



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA

**ESCUELA DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA EN CONTROL Y REDES
INDUSTRIALES**

**“DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA
DETERMINAR EL ESPESOR EN LA LÁMINA EUROLIT DE TUBASEC C.A.”**

TESIS DE GRADO

Previa la obtención del título de

INGENIERO EN ELECTRÓNICA, CONTROL Y REDES INDUSTRIALES

Presentado por

INÉS PAULINA RÍOS CANDO

CARLOS RODRIGO RUIZ GUANGAJE

RIOBAMBA – ECUADOR

2013

A nuestros Maestros Ing. Paúl Romero e Ing.
Jhony Vizuete por brindarnos la ayuda
desinteresada; con lecciones y enseñanzas
para saciar nuestra sed de conocimiento
en la consecución de
este proyecto.

Al Sr. Gustavo Cajas y colaboradores del
departamento de Construcción y
Maquinaria de TUBASEC C.A;
quienes con paciencia,
humildad y vocación nos han
guiado en momentos difíciles durante
la realización del mismo; brindándonos
sus conocimientos y palabras
de motivación.

A mi Virgencita Auxiliadora por sus cuidados
y guía; A mis papitos Luisito e Inesita, y a
mis hermanitos Mariu, Reny y Luisito, quienes
son lo más importante en mi vida.

Con amor.

Paulina

A mi Madre Patricia por ser el pilar
fundamental en mi vida, ya que
me ha enseñado el valor de la lucha
y la perseverancia para conseguir mis
objetivos; a mis Tíos Mayra, Julio y Fernando
por sus palabras de aliento; a mis primos
Angie y Pablo por poner momentos de alegría
en días de tristeza y a mis Abuelitos Lucia
y Julio por ser la luz que siempre
ha guiado mi camino.

Carlos

NOMBRE	FIRMA	FECHA
Ing. Iván Menes DECANO DE LA FACULTAD DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
Ing. Paúl Romero DIR. ESC. ING. ELECTRÓNICA CONTROL Y REDES INDUSTRIALES
Ing. Paúl Romero DIRECTOR DE TESIS
Ing. Jhony Vizúete MIEMBRO DEL TRIBUNAL
Lcdo. Carlos Rodríguez DIRECTOR DPTO. DOCUMENTACIÓN
NOTA DE LA TESIS	

“Nosotros, **Inés Paulina Ríos Cando** y **Carlos Rodrigo Ruiz Guangaje** somos responsables de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en ésta tesis; y, el patrimonio intelectual de la Tesis de Grado pertenece a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO”

.....

Inés Paulina Ríos Cando

.....

Carlos Rodrigo Ruiz Guangaje

AUTORES

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

AS-I	Actuator Sensor Interface
COM	Component Object model
ED	Entradas Digitales
E/S	Entradas/Salidas
HMI	Human-Machine Interface
IED	Intelligent Electronic Device
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
mA	miliAmperes
NI	National Instruments
OLE	Object Link Embedded
OPC	Ole for Process Control
PC	Personal Computer
PID	<i>Proportional-Integral-Derivative</i> controller
PLC	Programmable Logic Controller
ROC	Rate of change
UPS	Uninterruptible Power Supply
VAC	Voltaje de corriente alterna
VDC	Voltaje de corriente continua
VI	Virtual Instrument

ÍNDICE GENERAL

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES	17
1.1 ANTECEDENTES	17
1.2 JUSTIFICACIÓN	18
1.3 OBJETIVOS	20
1.3.1. OBJETIVO GENERAL	20
1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS	20
1.4 HIPÓTESIS	20

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO	21
2.1 ELABORACIÓN DE LAS PLACAS DE FIBROCEMENTO	21
2.1.1. PREPARACIÓN DE LA PASTA	22
2.1.2. MÁQUINA DE FORMACIÓN DE PLACAS EUROLIT, PROCESO DE LAMINACIÓN	23
2.1.3. PROCESO DE CORTE	26
2.1.4. PROCESO DE MOLDEO	26
2.2. SISTEMAS DE CONTROL	27
2.2.1. DEFINICIONES BÁSICAS	27
2.2.2. SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO Y LAZO CERRADO	27
2.2.3. ETAPAS EN LA REALIZACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL	29
2.3. COMPONENTES ELÉCTRICOS	30
2.3.1 MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA	30
2.3.2. RELÉS	37
2.3.3. CONTACTORES	44
2.3.4. VARIADORES DE FRECUENCIA	51
2.3.5. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA	57
2.3.6. ARMARIOS ELÉCTRICOS	66
2.4. COMPONENTES NEUMÁTICOS OLEOHIDRÁULICOS	71
2.4.1. CONCEPTOS BÁSICOS RELACIONADOS	71
2.4.2. ELEMENTOS GENERADORES DE ENERGÍA	73
2.4.3. ACTUADORES	76
2.4.4. ELEMENTOS DE MANDO Y CONTROL	78

2.4.5. ELECTROVÁLVULAS	81
2.5. COMPONENTES ELECTRÓNICOS	83
2.5.1. SENSORES FOTOELÉCTRICOS	83
2.5.2. REGULADORES DE VOLTAJE	90
2.5.3. POTENCIOMETROS	93
2.5.4. ETAPA DARLINTONG	95
2.6. TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS NI 6009	97
2.6.1. ENTRADAS Y ELEMENTOS DE LA NI 6009	98
2.6.2. CARACTERÍSTICAS	100
2.7. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	102
2.7.1. DEFINICIÓN	102
2.7.2. ESTRUCTURA	102
2.7.3. FUNCIONES DE UN PLC	106
2.7.4. CLASIFICACIÓN	107
2.7.5. CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS PLC	109
2.7.6. TIPOS DE ENTRADAS Y SALIDAS DE LOS CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE	110
2.7.7. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN DE UN PLC	113
2.7.8. DENOMINACIÓN DE LOS LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN DE DIFERENTES PLC	115
CAPITULO III	
3. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL	118
3.1. OBTENCIÓN DE DATOS DE LA MÁQUINA DE FORMACIÓN EUROLIT	118
3.1.1. CIRCUITO PLC	118
3.1.2. PARTE DE CONTROL	119
3.1.3. PARTE DE POTENCIA	119
3.1.4. CIRCUITO DE MANDO	119
3.1.5. GRAFCET DEL PLC	119
3.1.6. CIRCUITO DEL TEMPORIZADOR	119
3.2. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN	119
3.2.1. ALTERNATIVA POR VISIÓN ARTIFICIAL	119
3.2.2. ALTERNATIVA POR FINALES DE CARRERA	121
3.2.3. ALTERNATIVA POR SENSOR DE DISTANCIA	122
3.3. DISEÑO DE LA ETAPA DE SENSADO	125
3.3.1. FACTORES PARA LA ELECCIÓN DEL SENSOR	125

3.3.2. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR MEDIDOR DE DISTANCIAS	126
3.3.3. CONEXIÓN ELÉCTRICA DEL SENSOR VDM18-100/32/105/122	128
3.3.4. ACONDICIONAMIENTO Y ADQUISICIÓN DE SEÑAL DEL SENSOR....	132
3.3.5. LINEALIZACIÓN DE LA SEÑAL DEL SENSOR	136
3.3.6. DISEÑO DE BASES PARA EL POSICIONAMIENTO DEL SENSOR	140
3.4. DISEÑO DE LA ETAPA DE CONTROL	141
3.4.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL	141
3.4.2. IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO ELÉCTRICO PARA EL PLC	142
3.4.3. ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES PLC-DAQ 6009.....	158
3.5 DISEÑO DEL SOFTWARE PARA EL CONTROL Y HMI.....	162
3.3.1. GRAFCET DEL PROGRAMA DEL PLC	162
3.3.2. PROGRAMACIÓN DEL PLC.....	165
3.3.3. PROGRAMACIÓN DEL SENSADO E INTERFAZ HOMBRE-MAQUINA	168
CAPITULO IV	
4. PRUEBAS Y RESULTADOS	175
4.1 PRUEBAS	175
4.1.1. PRUEBAS DE RESPUESTA DEL SENSOR	175
4.1.2. PRUEBAS PARA SEÑALES DE LA DAQ.....	179
4.1.3. PRUEBAS DE EFICIENCIA DE LA MÁQUINA CON EL CONTROL DEL TEMPORIZADOR	181
4.1.4. PRUEBAS DE EFICIENCIA DE LA MÁQUINA CON EL CONTROL DE ESPESOR	192
4.2. RESULTADOS	201
4.2.1. TIEMPO	201
4.2.2. CANTIDAD DE LÁMINAS PRODUCIDAS	203
4.2.3. PÉRDIDA Y GANANCIA	205
4.3.4 COMPROBACION DE LA HIPÓTESIS.....	207
CONCLUSIONES	
RECOMENDACIONES	
RESUMEN	
SUMMARY	
GLOSARIO	
BIBLIOGRAFÍA	
ANEXOS	

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura II-1. Rodillos de diferente diámetro	25
Figura II-2. Sistema de control en lazo abierto.....	27
Figura II-3. Sistema de control en lazo cerrado	29
Figura II-4. Partes del motor	36
Figura II-5. Tipos de relés	37
Figura II-6. Estructura del relé.....	38
Figura II-7. Relé electromecánico.....	40
Figura II-8. Relé de estado sólido.....	41
Figura II-9. Relé de corriente alterna	41
Figura II-10. Relé de láminas	42
Figura II-11. Relé térmico	43
Figura II-12. Contactor.....	46
Figura II-13. Partes del contactor	49
Figura II-14. Variador de frecuencia.....	53
Figura II-15. E/S digitales y analógicas	55
Figura II-16. Breaker.....	61
Figura II-17. Fusible	62
Figura II-18. Tipos de fusibles.....	63
Figura II-19. Elementos de entrada binaria.....	70
Figura II-20. Elementos de salida de información binaria	71
Figura II-21. Sistema Neumático en el área de Robótica.....	72
Figura II-22. Sistema Oleohidráulico para elevación pesada con precisión milimétrica	72
Figura II-23. Compresor de Paletas.....	74
Figura II-24. Compresor de Tornillo	74
Figura II-25. Estructura y funcionamiento de un cilindro neumático.....	77
Figura II-26. Funcionamiento del Cilindro de Simple Efecto	77
Figura II-27. Funcionamiento del Cilindro de Doble Efecto.....	78
Figura II-28. a) Dos posiciones, b) Tres posiciones	79
Figura II-29. Válvula de selenoide típica de acción directiva, normalmente cerrada de dos vías	82
Figura II-30. Sensores de luz	83
Figura II-31. Componentes internos de un sensor fotoeléctrico.....	84
Figura II-32. Curva de ganancia de un sensor	86
Figura II-33. Sistema de detección de Barrera, donde E: emisor y R: recepto.	87
Figura II-34. Sistema de detección "reflex"	88
Figura II-35. Sistema de detección Autoreflex.....	89
Figura II-36. Reguladores de voltaje	92
Figura II-37. Potenciómetros de precisión	94
Figura II-38. Configuración Darlington.....	96
Figura II-39. DAQ 6009	97
Figura II-40. Diseño de entradas analógicas DAQ 6009	99
Figura II-41. Diseño de salidas analógicas DAQ 6009	99
Figura II-42. Resistencia pull-up externa.....	100
Figura II-43. Módulo de entradas con captadores pasivos	104
Figura II-44. Tipo de detectores.....	104

Figura II-45. PLC tipos compactos	108
Figura II-46. MicroPLC	109
Figura II-47. Señal discreta.....	111
Figura II-48. Señal analógica	113
Figura II-49. Ladder	114
Figura II-50. Leguaje por lista de instrucciones	115
Figura II-51. Grafcet.....	116
Figura II-52. Plano de funciones.....	116
Figura III-53. Sensor de proximidad.....	127
Figura III-54. Conexión eléctrica del sensor	129
Figura III-55. Fuente Siemens 5A.....	130
Figura III-56. Conector macho M12 x 1, 5 polos	131
Figura III-57. Conector hembra.....	131
Figura III-58. Conexión del sensor de proximidad	132
Figura III-59. Conexión del sensor a la DAQ.....	133
Figura III-60. Placa PCB para conexión de sensor	133
Figura III-61. Implementación física de la DAQ.....	134
Figura III-62. Interfaz LabVIEW	134
Figura III-63. Configuración DAQ LabVIEW	135
Figura III-64. Configuración entrada DAQ.....	135
Figura III-65. Filtro pasabajos LabVIEW.....	136
Figura III-66. Curva de linealización del sensor por datasheet	137
Figura III-67. Curva de linealización del sensor por datos reales	138
Figura III-68. Programación ley de OHM.....	139
Figura III-69. Bases de sensor	140
Figura III-70. Ubicación del sensor.....	141
Figura III-71. Fuente de 24 V	143
Figura III-72. PLC y Módulo de expansión.....	144
Figura III-73. Luz de inicio.....	144
Figura III-74. Circuito para el motor de 10 HP	145
Figura III-75. Circuito del aporte de pasta.....	146
Figura III-76. Circuito para inicio de sensado	147
Figura III-77. Circuito de la Bajada de equipo	148
Figura III-78. Circuito de la alarma	149
Figura III-79. Circuito del espacio del fieltro	150
Figura III-80. Circuito de la luz de reset.....	151
Figura III-81. Circuito de Relé TM	152
Figura III-82. Circuito de la luz de corte.....	152
Figura III-83. Pulsador P1 para inicio.....	153
Figura III-84. Pulsador de reset	154
Figura III-85. Señal de sensor.....	154
Figura III-86. Señal de TM1	155
Figura III-87. Señal deTM2.....	155
Figura III-88. TM3.....	156
Figura III-89. Paro de emergencia.....	157
Figura III-90. Implementación física circuito eléctrico PLC	157
Figura III-91. Interfaz PLC-DAQ.....	158
Figura III-92. Señal de entrada a la DAQ.....	159

Figura III-93. Interfaz de puerta con 3904.....	160
Figura III-94. Señal de salida de la DAQ.....	160
Figura III-95. Etapa Darlington.....	161
Figura III-96. Placa para activación de relé de estado sólido.....	161
Figura III-97. Inicio de secuencia.....	163
Figura III-98. Proceso del PLC.....	163
Figura III-99. Proceso del PLC.....	164
Figura III-100. Proceso del PLC.....	164
Figura III-101. Proceso del PLC.....	164
Figura III-102. Proceso del PLC.....	165
Figura III-103. Proceso del PLC.....	165
Figura III-104. Configuración TWIDO entradas y salidas.....	166
Figura III-105. Configuración salidas.....	167
Figura III-106. Configuración Reset TWIDO.....	167
Figura III-107. Reset TWIDO.....	167
Figura III-108. Flujo grama del sistema.....	169
Figura III-109. Interfaz LabVIEW.....	170
Figura III-110. Configuración entradas LabVIEW.....	170
Figura III-111. Configuración entradas LabVIEW.....	171
Figura III-112. Programación LabVIEW.....	172
Figura III-113. Programación Principal.....	173
Figura III-114. Configuración NI OPC Servers.....	174
Figura III- 115. HMI del Programa Final.....	174
Figura IV-116. Programa para prueba de sensor en ambiente de trabajo.....	176
Figura IV-117. Programa para señales de la DAQ.....	181
Figura IV-118. Eficacia de la máquina con el control del temporizador.....	182
Figura IV-119. Tiempos de producción de la máquina por temporizador.....	202
Figura IV-120. Tiempos de funcionamiento de la máquina con el nuevo sistema.....	202
Figura IV-121. Tiempo de control por temporizador vs. Tiempo de control por sensor.....	203
Figura IV-122. Porcentaje de producción aprobada.....	204
Figura IV-123. Porcentaje de producción aprobada.....	204
Figura IV-124. Producción (temporizador) vs. Producción (sensor).....	205
Figura IV-125. Ganancia vs. Pérdida (temporizador).....	206
Figura IV-126. Ganancia vs. Pérdida (sensor).....	206
Figura IV-127. Ganancia (temporizador) vs. Ganancia (sensor).....	207

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico IV-1. Promedio de cada prueba vs. Promedio general.....	179
Gráfico IV-2. Espesor de las láminas correctas.....	184
Gráfico IV-3. Espesor de las láminas aprobadas.....	187
Gráfico IV-4. Espesor de las láminas aprobadas	190
Gráfico IV-5. Espesor lámina	195
Gráfico IV-6. Espesor de las láminas	198
Gráfico IV-7. Espesor de las láminas	200

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla II-I. Tipos de Válvulas	80
Tabla II-II. Condiciones de operación de sensores fotoeléctricos	86
Tabla II-III. Características de la DAQ 6009.....	101
Tabla IV-IV. Prueba 1.....	177
Tabla IV-V. Prueba 2.....	177
Tabla IV-VI. Prueba 3.....	178
Tabla IV-VII. Prueba 4	178
Tabla IV-VIII. Promedio de las pruebas	179
Tabla IV-IX. Producción Temp 1	184
Tabla IV-X. Producción Temp 2	187
Tabla IV-XI. Producción Temp 3.....	189
Tabla IV-XII. Tiempos.	192
Tabla IV-XIII. Tiempos vs dinero.....	192
Tabla IV-XIV. Producción sens 1	194
Tabla IV-XV. Producción sens 2	197
Tabla IV-XVI. Producción sens 3	200

INTRODUCCIÓN

TUBASEC C.A. empresa ecuatoriana que contribuye desde hace más de tres décadas al desarrollo del Ecuador, especializada en diferentes tipos de cubiertas, uno de ellos los prestigiosos techos de fibrocemento marca EUROLIT, reconocidos como los más fuertes y resistentes del mercado.

En el proceso de fabricación de éstas láminas, intervienen factores en los cuales verifican su calidad, una de éstas es el espesor, razón por la cual la empresa necesita de un sistema de control más sofisticado al instalado, ya que se tiene problemas de medición produciendo así techos de mala calidad, perdiendo tiempo y materia prima.

El nuevo sistema que controla el espesor, es mucho más eficiente debido a que los sensores fotoeléctricos láser fueron elegidos cuidadosamente para que su trabajo sea óptimo en la aplicación y en el ambiente de trabajo. Se ha diseñado tanto software para el PLC y la tarjeta de adquisición DAQ, también se ha implementado un tablero de control que comanda a todo el proceso de la máquina de formación EUROLIT. Para mejor visualización, se incorporó un HMI en el cual el monitoreo y control es más sencillo para el operario.

Con este nuevo sistema la empresa ofrece placas de fibrocemento con un espesor uniforme, ayudando así en la calidad del producto y siendo más competitivo en el mercado.

CAPÍTULO I

1. GENERALIDADES

1.1 ANTECEDENTES

TUBASEC C.A., es una empresa ecuatoriana ubicada en el parque industrial de Riobamba y conformada según las disposiciones legales vigentes en cuanto a capital social, que contribuye desde hace más de tres décadas al desarrollo del Ecuador; inició su actividad con su línea de tuberías, llevando agua potable a todos los rincones del país. Y con el fin de proporcionar variedad en los productos, la empresa se especializó en los diferentes tipos de cubiertas. Su primer paso lo hizo con los prestigiosos techos de fibrocemento marca Eurolit, reconocidos como los más fuertes y resistentes del mercado; Eurolit puede decir en voz alta y con legítimo orgullo, que es la única marca existente en el mercado que tiene todos sus techos con la garantía y el respaldo total de cumplir con la norma INEN 1320 y por lo tanto, que todas sus planchas vendidas en el pasado y en el presente tienen la garantía real y total de tener una resistencia superior a los 4250 Nétwones por metro lineal.

A lo largo del tiempo ha ido creciendo obteniendo el Certificado de Conformidad del Sistema de gestión de la calidad según los requisitos establecidos en la Norma ISO 9001: 2000 e INEN-ISO 9001:2000, como el certificado de Sello de Calidad INEN a los productos Eurolit.

Después de introducir en el mercado su línea Eurolit, TUBASEC C.A., amplió su gama de actividades con la fabricación de tejas de hormigón marca Ecuateja, las mismas cuentan con la característica de tener color integrado en la masa y la resistencia y calidad acostumbrada en todos sus techos; pero añadiéndole a la vivienda la nota de clase, elegancia y belleza. La incorporación a esta nueva actividad se efectuó mediante la adquisición de la fábrica e instalaciones que estaban radicadas en Quito y que inmediatamente fueron trasladadas a su complejo industrial de Riobamba. La política de desarrollo y diversificación no paró ahí, sino que se vió acrecentada con la incorporación de los tanques de polietileno marca Eurotank e Hipotank que se complementan con la gama de tanques de fibrocemento, convirtiendo así a TUBASEC C.A. en el único fabricante en ofrecer la gama completa de tanques tanto, en fibrocemento como en polietileno.

1.2 JUSTIFICACIÓN

La automatización hoy en día ayuda a una empresa en el proceso de mecanización de las actividades industriales, dando la propiedad a algunas máquinas de realizar las operaciones de manera automática y así reducir la mano de obra, simplificar el trabajo y sobre todo entregar un proceso más rápido y eficiente.

La gran mayoría de los procesos industriales requieren controles cada vez más óptimos que permitan tener un dominio sobre todas las variables físicas que estos manejan.

Es por esto que la empresa TUBASEC C.A de la ciudad de Riobamba, requiere de un control automático y eficaz en el espesor de la lámina EUROLIT, que se ha venido dando de una forma manual, en el cual el operario debe verificar a cada instante la medida y dependiendo de ello cambiar las variables que intervienen en el proceso de obtención de dicha lámina.

Todo este proceso manual conlleva a la producción de techos con el espesor incorrecto, además de la pérdida de tiempo en mano de obra, desperdicio de la materia prima y otros recursos.

Por esta razón y tomando en cuenta los problemas que se encuentran en el proceso de la fabricación de la lámina, se implementará este control para que no exista una pérdida de materia prima, así como también del tiempo y además se estará mejorando la calidad del producto final.

En el proceso de control se utilizarán sensores de distancia, los mismos que permitirán conocer el incremento en el espesor de la lámina durante el proceso de obtención de la misma; la señal será enviada a una DAQ para luego ser procesada en un programa de Labview contenido en un computador; las señales finales estarán regidas por un PLC.

Con esto, la empresa será más competitiva, ya que se está dotando de avances tecnológicos eficaces y eficientes.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1. OBJETIVO GENERAL

Diseñar e implementar un sistema de control para determinar el espesor en la lámina Eurolit de Tubasec C.A

1.3.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Investigar acerca de los elementos, dispositivos y procesos que se encuentran instalados en la máquina de láminas Eurolit.
- Diseñar el sistema mecánico que permitirá la correcta ubicación de los sensores, dependiendo de la longitud de la lámina a fabricar.
- Implementar un Sistema para el control de espesor de la lámina, utilizando sensores infrarrojos; y además adquirir estas señales mediante la tarjeta DAQ de National Instruments.
- Desarrollar un programa PLC para el control automático
- Diseñar un HMI para el monitoreo y el control de supervisión de la máquina de láminas Eurolit.

1.4 HIPÓTESIS

Luego de haber implementado el sistema de control para el espesor de la lámina Eurolit de Tubasec C.A, se obtendrá una mejora en la producción.

CAPÍTULO II

2. FUNDAMENTO TEÓRICO

2.1 ELABORACIÓN DE LAS PLACAS DE FIBROCEMENTO

Las placas de fibrocemento se fabrican en un proceso continuo a partir de la mezcla íntima y homogénea de cemento, celulosa, crisotilo y agua en cantidades preestablecidas; de modo que la consistencia del producto terminado, cumpla con los requerimientos de resistencia a impactos y permeabilidad determinados.

Se utilizan normalmente en obras de edificación, para el revestimiento de elementos constructivos expuestos a la intemperie y también en interiores húmedos.

2.1.1. PREPARACIÓN DE LA PASTA

En la preparación de la pasta, la pulpa debe ser óptima, para la formación de la placa de fibrocemento, a partir de las materias primas. La misma abarca las operaciones que se llevan a cabo en el hidrolizador.

El proceso comienza con la introducción manual de una cantidad de cartón (celulosa) previamente pesada en un tanque provisto de unas aspas, conocido como mezclador, que se encarga de desmenuzar el cartón, para lo cual se requiere agregar agua en cantidad dosificada dependiendo del peso del cartón. Con la ayuda de una bomba hidráulica se puede recircular la mezcla y refinarla hasta obtener la consistencia adecuada.

A través de tuberías la pasta es enviada a un tanque o hidrolizador para abrir aún más la fibra a través de una constante agitación. Entonces la celulosa estará lista para ser cargada en su respectivo dosificador.

Simultáneamente a la preparación de la celulosa en un molino de bolas accionado por un motor de inducción se muele crisotilo mezclado con agua y se obtiene una mezcla sin grumos que ingresa por tuberías a un tanque de almacenamiento y pesaje, para luego ser enviada al tanque principal de mezcla.

El tanque mezclador es un tanque de aproximadamente 70 m³ de capacidad, donde se mezcla cemento, agua y material seco molido proveniente de productos defectuosos o rotos semisecos, la cual es bombeada a un tanque en cantidades establecidas de acuerdo a la composición del producto a fabricarse.

El cemento se encuentra almacenado en tres silos de 220 toneladas cada uno, y pasa a través de tuberías a una tolva para ser pesado y descargado al cono mezclador.

Las mezclas preparadas indicadas anteriormente, son trasladadas por tuberías independientes hasta el tanque o noria, en el que se unen formando una pasta de cemento, crisotilo, celulosa y agua, a la que se añade carbonato de calcio.

La dosificación de la mezcla de la materia prima se la realiza en los porcentajes indicados a continuación: 70% de cemento, 20% de carbonato de calcio (complemento de estabilidad del cemento), 2% Celulosa (solo cartón), < 8% crisotilo (asbesto), 2% de material seco recuperado del proceso.

Los tanques receptores de mezcla son recipientes metálicos, de forma cilíndrica vertical, en cuyo fondo se encuentra un rotor o rodete, acoplado a un motor eléctrico. El continuo accionar de dicho rotor origina que los diferentes materiales en estado sólido se desintegren completamente produciendo una pasta más homogénea, libre de grumos

.

2.1.2. MÁQUINA DE FORMACIÓN DE PLACAS EUROLIT, PROCESO DE LAMINACIÓN

En el proceso de laminado se realiza la fabricación de placas planas y onduladas, esta abarca las operaciones que se llevan a cabo en los separadores de agua, el rodillo laminador, el moldeado de las placas y el desmolde.

La pasta proveniente de los tanques almacenadores de pasta lleva un exceso de mezcla y viene con una densidad de aproximadamente 330 a 340 Kg/m³,

pero con esta densidad no se puede trabajar para elaborar las láminas por lo que se debe bajar la densidad simplemente aumentando agua, con este proceso se logra reducir la densidad a un valor de entre 85 a 90 Kg/m³. La pasta pasa luego a un agitador central el cual mantiene a la pasta en movimiento haciendo que la densidad sea uniforme en todos los puntos. De aquí la pasta pasa a través de canaletas a la antefina que es una especie de tina provista de una reja la cual distribuye la pasta ya diluida uniformemente a lo largo de la generatriz de un bombo o tamiz ubicado en otra tina y llenándola, este bombo está provisto de dos agitadores que con el movimiento continuo provocan que las fibras del crisotilo se vayan direccionando y se adhieran al bombo y luego a un tambor de caucho el mismo que se encuentra en contacto con un fieltro que va arrastrando la pasta hasta el equipo de formación. Como existe aún humedad excesiva entre 60 y 70% esta es retirada por medio de cajas de vacío reduciéndola a un 40%. Luego la pasta se va adhiriendo al rodillo laminador debido a que a unos 5 segundos previamente se le da una presión inicial de formación y luego se libera quedando solamente la presión debida al propio peso del rodillo que esta aproximadamente en un rango de 200 a 250 libras y la lámina continua formándose y de acuerdo al tipo se controla el espesor y el tiempo promedio en el tablero de control, esto se logra manteniendo un flujo de entrada de pasta constante y una película inicial de pasta tomada del bombo hacia el fieltro de 0.3 a 0.35 milímetros de espesor, para completar el espesor necesario el rodillo gira entre 16 y 20 vueltas para luego detenerse automáticamente y proceder al corte primario y posterior

retirado de la lámina del rodillo para luego ser enrollada en rolos de madera y llevada a las líneas de corte para ser formadas a la medida deseada.

Dependiendo de la línea de productos a fabricar se requieren distintas dimensiones de la placa, para cuya formación se utilizan rodillos de diferente diámetro, (figura 1).

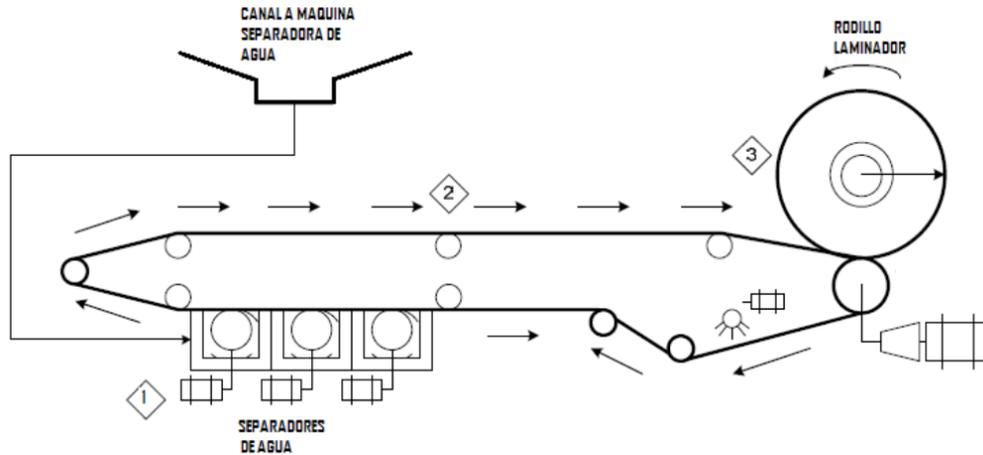


Figura II-1. Rodillos de diferente diámetro

FUENTE: GOOGLE

Una vez cortadas las láminas y ubicadas en paquetes son trasladadas a un horno que está entre 90 y 95 grados centígrados y con una humedad del 90% para que absorban cierta cantidad de agua que ayudará con el fraguado caso contrario si no son hidratadas las placas saldrían frágiles y quebradizas debiendo permanecer dentro del horno por un tiempo de 20 horas antes de proceder al desmoldeo.

Transcurridas mínimo 20 horas los paquetes de láminas son llevadas al proceso de corte o desbarbado de producto final retirando excesos en ancho y largo, aquí son separadas las placas de los moldes y transportadas a los cortes finales para luego salir a la venta del producto terminado.

2.1.3. PROCESO DE CORTE

Una vez que la placa está conformada sobre el rodillo este se detiene y se realiza un corte transversal mediante una sierra neumática para separar la placa del rodillo laminador.

La placa cortada es sujeta con las manos y halada uniformemente fuera del rodillo por dos obreros para ser colocada sobre una mesa. Con la placa sobre la mesa se coloca un poste de madera en el que se enrolla dicha placa y se coloca a un costado donde se encuentra el molde.

2.1.4. PROCESO DE MOLDEO

La placa es desenrollada sobre un molde metálico el cual será transportado hacia el primer corte, la placa junto con el molde es empujada sobre un coche hasta el primer sistema de corte que es el transversal donde se encuentran dos operarios los cuales reciben el coche y manualmente levantan los filos de la placa y accionan las sierras eléctricas realizándose el corte transversal de la placa.

Finalmente la placa junto con el molde sale de los procesos de corte y se detiene para el proceso de moldeo manual que consiste en el aplastamiento con dos postes de madera sobre la placa dando la forma de la onda. Luego del corte transversal los operarios empujan el coche hacia el segundo sistema de corte que es el longitudinal donde se encuentran dos operarios más, los cuales reciben el coche y nuevamente levantan los filos de la placa y accionan las sierras eléctricas realizándose el corte.

2.2. SISTEMAS DE CONTROL

2.2.1. DEFINICIONES BÁSICAS

Los sistemas de control están formados por un conjunto de dispositivos de diversa naturaleza (mecánicos, eléctricos, electrónicos, neumáticos, hidráulicos) cuya finalidad es controlar el funcionamiento de una máquina o de un proceso.

En todo sistema de control podemos considerar una señal de entrada que actúa sobre el mismo y una señal de salida proporcionada por el sistema.

2.2.2. SISTEMAS DE CONTROL EN LAZO ABIERTO Y LAZO

CERRADO

Sistemas de Lazo Abierto

Son sistemas sin realimentación, en donde la salida no tiene efecto sobre el sistema.

Este es el esquema que los define (figura 2):

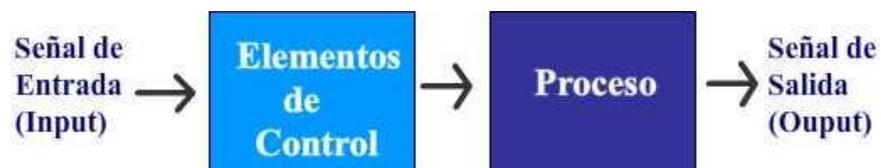


Figura II-2. Sistema de control en lazo abierto

FUENTE: GOOGLE

La mayor parte de sistemas de lazo abierto son automatismos a los que al no tener en cuenta la salida, su capacidad de toma de decisiones “inteligentes” es muy limitada.

Estos sistemas se caracterizan por:

- Ser sencillos y de fácil concepto.
- Nada asegura su estabilidad ante una perturbación.
- La salida no se compara con la entrada.
- Ser afectado por las perturbaciones. Éstas pueden ser tangibles o intangibles.
- La precisión depende de la previa calibración del sistema.

Por ejemplo, un sistema de riego en lazo abierto tiene un temporizador que lo pone en marcha todos los días a una determinada hora; riega las plantas durante un cierto tiempo pasado el cual se interrumpe, con independencia de que las plantas hayan recibido la cantidad de agua adecuada, una cantidad excesiva o una cantidad insuficiente.

Sistemas de Lazo Cerrado

Estos son sistemas con realimentación, en donde la toma de decisiones del sistema no depende solamente de la entrada sino también de la salida. El sistema es más flexible y capaz de reaccionar si el resultado que está obteniendo no es el esperado.

Este es el esquema que los define (figura 3):

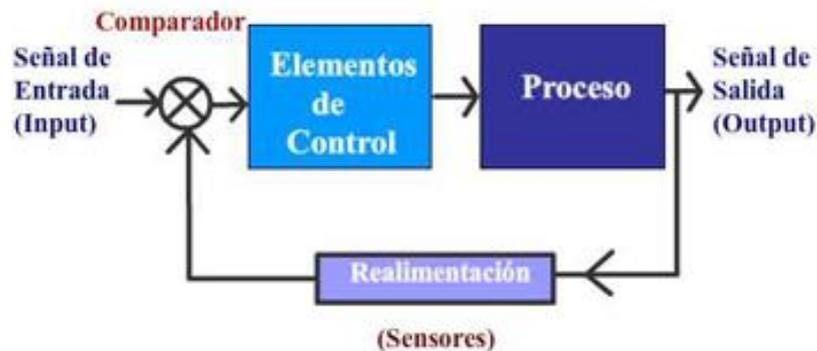


Figura II-3. Sistema de control en lazo cerrado

FUENTE: GOOGLE

Un sistema de riego en lazo cerrado, no se detendrá al cabo de un tiempo fijo, sino cuando detecte que se está consiguiendo el objetivo buscado, es decir, que la humedad de las plantas es la adecuada. Y se pondrá en marcha, no a una hora determinada, sino en cualquier momento en que la humedad se sitúe por debajo de un valor determinado.

2.2.3. ETAPAS EN LA REALIZACIÓN DE UN SISTEMA DE CONTROL

- Se debe realizar un análisis del sistema que se quiere controlar; definir cuales son los objetivos de control.
 - ✓ ¿Qué se quiere regular? Variables de referencia.
 - ✓ ¿Qué hay que medir? Variables de salida.
 - ✓ ¿Qué se puede manipular? Variables de control
 - ✓ ¿Perturbaciones?
 - ✓ ¿Situaciones peligrosas?
 - ✓ ¿Procedimiento de arranque y parada?

- Establecer la estructura de regulación.
 - ✓ Especificar que variables se van a realimentar y que variables se van a manipular para lograr los objetivos de control

- Seleccionar, diseñar y sintonizar los reguladores seleccionados.
 - ✓ La correcta ejecución de este paso es función de haber establecido antes los criterios de control: rechazo de perturbaciones, errores estacionarios, respuesta dinámica ante cambios en la referencia, sensibilidad a cambios de parámetros del sistema.
 - ✓ Un correcto diseño de los reguladores puede requerir el disponer de un modelo lineal del proceso a controlar. Así una etapa previa es el desarrollo de un modelo matemático para los fines de control.

- Evaluar el diseño del sistema de control, utilizando técnicas de simulación dinámica.

- Realización práctica y puesta a punto del sistema de control diseñado.

2.3. COMPONENTES ELÉCTRICOS

2.3.1 MOTORES ELÉCTRICOS DE CORRIENTE ALTERNA

2.3.1.1. DEFINICIÓN

Se denomina motor de corriente alterna a aquellos motores eléctricos que funcionan con corriente alterna. Un motor es una máquina motriz, esto es, un

aparato que convierte una forma determinada de energía en energía mecánica de rotación o par. Un motor eléctrico convierte la energía eléctrica en fuerzas de giro por medio de la acción mutua de los campos magnéticos.

En la actualidad, el motor de corriente alterna es el que más se utiliza para la mayor parte de las aplicaciones, debido fundamentalmente a que consiguen un buen rendimiento, bajo mantenimiento y sencillez, en su construcción, sobre todo en los motores asíncronos

2.3.1.2. CLASIFICACIÓN

Motores universales

Los motores universales trabajan con voltajes de corriente continua o corriente alterna. Tal motor, llamado universal, se utiliza en sierra eléctrica, taladro, utensilios de cocina, ventiladores, sopladores, batidoras y otras aplicaciones donde se requiere gran velocidad con cargas débiles o pequeñas fuerzas. Estos motores para corriente alterna y directa, incluyendo los universales se distinguen por su conmutador devanado y las escobillas. Su potencial es mayor por tener mayor flexibilidad en vencer la inercia cuando está en reposo, o sea, tiene un par de arranque excelente, pero tiene una dificultad, y es que no está construido para uso continuo o permanente.

Motores asíncronos

El motor asíncrono trifásico está formado por un rotor, que puede ser de dos tipos: a) de jaula de ardilla; b) bobinado, y un estátor, en el que se encuentran las bobinas inductoras. Estas bobinas son trifásicas y están desfasadas entre sí 120° en el espacio. Según el Teorema de Ferraris, cuando por estas bobinas circula un sistema de corrientes trifásicas equilibradas, cuyo desfase en el

tiempo es también de 120° , se induce un campo magnético giratorio que envuelve al rotor. Este campo magnético variable va a inducir una tensión en el rotor según la Ley de inducción de Faraday:

$$\mathcal{E} = -N \frac{d\Phi}{dt}$$

Entonces se da el efecto Laplace (ó efecto motor): todo conductor por el que circula una corriente eléctrica, inmerso en un campo magnético experimenta una fuerza que lo tiende a poner en movimiento. Simultáneamente se da el efecto Faraday (ó efecto generador): en todo conductor que se mueva en el seno de un campo magnético se induce una tensión. El campo magnético giratorio, a velocidad de sincronismo, creado por el bobinado del estátor, corta los conductores del rotor, por lo que se genera una fuerza electromotriz de inducción. La acción mutua del campo giratorio y las corrientes existentes en los conductores del rotor, originan una fuerza electrodinámica sobre dichos conductores del rotor, las cuales hacen girar el rotor del motor. La diferencia entre las velocidades del rotor y el campo magnético se denomina deslizamiento.

Motores síncronos

Se puede utilizar un alternador como motor en determinadas circunstancias. Si se excita el campo con c-c y se alimenta por los anillos colectores a la bobina del rotor con c-a, la máquina no arrancará. El campo alrededor de la bobina del rotor es alterno en polaridad magnética pero durante un semiperiodo del ciclo completo, intentará moverse en una dirección y durante el siguiente semiperiodo en la dirección opuesta. El resultado es que la máquina

permanece parada. La máquina solamente se calentará y posiblemente se quemará.

Para generar el campo magnético del rotor, se suministra una CC al devanado del campo; esto se realiza frecuentemente por medio de una excitatriz, la cual consta de un pequeño generador de CC impulsado por el motor, conectado mecánicamente a él. Para obtener un par constante en un motor eléctrico, es necesario mantener los campos magnéticos del rotor y del estator constantes, el uno con relación al otro. Esto significa que el campo que rota electromagnéticamente en el estator y el campo que rota mecánicamente en el rotor se deben alinear todo el tiempo.

La única condición para que esto ocurra consiste en que ambos campos roten a la velocidad sincrónica:

$$n_s = \frac{60f}{p}$$

Es decir, son motores de velocidad constante.

Para una máquina sincrónica de polos no salientes (rotor cilíndrico), el par se puede escribir en términos de la corriente alterna del estator $i_s(t)$, y de la corriente continua del rotor, i_f :

$$T = k \cdot \frac{i_s(t)}{i_f} \cdot \frac{1}{\text{sen}(\gamma)}$$

Donde γ es el ángulo entre los campos del estator y del rotor.

Su velocidad de sincronismo es 3.600 rpm. Si funciona con una c-a de 50 Hz, su velocidad de sincronismo será de 3.000 rpm. Mientras la carga no sea

demasiado pesada, un motor síncrono gira a su velocidad de sincronismo y solo a esta velocidad. Si la carga llega a ser demasiado grande, el motor va disminuyendo velocidad, pierde su sincronismo y se para.

Motores de jaula de ardilla

La mayor parte de los motores que funcionan con c-a de una sola fase tienen el rotor de tipo jaula de ardilla. Los rotores de jaula de ardilla reales son mucho más compactos y tienen un núcleo de hierro laminado.

Los conductores longitudinales de la jaula de ardilla son de cobre y van soldados a las piezas terminales de metal. Cada conductor forma una espira con el conductor opuesto conectado por las dos piezas circulares de los extremos. Cuando este rotor está entre dos polos de campos electromagnéticos que han sido magnetizados por una corriente alterna, se induce una fem en las espiras de la jaula de ardilla, una corriente muy grande las recorre y se produce un fuerte campo que contrarresta al que ha producido la corriente (ley de Lenz). Aunque el rotor pueda contrarrestar el campo de los polos estacionarios, no hay razón para que se mueva en una dirección u otra y así permanece parado. Es similar al motor síncrono el cual tampoco se arranca solo. Lo que se necesita es un campo rotatorio en lugar de un campo alterno.

2.3.1.3. PARTES BÁSICAS DEL MOTOR

El motor AC se compone fundamentalmente de un rotor y un estator. Ambas partes están formadas por un gran número de láminas ferromagnéticas, que disponen de ranuras, en las cuales se alojan los devanados estáticos y rotóricos respectivamente. Al alimentar el bobinado trifásico del estator, con un

sistema de tensiones trifásicas, se crea un campo magnético giratorio, el cual induce en las espiras del rotor una fuerza electromagnética, y como todas las espiras forman un circuito cerrado, circula por ellas una corriente, obligando al rotor a girar en el mismo sentido que el campo giratorio del estator.

ESTATOR

El estator de un motor AC y DC es la parte fija de este, en el estator del motor AC podemos encontrar:

- **Carcasa:** Parte que sirve de soporte al núcleo magnético. Se construye con hierro fundido o acero laminado, su finalidad principal es proteger los devanados del motor.
- **Bornera:** Conjunto de bornes situado en la parte frontal de la carcasa, que sirve para conectar la red a los terminales del bobinado estático. Los bornes a los cuales se conectan los principios de las bobinas, se identifican en la actualidad normalmente con U1, V1, W1 y los finales U2, V2 y W2.
- **Espesor:** aisladas entre sí por medio de barnices, este núcleo se encarga de concentrar las fuerzas magnéticas generadas por la corriente a través de las bobinas.
- **Bobinado del estator:** Bobinas que tienen la función de producir el campo magnético cuando la corriente circula por medio de ellas, estas se encuentran alojadas en la carcasa y unidas al núcleo por medio de las ranuras de esta que pueden ser abiertas o cerradas.

ROTOR

El rotor del motor AC y DC es un eje sobre el cual reposa un núcleo magnético que interactúa con el campo magnético que genera el estator para producir así

un movimiento giratorio, este posee en uno de sus terminales una aleta de ventilación que puede ser fabricada en plástico; el rotor AC está compuesto por:

- **Eje:** Es la parte en la cual se acoplan o se ajustan todos los componentes que forman el rotor, este está hecho de hierro.
- **Núcleo:** Formado por una maqueta de láminas o chapas de hierro de elevada calidad magnética.
- **Bujes:** Los extremos del eje se introducen en unos bujes o rodamientos, que deben ofrecer el mínimo de rozamiento, de modo que no influyan para producir un aumento de la corriente absorbida por el motor.

En la figura número 4 se muestran las partes del motor.

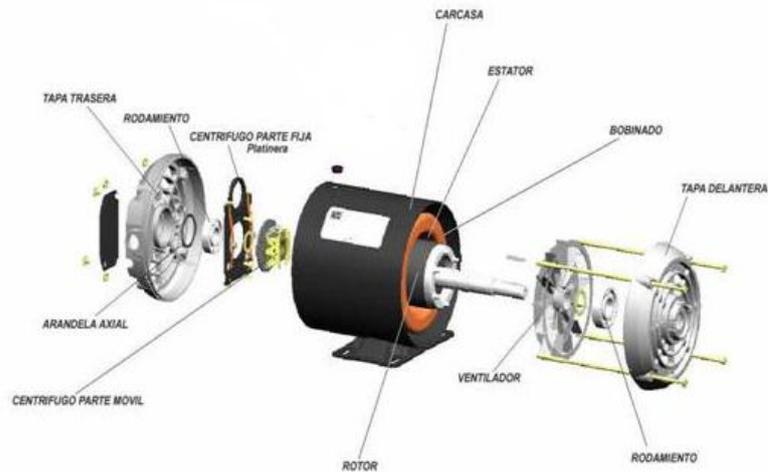


Figura II-4. Partes del motor

FUENTE: GOOGLE

2.3.2. RELÉS

2.3.2.1. DESCRIPCIÓN

El relé o relevador es un dispositivo electromecánico. Funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico en el que, por medio de una bobina y un electroimán, se acciona un juego de uno o varios contactos que permiten abrir o cerrar otros circuitos eléctricos independientes.

Dado que el relé es capaz de controlar un circuito de salida de mayor potencia que el de entrada, puede considerarse, en un amplio sentido, como un amplificador eléctrico. Como tal se emplearon en telegrafía, haciendo la función de repetidores que generaban una nueva señal con corriente procedente de pilas locales a partir de la señal débil recibida por la línea. Se les llamaba "relevadores". De ahí "relé", (figura 5).

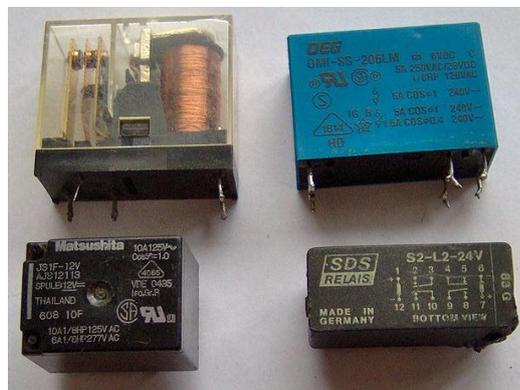


Figura II-5. Tipos de relés

FUENTE: GOOGLE

2.3.2.2. ESTRUCTURA Y FUNCIONAMIENTO

El electroimán hace bascular la armadura al ser excitada, cerrando los contactos dependiendo de si es N.A ó N.C (normalmente abierto o

normalmente cerrado). Si se le aplica un voltaje a la bobina se genera un campo magnético, que provoca que los contactos hagan una conexión. Estos contactos pueden ser considerados como el interruptor, que permite que la corriente fluya entre los dos puntos que cerraron el circuito, (figura 5).

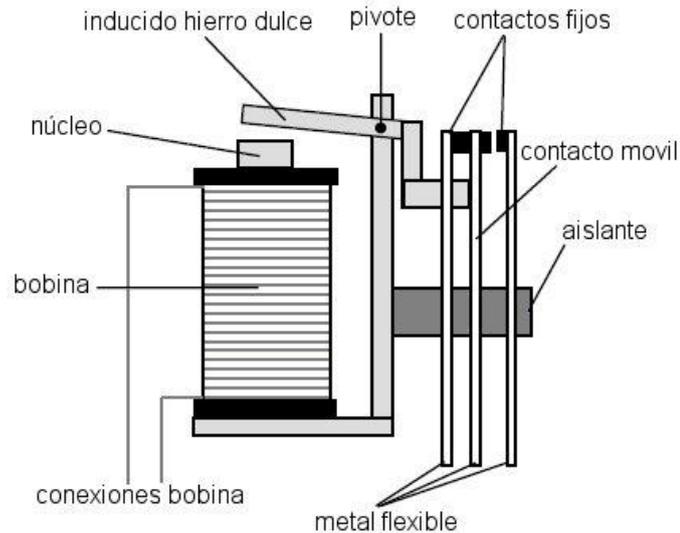


Figura II-6. Estructura del relé

FUENTE: GOOGLE

2.3.2.3. CLASIFICACIÓN

Existen multitud de tipos distintos de relés, dependiendo del número de contactos, de su intensidad admisible, del tipo de corriente de accionamiento, del tiempo de activación y desactivación, etc.

Cuando controlan grandes potencias se les llama contactores en lugar de relés.

2.3.2.3.1. RELÉS ELECTROMECAÓNICOS

- **Relés de tipo armadura:** pese a ser los más antiguos siguen siendo lo más utilizados en multitud de aplicaciones. Un electroimán provoca la basculación de una armadura al ser excitado, cerrando o abriendo los contactos dependiendo de si es NA (normalmente abierto) o NC (normalmente cerrado).
- **Relés de núcleo móvil:** a diferencia del anterior modelo estos están formados por un émbolo en lugar de una armadura. Debido a su mayor fuerza de atracción, se utiliza un solenoide para cerrar sus contactos. Es muy utilizado cuando hay que controlar altas corrientes
- **Relé tipo reed o de lengüeta:** están constituidos por una ampolla de vidrio, con contactos en su interior, montados sobre delgadas láminas de metal. Estos contactos conmutan por la excitación de una bobina, que se encuentra alrededor de la mencionada ampolla.
- **Relés polarizados o biestables:** se componen de una pequeña armadura, solidaria a un imán permanente. El extremo inferior gira dentro de los polos de un electroimán, mientras que el otro lleva una cabeza de contacto. Al excitar el electroimán, se mueve la armadura y provoca el cierre de los contactos. Si se polariza al revés, el giro será en sentido contrario, abriendo los contactos ó cerrando otro circuito.

En la siguiente figura 7 se muestra un relé electromecánico.

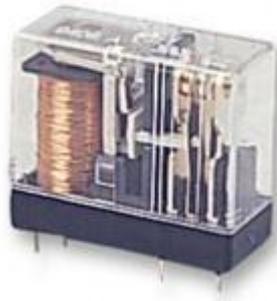


Figura II-7. Relé electromecánico

FUENTE: GOOGLE

2.3.2.3.2. RELÉS DE ESTADO SÓLIDO

Se llama relé de estado sólido a un circuito híbrido, normalmente compuesto por un optoacoplador que aísla la entrada, un circuito de disparo, que detecta el paso por cero de la corriente de línea y un triac o dispositivo similar que actúa de interruptor de potencia. Su nombre se debe a la similitud que presenta con un relé electromecánico; este dispositivo es usado generalmente para aplicaciones donde se presenta un uso continuo de los contactos del relé que en comparación con un relé convencional generaría un serio desgaste mecánico, además de poder conmutar altos amperajes que en el caso del relé electromecánico destruirían en poco tiempo los contactos. Estos relés permiten una velocidad de conmutación muy superior a la de los relés electromecánicos, (figura 8).



Figura II-8. Relé de estado sólido

FUENTE: GOOGLE

2.3.2.3.3. RELÉS DE CORRIENTE ALTERNA

Cuando se excita la bobina de un relé con corriente alterna, el flujo magnético en el circuito magnético, también es alterno, produciendo una fuerza pulsante, con frecuencia doble, sobre los contactos. Es decir, los contactos de un relé conectado a la red, en algunos lugares, como varios países de Europa y latinoamérica oscilarán a 50 Hz y en otros, como en Estados Unidos lo harán a 60 Hz. Este hecho se aprovecha en algunos timbres y zumbadores, como un activador a distancia. En un relé de corriente alterna se modifica la resonancia de los contactos para que no oscilen, (figura 9).



Figura II-9. Relé de corriente alterna

FUENTE: GOOGLE

2.3.2.3.4. RELÉS DE LÁMINAS

Este tipo de relé se utilizaba para discriminar distintas frecuencias. Consiste en un electroimán excitado con la corriente alterna de entrada que atrae varias varillas sintonizadas para resonar a sendas frecuencias de interés. La varilla que resuena acciona su contacto, las demás no. Los relés de láminas se utilizaron en aeromodelismo y otros sistemas de telecontrol, (figura 10).

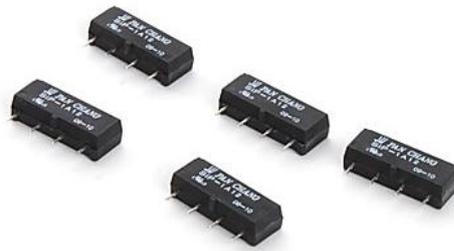


Figura II-10. Relé de láminas

FUENTE: GOOGLE

2.3.2.3.5. RELÉ TÉRMICO

Los relés térmicos son los aparatos más utilizados para proteger los motores contra las sobrecargas débiles y prolongadas. Se pueden utilizar en corriente alterna o continua. Este dispositivo de protección garantiza:

- Optimizar la durabilidad de los motores, impidiendo que funcionen en condiciones de calentamiento anómalas.
- La continuidad de explotación de las máquinas o las instalaciones evitando paradas imprevistas.

- Volver a arrancar después de un disparo con la mayor rapidez y las mejores condiciones de seguridad posibles para los equipos y las personas, (figura 11).

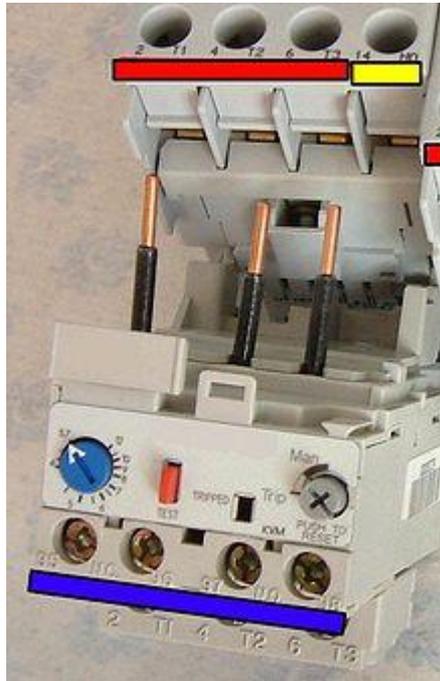


Figura II-11. Relé térmico

FUENTE: GOOGLE

2.3.2.4. VENTAJAS

La gran ventaja de los relés electromagnéticos es la completa separación eléctrica entre la corriente de accionamiento, la que circula por la bobina del electroimán, y los circuitos controlados por los contactos, lo que hace que se puedan manejar altos voltajes o elevadas potencias con pequeñas tensiones de control. También ofrecen la posibilidad de control de un dispositivo a distancia mediante el uso de pequeñas señales de control. En el caso presentado podemos ver un grupo de relés en bases interfaces que son

controlado por módulos digitales programables que permiten crear funciones de temporización y contador como si de un mini PLD (Dispositivo Lógico Programable) se tratase. Con estos modernos sistemas los relés pueden actuar de forma programada e independiente lo que supone grandes ventajas en su aplicación aumentando su uso en aplicaciones sin necesidad de utilizar controles como PLD's u otros medios para comandarlos. Se puede encender por ejemplo una bombilla o motor y al encenderlo se apaga el otro motor o bombilla.

2.3.3. CONTACTORES

2.3.3.1. DESCRIPCIÓN

Un contactor es un componente electromecánico que tiene por objetivo establecer o interrumpir el paso de corriente, ya sea en el circuito de potencia o en el circuito de mando, tan pronto se de tensión a la bobina (en el caso de ser contactores instantáneos). Un contactor es un dispositivo con capacidad de cortar la corriente eléctrica de un receptor o instalación, con la posibilidad de ser accionado a distancia, que tiene dos posiciones de funcionamiento: una estable o de reposo, cuando no recibe acción alguna por parte del circuito de mando, y otra inestable, cuando actúa dicha acción. Este tipo de funcionamiento se llama de "todo o nada". En los esquemas eléctricos, su simbología se establece con las letras KM seguidas de un número de orden.

2.3.3.2. FUNCIONAMIENTO

Los contactos principales se conectan al circuito que se quiere gobernar. Asegurando el establecimiento y cortes de las corrientes principales y según el número de vías de paso de corriente podrá ser bipolar, tripolar, tetrapolar, etc. realizándose las maniobras simultáneamente en todas las vías.

Los contactos auxiliares son de dos clases: abiertos, NA, y cerrados, NC. Estos forman parte del circuito auxiliar del contactor y aseguran las autoalimentaciones, los mandos, enclavamientos de contactos y señalizaciones en los equipos de automatismo.

Cuando la bobina del contactor queda excitada por la circulación de la corriente, esta mueve el núcleo en su interior y arrastra los contactos principales y auxiliares, estableciendo a través de los polos, el circuito entre la red y el receptor. Este arrastre o desplazamiento puede ser:

- Por rotación, pivote sobre su eje.
- Por traslación, deslizándose paralelamente a las partes fijas.
- Combinación de movimientos, rotación y traslación.

Cuando la bobina deja de ser alimentada, abre los contactos por efecto del resorte de presión de los polos y del resorte de retorno de la armadura móvil. Si se debe gobernar desde diferentes puntos, los pulsadores de marcha se conectan en paralelo y el de parada en serie, (figura 12).



Figura II-12. Contactor

FUENTE: GOOGLE

2.3.3.3. PARTES DEL CONTACTOR

Carcasa

Es el soporte fabricado en material no conductor que posee rigidez y soporta el calor no extremo, sobre el cual se fijan todos los componentes conductores al contactor. Además es la presentación visual del contactor.

Electroimán

Es el elemento motor del contactor, compuesto por una serie de dispositivos, los más importantes son el circuito magnético y la bobina; su finalidad es transformar la energía eléctrica en magnetismo, generando así un campo magnético muy intenso, que provocará un movimiento mecánico.

Bobina

Es un arrollamiento de alambre de cobre muy delgado con un gran número de espiras, que al aplicársele tensión genera un campo magnético. Éste a su vez produce un campo electromagnético, superior al par resistente de los muelles,

que a modo de resortes, se separan la armadura del núcleo, de manera que estas dos partes pueden juntarse estrechamente. Cuando una bobina se alimenta con corriente alterna la intensidad absorbida por esta, denominada corriente de llamada, es relativamente elevada, debido a que en el circuito solo se tiene la resistencia del conductor.

Esta corriente elevada genera un campo magnético intenso, de manera que el núcleo puede atraer a la armadura y a la resistencia mecánica del resorte o muelle que los mantiene separados en estado de reposo. Una vez que el circuito magnético se cierra, al juntarse el núcleo con la armadura, aumenta la impedancia de la bobina, de tal manera que la corriente de llamada se reduce, obteniendo así una corriente de mantenimiento o de trabajo más baja. Se hace referencia a las bobinas de la siguiente forma: A1 y A2. Siempre y cuando este supervisado por un ingeniero debidamente capacitado.

Núcleo

Es una parte metálica, de material ferromagnético, generalmente en forma de E, que va fijo en la carcasa. Su función es concentrar y aumentar el flujo magnético que genera la bobina (colocada en la columna central del núcleo), para atraer con mayor eficiencia la armadura.

Espira de sombra

Forma parte del circuito magnético, situado en el núcleo de la bobina, y su misión es crear un flujo magnético auxiliar desfasado 120° con respecto al flujo principal, capaz de mantener la armadura atraída por el núcleo evitando así ruidos y vibraciones.

Armadura

Elemento móvil, cuya construcción es similar a la del núcleo, pero sin espiras de sombra. Su función es cerrar el circuito magnético una vez energizada la bobina, ya que debe estar separado del núcleo, por acción de un muelle. Este espacio de separación se denomina cota de llamada.

Las características del muelle permiten que, tanto el cierre como la apertura del circuito magnético, se realicen de forma muy rápida, alrededor de unos 10 milisegundos. Cuando el par resistente del muelle es mayor que el par electromagnético, el núcleo no logrará atraer a la armadura o lo hará con mucha dificultad. Por el contrario, si el par resistente del muelle es demasiado débil, la separación de la armadura no se producirá con la rapidez necesaria.

Contactos

Son elementos conductores que tienen por objeto establecer o interrumpir el paso de corriente en cuanto la bobina se energice. Todo contacto está compuesto por tres conjuntos de elementos:

- **Dos partes fijas** ubicadas en la coraza y una parte móvil colocada en la armadura para establecer o interrumpir el paso de la corriente entre las partes fijas. El contacto móvil lleva el mencionado resorte que garantiza la presión y por consiguiente la unión de las tres partes.
- **Contactos principales:** su función es establecer o interrumpir el circuito principal, consiguiendo así que la corriente se transporte desde la red a la carga. Simbología: se referencian con una sola cifra del 1 al 16.

- **Contactos auxiliares:** son contactos cuya función específica es permitir o interrumpir el paso de la corriente a las bobinas de los contactores o los elementos de señalización, por lo cual están dimensionados únicamente para intensidades muy pequeñas. Los tipos más comunes son:
 - ✓ **Instantáneos:** actúan tan pronto se energiza la bobina del contactor, se encargan de abrir y cerrar el circuito.
 - ✓ **Temporizados:** actúan transcurrido un tiempo determinado desde que se energiza la bobina (temporizados a la conexión) o desde que se desenergiza la bobina (temporizados a la desconexión).
 - ✓ **De apertura lenta:** el desplazamiento y la velocidad del contacto móvil es igual al de la armadura.
 - ✓ **De apertura positiva:** los contactos cerrados y abiertos no pueden coincidir cerrados en ningún momento.

A continuación en la figura 13 se muestran las partes del contactor.

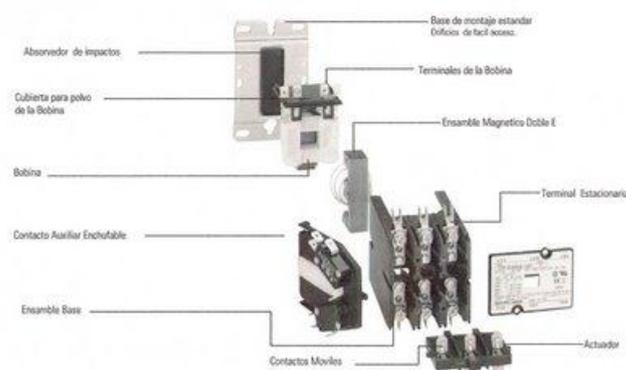


Figura II-13. Partes del contactor

FUENTE: GOOGLE

2.3.3.4. CRITERIOS DE ELECCIÓN Y VENTAJAS

Para la elección de un contactor se debe tener en cuenta lo siguiente:

- El tipo de corriente, la tensión de alimentación de la bobina y la frecuencia.
- La potencia nominal de la carga.
- Si es para el circuito de potencia o de mando y el número de contactos auxiliares que necesita.
- Para trabajos silenciosos o con frecuencias de maniobra muy altas es recomendable el uso de contactores estáticos o de estado sólido.

Los contactores presentan ventajas en cuanto a los siguientes aspectos, por los que se recomienda su utilización: automatización en el arranque y paro de motores, posibilidad de controlar completamente una máquina, desde varios puntos de maniobra o estaciones, se pueden maniobrar circuitos sometidos a corrientes muy altas, mediante corrientes muy pequeñas, seguridad para personal técnico, dado que las maniobras se realizan desde lugares alejados del motor u otro tipo de carga, y las corrientes y tensiones que se manipulan con los aparatos de mando son o pueden ser pequeños, control y automatización de equipos y máquinas con procesos complejos, mediante la ayuda de aparatos auxiliares (como interruptores de posición, detectores inductivos, presostatos, temporizadores, etc.), y un ahorro de tiempo a la hora de realizar algunas maniobras.

A estas características hay que añadir que el contactor:

- Es muy robusto y fiable, ya que no incluye mecanismos delicados.

- Se adapta con rapidez y facilidad a la tensión de alimentación del circuito de control (cambio de bobina).
- Facilita la distribución de los puestos de paro de emergencia y de los puestos esclavos, impidiendo que la máquina se ponga en marcha sin que se hayan tomado todas las precauciones necesarias.
- Protege el receptor contra las caídas de tensión importantes (apertura instantánea por debajo de una tensión mínima).
- Funciona tanto en servicio intermitente como en continuo.

2.3.4. VARIADORES DE FRECUENCIA

2.3.4.1. DESCRIPCIÓN

Un variador de frecuencia (siglas VFD, del inglés: Variable Frequency Drive o bien AFD Adjustable Frequency Drive) es un sistema para el control de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna (AC) por medio del control de la frecuencia de alimentación suministrada al motor. Un variador de frecuencia es un caso especial de un variador de velocidad. Los variadores de frecuencia son también conocidos como drivers de frecuencia ajustable (AFD), drivers de CA, microdrivers o inversores. Dado que el voltaje es variado a la vez que la frecuencia, a veces son llamados drivers VVVF (variador de voltaje variador de frecuencia).

2.3.4.2. PRINCIPIOS DE FUNCIONAMIENTO

Los dispositivos variadores de frecuencia operan bajo el principio de que la velocidad síncrona de un motor de corriente alterna (CA) está determinada por

la frecuencia de CA suministrada y el número de polos en el estátor, de acuerdo con la relación:

$$RPM = \frac{120 \times f}{p}$$

Donde

RPM = Revoluciones por minuto

f = frecuencia de suministro CA (Hercio)

p = Número de polos (adimensional)

Las cantidades de polos más frecuentemente utilizadas en motores síncronos o en Motor asíncrono son 2, 4, 6 y 8 polos que, siguiendo la ecuación citada, resultarían en 3000 RPM, 1500 RPM, 1000 RPM y 750 RPM respectivamente para motores sincrónicos únicamente y a la frecuencia de 50 Hz. Dependiendo de la ubicación geográfica funciona en 50Hz o 60Hz.

En los motores asíncronos las revoluciones por minuto son ligeramente menores por el propio asincronismo que indica su nombre. En estos se produce un desfase mínimo entre la velocidad de rotación (RPM) del rotor (velocidad "real" o "de salida") comparativamente con la cantidad de RPM's del campo magnético (las cuales si deberían cumplir la ecuación arriba mencionada tanto en Motores síncronos como en motores asíncronos) debido a que sólo es atraído por el campo magnético exterior que lo aventaja siempre en velocidad (de lo contrario el motor dejaría de girar en los momentos en los que alcanzase al campo magnético).

Ver la figura 14.



Figura II-14. Variador de frecuencia.

FUENTE: GOOGLE

2.4.4.3. INSTALACIÓN Y PROGRAMACIÓN

A continuación se presenta un variador de frecuencia Micromaster 420 con su respectiva instalación:

Dispone de 3 entradas digitales y una entrada analógica (convertible en digital) que por defecto vienen configuradas de la siguiente forma:

- Entrada 1: ON/OFF (Arrancar o parar el motor).
- Entrada 2: Inversión del sentido de giro.
- Entrada 3: Acuse de fallo.
- Entrada analógica: Consigna de frecuencia (mediante una señal externa o un potenciómetro).

Con la configuración de fábrica suele ser suficiente para las aplicaciones que se hacen habitualmente.

Tiene también una salida digital (relé) cuya función se puede definir en el parámetro P0731.

Finalmente existe la posibilidad de usar una salida analógica (de intensidad, 0 a 20 mA) que se puede configurar para obtener la consigna de frecuencia real aplicada al motor (por defecto) u otros valores de funcionamiento del variador, (figura 15).

- Características de protección
- Protección de sobretensión/mínima tensión.
- Protección de sobretensión para el convertidor.
- Protección de defecto a tierra.
- Protección de cortocircuito.
- Protección térmica del motor por i^2t .
- Protección del motor mediante sondas PTC.

Para configurarlo existen varias opciones. Se puede acceder desde un PC por el puerto serie con un kit de conexión y hacer la configuración mediante un software (el DriveMonitor o el Starter). También existen unos paneles que se conectan sobre el variador. En este caso se tiene la versión más básica, el panel BOP.

Este es un ejemplo de conexión en el que se va a dar la consigna de frecuencia a través de un potenciómetro, que puede ser sustituido por la señal analógica de un PLC:

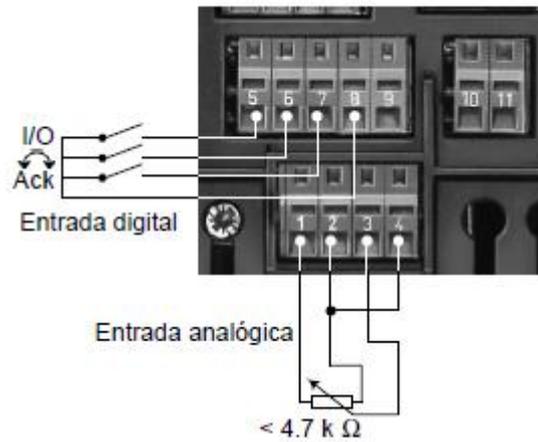


Figura II-15. E/S digitales y analógicas

FUENTE: GOOGLE

Para configurarlo se conecta el BOP, se elige tensión y se espera unos segundos a que arranque. Lo que se hace es un reset para cargar los parámetros de fábrica y a continuación se introduce la placa de características del motor.

Lo primero es pulsar el botón (P) y a continuación con las flechas se busca hasta visualizar **P0010**. Se pulsa nuevamente (P) y con las flechas se elige el valor de **30**. Se pulsa (P) otra vez. Se busca el parámetro **P0970** con las flechas, se pulsa (P) y se pone un **1**. Se pulsa (P) nuevamente y listo, y se tiene el variador configurado tal y como salió de fábrica.

En la placa de características se toman los siguientes datos:

- Tensión nominal.
- Corriente nominal.
- Potencia nominal.
- Frecuencia nominal.

- Velocidad nominal.

Para usar los parámetros por defecto del variador se debe asegurar que se cumplen con los siguientes parámetros:

- Motor asíncrono (P0300 = 1).
- Motor autoventilado (P0335 = 0).
- Factor de sobrecarga del motor (P0640 = 150 %)
- V/f con característica lineal (P1300 = 0)

Ir al BOP y buscar el parámetro P0010 y se lo ponemos a 1. Con esto se dice al variador que muestre sólo los parámetros necesarios para una puesta en marcha sencilla. Ahora hay que desplazarse por los parámetros con las flechas del BOP y el botón (P) servirá para acceder a los datos de los parámetros. Se cambian los valores con las flechas y cuando se tenga el valor deseado se vuelve a pulsar (P).

El parámetro P0100 se lo debe poner a 0, diciendo que la frecuencia de red es de 50 Hz.

Ahora los parámetros referentes al motor:

- En el parámetro P0304 la tensión nominal, en este caso 220 V.
- En el parámetro P0305 va la corriente nominal, por ejemplo 0,73 A.
- El parámetro P0307 es la potencia nominal, por ejemplo 0,12 kW.
- La frecuencia nominal va en el parámetro P0310, que será de 50 Hz.
- Y finalmente la velocidad de giro nominal va en el parámetro P0311, en este caso 1300 rpm.

Terminada la parametrización del motor, se elige por donde va a recibir las órdenes de funcionamiento. El parámetro P0700 tiene esta función. Si se pone el valor 1 mandará el panel de operador (BOP). El valor 2 habilitará el regletero de bornes, así que un 2 es el caso, lo correcto aquí. También se debe poner el parámetro P1000 a 2, para que haga caso de la consigna que le llegará por su entrada analógica.

Los parámetros P1080 y P1082 establecen los límites de frecuencia mínima y máxima respectivamente a los que el variador ofrecerá salida. Si el valor de consigna está por debajo del mínimo el motor no girará y si el valor es superior, el variador no ofrecerá más frecuencia que la programada. Se los deja fijados en 0 y 50 Hz.

2.3.5. DISPOSITIVOS DE PROTECCIÓN ELÉCTRICA

Son dispositivos encargados de desenergizar un sistema, circuito o artefacto, cuando en ellos se alteran las condiciones normales de funcionamiento. Como su nombre lo indica, estos aparatos protegen las instalaciones para evitar daños mayores que redunden en pérdidas económicas. Algunos de ellos están diseñados para detectar fallas que podrían provocar daños a las personas. Cuando ocurre esta eventualidad, desconectan el circuito.

2.3.5.1. BREAKER O DISYUNTOR

2.3.5.1.1. DEFINICIÓN

La utilización de este término puede variar en distintas regiones para referirse a interruptores automáticos accionados por sobrecargas de un circuito o para interruptores automáticos accionados por pérdidas de energía fuera del circuito.

Un disyuntor, interruptor automático, breaker o pastilla es un aparato capaz de interrumpir o abrir un circuito eléctrico cuando la intensidad de la corriente eléctrica que por él circula excede de un determinado valor o, en el que se ha producido un cortocircuito, con el objetivo de no causar daños a los equipos eléctricos. A diferencia de los fusibles, que deben ser reemplazados tras un único uso, el disyuntor puede ser rearmado una vez localizado y reparado el daño que causó el disparo o desactivación automática.

Se fabrican disyuntores de diferentes tamaños y características lo cual hace que sea ampliamente utilizado en viviendas, industrias y comercios, (ver figura 16).

2.3.5.1.2. CARACTERÍSTICAS

Los parámetros más importantes que definen un disyuntor son:

- **Calibre o corriente nominal:** Corriente de trabajo para la cual está diseñado el dispositivo. Existen desde 5 A hasta 64 A.
- **Tensión de trabajo:** Tensión para la cual está diseñado el disyuntor. Existen monofásico (220 V) o trifásico (380 V).
- **Poder de corte:** Intensidad máxima que el disyuntor puede interrumpir. Con mayores intensidades se pueden producir fenómenos de arco voltaico, fusión y soldadura de materiales que impedirían la apertura del circuito.

- **Poder de cierre:** Intensidad máxima que puede circular por el dispositivo en el momento de cierre sin que éste sufra daños por choque eléctrico.
- **Número de polos:** Número máximo de conductores que se pueden conectar al interruptor automático. Existen de uno, dos, tres y cuatro polos.

2.3.5.1.3. TIPOS

Los disyuntores más comúnmente utilizados son los que trabajan con corrientes alternas, aunque existen también para corrientes continuas.

Los tipos más habituales de disyuntores son:

- Disyuntor magneto-térmico.
- Disyuntor magnético.
- Disyuntor térmico.
- Guardamotor.

También es usada con relativa frecuencia, aunque no de forma completamente correcta, la palabra relé para referirse a estos dispositivos, en especial a los dispositivos térmicos.

Coloquialmente se da el nombre de "automáticos", "fusibles", "tacos" o incluso "plomos" a los disyuntores magneto-térmicos y al diferencial instalados en las viviendas.

2.3.5.1.4. FUNCIONAMIENTO

Presente en los disyuntores térmicos y magnetotérmicos. Está compuesto por un bimetálico calibrado por el que circula la corriente que alimenta la carga. Cuando ésta es superior a la intensidad para la que está construido el aparato, se calienta, se va dilatando y provoca que el bimetálico se arquee, con lo que se consigue que el interruptor se abra automáticamente. Detecta las fallas por sobrecarga.

Está conformado de un solenoide o electroimán, cuya fuerza de atracción aumenta con la intensidad de la corriente. Los contactos del interruptor se mantienen en contacto eléctrico por medio de un pestillo, y, cuando la corriente supera el rango permitido por el aparato, el solenoide libera el pestillo, separando los contactos por medio de un resorte. Algunos tipos de interruptores incluyen un sistema hidráulico de retardo, sumergiendo el núcleo del solenoide en un tubo relleno con un líquido viscoso. El núcleo se encuentra sujeto con un resorte que lo mantiene desplazado con respecto al solenoide mientras la corriente circulante se mantenga por debajo del valor nominal del interruptor. Durante una sobrecarga, el solenoide atrae al núcleo a través del fluido para así cerrar el circuito magnético, aplicando fuerza suficiente como para liberar el pestillo. Este retardo permite breves alzas de corriente más allá del valor nominal del aparato, sin llegar a abrir el circuito, en situaciones como por ejemplo, partidas de motores. Las corrientes de cortocircuito suministran la suficiente fuerza al solenoide para liberar el pestillo independientemente de la posición del núcleo, evitando, de este modo la apertura con retardo. La

temperatura ambiente puede afectar en el tiempo de retardo, pero no afecta el rango de corte de un interruptor.



Figura II-16. Breaker

FUENTE: GOOGLE

2.3.5.2. FUSIBLES

2.3.5.2.1. DEFINICIÓN

En electricidad, se denomina fusible a un dispositivo, constituido por un soporte adecuado, un filamento o lámina de un metal o aleación de bajo punto de fusión que se intercala en un punto determinado de una instalación eléctrica para que se funda, por Efecto Joule, cuando la intensidad de corriente supere, por un cortocircuito o un exceso de carga, un determinado valor que pudiera hacer peligrar la integridad de los conductores de la instalación con el consiguiente riesgo de incendio o destrucción de otros elementos, (ver figura 17).



Figura II-17. Fusible

FUENTE: GOOGLE

2.3.5.2.2. CLASIFICACIÓN

Los fusibles pueden clasificarse empleando diversas características constructivas u operativas, existiendo numerosos antecedentes con distintos criterios. Por ejemplo si se dividen en base a su propiedad de ser reutilizables, se pueden clasificar en:

- Descartable
- Renovable
- Inteligente, se reutiliza solo la porción no usada.

A continuación en la figura 18 se muestran algunos tipos de fusibles.



Figura II-18. Tipos de fusibles

FUENTE: GOOGLE

2.3.5.2.3. TIPOS

Se pueden clasificar según su tamaño y en función de su clase de servicio.

Según su tamaño tenemos:

- Cartuchos cilíndricos:
 - Tipo CI00, de 8,5 x 31,5 mm, para fusibles de 1 a 25 A.
 - Tipo CI0, de 10 x 38 mm, para fusibles de 2 a 32 A.
 - Tipo CI1, de 14 x 51 mm, para fusibles de 4 a 40 A.
 - Tipo CI2, de 22 x 58 mm, para fusibles de 10 a 100 A.
- Cartucho fusible 14 x 51 mm, 25 A.
- Fusibles tipo D:
 - Tamaño de 25 A, para fusibles de 2 a 25 A.
 - Tamaño de 63 A, para fusibles de 35 y 50 A.
 - Tamaño de 100 A, para fusibles de 80 y 100 A.
- Fusible y portafusible tipo D.

- Fusibles tipo D0:
 - Tipo D01, para fusibles de 2 a 16 A.
 - Tipo D02, para fusibles de 2 a 63 A.
 - Tipo D03, para fusibles de 80 y 100 A.
 - Fusible D02, 63 A.

- Fusibles tipo de cuchillas o también llamados NH de alto poder de ruptura (APR):
 - Tipo CU0, para fusibles desde 50 hasta 1250 A.
 - Tipo CU1, para fusibles desde 160 hasta 250 A.
 - Tipo CU2, para fusibles desde 250 hasta 400 A.
 - Tipo CU3, para fusibles desde 500 y 630 A.
 - Tipo CU4, para fusibles desde 800 hasta 1250 A.

- Fusible NH00 o de cuchillas, 40 A

Otra denominación de los fusibles de cuchillas o NH:

- Tamaño 00 (000), 35 a 100 A
- Tamaño 0 (00), 35 a 160 A
- Tamaño 1, 80 a 250 A
- Tamaño 2, 125 a 400 A
- Tamaño 3, 315 a 630 A
- Tamaño 4, 500 a 1000 A
- Tamaño 4a, 500 a 1250 A

En cuanto a la clase de servicio los fusibles vienen designados mediante dos letras; la primera nos indica la función que va a desempeñar, la segunda el objeto a proteger:

Primera letra. Función.

- Categoría “g” (general purpose fuses) fusibles de uso general.
- Categoría “a” (accompanied fuses) fusibles de acompañamiento.

Segunda letra. Objeto a proteger.

- Objeto “I”: Cables y conductores.
- Objeto “M”: Aparatos de conexión.
- Objeto “R”: Semiconductores.
- Objeto “B”: Instalaciones de minería.
- Objeto “Tr”: Transformadores.

La combinación de ambas letras nos da múltiples tipos de fusibles, pero tan solo pondré los más habituales o utilizados:

- Tipo gF: Fusible de fusión rápida. Protege contra sobrecargas y cortocircuitos.
- Tipo gT: Fusible de fusión lenta. Protege contra sobrecargas sostenidas y cortocircuitos.
- Tipo gB: Fusibles para la protección de líneas muy largas.
- Tipo aD: Fusibles de acompañamiento de disyuntor.
- Tipo gG/gL: Norma CEI 269-1, 2, 2-1. Es un cartucho limitador de la corriente empleado fundamentalmente en la protección de circuitos sin

puntas de corriente importantes, tales como circuitos de alumbrado, calefacción, etc.

- Tipo gI: Fusible de uso general. Protege contra sobrecargas y cortocircuitos, suele utilizarse para la protección de líneas aunque se podría utilizar en la protección de motores.
- Tipo gR: Semiconductores.
- Tipo gII: Fusible de uso general con tiempo de fusión retardado.
- Tipo aM: Fusibles de acompañamiento de motor, es decir, para protección de motores contra cortocircuitos y por tanto deberán ser protegido el motor contra sobrecargas con un dispositivo como podría ser el relé térmico.

2.3.6. ARMARIOS ELÉCTRICOS

2.3.6.1. INTRODUCCIÓN

Un tablero eléctrico es una caja o gabinete que contiene los dispositivos de conexión, maniobra, comando, medición, protección, alarma y señalización, con sus cubiertas y soportes correspondientes, para cumplir una función específica dentro de un sistema eléctrico. La fabricación o ensamblaje de un tablero eléctrico debe cumplir criterios de diseño y normativas que permitan su funcionamiento correcto una vez energizado, garantizando la seguridad de los operarios y de las instalaciones en las cuales se encuentran ubicados.

2.3.6.2. PARTES Y PIEZAS DE UN ARMARIO ELÉCTRICO

Elementos Físicos:

- Láminas o chapas de hierro o acero:

- Envolvente
- Soporte
- Compartimentos
- Caja de Control
- Cubículos
- Barras de Aluminio o de Cobre:
- Barra colectora o principal
- Barra Secundaria o de distribución
- Barra de Neutro
- Barra de Tierra

Tornillería:

- Unión de Chapas Exteriores.
- Fijación de Barras.
- Fijación de Aisladores
- Fijación de Soportes.
- Fijación de Equipos.

Otros elementos:

- Aisladores de Fibra o baquelita
- Soportes de Barras y Aisladores
- Cerraduras y Accionamientos
- Cableado

2.3.6.3. TIPOS Y UBICACIÓN

De acuerdo con la ubicación en la instalación, los tableros reciben las designaciones siguientes:

- **Caja o gabinete individual de medidor:** Es aquel al que acomete el circuito de alimentación y que contiene el medidor de energía desde donde parte el circuito principal. Esta caja o gabinete puede contener además, medios de maniobra, protección y control pertenecientes al circuito de alimentación.
- **Tablero Principal de distribución:** Es aquel que se conecta a la línea principal y que contiene el interruptor principal y del cual se derivan el (los) circuito (s) secundarios.
- **Tablero o gabinete colectivo de medidores:** Es aquel al que acomete el circuito de alimentación y que contiene los medidores de energía y los circuitos principales. Este tablero puede contener a los dispositivos de maniobra, protección y control pertenecientes al circuito de alimentación y a los interruptores principales pertenecientes a la instalación del inmueble, desde donde parten los circuitos seccionales. En este caso, los cubiles o gabinetes que albergan a interruptores, se comportan como tableros principales.

UBICACIÓN DE LOS TABLEROS

- **LUGAR DE INSTALACIÓN Y GRADO DE PROTECCIÓN IP.-** Los tableros se instalaran en lugares secos, ambiente normal, de fácil acceso y alejados

de otras instalaciones, tales como las de agua, gas, teléfono. Etc. Para lugares húmedos, mojados, a la intemperie o polvorientos, los tableros deberán construirse con el grado de protección IP adecuando al ambiente.

- **PASILLOS Y ESPACIOS LIBRES DE CIRCULACIÓN.-** Delante de la superficie frontal del tablero, habrá un espacio libre suficiente PARA facilitar la realización de trabajos y operaciones, el cual no será menor que 1 metro. Para el caso en que los tableros necesiten acceso posterior, deberá dejarse detrás del mismo un espacio posterior no menor a 0,7 metros. En los casos en que el tablero tenga puerta posterior, deberá dejarse una distancia, con puerta abierta, de 0,5 m. Se deberá respetar la condición más desfavorable.
- **ILUMINACIÓN DE LA SALA.-** El recinto donde se ubicaran los tableros, deberá disponer de iluminación artificial adecuada, para operar en forma segura y efectiva los dispositivos de maniobra, y leer los instrumentos con facilidad.

2.3.6.4. UNIDADES DE MANDO Y SEÑALIZACIÓN

- La comunicación entre hombre y maquina agrupa todas las funciones que necesita el operador para controlar y vigilar el funcionamiento de un proceso.
- El operador debe estar capacitado para que pueda percibir y comprender los sucesos y responder de una manera eficaz, a la solución de un determinado imprevisto

2.3.6.5. PILOTOS Y PULSADORES

Elementos de entrada de órdenes

Estos elementos son los que permiten al operador la entrada de datos y órdenes al sistema se podrían clasificar en dos categorías:

- Binarios: permiten dar órdenes de todo o nada. Ejemplo: pulsadores, interruptores o conmutadores, (figura 19).



Figura II-19. Elementos de entrada binaria

FUENTE: GOOGLE

- Numéricos o alfanuméricos: permiten la entrada de números o letras en el caso de los alfanuméricos. Ejemplos: preselectores (rueda numerada), teclados numéricos o alfanuméricos.

Elementos de salida de información

Se encargan de la comunicación del sistema de control con el operador y se podrían clasificar según:

- Elementos binarios: Dan información del tipo todo o nada. Ejemplos: pilotos visualizadores, timbres o sirenas, (figura 20).



Figura II-20. Elementos de salida de información binaria

FUENTE: GOOGLE

- Elementos numéricos y alfanuméricos. Permiten la visualización de números y/o texto. Ejemplos: displays de 7 segmentos, displays alfanuméricos, pantallas de cristal líquido (LCD) o monitores.

2.4. COMPONENTES NEUMÁTICOS OLEOHIDRÁULICOS

2.4.1. CONCEPTOS BÁSICOS RELACIONADOS

La mayoría de los sistemas de las industrias, funcionan gracias a un fluido, gas o líquido, que, sometido a presión elevada, mueve un elemento que realiza una acción, a estos se los denomina sistemas Neumáticos e Oleohidráulicos, figura 21.



Figura II-21. Sistema Neumático en el área de Robótica

FUENTE: GOOGLE



Figura II-22. Sistema Oleohidráulico para elevación pesada con precisión milimétrica

FUENTE: GOOGLE

El elemento o dispositivo que realiza la acción puede ser movido por un fluido a presión, gas o líquido, desde un compresor o una bomba. Los circuitos neumáticos emplean aire y los circuitos oleohidráulicos utilizan, normalmente, aceite mineral. Tanto el aire como el aceite se han escogido por sus numerosas ventajas: el **aire** es abundante, se puede almacenar y es limpio; el **aceite** es resistente a la oxidación y tiene propiedades lubricantes y refrigerantes.

El aire también lleva asociado una serie de características negativas, como son: el vapor de agua debido al movimiento de las partículas del aire, así

como también, el ruido que ocasiona y la limitación de la presión para diferentes trabajos con respecto a la hidráulica. En los dos sistemas intervienen magnitudes como la presión y caudal, que se derivan del principio de Pascal.

Las aplicaciones de los circuitos neumáticos e oleohidráulicos son muy variadas. Entre ellas destacan el cierre y la apertura de puertas de trenes y autobuses, los frenos de vehículos, las máquinas excavadoras, los brazos de grúa, los montacargas, los dispositivos de marcado, moldeo, estampación y prensado, el accionamiento de máquinas herramienta y los sistemas de fabricación y empaquetado entre otros.

El circuito neumático o el oleohidráulico pueden ser muy simples o extraordinariamente complejos, dependiendo de los efectos que se deseen conseguir. Pero sea cual su estructura, disponen siempre de una serie de elementos indispensables: el grupo compresor, las tuberías, los actuadores neumáticos, los elementos de distribución y otros elementos auxiliares para el circuito neumático y la bomba, las tuberías, los actuadores oleohidráulicos, los elementos de distribución y otros elementos auxiliares para el caso del circuito oleohidráulico.

2.4.2. ELEMENTOS GENERADORES DE ENERGÍA

Los elementos generadores de energía, son aquellos que proporcionan, aumentan, acondicionan y mantienen al sistema de aire en el caso de la neumática o aceite en la hidráulica.

2.4.2.1. GRUPO COMPRESOR

Se utiliza en sistemas neumáticos, y aumentar la presión de 1 atm a una más alta para las diferentes aplicaciones industriales.

Este dispositivo está formado por una serie de elementos: el compresor propiamente dicho, el motor auxiliar, el refrigerador, el depósito y la unidad de mantenimiento.

- **Compresor.-** Elemento básico del grupo y su función es el aumentar la presión del aire que se aspira de la atmósfera. Incluye un filtro previo que elimina las impurezas.

Existen variedad de compresores en el mercado que dependen de algunos factores como son: la presión deseada de trabajo, caudal, costo, y según el tipo de industria como se observa en las siguientes imágenes.

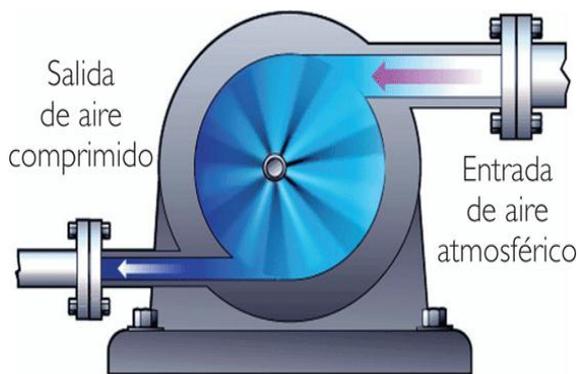


Figura II-23. Compresor de Paletas

FUENTE: GOOGLE

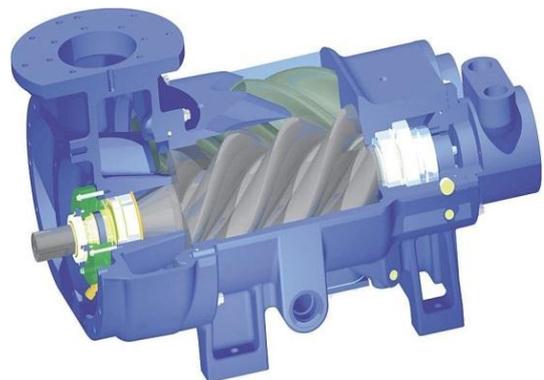


Figura II-24. Compresor de Tornillo

FUENTE: GOOGLE

- **Motor auxiliar:** Comunica el movimiento de rotación al eje del compresor. Según el tipo de instalación, puede tratarse de un motor eléctrico o combustión.
- **Refrigerador:** A la salida del compresor, el aire puede llegar a alcanzar una temperatura de hasta 150°C. La misión del refrigerador es disminuir esta temperatura hasta 25°C y eliminar, de paso, hasta un 80 % del agua que contiene.
- **Depósito o acumulador:** El aire comprimido se almacena para ser utilizado cuando se necesite. Los depósitos llevan incorporados dispositivos de seguridad, tales como manómetros, termómetros y válvulas de escape.
- **La unidad de mantenimiento:** Para conseguir una buena calidad del aire es necesario someterlo a tres operaciones previas: filtración, regulación y lubricación. De estas funciones se ocupa la unidad de mantenimiento, también conocida como conjunto FRL, que está formado por un secador, un filtro, un regulador de presión con manómetro, un lubricador y una válvula de escape.

2.4.2.2. UNIDAD DE PODER OLEOHIDRÁULICO

La alimentación de Fluido Oleohidráulico al circuito se realiza desde una central denominada unidad de poder.

Lo más importante de dicha unidad es la bomba. Sin embargo hay que decir que para poder funcionar tiene un depósito de aceite oleohidráulico con una cantidad de aceite suficiente como para que en promedio del tiempo solo esta una fracción del tiempo de funcionamiento dentro de la máquina, de manera

que así mientras está en el tanque puede disipar el calor que adquirió al funcionar a través de mecanismos que producen intencionalmente pérdidas de energía, con el objeto en general de regular la velocidad.

El sistema está integrado por varios componentes y son:

- **Bomba:** Es el mecanismo que convierte la energía mecánica en hidráulica.
- **Válvula de comando:** Es una válvula que permite controlar el paso del caudal de aceite en una u otra dirección.
- **Depósito:** Recipiente que contiene el fluido del sistema.
- **Filtro:** Elemento destinado a retener las impurezas del fluido.
- **Válvula de Alivio:** Permite descargar el aceite del sistema con el objeto de evitar la sobrepresión

2.4.3. ACTUADORES

Tienen como función transformar la energía acumulada en el aire comprimido en energía mecánica mediante un movimiento rectilíneo o de vaivén. Se denominan genéricamente cilindros.

Un cilindro es un tubo de sección circular constante, cerrado por sus extremos, en cuyo interior se desliza un émbolo solidario con un vástago que atraviesa uno de los fondos. El émbolo divide al cilindro en dos volúmenes llamados cámaras. Dispone de aberturas en las cámaras por las que penetra y sale el aire o aceite

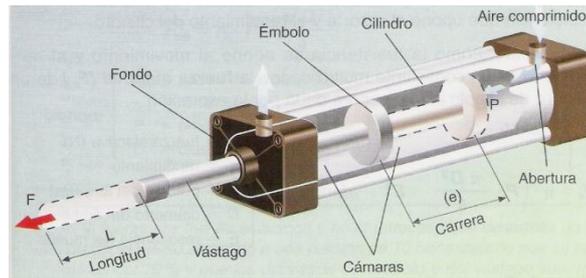


Figura II-25. Estructura y funcionamiento de un cilindro neumático

FUENTE: GOOGLE

La capacidad de trabajo de los cilindros viene determinada por dos magnitudes: la carrera y el diámetro, figura 25.

- La **carrera (e)** es el desplazamiento que efectúa el émbolo en el interior del cilindro. De ella depende la **longitud (L)** de desplazamiento del vástago.
- El **diámetro (D)** determina la superficie del émbolo.

2.4.3.1. CILINDROS DE SIMPLE EFECTO

En el cilindro de simple efecto, el aire introducido desplaza el pistón y el vástago con un movimiento lineal y produce una acción. El retroceso del pistón a la posición inicial se realiza mediante un muelle, figura 26.

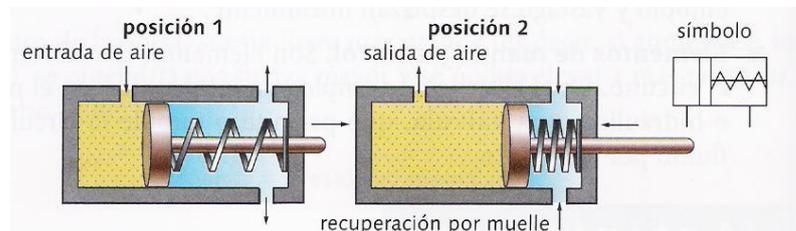


Figura II-26. Funcionamiento del Cilindro de Simple Efecto

FUENTE: GOOGLE

2.4.3.2. CILINDROS DE DOBLE EFECTO

En el **cilindro de doble efecto**, el aire provoca tanto el avance como el retroceso del pistón y genera una acción en ambos sentidos, figura 27.

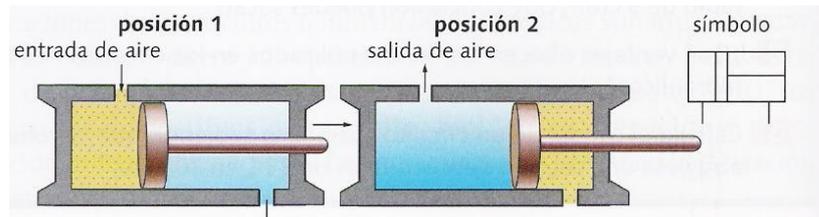


Figura II-27. Funcionamiento del Cilindro de Doble Efecto

FUENTE: GOOGLE

2.4.4. ELEMENTOS DE MANDO Y CONTROL

Las válvulas son los elementos de mando y control que permiten o impiden la entrada de aire.

Las válvulas pueden clasificarse en: distribuidoras, de bloqueo y reguladoras de flujo.

2.4.4.1. VÁLVULAS DISTRIBUIDORAS

Se encargan de interrumpir, dejar pasar o desviar el aire comprimido hacia una parte determinada del circuito.

Para identificar y representar simbólicamente una válvula según la norma ISO, se toma en consideración el tipo de válvula, el sentido de circulación del aire por su interior, los tipos de conexiones a las tuberías y los modos de mando y retorno.

- **Tipo de válvula:** Viene dado por dos cifras. La primera indica el número de orificios o vías para el aire de que dispone y la segunda, el número de

posiciones de trabajo. Por consiguiente, una válvula 5/3 dispone de cinco orificios o vías y de tres posiciones de trabajo. Las válvulas más comunes son 2/2, 3/2, 5/2, NC, o NO

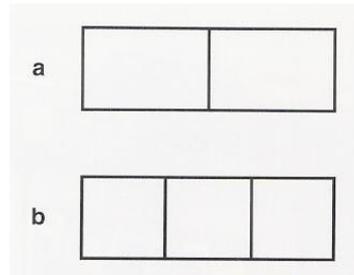


Figura II-28. a) Dos posiciones, b) Tres posiciones

FUENTE: GOOGLE

- **Sentido de circulación del aire** se indica mediante flechas que se insertan en el interior de cada cuadro.
- **Conexiones** de los orificios vienen indicadas de forma diferente según se trate de una fuente de aire comprimido o una salida libre.
- **Modos de mando y retorno:** Se representan a la izquierda y derecha respectivamente, y se simbolizan de diferente modo, según el tipo como se muestra en la siguiente tabla.

General		Por pedal	
Por pulsador		Por electroimán	
Por pulsador con enclavamiento		Por palanca con enclavamiento	

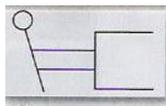
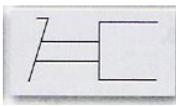
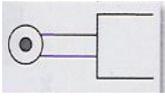
Por palanca		Por aire comprimido	
Por rodillo			

Tabla II-I. Tipos de Válvulas

FUENTE: GOOGLE

2.4.4.2. VÁLVULAS DE BLOQUEO

Desempeñan funciones de regulación y control. Entre las más habituales en un circuito neumático y oleohidráulico destacan: las válvulas antirretorno, las de doble efecto o selectoras del circuito y las de simultaneidad.

- **Válvula antirretorno:** Permiten la circulación del aire por las tuberías en un determinado sentido y la impiden en sentido contrario. Para ello, disponen de un resorte unido a una pieza de cierre.
- **Válvula de doble efecto o selectora de circuito (válvula “O”):** Dispone de dos orificios de entrada de aire y de un pequeño pistón P que puede desplazarse por el interior para bloquear alternativamente una u otra entrada
- **La válvula de simultaneidad (Válvula “Y”):** La válvula de simultaneidad solo permite la salida del aire cuando están activas las dos entradas, es decir, cuando entra aire a la vez por las dos entradas.

2.4.4.3. VÁLVULAS REGULADORAS DE FLUJO

Al igual que las válvulas bloque, estas también realizan funciones de regulación y control. Entre las más habituales se encuentran: las válvulas

reguladoras de caudal bidireccionales y las válvulas reguladoras de caudal unidireccionales.

Se instalan a la salida de las cámaras de los cilindros. De este modo, regula la velocidad de desplazamiento del émbolo en su movimiento de avance.

2.4.5. ELECTROVÁLVULAS

Dispositivo operado eléctricamente, y es utilizado para controlar el flujo de líquidos o gases en posición completamente abierta o completamente cerrada

La válvula de solenoide es una válvula que se cierra por gravedad, por presión o por la acción de un resorte; y es abierta por el movimiento de un émbolo operado por la acción magnética de una bobina energizada eléctricamente, o viceversa

Una válvula de solenoide consiste de dos partes accionantes distintas, pero integrales: un solenoide (bobina eléctrica) y el cuerpo de la válvula.

2.4.5.1. PARTES Y FUNCIONAMIENTO

En la figura 7.2 pueden apreciarse las partes principales ya integradas de una válvula de solenoide típica. La aguja de la válvula está unida mecánicamente a la parte inferior del émbolo. En esta válvula en particular, cuando se energiza la bobina, el émbolo es levantado hacia el centro de la bobina, levantando la aguja del orificio donde está sentada, permitiendo así el flujo. Cuando se desenergiza la bobina, el peso del émbolo hace que caiga por gravedad y cierre

el orificio, deteniendo el flujo. En algunos tipos de válvulas, un resorte empuja el émbolo para que cierre la válvula; esto permite que la válvula pueda

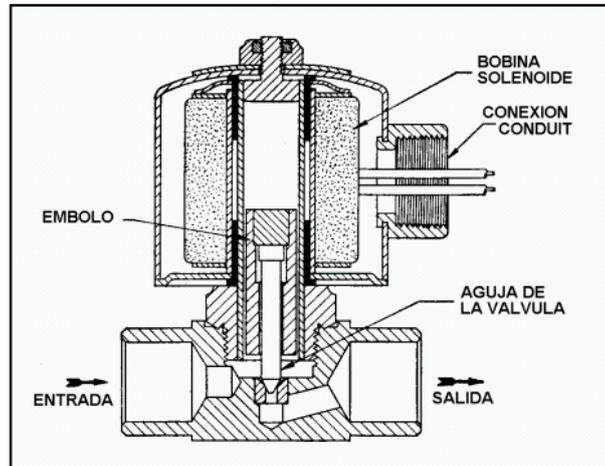


Figura II-29. Válvula de selenoide típica de acción directa, normalmente cerrada de dos vías

FUENTE: GOOGLE

2.4.5.2. TIPOS

Existe una amplia variedad de tipos de válvulas solenoide, los cuales se pueden dividir de acuerdo a su aplicación, su construcción y su forma. Entre los fabricantes de válvulas no existe un consenso para diferenciar los tipos por orden de importancia. Aunque recientemente, la práctica más generalizada es dividirlos primeramente, de acuerdo a su aplicación; es decir, a la capacidad del sistema donde va a ser instalada la válvula. Con base en esto, las válvulas solenoide pueden dividirse de manera general, en dos tipos:

- De acción directa
- Operadas por piloto.

También por su construcción, las válvulas solenoide pueden ser:

- Normalmente cerradas,

- Normalmente abiertas
- De acción múltiple.

2.5. COMPONENTES ELECTRÓNICOS

2.5.1. SENSORES FOTOELÉCTRICOS

2.5.1.1. DEFINICIÓN

Un sensor fotoeléctrico es un dispositivo electrónico que responde al cambio en la intensidad de la luz. Estos sensores requieren de un componente emisor que genera la luz, y un componente receptor que “ve” la luz generada por el emisor, figura 30.



Figura II-30. Sensores de luz

FUENTE: GOOGLE

Los sensores de luz se usan para detectar el nivel de luz y producir una señal de salida representativa respecto a la cantidad de luz detectada. Un sensor de luz incluye un transductor fotoeléctrico para convertir la luz a una señal eléctrica y puede incluir electrónica para condicionamiento de la señal, compensación y formateo de la señal de salida.

Estos sensores presentan una serie de ventajas: detectan objetos a distancia sin necesidad de contacto físico, suelen poseer únicamente capacidad de

detección y no son a la vez elementos de corte de corriente, son versátiles en sus características de uso, pudiendo dar información directa o indirectamente de varias magnitudes físicas y pueden ofrecer ventajas selectivas de funcionamiento con ciertos materiales sin verse afectados por otros.

Según los modelos de detectores y los requisitos de la aplicación, la emisión se realiza con luz infrarroja (caso más habitual), ultravioletas (materiales luminiscentes), luz visible roja, luz visible verde (lectores de códigos) o láser rojo (focalización reducida)

En la siguiente imagen se distingue los componentes internos de un sensor fotoeléctrico,

figura 31.

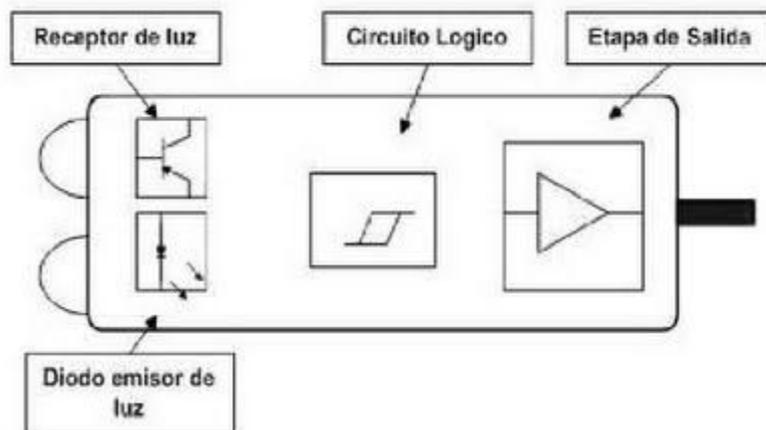


Figura II-31. Componentes internos de un sensor fotoeléctrico

FUENTE: GOOGLE

2.5.1.2. CARACTERÍSTICAS

Los sensores fotoeléctricos tienen una serie de características:

- **DISTANCIA DE DETECCIÓN**

Es una de las primeras características que se busca en los sensores porque es necesario detectar un objeto a la distancia más apropiada, es decir, que no detecte algo que está más lejos o más cerca de lo que se desea detectar. Así pues, se intenta buscar la eficiencia tanto en calidad de detección como en el costo del sensor.

- **ANGULO DIRECCIONAL**

Cuando se realizan pruebas en la instalación, es conveniente realizar pruebas que permitan saber cuál es el alcance del sensor, por lo que se debe considerar el ángulo direccional, que informa sobre cuál es el rango máximo en que puede funcionar este sensor.

- **AJUSTE DE LA SENSIBILIDAD**

Los sensores sobre todo de tipo industrial, incorporan un control de volumen para realizar el ajuste de detección, el cual se debe realizar como lo indica el manual, de manera que se podrá conocer si la luz del nivel de estabilidad permanece encendida de acuerdo a la presencia y ausencia del objeto estándar.

- **EXCESO DE GANANCIA**

La curva de exceso de ganancia se especifica en cada tipo de sensor fotoeléctrico, y la misma está en función de la distancia de sensado. Esta curva es usada al momento de seleccionar el sensor, para predecir la confiabilidad de la detección en un ambiente conocido, figura 32.



Figura II-32. Curva de ganancia de un sensor

FUENTE: GOOGLE

Condición de operación	Mínima ganancia requerida
Aire limpio, sin suciedad en lentes o reflector	1,5X
Ambiente levemente sucio, con humedad, o filmes sobre los reflectores o las lentes. Lentes limpiados regularmente.	5X
Ambiente medianamente sucio, contaminación en lentes o reflectores, limpiados ocasionalmente.	10X
Ambiente muy sucio, alta contaminación en lentes o reflectores, limpiados esporádicamente.	50X

Tabla II-II. Condiciones de operación de sensores fotoeléctricos

FUENTE: GOOGLE

Además de las anteriores, destacan otras características de las células fotoeléctricas, como la alimentación, el consumo, el tipo de material a detectar,

el modo de funcionamiento, tipo de salida, el tiempo de respuesta, material de encapsulado o el grado de protección.

2.5.1.3. TIPOS

2.5.1.3.1. SISTEMA DE DETECCIÓN DE BARRERA

El emisor y el receptor se encuentran en diferentes contenedores y es necesario alinearlos con precisión; cuando el objeto atraviesa el haz de luz es cuando se activa el sensor. Se utilizan para grandes distancias (hasta 60m). Disponen de las mejores prestaciones en cuanto a distancia de detección, sin embargo suelen ser más caros y voluminosos. Como ventajas presenta un gran alcance, una detección precisa y gran capacidad de reproducción, detección independiente del color del objeto y una buena resistencia a los entornos difíciles como polvo, suciedad, etc. Por el contrario presenta dos elementos a cablear, el objeto que se va a detectar debe ser opaco y se debe realizar una alineación precisa y delicada, ya que el detector emite en infrarrojos (invisible), figura 33.

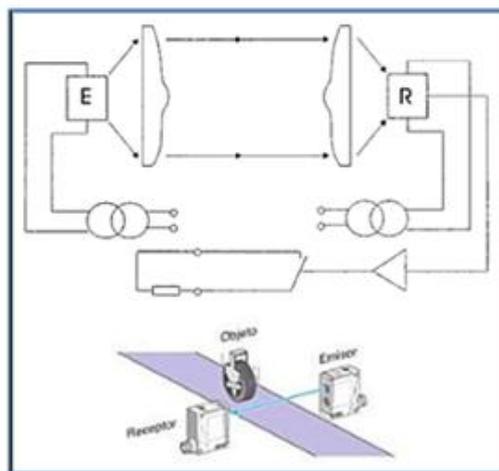


Figura II-33. Sistema de detección de Barrera, donde E: emisor y R: recepto

2.5.1.3.2. SISTEMA DE DETECCIÓN RÉFLEX

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). Dispone de una menor distancia de detección que el sistema de barrera, teniendo en cuenta que el trayecto que recorre el haz es doble.

Como ventajas presenta un alcance medio, un solo detector para cablear, emisión de luz roja visible y detección precisa e independiente del color del objeto. En cambio debe realizarse una alineación precisa y el objeto debe ser opaco y más grande que el reflector figura 34.

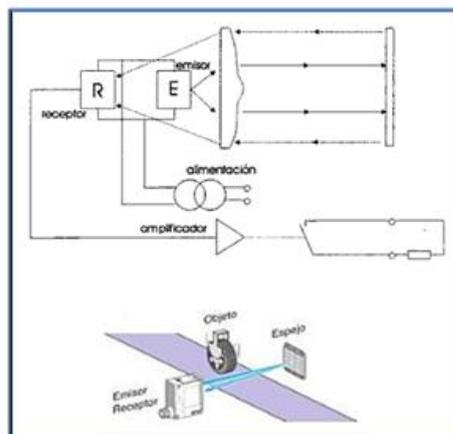


Figura II-34. Sistema de detección "reflex"

FUENTE: GOOGLE

2.5.1.3.3. SISTEMA DE DETECCIÓN AUTORÉFLEX O DIFUSO

Su funcionamiento es similar a los de tipo reflex, 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 10 cm).

Como ventajas presenta un solo detector para cablear, pero, por el contrario son de bajo alcance, existe sensibilidad a las diferencias de color o plano posterior y hay una orientación del objeto difícil, ya que el detector emite en infrarrojos (invisible) la nueva tecnología con láser.

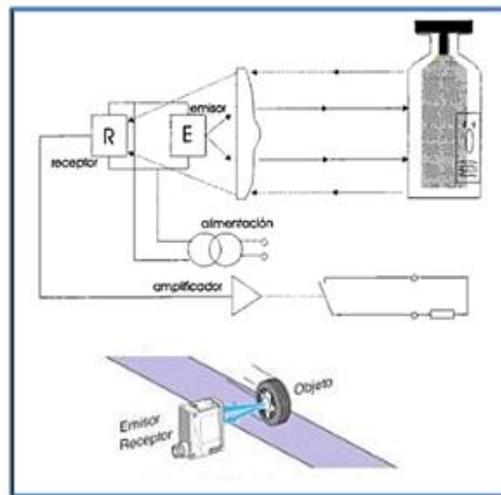


Figura II-35. Sistema de detección Autoreflex

FUENTE: GOOGLE

2.5.1.4. APLICACIONES

Se usa en todo tipo de procesos industriales y no industriales para propósitos de monitoreo, medición, control y procesamiento. Están diseñados especialmente para la detección, ausencia, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie. Los sensores fotoeléctricos los encontramos en los ascensores, evitando que se cierre la puerta, en caso de nuevas incorporaciones, o como elemento de seguridad en puertas de garaje, evitando que la puerta se cierre, si en ese momento pasa algún vehículo o persona.

2.5.2. REGULADORES DE VOLTAJE

2.5.2.1. DEFINICIÓN

Un regulador de tensión o regulador de voltaje es un dispositivo electrónico diseñado para mantener un nivel de voltaje constante

Los reguladores electrónicos de tensión se encuentran en dispositivos como las fuentes de alimentación de los computadores, donde estabilizan los voltajes DC usados por el procesador y otros elementos. En los alternadores de los automóviles y en las plantas generadoras, los reguladores de voltaje controlan la salida de la planta. En un sistema de distribución de energía eléctrica, los reguladores de voltaje pueden instalarse en una subestación o junto con las líneas de distribución de forma que todos los consumidores reciban un voltaje constante independientemente de que tanta potencia exista en la línea.

2.5.2.2. MEDICIÓN DE LA CALIDAD DE REGULACIÓN

Para que el voltaje de salida siempre se mantenga constante, la regulación se especifica por dos medidas:

Regulación de carga: Es el cambio en el voltaje de salida para un cambio dado en la corriente de carga por ejemplo: típicamente 15mV, máximo 100mV para corrientes de carga entre 5mA y 1.4A, en alguna temperatura específica y voltaje de entrada

Regulación de línea o regulación de entrada: Es el grado al cual el voltaje de entrada cambia con el voltaje de salida. Es decir, como una relación del cambio entre voltaje de entrada y de salida.

Otros parámetros a tomar en cuenta son:

Coeficiente de temperatura del voltaje de salida: Es el cambio en el voltaje de salida con la temperatura (probablemente un promedio dentro de un rango de temperatura).

Precisión del voltaje de un regulador de voltaje: Refleja el error en el voltaje de salida sin tomar en cuenta la temperatura o el tiempo de funcionamiento del mismo.

Voltaje de caída: Es la diferencia mínima entre el voltaje de entrada y el voltaje de salida para el cual el regulador puede aún suministrar la corriente especificada. Un regulador de baja caída está diseñado para trabajar bien incluso con una alimentación de entrada de solamente un voltio o menor al voltaje de salida. La diferencia de entrada-salida en el que el regulador de voltaje no mantendrá la regulación es el voltaje de caída. Mayor reducción en el voltaje de entrada producirá un voltaje de salida reducido. Este valor depende de la corriente de carga y de la temperatura máxima.

Valores máximos permitidos: Están definidos para los componentes del regulador, y especifican las corrientes de salida pico que pueden usarse, el voltaje máximo de entrada, la disipación máxima de potencia dada una temperatura, etc.

Corriente de consumo: Es la corriente que pasa internamente por el circuito que no se va para la carga, medido normalmente como la corriente de entrada cuando no hay una carga conectada. Es además un signo de eficiencia, algunos reguladores lineales son más eficientes con cargas de corriente baja que las fuentes conmutadas.

2.5.2.3. REGULADOR DE VOLTAJE ELECTRÓNICO

Un regulador simple puede hacerse de una resistencia en serie con un diodo (o serie de diodos). Debido a la curva característica del diodo, el voltaje a través del diodo cambia ligeramente debido a la corriente que pasa por él. Cuando la precisión en el voltaje no es necesario, el diseño puede funcionar.

Los reguladores de voltaje retroalimentados operan al comparar el voltaje de salida actual con algún voltaje de referencia asignado. Cualquier diferencia es amplificada y usada para controlar el elemento de regulación para reducir el voltaje de error. esto forma un lazo de control de realimentación negativa, haciendo que la ganancia tienda a incrementar la precisión de regulación pero reducir la estabilidad (se debe evitar la oscilación, durante los cambios de paso). También habrá una compensación entre la estabilidad y la velocidad de respuesta a los cambios.

2.5.2.4. REGULADORES INTEGRADOS

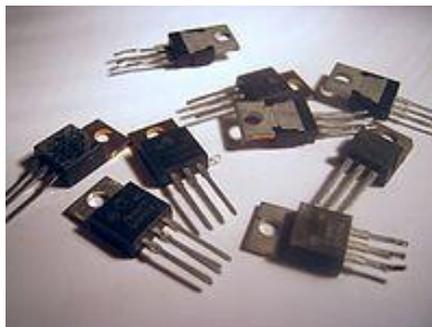


Figura II-36. Reguladores de voltaje

FUENTE: GOOGLE

Hoy en día es más común encontrar en las fuentes de alimentación reguladores integrados, normalmente son componentes muy parecidos a los transistores de potencia, suelen tener tres terminales, uno de entrada, un común o masa, y uno de salida, tienen una capacidad de reducción del rizado

muy alta y normalmente sólo hay que conectarles un par de condensadores. Existen circuitos reguladores con un gran abanico de tensiones y corrientes de funcionamiento. La serie más conocida de reguladores integrados es la 78xx y la serie 79xx para tensiones negativas. Los de mayor potencia necesitarán un disipador de calor, este es el principal problema de los reguladores serie lineales tanto discreto como integrado, al estar en serie con la carga las caídas de tensión en sus componentes provocan grandes disipaciones de potencia. Normalmente estos reguladores no son buenos para aplicaciones de audio por el ruido que pueden introducir en preamplificadores. Para ello es mejor utilizar regulación con componentes discretos o reguladores tipo LDO de bajo ruido.

2.5.2.5. REGULADORES CONMUTADOS

Los reguladores conmutados solucionan los problemas de los dispositivos anteriormente citados, poseen mayor rendimiento de conversión, ya que los transistores funcionan en conmutación, reduciendo así la potencia disipada en estos y el tamaño de los disipadores. Se pueden encontrar este tipo de fuentes en los ordenadores personales, en electrodomésticos, reproductores DVD, etc, una desventaja es la producción de ruido electromagnético producido por la conmutación a frecuencias elevadas, teniendo que apantallar y diseñar correctamente la PCB (Placa de Circuito Impreso) del convertidor.

2.5.3. POTENCIOMETROS

Un potenciómetro es un resistor cuyo valor de resistencia es variable. De esta manera, indirectamente, se puede controlar la intensidad de corriente que fluye

por un circuito si se conecta en paralelo, o la diferencia de potencial al conectarlo en serie.

Normalmente, los potenciómetros se utilizan en circuitos de poca corriente. Para circuitos de corrientes mayores, se utilizan los reóstatos, que pueden disipar más potencia.

2.5.3.1. CONSTRUCCIÓN

Existen dos tipos de potenciómetros:

Potenciómetros impresos, realizados con una pista de carbón o de cermet sobre un soporte duro como papel baquelizado, fibra, alúmina, etc. La pista tiene sendos contactos en sus extremos y un cursor conectado a un patín que se desliza por la pista resistiva.

Potenciómetros bobinados, consistentes en un arrollamiento toroidal de un hilo resistivo (por ejemplo, constantán) con un cursor que mueve un patín sobre el mismo.

2.5.3.2. TIPOS

- **Potenciómetros rotatorios multivuelta:** Utilizados en electrónica. Estos potenciómetros permiten un mejor ajuste que los rotatorios normales, además su vida útil es más larga

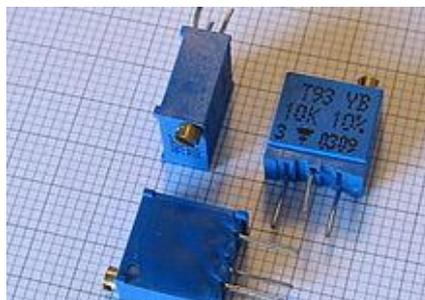


Figura II-37. Potenciómetros de precisión

- **Potenciómetros deslizantes:** Según su aplicación se distinguen varios tipos:
 - ✓ **Potenciómetros de mando:** Son adecuados para su uso como elemento de control en los aparatos electrónicos. El usuario acciona sobre ellos para variar los parámetros normales de funcionamiento. Por ejemplo, el volumen de una radio.
 - ✓ **Potenciómetros de ajuste.** Controlan parámetros preajustados, normalmente en fábrica, que el usuario no suele tener que retocar, por lo que no suelen ser accesibles desde el exterior.

2.5.4. ETAPA DARLINTONG

En algunas ocasiones es necesario aumentar la ganancia de corriente del circuito transistorizado, en otras, que un circuito funcione con señales de entrada débiles o bien que posea una alta impedancia de entrada. Estas son las ventajas que identifican a una etapa Darlington.

2.5.4.1. CONFIGURACIÓN

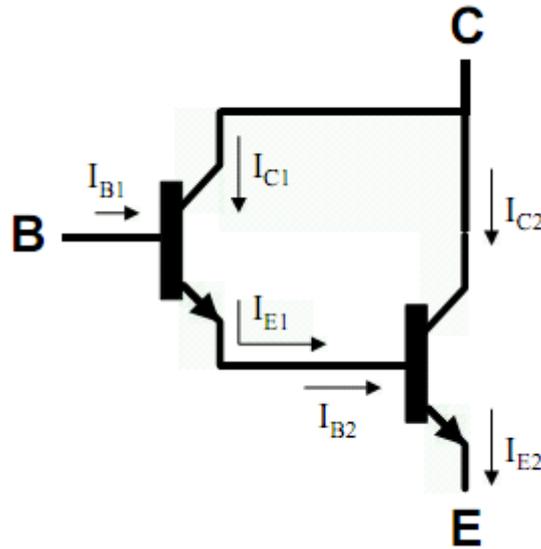


Figura II-38. Configuración Darlington

FUENTE: GOOGLE

Este montaje se puede realizar con dos transistores conectados de la forma indicada o bien mediante un transistor Darlington en un único encapsulado (Tipo BDX53 o equivalente).

2.5.4.2. VENTAJAS E INCOVENIENTES

VENTAJAS

- Impedancia de entrada alta
- Sensible a pequeñas señales
- Alta ganancia de corriente

INCOVENIENTES

- Mayor número de componentes
- Puede ser inestable con señales grandes
- Mayores caídas colector-emisor y base-emisor en saturación

2.6. TARJETA DE ADQUISICIÓN DE DATOS NI 6009

Labview incluye un grupo de VIs que permiten configurar, adquirir datos y enviarlos a los dispositivos DAQ. Cada dispositivo soporta diferentes DAQ y velocidades de generación de señal. También cada dispositivo DAQ es diseñado para plataformas de hardware y sistemas operativos específicos.

El dispositivo DAQ es externo y se conecta al computador a través de un puerto existente, como el puerto serial, usb o el puerto Ethernet, lo que significa que se pueden ubicar fácilmente los nodos de medida cerca de los sensores.



Figura II-39. DAQ 6009

FUENTE: GOOGLE

Hay diversas opciones para un sistema DAQ:

- El dispositivo DAQ insertable reside en el computador. Puede conectar el dispositivo en la ranura PCI de un computador de escritorio o en la ranura PCMCIA de un computador portátil para un sistema de medición DAQ portátil.
- El dispositivo DAQ es externo y se conecta al computador a través de un puerto existente, como el puerto serial, usb o el puerto Ethernet, lo

que significa que se pueden ubicar fácilmente los nodos de medida cerca de los sensores.

El computador recibe los datos puros directamente en el dispositivo DAQ. La aplicación creada en Lab View presenta y manipula los datos en una forma que el usuario pueda entender. El software también controla el sistema DAQ ordenando al dispositivo cuando y desde cuáles canales adquirir datos. Los dispositivos de medición de NI incluyen el programa controlador NI – DAQ, una colección de VIs que se utilizan para configurar, adquirir datos y enviarlos hacia los dispositivos de medición.

La tarjeta NI6009 es una tarjeta de adquisición de datos multifuncional para Windows 2000/XP/Vista/Seven, MAC OS X, LINUX; posee alto rendimiento y alta velocidad de muestreo. Las especificaciones de la tarjeta y el soporte de proveedores externos hacen ideal su uso para un amplio rango de aplicaciones en nuestro caso el de la adquisición de datos, para la industria, laboratorios, control de procesos y automatización de sistemas en las fábricas.

2.6.1. ENTRADAS Y ELEMENTOS DE LA NI 6009

NI 6009 provee entradas análogas (AI), salidas análogas (AO), entradas y salidas digitales (DIO), fuentes de voltaje, en un dispositivo compacto USB.

2.6.1.1. ENTRADAS ANALOGICAS (AI)

Cuenta con un multiplexor con la capacidad de direccionar las señales de los ocho canales analógicos a un amplificador de ganancia programable (PGA), para medidas diferenciales proporciona ganancias de 1, 2, 4, 5, 8, 10, 16 ó 20,

y para una medida simple es 1, se calculan según el rango de voltaje seleccionado; luego son convertidas a un código digital por medio del ADC que tiene una resolución de 14bits, la conversión A/D es simple o múltiple dependiendo si es un número fijo o infinito de muestras, para asegurar que los datos no se pierdan cuenta con un buffer tipo FIFO en el que se almacenan durante la adquisición. El circuito de las entradas analógicas se muestra en la Figura 40

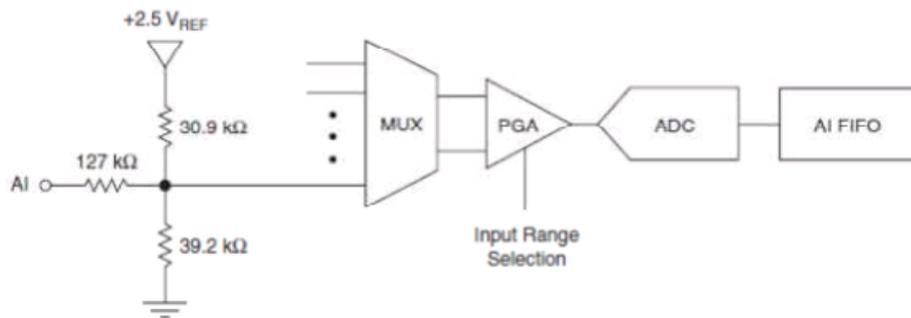


Figura II-40. Diseño de entradas analógicas DAQ 6009

FUENTE: GOOGLE

2.6.1.2. SALIDAS ANALÓGICAS

Cuenta con un convertidor de códigos digitales a voltajes análogos DAC de resolución de 12 bits, además posee un buffer de salida y una resistencia limitadora de corriente de 50Ω

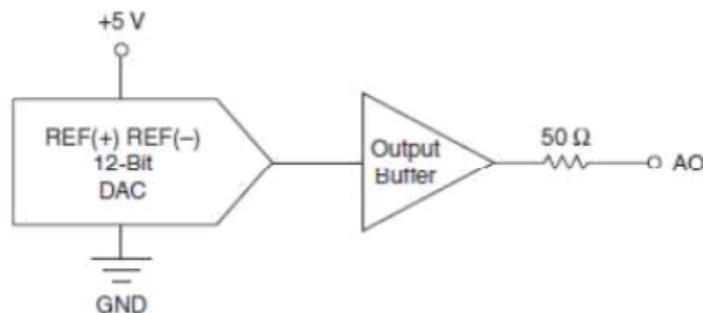


Figura II-41. Diseño de salidas analógicas DAQ 6009

FUENTE: GOOGLE

2.6.1.3. ENTRADA/SALIDA DIGITAL

Cuenta con 12 líneas digitales que tienen la capacidad de ser configuradas como entradas o salidas y un terminal 1T que es la tierra o señal de referencia para el puerto, está configurado por defecto a colector abierto que permite la operación a 5 voltios con una resistencia pull-up de 47 kΩ es necesario añadir una resistencia externa de pull-up para aumentar la fuente de corriente hasta un límite de 8,5 Ma por línea como se muestra en el diagrama de la Figura 42

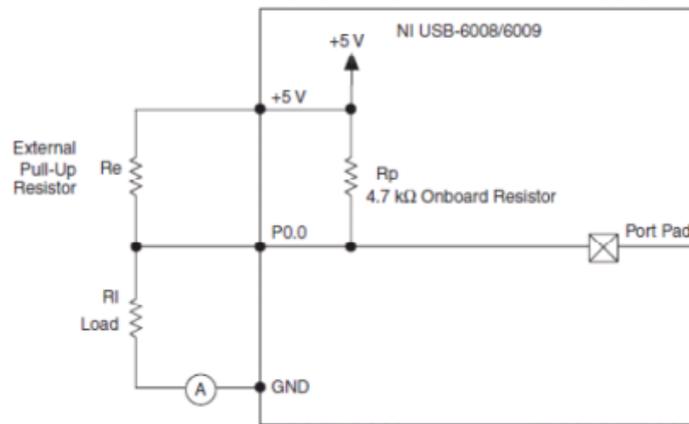


Figura II-42. Resistencia pull-up externa

FUENTE: GOOGLE

2.6.2. CARACTERÍSTICAS

General	
Producto	USB-6009
Tipos de Medida	Voltaje
Entrada Analógica	
Canales	4 , 8
Canales de una sola terminal	8
Canales Diferenciales	4
Resolución	14 bits

Velocidad de Muestreo	48 kS/s
Máx. Voltaje de Entrada Analógica	10 V
Rango de Voltaje Máximo	-10 V , 10 V
Precisión Máxima del Rango de Voltaje	138 mV
Rango de Voltaje Mínimo	-1 V , 1 V
Mínima Precisión del Rango de Voltaje	37.5 mV
Memoria Interna	512 B
Canales	2
Resolución	12 bits
Entrada Analógica	
Máx. Voltaje de Salida Analógica	5 V
Precisión Máxima del Rango de Voltaje	7 mV
Capacidad de Corriente Simple	5 mA
E/S Digital	
Canales Bidireccionales	12
Temporización	Software
Niveles Lógicos	TTL
Capacidad de Corriente Simple	8.5 mA
Máximo Rango de Entrada	0 V , 5 V
Máximo Rango de Salida	0 V , 5 V
Contadores/Temporizadores	
Número de Contadores/Temporizadores	1
Rango Máximo	0 V , 5 V
Frecuencia Máxima de la Fuente	5 MHz
Entrada Mínima de Ancho de Pulso	100 ns
Resolución	32 bits
Niveles Lógicos	TTL
Especificaciones Físicas	
Longitud	8.51 cm
Ancho	8.18 cm
Altura	2.31 cm

Tabla II-III. Características de la DAQ 6009

FUENTE: GOOGLE

2.7. CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE

2.7.1. DEFINICIÓN

El PLC es un dispositivo de estado sólido, diseñado para controlar procesos secuenciales (una etapa después de la otra) que se ejecutan en un ambiente industrial. Es decir, que van asociados a la maquinaria que desarrolla procesos de producción y controlan su trabajo. El PLC es un sistema, porque contiene todo lo necesario para operar, y es industrial, por tener todos los registros necesarios para operar en los ambientes hostiles que se encuentran en la industria.

2.7.2. ESTRUCTURA

Un PLC está constituido por un conjunto de tarjetas o circuitos impresos, sobre los cuales están ubicados componentes electrónicos. El PLC tiene la estructura típica de muchos sistemas programables, como por ejemplo una microcomputadora. La estructura básica del hardware de un PLC propiamente dicho está constituido por:

- Fuente de alimentación
- Unidad de procesamiento central (CPU)
- Módulos de interfaces de entrada
- Módulos de interfaces de salida
- Módulo de memorias
- Terminal de programación.
- Periféricos.

En algunos casos cuando el trabajo que debe realizar el controlador es más exigente, se incluyen Módulos Inteligentes. Respecto a su disposición externa, los PLC pueden contener varias de estas secciones en un mismo módulo o cada una de ellas separadas por diferentes módulos. Así se pueden distinguir PLC Compactos y Modulares.

FUENTE DE ALIMENTACIÓN

Es la encargada de convertir la tensión de la red, 110v c.a., a baja tensión de c.c., normalmente 24 v. Siendo esta la tensión de trabajo en los circuitos electrónicos que forma el PLC.

CPU

La Unidad Central de Procesos es el auténtico cerebro del sistema. Se encarga de recibir las órdenes, del operario por medio de la consola de programación y el módulo de entradas. Posteriormente las procesa para enviar respuestas al módulo de salidas. En su memoria se encuentra residente el programa destinado a controlar el proceso.

MÓDULO DE ENTRADAS

A este módulo se unen eléctricamente los captadores (interruptores, finales de carrera, pulsadores, (Fig. 43). La información recibida en él, es enviada a la CPU para ser procesada de acuerdo la programación residente. Se pueden diferenciar dos tipos de captadores que conectan al módulo de entradas: los Pasivos y los Activos.

Los Captadores Pasivos son aquellos que cambian su estado lógico, activado - no activado, por medio de una acción mecánica. Estos son los Interruptores, pulsadores, finales de carrera, etc.

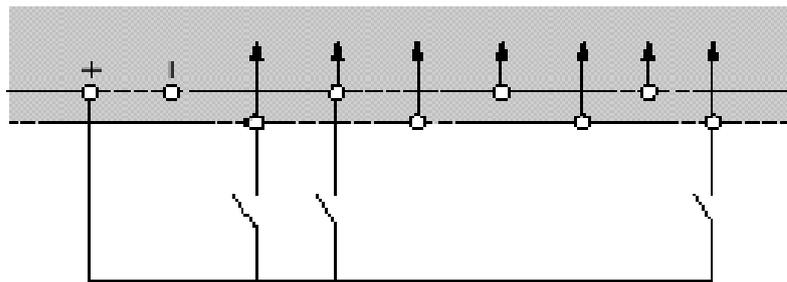


Figura II-43. Módulo de entradas con captadores pasivos

Los Captadores Activos son dispositivos electrónicos que necesitan ser alimentados por una tensión para que varíen su estado lógico. Este es el caso de los diferentes tipos de detectores (inductivos, capacitivos, fotoeléctricos, (Fig. 44). Muchos de estos aparatos pueden ser alimentados por la propia fuente de alimentación del autómeta.

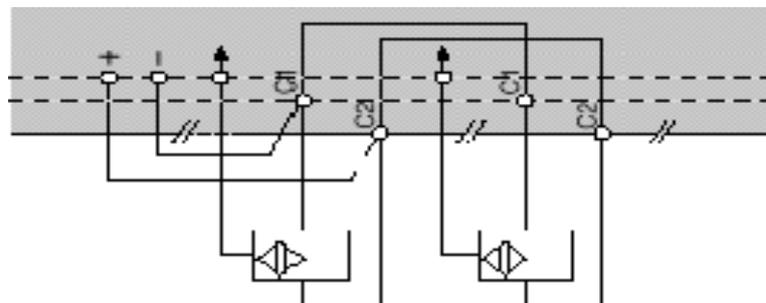


Figura II-44. Tipo de detectores

FUENTE: GOOGLE

El que conoce circuitos de automatismos industriales realizados por contactores, sabrá que puede utilizar, como captadores, contactos eléctricamente abiertos o eléctricamente cerrados dependiendo de su función en el circuito. Como ejemplo podemos ver un simple arrancador paro/marcha. En él se distingue el contacto usado como pulsador de marcha que es normalmente abierto y el usado como pulsador de parada que es normalmente

cerrado. Sin embargo en circuitos automatizados por autómatas, los captadores son generalmente abiertos.

MÓDULO DE SALIDAS

El módulo de salidas del autómata es el encargado de activar y desactivar los actuadores (bobinas de contactores, lámparas, motores pequeños, etc.).

La información enviada por las entradas a la CPU, una vez procesada, se envía al módulo de salidas para que estas sean activadas y a la vez los actuadores que en ellas están conectados.

Según el tipo de proceso a controlar por el autómata, podemos utilizar diferentes módulos de salidas, existen tres tipos bien diferenciados:

- A relés.
- A triac.
- A transistores.

MÓDULO DE MEMORIAS

Son dispositivos destinados a guardar información de manera provisional o permanente, se cuenta con dos tipos de memorias:

- Volátiles (RAM).
- No volátiles (EPROM y EEPROM).

TERMINAL DE PROGRAMACIÓN

El Terminal o consola de programación es el que permite comunicar al operario con el sistema. Las funciones básicas de éste son las siguientes:

- Transferencia y modificación de programas.
- Verificación de la programación.
- Información del funcionamiento de los procesos.

2.7.3. FUNCIONES DE UN PLC

Un PLC realiza, entre otras, las siguientes funciones:

- Recoger datos de las fuentes de entrada a través de las fuentes digitales y analógicas.
- Tomar decisiones en base a criterios pre-programados.
- Almacenar datos en la memoria.
- Generar ciclos de tiempo.
- Realizar cálculos matemáticos.
- Actuar sobre los dispositivos externos mediante las salidas analógicas y digitales.
- Comunicarse con otros sistemas externos.

Los PLC se distinguen de otros controladores automáticos, en que pueden ser programados para controlar cualquier tipo de máquina, a diferencia de otros controladores (como por ejemplo un programador o control de la llama de una caldera) que, solamente, pueden controlar un tipo específico de aparato.

Además de poder ser programados, son automáticos, es decir son aparatos que comparan las señales emitidas por la máquina controlada y toman decisiones en base a las instrucciones programadas, para mantener estable la operación de dicha máquina.

Puedes modificar las instrucciones almacenadas en memoria, además de monitorizarlas.

2.7.4. CLASIFICACIÓN

Debido a la gran variedad de tipos distintos de PLC, tanto en sus funciones, en su capacidad, en su aspecto físico y otros, es que es posible clasificar los distintos tipos en varias categorías

PLC TIPO NANO

Generalmente PLC de tipo compacto (Fuente, CPU e I/O integradas) que puede manejar un conjunto reducido de I/O, generalmente en un número inferior a 100.

Permiten manejar entradas y salidas digitales y algunos módulos especiales.

PLC TIPO COMPACTOS

Estos PLC tienen incorporado la Fuente de Alimentación, su CPU y módulos de I/O en un solo módulo principal y permiten manejar desde unas pocas I/O hasta

varios cientos (alrededor de 500 I/O) , su tamaño es superior a los Nano PLC y soportan una gran variedad de módulos especiales (Fig. 45), tales como:

- Entradas y Salidas análogas
- Módulos contadores rápidos.
- Módulos de comunicaciones.
- Interfaces de operador.
- Expansiones de I/O

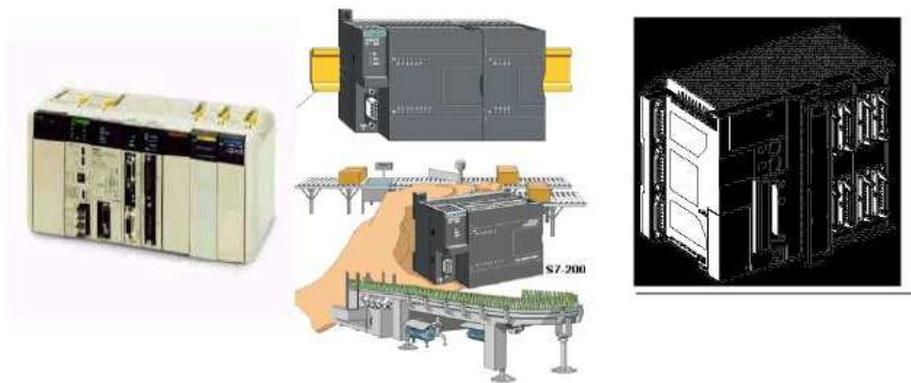


Figura II-45. PLC tipos compactos

FUENTE: GOOGLE

PLC TIPO MODULAR

Estos PLC se componen de un conjunto de elementos que conforman el controlador final (fig 46), estos son:

- Fuente de alimentación
- CPU.
- Módulos de I/O.

- Módulo de memorias.
- Terminal de programación.

De estos tipos existen desde los denominados MicroPLC que soportan gran cantidad de I/O, hasta los PLC de grandes prestaciones que permiten manejar miles de I/O

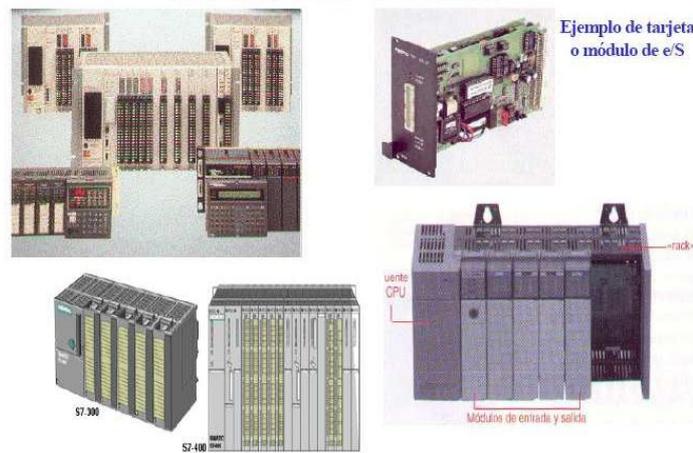


Figura II-46. MicroPLC

FUENTE: GOOGLE

2.7.5. CAMPOS DE APLICACIÓN DE LOS PLC

Un autómata programable suele emplearse en procesos industriales que tengan una o varias de las siguientes necesidades:

- Espacio reducido.
- Procesos de producción periódicamente cambiantes.
- Procesos secuenciales.
- Maquinaria de procesos variables.
- Instalaciones de procesos complejos y amplios.

- Chequeo de programación centralizada de las partes del proceso.

Aplicaciones generales:

- Maniobra de máquinas.
- Maniobra de instalaciones.
- Señalización y control.

2.7.6. TIPOS DE ENTRADAS Y SALIDAS DE LOS CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE.

Existen dos tipos de señales bien definidas que un PLC puede procesar, estos son:

- Señal discreta
- Señal análoga.

2.7.6.1. SEÑAL DISCRETA

Este tipo de señal es conocido también con los siguientes nombres:

- Señal binaria.
- Señal digital.
- Señal lógica.
- Señal todo o nada (TON).

Se caracteriza porque sólo pueden adoptar uno de dos posibles estados o niveles. A estos dos estados posibles se le asocia para efectos del procesamiento el estado de señal "0" y el estado de señal "1" (Fig. 47). Así

mismo, estos estados cuando se relaciona de acuerdo a su condición eléctrica se dice: no existe tensión y, existe tensión, la magnitud de la tensión no interesa ya que dependerá del diseño del componente electrónico que pueda asumir esta tensión nominal.

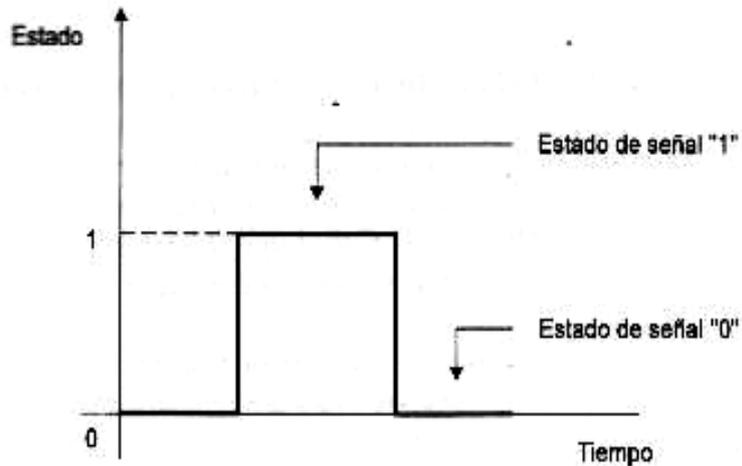


Figura II-47. Señal discreta

FUENTE: GOOGLE

Como ejemplo

se pueden citar aquellos dispositivos de campo de entrada y salida de donde provienen o se asigna una señal discreta con respecto a un PLC.

Dispositivos de Entrada:

- Pulsador.
- Interruptor de posición.
- Interruptor fotoeléctrico,

Dispositivos de Salida:

- Contactor.
- Lámpara indicadora, etc.

2.7.6.2 SEÑAL ANÁLOGA

Se conoce como señal análoga, aquella cuyo valor varía con el tiempo y en forma continua (Fig. 48), pudiendo asumir un número infinito de valores entre sus límites mínimos y máximos. A continuación se citan algunos parámetros físicos muy utilizados en los procesos industriales, tal que, en forma de señal análoga pueden ser controlados y medidos:

- Temperatura.
- Velocidad.
- Presión.
- Nivel, etc.

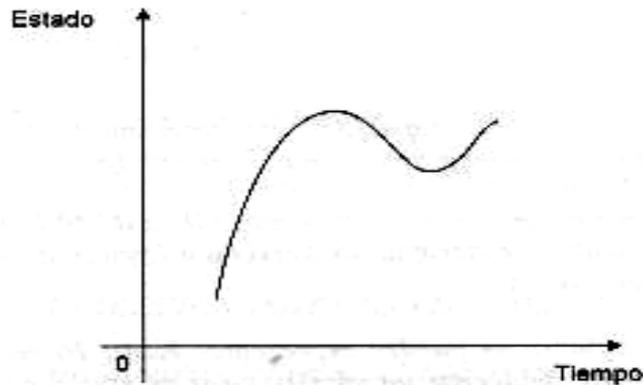


Figura II-48. Señal analógica

FUENTE: GOOGLE

2.7.7. LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN DE UN PLC

Cuando surgieron los autómatas programables, lo hicieron con la necesidad de sustituir a los enormes cuadros de maniobra contruidos con contactores y relés. Por lo tanto, la comunicación hombre-máquina debería ser similar a la utilizada hasta ese momento

El lenguaje usado, debería ser interpretado, con facilidad, por los mismos técnicos electricistas que anteriormente estaban en contacto con la instalación. Estos lenguajes han evolucionado en los últimos tiempos, de tal forma que algunos de ellos ya no tienen nada que ver con el típico plano eléctrico a relés.

Los lenguajes más significativos son:

- Lenguaje a contactos.
- Lenguaje por lista de instrucciones.

2.7.7.1. LENGUAJE A CONTACTOS. (KOP)

Es el que más similitudes tiene con el utilizado por un electricista al elaborar cuadros de automatismos (Fig. 49). Muchos autómatas incluyen módulos especiales de software para poder programar gráficamente de esta forma.

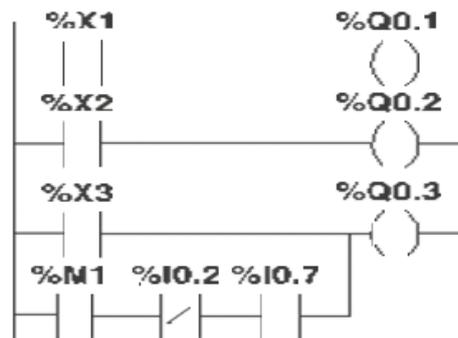


Figura II-49. Ladder

FUENTE: GOOGLE

2.7.7.2 LENGUAJE POR LISTA DE INSTRUCCIONES. (AWL)

En los autómatas de gama baja, es el único modo de programación. Consiste en elaborar una lista de instrucciones o nemónicos que se asocian a los símbolos y su combinación en un circuito eléctrico a contactos (Fig 50).

También decir, que este tipo de lenguaje es, en algunos los casos, la forma más rápida de programación e incluso la más potente

```
000 LD %I0.1 Bp. inicio ciclo
    AND %I0.0 Dp. presencia vehículo
    AND %M3 Bit autorización reloj calendario
    AND %I0.5 Fc. alto rodillo
    AND %I0.4 Fc. detrás pórtico
005 S %M0 Memo inicio ciclo
    LD %M2
    AND %I0.5
    OR %I0.2 Bp. parada ciclo
    S %M0
010 LD %M0
    ST %Q0.0 Piloto ciclo
```

Figura II-50. Leguaje por lista de instrucciones

FUENTE: GOOGLE

2.7.8. DENOMINACIÓN DE LOS LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN DE DIFERENTES PLC

Cada fabricante ha nombrado mediante siglas o palabras compuestas a su lenguaje de programación o software de programación que lo identifica del resto de PLC.

2.7.8.1 GRAFCET (SFC)

Es el llamado Gráfico de Orden Etapa Transición (Fig. 51). Ha sido especialmente diseñado para resolver problemas de automatismos secuenciales. Las acciones son asociadas a las etapas y las condiciones a cumplir a las transiciones. Este lenguaje resulta enormemente sencillo de interpretar por operarios sin conocimientos de automatismos eléctricos.

Muchos de los autómatas que existen en el mercado permiten la programación en GRAFCET, como es el caso de Schneider Electric, tanto en modo gráfico o como por lista de instrucciones. También podemos utilizarlo para resolver

problemas de automatización de forma teórica y posteriormente convertirlo a plano de contactos.

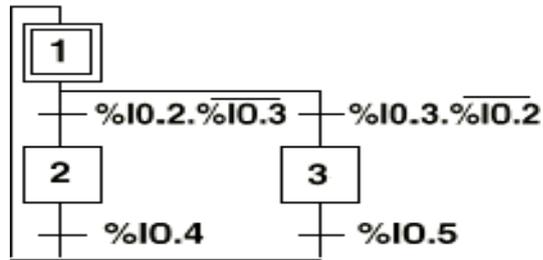


Figura II-51. Grafcet

FUENTE: GOOGLE

2.7.8.2 PLANO DE FUNCIONES. (FBD)

El plano de funciones lógicas (Fig. 52), resulta especialmente cómodo de utilizar, a técnicos habituados a trabajar con circuitos de puertas lógicas, ya que la simbología usada en ambos es equivalente.

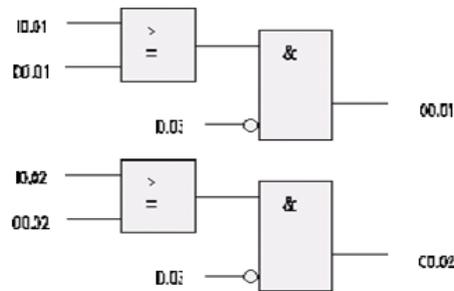


Figura II-52. Plano de funciones

FUENTE: GOOGLE

2.7.8.3. PROGRAMACIÓN LINEAL

Se emplea para aplicaciones simples de automatización, su procesamiento es cíclico o secuencial y es suficiente programar las diferentes instrucciones en un solo bloque o sección de programación.

Un procesamiento cíclico o secuencial, consiste en la lectura, interpretación y ejecución de instrucción por instrucción, respetando el orden en que se han programado, salvo las instrucciones de salto. Para ejecutar las instrucciones se utilizan informaciones procedentes de la imagen de proceso de entradas (IPE), memorias internas, memorias intermedias, así como los datos actuales de los temporizadores y contadores. Los resultados se escriben en la imagen de proceso de salidas (IPS).

Después de la ejecución del programa se corre un ciclo de datos, esto significa el proceso durante el cual los datos de la IPS se transfieren a los módulos de salida, y simultáneamente, se transfieren a la IPE los datos actuales de los módulos de entrada. Con esta IPE actualizada, vuelve a lanzarse la ejecución del programa, lo que significa repetir todo el proceso desde el inicio.

Los PLC que realizan solamente este tipo de procesamiento, están diseñados con microprocesadores del tipo (Intel 8086/8088) que se caracterizan por su limitada capacidad para ejecutar un solo programa a la vez. Estos tipos de PLC son denominados también PLC secuenciales, con capacidad además de ejecutar tareas de regulación, de comunicación, etc.

CAPITULO III

3. DISEÑO DEL SISTEMA DE CONTROL

3.1. OBTENCIÓN DE DATOS DE LA MÁQUINA DE FORMACIÓN

EUROLIT

Cuando se comenzaron los trabajos en la planta; la máquina Cartonera 2 carecía de planos tanto eléctricos, de control, de potencia y de mando; así como el programa contenido en el PLC se encontraba con contraseña.

Por lo tanto, los conocimientos de la misma eran apenas los que se podían observar en el tablero y el funcionamiento de la máquina. Para lo cual se ha partido desde la obtención de los planos antes mencionados, los mismos que se describen a continuación.

3.1.1. CIRCUITO PLC

Ver anexo1

3.1.2. PARTE DE CONTROL

Ver anexo 2.

3.1.3. PARTE DE POTENCIA

Ver anexo 3.

3.1.4. CIRCUITO DE MANDO

Ver anexo 4.

3.1.5. GRAFCET DEL PLC

Ver anexo 5.

3.1.6 CIRCUITO DEL TEMPORIZADOR

Ver anexo 6.

3.2. ALTERNATIVAS DE SOLUCIÓN

3.2.1. ALTERNATIVA POR VISIÓN ARTIFICIAL

La primera alternativa a ser tomada en cuenta fue realizar el control por medio de una cámara, la cual enviará la imagen obtenida a una computadora para que la misma sea procesada.

El método a seguir es:

- Realizar la ubicación correcta de la cámara dependiendo del diámetro del mandril a utilizar.

- La cámara será ubicada en la parte lateral de la máquina para que la misma capte la variación en el diámetro del mandril
- La imagen obtenida será posteriormente procesada en un computador; la cual será comparada por una imagen previamente establecida (a la cual se desea llegar).
- Cuando la comparación de la imagen y la que se encuentra establecida sean iguales se enviará una señal al PLC para que culmine el proceso.

VENTAJAS:

- Control en tiempo real de la imagen obtenida.
- Control en tiempo real de la variación en el diámetro del mandril por el aumento de la pasta en el mismo.
- Visualización en tiempo real del aumento de pasta en el mandril proyectada en un computador

DESVENTAJAS:

- Las vibraciones que produce la máquina provocarán que la cámara capte imágenes erróneas.
- Cuando los operarios realizan su trabajo se cruzarían entre la cámara y la máquina lo que hará que las imágenes no se procesen de la manera esperada.
- La máquina desprende material hacia los lados lo que producirá en algún momento que el lente obstruido por el material arrojado y de esta forma se producirían errores ya que las imágenes no serían las que se esperan.

- Se deberá detener el sistema constantemente para limpiar la cámara debido a que la misma estará manchada del material desprendido por la máquina.

3.2.2. ALTERNATIVA POR FINALES DE CARRERA

Después de estudiar todas las desventajas de la primera alternativa y no encontrar las mejores soluciones q optimicen el trabajo se optó por controlar el sistema por medio de sensores de toque o finales de carrera.

El procedimiento a utilizar en esta alternativa es el siguiente:

- Se debe realizar la correcta ubicación de los finales de carrera dentro de la estructura de la máquina.
- Cuando el mandril se encuentre girando por medio de la ayuda del motor; este se llenará de pasta, esto producirá una variación en el diámetro del mandril haciendo que el mismo se eleve de su posición inicial; este desplazamiento me producirá un toque en el final de carrera.
- Este toque producido en el final de carrera será la señal que se enviará al PLC para dar a conocer que la lámina ha alcanzado el espesor requerido.
- Con esta señal el proceso irá a la siguiente etapa obteniendo de esta manera el espesor que se espera en la lámina.

VENTAJAS:

- La señal a obtenida será fácil de manejar
- Los precios serán extremadamente reducidos

DESVENTAJAS:

- Cada vez que se cambie de mandril el operario deberá volver a colocar el final de carrera en la posición en la que se requiere.
- El cambio de posición del final de carrera me conllevará a una medición milimétrica y exacta del lugar en donde se deberá colocar el mismo, ya que existen láminas de hasta 4 mm de espesor.
- Se deberá realizar un análisis profundo para la ubicación del final de carrera dentro de la estructura de la máquina ya que a la misma se la da mantenimiento cada semana, en donde hay movimientos bruscos por cambios de piezas y esto hará que la posición original esté variando a cada momento.
- Cuando la máquina se encuentra en funcionamiento existen desplazamientos verticales del mandril, lo que hará que los finales de carrera se encuentren activándose en cada momento, esto provocara que se envíen señales erróneas hacia el PLC.
- Debido al ciclo de funcionamiento de la máquina, cuando se extrae la lámina del mandril, este tiende a desplazarse bruscamente hacia abajo, esto provocará que el final de carrera ya no se encuentre en la posición en la que se le ubicó originalmente ya que se desplazará por el movimiento antes mencionado.

3.2.3 ALTERNATIVA POR SENSOR DE DISTANCIA

Luego de descartar la opción de realizar el control por medio de los finales de carrera debido a los inconvenientes que presenta; se comenzó a realizar un

análisis previo para estudiar la posibilidad de realizar dicho control por medio de un sensor de distancia; el procedimiento a seguir será el siguiente:

- Debido a los problemas encontrados anteriormente con la posición de los finales de carrera y la ubicación de la cámara; se debe encontrar el lugar adecuado para la posición del sensor, la cual, debe tener una base fija, sin vibraciones y sobretodo una correcta protección contra el material que arroja la máquina.
- Después de hallar la posición adecuada del sensor vamos a realizar un análisis de cómo se obtendrá la señal. Cuando la máquina se encuentra en funcionamiento; el mandril en su movimiento se proveerá de pasta en cada vuelta dada, esto hará que su diámetro aumente haciendo que se desplace verticalmente como se mencionó antes; una vez que la lámina haya alcanzado su espesor adecuado el mandril se desplazará cierta distancia haciendo que de esta manera, el sensor capte la señal requerida.
- La señal será recogida por medio de una DAQ para luego ser procesada en un computador por medio de Labview para luego enviarla al PLC como indicación de que la lámina ya alcanzó el espesor adecuado.
- Luego de que el PLC haya recibido la señal el proceso irá a la siguiente etapa para la previa obtención de la lámina.

VENTAJAS:

- La señal será procesada en Labview, esto me permitirá una mayor flexibilidad al momento de manejar los datos, a más de esto se podrá

realizar un HMI para que el operario pueda controlar dicho espesor por medio de la computadora.

- El control en tiempo real del espesor por medio de la computadora, en este caso solo se deberá variar el dato que se quiere obtener y no variar la posición original del sensor.
- La señal no dependerá de los movimientos bruscos que realiza el mandril, ya que la etapa de sensado comenzará cuando el movimiento del mismo sea uniforme, esto me permitirá que el sensor este ubicado desde el principio hasta el final en la posición original.
- El sensor nunca estará en contacto con la máquina, por lo tanto el mismo no dependerá de los movimientos bruscos que la misma realice al momento de ponerla en marcha.
- La base que contiene al sensor debe ser desmontable, esto permitirá que el mantenimiento de la máquina se lo puede realizar sin problema alguno.

DESVENTAJAS:

- La máquina puede funcionar con cuatro mandriles diferentes, esto hará que la posición del sensor no sea la misma para cada mandril (la solución ante esto será proveer a la base que contenga al sensor con 3 ejes de desplazamiento).

3.3. DISEÑO DE LA ETAPA DE SENSADO

3.3.1. FACTORES PARA LA ELECCIÓN DEL SENSOR

Una vez elegida la solución para el medidor de espesor automático, se procede a elegir el sensor correcto para esta aplicación, para lo cual se tiene que tomar en cuenta varios factores que son:

- **DISTANCIA Y PRECISIÓN**

El espesor de las placas de fibrocemento oscilan entre 3 a 20 mm , razón por cual se necesita un sensor de corta distancia, y una precisión que sea de milímetro a milímetro con un rango de error muy pequeño

- **POLVO Y AGUA**

Debido a la materia prima de las láminas de fibrocemento, el ambiente de la fábrica es lleno de polvo y agua, por tal razón, el sensor tiene que ser inmune a estos dos factores ambientales.

- **ILUMINACIÓN**

La iluminación del lugar en donde va ser instalado el sistema, varía mucho, ya que se tiene tanto iluminación artificial y la natural, por lo tanto se debe elegir un sensor en el que no le afecte la variación de luxes.

- **POSICIÓN Y DIMENSIONES**

En la máquina de formación tan solo existen espacios pequeños en donde se podría colocar el sensor, por lo cual sus dimensiones no deben ser tan grandes y debe abarcar tanto el emisor y el receptor en uno solo, para que no interrumpa el trabajo del operario y de la maquinaria.

- **TIPO DE SEÑAL**

Para mayor precisión en los datos que envíe el sensor, se prefiere un tipo de señal analógica, ya que con este no se tiene ningún dato perdido.

3.3.2. CARACTERÍSTICAS DEL SENSOR MEDIDOR DE DISTANCIAS

Los factores que fueron mencionados en los párrafos anteriores son los más sobresalientes, por tanto después de considerar cada uno de estos, se procedió a la elección del sensor que a continuación se detalla.

- **TIPO DE SENSOR:** Medidor para Distancias
- **MARCA:** PEPPERL+FUCHS
Empresa líder en automatización e instrumentación en el mundo
- **SERIE:** VDM18-100/32/105/122
- **RANGO DE OPERACIÓN:** 30 a 100 mm
Es ideal para la aplicación a implantarse, ya que es de corta distancia por ser un sensor láser difuso. La zona muerta es de 0 a 29 mm
- **RANGO DE MEDICIÓN:** 70mm
- **PROCESOS DE MEDICIÓN :** Triangulación de láser
Proyecta un haz de luz sobre la superficie a medir, este haz es reflejado en el fotodetector del aparato con un cierto ángulo de inclinación, que variará en función de la distancia medida.
- **ERROR DE LINEALIDAD:** < 0,25 % del rango de medición
La ventaja de esta característica del sensor es de mucha ayuda, ya que con esto no hace falta linealizarlo mediante filtros o capacitores físicos.
El error es menor de 0.175 mm, es muy pequeño, por tanto se lo puede corregir mediante software.
- **LÍMITE DE LUZ EXTRAÑA** ≤ 5000 Lux

Aunque el rango de luz que le afecta al sensor es muy elevada para el ambiente de la fábrica, se debe tomar en consideración algún cambio repentino de luxes, buscando una solución para ello y así evitar lecturas falsas.

- **RESOLUCIÓN:** < 0,1 % del rango de medición

Esta es la característica más importante del sensor mencionado, ya que tiene una precisión muy buena para la aplicación, es decir, el incremento más pequeño que permite diferenciar una lectura de otra será menor a 0.07 mm

- **INFLUENCIA DE LA TEMPERATURA:** < 0,02% /°C
- **SALIDA DE MEDICIÓN:** 1 salida analógica 4 ... 20 mA, a prueba de cortocircuito/sobre-carga , Rmax = 500 Ohm
- **TIEMPO DE RESPUESTA:** 0,4 ms
- **PROTECCIÓN:** IP 67

Protección fuerte contra polvo y agua



Figura III-53. Sensor de proximidad

FUENTE: GOOGLE

Los demás datos del sensor se encuentran en el datasheet del mismo. Anexo 7

3.3.3. CONEXIÓN ELÉCTRICA DEL SENSOR VDM18-100/32/105/122

3.3.3.1. DATOS ELÉCTRICOS

- **TENSIÓN DE TRABAJO:** 18 ... 30 VCC
- **CORRIENTE EN VACÍO:** 40 mA a 24 V CC
- **SEÑAL DE SALIDA Q:** 1 salida PNP, prot. ctra. cortocircuito, prot. ctra. inversión de polaridad, colector abierto
- **CORRIENTE DE CONMUTACIÓN** máx. 100 mA
- **ENTRADA DE CONTROL:** Láser off (HIGH +UB) ,
Cierre de teclado (LOW 0 V)
Trabajando, abierto
- **SALIDA DE MEDICIÓN:** 1 salida analógica 4 ... 20 mA, a prueba de cortocircuito/sobre-carga , **Rmax = 500 Ohm**
- **FRECUENCIA DE CONMUTACIÓN:** $f = 1 \text{ kHz}$
- **TIEMPO DE RESPUESTA** 0,4 ms

3.3.3.2. DIAGRAMA DE CONEXIÓN

Como se puede ver en la figura 54 , la conexión eléctrica del sensor debe ser la siguiente manera:

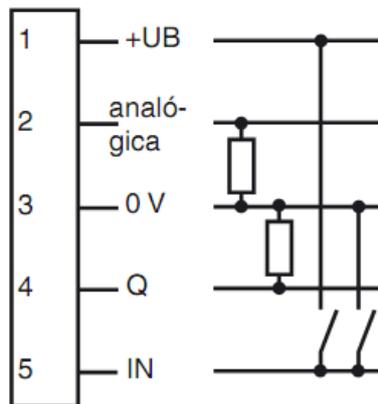


Figura III-54. Conexión eléctrica del sensor

FUENTE: GOOGLE

- **+UB: TENSIÓN DE TRABAJO: 24 V**

En este caso se alimentará al sensor con una fuente de las siguientes características:

- ✓ **Tipo de alimentador:** Por impulso
- ✓ **Potencia:**120W
- ✓ **Tensión de salida:** 24V CC
- ✓ **Corriente de salida :** 5A
- ✓ **Tensión de alimentación :** 85...264 / 176...500V CA
- ✓ **Para aplicaciones industriales:** El sensor a pesar de que tiene circuito de protección, en el diseño se lo protegió con un relé de 24 VCC y un fusible de 1 amperio



Figura III-55. Fuente Siemens 5ª

FUENTE: GOOGLE

✓ **ANÁLOGICA:** Está es la salida que se utilizó, entrega corriente de 4 a 20 mA

✓ **GND : 0 V**

Entre la salida analógica y tierra se pone una carga en paralelo para que exista una caída de voltaje, y obtener datos en voltios y no en corriente.

✓ La salida Q y la entrada de control IN , que son las 4 y 5 respectivamente, en el diseño no se utiliza ya que la primera es una salida digital y la segunda es para seleccionar tres opciones que son

Desactivar el láser: Cuando se encuentra conmutado a +UB

Bloquear el teclado: Se conecta a 0 V

Modo de trabajo continuo: Por defecto se encuentra el sensor en este estado, es decir no tiene ninguna conexión.

El sensor viene con un conector macho M12 x 1, 5 polos

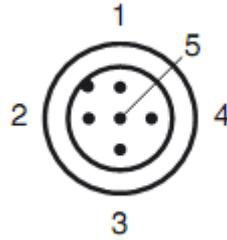


Figura III-56. Conector macho M12 x 1, 5 polos

FUENTE: GOOGLE

A este se lo une con el conector hembra M12, 5 polos, que viene incluido los 5 cables recubiertos de aproximadamente 2 metros, soporta una tensión de máximo 125 V, y corriente de 4 A. Las demás características se las observa en el datasheet (Anexo 7)

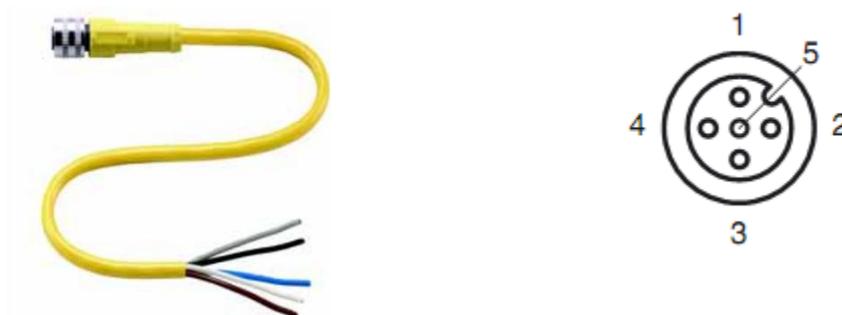


Figura III-57. Conector hembra

FUENTE: GOOGLE

Los colores de los cables que corresponden a cada entrada o salida del sensor son así:

- **Marrón:** 24 V
- **Blanco:** Salida Analógica de 4 a 20 mA
- **Azul:** GND
- **Negro:** Salida Digital
- **Gris:** Entrada de Control

Como la distancia del tablero de control es de más de 2 metros, se extendió el cable de manera que pueda llegar sin problemas al lugar donde se colocó el sensor.

3.3.4. ACONDICIONAMIENTO Y ADQUISICIÓN DE SEÑAL DEL SENSOR

La señal que se adquirió es una analógica de 4 a 20 mA, por consiguiente para medir corriente con un dispositivo de adquisición de datos DAQ, se necesita una resistencia o una carga menor de 500Ω

El valor definido de la resistencia para la DAQ 6009 es de 249Ω , como no existe ninguna resistencia comercial de dicho valor, se hizo una conexión de resistencias en serie, la desventaja fue que se perdía corriente, por lo tanto se optó por un potenciómetro de precisión giratorio de 500Ω .

La conexión se ilustra en la siguiente figura:

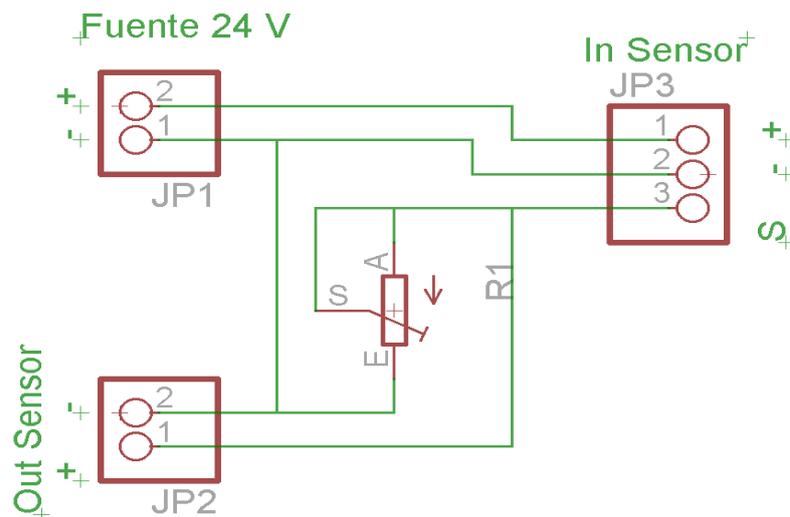


Figura III-58. Conexión del sensor de proximidad
Fuente: Los Autores

El potenciómetro se encuentra en paralelo a la salida analógica y la tierra del sensor, para que de esta forma exista una caída de tensión, y el valor medido sea voltaje.

Del out sensor se conectó en forma diferencia en la DAQ, así:

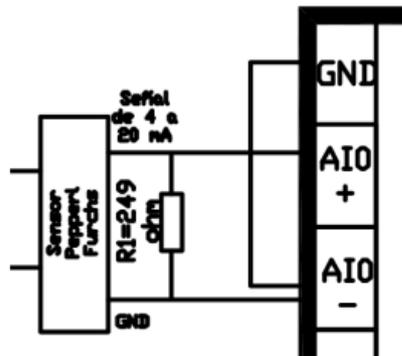


Figura III-59. Conexión del sensor a la DAQ
Fuente: Los Autores

Para que las conexiones sean robustas y seguras, se modeló la placa en EAGLE, para así obtener el circuito impreso y montar el diseño en una baquelita, quedando de la siguiente manera:

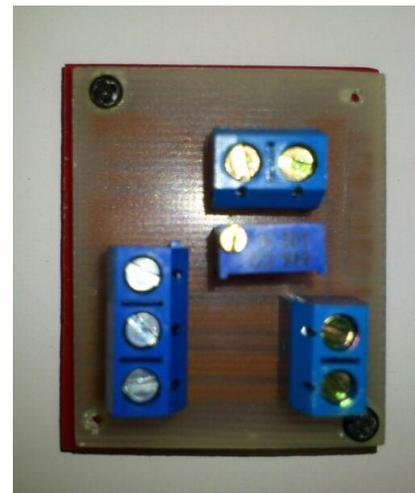
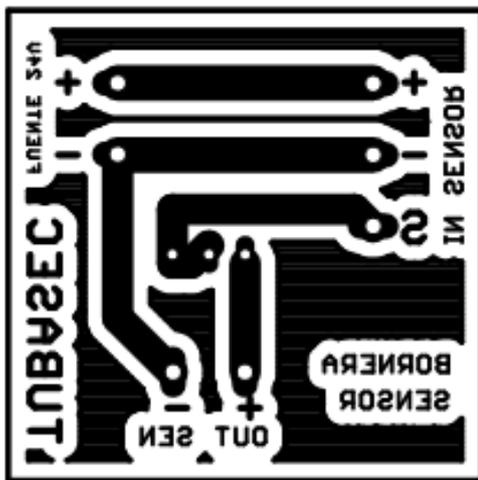


Figura III-60. Placa PCB para conexión de sensor
Fuente: Los Autores

La implementación física en el tablero se muestra en la siguiente figura:

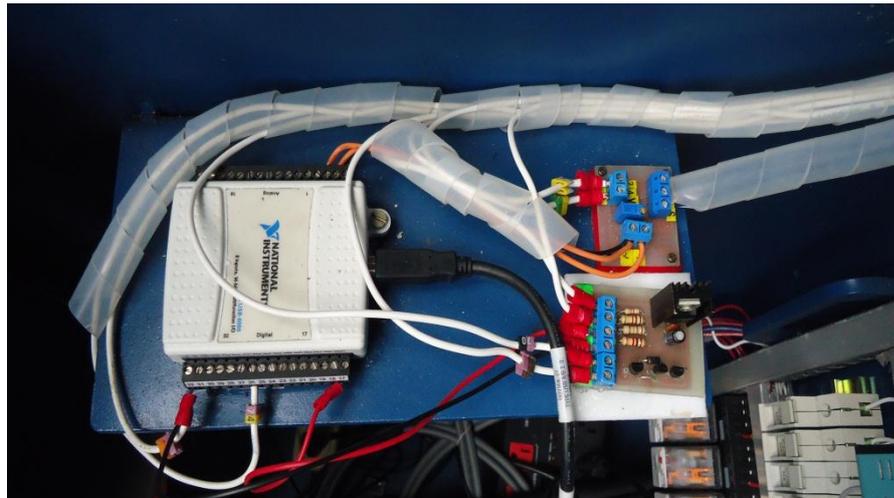


Figura III-61. Implementación física de la DAQ
FUENTE: LOS AUTORES

Una vez implementadas las conexiones físicas de acondicionamiento del sensor, se procedió a adquirir la señal mediante Labview 2011.

- Click derecho en la pantalla del Block Diagram → Measurement I/O → NI-DAQmx → DAQ Assistant

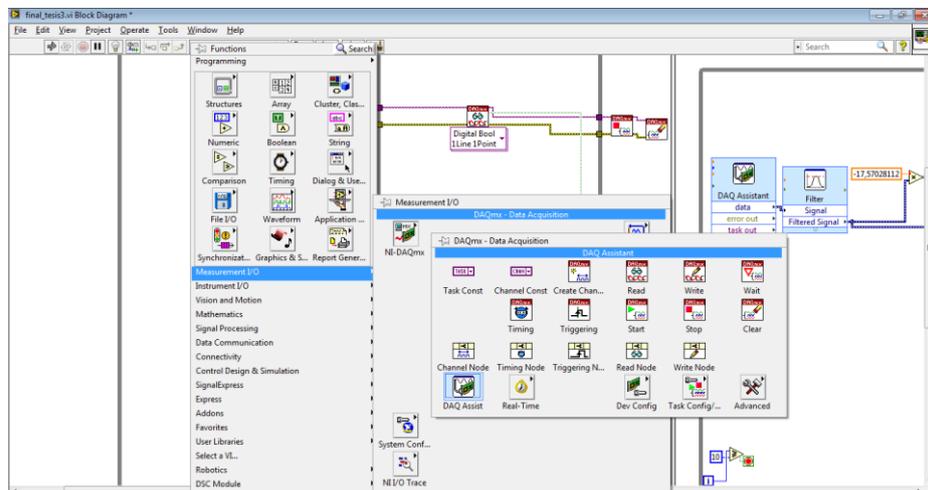


Figura III-62. Interfaz LabVIEW
FUENTE: LOS AUTORES

- Acquire Signals → Analog Input → Voltage

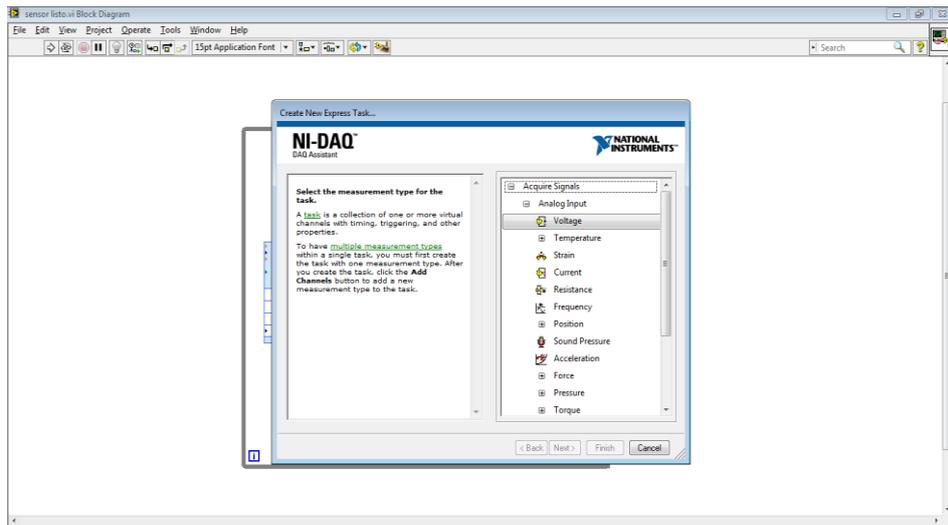


Figura III-63. Configuración DAQ LabVIEW
FUENTE: LOS AUTORES

- Se elige el canal por donde se va adquirir la señal, en este caso la Entrada Analógica 0, también se configura los límites máximo y mínimo del dato.

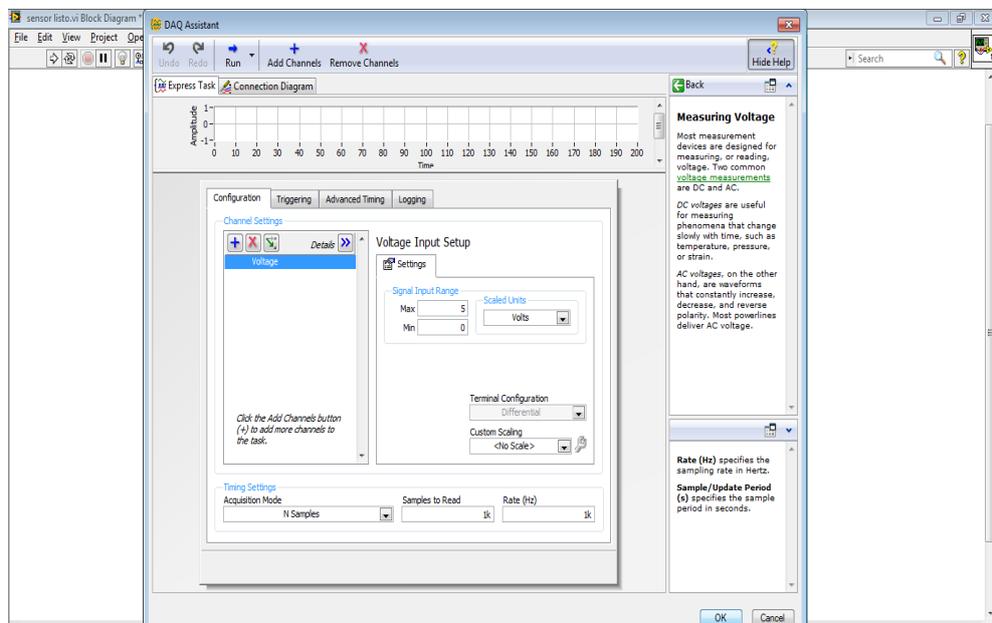


Figura III-64. Configuración entrada DAQ
FUENTE: LOS AUTORES

- A continuación se coloca un while para q cada cierto tiempo me adquiriera el valor, además de ello un filtro pasabajos para que limpie el error de la señal.

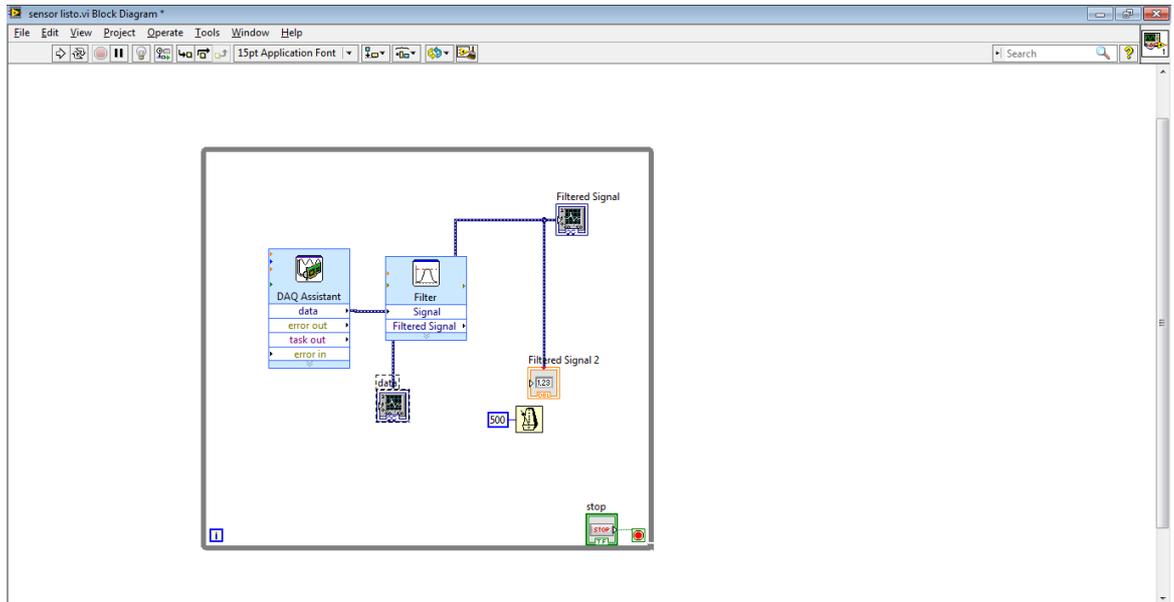


Figura III-65. Filtro pasabajos LabVIEW
FUENTE: LOS AUTORES

De esta forma se obtiene el voltaje se puede observar que el filtro pasabajo ayuda mucho al dato, ya que filtra los picos de voltaje que existen.

Para una mejor precisión en los datos es conveniente encender al sensor 5 minutos antes de que empiece a operar.

3.3.5. LINEALIZACIÓN DE LA SEÑAL DEL SENSOR

El dispositivo DAQ lee la caída de tensión en la resistencia de 249Ω R_p , usando la ley de Ohm.

Debido a que la corriente es de 4-20 mA y R_p es 249Ω , rangos de V de 0,996 V a 4,98 V, lo que está dentro del rango que dispositivos DAQ puede leer.

Aunque la ecuación es útil para calcular la corriente, la corriente suele representar una cantidad física que desea medir. En la siguiente ilustración, la distancia es de 30 a 100 milímetros, 4 mA representa 100 mm, y 20 mA representa 30mm, I es la corriente y D es la distancia, donde su ecuación es:

$$\text{Distancia} = -4.375(\text{Corriente}) + 117.5 \quad (1)$$

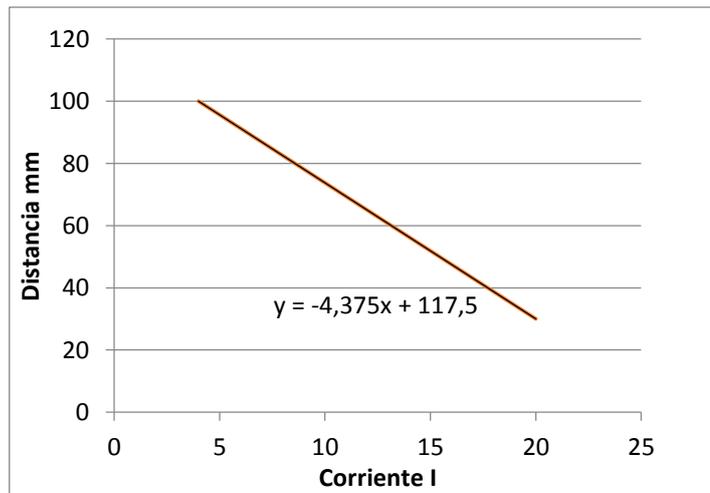


Figura III-66. Curva de linealización del sensor por datasheet

FUENTE: LOS AUTORES

Para la linealización se utilizó dos métodos que son explicados a continuación

1. Se tomó muestras de varios datos, con un calibrador se midió la distancia y según esto se observaba el voltaje que enviaba, obteniendo los siguientes datos:

Voltaje	Distancia
4,95	30
4,9	31
4,69	35
4,42	40
4,13	45
3,85	50
3,57	55
3,29	60
3,01	65
2,71	70
2,44	75
2,15	80
1,87	85
1,58	90
1,29	95
1	99
0,99541	100

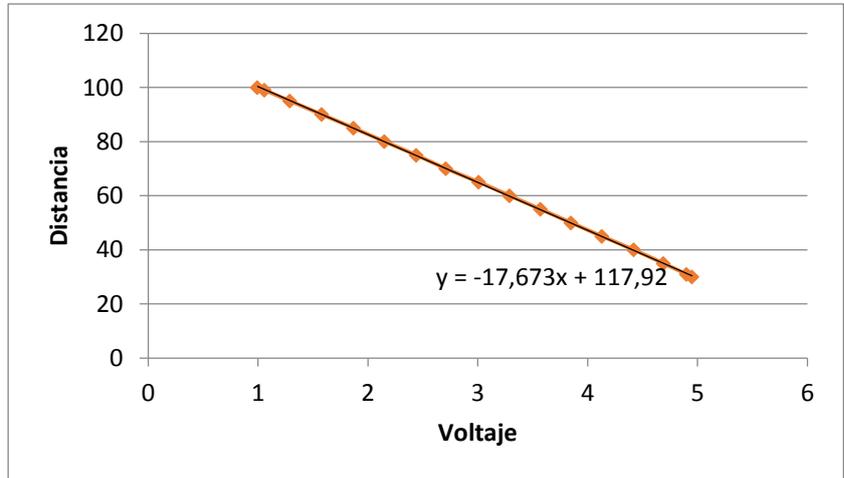


Figura III-67. Curva de linealización del sensor por datos reales
FUENTE: LOS AUTORES

Con los datos obtenidos se encuentra la ecuación de linealización (2)

$$\text{Distancia} = -17.673(\text{Voltaje}) + 117.92$$

2. El segundo método es el más eficiente, ya que la ecuación se deduce desde la Ley del Ohm

$$V = I \times R$$

Aplicando en la ecuación (1) la Ley de Ohm, y la resistencia de 249Ω que se encuentra en paralelo, se deduce la siguiente ecuación:

$$\text{Distancia} = \frac{-4.375(\text{Voltaje})}{\text{Resistencia}} + 117.5$$

$$\text{Distancia} = \frac{-4.375(\text{Voltaje})}{0.249} + 117.5$$

$$\text{Distancia} = -17.57028112(\text{Voltaje}) + 117.5 \quad (3)$$

Matemáticamente la diferencia entre las ecuaciones 2 y 3, no es tan alta, pero en la práctica si existe cambios de datos, siendo la más eficiente la ecuación deducida con la Ley de Ohm, que fue utilizada en LabVIEW para obtener la distancia, como se observa en la siguiente ilustración

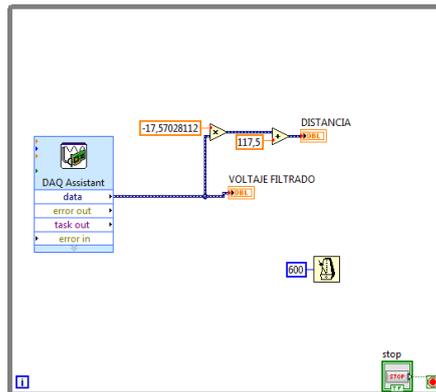


Figura III-68. Programación ley de OHM
FUENTE: LOS AUTORES

3.3.6. DISEÑO DE BASES PARA EL POSICIONAMIENTO DEL SENSOR

Para el posicionamiento del sensor se construyó un brazo, tomando en cuenta los siguientes aspectos:

- El espacio donde se ubicó el brazo es en donde no dificulta al operario en su labor, ya que como primera opción se tenía un brazo el cual interrumpía en el proceso de corte, además de ello producía mucho movimiento de las bases.



Figura III-69. Bases de sensor
FUENTE: LOS AUTORES

- El material fue robusto para que no provoque ninguna vibración
- Las dimensiones con las que fueron diseñadas dependen del diámetro del cilindro motriz por lo cual las bases poseen ejes de desplazamiento para la correcta ubicación del sensor.

- En la parte final del brazo se colocó una bisagra para que el sensor pueda ser acomodado en forma perpendicular a la zona de contacto como lo dice en el datasheet.

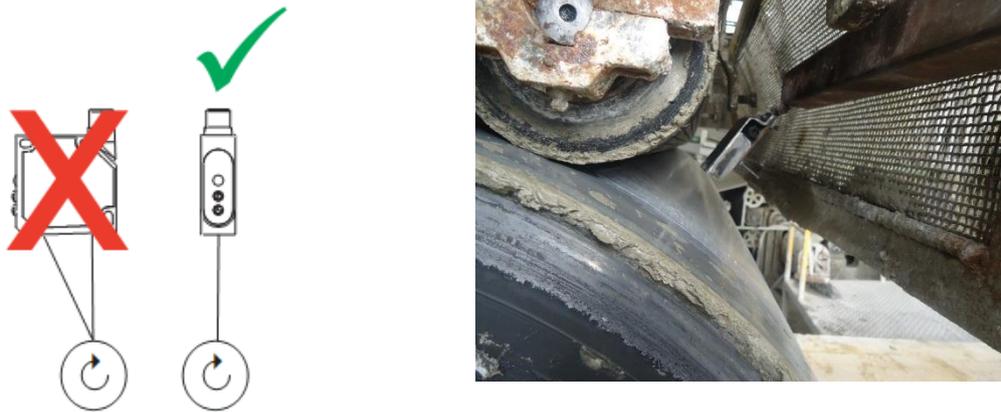


Figura III-70. Ubicación del sensor
FUENTE: LOS AUTORES

- Además de ello se protegió al sensor con una caja contra golpes, de esto ayuda a un mejor sensado debido a que no le afecta la luz.

3.4. DISEÑO DE LA ETAPA DE CONTROL

3.4.1. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL

Para la solución del problema se utilizó un sistema de control en lazo cerrado; como se dijo anteriormente en este sistema solo actúa el proceso sobre la señal de entrada y da como resultado una señal de salida que no depende necesariamente de la señal de entrada, pero si se basa en la primera. Por ende no hay retroalimentación hacia el controlador para que se pueda ajustar la

acción de control; es decir la señal de salida no se convierte en señal de entrada para el controlador.

Ahora bien, el proceso central comienza siempre regido por el PLC como se explicará más adelante, en un momento determinado se enviará una señal a la DAQ para indicar que el proceso de sensado debe iniciar.

La DAQ recibe la señal enviada por el PLC y esta es procesada en Labview para comenzar el proceso de sensado; una vez que la lámina ha alcanzado el espesor que se espera Labview envía una señal de retorno hacia el PLC para indicarle al mismo que se ha alcanzado el objetivo y por lo tanto pasar a la siguiente etapa del proceso.

Cuando el PLC recibe la señal enviada por la DAQ este se encarga de encender el espacio del fieltro en donde se retira por medio de agua la pasta que aún viene ubicada en la misma.

Además de esto se enciende también la sirena para indicar al operario que el motor que mueve al mandril se detendrá en los próximos segundos y deberá retirar la lámina obtenida para que el proceso comience nuevamente.

3.4.2. IMPLEMENTACIÓN DEL TABLERO ELÉCTRICO PARA EL PLC

El tablero que se encontraba implementado para el funcionamiento de la máquina se lo va a conservar, pero se implementará un nuevo tablero el cual contendrá relés que recibirán las señales enviadas por el PLC de acuerdo al programa, activando de esta manera los contactores del tablero antes mencionado.

Cada señal de salida tendrá un relé para su funcionamiento, lo que me permitirá activar o desactivar el contactor correspondiente a cada elemento de la máquina según el proceso.

A continuación vamos a detallar como se encuentra implementado el tablero del PLC.

- **FUENTE DE 24 VOLTIOS**

La fuente que se encuentra ubicada en el tablero es una fuente Siemens de 24 V de salida, la cual me servirá para la alimentación del PLC, del sensor y de los otros circuitos utilizados en el sistema, (figura 71).

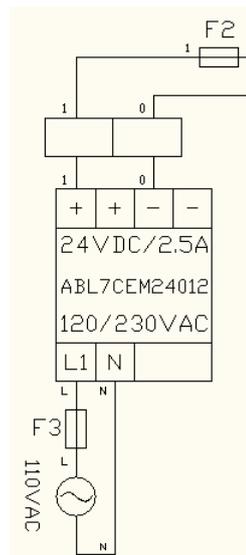


Figura III-71. Fuente de 24 V
FUENTE: LOS AUTORES

Como se puede ver en la figura, la fuente se encuentra alimentada por 110 V que pasan primero por un fusible para su debida protección.

Además de esto a la salida de la fuente tenemos otro fusible para proteger al PLC y al módulo de expansión.

Se encuentra en la salida Q0 del PLC, el circuito posee un relé para la activación de la luz piloto.

- **MOTOR DE 10 HP**

Este circuito posee un relé y un fusible para su debida protección tal y como se muestra en la figura 74, una vez dado el pulso de inicio el motor comenzará a girar.

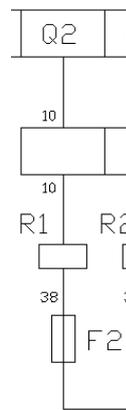


Figura III-74. Circuito para el motor de 10 HP
FUENTE: LOS AUTORES

Cuando el PLC envía la señal por la salida Q2 se activará el relé el cual a su vez alimentará la bobina del contactor para que el motor comience a funcionar y de esta manera mover el mandril.

- **APORTE DE PASTA**

El PLC al enviar una señal por Q2 también la enviará por Q3; abriendo de esta manera una válvula neumática; la cual permitirá pasar pasta hacia los preagitadores.

El circuito posee un fusible para la protección y un relé que alimentará la bobina del contactor cuando esta se deba activar o desactivar, (figura 75).



Figura III-75. Circuito del aporte de pasta

FUENTE: LOS AUTORES

- **INICIO DE SENSADO**

Una vez que el mandril ha comenzado a moverse para retirar la lámina que ya se encuentra en el mismo, el PLC enviará una señal por Q4 para que el relé se cierre y posteriormente dejar pasar 5 V hacia uno de los puertos de la DAQ; esta señal es procesada dentro de Labview y comenzará la etapa de sensado de la siguiente lámina.

Una vez que se ha conseguido el espesor deseado Labview retornará una señal hacia el PLC indicándole que pase a la siguiente etapa.

El circuito posee un fusible para proteger a la DAQ ante una posible descarga y su respectivo relé como se muestra en la figura 76.

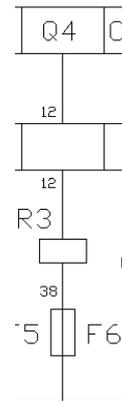


Figura III-76. Circuito para inicio de sensado
FUENTE: LOS AUTORES

- **BAJADA DE EQUIPO**

Una vez que la lámina ha sido retirada del mandril se aplica una presión sobre este para que descienda y pueda regresar a su posición original y la primera capa de pasta se adhiera de la manera más adecuada.

Esta presión aplicada está dentro del rango de 600 a 700 psi; por un tiempo de 5 segundos para luego liberarse y dejar la presión debida solo al mandril y su movimiento.

El circuito tal y como se muestra en la figura 77 posee un fusible para protección y un relé que alimentará a la bobina del contactor para activar el solenoide del pistón hidráulico, la señal se enviará por Q5.

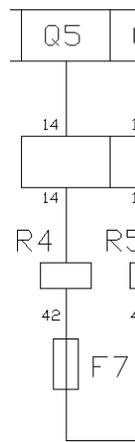


Figura III-77. Circuito de la Bajada de equipo
FUENTE: LOS AUTORES

- **BOBINA DE ALARMA**

Cuando el sensor ha retornado ya la señal de que la lámina alcanzó el espesor deseado; el PLC pasará a la siguiente etapa en donde en donde enviará una señal por Q6.

Esta señal activará al relé que a su vez alimentará la bobina del contactor para activar la alarma por un tiempo determinado; esto indicará al operario que en los próximos segundos el mandril se detendrá para que la lámina sea extraída del mismo.

El circuito posee un fusible para proteger la alarma ante posibles descargas y un relé que activará al contactor respectivo como se muestra en la figura 78.

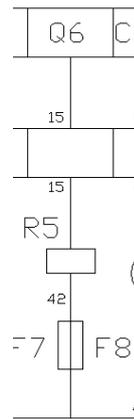


Figura III-78. Circuito de la alarma
FUENTE: LOS AUTORES

- **ESPACIO DEL FIELTRO**

Cuando el PLC activa la alarma al mismo tiempo activa también el espacio del fieltro enviando una señal por Q7.

Este espacio hace que se abra un pistón neumático para permitir el paso de agua a una cierta presión y retirar la pasta que se encuentra adherida al fieltro, para que de esta manera el mismo llegue sin pasta hacia el mandril.

El circuito posee un fusible para proteger al solenoide del pistón contra posibles descargas y un relé que activará al contactor; el mismo que activará y desactivará el pistón, (figura 79).

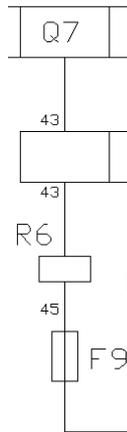


Figura III-79. Circuito del espacio del fieltro
FUENTE: LOS AUTORES

- **LUZ DE RESET**

Existen momentos en los que la máquina falla, la pasta sale con la densidad inadecuada o simplemente quieren cambiar de mandril es ahí cuando entra en funcionamiento el tableros de mando,

Por ende esta luz nos indica que se le dio un reset al programa del PLC para que el mismo vuelva a correr el desde el inicio.

Cuando se le da un reset al programa el PLC, este envía una señal de confirmación por Q1.0 encendiendo la luz piloto.

Este circuito como se muestra en la figura 80, posee un relé que activará a la luz piloto.

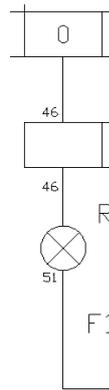


Figura III-80. Circuito de la luz de reset
FUENTE: LOS AUTORES

- **RELE TM**

El proceso en ciertas etapas necesita de tiempos en los accionamientos, como por ejemplo: que el espacio del fieltro se prenda luego de un determinado tiempo o el mismo se quede encendido para aumentar el espacio, así como variar el tiempo de la bajada de equipo.

Es por esto que dentro del programa del PLC este envía señales en los momentos adecuados por la salida Q1.1 para activar el relé que alimentará a las bobinas de los contactores que contienen a los on delay's.

El circuito como se muestra en la figura 81, posee un fusible para proteger en posibles descargas y un relé que activará a las bobinas de los contactores.

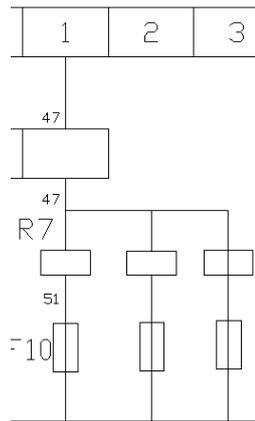


Figura III-81. Circuito de Relé TM
FUENTE: LOS AUTORES

- **LUZ DE CORTE**

Cuando el mandril se detiene quiere decir que la lámina esta lista para ser cortada, el PLC envía una señal por Q1.4 para indicar al operario que tome la siguiente acción.

Este circuito como se muestra en la figura 82 está formado por una luz piloto y un relé para su activación.

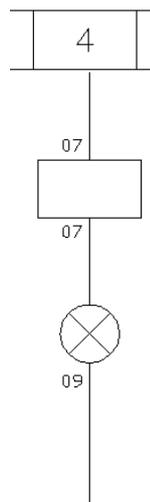


Figura III-82. Circuito de la luz de corte
FUENTE: LOS AUTORES

- **P1**

Cuando se va a poner en funcionamiento la máquina o luego de dar un reset es necesario presionar siempre P1 para indicarle al PLC que debe comenzar a ejecutar la secuencia del sistema.

Esta señal la recibe el PLC por I0; como se muestra en la figura 83.

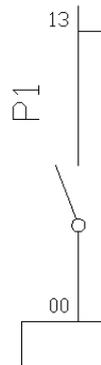


Figura III-83. Pulsador P1 para inicio
FUENTE: LOS AUTORES

- **RESET**

Como se mencionó anteriormente, este pulsador es de gran utilidad ya que la máquina puede fallar por varias razones, por lo cual es necesario comenzar a correr el programa desde el inicio.

Este pulsador envía la señal al PLC por I1, como se muestra en la figura 84, para que el mismo corra el programa desde el inicio.

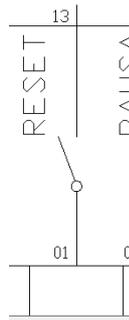


Figura III-84. Pulsador de reset
FUENTE: LOS AUTORES

- **SENSOR LISTO**

Cuando el sensor ha detectado el espesor de la lámina al que se quiere llegar, Labview envía una señal de retorno al PLC por I3, como se muestra en la figura 85, para que el mismo pase a la siguiente etapa y pueda continuar con el proceso.

Esta señal es enviada por la DAQ, luego pasa por una interfaz la cual activará un relé de estado sólido para activar la entrada del PLC; la interfaz usada se describirá más adelante.

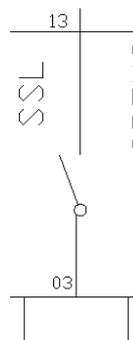


Figura III-85. Señal de sensor

FUENTE: LOS AUTORES

- **TM1**

Como se dijo anteriormente las señales de los relés temporizados se utilizan en diferentes etapas; el TM1 es la primera bajada de equipo y a este se le puede cambiar de acuerdo al diámetro de mandril a utilizar.

El on delay envía la señal por I4 como se muestra en la figura 86.

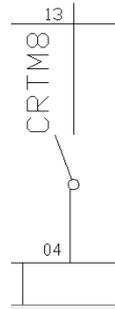


Figura III-86. Señal de TM1
FUENTE: LOS AUTORES

- **TM2**

El TM2 dentro del proceso nos sirve para cambiar la posición del fieltro, si el diámetro del mandril es pequeño el espacio deberá estar más cerca del mismo; pero si el diámetro es más grande en cambio el espacio deberá estar más alejado de este.

Esta señal la envía el on delay por I5 como se muestra en la figura 87.

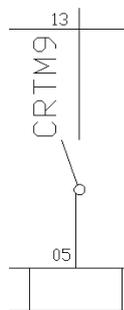


Figura III-87. Señal de TM2

- **TM3**

Esta señal es enviada al PLC para que se produzca una segunda bajada de equipo; esta segunda bajada me ayudará a que la lámina se compacte cuando se está formando en el mandril.

La señal es enviada por el on delay por I6 como se muestra en la figura 88.

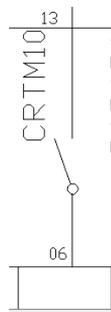


Figura III-88. TM3
FUENTE: LOS AUTORES

- **PARO DE EMERGENCIA**

Existen momentos en los que el operario necesita hacer un paro en el proceso, ya sea por quitar residuos, limpiar el mandril o porque el tiempo de corte de la lámina no es suficiente. Este botón es una ayuda para el operario ya que si se lo presiona el proceso se detendrá en la etapa en la que se encuentre y si se lo levanta el proceso continuará desde donde se quedó. El botón envía la señal por I7 hacia el PLC como se muestra en la figura 89.

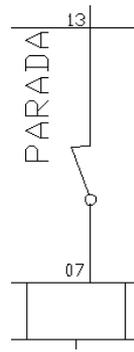


Figura III-89. Paro de emergencia.
FUENTE: LOS AUTORES

A continuación en la figura 90 se muestra la implementación física del circuito eléctrico del PLC.



Figura III-90. Implementación física circuito eléctrico PLC

3.4.3. ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES PLC-DAQ 6009

3.4.3.1 SEÑALES PLC-DAQ

Como se explicó anteriormente la salida del PLC me genera una señal de 110 V, pero si ingreso esto a la DAQ seguramente se averiaría.

Es por eso que fue necesario construir una interfaz que me permita ingresar solamente 5 V a la entrada de la DAQ; para lo cual se utilizó la misma fuente de 5 V que esta posee.

Las bobinas del relé para el inicio de sensado están alimentadas por 110 V esto quiere decir que cuando el PLC me envía la señal; el contacto NA se cerrará, y a este se le alimentó con 5 V.

Por lo cual cuando los contactos del relé están alimentados solamente con 5 V y la bobina es excitada con la señal del PLC solamente pasarán los 5 V necesarios para que ingrese la señal a la DAQ.

En la figura 91 se muestra el esquema de conexión.

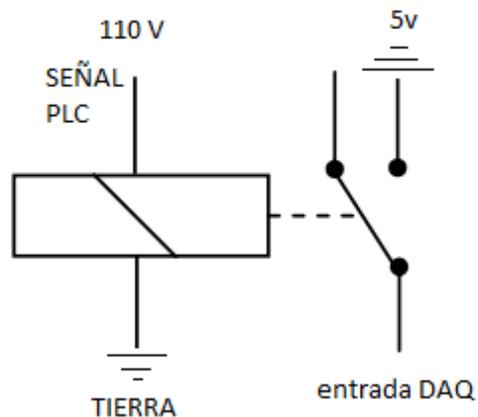


Figura III-91. Interfaz PLC-DAQ
FUENTE: LOS AUTORES

a señal de entrada a la DAQ está por el puerto P0.0 como se muestra en la figura 92.

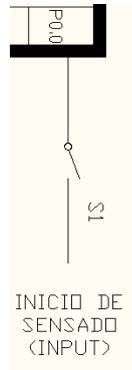


Figura III-92. Señal de entrada a la DAQ
FUENTE: LOS AUTORES

3.4.3.2 SEÑALES DAQ-PLC

Como se dijo anteriormente, cuando el sensor detecta el espesor antes programado o al que se desea llegar, Labview retorna una señal de salida para que esta ingrese al PLC y que el mismo pase a la siguiente etapa.

El voltaje de salida del puerto de la DAQ es de 5 V, suficientes para activar un relé de estado sólido y por medio de este excitar la bobina de un relé.

Ahora bien, uno de los problemas que se encontró fue que el amperaje arrojado por la DAQ es muy bajo y el relé de estado sólido no se activa para lo cual fue necesario realizar lo siguiente:

- I. La señal enviada por la DAQ servirá para activar la interfaz construida con un transistor, tal y como se muestra en la figura 92.

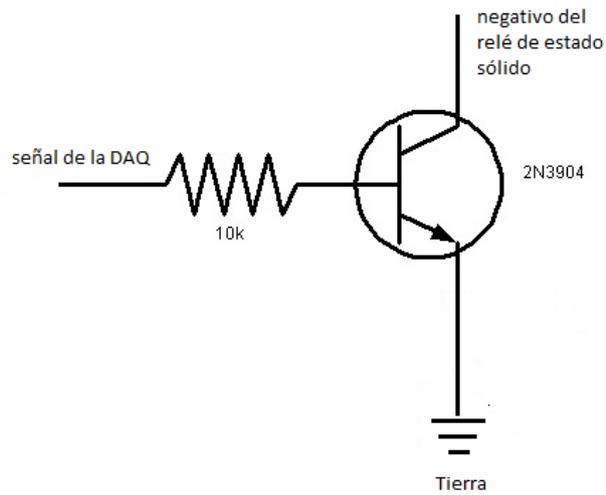


Figura III-93. Interfaz de puerta con 3904
FUENTE: LOS AUTORES

Cuando la DAQ me envía la señal a la base, el transistor funciona como un switch entre el colector y el emisor; de esta manera se conecta el negativo del relé de estado sólido a la tierra.

Esta salida se encuentra en el puerto P1.1 de la DAQ como se muestra en la figura 94.

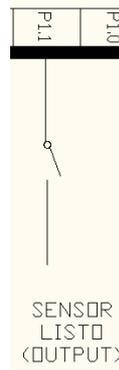


Figura III-94. Señal de salida de la DAQ
FUENTE: LOS AUTORES

- II. Se necesita alimentar el positivo del relé de estado sólido con un voltaje entre 3 y 32 voltios; para lo cual se toma los 24 V de la fuente y se lo lleva a un 7812; de esta manera se asegura el voltaje necesario para activar el relé de estado sólido.

Para asegurar que la corriente sea suficiente; se realizó una etapa Darlington tal y como se muestra en la figura 95.

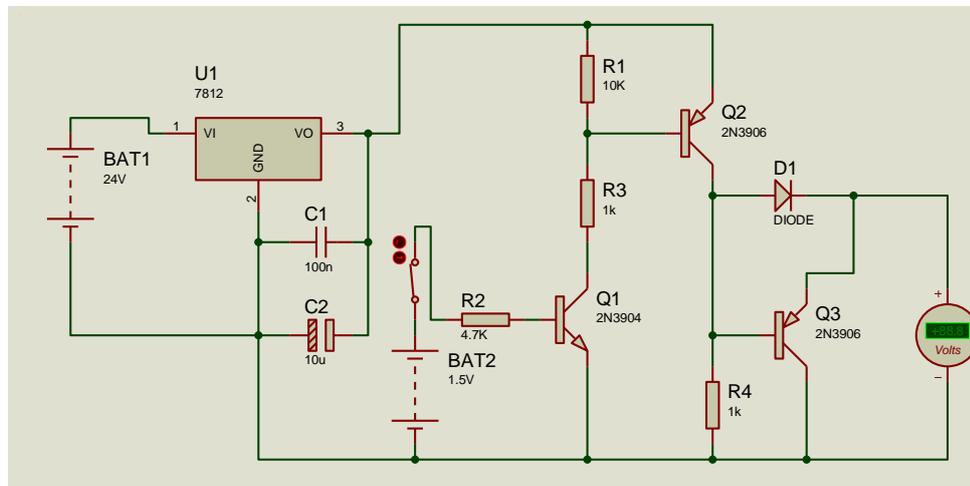


Figura III-95. Etapa Darlington
FUENTE: LOS AUTORES

La placa construida para ubicarla en el tablero fue la siguiente, (figura 96).

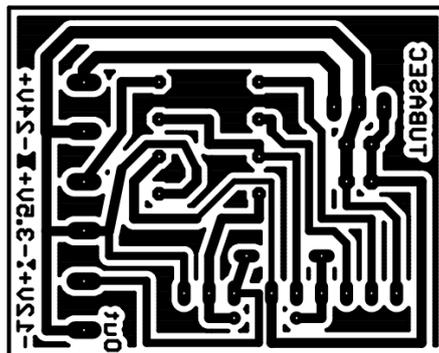


Figura III-96. Placa para activación de relé de estado sólido

Una vez activado el relé de estado sólido; este activará a su vez un relé para así ingresar el dato al PLC.

3.5 DISEÑO DEL SOFTWARE PARA EL CONTROL Y HMI

3.3.1. GRAFCET DEL PROGRAMA DEL PLC

Para desarrollar el grafcet que controla el proceso de la máquina, se detalla a continuación, tanto entradas como salidas del PLC.

ENTRADAS:

- INICIO: Comienzo del Programa
- RESET: Regresa al inicio desde cualquier punto del programa
- CORTE: Continúa con el proceso después del corte de la lámina, sirve de seguridad para el operario.
- SSL: Pulso que envía la DAQ cuando el espesor de la lámina está correcto.
- DELAY 1: Tiempo que envía el ONDELAY, para limpiar el espacio de fieltro.
- DELAY 2: Tiempo de primera bajada del pistón oleohidráulico para presionar el cilindro motriz
- DELAY 3: Tiempo de segunda bajada. Los tiempo de delays no se lo puede programar en el PLC mediante timers, ya que estos varían dependiendo del diámetro del cilindro motriz.
- RUN/STOP DEL PLC.

SALIDAS:

- LUCES PILOTO DE CORTE, INICIO Y RESET: Indicadores de funcionamiento

- MOTOR DE 10 HP: Mueve a cilindro motriz
- APORTE DE PASTA: Pistón que se abre o cierra el paso de la pasta para la lámina
- SENSAR: Señal a la DAQ para que empiece el sensado.
- BAJADA DE EQUIPO: Presiona al cilindro motriz
- ALARMA: Se activa cuando la lámina está lista para cortar.
- ESPACIO DE FIELTRO: Pistón que se abre o cierra el paso del agua para limpiar el fieltro.

La secuencia del proceso es la siguiente:

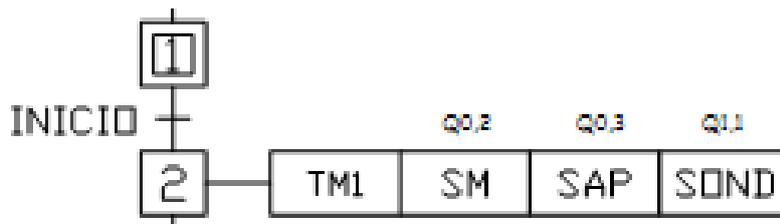


Figura III-97. Inicio de secuencia
FUENTE: LOS AUTORES

El proceso inicia con un pulsador, el cual activa el motor del cilindro motriz, el aporte de pasta, y los tiempos de 3 ondelay.

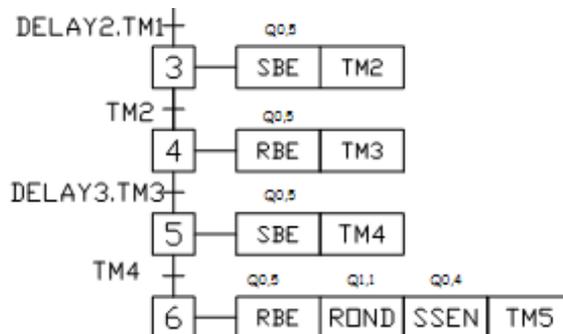


Figura III-98. Proceso del PLC
FUENTE: LOS AUTORES

En este

proceso

dependiendo de los tiempos de los ondelay 1 y 2, el pistón oleohidráulico, desciende dos veces para presionar al cilindro motriz,.

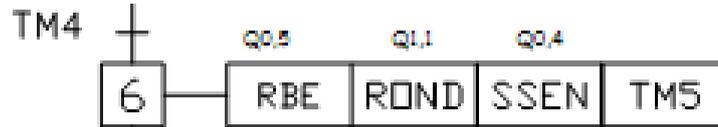


Figura III-99. Proceso del PLC
FUENTE: LOS AUTORES

Luego de que el cilindro motriz está bien posicionado, se apagan los ondelay, y manda el pulso a la DAQ para q empiece el sensado.



Figura III-100. Proceso del PLC
FUENTE: LOS AUTORES

El programa del sensado en LabVIEW envía un pulso ,SSL, a la entrada del PLC mediante la DAQ, cuando el espesor está correcto, encendiendo a la alarma y abriendo el pistón neumático para limpiar el fieltro por un tiempo de 5 segundos.

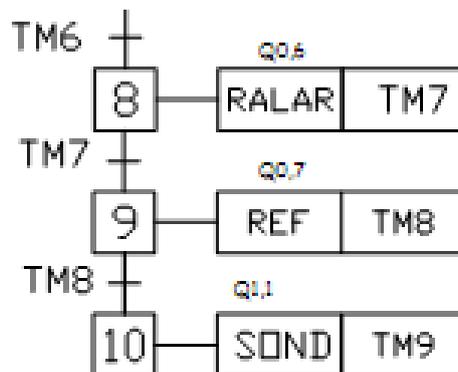


Figura III-101. Proceso del PLC
FUENTE: LOS AUTORES

Después apaga la alarma y apaga la electroválvula q controla el pistón neumático del fieltro, luego enciende otra vez los ondelay, siendo el DELAY 1, un tiempo en el que se separa el espacio limpio del fieltro y la otra lámina,



Figura III-102. Proceso del PLC
FUENTE: LOS AUTORES

A continuación, se apaga del motor del cilindro motriz, se cierra el pistón de aporte de pasta, y los ondelay se desactivan.

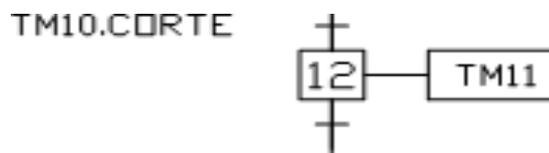


Figura III-103. Proceso del PLC
FUENTE: LOS AUTORES

Por último, se corta la lámina, en un tiempo de 6 segundos TM10, y para su seguridad presionan el pulsador **CORTE** para continuar la secuencia.

3.3.2. PROGRAMACIÓN DEL PLC

Las especificaciones del PLC que se utilizó para el control es:

- MARCA: Scheneider Electric

- TIPO: Modulable TWDLMDA20DRT
- ENTRADAS: 12 a 24V CC
- SALIDAS: 2 salidas de común negativo de transistor de 0.3 A 6 6 salidas de relé de 2A
- Bloques de Terminales: Tornillo Extraíbles

Las salidas del PLC no fueron suficientes, razón por cual se adquirió el módulo de ampliación con 16 entradas digitales 24V CC, 1 línea común, 8 salidas de relé a 2A, 2 líneas comunes, bloque de terminales de resorte no extraíble. La programación se realizó en TWIDO SUITE, con la herramienta LADDER. Las entradas y salidas del PLC se configuraron así:

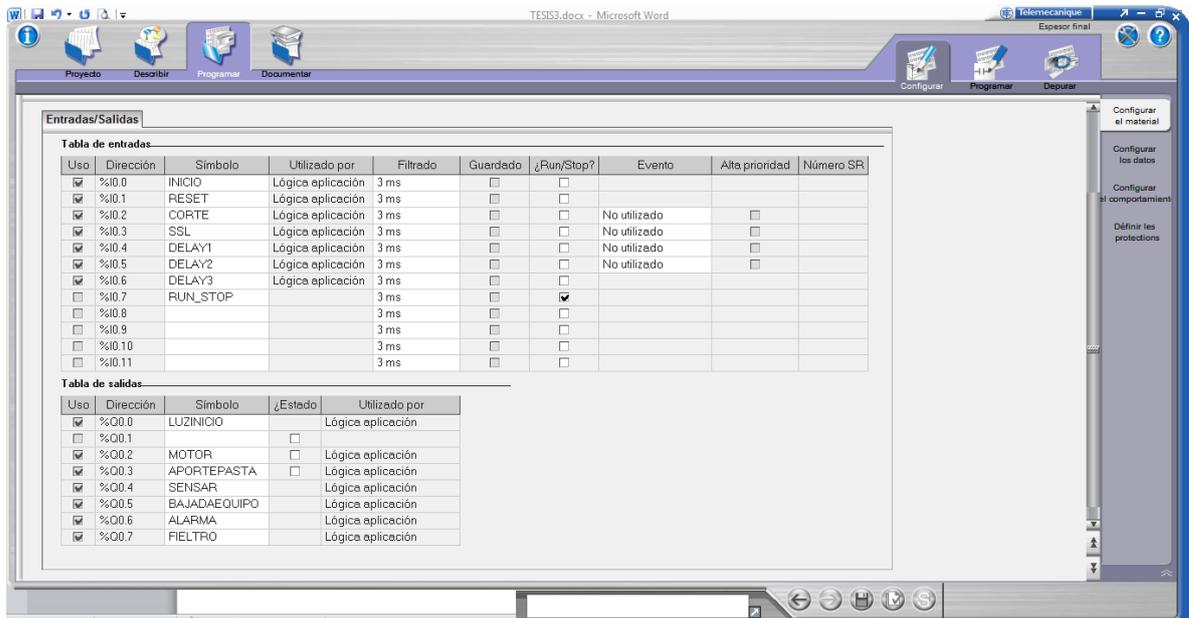


Figura III-104. Configuración TWIDO entradas y salidas
FUENTE: LOS AUTORES

La entrada %I0.7 es para el RUN/STOP del PLC.

En el módulo de ampliación se utilizaron las siguientes salidas:

Uso	Dirección	Símbolo
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.1.0	LUZCORTES
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.1.1	ONDELAY
<input checked="" type="checkbox"/>	%Q0.1.2	LUZRESET
<input type="checkbox"/>	%Q0.1.3	
<input type="checkbox"/>	%Q0.1.4	
<input type="checkbox"/>	%Q0.1.5	
<input type="checkbox"/>	%Q0.1.6	
<input type="checkbox"/>	%Q0.1.7	

Figura III-105. Configuración salidas

FUENTE: LOS AUTORES

Una vez configuradas las salidas y entradas, se programa el PLC, siendo lo más sobresaliente los que se describe a continuación:

- La programación se encuentra en ladder, por lo tanto para resetear el programa desde cualquier punto, al final de cada rung se coloca un contacto cerrado del RESET en serie y otro abierto en paralelo.

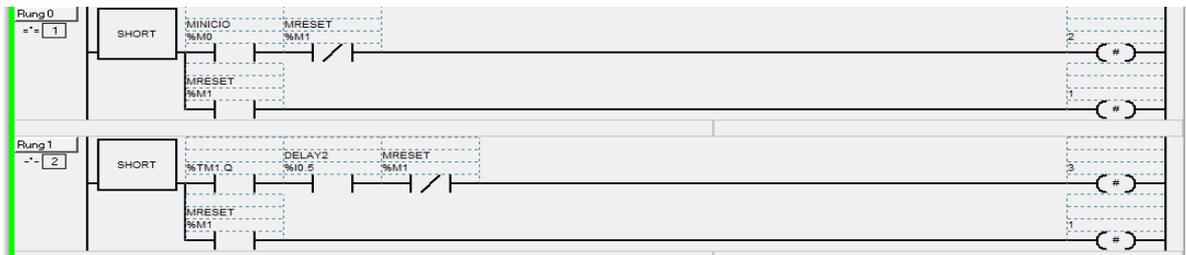


Figura III-106. Configuración Reset TWIDO

FUENTE: LOS AUTORES

El RESET se encuentra configurado de la siguiente manera,

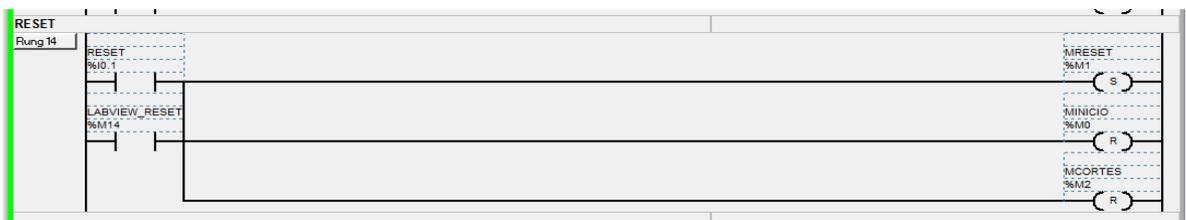


Figura III-107. Reset TWIDO

FUENTE: LOS AUTORES

Cabe recalcar, que al momento de resetear una bobina, se debe poner en paralelo al contacto que activa un reset, para que regrese a su estado inicial.

Se han asignado memorias a cada una de las salidas y pulsadores con el fin de controlar por Labview mediante OPC Server.

3.3.3. PROGRAMACIÓN DEL SENSADO E INTERFAZ HOMBRE- MAQUINA

La programación de los sensores se realizó en LabVIEW, ya que la adquisición de datos fue mediante una DAQ.

En el siguiente diagrama de flujo se explica el algoritmo de programación:

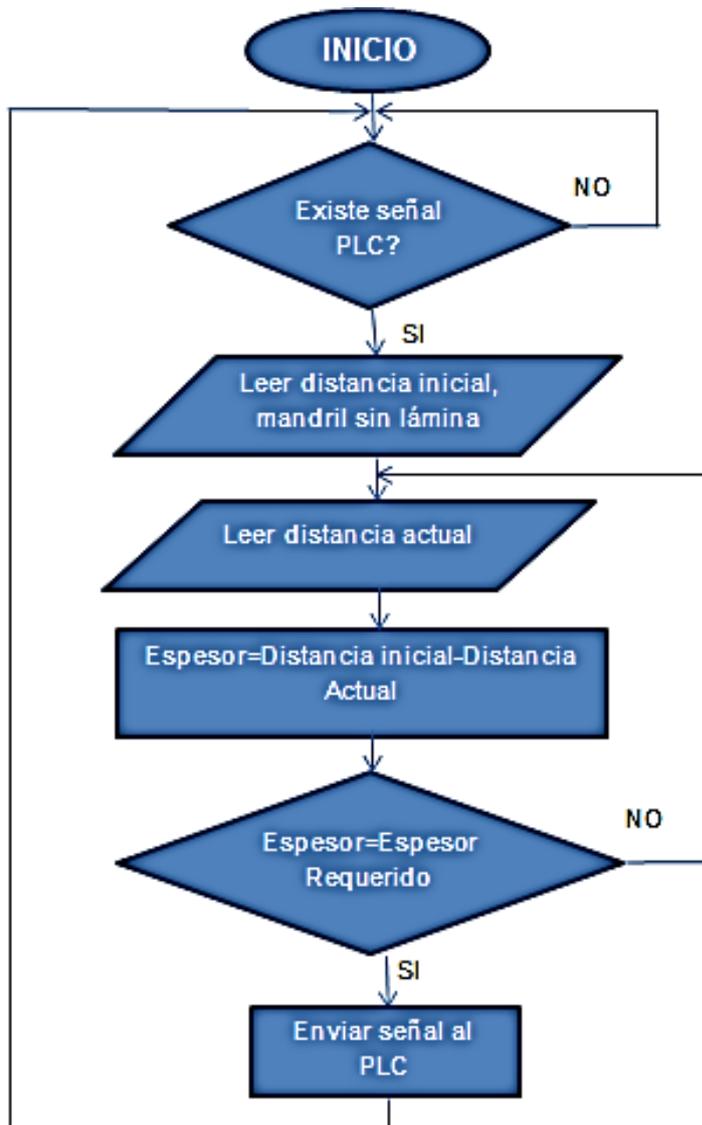


Figura III-108. Flujo grama del sistema
FUENTE: LOS AUTORES

El software de control del sensado, inicia a partir de que el PLC envía la señal a la DAQ cuando el cilindro motriz se encuentra bien presionado en la máquina. El tipo de señal es digital y se adquiere de la siguiente forma:

- Click derecho en la pantalla del Block Diagram → Measurement I/O → NI-DAQmx → DAQ Assistant

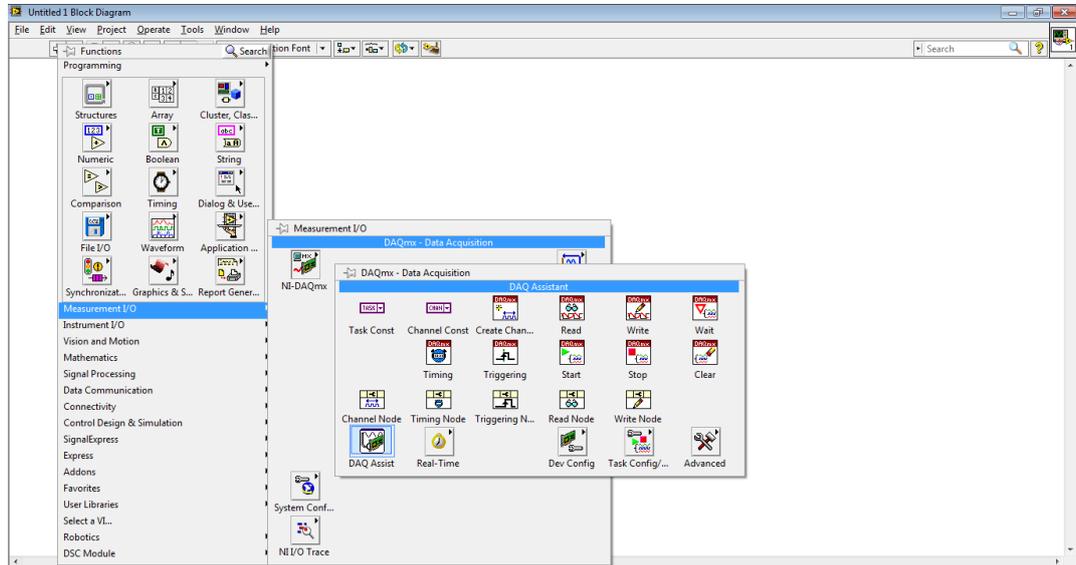


Figura III-109. Interfaz LabVIEW
FUENTE: LOS AUTORES

- Acquire Signals → Digital Input → Line Input

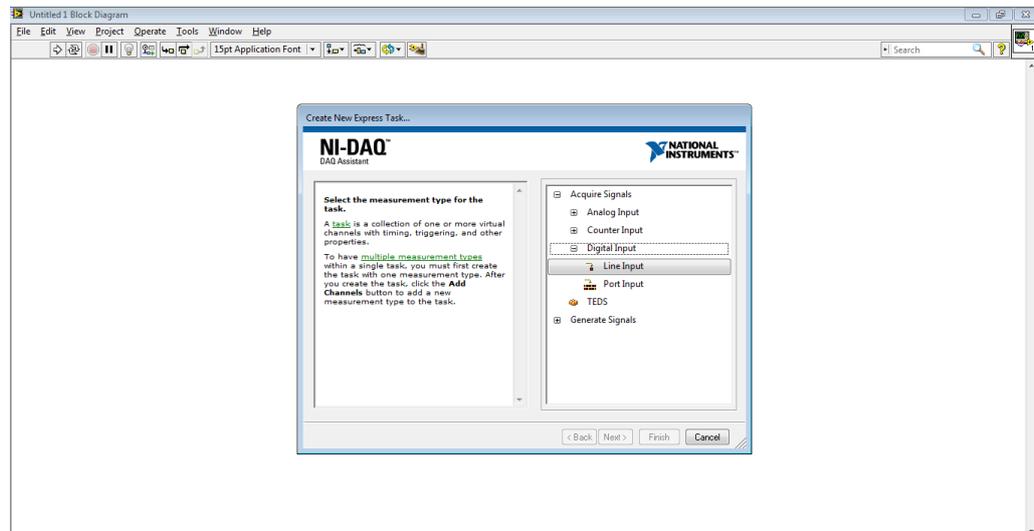


Figura III-110. Configuración entradas LabVIEW
FUENTE: LOS AUTORES

Por último se selecciona el número de línea por donde se envía la señal

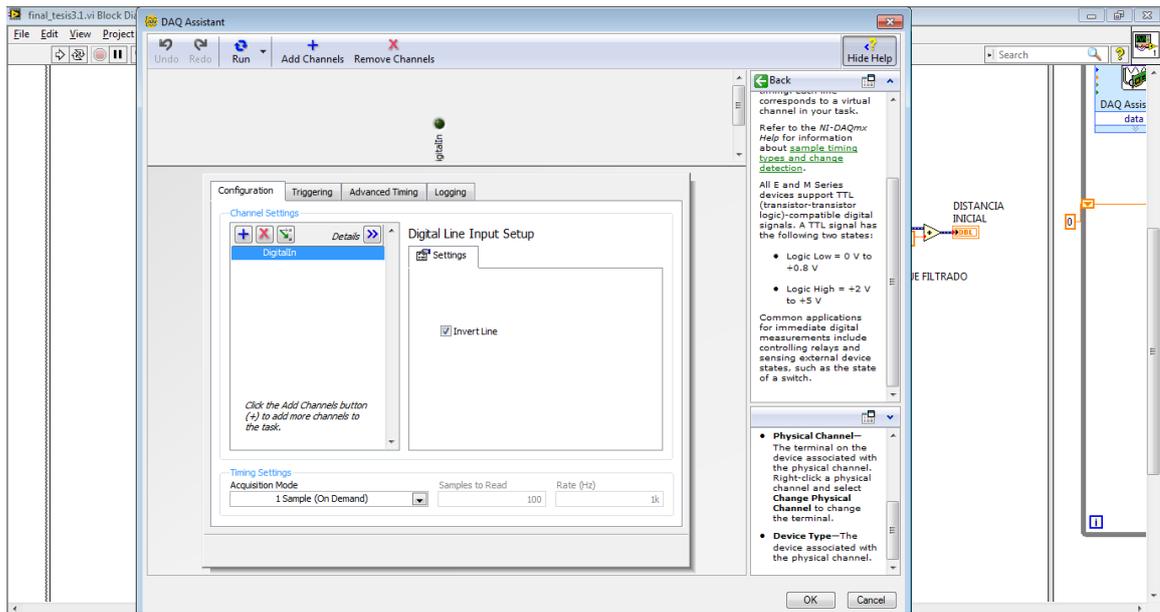


Figura III-111. Configuración entradas LabVIEW
FUENTE: LOS AUTORES

Es importante mencionar que en la DAQ, para entradas digitales se debe invertir la línea.

Una vez adquirida la señal, el DAQ Assistant entrega una tipo de dato array booleano como se observa en la ilustración , razón por la cual se usa la herramienta *OR ARRAY ELEMENT* , su función es de enviar un FALSO cuando todos los elementos del vector se encuentra en falso o vacío, y envía un TRUE cuando uno de ellos es verdadero.

Después se adquiere la distancia inicial cuando el cilindro motriz está totalmente presionado como lo muestra la figura 112

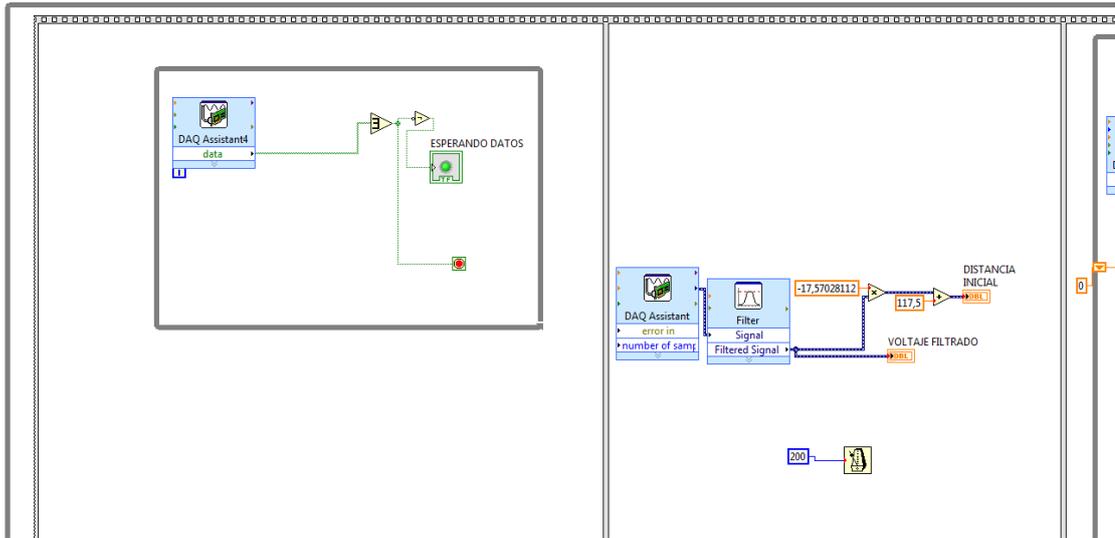


Figura III-112. Programación LabVIEW
FUENTE: LOS AUTORES

Con la distancia inicial adquirida, que es guardada como variable local, se lee la distancia actual mientras el cilindro motriz gira envolviendo en él la pasta. El espesor actual es el resultado de la diferencia de las distancias, así como también se la divide para dos por la razón de que el sensor se encuentra en la parte superior del cilindro y la distancia que incrementa es el doble debido a que se tiene pasta tanto en la base del mandril como arriba de éste. Además de esto se suma una constante debido a que cuando empieza a sensar el cilindro motriz gira una vuelta, adheriendo pasta de aproximadamente 0.3 mm de espesor y también después de enviar el pulso al PLC, gira dos vueltas más, debido a que debe limpiar el fieltro.

El proceso termina cuando el espesor actual es mayor o igual al espesor que se requiere, enviando una señal digital al PLC mediante la DAQ.

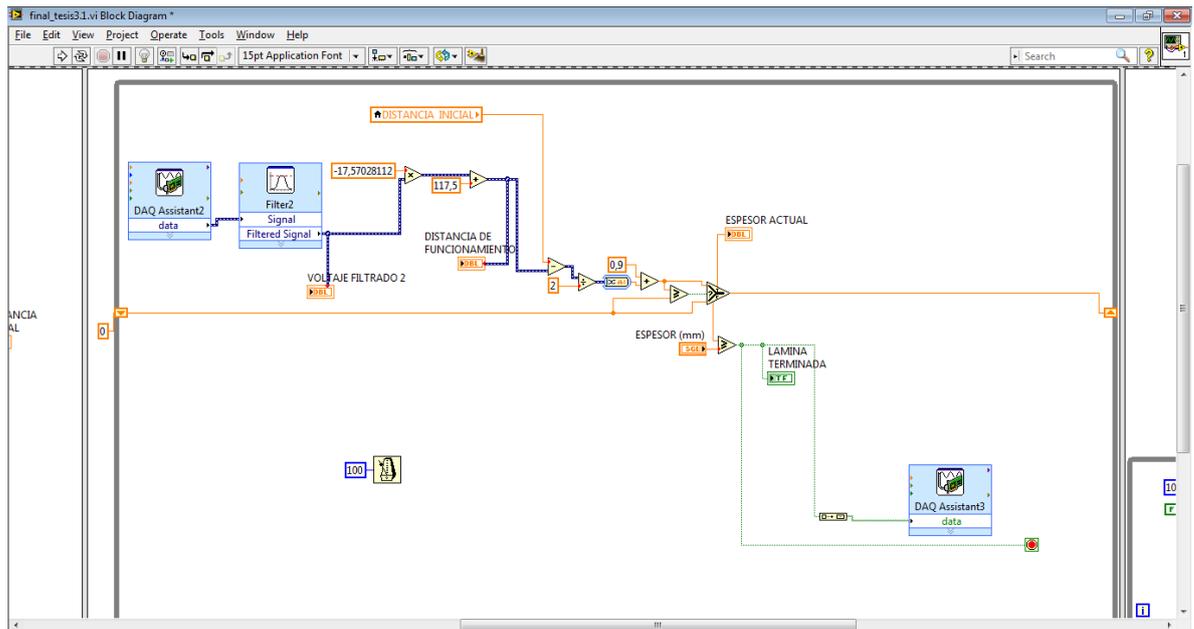


Figura III-113. Programación Principal
FUENTE: LOS AUTORES

Por último se reinician todos los valores que intervinieron en el proceso, y regresa el programa a esperar el pulso del PLC.

Para una mejor visualización se diseñó un HMI en el que constan diferentes controles e indicadores del proceso para que se pueda operar de una manera eficiente la maquinaria.

El HMI consta de:

- Control para el Espesor
- Indicador numérico de Espesor en milímetros
- Número de Láminas Listas
- Indicador Booleano de Esperando Datos del PLC
- Indicador Booleano de Lámina Lista

Además de esto, indica el encendido y apagado de las salidas del PLC como son: Motor, Aporte de Pasta, Alarma, Espacio de Filtro, Delay, y Bajada de Equipo, así como también el control de Inicio, Reset, y Corte de todo el proceso que son las entradas. Todos estos datos del PLC han sido comunicados mediante NI OPC SERVER como se muestra en la siguiente figura.

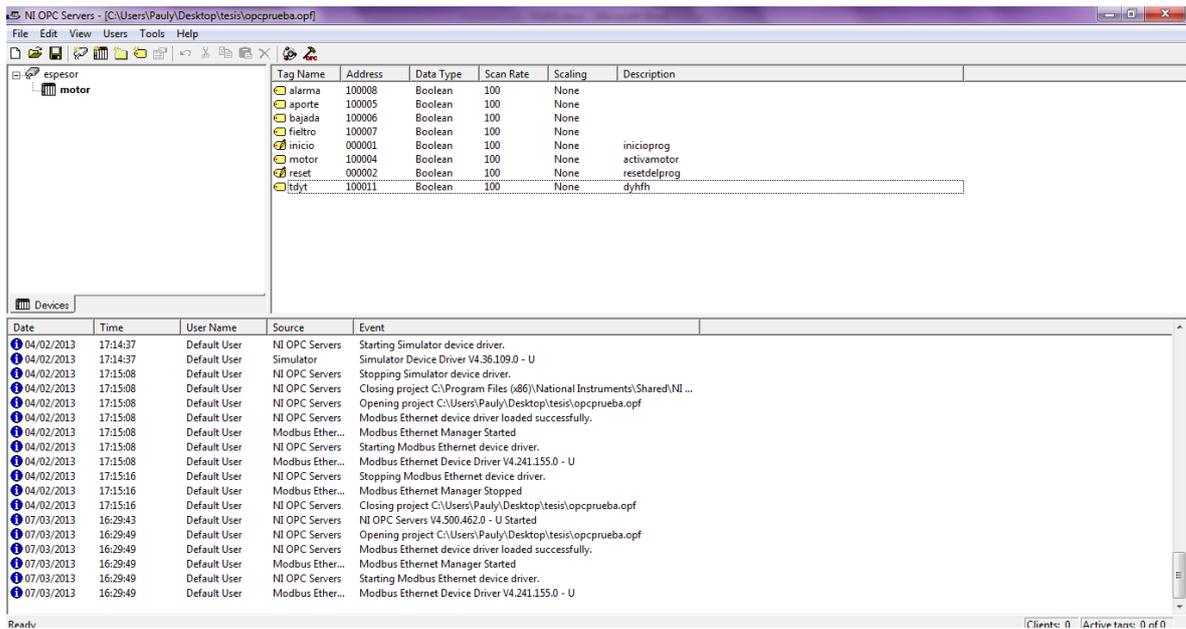


Figura III-114. Configuración NI OPC Servers



Figura III- 115. HMI del Programa Final

CAPITULO IV

4. PRUEBAS Y RESULTADOS

4.1 PRUEBAS

Una vez cargado el programa del PLC, realizado el programa en la Labview y construido el tablero de control se procedió a realizar las respectivas pruebas.

4.1.1. PRUEBAS DE RESPUESTA DEL SENSOR

En este paso lo que se buscó fue ver como respondía el sensor a las condiciones en las cuales iba a trabajar.

Se ubicó al sensor en la posición correcta de acuerdo al mandril con el que se encontraba trabajando la máquina y posteriormente se corrió un programa básico hecho en Labview para detectar la distancia desde el sensor hacia el mandril. En la figura 116 se muestra el esquema básico del programa antes mencionado:

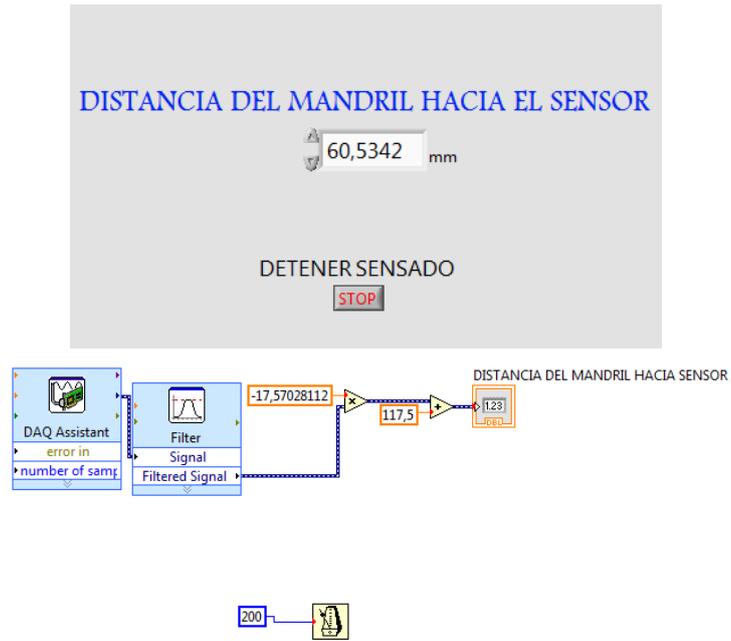


Figura IV-116. Programa para prueba de sensor en ambiente de trabajo
FUENTE: LOS AUTORES

Al mantener el sensor trabajando se pudo constatar que por cada vuelta que el mandril daba se adhiere un promedio de 0,326972727 mm de pasta; esto quiere decir que por cada vuelta del mandril la lámina gana un espesor de 0,326972727 mm aproximadamente.

A continuación se muestran los datos obtenidos en las cuatro pruebas que se realizaron:

PRUEBA 1

N. VUELTA	DISTANCIA DEL SENSOR AL MANDRIL	ESPESOR GANADO EN CADA VUELTA
0	60,5342	
1	60,8599	0,3257

2	61,2055	0,3456
3	61,5203	0,3148
4	61,8297	0,3094
5	62,179	0,3493
6	62,5047	0,3257
7	62,8503	0,3456
8	63,1651	0,3148
9	63,4745	0,3094
10	63,8238	0,3493
11	64,1731	0,3257
	PROMEDIO=	0,328663636

Tabla IV-IV. Prueba 1
FUENTE: LOS AUTORES

PRUEBA 2

N. VUELTA	DISTANCIA DEL SENSOR AL MANDRIL	ESPESOR GANADO EN CADA VUELTA
0	60,5342	
1	60,8598	0,3256
2	61,2057	0,3459
3	61,5201	0,3144
4	61,8285	0,3084
5	62,1678	0,3393
6	62,4934	0,3256
7	62,8393	0,3459
8	63,1537	0,3144
9	63,4621	0,3084
10	63,8014	0,3393
11	64,1407	0,3256
	PROMEDIO=	0,326618182

Tabla IV-V. Prueba 2
FUENTE: LOS AUTORES

PRUEBA 3

N. VUELTA	DISTANCIA DEL SENSOR AL MANDRIL	ESPESOR GANADO EN CADA VUELTA
0	60,5342	
1	60,8589	0,3247
2	61,2028	0,3439
3	61,5177	0,3149
4	61,8252	0,3075

5	62,1735	0,3483
6	62,4982	0,3247
7	62,8421	0,3439
8	63,157	0,3149
9	63,4645	0,3075
10	63,8128	0,3483
11	64,1611	0,3247
	PROMEDIO=	0,327572727

Tabla IV-VI. Prueba 3
FUENTE: LOS AUTORES

PRUEBA 4

N. VUELTA	DISTANCIA DEL SENSOR AL MANDRIL	ESPESOR GANADO EN CADA VUELTA
0	60,5342	
1	60,87	0,3358
2	61,1954	0,3254
3	61,5299	0,3345
4	61,8466	0,3167
5	62,154	0,3074
6	62,4898	0,3358
7	62,8152	0,3254
8	63,1497	0,3345
9	63,4664	0,3167
10	63,7738	0,3074
11	64,0812	0,3358
	PROMEDIO=	0,325036364

Tabla IV-VII. Prueba 4
FUENTE: LOS AUTORES

En cada prueba se obtuvo un promedio de como la lámina gana espesor con cada vuelta; lo que se hizo con estos datos es obtener un promedio general de todas las pruebas; los datos se presentan a continuación:

PRUEBA N.	PROMEDIO DE CADA PRUEBA
1	0,328663636
2	0,326618182
3	0,327572727

4	0,325036364
PROMEDIO GENERAL=	0,326972727

Tabla IV-VIII. Promedio de las pruebas
FUENTE: LOS AUTORES

La gráfico 1 muestra la curva de los promedios con respecto al promedio general.

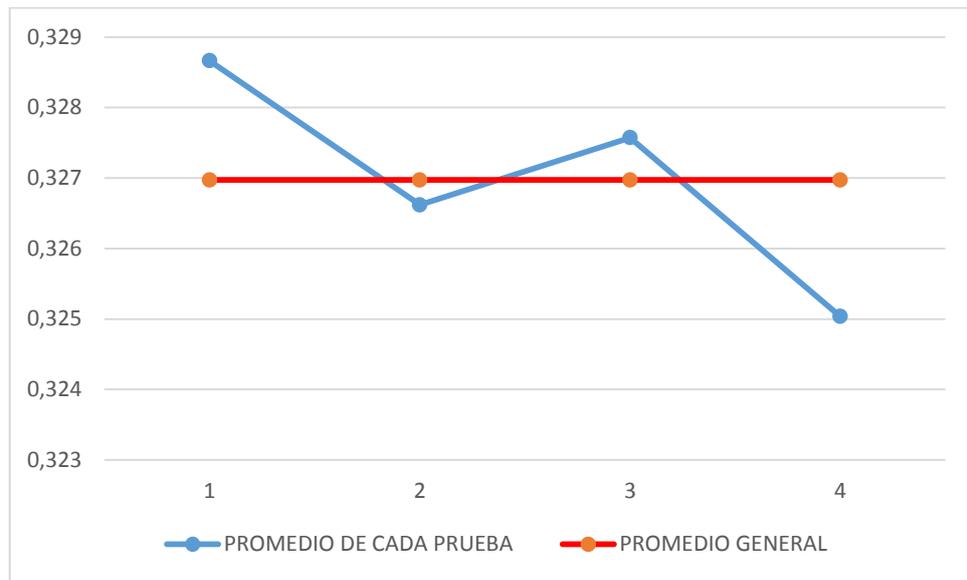


Gráfico IV-1. Promedio de cada prueba vs. Promedio general

4.1.2. PRUEBAS PARA SEÑALES DE LA DAQ

Luego de ver que as respuestas del sensor en el ambiente de trabajo eran las que se esperaban; se procedió con las pruebas respectivas para verificar el correcto funcionamiento de las señales de entrada y salida de la DAQ.

Como se dijo anteriormente en un parte del proceso el PLC envía una señal hacia la DAQ para que el sensor comience el sensado. Esta señal no es nada más que alimentar las bobinas del relé adecuado para que los contactos del mismo permitan pasar 5 voltios hacia la entrada de la DAQ. Para comprobar el

funcionamiento, se ha realizado un programa básico en Labview, se daba un pulso manual al relé y mediante este se encendía un indicador en la pantalla; esto nos permitía demostrar que el ingreso de la señal al programa se realizaba correctamente.

Cuando se llega al espesor esperado Labview retorna una señal al PLC para que este cambie o pase a la siguiente etapa.

Ahora lo que se intentaba realizar era un proceso contrario al anterior; dando un pulso desde el programa de Labview y recibirlo en el exterior. Para esto se trabajó sobre el programa realizado anteriormente pero esta vez se enviará una señal. Cuando se daba un pulso en Labview la forma de comprobar que la señal salía correctamente era ver que el led indicador del relé de estado sólido se encendía; esto indicaba que la acción se realizaba de la manera correcta.

A continuación en la figura 117 se muestra el programa realizado en Labview para el ingreso y la salida de las señales de la DAQ para la etapa de pruebas.



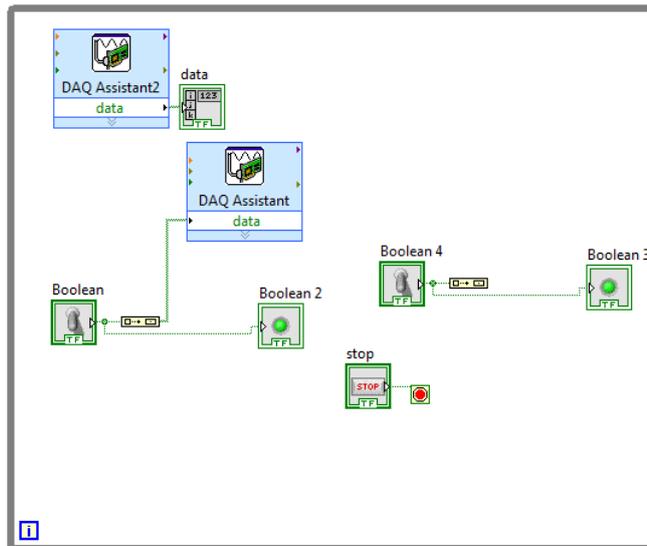


Figura IV-117. Programa para señales de la DAQ
FUENTE: LOS AUTORES

Ahora que se ha realizado la comprobación de estas dos etapas fundamentales del sistema lo que se intenta demostrar a continuación es la eficacia del control anteriormente instalado (temporizador) para lo cual se va a utilizar un programa en Labview y el sensor de distancia.

4.1.3. PRUEBAS DE EFICIENCIA DE LA MÁQUINA CON EL CONTROL DEL TEMPORIZADOR

Esto va a permitir conocer el espesor con el que se produce cada lámina, de esta manera se conocerá la calidad de producto que sale a la venta; a más de esto se podrá constatar el tiempo perdido al reprogramar el temporizador y verificar si hay o no láminas dadas de baja debido a que no poseen el espesor que se desea.

A continuación en la figura 118 se muestra el programa que se ejecutó en Labview para alcanzar los parámetros antes mencionados.

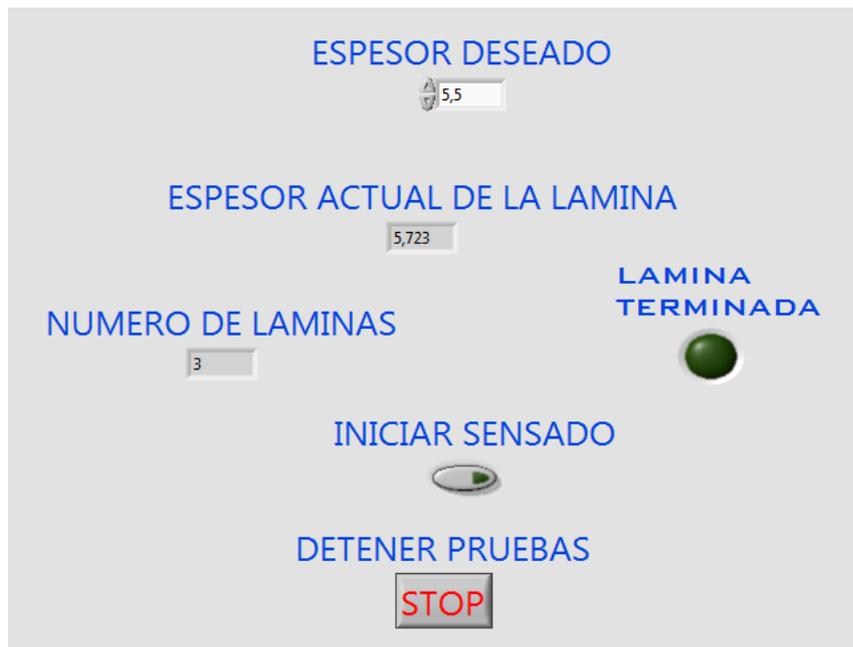
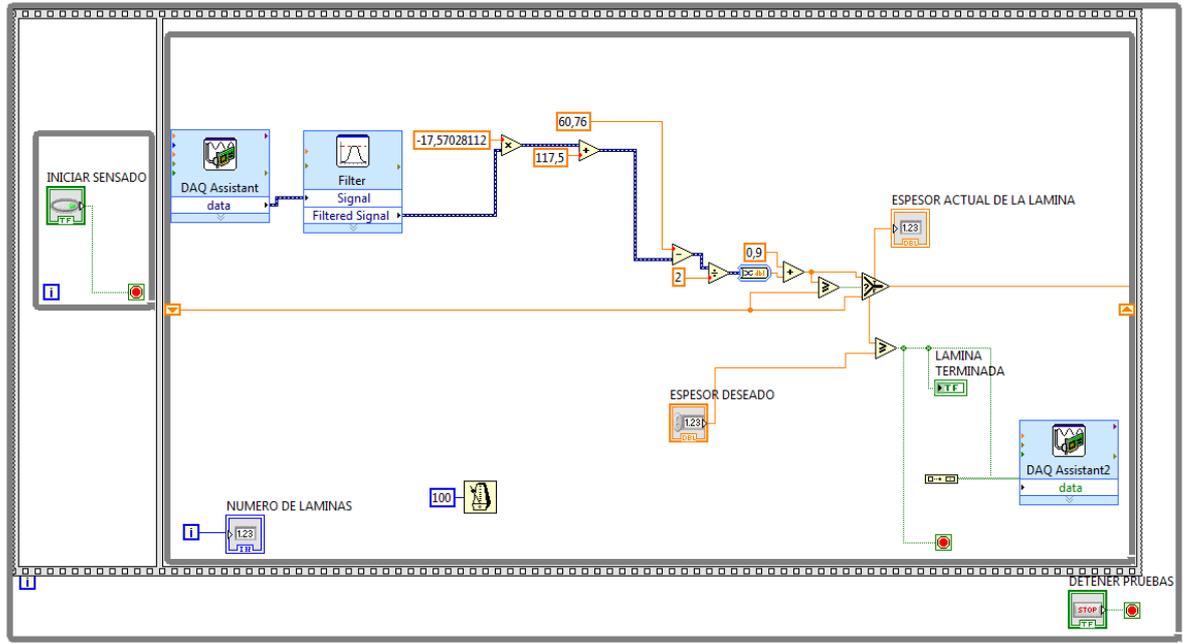


Figura IV-118. Eficacia de la máquina con el control del temporizador

La siguiente tabla muestra el tiempo que tarda cada lámina en ser producida, si fue dada de baja o no, el espesor que posee y a más de esto se muestran los espacios de tiempo en los que se reprograma el temporizador.

Producción de láminas de 5,5 mm

N. LAMI-NA	ESPEJOR DESEADO (mm)	TIEMPO (SEG)	ESPEJOR REAL (mm)	APRO-BACION	TIEMPO DE REPROGRAMACION (SEG)
1	5,5	108	8,9345	NO	8
2	5,5	95	7,5934	NO	8
3	5,5	90	7,1943	NO	9
4	5,5	86	6,9345	NO	8
5	5,5	79	6,1328	NO	7
6	5,5	76	5,9947	NO	8
7	5,5	71	5,2583	NO	9
8	5,5	74	5,4394	SI	0
9	5,5	74	5,4956	SI	0
10	5,5	74	5,523	SI	0
11	5,5	74	5,5933	SI	0
12	5,5	74	5,5302	SI	0
13	5,5	71	5,2019	NO	15
14	5,5	73	5,4302	SI	8
15	5,5	73	5,4873	SI	0
16	5,5	73	5,3102	SI	0
17	5,5	75	5,4984	SI	9
18	5,5	75	5,5393	SI	0
19	5,5	75	5,5735	SI	0
20	5,5	75	5,4937	SI	0
21	5,5	75	5,3456	SI	0
22	5,5	75	5,0293	NO	0
23	5,5	81	5,9836	NO	9
24	5,5	78	5,6302	SI	9
25	5,5	77	5,5983	SI	9
26	5,5	77	5,635	SI	0
27	5,5	77	5,5832	SI	0
28	5,5	77	5,5942	SI	0
29	5,5	77	5,5945	SI	0
30	5,5	77	5,683	SI	0
31	5,5	77	6,1304	NO	0
32	5,5	72	5,1834	NO	192
33	5,5	74	5,3947	SI	15
34	5,5	76	5,4493	SI	8
35	5,5	76	5,5838	SI	0
36	5,5	76	5,5032	SI	0
37	5,5	76	5,5303	SI	0
38	5,5	76	5,5347	SI	0
39	5,5	76	5,4356	SI	0
40	5,5	76	5,5339	SI	0

41	5,5	76	5,5843	SI	0
42	5,5	76	5,5342	SI	0
43	5,5	76	5,4974	SI	0
44	5,5	76	5,4756	SI	0
45	5,5	76	5,6235	SI	0
46	5,5	76	5,4934	SI	0

Tabla IV-IX. Producción Temp 1

En esta primera parte de la producción se dieron de baja 5 láminas que no poseían el espesor adecuado, se pierden 5,5 minutos por la programación del temporizador y con esto se dan de baja otras 7 láminas con el espesor incorrecto.

Este tiempo de producción tuvo una duración total de 68,4 minutos; en donde se produjeron tan solo 36 láminas con el espesor corrector; en la figura gráfico 2 se muestra el espesor de cada una de estas láminas y el espesor promedio de las mismas.

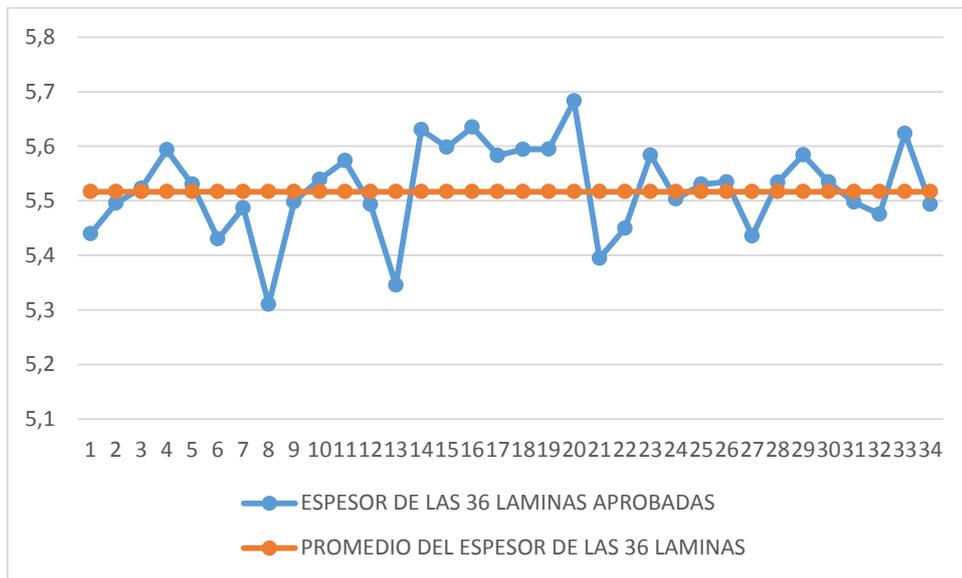


Gráfico IV-2. Espesor de las láminas correctas.

Como se puede ver en la figura 53 el promedio del espesor de las láminas que no fueron dadas de baja es de 5,516 mm; pero el espesor de cada lámina varía

mucho con respecto a la otra; es por esto que la gráfica muestra muchos picos de variación.

Producción de láminas de 4 mm

N. LA-MINA	ESPEJOR DESEADO (mm)	TIEMPO (SEG)	ESPEJOR REAL (mm)	APRO-BACION	TIEMPO DE REPROGRA-MACION (SEG)
1	4	72	5,3	NO	9
2	4	70	5,1934	NO	8
3	4	68	4,9533	NO	9
4	4	66	4,734	NO	9
5	4	62	4,3394	NO	9
6	4	58	3,8839	SI	9
7	4	60	4,1043	SI	0
8	4	60	4,0342	SI	0
9	4	60	4,0493	SI	0
10	4	60	4,1937	SI	0
11	4	60	4,2934	SI	0
12	4	60	4,1042	SI	0
13	4	60	3,9343	SI	0
14	4	60	3,9793	SI	0
15	4	60	4,0342	SI	0
16	4	60	4,0934	SI	0
17	4	60	4,1249	SI	0
18	4	60	4,1639	SI	0
19	4	60	4,2984	SI	0
20	4	60	4,6349	NO	9
21	4	55	3,4934	NO	450
22	4	58	3,7649	SI	9
23	4	63	4,2184	SI	9
24	4	62	4,1043	SI	9
25	4	62	4,1283	SI	0
26	4	61	4,0139	SI	9
27	4	61	4,212	SI	0
28	4	61	4,1043	SI	0
29	4	61	4,2033	SI	0
30	4	61	4,0123	SI	0
31	4	61	4,1233	SI	0
32	4	61	4,1044	SI	0
33	4	61	4,0234	SI	0

34	4	61	4,0353	SI	0
35	4	61	4,1934	SI	0
36	4	61	4,1043	SI	0
37	4	61	4,2013	SI	0
38	4	61	4,0143	SI	0
39	4	61	4,2304	SI	0
40	4	61	4,0143	SI	0
41	4	61	3,9313	SI	0
42	4	61	3,9343	SI	0
43	4	61	3,9153	SI	0
44	4	61	3,9023	SI	0
45	4	61	3,7343	SI	0
46	4	61	3,6934	NO	0
47	4	64	4,1203	SI	9
48	4	63	4,0132	SI	9
49	4	63	4,0234	SI	0
50	4	63	4,0845	SI	0
51	4	63	4,0942	SI	0
52	4	63	4,1353	SI	0
53	4	63	4,034	SI	0
54	4	63	4,0323	SI	0
55	4	63	4,0423	SI	0
56	4	63	4,0293	SI	0
57	4	63	4,0194	SI	0
58	4	63	4,0243	SI	0
59	4	63	4,1433	SI	0
60	4	63	4,1935	SI	0
61	4	63	4,2304	SI	0
62	4	63	4,0242	SI	0
63	4	63	4,2304	SI	0
64	4	63	3,6323	NO	0
65	4	68	4,39234	NO	120
66	4	65	4,1034	SI	9
67	4	65	4,0243	SI	0
68	4	65	4,0923	SI	0
69	4	65	4,0313	SI	0
70	4	65	4,0933	SI	0
71	4	65	4,0454	SI	0
72	4	65	4,0934	SI	0
73	4	65	4,0742	SI	0
74	4	65	4,0464	SI	0
75	4	65	4,1673	SI	0
76	4	65	4,0745	SI	0

Tabla IV-X. Producción Temp 2

En la segunda parte de la producción se dieron de baja 5 láminas que no poseían el espesor correcto, se pierde 11,6 minutos reprogramando el temporizador y con esto se dan de baja otras 5 láminas con espesor incorrecto. El tiempo de producción en esta parte fue de 90,5 minutos; obteniendo como resultado 66 láminas con espesor correcto. En la gráfico 3 se presenta el espesor de las láminas aprobadas y el respectivo promedio del espesor de las mismas.

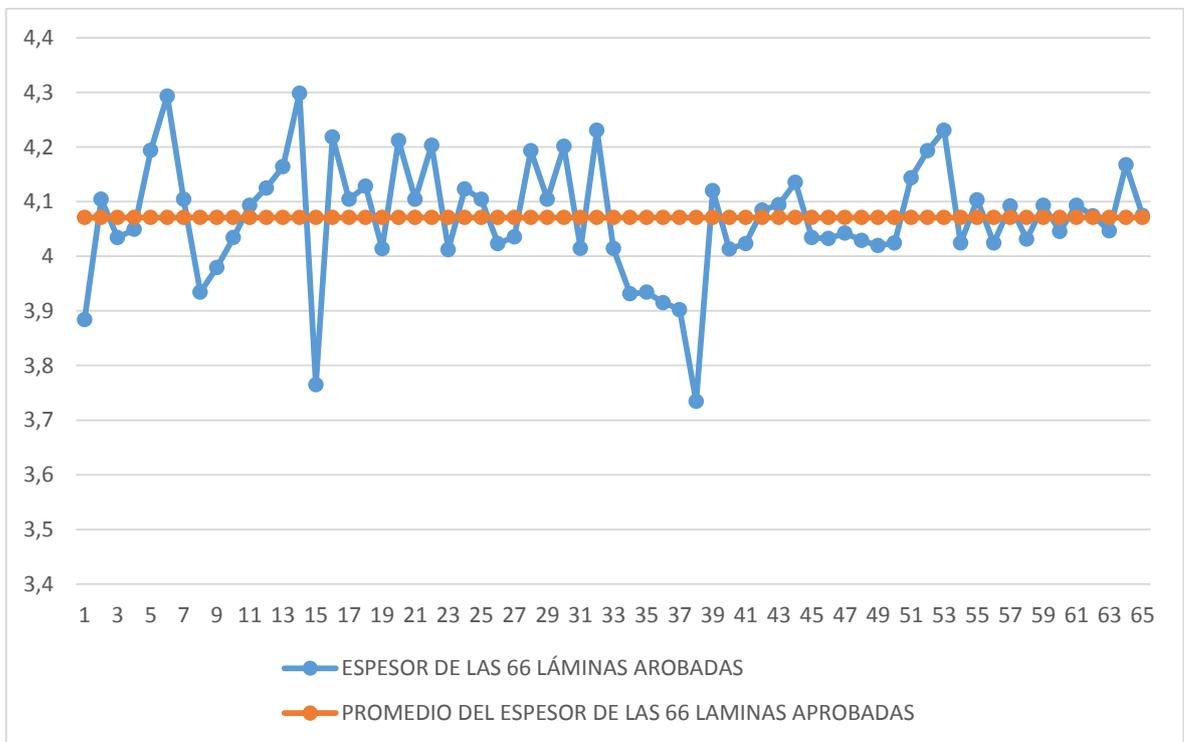


Gráfico IV-3. Espesor de las láminas aprobadas

El promedio del espesor de las láminas aprobadas como se muestra en la figura 54 es de 4,070824 mm; pero el espesor de la una con respecto a la otra varía dentro de un rango considerable es por eso que la gráfica muestra varios picos.

Producción de láminas de 5,5 mm

N. LAMINA	ESPEJOR DESEADO (mm)	TIEMPO (SEG)	ESPEJOR REAL (mm)	APRO-BACION	TIEMPO DE REPRO-GRAMACION (SEG)
1	5,5	98	7,3854	NO	120
2	5,5	95	6,9433	NO	9
3	5,5	90	6,3954	NO	8
4	5,5	87	6,0234	NO	9
5	5,5	85	5,9723	NO	9
6	5,5	83	5,8427	NO	9
7	5,5	81	5,7243	SI	9
8	5,5	78	5,4359	SI	9
9	5,5	78	5,4847	SI	0
10	5,5	78	5,4923	SI	0
11	5,5	78	5,49234	SI	0
12	5,5	78	5,5034	SI	0
13	5,5	78	5,5184	SI	0
14	5,5	78	5,5147	SI	0
15	5,5	78	5,5132	SI	0
16	5,5	78	5,346	SI	0
17	5,5	78	5,5324	SI	0
18	5,5	78	5,5124	SI	0
19	5,5	78	5,0342	SI	0
20	5,5	78	5,5932	SI	0
21	5,5	78	5,5234	SI	0
22	5,5	78	5,40295	SI	0
23	5,5	78	5,1302	NO	0
24	5,5	81	5,2934	NO	9
25	5,5	83	5,6532	SI	9
26	5,5	82	5,5023	SI	9
27	5,5	82	5,5032	SI	0
28	5,5	82	5,5243	SI	0
29	5,5	82	5,5932	SI	0
30	5,5	82	5,523	SI	0
31	5,5	82	5,4203	SI	0
32	5,5	82	5,4923	SI	0
33	5,5	82	5,4234	SI	0
34	5,5	82	5,4023	SI	0
35	5,5	82	5,4023	SI	0
36	5,5	82	5,5945	SI	0
37	5,5	82	5,623	SI	0

38	5,5	82	5,6132	SI	0
39	5,5	82	5,6024	SI	0
40	5,5	82	5,4567	SI	0
41	5,5	82	5,5463	SI	0
42	5,5	82	5,5045	SI	0
43	5,5	82	5,5953	SI	0
44	5,5	82	5,9324	NO	0
45	5,5	74	5,0284	NO	9
46	5,5	77	5,2032	NO	240
47	5,5	79	5,6535	SI	9
48	5,5	79	5,5787	SI	0
49	5,5	79	5,5035	SI	0
50	5,5	79	5,40345	SI	0
51	5,5	79	5,4934	SI	0
52	5,5	79	5,4233	SI	0
53	5,5	79	5,4045	SI	0
54	5,5	79	5,4923	SI	0
55	5,5	79	5,5643	SI	0
56	5,5	79	5,6942	SI	0
57	5,5	79	5,5976	SI	0
58	5,5	79	5,4284	SI	0
59	5,5	79	5,6403	SI	0

Tabla IV-XI. Producción Temp 3

En la tercera parte de la producción se dieron de baja 5 láminas porque no poseían el espesor correcto, se perdió 7,8 minutos reprogramando el temporizador y con esto se dieron de baja 6 láminas que no poseían el espesor adecuado.

El tiempo en esta parte de la producción fue de 87,3 minutos; obteniendo 48 láminas con el espesor adecuado. En la gráfico 4 se muestra el espesor de cada lámina aprobada con respecto al promedio de las mismas.

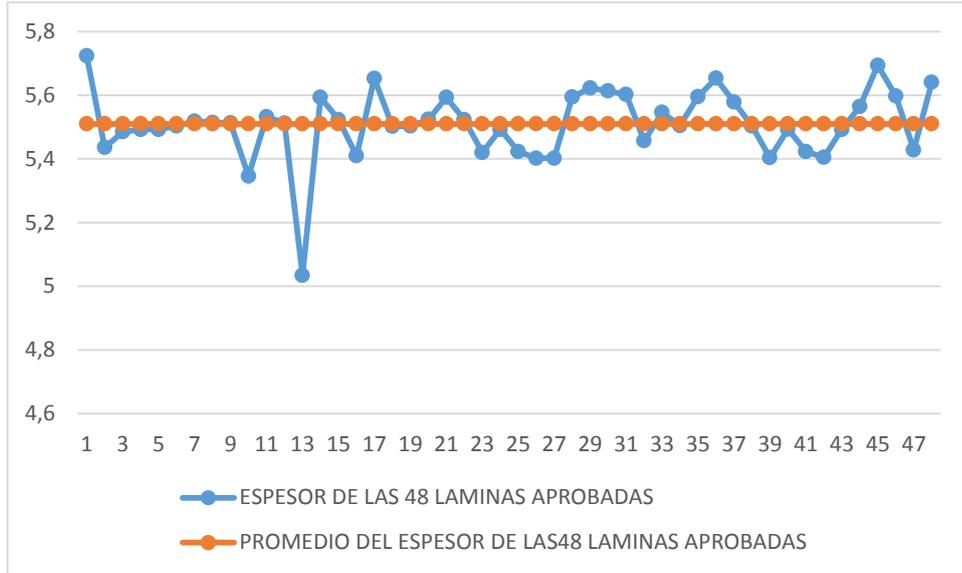


Gráfico IV-4. Espesor de las láminas aprobadas

Como se puede ver en la figura 55 el promedio del espesor de las láminas aprobadas es de 5,510072 mm; pero el espesor una lámina con respecto a otra varía considerablemente por esta razón la gráfica muestra varios picos.

Como se pueden constatar en los datos anteriores, dentro de las 4 horas y 6 minutos de producción se obtuvieron 150 láminas con el espesor adecuado, se dieron de baja un total de 15 láminas ya que no cumplían con el espesor que se deseaba, se pierden alrededor de 24,9 minutos por la reprogramación del temporizador y con esto se producen 18 láminas con espesor incorrecto.

Se debe tomar en cuenta que las 18 láminas producidas de forma incorrecta en la reprogramación del temporizador se deben a que el operario ingresa un tiempo por conocimiento empírico ya que cree que con este se llegará al espesor adecuado; cuando el proceso se detiene y la lámina está lista, lo que se debe hacer es extraer la misma del mandril y posteriormente proceder a medirla; si el espesor de esta es mayor se reduce el tiempo en el temporizador y por el contrario si el espesor es menor se aumenta el tiempo, el incremento o

decremento del tiempo en el temporizador lo realiza nuevamente el operario de forma empírica hasta llegar a obtener una lámina con el espesor correcto. Una vez encontrado el tiempo adecuado la producción sigue normalmente; pero se debe tomar en cuenta que las láminas ya obtenidas se las está midiendo constantemente para verificar si poseen o no el espesor requerido.

Esta reprogramación del temporizador se la realiza cada vez que se desea producir láminas con distinto espesor a las anteriores, como por ejemplo, si se está produciendo láminas de 5,5 mm de espesor y en un momento determinado se quiere cambiar a la producción de láminas de 4 mm de espesor, se lo realiza también cuando una de las láminas ha sido dada de baja por poseer un espesor incorrecto o cuando a la máquina se la cambia de mandril.

Las 15 láminas que fueron dadas de baja por cumplían con el espesor adecuado; ya que al ser extraídas del mandril y luego medidas, el espesor que poseían no era el que se esperaba; para corregir estos errores el operario debía variar el tiempo que se encontraba programado en el temporizador aumentándolo o disminuyéndolo según sea el caso.

Ahora bien, si las láminas dadas de baja se las proyecta como dinero; tomando en cuenta que el total de las mismas es 33 y el costo unitario es 13 \$; entonces la pérdida para la empresa será de 429 \$ por las láminas que fueron dadas de baja.

Cada lámina es producida en un promedio de tiempo según sea su espesor; tal y como se muestra en la tabla a continuación:

PRODUCCION	ESPESOR	PROMEDIO DE TIEMPO EN REALIZAR UNA
------------	---------	---------------------------------------

		LAMINA (SEG)
1	5,5	75,515151
2	4	61,9697
3	5,5	79,9365

Tabla IV-XII. Tiempos.

Debido a la reprogramación del temporizador se pierde un tiempo total de 1493 segundos, este tiempo se lo proyecta a una cantidad de láminas no producidas y estas a dinero tal y como se muestra en la siguiente tabla:

PRODUCCION N.	PROMEDIO DE TIEMPO EN REALIZAR UNA LAMINA (SEG)	TIEMPO PERDIDO EN REPROGRAMACION DEL TEMPORIZADOR (SEG)	LAMINAS NO PRODUCIDAS	DINERO (\$)
1	75,515151	331	4	52
2	61,9697	695	11	143
3	79,9365	467	6	78

Tabla IV-XIII. Tiempos vs dinero

Como se observa; la empresa pierde aproximadamente 273\$ al dejar de producir 24,9 minutos por la reprogramación del temporizador.

Como se dijo anteriormente todos los datos que se presentaron fueron tomados cuando la máquina estaba controlada por medio del temporizador y se puede observar que en la producción se obtuvieron un total de 183 láminas, de las cuales tan solo 150 láminas son aprobadas ascendiendo a un valor de 1950 \$, se tiene una pérdida de 429 \$ por 33 láminas dadas de baja y 273 \$ por láminas no producidas (máquina sin producir), ascendiendo a una pérdida total de 702 \$; en un tiempo total de 4 horas y 6 minutos aproximadamente.

4.1.4. PRUEBAS DE EFICIENCIA DE LA MÁQUINA CON EL CONTROL DE ESPESOR

Lo que se hizo posteriormente, fue controlar la máquina con el nuevo sistema (sensor de proximidad) y los datos que se obtuvieron se presentan a continuación.

Producción de láminas de 5,5 mm

N. LAMINA	ESPESOR DESEADO (mm)	TIEMPO (SEG)	ESPESOR REAL (mm)	APROBACION	TIEMPO DE REPROGRACION (SEG)
1	5,5	75	5,5134	SI	0
2	5,5	74	5,5135	SI	0
3	5,5	75	5,5328	SI	0
4	5,5	76	5,5135	SI	0
5	5,5	73	5,4948	SI	0
6	5,5	75	5,4987	SI	0
7	5,5	76	5,4957	SI	0
8	5,5	77	5,4906	SI	0
9	5,5	76	5,4678	SI	0
10	5,5	78	5,4985	SI	0
11	5,5	74	5,4874	SI	0
12	5,5	75	5,4964	SI	0
13	5,5	76	5,5143	SI	0
14	5,5	76	5,5025	SI	0
15	5,5	74	5,5243	SI	0
16	5,5	75	5,5125	SI	0
17	5,5	75	5,5194	SI	0
18	5,5	75	5,5249	SI	0
19	5,5	75	5,5284	SI	0
20	5,5	78	5,4956	SI	0
21	5,5	78	5,4974	SI	0
22	5,5	77	5,4974	SI	0
23	5,5	77	5,5234	SI	0
24	5,5	76	5,5103	SI	0
25	5,5	76	5,5149	SI	0
26	5,5	75	5,5194	SI	0
27	5,5	75	5,5146	SI	0
28	5,5	76	5,5104	SI	0
29	5,5	78	5,5124	SI	0
30	5,5	75	5,5139	SI	0
31	5,5	72	5,5134	SI	0
32	5,5	71	5,5342	SI	0
33	5,5	71	5,5135	SI	0

34	5,5	72	5,4946	SI	0
35	5,5	71	5,4824	SI	0
36	5,5	75	5,4229	SI	0
37	5,5	73	5,4834	SI	0
38	5,5	73	5,4924	SI	0
39	5,5	75	5,4985	SI	0
40	5,5	73	5,4854	SI	0
41	5,5	75	5,4985	SI	0
42	5,5	74	5,4823	SI	0
43	5,5	73	5,5134	SI	0
44	5,5	73	5,5139	SI	0
45	5,5	75	5,5174	SI	0
46	5,5	75	5,5384	SI	0
47	5,5	75	5,4734	SI	0
48	5,5	75	5,5394	SI	0
49	5,5	73	5,4983	SI	0
50	5,5	71	5,4738	SI	0
51	5,5	72	5,4978	SI	0
52	5,5	72	5,4923	SI	0
53	5,5	73	5,4873	SI	0
54	5,5	73	5,4983	SI	0
55	5,5	75	5,5137	SI	0
56	5,5	74	5,5138	SI	0
57	5,5	77	5,5126	SI	0
58	5,5	78	5,5294	SI	0
59	5,5	76	5,5193	SI	0
60	5,5	78	5,5286	SI	0

Tabla IV-XIV. Producción sens 1

Como se pueden verificar en los datos; no existen láminas dadas de baja y no hay tiempo de reprogramación, esto quiere decir que es 0. El tiempo total en esta parte de la producción es de 74,73 minutos; se producen 60 láminas en total.

El promedio de espesor de las láminas es de 5,505028 mm tal y como se muestra en el gráfico 5.

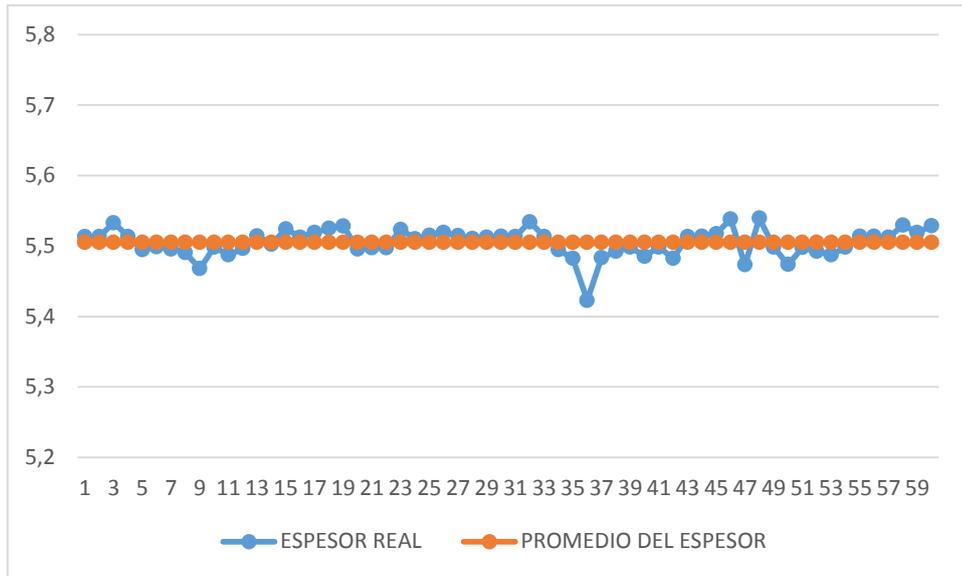


Gráfico IV-5. Espesor lámina
FUENTE: LOS AUTORES

Como se puede ver en la figura el espesor de las láminas no varía considerablemente unas con respecto otras.

Producción de láminas de 4 mm

N. LAMINA	ESPESOR DESEADO (mm)	TIEMPO (SEG)	ESPESOR REAL (mm)	APROBACION	TIEMPO DE REPROGRAMACION (SEG)
1	4	61	4,0136	SI	0
2	4	61	4,0135	SI	0
3	4	62	4,0125	SI	0
4	4	59	4,1043	SI	0
5	4	58	4,0139	SI	0
6	4	59	4,0512	SI	0
7	4	59	4,0143	SI	0
8	4	58	4,0245	SI	0
9	4	61	4,0193	SI	0
10	4	62	3,9801	SI	0
11	4	63	3,9937	SI	0
12	4	62	4,0204	SI	0
13	4	62	3,9943	SI	0
14	4	60	3,9893	SI	0
15	4	59	4,0184	SI	0
16	4	58	4,0124	SI	0
17	4	61	4,0248	SI	0

18	4	58	4,0163	SI	0
19	4	63	4,0284	SI	0
20	4	63	4,0149	SI	0
21	4	63	3,9934	SI	0
22	4	61	3,9845	SI	0
23	4	62	4,0284	SI	0
24	4	60	4,0103	SI	0
25	4	62	4,0283	SI	0
26	4	61	4,0139	SI	0
27	4	63	4,0212	SI	0
28	4	63	4,0145	SI	0
29	4	62	4,0137	SI	0
30	4	61	4,0123	SI	0
31	4	60	4,01273	SI	0
32	4	60	4,0164	SI	0
33	4	59	4,0234	SI	0
34	4	58	4,0155	SI	0
35	4	59	4,0194	SI	0
36	4	61	4,0249	SI	0
37	4	60	4,0213	SI	0
38	4	59	4,0143	SI	0
39	4	58	4,0204	SI	0
40	4	59	4,0147	SI	0
41	4	61	3,9916	SI	0
42	4	63	3,9843	SI	0
43	4	59	3,9857	SI	0
44	4	57	3,9925	SI	0
45	4	59	3,9844	SI	0
46	4	58	3,9834	SI	0
47	4	57	4,0163	SI	0
48	4	56	4,0132	SI	0
49	4	61	4,0234	SI	0
50	4	63	4,0145	SI	0
51	4	62	4,0192	SI	0
52	4	64	4,0133	SI	0
53	4	59	4,0148	SI	0
54	4	58	4,0135	SI	0
55	4	63	4,0223	SI	0
56	4	61	4,0218	SI	0
57	4	62	4,0194	SI	0
58	4	61	4,0243	SI	0
59	4	61	4,0133	SI	0
60	4	59	4,0195	SI	0

61	4	58	4,0263	SI	0
62	4	57	4,0242	SI	0
63	4	58	4,0104	SI	0
64	4	58	3,9823	SI	0
65	4	68	4,0237	SI	0
66	4	57	4,0037	SI	0
67	4	59	4,0243	SI	0
68	4	61	4,0123	SI	0
69	4	62	4,0113	SI	0
70	4	36	4,0193	SI	0
71	4	46	4,0157	SI	0
72	4	67	4,0237	SI	0
73	4	64	4,0142	SI	0
74	4	65	4,0264	SI	0
75	4	63	4,0167	SI	0
76	4	59	4,0177	SI	0
77	4	61	4,0196	SI	0
78	4	57	4,0239	SI	0
79	4	58	4,0126	SI	0
80	4	55	4,01543	SI	0
81	4	56	4,0141	SI	0
82	4	57	4,0103	SI	0
83	4	59	4,0192	SI	0
84	4	59	4,0158	SI	0
85	4	58	4,0195	SI	0
86	4	57	4,0267	SI	0
87	4	61	4,0123	SI	0
88	4	62	4,0157	SI	0
89	4	63	4,0127	SI	0
90	4	59	4,0196	SI	0
91	4	62	4,0144	SI	0
92	4	68	4,0173	SI	0

Tabla IV-XV. Producción sens 2

En esta parte de la producción tampoco se tuvo láminas dadas de baja, no existe tiempo de reprogramación, el tiempo total de la producción es de 91,9 minutos y se producen 92 láminas en total.

El promedio del espesor de todas las láminas es de 4,0147 mm como se muestra en el gráfico 6.

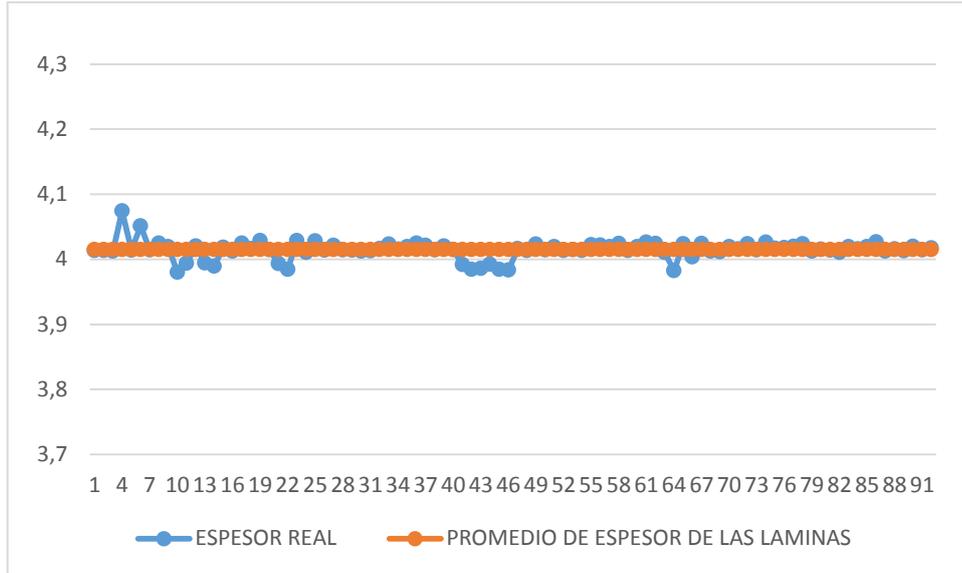


Gráfico IV-6. Espesor de las láminas
FUENTE: LOS AUTORES

Como se puede ver en la figura 58 la variación del espesor no es considerable, por lo contrario se mantiene dentro de un rango permisible.

Producción de láminas de 5,5 mm

N. LAMINA	ESPESOR DESEADO (mm)	TIEMPO (SEG)	ESPESOR REAL (mm)	APROBACION	TIEMPO DE REPROGRAMACION (SEG)
1	5,5	71	5,5135	SI	0
2	5,5	74	5,5134	SI	0
3	5,5	73	5,5326	SI	0
4	5,5	69	5,5132	SI	0
5	5,5	72	5,4944	SI	0
6	5,5	71	5,4985	SI	0
7	5,5	72	5,4952	SI	0
8	5,5	73	5,4908	SI	0
9	5,5	69	5,4675	SI	0
10	5,5	68	5,4984	SI	0
11	5,5	73	5,4872	SI	0
12	5,5	71	5,4969	SI	0
13	5,5	72	5,5144	SI	0

14	5,5	71	5,5025	SI	0
15	5,5	72	5,5248	SI	0
16	5,5	57	5,5127	SI	0
17	5,5	76	5,5134	SI	0
18	5,5	72	5,5245	SI	0
19	5,5	73	5,5186	SI	0
20	5,5	78	5,4957	SI	0
21	5,5	75	5,4977	SI	0
22	5,5	76	5,4974	SI	0
23	5,5	71	5,5233	SI	0
24	5,5	69	5,5107	SI	0
25	5,5	69	5,5143	SI	0
26	5,5	68	5,5192	SI	0
27	5,5	69	5,5148	SI	0
28	5,5	71	5,5107	SI	0
29	5,5	75	5,5125	SI	0
30	5,5	72	5,5133	SI	0
31	5,5	71	5,5137	SI	0
32	5,5	74	5,5341	SI	0
33	5,5	75	5,5138	SI	0
34	5,5	73	5,4948	SI	0
35	5,5	69	5,4823	SI	0
36	5,5	68	5,4224	SI	0
37	5,5	69	5,4836	SI	0
38	5,5	76	5,4925	SI	0
39	5,5	75	5,4986	SI	0
40	5,5	78	5,4855	SI	0
41	5,5	73	5,4988	SI	0
42	5,5	74	5,4821	SI	0
43	5,5	73	5,5139	SI	0
44	5,5	72	5,5133	SI	0
45	5,5	71	5,5176	SI	0
46	5,5	75	5,5364	SI	0
47	5,5	73	5,4738	SI	0
48	5,5	72	5,5399	SI	0
49	5,5	76	5,4932	SI	0
50	5,5	71	5,4735	SI	0
51	5,5	73	5,49789	SI	0
52	5,5	74	5,4925	SI	0
53	5,5	72	5,4873	SI	0
54	5,5	71	5,4982	SI	0
55	5,5	75	5,5136	SI	0
56	5,5	74	5,5135	SI	0

57	5,5	77	5,5128	SI	0
58	5,5	74	5,5134	SI	0
59	5,5	73	5,5132	SI	0
60	5,5	72	5,5137	SI	0
61	5,5	71	5,5183	SI	0
62	5,5	75	5,5133	SI	0
63	5,5	73	5,5135	SI	0
64	5,5	72	5,5142	SI	0
65	5,5	76	5,5135	SI	0
66	5,5	71	5,5135	SI	0

Tabla IV-XVI. Producción sens 3

Como se puede ver no existe tiempo de reprogramación por lo cual el mismo es 0, no existen láminas dadas de baja, el tiempo en esta parte de la producción es de 79,6 minutos y se producen 57 láminas.

El promedio del espesor de las láminas es de 5.503556 mm como se muestra en el grafico 7 a continuación.

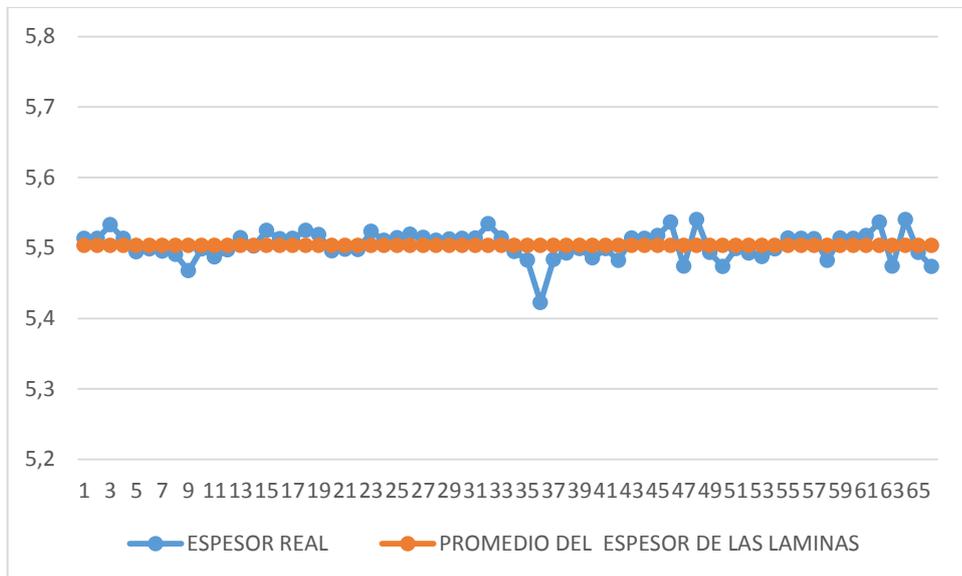


Gráfico IV-7. Espesor de las láminas

Como se puede ver en la figura los valores de los espesores de las láminas no varían considerablemente unos con otros por lo cual la gráfica no presenta picos extremadamente grandes.

El tiempo de la producción total es de 4 horas Y 5 minutos; en donde no existe tiempo perdido por algún tipo de reprogramación ya que con el nuevo sistema de control solo es necesario ingresar por medio de la computadora el espesor deseado, por lo cual no es necesario estar controlando manualmente cada lámina o haciendo algún tipo de pruebas, se producen un total de 218 láminas ascendiendo este valor a 2834 \$.

4.2. RESULTADOS

Se va a tomar en cuenta tres factores fundamentales para demostrar los resultados obtenidos cuando el nuevo sistema de control entró en funcionamiento.

4.2.1. TIEMPO

Se puede ver que cuando la máquina está controlada por el temporizador existe una pérdida de tiempo de 25 minutos, la duración total de la producción es de 4 horas y 6 minutos. Lo que significa que la máquina deja de producir el 10% de tiempo y tan solo produce el 90% del tiempo total tal y como se muestra en la figura 119.

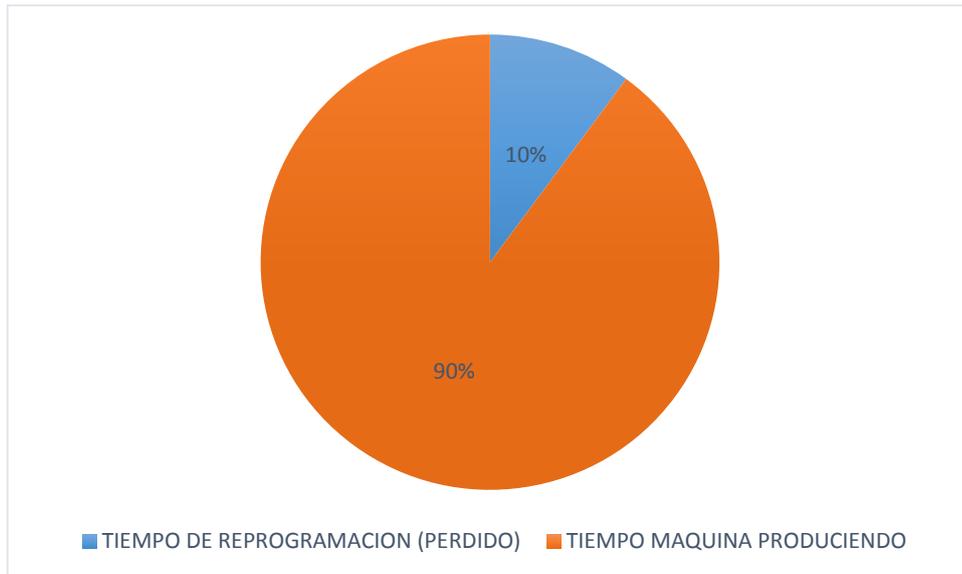


Figura IV-119. Tiempos de producción de la máquina por temporizador

Cuando la máquina está controlada por el nuevo sistema de control esta no deja de producir en ningún momento, sino que produce continuamente y no hay paradas por reprogramación; la duración total de la producción fue de 4 horas y 5 minutos; lo que significa que la máquina se encontró produciendo el 100% del tiempo y en ningún momento se detuvo, como se muestra en la figura 120.

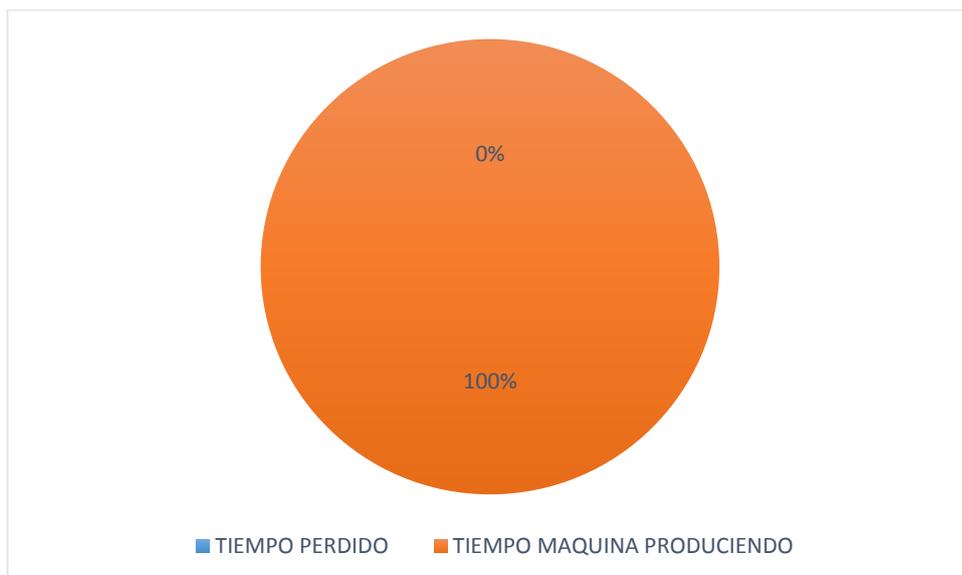


Figura IV-120. Tiempos de funcionamiento de la máquina con el nuevo sistema

Ahora bien si se comparan los tiempos de producción podemos notar que la máquina con el nuevo sistema de control aumenta su funcionamiento en 6%, como se muestra en la figura 121.

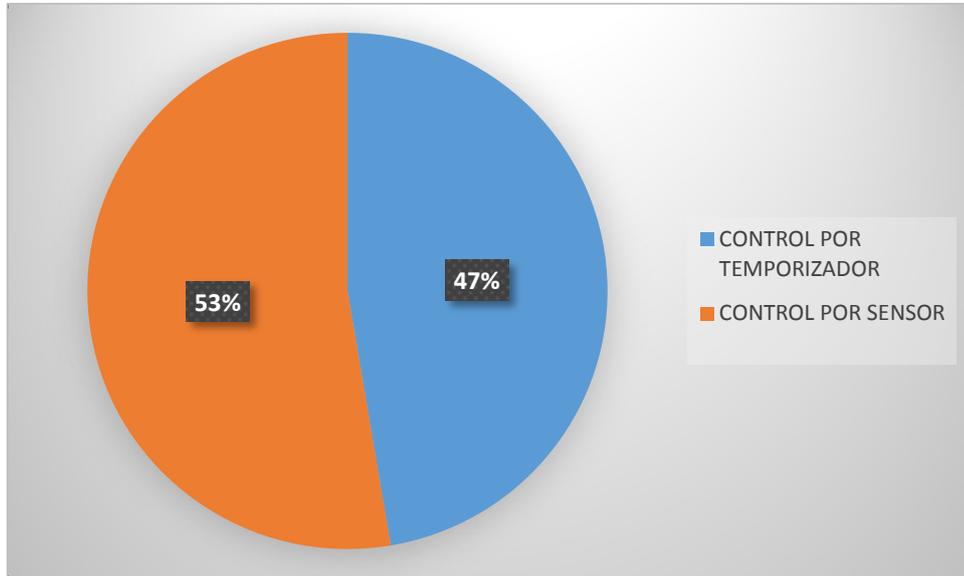


Figura IV-121. Tiempo de control por temporizador vs. Tiempo de control por sensor

4.2.2. CANTIDAD DE LÁMINAS PRODUCIDAS

Cuando la máquina se encontraba trabajando con el control del temporizador se produjeron 183 láminas de las cuales solo 150 fueron aprobadas; lo que significa que la producción aprobada solo era el 82% de la total como se muestra en la figura 122.

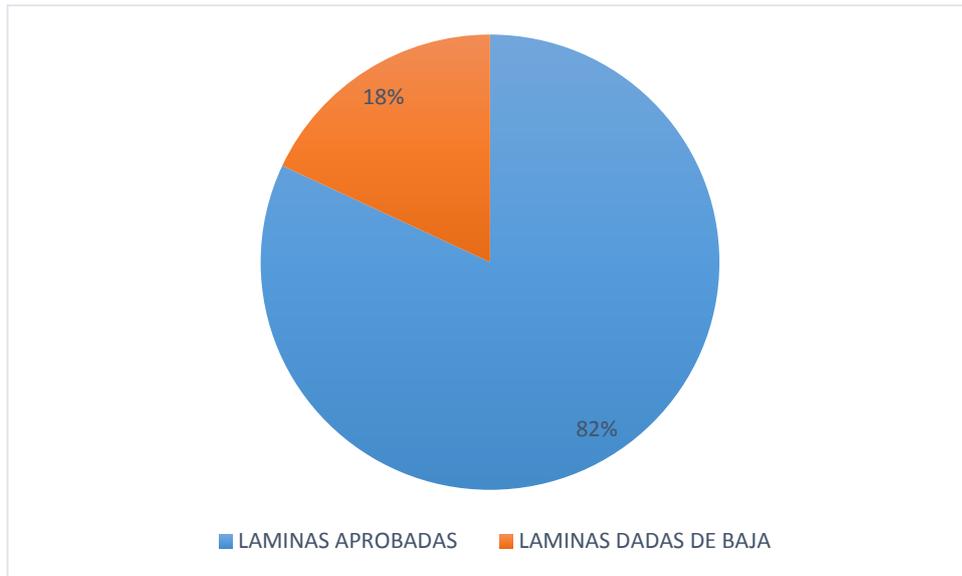


Figura IV-122. Porcentaje de producción aprobada

Por el contrario cuando la máquina estaba controlada por el nuevo sistema se produjeron 218 láminas en donde ninguna fue dada de baja, lo que significa que la producción aprobada era del 100% tal y como se muestra en la figura 123.

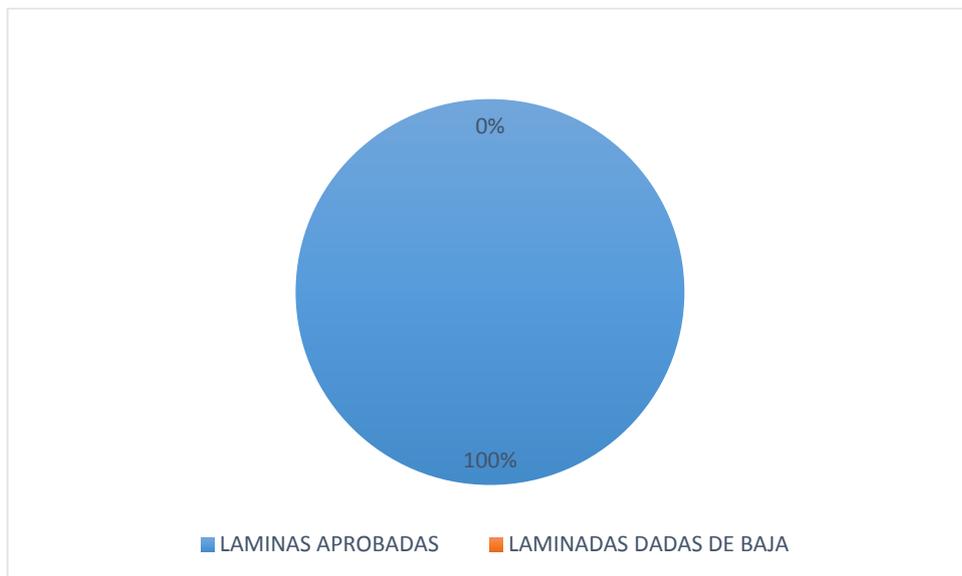


Figura IV-123. Porcentaje de producción aprobada

Ahora si se comparan los datos de los dos tipos de controles se tiene que la máquina mejora la cantidad de producción en un 18% tal y como se muestra en la figura 124.

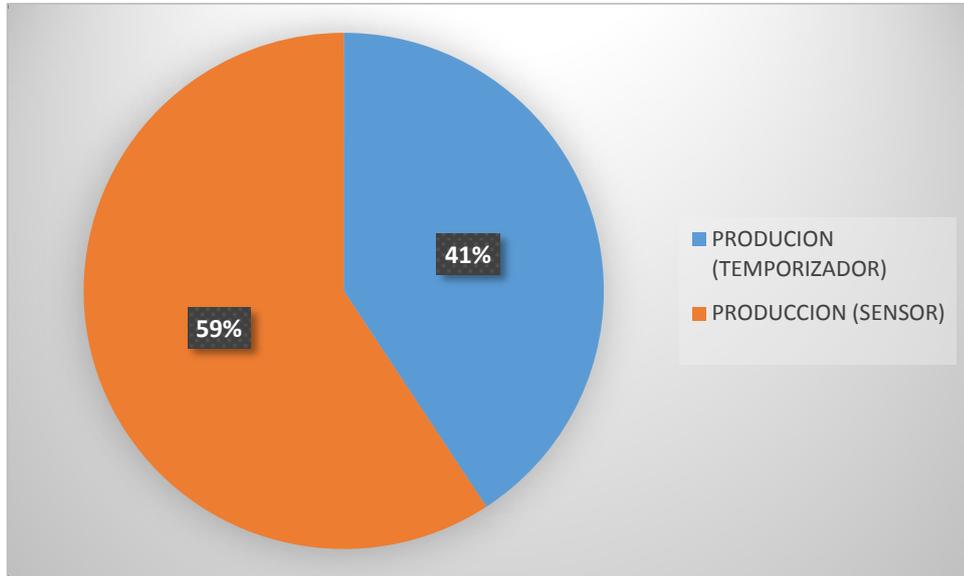


Figura IV-124. Producción (temporizador) vs. Producción (sensor)

4.2.3. PÉRDIDA Y GANANCIA

Cuando la máquina se encuentra trabajando con el control del temporizador produce 1950 \$ pro tiene una pérdida de 702 \$; lo que significa que dentro de la producción la ganancia de la máquina representa tan solo el 74% tal y como se muestra en la figura 125.

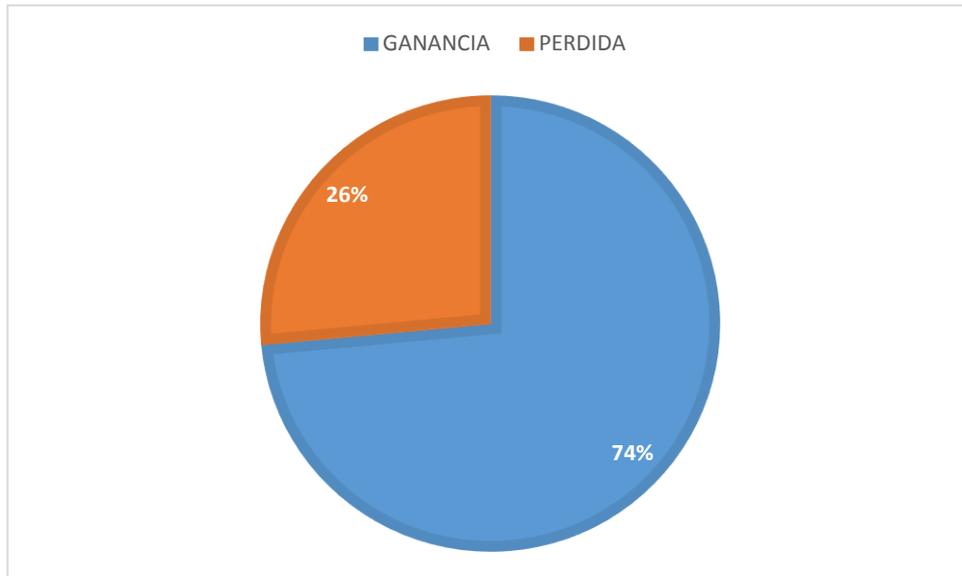


Figura IV-125. Ganancia vs. Pérdida (temporizador)

Por otro lado cuando la máquina se encuentra trabajando con el nuevo sistema de control no existen pérdida, ya que el tiempo se aprovecha al máximo y las láminas no son dadas de baja; esto quiere decir que la producción total de la máquina es completamente ganancia del 100% sin pérdida tal y como se muestra en la figura 126.

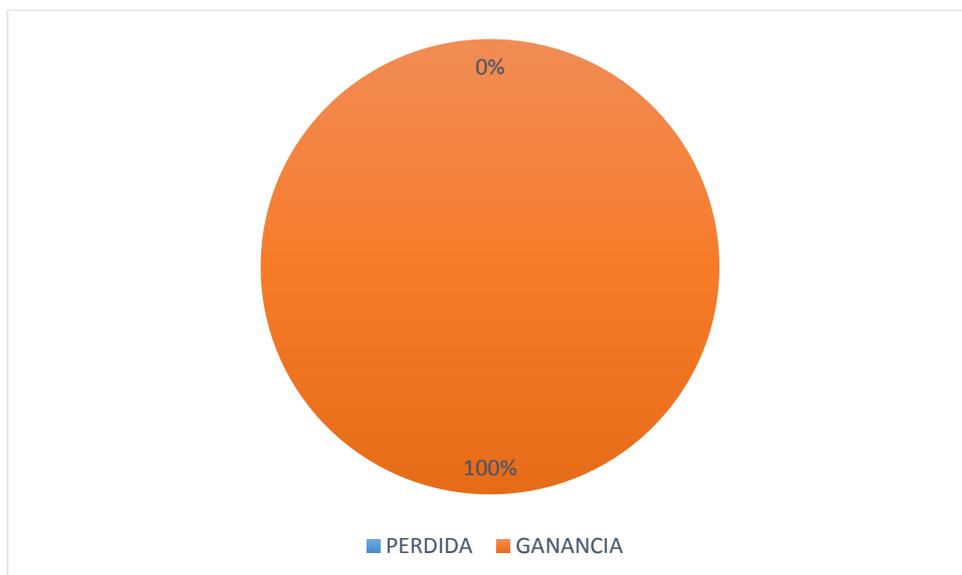


Figura IV-126. Ganancia vs. Pérdida (sensor)

Si se comparan los 2 datos se obtiene que la máquina con el nuevo sistema de control aumenta sus ganancias en un 18% con 0% de pérdidas; como se muestra en la figura 127.

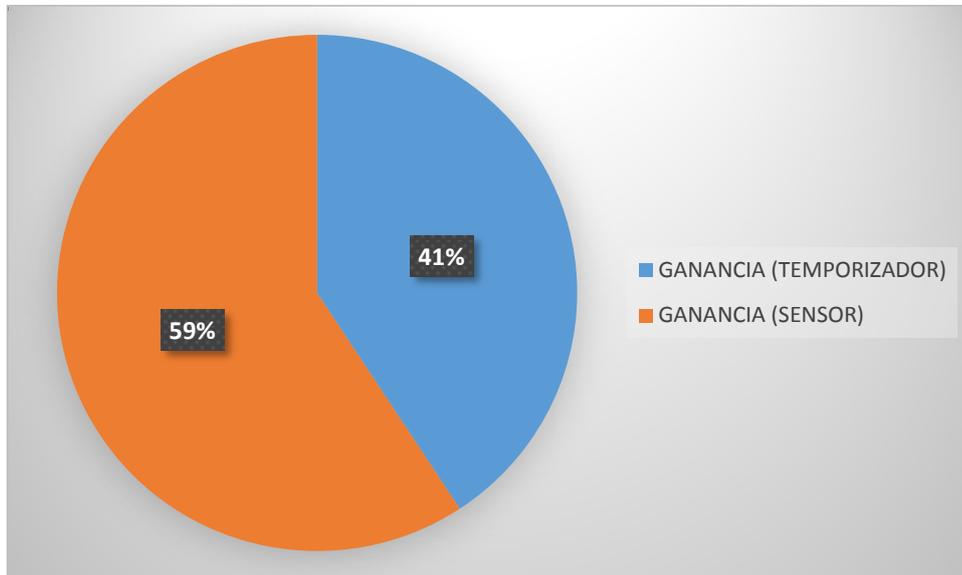


Figura IV-127. Ganancia (temporizador) vs. Ganancia (sensor)

4.3.4 COMPROBACION DE LA HIPÓTESIS

Como se muestran en los datos anteriores la máquina gana un tiempo de eficiencia del 6%; ya que no deja de funcionar por cambios en el sistema o reprogramación alguna; a más de esto la cantidad de producto terminado asciende en un 18% demostrando así una mejora en la productividad.

CONCLUSIONES

- Anteriormente la máquina se encontraba controlada por medio de un temporizador el cual era reprogramado en cada momento por el operario cada vez que una lámina no poseía el espesor que se esperaba; esto llevaba a una parada innecesaria de la máquina perdiendo de esta manera tiempo en la producción.
- Debido a que la máquina trabaja con diferentes mandriles fue necesaria la construcción de un sistema mecánico para posicionar el sensor; el cual permitía el desplazamiento del mismo para ubicarlo de manera correcta dependiendo del diámetro del mandril y que los datos tomados no afecten en el proceso.
- Para la implementación del sistema de control fue necesario utilizar un sensor de proximidad que permitía el monitoreo y visualización del espesor de la lámina; la señal enviada por el mismo fue adquirida por una DAQ 6009 para posteriormente procesarla en LabVIEW.
- Para realizar el control automático de la máquina fue necesaria la programación de un PLC; el cual en conjunto con el sensor de proximidad, la DAQ 6009, LabVIEW y un computador permitían obtener de forma correcta el espesor de la lámina.

- Para el monitoreo y el control de supervisión de la máquina se diseñó un HMI que permite la visualización de forma fácil y rápida el proceso que se encuentra realizando la máquina en un instante determinado.
- Mediante la implementación del Sistema de control se logra una optimización en el funcionamiento de la máquina y la obtención de láminas con el espesor adecuado; de esta manera se logra mejoras significativas en la producción de las mismas.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que para un análisis previo al funcionamiento de la máquina se obtengan planos reales tanto eléctricos, de control y de mando de la misma; para reconocer el correcto funcionamiento de los diferentes elementos, dispositivos y procesos que intervienen en esta.
- Se recomienda que para una correcta lectura de los datos enviados por el sensor de proximidad se deben conocer las condiciones de trabajo del mismo; ya que de esta manera se estará asegurando el correcto funcionamiento del sistema.
- Se recomienda que cuando la máquina cambia de mandril; se realice una correcta reubicación del sensor de acuerdo a las especificaciones que se indican en el capítulo de diseño.
- Se recomienda que antes de poner en marcha el sistema se verifique la instalación física del sistema eléctrico y electrónico para así evitar daños en los equipos como posibles lesiones en las personas que lo manipulan.
- Se recomienda que durante todo el proceso de desalloro e implementación del sistema se realicen pruebas continuas, ya que de esta manera se evita la pérdida de tiempo y se asegura el éxito del proyecto.

RESUMEN

Diseñar e implementar un sistema de control para determinar el espesor en la lámina Eurolit de Tubasec C.A, empresa localizada en la ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo, Ecuador.

Se ha empleado el método experimental debido a la necesidad de modificar la programación del Sistema para controlar y determinar el incremento en el espesor de las placas de fibrocemento. Para implementar el sistema se ha utilizado el software Industrial LabVIEW y adecuando la programación del Controlador Lógico Programable (PLC); se ha implementado el Sistema de control con equipos robustos, que ha permitido interactuar con la Tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ) para así obtener la señal enviada por el sensor de proximidad láser, procesarla en LabVIEW de forma correcta y obtener una señal de salida que interactúa en el proceso del PLC. NI OPC Servers, es el OLE para Control de Procesos (OPC) que comunica a LabVIEW con el PLC.

Con el Sistema de control, la producción de las láminas aumenta en 18% y el tiempo de funcionamiento de la máquina asciende en un 6% ya que la misma no se detiene para cambios en el proceso; de esta manera se ha comprobado la hipótesis, obteniendo así una mejora en la producción.

Se concluye que la implementación del Sistema; ha facilitado el control, la visualización y el monitoreo; para así determinar del espesor de las placas de fibrocemento de Eurolit.

Se recomienda el mantenimiento de forma preventiva de todos los componentes del Sistema; tanto eléctricos y electrónicos para mantener un funcionamiento óptimo de la máquina.

SUMMARY

A monitoring system was designed and implemented to determine the thickness of sheets manufactured by Eurolit of Tubasec C.A., Enterprise located on the city of Riobamba, province of Chimborazo, Ecuador.

An experimental method was used due to need of modifying the system programming to monitor and determine the increase of the fibercement-plaque thickness. The LabVIEW industrial software was used to implement the system. Besides, the programmable logic controller programming (PLC) was adjusted; the monitoring system using strong equipment has been implemented allowing the interaction with the data acquisition card (DAQ) to get the output signal interacting in the PLC process. NI OPC Servers , is OLE to monitor processes (OPC) communicating LabVIEW with PLC.

The sheet production increase 18% using the monitoring system and the machine functioning time increases 6% since it does not stop for process changes. Therefore, the hypothesis has been proven improving the production.

It is concluded that the system implementation has made easy the control, the visualization and monitoring to determine the plaque thickness of Eurolit fibercement.

It is recommended to give preventive maintenance to all the system components, that is, electric and electronic ones for a right machine functioning.

GLOSARIO

HMI

Human Machine Interface, que se usa para referirse a la interacción entre humanos y máquinas; Aplicable a sistemas de Automatización de procesos

LABVIEW

Acrónimo de Laboratory Virtual Instrumentation Engineering Workbench. LabVIEW es un entorno de programación destinado al desarrollo de aplicaciones, similar a los sistemas de desarrollo comerciales que utilizan C o BASIC. Sin embargo, LabVIEW se diferencia de dichos programas estos lenguajes de programación se basan en líneas de texto para crear el código fuente del programa, mientras que LabVIEW emplea la programación gráfica o lenguaje G para crear programas basados en diagramas de bloques.

OLE (Object Linking and Embedding)

Tecnología de Microsoft para compartir información entre distintas aplicaciones de Windows. Permite la creación de documentos o programas incorporando elementos de otros. Para la ejecución de dicho programa/documento deben existir los archivos o programas necesarios para ejecutarlos.

OPC (OLE for Process Control)

OPC corresponde a un conjunto de especificaciones basadas en los estándares de Microsoft (COM, DCOM, OLE Automation y Active X) que cubren los requerimientos de comunicación industrial entre aplicaciones y dispositivos, especialmente en lo que se refiere al tiempo real

PLC

Programmable Logic Controller o Controlador lógico programable. Dispositivo electrónico muy usado en automatización industrial. Un PLC controla la lógica de funcionamiento de máquinas, plantas y procesos industriales, procesan y reciben señales digitales y analógicas y pueden aplicar estrategias de control.

BIBLIOGRAFÍA

- 1.- BOLTON., W.,** Mecatrónica: sistemas de control electrónico en la ingeniería mecánica y eléctrica.,4ª. ed., México D.F – México., Alfaomega., 2010., Pp. 22-58-150-171-192-216.
- 2.- ROLDAN, J.,** Neumática, hidráulica y electricidad aplicada.,2ª. ed., Madrid - España., Editorial Paraninfo, 1991., Pp. 141–143.
- 3.- FIALLOS,J.,** Implementación del sistema de corte y transporte de las placas de Eurolit en la empresa Tubasec.,Riobamba-Ecuador., ESPOCH.,2012.,Pp. 4-8.
- 4.- DORF, R.,** Sistemas de Control Moderno., 10 ed., Los Ángeles-Estados Unidos., Prentice Hall., 2000., Pp.70.

5.- OGATA, K., Ingeniería de Control Moderna., 3a. ed., Guadalajara-México., McGraw- Hill., 1998., Pp.55-224.

6.- PALLAS, R., Adquisición y Distribución de Señales., 2a. ed., Madrid-España., Columbus., 1993., Pp.52-112.

7.- RASHID, M., Electrónica de Potencia., 3a. ed., México D.F-México., Pearson Prentice., 2004., Pp.70

8.- RELÉS

http://electronica.ugr.es/~amroldan/modulos/enlaces/dispo_potencia/reles.htm

2013-02-06

<http://platea.pntic.mec.es/~pcastela/tecno/documentos/apuntes/rele.pdf>

2013-02-08

9.- VARIADORES DE FRECUENCIA

http://diagramas.diagramasde.com/otros/Sistemas_de_regulacion_maquinas_electricas.pdf

2013-01-05

http://www.potenciaelectromecanica.com/variadores_frecuencia.php

2013-01-15

<http://www.quiminet.com/articulos/que-es-un-variador-de-frecuencia-y-como-es-que-funciona-60877.htm>

2013-01-17

10.- CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)

<http://www.emagister.com/curso-controladores-logicos-programables/programacion-plc-1>

2013-02-17

11.- SENSORES FOTOELÉCTRICO

<http://guindo.pntic.mec.es/rarc0002/all/aut/dat/f.ace.sensores.fotoelectricos...pdf>

2012-11-17

http://files.pepperl-fuchs.com/selector_files/navi/productInfo/doct/tdoct0634__spa.pdf

2012-11-20

http://files.pepperl-fuchs.com/selector_files/navi/productInfo/doct/tdoct0859d_eng.pdf

2012-11-21

12.- ADQUISICION Y PROCESAMIENTO DE SEÑALES

<http://dSPACE.ups.edu.ec/bitstream/123456789/73/11/Capitulo3.pdf>

2012-11-26

13.-TARJETA DE ADQUISICIÓN DAQ 6009

http://rd.udb.edu.sv:8080/jspui/bitstream/123456789/765/1/INTYPER_G06.pdf

2013-02-06

<http://sine.ni.com/nips/cds/view/p/lang/es/nid/201987>

2013-02-08

14.- ARMARIOS ELÉCTRICOS

<http://www.scribd.com/doc/16155171/tableros-electricos>

http://www.cadime.org.ar/revista/pdf/Farina___Tableros_Elctricos_AE140.pdf

2013-03-02

15.- ACTUADORES HIDRAULICOS

<http://es.scribd.com/doc/60792595/Actuadores>

2013-01-10

<http://cursos.aiu.edu/Sistemas%20Hidraulicas%20y%20Neumaticos/PDF/Tema%201.pdf>

2013-01-20

http://www.elprisma.com/apuntes/ingenieria_industrial/actuadoreshidraulicos/

2013-01-21

<http://es.scribd.com/doc/73029215/Clasificacion-De-Los-Cilindros-Hidraulicos-Y-Neumaticos>

2013-01-21

16.- ETAPA DARLINTONG

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

2013-02-13

http://www.tecnun.es/asignaturas/circelectron/Archivos/Tema_I_3.pdf

2013-02-14

http://www.unicrom.com/tut_darlington.asp

2013-02-14

17.- GRAFCET

<http://isa.uniovi.es/genia/spanish/publicaciones/grafcet.pdf>

2013-02-19

http://www.ingenierosenergia.com/normativa/10_electricidad_alta_y_baja_tension/MT%202-21-78.pdf

2013-02-24

18.- SIMBOLOGIA ELECTRICA

<http://biblioteca.uns.edu.pe/saladocentes/archivos/curzoz/MA-EL-1-08.pdf>

2013-03-09

ANEXOS

ANEXO 1: CIRCUITO DEL PLC CARTONERA #2 CON TEMPORIZADOR

ANEXO 2: CIRCUITO DE CONTROL DE AGITADORES

ANEXO 3: CIRCUITO DE POTENCIA DE AGITADORES

ANEXO 4: CIRCUITO DE MANDO DE CARTONERA #2

ANEXO 5: CIRCUITO DE TEMPORIZADOR CARTONERA #2

ANEXO 6: MANUAL DE USUARIO

ANEXO 7: DATASHEET DEL SENSOR PEPPERL+FUCHS

ANEXO 8: GRAFCET CARTONERA #2 CON ESPESOR

ANEXO 9: CIRCUITO DEL PLC CARTONERA #2 CON SENSOR

ANEXO 10: CIRCUITO DAQ 6009