



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
REDES INDUSTRIALES**

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CLASIFICADOR DE
GRANOS, MEDIANTE UN SISTEMA POR SENSORES DE COLOR
TEACH-IN”

TESIS DE GRADO

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

Presentado por:

KATHERINE LEONOR AGUILAR ZAMBRANO

CARLOS RAFAEL FERRIN VERA

Riobamba – Ecuador

2013

NOMBRE

FIRMA

FECHA

Ing. Iván Menes
**DECANO DE LA FACULTAD
DE INFORMÁTICA Y
ELECTRÓNICA**

.....

.....

Ing. Paul Romero
**DIR.ESC.ING.ELECTRONICA
CONTROL Y REDES INDUSTRIALES**

.....

.....

Ing. Diego Barba M.
DIRECTOR DE TESIS

.....

.....

Ing. Wilson Zuñiga
MIEMBRO DEL TRIBUNAL

.....

.....

Lcdo. Carlos Rodríguez
**DIRECTOR DPTO.
DOCUMENTACIÓN**

.....

.....

NOTA DE LA TESIS

.....

AGRADECIMIENTO

Al finalizar un trabajo tan arduo como el desarrollo de una tesis es inevitable que surja un muy humano egocentrismo que lleva a concentrar la mayor parte del mérito en el aporte que hemos hecho. Sin embargo, el análisis objetivo muestra inmediatamente que la magnitud de ese aporte hubiese sido imposible sin la participación de personas que han facilitado las cosas para que este trabajo llegue a un feliz término.

Por ello, para nosotros es un verdadero placer utilizar este espacio para ser justo y consecuente con ellos, expresándoles nuestros agradecimientos.

Debemos agradecer de manera especial y sincera al Ing. Diego Barba por aceptarnos para realizar esta tesis bajo su dirección. Su apoyo y confianza en nuestro trabajo y su capacidad para guiar nuestras ideas ha sido un aporte invaluable. Debemos agradecer también al Ing. Wilson Zuñiga porque nuestras ideas fueron siempre enmarcadas en su orientación y rigurosidad, estas han sido la clave del buen trabajo que hemos realizado, el cual no se puede concebir sin su siempre oportuna participación. Finalmente también debemos atribuirle nuestro logro al Ing. Marco Viteri por habernos facilitado siempre los medios suficientes para llevar a cabo todas las actividades propuestas durante el desarrollo de esta tesis. Debemos destacar, por encima de todo, su disponibilidad y paciencia.

Katherine y Carlos

DEDICATORIA

Dedicado a Dios por haberme permitido llegar hasta este punto y haberme dado salud y vida para lograr mis objetivos además de su infinita bondad y amor, por darme todo lo que tengo en esta vida que es mi familia que aunque estén muy lejos siempre he sentido su apoyo emocional.

A mi madre Narcisa por los ejemplos de perseverancia y constancia que la caracterizan y que me ha influido siempre, por el valor mostrado para salir adelante, a mi padre Gonzalo por haberme apoyado en todo momento por sus consejos, valores, y ser una persona de bien, a mis hermanos Gonzalo, Cecibel, Diana y Fidel por ser el ejemplos de hermanos y por apoyarme mutuamente cuando lo necesitaba.

Carlos Ferrín

Esta tesis primeramente se la dedico a Dios por guiarme y enseñarme a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento.

A mis padres César Aguilar y Leonor Zambrano con todo mi amor y cariño, por cada uno de sus sacrificios y esfuerzos, por darme una carrera para mi futuro y creer en mi capacidad. Aunque el beneficio de un título universitario es mío el motivo siempre fueron ustedes. A mis hermanos César y Janine que siempre han estado conmigo. A mis compañeros y amigos presentes y pasados quienes sin esperar nada a cambio compartieron sus conocimientos, alegrías y tristezas. A TODOS INFINITAS GRACIAS.

Katherine Aguilar

“Nosotros, **Katherine Leonor Aguilar Zambrano y Carlos Rafael Ferrín Vera**, somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en esta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la “**ESCUELA SUPERIOR POLITÈCNICA DE CHIMBORAZO**”

.....

Katherine Leonor Aguilar Zambrano

.....

Carlos Rafael Ferrín Vera

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

CA	Corriente Alterna
CD	Corriente Directa
CIP	La Limpieza-en-sitio
CPU	Unidad Central de Procesos
E/S	Entradas/Salidas
GM	General Motors
H	Height-Altura
HDMI	High-Definition Multimedia Interfaz
HMI	Interfaz Hombre Máquina
IEC	Comisión Electrotécnica Internacional
IP	Protección Internacional
Kg	Unidad de medida de masa
L	Length-Longitud
LED	Diodo Emisor De Luz
NA	Normalmente Abierto
NC	Normalmente Cerrado

NO	Normalmente Abierto
PC	Computadora Personal
PLC	Controlador Lógico Programable
PSI	Unidad de Presión
PVC	Poli Cloruro de Vinilo
RAM	Memoria de acceso aleatorio
RGB	Red, Green, Blue (Rojo, Verde, Azul)
RPM	Revoluciones Por Minuto
RS232	Recommended Standard 232
SIP	Esterilizado-en-sitio
TEACH-IN	Función de Memorización
V	Unidad de medida del Potencial Eléctrico
Vca	Voltaje de corriente Alterna
Vcc	Voltaje de corriente directa
W	Width-Ancho

ÍNDICE GENERAL

AGRADECIMIENTO

DEDICATORIA

FIRMAS DE RESPONSABLES

TEXTO DE RESPONSABILIDAD

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

ÍNDICE GENERAL

ÍNDICE DE FIGURAS

ÍNDICE DE TABLAS

ÍNDICE DE ANEXOS

INTRODUCCIÓN

CAPÍTULO I

GENERALIDADES.....	23
1.1 ANTECEDENTES:.....	23
1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS.....	24
1.3 OBJETIVOS.....	25
1.3.1 OBJETIVO GENERAL.....	25
1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	26
1.4 HIPÓTESIS.....	26
1.5 METODOLOGÍA	26
1.5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN	27

1.5.1.1	INVESTIGACIÓN INDUCTIVA.....	27
1.5.1.2	INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA	28
1.5.1.2.1	TÉCNICAS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS	28
1.5.1.2.2	EXPRESIÓN DE LOS DATOS	29
1.5.1.3	INVESTIGACIÓN DEDUCTIVA	29

CAPÍTULO II

2.1	CLASIFICACIÓN AUTOMÁTICA.....	30
2.1.1	CONCEPTO DE CLASIFICACIÓN.....	30
2.1.2	AUTOMATIZACIÓN	31
2.2	CALIDAD DE LOS GRANOS.....	32
2.2.1	CONCEPTO GENERAL DE CALIDAD DE GRANOS	32
2.2.2	TIPOS DE DAÑOS QUE PUEDEN SUFRIR LOS GRANOS	33
2.2.2.1	MAÍZ.....	33
2.2.2.1.1	PRINCIPALES DAÑOS DEL MAÍZ.....	33
2.2.2.1.2	PRINCIPALES DEFECTOS DEL MAÍZ.....	35
2.2.2.1.3	CLASIFICACIÓN DE MAÍZ.....	35
2.2.2.2	FRIJOL.....	37
2.2.2.2.1	PRINCIPALES DAÑOS DEL FRIJOL.....	37
2.2.2.2.2	PRINCIPALES DEFECTOS DEL FRIJOL	39

2.2.2.2.3 CLASIFICACIÓN DEL FRIJOL	40
2.2.3 EL COLOR EN LOS GRANOS	40
CAPÍTULO III	
ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN PARA EL DISEÑO DE LA MÀQUINA	
CLASIFICADORA DE GRANOS	41
3.1 SELECCIÓN DEL TIPO DE SENSOR PARA IDENTIFICACIÓN DEL	
COLOR DEL GRANO	41
3.1.1 SENSORES	41
3.1.1.1 DEFINICIÓN	41
3.1.1.2 TIPOS DE SENSORES.....	42
3.1.1.3 SENSORES INTELIGENTES SICK.....	50
3.1.1.3.1 SENSORES INDUSTRIALES.....	50
3.1.1.3.2 SENSORES DE IDENTIFICACIÓN	58
3.1.1.3.3 SENSORES DE MEDICIÓN EFICIENTE PARA	
AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL	59
3.1.1.3.4 SENSORES DE REGISTRO	62
3.1.1.3.5 SENSORES DE DISTANCIA.....	65
3.1.1.3.6 SENSORES DE VISIÓN.....	68
3.2 CONTROLADORES LÓGICOS PROGRAMABLES (PLC).....	72
3.2.1 HISTORIA	72

3.2.2	CONCEPTO	72
3.2.3	ELEMENTOS DEL PLC	73
3.2.4	CAMPOS DE APLICACIÓN	75
3.2.4.1	ESTRUCTURA EXTERNA.....	76
3.2.5	PLC SCHNEIDER ELECTRIC.....	76
3.2.6	PLC PARA EL CLASIFICADOR DE GRANOS - TWIDO TWDLCAA24DRF.....	80
3.2.7	TIPO DE MATERIAL PARA LA ESTRUCTURA DEL CLASIFICADOR DE GRANOS	85
3.3	VÁLVULAS	86
3.3.1	TIPOS DE VÁLVULAS	86
3.3.1.1	VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS O DE VÍAS	87
3.3.1.2	VÁLVULAS DE BLOQUEO	89
3.3.1.3	VÁLVULAS DE PRESIÓN.....	91
3.3.1.4	VÁLVULAS DE FLUJO	92
3.3.1.5	VÁLVULA PARA EL CLASIFICADOR DE GRANOS- VÁLVULA FESTO MFH-3-1/8	93
3.4	MOTORES DC.....	95
3.4.1	MOTORES PASO A PASO	99

3.4.2	MOTOR PARA LA BANDA TRANSPORTADORA DEL CLASIFICADOR DE GRANOS AUTOMÁTICO	100
3.5	BANDA TRANSPORTADORA.....	100
3.5.1	DEFINICIÓN Y FUNCIONES	100
3.5.2	TIPOS DE BANDAS TRANSPORTADORAS.....	100
3.5.3	CONSTITUCIÓN DE LA BANDA.....	101
3.5.4	RODILLOS Y SOPORTES	102
3.5.4.1	TIPOS DE RODILLOS	103
3.5.5	TENSORES DE BANDA	104
3.5.6	BASTIDORES	104
3.5.7	TIPO DE BANDA TRANSPORTADORA PARA EL CLASIFICADOR AUTOMÁTICO DE GRANOS	105

CAPÍTULO IV

	DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE GRANOS	106
4.1	DISEÑO DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE GRANOS.....	106
4.2	MECANISMOS	107
4.2.1	CONCEPTOS IMPORTANTES DE MECANISMOS.....	107
4.2.1.1	MECANISMOS.....	107
4.2.1.2	MÁQUINA	107

4.3	DISEÑO DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE GRANOS	108
4.3.1	SISTEMA ELÉCTRICO	108
4.3.1.1	PANEL DE CONTROL.....	108
4.3.1.1.1	CONTROL BOTONERA Y ENERGIZACIÓN.....	108
4.3.1.1.2	CONTROL PLC (CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE).....	109
4.3.1.1.3	CONTROL SENSORES, ELECTROVÁLVULAS Y MOTORES	110
4.3.1.1.4	PARTE INTERNA DEL PANEL DE CONTROL	111
4.3.1.1.5	PROTECCIONES EN EL PANEL DE CONTROL.....	111
4.3.2	SISTEMA NEUMÁTICO	113
4.3.3	SISTEMA MECÁNICO	116
4.3.3.1	ESTRUCTURA.....	116
4.3.3.2	SOPORTE DE ENVASES.....	116
4.3.3.2.1	SOPORTE DE ENVASE PARA GRANO NO CLASIFICADO...	116
4.3.3.2.2	SOPORTE DE ENVASE PARA GRANO CLASIFICADO (GRANOS QUE NO SON DETECTADOS POR LOS SENSORES).....	117
4.3.3.2.3	SOPORTE DE ENVASE PARA GRANO CLASIFICADO (GRANOS QUE SON DETECTADOS POR LOS SENSORES)	117
4.3.3.3	APERTURA PARA CAÍDA DE GRANOS.....	118
4.3.3.4	BANDA TRANSPORTADORA	119

4.3.3.4.1 SOPORTE PARA MOTOR	120
4.3.3.4.2 CILINDROS	120
4.3.3.4.3 PROTECCIÓN PARA CAÍDA DE GRANOS.....	121
4.3.3.5 CAÍDA Y SEPARACIÓN DE GRANOS	121
4.3.3.5.1 TOLVA.....	121
4.3.3.5.2 MECANISMO PARA SEPARACIÓN DE LOS GRANOS.....	122
4.3.3.6 CLASIFICACIÓN DE GRANOS	122
4.3.3.6.1 GRANOS NO DETECTADOS POR LOS SENSORES.....	122
4.3.3.6.2 GRANOS QUE LOS SENSORES DETECTAN	123
4.3.3.7 RETROALIMENTACIÓN.....	123
4.3.3.8 MÁQUINA CLASIFICADORA DE GRANOS	126
4.4 DESARROLLO DEL SOFTWARE DE APLICACIÓN.....	126
4.4.1 INSTALACIÓN TWIDO SUITE 2.2	127
4.4.2 LADDER EN TWIDO SUITE 2.2.....	127
4.4.3 PANTALLA HMI EN LOOKOUT	130

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS.....	131
5.1 TABULACIÓN DE DATOS.....	131
5.1.1 T- STUDENT.....	131

5.1.2 HIPÓTESIS	133
5.1.2.1 HIPÓTESIS ALTERNATIVA	133
5.1.2.2 HIPÓTESIS NULA	134
5.1.2.3 PLANTEAMIENTO DE LA HIPÓTESIS	134
5.1.3 PRUEBA CON FRIJOLES ROJOS Y BLANCOS DE APROXIMADAMENTE 0,8 CM.....	134
5.1.3.1 CUANDO LOS GRANOS BLANCOS SON EXPULSADOS	134
5.1.3.2 CUANDO LOS GRANOS ROJOS NO SON EXPULSADOS	136
5.1.3.3 CUANDO LOS GRANOS BLANCOS NO SON EXPULSADOS...	138
5.1.3.4 CUANDO LOS GRANOS ROJOS SON EXPULSADOS.....	140
5.1.4 COMPARACIONES DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE GRANOS CON OTRAS MÁQUINAS DE LAS MISMAS CARACTERÍSTICAS.....	142
5.1.5 TIPOS DE GRANOS QUE SE PUEDE CLASIFICAR EN LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE GRANOS MEDIANTE SENSORES TEACH- IN	143

CONCLUSIONES

RECOMENDACIONES

RESUMEN

SUMMARY

GLOSARIO

ANEXOS

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA III. 1 sensores electromecánicos	42
FIGURA III. 2 interruptores	43
FIGURA III. 3 conmutador.....	43
FIGURA III. 4 pulsadores industriales	44
FIGURA III. 5 interruptores de posición.....	44
FIGURA III. 6 contactos NA y NC.....	46
FIGURA III. 7 sensores fotoeléctricos Siemens.....	47
FIGURA III. 8 funcionamiento de un sensor fotoeléctrico de proximidad.....	48
FIGURA III. 9 sensores inductivos.....	48
FIGURA III. 10 sensores capacitivos.....	49
FIGURA III. 11 alcance de un detector de ultrasonidos (Telemecanique).....	49
FIGURA III. 12 sensor IM standar	51
FIGURA III. 13 sensor IMF de proximidad inductivo	52
FIGURA III. 14 sensor CM (sensor de proximidad)	52
FIGURA III. 15 MZT8 (sensor magnético para cilindros).....	54
FIGURA III. 16 W4-3 (sensores ópticos miniatura)	55
FIGURA III. 17 W280 (sensores compactos).....	56
FIGURA III. 18 V180-2 (sensores redondos)	57
FIGURA III. 19 CLV50X (lectores de código de barras).....	59

FIGURA III. 20 LFP (SENSOR DE NIVEL)	60
FIGURA III. 21 PBS (SENSOR DE PRESIÓN)	61
FIGURA III. 22 TCT (SENSOR DE TEMPERATURA)	62
FIGURA III. 23 KT3 (SENSOR DE CONTRASTE).....	63
FIGURA III. 24 CS8 (SENSOR DE COLOR).....	65
FIGURA III. 25 SENSORES DE DISTANCIA.....	66
FIGURA III. 26 UC4 (SENSORES ULTRASÓNICOS)	68
FIGURA III. 27 INSPECTOR (SENSOR DE VISIÓN)	69
FIGURA III. 28 CSM1-P111	70
FIGURA III. 29 ESTRUCTURA EXTERNA DEL PLC	76
FIGURA III. 30 PLC TWIDO 24 E/S	77
FIGURA III. 31 COMPONENTES DE UN CONTROLADOR COMPACTO	78
FIGURA III. 32 CONTROLADORES MODULARES	79
FIGURA III. 33 COMPONENTES DE UN CONTROLADOR MODULAR	80
FIGURA III. 34 COMPONENTES DE UNA BASE COMPACTA. ESTA FIGURA CORRESPONDE AL MÓDULO TWDLCAA24DRF.....	82
FIGURA III. 35 VÁLVULA DE ESCAPE RÁPIDO	91
FIGURA III. 36 VÁLVULA DE SIMULTANEIDAD.....	91
FIGURA III. 37 VÁLVULA LIMITADORA DE PRESIÓN.....	92
FIGURA III. 38 VÁLVULA DE SECUENCIA.....	92
FIGURA III. 39 VÁLVULA BIDIRECCIONAL.....	92
FIGURA III. 40 REPRESENTACIÓN DE LAS VÁLVULAS DE BLOQUEO, PRESIÓN Y FLUJO.....	93

FIGURA III. 41 MOTOR DC	96
FIGURA III. 42 FUNCIONAMIENTO DEL MOTOR ELÉCTRICO	97
FIGURA III. 43 MOTOR DC EN PUNTO MUERTO	97
FIGURA III. 44 DIAGRAMA DE CABLEADO DE UN MOTOR DC <i>SHUNT</i>	98
FIGURA III. 45 DIAGRAMA DE CABLEADO DE UN MOTOR DC EN SERIE	99
FIGURA IV. 46 CONTROL BOTONERA Y ENERGIZACIÓN	109
FIGURA IV. 47 CONTROL PLC.....	109
FIGURA IV. 48 SENSOR CSM1-P111 DE SICK	110
FIGURA IV. 49 CONTROL SENSORES, ELECTROVÁLVULAS Y MOTORES .	110
FIGURA IV. 50 PARTE INTERNA DEL PANEL DE CONTROL.....	111
FIGURA IV. 51 PANEL DE CONTROL.....	113
FIGURA IV. 52 ELECTROVÁLVULAS.....	114
FIGURA IV. 53 APLICACIÓN DE EXPULSIÓN PARA LAS VÁLVULAS NEUMÁTICAS	114
FIGURA IV. 54 UNIDAD DE MANTENIMIENTO.....	115
FIGURA IV. 55 COMPRESOR.....	115
FIGURA IV. 56 MANGUERA NEUMÁTICA NÚMERO 6.....	116
FIGURA IV. 57 ALUMINIO 40*40 MM.....	116
FIGURA IV. 58 BASE DE ALUMINIO PARA GRANOS NO CLASIFICADOS.....	117
FIGURA IV. 59 SOPORTE DE ENVASE PARA GRANO CLASIFICADO.....	117
FIGURA IV. 60 SOPORTE DE ENVASE PARA GRANO CLASIFICADO (GRANOS EN MAL ESTADO)	118

FIGURA IV. 61 ENVASE PARA GRANO CLASIFICADO (GRANOS EN MAL ESTADO).....	118
FIGURA IV. 62 APERTURA EN EL ENVASE DE GRANOS	119
FIGURA IV. 63 BANDA TRANSPORTADORA	119
FIGURA IV. 64 SOPORTE PARA MOTOR DE BANDA TRANSPORTADORA..	120
FIGURA IV. 65 CILINDROS DE BANDA TRANSPORTADORA.....	120
FIGURA IV. 66 CANAL DE ALUMINIO PARA BANDA TRANSPORTADORA ...	121
FIGURA IV. 67 TOLVA	121
FIGURA IV. 68 MECANISMO PARA SEPARACIÓN DE GRANOS.....	122
FIGURA IV. 69 MECANISMO PARA LA CAÍDA POR GRAVEDAD O EXPULSIÓN DE GRANOS	122
FIGURA IV. 70 MECANISMO PARA LLEVAR A LOS GRANOS EXPULSADOS A SU RESPECTIVO ENVASE	123
FIGURA IV. 71 VENDEADOR DE 500W.....	124
FIGURA IV. 72 MANGUERA DE 1 1/4 "	124
FIGURA IV. 73 T DE PVC.....	124
FIGURA IV. 74 UNIÓN DE PVC	125
FIGURA IV. 75 CAUCHO REDACTOR Y FUNCIÓN QUE CUMPLE	125
FIGURA IV. 76 UTILIDAD DE LAS ABRAZADERAS.....	125
FIGURA IV. 77 MÁQUINA CLASIFICADORA DE GRANOS	126
FIGURA IV. 78 PROGRAMACIÓN EN TWIDO SUITE	129
FIGURA IV. 79 PANTALLA HMI EN LOOKOUT	130

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA III. I CAPTADORES ELECTROMECÁNICOS.....	45
TABLA III. II SÍMBOLOS DE DETECTORES DE PROXIMIDAD	46
TABLA III. III CARACTERÍSTICAS TWIDO TWDLCAA24DRF.....	81
TABLA III. IV DESCRIPCIÓN TWDLCAA24DRF.....	82
TABLA III. V CARACTERÍSTICAS DE SALIDAS DE RELÉ DE LA BASE	
COMPACTA TWDLCAA24DRF	83
TABLA III. VI REPRESENTACIÓN DE LAS VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS MÁS	
COMUNES	88
TABLA III. VII VÁLVULA ANTIRETORNO	90
TABLA III. VIII CARACTERÍSTICAS VÁLVULA FESTO MFH-3-1/8.....	93
TABLA V. IX RESULTADOS PRUEBAS DE GRANOS EXPULSADOS.....	135
TABLA V. X RESULTADOS PRUEBAS DE GRANOS NO EXPULSADOS.....	136
TABLA V. XI RESULTADOS PRUEBAS DE GRANOS EXPULSADOS.....	138
TABLA V. XII RESULTADOS PRUEBAS DE GRANOS EXPULSADOS.....	141
TABLA V. XIII COMPARACIÓN ENTRE CLASIFICADORAS DE GRANOS	143

INTRODUCCIÓN

Un Sistema Automático de Control es un conjunto de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de tal manera que regulan o dirijan su actuación por sí mismos, es decir sin intervención de agentes exteriores, o con la más mínima intervención humana, corrigiendo los posibles errores que se presenten desarrollando un sistema predictivo.

En la actualidad los sistemas automáticos juegan un gran papel en muchos campos, mejorando nuestra calidad de vida:

- En los procesos industriales: aumentando las cantidades y mejorando la calidad del producto, gracias a la producción en serie y a las cadenas de montaje, reduciendo los costes de producción, fabricando artículos que no se pueden obtener por otros medios.
- En los hogares: mejorando la calidad de vida. Podríamos citar desde una lavadora hasta un control inteligente de edificios (domótica).
- Para los avances científicos: un claro ejemplo lo constituyen las misiones espaciales.
- Para los avances tecnológicos: por ejemplo en automoción es de todos conocidos el limpia parabrisas inteligente, etc.

Las aplicaciones son innumerables. Con un sistema automático se busca principalmente aumentar la eficiencia del proceso incrementando la velocidad, la

calidad, la precisión y disminuir los riesgos que normalmente se tendría si fuese realizada de manera manual.

Los automatismos están compuestos de tres partes principales: obtención de señales por los sensores, procesamiento de dichas señales hecho por procesadores inteligentes y la ejecución de las respuestas efectuadas por los actuadores.

Por lo cual este clasificador de granos automático puede aportar al bienestar y mejorar el proceso de clasificación de este producto en el sector agrícola. Se convertirá en una guía técnica práctica para poder utilizar el sistema de separación de granos moderno a su vez permitirá ayudar a personas que viven de la venta de granos, disminuyendo el tiempo que le toma al agricultor clasificar manualmente los granos de calidad, aumentando la cantidad que clasificaba a diario, así también evitando pérdidas perjudiciales para ellos, mejorando su calidad de vida.

CAPÍTULO I

GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES:

Hoy en día la automatización de procesos significa un producto final de mayor calidad y más competitivo debido a factores tales como la normalización de procesos y productos, la velocidad de producción, programación de la producción, la reducción continua de los residuos y menos probabilidades de equivocarse. Son de principal importancia puesto que con esto se consigue una mejora en el proceso, detectando a tiempo posibles fallas y la posibilidad de cambios rápidos en modo y parámetros de operación.

El principio básico de automatizar es que el hombre no intervenga en un proceso sistemático real, y si lo hace deberá ser lo menos posible. Es por lo que ya han creado diversas tecnologías, alrededor del mundo y las han distribuido para facilitarnos un poco la vida. Teniendo aplicaciones en la agricultura, medicina, energía nuclear, en la exploración submarina, la minería, construcciones, agricultura, medicina etc.

Anteriormente los agricultores, en especial aquellos que cultivan granos, tenían que levantarse desde muy temprano para poder realizar todo el proceso que conlleva obtener los granos de calidad. En nuestro país aún podemos notar la falta de calidad de los granos, debido a que la mayoría de los pequeños agricultores no tienen un sistema de clasificación automatizado de granos adecuado.

En otros países la implementación de esta tecnología, ha dado un valor agregado a la producción de los agricultores, aumentando sustancialmente sus ingresos y, en consecuencia, una mejor forma de vida.

Los últimos avances en reconocimiento de imágenes y procesamiento de señales han hecho que la identificación de ciertos objetos sea posible teniendo en cuenta su color o su forma. En la tabla del ANEXO 1 se puede observar el estado de la técnica en cuanto al desarrollo de algunos métodos de selección.

1.2 JUSTIFICACIÓN DEL PROYECTO DE TESIS

Las máquinas selectoras de grano son de alto costo económico y la calidad del producto final depende en gran parte de ellas, por esta razón es importante dar mayor énfasis a estos sistemas que ayudará a diferenciar los granos en buen estado de los que no lo estén.

Los colores característicos de cada producto, son un indicativo de la calidad de los mismos. A nivel del pequeño agricultor en nuestro país, la selección de los granos se efectúa en forma manual, por lo que el tiempo que le toma realizar este tipo de actividades es desde muy temprano por la mañana, y en nuestro país aún no pueden acceder a este tipo de automatizaciones, incluso en las zonas más productivos del Norte como Carchi e Imbabura, la zona centro como Pichincha, Cotopaxi, Tungurahua, Chimborazo y Bolívar y la zona sur como Cañar, Azuay y Loja.

Por tanto el presente trabajo se convertirá en una guía técnica práctica para poder utilizar el sistema de separación de granos moderno que permitirá ayudar a personas que viven de la venta de granos, mejorando su calidad de vida, disminuyendo el tiempo que le toma al agricultor clasificar manualmente los granos de calidad, aumentando la cantidad que clasificaba a diario, así también evitando pérdidas perjudiciales para ellos y mejorando su calidad de vida.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 OBJETIVO GENERAL

DISEÑAR E IMPLEMENTAR UN CLASIFICADOR DE GRANOS, MEDIANTE UN SISTEMA POR SENSORES DE COLOR TEACH-IN.

1.3.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar conceptos fundamentales de sensores, y los tipos a ser utilizados para obtener un mejor control en la clasificación de granos.
- Analizar características de diferentes PLCs, para seleccionar el más apropiado a esta clasificación.
- Diseñar y construir la Estructura Metálica más óptima para esta aplicación.
- Diseñar, programar e implementar una interfaz de usuario para el monitoreo de todo el sistema automatizado.
- Probar el sistema de control automatizado completo con el propósito de verificar su adecuado funcionamiento.

1.4 HIPÓTESIS

El clasificador automático de granos propuesto permitirá disminuir el tiempo para la clasificación con un error aceptable.

1.5 METODOLOGÍA

El propósito de la presente tesis es mejorar la clasificación de los granos mediante un sistema por sensores de color, debido a que el color es un indicativo de calidad.

Considerando las características mencionadas anteriormente y teniendo en cuenta el análisis y la evaluación que se hizo de las herramientas de medición disponible,

hemos llegado a la conclusión de que la metodología más apropiada y conducente para el análisis de lo anteriormente propuesto consiste en comenzar con una etapa exploratoria, seguida de una investigación descriptiva y finalmente una explicativa. Los resultados nos auxiliarán a sustentar la propuesta en datos concretos que provendrán de las respuestas obtenidas las mismas que a su vez nos permitirán analizar variables indispensables para identificar las percepciones, hábitos, inquietudes, usos y preferencias.

Finalmente, el análisis de los datos que surjan a partir de la aplicación del estudio y las conclusiones que resulten de este proceso establecerán el fundamento a partir del cual podremos tener la certeza de que la implementación responderá a los objetivos propuestos.

1.5.1 TIPO DE INVESTIGACIÓN

El presente estudio se enmarcó dentro de los siguientes tipos de investigación:

Inductiva, Descriptiva.

1.5.1.1 INVESTIGACIÓN INDUCTIVA

Se ha utilizado este tipo de investigación porque fue necesario recoger e identificar antecedentes generales, números y cuantificaciones, temas y tópicos respecto del problema investigado, sugerencias de aspectos relacionados que deberían examinarse con profundidad en futuras investigaciones. Con el objetivo de documentar ciertas experiencias, examinar temas o problemas poco estudiados o que no han sido abordadas antes. En general investigar tendencias, identificar

relaciones potenciales entre variables y establecer el “tono” de investigaciones posteriores más rigurosas.

En fin se aumentará el grado de familiaridad con términos relativamente desconocidos, se identificará conceptos o variables promisorias, que establecerán prioridades para investigaciones posteriores o sugerir afirmaciones (postulados) verificables.

1.5.1.2 INVESTIGACIÓN DESCRIPTIVA

Porque consiste en llegar a conocer las situaciones a través de la descripción exacta de las actividades, objetos, procesos y personas. No se limita a la recolección de datos, sino a la predicción e identificación de las relaciones que existen entre dos o más variables. Se realiza una recolección de datos sobre en base a la hipótesis, para exponer y resumir la información de manera cuidadosa y luego analizar minuciosamente los resultados, a fin de extraer generalizaciones significativas que contribuyan al conocimiento.

1.5.1.2.1 TÉCNICAS PARA RECOLECCIÓN DE DATOS

a) Observación

Porque en la implementación del clasificador de granos, mediante sensores de color TEACH-IN, se va a realizar un proceso de manipulación entre variables dependientes e independientes, como en la ubicación sensor (variable dependiente) que dependerá del tipo de modelo mecánicos (variable independiente) para la separación de grano.

Este tipo de experimentación tiene que ser directa, precisa y confiable, y es muy valiosa para la recolección de datos.

1.5.1.2.2 EXPRESIÓN DE LOS DATOS

a) Cuantitativos (por medio de símbolos matemáticos): porque se utilizarán símbolos numéricos para la exposición de los datos que se encontrarán dentro de la relación cantidad de granos clasificados en el tiempo.

b) Cualitativos (mediante símbolos verbales): porque se calificará cualitativamente a los estudios cuantitativos, para así proporcionan una calificación de bueno, malo, o medio el trabajo que está realizando la máquina clasificadora de granos.

1.5.1.3 INVESTIGACIÓN DEDUCTIVA

Porque al emplear la hipótesis, los resultados y conclusiones constituirán un nivel más profundo de conocimientos. Con este tipo de investigación de determinará si se cumple la hipótesis, y que tan eficiente es la máquina clasificadora de granos.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Clasificación Automática

2.1.1 Concepto de clasificación

La interpretación del mundo natural es cambiante, como lo es la propia historia del hombre y de su pensamiento; los modos de ordenar, clasificar, nombrar y, en definitiva, explicar la Naturaleza, están profundamente inmersos en las distintas formas de comprender la realidad del mundo y lo que de ésta podemos conocer.

La acción de *ordenar o disponer por clases*, basadas en similitudes o diferencias entre los individuos, recibe el nombre de *clasificar*; la clasificación de los seres vivos es una actividad muy antigua, coincidente, en sus inicios, con los del propio

pensamiento humano; el término fue acuñado, y perpetuado en su sentido actual, desde las obras de los griegos presocráticos. Pero este término *clasificación*, puede ser usado en dos sentidos, bien para referirse al resultado del proceso, la jerarquización de los grupos en sí misma.

La clasificación tiene como objetivo crear un sistema lógico de categorías.

2.1.2 Automatización

Por automatización entendemos “la acción de sustituir en un proceso el operador humano por disposición mecánicos o electrónicos” (Real Academia Española de la Lengua). De esta forma labores que eran peligrosas, tediosas o que estaban limitadas por la capacidad humana, mediante la automatización pueden ser elaboradas incluso más eficientemente, sin causar riesgos al operario y permitiendo dedicar sus capacidades a otras labores de menor aporte energético y mayor contribución intelectual, en las que su intervención es actualmente imprescindible. Los procesos automatizados están evolucionando actualmente desde la realización de operaciones secuenciales y repetitivas en ambientes normalmente estructurados, a tareas cada vez más complejas y cambiantes en las que es preciso tomar decisiones y adaptar dinámicamente los planes de actuación en función de las condiciones del entorno.

Fundamentalmente el sector industrial es el que ha experimentado un mayor auge en la incorporación de nuevas tecnologías que permitan automatizar un gran número de procesos anteriormente realizados por el hombre. En el sector agrario,

sin embargo, la incorporación de sistemas automáticos ha sido más limitada. A pesar de ello, aunque quizás a un ritmo lento, cada vez son más las tareas agropecuarias que se ven beneficiadas por estas nuevas tecnologías.

2.2 Calidad de los granos

2.2.1 Concepto general de calidad de granos

La calidad de los granos es un atributo muy importante, ya que es la razón por la cual se cultivan sólo un pequeño porcentaje de especies en relación con las existentes. El uso que tendrá un lote particular de granos se encuentra fuertemente asociado a su composición final. Por lo tanto, podemos definir la calidad como el grado de aptitud de un producto para un uso determinado y se halla fijada por los requerimientos específicos de aquellos que desean moler, procesar o comer un grano determinado, más que por las propiedades inherentes a dicho grano. En general, un producto posee más calidad cuando es superior basándose en uno o varios atributos que son valorados objetiva o subjetivamente. Los mercados de granos son cada vez más especializados y existirá, en el futuro, mayor presión para producir granos con mayor uniformidad y de características más marcadamente definidas. Por otra parte, un manejo adecuado de los cultivos en la etapa de la cosecha y de los granos en la pos cosecha será primordial para obtener mayores beneficios económicos.

El concepto de calidad es variable, ya que depende del criterio especificado en relación al mercado y la industria que utilice dichos granos y, además es dinámico,

ya que se modifica en el tiempo con los distintos usos y necesidades de cada región o país, que puede cambiar de acuerdo a nuevos conocimientos o criterios de evaluación.

2.2.2 Tipos de daños que pueden sufrir los granos

2.2.2.1 Maíz

2.2.2.1.1 Principales daños del maíz

a) Daño por hongo

Un grano dañado por hongo es aquél que presenta las características colonias de hongos de almacén y microorganismos afectándolos total o parcialmente con coloraciones en blanco, negro, rosa, azul, verde, etc. Se debe tener especial atención cuando este daño empieza por el germen, lo cual se observa como una simple mancha de coloración café. En este caso es importante diseccionar el grano para verificar el daño.

b) Daño por calor

Un grano dañado por calor presenta una coloración café oscura negruzca que afecta tanto al endospermo como al germen. Cuando el calentamiento fue severo el daño se manifiesta en la totalidad del grano. Cuando el grano presenta la coloración café oscura a negruzca únicamente en el área del germen se considera como GERMEN CAFÉ y se presenta cuando el grano de maíz fue afectado levemente.

c) Daño por insecto

Este tipo de daño se caracteriza por la presencia de perforaciones o galerías originadas por insectos de almacén. Es importante poner especial énfasis en la detección de las galerías internas, las cuales son difícilmente observables.

d) Grano podrido

El grano dañado por pudrición presenta bajo peso, aspecto, yesoso y lamoso, con diferentes coloraciones en tonos blanquecinos, rosáceas, negruzcos etc., producto de la afectación de microorganismos, principalmente hongos de campo, cuando el grano se encontraba aún en mazorca.

e) Granos manchados

Son granos que presentan manchas en más de una tercera parte de la superficie del pericarpio sin que se afecte al endospermo.

f) Granos germinados

Se caracterizan por presentar a simple vista el germen abierto por efecto de la germinación o presentan raicillas o vestigios de la nueva plántula.

g) Daño por presencia de roedor

Estos granos presentan la característica dentellada o mordedura de los roedores tanto en endospermo como en el germen, el cual es mordisqueado y extraído casi totalmente. Las dentelladas en el endospermo se presentan normalmente cuando el grano está en mazorca.

h) Otros daños

En este rubro se deben considerar los daños por factores climatológicos y biológicos como heladas, sequías, lluvias, granizadas, plagas y enfermedades. Las características que se presentan son: granos chupados, arrugados, horadados, lesionados, oscurecidos y enjutados.

2.2.2.1.2 Principales defectos del maíz

a) Grano quebrado

Es el grano de maíz que por efecto de la manipulación, golpeteo o cualquier otra situación mecánica se ha roto y presenta menos de un 50% de su volumen.

b) Grano estrellado

Es el grano de maíz que presenta fisuras en la parte interna (endospermo y germen del grano), como producto de las tensiones mecánicas a las que es sometido el grano durante su secado o por golpeteo durante su manipulación.

2.2.2.1.3 Clasificación de maíz

El maíz puede ser clasificado de acuerdo a color y variedad.

a) Color

La importancia del color radica en que se ha observado que las preferencias en el consumo de maíz suelen estar determinadas por esta característica.

- **Maíz blanco extra**

Maíz con un mínimo de 98 % de granos blancos incluyendo granos con un ligero tinte de cremoso, pajizo, grisáceo o rosado y con un máximo de 2 % de granos de otros colores.

- **Maíz blanco**

Maíz con un mínimo de 88% de granos blancos incluyendo granos cremosos, pajizos o rosados con un máximo de 12. 5% de granos de otros colores, dentro de los cuales no debe haber más del 3% de granos rojos, azules o morado; en este último porcentaje no debe haber más de 2% de granos morados.

- **Maíz amarillo**

Maíz que contiene un mínimo de 95% de granos amarillos y un máximo de 5% de granos de otros colores, en este último porcentaje no debe haber más de 4% de granos oscuros.

- **Maíz mezclado:**

Maíz que no corresponde a ninguna de las clases anteriores, el cual puede incluir granos pintos, rojos, azules, morados y otros.

b) Variedad

- **Maíz duro (Corneo)**

Grano que tiene un aspecto vítreo y con superficie lisa, cuyo endospermo córneo (parte interna independiente de la cubierta y del embrión) constituye más del 50% en base seca del grano. Su dureza y bajo rendimiento harinero ocasionan menor

preferencia en las industrias harinera, de la masa y la tortilla y, por lo tanto, se comercializa a precios más bajos que las variedades dentadas de grano suave.

- **Maíz suave**

Grano con porción interna (endospermo) de aspecto predominante almidonoso y opaco, que presenta una hendidura en la parte superior; el endospermo harinoso constituye aproximadamente el 35% en base seca del grano.

- **Maíz semidentado (semiduro)**

Grano con características intermedias a las del duro y del harinoso.

2.2.2.2 Frijol

2.2.2.2.1 Principales daños del frijol

a) Daño por hongo

Dicha afectación generalmente se presenta con una coloración azulosa, negruzca, verde, anaranjada, amarillenta o cualquier otra coloración con apariencia lamosa característica del desarrollo de microorganismos. La afectación puede ocurrir tanto en la superficie de los granos (Tegumento o testa), como en el interior del grano (cotiledones), para lo cual será necesario su disección.

b) Daño por calor

Se caracteriza por una coloración de café a negra que difiere claramente del calor blanco cremoso de los cotiledones sanos. Para determinar este daño es necesario descubrir los cotiledones y evitar equivocaciones con las variedades de colores

oscuros y los cambios de color debidos al envejecimiento natural del frijol. El daño ocurre cuando los granos son almacenados con alto contenido de humedad que ocasiona incremento de la respiración y el consecuente daño en los cotiledones.

c) Daño por insectos

Son los granos que presentan perforaciones o galerías ocasionadas por insectos de almacén o que en su interior presentan formas vivas o muertas de los mismos. Los granos con uno o más huevecillos de insectos de almacén sobre superficie deberán abrirse para investigar la presencia de larvas; pupas o adultos, dentro del frijol y se considerarán dañados.

d) Granos germinados

Son todos aquellos granos de frijol que presentan a simple vista el germen abierto, raicillas o vestigios de la nueva plántula o cuya cascarilla se encuentra abierta y semi-desprendida de los cotiledones, debido al proceso de la germinación.

e) Granos inmaduros

Se caracterizan por el color verde en los cotiledones, razón que hace necesaria la disección de los granos dudosos para confirmar su calidad.

f) Otros daños

Son todos los granos o partes de grano de frijol que fueron afectados desde el campo por factores climatológicos (heladas, sequías, lluvias, granizadas, etc.) y

biológicos, dando como resultado granos chupados, arrugados, enjutos con lesiones y hendiduras.

2.2.2.2 Principales defectos del frijol

a) Granos quebrados

Son aquellos granos de frijol donde sus cotiledones se encuentran separados o bien que aun estando unidos presentan un tamaño inferior a las tres cuartas partes del grano entero.

b) Granos ampollados

Son los granos cuya cutícula se encuentra arrugada y separada del cotiledón como mínimo en una tercera parte de su superficie.

c) Granos manchados

Se caracteriza por la presencia de manchas de cualquier tamaño en la superficie del frijol que contrastan con el color de la variedad que se trate.

d) Granos oscurecidos por almacenamiento

Se caracterizan por presentar una coloración más oscura ocasionada por el envejecimiento natural al estar expuestos a períodos prolongados de almacenamiento o a los rayos solares.

e) Granos faltos de pigmentación

Son granos durante su maduración no alcanzaron el tinte, la tonalidad y el veteado propio de la variedad a la que pertenecen.

2.2.2.2.3 Clasificación del frijol

Las características externas del frijol como su forma, tamaño, color y las propiedades culinarias como tiempo de cocción, sabor y espesura del caldo de las distintas variedades de frijol, entre otras, han sido tomadas por la población para determinar sus preferencias.

2.2.3 El color en los granos

El color es un factor importante que interfiere significativamente en las propiedades sensoriales de aceptabilidad en bastantes alimentos, entre los que se puede mencionar desde granos, harinas, hortalizas, frutas, hasta productos terminados como galletas, pastas, café instantáneo, fórmulas infantiles, chorizo, etc. El color es la única propiedad sensorial que puede ser medida en forma instrumental más efectivamente que en forma visual. Aunque los métodos instrumentales dan resultados rápidos, confiables y de costos accesibles, muchas veces es necesario llevar a cabo la medición de color en forma visual, es decir, un análisis de evaluación sensorial que valide los resultados de los métodos instrumentales y utilizarlos en un momento dado como herramientas en el control de calidad.

CAPÍTULO III

ESTUDIO Y CARACTERIZACIÓN PARA EL DISEÑO DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE GRANOS

3.1 Selección del tipo de sensor para identificación del color del grano

3.1.1 Sensores

3.1.1.1 Definición

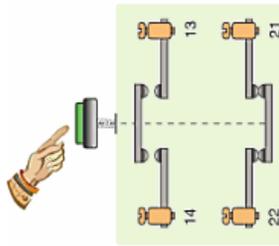
Un sensor es un dispositivo que, a partir de la energía de medio donde se mide, da una señal de salida transducible que es función de la variable medida. Es la ampliación de los sentidos para adquirir un conocimiento de cantidades físicas que

por su naturaleza, o tamaño no pueden ser percibidas directamente por los sentidos.

3.1.1.2 Tipos de sensores

a. Sensores electromecánicos

Estos elementos disponen de un elemento de accionamiento (botón, tirador, pedal, etc.), que abre o cierra uno o más contactos de tipo electromecánico.



Fuente: Automatismos Industriales de Juan Carlos Martín, Ma. Pilar García

Figura III. 1 Sensores Electromecánicos

En los sistemas en los que se utilizan, los contactos son los mismos para cualquier mecanismo y lo que cambia es el cabezal de accionamiento.

b. Interruptores

Son de accionamiento manual y tienen dos posiciones. El cambio de una a otra se realiza actuando sobre el elemento de mando, que puede ser un palanca, un balancín, una manilla rotativa, etc. Todos los interruptores disponen de un sistema de enclavamiento mecánico, que permite mantenerlos en una posición hasta que se interviene de nuevo sobre el elemento de mando.



Fuente: <http://www.insumosdecontrol.com/>

Figura III. 2 Interruptores

c. Conmutadores

Son de accionamiento manual y tienen dos o más posiciones. Permiten re direccionar la señal por diferentes ramas de circuito a través de un borne común.

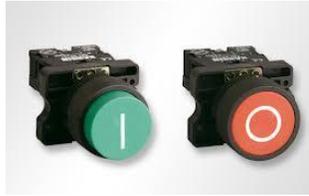


Fuente: <http://pylimportaciones.com/index.php>

Figura III. 3 Conmutador

d. Pulsadores

Son de accionamiento manual. Permiten abrir y/o cerrar circuitos cuando se ejerce presión sobre él. Sus contactos vuelven a la posición de reposo, mediante un resorte, cuando cesa la acción. Los colores de los pulsadores son de gran importancia, el verde se utiliza para la puesta en marcha y al rojo se lo utiliza para la parada.



Fuente: <http://www.sassinelectric.com/>

Figura III. 4 Pulsadores Industriales

e. Interruptores de posición

También se denominan finales de carrera, se utilizan para detectar, por contacto físico, el final de recorrido de un elemento móvil de una máquina o dispositivo automático. Permiten abrir y/o cerrar circuitos cuando se ejerce presión sobre él, volviendo estos a su posición de reposo cuando cesa la acción.



Fuente: <http://www.codisin.com/productos/automatizacion/equipos-montaje-en-campo/finales-de-carrera-2.html>

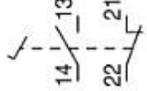
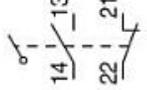
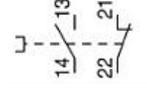
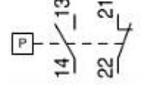
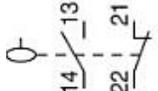
Figura III. 5 Interruptores de Posición

f. Otros captadores electromecánicos

En los circuitos de automatismos industriales se utilizan, según las necesidades. Numerosos tipos de captadores o sensores electromecánicos. Unos son de accionamiento manual, como los interruptores de palanca, de tirador, de pedal,

etc., y otros de accionamiento automático debido al cambio de magnitudes físicas, como los presostatos o interruptores de nivel de líquidos por flotador. En general, todos ellos permiten abrir y/o cerrar circuitos cuando se actúa sobre su accionamiento.

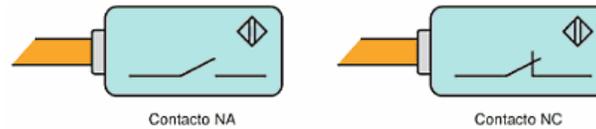
Tabla III. I Captadores Electromecánicos

ELEMENTO	SENSOR	SÍMBOLO
Interruptor De Pedal		
Interruptor De Palanca		
Sensor Tirador		
Presostato		
Interruptor Por Flotador		

Fuente: Automatismos Industriales Escrito por Juan Carlos Martín, Ma. Pilar García

g. Sensores de estado sólido

Permiten detectar objetos sin contacto. Su funcionamiento está basado en el disparo de un circuito electrónico, que genera una señal de salida cuyo comportamiento, desde el punto de vista eléctrico, es similar al de un contacto electromecánico de apertura o de cierre.



Fuente: Automatismos Industriales Escrito por Juan Carlos Martín, Ma. Pilar García

Figura III. 6 Contactos NA Y NC

Algunos modelos se conectan directamente a los actuadores (bobinas de relés y contactores, lámparas, etc.) y otros necesitan una unidad de acondicionamiento. Estos tipos de sensores son conocidos también con detectores de proximidad, debido a que detectan la presencia de objetos sin contacto cuando se encuentran dentro de su campo de acción o zona de trabajo.

Tabla III. II Símbolos de Detectores de Proximidad

ELEMENTO	SÍMBOLO
Sensor De Proximidad En General	
Contacto Asociado a un Sensor De Proximidad	
Sensor De Proximidad	

Fuente: Automatismos Industriales Escrito por Juan Carlos Martín, Ma. Pilar García

h. Fotoeléctricos

Utilizan un rayo de luz (visible o de infrarrojos) como elemento de detección.



Fuente: Automatismos Industriales Escrito por Juan Carlos Martín, Ma. Pilar García

Figura III. 7 Sensores Fotoeléctricos Siemens

La barrera luminosa se establece entre una célula emisora y otra receptora.

Pueden estar alojadas en una misma base o en bases separadas.

Así, los detectores fotoeléctricos se clasifican en los siguientes tipos:

1. De barrera

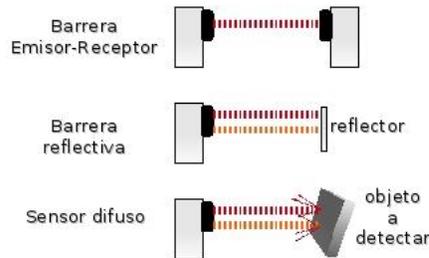
El emisor y el receptor se encuentran en diferentes contenedores y es necesario alinearlos con precisión. Se utilizan para grandes distancias (hasta 60m).

2. Refléx

El emisor y el receptor se encuentran alojados en el mismo contenedor, el cual es necesario alinear con un espejo reflector. Se utilizan para distancias medias. (Hasta 15m).

3. De proximidad

Su funcionamiento es similar a los de tipo réflex, no siendo necesario el espejo reflector. El propio objeto a detectar es el encargado de reflejar el haz luminoso. Se utilizan para cortas distancias (entre 1 y 10m).



Fuente: http://bloggerzantiagomartin.blogspot.com/2011_06_01_archive.html

Figura III. 8 Funcionamiento De Un Sensor Fotoeléctrico De Proximidad

i. Inductivos

Son detectores de proximidad y detectan exclusivamente objetos de material met lico. Su campo de acción de muy reducido, no superando los 60mm en los modelos de mayor potencia.



Fuente: http://www.samsl.com/es/index.php?option=com_content&task=view&id=29&Itemid=46

Figura III. 9 Sensores Inductivos

j. Capacitivos

Detectan objetos de cualquier tipo, conductores y no conductores, como por ejemplo: metales, minerales, madera, plástico, vidrio, cartón, cuero, cerámica, fluidos, etc. Su aspecto físico y alcance es similar al de los inductivos.

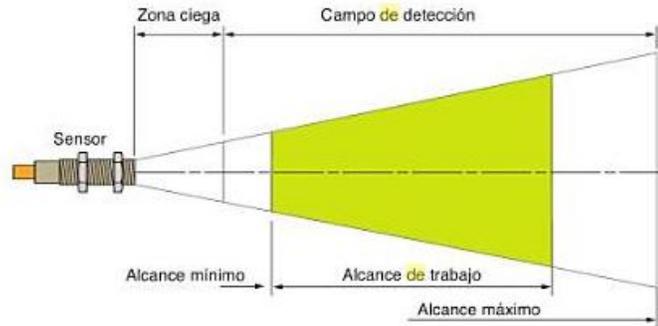


Fuente: http://www.ccamx.com.mx/s_capacitivos.html

Figura III. 10 Sensores Capacitivos

k. De ultrasonido

Detectan objetos de cualquier tipo sin contacto físico. Los detectores de ultrasonido, también denominados sonar, permiten ajustar manualmente el campo de acción entre una distancia mínima y una máxima. Esto les hace enormemente versátiles para muchas aplicaciones industriales.



Fuente: *Automatismos Industriales Escrito por Juan Carlos Martín, Ma. Pilar García*

Figura III. 11 Alcance de un detector de ultrasonidos (TELEMECANIQUE)

Los hay de salida digital y salida analógica. Los primeros se comportan como un contacto (de apertura o cierre) y los segundos son capaces de medir con precisión la distancia a la que se encuentra un objeto en el campo de detección.

3.3.1.3 Sensores inteligentes SICK

3.3.1.3.1 Sensores industriales

a) IM estándar

Características:

- Distancia de conmutación precisa mediante la tecnología ASIC.
- Gran solidez gracias al alto par de apriete y al metal fundido.
- Grado de protección IP67.
- Intervalo de temperaturas de -25°C a +75°C.
- Distancia de detección de 1,5 mm a 20 mm.
- Tamaños de M8 a M30 disponibles.
- Versiones con CC, CA o CA/CC.

Ventajas:

- Mejora de la disponibilidad de la maquinaria.
- Reducción de daños mecánicos
- Reducción de costes por la vida útil que tienen.
- Gran resistencia frente a golpes y vibraciones.



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57515786/SICK-Catalogo-Resumido-Spanish>

Figura III. 12 Sensor Im Standar

b) IMF

Es un sensor de proximidad inductivo.

Características:

- Distancia de conmutación precisa mediante la tecnología ASIC
- Gran solidez gracias al alto par de apriete y al metal fundido
- Grado de protección IP 67.
- Intervalo de temperaturas de -25 °C a $+75\text{ °C}$.
- Distancia de detección de 1,5 mm a 20 mm.
- Tamaños de M8 a M30 disponibles.
- Versiones con CC, CA o CA/CC.

Ventajas:

- Mejora de la disponibilidad de la maquinaria.
- Reducción de los daños mecánicos.
- Reducción de costes gracias a una mayor vida útil.
- Gran resistencia frente a golpes y vibraciones.



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57515786/SICK-Catalogo-Resumido-Spanish>

Figura III. 13 Sensor IMF De Proximidad Inductivo

c) CM (Sensor de proximidad)

Características:

- Diseño de rosca cilíndrica.
- Detección de materiales tanto sólidos como líquidos.
- Máxima protección electromagnética.
- Modelo eléctrico: corriente continua de 4 conductores.
- Tensión de alimentación: corriente continua de 10 a 40 V.
- Protección frente a cortocircuitos (pulsado).

Ventajas:

- Medición de niveles sin contacto, también a través de paredes
- Solidez y habilidad en aplicaciones industriales exigentes
- Ajuste rápido y sencillo del punto de conmutación
- Uso universal para las aplicaciones más diversas



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57515786/SICK-Catalogo-Resumido-Spanish>

Figura III. 14 Sensor CM (Sensor De Proximidad)

d) MZT8 (Sensor magnético para cilindros)

Características:

- Sensor magnético para todos los cilindros neumáticos convencionales con ranura en T
- Longitud de la carcasa 24 mm
- Elemento sensor en la punta de la carcasa
- Tecnología GMR-ASIC de SICK: punto de conmutación más preciso, histéresis reducida
- Grado de protección IP 68 / IP 69K
- Tornillos cautivos
- LED indicador de funcionamiento

Ventajas

- El sensor más pequeño del mercado, ideal para aplicaciones con cilindros de carrera corta
- Elemento sensor en la punta del dispositivo que permite detectar el pistón sin reducción de la carrera
- Puesta en funcionamiento sencilla y optimizada gracias a los tornillos de fijación
- Fácil manipulación: posibilidad de realizar “montajes con una mano” mediante una llave Allen con un 1/4 de vuelta
- Montaje con llave Allen o destornillador plano
- Diseño de carcasa extremadamente sólido



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57515786/SICK-Catalogo-Resumido-Spanish>

Figura III. 15 MZT8 (Sensor Magnético Para Cilindros)

e) W4-3 (Sensores ópticos miniatura)

Características

- El mejor rendimiento de su categoría en cuanto a supresión de fondo, registro de objetos críticos y eliminación de luces parásitas.
- Fácil ajuste mediante un potenciómetro preciso de 5 vueltas, mediante cable o botón de Teach.
- La mejor supresión de fondo de su clase
- El punto de luz más intenso y nítido de su clase gracias al LED PinPoint.

Ventajas

- Integración rentable en la maquinaria. En comparación con otros diseños, el W4-3 se adapta perfectamente a entornos de montaje reducidos y se sitúa más próximo al proceso.
- Los sensores están preparados para futuras modificaciones en los productos. Sea cual sea la producción de la maquinaria, tanto si son productos reflectantes, transparentes u opacos, los sensores de la familia W4 ofrecen una gran seguridad.

- La interfaz IO Link o las teclas de aprendizaje permiten poner en marcha los sensores con el ajuste adecuado en poco tiempo, con lo que se acortan los plazos y se evitan problemas futuros.
- Los casquillos roscados M3 de metal proporcionan una fijación segura que garantiza una vida útil prolongada.



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57515786/SICK-Catalogo-Resumido-Spanish>

Figura III. 16 W4-3 (Sensores Ópticos Miniatura)

f) **W280 (sensores compactos)**

Características

- Luz roja visible.
- Conmutación claro/oscuro (solo dispositivos de CC).
- Conector giratorio, conexión de cable o conexión de terminal.
- Variantes para fuentes de alimentación de 10 a 30 V CC o de 24 a 240 V CC/CA.
- Los dispositivos de CC/CA cumplen con la norma EN-61000-6-3 sobre radiaciones en entornos residenciales e industriales.
- Certificación UL.

Ventajas

- La luz roja visible facilita la alineación de los sensores.
- Los dispositivos con conmutación claro/oscuro de las versiones con CC ofrecen una gran flexibilidad de aplicación, reducen la multiplicidad de dispositivos y, con ello, los costes de almacenamiento.
- Flexibilidad en las instalaciones gracias a los conectores giratorios.
- Los dispositivos de CC y CC/CA presentan el mismo diseño, para que los montajes sean siempre compatibles.



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57515786/SICK-Catalogo-Resumido-Spanish>

Figura III. 17 W280 (Sensores Compactos)

g) V180-2 (sensores redondos)

Características

- Alcance y distancia de detección muy elevados.
- Luz roja visible con punto de luz homogéneo y muy intenso que facilita la alineación del sensor.
- Alta frecuencia de conmutación de 1.000 Hz.
- 2 LED con visibilidad de 360° y control de sensibilidad para una puesta en funcionamiento rápida.
- Conexión estandarizada mediante cable o conector de dispositivo M12.

- Carcasa compacta M18 de plástico o metal.

Ventajas

- El corto tiempo de respuesta permite una detección fiable incluso en procesos dinámicos o con objetos que se mueven a gran velocidad.
- Planificación y puesta en funcionamiento fácil y sencillo gracias a la completa familia de sensores.
- Grandes reservas de funcionamiento y acceso a nuevas soluciones gracias las potentes distancias de detección y a las especificaciones de sistema homogéneas para todas las variantes.
- Su facilidad de montaje, su tecnología de conexiones estandarizadas y su aplicación universal son la respuesta ideal a los desafíos económicos actuales.
- Prácticos, rápidos y compatibles gracias al LED de emisión de visibilidad óptima, los dos LED de estado con visibilidad de 360°, la carcasa de tamaño reducido, etc.
- La luz roja visible y el control de sensibilidad permiten un ajuste y puesta en funcionamiento práctico y rápido.
- 2 LED de indicación con visibilidad de 360° ofrecen información reconocible sobre el estado de funcionamiento.



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57515786/SICK-Catalogo-Resumido-Spanish>

Figura III. 18 V180-2 (Sensores Redondos)

3.3.1.3.2 Sensores de identificación

a) CLV50X (Lectores de código de barras)

Características

- Tamaño compacto.
- Peso reducido.
- Puesta en funcionamiento sencilla.
- Identificación rápida y segura, incluso con códigos dañados o mal impresos.
- Disponible en las variantes RS-232 (canal con cable abierto) y USB.
- Teclas de función integradas.
- Una entrada de trigger y dos salidas digitales para buena lectura/ no lectura (solo en la versión RS-232).

Ventajas

- El diseño compacto y su uso sencillo facilitan el montaje en entornos con espacio reducido.
- La herramienta online y los códigos de barras de configuración suministrados facilitan y aceleran la puesta en funcionamiento del dispositivo.
- Gran disponibilidad del sistema gracias a una excelente velocidad de lectura, incluso cuando se trata de códigos de barras mal impresos.
- Teclas de función, LED integrados y zumbador.



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57515786/SICK-Catalogo-Resumido-Spanish>

Figura III. 19 CLV50X (Lectores De Código De Barras)

3.3.1.3.3 Sensores de medición eficiente para automatización industrial

a) LFP (Sensor de nivel)

Características

- Medición de nivel en aplicaciones asépticas.
- Mono sonda de hasta 2.000 mm de largo.
- Temperatura de proceso hasta 150 °C, presión de proceso hasta 16 bares.
- Aptos para procesos CIP/SIP.
- Grado de protección IP 67 e IP 69K.
- Conexiones de proceso asépticas intercambiables.
- 3 en 1: combina pantalla, salida analógica y salida binaria.
- Salida analógica de 4 mA a 20 mA / de 0 V a 10 V conmutable más dos salidas de transistor.

Ventajas

- Modelo resistente que prolonga la vida útil de la instalación.
- Gran flexibilidad gracias a la posibilidad de acortar la sonda y al sistema de conexiones intercambiables.

- Las distintas señales de salida suponen un ahorro de costes: un sistema para la medición continua del nivel y la medición de límites.
- Ahorro en tiempo y en costes gracias a una sencilla puesta en funcionamiento y a la ausencia de mantenimiento.
- Ahorro en tiempo y costes gracias a la puesta en funcionamiento sin compensación de medio ni recalibración posterior.



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57515786/SICK-Catalogo-Resumido-Spanish>

Figura III. 20 LFP (Sensor De Nivel)

b) PBS (Sensor de presión)

Características

- Rangos de medición de entre 0 y 1 bar hasta 0 y 600 bar.
- Sin piezas con movimiento mecánico: no sufre desgaste mecánico ni fatiga, y no necesita mantenimiento.
- Membrana de acero inoxidable.
- Múltiples funciones de conmutación programables.
- Salidas digitales PNP o NPN, salida analógica de 4 a 20 mA, o bien de 0 a 10 V.
- Protección con contraseña.
- Selección de diferentes unidades de medida en el display.

Ventajas

- Ahorro en espacio gracias a sus dimensiones reducidas.
- Opciones flexibles de instalación gracias a la doble carcasa giratoria.
- Funcionamiento y configuración sencillos y seguros mediante tres grandes teclas y una pantalla de cómoda lectura.
- Amplia gama de aplicaciones.
- Resistente a medios corrosivos gracias a su membrana hermética de acero inoxidable con juntas completamente soldadas.
- Soluciones personalizadas gracias a su versátil capacidad de configuración.



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57515786/SICK-Catalogo-Resumido-Spanish>

Figura III. 21 PBS (Sensor De Presión)

c) TCT (Sensor de temperatura)

Características

- Rangos de medición de -50 a $+150$ °C y de -50 a $+250$ °C.
- Partes en contacto con el medio fabricadas en acero inoxidable 1.4571 resistente a la corrosión.
- Distintas adaptaciones mecánicas y longitudes de montaje, también con tubo de protección.

- Pt100 (4 conductores) o de 4 a 20 mA (2 conductores).

Ventajas

- Funcionamiento fiable gracias a un diseño resistente y al uso de materiales de gran calidad.
- Excelente estabilidad a largo plazo, precisión y linealidad.
- Instalación rápida y segura.
- Integración sencilla gracias a sus dimensiones reducidas y a las señales de salida estándar.
- Las múltiples posibilidades de configuración ofrecen soluciones óptimas para requisitos específicos.



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57515786/SICK-Catalogo-Resumido-Spanish>

Figura III. 22 TCT (Sensor De Temperatura)

3.3.1.3.4 Sensores de registro

a) KT3 (Sensor de contraste)

Características

- Dimensiones muy reducidas.
- Tecnología RGB de 3 colores o luz blanca.
- Aprendizaje sencillo (con la maquinaria parada o en funcionamiento).
- Ajuste integrado del umbral de conmutación para objetos muy brillantes.

- Funcionamiento fiable para materiales con destellos.
- Frecuencia de conmutación de 10 kHz.

Ventajas

- Gracias a su carcasa compacta es posible realizar la instalación incluso en espacios muy reducidos.
- Gracias a la tecnología RGB de 3 colores, puede aplicarse de forma universal a distintas combinaciones débiles de contrastes.
- La luz blanca se utiliza para el reconocimiento de distintas marcas dispuestas sucesivamente.
- El aprendizaje sencillo permite ajustar de forma óptima el color de emisión, el punto de conmutación y el brillo.
- Resolución de contraste excelente para el reconocimiento de marcas impresas en casos en los que la marca apenas se distingue del fondo.
- Para garantizar la disponibilidad del sistema, el brillo se adapta automáticamente cuando se trata de objetos muy brillantes.
- Funcionamiento fiable para materiales con destellos.
- Posicionamiento preciso en procesos de producción a gran velocidad.



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57515786/SICK-Catalogo-Resumido-Spanish>

Figura III. 23 KT3 (Sensor De Contraste)

b) CS8 (Sensor de color)

Características

- Posibilidad de guardar uno (CS8-1) o cuatro (CS8-4) colores.
- Distancia de detección de 12,5 mm o 60 mm.
- Tiempo de respuesta reducido (hasta 85 μ s).
- Alta resolución de color.
- Indicación de coincidencia de colores mediante la pantalla de segmentos.
- Punto de luz muy preciso, alta resolución geométrica.
- Carcasa de metal con dos salidas de luz (intercambiables).

Ventajas

- Guarda y reconoce de forma fiable hasta cuatro colores. No es necesario volver a programar el sensor al cambiar de producto, con lo que se reducen los tiempos de inactividad del sistema.
- Procesos muy seguros: la alta resolución de color garantiza la clasificación exacta de los colores.
- Su preciso punto de luz permite una detección constante y coherente de los objetos.
- Facilidad a la hora de supervisar los procesos, ya que la pantalla de segmentos indica la calidad del color y, con ello, la fiabilidad de la detección.
- Las distintas tolerancias de color ofrecen una gran flexibilidad para evaluar la calidad de la detección.

- El rápido tiempo de respuesta proporciona reconocimientos fiables incluso en procesos a gran velocidad.
- Las variaciones en la temperatura no afectan a la fiabilidad de la detección.



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57515786/SICK-Catalogo-Resumido-Spanish>

Figura III. 24 CS8 (Sensor De Color)

3.3.1.3.5 Sensores de distancia

a) Dx50 (sensores de media distancia)

Características

- La tecnología HDDI proporciona la mejor fiabilidad e inmunidad frente a luces ambiente con relación calidad/precio.
- Rangos de medición de 10 a 20 m directamente en el objeto o 50 m con reflector.
- Distintos niveles de rendimiento en función del producto y la clase del láser.
- Distintas interfaces: de conmutación, analógica o de serie.
- Pantalla de funcionamiento intuitivo y estándar.
- Sólida carcasa de Zinc fundido a presión.
- Rango de temperaturas de funcionamiento más amplio, de $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ a $+65\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Ventajas

- Los rangos de medición hasta 10, 20 o 50 m combinados con las distintas inter-faces facilitan y aceleran la integración en cualquier entorno de producción.
- La calidad y la estabilidad del proceso mejoran gracias a la gran precisión y fiabilidad de las mediciones.
- Las frecuencias elevadas de conmutación o medición permiten acelerar el flujo de materiales.
- Costes de puesta en funcionamiento mínimos gracias a su manejo sencillo y rápido desde la pantalla.
- Gracias a su rango de temperaturas de -30 a $+65$ °C puede usarse sin problemas en áreas exteriores o refrigeradas.
- Con unos costes moderados y rendimientos altos o muy altos, la inversión se amortiza en poco tiempo.



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57515786/SICK-Catalogo-Resumido-Spanish>

Figura III. 25 Sensores De Distancia

b) UC4 (sensores ultrasónicos)

Características

- La tecnología de tiempo de vuelo integrada permite reconocer objetos con independencia de su color, como vidrios, líquidos o film transparente.
- Modo de proximidad, modo ventana y modo réflex.

- Inmune a la suciedad, al polvo y a la niebla.
- Una salida de conmutación PNP/NPN.
- Supresión de fondo precisa.

Ventajas

- Integración extremadamente sencilla en espacios muy reducidos gracias a su mini carcasa.
- Elevada tolerancia a la suciedad, con lo que se garantizan resultados fiables en entornos muy exigentes.
- La compensación de temperatura integrada garantiza una gran precisión de las mediciones y unos resultados óptimos.
- Los distintos modos de conmutación aportan una gran flexibilidad y permiten establecer ajustes óptimos en función de la aplicación que mejoran la fiabilidad y la productividad.
- Compatibilidad mecánica total con sensores fotoeléctricos para aplicar la tecnología apropiada en función de la aplicación, sin necesidad de realizar modificaciones en la instalación.
- Versiones económicas para entornos con menores requisitos, de forma que pueda reducir los costes de adquisición.
- Puesta en funcionamiento rápida mediante la función de aprendizaje con un solo botón.



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57515786/SICK-Catalogo-Resumido-Spanish>

Figura III. 26 UC4 (Sensores Ultrasónicos)

3.3.1.3.6 Sensores de visión

a) INSPECTOR (sensor de visión)

Características

- Inspección de componentes a alta velocidad.
- Comparación de patrones fiable e independiente de la posición, el ángulo de rotación o el tamaño.
- Múltiples objetos de referencia e inspección simultánea de varias características.
- Iluminación LEDs o DOMO fácil de configurar por PC.
- Facilidad de uso y configuración sencilla por pasos en PC.
- Registro de datos, estadísticas e historial.
- Ethernet industrial.
- Multitud de posibilidades de instalación y gran variedad de accesorios.

Ventajas

- La inspección de componentes a alta velocidad garantiza la calidad sin costes de producción adicionales.

- El eficaz algoritmo de comparación de patrones asegura un resultado de gran calidad incluso en las condiciones de producción más exigentes.
- La exclusiva iluminación DOMO logra resultados impecables incluso con objetos brillantes, sin que tenga que renunciar a una solución compacta.
- La configuración y la supervisión de la red se realiza a través de la interfaz Ethernet industrial integrada, de forma que se minimiza la complejidad de la instalación y se mejora la flexibilidad de la línea de producción.
- Las flexibles opciones de configuración y el gran número de accesorios convierten al Inspector en el dispositivo perfecto para instalaciones de producción que exigen soluciones para aplicaciones versátiles.



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57515786/SICK-Catalogo-Resumido-Spanish>

Figura III. 27 Inspector (Sensor De Visión)

3.3.1.4 Sensor para detectar color en el clasificador de granos- CSM1-P111 SICK

Finalmente escogemos el sensor CSM1-P111 de SICK, por las siguientes especificaciones que se adaptan a nuestras necesidades.



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/57515786/SICK-Catalogo-Resumido-Spanish>

Figura III. 28 CSM1-P111

a) Características

- Un color puede ser guardado.
- 12,5 mm Distancia de detección.
- Frecuencia de conmutación 1,5 kHz.
- Tolerancia de color (precisa, media, gruesa) se puede ajustar.
- Objeto estático TEACH-IN a través de cable de control o el panel de control.

b) Beneficios

- Fácil integración en las máquinas existentes - incluso en lugares donde el espacio es limitado.
- Rápida instalación y fácil ahorra tiempo y costes.
- Amplio espectro de tolerancias de color permite un uso más flexible.

c) Características técnicas

- Dimensiones (L x W x H): 22 mm x 12 mm x 40 mm
- Distancia de detección: 12,5 mm
- Detección de tolerancia de distancia: ± 2 mm
- Fuente de luz: LED rojo, verde, azul
- Luz Tamaño de punto: 1,5 mm x 6,5 mm

- Luz dirección punto: Vertical
- Ajuste: Estático 1 punto TEACH-IN
- Suministro de tensión V_s : DC 12 V ... 24 V
- Ondulación residual: <5 Vpp
- Consumo de energía: <35 mA
- Frecuencia de Cambio: 1,5 kHz
- Tiempo de respuesta: 500 ms
- Salida de conmutación: PNP: HIGH = $V_S - \leq 2$ V / BAJO aprox. 0 V
- Salida de conmutación: PNP
- De salida (canal): 1 color
- I_{\max} Corriente de salida: <100 mA
- Entrada, TEACH-IN (ET): Enseñar: $U = 10$ V ... $<U$ V Run: $U < 2$ V
- Conexión eléctrica: Conector M12, 4 pines
- Tipo de protección: II
- Protección del circuito: Conexiones VS polaridad inversa protegida
- Salida Q protegida contra cortocircuitos
- Supresión de interferencias
- Grado de protección: IP 67
- Peso: ca. 11 g
- Material de la cubierta: ABS

d) Datos ambientales

- Temperatura ambiente: Operación: -10 ... 55 ° C Almacenamiento: -20 ... 75 ° C
- Carga de choque: según la norma IEC 60068.

3.2 Controladores lógicos programables (PLC)

3.2.1 Historia

Los controladores lógico Programables (PLC) fueron inventados como respuesta a las necesidades de la industria automotriz. Inicialmente fueron adoptados por las empresas para sustituir la lógica cableada. En 1968 GM Hydramatic (la división de transmisiones automáticas de General Motors) emitió una solicitud para realizar una propuesta que sustituyera la lógica cableada. La propuesta ganadora fue realizada por Bedford Associates. El primer PLC fue el MODICON 084.

3.2.2 Concepto

Un controlador lógico programable es un dispositivo que controla una máquina o proceso y puede considerarse simplemente como una caja de control con dos filas de terminales: una para salida y otra para entrada. Los terminales de salida proporcionan comandos para conectar a dispositivos como válvulas solenoides, motores, lámparas indicadoras, indicadores acústicos y otros dispositivos de salida. Los terminales de entrada reciben señales de retroalimentación (feedback) para conexión a dispositivos como interruptores de láminas, disyuntores de seguridad, sensores de proximidad, sensores fotoeléctricos, pulsadores e interruptores manuales, y otros dispositivos de entrada.

El circuito para producir las salidas deseadas en el momento adecuado o en la secuencia adecuada para la aplicación, se dibuja en forma de diagrama de contactos y programa en la memoria del PLC como instrucciones lógicas.

El único cableado necesario es para los dispositivos de entrada y salida. No precisa de cableado lógico alguno.

3.2.3 Elementos del PLC

- a)** Unidad central de proceso
- b)** Módulos de entrada
- c)** Módulos de salida
- d)** Fuente de alimentación
- e)** Dispositivos periféricos
- f)** Interfaces

La unidad central es el “cerebro” del PLC. Este toma las decisiones relacionadas al control de la máquina o proceso. Durante su operación, el CPU recibe de diferentes dispositivos de sensado, ejecuta decisiones lógicas, basadas en un programa almacenado en la memoria, y controla los dispositivos de salida de acuerdo al resultado de la lógica programada.

Los módulos de entrada y salida son la sección del PLC en donde sensores y actuadores son conectados y a través de los cuales el PLC monitorea y controla el proceso.

La fuente de alimentación convierte altos voltajes de corriente de línea (115V

230V CA) a bajos voltajes (5V, 15V, 24V CD) requeridos por el CPU y los módulos de entradas y salidas.

El funcionamiento del PLC es un continuo ciclo cerrado, primero el sistema operativo inicia la vigilancia de tiempo de ciclo, después el CPU escribe los valores de imagen de proceso de las salidas en los módulos de salida, a continuación el CPU lee el estado de las entradas en los módulos de entrada y actualiza la imagen de proceso de las entradas, el CPU procesa el programa del usuario en segmentos de tiempo y ejecuta las operaciones indicadas en el programa, al final de un ciclo el sistema realiza las tareas pendientes por ejemplo carga y borrado de bloques.

Los PLC han ganado popularidad en las industrias y probablemente continuarán predominando por algún tiempo, debido a las ventajas que ofrecen:

- a)** Son un gasto efectivo para controlar sistemas complejos.
- b)** Son flexibles y pueden ser aplicados para controlar otros sistemas de manera fácil y rápida.
- c)** Su capacidad computacional permite diseñar controles más complejos.
- d)** La ayuda para resolver problemas permite programar fácilmente y reduce el tiempo de inactividad del proceso.
- e)** Sus componentes confiables hacen posible que pueda operar varios años sin fallas.
- f)** Capacidad de entradas y salidas.

- g)** Monitoreo.
- h)** Velocidad de operación.
- i)** Están diseñados para trabajar en condiciones severas como: vibraciones, campos magnéticos, humedad, temperaturas extremas.

3.2.4 Campos de aplicación

El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

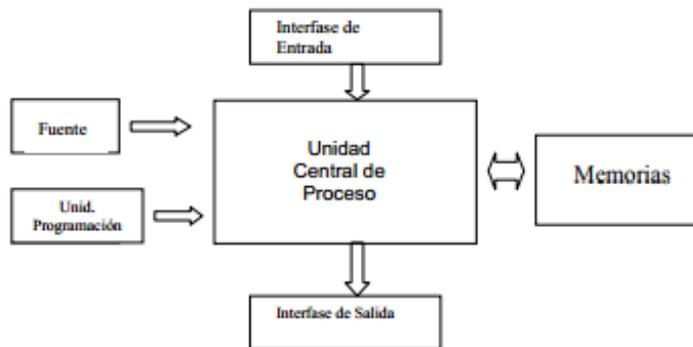
Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control, señalización, etc., por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, etc.

Sus reducidas dimensiones, la extremada facilidad de su montaje, la posibilidad de almacenar los programas para su posterior y rápida utilización, la modificación o alteración de los mismos, etc., hace que su eficacia se aprecie fundamentalmente en procesos en que se producen necesidades tales como:

- a)** Espacio reducido.
- b)** Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- c)** Procesos secuenciales.
- d)** Maquinaria de procesos variables.

- e) Instalaciones de procesos complejos y amplios.
- f) Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.
- g) Maniobra de máquinas.
- h) Maniobra de instalaciones.
- i) Señalización y control.
- j) Chequeo de Programas.
- k) Señalización del estado de procesos.

3.2.4.1 Estructura externa



Fuente:http://www.efn.uncor.edu/departamentos/electro/cat/eye_archivos/apuntes/a_practico/CAP%209%20Pco.pdf

Figura III. 29 Estructura Externa Del PLC

3.2.5 PLC Schneider Electric

La elección de un modelo u otro de autómata vendrá dada por la tipología y complejidad de la aplicación que se desea automatizar. Los Controladores programables Twido, han sido optimizados para las instalaciones sencillas y las máquinas pequeñas: aplicaciones estándar de 10 a 100 E/S (máx. 252 E/S).

El controlador Twido dispone de dos modelos: Compacto o Modular.

a) Controladores compactos

La gama de controladores programables compactos Twido ofrece una solución “todo en uno” con unas dimensiones reducidas, lo que permite reducir el tamaño de las consolas o de los cofres en las aplicaciones donde el espacio ocupado resulta primordial.

Los controladores de tipo compacto tienen integradas en el mismo cuerpo las entradas y salidas, este dependerá del modelo, pudiendo elegir: 10 E/S, 16 E/S, 24 E/S y 40 E/S.

Los controladores de 24 E/S y 40 E/S admiten módulos de ampliación.



Figura: <http://es.scribd.com/doc/131650776/Manual-Twido>

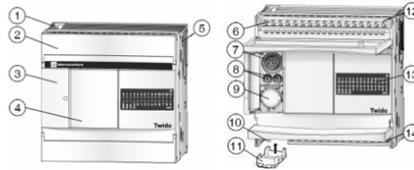
Figura III. 30 PLC Twido 24 E/S

En los controladores de 24 E/S es posible colocar hasta 4 módulos de ampliación y en los de 40 E/S hasta 7 módulos, dependiendo siempre de que no se supere los límites de consumo de potencia, este se puede controlar a través del software TwidoSuite. Dependiendo del tipo de módulo de ampliación se puede llegar hasta

152 E/S con el controlador de 24 E/S y hasta 264 E/S como máximo con el de 40 E/S.

Los controladores Twido compactos ya tienen integrada la fuente de alimentación y utilizan: Una alimentación de corriente alterna comprendida entre 100 y 240 Vca (que garantiza la alimentación 24 Vcc de los captadores), o una alimentación de corriente continua comprendida entre 19,2 y 30 Vcc.

- **Componentes De Un Controlador Compacto**



Fuente: <http://www.slideshare.net/nachovidaal/manual-twido>

Figura III. 31 Componentes De Un Controlador Compacto

1. Orificio de montaje
2. Cubierta de terminal.
3. Puerta de acceso.
4. Cubierta extraíble del conector del HMI.
5. Conector de ampliación (en las series 24DRF y 40DRF).
6. Terminales de potencia del sensor.
7. Puerto serie 1
8. Potenciómetros analógicos (solo están en algunas series).
9. Conector de puerto serie 2.
10. Terminales de fuente de alimentación.

11. Conector de cartuchos (ubicado en la parte inferior del controlador).

12. Terminales de entradas.

13. Indicadores LED.

14. Terminales de salidas.

b) Controladores modulares

La gama de controladores modulares tiene 5 bases, que se diferencian entre sí por la capacidad de tratamiento y el número y tipo de entradas/salidas integradas (20 o 40 E/S). Todas ellas pueden ampliarse con cualquier módulo de entradas/salidas, hasta 7 módulos (configuración máxima). Todas las bases modulares se alimentan a 24 Vcd.



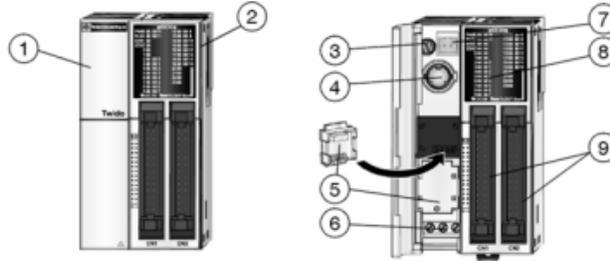
Fuente: <http://www.slideshare.net/nachovidaal/manual-twido>

Figura III. 32 Controladores Modulares

Estas bases ofrecen una modularidad que se adapta a las necesidades de la aplicación a partir de una base que admite hasta 4 o 7 módulos de ampliación de entradas/salidas TON y/o analógicas (según el modelo), de esta manera se pueden configurar hasta un máximo de 244 E/S con los módulos de 20 E/S integradas y de 264 E/S en los de 40 E/S integradas. Es posible añadir E/S

adicionales al controlador mediante módulos de E/S de ampliación hay diferentes tipos: módulos de E/S digitales o tipo de relé y módulos de E/S analógicas.

- **Componentes De Un Controlador Modular**



Fuente: <http://www.slideshare.net/nachovidaal/manual-twido>

Figura III. 33 Componentes De Un Controlador Modular

1. Tapa con bisagra.
2. Conector de ampliación.
3. Potenciómetro analógico.
4. Puerto serie 1.
5. Cubiertas de los cartuchos.
6. Terminales fuente de alimentación de 24 Vcc.
7. Conector de entrada de tensión analógica.
8. LED.
9. Terminales E/S.
10. Conector de comunicaciones.

3.2.6 PLC para el clasificador de granos - TWIDO TWDLCAA24DRF

Se escoge este PLC porque nuestras necesidades son de máximo ocho entradas, y cinco salidas, este PLC se adapta preciso, aun así deja libre puertos en caso de futuras ampliaciones.

El PLC TWIDO TWDLCAA24DRF de Schneider Electric, tiene 24 canales los cuales 14 son entradas de 24VCC y 10 salidas tipo relé. La fuente de alimentación es de 100/240 VCA. El flujo de corriente de entrada en arranque es de máximo 40 A.

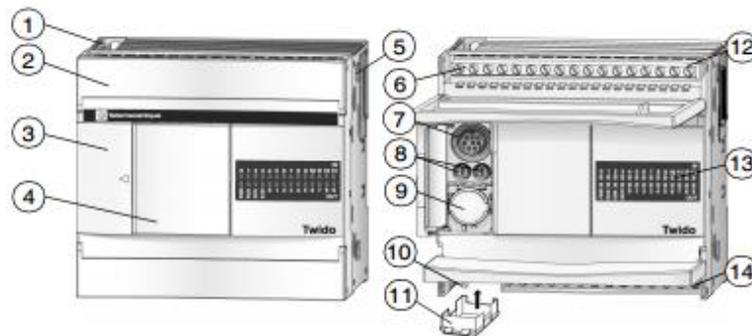
El cable de la fuente de alimentación tiene que ser de 0,64 mm² (UL1015 AWG22) o 1,02 mm² (UL1007 AWG18). El cable de la fuente de alimentación debe ser lo más corto posible. El conductor de puesta a tierra tiene que ser de 1,30 mm² (UL1007 AWG16) y no hay que conectar el cable de puesta a tierra junto con el del equipo motor.

Tabla III. III Características TWIDO TWDLCAA24DRF

FUNCIÓN	TWDLCAA24DRF
Entradas	14 entradas binarias
Salidas	10 salidas tipo relé
Potenciómetros analógicos	2
Puerto serie integrado	Sí
Puerto serie adicional	Un slot disponible
Cartucho RTC (opcional)	Sí
Cartucho de memoria (opcional)	32KB

FUNCIÓN (continuación)	TWDLCAA24DRF(continuación)
Compartimento de la batería	No
Módulos de E/S de ampliación	Hasta cuatro módulos
Módulos del bus AS-I V2	Hasta dos módulos
Módulo del bus de campo CANopen	Sí
Módulo de visualización del operador (opcional)	Sí
Interfase Ethernet	Un módulo ConneXium TwidoPort

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/151999575/Automata-Programable-Twido>



Fuente: <http://es.scribd.com/doc/151999575/Automata-Programable-Twido>

Figura III. 34 Componentes de una base compacta. Esta figura corresponde al módulo TWDLCAA24DRF.

Tabla III. IV Descripción TWDLCAA24DRF.

ETIQUETA	DESCRIPCIÓN
1	Orificio de montaje

ETIQUETA (continuación)	DESCRIPCIÓN (continuación)
2	Cubierta de terminal
3	Tapa con bisagra
4	Cubierta extraíble del conector de monitor de operación.
5	Conector de ampliación (en ambos controladores base de las series 24DRF y 40DRF).
6	Terminales de potencia del sensor.
7	Puerto serie 1
8	Potenciómetros analógicos
9	Conector de puerto serie 2
10	Terminales de fuente de alimentación de 100 a 240 V CA en la serie TWDLCA•••DRF. Terminales de fuente de alimentación de 24 V CC en la serie TWDLCD•••DRF.
11	Conector de cartuchos (ubicado en la parte inferior de la base)
12	Terminales de entradas
13	Indicador luminoso
14	Terminales de salidas

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/151999575/Automata-Programable-Twido>

Tabla III. V Características de salidas de relé de la base compacta TWDLCAA24DRF

BASE COMPACTA	TWDLCAA24DRF
Puntos de salida	10 salidas
Puntos de salida por línea común : COM0	4 contactos NO
Puntos de salida por línea común : COM1	4 contactos NO
Puntos de salida por línea común : COM2	1 contactos NO
Puntos de salida por línea común : COM3	1 contactos NO
Corriente máxima de carga	2 A por salida 8 A por línea común
Carga de conmutación mínima	0,1 mA/0,1 VDC (valor de referencia)
Resistencia de contacto inicial	Máximo de 30 mΩ @ 240 V CA/2 A carga (controladores TWDLCA•...) @ 30 V CC/2 A (controladores TWDLCA•...)
Vida útil eléctrica	Mínimo de 100.000 de operaciones (carga nominal resistiva 1.800 operaciones/h)

BASE COMPACTA (continuación)	TWDLCAA24DRF (continuación)
Vida útil mecánica	Mínimo de 20.000.000 de operaciones (sin carga 18.000 operaciones/h)
Carga nominal (resistiva/ inductiva)	240 V CA/2 A, 30 V CC/2 A
Rigidez dieléctrica	Entre la salida y el circuito interno: 1.500 V CA, 1 min Entre grupos de salidas: 1.500 V CA, 1 min

Fuente: <http://es.scribd.com/doc/151999575/Automata-Programable-Twido>

3.2.7 Tipo de material para la estructura del clasificador de granos

Se escoge el Aluminio porque es el metal más abundante del planeta aunque no está en estado puro. Es un meta de color blanco plateado, muy ligero e inoxidable al aire libre, no le atacan las sustancias orgánicas, es maleable y dúctil, buen conductor de calor y electricidad.

Considerando el costo y la resistencia del aluminio y sus aleaciones, estos productos se encuentran entre los materiales más versátiles desde el punto de vista de la fabricación; ya que se puede procesar mediante la fundición, trabajo en caliente o en frío, o extrusión. Sus aleaciones se pueden maquinar, trabajo en prensa, soldar en forma directa, al bronce o al estaño. Hay que tomar ciertas precauciones al unir el aluminio mediante soldadura directa, al bronce o al estaño; los anteriores métodos de unión no se recomiendan para todas las aleaciones.

Por último, una característica que está tomando pujanza en nuestros días es la buena disponibilidad al reciclaje que presenta el aluminio una vez finalizado su vida útil. Efectivamente, el empleo de material reciclado en las factorías para la producción de nuevas aleaciones de aluminio, permiten reducir enormemente la energía necesaria (hasta un 90%) que si la comparamos con la energía que haría falta para transformar para su uso el material de aluminio extraído directamente de la naturaleza.

3.3 Válvulas

Las válvulas son dispositivos usados para controlar o regular el arranque, parada, sentido, presión y flujo en un circuito neumático. Dependiendo de la función que realicen las válvulas se clasifican en:

- Válvulas distribuidoras o de vías.
- Válvulas anti retorno o bloqueo.
- Válvulas reguladoras de presión.
- Válvulas reguladoras de flujo o velocidad.

3.3.1 Tipos de válvulas

De acuerdo con su uso pueden ser de potencia o principales, que son las que suministran directamente aire a los actuadores y permiten el escape, o de fin de carrera, son las que abren o cierran los pasos al aire cuya función no será la de ir directamente al actuador, sino que accionan otras válvulas. Otro tipo de válvulas

son las auxiliares, que en combinación con las de fin de carrera y de potencia se utilizan para dirigir adecuadamente las señales de presión de aire.

3.3.1.1 Válvulas distribuidoras o de vías

Las válvulas pueden ser de 2, 3, 4 o múltiples vías. Como vías se consideran: la conexión de entrada de aire comprimido, conexiones de alimentación para el consumidor y orificios de purga.

Al grupo de las válvulas de 2 vías pertenecen todas las llaves de paso, ya que estas poseen un orificio de entrada y uno de salida. Las válvulas de 3 vías, tienen una vía para la alimentación, una vía para la conducción al consumidor y otra vía de escape. El número de posiciones de una válvula es el de conexiones diferentes que se pueden hacer de manera estable entre las vías del distribuidor.

Las válvulas se designan así: 3/2, 5/2 etc. Donde el numerador quiere decir el número de vías y el denominador el número de posiciones.

Las vías según la norma DIN 24300 (Deutsches Institut für Normung (Instituto Alemán de Normalización)) se indican así:

- P = alimentación de aire comprimido.
- A,B,C = salidas de trabajo.
- R,S,T = escape de aire.
- X,Y,Z = conexiones de mano.

Según la norma CETOP (Comité Europeo de Transmisiones oleo hidráulicas y Neumática):

- 1 = alimentación de aire comprimido.
- 2 y 4 = salidas de trabajo. 3 y 5 = escape de aire.
- 12 y 14 = conexiones de mando.

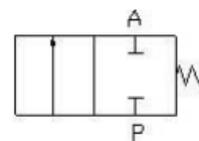
Las válvulas de asiento de bola son muy económicas debido a su sencilla fabricación, pero debido a que no siempre está garantizada una junta perfecta, estas válvulas se utilizan para funciones secundarias. Este tipo de válvulas se fabrica principalmente como válvula 2/2 o 3/2. En este tipo de válvulas se tienen pérdidas por fugas elevadas cuando se origina coincidencia con el escape porque cuando se conmuta el aire puede pasar directamente de la alimentación al escape.

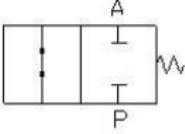
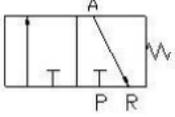
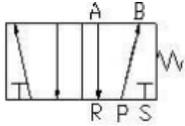
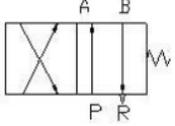
Las válvulas de asiento de disco, pueden estar construidas como 2/2, 3/2 y 4/2. En este tipo de válvulas no se presenta coincidencia con el escape. Sin accionamiento estas válvulas toman la posición de reposo provocada por muelle.

Las válvulas de embolo deslizante, el elemento móvil, un embolo se desliza perpendicularmente al orificio a cerrar. Este tipo de cierre se adopta en la mayoría de distribuidores neumáticos. También se llaman válvulas de corredera.

Tabla III. VI Representación de las válvulas distribuidoras más comunes

Válvula de asiento de bola de 2 vías

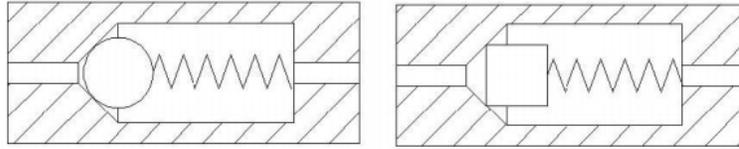


Válvula de 2 vías. Función de la válvula: cierre	
Válvula de 3 vías, 2 posiciones	
Válvula de 5 vías, 2 posiciones	
Válvula de 4 vías con orificio de purga común	

Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/neumatica-hidraulica/neumatica-hidraulica.pdf>

3.3.1.2 Válvulas de bloqueo

Son las válvulas que cortan el paso del aire comprimido. En ellas siempre se bloquea un solo sentido del paso el otro queda libre. La válvula de bloqueo más sencilla es la de retención, que cierra por completo el paso del aire en un sentido y lo deja libre en el opuesto con la pérdida de presión más pequeña posible. Tan pronto como la presión de entrada en el sentido de paso aplica una fuerza superior a la del resorte incorporado, abre el elemento del asiento de la válvula. El bloqueo también puede levantarse por medios mecánicos.



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/neumatica-hidraulica/neumatica-hidraulica.pdf>

Tabla III. VII Válvula Antiretorno

- a) La válvula selectora (de doble retención) tiene dos entradas y una salida. El bloqueo actúa siempre en el sentido de la entrada purgada, por lo que queda libre el paso desde la otra entrada hacia la salida.
- b) Las válvulas estranguladoras con retención, conocidas como válvulas reguladoras de velocidad tienen el punto de estrangulación como regulable. El efecto de estrangulación solo actúa en un sentido de circulación, siendo libre el paso en el sentido opuesto a través de la válvula.

En la regulación de aire comprimido con estas válvulas se distingue entre la estrangulación de entrada y la de salida.

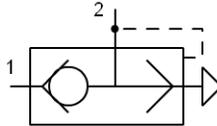
- **Estrangulación de entrada**

El aire de entrada es estrangulado hacia el cilindro y el de salida puede circular libremente por la válvula de retención.

- **Estrangulación de salida**

El aire circula libremente hacia el cilindro sobre la válvula de retención y el aire de salida es estrangulado.

- c) Las válvulas de purga rápida (escape rápido) sirven para aumentar la velocidad de entrada o salida de un cilindro, esta válvula tiene un escape, una salida de trabajo y una entrada de aire.

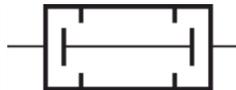


Fuente:

http://www.portaleso.com/portaleso/trabajos/tecnologia/neuma.ehidra/ud_simbologia_neu.pdf

Figura III. 35 Válvula de escape rápido

- d) Las válvulas de simultaneidad, una válvula de este tipo tiene 2 entradas y una salida. La señal de salida solo está presente si las dos señales de entrada lo están.



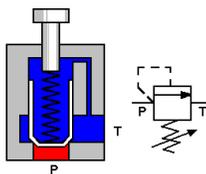
Fuente: <https://sites.google.com/site/circuito11luisjoan/valvula-de-simultaneidad-funcion-y>

Figura III. 36 Válvula de simultaneidad

3.3.1.3 Válvulas de presión

Son las que influyen sobre la presión del aire comprimido en circulación.

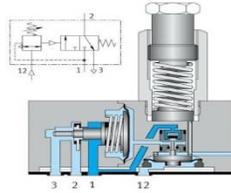
- a) La válvula limitadora de presión impide la elevación de la presión máxima admisible en un sistema. Esta válvula sirve para seguridad.



Fuente: <https://sites.google.com/site/circuito11claudiomiguel/7-valvulas/7-3-valvulas-de-caudal-y-presion/valvula-limitadora-de-presion>

Figura III. 37 Válvula limitadora de presión

- b) La válvula de secuencia es similar a la válvula limitadora de presión, diferenciándose solo en la aplicación.

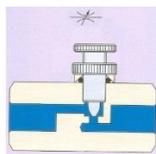


Fuente: <http://industrial-automatica.blogspot.com/2010/09/valvulas-de-presion.html>

Figura III. 38 Válvula de secuencia

3.3.1.4 Válvulas de flujo

Las válvulas de flujo actúan de modo preferente sobre el caudal. La acción sobre el caudal se limita solo al caudal circulante, en neumática la única válvula de este tipo que se utiliza es la de estrangulación. El efecto de la estrangulación es igual en ambos sentidos, cuando las válvulas son ajustables se utiliza una flecha para indicarlo.



Fuente: <http://sistemasneumaticos.wordpress.com/estudio-funcional-de-las-valvulas-distribuidoras/valvulas-reguladoras-de-caudal/>

Figura III. 39 Válvula bidireccional



Fuente: <http://www.monografias.com/trabajos-pdf/neumatica-hidraulica/neumatica-hidraulica.pdf>

Figura III. 40 Representación de las válvulas de presión y flujo, respectivamente.

3.3.1.5 Válvula para el clasificador de granos- VÁLVULA FESTO MFH-3-1/8

Se escoge la válvula de rápido accionamiento, porque la clasificación de los granos debe ser lo más rápida posible, con un sensor de rápido reconocimiento la válvula no podía dejarse atrás.

Tabla III. VIII Características VÁLVULA FESTO MFH-3-1/8

CARACTERÍSTICAS	VALORES
Función de la válvula	3/2 cerrada, monoestable
Tipo de accionamiento	Eléctrico
Caudal nominal	500 l/min
Presión de trabajo	1,5-8 bar
Diseño de estructura	Válvula de disco y asiento plano
Tipo de reajuste	Resorte mecánico
Tipo de protección	IP65
Diámetro nominal	5mm

CARACTERÍSTICAS (continuación)	VALORES (continuación)
Principio de obturación	Flexible
Posición de montaje	Cualquiera
Accionamiento manual	Enclavamiento
Tipo de pilotaje	Pilotado
Sentido de flujo	No reversible
Tiempo de conmutación	29ms
Tiempo de conexión	9ms
Fluido de trabajo	Aire comprimido filtrado, grado de filtración 40 micras, lubricado o no lubricado.
Temperatura media	10 a 60 °C
Temperatura ambiente	5 a 40 °C
Peso del producto	240 g
Conexión eléctrica	Vía bobina F, debe pedirse por separado
Tipo de montaje	Opcional, a través del agujero, riel
Orificio de escape 82 piloto	M5

CARACTERÍSTICAS (continuación)	VALORES (continuación)
Conexión neumática, puerto 2	G1/8
Conexión neumática de 3 vías	G1/8
Material para juntas	NBR
Material de cubierta	Aluminio presofundido

Fuente: <http://www.dielco-store.com/media/datasheets/mfh-3-1-8.pdf>

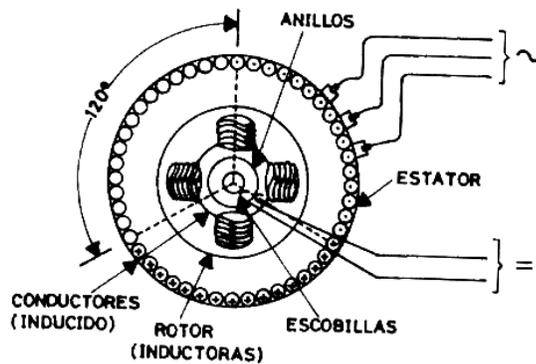
3.4 Motores DC

El motor de corriente directa (DC) moderno fue enfocado desde hace más de dos siglos. El nuevo entendimiento y la nueva tecnología han transformado al motor DC a través de dos siglos de investigación y desarrollo.

La invención del motor eléctrico es generalmente acreditada a Michael Faraday. En 1821, Faraday inventó el primer motor eléctrico tosco. Un alambre rígido, pivoteado en la parte superior, colgado para que la base final quede inmerso en un plato de mercurio con el que se forma un polo altamente magnético. Cuando una gran corriente pasa a través del alambre, empieza a girar el eje en una rotación cónica. Aunque esto demuestre el principio del motor eléctrico, este proceso en particular requiere de mercurio durante todo el proceso. Faraday continuó su investigación en 1831, inventó un dínamo eléctrico, con el que produce

electricidad de una rotación mecánica o absorbe electricidad y produce poder mecánico.

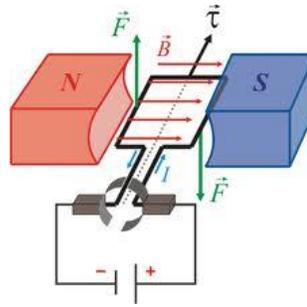
Una máquina inventada en 1832 por el francés Hypolite Pixii se convirtió en el padre del motor moderno, consiste en una máquina con un imán permanente con un alambre descubierto al núcleo y una armadura de hierro. Esta máquina se puede construir para producir un voltaje útil y niveles de corriente a partir de unos cientos de revoluciones por minuto (rpm).



Fuente: <http://generadoresdeca.blogspot.com/2009/08/componentes-de-un-generator-de.html>

Figura III. 41 Motor dc

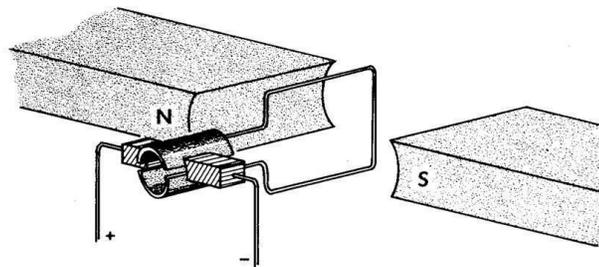
Los motores DC convencionales consisten en uno o más devanados inductores (bobina), una armadura devanada ubicada en un rotor magnético y una estructura magnética que forma un estator. Cuando la corriente directa (DC) pasa a través de la bobina, esta corriente crea un campo magnético. El polo norte es atraído por el polo sur del exterior del campo magnético y viceversa.



Fuente: <http://www.areatecnologia.com/EL%20MOTOR%20ELECTRICO.htm>

Figura III. 42 Funcionamiento del motor eléctrico

Así, la bobina gira. Cuando la bobina llegue al centro muerto, la escobilla toca ambos segmentos de los conmutadores al mismo tiempo. Al ocurrir esto no pasa corriente por la bobina, pero gracias a la inercia la bobina continúa girando.



Fuente: <http://recursosbiblioteca.utp.edu.co/tesisd/textoyanexos/621815A282.pdf>

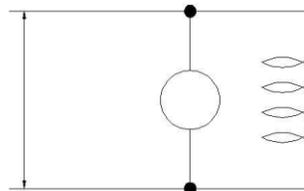
Figura III. 43 Motor dc en punto muerto

Después que la bobina pase por el centro muerto, el conmutador cambia la dirección del flujo de la corriente por la bobina, y la polaridad alrededor de esta se invierte. Esto ocasiona que la bobina sea atraída por el siguiente polo en esta

rotación. Esta alteración de polos continúa después de girar los siguientes 180 grados para continuar con la rotación de la bobina.

Los motores de corriente directa de campo descubierto son construidos de diferentes formas y con muchos tipos de devanados, pero todos estos tipos de motores se resumen en dos categorías. Cuando el campo devanado es diseñado en paralelo con la armadura, el resultado es un motor DC shunt. Y cuando el campo devanado es diseñado en serie con la armadura, el resultado es un motor DC en serie. Cuando ambos tipos de diseño son usados juntos en una aplicación se obtiene un motor DC compuesto.

Los motores shunt son diseñados de forma que el campo devanado sea conectado en paralelo con la armadura (Estos motores tienen una aproximación a una velocidad constante para valores específicos de voltaje aplicado a la armadura y de corriente del campo).

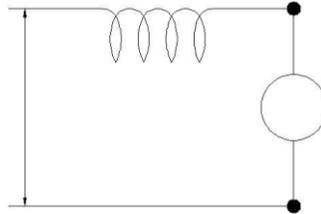


Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura III. 44 Diagrama de cableado de un motor DC *shunt*

Los motores DC en serie tienen el campo del devanado y la armadura en serie. Así el campo de la corriente varía con la carga de la corriente. Cualquiera

incremento en la carga se convierte en más corriente pasando a través de la armadura y el campo del devanado.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura III. 45 Diagrama de cableado de un motor DC en serie

3.4.1 Motores Paso a Paso

La amplia utilización de los sistemas de control digital durante los últimos años ha hecho cada vez más necesario un dispositivo que transforme impulsos eléctricos en desplazamientos mecánicos. Los llamados motores paso a paso se encargan de esta función, recibiendo impulsos discretos y produciendo una pequeña rotación por cada impulso si se trata de un dispositivo rotatorio o una pequeña translación si se trata de un dispositivo de desplazamiento lineal.

Existen esencialmente dos tipos diferentes de motores paso a paso rotatorios: motores de reluctancia variable y motores de imán permanente.

Los motores de reluctancia variable están basados en el principio de que, establecido un flujo magnético a través de un camino en el que un elemento de este camino puede variar de posición, este elemento se sitúa en una posición que hace que el camino magnético sea de reluctancia mínima.

Los motores de imán permanente están basados en el principio de que si excitamos un electroimán que en su circuito magnético hay un imán permanente en éste se produce un par que tiene a alinear su eje con el del electroimán.

3.4.2 Motor para la banda transportadora del Clasificador de granos automático

Es un motor dc, que funciona con 24V, y una corriente de 2A con carga. Tiene una reducción de velocidad de 10 a 1.

3.5 Banda transportadora

3.5.1 Definición y Funciones

La función principal de la banda es soportar directamente el material a transportar y desplazarlo desde el punto de carga hasta el de descarga, razón por la cual se la puede considerar el componente principal de las cintas transportadoras; también en el aspecto económico es, en general, el componente de mayor precio.

3.5.2 Tipos de bandas transportadoras

Pueden llevarse a cabo las siguientes clasificaciones de las bandas:

a. Según el tipo de tejido:

- De algodón.
- De tejidos sintéticos.
- De cables de acero.

b. Según la disposición del tejido:

- De varias telas o capas.
- De tejido sólido.

c. Según el aspecto de la superficie portante de la carga:

- Lisas (aspecto más corriente).
- Rugosas.
- Con nervios, tacos o bordes laterales vulcanizados.

3.5.3 Constitución de la banda

La Banda al cumplir la función de transportar, está sometida a la acción de las siguientes influencias.

- De las fuerzas longitudinales, que producen alargamientos
- Del peso del material entre las ternas de rodillos portantes, que producen flexiones locales, tanto en el sentido longitudinal como en el transversal, y ello a consecuencia de la adaptación de la banda a la terna de rodillos.
- De los impactos del material sobre la cara superior de la banda, que producen erosiones sobre la misma.

Para soportar adecuadamente las influencias anteriores, la banda está formada por dos componentes básicos:

- El tejido o Carcasa, que transmite los esfuerzos.
- Los recubrimientos, que soportan los impactos y erosiones.

El tejido, como es bien sabido, consta de la urdimbre o hilos longitudinales, y de la trama o hilos transversales; las posiciones relativas de urdimbre y trama.

La urdimbre, que soporta los esfuerzos de tracción longitudinales, es en general bastante más resistente que la trama, la cual solo soporta esfuerzos transversales secundarios, derivados de la adaptación a la forma de artesa y de los producidos por los impactos. La rigidez transversal de la trama, no debe ser excesiva, con el fin de que la banda pueda adaptarse bien a la artesa formada por rodillos.

Los recubrimientos o partes externas están formados por elastómeros (caucho natural), plastómeros (pvc), u otros materiales.

3.5.4 Rodillos Y Soportes

Los rodillos son uno de los componentes principales de una cinta transportadora, y de su calidad depende en gran medida el buen funcionamiento de la misma. Si el giro de los mismos no es bueno, además de aumentar la fricción y por tanto el consumo de energía, también se producen desgastes de recubrimientos de la banda, con la consiguiente reducción de la vida de la misma.

La separación entre rodillos se establece en función de la anchura de la banda y de la densidad del material transportado.

Las funciones a cumplir son principalmente tres:

- a. Soportar la banda y el material a transportar por la misma en el ramal superior, y soportar la banda en el ramal inferior; los rodillos del ramal superior situados

en la zona de carga, deben soportar además el impacto producido por la caída del material.

- b. Contribuir al centrado de la banda, por razones diversas la banda está sometida a diferentes fuerzas que tienden a decentarla de su posición recta ideal. El centrado de la misma se logra en parte mediante la adecuada disposición de los rodillos, tanto portantes como de retorno.
- c. Ayudar a la limpieza de la banda ,aunque la banda es limpiada por los rascadores, cuando el material es pegajoso pueden quedar adheridos restos del mismo, que al entrar en contacto con los rodillos inferiores pueden originar desvíos de la misma; para facilitar el desprendimiento de este material se emplean rodillos con discos de goma (rodillos autolimpiadores).

3.5.4.1 Tipos de rodillos

Los más utilizados son:

- a. **Rodillos de Alineación:** Sirven para alinear la banda dentro de la propia instalación.
- b. **Rodillos de Impacto:** Recubiertos de discos de goma para absorber los golpes provocados por la caída de bloques en las tolvas de recepción.
- c. **Rodillos de Retorno:** Los cuales están formados con discos de goma.
- d. **Rodillo cilíndrico:** Con la superficie exterior lisa, tal como la obtenida mediante el empleo de tubos de acero; es el más empleado.
- e. **Rodillo cilíndrico con aros de goma:** Son adecuados para soportar los fuertes impactos del material en las zonas de carga, mientras que si se montan

en los rodillos de retorno, deben ser adecuados para facilitar la limpieza de la banda.

3.5.5 Tensores de Banda

Los Dispositivos de tensado cumplen las siguientes funciones:

- Lograr el adecuado contacto entre la banda y el tambor motriz.
- Evitar derrames de material en las proximidades de los puntos de carga, motivados por falta de tensión en la banda.
- Compensar las variaciones de longitud producidas en la banda, estas variaciones son debidas a cambios de tensión en la banda.
- Mantener la tensión adecuada en el ramal de retorno durante el arranque.

3.5.6 Bastidores

Los bastidores son estructuras metálicas que constituyen el soporte de la banda transportadora y demás elementos de la instalación entre el punto de alimentación y el de descarga del material.

Se compone de los rodillos, ramales superiores e inferior y de la propia estructura soporte.

Los bastidores son el componente más sencillo de las cintas, y su función es soportar las cargas del material, banda, rodillos y las posibles cubiertas de protección contra el viento.

3.5.7 Tipo de banda transportadora para el clasificador automático de granos

La banda es diseño propio, está hecha con las especificaciones anteriores, y con todos los componentes. En el capítulo de diseño se explica cómo fue hecha.

CAPÍTULO IV

DISEÑO Y DESCRIPCIÓN DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA DE GRANOS

4.1 Diseño de la máquina clasificadora de granos

El diseño de la máquina clasificadora de granos es Innovador debido a que existen máquinas industriales para realizar el proceso de selección de granos por color, pero el diseño que planteamos varía para adaptarse a un futuro uso por pequeños empresarios agricultores de granos, y tengan fácil acceso a este tipo de máquina.

4.2 Mecanismos

Se llama mecanismo a un sistema de cuerpos creado artificialmente y destinado a transformar el movimiento de uno o varios cuerpos en el movimiento exigido de otros cuerpos. Todo mecanismo se compone de varios cuerpos separados (piezas). En los mecanismos de tipo estacionario algunas piezas son inmóviles y otras se mueven con relación a aquellas. En los mecanismos de tipo móvil, como por ejemplo el motor del automóvil, se toma condicionalmente como inmóviles aquellas piezas que están unidas solidariamente al marco del automóvil.

4.2.1 Conceptos importantes de mecanismos

4.2.1.1 Mecanismos

Un mecanismo es una combinación de cuerpos rígidos o resistentes formados de tal manera y conectados de tal forma que se mueven uno sobre el otro con un movimiento relativo definido. Un ejemplo de ello es la manivela, la biela, el pistón de un motor de combustión interna.

4.2.1.2 Máquina

- Un conjunto de piezas u órganos unidos entre ellos, de los cuales uno por lo menos habrá de ser móvil y, en su caso, de órganos de accionamiento, circuitos de mando y de potencia, etc., asociados de forma solidaria para una aplicación determinada, en particular para la transformación, tratamiento, desplazamiento de un material.

- Un conjunto de máquinas que, para llegar a un mismo resultado, estén dispuestas y accionadas para funcionar solidariamente.
- Un conjunto intercambiable que modifique la función de una máquina, que se ponga en el mercado con objeto de que el operador lo acople a una máquina, a una serie de máquinas diferentes o a un tractor siempre que este equipo no sea una pieza de recambio o una herramienta.

4.3 Diseño de la máquina clasificadora de granos

4.3.1 Sistema eléctrico

4.3.1.1 Panel de Control

El panel de control está diseñado didácticamente, cada uno de los elementos tiene su propia salida mediante bananas, por lo tanto existen cables externos para que los estudiantes de la ESPOCH de Ingeniería electrónica en control y redes industriales puedan aprender también a conectar los diferentes elementos existentes en el panel.

El diseño del panel de control de la máquina clasificadora de granos está conformado de la siguiente forma:

4.3.1.1.1 Control Botonera y energización

Está conformado por:

- Pulsador de inicio de color verde.
- Pulsador de paro de color rojo.
- Pulsador tipo hongo de emergencia color rojo.

- Luz piloto verde.
- Luz piloto amarilla.
- Luz Piloto roja.
- Interruptor para energizar todo el sistema.
- Bananas para cada uno de los elementos, para salida de 110V y 24V.



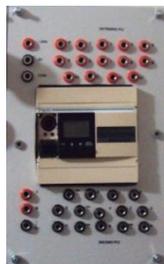
Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 46 Control Botonera y energización

4.3.1.1.2 Control PLC (Control lógico programable)

Está conformado por:

- PLC TWIDO TWDLCAA24DRF
- Bananas para cada una de las entradas, salidas, y alimentación del PLC.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 47 Control PLC

4.3.1.1.3 Control Sensores, Electroválvulas y motores

Está conformado por las bananas de correspondes a salidas y entradas de los siguientes elementos:

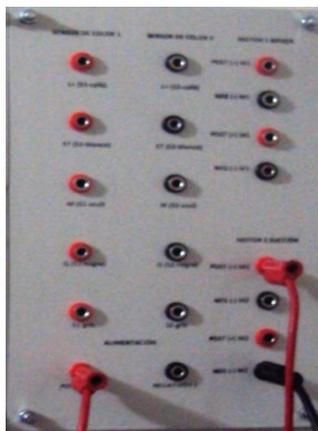
- Dos sensores de color TEACH-IN, CSM1-P111 de SICK.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 48 Sensor CSM1-P111 de SICK

- Dos válvulas 3/2 monoestables, VÁLVULA FESTO MFH-3-1/8.
- Un motor para el funcionamiento de la banda transportadora.
- Un motor para retroalimentación del grano.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 49 Control Sensores, Electroválvulas y motores

4.3.1.1.4 Parte interna del Panel de control



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 50 Parte Interna del Panel de Control

La parte interna del Panel del control está conformada por:

- Fuente de 24V y 5A.
- Un fusible de 1A.
- Relé térmico.

4.3.1.1.5 Protecciones en el panel de control

- Tiene una conexión a tierra, en caso de contacto con la parte física del tablero.
- Dimensionamiento del fusible en caso de cortocircuitos.

Esta ecuación es muy útil para calcular la intensidad nominal del fusible de alimentación:

$$\frac{U1}{U2} = \frac{I2}{I1}$$

Donde U1 es el voltaje en el primario, U2 es el voltaje en el secundario, I1 es la corriente que nos servirá para determinar el dimensionamiento del fusible e I2 es

la corriente consumida por el sistema. En el clasificador de granos tenemos una carga total de 5A que hace referencia a I2, una entrada de 110V que hace referencia a U1, y U2 que hace referencia a 24V.

$$I1 = I2 \frac{U2}{U1}$$

$$I1 = 5 * \frac{24}{110}$$

$$I1 = 1,09 \text{ A}$$

Por lo tanto el fusible que necesitamos es de 1A.

- Dimensionamiento del Relé de potencia para los motores

El relé debe ser dimensionado de acuerdo a la corriente nominal del motor.

- Motor 1

Se realizó una medición con el multímetro del motor que cumple la función de mover la banda, y resulto que la corriente nominal es de 2A.

Por lo tanto el relé para este motor es de 2A.

- Motor 2

Como es un motor de corriente alterna, se procedió a utilizar la siguiente fórmula para determinar su corriente nominal.

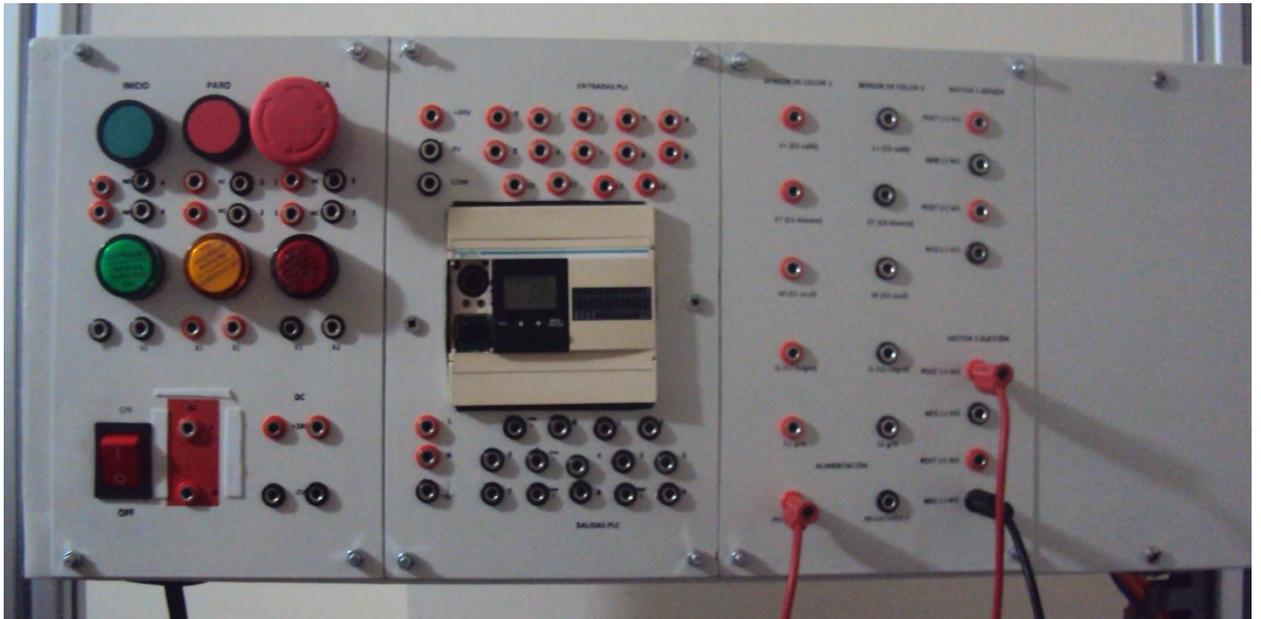
$$P=V*I$$

$$500W=110V*I$$

$$I=4,55 A$$

Consume una corriente muy alta, pero lo único que va hacer el panel de control es darle un pulso de arranque, y la corriente va a ser consumida directamente del interruptor al que se conecte, por lo que no afecta a los cálculos del fusible para la fuente.

Finalmente el panel de control queda así:



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 51 Panel de Control

4.3.2 Sistema Neumático

El sistema neumático está compuesto por dos electroválvulas, que al ser activada eléctricamente deja pasar el aire para su respectiva aplicación.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 52 Electroválvulas



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 53 Aplicación de Expulsión para las válvulas Neumáticas

Claro, como debe ser el sistema neumático necesita de una unidad de mantenimiento.

- **Filtro:** Debe examinarse periódicamente el nivel de agua condensada, porque no debe sobrepasar la altura indicada en la mirilla de control. De lo contrario, el agua podría ser arrastrada hasta la tubería por el aire comprimido. Para purgar el agua condensada hay que abrir el tornillo existente en la mirilla. Asimismo debe limpiarse el cartucho filtrante.

- **Regulador:** Cuando está precedido de un filtro, no requiere ningún mantenimiento.
- **Lubricador:** Verificar el nivel de aceite en la mirilla y, si es necesario, suplirlo hasta el nivel permitido. Los filtros de plástico y los recipientes de los lubricadores no deben limpiarse con tricloro etileno. Para los lubricadores, utilizar únicamente aceites minerales.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 54 Unidad de Mantenimiento

De un proveedor de aire que es el compresor.



Fuente: <http://cuenca.olx.com.ec/compresor-vento-1000-indura-iiid-182493339>

Figura IV. 55 Compresor

Todo este sistema lleva aire por medio de una manguera número 6.



Fuente: <http://spanish.alibaba.com/product-gs/blue-pneumatic-hose-540693795.html>

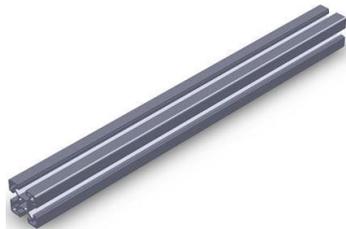
Figura IV. 56 Manguera Neumática número 6

Las electroválvulas, necesitan una presión mínima de 1,5-8 bar, por lo tanto desde 21,75 PSI hasta 116,03 PSI.

4.3.3 Sistema mecánico

4.3.3.1 Estructura

La estructura está hecha de aluminio tipo 40*40 mm.



Fuente: <http://www.3dcontentcentral.es/parts/download-part.aspx?id=229355&catalogid=171>

Figura IV. 57 Aluminio 40*40 mm

4.3.3.2 Soporte de envases

4.3.3.2.1 Soporte de envase para grano no clasificado

Es un diseño, que se sostiene a la base de aluminio, y a su vez sostiene desde dos posiciones al envase que contendrá el grano aún no clasificado.

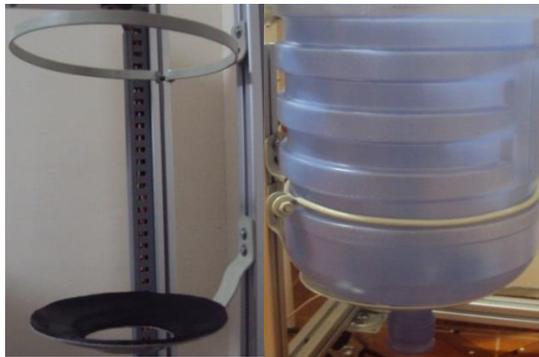


Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 58 Base de aluminio para granos no clasificados

4.3.3.2 Soporte de envase para grano clasificado (granos que no son detectados por los sensores)

Es el mismo diseño que el soporte para envase de grano no clasificado, también se sostiene a la base de aluminio, y a su vez sostiene desde dos posiciones al envase que contendrá el grano aún clasificado.

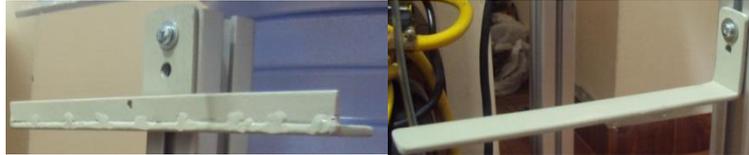


Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 59 Soporte de envase para grano clasificado

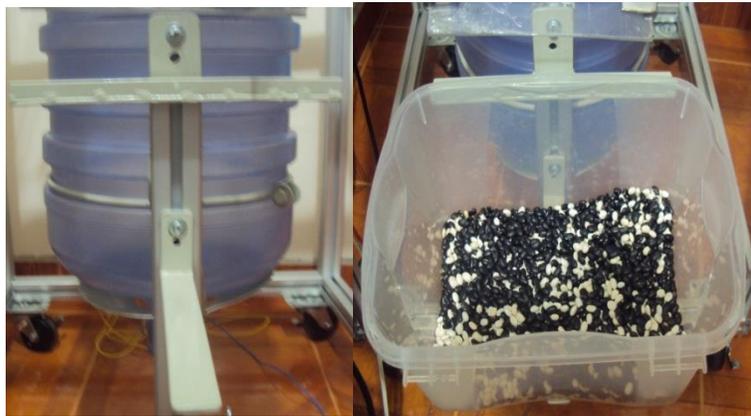
4.3.3.2.3 Soporte de envase para grano clasificado (granos que son detectados por los sensores)

Están compuestas por dos piezas, esta diseñado así como podemos observar en la figura debido a que es un mecanismo que facilita sacar el envase con los granos que fueron detectados por los sensores.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 60 Soporte de envase para grano clasificado (granos expulsados por el sensor)
En las siguientes figuras, podemos observar como está colocado el envase de granos que son detectados y expulsados por los sensores y válvulas reselectivamente.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 61 Envase para grano clasificado (granos expulsados por el sensor)

4.3.3.3 Apertura para caída de granos

- Apertura en el envase de granos no clasificados

Se ha diseñado una apertura manual para la caída de granos, esto nos beneficia en tal sentido que al momento de encender la banda transportadora los granos caen por gravedad, y son jalados por la misma.

- Apertura en el envase de granos clasificados

En este caso este tipo de diseño nos beneficia para controlar la retroalimentación desde este envase hacia los granos no clasificados, para que así la posible falla en cuanto a detección y expulsión de sensores y válvulas sea menor, y así obtener una mejor clasificación.

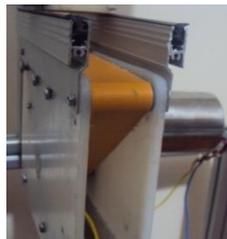


Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 62 Apertura en el envase de granos

4.3.3.4 Banda transportadora

Está Basada en un eje de motor hecho de nylon se encarga de hacer girar a la banda, con la ayuda de dos rodillos que le ayudan a dar un buen movimiento y un rodillo que se encarga de ser el tensor.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 63 Banda Transportadora

4.3.3.4.1 Soporte para motor

El soporte para el motor está hecho de nylon, con un orificio en el centro para que así el eje del motor forrado de nylon pueda ser el soporte para el movimiento de la banda.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 64 Soporte para motor de Banda Transportadora

4.3.3.4.2 Cilindros

Se ocupan tres cilindros hechos de nylon y dos rodamientos a cada lado para darle una mayor movilidad a la cinta, dos cilindros sirven para que la banda no roce con la base de aluminio, y uno de ellos se lo llama templador, que ayuda al estiramiento de la cinta. Juntos ayudan a darle una excelente movilidad a la cinta transportadora.

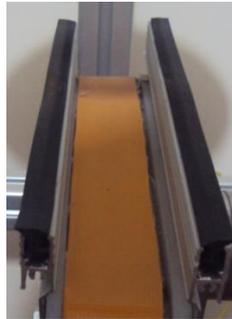


Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 65 Cilindros de Banda Transportadora

4.3.3.4.3 Protección para caída de granos

La protección es un canal hecho de aluminio, para que los granos al caer desde el envase puedan seguir su curso y no caigan hacia los lados como se puede observar en la figura.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 66 Canal de Aluminio Para Banda Transportadora

4.3.3.5 Caída y separación de granos

Una vez que los granos caen en la banda transportadora, la siguiente etapa se encarga de la separación de los mismos para su detección y expulsión.

4.3.3.5.1 Tolva

La tolva nos sirve para amortiguar la caída de los granos, hacia la separación.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 67 Tolva

4.3.3.5.2 Mecanismo para separación de los granos

El material de este mecanismo es de nylon y acrílico, el acrílico sirve para dirigir a los granos hacia la correcta separación y evitar caída de los mismos.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 68 Mecanismo para separación de granos

Los tornillos que se pueden observar en la figura, sirven para regular el tamaño de los granos.

4.3.3.6 Clasificación de granos

4.3.3.6.1 Granos no detectados por los sensores

Los granos que los sensores no detectan caen por gravedad.

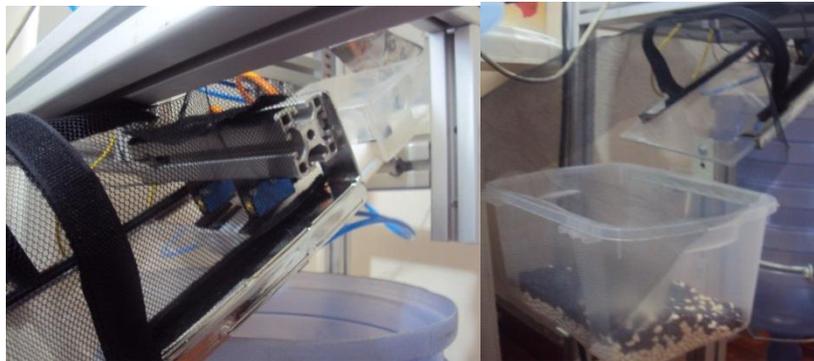


Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 69 Mecanismo para la caída por gravedad o expulsión de granos

4.3.3.6.2 Granos que los sensores detectan

Como los granos que los sensores detectan son expulsados por las electroválvulas, se encuentra un sistema inclinado que los lleva hacia el envase de granos en mal estado.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 70 Mecanismo para llevar a los granos expulsados a su respectivo envase

4.3.3.7 Retroalimentación

Por la rapidez de los granos, hay algunos que no son detectados por los sensores, entonces se ha instalado un sistema de retroalimentación para que los granos que se han pasado puedan ser sensados y se obtenga un mejor resultado. La retroalimentación está conformada por:

- **Soplador de 500W**

El soplador será accionado mediante el panel de control, aunque su alimentación será directa del Sistema Eléctrico Interconectado. Su función será soplar los granos desde el envase de granos clasificados (aquellos que no son detectados

por los sensores y caen por gravedad), hasta el envase de granos no clasificados para que se de una mejor clasificación.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 71 Venteador de 500W

- **Maguera transparente de 1 ¼ pulgadas**

Su función es ser el canal desde el envase de granos clasificados (aquellos que no son detectados por los sensores y caen por gravedad), hasta el envase de granos no clasificados , una vez que el soplador hace su trabajo.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 72 Manguera de 1 1/4 "

- **T de PVC**

Servira de unión entre el envase de granos clasificados (aquellos que no son detectados por los sensores y caen por gravedad), el soplador y la manguera.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 73 T de PVC

- **Unión de PVC**

Servirá de Unión entre la T de PVC y el el envase de granos clasificados (aquellos que no son detectados por los sensores y caen por gravedad).



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 74 Unión de PVC

- **Caucho reductor**

Servirá de unión entre la T de PVC y la unión de PVC. Es un caucho reductor.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 75 Caucho reductor y función que cumple

- **Abrazaderas**



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 76 Utilidad de las abrazaderas

Las abrazaderas son utilizadas para asegurar la conexión entre la manguera de 1/4 " y la T de PVC. Con el fin de mejorar la retroalimentación de los granos.

4.3.3.8 Máquina Clasificadora de Granos

Finalmente la máquina clasificadora de granos queda así, y el diseño en solidwork se presenta en el **ANEXO 2**.



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 77 Máquina Clasificadora de Granos

4.4 Desarrollo del Software de aplicación

El programa controlador de la Máquina Clasificadora de granos se lo ha realizado en el Software TWIDO SUITE 2.2. El programa de control consta de varios

elementos como pulsadores, temporizadores, salidas que controlan motores, luces piloto, etc.

4.4.1 Instalación TWIDO SUITE 2.2

- Paso 1: Verificar que cumpla la PC cumpla con los siguientes requisitos:
Procesador mínimo PENTIUM a 466 MHz, RAM de 128 MB, Espacio en Disco duro de 100 MB, Puede ser instalado en Windows 2000, Windows XP, Windows Vista o Windows 7.
- Paso 2: Insertar el CD de TwidoSuite en la unidad de CD-ROM del PC. Si está activada la función AUTORUN, la instalación comenzará automáticamente.
- Paso 3: Seleccionar un lenguaje y hacer clic en Aceptar. Aparece un mensaje preguntando si se desea registrar la copia del software.
- Paso 4: Para registrar el software, haga clic en Sí. Para ejecutar el software sin registrarlo hacer clic en No. Un paquete de software sin registrar funcionará durante 30 días, transcurridos los cuales dejará de hacerlo. Se deberá desinstalar el software caducado antes de instalar una nueva versión. La instalación nueva deberá registrarse antes de que funcione.
- Paso 5: Seleccionar el lenguaje de instalación entre la lista de lenguajes disponibles.
- Seguir las instrucciones de instalación restantes que aparecen en la pantalla, una vez instalado aparecerá el ícono en el escritorio, hacer doble clic para iniciar el software.

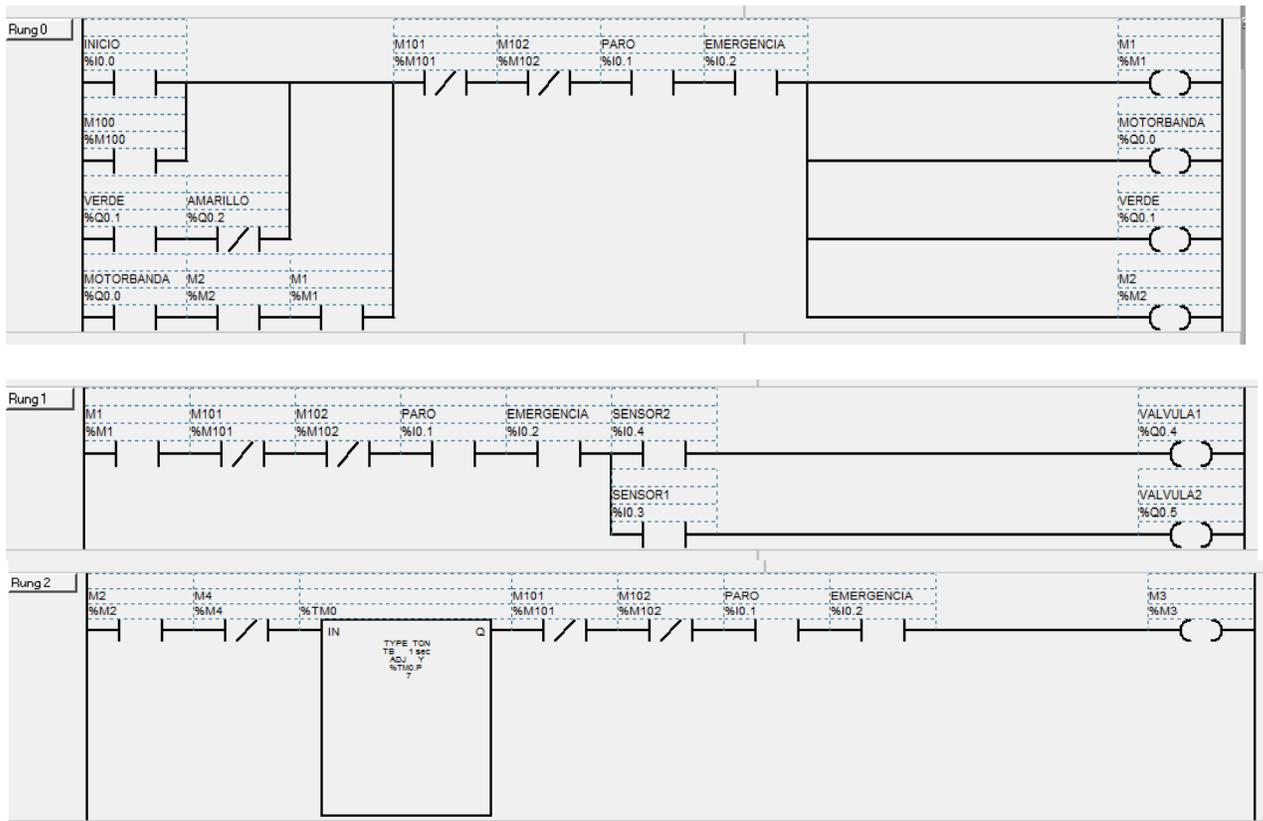
4.4.2 Lader en TWIDO SUITE 2.2

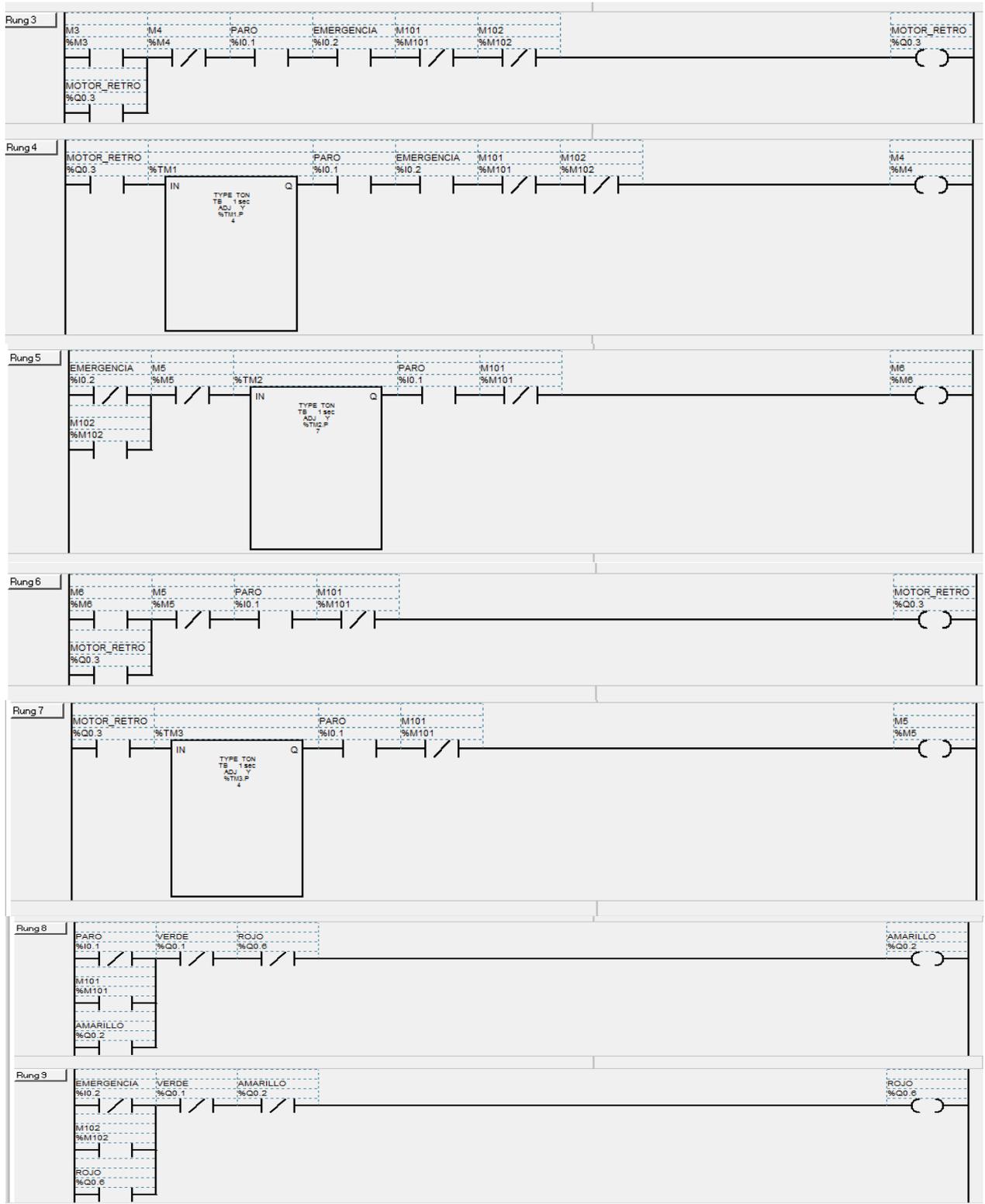
Tabla de entradas

Uso	Dirección	Símbolo	Utilizado por	Filtrado
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.0	INICIO	Lógica aplicación	3 ms
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.1	PARO	Lógica aplicación	3 ms
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.2	EMERGENCIA	Lógica aplicación	3 ms
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.3	SENSOR1	Lógica aplicación	Ninguno
<input checked="" type="checkbox"/>	%I0.4	SENSOR2	Lógica aplicación	Ninguno

Tabla de salidas

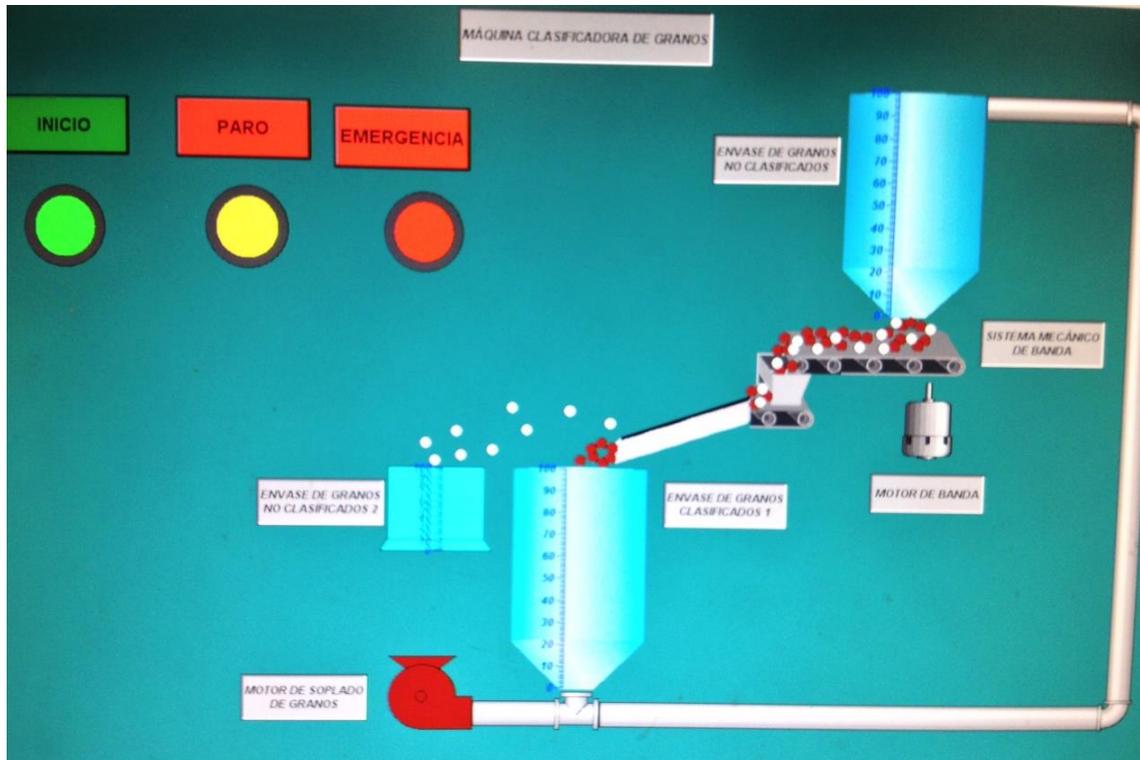
Uso	Dirección	Símbolo	¿Estado	Utilizado por
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.0	MOTORBANDA		Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.1	VERDE	<input type="checkbox"/>	Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.2	AMARILLO	<input type="checkbox"/>	Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.3	MOTOR_RETRO	<input type="checkbox"/>	Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.4	VALVULA1		Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.5	VALVULA2		Lógica aplicación
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.6	ROJO		Lógica aplicación





Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)
Figura IV. 78 Programación en Twido Suite

4.4.3 Pantalla HMI en Lookout



Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

Figura IV. 79 Pantalla HMI en Lookout

La pantalla HMI consta básicamente de tres botones INICIO, PARO Y EMERGENCIA con las luces piloto VERDE, AMARILLA, ROJA cada una funciona respectivamente con los botones. También consta de una animación de los motores de la Banda, del motor de retroalimentación y del llenado y vaciado de los envases.

Contiene también sus respectivos rótulos de indicación.

El fondo de pantalla es de un color no brillante para que la visualización no canse la vista.

CAPÍTULO V

ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

5.1 Tabulación de datos

Con el fin de lograr los objetivos propuestos para la tesis, se toman los datos y se estima la comprobación de la hipótesis en base al error que la máquina clasificadora de granos.

5.1.1 T- STUDENT

La distribución t de Student se utiliza cuando nos encontramos con la dificultad de no conocer la desviación típica poblacional y nuestra muestra es menor de 30. Es similar a la curva normal, pero la distribución t tiene mayor área a los extremos y menos en el centro. Esta fue descubierta por un especialista en estadística de una empresa irlandesa, este señor cuyo nombre era William S. Gosset, hizo inferencias acerca de la media cuando la desviación poblacional fuese desconocida; y ya que a los empleados de dicha entidad no les era permitido publicar el trabajo de investigación bajo sus propios nombres, Gosset adoptó el seudónimo de "Student".

Sus funciones se basan en establecer un intervalo de confianza, utilizando un nivel de confianza y los grados de libertad, obteniendo valores de una tabla dada con respecto a estas variables y aplicarla en la fórmula.

Entre los usos más frecuentes de las pruebas t se encuentran:

- El test de locación de muestra única por el cual se comprueba si la media de una población distribuida normalmente tiene un valor especificado en una hipótesis nula.
- El test de locación para dos muestras, por el cual se comprueba si las medias de dos poblaciones distribuidas en forma normal son iguales. Todos estos test son usualmente llamados test t de Student, a pesar de que estrictamente hablando, tal nombre sólo debería ser utilizado si las varianzas de las dos poblaciones estudiadas pueden ser asumidas como iguales; la forma de los

ensayos que se utilizan cuando esta asunción se deja de lado suelen ser llamados a veces como Prueba t de Welch. Estas pruebas suelen ser comúnmente nombradas como pruebas t desapareadas o de muestras independientes, debido a que tienen su aplicación más típica cuando las unidades estadísticas que definen a ambas muestras que están siendo comparadas no se superponen.

- El test de hipótesis nula por el cual se demuestra que la diferencia entre dos respuestas medidas en las mismas unidades estadísticas es cero. Por ejemplo, supóngase que se mide el tamaño del tumor de un paciente con cáncer. Si el tratamiento resulta efectivo, lo esperable sería que el tumor de muchos pacientes disminuyera de tamaño luego de seguir el tratamiento. Esto con frecuencia es referido como prueba t de mediciones apareadas o repetidas.
- El test para comprobar si la pendiente de una regresión lineal difiere estadísticamente de cero.

5.1.2 Hipótesis

El diseño e implementación del clasificador automático de granos mediante un sistema por sensores de color, mejorará el tiempo de clasificación de los mismos.

5.1.2.1 Hipótesis alternativa

Ha: El diseño e implementación de un clasificador automático de granos mejorará el tiempo de clasificación de los granos mediante un sistema por sensores de color con un error menor a 1,5%.

5.1.2.2 Hipótesis nula

Ho= El diseño e implementación de un clasificador automático de granos NO mejorará el tiempo de clasificación de los granos mediante un sistema por sensores de color con un error del 1,5 %.

5.1.2.3 Planteamiento de la hipótesis

Ho = $X_1 = 1,5\%$

Ha = $X_1 < 1,5\%$

El soporte para la validez de la hipótesis alternativa H_a se obtiene mostrando, usando los valores muestrales como evidencia, que la hipótesis nula H_0 es falsa. Así el soporte de una hipótesis se obtiene mostrando la falta de soporte para la otra.

5.1.3 Prueba con frijoles rojos y blancos de aproximadamente 1 cm

5.1.3.1 Cuando los Granos Blancos son expulsados

De una muestra de $n=2\text{kg}$. De los cuales el 50% son frijoles rojos, y la diferencia blancos, por lo tanto $n_1=1\text{kg}$. Se realizaron cuatro pruebas de separación de granos, durante 10 minutos por cada uno y se obtuvieron los siguientes resultados.

- **Resultado de la prueba con granos que fueron expulsados**

Número de Interacciones $n=4$

Tabla V. IX Resultados pruebas de granos expulsados

NÚMERO DE PRUEBAS	GRANOS EXPULSADOS	ERROR GRANOS EXPULSADOS
1	980	20
2	990	25
3	970	10
4	990	25

Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

- **Media muestral**

$$X = 1/n \sum X_i$$

$$X = 1/4 \sum (20 + 25 + 10 + 25)$$

$$X = \left(\frac{1}{4}\right) * 80$$

$$X = 20$$

- **Desviación típica de la muestra**

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - X)^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (20 - 20)^2 + (25 - 20)^2 + (10 - 20)^2 + (25 - 20)^2}{4 - 1}}$$

$$S = 7,07$$

- **Aplicando T-Student**

☞ Nivel de significación (α)= 0.05

☞ Grados de Libertad (GL)=3

☞ $t_i=3,18$ (VER ANEXO 5-TABLA T-STUDENT)

☞ $u =15$

$$tc = \frac{X - u}{\frac{s}{\sqrt{4 - 1}}}$$

$$tc = \frac{20 - 15}{\frac{7,07}{\sqrt{4 - 1}}}$$

$$tc = \frac{5}{4,08}$$

$$tc = 1,22$$

- **Decisión**

Como el valor calculado de t calculado (t_c) es 1,22 es menor al t teórico (t_i) 3,18. Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. El diseño e implementación de un clasificador automático de granos mejora el tiempo de clasificación de los granos mediante un sistema por sensores de color con un error menor a 1,5%.

5.1.3.2 Cuando los Granos Rojos NO son expulsados

Número de interacciones $n=4$

Tabla V. X Resultados pruebas de granos NO expulsados

NÚMERO DE PRUEBAS	GRANOS NO EXPULSADOS	ERROR GRANOS NO EXPULSADOS
1	980	20
2	975	10
3	990	30
4	975	10

Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

- **Media muestral**

$$\bar{X} = 1/n \sum X_i$$

$$\bar{X} = 1/4 \sum (20 + 10 + 30 + 10)$$

$$\bar{X} = \left(\frac{1}{4}\right) * 70$$

$$\bar{X} = 17,5$$

- **Desviación típica de la muestra**

$$S = \sqrt{\frac{\sum (X_i - \bar{X})^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (20 - 17,5)^2 + (10 - 17,5)^2 + (30 - 17,5)^2 + (10 - 17,5)^2}{4 - 1}}$$

$$S = 9,57$$

- **Aplicando T-Student**

- ☞ Nivel de significación (α)= 0.05
- ☞ Grados de Libertad (GL)=3
- ☞ $t_t=3,18$ (VER ANEXO 5-TABLA T-STUDENT)
- ☞ $u =15$

$$tc = \frac{X - u}{\frac{s}{\sqrt{4 - 1}}}$$

$$tc = \frac{17,5 - 15}{\frac{9,57}{\sqrt{4 - 1}}}$$

$$tc = \frac{2,5}{5,53}$$

$$tc = 0,45$$

- **Decisión**

Como el valor calculado de t calculado (t_c) es 0,45 es menor al t teórico (t_t) 3,18. Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. El diseño e implementación de un clasificador automático de granos mejora el tiempo de clasificación de los granos mediante un sistema por sensores de color con un error menor a 1,5%.

5.1.3.3 Cuando los granos blancos NO son expulsados

Número de Interacciones $n=4$

Tabla V. XI Resultados pruebas de granos expulsados

NÚMERO DE PRUEBAS	GRANOS NO EXPULSADOS	ERROR GRANOS NO EXPULSADOS
1	930	20
2	940	30
3	930	10
4	930	10

Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

- **Media muestral**

$$X = 1/n \sum Xi$$

$$X = 1/4 \sum (20 + 30 + 10 + 10)$$

$$X = \left(\frac{1}{4}\right) * 70$$

$$X = 17,5$$

- **Desviación típica de la muestra**

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Xi - X)^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (20 - 17,5)^2 + (30 - 17,5)^2 + (10 - 17,5)^2 + (10 - 17,5)^2}{4 - 1}}$$

$$S = 9,57$$

- **Aplicando T-Student**

- ☞ Nivel de significación (α)= 0.05

- ☞ Grados de Libertad (GL)=3

- ☞ $t_i=3,18$ (VER ANEXO 5-TABLA T-STUDENT)

- ☞ $u =15$

$$tc = \frac{X - u}{\frac{s}{\sqrt{4 - 1}}}$$

$$tc = \frac{17,5 - 15}{\frac{9,57}{\sqrt{4 - 1}}}$$

$$tc = \frac{2,5}{5,53}$$

$$tc = 0,45$$

- **Decisión**

Como el valor calculado de t calculado (t_c) es 0,45 es menor al t teórico (t_i) 3,18. Se rechaza la hipótesis nula y se acepta la hipótesis alternativa. El diseño e implementación de un clasificador automático de granos mejora el tiempo de clasificación de los granos mediante un sistema por sensores de color con un error menor a 1,5%.

5.1.3.4 Cuando los Granos Rojos son expulsados

Número de Interacciones $n=4$

Tabla V. XII Resultados pruebas de granos expulsados

NÚMERO DE PRUEBAS	GRANOS EXPULSADOS	ERROR GRANOS EXPULSADOS
1	980	70
2	970	60
3	990	70
4	990	70

Fuente: Katherine L. Aguilar Z., Carlos R. Ferrín V. (Autores)

- **Media muestral**

$$X = 1/n \sum Xi$$

$$X = 1/4 \sum (70 + 60 + 70 + 70)$$

$$X = \left(\frac{1}{4}\right) * 270$$

$$X = 67,5$$

- **Desviación típica de la muestra**

$$S = \sqrt{\frac{\sum (Xi - X)^2}{n - 1}}$$

$$S = \sqrt{\frac{\sum (70 - 67,5)^2 + (60 - 67,5)^2 + (70 - 67,5)^2 + (70 - 67,5)^2}{4 - 1}}$$

$$S = 5$$

- **Aplicando T-Student**

- ☞ Nivel de significación (α)= 0.05

- ☞ Grados de Libertad (GL)=3

- ☞ $t_t=3,18$ (VER ANEXO 5-TABLA T-STUDENT)

- ☞ $u =15$

$$tc = \frac{X - u}{\frac{s}{\sqrt{4 - 1}}}$$

$$tc = \frac{67,5 - 15}{\frac{5}{\sqrt{4 - 1}}}$$

$$tc = \frac{52,5}{2,89}$$

$$tc = 18,17$$

- **Decisión**

Como el valor calculado de t calculado (t_c) es 18,17 es mayor al t teórico (t_t) 3,18. Se acepta la hipótesis nula y se rechaza la hipótesis alternativa. El diseño e implementación de un clasificador automático de granos NO mejora el tiempo de clasificación de los granos mediante un sistema por sensores de color con un error mayor a 1,5%.

5.1.4 Comparaciones de la máquina clasificadora de granos con otras máquinas de las mismas características

Tabla V. XIII Comparación entre clasificadoras de granos

NOMBRE	CANTIDAD CLASIFICADA POR HORA	CANALES	PRECIO (DÓLARES)	PRECISIÓN
6SXZ-120E	1,6 ton/h	120	20000-45000	99%
6SXZ-160E	2,4 ton/h	160	20000-45000	99%
6SXZ-240E	3,2 ton/h	240	20000-45000	99%
CLASIFICADORA DE GRANOS MEDIANTE SENSORS TEACH-IN	12 kg/h	2	5000-8000	98,5%

Fuente: <http://www.escolorter.com/company.html>

De acuerdo a la tabla anterior se puede obtener las siguientes observaciones:

La máquina clasificadora de granos mediante sensores TEACH-IN, no podría ser utilizada para clasificaciones de gran cantidad de granos, su utilización estaría orientada hacia pequeñas empresas o los comerciantes agrícolas pequeños, su precio es muy accesible comparado con las demás clasificadoras, y su error máximo del 1,5% está dentro del aceptado.

5.1.5 Tipos de granos que se puede clasificar en la máquina clasificadora de granos mediante sensores TEACH-IN

Los granos que se pueden clasificar son aquellos que estén entre los 0,8 cm hasta 1,5 cm, que se diferencien claramente entre claros y oscuros. Entre los granos aceptados están los frijoles blancos, rojos, cafés claros, los garbanzos verdes y cafés, diferencia entre café maduro y verde, y maní pelado y sin pelar.

CONCLUSIONES

1. Una de las mejores opciones en cuanto a sensores fueron los sensores CSM1-P111 de SICK, por la facilidad de programar los colores, aunque su detección es mejor con colores claros en nuestro caso, su frecuencia de 1500 Hz agiliza el proceso de clasificación de granos, además su costo es accesible comparado con otros sensores de las mismas características.
2. En base a las entradas y salidas del sistema de clasificación de granos, el PLC TWIDO TWDLCAA24DRF de 24 E/S de las cuales 14 son entradas y 10 salidas tipo relé, optimiza recursos debido a que se utilizan las E/S necesarias y aun así queda disponibilidad en caso de futuras ampliaciones, dispone de entradas (%I0.3-%I0.4) y salidas rápidas (%Q0.4-%Q0.5) que nos benefician para la detección rápida y expulsión de los granos deseados.
3. El diseño y construcción de la estructura metálica optimiza la clasificación de granos mediante la banda transportadora que regula la cantidad granos que van a caer hacia la tolva, la tolva amortigua la caída hacia el separador, y el mecanismo de separación es regulable para los granos desde los 0.8cm hasta los 1.5cm, mientras la distancia entre de los sensores y el orificio de aire (que se encarga de la expulsión de los granos detectados) están en una correcta posición y alineación para que el error de granos clasificados disminuya.
4. Lookout y Twido Suite 2.2 nos permiten controlar la secuencia del proceso y monitorearlo.

5. Se obtuvo un error menor al 1,5 % en la clasificación de granos, concluyendo que las decisiones tomadas en cuanto a la selección de los materiales son los adecuados.
6. La capacidad total de la máquina clasificadora de granos es de 10kg, y en las pruebas obtenidas de una muestra de 2kg con un error menor al 1,5%, expulsando granos de color claro el tiempo de clasificación es de 10 minutos. Por lo tanto se demora 50 minutos en clasificar su capacidad total.
7. El diseño de la máquina clasificadora de granos funciona de mejor manera, cuando la expulsión se la realiza con granos de color claro, esto es debe a los sensores que están siendo utilizados.
8. El desarrollo del presente proyecto, es de gran aporte al desarrollo tecnológico y al sector del pequeño agricultor de granos del país, porque optimizaría tiempo, y dinero.

RECOMENDACIONES

1. Utilizar una presión de aire no menor a los 60 PSI debido a que las válvulas funcionan correctamente con esta condición.
2. Para la programación de los sensores si son granos claros, programar en el color rojo, y si son oscuros programar en el color verde. Tienen un mejor funcionamiento en estos colores.
3. Calibrar bien los sensores respecto a la distancia del orificio de salida de aire de las válvulas, porque si no el error aumentará. Y la señal del sensor tiene que estar en línea recta con dicho orificio.

4. La regulación del caudal de caída de los granos en la banda, tiene que ser solo unos milímetros del tamaño de los granos, de tal forma que estos pasen de una manera más ordenada no por montones, así no habrá atascos de granos en el mecanismo de separación y el error también disminuirá.
5. Cada vez que la máquina termine su clasificación, se la debe limpiar. Y darle mantenimiento preventivo cada mes.

RESUMEN

Clasificador automático de granos, mediante sensores de color TEACH-IN para el laboratorio de automatización Industrial en la Escuela de Ingeniería Electrónica en Control y Redes Industriales, Facultad de Informática y Electrónica, de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

La máquina clasificadora nace de la necesidad de ayudar a los estudiantes a tener conocimiento práctico del control automático y a su vez motivando sus futuras investigaciones hacia el servicio a la comunidad. El módulo consta de una estructura de Aluminio con una altura de 170 cm y 0,70 cm de ancho y largo, con un Panel de control que contiene un Controlador Lógico Programable basado en TWIDO SUITE 2.2 que nos permite la manipulación del proceso. Contiene también un recipiente de plástico, una banda transportadora, una tolva, dos sensores TEACH-IN, dos válvulas electroneumáticas y el mecanismo de separación de granos, para detectar los granos. Finalmente, se encuentran dos envases de plástico que contienen los granos ya separados, y un motor de retroalimentación.

La máquina básicamente diferencia granos de la misma especie de diferentes colores, con tamaños desde los 0,8 cm hasta 1,5 cm, por ejemplo frijoles. Durante diez minutos, de un total de 10kg, se toma una muestra de 2 kg, de los cuales 50% eran frijoles blancos y el resto frijoles rojos, se obtuvo un error del 1,5%.

Concluimos que la clasificación de granos fue muy efectiva tanto en tiempo como en calidad, y si fuese aplicada en sectores agrícolas tendrían más beneficios económicos porque la máquina tiene un costo bastante accesible, y al mejorar la calidad del producto las ventas serían más altas.

En caso de programar los sensores para detectar colores de granos oscuros recomendamos que la base sea blanca, y viceversa. También se debe dar mantenimiento preventivo a la máquina para un mejor y mayor tiempo de actividad del equipo.

ABSTRACT

This research is about an automatic grain classifying, by means of TEACH-IN color sensors for the Industrial Automation Laboratory at Control and Industrial Network Electronics Engineering School, Computing and Electronics Faculty from Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

This classifying machine is to help students, so that they can get automatic control practical knowledge as well as motivate future research for the community service. The machine has an aluminum structure with 1.70 centimeters in height and 0.70 centimeters in width and length, with a control panel containing a TWIDO SUITE 2.2 – based programmable logical controller which allows the process handling. It also has a plastic container, a conveyor belt, a hopper, 2 TEACH-IN sensors, 2 electro pneumatic valves and the grain separating mechanism for detecting them.

Finally there are 2 plastic containers for separated grains and a feedback motor.

This machine basically differences the same class and different color grains, from 0.8 centimeters to 1.5 centimeters in size for example kidney bean. During 10 minutes a 2 kilogram sample is taken from a total of 10 kilograms from which 50% were white kidney beans and the remaining were red, from this it was obtained an error margin of 1.5 %.

It is concluded that grain classification was effective not only in time, but also in quality, and if it were applied in the agricultural area, a higher profit would be

obtained due to the low cost of the machine, thus sales would be higher if the product improved its quality.

If sensors are programmed to detect dark color grains, it is recommended that the base be white and vice versa. In addition a preventive maintenance must be carried out in the machinery in order to get a long-lasting period activity for the equipment.

GLOSARIO

Aire Comprimido.- Aire sometido a una presión superior a la atmosférica.

Compresor.- Máquina de trabajo para la extracción y compresión de medios gaseosos.

Filtro.- Aparato para la limpieza del aire comprimido de las partículas de suciedad y separación del agua de condensación.

Ladder.- También denominado lenguaje de contactos o en escalera, es un lenguaje de programación gráfico muy popular dentro de los autómatas programables debido a que está basado en los esquemas eléctricos de control clásicos.

PLC.- Proviene de las siglas en inglés Programmable Logic Controller, es un equipo electrónico, tal como su mismo nombre lo indica, se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. Por lo general, están diseñados para controlar máquinas y procesos en ambientes industriales.

Sensor.- El sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte magnitudes físicas (luz, magnetismo, presión, etc.) en valores medibles de dicha magnitud.

Unidad de Mantenimiento.- Aparato combinado para filtrar, regular y engrasar el aire comprimido.

Válvula Neumática.- Es un elemento de regulación y control de la presión y el caudal del aire a presión.

ANEXOS

ANEXO 1

**ÚLTIMOS AVANCES EN RECONOCIMIENTO
DE IMÁGENES Y PROCESAMIENTO DE
SEÑALES**

Ítem	TÍTULO	DESCRIPCION	FECHA	INVENTOR(ES)	SOLICITANTE(S)	NÚMERO DE PATENTE
1	<p>APARATO Y METODO PARA CLASIFICAR Y/O ENVASAR AUTOMATICAMENTE FRUTOS FRAGILES.</p>	<p>Un aparato para clasificar y/o envasar automáticamente productos delicados alargados, tales como pepinos u otros vegetales y/o fruta, que comprende: - medios de transporte que comprenden recipientes de transporte para el transporte individualizado de los productos; y - medios de liberación o entrega, destinados a entregar los productos de una manera orientada y/o alineada, desde los medios de transporte al interior de un recipiente de envasado, caracterizado por que se coloca un marco de clasificación o armazón de clasificación que tiene un cierto número de compartimientos, dentro o por encima de la posición deseada del recipiente de envasado, con el fin de distribuir los productos a través de los compartimientos.</p>	06/10/2009	<p>DE GREEF JACOB HENDRIK [NL]</p>	<p>GREEFS WAGEN CARROSSERIE</p>	ES2326279 (T3)
2	<p>MAQUINA CLASIFICADORA DE PRENDAS Y OTROS ARTICULOS</p>	<p>Máquina clasificadora de prendas y otros artículos. Comprende al menos un elemento receptor para la introducción de los artículos,</p>	16/06/2003	<p>SANSA GARCIA JOAN [ES]; GIMENEZ</p>	<p>SANSA GARCIA JOAN [ES]; GIMENEZ GARCIA</p>	ES2188352 (A1)

		<p>medios de identificación de cada uno de los artículos introducidos, un transportador de bucle cerrado a lo largo del cual existen una pluralidad de salidas de descarga separadas, medios de descarga de los artículos transportados, y medios de control para que la descarga de cada artículo se realice en una salida determinada. El transportador comprende recipientes que incorporan los citados medios de descarga en su fondo. Permite la clasificación automática de prendas y otros artículos, de una forma rápida y eficaz, mediante unos criterios de clasificación adaptables, y pudiéndose introducir artículos sueltos o bien empaquetados o estuchados.</p>		GARCIA FIRMO [ES]	FIRMO [ES]	
3	METODO DE CLASIFICACION DE TAPONES DE CORCHO	<p>Método de clasificación de tapones de corcho, a partir de imágenes de su superficie, que comprende: obtener a partir de las imágenes de sus fases una imagen binaria mediante un solo valor umbral de grises; filtrado de "extracción de contornos y seguimiento" de las anteriores imágenes; segmentación adaptativa para obtener un valor de grises umbral de defectos y fondo de la superficie lateral; erosión de la imagen digitalizada de la</p>	16/02/2000	VALVERDE VALVERDE JOSE MARIA [ES]; DUQUE CARRILLO JUAN FRANCISCO [ES]; SANCHEZ SINENCIO EDGAR [ES]; PEREZ-ALOE	CORCHOS DE MERIDA S A [ES]; UNIV EXTREMADURA [ES]	ES2140309 (A1)

		superficie lateral, utilizando un filtrado morfológico; filtrado adicional con patrones de la imagen de la etapa anterior, para eliminar defectos triviales; digitalización referente a zonas con y sin defectos de las imágenes superior e inferior ; erosión de las imágenes de la etapa anterior digitalizadas por medio de un filtrado morfológico; y clasificación del tapón.		VALVERDE RAQUEL [ES]		
4	RECICLAJE DE BOTELLAS DE PET	Método para el reprocesamiento de botellas de PET usadas, en el que el PET reprocesado se utiliza para la producción de botellas nuevas, con las etapas: a) trituración de las botellas hasta copos de plástico, b) clasificación de los copos de plástico según al menos un criterio en al menos dos subconjuntos, c) tratamiento de reprocesamiento individual de cada uno de los subconjuntos, en un caso dado, incluyendo tratamiento de descontaminación y d) reagrupación de los al menos dos subconjuntos y transformación común.	16/10/2009	FRIEDLANDER THOMAS [DE]; HOFFERBERT MAREN [DE]; KIRCHHOFF TIMM [DE]	KRONES AG	ES2326655 (T3)

ANEXO 2

**DISEÑO DE LA MÁQUINA CLASIFICADORA
DE GRANOS EN SOLIDWORK**

ANEXO 3

MANUAL TÉCNICO



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
REDES INDUSTRIALES**

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CLASIFICADOR DE
GRANOS, MEDIANTE UN SISTEMA POR SENSORES DE COLOR
TEACH-IN”

MANUAL TÉCNICO

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

Presentado por:

KATHERINE LEONOR AGUILAR ZAMBRANO

CARLOS RAFAEL FERRIN VERA

Riobamba – Ecuador

2013

MANUAL TÉCNICO

“MÁQUINA CLASIFICADORA DE GRANOS POR MEDIO DE UN SISTEMA DE SENSORES POR COLOR TEACH-IN”

1. INTRODUCCIÒN

En este documento se especifican todas las partes que conforman el sistema de clasificación de granos, los pasos y reglas que debe tener el operador para poner en marcha la maquina clasificadora de granos, por esto si el operador quiere manipular dicha maquina clasificadora tiene que tener este documento o a su vez una copia del mismo, ya que se mencionan todas las partes del equipo y sus respectivas especificaciones.

2. COMO UTILIZARLA CORRECTAMENTE

La máquina clasificadora de granos debe ser utilizada siguiendo las especificaciones que se muestran a continuación.

- Debe ser utilizada con mucha precaución y haber leído el manual antes.
- Utilizar la máquina tomando en cuenta que esté en perfecto estado.
- Manipular la máquina de manera correcta para evitar los errores en el funcionamiento del sistema de clasificación.

- Este sistema consta de sensores, actuadores que hacen funcionar todo el equipo, por eso es importante que se los manipule con cuidado y con una investigación previa, en caso de no cumplir con las especificaciones el sistema puede fallar y funcionar a una menor capacidad de la esperada.
- Esta máquina clasificadora deber ser utilizada para granos de 0.8 centímetros como mínimo y 1,5 centímetros como máximo, también la clasificación debe ser entre granos oscuros y claros.

3. INSTRUCCIONES DE SEGURIDAD

Uno de los consejos más importante de la seguridad de la máquina es seguir siempre las instrucciones del manual.

Se debe tener los conocimientos teóricos y técnicos para que la máquina tenga más duración y aumente su vida útil.

3.1. Información General

- El operario debe manipular la máquina siguiendo las normas de seguridad para su protección.
- El operario de la máquina debe tener conocimiento total de la misma antes de ponerla en funcionamiento.
- Se debe entender que si se sigue los procedimientos adecuados podemos hacer que funcione al 100 por ciento.

3.2. Parte Mecánica

- La parte mecánica de la clasificadora de granos es importante para que esta funcione perfectamente, cualquier elemento mecánico mal ubicado podría hacer que no funcione como debe ser, por eso se debe analizar y estudiar la parte mecánica.
- Cuando se haya calibrado bien los soportes mecánicos que sostienen a los sensores y también a la inclinación por donde se deslizan los granos a clasificar, se puede poner en marcha la maquina clasificadora.

3.3. Parte Eléctrica

- Para la parte de los sensores, las válvulas electroneumáticas, las lámparas, al motor de la banda transportadora, los comunes del (PLC) y los relés únicamente se los polariza con 24 voltios de corriente continua.
- Para el (PLC) TWIDO twdlcaa24drf se necesita una alimentación de corriente alterna de 110 voltios, la cual está instalada en el panel de control para que pueda ser conectada con los cables de terminales para bananas.
- La alimentación de toda la maquina es de una sola fase, con un fusible de protección de 1 amperio el cual ya fue calculado de acuerdo a las cargas del sistema.

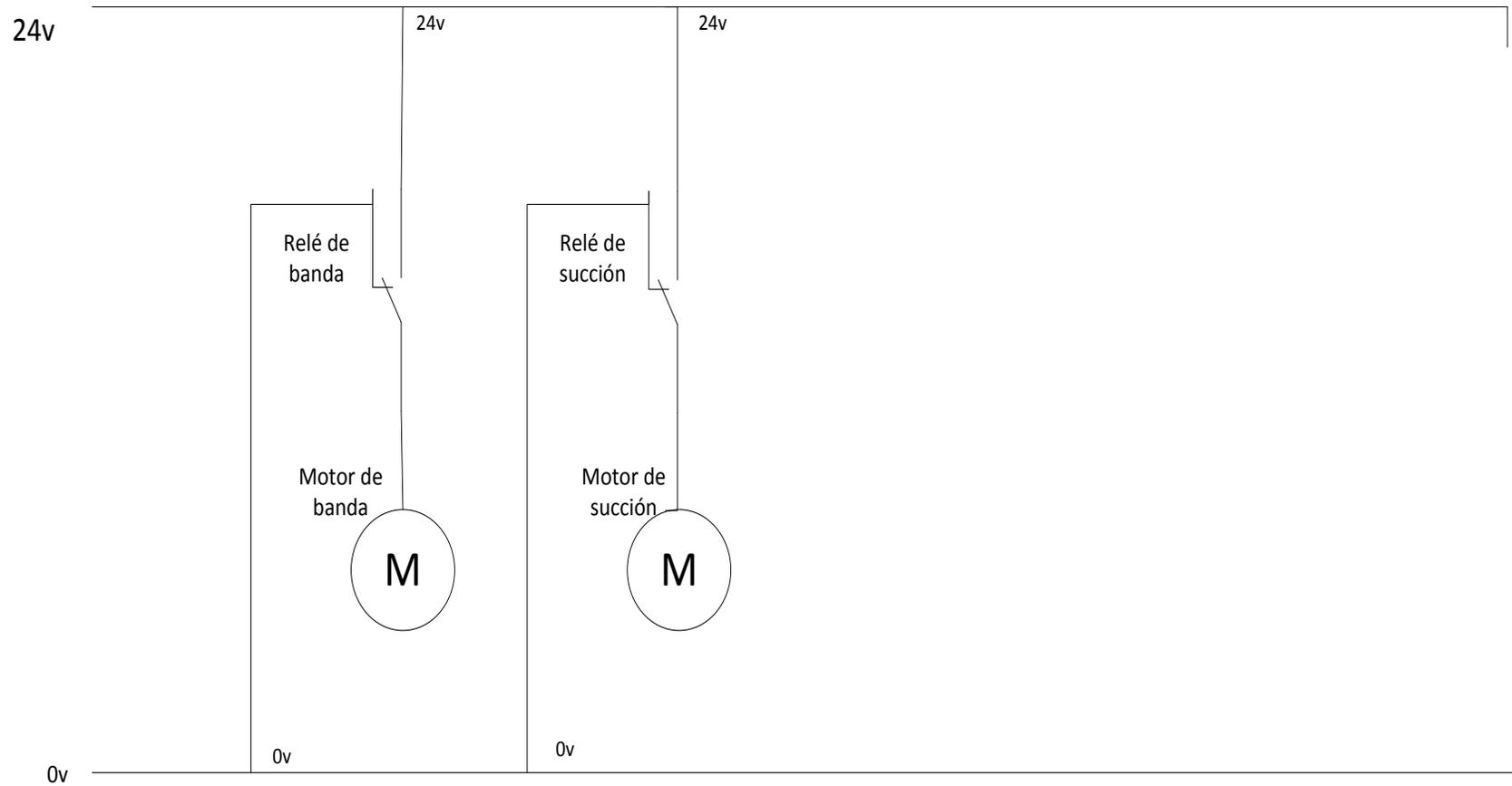
- Las modificaciones, o cualquier cambio que se haga en la parte eléctrica se debe primero comprobar que no exista tensión en sistema eléctrico.
- Para más seguridad se deben utilizar cables ponchados respectivamente.
- Los cableados de la parte eléctrica del panel de control son de un calibre de #16 calculado anterior mente.
- Los sensores están protegidos por diodos rectificadores para evitar que se puedan quemar debido a una mala conexión.
- Están instalados 2 relés de 24 voltios para la activación de los motores y a su vez para su protección.

3.4. Diagrama eléctrico

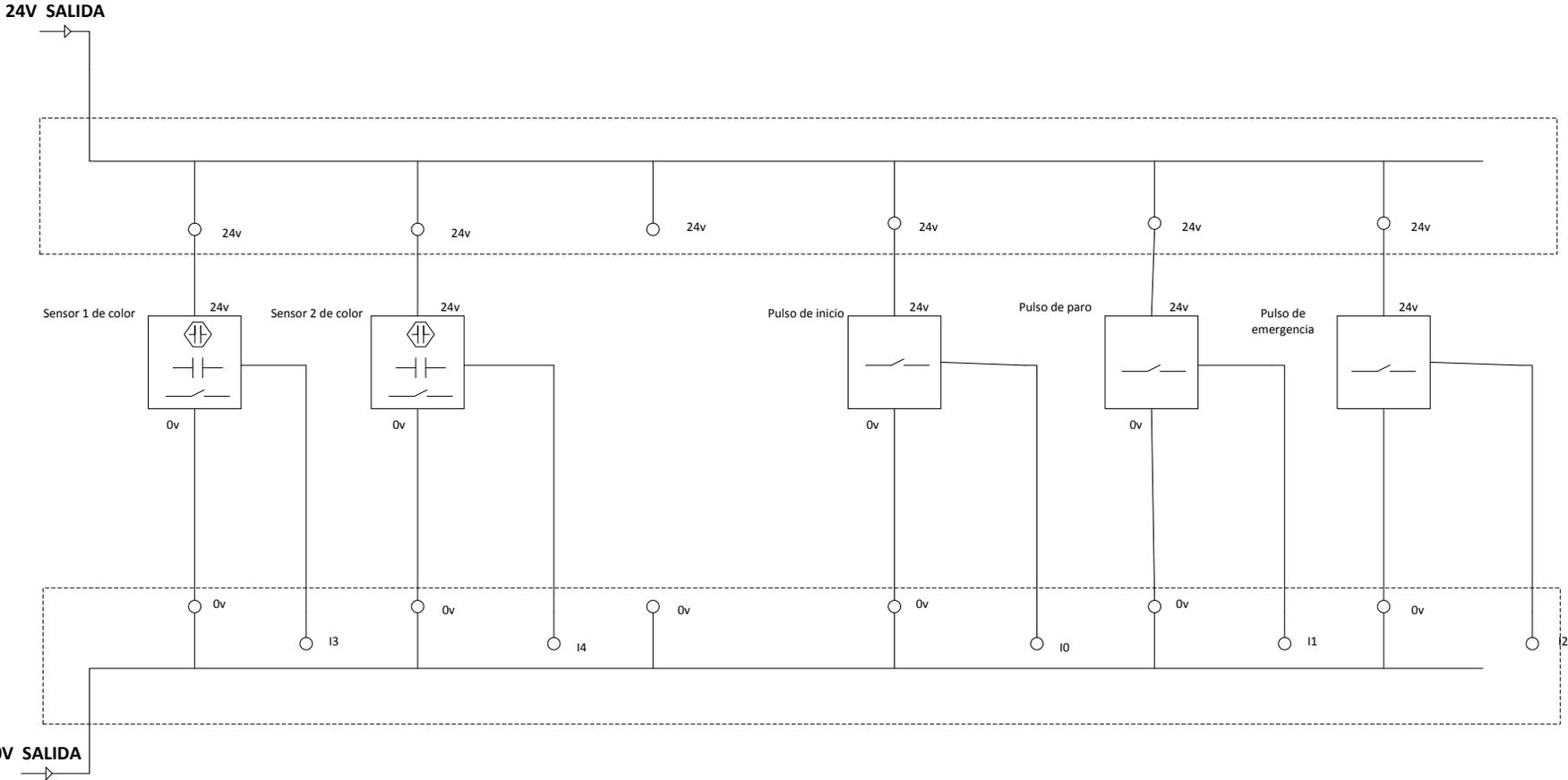
- El circuito eléctrico se lo diseño con un dimensionamiento del cable adecuado para su protección y para un mejor rendimiento en los actuadores.

Ver la figura 1.

Figura 1. DIAGRAMA ELÉCTRICO



ENTRADAS DEL PLC



SALIDAS DEL PLC

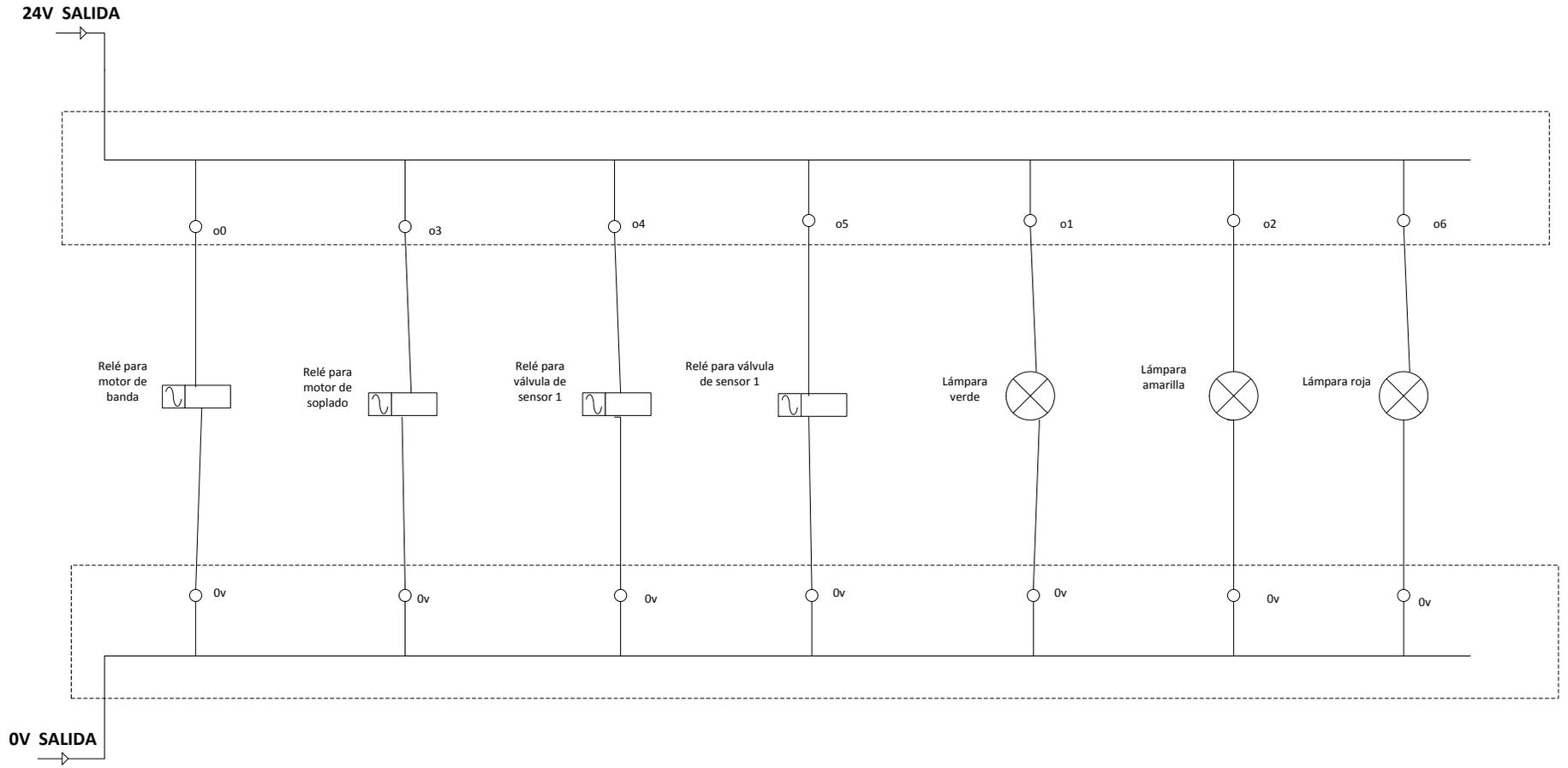
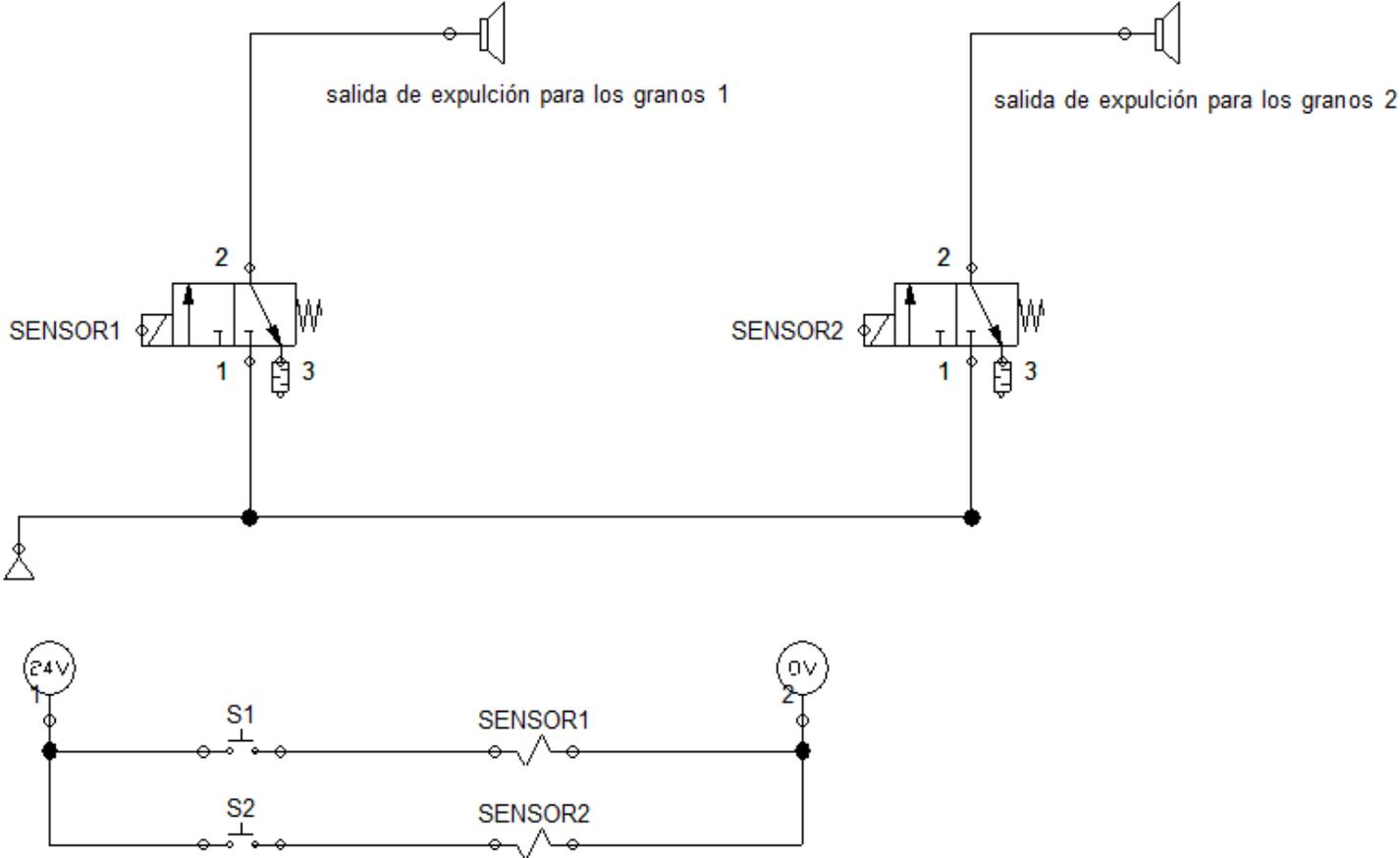


DIAGRAMA NEUMÁTICO PARA EXPULSIÓN DE GRANOS



ESPOCH	MANUAL DE MANTENIMIENTO CORRECTIVO	EIE-CRI
CLASIFICADOR AUTOMÁTICO DE GRANOS MEDIANTE UN SISTEMA POR SENSORES DE COLOR TEACH-IN		
SÍNTOMA	CAUSA	SOLUCIÓN
BANDA TRANSPORTADORA NO SE ACTIVA	*Rodillos demasiado ajustados	*Desatornillar los ejes de los rodillos, hasta que los rodillos giren fácilmente.
	*La banda está floja.	* Si la banda esta floja por el uso, cambiar de banda. Ajustar a 54cm.
	*El eje del motor se va en banda.	* El material de la banda no es adecuado, o está desgastado. Cambiar de banda, utilizar preferentemente materiales de cuero.
	*No hay voltaje de 24Vdc en el motor.	* Utilizar un multímetro para verificar el voltaje, y también verificar el fusible de la fuente.
	*Atascamiento por objetos.	*Desarmar y limpiar la banda.
EN LOS PINES DE 24 Vdc NO HAY VOLTAJE	*El fusible se quemó.	*Cambiar de fusible, de 1 A hasta 5 A.
	*Conexiones en mal estado	*Revisar continuidad con el multímetro entre la fuente y los pines de 24 Vdc.
	*La fuente se quemó	*Revisar internamente el fusible y cambiarlo, o cambiar de fuente.
LOS SENSORES NO FUNCIONAN CORRECTAMENTE	*Porque no están bien polarizados	*Aunque hay una protección en caso de mala conexión, revisar que: (café=positivo; azul=negativo; y negro=(señal))
	*Porque no están bien programados	* El botón amarillo sirve para programar lo sensores, se coloca el color que se desee detectar a 1,2 cm del lente del sensor, y se acciona el botón amarillo por unos segundos, hasta que aparezcan por separado una luz verde, otra roja, y una azul. En caso de que se desee detectar granos claros programar en el color ROJO y pulsar nuevamente el boton amarillo para grabar el color que se desea detectar, y granos oscuros en el color VERDE realizando el mismo procedimiento que se hizo para la luz roja. Para más información del sensor dirigirse al capítulo 3.
	*Porque no están bien calibrados	* Calibrar los sensores a una altura de no mas de 1,2 cm, respecto al grano. Tomar en cuenta que esta distancia no es desde el sensor hasta la base, sino hasta el grano. Por lo tanto se deberá modificar el sensor de acuerdo al tamaño de los granos.
LAS VÁLVULAS NO FUNCIONAN CORRECTAMENTE	*La presión de aire no alcanza a distribuirse para las dos válvulas	*La presión debe ser de 60 PSI hacia arriba, menos de esta presión una de las válvulas no expulsará bien los grano.
	*No hay voltaje de 24Vdc que accionen las válvulas electroneumáticas.	*Utilizar un multímetro para verificar el voltaje, y también verificar el fusible de la fuente.

SÍNTOMA	CAUSA	SOLUCIÓN
LOS GRANOS NO ESTÁN SIENDO CLASIFICADOS CORRECTAMENTE	*Las válvulas y los sensores no están funcionando correctamente	* Revisar que hacer en caso de que las válvulas y sensores no funcionan correctamente.
	*La separación entre la salida de las válvulas y la detección de los sensores (haz de luz que emite el sensor).	*Aproximadamente debe estar entre 1,5 a 2 cm. Todo depende del tamaño de los granos.
MOTORES NO FUNCIONAN CORRECTAMENTE	*Desgaste de escobillas	*Cambio de escobillas
FALLA EN LA RETROALIMENTACIÓN	*Atasco de granos por mucho peso	* Este atasco está controlado por la disminución de caudal por medio de la T de PVC, pero en el caso de que suceda, se debe cerrar la salida del contenedor para lograr llevar a su destino a los granos atascados.

ESPOCH	MANUAL DE MANTENIMIENTO PREVENTIVO	EIE-CRI
CLASIFICADOR AUTOMÁTICO DE GRANOS MEDIANTE UN SISTEMA POR SENSORES DE COLOR TEACH-IN		
PARTE	DESCRIPCIÓN	TIEMPO
BANDA TRANSPORTADORA	*Cambio de cinta o correa.	SEMESTRAL
	*Ajuste de los tornillos que sirven de eje para los rodillos.	MENSUAL
	*Limpieza del motor	MENSUAL
PANEL DE CONTROL	*Revisión de la conexión interna del cableado.	SEMESTRAL
FILTRO NEUMÁTICO	*Purgar el condensado	SEMANTAL
ENVASES O CONTENEDORES	*Ajuste del soporte de los tres contenedores	TRIMESTRAL
TOLVA	*Limpieza	MENSUAL
MECANISMO DE SEPARACIÓN DE GRANOS	* Ajustar de acuerdo al tamaño de los granos	DE ACUERDO AL TIPO DE GRANO
	*Limpieza	DESPUÉS DE CADA CLASIFICACIÓN
ELECTROVÁLVULAS	* Revisar conexiones internas	SEMESTRAL
SENSORES	*Limpieza del lente	MENSUAL
	*Calibración de los sensores	SEMANTAL
MOTOR DE RETROALIMENTACIÓN	*Cambio de escobillas	ANUAL
MANGUERA DE 1 1/4	*Limpieza con el motor de retroalimentación al vacío	MENSUAL

ANEXO 4

MANUAL DE USUARIO



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y
REDES INDUSTRIALES**

“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN CLASIFICADOR DE
GRANOS, MEDIANTE UN SISTEMA POR SENSORES DE COLOR
TEACH-IN”

MANUAL DE USUARIO

Previo a la obtención del título de:

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

Presentado por:

KATHERINE LEONOR AGUILAR ZAMBRANO

CARLOS RAFAEL FERRIN VERA

Riobamba – Ecuador

2013

1. INTRODUCCIÓN

En el presente documento se dan a conocer todos los procedimientos que se utilizaron para que la maquina clasificadora funcione correctamente, tomando esto en cuenta se podrá manipular de forma correcta y segura, por esta razón es muy importante estudiar y conocer el manual de usuario.

2. GENERALIDADES DEL SISTEMA

El sistema de funcionamiento de clasificación de granos tiene varios segmentos trabajando en secuencia.

El panel de control que se encuentra en la parte superior del módulo da el inicio para la puesta en marcha, seguido de eso está el primer recipiente que deberá contener los granos no clasificados, inmediatamente los granos caen a una banda transportadora que los hace rodar a una tolva para que estos vayan organizándose y pasen por el sistema de clasificación ordenadamente, luego son detectados muy rápidamente por los sensores de color teach-in que hacen activar las válvulas electroneumática expulsando así los granos que fueron programados anteriormente hacia un segundo recipiente de plástico los granos que no fueron expulsados caen a un tercer recipiente que está conectado a un motor de viento que los sopla hacia el primer recipiente y en caso de que no fuese detectado un grano programado pueda ser detectado nuevamente por los sensores.

3. SEGURIDADES

Uno de los puntos fundamentales para la manipulación de esta máquina es seguir pautas de seguridad y manejo. Debido a esto se deben conocer muy cuidadosamente las medidas y condiciones de seguridad que se utilizan para un buen funcionamiento y reducir riesgos.

3.1. Banda Transportadora

La banda transportadora es un motor que se activa cuando se da inicio a la maquina esta gira a la izquierda.

Por lo mencionado anterior mente se deben se deben cumplir con las siguientes condiciones.

- La banda no puede soportar peso excesivo máximo un peso aproximado de 2 kilogramos.
- Mantener la parte de la banda libremente de objetos que puedan atascarla.
- Al momento de conectar el motor de la banda transportadora en el tablero de control hay que tener en cuenta que esté polarizado en la posición correcta para que gire hacia el lado izquierdo y puedan caer los granos por la tolva.

3.2. Mecanismo de separación de granos

El mecanismo de separación de granos es un tipo de resbaladera por donde caen y se ordenan los granos para ser expulsados por lo cual se necesita:

- La abertura por donde van a caer los granos que van a ser separados debe ser ajustada de acuerdo al tamaño de los mismos, para que así puedan deslizarse uno por uno y tengan una mejor detención y expulsión de los granos.
- En caso de que los granos se atascaran en el mecanismo de separación de granos hay que pulsar el botón de emergencia para calibrar bien este mecanismo.
- Otro punto que hay que tomar en cuenta es la inclinación del mecanismo de separación de granos debe estar a una inclinación de -45° grados para un eficiente funcionamiento.
- En caso que se quiera separar los granos oscuros la base del mecanismo de separación de granos debe ser blanca y viceversa.

3.3. Sistema de detección de granos

Cuando el grano no clasificado cae por el mecanismo de separación de granos es detectado por los sensores de color TEACH-IN que debe estar a una altura recomendada de 1.2 centímetros del grano este sensor activa una válvula electroneumática lo cual expulsará los granos mediante aire de presión por tanto se deben tomar las siguientes consideraciones.

- Cuando la válvula electroneumática es activada por la detección del sensor teach-in esta debe estar configurada con una presión de aire recomendada de 60 psi.
- En la programación del controlador lógico programable (PLC) se debe tener en cuenta que al activar las válvulas electroneumáticas solo tiene que activarse y no quedarse enclavada.

3.4. Sistema de soplado de granos

Permite que los granos que no fueron expulsados por el sistema de detección de granos vuelvan al inicio de la máquina para que así logren ser expulsados y reducir el error que tiene el sistema por estas razones hay que tener en cuenta los siguientes puntos.

3.5. Seguridad para el operario

Debido a la seguridad que debe tener el operario de la maquina se enumeran algunas políticas a seguir para que no sufra ningún contratiempo ni perjudicar su bienestar.

- Los colores son muchas veces sinónimos de indicadores, por tanto en la maquina clasificadora de granos existen algunas zonas que hay que tener mucho cuidado como por ejemplo terminales de 110 voltios que pueden ser

confundidos fácilmente, por eso resaltamos que en el panel de control el operario debe tener en cuenta con dos terminales de bananas que llevan 110 voltios y justamente están resaltados de color rojo.

- Como en el maquina clasificadora de granos se trabaja con corriente alterna por la alimentación del (PLC) y un motor de corriente alterna de 500 vatios se debe poner atención al momento de manipularla, no introduciendo ningún tipo de objetos extraños en el motor.

4. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El sistema de clasificación contiene un panel de control que nos permite intervenir en su proceso.

Tabla: Pulsadores e Indicadores del Panel de Control

PULSADOR	COLOR	FUNCIÓN
Sección 1- Control Botonera y Energización		
Pulso de Inicio	Verde	Dar un pulso que necesita el programa para que comience el proceso.

PULSADOR (continuación)	COLOR (continuación)	FUNCIÓN (continuación)
Pulso de Paro	Rojo	Inhabilita a cualquier actuador o elemento que esté funcionando en ese momento.
Pulso de Emergencia	Rojo	inhabilita al motor de la banda transportadora, a las válvulas electroneumáticas y a los sensores para que funcione solo el motor de soplado de granos
Lámpara de Inicio	Verde	Indica cuando el sistema de clasificación está funcionando
Lámpara de Paro	Amarillo	Indica cuando el sistema se ha parado por algún motivo
Lámpara de Emergencia	Rojo	indica cuando el sistema de clasificación se ha desactivado y solo funciona

		el sistema de soplado de granos
PULSADOR (continuación)	COLOR (continuación)	FUNCIÓN (continuación)
Section 2- Controlador (PLC)		
Bananas Rojas en la parte superior del del (PLC)	Rojo	Entradas del (PLC)
Bananas Negras en la parte inferior del del (PLC)	Negro	Salidas del (PLC)
Sección 3- Control Sensores Electroválvulas y Motor		
Bananas	Rojas y Negro	Conectar los respectivos actuadores teniendo en cuenta sus señales

Fuente: Katherine Aguilar y Carlos Ferrín (Autores)

4.1 Descripción del funcionamiento del sistema

Para que el sistema de funcionamiento del panel de control funcione correctamente deben cumplirse con los siguientes pasos.

- Para que el pulso de inicio, paro y emergencia funcione correctamente se debe conectar los cables en las salidas de 24 voltios con las respectivas entradas del (PLC).
- Se deben conectar las lámparas indicadoras de igual lógica pero teniendo en cuenta que las salidas del (PLC).
- Los sensores deben estar conectados correctamente y tomando en cuenta que cada sensor haga accionar su propia válvula para que funcionen sincrónicamente.
- Al pulsar inicio hace que se enclave el programa y este a su vez activa.

RECOMENDACIONES:

- Al momento de conectar los cables en las bananas para su respectivo funcionamiento tenemos que asignar colores de cable para diferenciar su polaridad en caso de que tenga el elemento una polaridad.
- Para que los granos sean expulsados rápidamente se deben conectar la señal de los sensores en las entradas rápidas del (PLC) que son la %I.03 y la %I.04.
- Para que las válvulas electroneumáticas se activen rápidamente y expulsen los granos con precisión deben estar conectadas a las salidas rápidas del (PLC) las cuales son %Q.04 y la %Q.05.
- Utilizar una presión de 60 psi que llegue las válvulas para que se accionen correctamente y no tengan ningún retraso de accionamiento.

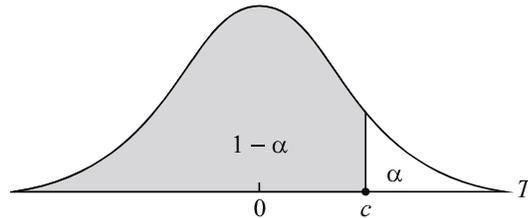
- Instalar una fuente de corriente continua de 5 amperios para poder alimentar las válvulas el motor de la banda los sensores y los relés de accionamiento.

ANEXO 5

**ELEMENTOS DE COMPROBACIÓN DE
HIPOTESIS**

TABLA DE LA DISTRIBUCION t -Student

La tabla da áreas $1 - \alpha$ y valores $c = t_{1-\alpha, r}$, donde, $P[T \leq c] = 1 - \alpha$, y donde T tiene distribución t -Student con r grados de libertad..



$1 - \alpha$

r	0.75	0.80	0.85	0.90	0.95	0.975	0.99	0.995
1	1.000	1.376	1.963	3.078	6.314	12.706	31.821	63.657
2	0.816	1.061	1.386	1.886	2.920	4.303	6.965	9.925
3	0.765	0.978	1.250	1.638	2.353	3.182	4.541	5.841
4	0.741	0.941	1.190	1.533	2.132	2.776	3.747	4.604
5	0.727	0.920	1.156	1.476	2.015	2.571	3.365	4.032
6	0.718	0.906	1.134	1.440	1.943	2.447	3.143	3.707
7	0.711	0.896	1.119	1.415	1.895	2.365	2.998	3.499
8	0.706	0.889	1.108	1.397	1.860	2.306	2.896	3.355
9	0.703	0.883	1.100	1.383	1.833	2.262	2.821	3.250
10	0.700	0.879	1.093	1.372	1.812	2.228	2.764	3.169
11	0.697	0.876	1.088	1.363	1.796	2.201	2.718	3.106
12	0.695	0.873	1.083	1.356	1.782	2.179	2.681	3.055
13	0.694	0.870	1.079	1.350	1.771	2.160	2.650	3.012
14	0.692	0.868	1.076	1.345	1.761	2.145	2.624	2.977
15	0.691	0.866	1.074	1.341	1.753	2.131	2.602	2.947
16	0.690	0.865	1.071	1.337	1.746	2.120	2.583	2.921
17	0.689	0.863	1.069	1.333	1.740	2.110	2.567	2.898
18	0.688	0.862	1.067	1.330	1.734	2.101	2.552	2.878
19	0.688	0.861	1.066	1.328	1.729	2.093	2.539	2.861
20	0.687	0.860	1.064	1.325	1.725	2.086	2.528	2.845

21	0.686	0.859	1.063	1.323	1.721	2.080	2.518	2.831
22	0.686	0.858	1.061	1.321	1.717	2.074	2.508	2.819
23	0.685	0.858	1.060	1.319	1.714	2.069	2.500	2.807
24	0.685	0.857	1.059	1.318	1.711	2.064	2.492	2.797
25	0.684	0.856	1.058	1.316	1.708	2.060	2.485	2.787
26	0.684	0.856	1.058	1.315	1.706	2.056	2.479	2.779
27	0.684	0.855	1.057	1.314	1.703	2.052	2.473	2.771
28	0.683	0.855	1.056	1.313	1.701	2.048	2.467	2.763
29	0.683	0.854	1.055	1.311	1.699	2.045	2.462	2.756
30	0.683	0.854	1.055	1.310	1.697	2.042	2.457	2.750
40	0.681	0.851	1.050	1.303	1.684	2.021	2.423	2.704
60	0.679	0.848	1.046	1.296	1.671	2.000	2.390	2.660
120	0.677	0.845	1.041	1.289	1.658	1.980	2.358	2.617
¥	0.674	0.842	1.036	1.282	1.645	1.960	2.326	2.576

CAPÍTULO VI

BIBLIOGRAFÍA

1.-FLORÍA, P., Y OTROS., Manual para el técnico en prevención de riesgos laborales., 7ma. Ed., Madrid-España., Fundación Confemental., 2006., pp 55.

2.-GONZALES, A., Los Sistemas de clasificación de los seres vivos., 1era. ed., Madrid-España., AKAL., 1998., pp 7-8.

3.-MARTÍN, J., Y GARCÍA, M., Automatismos industriales., 2da. ed., Madrid-España., Editex., 2009., pp 134-140.

4.-AGUDELO, D., Y TABARES, J., Diseño de una clasificadora de tuercas automatizada., Facultad de tecnologías., Escuela de Ingeniería Mecatrónica., Universidad Tecnológica de Pereira., Pereira-Colombia., TESIS., 2011., pp 53-59.

5.-GARNERO, S., Calidad intrínseca de los granos en la poscosecha., Facultad de Ciencias Químicas., Universidad Católica de Córdoba., Córdoba-Argentina., TESIS., 2006., pp 43-46.

6.-JIMENEZ, A., Sistema de reconocimiento y localización de objetos cuasi-esféricos por telemetría laser. Aplicación a la detección automática de frutos para el robot Agrirobot., Facultad de Ciencias Físicas., Departamento de Arquitectura de Computadores y Automática., Universidad Complutense de Madrid., Madrid-España., TESIS., 1998., pp 2-8.

BIBLIOGRAFIA DE INTERNET

1.- CATÁLOGO RESUMIDO SICK

<http://es.scribd.com/doc/57515786/SICK-Catalogo-Resumido-Spanish>

2013/05/25

2.- CONTROL LÓGICO PROGRAMABLE- PLC

http://catarina.udlap.mx/u_dl_a/tales/documentos/lmt/maza_c_ac/capitulo4.pdf

2013/06/10

3.- CONTROLADORES PROGRAMABLES

<http://www.sincro-sur.com.ar/descargas/SCHNEIDER/Automata%20Programable%20Twi do.pdf>

2013/06/23

4.- EL MOVIMIENTO

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

2013/05/20

5.- ESLABONES Y PARES

<http://www.uhu.es/rafael.sanchez/ingenieriamaquinas/carpetaapuntes.htm/Apuntes%20Tema%201.pdf>

2013/09/15

6.- INSTRUCTIVO PARA EL MUESTREO Y ANÁLISIS DE MAÍZ, FRIJOL Y ARROZ

http://www.diconsa.gob.mx/normateca/images/pdfs/documentos_apoyo/muestreo_y_analisis.pdf

2013/04/15

7.- MECANISMOS

<http://blog.utp.edu.co/adriamec/files/2012/09/CAPITULO-1-conceptos-b%C3%A1sicos.pdf>

2013/08/13

8.- NEUMÁTICA E HIDRÁULICA

http://www.portaleso.com/portaleso/trabajos/tecnologia/neuma.ehidra/ud_simbologia_neu.pdf

2013/05/05

9.- PROPIEDADES MECÁNICO-QUÍMICAS DEL ALUMINIO

<http://ingemecanica.com/tutorialsemanal/tutorialn110.html>

2013/07/12

10.- TIPO DE MATERIAL ESTRUCTURA METÁLICA

<http://es.slideshare.net/CataEcko/metales-no-ferrosos-11694217>

2013/07/21