ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

"Control utilizando un PLC hecho con un PIC trabajando en aplicación con dsPIC"

INFORME DE MATERIA DE GRADUACION

Previo a la obtención del título de

Ingeniero en Electricidad Especialización Electrónica y Automatización Industrial

Presentado por

Richard Javier Alcivar Dick

Jorge Carlos Quispe Navas

Guayaquil - Ecuador

Año

2008 - 2009

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL

Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación

"Control utilizando un PLC hecho con un PIC trabajando en aplicación con dsPIC"

INFORME DE MATERIA DE GRADUACIÓN

Previo a la obtención del título de:

INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN ELECTRÓNICA Y AUTOMATIZACIÓN INDUSTRIAL

Presentado por:

Richard Javier Alcivar Dick

Jorge Carlos Quispe Navas

GUAYAQUIL – ECUADOR

AÑO

2008 - 2009

AGRADECIMIENTO

Agradecemos a nuestros padres por todo el esfuerzo que nos ayudaron para culminar la carrera y a Dios y a todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron con su esfuerzo, dedicación, para la realización de este proyecto. Culminación de una nueva meta en nuestras vidas.

Me gustaría agradecer sinceramente a mi instructor de la materia de Graduación Ing. Carlos Valdivieso su esfuerzo y dedicación. Sus conocimientos, sus orientaciones, su manera de trabajar, su persistencia, su paciencia y su motivación han sido fundamentales para mi formación.

También me gustaría agradecer los consejos recibidos a lo largo de los últimos años por otros profesores de la facultad de ingeniería eléctrica y computación.

DEDICATORIA

Nos gustaría dedicar el proyecto a todas nuestra familia.

Para nuestros padres por su compresión y ayuda en momentos malos y menos malos. Me han enseñado a encarar las adversidades sin perder nunca la dignidad ni desfallecer en el intento. Me han dado todo lo que soy como persona, mis valores, mis principios, mi perseverancia y mi empeño, y todo ello con una gran dosis de amor y sin pedir nunca nada a cambio.

DECLARACIÓN EXPRESA

"La responsabilidad del contenido de este trabajo, nos corresponde exclusivamente; y el patrimonio intelectual del mismo a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL".

(Reglamento de exámenes y títulos profesionales de la ESPOL)

Richard Alcivar

Richard Alcivar

Jorge Quispe

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Ing. Carlos Valdivieso
Instructor de la Materia de Graduación

Ing. Hugo Villavicencio
Delegado del Decano

RESUMEN

Se trata de la implementación de un PLC, consta de un PIC16F877A el cual va a comunicarse con un DSPIC para controlar el proceso de llenado de botellas cuyo producto final será un jarabe de sabor naranja.

Este proyecto consta de varias instancias:

1) Utilizamos un software ldmicro que permite a un PIC comportarse como un PLC, el cual controla casi en su totalidad la planta, con sus respectivos sensores de niveles en dos tanques (mezcladora y producto), sensor de la botella, motor de la banda transportadora, bombas y electroválvulas.

2) Utilizamos un Controlador Digital de Señal que controla la velocidad en RPM del motor de la mezcladora acoplado a un encoder, por medio de un control Proporcional-Integral para lo cual mediante un teclado matricial el usuario puede ingresar el valor del setpoint deseado que se visualizará mediante una pantalla cristal líquida LCD.

3) El monitoreo se realizará a través de la interfaz de una Tarjeta de Adquisición de Datos DAQ USB-6008-NI con la plataforma de Labview conectada a una PC.

INDICE GENERAL

ABREVIATURAS

PLC	Controlador Lógico Programable (PIC16F877A).
CDS	Controlador Digital de Señal (DSPIC30F4011)
NA1	Nivel alto del tanque de la mezcladora.
NB1	Nivel bajo del tanque de la mezcladora.
NA2	Nivel alto del tanque producto.
NB2	Nivel bajo del tanque producto.
SB	Sensor de la botella.
OL1	Sobrecarga del motor de la mezcladora.
OL2	Sobrecarga del motor de la banda transportadora.
CR1	Contactor Auxiliar 1
CR2	Contactor Auxiliar 2
MEZ	Motor de la mezcladora.
M.B.	Motor de la banda transportadora.
B3	Bomba de descarga del tanque de la mezcladora.
EV1	Electroválvula de descarga del tanque de la mezcladora.
B4	Bomba de descarga del tanque producto.
EV2	Electroválvula de descarga del tanque producto.
EVA	Electroválvula de alimentación de producto, donde se podrá visualizar en LabView dos electroválvulas denotadas por EV3 y EV4 con sus respectivas bombas B1 y B2.
PWM	Modulación de ancho de pulso.
PI	Control Proporcional-Integral.

INDICE DE IMÁGENES

INTRODUCCIÓN

El presente documento corresponde a un proyecto final de la materia de graduación "Microcontroladores avanzados con dsPIC", este proyecto consiste en la implementación de un PLC, consta de un PIC16F877A el cual va a comunicarse con un DSPIC para controlar el proceso de llenado de botellas cuyo producto final será un jarabe de sabor naranja.

El primer capítulo describe en forma general el proceso implementado en este proyecto que es el de llenado de botellas, donde se especifica las consideraciones y limitaciones del proyecto.

El capítulo dos trata sobre las especificaciones técnicas y base teórica relativa a cada componente que conforma al sistema para su posterior diseño e implementación.

El capítulo tres explica las consideraciones para el diseño de las tres tarjetas construidas para el control del sistema, tarjeta PLC, tarjeta DSPIC y la tarjeta para el circuito de potencia.

El capítulo cuatro aborda la implementación y montaje del proceso, un análisis de costo del proyecto. Finalmente conclusiones y recomendaciones, anexos y bibliografía.

CAPITULO I

GENERALIDADES

1.1 Antecedentes

La automatización con PLC ocupa un lugar importantísimo dentro de las Industrias relacionados al proceso de llenado de botellas, que es el proceso que se realizará en este proyecto según se indicó en la introducción.

Para cumplir con los objetivos propuestos se construyó un tablero de control que internamente contiene los controladores y la etapa de potencia para controlar todo el proceso con la ayuda de la plataforma de Labview.

1.2 Estudio del Problema

Este informe describe como realizar el control del proceso de llenado de una botella mediante el uso de dos controladores, un PIC16F877A simulado como PLC y un Controlador Digital de Señal, no sin antes estudiar las características más relevantes sobre las técnicas de control y los componentes utilizados para resolver dicho problema.

La técnica a utilizar es por medio de un software ldmicro que permite programar el PLC para que la planta funcione como es debido; aprovechar las bondades que ofrece el procesador digital de señal para el control de velocidad de un motor DC (motor de la mezcladora) y, utilizar una Tarjeta de Adquisición de Datos (DAQ) como un método de visualización con el software de Labview por medio de una PC.

1.3 Diagrama de Bloque del Sistema Propuesto

En el diagrama de bloque a continuación se muestran las partes que conforman el proyecto donde se puede ver claramente tres fases.

1. El suministro de energía eléctrica denotada por la línea roja.
2. Interfaz Hombre-Máquina.
3. Interfaz de comunicación entre PLC, CDS y la DAQ.

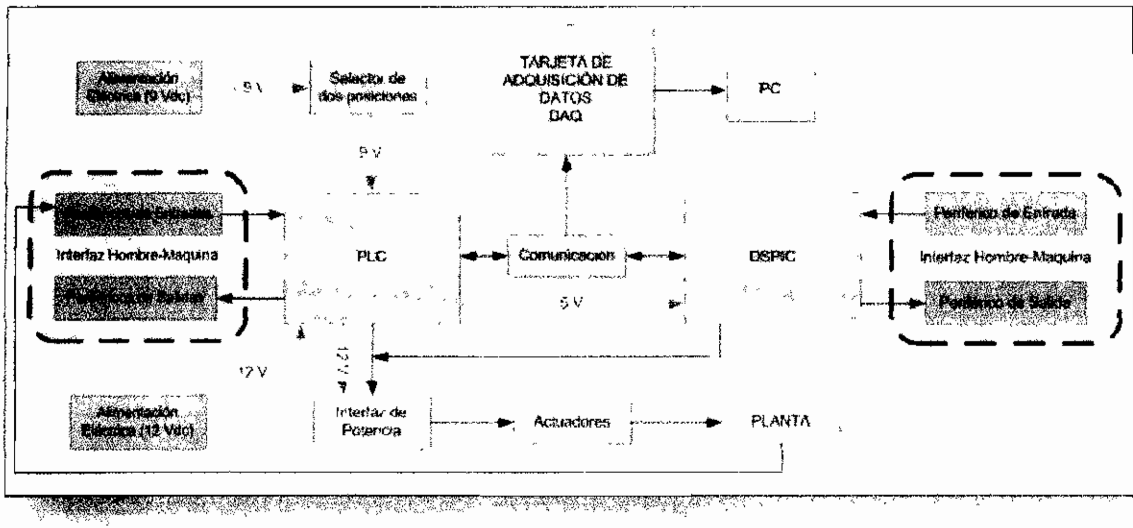


FIGURA 1.1: Diagrama de Bloque

Para mayor comprensión acerca del diagrama de bloque ver el capítulo 3 y 4 de diseño e implementación para su mejor comprensión, el cual explicará cada función. O si desea más detalle sobre el software de cada controlador ver el respectivo anexo en el índice general.

1.4 Estudio de la Planta

La planta consta de dos tanques, una banda transportadora que solamente se podrá visualizar por medio del software de Labview y una botella.

Un recipiente denominado el tanque de la mezcladora debido que ahí ingresan dos químicos diferentes uno amarillo y otro rojo por distintas tuberías que no es parte de nuestro proceso, y el otro recipiente denominado tanque producto que es donde finalmente van a ser llenados a la botella.

1.5 PLC

El PLC es el controlador lógico programable que se ha diseñado para programar y controlar procesos secuenciales en tiempo real. En nuestro caso controla el proceso de la planta, mediante siete interruptores de entrada que simulan nuestros sensores y sobrecargas de los motores que a su vez realizan una determinada acción en los actuadores.

En nuestro caso particular mostráremos las entradas y los respectivos indicadores del PLC a continuación.

El software del PLC (ldmicro) contiene muchos elementos que se pueden interconectar para su posterior programación, en nuestro caso mostraremos algunos de los elementos más importantes.

FIGURA 1.2: Entradas del PLC

FIGURA 1.3: Indicadores de entradas y salidas del PLC

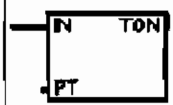
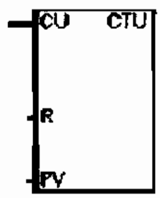
SIMBOLO	ELEMENTO
CONTACTO NORMALMENTE ABIERTO	┤ ├
CONTACTO NORMALMENTE CERRADO	┤/├
BOBINA	–( )
TIMERS	
CONTADORES	

FIGURA 1.4: Elementos del PLC

En nuestro caso usamos un PLC para el proceso de llenado de botellas, pero eso no significa que se le pueda dar otro uso, por ejemplo el PLC comúnmente se utiliza en maquinarias industriales de fabricación de plástico, en máquinas de embalajes, entre otras; en fin, son posibles de encontrar en todas aquellas maquinarias que necesitan controlar procesos secuenciales, así como también, en aquellas que realizan maniobras de instalación, señalización y control.

1.6 Control Proporcional-Integral

Un control proporcional-integral es un mecanismo de realimentación que se utiliza en sistemas de controles industriales. Un controlador PI corrige el error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener calculándolo y luego sacando una acción correctora que puede ajustar al proceso acorde. El algoritmo de cálculo del control PI se da en dos parámetros distintos: el proporcional, el integral. El valor Proporcional determina la reacción del error actual. El Integral genera una corrección proporcional a la integral del error, esto nos asegura que aplicando un esfuerzo de control suficiente, el error de seguimiento se reduce a cero.

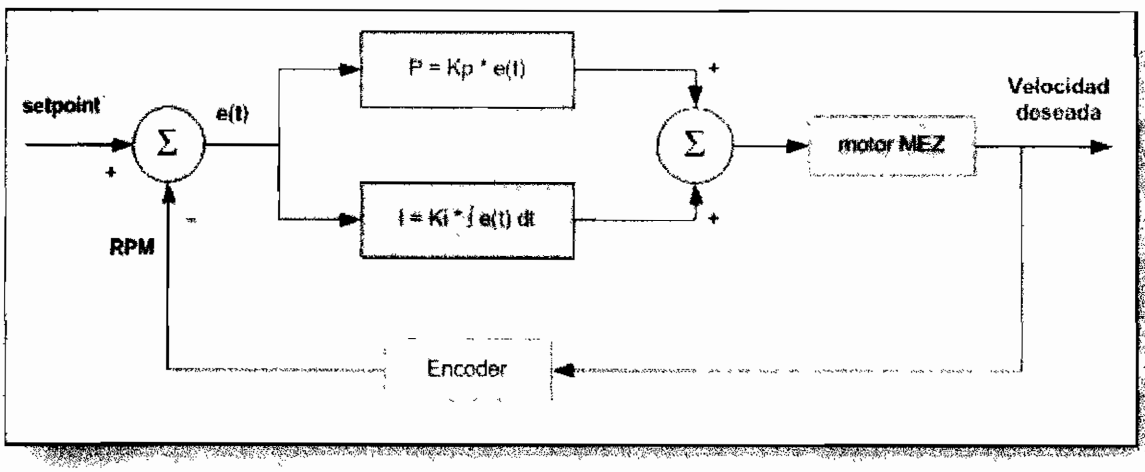


FIGURA 1.5: Diagrama de Bloque del control PI

Control Proporcional

La parte proporcional consiste en el producto entre la señal de error y la constante proporcional como para que hagan que el error en estado estacionario sea casi nulo, pero en la mayoría de los casos, estos valores solo serán óptimos en una determinada porción del rango total de control, siendo distintos los valores óptimos para cada porción del rango.

Sin embargo, existe también un valor límite en la constante proporcional a partir del cual, en algunos casos, el sistema alcanza valores superiores a los deseados. Este fenómeno se llama sobre-oscilación y, por razones de seguridad, no debe sobrepasar el 30%, aunque es conveniente que la parte proporcional ni siquiera produzca sobre-oscilación.

Dependiendo del valor de la constante proporcional obtenemos las distintas gráficas como se muestra a continuación.

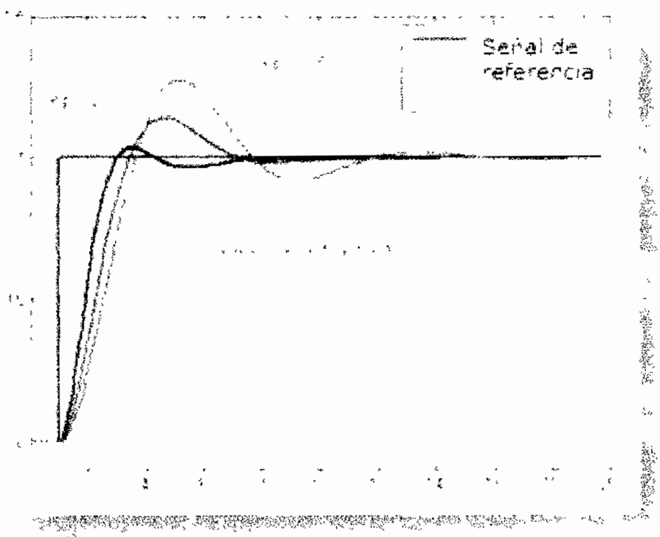


FIGURA 1.6: Gráfica de un Control Proporcional

Control Integral

El modo de control Integral tiene como propósito disminuir y eliminar el error en estado estacionario, provocado por el modo proporcional. El control integral actúa cuando hay una desviación entre la variable y el punto de consigna, integrando esta desviación en el tiempo y sumándola a la acción proporcional. El *error* es integrado, lo cual tiene la función de promediarlo o sumarlo por un periodo de tiempo determinado; luego es multiplicado por una constante ki que representa la constante de integración. Posteriormente, la respuesta integral es adicionada al modo Proporcional para formar el control P + I con el propósito de obtener una respuesta estable del sistema sin error estacionario.

Dependiendo del valor de la constante integral obtenemos las distintas gráficas como se muestra a continuación.

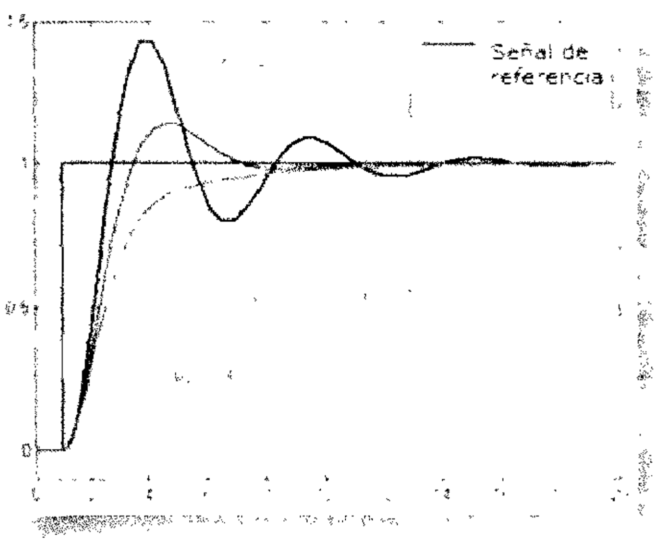


FIGURA 1.7: Gráfica de un Control Integral

1.7 Módulo PWM

Dentro de las características del CDS se encuentra el módulo PWM que nos permite generar una modulación de ancho de pulso. A pesar de que tiene seis canales de salida, sólo utilizamos uno de ellas, para el motor de la mezcladora.

Se utiliza salida independiente ya que sólo se trabaja con un motor con alimentación de corriente directa.

Esta función de hardware que se puede utilizar para conseguir una salida analógica a partir de una señal digital la cual tiene solo dos niveles de tensión a través de la variación del valor eficaz de la señal. Esto se consigue modulando la anchura de pulso en un tren de pulsos.

Para un pulso más ancho el valor eficaz de la señal es mayor para un pulso más estrecho por lo que variando la anchura del pulso del tren de pulsos de la señal se puede conseguir una señal cuyo valor eficaz (valor medio) varíe de la forma deseada.

La **modulación por ancho de pulsos** (**MAP** o PWM, siglas del inglés *Pulse-Width Modulation*) de una señal o fuente de energía es una técnica en la que se modifica el ciclo de trabajo de una señal periódica (una sinusoidal o una cuadrada por ejemplo), ya sea para transmitir información a través de un canal de comunicaciones o para controlar la cantidad de energía que se envía a una carga.

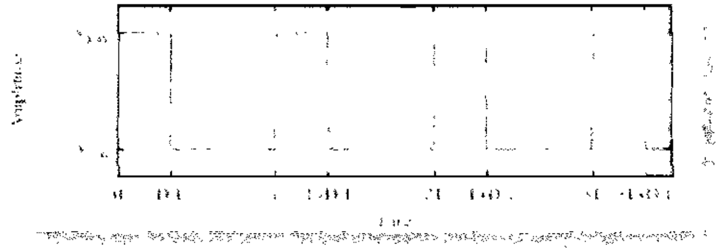


FIGURA 1.8: Módulo PWM

El ciclo de trabajo de una señal periódica es el ancho relativo de su parte positiva en relación con el período. Expresado matemáticamente:

$$D = \frac{\tau}{T}$$

Donde: *D* es el ciclo de trabajo, τ es el tiempo en que la función es positiva (ancho del pulso) *T* es el período de la función.

La construcción típica de un circuito PWM se lleva a cabo mediante un comparador con dos entradas y una salida.

Una de las entradas se conecta a un oscilador de onda triangular, mientras que la otra queda disponible para la señal moduladora. En la salida la frecuencia es generalmente igual a la de la señal triangular, y el ciclo de trabajo está en función de la portadora.

La principal desventaja que presentan los circuitos PWM es la posibilidad de que haya interferencias generadas por radiofrecuencia. Éstas pueden minimizarse ubicando el controlador cerca de la carga y realizando un filtrado de la fuente de alimentación.

1.8 Interacción del Usuario

Como se puede observar en el diagrama de bloque del sistema y en la sección del PLC, el operador está a cargo de los sensores (NA1, NB1, NA2, NB2, SB) y de las sobrecargas (OL1 Y OL2) por medio de los interruptores de entrada del PLC que se encuentra en el tablero de control, que van a realizar ciertas acciones sobre los actuadores dependiendo de las condiciones que se encuentre la PLANTA.

Por otro lado, con lo que respecta al motor de la mezcladora MEZ, para que el motor de la mezcladora funcione el operador tiene obligatoriamente que ingresar por teclado el valor de la velocidad comprendido entre 200 y 800 RPM, el cual va ha ser procesado por el controlador digital de señal y se podrá visualizar a través de una pantalla cristal liquida LCD.

1.9 Interfaces

La interfaz permite el acoplamiento de las señales de control o de comunicación entre los diferentes dispositivos y los Controladores (PLC y CDS).

También se puede observar en el diagrama de bloque del sistema que ambos controladores se están comunicando entre sí, para realizar el debido control a la PLANTA y esto se lo puede apreciar mejor en el anexo del diagrama eléctrico de conexión entre los controladores para su mejor comprensión.

CAPITULO II

HARDWARE UTILIZADO

2.1. Componentes del Sistema

El proceso de llenado de botella consta de los siguientes dispositivos:

2.2 PIC16F877A

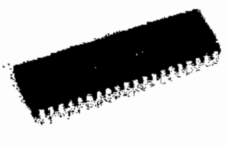


FIGURA 2.1: Circuito Integrado PIC16F877A

CARACTERÍSTICAS	16F877
Frecuencia máxima	DX-20MHz
Memoria de programa flash palabra de 14 bits	8KB
Posiciones RAM de datos	368
Posiciones EEPROM de datos	256
Puertos E/S	A,B,C,D,E
Número de pines	40
Interrupciones	14
Timers	3
Módulos CCP	2
Comunicaciones Serie	MSSP, USART
Comunicaciones paralelo	PSP
Líneas de entrada de CAD de 10 bits	8
Juego de instrucciones	35 Instrucciones
Longitud de la instrucción	14 bits
Arquitectura	Harvard
CPU	Risc
Canales Pwm	2
Pila Harware	-
Ejecución En 1 Ciclo Máquina	-

2.3 DSPIC30F4011

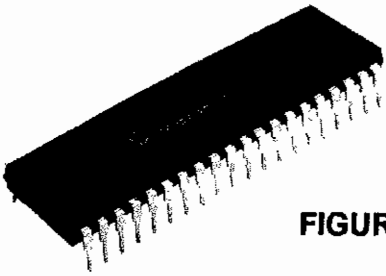


FIGURA 2.2: Circuito Integrado DSPIC30F4011

Características de memória:

• 84 Bases de instrucciones.

• 48 Kbytes de espacio para la programación en memoria flash (16K de palabras de instrucción).

• 2 Kbytes de espacio en el chip para memoria RAM.

• 1 Kbytes de memoria EEPROM.

• Reloj externo de hasta 40 MHz.

• Oscilador de 4 MHz a 10 MHz con PLL activo (4x, 8x, 16x).

• 30 fuentes de interrupción interna.

• 3 fuentes de interrupción externa.

• 8 user selectable priority levels for each interrupt source

• 16 x 16-bit arreglos de registro de trabajo.

Características del módulo de control de motor por PWM

- 6 canales de salida de PWM.
- Salida de modo complementario o independiente.
- 3 generadores de duty cycle.
- Polaridad de salida programable.
- Control de tiempo muerto para modo complementario.
- Salida de control manual.

2.4 Tarjeta de Adquisición de Datos DAQ USB-6008-NI.

Mediante la tarjeta de adquisición de datos capturamos las señales de salidas de los controladores de la planta para mostrarlo en el software de Labview.

FIGURA 2.3: Conexión de la Tarjeta DAQ USB-6008-NI

El propósito de adquisición de datos es medir un fenómeno eléctrico y físico como voltaje, corriente, temperatura, presión o sonido. La adquisición de datos basada en PC utiliza una combinación de hardware modular, software de aplicación y una PC para realizar medidas. Mientras cada sistema de adquisición de datos se define por sus requerimientos de aplicación, cada sistema comparte una meta en común de adquirir, analizar y presentar información. Los sistemas de adquisición de datos incorporan señales, sensores, actuadores, acondicionamiento de señales.

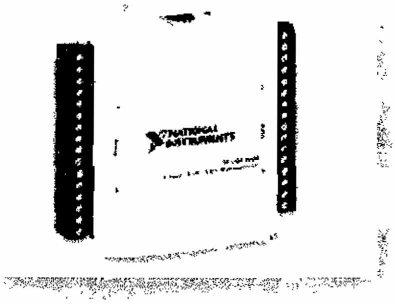


FIGURA 2.4: Tarjeta de Adquisición de Datos

- 8 entradas analógicas (12-bit, 10 kS/s)
- 2 salidas analógicas (12-bit, 150 S/s);
- 12 digitales I/O.
- Compatible con Labview.

2.5 Encoder

Están formados por un diodo infrarrojo y un fototransistor separado por una abertura donde se insertará un elemento mecánico que producirá un corte del haz. El diodo LED emite un haz de luz invisible hacia el fototransistor, por lo que podemos saber fácilmente cuando un objeto atraviesa el sensor y detectar el corte. Es ideal para detectar vueltas en motores o de uso general como interruptor sin fricción.

El encoder está acoplado al eje del motor de la mezcladora por medio de un pequeño disco que tiene solamente una ranura.

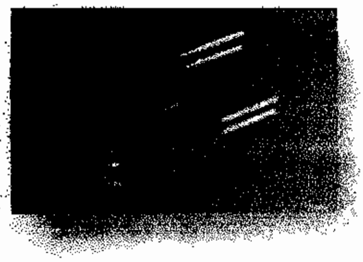


FIGURA 2.5.1: Encoder

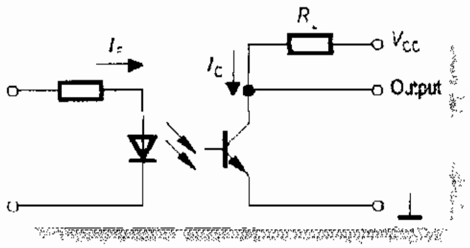


FIGURA 2.5.2: Esquemático del Encoder

2.6 Motor de la mezcladora

Es un motor de 12 Vdc acoplado a un reductor y a una hélice con su respectiva base ubicada en el tanque de la mezcladora, como se muestra en la figura.

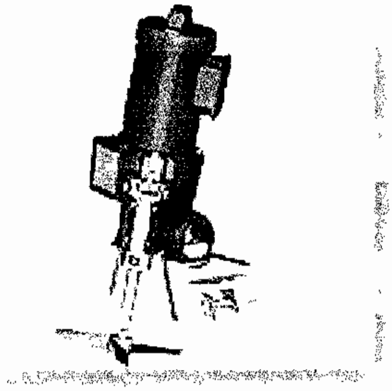


FIGURA 2.6: Motor de la Mezcladora

2.7 Bomba de descarga

Hay dos bombas de 12 Vdc ubicadas una en el tanque mezcladora y otra en el tanque producto, en un caso se transfiere la materia prima desde el tanque de la mezcladora al tanque producto y por otro lado se transfiere la materia prima desde el tanque producto a la botella mediante tuberías flexible de 5mm de diámetro.

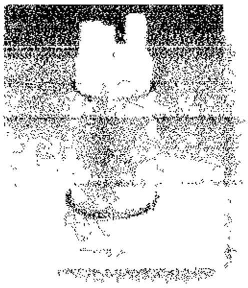


FIGURA 2.7: Bomba de descarga

2.8 Electroválvula de descarga

Hay dos electroválvulas de 12Vdc a 450mA normalmente cerradas, una ubicada en el tanque de la mezcladora y la otra en el tanque producto.

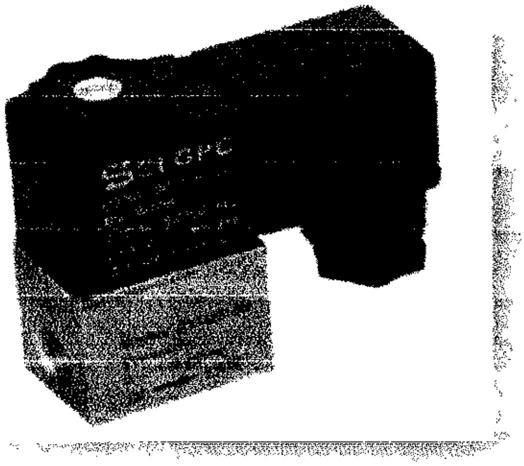


FIGURA 2.8: Electroválvula de descar

2.9 Optocopladores

Optocopladores son conjuntos integrados de componentes que permiten el acoplamiento de señales desde un circuito a otro por medio de luz visible o infrarroja. Se les conoce también por el nombre de optoaisladores, debido a que los circuitos en acoplo permanecen en completo aislamiento eléctrico.

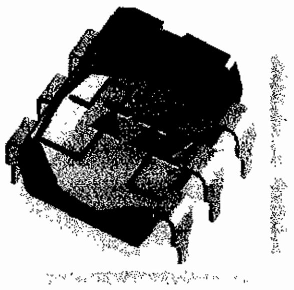


FIGURA 2.9: Optocoplador

VENTAJAS

Además de permitir aislamiento eléctrico entre dos circuitos, son de reducido tamaño (vienen como CI´s), muy confiables, de bajo precio y tienen total compatibilidad con los circuitos digitales.

CONSTITUCION

Todos los optocopladores contienen un dispositivo emisor de señal luminosa (normalmente un diodo LED) y un dispositivo receptor de la misma señal (puede ser un fotodiodo, o un fototransistor).

2.10 TIP 31

DESCRIPCION

- TRANSISTOR, NPN TO-220
- Tipo de transistor: Potencia de uso general
- Polaridad del transistor: NPN
- Tensión, VCEO:40V
- Tipo de caja:TO-220 (SOT-78B)
- Corriente, Ic máx.:3A
- Corriente, Ic hFE:1A
- Pines, N.º de:3
- Potencia, Ptot:40W
- Temperatura, potencia nominal total:25°C
- Transistores, N.º de:1
- Tensión, VCBO:80V
- Ft, mín.:3MHZ

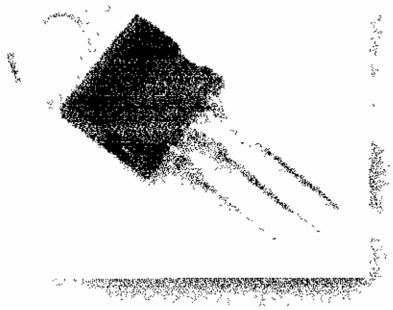


FIGURA 2.10: TIP 31

2.11 Pantalla LCD de 2x16

En la pantalla de Cristal Líquido se puede visualizar el valor del setpoint al inicio y la velocidad actual en RPM del motor de la mezcladora. Los pines 1,2 y 3: Estos pines están dedicados a la alimentación y contraste del **LCD**. Efectivamente, el pin 1 (VSS) es el que se debe conectar al negativo (masa) de la alimentación, y el pin 2 (Vdd/Vcc) es el que va unido al positivo (5 voltios). El pin 3 permite el ajuste del contraste del panel.

El pin 4, también llamado RS (Registration Select) es el que le indica al controlador interno del LCD que el valor presente en el bus de datos es un comando (cuando RS=0) o bien un carácter para representar (cuando RS=1).

El pin 5 ("R/W" por "Read/Write" o "Leer/Escribir") permite decidir si queremos enviar datos al display (R/W=0) o bien nos interesa leer lo que el display tiene en su memoria o conocer su estado (R/W=1). Por último, el pin 6 (E por "Enable" o "habilitado").

Los pines 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14: Estos ocho pines son el "bus de datos" del controlador de la pantalla. Llamados DB0-DB7 son los encargados de recibir (o enviar) los comandos o datos desde o hacia el display.

El pin 15 debe ser conectado a 5 voltios y el 16 al negativo o masa de la fuente.

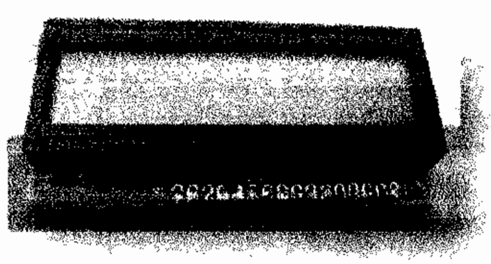


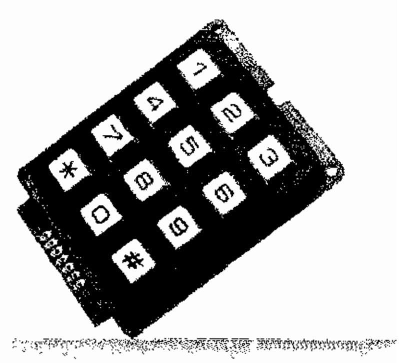
FIGURA 2.11: Pantalla Cristal Líquida LCD

2.12 Teclado Matricial

Los teclados de matriz son muy utilizados en los proyectos de electrónica debido a su versatilidad, pues permiten disponer de una completa interfaz de entrada consumiendo un número mínimo de puertos de E/S. Esto se puede ver en el teclado de matriz del esquema: en este se ocupan 7 bits (3 columnas + 4 filas), si el mismo teclado se implementase conectando cada uno de los pulsadores directamente a los puertos se ocuparían 12 (uno por cada pulsador). En este caso la diferencia no es muy grande, pero imaginemos un teclado de ordenador con más 100 teclas: resultaría muy poco eficiente conectar cada una de las teclas a un pin de E/S del controlador del teclado. Esto consumiría 100 pins de E/S. En cambio siguiendo el esquema de los teclados de matriz con 20 pins de E/S tendríamos suficiente para rastrear las 100 teclas.

El esquema del teclado consta de 4 entradas (A, B, C y D) y 3 salidas (E, F y G). Las 4 entradas (A, B, C y D) del teclado van conectadas a 4 bits de salida de algún puerto del microcontrolador. Las 3 salidas del teclado (E, F y G) también van conectadas a 3 bits de un puerto del microcontrolador pero en este caso de entrada. Así, desde el microcontrolador se puede escribir sobre ABCD (4bits) y leer lo que llega a través de EFG (3bits).

FIGURA 2.12.1: Teclado Matricial



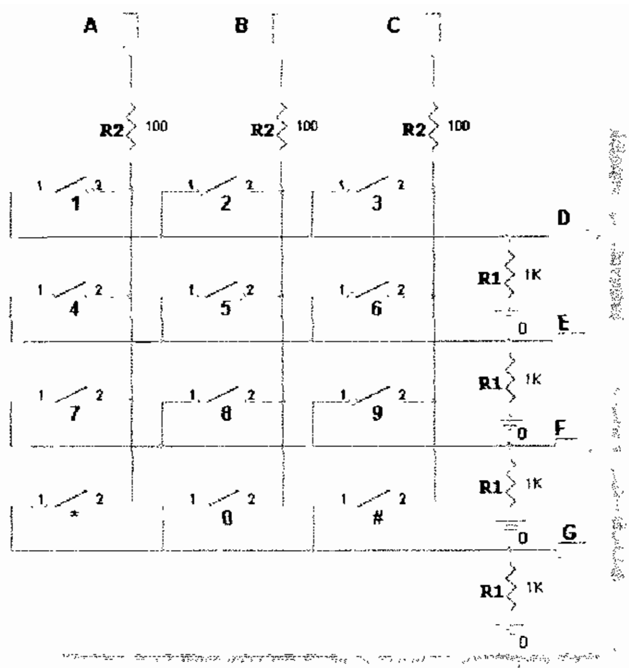


FIGURA 2.12.2: Conexión del Teclado Matricial

2.13 Tuberías

La distribución de agua es por medio de las mangueras de 5mm de espesor por ¼mm que se comunica a través de las bombas y electroválvulas y de todo el sistema.

Los accesorios como neplos, conectores permiten interconectar las tuberías con otros elementos con sus adecuadas medidas.

2.14 PICkit 2™

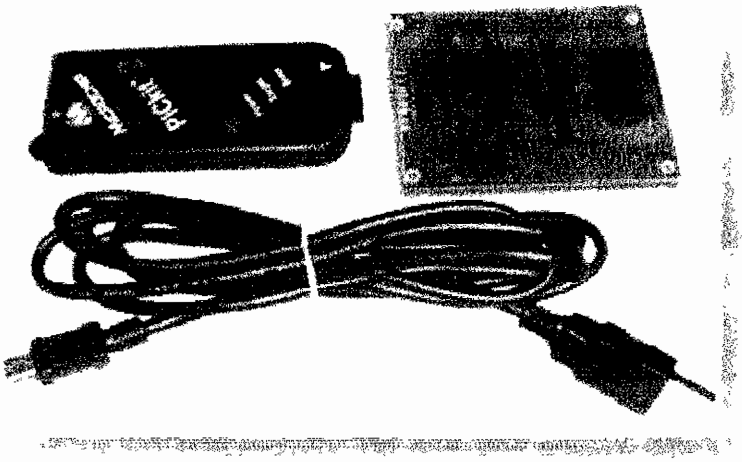


FIGURA 2.13: Pickit 2

El PICkit™ 2 es capaz de programar la mayor parte de los microcontroladores flash de Microchip™, soporta la "baseline" (PIC10F, PIC12F5xx, PIC16F5xx), la "midrange" (PIC12F6xx, PIC16F), PIC18F, PIC24, dsPIC30 y dsPIC33) y también muchos productos EEPROM de Microchip™. En especial se mencionan algunos de los más populares como el PIC16F84A y el PIC16F628A. Además la lista de circuitos que soporta se puede actualizar directamente de la página de internet de Microchip™.

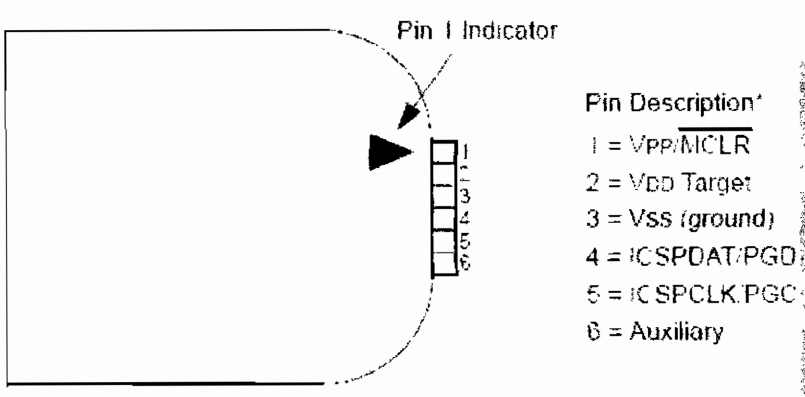


FIGURA 2.14: Pines de conexión del Pickit 2

2.15 Driver OPA548T

La necesidad de utilizar un driver es debido a que las señales de control proporcionadas por el dsPIC son de baja potencia, es decir máximo 20mA de salida que puede entregar, la corriente del motor es de 1.2 Amp para la utilización de alimentación del motor respectivamente a 12Vdc. Por lo tanto el driver traduce los niveles TTL de 0 a 5V del dsPIC a niveles de 0 a 12Vdc con la corriente necesaria para alimentar al motor.

El OPA548T es un amplificador de alta corriente y alto voltaje ideal para manejar este tipo de carga ya que a su salida tiene una configuración de un amplificador clase B con una corriente máxima de 3A de aplicación continua o 5A pico.

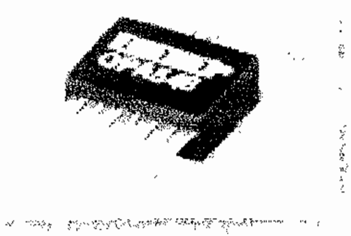


FIGURA 2.15: Driver OPA548T

El OPA548T se lo utilizó como un comparador con un potenciómetro de 10k. El amplificador operacional acepta entradas con el mínimo valor de una señal en estado alto del dsPIC trabajando en zona de saturación.

CAPITULO III

DISEÑO DEL SISTEMA

3.1 PLC

Una de las más importantes características del proyecto es la utilización de la tarjeta del PLC hecha con un microcontrolador el PIC16F877A.

Mediante el software ldmicro se procede a la programación tipo escalera para el PIC, el cual crea un archivo.hex, lo cual se procede a grabarlo con el pickit2.

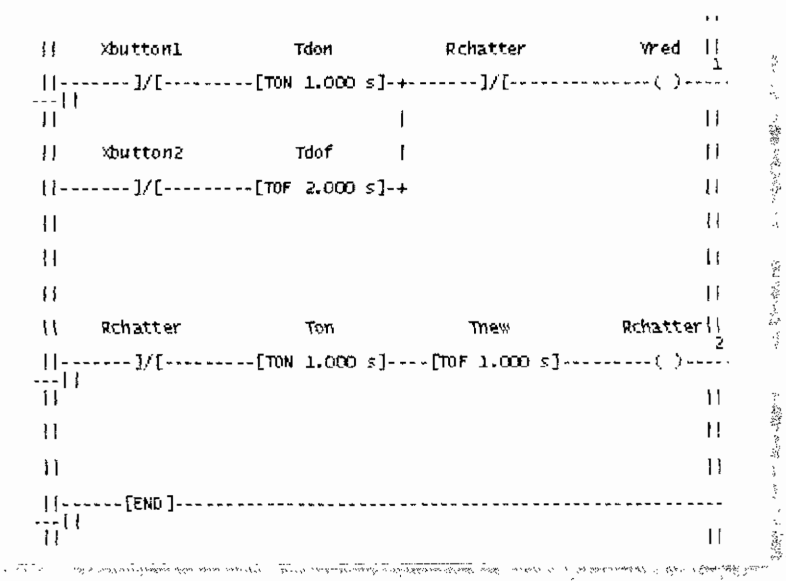


FIGURA 3.1.1: Software ldmicro

La tarjeta del PLC contiene varias etapas, las cuales van hacer descritas paso a paso.

Tiene un regulador 7805 que fija a la salida un voltaje de 5Vdc, cuando el tablero de control está encendido nos indica una luz piloto de color rojo, a la vez alimenta con 9 Vdc a la entrada del regulador, energizando al PLC lo cual podemos visualizar mediante un diodo led color rojo, y este a su vez energiza al CDS.

Consta de siete interruptores de entradas con sus respectivas resistencias y luces pilotos color verde, que gobiernan la totalidad de la planta.

Controla el encendido o apagado de la bomba B4, la apertura o cerradura de la electroválvula EV2, el encendido o apagado del motor de la banda transportadora MB, el llenado de la botella y en parte el encendido del motor de la mezcladora MEZ, de la bomba B3 y la apertura o cerradura de la electroválvula EV1.

Cada electroválvula pasa por su respectivo optocoplador con su respectivo circuito de protección e indicadores, cuando el diodo led amarillo está encendido significa que la bomba B3 está encendida y la electroválvula EV1 está abierta, cuando el diodo led verde está encendido significa que la bomba B4 está encendida y la electroválvula EV2 está abierta, caso contrario están cerradas.

Para el funcionamiento correcto del programa del PLC tiene un cristal de 20 MHz, con respecto al programa fuente puede encontrarlo en el anexo correspondiente, y a continuación se muestra el diseño de esta tarjeta.

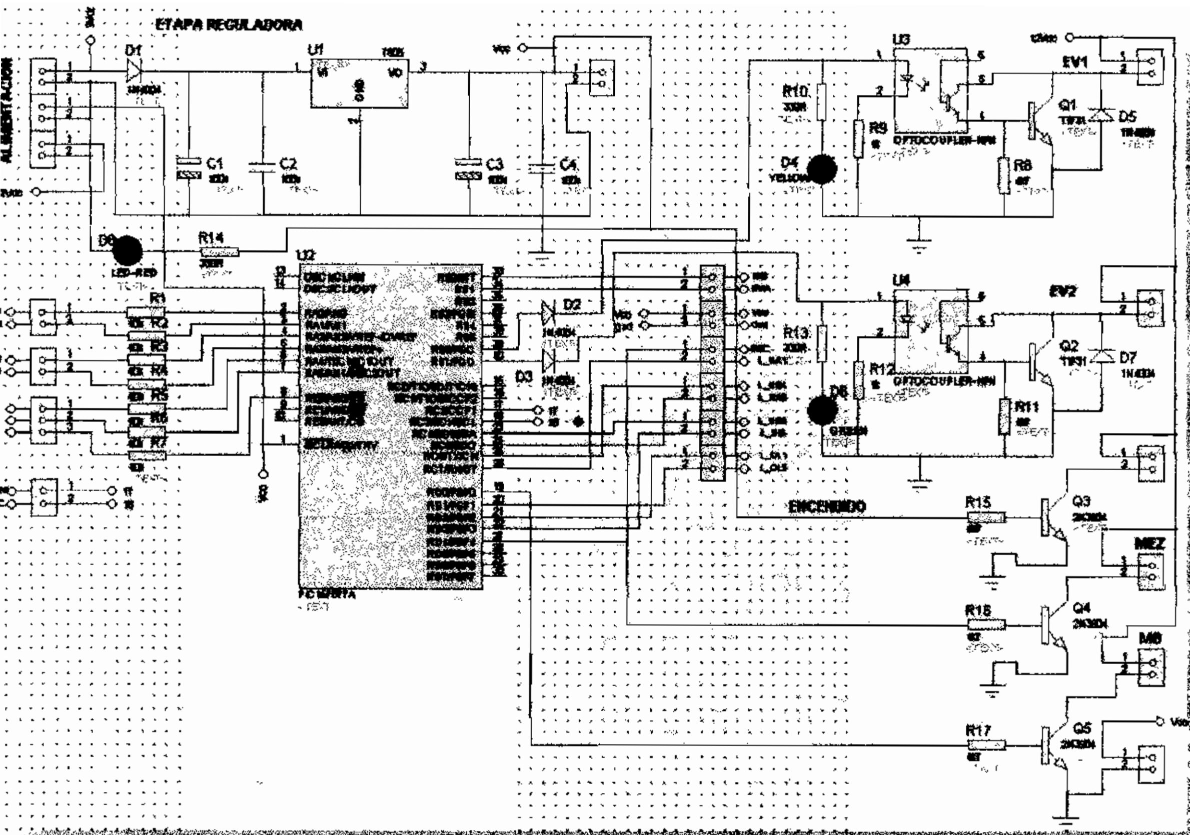


FIGURA 3.1.2: Esquemático PLC

3.2 Controlador Digital de Señal

Esta tarjeta consta de un cristal de 20 MHz, con el software de mikrobasic para dsPIC controlamos el encendido y apagado del motor de la mezcladora MEZ por medio de un control PI usando uno de los seis canales PWM, para esto tiene como entrada un teclado matricial de 4x3 para ingresar el setpoint del motor, el cual se lo visualizará mediante una pantalla cristal líquida LCD.

Para mayor información acerca del programa fuente del CDS puede encontrarlo en el anexo correspondiente, y a continuación se muestra el diseño de esta tarjeta.

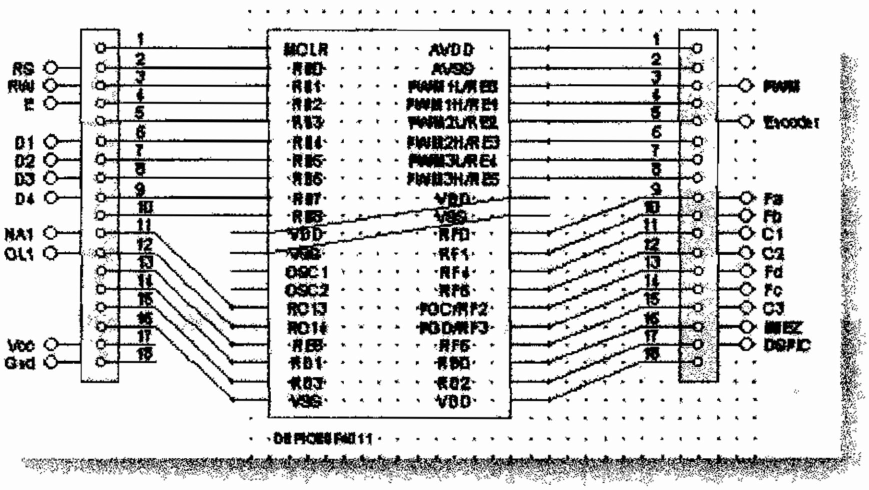


FIGURA 3.2.1: Esquemático de la Tarjeta CDS

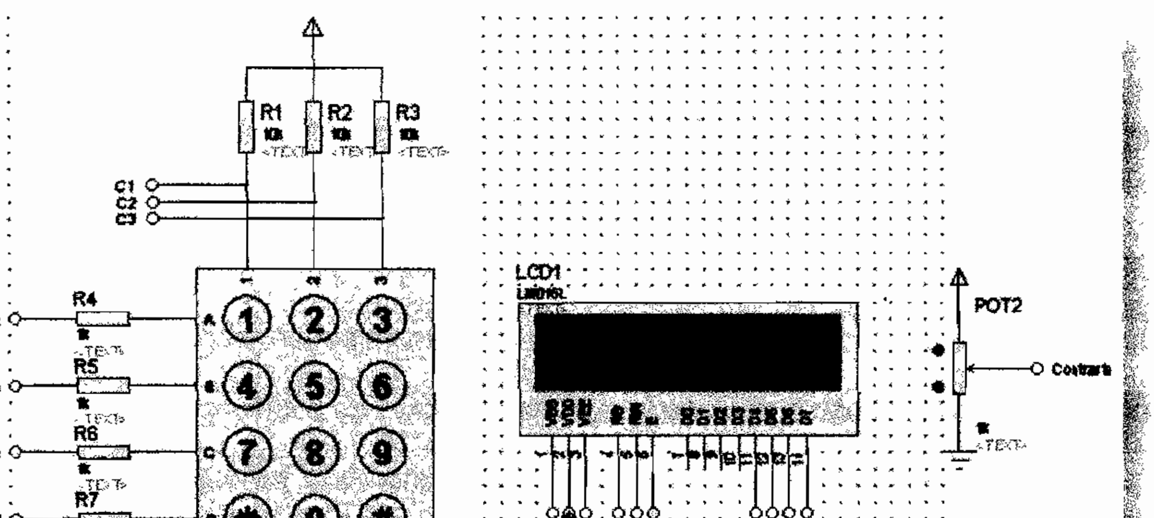


FIGURA 3.2.2: Esquemático del Teclado y Pantalla LCD

3.3 Interfaz de Potencia

Para suplir con la corriente y voltaje necesario al motor de la mezcladora, es necesaria la utilización de un driver que para nuestro caso es un amplificador operacional OPA548T de Texas Instruments, cuyo modo de funcionamiento es el de un comparador.

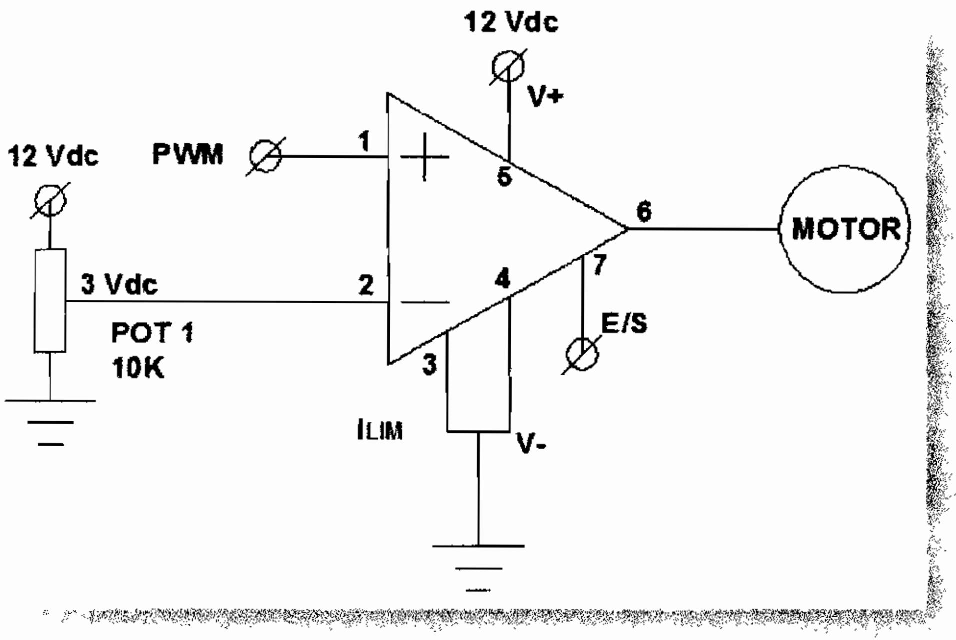


FIGURA 3.3.1: Configuración del Driver OPA548T

Nuestro encoder normalmente censa la interrupción de luz como "1", para nuestra aplicación colocamos un inversor para que el encoder detecte el paso de luz como "1" debido que en el programa fuente del dsPIC el sensor lo que detecta es el número de huecos durante dos segundos mientras gira el motor de la mezcladora y por medio de un factor de conversión visualizamos la velocidad en RPM en una pantalla LCD.

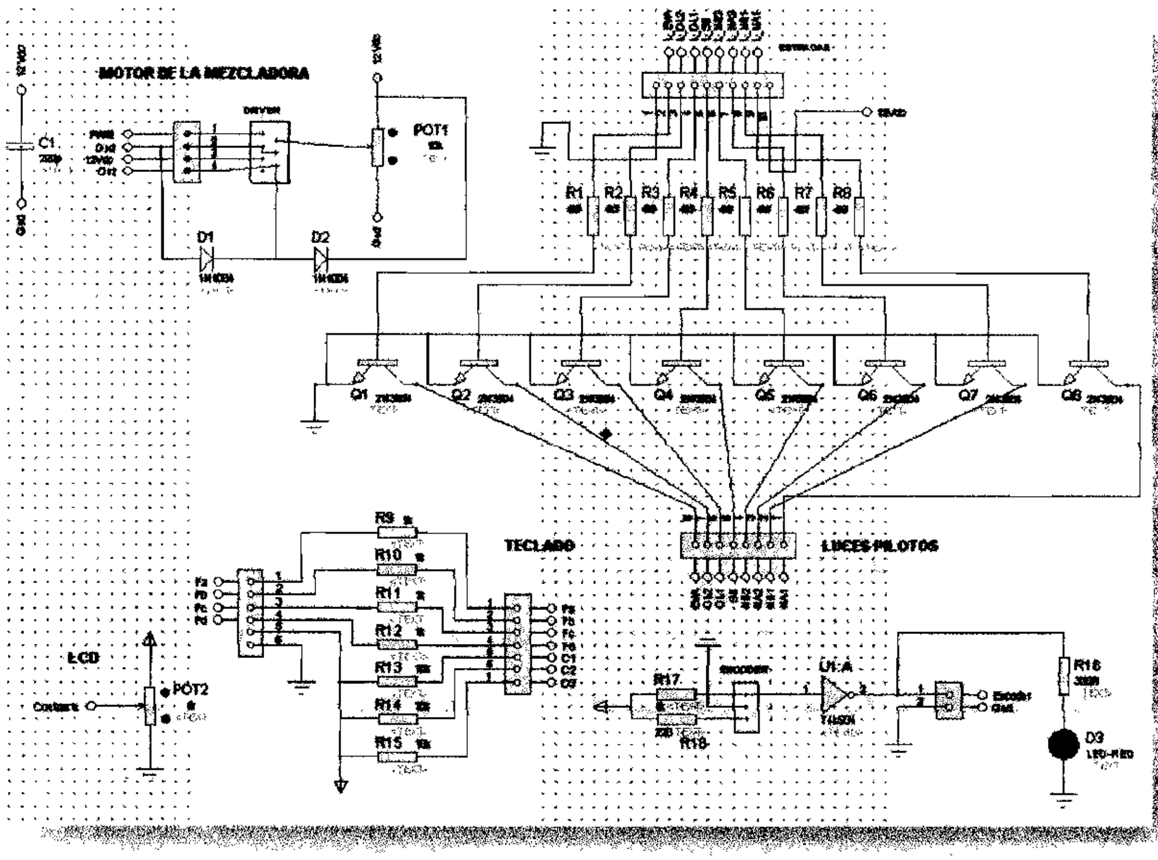


FIGURA 3.3.2: Esquemático de la Interfaz de Potencia

En esta tarjeta se encuentra alojado en la parte superior el driver de potencia que enciende el motor de la mezcladora. En la parte de en medio tenemos ocho juegos de resistencia-transistor para la conexión de luces pilotos.

En la parte inferior vemos las resistencias de protección para el CDS con el teclado, en la parte izquierda hay un potenciómetro POT2 que regula el contraste de la pantalla LCD y en la parte derecha la conexión del encoder.

3.4 Interfaz de Usuario

Para interactuar con el sistema nuestro proyecto tiene sus periféricos de entradas y salidas ubicados en la parte frontal del tablero de control mediante la cual el operador puede ajustar los requerimientos del sistema y visualizar los mismos.

La interfaz de usuario consta de dos etapas:

Por medio del PLC tenemos siete interruptores de dos posiciones de entradas, de los cuales los dos últimos nos simulan sobrecargas en dos motores y el resto como sensores; y doce luces pilotos de fuerza los cuales son usados como indicadores del sistema.

Mediante la utilización de un teclado matricial 3x4 y una Pantalla Cristal Líquida LCD 2x16 el usuario puede ajustar el valor de la velocidad del motor entre 200 y 800 RPM de la mezcladora que será visualizado a través de una pantalla LCD, controlado por el CDS.

CAPÍTULO IV

IMPLEMENTACION Y PRUEBAS DEL SISTEMA

4.1 Planta

La planta consta de dos partes principales: el tanque de la mezcladora y el tanque producto, para lo cual vamos a describirlos uno por uno para su mejor comprensión.

4.1.1 Tanque de la Mezcladora

Este tanque está sobre una base de madera, donde en la parte superior encontráremos el motor de la mezcladora MEZ acoplado fijamente al tanque con su respectivo encoder.

Además en la parte inferior del tanque encontráremos una purga hecha a base de una llave de control manual, una pequeña bomba B3 y una electroválvula EV1.

Cabe recalcar la conexión de la parte inferior, primero debe estar abierta la purga luego viene la bomba y por último la electroválvula para su buen funcionamiento, como se muestra en la figura.

El llenado de este tanque físicamente es manual pero en LABVIEW se puede observar que se combinan dos químicos, uno de color amarillo y otro de color rojo, que al ser mezclados originan un jarabe sabor a naranja.

4.1.2 Tanque Producto

Este tanque está sobre una base de madera, donde en la parte superior encontraremos la tubería de alimentación donde ingresa el producto listo para la venta al público.

Además en la parte inferior del tanque encontráremos una purga hecha a base de una llave de control manual, una pequeña bomba B4 y una electroválvula EV2, que finalmente sale a una botella.

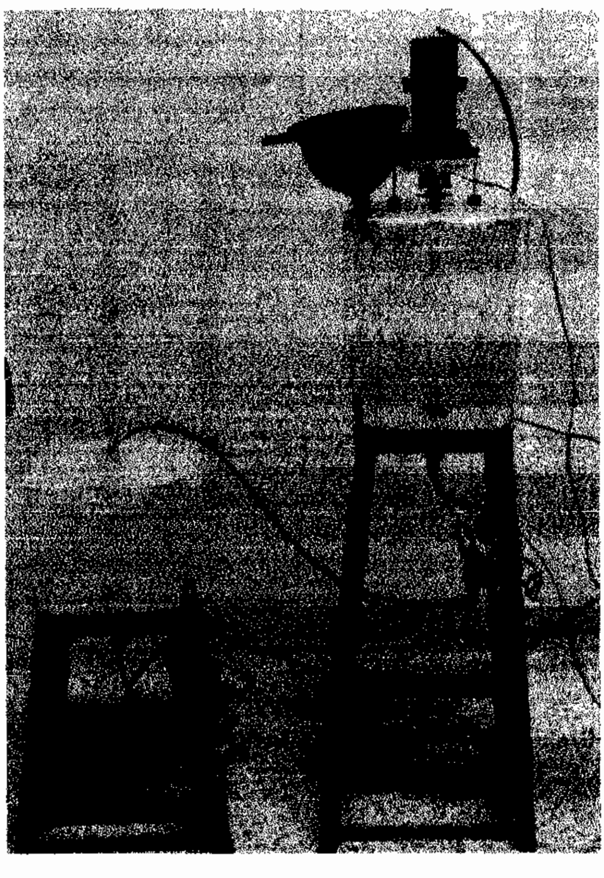


FIGURA 4.1: Montaje de la Planta

4.2 PLC

Como se puede observar en el diseño de la tarjeta PLC cuenta con tres diodos led como indicadores de control; el led rojo nos indica que la tarjeta está energizada, el led amarillo nos indica que la EV1 como B3 están encendidas y el led verde nos indica que la EV2 como B4 están encendidas.

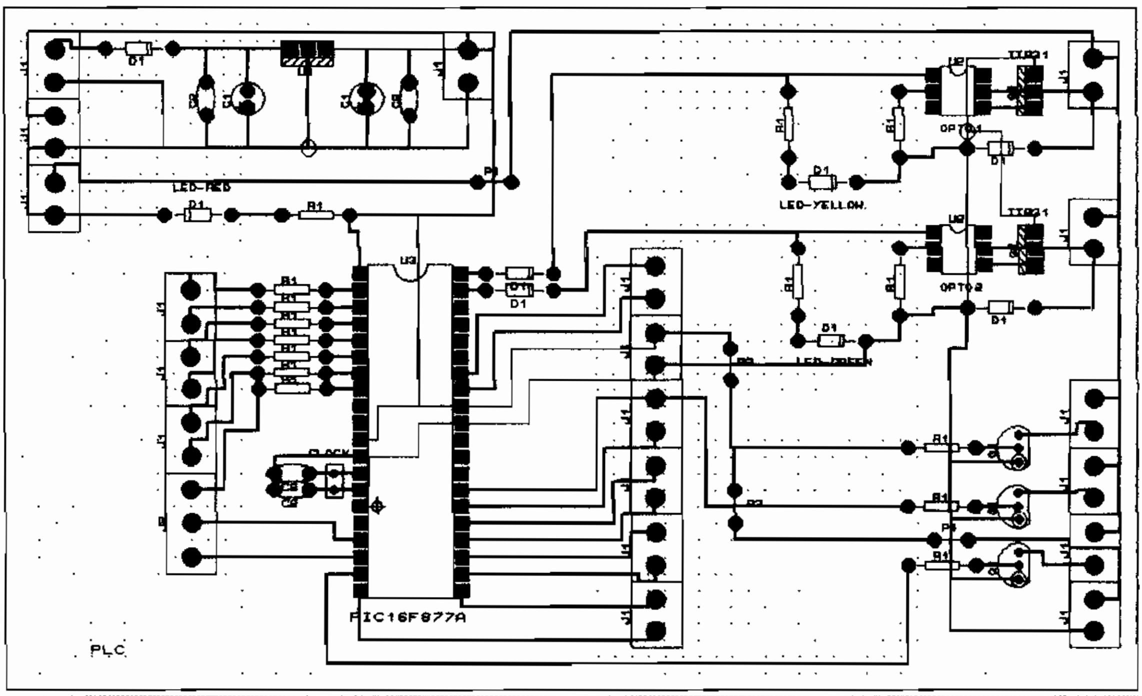


FIGURA 4.2.1: Diseño de la Tarjeta PLC

Adicionalmente del diseño de la tarjeta del PLC, se puede observar que tanto el regulador 7805 y los optocopladores 4N33 tienen disipadores de calor como modo de protección al integrado.

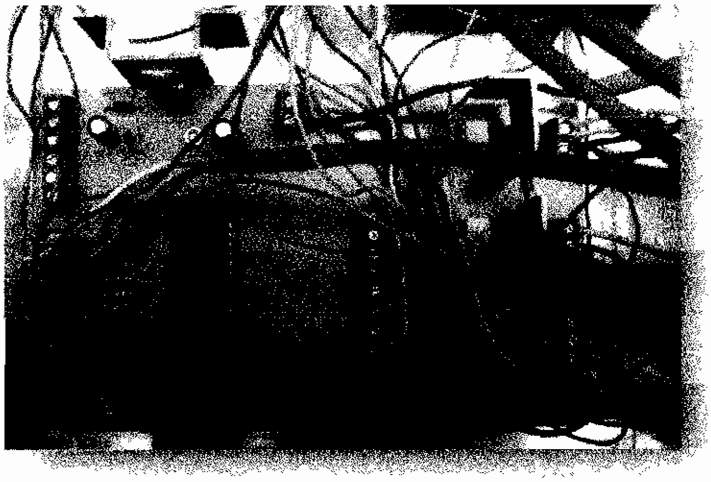


FIGURA 4.2.2: Montaje del PLC

4.3 Controlador Digital de Señal

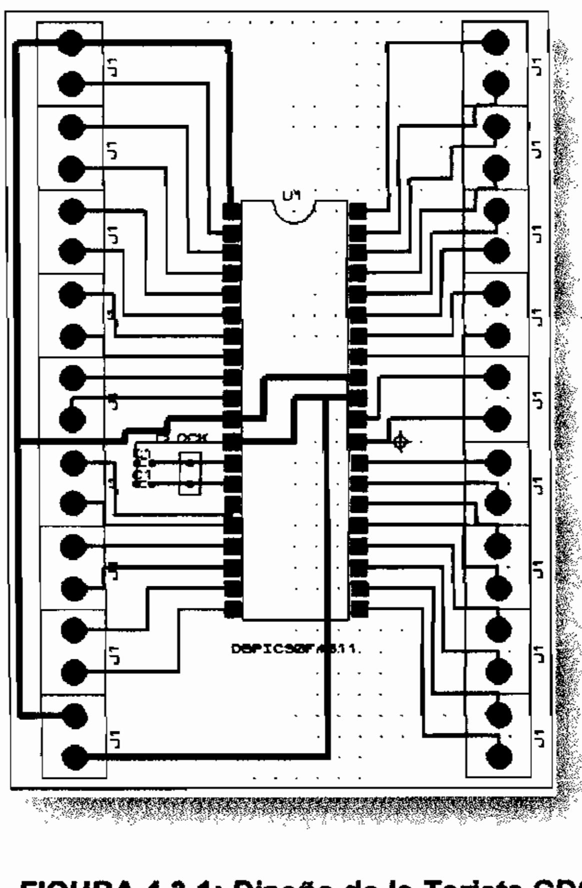


FIGURA 4.3.1: Diseño de la Tarjeta CDS

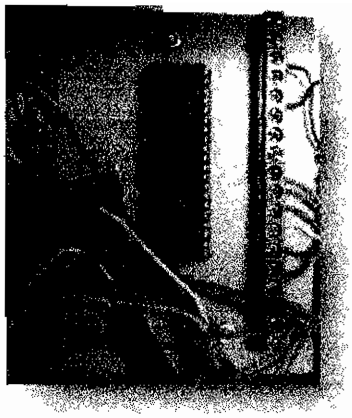


FIGURA 4.3.2: Montaje del CDS

4.4 Interfaz de Potencia

Se utiliza un disipador de calor para evitar un excesivo calentamiento del driver OPA548T a fin de que no se dañe debido a la exigencia de corriente demandada por el motor de la mezcladora.

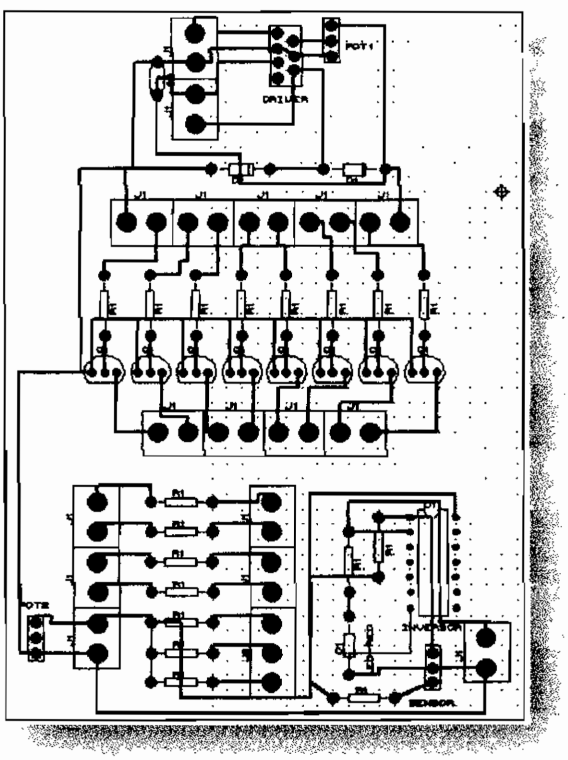


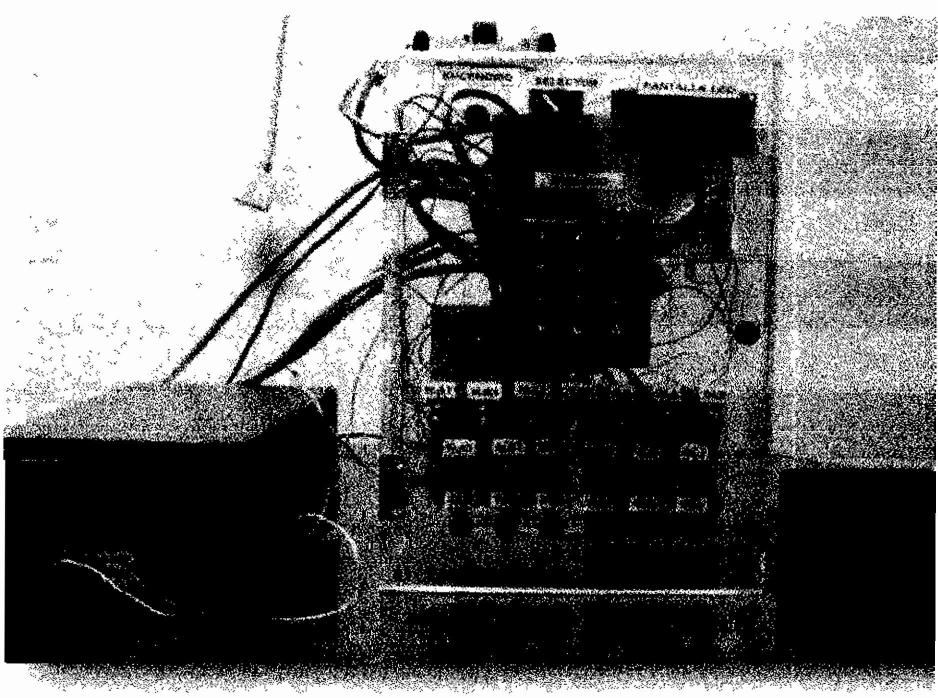
FIGURA 4.4.1: Diseño de la Interfaz de Potencia

FIGURA 4.4.2: Montaje de la Interfaz de Potencia

4.5 Tablero de Control

El tablero de control hecho a base de acrílico junto con las tarjetas de controles del PLC y CDS y la tarjeta de interfaz de potencia, en su conjunto y la disposición estratégica de todos los elementos conforman al tablero de control

FIGURA 4.5: Montaje del Tablero de Control



4.6 Análisis de Costos

Estructura de acrílico	$40
Componentes	$47
Estructura de los tanques	$20
2 tanques	$10
Encoder óptico	$5
Fuentes	$20
3 Tarjetas	$50
Motor [**FIGURA 4.5: Montaje del Tablero de Control**	$20
2 electroválvulas	$44
2 Bombas	$20
Driver OPA548T	$8
Periféricos (teclado, LCD)	$22
Elementos varios	$50
Total	$356

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

1) Unas de las características más importantes de este proyecto es que trabajamos con un PLC (Controlador Lógico Programable) por medio de un PIC con sus respectivas entradas y salidas para controlar a la Planta. Además mantiene una comunicación con el CDS (Controlador Digital de Señal), de esta forma se distribuyen los distintos periféricos de entradas y salidas para su respectivo objetivo.

2) Por medio del dsPIC utilizamos un control PI para controlar la velocidad en RPM del motor de la mezcladora debido que tiene una mayor capacidad de memoria RAM, EEPROM, flash e interrupciones que el microcontrolador PIC16F877A. El dsPIC tiene un motor DSP (Procesador Digital de Señal) de gran velocidad para resolver operaciones matemática. El motor DSP tiene un multiplicador rápido de 17x17 bits. Sumador/restador de 40 bits y un registro de desplazamiento de 40 bits.

3) En nuestro caso la tarjeta DAQ USB-6008-NI es una poderosa herramienta para monitorear a través del software de Labview el proceso de la Planta (proceso de llenado de botellas) para visualizar simultáneamente lo que ocurre en tiempo real de la implementación física con lo simulado.

RECOMENDACIONES

1) Se recomienda que antes de conectar las dos fuentes de alimentación al tablero de control se verifique que no haya ningún corto circuito o cable suelto, revisar además que las fuentes de 9 Vdc y 12 Vdc estén bien conectadas.

2) Hay que tener en cuenta que las entradas de las sobrecargas son normalmente cerradas y las demás entradas del PLC son normalmente abiertas, es decir, son de lógica contraria así que para que los motores funcionen adecuadamente las sobrecargas de dichos motores deben estar hacia arriba para este efecto caso contrario estará sobrecargado.

3) Este proyecto es semiautomático por lo tanto el operador tiene que estar atento en todo momento con el proceso del sistema para que no haya ningún inconveniente, sería recomendable tener sensores físicamente en la Planta para automatizar el proceso del sistema y de esta forma ayudar al operador.

4) Se sugiere que se tome seriamente en cuenta los indicadores del sistema para no dañar ningún elemento, por ejemplo las bombas de descargas no deben funcionar si estas no tienen líquido porque se dañan.

ANEXOS

ANEXO A
MANUAL DE USUARIO

A continuación con ayuda de un poderoso software como es LABVIEW se podrá visualizar el proyecto de llenado de botellas cuyo producto final sera un jarabe sabor naranja mediante el control de un PLC simulado con un PIC16F877A con aplicación DSPIC30F4011.

Este proyecto consta de una implementación fisica (tablero de control) y una implementación de simulación (LABVIEW) que se comunican entre si por medio de una Tarjeta de Adquisicion de Datos DAQ USB-6008-NI.

Antes de conectar las fuentes de poder al tablero de control hay que estar seguro que todo este en su puesto y bien conectado, para evitar cualquier inconveniente con lo que respecta a la parte fisica.

Antes de simular el proyecto debe estar conectada la tarjeta DAQ y las imágenes correspondientes a la simulación en la misma dirección del archivo de extension.VI, si se omite uno de los dos pasos previos mencionados LABVIEW le mostrará una ventana indicándole el error que cometio.

Para el funcionamiento correcto del proyecto, el operador deberá seguir los siguientes pasos:

PASO 1

Al inicio ambos tanques aparecerán vacios, eso implica que los niveles bajos de cada tanque deben estar activados.

1.- Primero accione NB1 y luego NB2.
2.- Inmediatamente que usted accione NB1 automáticamente se encenderán las bombas y se abrirán las electroválvulas de alimentación del tanque de la mezcladora, las cuales se indicarán por la señal EVA.
3.- Cuando EVA esta encendido dará paso a que ingresen los respectivos químicos para después mezclarse, por lo tanto el tanque de la mezcladora comenzará a llenarse poco a poco.
4.- Como nuestros sensores de niveles son manuales, hay que tener en cuenta que el NB1 estará activado durante un corto tiempo, luego del cual se desactivará.

NOTA: Las bombas de alimentación (B1 y B2) como las electroválvulas de alimentación (EV3 y EV4), no están implementadas físicamente por consiguiente solamente se podrán visualizar con LABVIEW. Mientras que físicamente en el tablero de control solamente se podrá visualizar mediante una luz piloto.

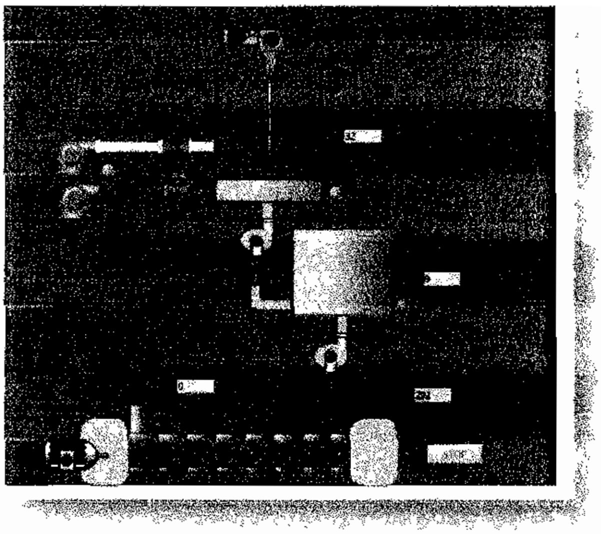


FIGURA A.1: Paso 1

PASO 2

Poco a poco el tanque de la mezcladora se va llenando debido que la señal EVA esta activada.

1.- Cuando EVA está encendido igualmente lo estarán las bombas y las electroválvulas de alimentación.

2.- NB2 sigue activado indicando que el tanque producto esta vacio.

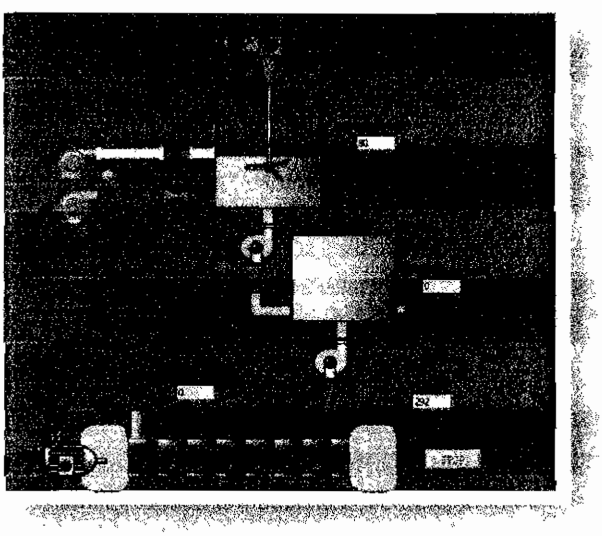


FIGURA A.2: Paso 2

PASO 3

El operador tiene que esperar un determinado tiempo hasta que la EVA llene completamente el tanque de la mezcladora, es decir, hasta que el nivel alto del tanque de la mezcladora NA1 se activa.

1.- Una vez que el tanque de la mezcladora esté lleno, el operador manualmente accionará NA1 lo cual automáticamente apagará la señal EVA.
2.- Inmediatamente que se apaga la señal EVA, ésta a su vez apaga las bombas y cierra las electroválvulas de alimentación del tanque de la mezcladora.
3.- NB2 sigue activado indicando que el tanque producto esta vacio.

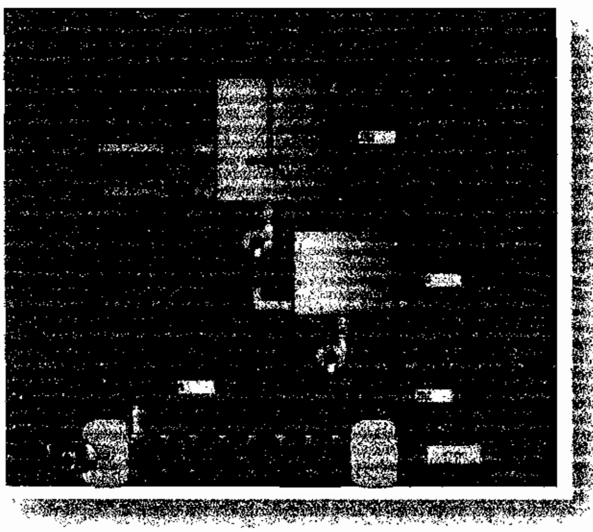


FIGURA A.3: Paso 3

PASO 4

Aparte de que NA1 quita la señal EVA, habilita al usuario que ingrese por teclado el valor de velocidad en RPM que desea, comprendida entre 200 y 800 RPM la cual podrá ser visualizada en la pantalla de cristal líquido LCD del tablero de control.

Mientras el usuario no ingrese el setpoint el motor estará apagado, caso contrario se encenderá el motor de la mezcladora MEZ, el cual funcionará por un determinado tiempo siempre y cuando no tenga una sobrecarga OL1, luego de la cual se apagará el motor de la mezcladora y automáticamente encenderá la bomba y abrirá la electroválvula de escape del tanque de la mezcladora EV1.

1.- NA1 activado.
2.- Motor de la mezcladora MEZ encendido.

3.- NB2 activado.

NOTA: El motor de la mezcladora MEZ esta implementado físicamente.

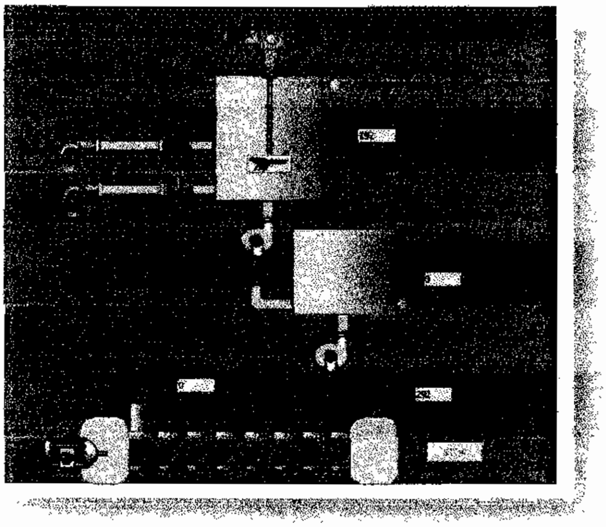


FIGURA A.4: Paso 4

PASO 5

Una vez apagado el motor de la mezcladora MEZ hay que esperar un corto tiempo para desactivar NA1 porque a partir de éste momento la bomba y la electroválvula de descarga de la mezcladora B3 y EV1 estará encendida y abierta respectivamente, el tanque producto comenzará a llenarse y el tanque de la mezcladora a vaciarse gradualmente.

1.- Cuando el motor de la mezcladora MEZ se apague el operador tiene que estar atento dejar pasar un corto tiempo y luego manualmente desactivar NA1.
2.- Cuando B3 y EV1 están encendida y abierta respectivamente, significa que el tanque de la mezcladora se está vaciando mientras que el tanque producto se está llenando progresivamente.
3.- Cuando B3 y EV1 están encendida y abierta respectivamente, el operador tiene que estar atento dejar pasar un corto tiempo y luego manualmente desactivar NB2.

NOTA: Tanto la bomba de descarga del tanque de la mezcladora como las electroválvulas están implementadas físicamente.

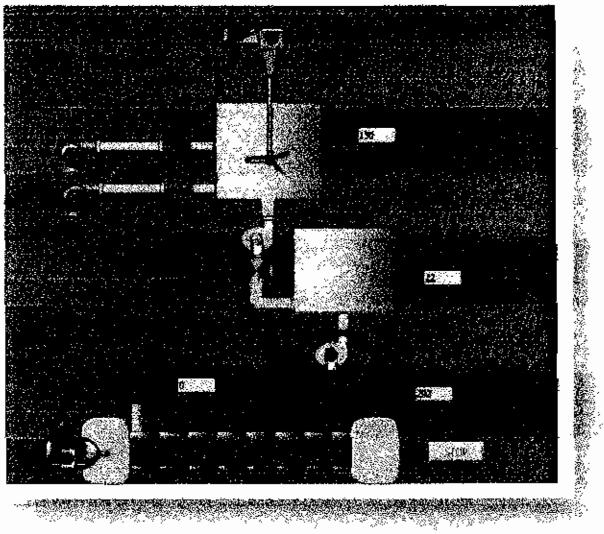


FIGURA A.5: Paso 5

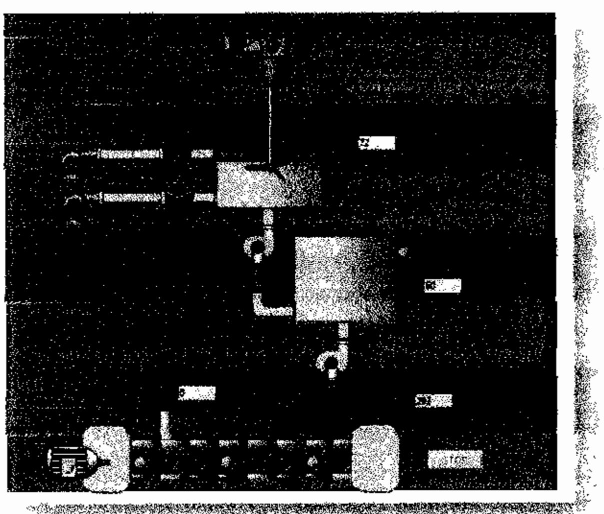
PASO 6

El operador tiene que estar atento cuando el tanque producto se llene, es decir, debe activar manualmente NA2 para apagar y cerrar automáticamente B3 y EV1 respectivamente, y activar a su vez automáticamente el motor de la banda transportadora MB.

1.- Cuando el tanque está completamente lleno, el operador deberá activar manualmente el nivel alto del tanque producto NA2.
2.- Cuando NA2 está activado; apaga, cierra y habilita automáticamente B3, EV1 y MB, respectivamente.

NOTA: El motor de la banda transportadora MB no está implementado físicamente, solamente se lo podrá visualizar en LABVIEW y mediante una luz piloto en el tablero de control.

FIGURA A.6: Paso 6



PASO 7

Una vez que el motor de la banda transportadora MB está encendido hace mover una botella en nuestro caso particular siempre y cuando no tenga una sobrecarga OL2.

1.- Cuando NA2 está activado, hace mover la banda transportadora solamente siempre y cuando no esté presente OL2 .

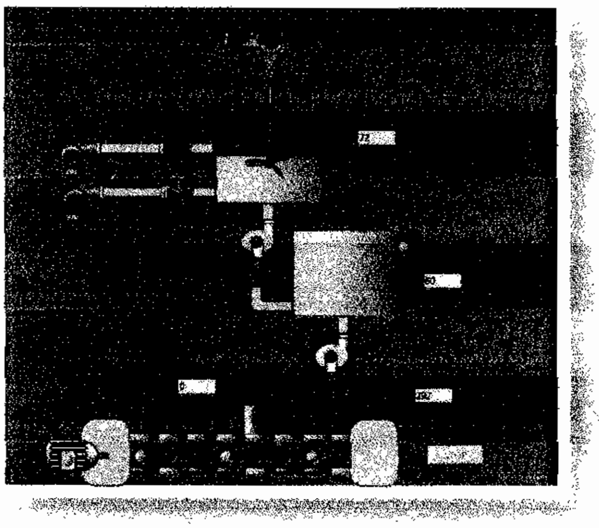


FIGURA A.7: Paso 7

PASO 8

Una vez que el motor de la banda transportadora MB está encendido hace mover una botella en nuestro caso particular, cuando el sensor de la botella SB detecta a la botella hace parar la banda transportadora y abre la electroválvula de descarga del tanque producto EV2.

1.- Cuando SB se activa manualmente hace parar la banda transportadora y activa automáticamente EV2 siempre y cuando haya producto.
2.- Cuando SB está activado, el operador tiene que estar atento dejar pasar un corto tiempo y luego manualmente desactivar NA2.

NOTA: El sensor de la botella SB no está implementado físicamente solamente se lo podrá visualizar mediante una luz piloto en el tablero de control.

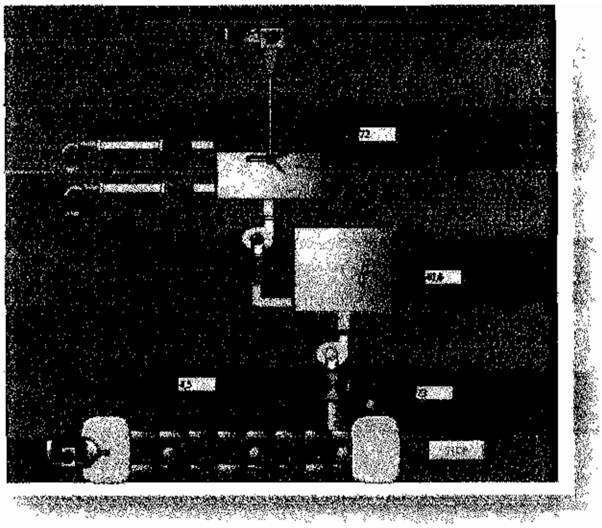


FIGURA A.8: Paso 8

PASO 9

El operador tiene que estar atento cuando el tanque producto se queda vacio, es decir, debe activar manualmente NB2, el cuál enciende y abre automáticamente B3 y EV1 respectivamente, siempre y cuando haya producto mezclado, cierra EV2 y apaga la banda transportadora.

Cuando B3 y EV1 está encendida y abierta respectivamente, después de un corto tiempo el operador debe desactivar manualmente NB2.

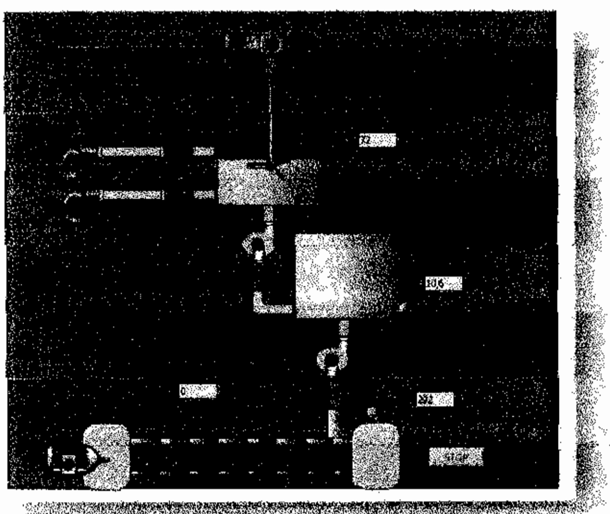


FIGURA A.9: Paso 9

PASO 10

El operador tiene que estar atento cuando el tanque de la mezcladora se queda vacio, es decir, debe activar manualmente NB1, el cual abre automáticamente EVA mientras que apaga y cierra B3 y EV1.

Cuando EVA está encendida, después de un corto tiempo el operador debe desactivar manualmente NB2.

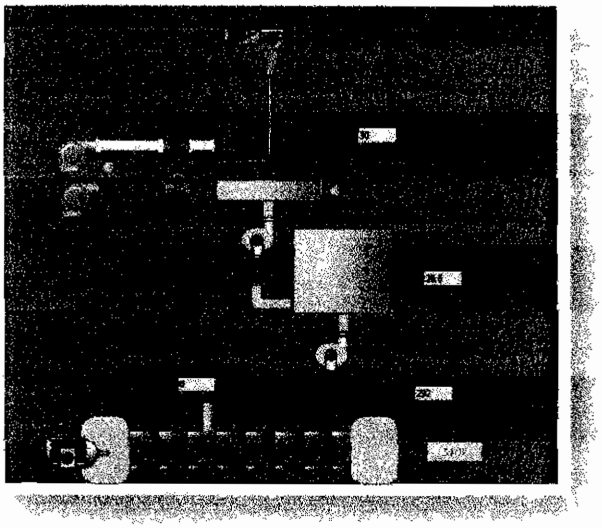


FIGURA A.10: Paso 10

PASO 11

El operador tiene que estar atento cuando el tanque producto se queda vacio, es decir, debe activar manualmente NB2, el cuál enciende y abre automáticamente B3 y EV1 siempre y cuando haya producto mezclado como apaga MB.

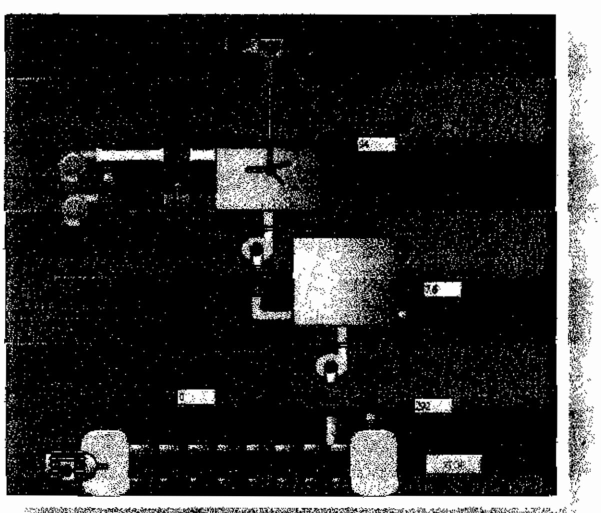


FIGURA A.11: Paso 11

PASO 12

Poco a poco el tanque de la mezcladora se va llenando debido que la señal EVA está abierta.

1.- Cuando EVA está abierta igualmente lo estarán las bombas y las electroválvulas de alimentación.

2.- NB2 sigue activado indicando que el tanque producto esta vacio.

NOTA: En este paso volvemos a las condiciones iníciales y se repite el ciclo siempre y cuando no se notifique algún evento anormal como sobrecargas al motor de la mezcladora y el de la banda transportadora, OL1 y OL2 respectivamente.

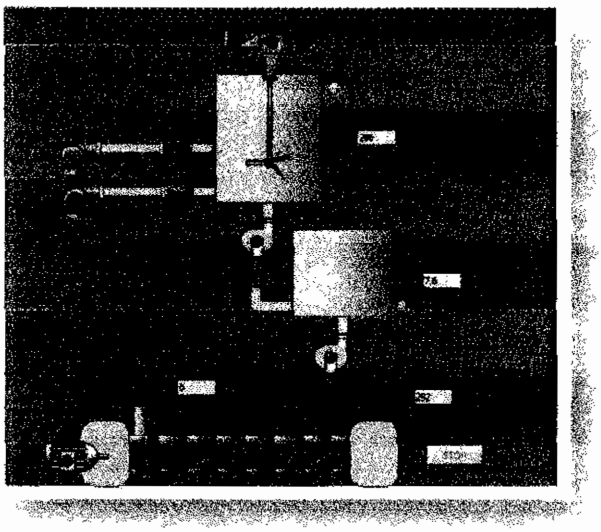


FIGURA A.12: Paso 12

PASO 13

Analicemos el caso que hubiera una sobrecarga en el motor de la mezcladora OL1, el motor automáticamente se apaga siempre y cuando siga presente la sobrecarga OL1, luego de desaparecer OL1 el motor nuevamente volverá a funcionar normalmente si no se presenta ningún inconveniente.

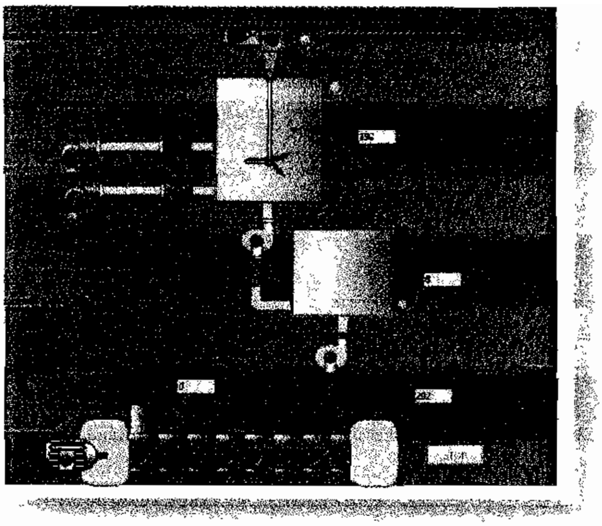


FIGURA A.13: Paso 13

PASO 14

Analicemos el caso que hubiera una sobrecarga en el motor de la banda transportadora OL2, el motor automáticamente se apaga siempre y cuando siga presente la sobrecarga OL2, luego de desaparecer OL2 el motor nuevamente volverá a funcionar normalmente si no se presenta ningún inconveniente.

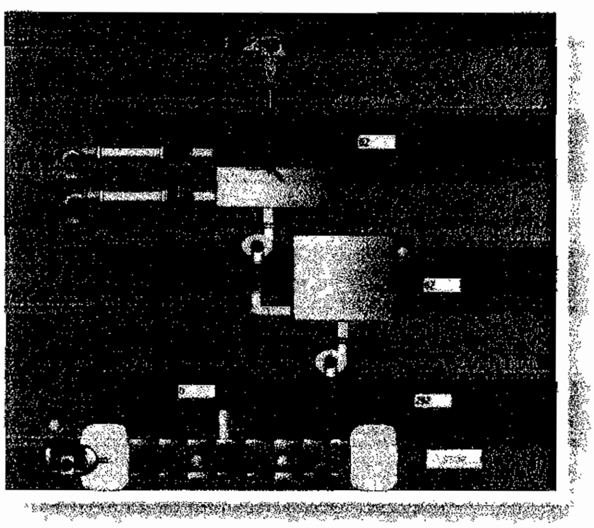


FIGURA A.14: Paso 14

NOTA: En la pantalla de simulación de LABVIEW hay indicadores que no se han mencionado pero que son importantes para estar advertidos de cualquier desperfecto que se pudiera presentar, así que sería bueno prestar atención a los indicadores para saber que acción realizar si se requiere en algún caso.

ANEXO B
DIAGRAMA DE BLOQUES DE LABVIEW

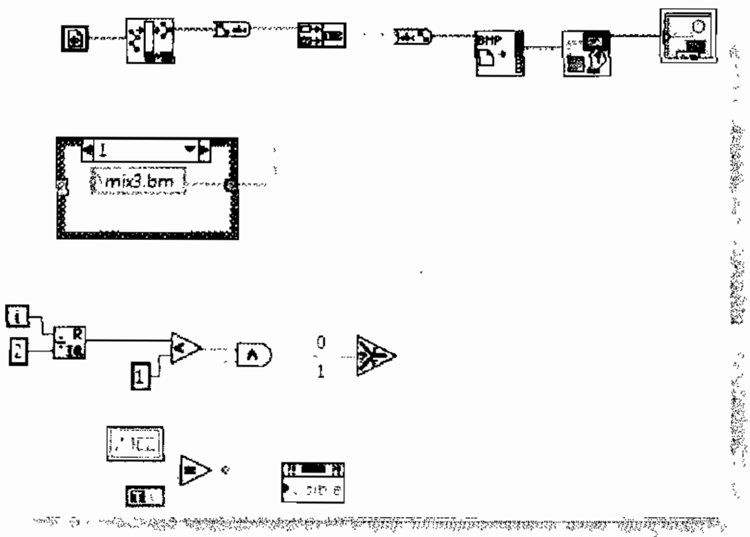


FIGURA B.1: Llamado de Figuras

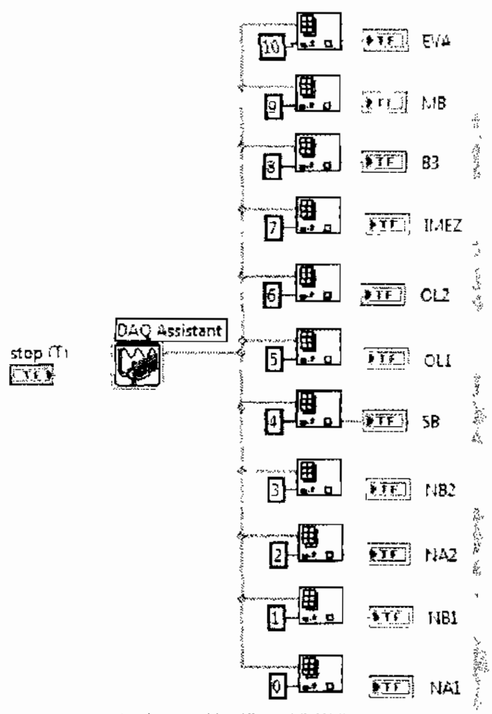


FIGURA B.2: Configuración de entradas digitales de la DAQ

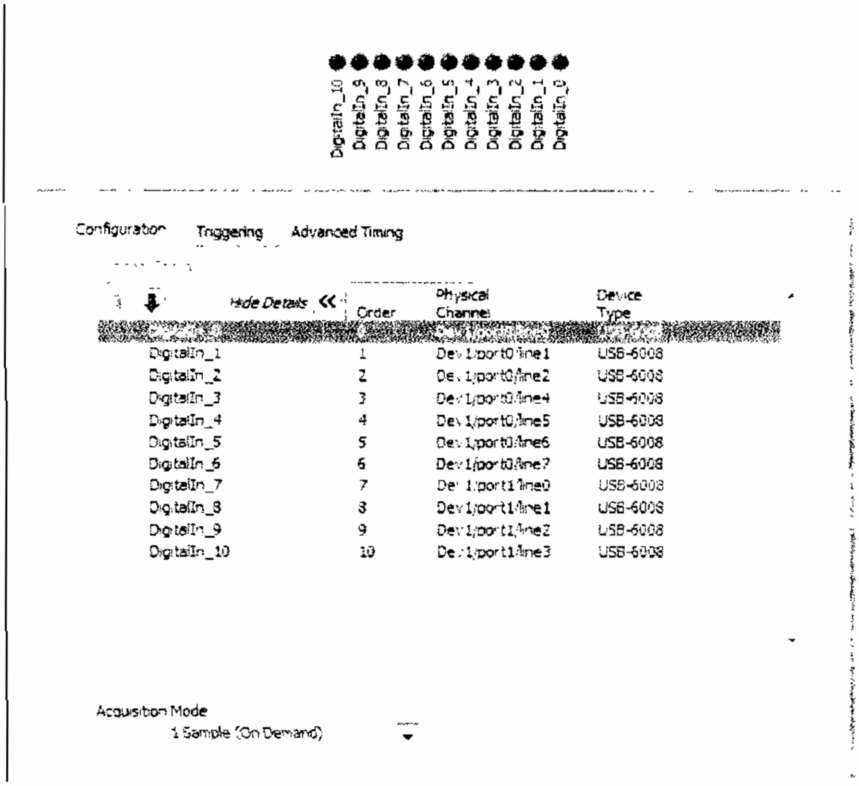


FIGURA B.3: Conexión de los pines de la DAQ

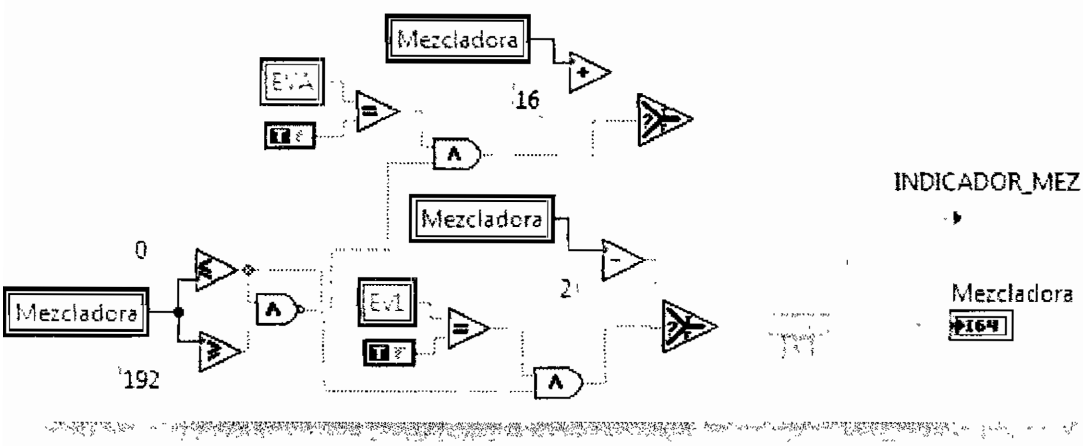


FIGURA B.4: Llenado o Vaciado de la Mezcladora

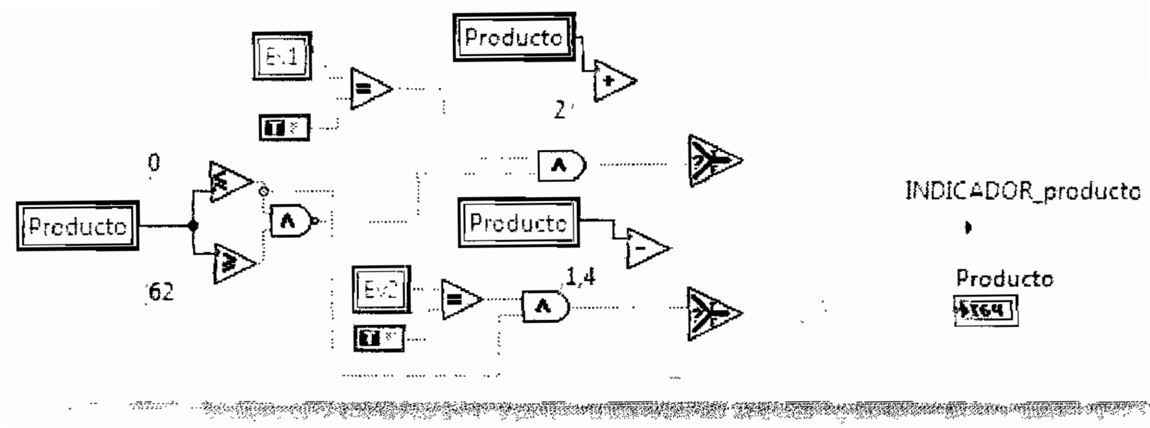


FIGURA B.5: Llenado o Vaciado del Producto

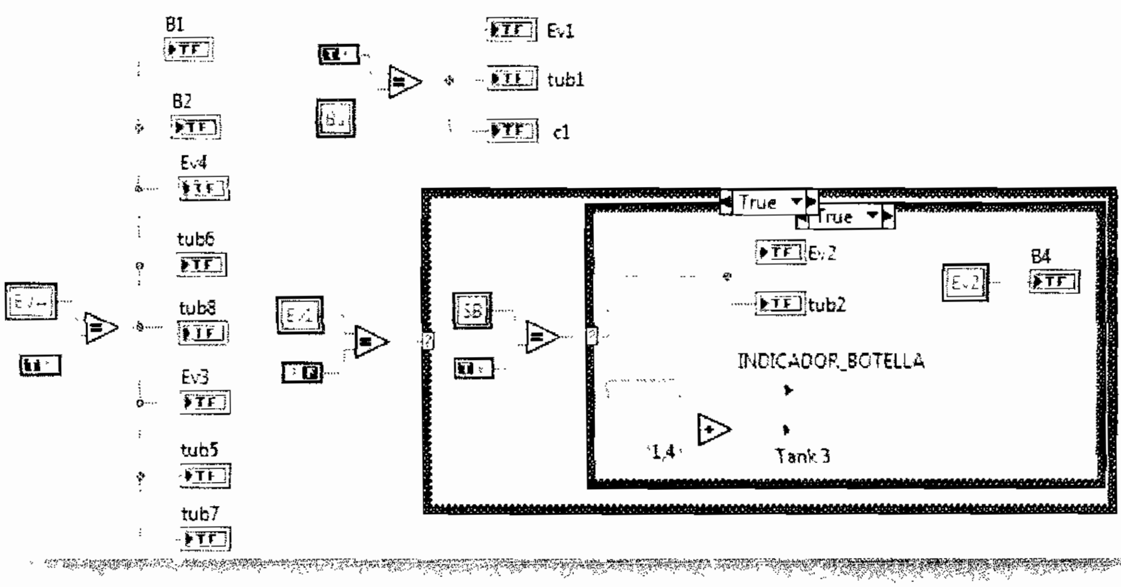


FIGURA B.6.1: Apertura o Cerradura de Electroválvulas

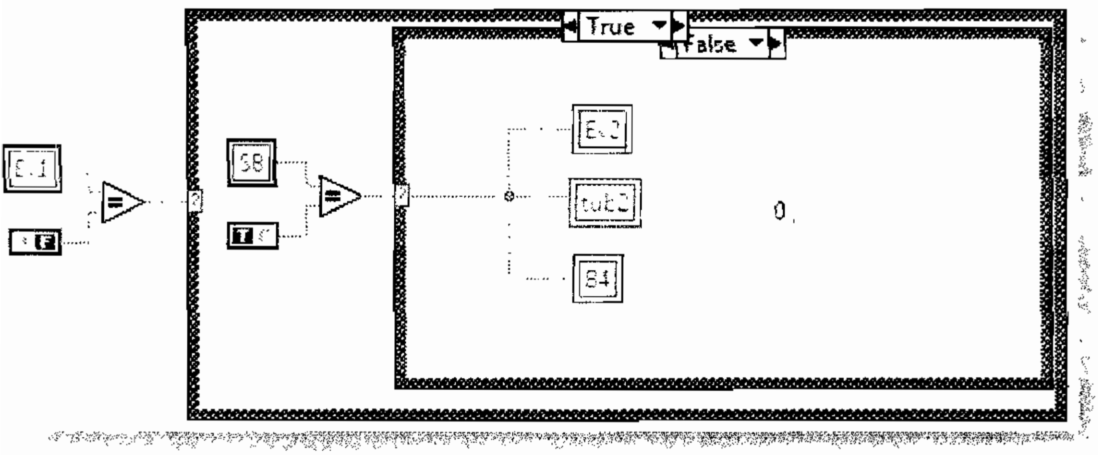


FIGURA B.6.2: Apertura o Cerradura de Electroválvulas

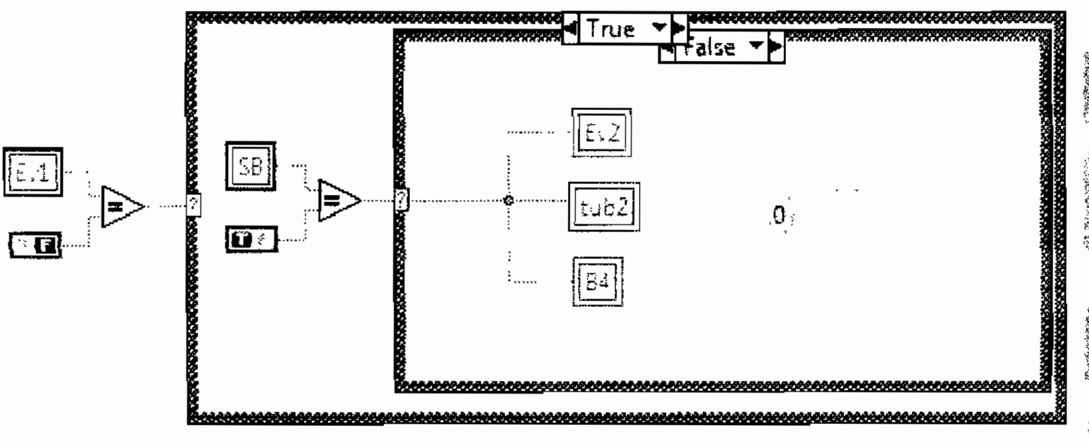


FIGURA B.6.3: Apertura o Cerradura de Electroválvulas

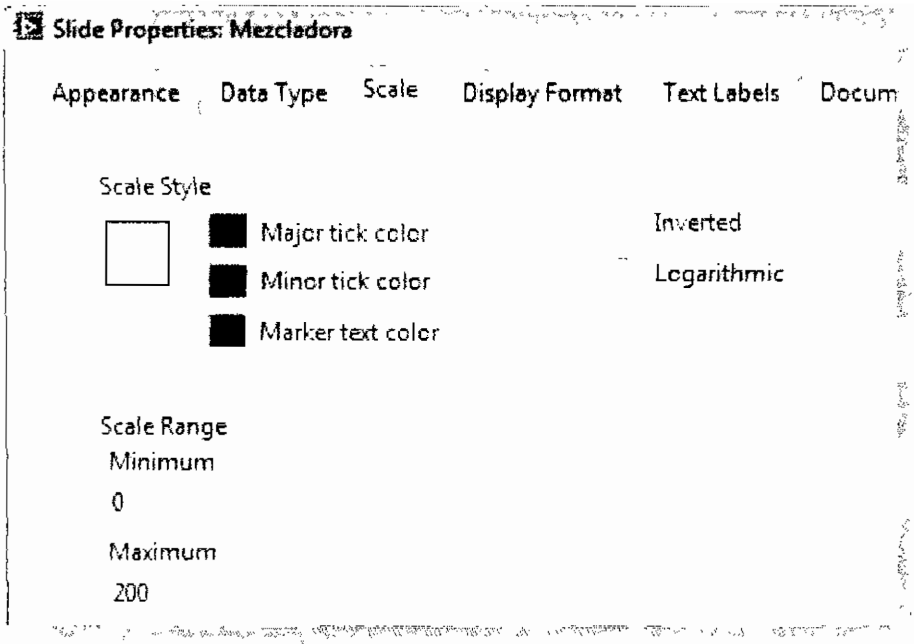


FIGURA B.7: Escala de la Mezcladora

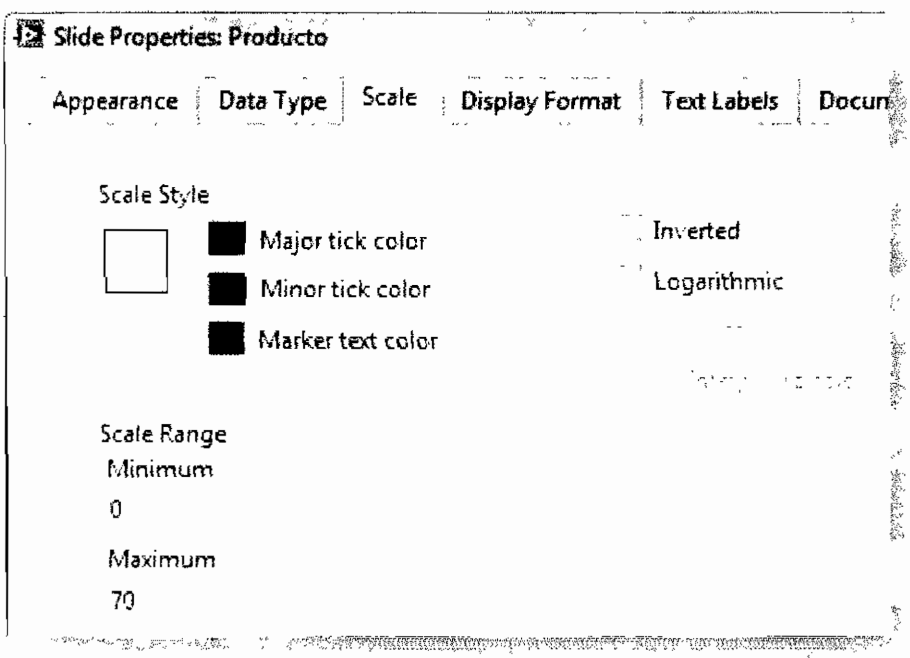


FIGURA B.8: Escala del Producto

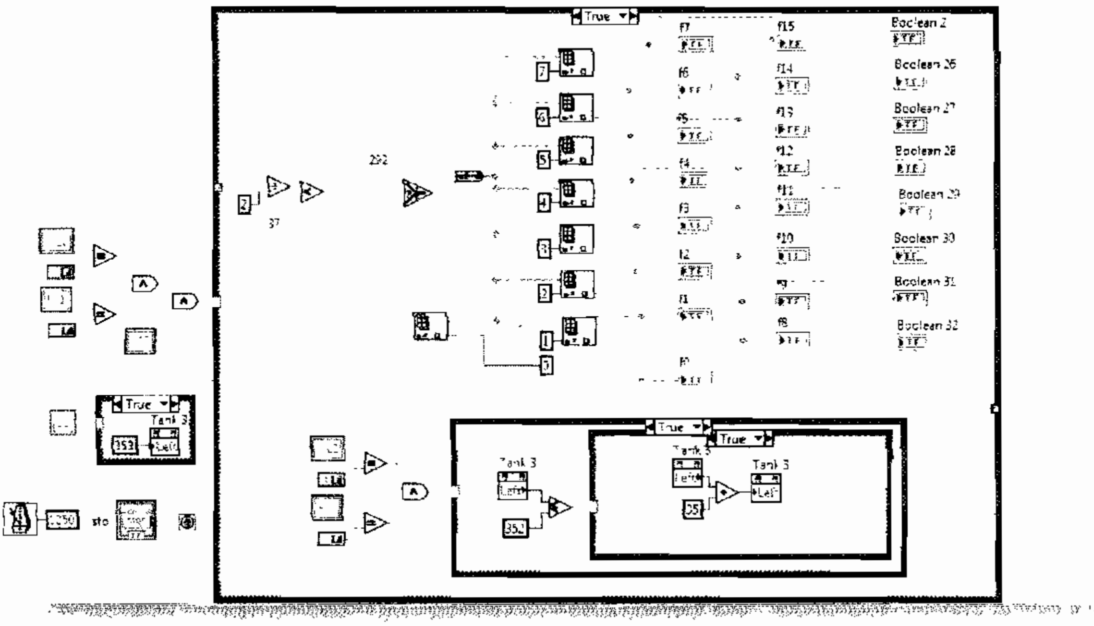


FIGURA B.9.1: Motor de la banda transportadora

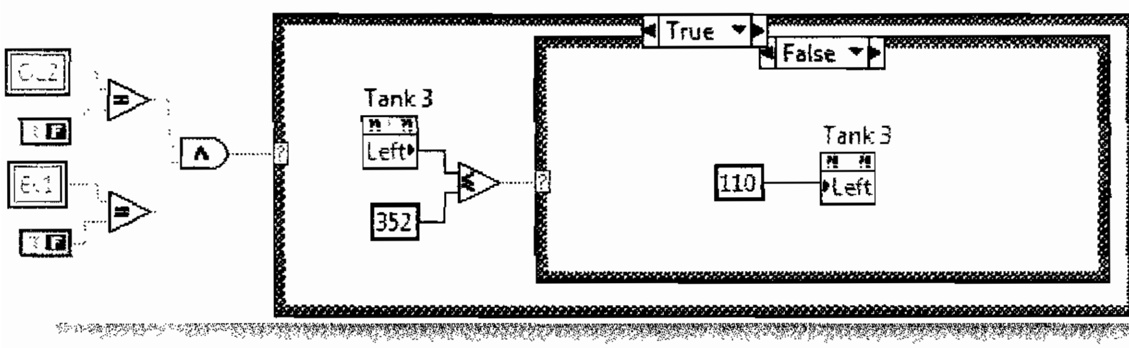


FIGURA B.9.2: Motor de la banda transportadora

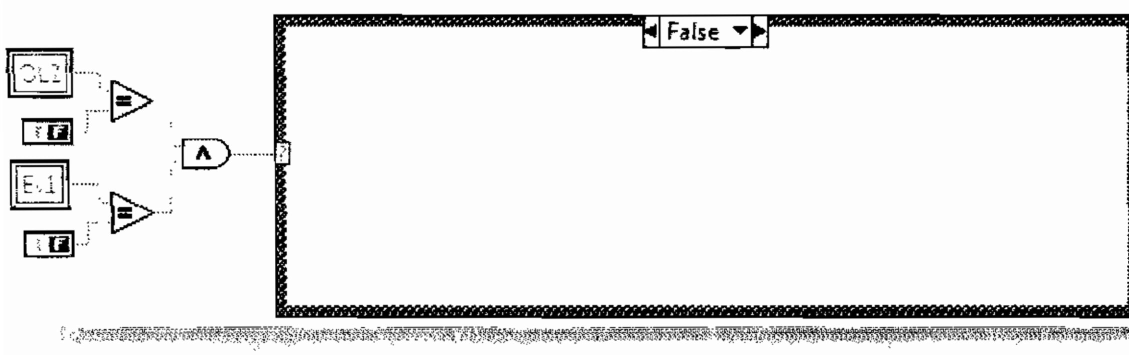


FIGURA B.9.3: Motor de la banda transportadora

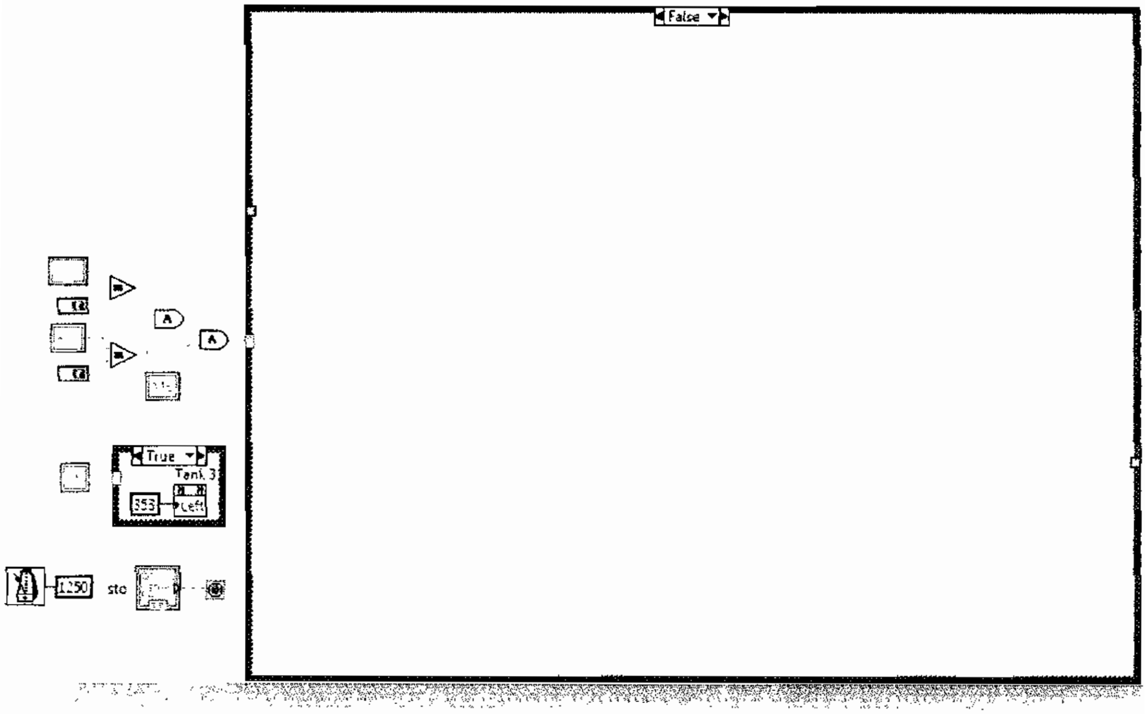


FIGURA B.9.4: Motor de la banda transportadora

ANEXO C
DIAGRAMA DE CONTROL DEL PLC

Antes de compilar cualquier archivo con este programa hay que especificarle ciertos datos como por ejemplo la frecuencia del cristal, en este caso seleccionamos 20 MHz porque eso es lo que tenemos físicamente en la placa del PLC.

Para ingresar este valor tenemos primero que abrir el programa ***LDmicro***, da un click en configuraciones para abrir la opción ***Parámetros del Microcontrolador***, luego aparecerá la pantalla que se muestra a continuación e ingresa los datos de acuerdo a sus requerimientos y al finalizar da click en OK para guardar sus valores.

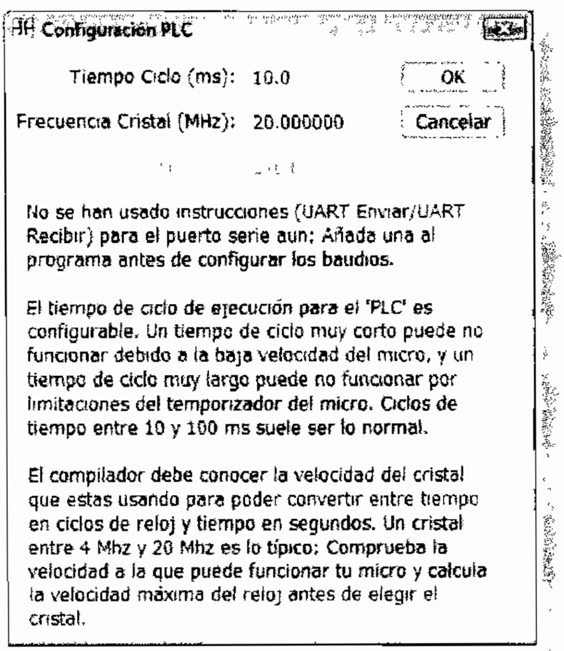


FIGURA C.1: Configuración PLC

Por otro lado, hay que especificarle lo más importante el cual es con qué tipo de Microcontrolador vas usar, para esto vas nuevamente das click en ***Configuraciones*** y te diriges a ***Microcontrolador*** para elegir el correcto que en nuestro caso es el PIC16F877, aunque físicamente trabajamos con el PIC16F877A no hay ningún problema.

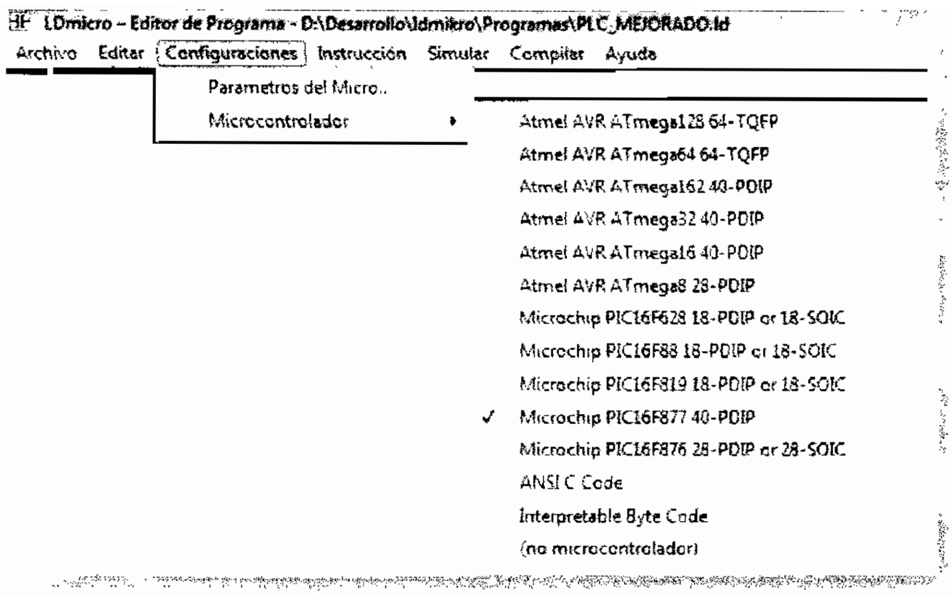
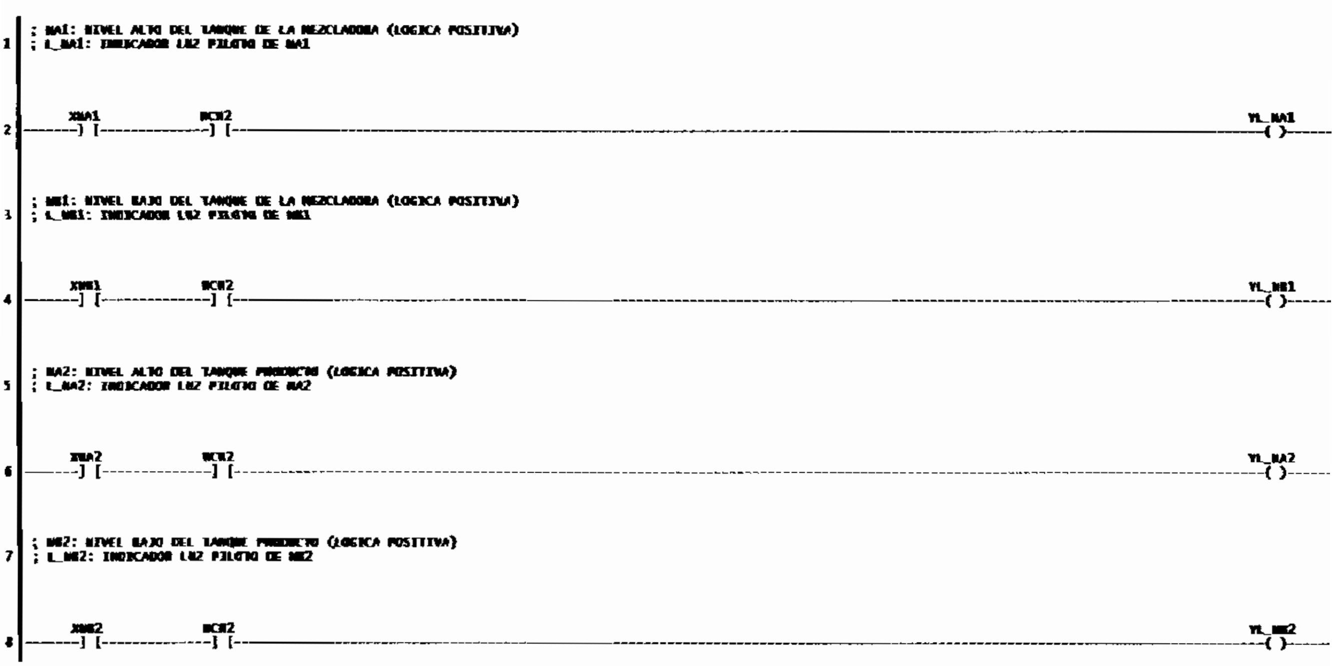


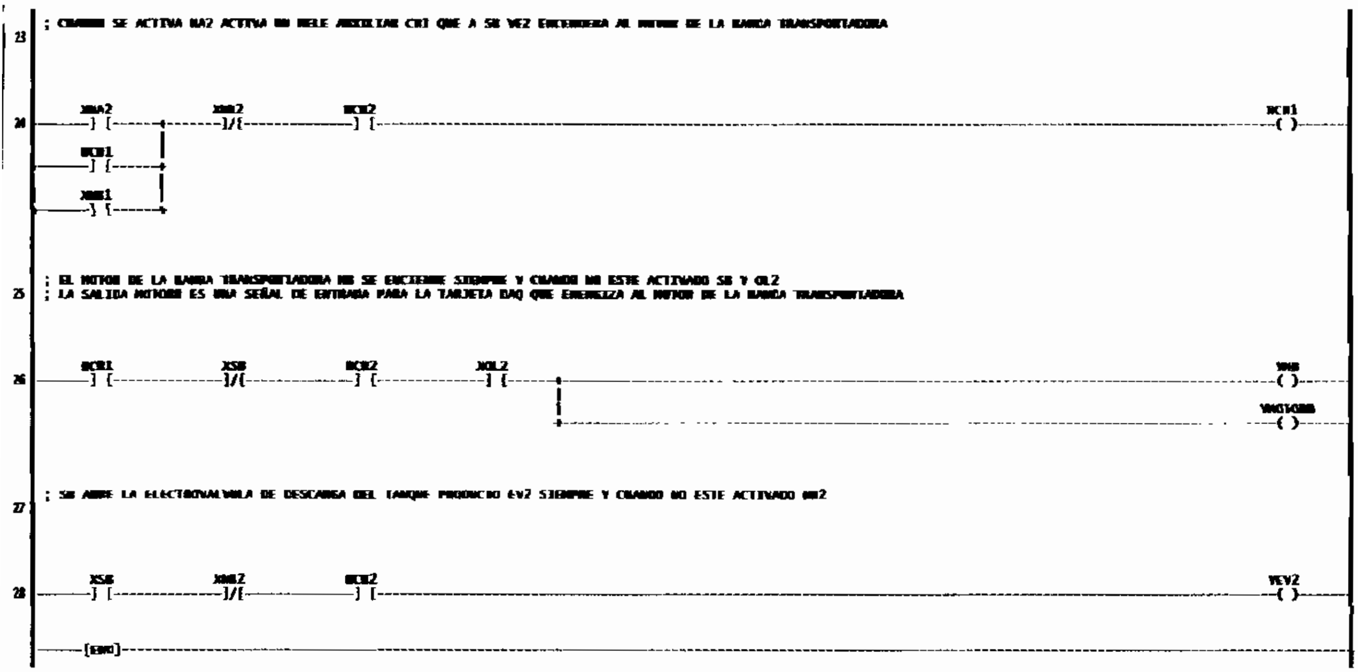
FIGURA C.2: Microcontrolador

Y por último se tendrá que especificar las entradas y salidas con sus pines respectivos.

DIAGRAMA PLC



```
 9 ; SB: SENSOR DE LA BOTELLA (LOGICA POSITIVA)
   ; L_SB: INDICADOR LUZ PILOTO DE SB

10 ------XSB------MCR2------------------------------------------------YL_SB
   ------] [------] [-------------------------------------------------( )-

11 ; OL1: SOBRECARGA DEL MOTOR DE LA MEZCLADORA (LOGICA NEGATIVA)
   ; L_OL1: INDICADOR LUZ PILOTO DE OL1

12 ------XOL1-----MCR2------------------------------------------------YL_OL1
   ------]/[------] [-------------------------------------------------( )-

13 ; OL2: SOBRECARGA DEL MOTOR DE LA BANDA TRANSPORTADORA (LOGICA NEGATIVA)
   ; L_OL2: INDICADOR LUZ PILOTO DE OL2

14 ------XOL2-----MCR2------------------------------------------------YL_OL2
   ------]/[------] [-------------------------------------------------( )-

15 ; PARA QUE FUNCIONE EL PLC DEBE PRIMERO DARSE LA MARCHA CON NB1 SINO VA HA ESTAR EN RESET POR MEDIO DEL RELE AUXILIAR CR2

16 ------XNB1-----+--------------------------------------------------MCR2
   ------] [------+---------------------------------------------------( )-
   ------MCR2-----|
   ------] [------+

17 ; CUANDO SE ACTIVA NA1 MANDA UNA SEÑAL AL DSPIC PARA ENCENDER EL MOTOR Y ESTE A SU VEZ NOS DEVUELVE UNA SEÑAL IMEZ INDICANDONOS QUE EL MOTOR ESTA ENCENDIDO
   ; MEZ: MOTOR DE LA MEZCLADORA

18 ------XIMEZ----+----XDSPIC-----MCR2-----XOL1------------------------YMEZ
   ------] [------+----]/[--------] [-------] [-------------------------( )-
   ------YMEZ-----|
   ------] [------+

19 ; DSPIC ES UNA SEÑAL QUE RECIBE EL PLC INDICANDONOS QUE EL MOTOR DE LA MEZCLADORA ESTA APAGADO Y PARA ABRIR EV1 AUTOMATICAMENTE
   ; APARTE DE ESTA SEÑAL EL NB2 ABRE TAMBIEN LA ELECTROVALVULA DE DESCARGA DEL TANQUE DE LA MEZCLADORA EV1

20 ------XDSPIC---------------+----YEVA-----YMEZ-----XNA2-----MCR2----YEV1
   ------] [------------------+----]/[------]/[------]/[------] [------( )-
   ------YEV1-----------------|
   ------] [------------------+
   ------XNB2------XNA1-------|
   ------] [-------]/[--------+

21 ; CUANDO SE ACTIVA NB1 ABRE LA ELECTROVALVULA DE ALIMENTACION EVA

22 ------XNB1-----+----XNA1-----MCR2---------------------------------YEVA
   ------] [------+----]/[-------] [-----------------------------------( )-
   ------YEVA-----|
   ------] [------+
```


; CUANDO SE ACTIVA NA2 ACTIVA UN RELE AUXILIAR CR1 QUE A SU VEZ ENCENDERA AL MOTOR DE LA BANDA TRANSPORTADORA
XNA2
XNB2
RCR2
RCR1
RCR1
XNB1
; EL MOTOR DE LA BANDA TRANSPORTADORA NO SE ENCIENDE SIEMPRE Y CUANDO NO ESTE ACTIVADO SB Y OL2
; LA SALIDA MOTORB ES UNA SEÑAL DE ENTRADA PARA LA TARJETA DAQ QUE ENERGIZA AL MOTOR DE LA BANDA TRANSPORTADORA
RCR1
XSB
RCR2
XOL2
YMB
YMOTORB
; SE ABRE LA ELECTROVALVULA DE DESCARGA DEL TANQUE PRODUCTO EV2 SIEMPRE Y CUANDO NO ESTE ACTIVADO NB2
XSB
XNB2
RCR2
YEV2
[END]

Nombre	Tipo	Estado	Pata del Micro	Puerto del M...
XDSPIC	entrada digital		17	RC2
XIMEZ	entrada digital		18	RC3
XNA1	entrada digital		2	RA0
XNA2	entrada digital		4	RA2
XNB1	entrada digital		3	RA1
XNB2	entrada digital		5	RA3
XOL1	entrada digital		7	RA5
XOL2	entrada digital		8	RE0
XSB	entrada digital		6	RA4
YEV1	salida digital		40	RB7
YEV2	salida digital		39	RB6
YEVA	salida digital		34	RB1
YL_NA1	salida digital		26	RC7
YL_NA2	salida digital		24	RC5
YL_NB1	salida digital		25	RC6
YL_NB2	salida digital		23	RC4
YL_OL1	salida digital		21	RD2
YL_OL2	salida digital		20	RD1
YL_SB	salida digital		22	RD3
YMB	salida digital		19	RD0
YMEZ	salida digital		27	RD4
YMOTORB	salida digital		33	RB0
RCR1	rele interno			
RCR2	rele interno			

FIGURA C.3: Entradas y Salidas del PLC

ANEXO D
SIMULACION CON PROTEUS

Proteus es un excelente software para simular programas antes de probarlo físicamente, se puede decir que si no hay ningún problema con proteus también debería ser en la parte física, pero esto también tampoco es del todo cierto, en tal caso se deberá hacerse pequeños ajustes.

Bueno para simular con proteus es simple y deberás hacer los siguientes pasos:

1.- Deberás sacar y conectar todos los elementos a usarse como en la parte física.

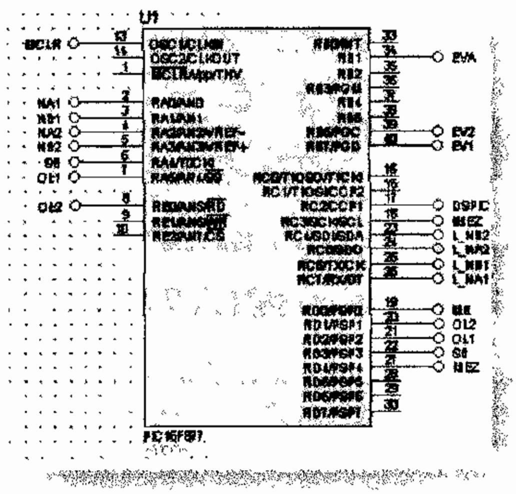


FIGURA D.1: Simulador Proteus

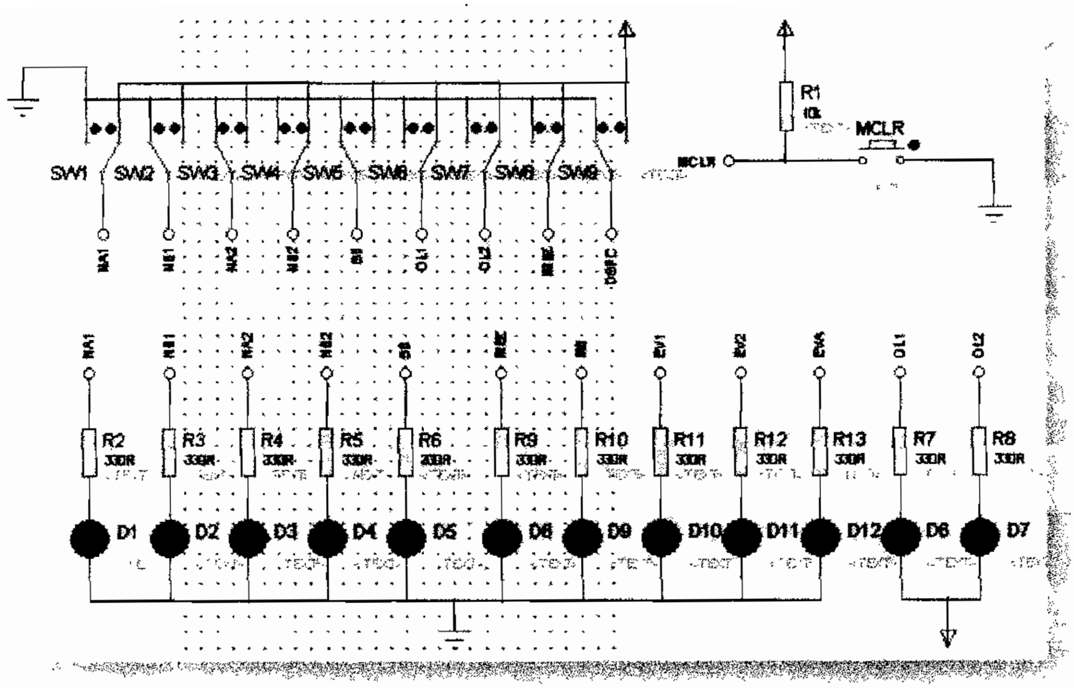


FIGURA D.2: Simulador Proteus

2.- Luego haces doble click sobre el Microcontrolador, te aparece una pantalla ***Edit Component***, en el cual especificas el archivo de extensión.HEX que deseas cargar para eso haces click en la carpeta y buscas el archivo donde lo tengas guardado y le especificas también la frecuencia que para este proyecto es 20 MHz, para esto aprovechamos justamente el archivo.hex generado por el programa anterior LDmicro.

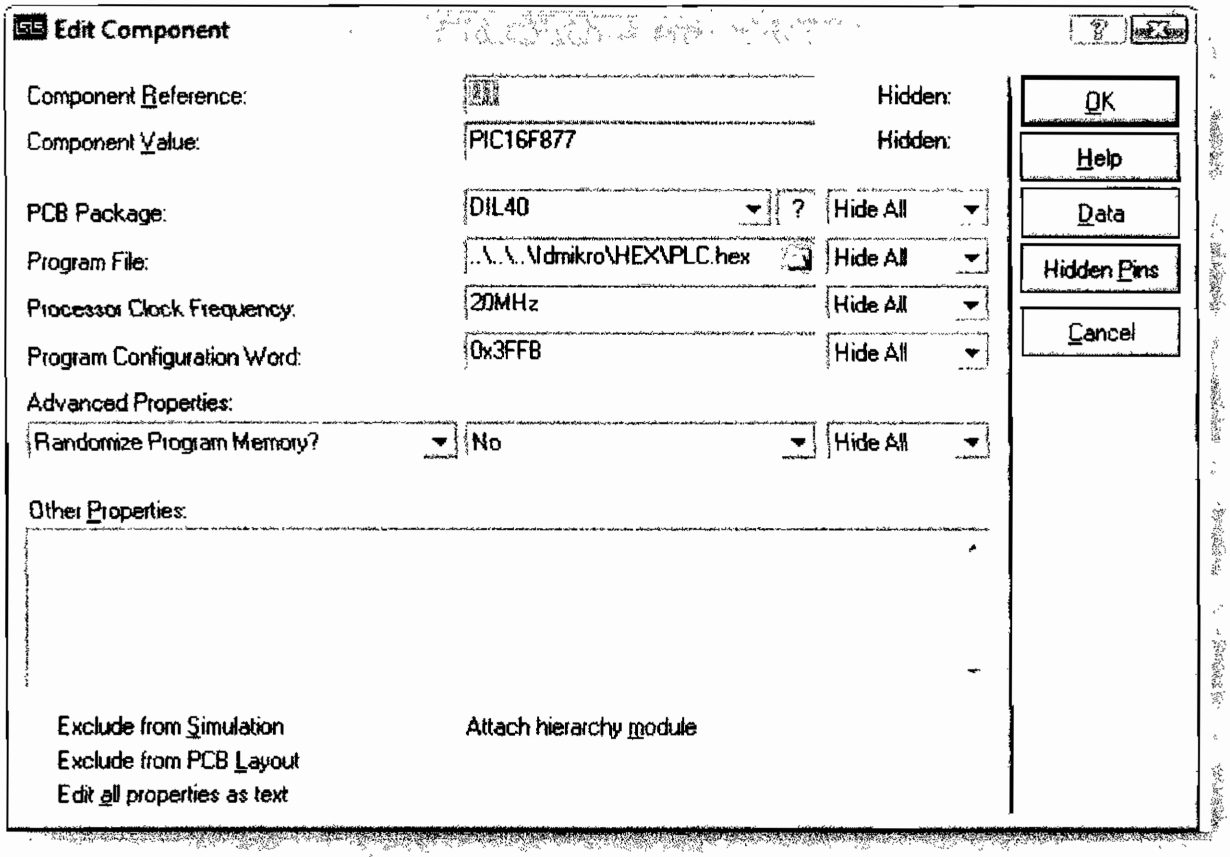


FIGURA D.3: Configuración en Proteus

3.- Si no has cometido ningún error tranquilamente puedes dar run o correr tu programa y simular para hacer todas las pruebas que sean necesarias hasta que consigas lo que deseas.

ANEXO E
DIAGRAMA DE CONTROL

```
program PI

symbol sensor = porte.2              ' encoder
symbol NA1 = portc.13             ' entrada controlada por NA1
symbol CL1 = portc.14              ' entrada controlada por CL1
symbol IMEZ = portd.0              ' salida IMEZ
symbol DSPIC = portd.2              ' salida DSPIC

'portF as Outputs_ Filas
symbol fa = portf.0
symbol fb = portf.1
symbol fc = portf.2
symbol fd = portf.3
'portF as Inputs_ Columnas
symbol c1 = portf.4
symbol c2 = portf.5
symbol c3 = portf.6

'*********** DECLARACION DE VARIABLES*****************
dim cnt1, cnt2, conteo as word          'Contadores
dim flg as boolean                      'Bandera
dim cpi, pi_a as float                  'Variables para el control proporcional inte
dim e_rror, kp, prc as float            'Variables para el control proporcional
dim ki, ci, ci_n as float               'Variables para el control integral
dim txt1, txt2 as char[5]
dim s_point,s_point2, acm as word
dim PWM_50, pwmActual as word
dim pwmtemp as float

sub procedure Timer1Int org $1A
   IFS0.3 = 0                    ' Encera TMR1IF
   inc(cnt1)                     ' Incrementa cnt1
   TMR1 = 0                      ' Encera TMR1
end sub

sub function teclado(dim tecla as word)  as word

     fa = 0
     delay_ms(50)              'Retardo de 50 ms
     if c1 = 0 then  gosub ar  tecla = 49  end if
     if c2 = 0 then  gosub ar  tecla = 50  end if
     if c3 = 0 then  gosub ar  tecla = 51  end if
     fa = 1

```

```
    fb = 0
    delay_ms(50)              'Retardo de 50 ms
    if c1 = 0 then  gosub ar  tecla = 52  end if
    if c2 = 0 then  gosub ar  tecla = 53  end if
    if c3 = 0 then  gosub ar  tecla = 54  end if
    fb = 1

    fc = 0
    delay_ms(50)              'Retardo de 50 ms
    if c1 = 0 then  gosub ar  tecla = 55  end if
    if c2 = 0 then  gosub ar  tecla = 56  end if
    if c3 = 0 then  gosub ar  tecla = 57  end if
    fc = 1

    fd = 0
    delay_ms(50)              'Retardo de 50 ms
    if c1 = 0 then  gosub ar  tecla = 42  end if
    if c2 = 0 then  gosub ar  tecla = 48  end if
    if c3 = 0 then  gosub ar  tecla = 35  end if
    fd = 1

    result = tecla

ar:
   if c1 = 0 then goto ar end if
   if c2 = 0 then goto ar end if
   if c3 = 0 then goto ar end if
   return
end sub

sub function invert(dim num as byte) as byte
  select case num
  case 48   result = 0
  case 49   result = 1
  case 50   result = 2
  case 51   result = 3
  case 52   result = 4
  case 53   result = 5
  case 54   result = 6
  case 55   result = 7
  case 56   result = 8
  case 57   result = 9
  end select
end sub
```

```
main:
    trisf = $00f0           'Configuracion del teclado
    trisD = $0000           'Configuracion del puerto D como salida
    portD = $0000           'Encera puerto D
    ADPCFG = 0xFFFF         'Configuracion digital de E S
    e_rror = 0              'Inicializa e_rror = 0
    pi_a = 0                'Inicializa pi_a = 0
    conteo = 0              'Inicializa conteo = 0
    cnt1 = 0                'Inicializa cnt1 = 0
    cnt2 = 0                'Inicializa cnt2 = 0

    'Configuracion de la pantalla LCD
    lcd_init(portb,7,6,5,4, portb,0,2,1)
    lcd_cmd(lcd_cursor_off)
    lcd_cmd(lcd_clear)

    'Configuracion PWM a 5kHz
    PWM_50 = Pwm_Mc_Init(5000,1,            ,0)
    Pwm_Mc_Start
    pwmActual = 0
    Pwm_Mc_Set_Duty(PWMActual,1)

    while NA1 = 0
          lcd_out(1,1,"MIKROELECTRONICA")    'Mensaje
    wend

entrada:
     acm = 0                                  Inicializa acm = 0
     s_point = 0                             'Inicializa s_point = 0
     lcd_out(1,1,"Ingrese S_point")          'Mensaje
     lcd_out(2,1,"200<RPM<500")              'Mensaje
     delay_ms(1000)                          'Retardo de 1seg.
     lcd_cmd(lcd_clear)                      'Encera pantalla LCD
     lcd_out(1,1,"Ingrese S_point")          'Mensaje
     lcd_cmd(lcd_second_row)                 'Salto de linea

setpoint:
      s_point=teclado(99)    '99 no ha presionado ninguna tecla

      if s_point=99  then goto setpoint end if
      if s_point=42  then goto setpoint end if              'Tecla no definida (*)
      if s_point=35  then goto convalidacion end if         'Representa enter  #

      s_point2 = s_point                       'Se almacena la variable s_point
      s_point = invert(s_point)                'Se llama la funcion invert
      s_point = (acm*10) + s_point             'Se almacena el numero en s_point
      acm = s_point                            'Se almacena el numero en acm
      lcd_chr_cp(s_point2)                     'Se visualiza el numero en pantalla
      delay_ms(5)                              'Retardo de 5ms
      goto setpoint                            'Retorno al lazo setpoint
```

```
convalidacion:
    if (acm>=200) and (acm<=500) then
       goto p_integral          'Ir al lazo del control proporcional-integral
    else
       lcd_cmd(lcd_clear)       'Encera pantalla LCD
       wordtostr(acm,txt1)
       lcd_out(1,1,txt1)
       lcd_out(2,4,"InCorrecto")        'Mensaje
       delay_ms(1000)          'Retardo de 1 seg
       goto entrada            'Retorno al lazo entrada
    end if

p_integral:
      flg = 1                   'Inicializa flg = 1
      cnt1 = 0                  'Inicializa cnt1 = 0
      cnt2 = 0                  'Inicializa cnt2 = 0
      TMR1 = 0                  'Inicializa TMR1 = 0
      IPC0  = IPC0 or  $1000    'Interrupt priority level = 1
      IFS0.3  = 0               'Encera T1IF
      IEC0.3  = 1               'Habilita interrupcion Timer1
      T1CON = $8020             'Timer1 ON, internal clock FCY, prescaler 1:6
      IMEZ = 1                  'Indicador motor MEZ encendido
      lcd_cmd(lcd_clear)        'Encera pantalla LCD

      while flg
        if sensor then          'sensor
          while sensor
           wend
           cnt2 = cnt2 + 1      'Incrementa cnt2
        end if
        if cnt1 = 1 then
          cnt1 = 0              'Encera cnt1
          flg = 0               'Encera flg = 0
          IEC0.3  = 0           'Encera IEC0.3  = 0
          T1CON = $0000         'Encera T1CON = 0
        end if
      wend

      cnt2 = cnt2 * 60          'Se transforma la velocidad a RPM
      wordtostr(cnt2,txt1)
      lcd_out(1,1,"RPM")        'Mensaje
      lcd_out(1,5,txt1)
      delay_ms(1000)             Retardo de 1seg
```

```
kp = [illegible]                        'Constante Proporcional
ki = [illegible]                        'Constante Integral

e_rror = acm - cnt2           'Diferencia de la velocidad deseada con la actual

'Control Proporcional
pro = kp * e_rror

'Control Integral
ci = ki * e_rror
ci_n = ci + ci_n                     'el nuevo "ci_n"

if ci_n >= 50 then
   ci_n = 50
end if
if ci_n <= 0 then
   ci_n = 0
end if

'Control Proporcional Integral
cpi = pro + ci_n
pi_a = cpi + pi_a

if pi_a >= 799 then
   pi_a = 799
end if
if pi_a <= 0 then
   pi_a = 0
end if

pwm_mc_set_duty(pi_a,1)

inc(conteo)                  'Incrementa conteo
```

```
        if conteo = 10 then
           conteo = 0              'Encera conteo = 0
           pwmActual = 0           'Encera pwmActual = 0
           Pwm_Mc_Set_Duty(PWMActual,1)         'Motor MEZ apagado
           IMEZ = 0                'Indicador motor de la MEZ apagado
           DSPIC = 1               'Señal de encendido EV1
           delay_ms(9999)          'Retardo de 9.99 seg
           goto main               'Retorno al menu principal
        end if

        if CL1 then
            goto CL                'Ir al lazo de sobrecarga (CL)
        end if
        goto p_integral            'Retorno al lazo PI

CL:
      pwmActual = 0                'Encera pwmActual = 0
      Pwm_Mc_Set_Duty(PWMActual,1)        'Motor MEZ apagado
      IMEZ = 0                     'Indicador motor de la MEZ apagado
      if CL1 = 0 then
           goto main               'Retorno al menu principal
      end if
      goto CL                      'Retorno al lazo CL

end.
```

ANEXO F
DIAGRAMA DE FLUJOS DEL DSPIC

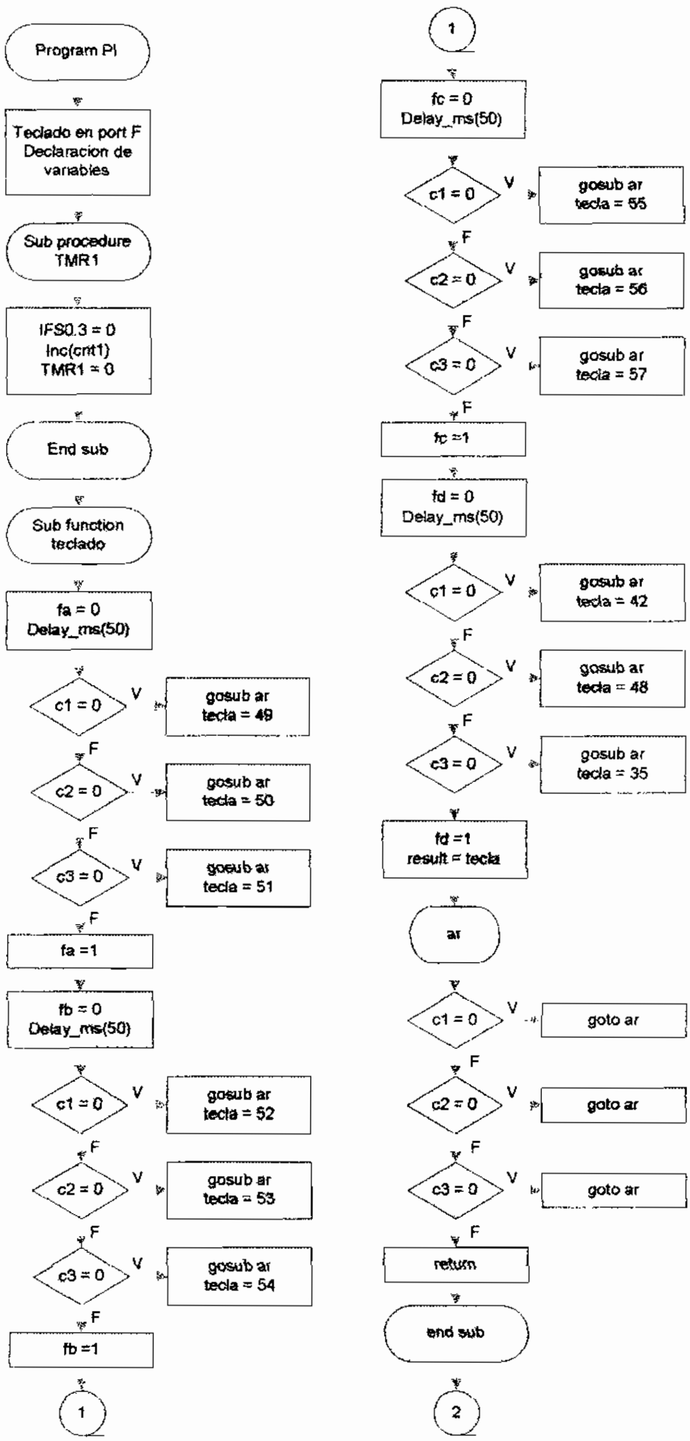


FIGURA F.1: Diagrama de Flujo

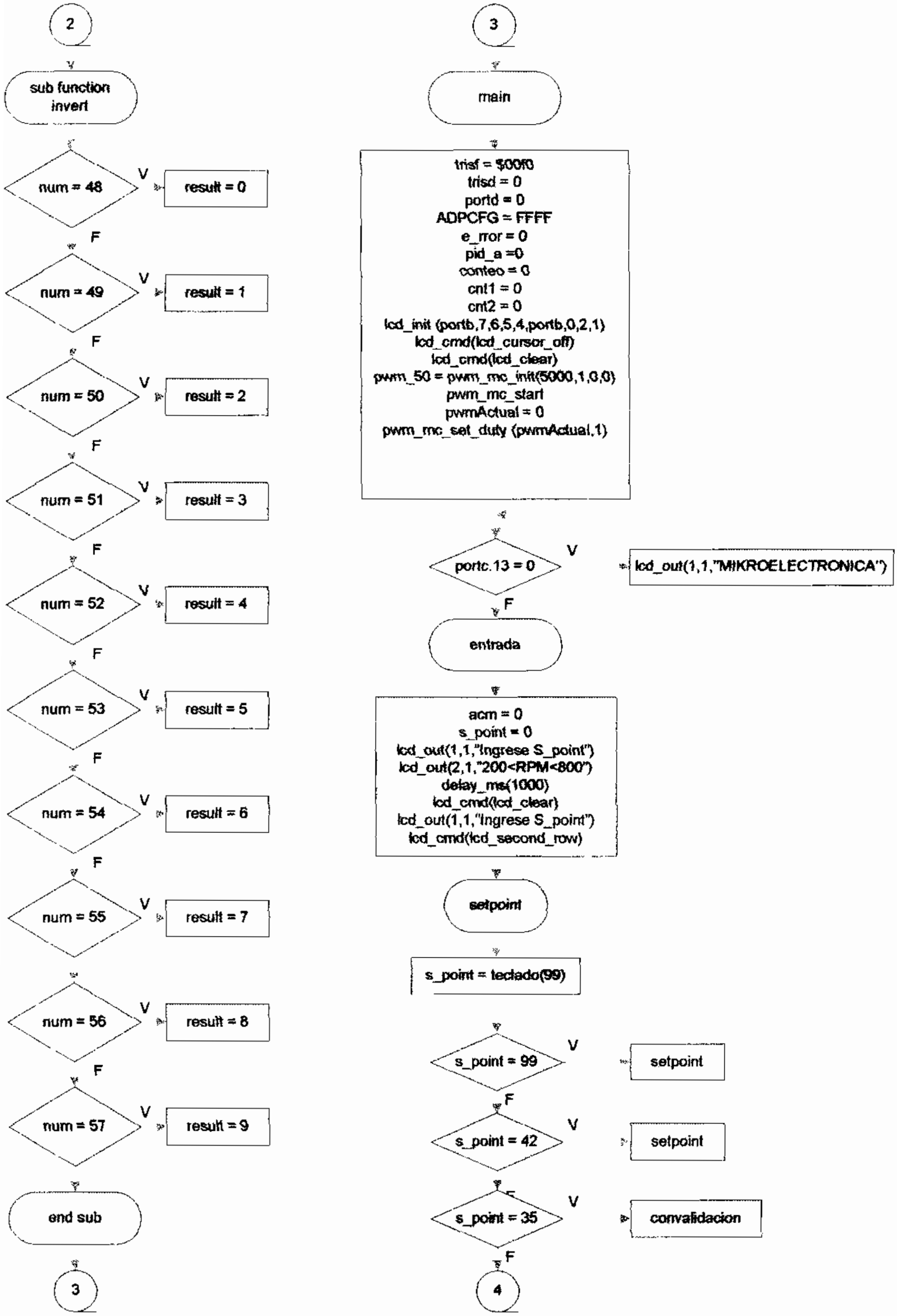


FIGURA F.2: Diagrama de Flujo

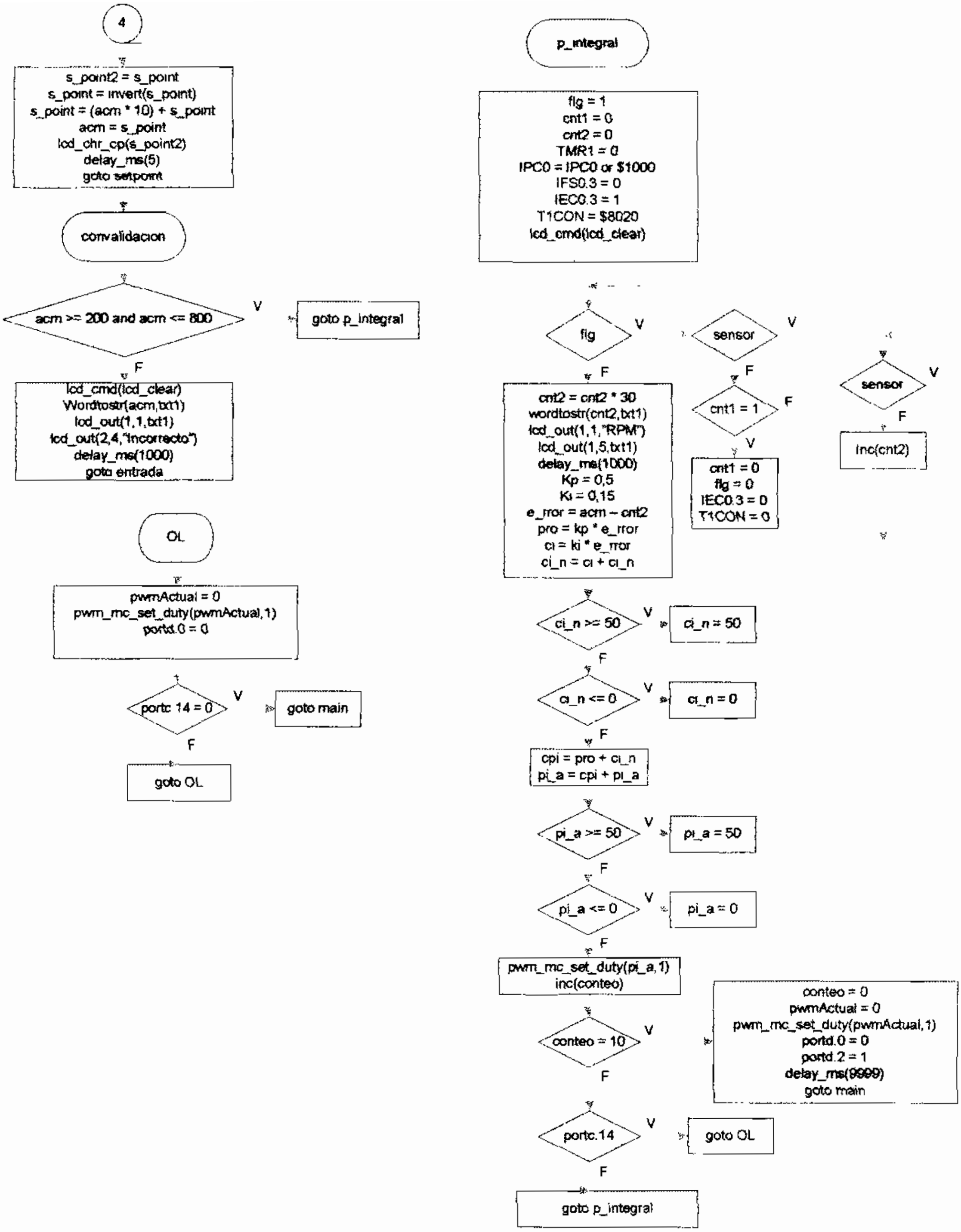


FIGURA F.3: Diagrama de Flujo

ANEXO G
DIAGRAMA ELECTRICO

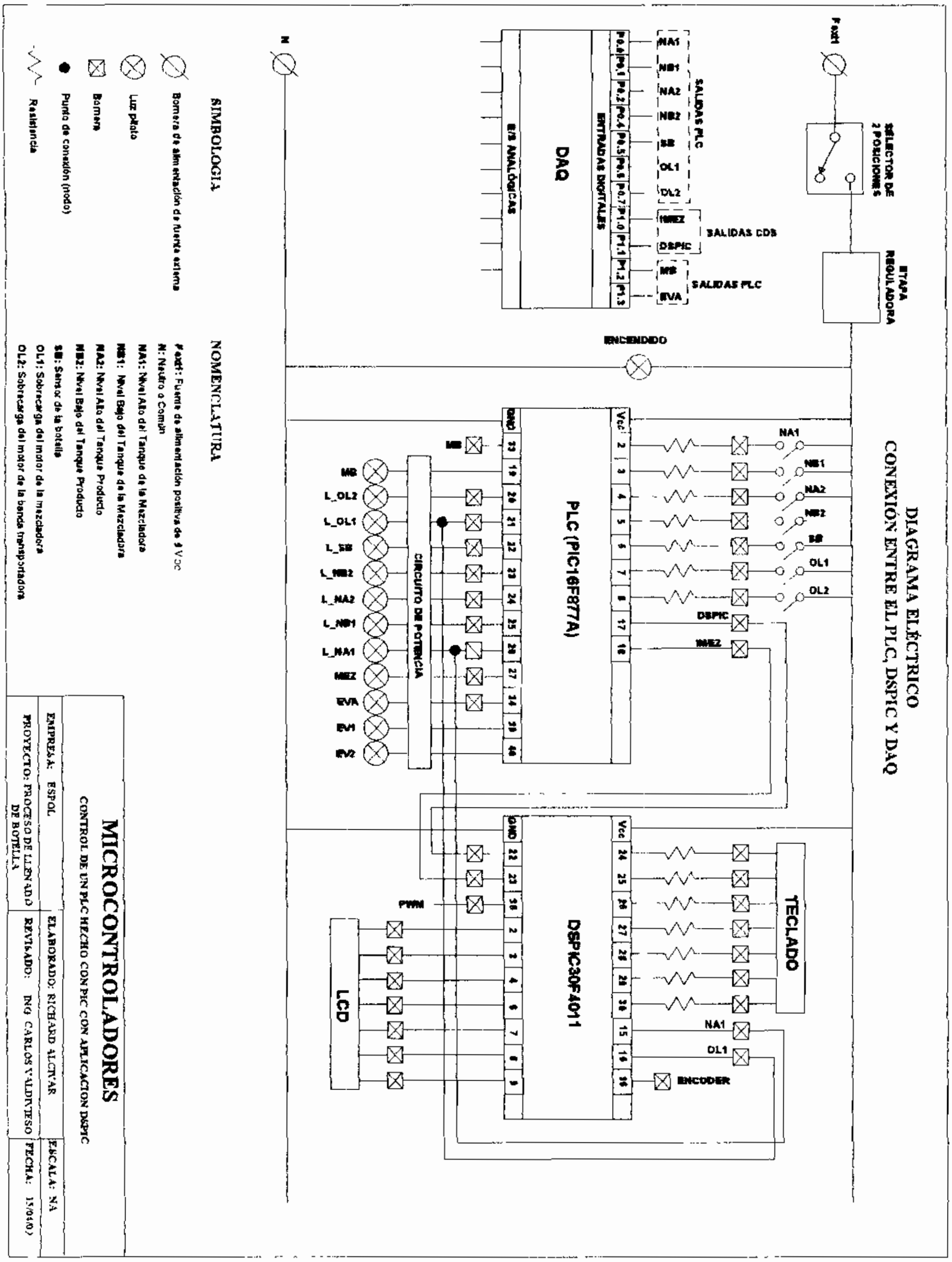


FIGURA G.1: Diagrama Eléctrico

ANEXO H
MODULO DSC

El módulo DSC (Datalogging and Supervisory Control) es la mejor manera de desarrollar interactivamente sistemas distribuidos de monitoreo y control.

Con el módulo NI LABVIEW DSC, puede extender su aplicación de LABVIEW para ver en tiempo real y datos históricos, configurar alarmas y eventos, crear la seguridad en sus aplicaciones, de red fácilmente dispositivos OPC y Labview Real-Time objetivos juntos en un sistema completo.

Para nuestro proyecto el módulo DSC fue muy importante porque al programa de Labview le añade más figuras con sus respectivas propiedades, la cual aprovechamos para simular ciertos elementos como: tuberías, electroválvulas y bombas.

BIBLIOGRAFIA

1. ANGULO USATEGUI JOSÉ, Microcontroladores avanzados dsPIC, 1° Edición; Thomson; Madrid-España, 2006; pp 3-495.

2. Ogata, Katsuhiko. Tercera Edición, Ingeniería de Control Moderna, Prentice-Hall hispanoamericana, S.A. (1998)

3. Kuo, Sistemas de Control Automático, B.C. Prentice Hall Hispanoamericana, México, 1996

4. Microchip, Hoja de datos del PIC16F877A, Feb 09, http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/39582b.pdf

5. Microchip, Hoja de datos del dsPIC30F4011, Feb 09, http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70135F.pdf.

6. Microchip, Manual de usuario del Microchip PICkit 2, Feb 09, http://www.microchip.com/.

7. Texas Instruments, Hojas de fabricante de especificación OPA 548T, Feb 09, http://focus.ti.com/lit/ds/symlink/opa548.pdf

8. **Ing. Mauricio Amestegui Moreno, Universidad Mayor de San Andres, La Paz-Bolivia, Enero de 2001.**

http://www.alumnos.usm.cl/~ignacio.morande/descargas/apuntes_de_control_pid.pdf

9. **Control Automático 1, Automatización y Control Industrial, Universidad Nacional de Quilmas, Marzo 2002**

http://iaci.unq.edu.ar/materias/control1/web/Apuntes/PID.pdf

10. **Microchip, Manual de referencia de la familia dsPIC30F, Feb 09,** http://ww1.microchip.com/downloads/en/DeviceDoc/70046E.pdf.