



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE  
CHIMBORAZO**

**FACULTAD DE MECÁNICA  
ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL**

**“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN EN LA ESCUELA  
DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, DE UN MÓDULO  
DIDÁCTICO PARA EL PROCESO DE LLENADO DE CAJAS  
PARA LA INDUSTRIA ALIMENTICIA”**

**ALCIVAR JARAMILLO ERIC DARIO  
MALACATUS ROJAS LUIS MIGUEL**

**TESIS DE GRADO**

**Previa a la obtención del Título de:**

**INGENIERO INDUSTRIAL**

**RIOBAMBA – ECUADOR**

**2015**

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-11-18

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

---

**ERIC DARIO ALCIVAR JARAMILLO**

---

Titulada:

**“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN EN LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA INDUSTRIAL, DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL  
PROCESO DE LLENADO DE CAJAS PARA LA INDUSTRIA ALIMENTICIA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Jhonny Orozco Ramos  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Ruth Barrera Basantes  
ASESORA DE TESIS

---

**CERTIFICADO DE APROBACIÓN DE TESIS**

---

2013-11-18

Yo recomiendo que la Tesis preparada por:

---

**LUIS MIGUEL MALACATUS ROJAS**

---

Titulada:

**“CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN EN LA ESCUELA DE  
INGENIERÍA INDUSTRIAL, DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL  
PROCESO DE LLENADO DE CAJAS PARA LA INDUSTRIA ALIMENTICIA”**

Sea aceptada como parcial complementación de los requerimientos para el Título de:

**INGENIERO INDUSTRIAL**

---

Ing. Marco Santillán Gallegos  
DECANO DE LA FAC. DE MECÁNICA

Nosotros coincidimos con esta recomendación:

---

Ing. Jhonny Orozco Ramos  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. Ruth Barrera Basantes  
ASESORA DE TESIS

---

**CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** ERIC DARIOALCIVAR JARAMILLO

**TÍTULO DE LA TESIS:** “CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL PROCESO DE LLENADO DE CAJAS PARA LA INDUSTRIA ALIMENTICIA”

**Fecha de Examinación:** 2015-03-06

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Orozco Ramos DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Ruth Barrera Basantes ASESORA			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

---

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

---

Ing. Carlos Santillán Mariño  
PRESIDENTA DEL TRIBUNAL

---

**CERTIFICADO DE EXAMINACIÓN DE TESIS**

---

**NOMBRE DEL ESTUDIANTE:** LUIS MIGUEL MALACATUS ROJAS

**TÍTULO DE LA TESIS:** “CONSTRUCCIÓN E IMPLEMENTACIÓN EN LA ESCUELA DE INGENIERÍA INDUSTRIAL, DE UN MÓDULO DIDÁCTICO PARA EL PROCESO DE LLENADO DE CAJAS PARA LA INDUSTRIA ALIMENTICIA”

**Fecha de Examinación:** 2015-03-06

**RESULTADO DE LA EXAMINACIÓN:**

COMITÉ DE EXAMINACIÓN	APRUEBA	NO APRUEBA	FIRMA
Ing. Carlos Santillán Mariño PRESIDENTE TRIB. DEFENSA			
Ing. Jhonny Orozco Ramos DIRECTOR DE TESIS			
Ing. Ruth Barrera Basantes ASESORA			

\* Más que un voto de no aprobación es razón suficiente para la falla total.

**RECOMENDACIONES:** \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

El Presidente del Tribunal certifica que las condiciones de la defensa se han cumplido.

\_\_\_\_\_  
Ing. Carlos Santillán Mariño  
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL

## **DERECHOS DE AUTORÍA**

El trabajo de grado que presentamos, es original y basado en el proceso de investigación y/o adaptación tecnológica establecida en la Facultad de Mecánica de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. En tal virtud, los fundamentos teóricos - científicos y los resultados son de exclusiva responsabilidad de los autores. El patrimonio intelectual le pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

---

Eric Dario Alcivar Jaramillo

---

Luis Miguel Malacatus Rojas

## **DEDICATORIA**

A mis padres que fueron las personas que a lo largo de este camino siempre supieron darme el apoyo necesario, las palabras correctas para no decaer y hacer de mí mejor persona además me permitieron lograr todas las metas propuestas, a mi hermano por darme confianza siempre, a mis amigos que fueron parte de este proyecto de una manera desinteresada, a mi familia que siempre estaba dando una voz de aliento y a todas aquellas personas que quisieron ver el deber cumplido especialmente a mi director y asesor.

**Eric Alcivar Jaramillo**

A Dios por ser mi guía, mi inspiración, por protegerme durante todo mi camino y darme fuerzas para superar obstáculos y dificultades. A mis padres por su amor, sacrificio y por ser fuente de apoyo constante e incondicional en toda mi vida para apoyarme en todo momento. A mis hermanos quienes son mi fuerza para seguir adelante.

**Luis Malacatus Rojas**

## **AGRADECIMIENTO**

Agradecer a Dios por la salud y sabiduría que nos permitió culminar con éxito este proyecto y nos ayuda a cumplir un logro más en nuestro camino.

De la misma forma queremos expresar nuestra gratitud a la Facultad de Mecánica en especial a la Escuela de Ingeniería Industrial que nos cobijó en sus aulas impartiéndonos conocimiento que utilizamos para poder desarrollar nuestra tesis.

A los Ingenieros Jhonny Orozco y Ruth Barrera que estuvieron de forma permanente pendientes de culminar la misma.

A nuestros padres que son el pilar fundamental en la consecución de este objetivo, por el apoyo incondicional y permitirnos ser mejores cada día.

**Eric Alcivar y Luis Malacatus**

## CONTENIDO

	Pág.
<b>1. INTRODUCCIÓN</b>	
1.1 Antecedentes.....	1
1.2 Justificación.....	2
1.3 Objetivos.....	2
1.3.1 <i>Objetivo general.</i> ....	2
1.3.2 <i>Objetivos específicos</i> .....	3
<b>2. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO</b>	
2.1 Generalidades de sistemas automatizados.....	4
2.1.1 <i>¿Qué son los sistemas automatizados?</i> .....	4
2.1.2 <i>Componentes de un sistema automatizado</i> .....	7
2.1.3 <i>Funcionamiento de los sistemas automatizados</i> .....	9
2.1.4 <i>Aplicaciones de los sistemas automáticos</i> .....	10
2.2 Estructura del PLC.....	10
2.3 Programación del PLC.....	13
2.4 PLC S7-200 .....	16
2.4.1 <i>Características</i> .....	17
2.4.2 <i>Aplicaciones</i> .....	18
2.4.3 <i>Funcionamiento</i> .....	18
2.5 Electro-neumática.....	21
2.6 Sensores .....	24
2.7 Lógica de programación. ....	30
<b>3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO E INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DEL SISTEMA</b>	
3.1 Fabricación de la estructura base.....	32
3.2 Ensamble del sistema mecánico .....	41
3.3 Ubicación de los componentes participativos en el sistema. ....	42
3.4 Diseño del circuito de control y electro-neumático.....	43
3.5 Instalación del cableado de los dispositivos del proceso y ubicación de señales y pulsadores de mando. ....	44
3.6 Programación del PLC.....	46
<b>4. MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, SEGURIDAD Y GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO</b>	
4.1 Manual de operación del módulo .....	50
4.2 Manual de seguridad de operación del módulo .....	51
4.3 Plan de mantenimiento del módulo .....	53
4.3.1 <i>Mantenimiento Preventivo</i> .....	53
4.3.2 <i>Mantenimiento Correctivo</i> .....	58
4.4 Guías de prácticas de laboratorio.....	61

<b>5.</b>	<b>COSTOS</b>	
5.1	Costos de inversión.....	63
5.2	Costos de operación.....	63
5.3	Costos de construcción .....	63
5.4	Gastos varios.....	65
5.5	Resumen de costos y de gastos .....	66

<b>6.</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES</b>	
6.1	Conclusiones.....	67
6.2	Recomendaciones .....	67

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

## LISTA DE TABLAS

	<b>Pág.</b>
1 Representación de una función Y en un controlador lógico en diferentes lenguajes.	30
2 Representación de una función O en controladores lógicos en diferentes lenguajes.	31
3 Autoenclavamiento .....	31
4 Descomposición de la estructura base .....	32
5 Alternativas para la selección del motor. ....	36
6 Criterios para la selección del motor.....	36
7 Características del motor reductor .....	37
8 Ensamble del módulo parte mecánica.....	41
9 Ensamble modulo didáctico parte eléctrica .....	42
10 Ubicación de señales .....	44
11 Ficha técnica .....	45
12 Asignación de entradas y salidas del PLC. ....	46
13 Checklist de inicio de operaciones.....	52
14 Motorreductor .....	58
15 Chumaceras.....	58
16 Correas .....	58
17 Banda transportadora .....	59
18 Caja de rodillos .....	59
19 PLC .....	59
20 Sistema neumático .....	60
21 Bitácora de operaciones .....	61
22 Asignación de entradas y salidas .....	62
23 Detalle de costos de operación.....	63
24 Detalle de costos de construcción directos .....	64
25 Detalle de costos de construcción indirectos .....	65
26 Detalle de gastos .....	65
27 Resumen de costos y gastos .....	66

## LISTA DE FIGURAS

	<b>Pág.</b>
1 Control en lazo cerrado .....	6
2 Control en lazo abierto .....	7
3 Planteamiento de un sistema físico para el control .....	8
4 Sistema de iluminación .....	10
5 Controlador lógico programable .....	11
6 Estructura básica del PLC .....	12
7 Ciclo de un PLC .....	13
8 Programa escrito en lenguaje AWL .....	15
9 Programa en lenguaje KOP .....	16
10 Comunicación PC con un PLC .....	17
11 Conectar la alimentación del S7- 200 .....	19
12 Conectar el cable multimaestro .....	19
13 Iniciar Step 7 – Micro/win .....	20
14 Elementos de cadena de mando .....	21
15 Cilindro de doble efecto .....	24
16 Célula de carga .....	26
17 Puente Wheatstone interno (sensor resistivo) .....	27
18 Fuente simétrica .....	27
19 Acondicionamiento de señal .....	28
20 Etapa de control y potencia .....	28
21 Sensor fotoeléctrico de barrera .....	29
22 Estructura base .....	32
23 Desplazamiento estático .....	33
24 Tensión axial y de flexión en el límite superior estático .....	34
25 Factor de seguridad .....	35
26 Tren de rodillos .....	39
27 Banda transportadora .....	41
28 Norma DIN para montar el plc en la caja térmica .....	42
29 Circuito de control y electro - neumático .....	43
30 Conexión de cableado del sistema .....	44
31 Señales y pulsadores de mando .....	45
32 Programación PLC S7-200 Llenadora de cajas .....	46
33 Caja para el proceso .....	50

## SIMBOLOGÍA

$\omega$	Velocidad angular	rad/s
F	Fuerza	N
g	Gravedad	m/s <sup>2</sup>
P	Presión	Pa
W	Peso	N
$p_{\text{atm}}$	Presión atmosférica	Pa
T	Voltaje	V
$\tau$	Torque	N m
I	Intensidad	A
f	Frecuencia	Hz

## **LISTA DE ABREVIACIONES**

E/S	Entradas y salidas
PLC	Controlador Lógico Programable
RET	Operación de Retorno Absoluto
MPI	Interface Multipunto
CP	Procesador de Comunicaciones
N/A	Normalmente Abierto
N/C	Normalmente Cerrado
VDC	Voltaje Corriente Directa
VDA	Voltaje Corriente Alterna
EPI	Elementos de Protección Personal

## **LISTA DE ANEXOS**

- A Circuito de amplificación de señal - sensor resistivo.
- B Programación Arduino.
- C Diseño de circuitos para imprimir.
- D Fotografías

## RESUMEN

El nuevo modelo de educación superior y desarrollo tecnológico en el que está inmerso nuestro país, exige la implementación de nuevas formas de aprendizaje de simulación de procesos industriales y aplicaciones reales con tecnología moderna que permita al estudiante estar capacitado y ser competitivo para enfrentar los retos que presenta la industria productiva alimenticia.

Para ello se investigó la manera de automatizar el proceso de llenado de cajas mediante la programación con el controlador lógico programable PLC SIEMES S7-200, que se caracteriza por sus múltiples ventajas, su facilidad de manejo y además posee un software amigable con el usuario STEP7 MICROWIN que está dirigido a los estudiantes que cursan la cátedra de automatización de procesos.

Se diseñó el módulo didáctico que consta de tres motorreductores, una banda transportadora, un tren de rodillos, una electroválvula, un cilindro neumático, un sensor fotoeléctrico, un sensor resistivo que se acopla con un circuito de acondicionamiento de señal, todo este sistema funciona mediante el PLC y los botones de mando, que automatiza el proceso de llenado de cajas de 4kg, simulando la actividad en un empresa alimenticia, para que los estudiantes adquieran experiencia en el uso de nuevas tecnologías. El módulo cuenta con un programa de mantenimiento preventivo y correctivo, para mantenerlo correctamente.

Al finalizar este trabajo se automatizo el sistema de llenado, lo que tecnifica el método de enseñanza-aprendizaje, con lo que se obtiene que en un futuro como profesionales contribuyan a mejorar y desarrollar la matriz productiva del país.

## **ABSTRACT**

The new model of superior education and technological development in which our country is immersed requires the implementation of new ways of learning simulation of real industrial process, and real applications with modern technology that allows the student to be trained and become competitive to face the challenges that presents the food production industry.

To get that purpose, it investigated the way how to automate the filling of boxes by programming with the PLC programmed logic controller SIEMENS S7-200, which characterizes by its many advantages, ease of handling and also has a friendly software with the user STEP 7 MICROWIN that is aimed to students whom take the subject of process automation.

The mechanical training module design contains three reducing engines, a carried band, a roller train, a solenoid, a pneumatic cylinder, a photoelectric sensor, a resistive sensor that is connected to a signal conditioning circuit. The whole system works by PLC and control buttons, which automates the process of filling 4 kg boxes simulating activity in a food company, so that the students learn by experience in the use of new technologies. The module has a program of preventive and corrective maintenance to keep it properly.

At the end of this work, the filling system was automated which technifies the method of teaching – learning and will allow to the new professionals help to improve and develop the productive area of the country in the future.

# CAPÍTULO I

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1 Antecedentes

La Escuela de Ingeniería Industrial busca enmarcar a sus profesionales en la realidad actual y proyección futura de la demanda productiva nacional, que sean personas capaces de formar parte del desarrollo tecnológico que vive nuestro país en el área industrial.

Una de las formas más importantes y efectivas para fortalecer la enseñanza adquirida en la universidad es la construcción e implementación de módulos didácticos para simular los procesos, con lo cual los estudiantes observen los elementos de la automatización que son utilizados en el campo laboral industrial y de esta manera estén más capacitados para enfrentar la vida profesional.

Las personas a lo largo del tiempo crearon herramientas y máquinas que le faciliten la realización de tareas arduas, pesadas y repetitivas. En los últimos años, la aparición de máquinas sofisticadas ha dado lugar a un gran desarrollo del campo de la automatización y el control de las tareas, aplicado ya en muchas máquinas que se manejan diariamente.

Los primeros controladores programables aparecen en la década de los sesenta y fueron introducidos en sistemas de producción industrial para sustituir paneles de control en base a relés. Hoy en día los PLC controlan, la lógica de máquinas, plantas y procesos industriales siendo así un elemento importante en el funcionamiento de una empresa automatizada.

Al realizar el proyecto de tesis se desea automatizar el llenado de cajas, lo que permitirá tecnificar y actualizar las prácticas de laboratorio de automatización para estar en vanguardia con la industria, éste prototipo simula el proceso real de una empresa alimenticia por lo que es factible aplicarlo con el fin de ahorrar tiempo, reducir costos y aumentar la matriz productiva en el país, que es uno de los objetivos del plan nacional del buen vivir, a través de la revolución productiva del conocimiento y el talento humano.

## **1.2 Justificación**

La Escuela de Ingeniería Industrial de la Facultad de Mecánica forma estudiantes con conocimientos concernientes con la automatización de procesos de una manera teórica y virtual, sin embargo el nuevo modelo de educación superior y del desarrollo tecnológico en el que está inmerso nuestro país, exige la implementación de un módulo didáctico de simulación de procesos industriales y aplicaciones reales con tecnología moderna que permita al estudiante estar capacitado y ser competitivo para enfrentar los retos que presentan las industrias productiva alimenticia.

La construcción e implementación de este módulo didáctico tiene la finalidad de mejorar el proceso pedagógico, para que los estudiantes de la escuela puedan combinar el conocimiento teórico y práctico con la ayuda del prototipo donde se simulará un proceso de llenado de cajas como se lo realiza en la industria ecuatoriana.

Por este motivo surge la necesidad de iniciar un laboratorio de automatización en la Escuela de Ingeniería Industrial utilizando un controlador lógico programable siemens S7-200, que permitirá al estudiante monitorear, inspeccionar y analizar procesos industriales con las bondades que brindan los PLC con el fin de mejorar la educación y que vaya acorde con las exigencias actuales.

El módulo didáctico de llenado de cajas tiene varias ventajas entre ellas: se puede desarmar en varias piezas lo que permitirá desarrollar el ingenio para reconstruirlo las veces que realicen las prácticas en el laboratorio, además el PLC es reprogramable lo que significa que el estudiante podrá programarlo indefinidamente hasta conseguir su óptimo funcionamiento.

## **1.3 Objetivos**

**1.3.1** *Objetivo general.* Construir e implementar en la Escuela de Ingeniería Industrial, un módulo didáctico para el proceso de llenado de cajas para la industria alimenticia.

**1.3.2** *Objetivos específicos:*

Conocer el principio de funcionamiento del PLC.

Determinar la secuencia de programación para las prácticas de simulación de los procesos industriales de llenado de cajas.

Elaborar el diagrama de instalación del módulo con el PLC accesible para los estudiantes.

Elaborar las guías de prácticas para laboratorio.

Elaborar el plan de operaciones y mantenimiento para el módulo.

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO CONCEPTUAL Y TEÓRICO

#### 2.1 Generalidades de sistemas automatizados.

Las fábricas automatizadas deben proporcionar en sus sistemas: alta confiabilidad, gran eficiencia y flexibilidad. Una de las bases principales de éstas, es un dispositivo electrónico llamado Controlador Lógico Programable (PLC). Este dispositivo fue inicialmente introducido en 1970 y fue evolucionando con nuevos componentes electrónicos, tales como microprocesadores de alta velocidad, agregándole funciones especiales para el control de procesos más complejos.

Hoy los “Controladores Programables” son desarrollados usando lo último en diseño de microprocesadores y circuitería electrónica, lo cual proporciona una mayor confiabilidad en su operación en aplicaciones industriales, donde existen peligros debido al medio ambiente, alta repetibilidad, altas temperaturas, ruido ambiente o eléctrico, suministro de potencia eléctrica no confiable, vibraciones mecánicas. (VALLEJO, 2005).

Dentro del campo de la producción industrial, la automatización ha pasado de ser una herramienta de trabajo deseable a una herramienta indispensable para competir en el mercado globalizado. Ningún empresario toma a la ligera la automatización de sus procesos para aumentar la calidad de sus productos, reducir los tiempos de producción, realizar tareas complejas, reducir los desperdicios o las piezas mal fabricadas y sobre todo aumentar la rentabilidad (RUEDAS, 2014).

**2.1.1** *¿Qué son los sistemas automatizados?* Los sistemas automatizados transfieren tareas de producción, realizadas regularmente por operadores humanos a un vinculado de elementos tecnológicos.

Los sistemas automatizados comprenden dos partes esenciales:

- Parte de mando
- Parte operativa

### *Parte operativa*

Es la parte que maniobra directamente sobre la máquina. Son los elementos que hacen que la máquina realice todas las operaciones requeridas. Los elementos que forman la parte operativa son los accionadores de las máquinas como motores, cilindros, compresores, finales de carrera.

### *Parte de mando*

Por lo general es un controlador lógico programable, aunque pocos años atrás se utilizaban relés electromagnéticos, tarjetas electrónicas o módulos lógicos neumáticos (tecnología cableada). En un sistema automatizado el controlador lógico programable está en el eje del sistema. El mismo que debe comunicarse con todos los dispositivos del sistema automatizado (VICTOR, 2011).

Al hablar de sistemas automáticos es necesario definir algunos términos básicos:

### *Variable controlada y variable manipulada.*

La variable controlada es la cantidad o condición que se mide y controla. La variable manipulada es la cantidad o condición que el controlador modifica para afectar el valor de la variable controlada. Por lo común, la variable controlada es la salida (el resultado) del sistema. En el estudio del control, necesitamos definir términos adicionales que resultan necesarios para describir los sistemas de control.

### *Procesos.*

Se define un proceso como una operación o un desarrollo natural progresivamente continuo, marcado por una serie de cambios graduales que se suceden uno al otro en una forma relativamente fija y que conducen a un resultado o propósito determinados.

### *Sistemas.*

Un sistema es una combinación de componentes que actúan juntos y realizan un objetivo determinado.

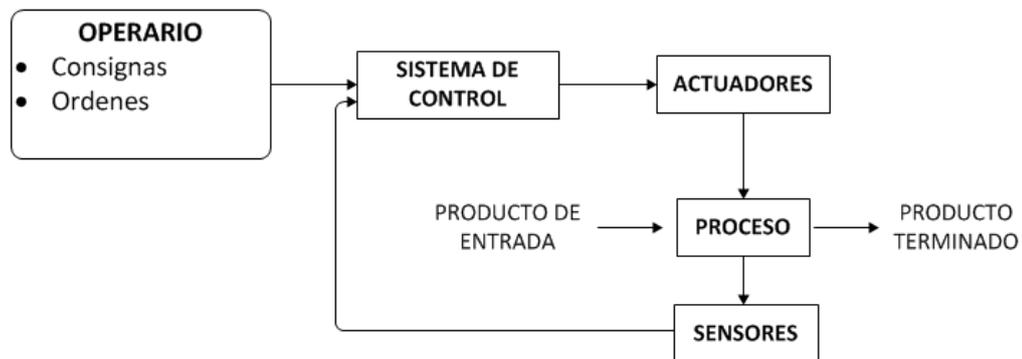
### *Perturbaciones.*

Una perturbación es una señal que tiende a afectar negativamente el valor de la salida de un sistema. Si la perturbación se genera dentro del sistema se denomina interna, en tanto que una perturbación externa se produce fuera del sistema y es una entrada.

### *Control realimentado.*

El control realimentado se refiere a una operación que, en presencia de perturbaciones, tiende a reducir la diferencia entre la salida de un sistema y alguna entrada de referencia y lo continúa haciendo con base en esta diferencia. Aquí solo se especifican con este término las perturbaciones impredecibles, dado que las perturbaciones predecibles o conocidas siempre pueden compensarse dentro del sistema (OGATA, 2000).

Figura 1. Control en lazo cerrado



Fuente: ROMERA Pedro. Automatización problemas resueltos con autómatas programables. p.2

### *Sistemas de control en lazo cerrado.*

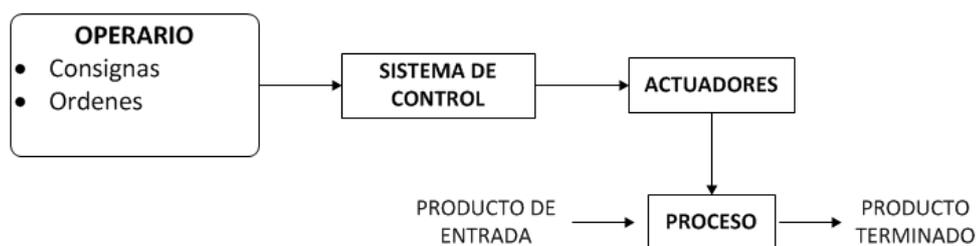
Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control en lazo cerrado. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación a fin de reducir el error y llevar la salida del sistema a un valor conveniente. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de

control realimentado para reducir el error del sistema.

### *Sistemas de control en lazo abierto.*

Los sistemas en los cuales la salida no afecta la acción de control se denominan sistemas de control en lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada.

Figura 2. Control en lazo abierto



Fuente: ROMERA Pedro. Automatización problemas resueltos con autómatas programables. p.1

En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Por tanto, a cada entrada de referencia le corresponde una condición operativa fija; como resultado, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se usa si se conoce la relación entre la entrada, la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado. Observe que cualquier sistema de control que opere con una base de tiempo es en lazo abierto (ROMERA, 2001).

**2.1.2** *Componentes de un sistema automatizado.* El control en sí mismo es un sistema físico y por lo tanto se define como un conjunto de elementos que interactúan con el fin de posibilitar que un sistema cumpla con sus objetivos. Para evitar confusiones con los sistemas que controla, simplemente se lo llama control.

Los componentes principales del control son:

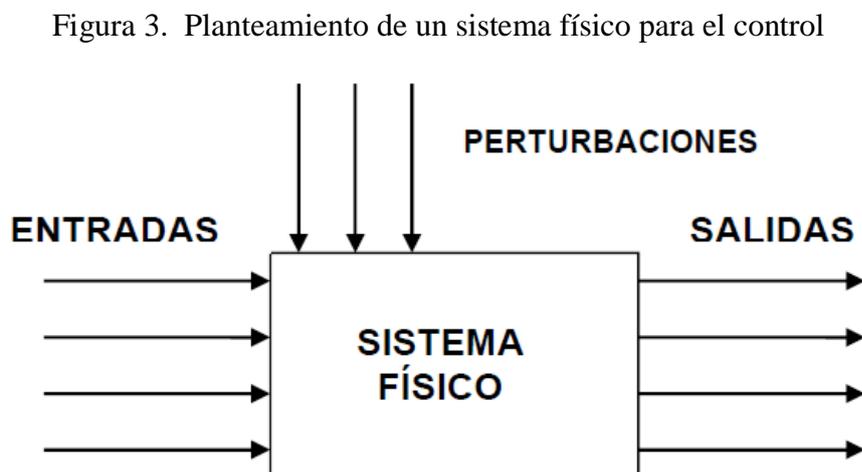
- *Sensores.* Son dispositivos que establecen, detectan parámetros de los sistemas físicos y envían esta información a un controlador
- *Controlador.* Es el cerebro que además de almacenar información, recibe información de los sensores, procesa información y envía órdenes a los actuadores para que accionen sobre el sistema en vista a lograr que este logre sus objetivos.
- *Actuadores.* Son dispositivos que reciben las órdenes por parte del controlador y accionan o actúan sobre un sistema para controlarlo.

Dependiendo del tipo de sujeto, el control se clasifica en:

- *Control manual.* Cuando un operador humano es el que efectúa el control sobre el sistema.
- *Control automático.* Cuando no interviene un operador humano, sino son elementos artificiales los que efectúan el control.
- *Control semiautomático.* Cuando parte del proceso de control es automático y otra parte es manual.

#### *Planteamiento de un sistema físico para el control*

La condición necesaria para que el control de un sistema físico cumpla con su finalidad es que este sistema funcione correctamente. Para el control los componentes del sistema físico se consideran dentro de una “caja negra” y más bien se considera al sistema en forma paramétrica, siendo los parámetros funcionales del sistema, desde el punto de vista de control los siguientes:



Fuente: AGUINAGA Álvaro. Autómatas programables. p.2

- *Salidas.* Son parámetros cuantificables que representan los objetivos de un sistema.
- *Entradas.* Son parámetros cuantificables sobre los que se puede actuar directamente.
- *Perturbaciones.* Son parámetros generalmente del medio ambiente en que funciona el sistema y que son muy difíciles o imposible de evitarlos. Estos parámetros se consideran perturbaciones solamente cuando estos afectan significativamente en el funcionamiento de un sistema.

### *Señales digitales y analógicas.*

Las señales de información transmitidas entre los diferentes componentes y elementos de un sistema de control se dividen en dos tipos que son:

- *Señales analógicas:* Son señales continuas físicas de la naturaleza.
- *Señales digitales:* Son señales discretas o discontinuas que se encuentran codificadas.

Dependiendo de cuál de estas señales o información es la predominante en un elemento, equipo o sistema de control a este se lo define como analógico o digital (AGUINAGA, 2011).

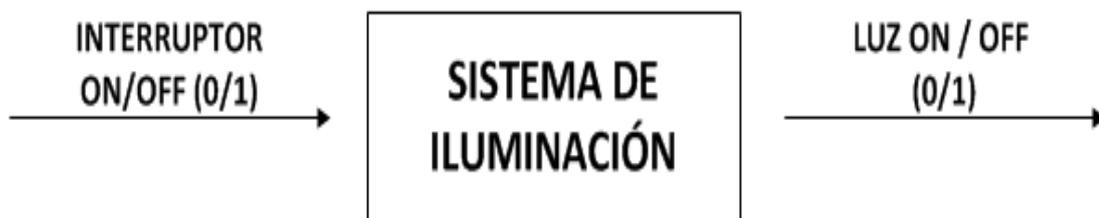
**2.1.3** *Funcionamiento de los sistemas automatizados.* Para que un sistema automatizado pueda funcionar debe existir la intervención de componentes físicos conectados o relacionados entre sí, de tal manera que controlen su actuación por sí mismos, es decir sin que intervengan agentes exteriores (incluyendo el factor humano), corrigiendo además los posibles errores que se presenten en su funcionamiento.

En la actualidad, cualquier mecanismo, sistema o planta industrial presenta una parte actuadora, que corresponde al sistema físico que realiza la acción, y otra parte de mando o control, que genera las ordenes necesarias para que esa acción se lleve o no a cabo. La mayoría de sistemas automatizados parte de la misma idea que es eliminar la intervención de la mano del hombre para agilizar los procesos pero el humano es quien programa todos estos eventos en la memoria de la computadora que debe estar presente en el sistema también el humano realiza la supervisión y el mantenimiento preventivo. En el funcionamiento de cualquier sistema automatizado ingresa la parte física que son los actuadores, motores etc. Los cuales son controlados por una computadora que es quien

ejecuta el programa, almacena los datos y envía señales de mando referentes al proceso a automatizar. El sistema cuenta con entradas y salidas digitales. Las entradas se encargan de las señales de los dispositivos de campo como son los sensores, interruptores, transmisores de señal, y las salidas comandan a los actuadores (bombas, cilindros, motores u otros que formen parte del sistema).

**2.1.4** *Aplicaciones de los sistemas automáticos.* En base a los criterios anteriores se presentan a continuación ejemplos de planteamientos de sistemas físicos para control en que se han establecido sus parámetros: entradas, salidas y perturbaciones.

Figura 4. Sistema de iluminación



Fuente: Autores

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

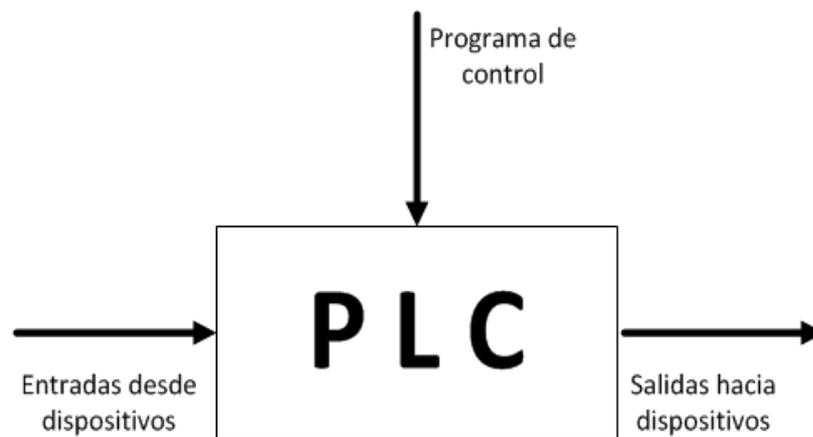
En los procesos industriales:

- Aumentando las cantidades y mejorando la calidad del producto, gracias a la producción en serie y a las cadenas de montaje.
- Reduciendo los costes de producción.
- Fabricando artículos que no se pueden obtener por otros medios.

## 2.2 Estructura del PLC

Un controlador lógico programable (PLC) se define como un dispositivo electrónico digital que usa una memoria programable para guardar instrucciones y llevar a cabo funciones lógicas, de configuración de secuencia, de sincronización, de conteo y aritméticas, para el control de maquinaria y procesos (figura 5).

Figura 5. Controlador lógico programable



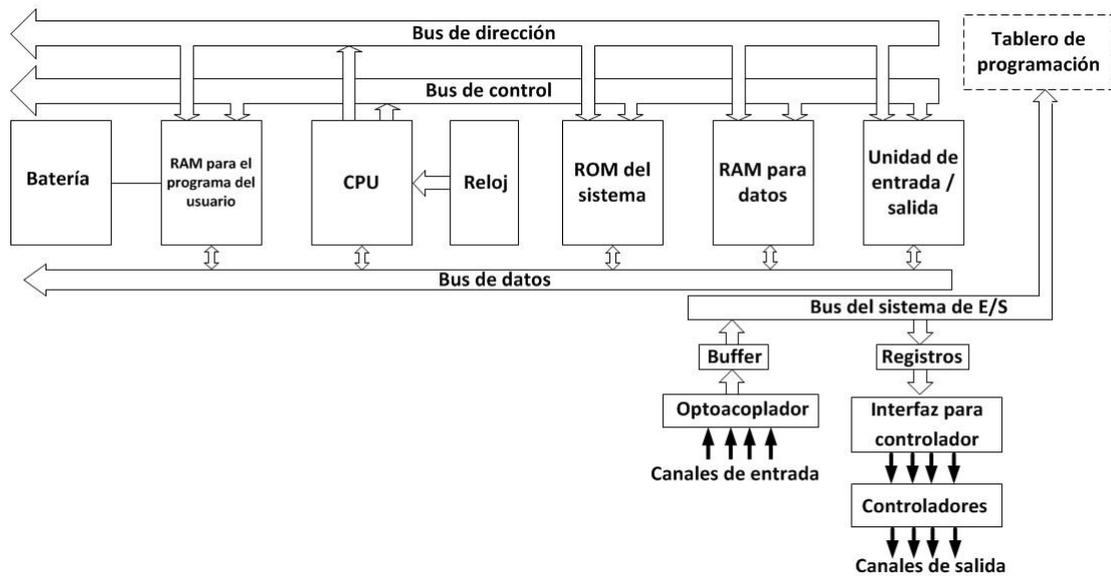
Fuente: Autores

Este tipo de procesadores se denomina lógico debido a que su programación básicamente tiene que ver con la ejecución de operaciones lógicas y de conmutación. Los dispositivos de entrada (por ejemplo un interruptor) y los dispositivos de salida (por ejemplo un motor), que están bajo control, se conectan al PLC; de esta manera el controlador monitorea las entradas y salidas, de acuerdo con el programa diseñado por el operador para el PLC y que este conserva en memoria, y de esta manera se controlan maquinas o procesos.

En un principio, el propósito de estos controladores fue sustituir la conexión física de relevadores de los sistemas de control lógicos y de sincronización. Los PLC tienen la gran ventaja de que permiten modificar un sistema de control sin tener que volver a alambrar las conexiones de los dispositivos de entrada y de salida; basta con que el operador digite en un teclado las instrucciones correspondientes. Si bien los PLC son similares a las computadoras, tienen características específicas que permiten su empleo como controladores.

1. Son robustos y están diseñados para resistir vibraciones, temperatura, humedad y ruido.
2. La interfaz para las entradas y las salidas está dentro del controlador.
3. Es muy fácil programarlos, así como entender el lenguaje de programación. La programación básicamente consiste en operaciones de lógica y conmutación (BOLTON, 2001).

Figura 6. Estructura básica del PLC



Fuente: BOLTON W. Mecatrónica. p. 424.

Dentro de la CPU disponemos de un área de memoria, la cual posee “varias secciones” encargadas de distintas funciones. Así tenemos:

- Memoria del programa de usuario donde se introducirá el programa que el PLC que va a ejecutar cíclicamente.
- Memoria de la tabla de datos cuya zona es encargada de atribuir las funciones específicas del programa. Se suele subdividir en zonas según el tipo de datos (como marcas de memoria, temporizadores, contadores, etc).
- Memoria del sistema donde se encuentra el programa en código de máquina que monitoriza el sistema (programa del sistema o firmware). Este programa es ejecutado directamente por el microprocesador/microcontrolador que posea el PLC.
- Memoria de almacenamiento, se trata de una memoria externa que empleamos para almacenar el programa de usuario, y en ciertos casos parte de la memoria de la tabla de datos. Suele ser de uno de los siguientes tipos: EPROM, EEPROM, o FLASH.

Cada PLC divide su memoria de esta forma genérica, haciendo subdivisiones específicas según el modelo y fabricante.

El PLC posee un ciclo de trabajo, que ejecutará de forma continua.

Figura 7.Ciclo de un PLC



Fuente. AGUINAGA Álvaro. Autómatas Programables. p.11

Generalmente se dispone de dos tipos de Entradas/Salidas (E/S).

Las E/S digitales se basan en el principio de todo o nada, es decir o no conducen señal alguna o poseen un nivel mínimo de tensión. Estas E/S se manejan con nivel de bits dentro del programa de usuario.

Las E/S analógicas pueden poseer cualquier valor dentro de un rango determinado especificado por el fabricante. Se basan en convertidores A/D y D/A aislados de la CPU (ópticamente o por etapa de potencia). Estas señales se manejan a nivel de bytes o palabra (8/16 bits) dentro del programa de usuario.

Las E/S son leídas y escritas dependiendo del modelo y del fabricante, es decir pueden estar incluidas sus imágenes dentro del área de memoria o ser manejadas a través de instrucciones específicas de E/S (VALLEJO, 2005).

### 2.3 Programación del PLC

Software de los PLC.

Los programas para los PLC comprenden tres partes básicas:

- Programa principal.

- Subrutinas (opcional).
- Rutinas de interrupción (opcional).

Estos tienen varios lenguajes de programación de entre los cuales los más importantes son: KOP (esquema de contactos) y AWL (lista de instrucciones). El programa principal contiene las operaciones que controlan la aplicación, las cuales se ejecutan en forma secuencial en cada ciclo. El programa principal termina con una sentencia de finalización (Bobina absoluta en KOP o sentencia MEND en AWL).

Una subrutina es una secuencia de operaciones que se ejecutan cada vez que son invocadas en el programa principal. Esta o éstas se colocan al final del programa principal y terminan con una operación de retorno absoluto (RET). Las rutinas de interrupción son secuencias de operaciones que se ejecutan cada vez que se presenta el correspondiente evento de interrupción. Esta o éstas se ubican al final del programa principal y terminan con una operación de retorno absoluto (RETI). Los lenguajes de programación más utilizados para los PLC son de dos tipos:

**AWL** que comprende un juego de operaciones nemotécnicas que representan las funciones de la CPU.

Este lenguaje contiene una lista de instrucciones en el que cada línea del programa tiene una operación que utiliza una abreviatura nemotécnica para representar una función de la CPU. Las operaciones se colocan en secuencia lógica de acuerdo a los requerimientos del programa.

La programación con este tipo de lenguaje tiene las siguientes reglas:

- Cada sección de programación se divide en segmentos, cuya palabra clave es NETWORK.
- Los comentarios se escriben luego de dos barras inclinadas (//). Cada línea adicional de comentario debe comenzar así mismo con dos barras inclinadas. Finalice cada línea con pulsando Enter.
- La primera columna corresponde a la operación. La operación es una sentencia lógica.

- La segunda columna, que se separa de la anterior por un espacio en blanco, corresponde al operando. El operando es la dirección del dato sobre el que actúa la operación.
- No introduzca espacios entre el área de memoria y su dirección.
- Los operandos se separan mediante comas, un espacio en blanco o un tabulador.
- Los nombres simbólicos deben ir entre comillas.

Figura 8. Programa escrito en lenguaje AWL.

```

// PROGRAMA PARA TREN TRANSPORTADOR

NETWORK
LD "marcha 1" // Marcha motor
AN "paro -Em1" // Si I0.0 esta activado (on)
= Q0.0 // poner en marcha motor transportador

NETWORK
LD I0.1 // paro emergencia transportador
O I0.3 // Si paro_Em1 está activado
R Q0.0,1 // o si paro - Em2 está activado

NETWORK MEND

MEND // Fin de programa

```

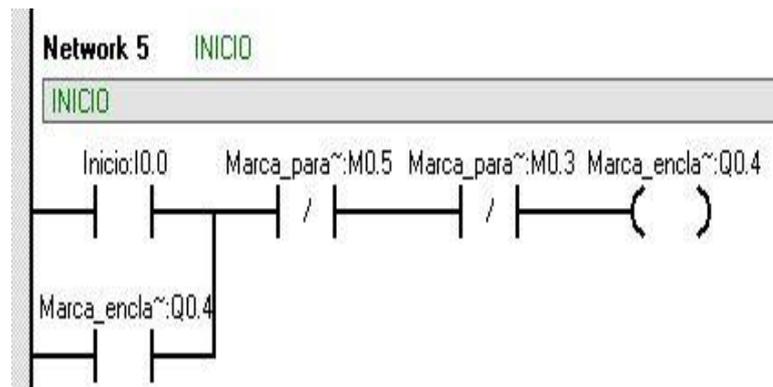
Fuente: AGUINAGA Álvaro. Autómatas Programables. p.26

**KOP** es un lenguaje de programación gráfico con componentes similares a los elementos de los esquemas de circuitos, los cuales conforman un segmento de operaciones lógicas. Los diagramas que se establecen son similares a gráficos de escalera (LADDER).

Los elementos básicos de un lenguaje KOP son:

- Contactos: que representan interruptores por los que circula la corriente cuando está cerrado. Esto implica que hay dos tipos de contactos: cerrados y abiertos.
- Bobinas: que representan a relés que se excitan cuando se aplica voltaje.
- Cuadros: que representan una función que se ejecuta cuando la corriente circula por él. El cuadro puede representar, por ejemplo, un contador, un temporizador, etc.
- Segmentos: que constituyen un circuito completo. La corriente circula desde la barra de alimentación ubicada a la izquierda pasando por los contactos cerrados para excitar las bobinas o cuadros.

Figura 9. Programa en lenguaje KOP.



Fuente: Step 7/Microwin

Debe señalarse que un mismo programa puede ser escrito sea en lenguaje KOP o en AWL. Una vez escrito el programa el software permite compilarlo para revisar la sintaxis lógica, de tal manera que si existen errores estos tienen los mensajes respectivos que permiten corregirlos.

El software instalado en el ordenador permite cambiar automáticamente el programa escrito en KOP o en AWL, al elegir el comando respectivo y realizar los cambios de presentación requeridos, como por ejemplo: operaciones y direcciones escritos completamente en mayúsculas, tabuladores entre las operaciones y las direcciones, entre otros (AGUINAGA, 2011) (BOLTON, 2001).

## 2.4 PLC S7-200

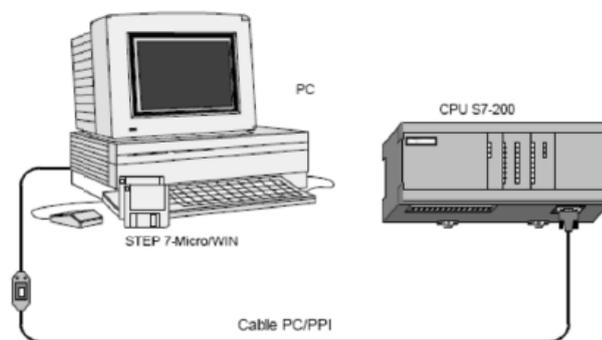
La CPU S7-200 es un aparato autónomo compacto que incorpora una unidad central de procesamiento (CPU), la fuente de alimentación, así como entradas y salidas digitales.

- La CPU ejecuta el programa y almacena los datos para la tarea de automatización o el proceso.
- La fuente de alimentación proporciona corriente a la unidad central y a los módulos de ampliación conectados.
- Las entradas y salidas controlan el sistema de automatización. Las entradas vigilan las señales de los aparatos de campo (por ejemplo sensores e interruptores) y las salidas vigilan las bombas, motores u otros dispositivos del proceso.

- La interface de comunicación permite conectar la CPU a una unidad de programación o a otros dispositivos. Algunas CPU disponen de dos o más interfaces de comunicación.
- Los diodos luminosos indican el modo de operación de la CPU (RUN o STOP), el estado de las entradas y salidas integradas, así como los posibles fallos del sistema que se hayan detectado.

Si desea conectar utilizar un PC como unidad de programación del PLC, se debe disponer de equipos adicionales para lograr la comunicación como por ejemplo: un cable PC/PPI, un procesador de comunicaciones (CP) y un cable de interface multipunto (MPI), una tarjeta de interface multipunto (MPI).

Figura 10. Comunicación PC con un PLC



Fuente: AGUINAGA Álvaro, autómatas programables. p.9

#### 2.4.1 Características.

##### *Simatic s7-200 – Hardware.*

- Concepción modular – solución a medida.
- Pequeño, compacto y potente, extraordinaria respuesta en tiempo real.
- Robusto y confiable, sin partes móviles, ideal para ambiente industrial.
- Extraordinaria conectividad.
- Programación sencilla por software amigable con asistentes.
- Alto nivel de prestaciones.
- Conexión sencillo por borneras integradas.
- Posibilidad de manejo de procesos analógicos.
- Puerto RS 485 integrado o empleo como bus de sistema (BIANCO, 2006).

*Simatic s7-200 – Software.*

STEP 7-Micro/WIN.

- Gran facilidad de uso.
- Estándar Windows.
- Parametrizar en lugar de programa: los asistentes.
- Gran repertorio de instrucciones, aplicables por simple «arrastrar & colocar».
- Función de visualización de estado para lenguajes AWL, KOP y FUP (SIEMENS, 2004).

**2.4.2** *Aplicaciones.* El PLC, por sus características específicas de diseño, tiene un área extensa de aplicación. La evolución constante del hardware y software amplifican continuamente el campo de operación satisfaciendo las necesidades que se detectan en el aspecto de sus posibilidades reales.

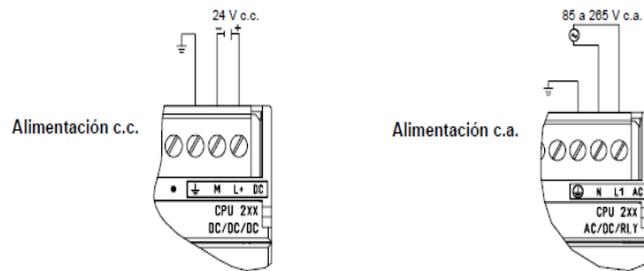
Su utilización, se da primordialmente en aquellas instalaciones en donde es necesario efectuar procesos de maniobra, control, señalización, etc. Por lo tanto, su aplicación contiene desde procesos de fabricación industrial de cualquier tipo al de transformaciones industriales, control de instalaciones (VALLEJO, 2005).

**2.4.3** *Funcionamiento.* Conectar el S7-200 es muy fácil conectar el S7-200. En el presente ejemplo, basta con conectar la alimentación del S7-200 y utilizar el cable de comunicación para unir la unidad de programación y el S7-200.

*Conectar la alimentación del S7-200*

Primero que todo es preciso conectar el S7-200 a una fuente de alimentación. La figura muestra el cableado de una CPU S7-200 con alimentación c.c. (corriente continua) o c.a. (corriente alterna). Antes de montar o desmontar cualquier aparato eléctrico, vigile que se haya desconectado la alimentación del mismo. Respete siempre las medidas de seguridad necesarias y verifique que la alimentación eléctrica del S7-200 se haya desconectado antes del montaje. Los plc se pueden por lo general conectarse a 110 voltios de corriente alterna pero tienen un área para conectar elementos que trabajen a 24 voltios de corriente continua.

Figura 11. Conectar la alimentación del S7- 200



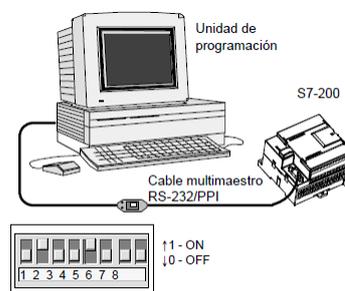
Fuente: Manual Siemens S7-200

### *Conectar el cable multimaestro RS-232/PPI*

La figura 12 muestra un cable multimaestro RS-232/PPI que conecta el S7-200 con la unidad de programación, para ellos se debe realizar el siguiente procedimiento.

1. Una el conector RS-232 (identificado con “PC”) del cable multimaestro RS-232/PPI al puerto de comunicación de la unidad de programación. (En el presente ejemplo, conectar a COM 1.)
2. Una el conector RS-485 (identificado con “PPI”) del cable multimaestro RS-232/PPI al puerto 0 ó 1 del S7-200.
3. Vigile que los interruptores DIP del cable multimaestro.

Figura 12. Conectar el cable multimaestro



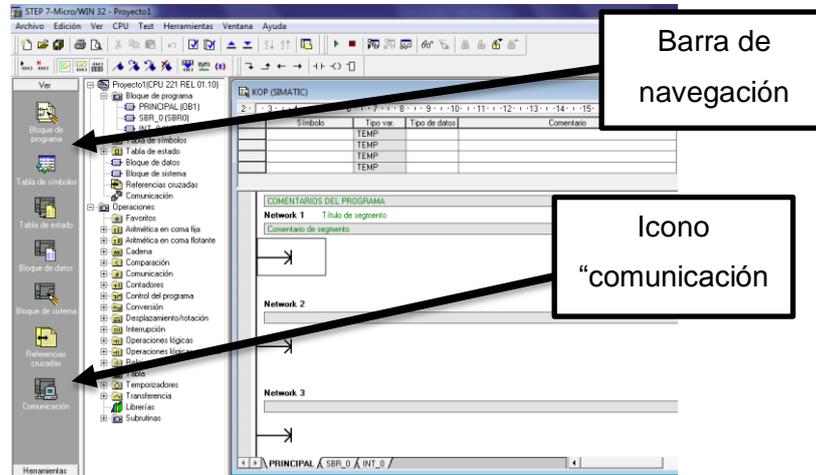
Fuente: Manual Siemens S7-200

### *Iniciar STEP 7-Micro/WIN.*

Haga clic en el icono de STEP 7-Micro/WIN para abrir un nuevo proyecto La figura muestra un nuevo proyecto. Aprecie la barra de navegación. Puede utilizar los iconos de la barra de proyecto de STEP 7-Micro/WIN. En la barra de navegación, haga clic en el

icono “Comunicación” para abrir el cuadro de diálogo correspondiente. Utilice el cuadro de diálogo de la figura 17 para configurar la comunicación de STEP 7-Micro/WIN.

Figura 13. Iniciar Step 7 – Micro/win



Fuente: Step 7 – micro/win

*Verificar los parámetros de comunicación de STEP 7-Micro/WIN.*

En el proyecto de ejemplo se utilizan los ajustes estándar de STEP 7-Micro/WIN y del cable multimaestro RS-232/PPI. Para verificar los ajustes:

1. Vigile que la dirección del cable PC/PPI esté ajustada a 0 en el cuadro de diálogo “Comunicación”.
2. Vigile que la interfaz del parámetro de red esté configurada para el cable PC/PPI (COM1).
3. Vigile que la velocidad de transferencia esté ajustada a 9,6 kbit/s.

*Establecer la comunicación con el S7-200*

Utilice el cuadro de diálogo “Comunicación” para establecer la comunicación con el S7-200.

1. En el cuadro de diálogo “Comunicación”, haga doble clic en el icono “Actualizar”. Step 7-Micro/win buscará el S7-200 y visualizará un icono “CPU” correspondiente a la CPUS7-200 conectada.
2. Seleccione el S7-200 y haga clic en “Aceptar”.

Si Step 7-Micro/win no encuentra el S7-200, verifique los parámetros de comunicación y repita los pasos descritos arriba (SIEMENS, 2008).

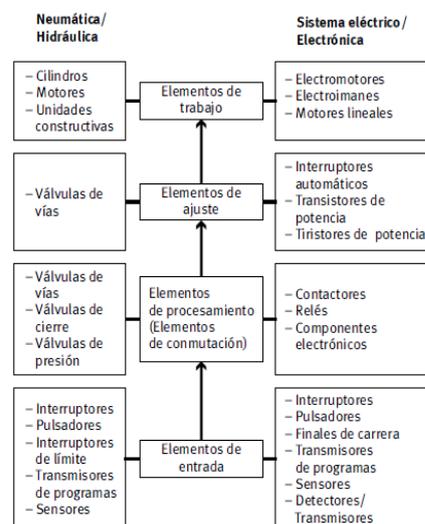
## 2.5 Electro-neumática

En electro-neumática, la energía eléctrica suplente a la energía neumática como el elemento natural para la generación y transmisión de las señales de control que se ubican en los sistemas de mando.

Los elementos que ingresan en los sistemas están compuestos fundamentalmente para la manipulación y acondicionamiento de las señales de voltaje y corriente que deberán de ser transmitidas a dispositivos de conversión de energía eléctrica a energía neumática para lograr la activación de los actuadores neumáticos.

La electro-neumática es una de las técnicas de automatización que está formando parte importante en la optimización de los procesos industriales. Con el avance de las técnicas de electricidad y la electrónica se produjo la fusión de métodos y dando así el inicio de los sistemas electro-neumáticos en la industria, los cuales resultaban más compactos y óptimos a diferencia de los sistemas puramente neumáticos. Dentro de los elementos de un sistema electro-neumático es importante reconocer la cadena de mando para elaborar un correcto esquema de conexiones (MORALES, 2014).

Figura 14. Elementos de cadena de mando



Fuente: Festo, fundamentos de electro-neumática. p.1

- Dispositivos que participan en un sistema electro-neumático básico.
- Contactos eléctricos NA/NC.
- Sensores.
- Pulsadores e interruptores.
- Electroválvulas.
- Cilindros de simple y doble efecto.
- Válvulas lógicas y de secuencia.
- Temporizadores.
- Relés.
- Fuentes de energía (neumática y eléctrica) (MORALES, 2014).

### **Aire comprimido**

El aire comprimido que se aplica en la industria proviene del exterior. Se comprime hasta una presión de trabajo de unos 6 bares, con relación a la presión atmosférica, y se designa presión relativa.

Presión absoluta = Presión atmosférica + Presión relativa

### **Propiedades del aire comprimido**

- Velocidad y presión variable.
- No es necesario sustituir ni reciclar.
- Sencillamente transportable por tuberías.
- Amplias temperaturas de operación.
- No presenta riesgo de incendio ni explosión.
- Es limpio y no se requieren líneas de retorno.
- Los componentes neumáticos son más sencillos de producir y tienen un menor importe económico.

### **Las desventajas del aire como fluido son las siguientes**

Antes de utilizar el aire comprimido, es necesario eliminar partículas abrasivas, impurezas y humedad que pueda tener en suspensión.

- Los circuitos neumáticos no son convenientes en trabajos de alta presión.
- El escape de aire produce ruidos molestos.
- Cuando el compresor mantiene varias horas de trabajo, el aceite de escape se puede mezclar con el aire comprimido y ser expulsado de la instalación (CLAUDIO, 2013).

## **Compresores**

Los compresores son máquinas que tienen por finalidad aportar una energía a los fluidos incompresibles (gases y vapores) sobre los que operan, para hacerlos fluir aumentando al mismo tiempo su presión, un compresor admite gas o vapor a una presión  $p_1$  dada, descargándolo a una presión  $p_2$  superior. (DÍEZ, 2014)

## **Filtro regulador**

Para el tratamiento del aire comprimido se utiliza un filtro de aire, un regulador de presión y un lubricador de aire a presión. Estos 3 elementos se combinan en una unidad conocida como “unidad de mantenimiento”. Esta tiene la función de acondicionar el aire a presión y se antepone al mando neumático.

## **Elementos de transporte**

Son los encargados de llevar el fluido en los circuitos hasta los puntos de consumo. Son las tuberías. El material debe ser lo suficientemente resistente para tolerar la presión del aire en su interior, además debe presentar una superficie lisa en su interior.

## **Válvulas 5x2.**

Con esta válvula se puede comandar un cilindro de doble efecto.

## **Cilindros neumáticos**

La energía del aire comprimido se transforma por medio de cilindros en un movimiento lineal de vaivén. Disponen de un tubo cilíndrico cerrado, dentro del cual hay un embolo

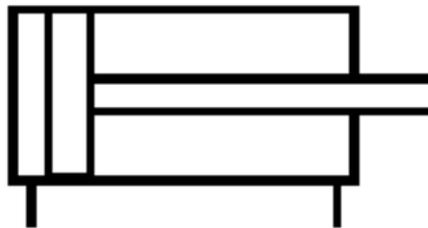
que se desplaza fijo a un vástago que lo atraviesa.

### **Cilindro de doble efecto**

Este tipo de cilindro trabaja en los dos sentidos, cuando el aire entra produce una fuerza y desaloja el aire que está en la otra cámara. El retroceso y desalojo del aire se produce cuando el aire entra por el otro orificio.

Para que el pistón se pueda mover, es necesario que entre aire a una de las cámaras y que, por la otra, salga a la atmósfera (VILLALVA, 2014).

Figura 15. Cilindro de doble efecto



Fuente: Autores

### **Electroválvulas**

Las electroválvulas resultan del acoplamiento de sistema electromecánico (solenoide – electroimán de accionamiento) a una válvula de distribución neumática elemental convirtiéndola en una de accionamiento eléctrico (MORALES, 2014).

Tipos

- Monoestable
- Biestables

### **2.6 Sensores**

Un sensor convierte una señal física de un tipo en una señal física de otra naturaleza. Por ejemplo una termocupla produce un voltaje que está relacionado con la temperatura, así

mismo en una resistencia metálica se aprovecha el fenómeno de variación de la resistencia con la temperatura para producir una señal de voltaje que sea proporcional a la temperatura.

### **Características de los sensores**

Cuando se diseñan sistemas de adquisición de datos con computadora, hay aspectos a cerca de los sensores que es necesario tener en cuenta:

- La naturaleza de la señal que el sensor genera.
- La influencia de las señales de ruido así como los efectos de carga del hardware de adquisición de datos sobre el sensor.
- La calibración del sensor con respecto a la variable física.
- La interdependencia entre los distintos componentes del sistema de adquisición de datos.
- La precisión del sensor.
- El tiempo de respuesta del sensor.
- El coeficiente de temperatura del sensor.
- La histéresis de un sensor.

### **Sensores resistivos**

Los sensores basados en la variación de la resistencia de un dispositivo son probablemente los más abundantes. Esto se debe a que son muchas las magnitudes físicas que afectan al valor de la resistencia eléctrica de un material.

En consecuencia, ofrecen una solución válida para numerosos problemas de medida. En el caso de los resistores variables con la temperatura ofrecen también un método de compensación térmica aplicable en los sistemas de medidas de otras magnitudes.

Para la clasificación de los diversos sensores resistivos se toma como criterio el tipo de magnitud física a medir. El orden seguido es el de variables mecánicas, térmicas magnéticas, ópticas y químicas (CÓRDOVA, 2014).

## Acondicionamiento de sensores resistivos

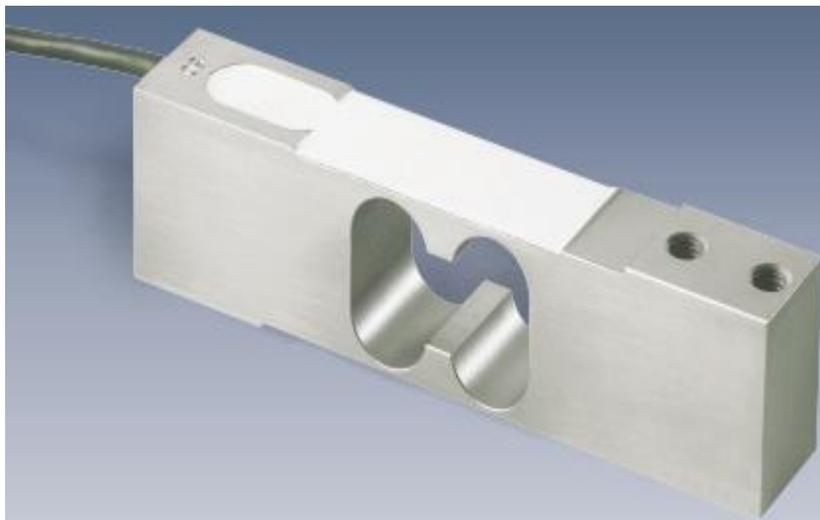
Los sensores resistivos deben ser conectados a circuitos de interfaz adecuado para poder aprovechar o medir el parámetro variado. Tradicionalmente no se suele medir la resistencia que varía, sino la variación de otro parámetro que depende de esta, como la tensión, la corriente o la frecuencia.

Los métodos de acondicionamiento se clasificarán en tres grupos:

- a) Divisor de tensión.
- b) Puente de Wheatstone
- c) Amplificadores para puente de sensores (MORALES).

## Aplicaciones

Figura 16. Célula de carga



Fuente: [http://www.anapesing.es/fotos/pesas/modelo\\_160\\_zoom.jpg](http://www.anapesing.es/fotos/pesas/modelo_160_zoom.jpg)

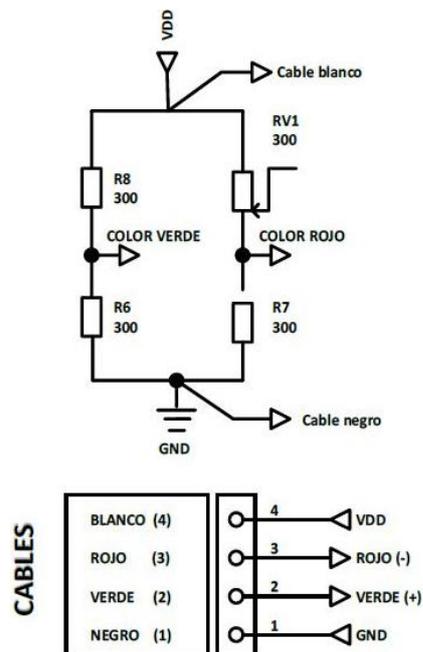
- Piezas metálicas para medir Peso (Fuerza) y presión.
- Están basadas en puentes de galgas pegadas a la pieza cuyos terminales son accesibles para poder excitar y medir el desequilibrio del puente.
- Detectan cambios en torno a  $500 - 2000 \mu\epsilon$
- Usados en el pesaje de tanques, silos y grandes pesos industriales. Los fabricantes especifican la sensibilidad de una forma indirecta que no es la habitual.

Suelen indicar la sensibilidad del puente que contienen en función de la tensión de alimentación (VELASCO, 2013).

### Circuito de acondicionamiento de señal

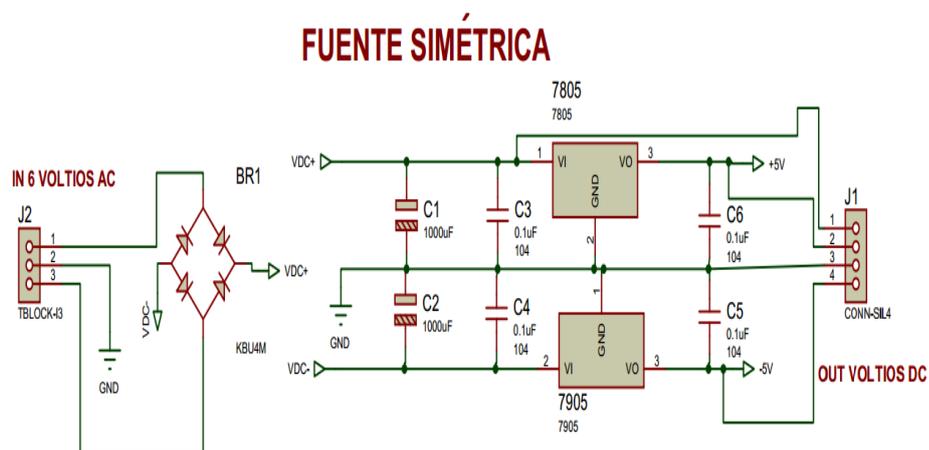
El puente de Wheatstone se utiliza para medir la variación de resistencia eléctrica en sensores resistivos.

Figura 17. Puente Wheatstone interno (sensor resistivo)



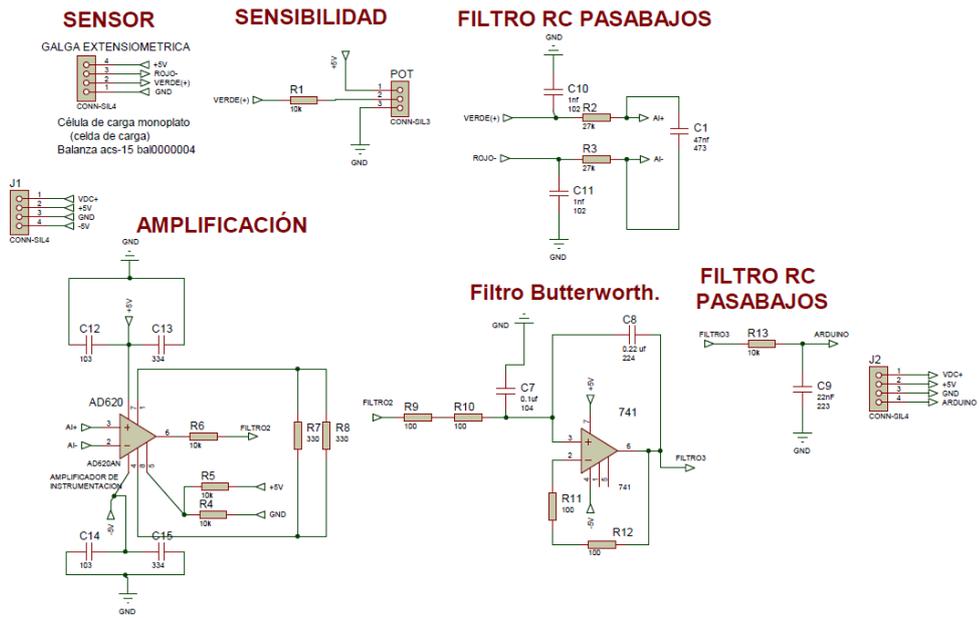
Fuente: Autores

Figura 18. Fuente simétrica



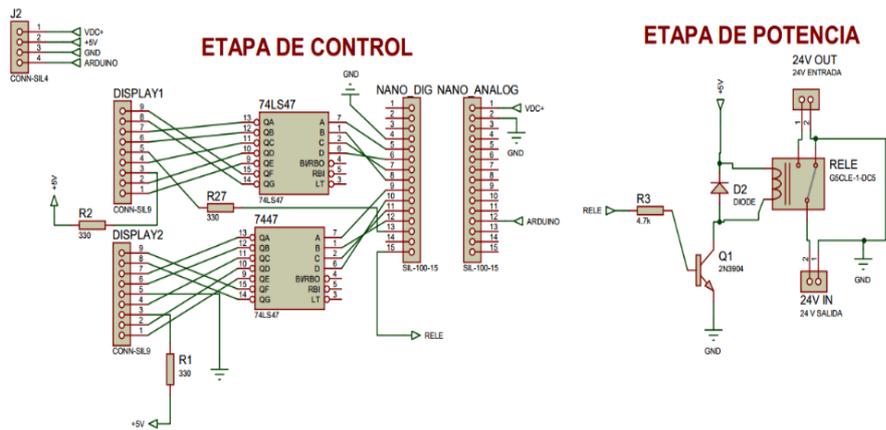
Fuente: Autores

Figura 19. Acondicionamiento de señal



Fuente: Autores

Figura 20. Etapa de control y potencia



Fuente: Autores

Revisar anexo A, B y C, de los diagramas completos.

### Sensores fotoeléctricos

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. Los sensores fotoeléctricos, también llamados fotocélulas, tienen un uso muy extendido en la industria. Son económicos, fiables y fáciles de instalar y mantener.

Figura 21. Sensor fotoeléctrico de barrera



Fuente:[http://ab.rockwellautomation.com/resources/images/allenbradley/gl/medlrgprod/45BRD\\_LaserMeasurementSensorFamily\\_front1-large\\_312w255h.jpg](http://ab.rockwellautomation.com/resources/images/allenbradley/gl/medlrgprod/45BRD_LaserMeasurementSensorFamily_front1-large_312w255h.jpg)

Un sensor fotoeléctrico tiene la capacidad de captar luz y activar o desactivar una señal en función de los valores de esa luz. Como en la industria la fiabilidad es esencial, se utilizan sensores de lazo cerrado, es decir que utilizan un emisor y un receptor sincronizados.

La forma más habitual de conectar los sensores fotoeléctricos, en el caso de máquinas complejas que utilizan autómatas, es suministrando alimentación al emisor (normalmente 24Vdc), y lo mismo para el receptor. El receptor, además, tiene un hilo para la salida de señal. En el caso de que emisor y receptor se encuentren en la misma caja, el emisor toma la corriente del mismo receptor, por lo que solamente se utilizan tres hilos en total.

### **Aplicaciones**

- Detectar el paso de un producto.
- Controlar que la altura o la anchura de un producto sea la adecuada.
- En envasadoras, para detectar que una bobina de plástico o papel está agotada.
- Ajustar la distancia de un elemento móvil.
- Como final de carrera sin contacto (VILARDELL, 2014).

## 2.7 Lógica de programación.

La lógica programable, es una familia de componentes que contienen conjuntos de elementos lógicos (AND, OR, NOT, etc.) que pueden configurarse para que cumplan cualquier función lógica que el usuario desee y que el componente soporte.

Las funciones básicas

Entre las funciones básicas encontramos las siguientes funciones

- AND
- OR
- AUTO-ENCLAVAMIENTO

### La función Y (AND)

Se denomina una función Y cuando al activar TODAS las entradas se activa la salida. La tabla de verdad muestra los distintos estados que pueden tomar las entradas y las salidas.

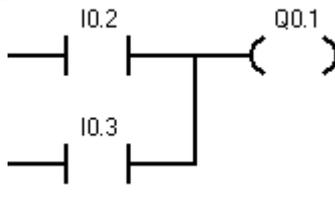
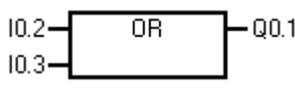
Tabla 1. Representación de una función Y en un controlador lógico en diferentes lenguajes

Representación en lenguaje KOP	
Representación en lengua AWL	<pre>LD      I0.0 A       I0.1 =       Q0.0</pre>
Representación en lengua FUB	

Fuente: Autores

La función O (OR). Se denomina una función O cuando al activar CUALQUIERA de las entradas se activa la salida.

Tabla 2. Representación de una función O en controladores lógicos en diferentes lenguajes.

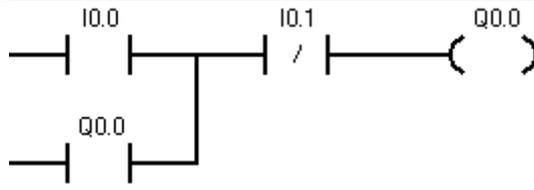
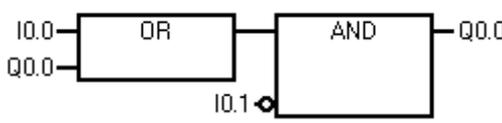
Representación en lenguaje KOP	
Representación en lengua AWL	<pre> LD      I0.2 O       I0.3 =       Q0.1                     </pre>
Representación en lengua FUB	

Fuente: Autores

### Autoenclavamiento

Una vez enclavada la salida esta se mantiene energizada así hasta que sea desenclavada.

Tabla 3. Autoenclavamiento

Representación en lenguaje KOP	
Representación en lengua AWL	<pre> LD      I0.0 O       Q0.0 AN     I0.1 =       Q0.0                     </pre>
Representación en lengua FUB	

Fuente: Autores

## CAPÍTULO 3

### 3. DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DEL MÓDULO E INSTALACIÓN Y CONEXIÓN DEL SISTEMA.

#### 3.1 Fabricación de la estructura base

Se podrá realizar tomando en cuenta los planos, además revisar las tablas 6.

Tabla 4. Descomposición de la estructura base

N° Elemento	Nombre	Material	Dimensiones (mm)	Operaciones
1	Larguero	Perfil (tubo cuadrado)	Revisar planos	Cortar, pulir, soldar, masillar, lijar, pintar
2	Parantes	Perfil (tubo cuadrado)	Revisar planos	Cortar, pulir, soldar, masillar, lijar, pintar
3	Nervios	Perfil (tubo cuadrado)	Revisar planos	Cortar, pulir, soldar, masillar, lijar, pintar

Fuente: Autores

Figura 22. Estructura base



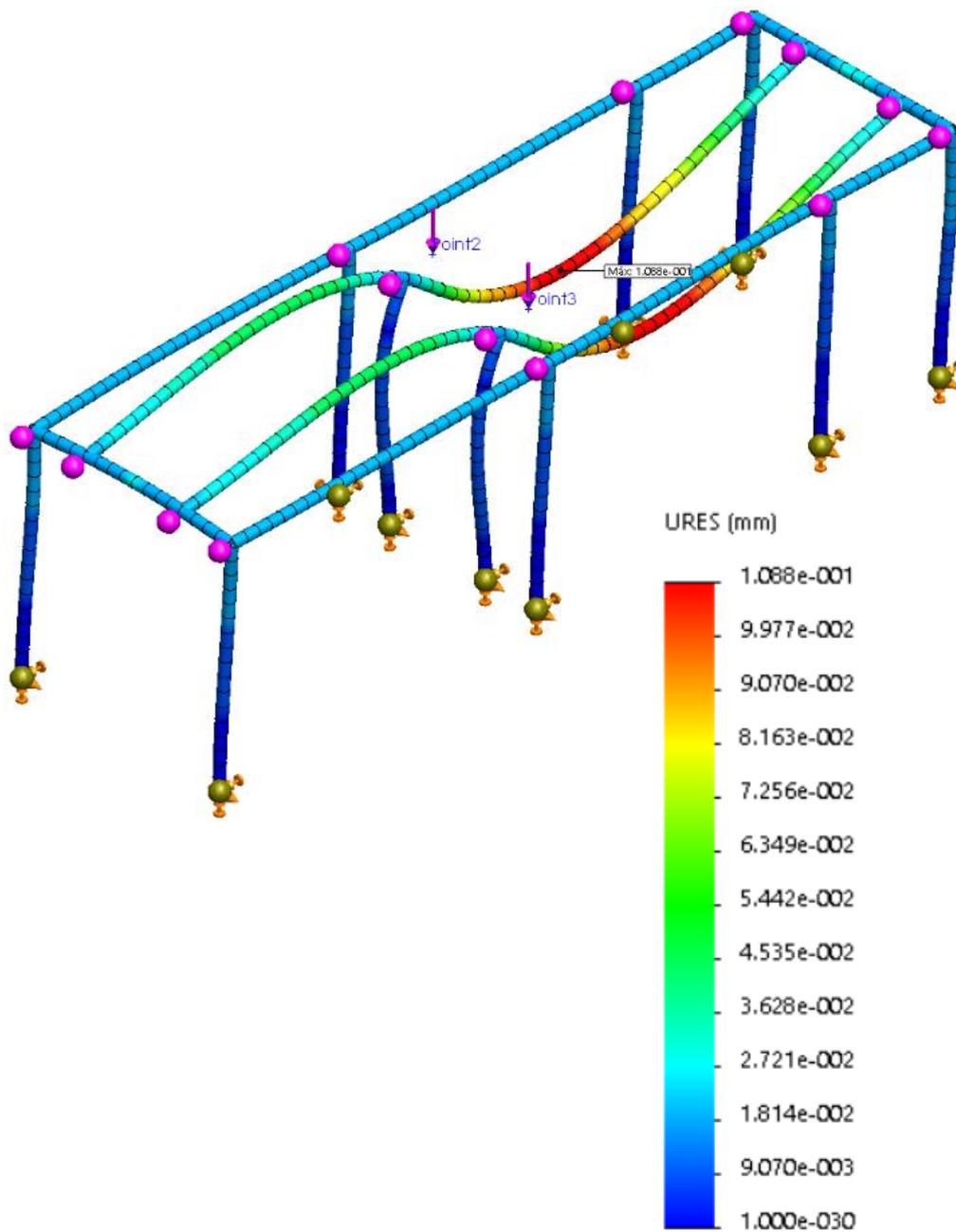
Fuente: Autores.

## Análisis estático del módulo didáctico

### Desplazamiento estático (módulo didáctico)

Nombre de modelo: Part1  
Nombre de estudio: Static 1 (-Predeterminado <As machined>)  
Tipo de resultado: Desplazamiento estático Displacement1  
Escala de deformación: 2066.44

Figura 23. Desplazamiento estático

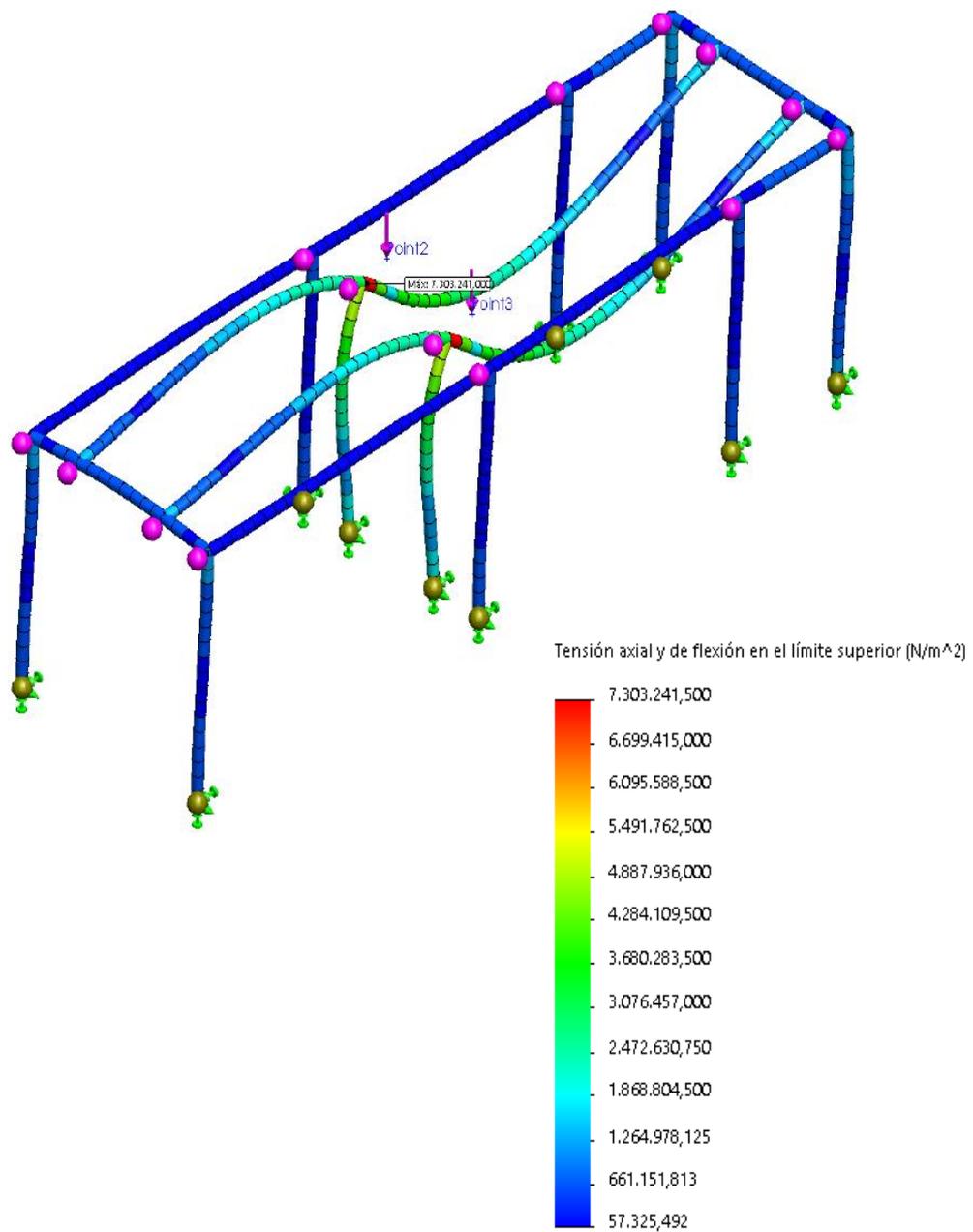


Fuente. Solidworks

## Tensión axial y de flexión en el límite superior (módulo didáctico)

Nombre de modelo: Part1  
Nombre de estudio: Static 1 (-Predeterminado <As machined>-)  
Tipo de resultado: Tensión axial y de flexión en el límite superior Stress 1  
Escala de deformación: 2066.44

Figura 24. Tensión axial y de flexión en el límite superior estático

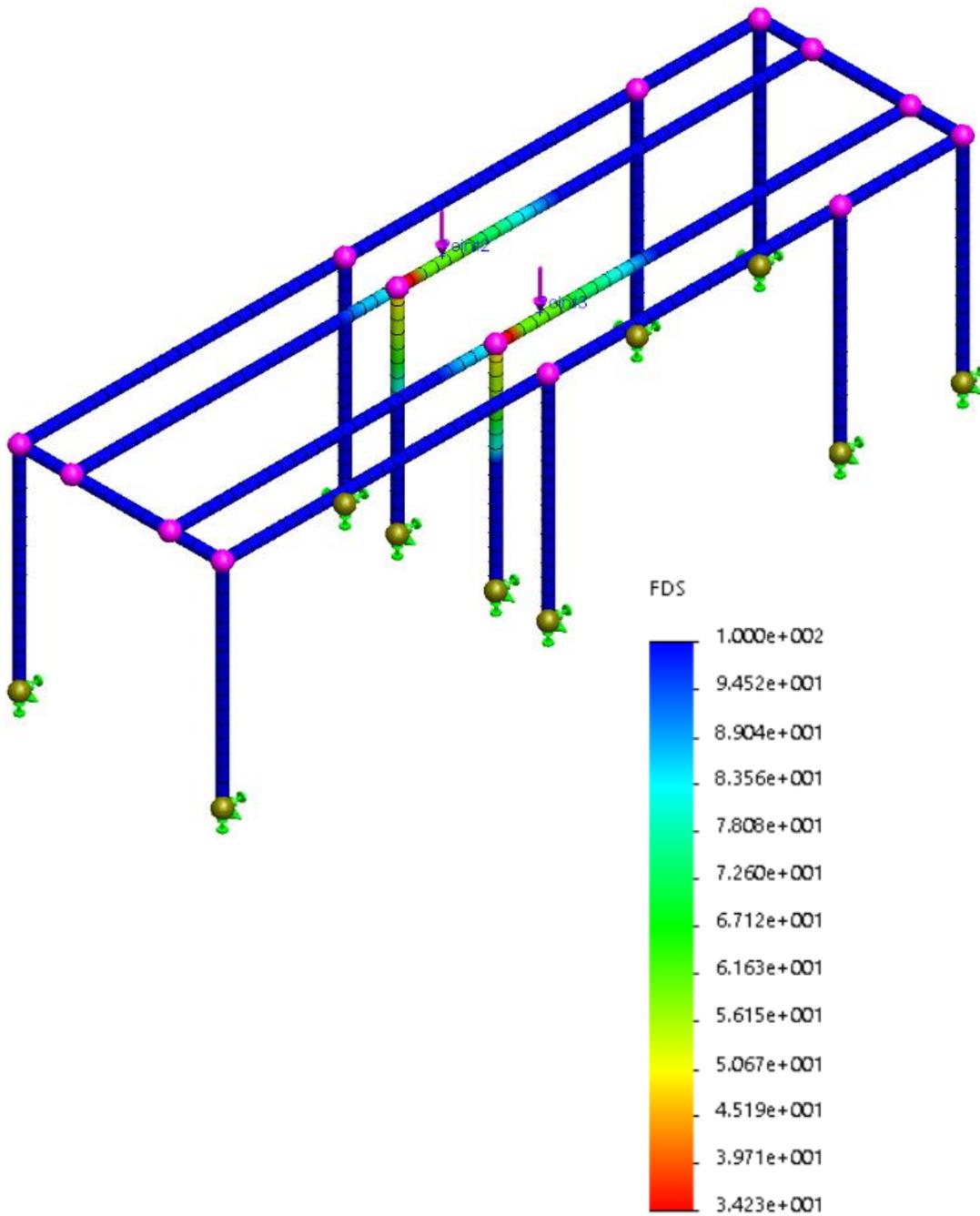


Fuente. Solidworks

## Factor de seguridad (módulo didáctico)

Nombre de modelo: Part1  
Nombre de estudio: Static 1 (-Predetermiando <As machined>-)  
Tipo de resultado: Factor de seguridad Factor of safety1  
Criterio: Automático

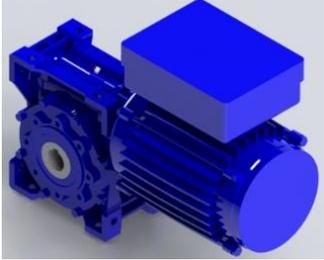
Figura 25. Factor de seguridad



Fuente. Solidworks

## Selección de motores

Tabla 5. Alternativas para la selección del motor.

Alternativa 1 Motor con transmisión por bandas	Alternativa 2 Motorreductor
	

Fuentes: Autores

## Calificación

Alta = 3 media = 2 baja = 1

Tabla 6. Criterios para la selección del motor

Criterio	Alternativa	Alternativa
	1	2
Regularidad perfecta en la velocidad como en la potencia transmitida	2	3
Eficiencia en cuanto a potencia y torques transmitidos	2	3
Seguridad en la transmisión, reduciendo costos de mantenimiento.	1	3
Menor espacio requerido y mayor rigidez en el montaje	1	3
Menor tiempo requerido para su instalación y mantenimiento	2	3
Confiabilidad y vida útil	2	3
<b>Calificación</b>	<b>10</b>	<b>18</b>

Fuente: Autores

Tomando en cuenta los criterios expuestos, se selecciona la alternativa 2 que corresponde al motorreductor debido a las facilidades para instalar y es adecuado para el trabajo.

### Características del motor reductor.

Tabla 7 Características del motor reductor

<b>Marca</b>	Lafert
<b>Voltaje</b>	110/220 VAC
<b>Amperaje</b>	3.3 / 1.7 A
<b>Potencia</b>	1/4 Hp – 0.18kW
<b>Hz</b>	60
<b>Sistema</b>	Monofásico
<b>RPM</b>	1600
<b>RPM (en la caja)</b>	26.66
<b>Cos φ</b>	0.85

Fuente: Autores

### Cálculos de torque

Datos

Rpm eje del motor = 1600

rpm caja reductora = 26.66

Potencia = ¼ Hp

Potencia

$$P = \frac{1}{4} Hp \times \frac{745.7W}{1Hp}$$

$$P = 186.42 W$$

Torque

$$\tau = \frac{P}{\omega} \tag{1}$$

Potencia = W

Velocidad angular =  $\omega$

Torque en el eje del motor

$$\tau = \frac{186.42W}{167.55 \frac{rad}{s}} = 1.11 Nm$$

Torque en la caja reductora

$$\tau = \frac{186.42 W}{2.79 \frac{rad}{s}} = 66.81 Nm$$

Velocidad

$$v = \omega \times r \tag{2}$$

$$v = 2.79 \frac{rad}{seg} \cdot 12.7 mm \times \frac{1m}{1000mm}$$

$$v = 0.035 m/s$$

Tabla 10. Tren de rodillos

N° elemento	Nombre	Material	Dimensiones (mm)	Operaciones
1	Eje	Varilla redonda lisa	Revisar planos	Cortar, mecanizar.
2	Bocines	Eje de transmisión	Revisar planos	Cortar, mecanizar
3	Rodamientos	Acero	Revisar planos	Comprado
4	Bocines	Acero	Revisar planos	Cortar, mecanizar
5	Raches	Acero	$\emptyset = 22$	Comprado
6	Tubo	Tubo redondo	$\emptyset = 50.8$	Cortar, pulir
8	Rodillos	Varios	Revisar planos	Ensamblar todos los elementos

Fuente: Autores

Figura 26. Tren de rodillos



Fuente: Autores

### Transmisión por cadena.

### Calificación

Alta = 3 media = 2 baja 1

Tabla 11. Selección del sistema de transmisión por cadena

<b>Criterio</b>	<b>Cadena</b>	<b>Banda</b>
Deslizamiento	1	3
Desgaste	1	3
Necesidad de tensión inicial	1	3
Vida útil	3	2
Facilidad en mantenimiento correctivo	3	1
Deformación con el uso	2	3
<b>Calificación</b>	<b>11</b>	<b>15</b>

Fuente: Autores

Tomando en cuenta la tabla de ponderaciones la transmisión por cadena para el sistema de rodillos es la más idónea porque presenta mejores características técnicas para el trabajo a desempeñar.

## Selección de la banda transportadora

### Velocidad en la banda transportadora

El motorreductor utilizado en el módulo didáctico gira a 1600 rpm pero con la caja reductora su relación de transmisión es de 1:60 nos da 26.66 rpm esta velocidad se conecta directo al eje de transmisión con rodillo de la banda transportadora. El motorreductor gira a las mismas revoluciones que la banda 26.66 rpm. Transformamos esta velocidad a rad/s con lo cual obtenemos 2.79 rad/s. Una vez obtenida la velocidad angular, la transformamos a velocidad lineal con la siguiente ecuación:

$$V = \omega \times r$$
$$V = \left(2.79 \frac{rad}{s}\right) \times 1in \times 0,254m/in$$
$$V = 0,07m/s$$

De acuerdo a la norma UNE 18025, la velocidad de una banda para transportar peso ligero varía entre 0.05 m/s y 1 m/s. Para el módulo de llenado de cajas se selecciona una velocidad de 0,07 m/s ya que así se podrá apreciar el proceso con mejor detalle.

### Ancho de la banda transportadora

El ancho es normalizado para cualquier tipo de banda y lo seleccionamos de la siguiente tabla:

Tabla 12. Anchos de Banda

Anchos de bandas normalizados (mm)									
150	200	300	500	600	650	800	1000	1200	1600

Fuente: Norma UNE 18025

Se ha seleccionado un ancho de banda de 300 mm para el transporte del producto que se vaya a llenar por tratarse de un módulo didáctico. Se utiliza el sistema de transportación por banda ya que es el más adecuado para la transportación de frutas con cascara y que presenten buena resistencia a la penetración.

## Las características de la banda son las siguientes

Banda de CAUCHO/LONA

Espesor de 1.5 mm

Acabado liso

Uso más común

Buena adherencia

Excelente resistencia a la rotura, impacto, corte, temperatura, alta flexibilidad, resistente a la humedad y no interfiere con sistemas de detección de metales.

Figura 27. Banda transportadora



Fuente: Autores

### 3.2 Ensamble del sistema mecánico

Tabla 8. Ensamble del módulo parte mecánica

N° elemento	Nombre	Material	Dimensiones (mm)	Operaciones
1	Estructura base	Perfil (tubo cuadrado)	Revisar planos	Ensamblar
2	Tren de rodillos	Varios	Revisar planos	Montar
3	Eje 1	Eje de transmisión	Revisar planos	Cortar, mecanizar
4	Eje 2	Eje de transmisión	Revisar planos	Cortar, mecanizar
5	Chumaceras	Acero	$\varnothing = 25,4$	Comprado
6	Pernos y tuercas	Acero	Varias	Comprado
7	Banda	Caucho y lona	1 m	Cortar, vulcanizar, templar

Tabla 8. (Continuación)

8	Tol	Acero	$e = 0.5$	Cortar, doblar, montar
9	Motorreductores	Varios	----	Comprar, montar

Fuente: Autores

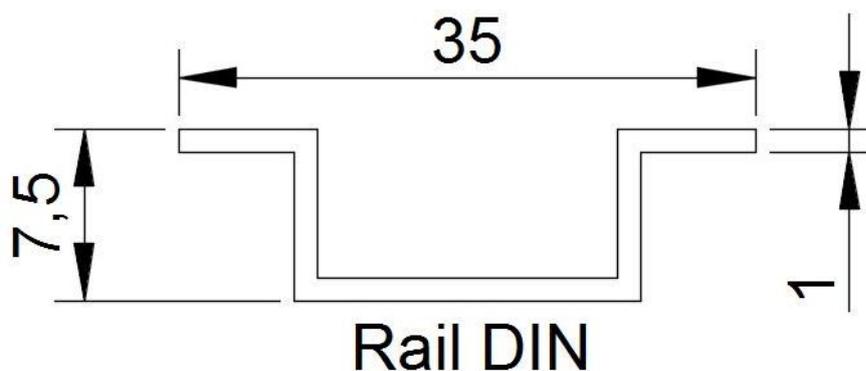
### 3.3 Ubicación de los componentes participativos en el sistema.

Tabla 9. Ensamble modulo didáctico parte eléctrica

N° Elemento	Nombre	Material	Dimensiones (mm)	Operaciones
1	Caja térmica	Tol	400 x 300	Comprado
2	PLC	Varios	----	Comprado
3	Cilindro de doble efecto	Acero	----	Comprado
4	Electroválvula	Varios	----	Comprado
5	Sensor de peso	Varios	----	Diseñado
6	Sensor fotoeléctrico	Plástico	----	Comprado
7	Contactores	Varios	----	Comprado

Fuente: Autores

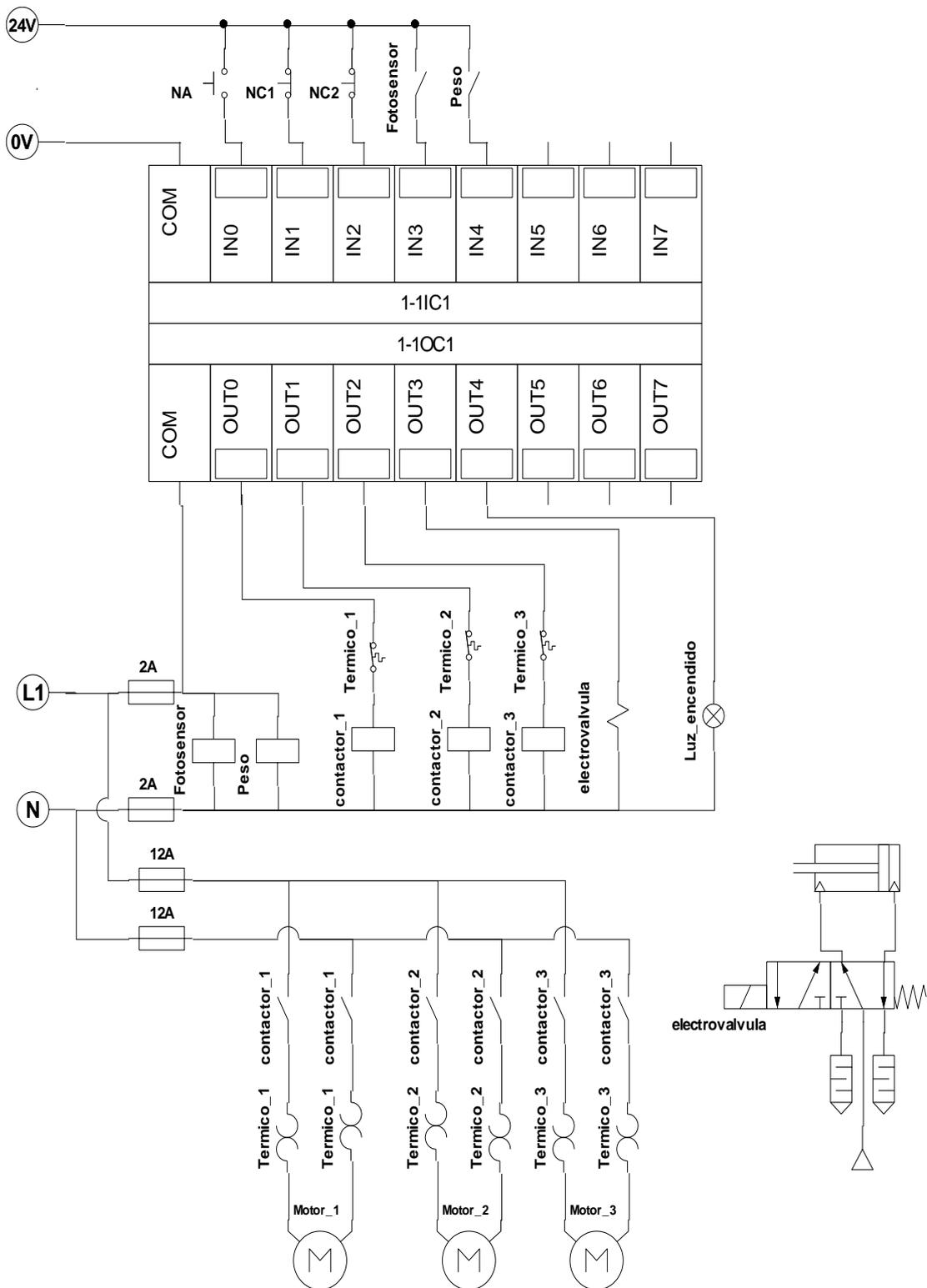
Figura 28. Norma DIN para montar el plc en la caja térmica



Fuente. Autores

### 3.4 Diseño del circuito de control y electro-neumático

Figura 29. Circuito de control y electro - neumático



Fuente: Autores

El diagrama permite que se realice la conexión correcta de todos los elementos

### 3.5 Instalación del cableado de los dispositivos del proceso y ubicación de señales y pulsadores de mando.

Tabla 10. Ubicación de señales

N° elemento	Nombre	Material	Dimensiones (mm)	Operaciones
1	Cable	Cobre	# 16	Comprado
2	Conectores	Cobre	----	Comprado
3	Canaletas	Plástico	2500	Comprado
4	Pulsadores	Plástico – metal	----	Comprado
5	Luz piloto	Varios	----	Comprado
6	Botonera	Plástico	----	Comprado

Fuente: Autores

Figura 30. Conexión de cableado del sistema



Fuente: Autores

Figura 31. Señales y pulsadores de mando



Fuente: Autores

Ficha técnica del módulo didáctico

Tabla 11. Ficha técnica

	<b>FICHA TÉCNICA</b>	
	<b>MÓDULO DIDÁCTICO / LLENADORA DE CAJAS</b>	
<b>ELEMENTOS</b>	<b>CARACTERÍSTICAS</b>	
MÓDULO (ESTRUCTURA)	Longitud	2.28 m
	Ancho	0.70 m
	Altura	1.40 m
BANDA TRANSPORTADORA	Ancho	0.3 m
	Longitud	1.62 m
	Material	CAUCHO/LONA
	Empalme	VULCANIZADO
CORREAS	Ancho	0.23 m
	Longitud	2.30 m
	Material	CAUCHO
MOTORREDUCTOR ELÉCTRICO	Voltaje	110 V
	Hz	60
	Amperaje	3.3/17 A
	Potencia	1/4 HP - 0.18 Kw
	Rpm	1600
	Marca	LAFERT
	Sistema	MONOFASICO
PLC SIEMENS S7-200 CPU 222	E / S	6 / 8
	Voltaje	110 V
SENSOR FOTOELÉCTRICO	Distancia de detección	10 metros
	Detección de objetivo	Materiales opacos de mínimo 16 mm
	Histéresis	Max 20% para detectar la distancia.
	Tiempo de respuesta	Max 20 ms
	Voltaje de alimentación de la fuente	AC 90 - 250V
	Voltaje de alimentación al sensor	DC 24V
	Sensibilidad	-----
	Modo de operación	Light on/off select by slide switch
	Salida de control	Salida de contacto de relé
	Cable	diámetro 6mm
	Protección	IP 50 (IEC), IP 50 (IEC Standard)
	Autodiagnóstico de salida	El LED verde se enciende en funcionamiento inestable

Fuente: Autores

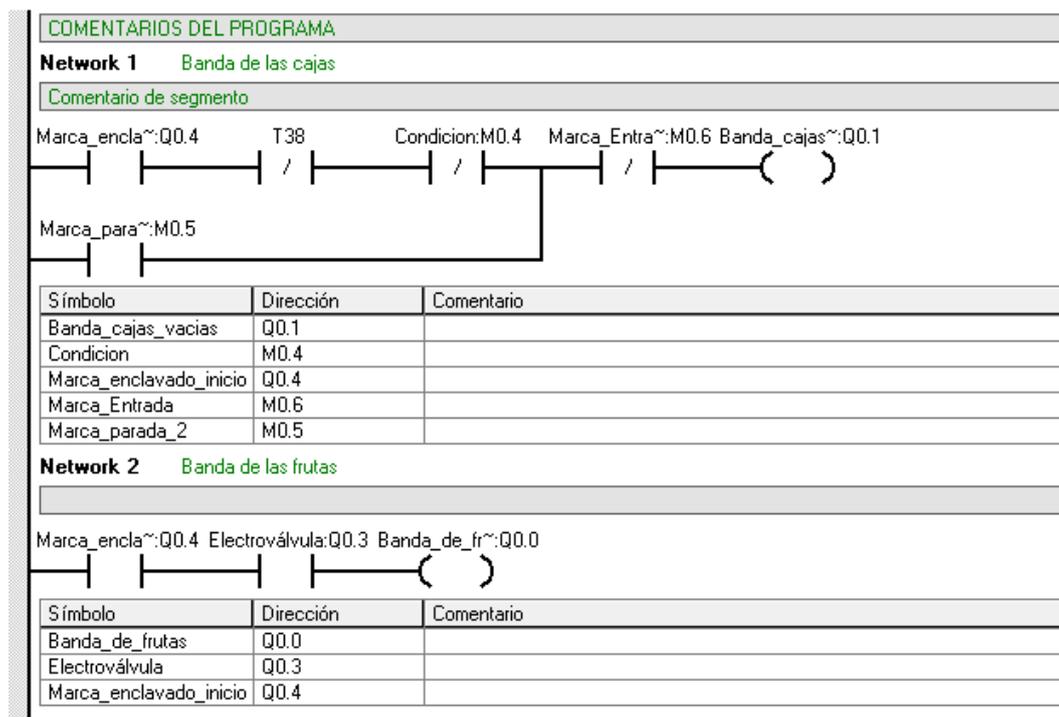
### 3.6 Programación del PLC

Tabla 12. Asignación de entradas y salidas del PLC.

Asignación de entradas y salidas			
E/S	Variable	Nombre	Función
Entrada	I <sub>0</sub>	Na	Pulsador de inicio
Entrada	I <sub>1</sub>	Nc1	Parada
Entrada	I <sub>2</sub>	Nc2	Parada de emergencia
Entrada	I <sub>3</sub>	Foto sensor	Detección de cajas
Entrada	I <sub>4</sub>	Peso	Sensor resistivo (peso)
Salida	Q <sub>0</sub>	Motor 1	Arrastre de cajas
Salida	Q <sub>1</sub>	Motor 2	Banda transportadora
Salida	Q <sub>2</sub>	Motor 3	Tren de rodillos
Salida	Q <sub>3</sub>	Electroválvula	Accionamiento del cilindro
Salida	Q <sub>4</sub>	Encendido	Luz de encendido

Fuente: Autores

Figura 32. Programación PLC S7-200 Llenadora de cajas



**Network 3** Rodillos



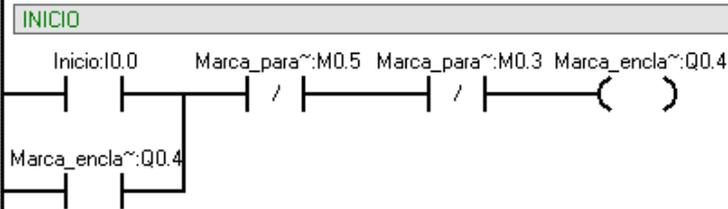
Símbolo	Dirección	Comentario
Marca_enclavado_inicio	Q0.4	
Marca_parada_2	M0.5	
Resitivo_marca	M0.2	
Rodillos	Q0.2	

**Network 4** Electroválvula



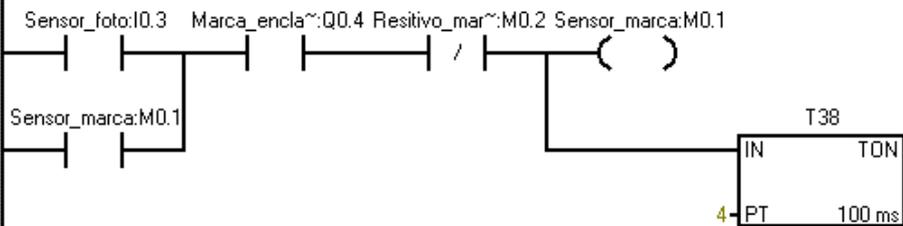
Símbolo	Dirección	Comentario
Electroválvula	Q0.3	
Marca_enclavado_inicio	Q0.4	
Sensor_marca	M0.1	

**Network 5** INICIO



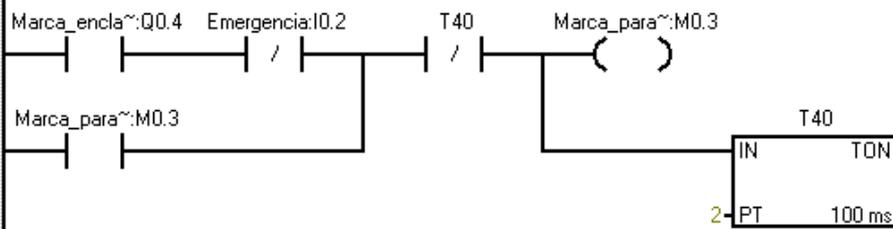
Símbolo	Dirección	Comentario
Inicio	I0.0	
Marca_enclavado_inicio	Q0.4	
Marca_parada	M0.3	
Marca_parada_2	M0.5	

**Network 6** SENSOR 1



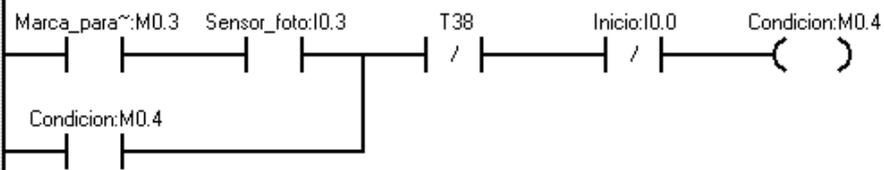
Símbolo	Dirección	Comentario
Marca_enclavado_inicio	Q0.4	
Resitivo_marca	M0.2	
Sensor_foto	I0.3	
Sensor_marca	M0.1	

**Network 7** Emergencia



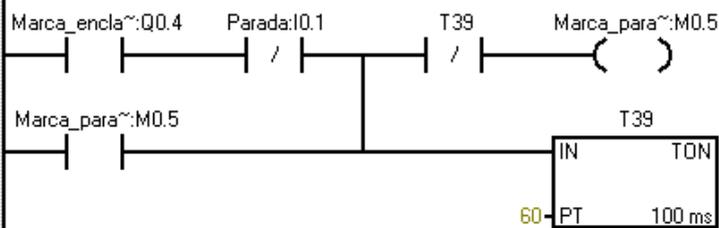
Símbolo	Dirección	Comentario
Emergencia	I0.2	
Marca_enclavado_inicio	Q0.4	
Marca_parada	M0.3	

**Network 8** Condición



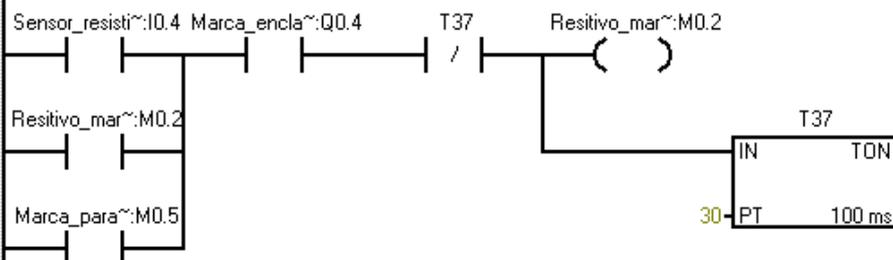
Símbolo	Dirección	Comentario
Condicion	M0.4	
Inicio	I0.0	
Marca_parada	M0.3	
Sensor_foto	I0.3	

**Network 9** Parada



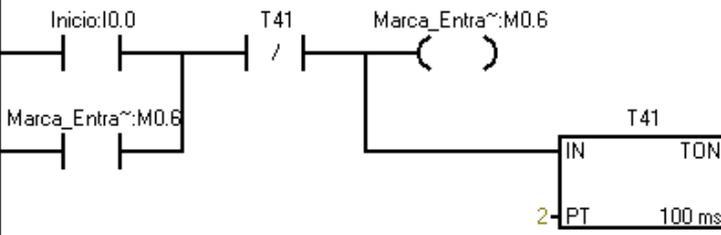
Símbolo	Dirección	Comentario
Marca_enclavado_inicio	Q0.4	
Marca_parada_2	M0.5	
Parada	I0.1	

**Network 10** Resistivo (opcional)



Símbolo	Dirección	Comentario
Marca_enclavado_inicio	Q0.4	
Marca_parada_2	M0.5	
Resitivo_marca	M0.2	
Sensor_resistivo	I0.4	

**Network 11**



Símbolo	Dirección	Comentario
Inicio	I0.0	
Marca_Entrada	M0.6	

Fuente: Step7/Microwin

## CAPÍTULO 4

### 4. MANUAL DE OPERACIÓN, MANTENIMIENTO, SEGURIDAD Y GUÍAS DE PRÁCTICAS DE LABORATORIO.

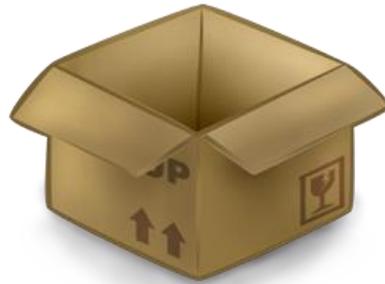
#### 4.1 Manual de operación del módulo

Es recomendable que al iniciar la manipulación del módulo didáctico se lea minuciosamente el manual de operación, seguridad y mantenimiento.

#### Indicaciones Generales

- Previo a la práctica se debe tener un cartón con una capacidad de 4kg, de medidas 200mm x 250mm x 330mm.

Figura 33. Caja para el proceso



Fuente: <https://conciertaciencia.wordpress.com/2013/12/23/carton-material-integrador/>

- Se debe tener la cantidad suficiente de producto para realizar la práctica.
- Es necesario una fuente de energía eléctrica.
- Verificar que el modulo se encuentre libre de elementos extraños para evitar fallos en el funcionamiento.
- El PLC debe contener la programación para iniciar la operación del módulo.
- El usuario deberá tener una charla de inducción antes de iniciar la operación y además conocimientos previos acerca de automatización.
- Tomar en cuenta todas las medidas de seguridad que serán detalladas en el manual de seguridad.

## **Operación eléctrica**

- La electroválvula, los motores y luces piloto funcionan a 110 VAC.
- Los sensores y los pulsadores funcionan a 24 VDC.
- El PLC no requiere una fuente de alimentación externa.
- La fuente de salida del PLC de 24 VDC puede utilizarse para alimentar sensores.

## **Operación neumática**

- La presión de trabajo es de 6 bares, el mismo que es regulado en el FR.
- Comprobar la conexión correcta de la electroválvula.
- Es importante calibrar los reguladores de presión que posee el cilindro neumático antes de conectar las mangueras.
- Antes de conectar y desconectar el módulo didáctico se debe proceder con la alimentación neumática apagada.

### **4.2 Manual de seguridad de operación del módulo**

El operario deberá usar de manera obligatoria el equipo de protección individual (EPI), lo que garantizara la seguridad del operario, recuerde que los equipos poseen dispositivos eléctricos, mecánicos y neumáticos que representan riesgos potenciales los cuales deben ser contrarrestados tomando las medidas de precaución necesarias que se detallan en este manual.

Los elementos de protección individual que debe utilizar el operador son:

- Guantes.
- Gafas de seguridad.
- Ropa adecuada de trabajo.

Protocolo de seguridad: antes de iniciar procedimientos en el módulo didáctico se recomienda llenar la checklist de inicio de operaciones para poder verificar que todos los elementos estén funcionando correctamente o si alguno necesita de algún tipo de mantenimiento.

Tabla 13. Checklist de inicio de operaciones

	CHECK LIST MÓDULO DIDÁCTICO/LLENADORA DE CAJAS												
	COMPONENTES DEL MÓDULO												
	Fecha												
	jueves, 26 de febrero de 2015												
MOTOR 1		OK	REV	MAN	NOTA	MOTOR 2		OK	REV	MAN	NOTA		
Conexiones eléctricas del motor						Conexiones eléctricas del motor							
Fugas de aceite en reductor						Fugas de aceite en reductor							
Pernos de sujeción de motor						Pernos de sujeción de motor							
Limpieza del motor						Limpieza del motor							
Condiciones de chumaceras						Condiciones de chumaceras							
Puntos de engrase de chumaceras						Puntos de engrase de chumaceras							
Engrase de Chumaceras						Engrase de Chumaceras							
Prisioneros ajustados de chumaceras						Prisioneros ajustados de chumaceras							
Pernos de sujeción de chumaceras						Pernos de sujeción de chumaceras							
Condiciones de la banda						Condiciones de las bandas							
Tensores de la banda						Tensores de las bandas							
Tensión de la banda						Tensión de las bandas							
Alineación de la banda						Alineación de las bandas							
Limpieza de la banda						Condiciones de poleas							
Condiciones de la Compuerta						Prisioneros ajustados de poleas							
Condiciones de la tolva													
MOTOR 3		OK	REV	MAN	NOTA	CAJA TÉRMICA Y CABLEADO		OK	REV	MAN	NOTA		
Conexiones eléctricas del motor						Conexiones eléctricas							
Fugas de aceite en reductor						PLC							
Pernos de sujeción de motor						Estado de los contactores							
Limpieza del motor						Conexión en las borneras del PLC							
Pernos de sujeción de caja de rodillos						Revisión de fusibles en los reles							
Engrase de cadena						Conexiones en contactores							
Guardas Ajustadas						Revisión sensor fotoeléctrico							
Limpieza de rodillos						Limpieza sensor fotoeléctrico							
						Conexión en los reles							
SISTEMA NEUMÁTICO		OK	REV	MANT	NOTA	SENSOR DE PESO		OK	REV	MANT	NOTA		
Conexión a la línea de aire						Verificación del contador							
Estado del cilindro						Conexiones eléctricas del sensor							
Revisión de electroválvula						Revisión de placas							
Comprobación de conductores													
Verificación de filtros													
Examinación filtro regulador													
FIRMAS DE RESPONSABILIDAD													
OBSERVACIONES:													
					REALIZADO POR:				REVISADO POR:				

Fuente: Autores

### 4.3 Plan de mantenimiento del módulo

Las recomendaciones contenidas en esta guía representan requisitos mínimos para garantizar un buen funcionamiento del módulo didáctico, para ello es importante su adecuada instalación y utilización, este plan va relacionado directamente con la operación eficaz por lo que el usuario debe tomar en cuenta las recomendaciones aquí descritas.

#### 4.3.1 *Mantenimiento Preventivo*

##### *Motorreductor*

- Es recomendable sustituir el aceite la primera vez tras 200 horas de trabajo.

Cada mes:

- Revisar el nivel de aceite del reductor, y si es necesario completarlo.
- Revisar si existen posibles fugas de aceite.
- Utilizar aceite adecuado para reductores de velocidad.

Cada 3 meses:

- Revisar la alineación del motor reductor con el eje de transmisión.
- Escuchar si existe algún ruido anormal en de los engranes.

##### *Chumaceras.*

- Engrasar las chumaceras cada 40 horas de servicio.
- Revisar los prisioneros que se encuentren bien apretados, de lo contrario ajustar. En caso de perderse algún prisionero comprar uno nuevo nunca colocar uno usado.
- Limpiar la carcasa de la chumacera sin utilizar ningún solvente.
- Verificar los rodamientos que se encuentren en perfecto estado cada 160 horas de servicio, si estos empiezan a zumbar o producen ruido anormal, realizar el cambio inmediatamente, estos rodamientos son cerrados y por lo general se debe cambiar toda la chumacera.

### *Correas.*

- Inspección simple de la transmisión: rutinario (antes de cada practica).
- Limpiar la superficie de las correas.
- Revisar tensión.
- Rápida inspección visual del estado en que se encuentren las correas.
- Inspección minuciosa de las correas: Cada 3 meses.
- Hacer funcionar el sistema observar y escuchar cualquier vibración o sonido anormal.
- Revisar la tensión de la correas
- Colocar condicionador para correas.
- Revisar si existe desgaste o daños anormales le permitirá localizar y corregir problemas de transmisión
- Recorra las correas revisando grietas, áreas con rotura, cortes o indicios de desgaste anormal.
- Verificar la temperatura de la correa, la mano puede soportar una temperatura de 60 grados centígrados, una forma de verificar la tensión es por medio del dedo pulgar presionando la correa constantemente.
- Reemplazar en caso de indicaciones obvias de grietas, roturas.

### *Poleas*

- Inspección de poleas: cada 3 meses.
- Verificar si existe desgaste o danos en poleas, el desalineamiento acorta la vida de las correas:
- Revisar que las poleas se encuentren paralelas.
- Eje en perfecto estado.
- Verificar alineación, en el caso de haber desalineamiento utilizar galgas para comprobar y alinear.
- Prisioneros: cada 80 horas de servicio
- Verificar que los prisioneros de las poleas estén ajustados correctamente, para esta operación basta con una simple inspección manual.

### *Banda Transportadora*

- Inspeccionar (cada semana)
- Verificar la alineación
- Comprobar la tensión de la banda.
- Realizar limpieza sobre la superficie.
- Inspeccionar (cada 80 horas).
- Verificar que la banda esté en buen estado.
- Aflojar completamente la banda de sus rodillos.
- Alinear banda transportadora.
- Revisar la tensión correcta ya que esta tiene relación directa con el centrado de la misma.
- Limpieza de la banda.
- Condicionador de bandas.

### *Cadena*

- Para este módulo está implementado una cadena para velocidades bajas; por lo tanto se debe realizar una lubricación cada 80 horas (grasa) y cada 6-8 horas (aceite).
- Periódicamente comprobar el alargamiento de la cadena, sustituirla en caso que esta sea mayor a un 2-3% de su longitud inicial.
- Controlar el tensado de la cadena.
- Comprobar la alineación de los raches por la que se desliza la cadena.
- Realizar limpieza y engrase de cadena en función de su trabajo.
- Si existe un desgaste excesivo sustituir la cadena.
- Después de verificar siempre asegurarse de volver a montar la guardas de seguridad.

### *Sistema neumático*

- La observación diaria (cada práctica) del sistema, la búsqueda de fugas y el control de las prestaciones de la máquina se pueden detectar muchos problemas antes de que obliguen a una parada no programada en el módulo.

- La contaminación es el enemigo número uno de los sistemas neumáticos, sin realizar esto conllevamos a reducir su eficiencia y acelerar el desgaste de los componentes (cilindro, válvulas).

Para esto debemos realizar lo siguiente:

- Inspeccionar cada práctica:
- Revisar que esté libre de contaminantes químicos (Calor, agua y aire pueden combinarse químicamente para variar la composición del aire), el aire produce contaminación en forma de ácidos y de oxidación.
- Inspeccionar el sistema (cada práctica) para comprobar que no tenga pérdidas. Si las hubiera reparar inmediatamente.
- Mantener en un buen estado el depósito neumático: revisar cada vez que se vaya a utilizar para evitar fallas que pueden conducir a la avería y contaminación de todo el sistema.
- Proteger el equipo (partes sensibles) después de su utilización.

#### *Filtro Regulador*

- Drenar el filtro regulador cada 100 horas.
- Cambiar el filtro regulador al menos cada 500 horas de uso.
- Desmontar con cuidado el componente.
- Mantener las mangueras tapadas.

#### *Cilindro neumático*

- Por lo general se puede decir que el mantenimiento debe ser realizado en periodos que fluctúen entre 3 y 12 meses.
- Verificar si el conjunto vástago –embolo se mueve con facilidad, sin carga en la punta del vástago y sin aire en la línea. Una vez realizado esto se deberá poner en funcionamiento con aire comprimido en la línea.
- Proteger las piezas (rosca) evitando que sufran golpes.
- Para efectuar la limpieza de las partes no utilice solventes.

### *Caja Térmica*

- Contactores (cada 12 meses)
- Reajustar terminales
- Inspección de conductores
- Comprobar tensión de la línea.
- Realizar limpieza sin utilizar solventes.
- Realizar pruebas.
- Térmico (cada 6 meses)
- Reajustar terminales
- Inspección de conductores
- Realizar limpieza sin utilizar solventes.

### *Foto Sensor Electrónico (cada 3 meses)*

- Inspección visual.
- Verificar el voltaje.
- Reajuste de terminales.
- Limpieza de panel.
- Pruebas de censado.

### *PLC (cada 100 horas)*

- Inspeccionar visual de todos los componentes, revisar entradas y salidas.
- Verificar sin tensión de partes físicas la correcta conexión del sistema, incluida la alimentación.
- Revisar si algún cable se encuentra suelto o roto.
- Ajustar correctamente los cables al PLC, fuente de alimentación.
- Inspeccionar si los tornillos se encuentran en buen estado y ajustarlos.
- Analizar las condiciones ambientales.
- Verificar la tensión de alimentación.
- Realizar limpieza en la superficie y terminales del PLC.

Si tomamos en cuenta todo lo detallado en esta guía de manteniendo preventivo lograremos que el módulo didáctico conserve todos sus elementos funcionales para que con ello nos permita mayor tiempo de trabajo antes de una mantenimiento correctivo que resultara más costoso.

#### 4.3.2 *Mantenimiento Correctivo*

Tabla 14. Motorreductor

<b>Problema</b>	<b>Posible causa</b>	<b>Solución</b>
El motor se enciende y se apaga	Las conexiones a la corriente se encuentran flojas	Revisar las conexiones y apretarlas donde se requiera
El motor hace un ruido de encendido pero no gira	Exceso de tensión en la banda	Aflojar la banda desde los tensores
Ruido excesivo	El motor esta suelto	Ajustar los pernos que están sujetos a la base del motor

Fuente: Autores

Tabla 15. Chumaceras

<b>Problema</b>	<b>Posible causa</b>	<b>Solución</b>
Ruido excesivo y vibración	Rodamientos sin lubricación	Engrasar manualmente con una pistola de inyección
Chumaceras desgastadas	Cabeceo en la operación	Reemplazar las chumaceras
Agrietamiento del material en la pista interna y externa	Errores de ensamble, lubricación deficiente, corrosión, esfuerzos anormales, partículas externas	Reemplazar la chumacera

Fuente: Autores

Tabla 16. Correas

<b>Problema</b>	<b>Posible causa</b>	<b>Solución</b>
Correa rota	Tensión excesiva	Utilizar el sistema de ajuste por medio de los tensores
Desgaste de paredes laterales	Desalineamiento	Alinear las poleas
Agrietamiento en las correas	Almacenamiento inadecuado	Evitar rayos del sol
Adelantamiento entre correas	Tensión excesiva	Alinear, utilizar los tensores, realizar pruebas de tensión entre correas
Desgaste en las poleas	Desalineamiento	Alinear las poleas

Fuente: Autores

Tabla 17. Banda transportadora

<b>Problema</b>	<b>Posible causa</b>	<b>Solución</b>
Desgaste prematuro en la parte interior de la banda.	Desgaste excesivo debido a que los rodillos no giran correctamente, oxidados o con materiales incrustados en ellos	Desajustar la banda y realizar una limpieza en los rodillos.
La banda se resbala.	Insuficiente tracción entre la banda y el rodillo , rodillos sucios	Realizar limpieza.
Deslizamiento continuo entre la banda y el rodillo motriz.	Tensión insuficiente	Tensionar la banda utilizando los tensores correctamente.
Estiramiento excesivo en la banda.	Tensión demasiado elevada	Reducir la tensión, aflojar tensores.
Perforaciones en la banda.	Daño por calor o químicos almacenamiento inadecuado	Vulcanizar zona afectada.
El empalme vulcanizado se separa.	Tensión demasiado elevada, banda mal empalmada	Sacar la banda , vulcanizar nuevamente
Las orillas de la banda rozan paredes de tol.	Alineación inadecuada.	Alinear correctamente aflojando pernos de chumaceras, centrar y ajustar nuevamente .Ajustar tensores, realizar pruebas.
Separación entre la cubierta y lona.	Humedad excesiva en la banda.	Limpieza, almacenamiento adecuado.

Fuente: Autores

Tabla 18. Caja de rodillos

<b>Problema</b>	<b>Posible causa</b>	<b>Solución</b>
Vibración continua	Pernos de la base flojos	Ajustar pernos.
Ruido en el sistema de transmisión	Falta de lubricación en la cadena y raches	Lubricar, colocar abundante grasa en la cadena y raches
Ruido entre caja de rodillos y guardas de tol	Tornillos de sujeción flojos	Revisar y ajustar tornillos

Fuente: Autores

Tabla 19. PLC

<b>Problema</b>	<b>Posible causa</b>	<b>Solución</b>
El equipo no acciona	No hay programa en CPU	Confirmar mediante software si existe un programa alojado
	Problema de fuente	Comprobar tensión de alimentación que este sobre los niveles normales

Tabla 19. (Continuación)

Al conectar la computadora con el PLC, el software indica error de conexión	Cable de datos en mal estado	Evidenciar el estado del cable, sino funciona reemplazar el cable
El equipo no enciende	No hay tensión en línea de alimentación	Identificar estado del cable de alimentación.
	Ruptura de fusible de protección del PLC	Verificar fusible o cambiar fusible
	Niveles de tensión de red muy bajo o altos.	Evaluar tensión de red

Fuente: Autores

Tabla 20. Sistema neumático

<b>Problema</b>	<b>Posible causa</b>	<b>Solución</b>
Pérdidas	Presión excesiva del sistema	Revisar regulador
	Culata del cilindro dañada o rota	Reemplazar cilindro
	Sellado defectuoso del manguera y el acoplamiento	Ajustar/reemplazar acoplamiento
	Conexión de la manguera mal ajustados	Ajustar correctamente la manguera.
Desviación excesiva	Cilindro rayado/Vástago desviado	Reemplazar vástago /cilindro.
Escape del aire del cilindro por la zona del émbolo	Defecto de la junta de estanqueidad del émbolo	Cambiar la junta de estanqueidad del émbolo.
El cilindro se desplaza lentamente o a golpes.	Suciedad debida al aire o a virutas.	Desmontar por completo el cilindro, limpiarlo. Al mismo tiempo, cambiar las piezas de desgaste.
	Junta de estanqueidad del émbolo defectuosa.	
Funcionamiento ruidoso	Nivel de aire bajo	Comprobar presión de aire/revisar /desmotar filtro.
	Filtro obstruido	
Ciclos lentos	Vástago del cilindro averiado	Revisar/reemplazar vástago
	Nivel de aire bajo	Comprobar presión de aire/revisar /desmotar filtro
	Compresor averiado	Revisar/mantenimiento de compresor
	Válvulas reguladoras averiadas	Revisar/reemplazar válvulas reguladoras

Fuente: Autores

Para la operación del módulo utilizar la bitácora de operaciones.

Tabla 21. Bitácora de operaciones

		BITÁCORA DE OPERACIÓN		CARACTERÍSTICAS MOTOR REDUCTOR			
		MÓDULO DIDÁCTICO/LLENADORA DE CAJAS		MARCA:	LAFERT	RELACION:	1:60
		ENERO		SISTEMA:	MONOFASICO	POTENCIA:	1/4 HP - 0,18 kW
		ESPOCH/EII		VELOCIDAD:	1600 RPM	VOLTAJE:	110V
FECHA	ESTUDIANTES	DESCRIPCIÓN	OBSERVACIÓN	STOP	START	TOTAL	
15/02/2015				0	0	0	
16/02/2015				0	0	0	
17/02/2015				0	0	0	
18/02/2015				0	0	0	
19/02/2015				0	0	0	
20/02/2015				0	0	0	
21/02/2015				0	0	0	

Fuente: Autores

#### 4.4 Guías de prácticas de laboratorio

PRÁCTICA N° ....

DESARROLLO DEL PROCESO DE LLENADO DE CAJAS

##### 1. DATOS GENERALES

Nombre y Apellido:

.....  
 .....

Código:

.....  
 .....

Fecha de realización: .....

Fecha de entrega: .....

## 2. OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo General

Desarrollar el proceso de llenado de cajas.

### 2.2 Objetivos específicos.

Conocer el funcionamiento del módulo.

Realizar diferentes programaciones en el PLC.

## 3. MARCO TEÓRICO

## 4. PROCEDIMIENTO

Tabla 22. Asignación de entradas y salidas

Asignación de entradas y salidas			
E/S	Variable	Nombre	Función
Entrada	I <sub>0</sub>	Na	Pulsador de inicio
Entrada	I <sub>1</sub>	Nc1	Parada
Entrada	I <sub>2</sub>	Nc2	Parada de emergencia
Entrada	I <sub>3</sub>	Peso	Sensor de peso
Entrada	I <sub>4</sub>	Fotosensor	Detección de cajas
Salida	Q <sub>0</sub>	Motor 1	Arrastre de cajas
Salida	Q <sub>1</sub>	Motor 2	Banda transportadora
Salida	Q <sub>2</sub>	Motor 3	Tren de rodillos
Salida	Q <sub>3</sub>	Electroválvula	Accionamiento del cilindro
Salida	Q <sub>4</sub>	Encendido	Luz de encendido

Fuente: Autores

- Revisar las conexiones eléctricas y neumáticas.
- Leer el manual de operación.
- Realizar programaciones con diferentes secuencias de llenado.

## 5. MATERIALES

- Módulo didáctico
- Software Step 7-Micro/win y cable PPI RS/485
- Producto para llenar y cajas

## 6. CÁLCULOS

## 7. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

## 8. BIBLIOGRAFIA

## 9. ANEXOS

## CAPÍTULO 5

### 5. COSTOS

#### 5.1 Costos de inversión

Constituye el capital que será utilizado para la implementación del proyecto, dentro de los costos se incluyen los de operación y de construcción.

#### 5.2 Costos de operación

Dentro de los costos de operación del proyecto consideramos los de administración en donde se pueden ubicar los pagos realizados por concepto de mano de obra y servicios profesionales necesarios para la construcción de la máquina (DEFINICIÓN.DE, 2015).

Tabla 23. Detalle de costos de operación.

<b>Costos administrativos</b>		
<b>Cantidad de personas</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor</b>
1	Mecánico industrial	335,00
1	Ingeniero electrónico	120,00
2	Asesoramiento	120,00
<b>Total</b>		<b>575,00</b>

Fuente: Autores

#### 5.3 Costos de construcción

Dentro de este rubro se incluyen los costos de materiales; tanto los mecánicos como los eléctricos y electrónicos, es decir, los directos.

Los costos indirectos que incluyen: lubricantes, refrigerantes y demás insumos que se pueden necesitar en las diferentes pruebas, este tipo de costos quizá intervienen poco dentro de todos los aspectos pero son importantes para poner a punto todo el modulo para que logre su correcto funcionamiento (EJEMPLODE, 2015).

Tabla 24. Detalle de costos de construcción directos

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor (USD)</b>
1	Tubo cuadrado 1 1/2"x1.5 (6m)	13.18
20	Rodamientos 6204 24.5mm	31.03
10	Rodamientos 6201 20 mm	7.17
2	Tol negro 0.60 mm	27.09
1	Varilla lisa 24.5mm (6m)	25.65
1	Tubo redondo 2"x1.5mm(1m)	6.01
2	Electrodos 1kg	5.92
2	Bandas 6PK2288 0.015x2m	33.2
4	Poleas aluminio	25.00
8	Chumaceras 1"	42.4
3	Kg de electrodos	9.00
1	Eje acero de transmisión 1"(2m)	19.00
10	Raches	13.00
1	Acero de transmisión 2 1/4"(11.77kg)	35.82
1	Acero de transmisión 1 1/2"(2.29kg)	11.28
2	Cadena de transmisión	3.50
1	Broca 5/16	5.00
1	Banda 0.28*1.60m	45.00
76	Arandelas	24.95
16	Pernos y tuercas 5/16	17.22
6	Pernos y tuercas 1/4	6.00
4	Prisioneros 3/16x3/4	2.00
3	Motor - reductores Lafert	940
1	PLC SIEMENS S7-200	250
1	Cilindro de doble efecto	70.00
1	Sensor de peso (BALANZA)	60.00
1	Filtro regulador	60.00
1	Manguera (3 metros)	2.70
1	Electroválvula	60.00
1	Foto sensor	35.00
	Cable 16 (50m)	12.50
1	Pulsadores	12.00
1	Luces piloto	6.00
1	Caja Térmica	40.00
5	Canaletas	10.00
3	Contactores	75.00
4	Fusibles	1.20
2	Porta fusibles	5.00
1	Acople para manguera	5.00
<b>Total</b>		<b>2052.82</b>

Fuente: Autores

Tabla 25. Detalle de costos de construcción indirectos

<b>Cantidad</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor (USD)</b>
1	Flexómetro	3.00
3	Discos de pulir	6.00
5	Discos de corte	10.00
1	Gratas	4.00
3	Pintura ( 1L)	19.00
1	Masilla (1L)	6.00
10	Lijas	5.00
3	Thinner-laca (1gl)	18.00
5	Hojas de sierra	10.00
1	Plástico	5.00
1	Pegamento especial	6.00
1	Masilla Verde	2.50
<b>Total</b>		<b>94.50</b>

Fuente: Autores

#### 5.4 Gastos varios

Dentro de los gastos que incluiremos para la ejecución del proyecto de la construcción de un módulo didáctico llenadora de cajas, se encuentran los materiales de oficina, suministros, insumos, entre otros de los cuales no se espera que pueda generar ingresos en el futuro (BLIGOO, 2015).

Tabla 26. Detalle de gastos

<b>No.</b>	<b>Descripción</b>	<b>Valor (USD)</b>
1	Hojas	3.50
2	Internet	5.00
3	Transporte	30.00
4	Impresiones	25.00
5	Cd's	2.50
6	Copias	5.00
7	Empastados	30.00
8	Útiles de oficina	5.00
<b>Total</b>		<b>106.00</b>

Fuente: Autores

## 5.5 Resumen de costos y de gastos

A continuación presentamos un resumen de los costos y gastos incurridos para la ejecución del proyecto.

Tabla 27. Resumen de costos y gastos

<b>Descripción</b>	<b>Valor total (USD)</b>
Costos de operación	575,00
Costos de construcción directos	2052,82
Costos de construcción indirectos	94,50
Gastos varios	106,00
<b>Total</b>	<b>2828,32</b>

Fuente: Autores

## **CAPÍTULO 6**

### **6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

#### **6.1 Conclusiones**

Mediante esta investigación se conoció el funcionamiento del PLC SIEMENS S7-200 que muestra alto nivel de prestaciones, dentro de la industria colaborando de esta manera con el cambio de la matriz productiva.

Se determinó la secuencia de programación mediante el lenguaje KOP (LADDER), para ello se utilizó el software STEP7/MICROWIN que es compatible con el PLC S7-200.

Se elaboró el diagrama eléctrico de instalación del módulo.

Se elaboró las guías de prácticas de laboratorio que les permitirá a los estudiantes documentar el proceso que realiza el módulo didáctico.

Se elaboró un plan de mantenimiento preventivo y correctivo con las posibles, averías, causas y soluciones de cada elemento del módulo.

Se realizó una bitácora de operaciones y un checklist de inicio de operaciones que ayuda a controlar y monitorear el módulo.

#### **6.2 Recomendaciones**

Incentivar a los futuros ingenieros industriales a investigar nuevas formas de automatizar procesos utilizando tecnología de vanguardia ya que esto les permitirá ser profesionales competentes dentro de la industria, haciéndolos parte del cambio de matriz productiva del país.

Si se necesita realizar una práctica con un valor diferente de peso se debe cambiar la referencia de peso en la programación del Arduino como alcance máximo 30 kg.

Buscar que los estudiantes se relacionen con diagramas eléctricos y conexiones reales de varios elementos de un proceso para mejorar las competencias.

Usar las guías de prácticas de laboratorio para conocer el procedimiento y no cometer errores.

Seguir el manual de seguridad y mantenimiento para evitar daños personales y fallos inesperados en los equipos.

Llenar la checklist de iniciación y la bitácora de operación para mantener los registros actualizados y en caso de que algún elemento genere falla encontrar la solución de manera eficaz.

## **BIBLIOGRAFÍA**

**AGUINAGA, A. 2011.** Autómatas Programables. Quito : s.n., 2011. Pags. 25 - 28.

**AGUINAGA, Alvaro. 2011.** Automatas Programables. Quito : s.n., 2011.

**BIANCO, Carina. 2006.**

[http://labelectronica.weebly.com/uploads/8/1/9/2/8192835/curso\\_de\\_plc.pdf](http://labelectronica.weebly.com/uploads/8/1/9/2/8192835/curso_de_plc.pdf). [En línea]  
Octubre de 2006.

**BLIGOO. 2015.** [www.bligoo.com.co](http://www.bligoo.com.co). [En línea] 2015. [Citado el: 4 de Enero de 2015.]  
<http://costosgastosypresupuestos.bligoo.com.co/conceptos-y-diferencia-entre-costos-y-gastos#.VLRsJyuG-v1>.

**BOLTON, W. 2001.** Mecatrónica sistemas de control electrónico en ingeniería mecánica y eléctrica. Mexico : Alfaomega, 2001. 2da Edición Pags. 427 - 428.

**CLAUDIO, Miguel. 2013.** <https://sites.google.com/site/circuito11claudiomiguel/1-neumatica-y-aire-comprimido/propiedades-del-aire-comprimido>. [En línea] 2013.

**CÓRDOVA, Facultad Regional. 2014.** [www.frc.utn.edu.ar](http://www.frc.utn.edu.ar). [En línea] 2014.  
<http://www.investigacion.frc.utn.edu.ar/sensores/Tutorial/TECNO2.pdf>.

**DEFINICIÓN.DE. 2015.** [www.definición.de](http://www.definición.de). [En línea] 2015. [Citado el: 4 de Enero de 2015.]  
<http://definicion.de/gastos-de-operacion/#ixzz3M0CWWskC>.

**DÍEZ, Pedro Fernández. 2014.** [En línea] 24 de Octubre de 2014.  
<http://libros.redsauce.net/>.

**EJEMPLODE. 2015.** [www.ejemplode.com](http://www.ejemplode.com). [En línea] 2015. [Citado el: 4 de Enero de 2015.]  
[http://www.ejemplode.com/46-contabilidad/985-ejemplo\\_de\\_gastos\\_de\\_operacion.html](http://www.ejemplode.com/46-contabilidad/985-ejemplo_de_gastos_de_operacion.html).

**MORALES, Gabriela.** [www.WordPress.com](http://www.WordPress.com). [En línea]  
<https://gabriellamoraes.wordpress.com/sensores-resistivos/>.

**MORALES, Vladimir. 2014.**  
<http://fundamentacionneumatica.wikispaces.com/Electroneumatica>. [En línea] 2014.

- OGATA, k. 2000.** Ingeniería de control moderna. Mexico : Prentice hall pearson, 2000.
- ROMERA, Pedro. 2001.** Automatización problemas resueltos con automatatas programables. España : S.A. EDICIONES PARANINFO, 2001. 9788428320771.
- RUEDAS, C. 2014.** <http://www.tec.url.edu.gt>. [En línea] 2014.  
[http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL\\_10\\_MEC01.pdf](http://www.tec.url.edu.gt/boletin/URL_10_MEC01.pdf).
- SIEMENS. 2004.** [En línea] 2004.  
<https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S7200-FOLLETO.PDF>.
- SIEMENS, AG. 2008.** Manual del sistema de automatización S7-200. [En línea] 2008.  
<https://www.swe.siemens.com/spain/web/es/industry/automatizacion/simatic/Documents/S7200ManualSistema.pdf>. 6ES7298-8FA24--8DH0.
- VALLEJO, Ing. Horacio D. 2005.** PLC y ROBOTICA. Argentina : Quark SRL, 2005, Vol. 5.
- VELASCO, Ignacio Moreno. 2013.** <http://www.unet.edu.ve>. [En línea] 2013.  
<http://www.unet.edu.ve/~ielectro/2-SensoresResistivos.pdf>.
- VICTOR. 2011.** Scribd. [En línea] Automatizacion, 27 de Marzo de 2011. [Citado el: 15 de Enero de 2014.] <http://es.scribd.com/doc/5165686/Que-es-un-sistema-automatizado>.
- VILARDELL, Eugenio Nieto. 2014.** [www.fidestec.com](http://www.fidestec.com). [En línea] 2014.  
<http://fidestec.com/blog/sensores-fotoelectricos-industriales-fotocelulas/>.
- VILLALVA, Hervas. 2014.**  
<http://iesvillalbahervastecnologia.files.wordpress.com/2009/05/neumatica.pdf>. [En línea] 2014.