

IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO EXPERIMENTAL A PEQUEÑA ESCALA  
QUE SE ENCARGUE DE AUTOMATIZAR EL PROCESO DE DEVOLUCIÓN DE UN  
LIBRO EN UNA BIBLIOTECA

Ernesto Daniel Restrepo C.

Código: 1088242403

Lina Sorany Gallego Pareja

Código: 1088242970

Universidad Tecnológica de Pereira

Facultad de Tecnologías

Escuela de Tecnología Eléctrica

Pereira

2008

IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO EXPERIMENTAL A PEQUEÑA ESCALA  
QUE SE ENCARGUE DE AUTOMATIZAR EL PROCESO DE DEVOLUCIÓN DE UN  
LIBRO EN UNA BIBLIOTECA

Ernesto Daniel Restrepo C.

Código: 1088242403

Lina Sorany Gallego Pareja

Código: 1088242970

Proyecto de grado para optar al título  
De Tecnólogo en Electricidad

Esteban Elías Giraldo Salazar  
Tecnólogo Electricista  
Universidad Tecnológica de Pereira.

Universidad Tecnológica de Pereira  
Facultad de Tecnologías  
Escuela de Tecnología Eléctrica  
Pereira  
2008

A nuestros padres, y hermanos.

**Ernesto Daniel Restrepo**  
**Lina Sorany Gallego**

## **AGRADECIMIENTOS**

Los autores quisieran expresar su agradecimiento en general a todas las personas que de una u otra manera hicieron posible la culminación de este trabajo. En particular, quisiéramos agradecer a:

Esteban Elías Giraldo Salazar. Técnico en Electrónica SENA Risaralda. Tecnólogo en Electricidad Universidad Tecnológica de Pereira, profesor del programa, y director del proyecto, por la orientación incondicional y las acertadas sugerencias.

Sigilfredo Arregocés DCM. En Ingeniería Eléctrica. Profesor titular del programa de Tecnología Eléctrica, por su experiencia y tiempo.

Edwin Hernández Hernández Tecnólogo en Electricidad Universidad Tecnológica de Pereira, y anteriormente profesor del laboratorio de Relevación y Control, del programa de Tecnología Eléctrica, quien ofreció su colaboración, tiempo y experiencia, para complementar el desarrollo del proyecto.

Alfonso Gallego Vásquez por su colaboración, en la construcción del prototipo experimental a pequeña escala, que confiere a este proyecto.

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

**Presidente del jurado**

**Jurado**

---

**Jurado**

---

**Pereira, 2008**

IMPLEMENTACION DE UN PROTOTIPO EXPERIMENTAL A PEQUEÑA ESCALA QUE SE ENCARGUE DE AUTOMATIZAR EL PROCESO DE DEVOLUCIÓN DE UN LIBRO EN UNA BIBLIOTECA

## **CONTENIDO**

	<b>Página</b>
<b>INTRODUCCIÓN</b>	xi
<b>CAPÍTULO 1</b>	
<b>FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO EXPERIMENTAL A PEQUEÑA ESCALA</b>	1
<b>CAPÍTULO 2</b>	
<b>CONCEPTOS FUNDAMENTALES DE CONTROL DE PROCESOS</b>	3
2.1 Concepto general sobre un proceso de control automático.	3
2.2 Sistema de control.	4
2.3 Sistema de control escalar en lazo abierto.	4
2.4 Sistema de control escalar en lazo cerrado.	5
<b>CAPÍTULO 3</b>	
<b>ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL PROTOTIPO EXPERIMENTAL</b>	6
3.1 Elementos eléctricos y electromecánicos.	6
3.1.1 Fuente de voltaje.	6
3.1.2 Motor eléctrico 12 voltios DC.	7
3.1.3 Motorreductor eléctrico 12 voltios DC.	7
3.1.4 Relés.	8

3.2 Elementos electrónicos.	9
3.2.1 Sensores infrarrojos.	9
3.2.2 Circuito integrado LM324.	11
3.2.3 PIC16F84.	12
3.3 Elementos mecánicos.	13
3.3.1 Espárragos como ejes de transmisión.	13
3.3.2 Esparrago y puerta mecánica.	14
3.3.3 poleas de transmisión.	14
3.3.4 Rodillos y bandas trasportadoras de polietileno.	15
3.3.5 Balineras, tuercas y guasas.	16

## **CAPÍTULO 4**

<b>SUBSISTEMAS QUE COMPONEN EL PROTOTIPO EXPERIMENTAL</b>	<b>17</b>
4.1 Subsistema de control digital.	17
4.1.1 Esquema del circuito eléctrico.	18
4.1.2 Programa del microcontrolador.	20
4.2 Subsistema de sensado.	24
4.2.1 Esquema del circuito eléctrico.	25
4.3 Subsistema de puerta automática.	25
4.3.1 Esquema mecánico.	25
4.4 Subsistema de banda transportadora.	26

4.4.1 Esquema mecánico.	26
4.5 Subsistema de simulación de un lector de código de barras.	27
4.5.1 Esquema del circuito eléctrico.	27
4.5.2 Programa del microcontrolador.	29
4.6 Subsistema de almacenamiento.	31
4.6.1 Esquema mecánico.	31
<b>CAPÍTULO 5</b>	
<b>ESQUEMA DEL CIRCUITO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO</b>	<b>32</b>
<b>CAPÍTULO 6</b>	
<b>REALIZACIÓN DEL PRESUPUESTO</b>	<b>34</b>
<b>CAPÍTULO 7</b>	
<b>PRUEBAS Y RESULTADOS DEL PROTOTIPO EXPERIMENTAL</b>	<b>35</b>
7.1 simulaciones del microcontrolador en el simulador PROTEUS 6 PROFESSIONAL.	35
7.2 Recomendaciones para mejorar el prototipo experimental.	35
7.3 Conclusiones.	37
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	<b>38</b>



## LISTA DE FIGURAS

### CAPÍTULO 2

<b>Figura</b>		<b>Página</b>
1	Un intercambiador de calor que serviría como ejemplo.	3
2	Bloque que representa un sistema multivariable.	4
3	Sistema de control escalar en lazo abierto.	5
4	Sistema de control escalar en lazo cerrado.	5

### CAPÍTULO 3

5	Imagen de la fuente de alimentación.	6
6	Imagen de la placa de características de la fuente de alimentación.	7
7	Imagen del motor de la banda transportadora.	7
8	Imagen del motorreductor de la puerta automática.	8
9	Imagen del circuito interno de los relés utilizados en los circuitos electrónicos.	8
10	Imagen de la tabla de características de los relés.	9
11	Imagen de un sensor infrarrojo tipo emisor.	10
12	Imagen de un sensor infrarrojo tipo receptor.	10
13	Imagen del circuito integrado LM324.	11
14	Imagen del microcontrolador PIC16F84A.	12
15	Imagen del diseño del esparrago de transmisión.	13

16	Imagen de la banda transportadora del subsistema de almacenamiento.	13
17	Imagen del diseño del esparrago y transmisión de la puerta automática.	14
18	Imagen del esparrago y la puerta automática.	14
19	Imagen de las poleas de transmisión.	15
20	Imagen de los rodillos de la banda transportadora.	15
21	Imagen de las balineras, tuercas y guasas.	16

#### **CAPÍTULO 4**

22	Esquema del circuito electrónico.	19
23	Esquema eléctrico del sistema de sensores infrarrojos.	25
24	Esquema mecánico del subsistema de puerta automática.	25
25	Esquema del circuito electrónico.	26
26	Esquema del circuito electrónico del simulador de código de barras.	27
27	Esquema mecánico del subsistema de almacenamiento.	31

#### **CAPÍTULO 5**

28	Esquema electrónico completo del proyecto.	33
----	--	----

#### **CAPÍTULO 6**

29	Tabla de cálculo del presupuesto total del proyecto.	34
----	--	----

# Introducción

El siguiente trabajo de grado, tiene como objetivo comprender la importancia del estudio de los tecnólogos en electricidad, solucionando las necesidades cotidianas de las personas, ya que el campo que les compete, está relacionado con casi todos los aspectos de la vida, y de las ocupaciones del ciudadano común; esto es lo que incita a la realización de este proyecto, el cual busca precisamente, beneficiar a los usuarios de una biblioteca, bien sea de la Universidad Tecnológica de Pereira, u otra entidad que posea una gran fuente bibliográfica; para tal fin de facilitarle este servicio a la comunidad. En este proyecto se plantea automatizar el proceso de devolución de libros; los beneficios que este proyecto traería a los usuarios del servicio, serían la rapidez y facilidad que se presenta al realizar el proceso, la seguridad que el libro ha sido registrado en la base de datos del sistema; y principalmente, ofrecer este servicio las 24 horas del día, ya que el sistema no necesita de un operador, esto debido a que es un procedimiento completamente automático, lo cual, conlleva a que el equipo funcione de forma indefinida, o hasta llegar al tope máximo de libros que puede almacenar, situación que se soluciona, luego de que un funcionario, retire los libros allí almacenados, lo que conlleva a que el equipo pueda estar en operación nuevamente.

El presente trabajo de grado, se ocupa de realizar la primera fase de todo el proyecto en general, el cual fue dividido en dos fases, debido al gran alcance que éste posee, al gran espacio de tiempo que se necesita para realizarlo completamente, y principalmente los costos económicos que conlleva su desarrollo total. La primera fase, tiene como meta, desarrollar e implementar la parte referente al software y al hardware del sistema, para los cuales un tecnólogo eléctrico estaría en capacidad de diseñar e implementar, aplicando y profundizando sus conocimientos en diferentes áreas de la electricidad, como lo son el control de procesos industriales, instrumentación y medidas, física, máquinas eléctricas, entre otras. Los siguientes son los temas desarrollados en este proyecto:

- Banda transportadora en doble sentido de giro.
- Subsistema de sensado con diodos infrarrojos.
- Subsistema de control con un microcontrolador.
- Subsistema mecánico de almacenamiento de libros.
- Subsistema de puerta automática.
- Subsistema de simulación de un lector de código de barras.

La fase 2 del proyecto, es donde se implementaran los sistemas de seguridad del proyecto, debido a que los libros son recursos invaluable, y no se puede permitir la pérdida de ninguno. El primer punto de diseño, consta en implementar un nombre y código de usuario para cada individuo que solicite los servicios de la biblioteca, teniendo así identificación de la persona que devuelve el libro, puede ser el código

de estudiante y su clave, el segundo punto de diseño, consta de identificar el libro por medio de un código de barras, y el tercer punto de diseño, se encarga de medir la masa del libro, en el momento en que la banda transportadora se detiene para realizar la lectura del código de barras, de ésta manera, la masa del libro debe coincidir con la masa registrada en la base de datos del sistema, de no ser así, el libro será devuelto por el sistema, hay que mencionar que lógicamente, los usuarios no tienen acceso al lector del código de barras ni a la báscula, y no deberían conocer el mecanismo de identificación del libro. Esta fase del proyecto no se realizara en este proyecto de grado.

Mediante la realización del proyecto, se busca incentivar a los estudiantes de Tecnología Eléctrica, a continuar con el desarrollo comprendido en la fase 2, y también a implementar sus propios prototipos, demostrando la capacidad real que posee un Tecnólogo en electricidad de la Universidad Tecnológica de Pereira, y así no dejar que estas ideas, se queden simplemente en el papel, ya que al ir un paso más allá, se creará la innovación y el desarrollo que el país necesita.

## Capítulo 1

# FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO EXPERIMENTAL A PEQUEÑA ESCALA

La función que tiene que desempeñar el prototipo experimental a pequeña escala, es la de recibir libros en forma automática, lo que quiere decir, que no necesita de ninguna manipulación por parte de un operario; para cumplir tal función, se han diseñado e implementado seis subsistemas diferentes, los cuales conforman en si un solo sistema, estos son:

- Subsistema de banda transportadora en doble sentido de giro.
- Subsistema de sensado con diodos infrarrojos.
- Subsistema de control con un microcontrolador.
- Subsistema mecánico de almacenamiento de libros.
- Subsistema de puerta automática.
- Subsistema de simulación de un lector de código de barras.

Estos subsistemas están sujetos a un procedimiento de funcionamiento, el cual se describe a continuación, haciendo mención que estas acciones estarán siempre bajo órdenes de los dos microcontroladores, que realizarán el control digital de todo el proceso.

El proceso se inicia en la puerta de acceso del prototipo, en esta posición se encuentra el primer sensor infrarrojo, el cual, en el momento que se interrumpe su rayo de luz, envía una señal al microcontrolador principal, éste activa el motor que se encarga de abrir la puerta, para que permita el acceso del libro, el motor se detiene transcurrido cierto tiempo, en ese instante se activa un tiempo de espera para que se active el sensor 2, si transcurrido este tiempo y no se ha activado este sensor 2, el motor se activa en sentido de giro contrario, es decir, se cierra la puerta, en el caso de que el sensor 2 se active, esto significa que han ingresado un libro al sistema, en ese momento el microcontrolador principal da la orden de cerrar la puerta, después de realizada esta acción, se activa la banda transportadora principal, esta se encarga de llevar el libro hasta el sensor 3, en el momento en que este sensor se activa, el microcontrolador da la orden de detener la banda transportadora, y al mismo tiempo, activa uno de sus pines con cinco voltios, esta acción se ha llamado señal de habilitación, y su función es efectivamente activar el segundo microcontrolador, el cual, es el encargado de realizar la simulación de un lector de código de barras, cuando se toma la lectura del código del libro, el

microcontrolador envía una señal, la cual debe indicar si el código leído es válido o inválido; en otras palabras, éste decide si acepta o no el libro, si el libro es rechazado, esta señal es leída por el primer microcontrolador, el cual, activa la banda transportadora en sentido de giro contrario al que traía antes de detenerse, es decir, lleva el libro hacia la puerta por donde ingresó en el momento que el libro se acerca a la puerta, éste activa el sensor 2 nuevamente; en ese instante, la banda transportadora se detiene y empieza a abrir la puerta de acceso, cuando ésta ya se ha abierto, la banda es activada con el mismo sentido de giro que tenía, es decir, hacia la puerta de acceso, mientras la banda lleva el libro hacia afuera, y transcurrido un pequeño lapso de tiempo, la puerta empieza a cerrarse; con esta acción se pretende evitar que el libro sea ingresado nuevamente al sistema, después de haber sido rechazado. En el caso de que la lectura del código haya sido válida, la banda transportadora se activa y continúa con el mismo sentido de giro que tenía, en otras palabras, el libro sigue su trayectoria hacia el subsistema de almacenamiento, pero antes de llegar a este destino, el libro pasa por el cuarto y último sensor, con la activación de este sensor 4, se puede realizar dos acciones diferentes y a la vez muy importantes, la primera es saber cuándo detener la banda transportadora. Después de que el libro haya descendido al subsistema de almacenamiento, y la segunda y más importante acción que realiza este sensor 4, es la de llevar el conteo de los libros, esta acción es muy importante debido a que el subsistema de almacenamiento tiene un tope máximo de libros, y con este conteo se puede saber cuándo se alcanza el tope; si esto ocurre, la solución que se plantea es evitar que el sistema reciba más libros, y activar una alarma, la cual indica que ya ha llegado al tope, en ese instante, una persona debe encargarse de retirar los libros del subsistema de almacenamiento, y cuando haya realizado acción, deben oprimir el botón de rehabilitación, para que el sistema reinicie su procedimiento nuevamente.

## Capítulo 2

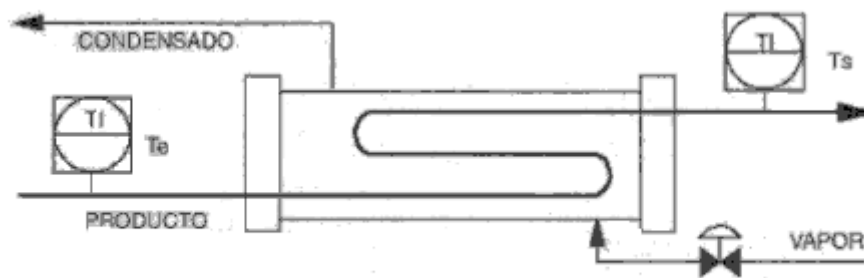
# CONCEPTOS FUNDAMENTALES DEL CONTROL DE PROCESOS

En este capítulo, se explica en qué consiste un sistema de control de procesos automático, y que tipos de sistemas de control escalar se pueden encontrar, esta teoría, es una de las bases más importantes en el desarrollo de este proyecto, ya que este prototipo es una aplicación de los conocimientos adquiridos, en las asignaturas de Control de Procesos Industriales y Laboratorio de Relevación y Control del programa de Tecnología Eléctrica, el cual pertenece a la Universidad Tecnológica de Pereira.

### 2.1 Concepto general sobre un proceso de control automático.

Cualquier estudio sobre el control de procesos, debe empezar por distinguir los diferentes tipos de conceptos referentes a éstos. Desde el punto de vista de producción, se conoce generalmente como resultado un producto deseado o establecido. Por ejemplo, son procesos de producción: reactores, hornos, intercambiadores de calor, etc. Figura 1 muestra, de forma simplificada, un intercambiador de calor que serviría como ejemplo a lo largo de todos apartados que siguen, dada su simplicidad.

**Figura 1.** Un intercambiador de calor que serviría como ejemplo



Desde un punto de vista de control su significado es más específico. Un proceso es un bloque que se identifica, porque tiene una o más variables de salida de las cuales es importante conocer y mantener sus valores. Como consecuencia estas variables han de ser controladas, actuando sobre otra serie de variables denominadas manipuladas. [1]

## 2.2 SISTEMA DE CONTROL

Es aquel cuyo fin es obtener varias respuestas deseadas (a partir de ciertas entradas)

**Figura 2.** Bloque que representa un sistema multivariable.



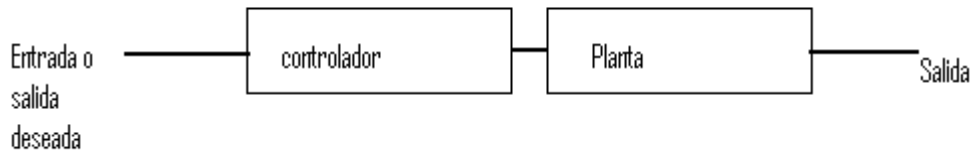
La figura 2 muestra un bloque que representa un sistema multivariable en el que se supone hay una descripción matemática entre las salidas  $Y = (y_1 \ y_2 \ \dots \ y_n)^t$  Y las entradas  $u = (u_1 \ u_2 \ \dots \ u_m)^t$  Cuando  $m=n=1$  el sistema es escalar

## 2.3 SISTEMA DE CONTROL ESCALAR EN LAZO ABIERTO

Aquel que utiliza un controlador (un sistema) en cascada con el sistema a ser controlado (Planta o proceso) para obtener la respuesta deseada, como se muestra en la figura 3



**Figura 3. Sistema de control escalar en lazo abierto.**

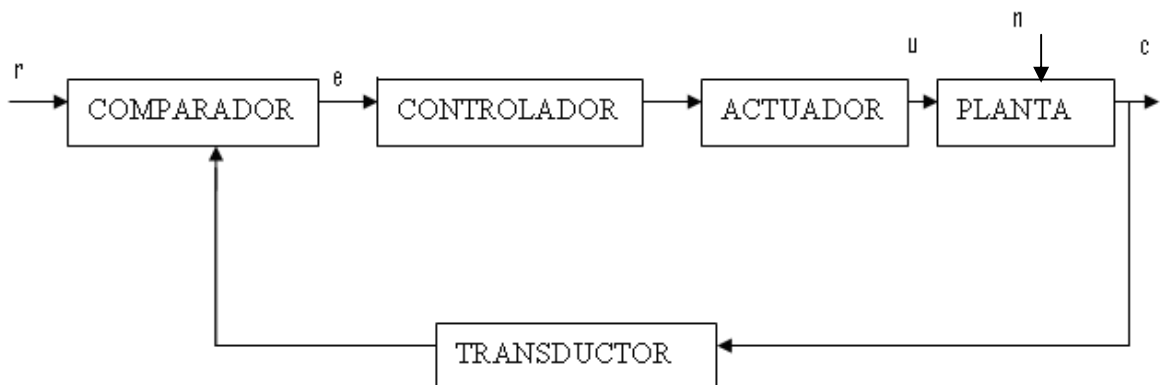


## 2.4 SISTEMA DE CONTROL ESCALAR EN LAZO CERRADO

Aquel que utiliza una medida de la salida actual para compararla con la respuesta deseada, como se muestra en la figura 4.

Un transductor es un dispositivo que convierte una señal a otra, generalmente eléctrica. Ejemplos: potenciómetros, taco generadores, termocuplas, termistores, presostatos, etc.

**Figura 4. Sistema de control escalar en lazo cerrado**



r : referencia

e : error

u : variable de control

c : salida

n : perturbacion o ruido

## Capitulo 3

# ELEMENTOS QUE CONFORMAN EL PROTOTIPO EXPERIMENTAL.

En este capítulo, se presentan los diferentes componentes que conforman el prototipo experimental, como lo son los motores eléctricos, los sensores infrarrojos, los circuitos integrados, entre otros; cada uno está acompañado de su descripción y de la función que este desempeña en el funcionamiento del prototipo experimental.

### 3.1 ELEMENTOS ELÉCTRICOS Y ELECTROMECAÑICOS

En esta sección, se presentan y especifican todas las características de los elementos eléctricos y electromecánicos que conforman el prototipo experimental.

#### 3.1.1 Fuente de voltaje

Fuente de voltaje de 300W, con voltaje DC en la salida, con dos magnitudes diferentes, con respecto a la tierra o referencia, la magnitud de voltaje más baja es de 5V, y la más alta es de 12V, Este elemento es utilizado en el prototipo, como la alimentación de los circuitos electrónicos, y para los motores eléctricos.

**Figura 5.** Imagen de la fuente de alimentación.



**Figura 6.** Imagen de la placa de características de la fuente de alimentación.

AC~ I/P	115/230V~	8/4A	60/50 Hz			
DC ~~~ O/P	+3.3V	+5V	+12V	-12V	-5V	+5VSB
	28A	30A	15A	0.8A	0.3A	2A
+5V & +3.3V COMBINED LOAD 180W. +5V & +3.3V & +12V COMBINED LOAD 280W. TOTAL OUTPUT IS 300W MAX.						

### 3.1.2 Motor eléctrico 12 voltios DC

Motor eléctrico de corriente continua, con una fuerza electromagnética de 12V, con un número de polos igual a dos, con lo que el funcionamiento que éste presenta, es paso a paso, y la función que desempeña en el funcionamiento del prototipo experimental, es la de proporcionar el movimiento necesario para el desempeño de las bandas transportadoras.

**Figura 7.** Imagen del motor de la banda transportadora.



### 3.1.3 Motorreductor eléctrico 12 voltios DC

Motor eléctrico de corriente continúa, con una fuerza electromagnética de 12V, con un número de polos igual a dos, posee un sistema mecánico interno, que lo convierte en un motorreductor, lo cual quiere decir, que gira a pocas revoluciones por minuto, pero a cambio de esto, genera un buen torque, es por esta razón, que se ha implementado en el desarrollo de este prototipo experimental, ya que se necesita mucha fuerza, para el subsistema de la puerta mecánica.

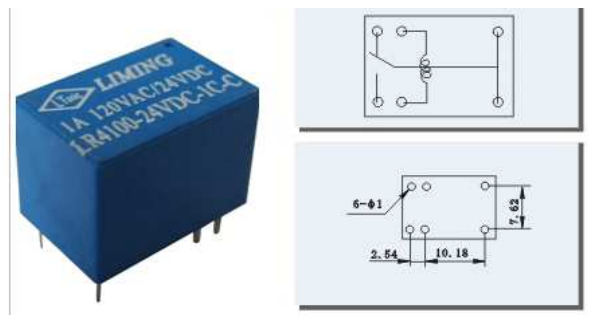
**Figura 8.** Imagen del motorreductor de la puerta automática.



### 3.1.4 Relés

El relé es un dispositivo electromecánico, que funciona como un interruptor controlado por un circuito eléctrico o electrónico, dependiendo del sistema de control a utilizar.

**Figura 9.** Imagen del circuito interno de los relés utilizados en los circuitos electrónicos.



**Figura 10.** Imagen de la tabla de características de los relés.

CLASIFICACIÓN		RELEVO DE TELCOMUNICACIÓN
ASPECTO		JRC-21F(4100)
DIMENSIÓN DE CONTROL(L×W×H)(mm)		15.5×11×12.0
FORMA DE CONTACTO		1C
RESISTENCIA DE CONTACTO		100mΩ
VOLTAJE DE ROLLO		5VDC~48VDC
VOLTAJE DE RECOJIDA		≤70%
VOLTAJE DE LIBERACIÓN		≥10%
PODER DE ROLLO		0.2,0.36
POSICIÓN DE CONTACTO		1A 120VAC/28VDC 3A 120VAC/28VDC
RESISTENCIA DE AISLAMIENTO		100MΩ
DIELECTRICO STRENGH	ENTRE CONTACTO ABIERTO	500VAC
	ENTRE ROLLO Y CONTACTO	500VAC
VIDA	ELECTRICO	1×10 <sup>5</sup>
	MECÁNICO	1×10 <sup>7</sup>
GAMA DE TEMPERATURA		-40~+70℃
DISPOSICION TERMINAL		
AGUJEROS CRECIENTES		
FORMA CRECIENTE		PCB Terminal
PESO		4g
APROBACIÓN SALADA		UL
REMISIÓN		OMRON:G2E OEG:OUA/OU AZ SIMENS:V23101 P&B:T81

## 3.2 ELEMENTOS ELECTRÓNICOS

A continuación, se enuncian los elementos electrónicos más relevantes, en el desarrollo del subsistema de control, como lo son los sensores infrarrojos, los amplificadores operacionales, y principalmente el microcontrolador PIC16F84A, el cual se constituye, como el elemento principal de todo el subsistema de control, y en general de todo el proyecto.

### 3.2.1 Sensores infrarrojos

Están diseñados especialmente para la detección, clasificación y posicionado de objetos; la detección de formas, colores y diferencias de superficie, incluso bajo condiciones ambientales extremas.

### 3.2.1.1 Diodo emisor

Este componente puede tener la apariencia de un LED normal, la diferencia radica en que la luz emitida por el no es visible para el ojo humano, únicamente puede ser percibida por otros dispositivos electrónicos.

**Figura 11.** Imagen de un diodo infrarrojo tipo emisor.



### 3.2.1.2 Diodo receptor

Es un semiconductor que tiene la propiedad de cambiar la corriente que circula a través de él, de acuerdo a la cantidad de luz que incida su área fotosensible. Una variante especial de los fotodiodos es el fotodiodo infrarrojo, el cual posee un filtro que le permite aceptar únicamente señales luminosas de este tipo. [2]

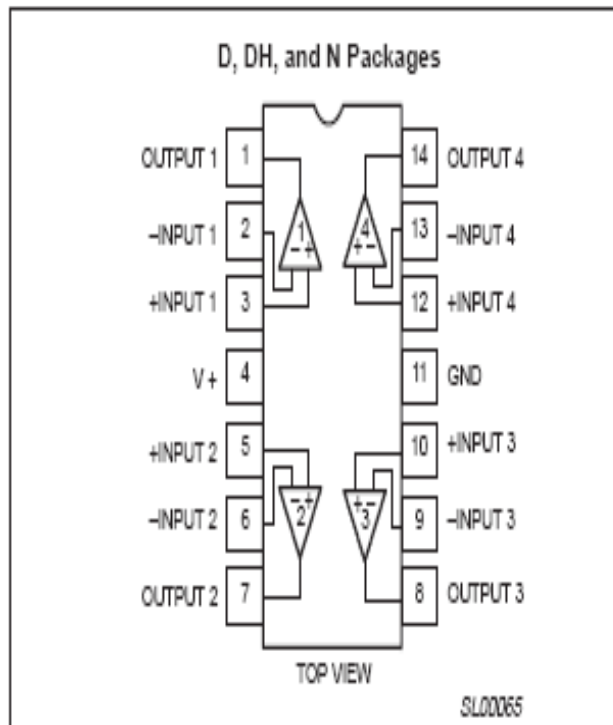
**Figura 12.** Imagen de un diodo infrarrojo tipo receptor.



### 3.2.2 Circuito integrado LM324

Este circuito integrado, está compuesto por amplificadores operacionales, y es por esta razón, que se implementó en el subsistema de control, ya que es necesario amplificar el voltaje de salida, que entregan los sensores infrarrojos, debido a que su magnitud no es la adecuada, para que los puertos del microcontrolador la detecten correctamente y así podrían haber errores en el subsistema de control.

**Figura 13.** Imagen del circuito integrado LM324.

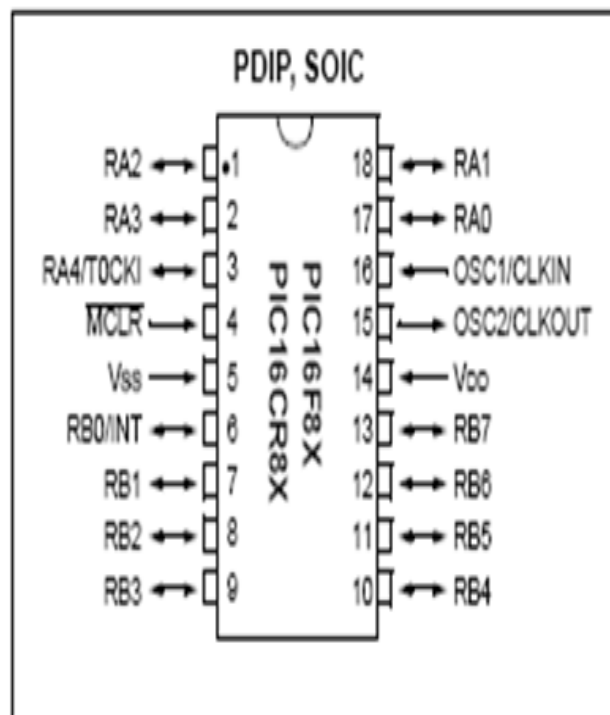


### 3.2.3 PIC16F84

El PIC16F84A es un microcontrolador de Microchip Technology fabricado en tecnología CMOS, su consumo de potencia es muy bajo y además es completamente estático, esto quiere decir que el reloj puede detenerse y los datos de la memoria no se pierden. [3]

En este proyecto, el microcontrolador es el componente esencial, ya que este, es el encargado del control de todos los procedimientos, que ha de realizar todo el prototipo experimental.

**Figura 14.** Imagen del microcontrolador PIC16F84A.





### 3.3 ELEMENTOS MECÁNICOS

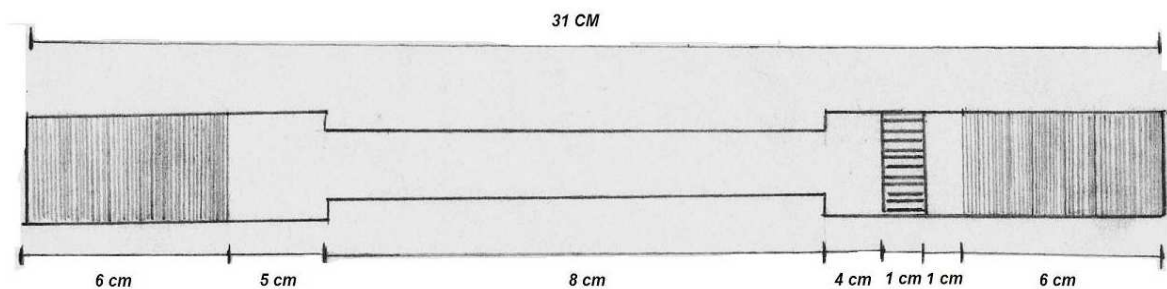
A continuación se enuncian, los elementos mecánicos que se encargan de realizar la transmisión del movimiento, estos elementos son muy importantes en el proyecto, ya que es la parte de innovación, además, de ser los encargados de transmitir el movimiento de los motores eléctricos, a las bandas transportadoras y a la puerta mecánica respectivamente.

#### 3.3.1 Espárragos como ejes de transmisión

Estos dispositivos fueron diseñados específicamente para este proyecto, y la autoría de estos son de las personas que presentan este trabajo de grado.

Estos espárragos, tienen la función de ser los ejes de transmisión de las bandas transportadoras, asegurando además, el buen agarre mecánico de los rodillos de madera que se utilizaron en este prototipo experimental.

**Figura 15.** Imagen del diseño del espárrago de transmisión.



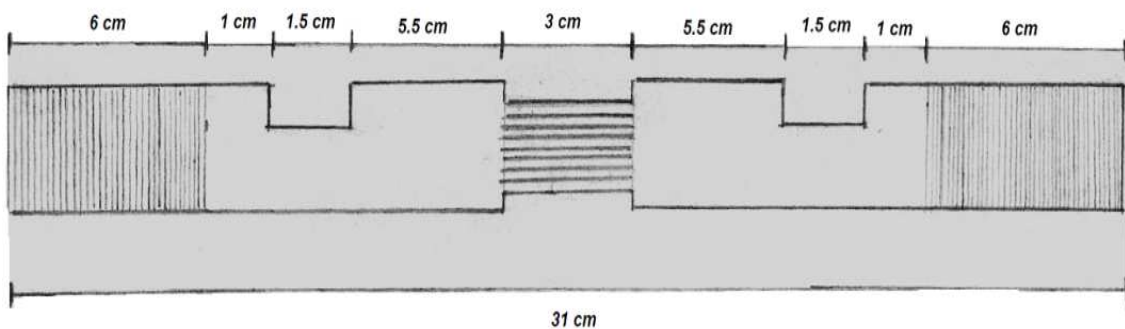
**Figura 16.** Imagen de la banda transportadora del subsistema de almacenamiento.



### 3.3.2 Espárrago y puerta mecánica

El espárrago utilizado en el subsistema de la puerta mecánica, fue diseñado como solución, a los problemas que se presentaron en el diseño de dicho subsistema, su funcionamiento consta de un eje de transmisión y de sustentación del movimiento que realiza la puerta.

**Figura 17.** Imagen del diseño del espárrago y transmisión de la automática



**Figura 18.** Imagen del espárrago y la puerta automática.



### 3.3.3 poleas de trasmisión

Estos son los elementos mecánicos, que se encargan de transmitir la energía mecánica del motor eléctrico, hacia los rodillos de las bandas transportadoras, y la puerta mecánica, el material del que se componen es caucho.

**Figura 19.** Imagen de las poleas de transmisión.



### **3.3.4 Rodillos y bandas transportadoras de polietileno**

Estos elementos se diseñaron a la medida, y a las necesidades que presentaba el prototipo, los rodillos están hechos de madera y se acoplaron al eje de transmisión o espárrago, las bandas transportadoras están compuestas de polietileno, el cual se consigue en el mercado para uso terapéutico.

**Figura 20.** Imagen de los rodillos de la banda transportadora.



### **3.3.5 Balineras, tuercas y guasas.**

**Figura 21.** Imagen de las balineras, tuercas y guasas.



#### **3.3.5.1 Balineras**

Estos elementos se utilizaron en este prototipo, para facilitar que los espárragos en conjunto con los rodillos, al tener el movimiento ejercido por el motor, funcionaran con el mínimo coeficiente de rozamiento posible, y así obtener un movimiento mecánico suave para las bandas transportadoras.

#### **3.3.5.2 Tuercas**

Estos elementos se utilizaron para asegurar los espárragos en sus posiciones determinadas, para de esta manera poder realizar el movimiento correctamente.

#### **3.3.5.3 Guasas**

Se utilizaron para mantener las tuercas, y los espárragos, firmes en sus lugares y de esta forma facilitar su movimiento.

## Capítulo 4

# SUBSISTEMAS QUE COMPONEN EL PROTOTIPO EXPERIMENTAL

En este capítulo, se indican y explican los diferentes subsistemas que componen el prototipo experimental, se tendrá una especificación de cada uno de los elementos que componen cada subsistema, incluyendo una explicación de porque se elige implementar cada uno de ellos, como una solución a los problemas que plantean en la realización de un proyecto como este, en el que se tiene como meta principal, desarrollar un prototipo experimental a pequeña escala, el cual se pueda, implementar como una solución al problema que se planteó, para este proyecto de grado.

### 4.1 SUBSISTEMA DE CONTROL DIGITAL

El control digital, es la base de todo el proyecto, por lo cual se convierte en el subsistema más importante, de éste depende el correcto funcionamiento de los demás subsistemas, se podría decir que este es el punto a observar detalladamente de todo el proyecto; éste subsistema está compuesto principalmente por un microcontrolador, el cual funciona con una señal de oscilación de 4MHz, debido a que es una de las frecuencias más utilizadas por los diseñadores, ya que se presta para realizar las rutinas y subrutinas de los programas con cierta grado de facilidad. En este subsistema, también se encuentra la parte de control, que se encarga de entregar la potencia necesaria, para los diferentes motores que componen los otros subsistemas, los encargados de realizar dicha acción son los relés, los cuales están gobernados por el microcontrolador, y por consiguiente es éste ultimo el que decide, en que instante y durante cuánto tiempo, cada uno de los relés estará activado, y listo para entregar la potencia requerida en ese instante.

#### 4.1.1 Esquema del circuito electrónico

El esquema, es una representación del circuito electrónico, que se utilizó para realizar la simulación de todo el sistema de control digital del proyecto, esta simulación se realizó en el programa PROTEUS 6 PROFESSIONAL; en la imagen del circuito, se puede observar el microcontrolador, con sus respectivos puertos y pines que fueron utilizados bien sea como salidas o entradas, ya que esta situación depende de la programación desarrollada, el circuito de generación de la señal del reloj, no se encuentra en la imagen, debido a que en la simulación, éste valor se asigna directamente a la hora de configurar el microcontrolador, también se puede observar que los sensores que en realidad son del tipo infrarrojo, fueron substituidos por simples pulsadores, ya que para el sistema de control le es indiferente el tipo de sensor que se utilice o el método, debido a que lo que interesa, es que el microcontrolador detecte la variación de voltaje en sus entradas, para que este pueda realizar las acciones programadas, y con los pulsadores se puede realizar dicha acción, además hay que mencionar, que la simulación de estos sensores infrarrojos no se puede realizar en éste programa. En la parte superior de la derecha se puede observar dos pulsadores que de cierto modo, pertenecen al subsistema de control digital, esto ocurre debido a que la fase 2 no será realizada en este proyecto de grado, **por razones que ya se han argumentado en la introducción perteneciente a este documento**; la función que cumplen estos dos pulsadores, es la de certificar la autenticidad ó validez, de cada uno de los libros que ingresen al sistema, y para este caso, es indispensable simular la fase 2, para poder continuar con el desarrollo académico del subsistema de control, ya que dado el caso, que la fase 2 sea realizada, el sistema de control no necesite ninguna modificación, la acción a realizar, sería simplemente desconectar los pulsadores de los dos pines, y allí conectar el sistema real que constaría de 2 salidas, que le indicaría al sistema de control si la identificación es afirmativa o negativa, tal y como se realiza en la simulación, con los dos pulsadores. En la parte baja del circuito, se encuentran los relés, con sus respectivas conexiones a los pines del microcontrolador que les corresponde, y el circuito de potencia para cada uno de los motores, correspondientes a los diferentes subsistemas que conforman el prototipo experimental.

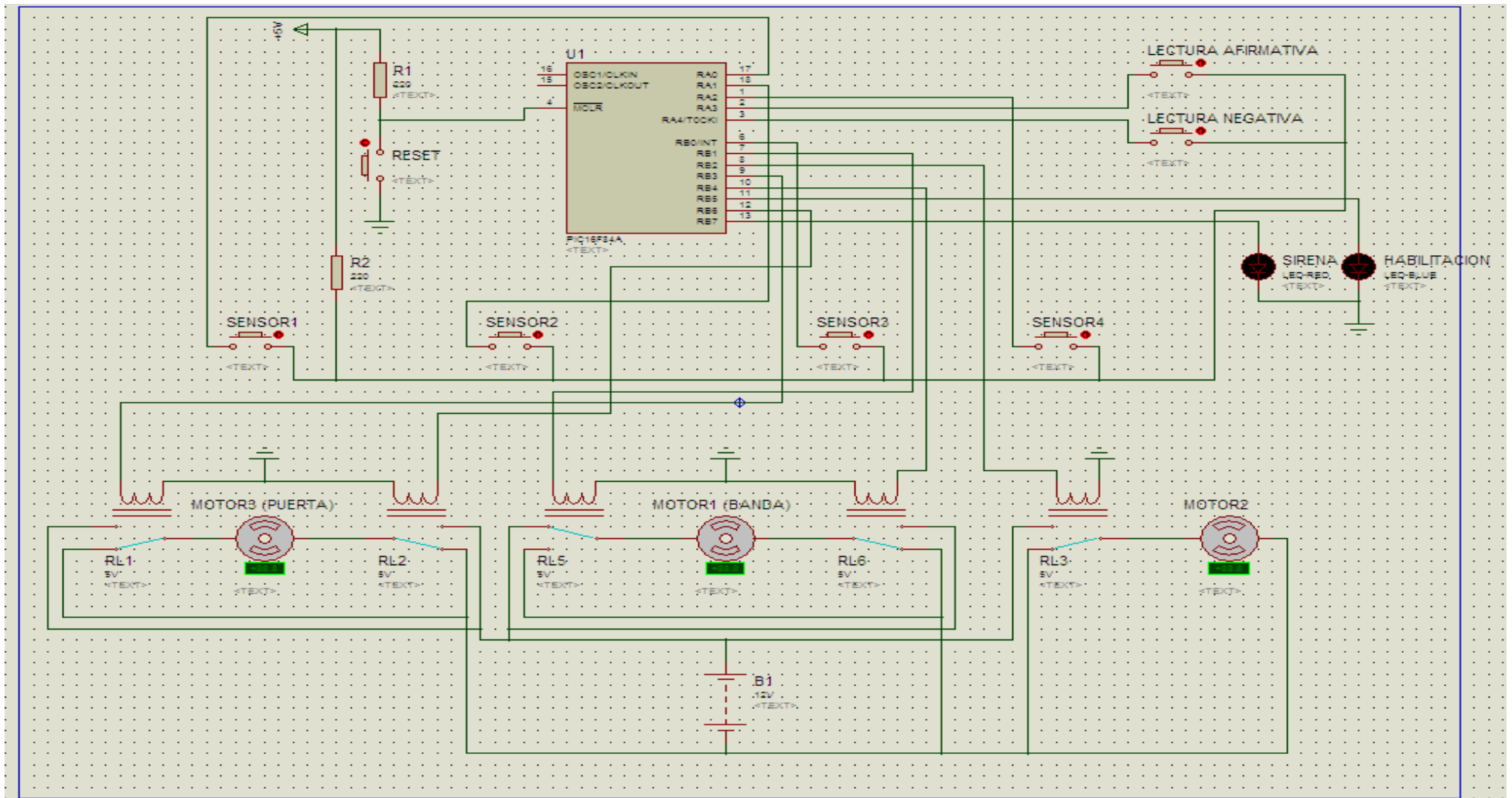


Figura 22. Esquema del circuito electrónico.

## 4.1.2 Programa del microcontrolador

```

;***** proyecto *****
status      equ      03h
STATUS      equ      03h
porta       equ      05h
portb       equ      06h
trisa       equ      85h
trisb       equ      86h
conta       equ      20h
conta2      equ      21h
conta3      equ      22h

list p=16f84A

CP_ON       EQU      H'000F'
CP_OFF      EQU      H'3FFF'
PWRTE_ON   EQU      H'3FF7'
PWRTE_OFF  EQU      H'3FFF'
WDT_ON     EQU      H'3FFF'
WDT_OFF    EQU      H'3FFB'
LP_OSC     EQU      H'3FFC'
XT_OSC     EQU      H'3FFD'
HS_OSC     EQU      H'3FFE'
RC_OSC     EQU      H'3FFF'

__CONFIG CP_OFF & WDT_OFF & XT_OSC & PWRTE_ON

                org      00
                goto     inicio

milis          movlw    d'20'      ;retardo de 20 milisegundos para evitar rebote en los sensores
                movwf   16h
dos            movlw    d'110'
                movwf   17h
uno           nop
                nop
                nop
                nop
                nop
                nop
                decfsz  17h,1
                goto    uno
                decfsz  16h,1
                goto    dos
                return

retar1        movlw    d'4'          ;retardo de un segundo
                movwf   30h
dan7          movlw    d'100'
                movwf   31h
dan8          movlw    d'250'
                movwf   32h
lina9         nop
                nop
                nop
                nop
                nop
                nop
                decfsz  32h,1
                goto    lina9
                decfsz  31h,1
                goto    dan8
                decfsz  30h,1
                goto    dan7
                return

puerta        bcf      portb,6      ;detener el motor 3
                return

inicio        bsf      status,5      ;***** Programa Principal*****
                movlw   b'11111'
                movwf   trisa

```



	movlw	b'00000001'	
	movwf	trisb	
	bcf	status,5	
	clrf	conta	
	clrf	conta2	
	clrf	conta3	
	bcf	portb,1	;detengo el motor1 (banda transportadora)
	bcf	portb,4	;detengo el motor1 (banda transportadora)
	bcf	portb,2	;detener el motor2
	bcf	portb,3	;detener el motor3
	bcf	portb,6	;detener el motor3
	clrf	38h	
	clrf	39h	
	clrf	40h	
	clrf	41h	
	clrf	42h	
sensor1	btfsf	porta,0	;Leer sensor 1
	goto	sensor1	
	call	milis	;elimina el rebote
	btfsf	porta,0	
	goto	sensor1	
	bsf	portb,3	;activar motor3 para abrir la puerta
	movlw	d'41'	;41 segundos de espera para cerrar la puerta
	movwf	38h	
lina20	call	retar1	
	decfsz	38h,1	
	goto	lina20	
	bcf	portb,3	;detener el motor 3
dan	call	retar1	
	incf	conta,1	;incrementar contador
	movlw	d'10'	;cargar con 10 segundos de espera para activar el sensor2
	xorwf	conta,0	;comparar
	btfsf	status,2	
	goto	sensor2	
	bsf	portb,6	;motor 3 gira hacia la izquierda (cerrar la puerta)
	movlw	d'30'	;30 segundos de espera para cerrar la puerta
	movwf	39h	
lina21	call	retar1	
	decfsz	39h,1	
	goto	lina21	
	bcf	portb,6	;detener el motor 3
	clrf	conta	;resetear el contador
	goto	sensor1	
sensor2	btfsf	porta,1	;leer el sensor2
	goto	dan	
	call	milis	;elimina el rebote
	btfsf	porta,1	;leer el sensor2
	goto	dan	
	bsf	portb,6	;motor 3 gira hacia la izquierda (cerrar la puerta)
	movlw	d'30'	;30 segundos de espera para cerrar la puerta
	movwf	40h	
dan22	call	retar1	
	decfsz	40h,1	
	goto	dan22	
	call	puerta	
	clrf	conta	;resetear el contador 1
	bsf	portb,1	;activar el motor1 hacia la derecha (banda transportadora)
dan2	btfsf	portb,0	;leer el sensor3
	goto	dan2	
	call	milis	;elimina el rebote
	btfsf	portb,0	;leer el sensor3
	goto	dan2	
	bcf	portb,1	;detengo el motor1 (banda transportadora)
	goto	barras	
dan5	btfsf	porta,3	;leo afirmación de la base de datos
	goto	negativo	
	call	milis	;elimina el rebote
	btfsf	porta,3	;leo afirmación de la base de datos
	goto	negativo	
	bsf	portb,1	;activar el motor1 hacia la derecha (banda transportadora)
lina3	btfsf	porta,2	;leer el sensor4
	goto	lina3	
	call	milis	;elimina el rebote

	btfsc goto call call bcf incf movlw xorwf btfss goto goto	porta,2 dan3 retar1 retar1 portb,1 conta2,1 d'3' conta2,0 status,2 sensor1 motor2	;leer el sensor4  ;tiempo de espera para que el libro caiga ;detener el motor1 (banda transportadora) ;incrementar el contador 2 ;cargar con el numero 3 ;comparar
dan10	bsf clrf call	portb,2 conta2 retar1	;activar el motor2 hacia la derecha ;resetear el contador 2 ;tiempo de espera para que se desplace el modulo de
almacenamiento	bcf goto	portb,2 sensor1	;detener el motor2
negativo	btfss goto call btfss goto bsf	porta,4 dan5 milis porta,4 dan5 portb,4	;leer respuesta negativa  ;elimina el rebote ;leer respuesta negativa  ;activo el motor1 hacia la izquierda (banda transportadora)
lina4	btfsc goto call call btfsc goto bcf call bsf movlw movwf	porta,1 lina4 milis porta,1 dan4 portb,4 retar1 portb,3 d'41' 41h	;leer el sensor2  ;elimina el rebote ;leer el sensor2  ;detener la banda que gira hacia la izquierda  ;activar el motor3 para abrir la puerta ;41 segundos de espera para cerrar la puerta
dan23	call decfsz goto bcf call bsf	retar1 41h,1 dan23 portb,3 retar1 portb,4	;detengo el motor3 ;un segundo de espera ;activo el motor1 hacia la izquierda (banda transportadora)
	call call call call call bsf movlw movwf	retar1 retar1 retar1 retar1 retar1 portb,6 d'30' 42h	;tiempo de espera para cerrar la puerta ;un segundo de espera ;un segundo de espera ;un segundo de espera ;un segundo de espera ;activo el motor3 en hacia la izquierda para cerrar la puerta ;30 segundos de espera para cerrar la puerta
lina24	call decfsz goto bcf call	retar1 42h,1 lina24 portb,6 retar1	;detener el motor3
dan6	bcf btfss goto call btfss goto goto	portb,4 porta,0 dan6 milis porta,0 dan6 sensor1	;detener el motor1 (banda transportadora) ;pregunta si ya levantaron el libro  ;elimina el rebote ;pregunta si ya levantaron el libro
barras	bsf call call bcf goto	portb,5 retar1 retar1 portb,5 dan5	;activo el sistema de código de barras
motor2	call incf movlw xorwf btfss goto bsf	retar1 conta3,1 d'3' conta3,0 status,2 dan10 portb,7	;incrementar el contador 3 ;cargar con el número 10 ;comparar

lina

```
call    retar1
call    retar1
bcf     portb,7
nop
nop
nop
nop
goto    lina
end
```

```
retar1
retar1
retar1
portb,7
```

lina

## 4.2 SUBSISTEMA DE SENSADO

Este subsistema, es el encargado de monitorear en todo momento, la posición del libro durante el recorrido que este realiza; tener este conocimiento fundamental, para poder llevar a cabo el control digital del proceso. El subsistema de sensado está compuesto por sensores del tipo diodo infrarrojo. El circuito de implementación está compuesto por un diodo emisor, un diodo receptor, y una fase de amplificación, para la cual se utilizó el circuito integrado LM324.

### Materiales

- 1 resistencia de  $20\Omega$  a 1/2W (R1)
- 1 resistencia de  $100k\Omega$  a 1/2W (R2)
- 1 resistencia de  $220\Omega$  a 1/2W (R3)
- 1 LED Infrarrojo (emisor D1)
- 1 Fotodiodo infrarrojo (receptor D2)
- 1 circuito integrado LM324 (IC1)
- 1 LED de 5mm (D3)

### Consumo de voltaje

El LED infrarrojo tiene una caída de tensión que oscila entre 1.5V y 2.0V bajo teoría, al realizar la medición con el multímetro entre la entrada de este y los 0v se obtienen 1.9V.

Para calcular el voltaje (V1), es necesario aplicar la segunda ley de kirchhoff.

$$V=5V$$

$$V2=1.9V$$

$$V1=?$$

$$V=V1+V2$$

$$5V - 1.9V = V1$$

El voltaje de operación es de 5V, La máxima corriente permitida por el LED 3.1V = V1

### Calculo de la resistencia de $125\Omega$

infrarrojo es de 25mA entonces:

$$I = V/R$$

$$R = V/I$$

$$R = 3.1V/0.025A$$

$$R = 124\Omega$$

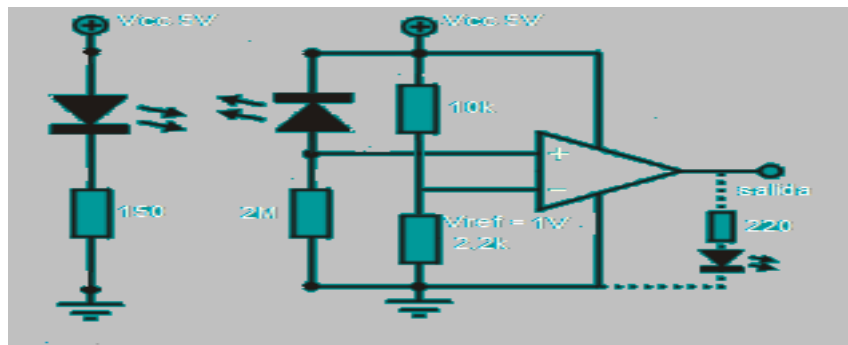
### Fotodiodo polarizado en inversa

Se conoce que el fotodiodo es sensible a la incidencia de la luz visible o infrarroja, para que su funcionamiento sea correcto se polariza inversamente, con lo que se producirá una cierta circulación de corriente cuando sea excitado por la luz.

### 4.2.1 Esquema del circuito eléctrico

El circuito que se observa en la figura 23, corresponde al circuito de un solo sensor. En la realización de este proyecto, se implementaron cuatro sensores de este tipo, exactamente con las mismas especificaciones. Para la fase de amplificación se utilizó el circuito integrado LM324. [4]

**Figura 23.** Esquema eléctrico del sistema de sensores infrarrojos.



## 4.3 SUBSISTEMA DE PUERTA AUTOMÁTICA

Este subsistema tiene como función, permitir el acceso de los libros al sistema. Su activación depende del primer sensor infrarrojo, el cual está ubicado justo antes de la puerta; este sensor se activa cuando el usuario pone el libro sobre la superficie plana, que se encuentra antes de la puerta. Cuando este sensor se activa, el microcontrolador acciona al relé, que permite el paso de corriente al motorreductor, el cual por medio de una polea, transmite el movimiento mecánico al esparrago, y como este tiene la puerta fijamente aferrada, al moverse el esparrago, provoca que la puerta se abra, para permitir el acceso a la banda transportadora principal; y tras cierto tiempo transcurrido, el microcontrolador por medio de la activación de un relé, invierte el sentido de giro del motorreductor, para de esta forma cerrar la puerta, y evitar el ingreso de otros objetos al sistema.

### 4.3.1 Esquema mecánico

**Figura 24.** Esquema mecánico del subsistema de puerta automática.



En la figura 24, se puede observar todo el sistema mecánico y eléctrico, que compone todo el subsistema de la puerta automática. En la parte superior se encuentra el motorreductor, el cual es el que aporta la energía necesaria al sistema para poder levantar la puerta; el movimiento es transmitido por una polea, que se conecta desde el eje del motorreductor, hasta el esparrago de transmisión, en el cual se encuentra fijamente aferrada la puerta, y es por esta razón que la puerta se puede abrir o cerrar.

#### **4.4 SUBSISTEMA DE BANDA TRANSPORTADORA.**

Este subsistema, tiene como función, llevar los libros que son ingresados al sistema, a través de un proceso de identificación, el cual ocurre durante el trayecto que recorre el libro. Al superar esta etapa, la función que realiza la banda transportadora, consiste simplemente como su nombre lo indica, en transportar el libro de una posición a otra; estas posiciones pueden ser, llevar el libro hasta un lugar seguro, que en este caso es el subsistema de almacenamiento, o la otra opción, ocurre en el caso de que el libro no sea el correcto, con lo cual la banda transportadora invierte el sentido de giro, y lleva el libro de nuevo, a la entrada, para ser devuelto al usuario.

##### **4.4.1 Esquema mecánico**

**Figura 25.** Esquema del circuito electrónico



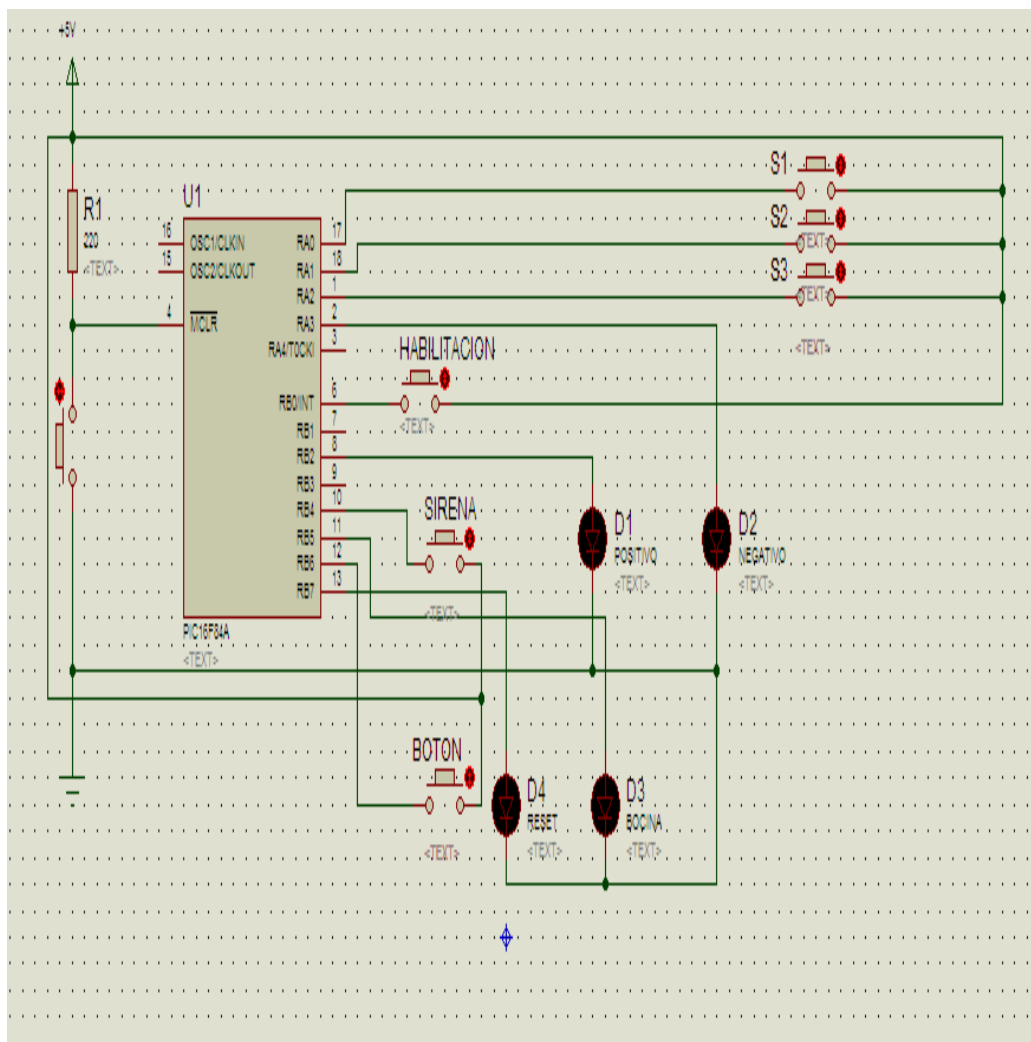
En la figura 25, se puede observar el sistema de banda transportadora, el cual está compuesto, por dos rodillos de madera, que poseen igual diámetro, un esparrago de transmisión, el cual tiene su respectiva polea, que lo conecta con el motor eléctrico, y la banda elástica es de polietileno.

#### 4.5 SUBSISTEMA DE SIMULACIÓN DE UN LECTOR DE CÓDIGO DE BARRAS.

Este subsistema, consiste en simular un código de barras, ya que éste sistema, en el comercio es costoso, y para la realización del prototipo experimental, no se cuenta con tal presupuesto. Para realizar esta simulación, se asumió que los códigos de barras se encuentran en las tapas frontales de los libros; así como los lectores del código de barras aprovechan el fenómeno físico de reflexión de la luz, esta simulación aprovecha el mismo fenómeno; debido a que se utilizan diodos infrarrojos, para reflejar esta clase de luz, sobre dos tipos de superficies de color blanco y negro, y de esta forma poder obtener un código binario, o código de barras, que permita identificar el libro. Para esta simulación se utiliza un código de tres barras, para identificar los libros que ingresen al prototipo experimental.

##### 4.5.1 Esquema del circuito eléctrico.

Figura 26. Esquema del circuito electrónico del simulador de código de barras.



El subsistema está compuesto por tres pares de diodos infrarrojos; cada par está compuesto por un diodo emisor y un diodo receptor, cada par lee una barra, para este caso es un código de tres barras el que se utiliza, el circuito consta además de los tres pares de diodos, de un circuito de amplificación compuesto por un LM324, y un microcontrolador PIC16F84A. El circuito LM324 tiene la función de acondicionar el voltaje que entregan los sensores, para que este pueda ser leído por el microcontrolador, que este, a su vez, es el encargado de realizar la parte lógica al leer la información que le entregan los sensores, y de esta forma tener plena identificación del libro, gracias al código que este posee.

En la imagen, se puede observar que los sensores infrarrojos, son sustituidos por pulsadores manuales, los cuales son S1, S2, y S3. Se observa un pulsador llamado habilitación, su función es reemplazar la señal que envía el primer microcontrolador al segundo, ésta es el puente de comunicación entre los dos microcontroladores, y su función es decirle al segundo microcontrolador que ya puede realizar la lectura del código de barras, y de acuerdo a la lógica programada, decidir si el código de barras es válido o no; esta respuesta debe llegar a los pines del primer microcontrolador para seguir con el proceso; también se puede observar un pulsador llamado sirena, este simula una señal que debe ser emitida por el primer microcontrolador, esta señal se emite cuando el subsistema de almacenamiento se encuentra copado o lleno, al llegar esta señal al segundo microcontrolador, éste activa una bocina por cierto tiempo, para indicar que el sistema ya no puede recibir más libros, y éste se mantendrá inactivo, hasta que sea oprimido el pulsador llamado botón, el cual se encargará de reiniciar el primer microcontrolador, con esto, se quiere garantizar que para que el sistema entre en funcionamiento nuevamente, un funcionario debe retirar los libros del subsistema de almacenamiento, y oprimir este botón para que le indique al sistema que ya tiene espacio para recibir más libros y comenzar nuevamente.



## 4.5.2 Programa del microcontrolador.

```

;***** proyecto *****

status      equ      03h
STATUS      equ      03h
porta       equ      05h
portb       equ      06h
trisa       equ      85h
trisb       equ      86h

list p=16f84A

CP_ON       EQU      H'000F'
CP_OFF      EQU      H'3FFF'
PWRTE_ON    EQU      H'3FF7'
PWRTE_OFF   EQU      H'3FFF'
WDT_ON      EQU      H'3FFF'
WDT_OFF     EQU      H'3FFB'
LP_OSC      EQU      H'3FFC'
XT_OSC      EQU      H'3FFD'
HS_OSC      EQU      H'3FFE'
RC_OSC      EQU      H'3FFF'

__CONFIG CP_OFF & WDT_OFF & XT_OSC & PWRTE_ON

                org      00
                goto     inicio

milis          movlw    d'20'           ;retardo de 20 ms para evitar rebote en los sensores
                movwf    16h
dos            movlw    d'110'
                movwf    17h
uno           nop
                nop
                nop
                nop
                nop
                decfsz   17h,1
                goto     uno
                decfsz   16h,1
                goto     dos
                return

retar1        movlw    d'4'           ;retardo de un segundo
                movwf    30h
dan7          movlw    d'100'
                movwf    31h
dan8         movlw    d'250'
                movwf    32h
lina9        nop
                nop
                nop
                nop
                nop
                nop
                decfsz   32h,1
                goto     lina9
                decfsz   31h,1
                goto     dan8
                decfsz   30h,1
                goto     dan7
                return

inicio       bsf      status,5        ;***** Programa Principal*****
                movlw   b'10111'
                movwf   trisa
                movlw   b'01011011'
                movwf   trisb
                bcf     status,5
                bcf     portb,2

```

```

    bcf          porta,3

daniel          btfss          portb,0          ;activacion
                goto          ernesto
                call         millis          ;elimina el rebote
                btfss          portb,0          ;activación
                goto          ernesto
                call         retar1
                call         retar1
                call         retar1
                btfsc          porta,0          ;leer sensor1
                goto          dan1
                call         millis          ;elimina el rebote
                btfsc          porta,0          ;leer sensor1
                goto          dan1
                goto          positivo

dan1            btfsc          porta,1          ;leer sensor2
                goto          negativo
                call         millis          ;elimina el rebote
                btfsc          porta,1          ;leer sensor2
                goto          negativo
                goto          positivo

positivo        bsf           portb,2
                call         retar1
                call         retar1
                bcf           portb,2
                goto          daniel

negativo        bsf           porta,3
                call         retar1
                call         retar1
                bcf           porta,3
                goto          daniel

ernesto         btfss          portb,4          ;leer sirena
                goto          daniel
                call         millis          ;elimina el rebote
                btfss          portb,4          ;leer sirena
                goto          daniel
                bsf           portb,5          ;activo bocina
                movlw         d'10'
                movwf         40h
                call         retar1
                decfsz        40h,1
                goto          lina

lina            bcf           portb,5
                btfss          portb,6          ;leer boton de reactivacion
                goto          boton
                call         millis          ;elimina el rebote
                btfss          portb,6          ;leer boton de reactivacion
                goto          boton
                bsf           portb,7          ;resetear el primer micro
                call         retar1
                bcf           portb,7
                goto          daniel

                end

```

## 4.6 SUBSISTEMA DE ALMACENAMIENTO.

Este subsistema tiene como función, almacenar los libros que sean aceptados por el sistema, éste está conformado por una banda transportadora, y un conjunto de pequeños vagones en los que serán almacenados los libros; el funcionamiento se basa en dejar deslizar el libro de la banda transportadora principal, hacia uno de los vagones que se encuentra sobre la banda transportadora baja, la cual se encarga de transportar los vagones cuando éstos estén en su capacidad máxima de libros, al moverse el primer vagón, el segundo queda en posición de recibir los libros, y al estar éste copado la banda se acciona y lo desplaza, dejando en posición al tercer vagón y de esta forma desarrollar cantidad de ciclos que se desee para almacenar cierta cantidad de libros.

### 4.6.1 Esquema mecánico

**Figura 27.** Esquema mecánico del subsistema de almacenamiento.



En la figura 27, se puede observar una banda transportadora, la cual está compuesta por dos rodillos de madera, y dos rodillos metálicos, que tienen como función garantizar la sustentación de los vagones de almacenamiento, que irán sobre la banda transportadora, también se puede observar el motor eléctrico con su respectiva polea, la cual está conectada con el esparrago de transmisión, para poder transmitir el movimiento del rotor del motor a los rodillos.

## CAPÍTULO 5

# ESQUEMA DEL CIRCUITO ELÉCTRICO Y ELECTRÓNICO

A continuación, se expondrá el plano del circuito electrónico, el cual está compuesto por todo el sistema de control, el sistema de sensores y el circuito de fuerza para los motores eléctricos y demás componentes electrónicos, que conforman el desarrollo de este prototipo experimental.

En el circuito se encuentran las conexiones físicas, que se deben realizar para el correcto funcionamiento del prototipo, se pueden observar las conexiones a los diferentes puertos de los dos microcontroladores, así como también se observan los diodos infrarrojos con su respectiva fase de amplificación, y luego su respectivas conexiones con los microcontroladores. Hay que mencionar, que los circuitos que están compuestos por el circuito integrado LM555; son los encargados de reducir la velocidad de los motores, los cuales corresponden a la banda transportadora principal, la banda transportadora que hace parte del subsistema de almacenamiento; y de forma detallada, se puede observar la lógica utilizada con los relés, para poder realizar fácilmente, el cambio de giro del motor de la banda transportadora principal, y el motor de la puerta automática.



## CAPÍTULO 6

# REALIZACIÓN DEL PRESUPUESTO

En este capítulo se presentará el presupuesto, que se necesitó para llevar a cabo la realización del prototipo experimental, el cual está conformado por componentes electrónicos, mecánicos, eléctricos, entre otros, que se describirá a continuación con sus respectivos costos.

**Figura 29.** Tabla de cálculo del presupuesto total del proyecto.

ELEMENTO	CANTIDAD	COSTO UNITARIO (\$)	COSTO TOTAL (\$)
ARANDELA	10	200	2.000
BANDAS DE POLIETILENO	3 metros	15.000	45.000
BALINERAS	4	1.000	4.000
COMPONENTES ELECTRONICOS	Varios	Varios	122.000
ESPARRAGOS	4	30.000	120.000
FUENTE	1	40.000	40.000
GUASAS	6	200	1.200
LUBRICANTE	1/4	5.000	5000
MADERA	2 Tablones	12.000	24.000
MOTOR ELECTRICO DE 12V	2	10.000	20.000
MOTORREDUCTOR DE 12V	1	38.000	38.000
PÉGANTE	2	1.200	2.400
PINTURA	1/4	6.000	6.000
POLEAS	3	5.000	15.000
RODILLOS	4	7.500	30.000
TORNILLOS	3	5000	15000
TUERCAS	18	200	3.600

El costo total del prototipo experimental a pequeña escala, asciende aproximadamente a 493200\$, incluyendo todos los elementos que lo conforman, hay que mencionar que en ningún momento, este proyecto recibió aportes económicos por parte de la Universidad Tecnológica de Pereira para su realización, todos los costos fueron asumidos por los estudiantes que realizaron este proyecto.

## CAPÍTULO 7

# PRUEBAS Y RESULTADOS DEL PROTOTIPO EXPERIMENTAL

En este capítulo, se indicarán los resultados obtenidos en la realización de este proyecto, que comprende la implementación de un prototipo experimental a pequeña escala, que se encargue de automatizar el proceso de devolución de un libro en una biblioteca.

### 7.1 SIMULACIONES DEL MICROCONTROLADOR EN EL SIMULADOR PROTEUS 6 PROFESSIONAL

Las simulaciones se realizaron en el software PROTEUS 6 PROFESSIONAL, debido a que en este software se puede simular el microcontrolador PIC16F84A, y las simulaciones ocurren en tiempo real; cabe destacar que el simulador PROTEUS PROFESSIONAL, es una de las herramientas más importantes en la industria de la simulación de microcontroladores, éste es de total confianza a la hora de implementar el subsistema de control, basado en las simulaciones realizadas.

Anexo CD con el archivo de la simulación, circuito impreso y esquema electrónico.

### 7.2 RECOMENDACIONES PARA MEJORAR EL FUNCIONAMIENTO DEL PROTOTIPO EXPERIMENTAL

El realizar un prototipo experimental a pequeña escala, tiene como objetivo principal, identificar posibles fallas de diseño y de funcionamiento, que se pueden presentar, al implementar dicha estructura o sistema a escala real; en este experimento, se encontraron los siguientes posibles problemas, que se pueden presentar al construir este prototipo a escala real, a continuación se enuncian los posibles problemas y una solución.

1. El subsistema de almacenamiento, puede ser algo tosco con los libros, y no sería conveniente que los libros resultaran maltratados, ya que con este proyecto, lo que se busca es protegerlos; para evitar esta situación, se recomienda implementar un deslizador entre la banda transportadora, y el vagón de almacenamiento, en el que reposará el libro, y así evita una brusca caída del libro. Se recomienda que el deslizador tenga una

superficie lisa, plana, y que el material tenga un bajo coeficiente de fricción, con lo que se evita el desgaste de las tapas del libro.

2. En el subsistema de la banda transportadora, se utiliza un sistema de balineras, el cual se utiliza para mejorar el movimiento de giro de los rodillos, pero el sistema que se implementó, no es el mejor, y por esta razón se recomienda mejorarlo, utilizando mejores rodamientos.
3. En la realización del prototipo a pequeña escala, se debe tener en cuenta que el ancho, es menor que el de escala real; los sensores infrarrojos del tipo fotodiodo, tienen un buen funcionamiento a pequeña distancia entre el emisor y el receptor, por lo cual se recomienda mejorar este sistema para poder operar a mayores distancias, esto debido a que la anchura del sistema a escala real es mucho mayor, una posible solución a este problema, puede ser cambiar el diodo infrarrojo receptor, por un foto transistor, el cual detecta la luz infrarroja emitida por diodo emisor, a una mayor distancia y presenta un buen funcionamiento.
4. En el momento de implementar el sistema a escala real, es muy importante tener en cuenta desde el principio, el tipo de poleas que se quieren utilizar, y diseñar alrededor de estas condiciones iniciales por decirlo de alguna manera. Esto debido a que son pieza fundamental del buen funcionamiento del sistema; en la implementación del prototipo experimental a pequeña escala, se presentaron muchas dificultades con las poleas, porque no se tuvieron en cuenta desde el diseño como piezas importantes.
5. En la implementación de las bandas transportadoras del sistema, solo se utilizaron 2 rodillos. El rodillo de transmisión, donde se transfiere la energía por medio de una polea, y el otro rodillo, es el llamado "rodillo loco", el cual sirve como soporte mecánico para el funcionamiento de la banda transportadora; cuando se utilizan estos dos rodillos solamente, la banda de polietileno o "caucho" sufre alteraciones, por el peso de los elementos que transporta; en este caso los libros. La banda tiende a hundirse; para solucionar este problema, se recomienda implementar más rodillos en el interior de la banda transportadora cada cierta distancia, y de esta manera se evita, que la banda transportadora sufra deformaciones causadas por el peso de los libros, lo cual puede causar un mal funcionamiento o daño de la banda de polietileno.



### 7.3 CONCLUSIONES

- A la hora de empezar un proyecto en el que se incluye la construcción de alguna estructura, como en este caso un prototipo; es complejo realizar un presupuesto antes de comenzar su construcción, en el cual se incluyan todos los elementos que éste ha de necesitar, ya que en el proceso siempre ocurren problemas, e imprevistos, que necesariamente obligan a cambiar los diseños anteriormente realizados.
- Al emprender un proyecto, en el que se incluya construir algún sistema mecánico, para realizar algún proceso; es muy importante construir un prototipo a pequeña escala, ya que con este se pueden aclarar muchas dudas acerca del diseño, se pueden encontrar y corregir problemas, además de que surgen nuevas ideas, de cómo poder mejorar los resultados obtenidos, y así optimizar los resultados para no tener problemas, con el sistema a escala real que se planea construir.
- En un proyecto en el que se tenga que diseñar e implementar circuitos electrónicos, es fundamental estar seguro, de que el esquema eléctrico funciona correctamente, y de que no se presente perturbaciones que afecten el funcionamiento de los dispositivos electrónicos, tal y como sucedió en este proyecto, en el que se tuvo problemas con el ruido eléctrico, el cual provocó un mal funcionamiento de los microcontroladores, que son fundamentales en el proceso de automatización.
- En el diseño y construcción del prototipo experimental a pequeña escala, fue necesario aplicar todos los conocimientos adquiridos en el programa de Tecnología Eléctrica, de la Universidad Tecnológica de Pereira. Se utilizaron los conocimientos del área de la electricidad como lo son la electrónica, los sistemas digitales, las máquinas eléctricas, instrumentación y medidas, y principalmente el control de procesos industriales; ya que el proyecto en general, consta de controlar un proceso automáticamente. En este proyecto se presenta innovación para el Tecnólogo en Electricidad, en los sistemas mecánicos que se tuvieron que diseñar e implementar, esto es algo nuevo, ya que en el pensum que posee el profesional anteriormente mencionado, no se encuentra información acerca de estos conocimientos sobre mecánica, y hay que mencionar que para un profesional en electricidad, estos conocimientos serían un gran complemento para su perfil profesional.

# Bibliografía

[1] Teoría de control “Didier Giraldo B: e Iván Tabares G.”

[2] <http://es.wikipedia.org>

[3] CEKIT “Curso de Microcontroladores PIC – Nivel Intermedio” Capítulo 1

[4] <http://mecatronica.wordpress.com>

[5] Hoja de datos técnicos MICROCHIP, PIC16F84A

[6] Muhammad H. Rashid, “ELECTRONICA DE POTENCIA, Circuitos, dispositivos y aplicaciones”. México 3ra Edición. Prentice Hall, 2004.

[7] <http://turan.uc3m.es> (historia de la teoría de control)