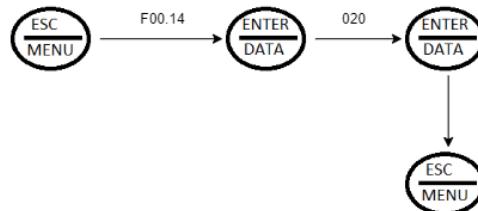
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

	<b>FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE AUTOMATISMO Y ROBOTICA</b>  <b>LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA</b>	<b>Código: DAR-LAR-SXXXXX</b> <b>Versión:1A</b> <b>Fecha:01-06-2019</b>
---	---	---

5. Configurar el variador de frecuencia siguiendo las instrucciones  
**IMPORTANTE:** Es obligatorio utilizar guantes de cuero para la manipulación de las compuertas.
- ✓ Paso 1: cierre la compuerta de carga (manual) y abra la compuerta de descarga (neumática) para poder vaciar el tubo donde se encuentra el tornillo sifón flexible.

Obs.: La configuración se realiza accediendo al menú del variador con el botón  y seleccionando el número de la función a modificar con los cursores del panel de control. Los números de los parámetros a modificar con su significado y los rangos permisibles se detallarán en cada uno de los pasos.

- ✓ Paso 2: Formatear el variador con la función F00.14



- ✓ Paso 3: Cargar los parámetros del motor con los respectivos valores que se indica en la tabla 1.

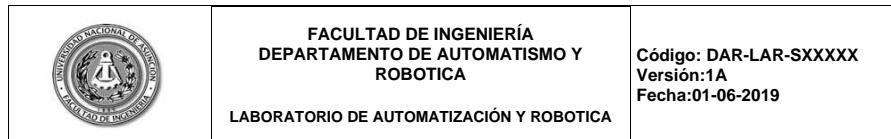


Código N°	Descripción	Rango admisible
F15.01	Potencia nominal del motor asíncrono	0.37~0.4 KW
F15.02	Voltaje nominal del motor asíncrono	380 V
F15.03	Corriente nominal del motor asíncrono	1.2 A
F15.04	Frecuencia Nominal	50Hz.
F15.05	Velocidad de rotación nominal	1370 RPM
F15.06	Cantidad de numero de polos	4

Tabla 1. Funciones del variador para ajuste de parámetros de motor.

- ✓ Paso 4: El cuarto paso para la configuración inicial es el proceso de Auto-Tune o Sintonización automática del motor, este proceso es necesario para adquirir otros parámetros del motor que no se encuentran especificados en la placa del mismo y los cuales se deben calcular, estos parámetros (resistencia de estator y rotor, perdida de inductancia, mutua inductancia y corriente en vacío) son calculados automáticamente por el variador y cargados en las funciones F15.07 al F15.11.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



Para poder aproximar los valores del “desacople del motor” lo que se hará es vaciar el tubo donde se encuentra el tornillo sínfin. Entonces, con el potenciómetro se define una frecuencia de 30 Hz, y si el área de trabajo esta lista (colocar el pote donde se debe depositar el producto, tener la compuerta de descarga abierta, y tener cuidado de no tocar las partes móviles del sistema) presione el botón , hasta que se vacíe el tubo y para detener el motor presione .

Una vez que se encuentre libre de producto el tubo, se realiza la sintonización automática accediendo a la Función F15.19 y fijar en la función 2, presionar luego se debe salir del menú y presionar el botón y empezará el proceso de sintonización mostrando en pantalla el mensaje de aviso, una vez finalizado el proceso, el mensaje dejará de mostrarse.

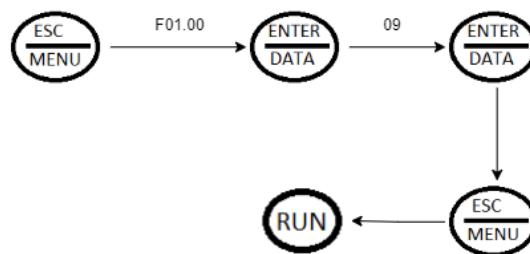
- ✓ Paso 5: Configurar las entradas digitales del VDF  
Utilizando el menú de funciones del variador se debe configurar las entradas digitales X3 y X4 que utilizaremos para definir distintos valores de velocidad. Las funciones a modificar se encuentran en la siguiente tabla:

Código Nº	Función	Valor a definir
F08.18	Selección de función del terminal X1	00
F08.19	Selección de función del terminal X2	00
F08.20	Selección de función del terminal X3	06
F08.21	Selección de función del terminal X4	05

- ✓ Paso 6: En la siguiente tabla se detalla las combinaciones de los pulsos K1, K2, K3, K4 y las velocidades que cada una de ellas representa, también se detalla las funciones a las cuales debemos acceder si deseamos cambiar estos valores.

K1	K2	K3	K4	Función	Frecuencia
0	0	0	0	-	0Hz
0	0	0	1	F10.31	20Hz
0	0	1	0	F10.32	30Hz

- ✓ Paso 6: por último, para activar el modo digital



6. Realice las conexiones correspondientes, configure el VDF y luego proceda a probar una vez cargado el programa a la CPU y en el HMI.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

	<p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE AUTOMATISMO Y ROBOTICA  LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA</p>	<p style="text-align: center;">Código: DAR-LAR-SXXXXX Versión:1A Fecha:01-06-2019</p>
---	--	---

**3.4- Actividad 4 – Ejercicio de desafío: Producción de engorde intensivo de cerdo**

Se tiene una granja de producción intensivo de cerdos, con capacidad de producción de hasta X cantidad de cerdos, dicho estable tiene Y cantidad de ranchos.

Se debe saber que para el engorde intensivo hay tres etapas:

1. Iniciador: Suministrar de 3 a 5 % de su peso vivo, de 0,5 a 1,5 kg por animal/día desde los 10 kg. hasta 25 kg. en etapa inicial, agua fresca de 2 a 4 litros por cada kg. de ración.
2. Desarrollo: Suministrar a razón de 3 a 5 % de su peso vivo, de 1,5 a 2,5 kg del producto animal/día desde los 25 kg. hasta 50 kg. en etapa de desarrollo, con abundante agua fresca a razón de 2 a 4 litros por cada kg. de ración.
3. Terminador: Suministrar de 2,5 a 3,2 % de su peso vivo, de 2,5 a 3,2 kg por animal/día desde los 50 kg. hasta 120 kg. en etapa terminación, con agua fresca de 2 a 4 litros por cada kg. de ración.

El sistema se encuentra montado de la siguiente forma:

1. Cuenta con un tornillo sinfín flexible sin eje
2. Zona de carga
  - Puerta de carga manual
3. Zona de descarga
  - Motor trifásico de 0.5hp
  - Compuerta de descarga: se realiza la apertura y cierre por medio de un cilindro neumático con recorrido de 100mm, el cilindro es comandado por una electroválvula 5/2 vías con bobina de activación 24VDC.
  - Dos sensores de proximidad (inductivo y capacitivo), para la verificación de apertura y cierre de la compuerta de descarga.
  - Cuenta con un sensor de nivel con alimentación de 220VAC, sirve para que al llenarse el último comedero indique que se llenaron los comederos de cada rancho.
4. Tablero de mando
  - Pulsadores, leds y bornes de alimentación de tensión
  - Electroválvula para el cilindro neumático
  - Relé para manejar la tensión de 220VDC proveniente del sensor de nivel y luego transformar dicha tensión a 24VDC que será enviada al modulo PLC

Se solicita la automatización del sistema con los siguientes requisitos:

1. Selector modo AUTOMÁTICO: se debe cargar los parámetros en la interfaz y dejar en funcionamiento continuo, en caso de que ocurra alguna de las condiciones debe dar aviso teniendo las precauciones que se requiera.

Parámetros:

- Seleccionar la etapa en la que se encuentran los cerdos. Suponer que todos se encuentran en la misma etapa.

Etapa INICIADOR:

- Los cerdos deben comer 1.5kg por día
- El caudal de transporte de pellets es de 9,54 kg/ min si la frecuencia de trabajo del motor es 20Hz.

Etapa DESARROLLO:

- Los cerdos deben comer 2.5kg por día
- El caudal de transporte de pellets es de 15,48 kg/ min si la frecuencia de trabajo del motor es 30Hz.

OBS: Para tener en cuenta, el control de la cantidad total de alimento a transportar se realizará por el tiempo de trabajo del motor, es decir, utilizando el caudal se hallará el

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

---

	<p style="text-align: center;">FACULTAD DE INGENIERÍA DEPARTAMENTO DE AUTOMATISMO Y ROBOTICA  LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA</p>	<p style="text-align: center;">Código: DAR-LAR-SXXXXX Versión:1A Fecha:01-06-2019</p>
---	--	---

tiempo que lleva transportar el total de alimento necesario dependiendo de la cantidad de cerdo y ese es el tiempo que debe trabajar el motor. Poner ejemplo

- Cantidad de cerdos en el establo: X
- 2. Selector modo MANUAL: se podrá elegir la frecuencia de trabajo del motor, comandar la compuerta de descarga y el motor con los respectivos pulsadores.
- 3. Pulsador “P. EMERGENCIA”: al estar activo tiene que parar todo el proceso, tanto hardware como software.
- 4. Led “L. EMERGENCIA”: se tiene que encender cuando se ha recibido la señal del pulsador de emergencia.
- 5. Pulsador “P. INICIO”: cuando se presiona el pulsador da inicio al proceso, indicando que todas las partes del hardware del sistema está lista para su funcionamiento, si no se ha pulsado no debe empezar ningún proceso. En el caso de que ya se dio inicio al presionar el pulsador “P. INICIO”, entonces, se encuentra en un proceso y se presiona el pulsador de “P. EMERGENCIA”, al volver a desanclar se tiene que volver a presionar inicio para dar aviso de que todo está nuevamente listo para su funcionamiento.
- 6. Led “L. INICIO”: Una vez que el PLC ha recibido la señal del pulsador “P. INICIO”, se tiene que encender el led “L. INICIO”.
- 7. Pulsador “P. COMPUERTA”: si la compuerta se encuentra cerrada, al presionar el pulsador se tendrá que abrir la compuerta de descarga, en caso contrario si la compuerta se encuentra abierta, al presionar el pulsador entonces se tiene que cerrar la compuerta.
- 8. Sensor inductivo (fin de carrera): indicará que la acción de cerrar compuerta se ha realizado con éxito.
- 9. Sensor capacitivo (fin de carrera): indicará que la compuerta de descarga se abrió por completo.
- 10. Pulsador “P. MOTOR”: el comportamiento que tendrá el pulsador es la de autorizar el encendido y apagado del motor, pero la condición importante es que la compuerta tiene que estar abierta para que al presionar el botón se encienda el motor; en caso de que la compuerta esté cerrada el motor no debe encender por más que se presione el pulsador.
- 11. Interfaz HMI
  - Visualizar el estado en que se encuentra el tablero de mando, ya sea si se ha pulsado “P. INICIO” o “P. EMERGENCIA”.
  - Así también, se debe visualizar si se encuentra en modo automático o manual.
  - Se podrá elegir los parámetros dependiendo si se encuentra en modo automático o manual.

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.

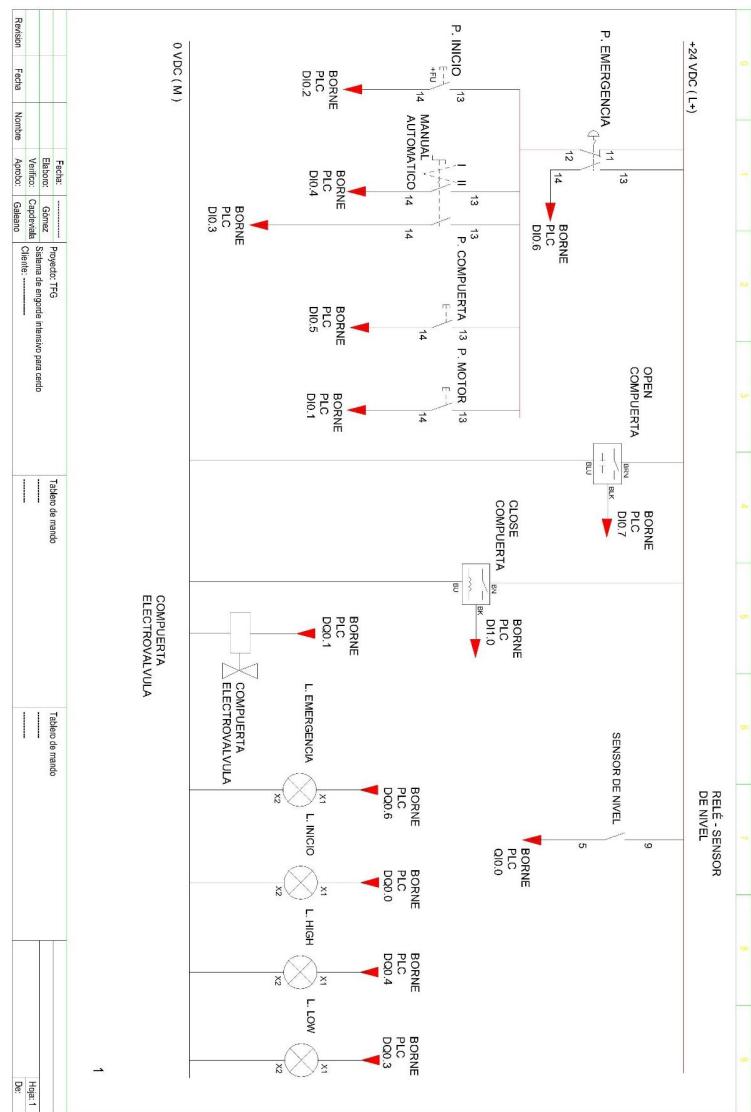
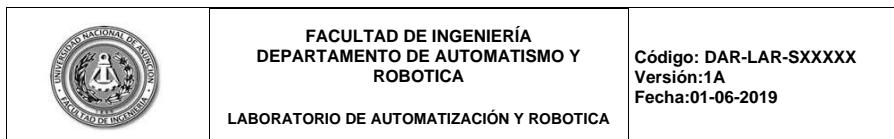


Figura 4.1: Conexión entrada y salida digital. Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

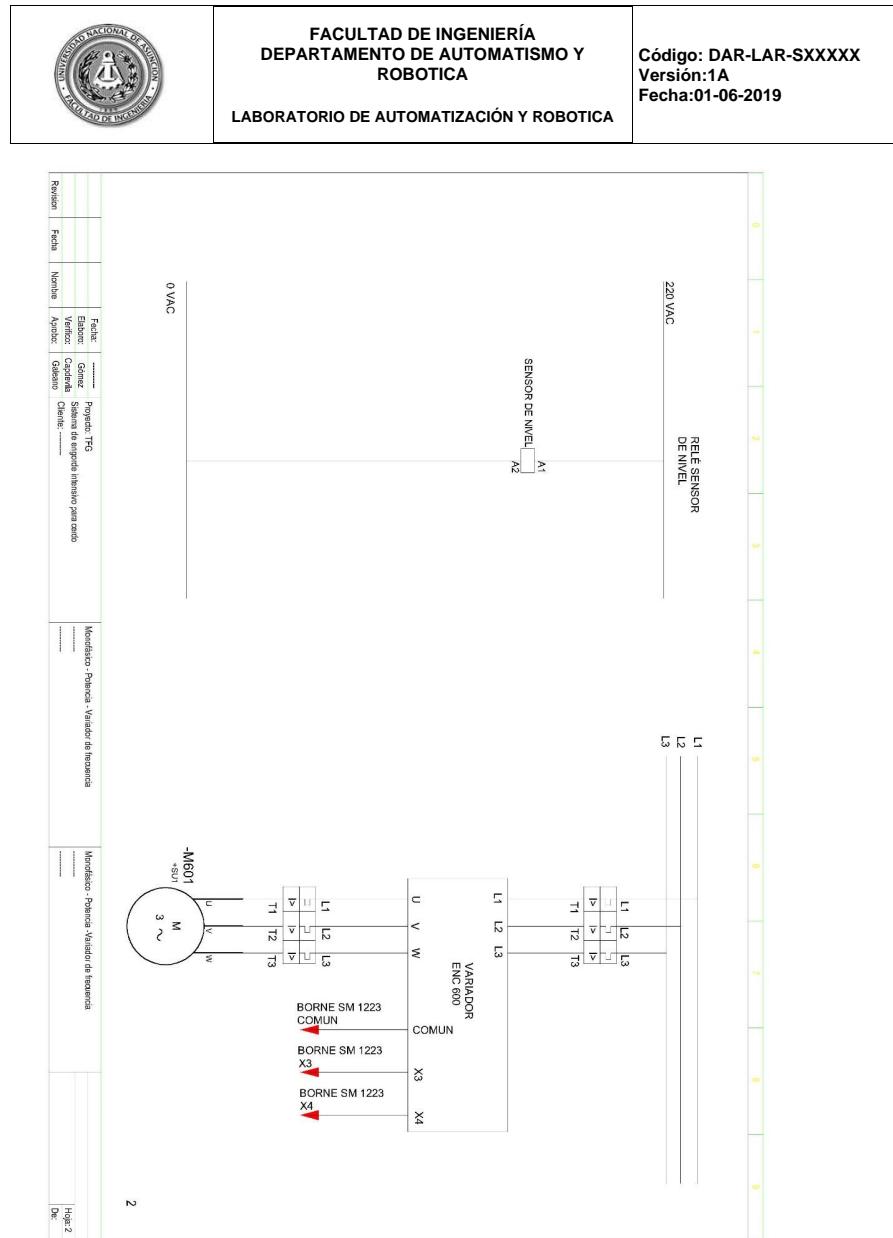


Figura 4.2: Conexión potencia. Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

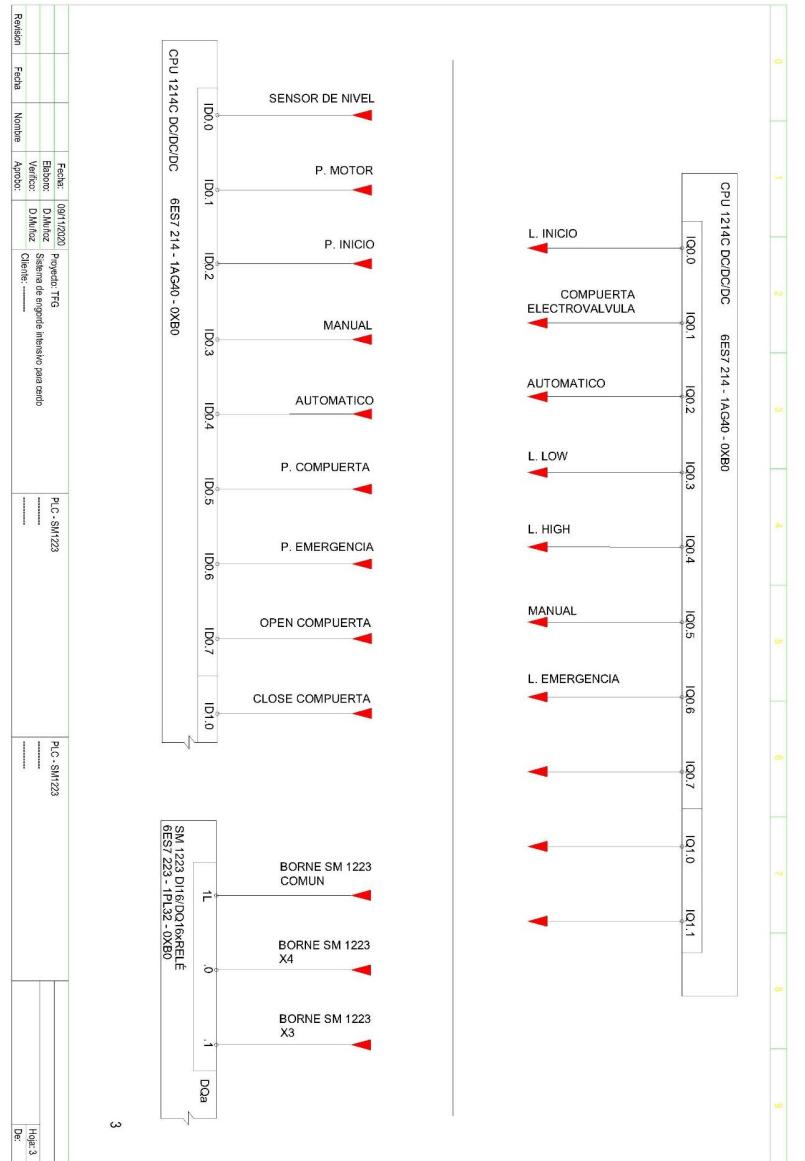


Figura 4.3: Conexión de los modulos. Fuente: Elaboración propia.

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

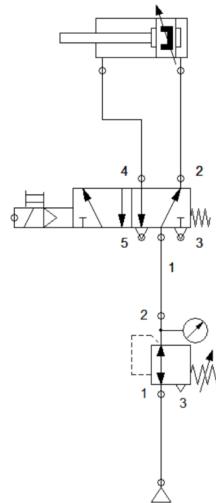


Figura 4.3: Conexión neumática. Fuente: Elaboración propia.

- ✓ Realice las conexiones correspondientes, configure el VDF y luego proceda a probar una vez cargado el programa a la CPU y en el HMI.

### 3.5- Actividad 5 – Periferia descentralizada ET200

La actividad consiste en aplicar conceptos de redes industriales utilizando una periferia descentralizada con el módulo ET200SP.

Para una implementación del módulo se solicita un sistema que cumpla con las mismas condiciones de lo que se había realizado en la actividad 4 con la diferencia de que los pulsadores “P. COMPUERTA” y “P. MOTOR” sean conectados a la entrada digital del modulo ET200SP, los leds “L. INICIO” y “L. EMERGENCIA” sean conectados al módulo ET200SP.

El diagrama de conexión de la red se puede ver en la figura 5.1 y la variante de la conexión eléctrica con respecto a la actividad 4 se especifica en la figura 5.2.

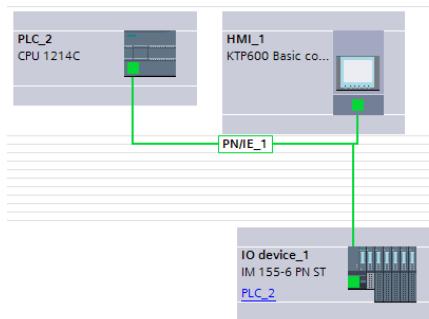


Figura 5.1: Conexión de la red. Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

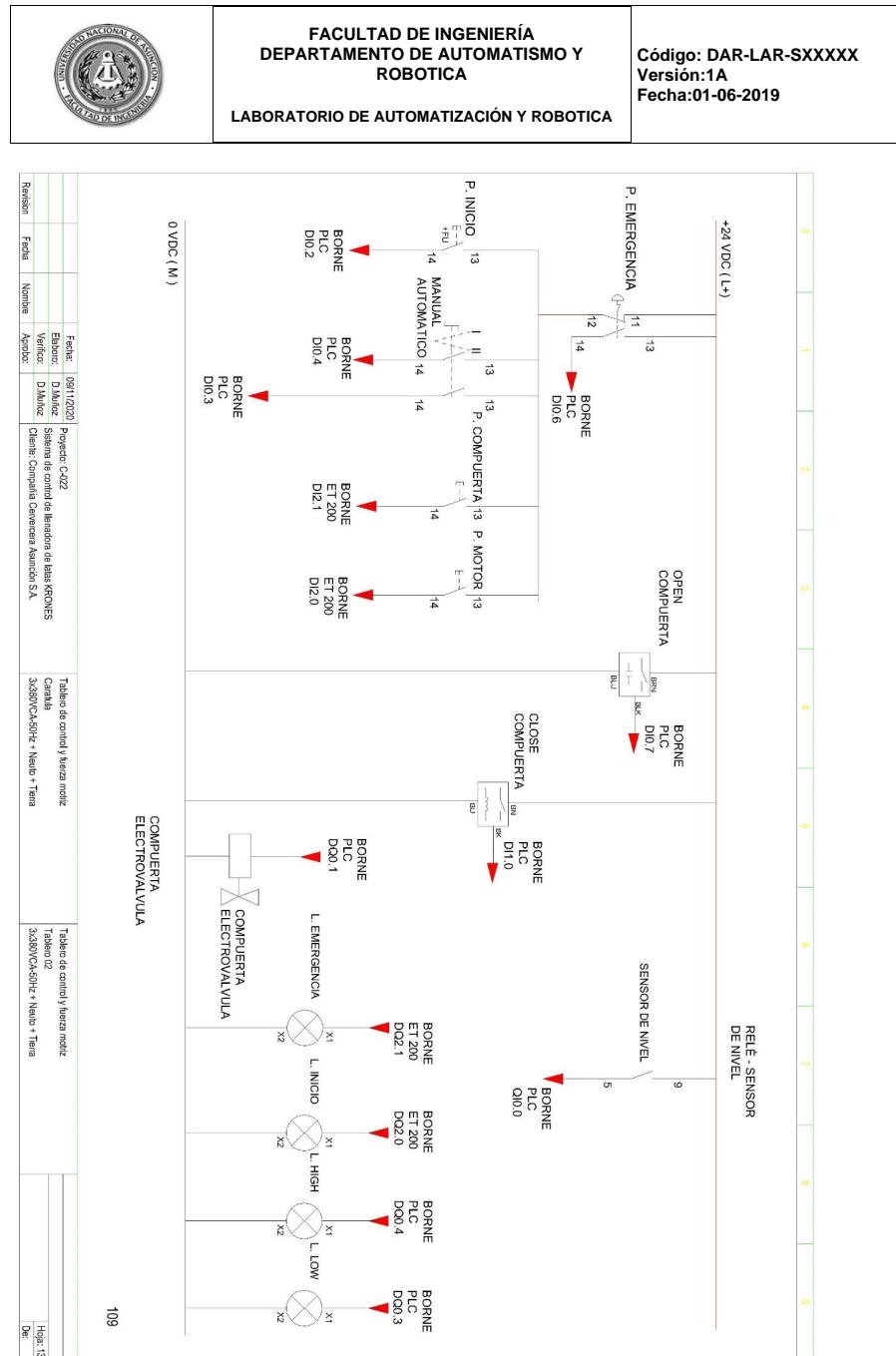


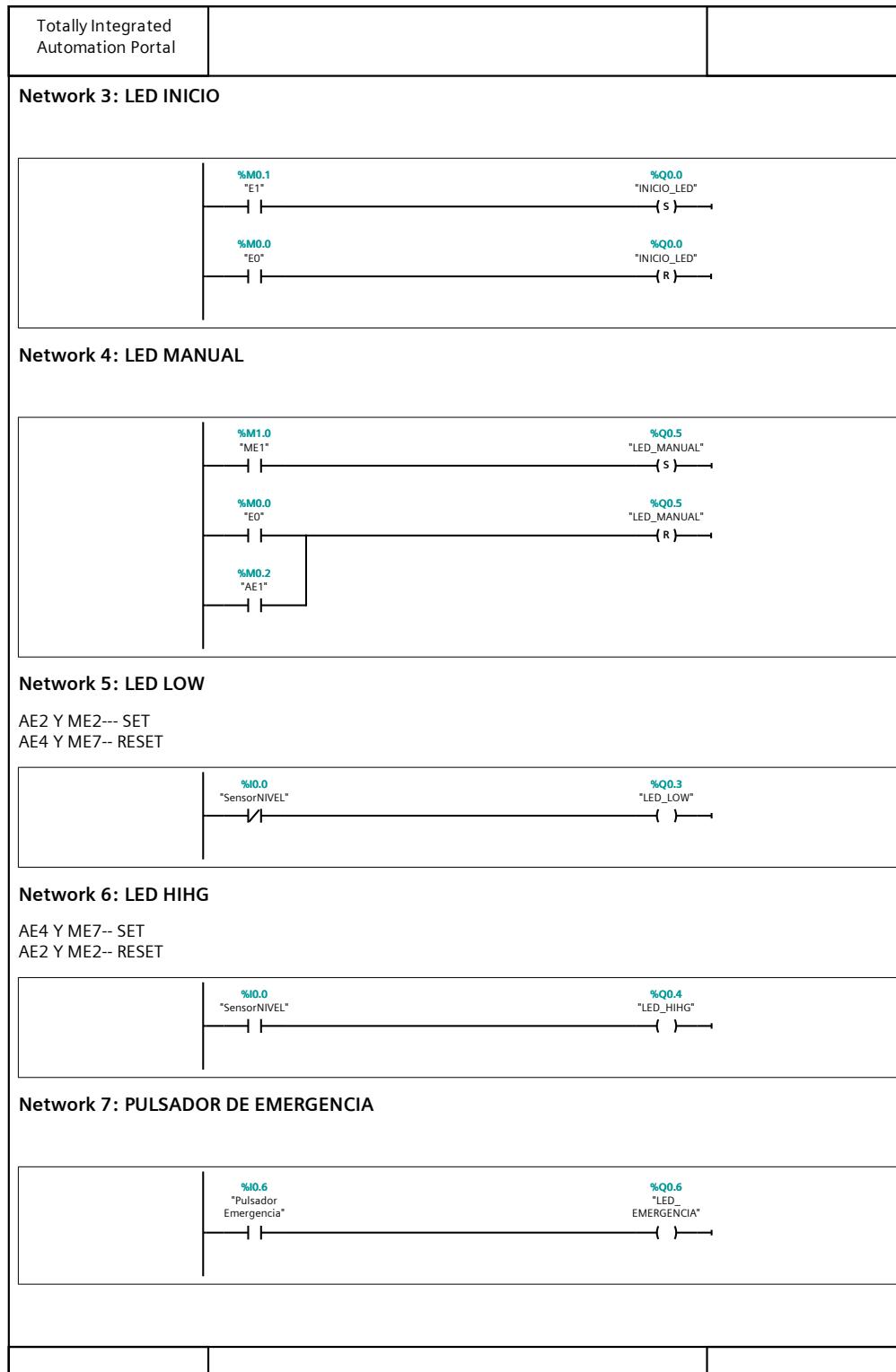
Figura 5.2: Conexión eléctrica. Fuente: Elaboración propia

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

**Anexo F: Programa de la actividad 1**

Totally Integrated Automation Portal																																								
<b>PLC_2 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks</b>																																								
<b>Main [OB1]</b>																																								
<b>Main Properties</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <td colspan="6" style="background-color: #cccccc;">General</td> </tr> <tr> <td>Name</td><td>Main</td><td>Number</td><td>1</td><td>Type</td><td>OB</td></tr> <tr> <td>Language</td><td>LAD</td><td>Numbering</td><td>Automatic</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td colspan="6" style="background-color: #cccccc;">Information</td> </tr> <tr> <td>Title</td><td>"Main Program Sweep (Cycle)"</td><td>Author</td><td></td><td>Comment</td><td></td></tr> <tr> <td>Family</td><td></td><td>Version</td><td>0.1</td><td>User-defined ID</td><td></td></tr> </table>					General						Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD	Numbering	Automatic			Information						Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment		Family		Version	0.1	User-defined ID	
General																																								
Name	Main	Number	1	Type	OB																																			
Language	LAD	Numbering	Automatic																																					
Information																																								
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment																																				
Family		Version	0.1	User-defined ID																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Data type</th><th>Default value</th><th>Comment</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">▼ Input</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Initial_Call</td><td>Bool</td><td></td><td>Initial call of this OB</td></tr> <tr> <td>Remanence</td><td>Bool</td><td></td><td>=True, if remanent data are available</td></tr> <tr> <td colspan="2">▼ Temp</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>A</td><td>DWord</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Constant</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					Name	Data type	Default value	Comment	▼ Input				Initial_Call	Bool		Initial call of this OB	Remanence	Bool		=True, if remanent data are available	▼ Temp				A	DWord			Constant											
Name	Data type	Default value	Comment																																					
▼ Input																																								
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB																																					
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available																																					
▼ Temp																																								
A	DWord																																							
Constant																																								
<b>Network 1: ESTADO ETAPA 0</b>																																								
<b>Network 2: ESTADO DE ETAPA 1</b>																																								

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



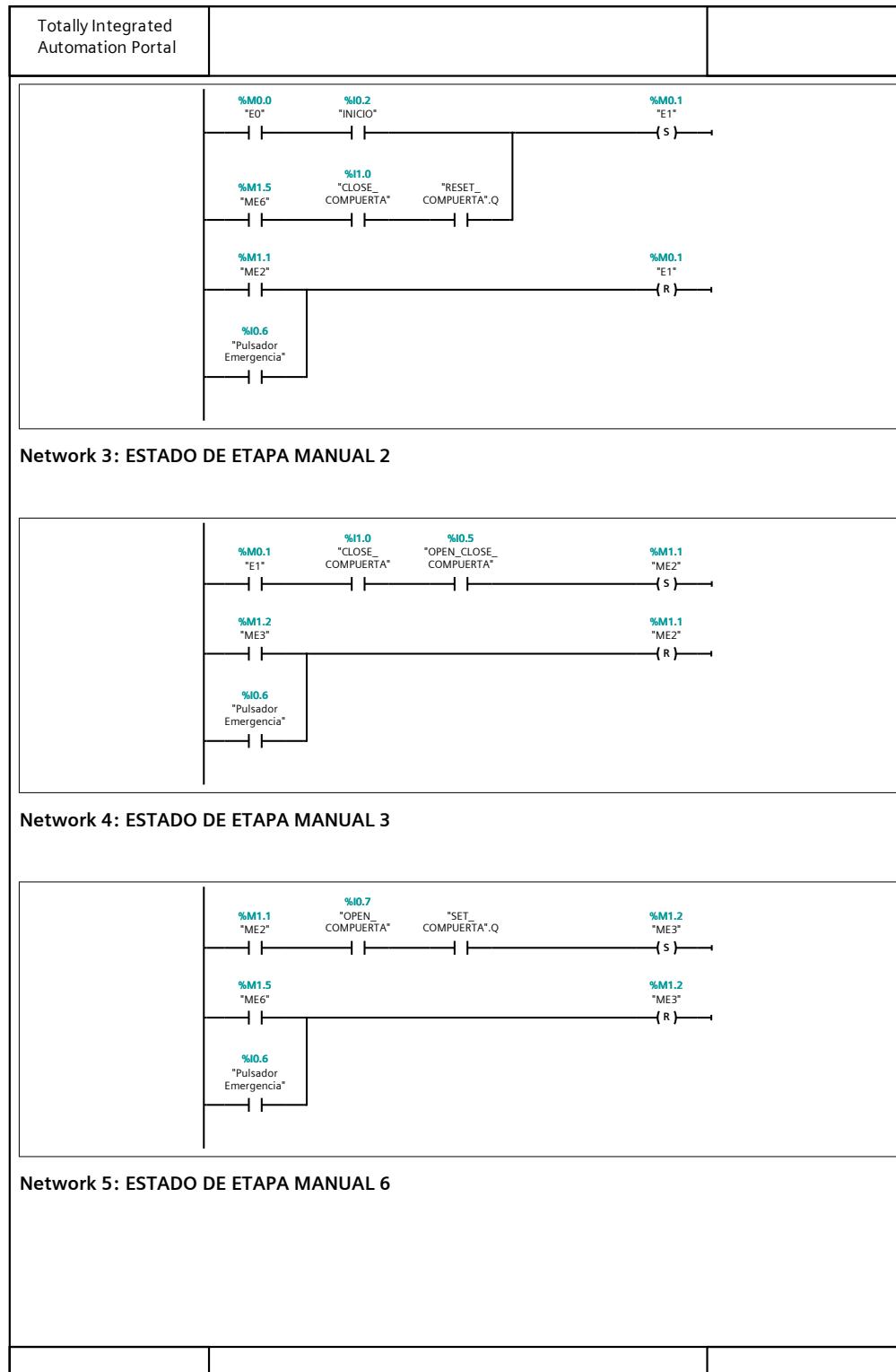
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

**Anexo G: Programa de la actividad 2**

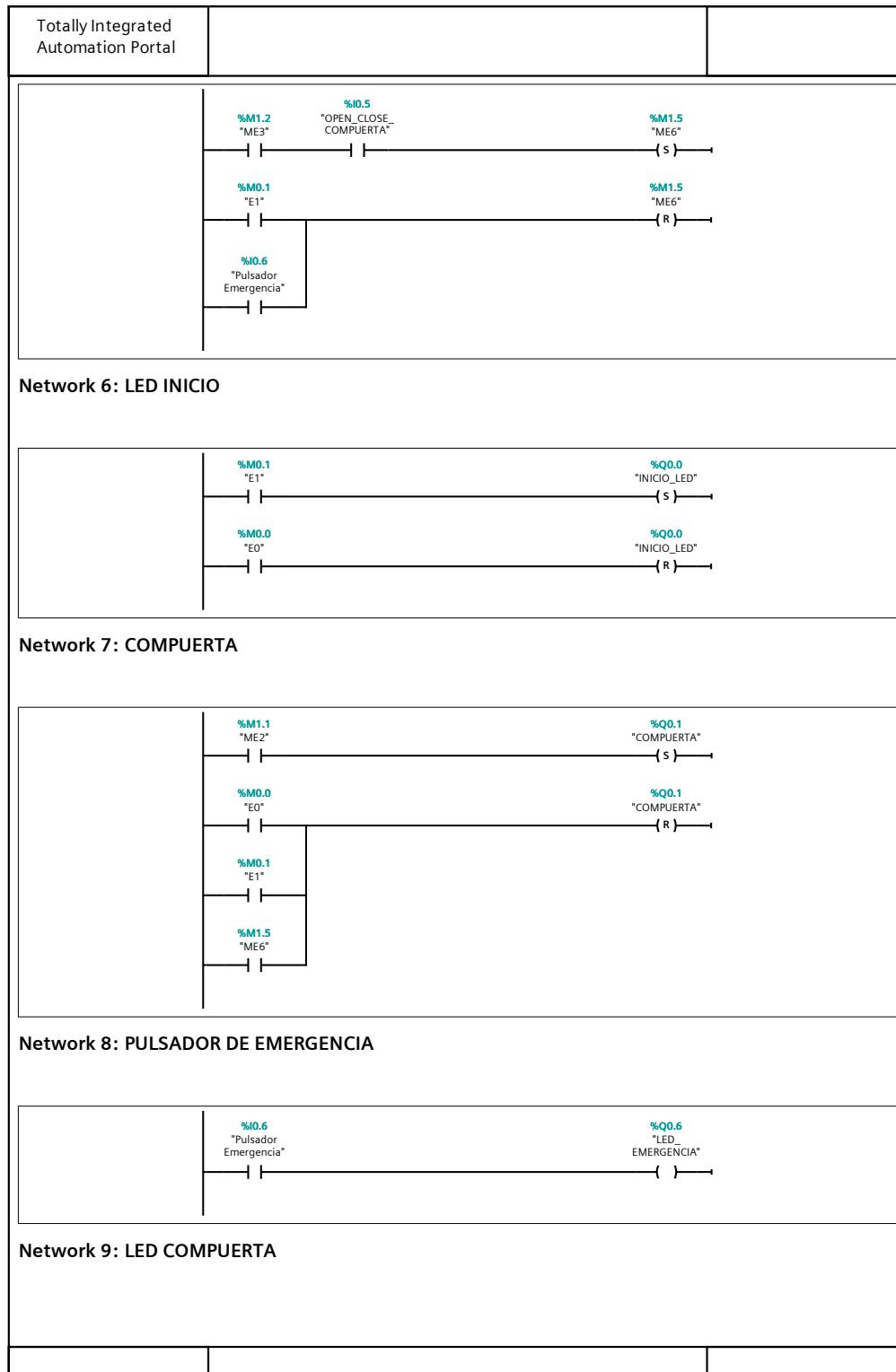
Totally Integrated Automation Portal																																								
<b>PLC_2 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks</b>																																								
<b>Main [OB1]</b>																																								
<b>Main Properties</b> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <tr> <th colspan="6">General</th> </tr> <tr> <td>Name</td><td>Main</td><td>Number</td><td>1</td><td>Type</td><td>OB</td></tr> <tr> <td>Language</td><td>LAD</td><td>Numbering</td><td>Automatic</td><td></td><td></td></tr> <tr> <th colspan="6">Information</th> </tr> <tr> <td>Title</td><td>"Main Program Sweep (Cycle)"</td><td>Author</td><td></td><td>Comment</td><td></td></tr> <tr> <td>Family</td><td></td><td>Version</td><td>0.1</td><td>User-defined ID</td><td></td></tr> </table>					General						Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD	Numbering	Automatic			Information						Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment		Family		Version	0.1	User-defined ID	
General																																								
Name	Main	Number	1	Type	OB																																			
Language	LAD	Numbering	Automatic																																					
Information																																								
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment																																				
Family		Version	0.1	User-defined ID																																				
<table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse;"> <thead> <tr> <th>Name</th><th>Data type</th><th>Default value</th><th>Comment</th></tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">▼ Input</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Initial_Call</td><td>Bool</td><td></td><td>Initial call of this OB</td></tr> <tr> <td>Remanence</td><td>Bool</td><td></td><td>=True, if remanent data are available</td></tr> <tr> <td colspan="2">▼ Temp</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>A</td><td>DWord</td><td></td><td></td></tr> <tr> <td>Constant</td><td></td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>					Name	Data type	Default value	Comment	▼ Input				Initial_Call	Bool		Initial call of this OB	Remanence	Bool		=True, if remanent data are available	▼ Temp				A	DWord			Constant											
Name	Data type	Default value	Comment																																					
▼ Input																																								
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB																																					
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available																																					
▼ Temp																																								
A	DWord																																							
Constant																																								
<b>Network 1: ESTADO ETAPA 0</b>																																								
<pre>     graph LR         E1[%M0.1 "E1"] --- --- &gt; Out1(( ))         ME2[%M1.1 "ME2"] --- --- &gt; Out1         ME3[%M1.2 "ME3"] --- --- &gt; Out1         ME6[%M1.5 "ME6"] --- --- &gt; Out1         Pulsador[Pulsador Emergencia] --- --- &gt; Out2(( ))         E1_2[%M0.1 "E1"] --- --- &gt; Out2         Out1 --- --- &gt; Out2         Out2 --- --- &gt; EO(%M0.0 "EO")     </pre>																																								
<b>Network 2: ESTADO DE ETAPA 1</b>																																								

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

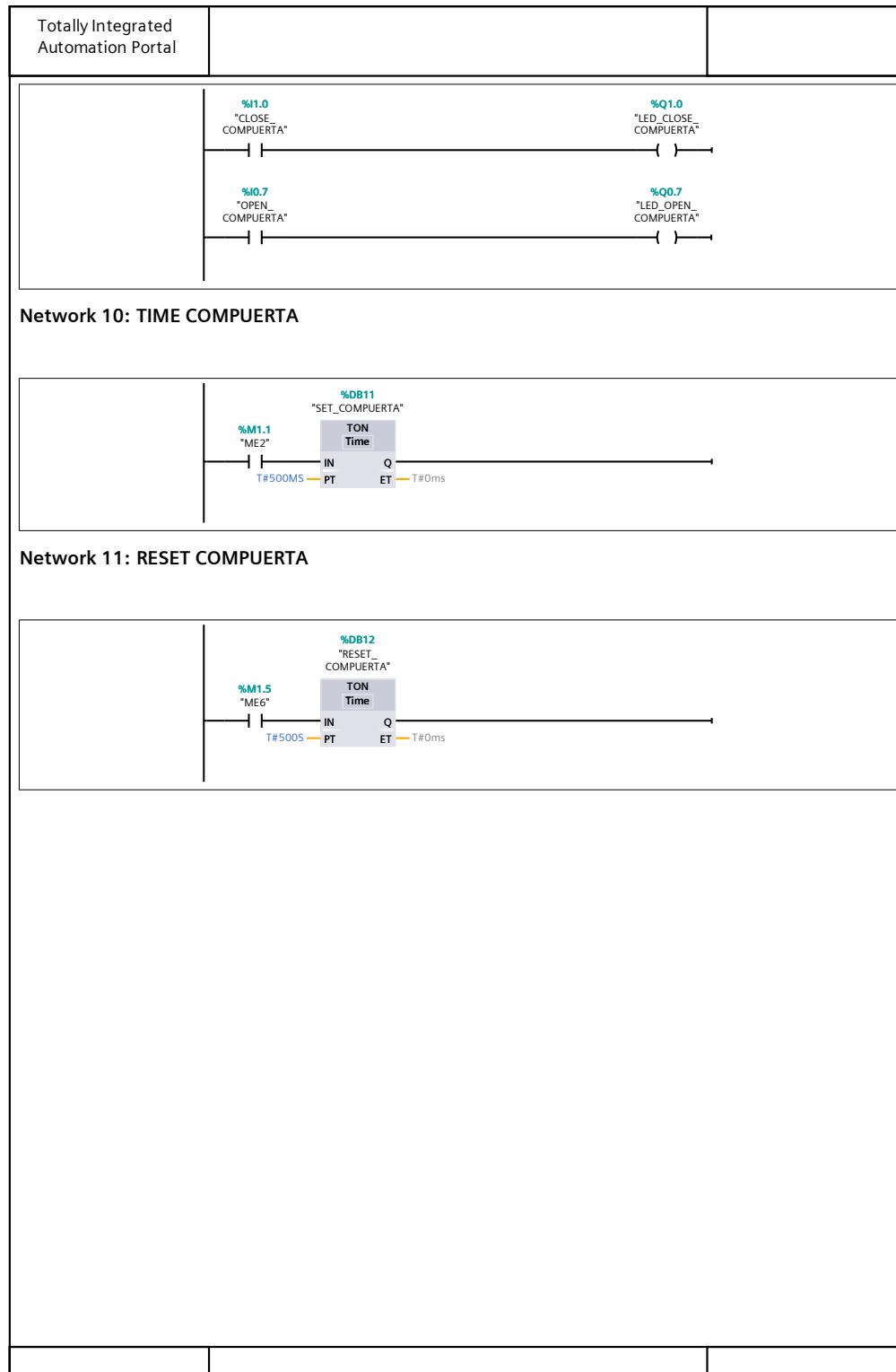
---



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

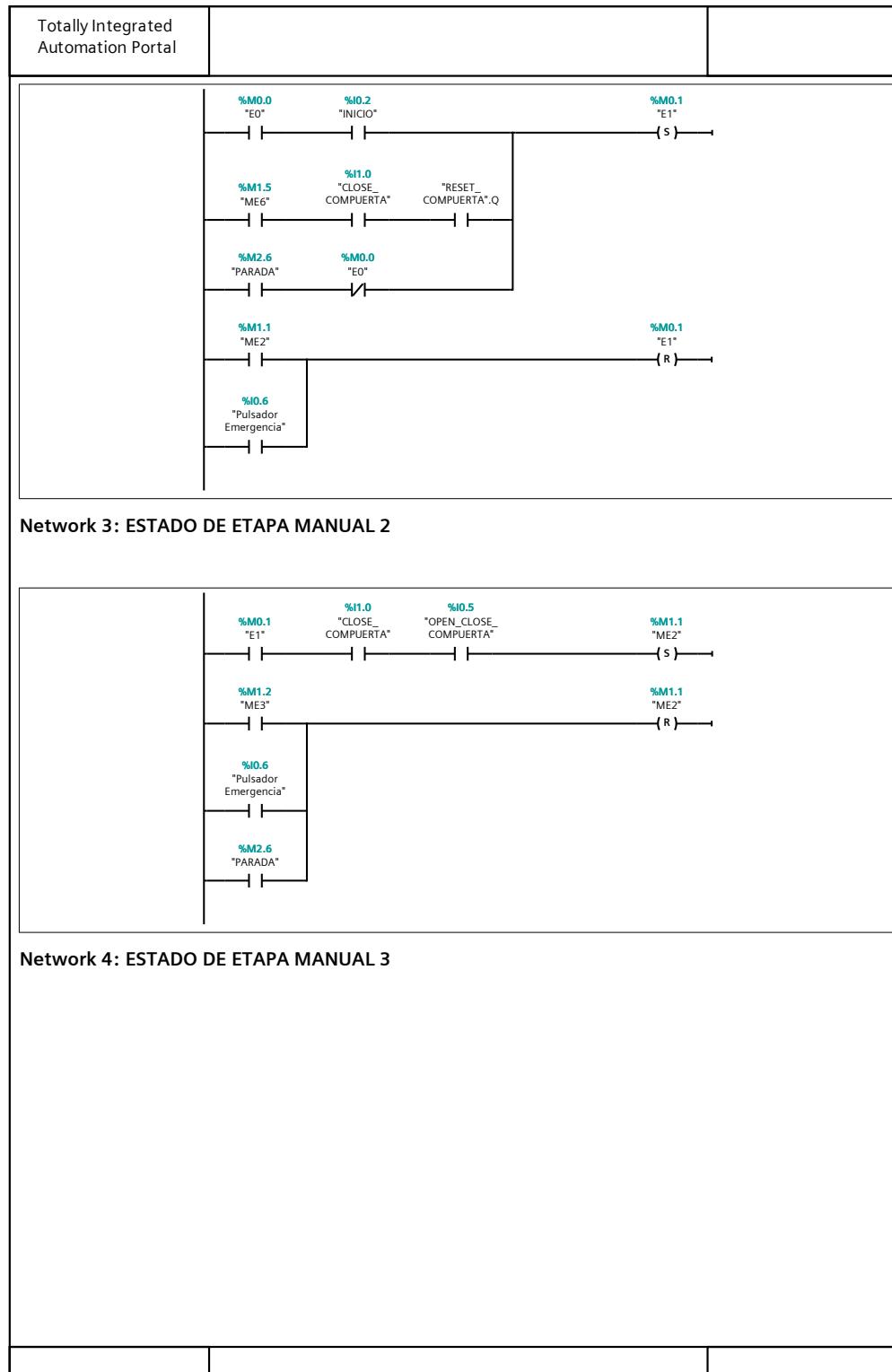


**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

**Anexo H: Programa de la actividad 3**

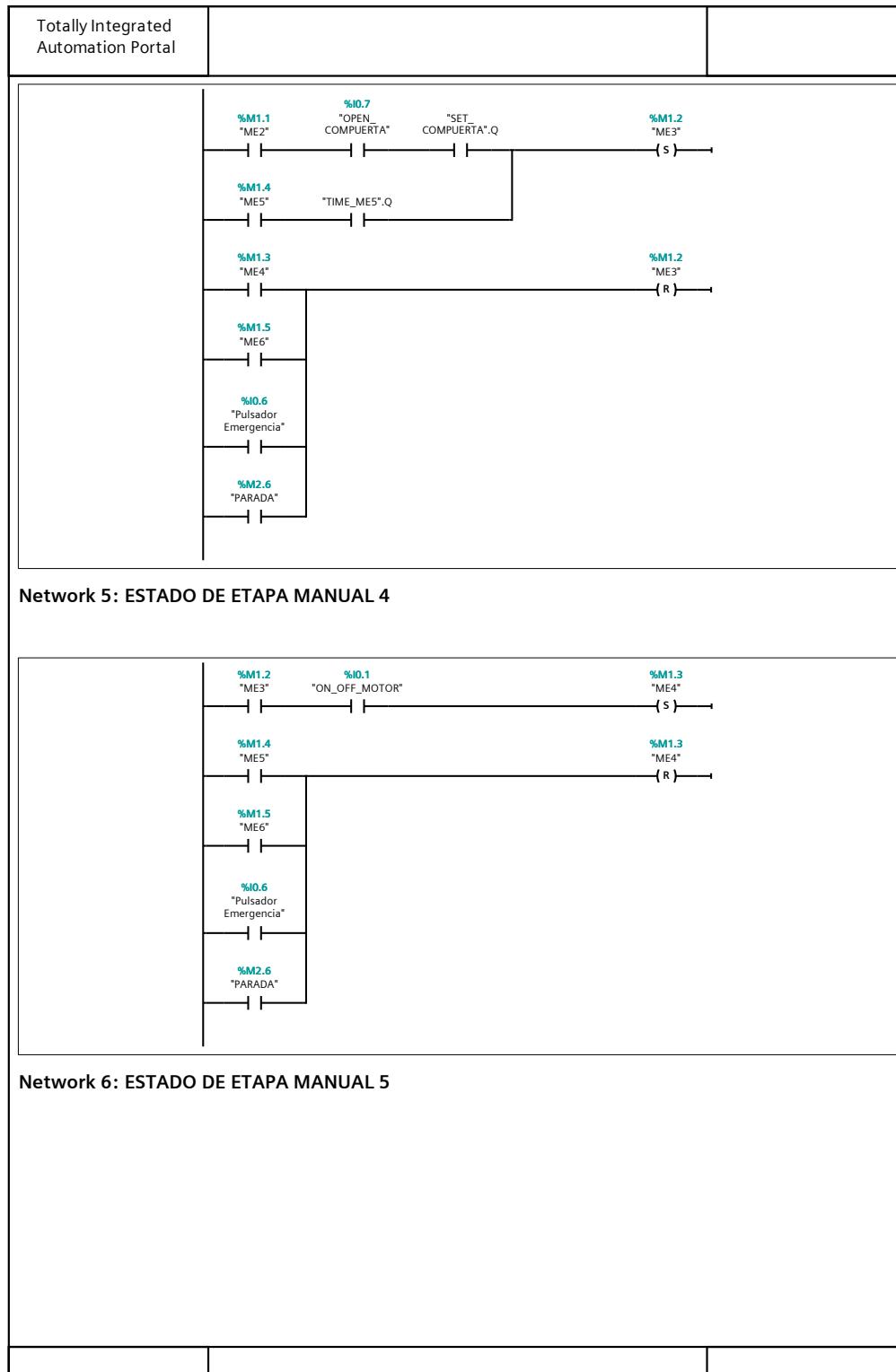
Totally Integrated Automation Portal																																		
<b>PLC_2 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks</b>																																		
<b>Main [OB1]</b>																																		
<b>Main Properties</b> <table border="1"> <tr> <td colspan="2"><b>General</b></td> </tr> <tr> <td>Name</td><td>Main</td> <td>Number</td><td>1</td> <td>Type</td><td>OB</td> </tr> <tr> <td>Language</td><td>LAD</td> <td>Numbering</td><td>Automatic</td> <td></td><td></td> </tr> <tr> <td colspan="6"><b>Information</b></td> </tr> <tr> <td>Title</td><td>"Main Program Sweep (Cycle)"</td> <td>Author</td><td></td> <td>Comment</td><td></td> </tr> <tr> <td>Family</td><td></td> <td>Version</td><td>0.1</td> <td>User-defined ID</td><td></td> </tr> </table>			<b>General</b>		Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD	Numbering	Automatic			<b>Information</b>						Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment		Family		Version	0.1	User-defined ID	
<b>General</b>																																		
Name	Main	Number	1	Type	OB																													
Language	LAD	Numbering	Automatic																															
<b>Information</b>																																		
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment																														
Family		Version	0.1	User-defined ID																														
<table border="1"> <thead> <tr> <th>Name</th> <th>Data type</th> <th>Default value</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td colspan="2">▼ Input</td><td></td></tr> <tr> <td>Initial_Call</td><td>Bool</td><td></td></tr> <tr> <td>Remanence</td><td>Bool</td><td></td></tr> <tr> <td colspan="2">▼ Temp</td><td></td></tr> <tr> <td>A</td><td>DWord</td><td></td></tr> <tr> <td>Constant</td><td></td><td></td></tr> </tbody> </table>			Name	Data type	Default value	▼ Input			Initial_Call	Bool		Remanence	Bool		▼ Temp			A	DWord		Constant													
Name	Data type	Default value																																
▼ Input																																		
Initial_Call	Bool																																	
Remanence	Bool																																	
▼ Temp																																		
A	DWord																																	
Constant																																		
<b>Network 1: ESTADO ETAPA 0</b> <pre>     graph LR       I06["%I0.6 Pulsador Emergencia"] --- M01["%M0.1 E1"]       I06 --- M11["%M1.1 ME2"]       I06 --- M12["%M1.2 ME3"]       I06 --- M13["%M1.3 ME4"]       M01 --- M14["%M1.4 ME5"]       M11 --- M14       M12 --- M14       M13 --- M14       M14 --- M15["%M1.5 ME6"]       M15 --- M00["%M0.0 E0"]       M00 --- R["(R)"]   </pre>																																		
<b>Network 2: ESTADO DE ETAPA 1</b>																																		

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

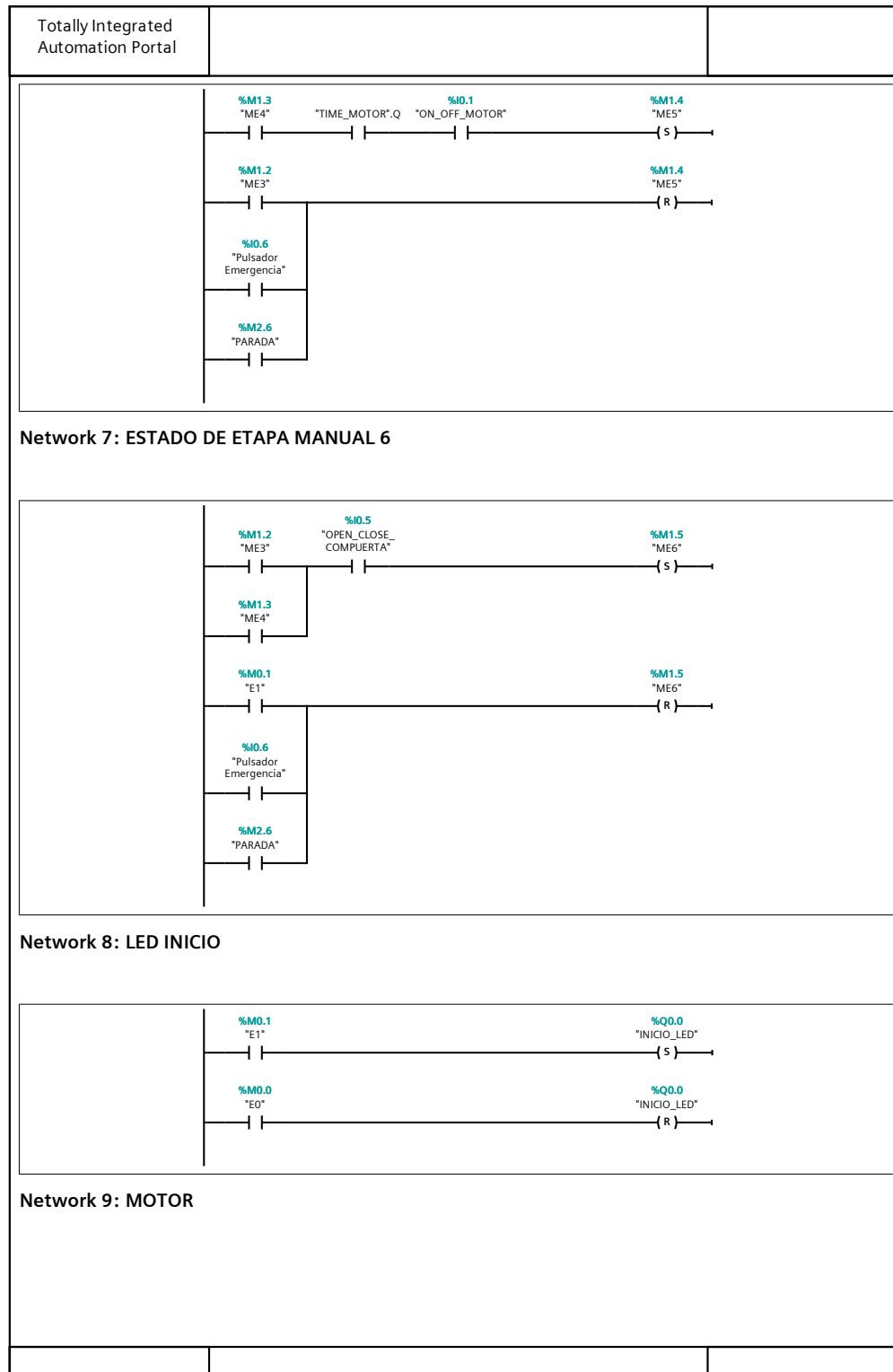


**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

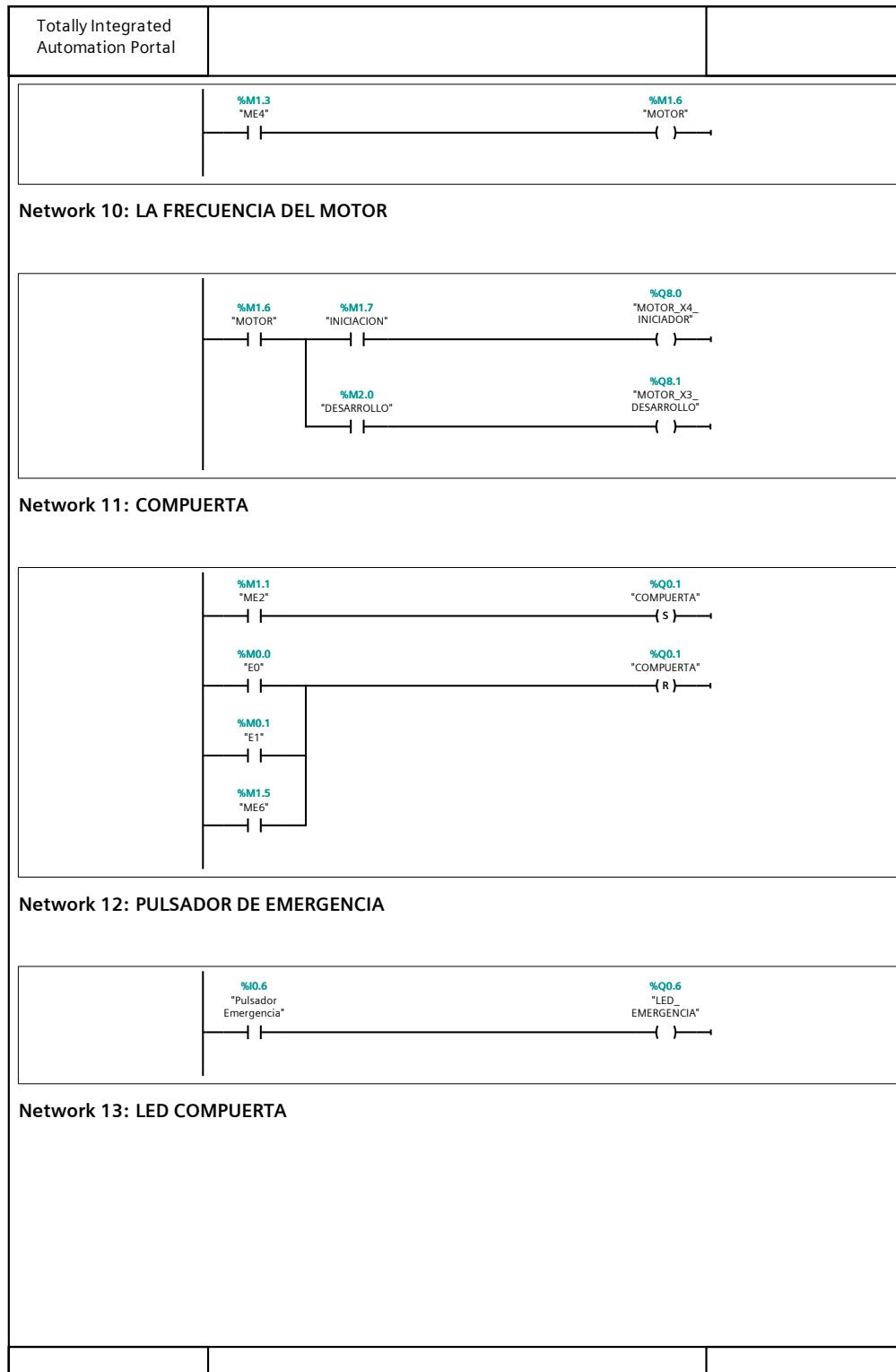
---



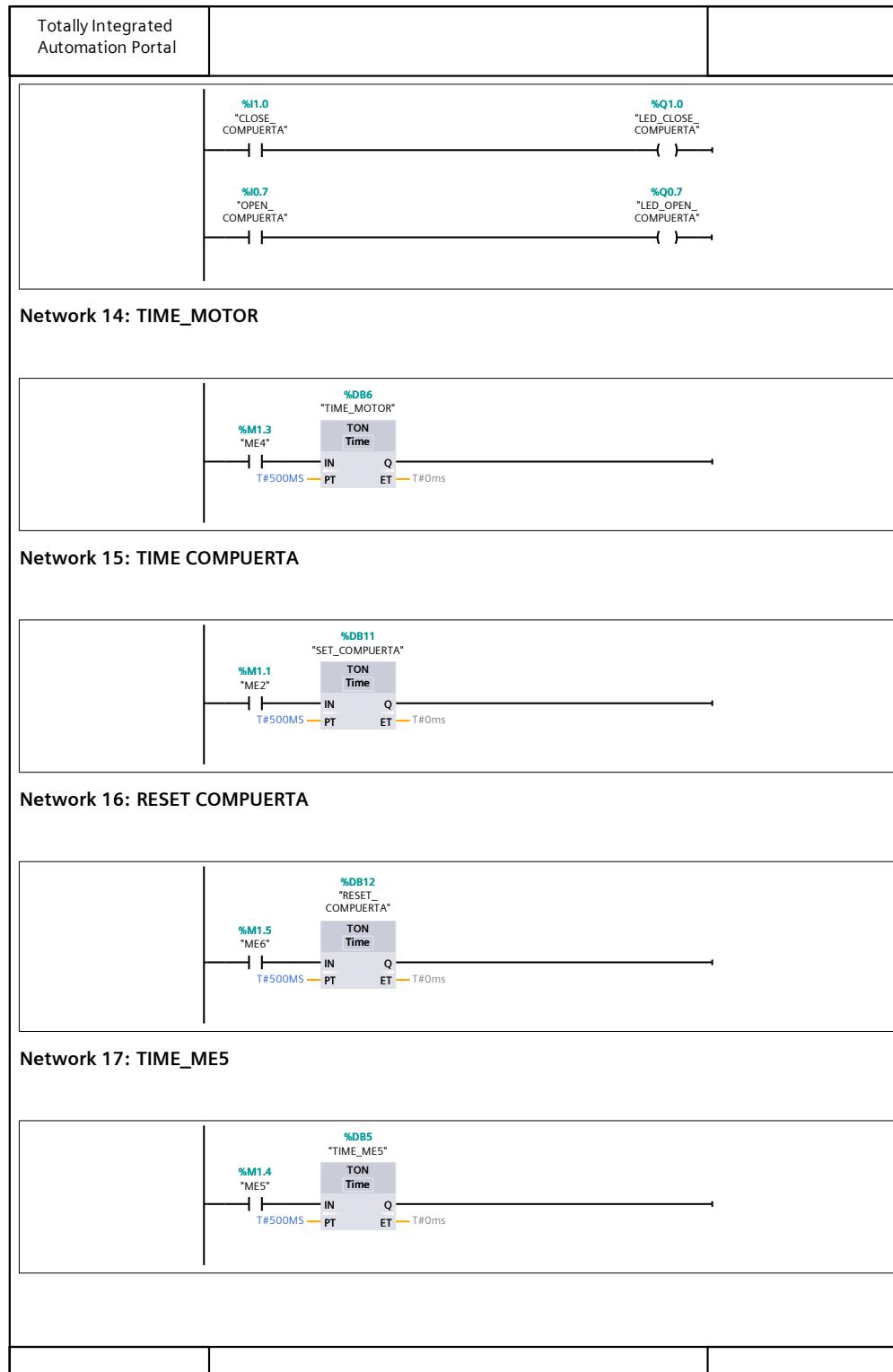
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

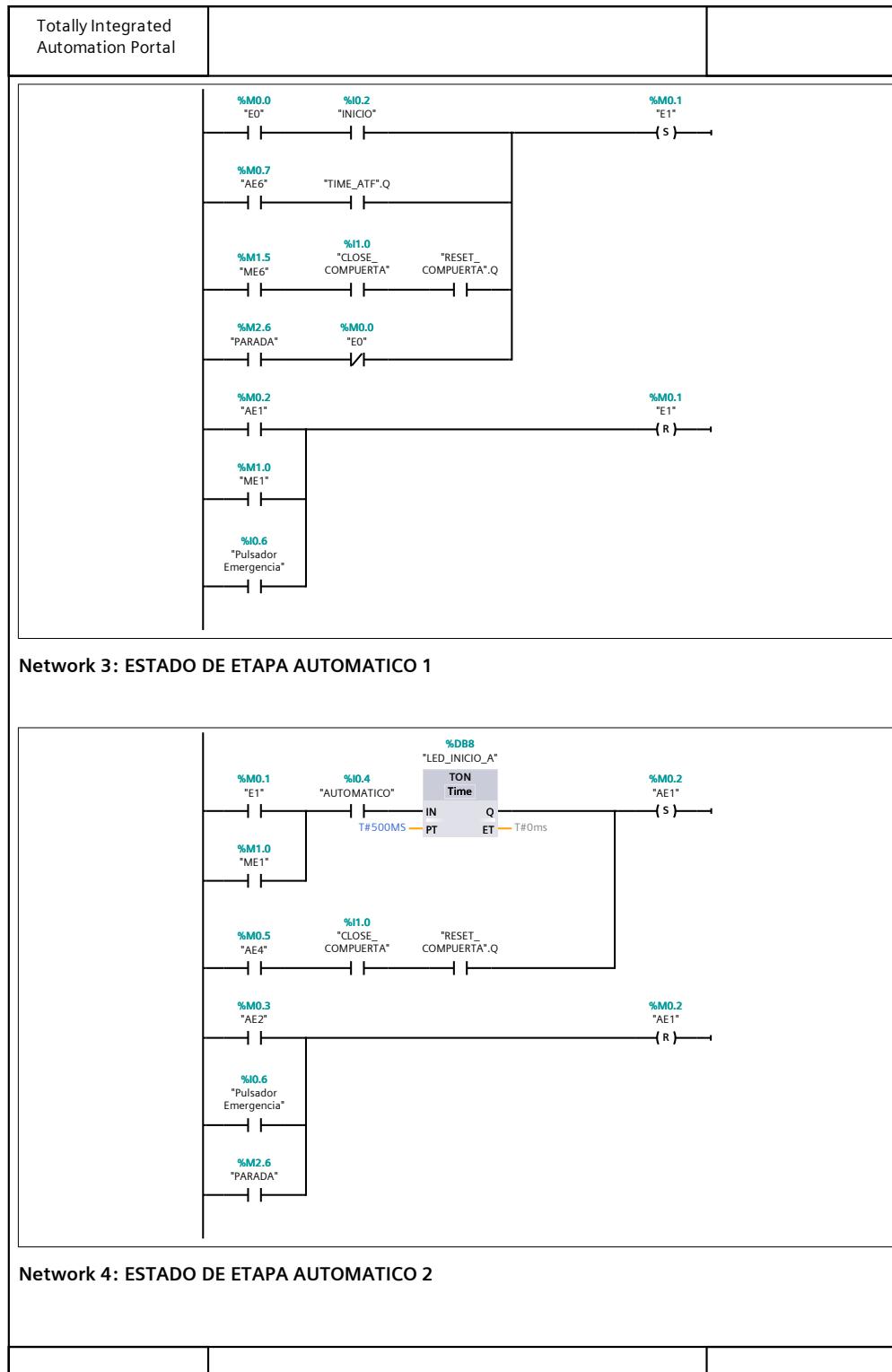


**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

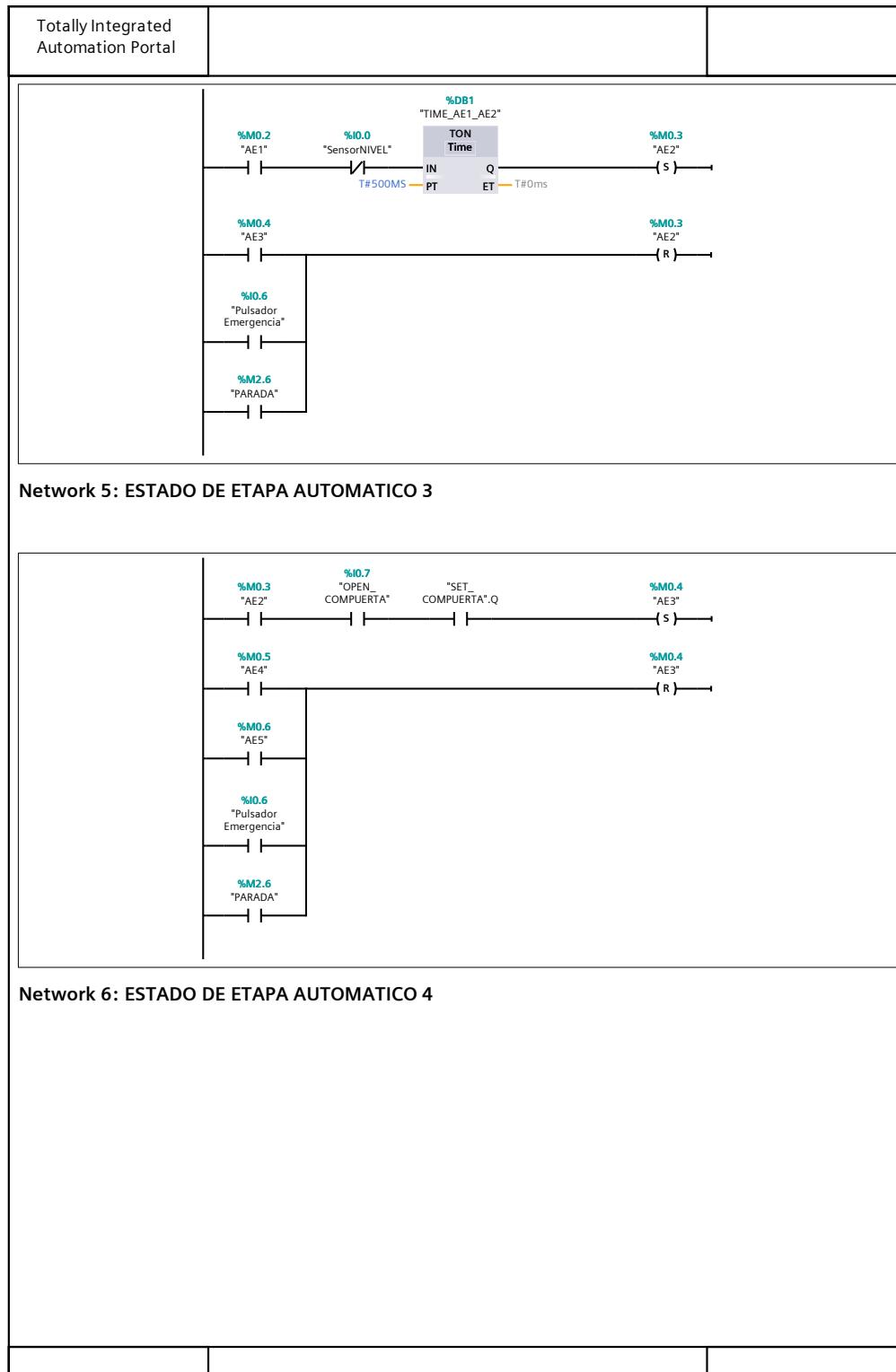
**Anexo I: Programa de la actividad 4**

Totally Integrated Automation Portal																																																																																							
<p><b>PLC_2 [CPU 1214C DC/DC/DC] / Program blocks</b></p> <p><b>Main [OB1]</b></p> <table border="1" style="width: 100%; border-collapse: collapse; font-size: small;"> <tr> <th colspan="6">Main Properties</th> </tr> <tr> <th colspan="6">General</th> </tr> <tr> <td>Name</td> <td>Main</td> <td>Number</td> <td>1</td> <td>Type</td> <td>OB</td> </tr> <tr> <td>Language</td> <td>LAD</td> <td>Numbering</td> <td>Automatic</td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <th colspan="6">Information</th> </tr> <tr> <td>Title</td> <td>"Main Program Sweep (Cycle)"</td> <td>Author</td> <td></td> <td>Comment</td> <td></td> </tr> <tr> <td>Family</td> <td></td> <td>Version</td> <td>0.1</td> <td>User-defined ID</td> <td></td> </tr> <tr> <th>Name</th> <th>Data type</th> <th>Default value</th> <th colspan="3">Comment</th> </tr> <tr> <td colspan="6"><b>▼ Input</b></td> </tr> <tr> <td>Initial_Call</td> <td>Bool</td> <td></td> <td colspan="3">Initial call of this OB</td> </tr> <tr> <td>Remanence</td> <td>Bool</td> <td></td> <td colspan="3">=True, if remanent data are available</td> </tr> <tr> <td colspan="6"><b>▼ Temp</b></td> </tr> <tr> <td>A</td> <td>DWord</td> <td></td> <td colspan="3"></td> </tr> <tr> <td>Constant</td> <td></td> <td></td> <td colspan="3"></td> </tr> </table> <p><b>Network 1: ESTADO ETAPA 0</b></p> <pre>     graph TD         N1[1] --- M01["%M0.1 -E1"]         N1 --- M02["%M0.2 -AE1"]         N2[2] --- I06["%I0.6 -Pulsador Emergencia"]         N3[3] --- M01_2["%M0.1 -E1"]         N4[4] --- M07["%M0.7 -AE6"]         N4 --- M10["%M1.0 -ME1"]         N5[5] --- M11["%M1.1 -ME2"]         N5 --- M12["%M1.2 -ME3"]         N6[6] --- M13["%M1.3 -ME4"]         N6 --- M14["%M1.4 -ME5"]     </pre> <p><b>Network 2: ESTADO DE ETAPA 1</b></p> <pre>     graph TD         N1[1] --- M15["%M1.5 -ME6"]         N1 --- M00["%M0.0 -EO"]         N2[2] --- M15_2["%M1.5 -ME6"]         N3[3] --- M00_2["%M0.0 -EO"]         N4[4] --- M15_3["%M1.5 -ME6"]     </pre>				Main Properties						General						Name	Main	Number	1	Type	OB	Language	LAD	Numbering	Automatic			Information						Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment		Family		Version	0.1	User-defined ID		Name	Data type	Default value	Comment			<b>▼ Input</b>						Initial_Call	Bool		Initial call of this OB			Remanence	Bool		=True, if remanent data are available			<b>▼ Temp</b>						A	DWord					Constant					
Main Properties																																																																																							
General																																																																																							
Name	Main	Number	1	Type	OB																																																																																		
Language	LAD	Numbering	Automatic																																																																																				
Information																																																																																							
Title	"Main Program Sweep (Cycle)"	Author		Comment																																																																																			
Family		Version	0.1	User-defined ID																																																																																			
Name	Data type	Default value	Comment																																																																																				
<b>▼ Input</b>																																																																																							
Initial_Call	Bool		Initial call of this OB																																																																																				
Remanence	Bool		=True, if remanent data are available																																																																																				
<b>▼ Temp</b>																																																																																							
A	DWord																																																																																						
Constant																																																																																							

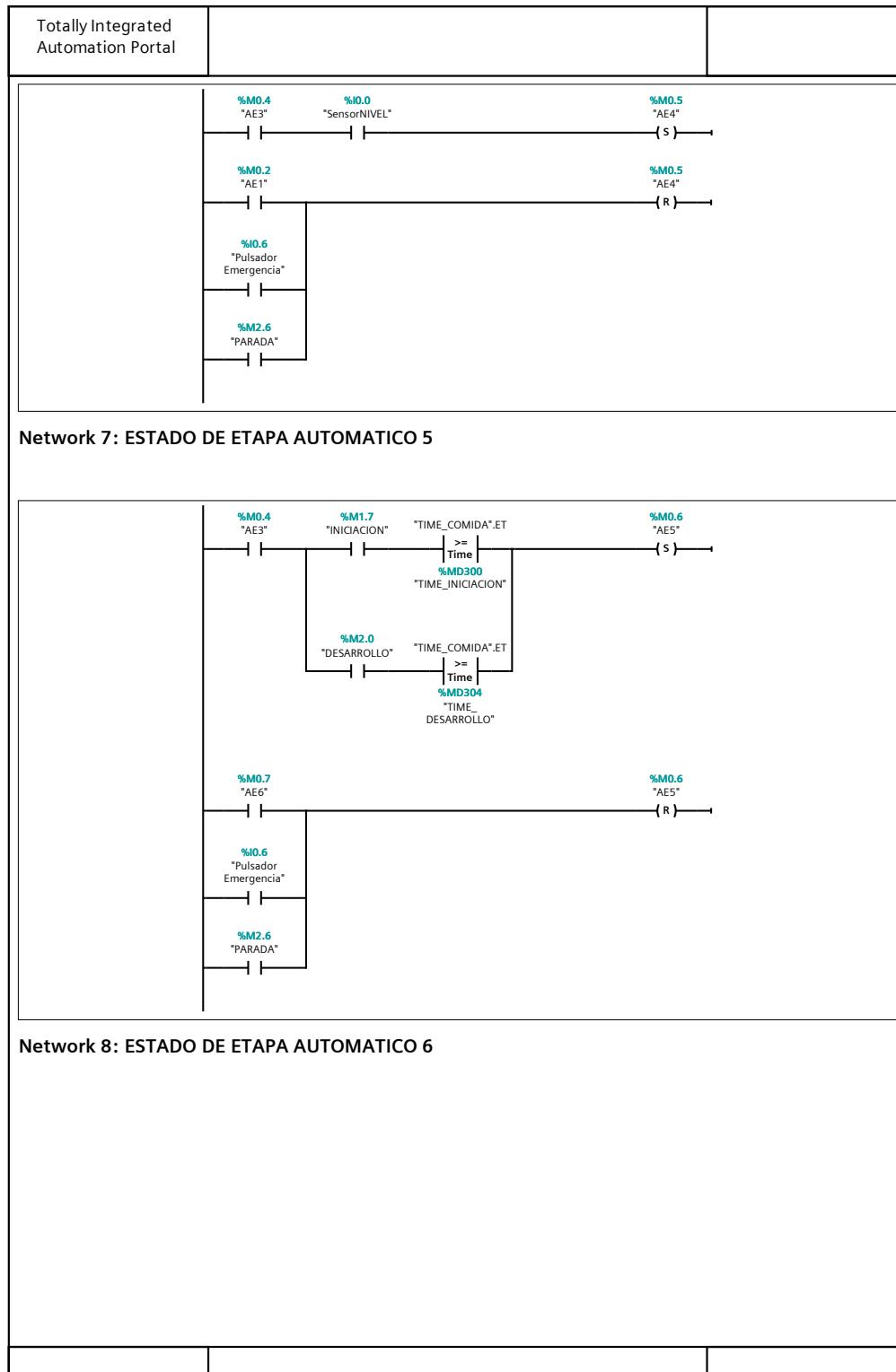
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



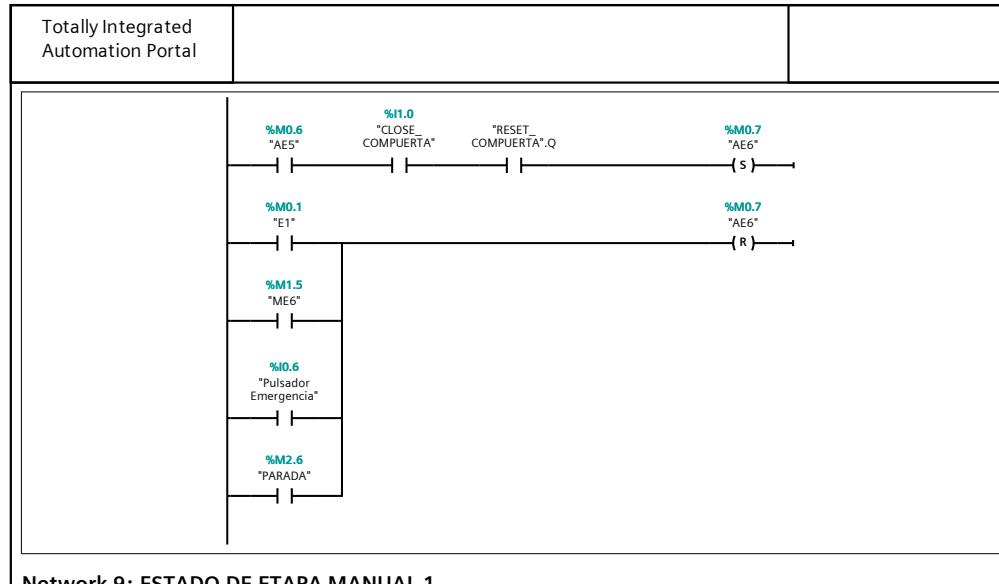
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



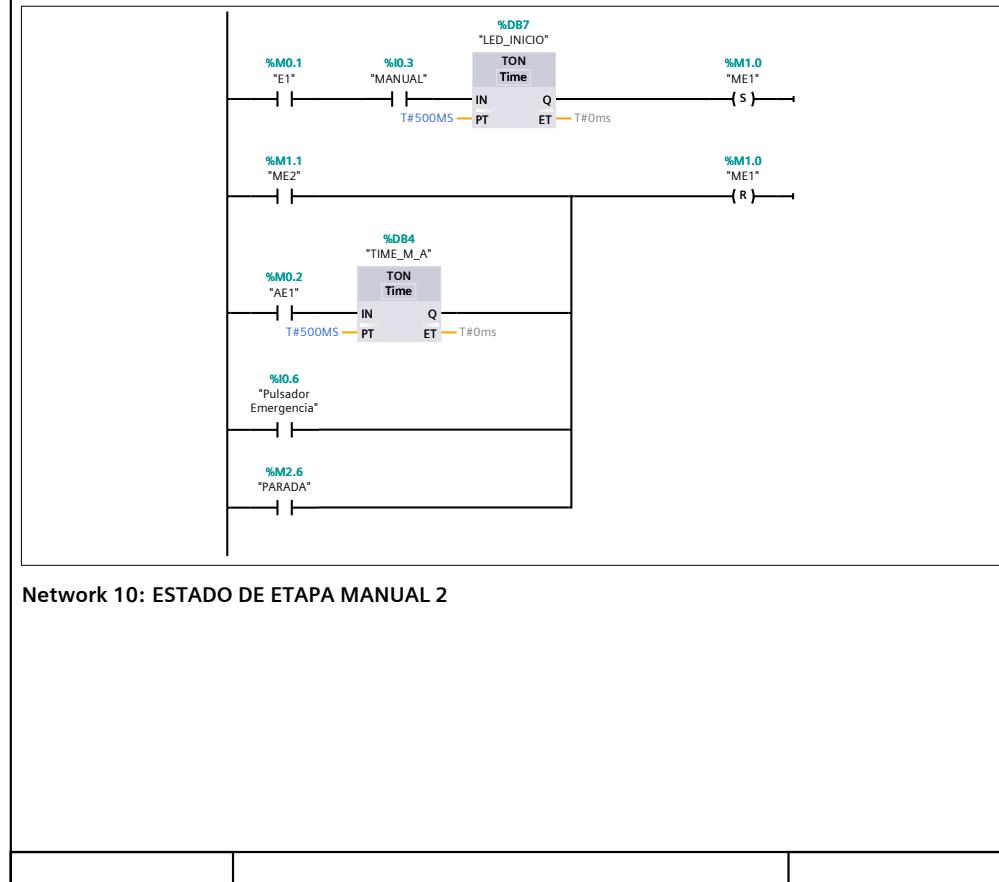
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

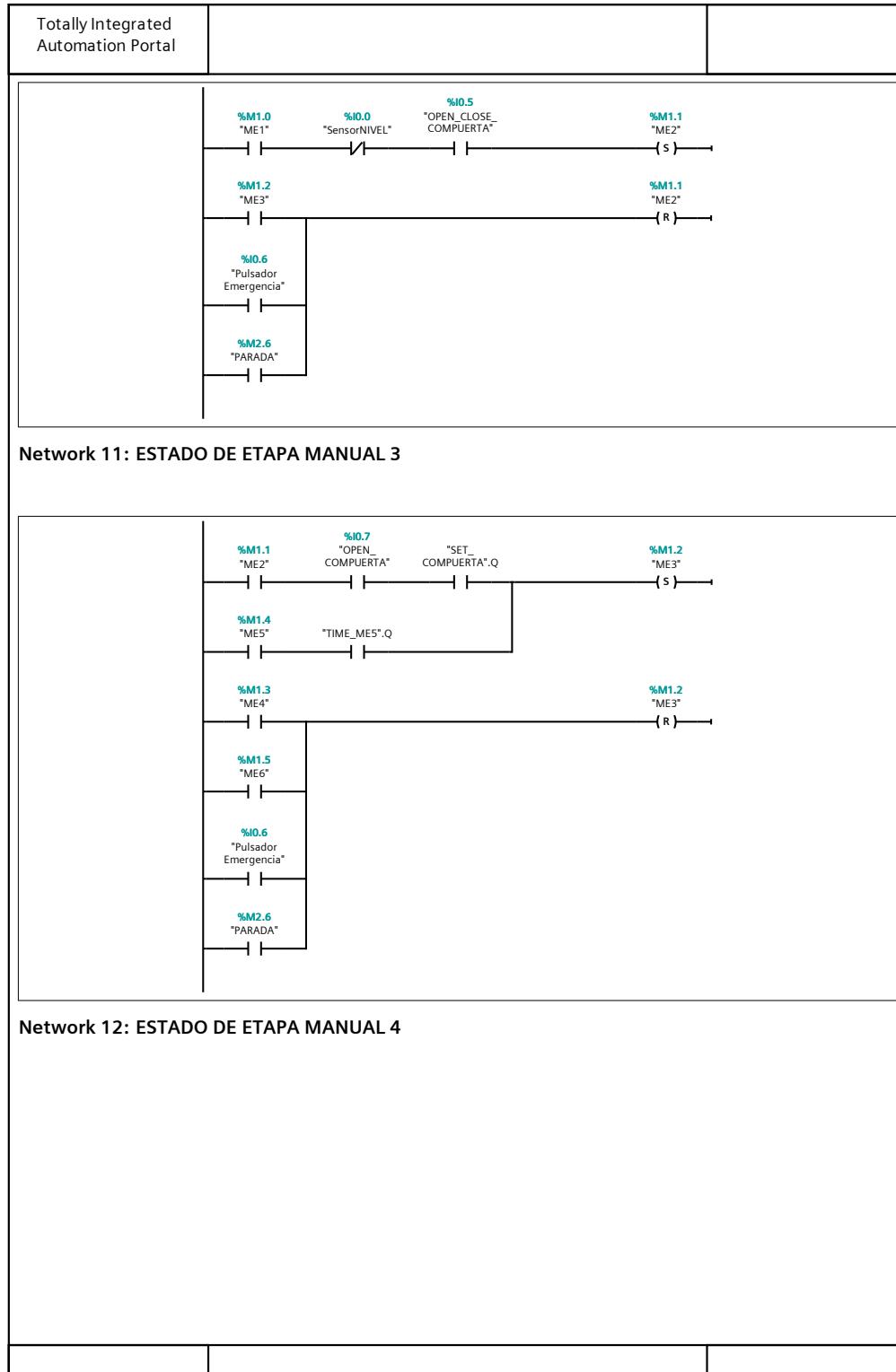


Network 9: ESTADO DE ETAPA MANUAL 1



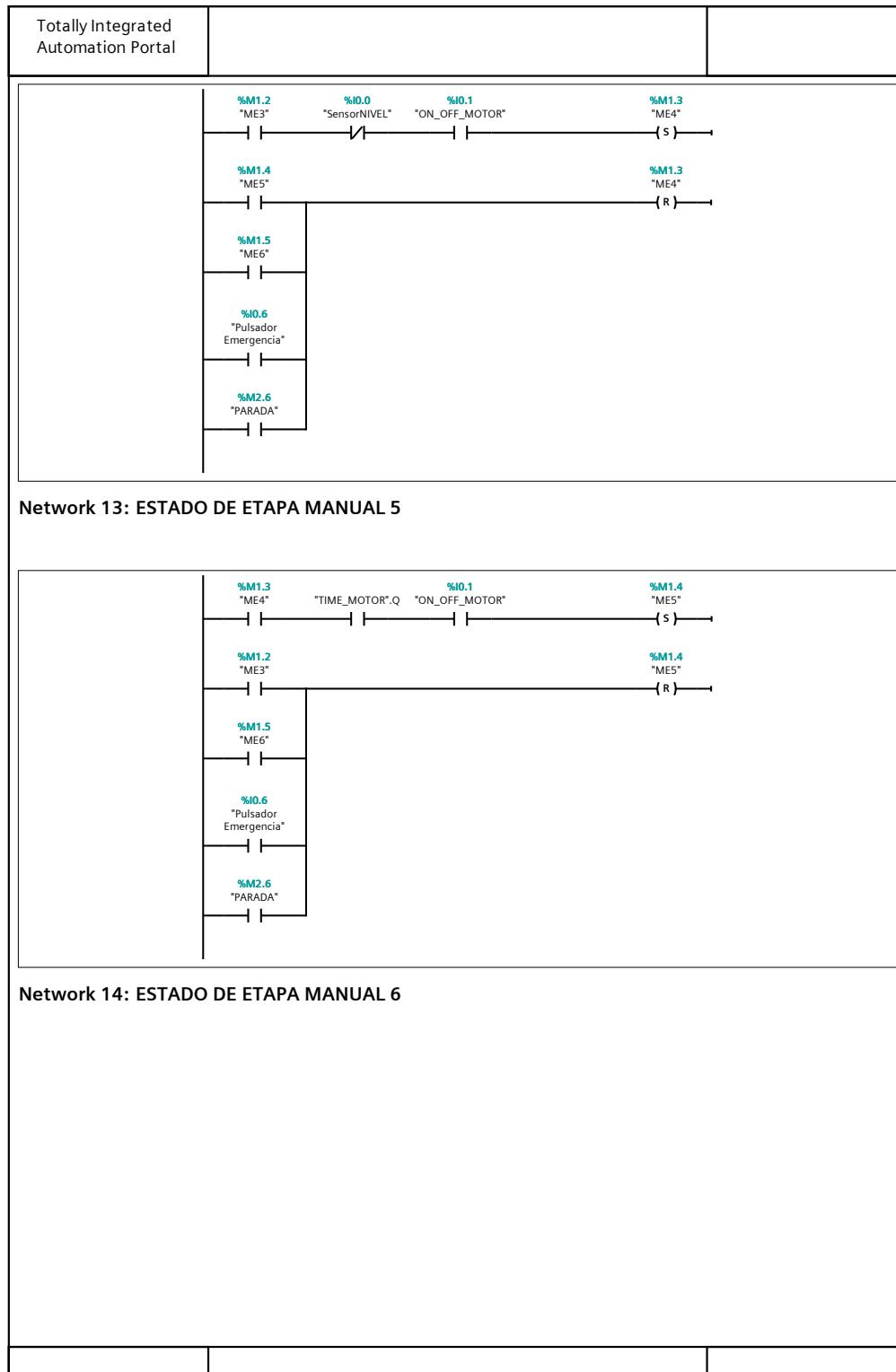
Network 10: ESTADO DE ETAPA MANUAL 2

# DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.

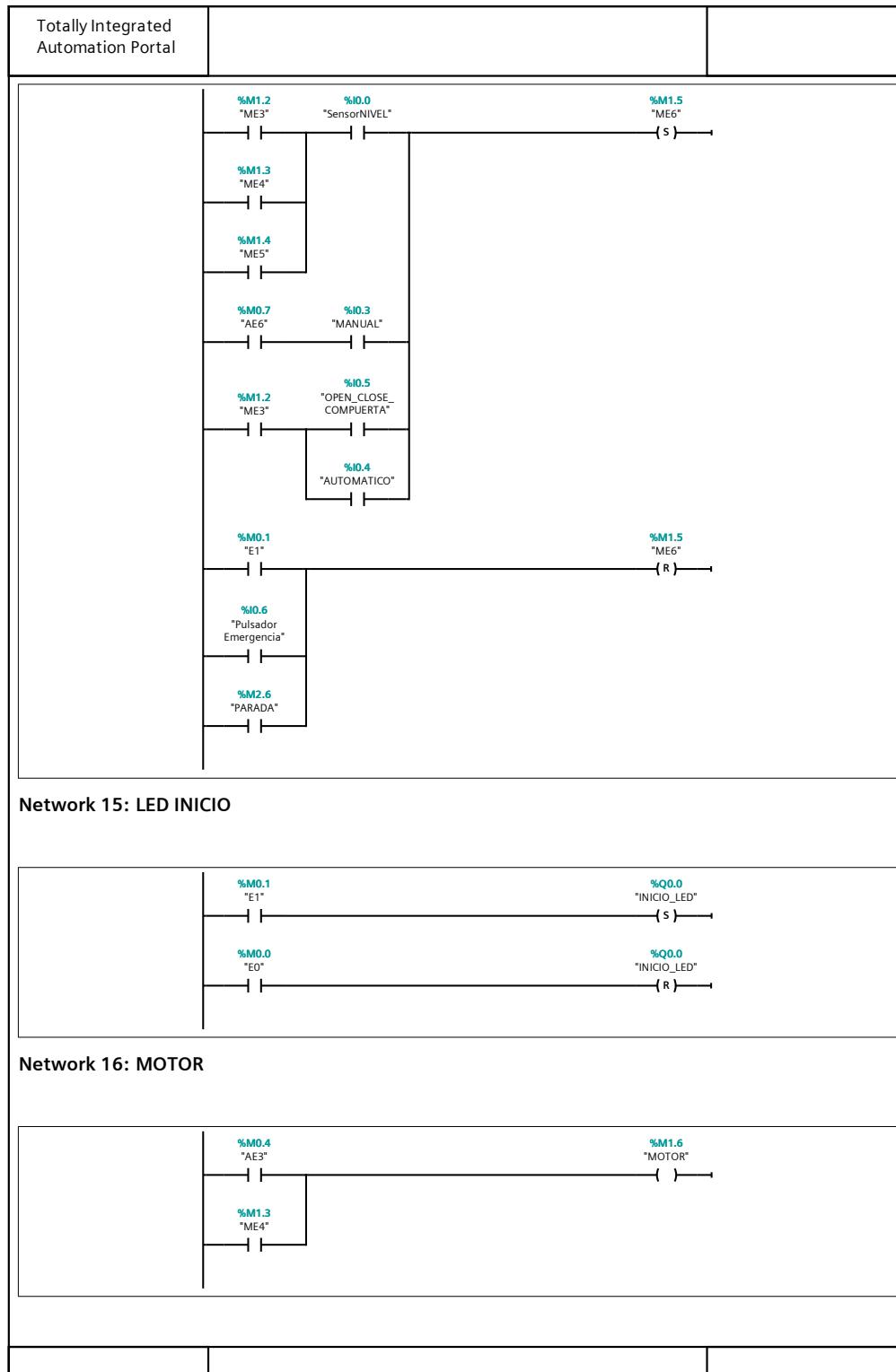


**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

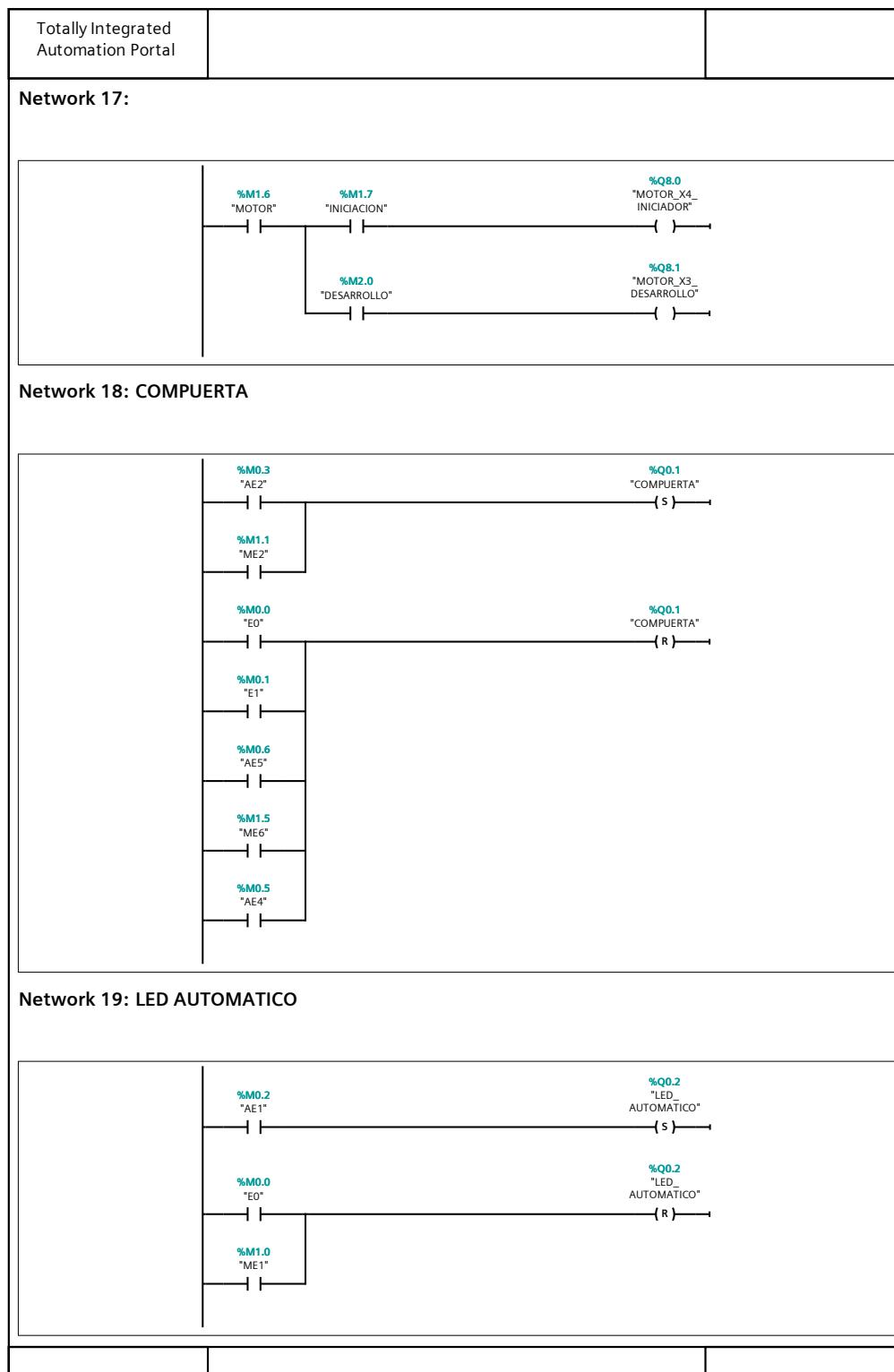
---



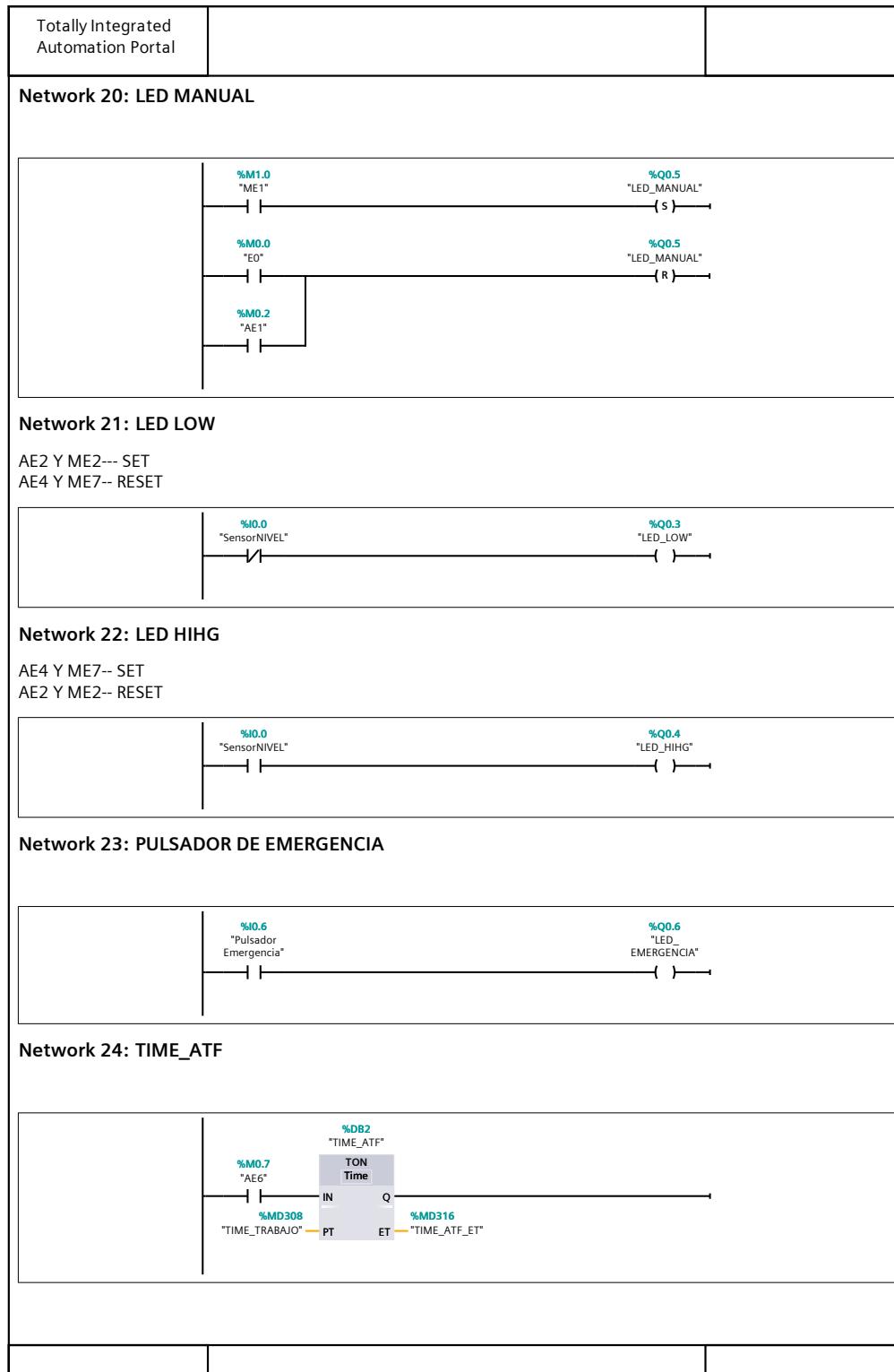
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



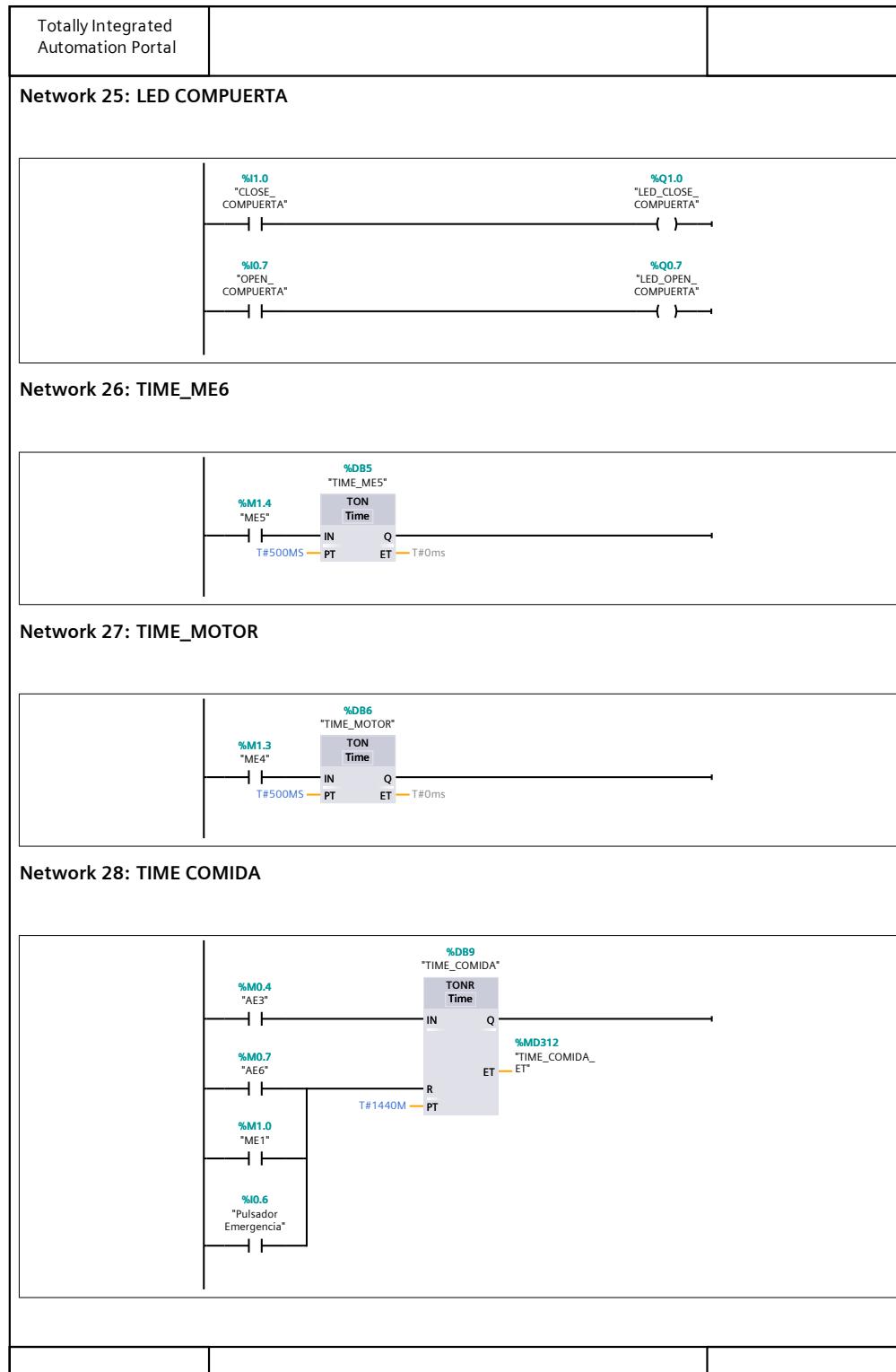
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



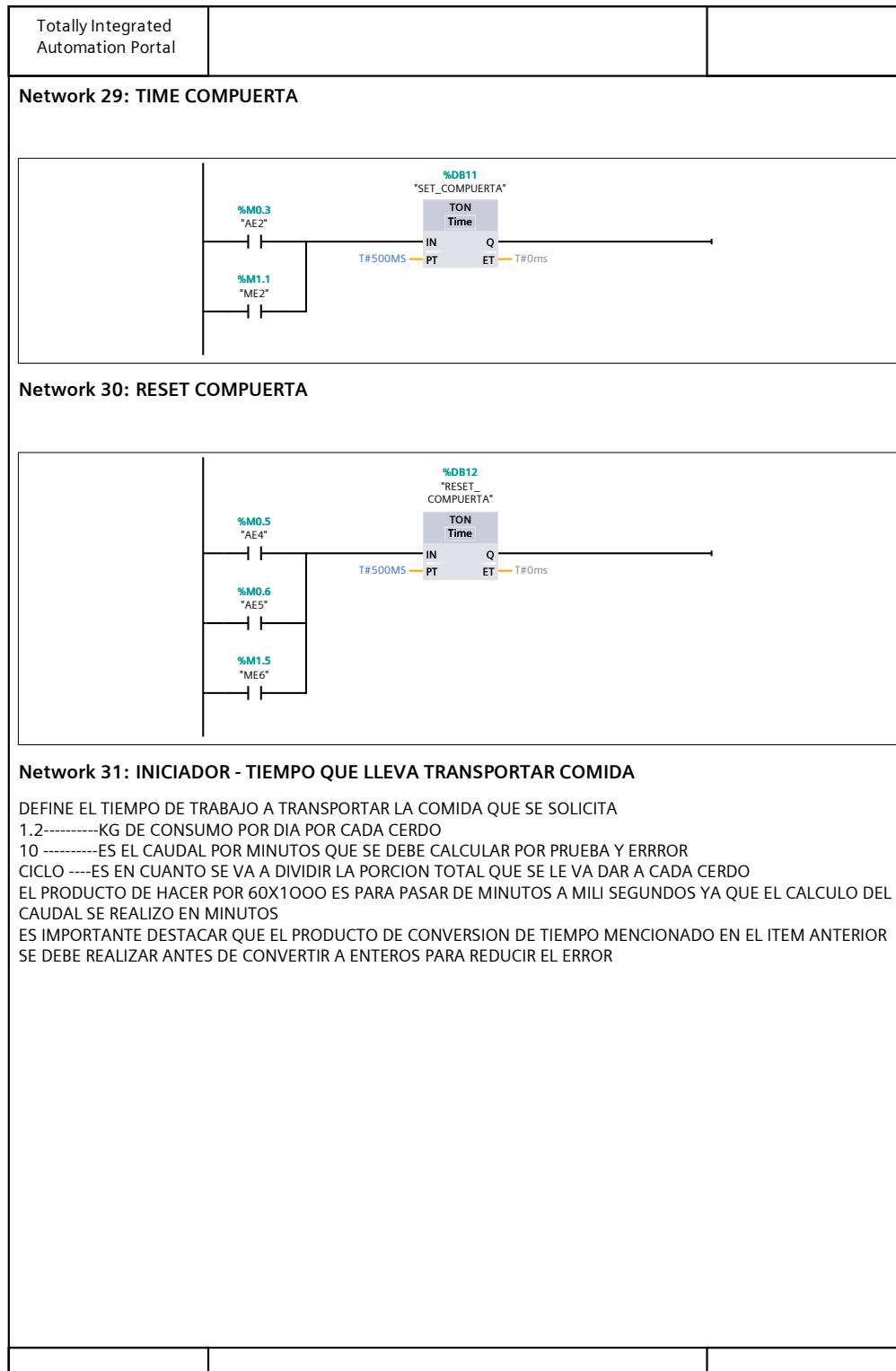
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



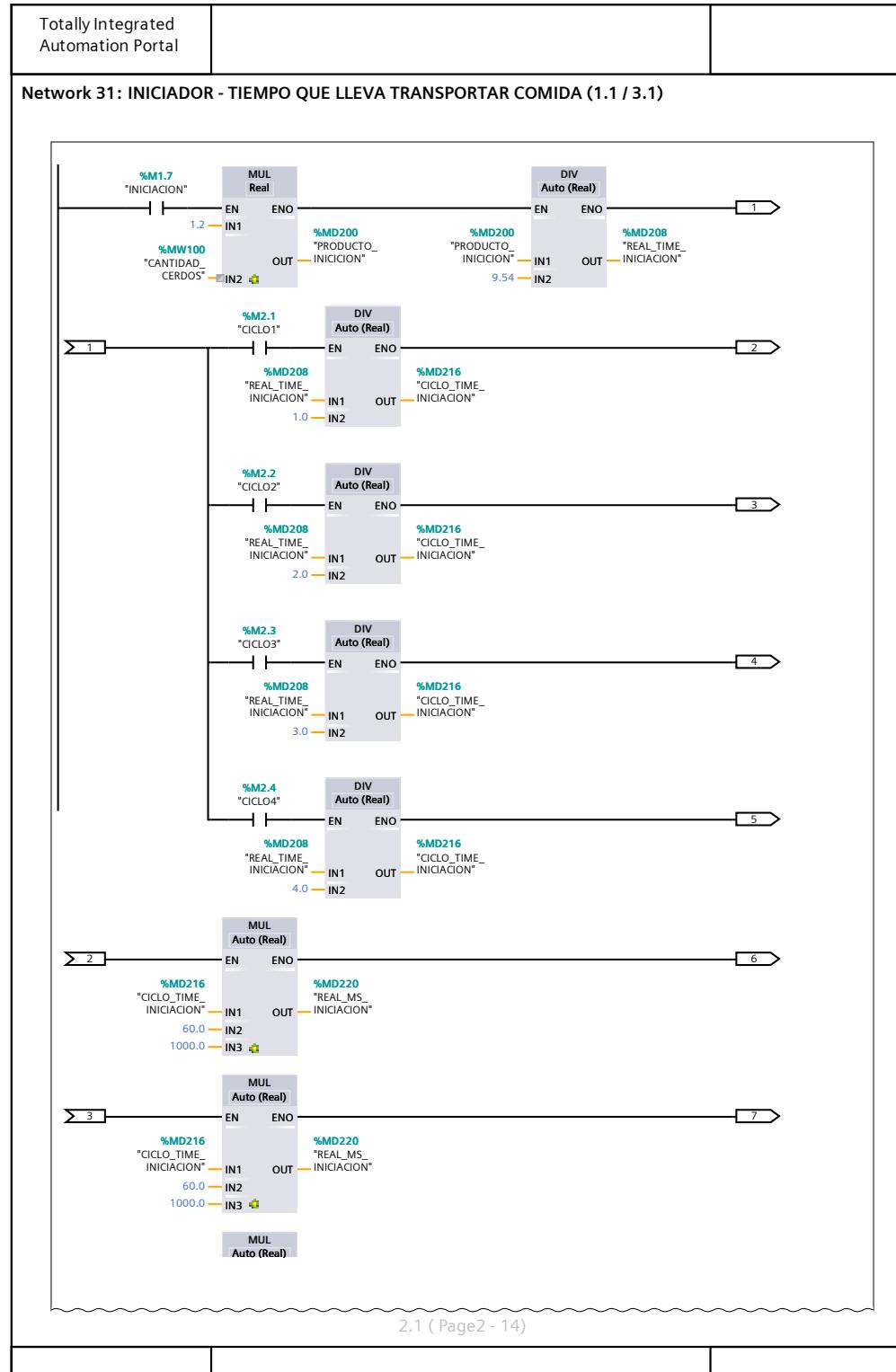
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



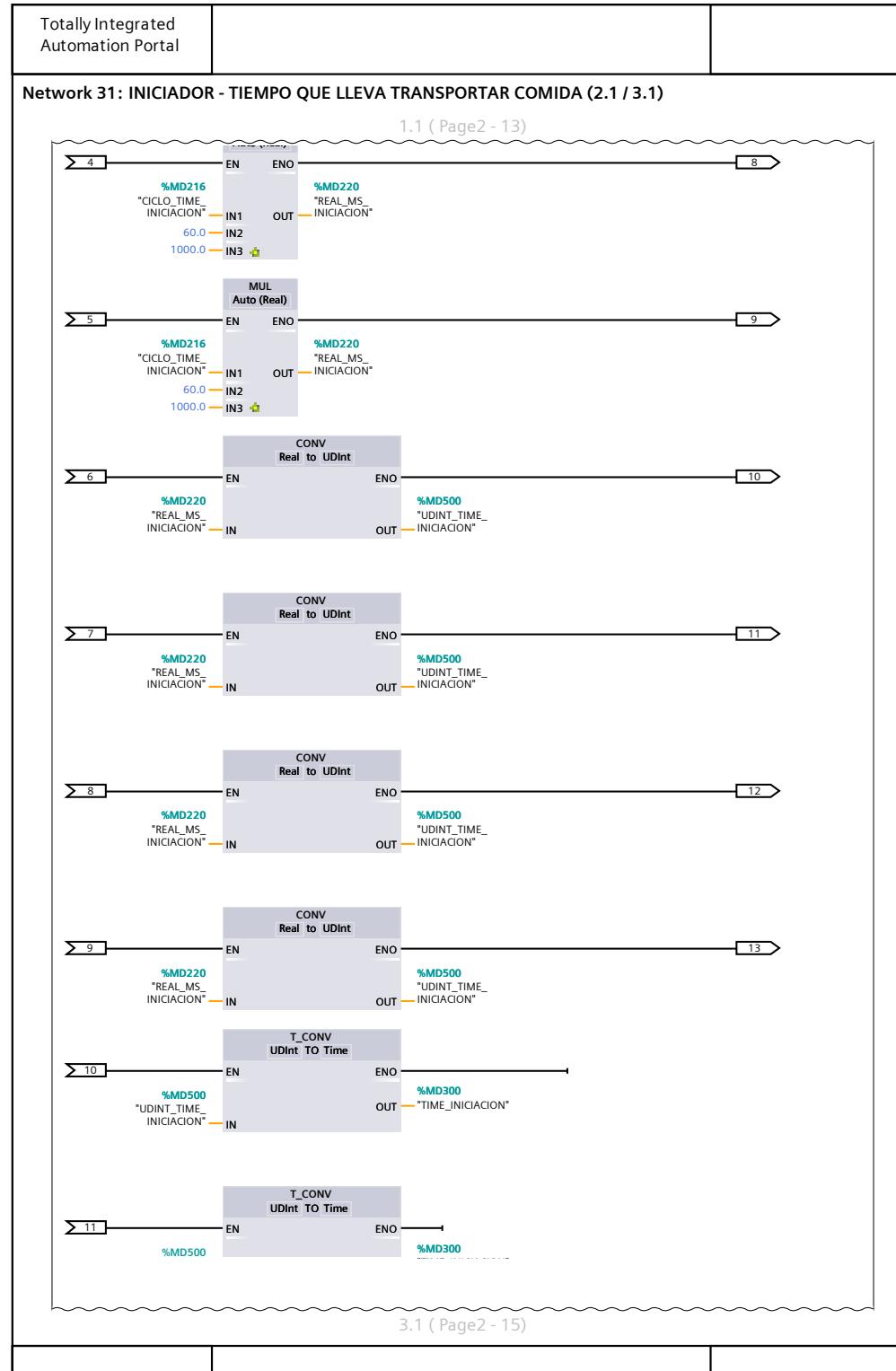
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



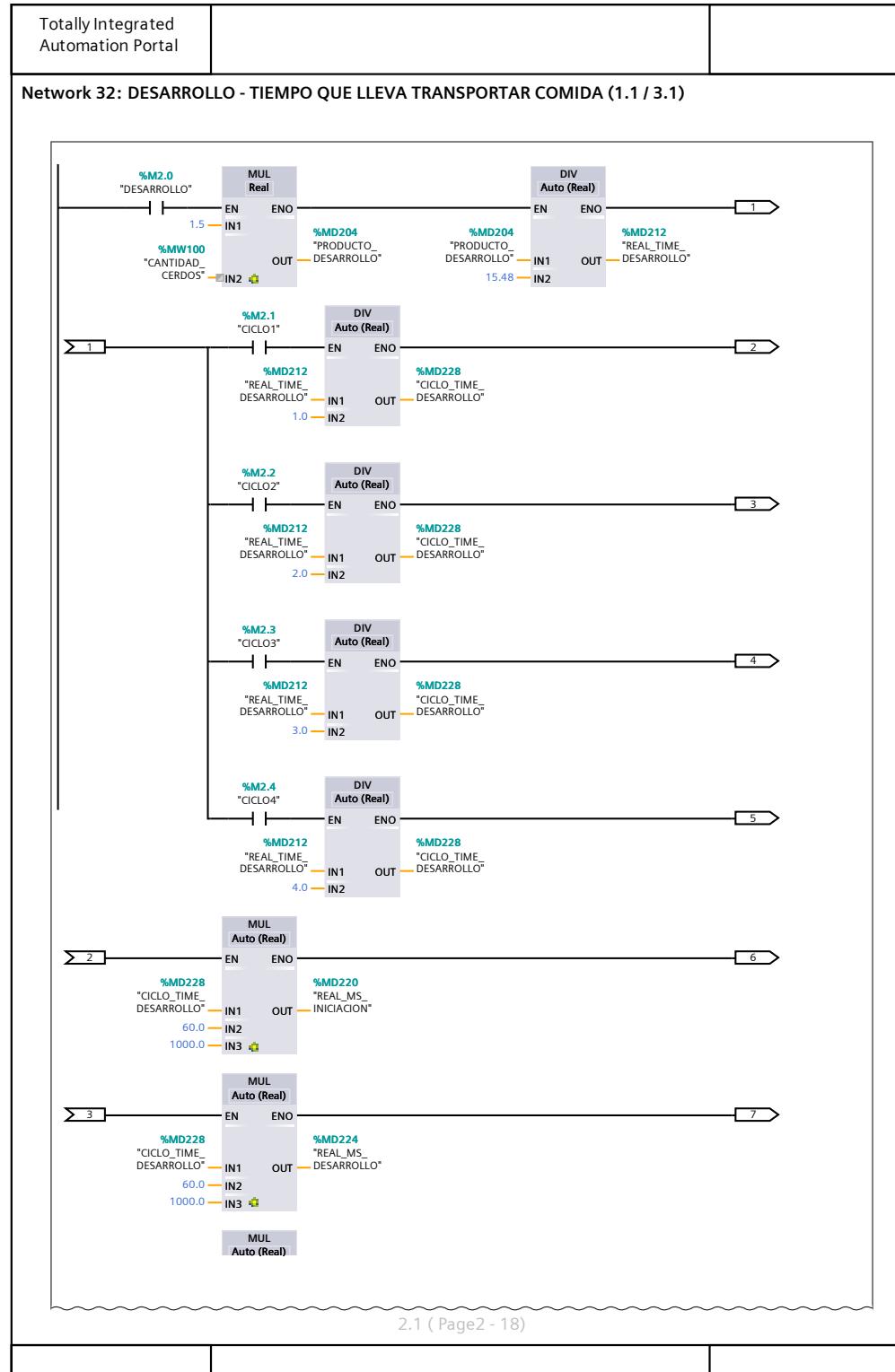
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



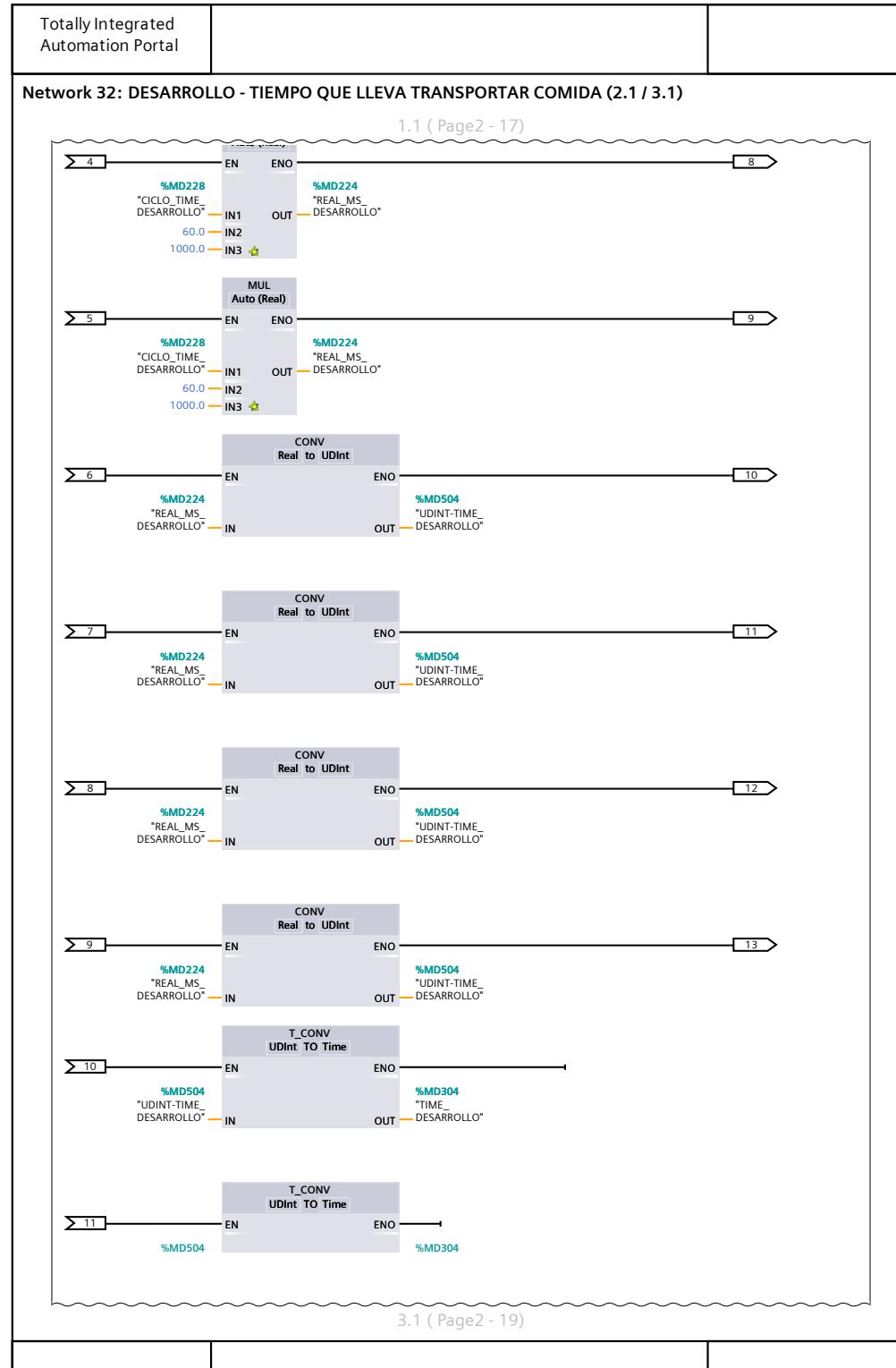
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



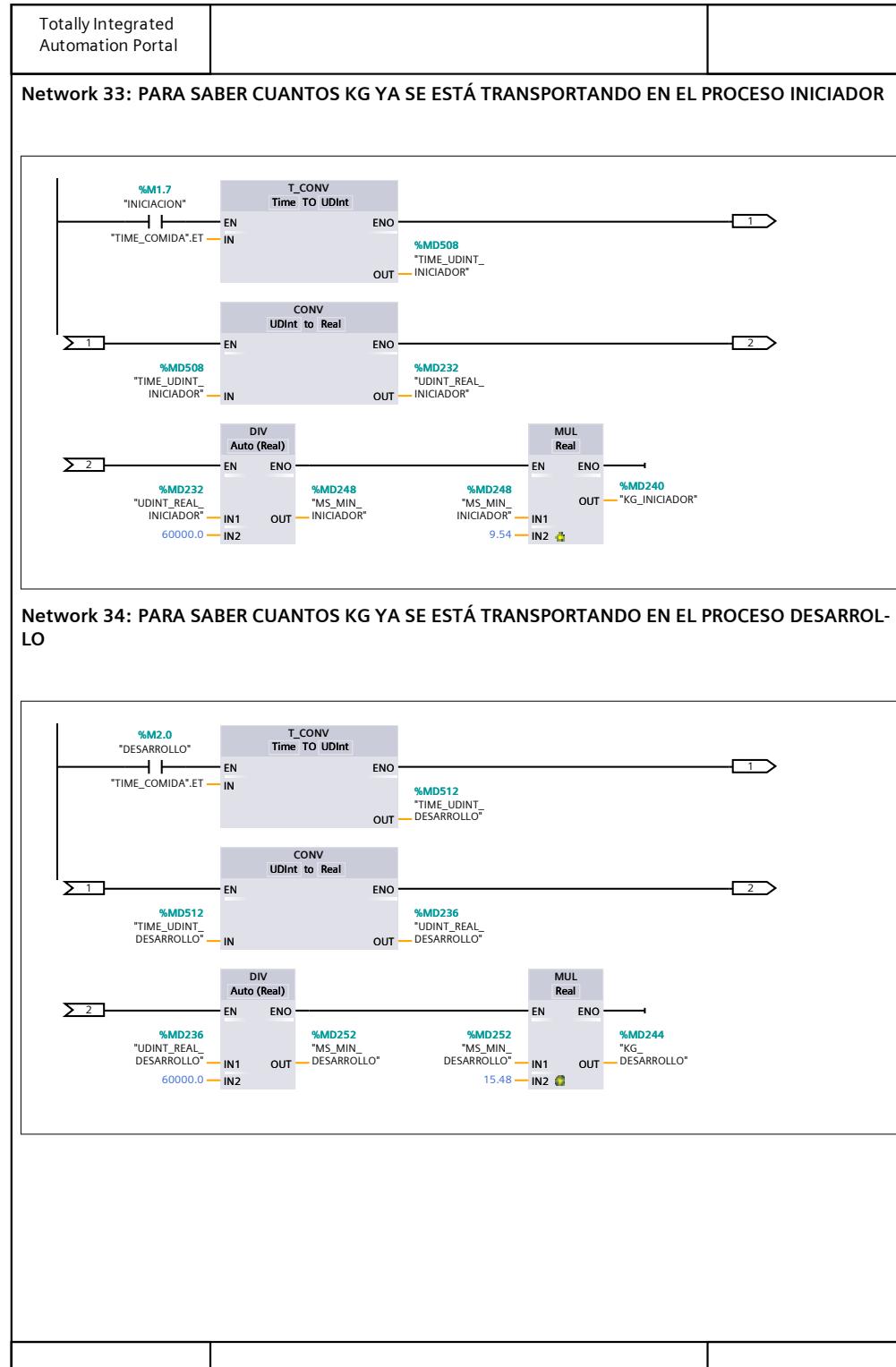
**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

**Anexo J: Implementación**



Tornillo sinfín sin eje, flexible



Zona de carga



Acoplamiento del tornillo



Poleas y correa

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**



Tablero de mando



Conexión del sistema



Bancada entrenador

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

**Anexo K: Alimentos balanceados para porcinos**

ALIMENTOS BALANCEADOS PARA PORCINOS USO VETERINARIO		PORCINO INICIADOR FCV			
<b>USO DEL PRODUCTO:</b> suministrar de 3 a 5% de su peso vivo, de 0,5 a 1,5 kg por animal/día desde los 10 kg. hasta 25 kg. en etapa inicial, agua fresca de 2 a 4 litros por cada Kg. de ración.					
<b>MATERIA PRIMA:</b> Maíz, Sorgo, Triguillo, Afrecho de Arroz, Harina de Soja. <b>Aminoácidos:</b> Lisina 78%, Metionina 99%, L-Treonina 98,5%. Colina. <b>Adsorbente de micotoxinas:</b> Núcleo Vitamínicos: A, D3, E, K3, B1, B2, B6, B12, Ácido Pantoténico, Niacina, Ácido Fólico, Biotina, y Núcleo de Macro y Micro Minerales: Cloruro de sodio, Fosfato Dicálcico (Ca22% y P18%), Carbonato de Calcio, Manganeso, Zinc, Hierro, Cobre, Yodo, Selenio y Cobalto.					
<b>NIVELES NUTRICIONALES</b>					
<b>PORCENTUALES</b>		<b>POR Kg. del PRODUCTO</b>			
Proteína Bruta min. % .....	18,00	Vitamina A.....	7.000 UI.....		
E.M. min. Kcal/kg.....	3250	Vitamina D3.....	1.500 UI.....		
Extracto Etéreo máx. % .....	3,50	Vitamina E.....	40,00 UI.....		
Fibra Bruta máx. % .....	3,50	Vitamina K3.....	3,00 mg.....		
Cenizas máx. % .....	5,00	Vitamina B1.....	1,00 mg.....		
Humedad máx. % .....	12,00	Vitamina B2.....	3,50 mg.....		
Calcio % .....	0,60	Vitamina B6.....	2,00 mg.....		
Fosforo %.....	0,30	Vitamina B12.....	0,2 mg.....		
Lisina Total % .....	1,1	Ácido Pantoténico (B5).....	15 mg.....		
Metionina % .....	0,3	Niacina (B3) .....	30 mg.....		
Secuestrante % .....	0,1	Ácido Fólico.....	0,30 mg.....		
		Biotina (B7).....	0,1 mg.....		
<b>Fábrica de Productos Balanceados (FCV).</b> <b>Habilitación de Establecimiento SENACSA: N° 1.439</b> <b>Registro de Producto SENACSA: N° 15.360</b> <b>Dirección: Ruta No 2 Mcal. Estigarribia Km. 10 1/2 – San Lorenzo –Paraguay</b> <b>Tel: 021570163 email: fabricadealimentos@vet.una.py</b> <b>Asesor Técnico: Dr. Alejandro Pino Mieres. Reg. Prof. N°: 1.863</b> <b>A. Técnico Adjunto: Dr. Marcos A. Paez Aquino, Mcs. Reg. Prof. N° 1.968</b>					
<b>Lote N°:</b>		<b>Elaborado:</b>			
<b>Contenido Neto:</b> <b>40 Kg.</b>		<b>Planta:</b> <b>FAB-FCV</b>			
		<b>Línea:</b> <b>1</b>			

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.

**ALIMENTOS BALANCEADOS PARA PORCINOS  
USO VETERINARIO**

**CERDOS DESARROLLO FCV**

**USO DEL PRODUCTO:** suministrar a razón de 3 a 5% de su peso vivo, de 1,5 a 2,5 kg del producto por animal/día desde los 25 kg. hasta 50 kg. en etapa de desarrollo, con abundante agua fresca a razón de 2 a 4 litros por cada kg. de ración.

**MATERIA PRIMA:** H. de Maíz, H. de Sorgo, H. de Triguillo, Afrecho de Trigo, Afrecho de Arroz, Cascarilla de Soja, H. de Pellet de Soja. **Aminoácidos:** Lisina 78%, Metionina 99%, Ltreonina 98.5%, colina. **Secuestrante, Núcleo Vitamínicos:** A, D3, E, K3, B1, B2, B6, B12, Ácido Pantoténico, Niacina, Ácido Fólico, Biotina, y Núcleo de Macro y Micro Minerales: Cloruro de Sodio, Fosfato Dicálcico (ca22% y P18%), Carbono de Calcio, Manganeso, Zinc, Hierro, Cobre, Yodo, Selénio y Cobalto.

NIVELES NUTRICIONALES		
PORCENTUALES	POR Kg. del PRODUCTO	
Proteína Bruta min. % ----- 16,00	Vitamina A ----- 5.600 UI	Magnesio ----- 400 mg
E.M. min. kcal/kg ----- 3230	Vitamina D3 ----- 1.200 UI	Sodio ----- 0,18 %
Extracto Etéreo máx. % ----- 3,50	Vitamina E ----- 32,00 UI	Cloro ----- 0,15 %
Fibra Bruta máx. % ----- 3,50	Vitamina K3 ----- 2,40 mg	Potasio ----- 1 %
Cenizas máx. % ----- 5,00	Vitamina B1 ----- 0,80 mg	Manganeso ----- 40 mg
Humedad máx. % ----- 12,00	Vitamina B2 ----- 2,00 mg	Zinc ----- 100 mg
Calcio % ----- 0,60	Vitamina B6 ----- 1,60 mg	Hierro ----- 80 mg
Fosforo % ----- 0,45	Vitamina B12 ----- 0,016 mg	Cobre ----- 12 mg
Lisina Total % ----- 1	Ácido Pantoténico (B5) ----- 12 mg	Yodo ----- 1,00 mg
Metionina % ----- 0,3	Niacina (B3) ----- 24 mg	Selenio ----- 0,36 mg
Secuestrante % ----- 0,05	Ácido Fólico ----- 0,24 mg	Cobalto ----- 0,5 mg
	Biotina (B7) ----- 0,08 mg	

**Fábrica de productos Balanceados (FCV).**  
**Reg. Establ. Elaborador SENACSA:** Nº 1.439 **Registro Producto SENACSA:** Nº 15.358  
Mcal. Estigarribia Km. 10 ½ - San Lorenzo - Paraguay  
**Asesor Técnico:** Dr. Alejandro Pino Mieres. Reg. Prof. Nº 1863  
**A. Técnico Adjunto:** Dr. Marcos A. Paez Aquino, Mcs. Reg. Prof. Nº 1968

**Lote Nº:** | **Elaborado:** | **Turno:**

**Contenido Neto:** **Planta:** **Línea:**  
40 Kg. **FAB-FCV** **1**

**Vence 90 días posteriores a su elaboración**  
**INDUSTRIA PARAGUAYA**

**DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN BANCO DE PRUEBAS APLICANDO  
AUTOMATIZACIÓN EN LA DISTRIBUCIÓN DE ALIMENTOS PORCINOS PARA EL  
LABORATORIO DE AUTOMATIZACIÓN Y ROBÓTICA.**

