

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL**

**Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación**

***“DISEÑO, SIMULACIÓN Y EMULACIÓN DE UNA***

***PLANTA PRODUCTORA DE PANELA”***

**TESIS DE GRADO**

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

**INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES**

**INGENIERO EN ELECTRICIDAD ESPECIALIZACIÓN**

**ELECTRONICA INDUSTRIAL Y AUTOMATIZACIÓN**

**Presentado por:**

**EDISON FABRICIO GUAMÁN CEDILLO**

**FLAVIO ROBERTO GUAMÁN AYMAR**

**GUAYAQUIL - ECUADOR**

**2007**

## **DEDICATORIA**

A nuestros padres, hermanos,  
profesores y amigos que han  
sabido guiarnos y ayudarnos  
a alcanzar nuestras metas.

Los Autores

# **TRIBUNAL DE GRADUACIÓN**

---

Ing. Gustavo Bermúdez  
DECANO DE LA FIEC

---

Ing. Hugo Villavicencio  
DIRECTOR DE TESIS

---

Ing. German Vargas  
VOCAL PRINCIPAL

---

Ing. Washington Medina  
VOCAL PRINCIPAL

## **DECLARACIÓN EXPRESA**

“La responsabilidad del contenido de la presente Tesis de Grado nos corresponden exclusivamente, y el patrimonio intelectual de la misma a la ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DEL LITORAL”

---

Flavio R. Guamán Aymar

---

Edison F. Guamán Cedillo

## **RESUMEN**

El primer capítulo describe las características de la panela: su origen, composición vitamínica, etc; así como los tipos de panela existentes, además presenta su proceso de producción detallando cada una de sus etapas e indicando la manera tradicional en que se desarrollan dichas etapas.

El segundo capítulo indica las etapas del proceso a automatizarse y los diferentes bloques que constituyen el sistema. Además se explica el papel que desempeñan el microcontrolador y el computador en el sistema.

En el capítulo 3 se presentan los elementos de campo como bomba, sensores y válvulas que deberían ser usados para la implementación de este circuito de control en una fabrica real, así como la explicación del por qué de su elección.

En el capítulo 4 se detalla el diseño del tablero de control a implementarse y se realizan los cálculos para la elección de los dispositivos de fuerza y de control.

En el capítulo 5 se muestran los diagramas de flujo para la programación del microcontrolador y para el software de monitoreo. Aquí también se brinda un manual de usuario de dicho software.

En el capítulo 6 se analiza el sistema de comunicación que se desarrolló para permitir que la tarjeta electrónica interactúe con el computador.

Finalmente, el capítulo 7 mostramos la simulación del proyecto usando un tablero de simulación, en donde los sensores analógicos son representados por potenciómetros y los digitales por interruptores. Dicho tablero contiene a la tarjeta electrónica que ha sido programada para controlar el proceso de producción de panela.

# ÍNDICE GENERAL

1.	Capítulo I: PANELA COMO DERIVADO DE LA CAÑA DE AZÚCAR	
1.1	Generalidades	1
1.2	Tipos de Panela	4
1.3	Proceso de producción de la panela	5
1.3.1	Etapas del proceso de producción de la panela	6
1.3.2	La fábrica tradicional	16
2.	Capítulo II: DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA A AUTOMATIZARSE	
2.1.	Etapas a Automatizarse	18
2.2.	Diagrama de Bloques	20
2.3.	Papel del Microcontrolador en el sistema	21
2.4.	Papel del computador en el sistema	23
3.	Capítulo III: ELEMENTOS DE CAMPO EN EL PROCESO	
3.1	Sensores	25
3.1.1	Sensores de temperatura	25
3.1.2	Sensores de nivel	26
3.1.3	Sensor de concentración	30
3.1.4	Sensor de PH	33
3.2	Válvulas y Bomba	38

4.	Capítulo IV: DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL	
4.1	Diagrama del Tablero	40
4.2	Dimensionamiento de los Dispositivos de Fuerza y Control	41
4.3	Placa Base y detalle de sus elementos	47
5.	Capítulo V: PROGRAMA DISEÑADO PARA EL CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO	
5.1	Diagramas de Flujo del programa de control del microcontrolador	52
5.2.	Software de monitoreo	57
5.2.1	Diagramas de Flujo	57
5.2.2	Manual del usuario	58
6.	Capítulo VI: SISTEMA DE COMUNICACIÓN	62
7.	Capítulo VII: SIMULACIÓN DEL PROYECTO	68
	CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	75
	ANEXOS	77
	BIBLIOGRAFÍA	127



## INDICE DE TABLAS

<i>Tabla I. Composición promedio de la caña de azúcar.....</i>	<i>2</i>
<i>Tabla II. Contenido vitamínico de la panela.....</i>	<i>3</i>
<i>Tabla III. Contenido mineral de la panela.....</i>	<i>4</i>
<i>Tabla IV. Tipos de panela.....</i>	<i>5</i>
<i>Tabla V. Estado de madurez de la caña.....</i>	<i>7</i>
<i>Tabla VI. Componentes del jugo de caña.....</i>	<i>8</i>
<i>Tabla VII. Parámetros característicos de cada etapa.....</i>	<i>19</i>
<i>Tabla VIII. Tamaño de los tanques de cada etapa.....</i>	<i>20</i>
<i>Tabla IX. Sensores de temperatura.....</i>	<i>25</i>
<i>Tabla X. Sensor adecuado para cada parámetro.....</i>	<i>37</i>
<i>Tabla XI. Elementos de la placa base.....</i>	<i>48</i>
<i>Tabla XII. Valores analógicos transmitidos.....</i>	<i>66</i>
<i>Tabla XIII. Valores digitales transmitidos.....</i>	<i>66</i>

## INDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1. Sembrado de la Caña de Azúcar.....</i>	<i>1</i>
<i>Figura 2 Proceso de producción de la Panela.....</i>	<i>5</i>
<i>Figura 3. Corte de Caña Panelera.....</i>	<i>6</i>
<i>Figura 4. Presentaciones de la panela: Granulada y en bloque.....</i>	<i>15</i>
<i>Figura 5. Diagrama de bloques del sistema.....</i>	<i>20</i>
<i>Figura 6. Diagrama de entradas y salidas del microcontrolador.....</i>	<i>22</i>
<i>Figura 7. Tipos de sensores de nivel.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 8. Funcionamiento de los sensores ultrasonicos.....</i>	<i>26</i>
<i>Figura 9. Acondicionamiento de señales para los sensores de nivel de tanques....</i>	<i>29</i>
<i>Figura 10. Circuito de acondicionamiento de señal para el sensor de nivel de cal.</i>	<i>30</i>
<i>Figura 11. Refracción de la luz.....</i>	<i>31</i>
<i>Figura 12. Esquema de los dos electrodos usados para medir pH.....</i>	<i>34</i>
<i>Figura 13. Esquema del Amplificador de electrodo sensor de pH.....</i>	<i>36</i>
<i>Figura 14. Electrodo de pH con cuerpo de vidrio, sellado y relleno con gel.....</i>	<i>37</i>
<i>Figura 15. Representación del sistema automatizado.....</i>	<i>38</i>
<i>Figura 16. Panel de control.....</i>	<i>40</i>
<i>Figura 17. Distribución de los elementos en el tablero de control.....</i>	<i>45</i>
<i>Figura 18. Diagrama de Control.....</i>	<i>46</i>
<i>Figura 19. Diagrama de Fuerza.....</i>	<i>47</i>
<i>Figura 20. Distribución de los elementos en la placa base.....</i>	<i>47</i>

<i>Figura 21. Parte superior y posterior de la placa base.....</i>	<i>50</i>
<i>Figura 22. Diagrama de flujo de prelimpieza.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 23. Diagrama de flujo de clarificación.....</i>	<i>54</i>
<i>Figura 24. Diagrama de flujo de evaporación.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 25. Diagrama de flujo de concentración.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 26. Diagrama de flujo de transmisión y recepción de datos.....</i>	<i>56</i>
<i>Figura 27. Diagrama de flujo de programa de monitoreo.....</i>	<i>57</i>
<i>Figura 28. Pantalla del programa de monitoreo en modo manual.....</i>	<i>58</i>
<i>Figura 29. Programa de monitoreo en modo manual indicando errores.....</i>	<i>60</i>
<i>Figura 30. Programa de monitoreo en modo automático.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 31. Forma de envío de bits.....</i>	<i>63</i>
<i>Figura 32. Elementos principales del proceso de comunicación.....</i>	<i>64</i>
<i>Figura 33. Vista frontal del tablero de simulación.....</i>	<i>68</i>
<i>Figura 34. Vista interior del tablero de simulación.....</i>	<i>69</i>
<i>Figura 35. Vista posterior del tablero de simulación.....</i>	<i>70</i>
<i>Figura 36. Diagrama de control.....</i>	<i>74</i>

## INTRODUCCIÓN

Los últimos años han sido testigos de un desarrollo vertiginoso de la electrónica y su influencia en casi todos los ámbitos de la vida, desde el entretenimiento, salud, comunicación, industria, etc.

En el caso particular de la industria, el desarrollo de la electrónica ha provisto las herramientas para lograr una automatización y precisión en los procesos, lo cual ha llevado a un mejoramiento tanto en calidad como en cantidad de los diversos productos finales.

A pesar de esto, existen campos en la industria en los que la electrónica aún no ha sido aplicada, por lo cual se está observando una baja competitividad frente a los productos alternativos que existen en el mercado.

Por otro lado, en la actualidad se observa la tendencia que existe hacia el consumo de productos naturales o integrales debido a las diversas bondades que estos presentan frente a los productos más procesados. Un claro ejemplo de este comportamiento lo muestra el consumo de azúcar blanca, la cual actualmente está tratando de ser sustituida por azúcar morena, panela o miel ya que éstas presentan mejores nutrientes para el organismo.

Para tener una idea de las diferencias existentes, basta observar la siguiente tabla en la que se muestran los diferentes compuestos en miligramos por cada 100 gramos:

	PANELA	AZUCAR BLANCA	
CALORÍAS	220	400	
VITAMINAS B			FUNCIÓN
B1 (Tiamina)	245	0	Liberación de energía
B2 (Riboflavina)	240	0	Crecimiento, energía
B3 (Niacina)	4	0	Liberación de energía, quemar grasas
B5 (Pantotenato)	260	0	Gl. Suprarrenales, piel lozana
B6 (Piridoxina)	270	0	Desintoxicación, hígado, riñones cerebro, síntesis de aminoácidos
B7 (Biotina) o vit. H	16	0	Crecimiento
MINERALES			
Cálcio	258	1	Huesos, dientes
Fósforo	30	Trazas	Energía, duplicación celular
Hierro	8	0.04	Energía, transporte de oxígeno
Cobre	2	0.02	Síntesis de sangre
Magnésio	0.04	0	Tejidos blandos, corazón
Cloruro	317	Trazas	Sangre, nervios
Sódio	90	0.3	Nervios, corazón
Potasio	1500	0.5	Corazón, nervios

Al comparar los procesos de producción entre el azúcar y los competidores antes mencionados, vemos una gran diferencia: mientras el azúcar presenta un proceso muy tecnificado, sus competidores presentan procesos muy tradicionales.

Por esta razón, la presente tesis se centra en el proceso de fabricación de panela y pretende mejorarlo hasta lograr un proceso más tecnificado usando las herramientas que nos da la electrónica actual y de esta forma mejorar su productividad y permitirle competir con productos de gran calidad.

## **CAPITULO I**

### **PANELA COMO DERIVADO DE LA CAÑA DE AZÚCAR**

## 1.1 GENERALIDADES

La materia prima para la elaboración de la panela es la caña de azúcar. La caña es una gramínea del género *Saccharum*, originaria de Nueva Guinea, cultivada en zonas tropicales y subtropicales. Su forma es erecta con tallos cilíndricos de 2 a 5 metros de altura, diámetro variable de 2 a 4 cm y nudos pronunciados sobre los cuales se insertan alternadamente las hojas delgadas. Consta de una parte exterior formada por la corteza, comúnmente cubierta de una capa de cera de grosor variable que contiene el material colorante. Su crecimiento y desarrollo dependen de ciertos factores como luminosidad, temperatura, precipitación de lluvias, vientos y variedades.

*Figura 1. Sembrado de la Caña de Azúcar*



La caña de azúcar está compuesta principalmente por agua, y una parte sólida la cual a su vez está contiene fibra y sólidos solubles. Entre los sólidos solubles de la caña sobresalen los azúcares como sacarosa, glucosa y fructuosa y otros compuestos

menores como minerales, proteínas, ceras, grasas y ácidos que pueden estar en forma libre o combinada. La proporción en la que se encuentran cada uno de estos compuestos está dada por la variedad, tipo de suelo, manejo agronómico, edad, factores climáticos, etc. y estos a su vez son alterados durante el proceso de tal forma que se dificulta obtener un producto totalmente homogéneo.

*Tabla I. Composición promedio de la caña de azúcar*

Componentes de la caña de azúcar		Porcentaje (%)	
Agua		73 – 76	
Parte Sólida	Fibra seca	24-27	11-16
	Sólido soluble		10-16

La panela es un producto obtenido de la evaporación de los jugos de la caña y la consiguiente cristalización de la sacarosa que contiene minerales y vitaminas. Esta se puede utilizar en la fabricación de productos alimenticios, además como proveedora de insumos para otras industrias como la farmacéutica.

La panela tiene una rica composición nutricional: los azúcares (sacarosa, glucosa y fructosa), las vitaminas (A, algunas del complejo B, C, D y E), y los minerales (potasio, calcio, fósforo, magnesio, hierro, cobre, zinc y manganeso, entre otros).

Entre los carbohidratos, el azúcar sacarosa es el principal constituyente de la panela, con un contenido que varía entre 75 y 85% del peso seco. Por su parte, los azúcares reductores (glucosa y fructosa entre 6 y 15%), poseen una disponibilidad de uso



inmediato para el organismo, lo cual representa una gran ventaja energética, estos son fácilmente metabolizados por el cuerpo, transformándose en energía necesaria requerida por nuestro cuerpo.

*Tabla II. Contenido vitamínico de la panela*

<b>Vitamina</b>	<b>Función</b>	<b>Recomendación Diaria (mg./día)</b>	<b>Aporte por 70 g. De Panela diarios(mg.)*</b>	<b>Aporte a la recomendación Diaria(%)</b>
A Retinol, axeroftol	Mejora la visión nocturna, participa en el crecimiento y restaura la calidad de la piel; mejora la absorción de hierro en el organismo.	06-10	1,4	1,5
B1 Tiamina	Nutre y protege el sistema nervioso; indispensable en el metabolismo energético de azúcares	2	0,0084	0,42
B2 Riboflavina	Es la vitamina de la energía; previene los calambres musculares y mejora la visión.	2	0,046	2,3
B5	Es la vitamina de la piel y de cabello; aumenta la resistencia ante el estrés y la infecciones.	10	0,007	0,35
B6 Piridoxina	Participa en la construcción de tejidos y contribuye al metabolismo de proteínas. Importante para dientes y encías; previene una clase de anemia.	2	0,007	0,35
C Ácido ascórbico	Ayuda poderosa para todos los mecanismos de defensa del cuerpo; vitamina antiestrés.	40-60	5	10
D2 Ergocalciferol	Participa en la asimilación de calcio por parte de los huesos. Actúa en la formación del conjunto de tejidos.	10-30	0,046	0,23
E Tocoferoles	Protege el organismo del envejecimiento. Interviene en el metabolismo de las grasas.	1-30	0,08	0,27

\*Calculado con base en un consumo de 25 Kg/habitante/año.

Desde el punto de vista nutricional, el aporte energético de la panela oscila entre 310 y 350 calorías por cada 100 gramos.

*Tabla III. Contenido mineral de la panela*

<b>Mineral</b>	<b>Función</b>	<b>Recomendación Diaria (mg./día)</b>	<b>Aporte por 70 g. De Panela diarios(mg.)*</b>	<b>Aporte a la recomendación Diaria(%)</b>
Potasio K	Indispensable en la utilización de las proteínas en metabolismo de los carbohidratos y el control de la glicemia.	3000-4000	7-9	0,23
Magnesio Mg	Asegura la comunicación neuromuscular; junto con el potasio, son los cationes más importantes del líquido intracelular.	100-400	49-63	22,4
Calcio Ca	Regula los intercambios de membrana en las células. Participa en formación del sistema óseo.	2	0,046	2,3
Fósforo P	Participa en la asimilación del calcio por parte de los huesos.	600-1000	28-70	6,13
Hierro Fe	Es antianémico. Participa en la formación de los glóbulos rojos(eritropoyesis).	15-20	7-9	45,71
Cobre Cu	Refuerza el sistema inmunológico. Es antianémico.	2-3	0,07-0,63	14
Zinc Zn	Regula el azúcar en la sangre (glicemia).	10-15	0,14-0,28	1,68
Manganeso Mn	Es antialérgico y ayuda a la asimilación de azúcares. Participa en la absorción de compuestos aminonitrogenados como las proteínas.	3-9	0.14-0.35	4.08

\*Calculado con base en un consumo de 25 Kg/habitante/año.

## **1.2 TIPOS DE PANELA**

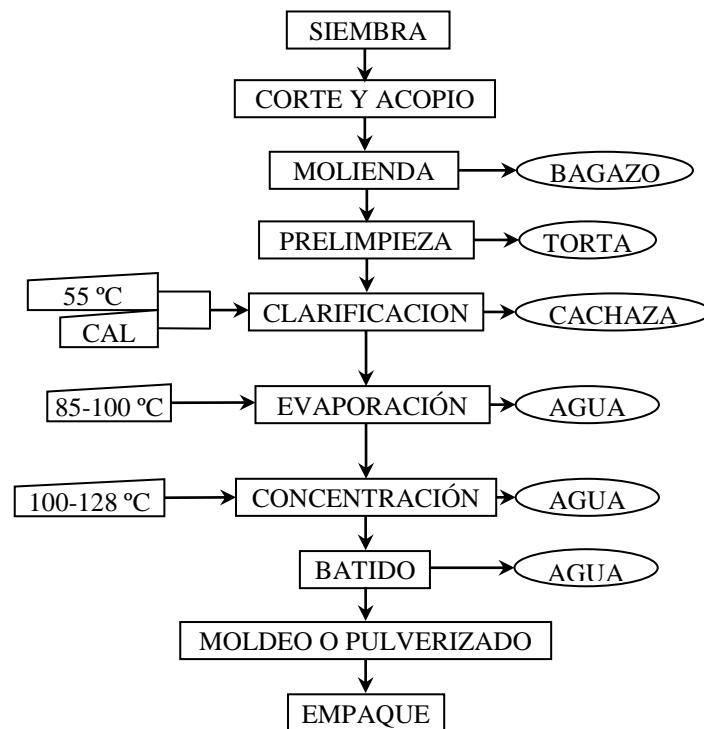
Existen dos tipos de Panela: La panela granulada y la panela en bloque

*Tabla IV. Tipos de panela*

	<b>PANELA PULVERIZADA</b>	<b>PANELA EN BLOQUE</b>
DESCRIPCION FISICA	Sólido granulado, soluble en agua, con tonos de amarillo, pardo o pardo oscuro, sabor y olor característico. Tamaño de partícula hasta 2.5 mm.	Sólido en bloques de tamaño variable, soluble en agua, con tonos y olor característico. Forma de bloques rectangulares.
CARACTERISTICAS FISICOQUIMICAS	96-98° Brix 125-128 °C en la concentración 5.5-11% Azucares reductores pH 5.8-6.2 0.8-1.5% Sólidos sedimentables 1.6-5% Humedad	88°- 94° Brix 118 – 122 °C en la concentración 5.5-11% Azucares reductores pH 5.8-6.2 0.8-1.5% Sólidos sedimentables 1.6-5% Humedad

### 1.3 PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA PANELA

*Figura 2. Proceso de producción de la Panela*



### 1.3.1 ETAPAS DEL PROCESO DE PRODUCCIÓN DE LA PANELA

- a) Corte y almacenamiento de la caña.- Se debe realizar cuando la caña alcanza el sazonado adecuado, ósea cuando tiene la mayor concentración de sólidos solubles, y alcanza la madurez en sacarosa. Las cañas inmaduras y sobremaduras dan rendimientos menores y poseen mayor cantidad de reductores lo cual influyen negativamente en la dureza y el color de la panela.

*Figura 3. Corte de Caña Panelera*



La edad de corte para cada variedad la cual es determinada por los investigadores usando las curvas de sacarosa obtenidas en el laboratorio. El índice de madurez esta determinado por la mayor concentración de sólidos solubles el cual se halla con el uso del refractómetro de campo o el densímetro con escala en °Brix. Ésta edad de corte depende también de la altura sobre el nivel del mar, por lo general la caña se corta entre los 12 y los 30 meses de edad.

*Tabla V. Estado de madurez de la caña*

INDICE DE MADUREZ	ESTADO DE MADUREZ
0,95 - 1,0	caña madura
1,0	caña sobremadura
< 0,95	caña inmadura

Una vez cortada la caña debe almacenarse máximo por tres días, después del cuarto día la inversión es alta, aumentando el porcentaje de reductores. El pH de los jugos al iniciar el proceso en la hornilla cuando ha tenido un buen manejo agronómico es de 5.2, para el cual se requiere agregar cal al jugo.

b).- Molienda o extracción.- La extracción del jugo de la caña se lleva a cabo en diversos tipos de molinos, conocidos también como trapiches, con una capacidad que varía desde media tonelada/hora en los de tracción animal hasta siete o más toneladas en los más avanzados.

En esta operación se obtienen dos productos: el jugo crudo como producto principal y el bagazo húmedo. El nivel de extracción y la concentración de sólidos solubles de los jugos afectan directamente el rendimiento en la producción. El porcentaje de extracción (peso del jugo\*100/peso de la caña) depende de las condiciones de operación del molino y tiene efectos marcados sobre la calidad y cantidad de jugo que se obtiene. En términos generales para molinos de 3 mazas una extracción óptima está en 58-60% y para molinos de 6 mazas uno detrás de otro hasta el 68%, para extracciones mayores hasta 75% debe usarse una lixiviación o adicionar un solvente, al bagazo para remover azúcares.

El jugo obtenido directamente del molino, físico-químicamente es un dispersoide compuesto por materiales en todos los tamaños, desde partículas gruesas hasta iones y coloides. El material grueso consiste principalmente de tierra, partículas de bagazo y cera. Los coloides en el jugo incluyen tanto los derivados del suelo como los de la caña y

están constituidos principalmente por partículas de tierra, ceras, grasas, proteínas, vitaminas, gomas, pectinas, taninos y material colorante. Su porcentaje es pequeño y fluctúa entre 0.05 a 0.3%. Las dispersiones iónicas y moleculares, corresponden básicamente a azúcares y constituyentes minerales.

*Tabla VI. Componentes del jugo de caña*

COMPONENTES DEL JUGO DE CAÑA		CANTIDAD (%)	
Azúcares	Sacarosa	75-92	70 – 88
	Glucosa		2 – 4
	Fructuosa		2 – 4
Sales		3.0 – 4.5	
Ácidos Orgánicos Libres	Carboxílicos	1.5-5.5	1.1-3.0
	Aminoácidos		0.5-2.5
Componentes orgánicos menores	Proteínas	0.5 – 0.6	
	Almidón	0.001 – 0.05	
	Gomas	0.3 – 0.6	
	Cera, grasas, fosfatidos	0.05 – 0.15	
	Otros	3.0 – 5.0	

El Bagazo o remanente de los tallos de la caña de azúcar después de extraerse el jugo es utilizado en la generación de calor mediante su combustión en las hornillas. En los trapiches tradicionales se requiere someterlo a un proceso de secado natural previo, hasta conseguir una humedad de menos del 30%. El tiempo de secado depende de algunos factores como son: dimensiones del arrume, condiciones climáticas del sitio, humedad con la que sale el bagazo del molino y características de construcción de la bagacera.

- c) Prelimpieza.- Consiste en eliminar por medios físicos y a temperatura ambiente el material grueso con el que sale el jugo de caña del molino. Este material consiste principalmente en tierra, partículas de bagazo y cera, para su separación se usa el pozuelo, las mallas y los sistemas de prelimpieza. Cualquiera de estos equipos de prelimpieza requieren para su buen funcionamiento un adecuado mantenimiento y limpieza, mínimo cada 6 h, con el fin de evitar la fermentación de los jugos y como consecuencia un aumento de la acidez de los jugos, y de los azúcares reductores. Se recomienda utilizar en su construcción acero inoxidable, material resistente a la corrosión y fácil de limpiar.

Los prelimpiadores usan la diferencia de densidad de las partículas como principio para su separación. Deben estar cubiertos para evitar la caída de impurezas mayores, como hojas las cuales dificultan el buen funcionamiento del equipo y durante la molienda las impurezas que flotan se deben retirar varias veces al día, este material puede pasarse nuevamente por el molino, con el fin de recuperar parte del jugo retenido. La diferencia entre la altura del nivel del jugo y la altura total debe ser mayor a 15cm para evitar su saturación rápida y el desborde de las impurezas.

- d) Clarificación.- Tiene como fin eliminar los sólidos en suspensión, las



sustancias coloidales y algunos compuestos colorantes presentes en los jugos durante la producción de panela mediante la aglomeración de dichas partículas.

Terminada la prelimpieza se pasa el jugo directamente a la paila clarificadora a una temperatura cercana a la del ambiente para iniciar su calentamiento hasta 50 o 55°C. El calentamiento del jugo acelera su velocidad de movimiento, lo que permite la coagulación o formación de partículas de mayor tamaño y densidad. Estas partículas son más fácilmente removibles por medios físicos.

Parte de las sustancias precursoras y generadoras de color e impurezas en el producto final permanecen en solución, sin poder ser removidas debido a su tamaño y requieren la adición de otras sustancias que permitan su eliminación manual. En la paila clarificadora se adiciona un agente clarificante para aumentar la coagulación de las impurezas presentes en el jugo.

Las impurezas que flotan se denominan cachaza y se retiran manualmente con un remellón, que es una especie de cuchara grande con agujeros. Ésta cachaza se deposita en unos recipientes llamados cachaceras para que luego pueda ser utilizada en la alimentación de los

animales o sea llevada a la paila cachacera donde se concentra hasta formar el melote.

Sin embargo, hay algunas impurezas de tamaño bastante pequeño que no se pueden retirar por el método tradicional de limpieza, siendo necesario filtrar los jugos con el fin de disminuir su turbiedad a través de lonas o mallas de acero inoxidable con 140 a 180 orificios por pulgada lineal.

El grado de acidez de los jugos es uno de los factores importantes de controlar en el proceso de elaboración de la panela, se debe trabajar con un pH que evite el desdoblamiento de la sacarosa, pero que a la vez no destruya los azúcares reductores presentes, pues esto da origen a compuestos que oscurecen la panela. Cuando el manejo agronomico no ha sido el óptimo y el pH inicial es inferior a 5.2 se recurre al encalamiento de los jugos con el propósito de ajustar el pH a las condiciones ideales. Un exceso de cal es perjudicial pues cuando se encala a pH superiores a 6,0 se presenta un marcado oscurecimiento de la panela.

El encalado se debe hacer en forma de lechada de cal, es decir una suspensión de cal apagada en agua o en el mismo jugo en

concentraciones de 12-15 grados Baumé (100 a 150 gramos de cal por litro de agua). El agregar cal en frío presenta el inconveniente de formar una cachaza menos densa e incrementar el tiempo de separación del jugo en la cachacera por la poca diferencia de densidades del jugo y la cachaza.

La calidad de la cal es un factor importante a tener en cuenta en el proceso de producción de panela pues si la cal no es grado alimenticio, su adición aporta impurezas al producto final. La calidad de la cal se determina por análisis de laboratorio.

El porcentaje de CaO aprovechable en una cal de primera clase debe estar entre 85 y 90%. Sin embargo los porcentajes de impurezas y de CaO aprovechable no son suficientes para clasificar una cal de un modo completo. Si se observa un incremento gradual del pH del jugo alcalinizado y el asentamiento de materiales lodosos en el agua de panela, es indicio de que se está usando cal de mala calidad, sobrecalcinada o muerta, cuyas partículas se hidratan muy lentamente.

- e) Evaporación.- La evaporación: es la etapa que sigue a la clarificación, el calor suministrado es aprovechado básicamente en el cambio de fase del agua (de líquido a vapor), se elimina cerca del 90% del agua

presente, durante esta etapa los jugos permanecen a la temperatura de ebullición del agua.

- f) Concentración.- Esta fase consiste en elevar el contenido de azúcar en el jugo de 20% a 90%. La manera como se lleve a cabo este proceso incide directamente en la textura final de la panela. Cuando el pH del jugo es bajo, se favorece la formación de azúcares reductores que modifican la consistencia final del producto y pueden llegar a impedir su cristalización. La inversión de la sacarosa es función de la temperatura, el pH y el tiempo de residencia de los jugos en la hornilla. A partir de los 100 °C la inversión se acelera notablemente, por lo que se debe procurar mantener los jugos el menor tiempo posible en esta etapa y a un pH cercano a 5,8 para evitar el aumento de los reductores.

El “Punto” de panela se obtiene, dependiendo de la altura sobre el nivel del mar, entre 118 – 122 °C, la cual corresponde a un porcentaje de sólidos solubles entre 88°-94° Brix, para panela en bloque y 125°-128 °C la cual corresponde a un porcentaje de sólidos solubles entre 96°-98° para panela granulada.

En las fábricas tradicionales, se utilizan métodos empíricos para determinar el punto de la panela, entre los cuales tenemos:

- a. Observar cuando la miel no corre sobre el remellón (agitador)
- b. Al batir la miel con el remellón, en el aire forma una bomba
- c. Se toma un poco de miel con la uña y se lleva a la boca para ver si se cristaliza,
- d. Se forma un bola, luego se bota al suelo y si suena al chocar, está a punto

La velocidad de respuesta de los aparatos que determinen el punto de la panela debe ser alta, porque los cambios de las características ocurren rápidamente en las mieles en su punto final y éstas se pueden caramelizar fácilmente y en caso contrario se dificultará la solidificación. La temperatura de ebullición de las mieles se relaciona con la presión atmosférica del lugar, del Brix y de la pureza de las mieles y nos da una lectura rápida del punto de panela.

- g) Batido.- Obtenido el punto se deposita la miel en una batea. Allí, la miel se bate constantemente a fin de que aclare y enfríe. A medida que avanza la operación, la miel se hincha, luego parece que fuera a hervir, finalmente se seca.
- h) Moldeo y empaque.- La masa casi fría se vierte en moldes, cuadrados o redondos, y se deja enfriar completamente. Posteriormente, se retira el molde y se empaca procurando que el empaque proteja la panela de

la humedad.

*Figura 4 Presentaciones de la panela: Granulada y en bloque*



En esta etapa es importante tener en consideración que el producto obtenido durante el punteo esta libre de contaminación microbiológica. Se debe aislar de las anteriores y mantener el máximo de cuidado para no contaminar el producto y con ello disminuir su vida útil.

El personal, equipos y utensilios deben estar limpios y libres de contaminación, en todo momento, al igual que el cuarto de batido y moldeo. Este debe estar libre de la presencia de insectos y animales. El agua donde se lavan los utensilios debe cambiarse mínimo cada cuatro horas y adicionársele cal para disminuir la fermentación causada por los residuos orgánicos. La temperatura de secado no debe ser muy alta.

El producto no se debe empacar en caliente, ni colocarse para su

enfriamiento o empaque en un sitio desaseado. El empaque de polietileno biorientado de 300 micras ofrece una buena presentación y preserva la panela de la humedad

### **1.3.2 LA FÁBRICA TRADICIONAL**

Para el desarrollo de la presente tesis hemos visitado la molienda SAGU S.A. en la ciudad de Catamayo, la cual solo produce panela en bloque y sigue el proceso tradicional, en donde pudimos obtener los siguientes datos promedio:

- En la etapa de prelimpieza utiliza un pozo de hormigón de 100 litros aproximadamente, en el cual se deja el jugo de caña por un tiempo de 15 minutos para que por gravedad se asienten las impurezas. Existe una persona que controla el tiempo y a la vez chequea el llenado del tanque de una manera visual. Luego, se abre una válvula para que por gravedad pase el jugo a la siguiente etapa.
- En la etapa de clarificación los jugos son calentados a una temperatura de 65 °C durante 10 minutos y después se le agrega cal manualmente. Luego de 10 minutos se inicia la recolección de la cachaza usando cucharas agujereadas. Una vez que se observa que el jugo se encuentra limpio, se procede a pasarlo a la siguiente etapa mediante el llenado y vaciado constante de cucharas. El tiempo de duración de esta etapa es de 30 minutos.

- En la evaporación se calienta el jugo hasta 93 °C y se siguen retirando las impurezas que flotan. Luego de 15 minutos se pasa el jugo a la siguiente etapa del mismo modo que en la etapa anterior.
- Finalmente en la concentración se sigue calentando los jugos a una temperatura de 102 °C hasta que el obrero observa que al batir la miel con el remellón, en el aire forma una bomba. Esto se alcanza a los 9 minutos.
- Un proceso completo de obtención de panela se completa en 1h09.
- Cabe indicar que en la mencionada fábrica, las pailas estan adyacentes y el calentamiento de las mismas se realiza a través de un horno que se ubica debajo de todas ellas.



## **CAPÍTULO II**

### **DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA A AUTOMATIZARSE**

## 2.1. ETAPAS A AUTOMATIZARSE

Al observar detenidamente el proceso tradicional de producción de panela, podemos encontrar los siguientes inconvenientes principales:

- Existe pérdida de tiempo en el momento de pasar los fluidos de una etapa a otra, ya que se realiza mediante el llenado y vaciado continuo de recipientes de poca capacidad (cucharetas).
- La adición de la cal se realiza sin una adecuada medición del pH, confiando únicamente en la experiencia de los trabajadores.
- La temperatura no siempre es la óptima en cada una de las etapas.
- En la etapa de concentración, la determinación del punto ideal para retirar las mieles es crucial, y es realizada utilizando métodos tradicionales empíricos (aparecimiento de burbujas, cristalización y sonido entre otros), los cuales no garantizan el punto óptimo.

Estos inconvenientes producen pérdidas tanto en cantidad como en calidad del producto, además nos limita la generación de productos diferenciados o subproductos en función del pH y concentración, lo cual nos lleva finalmente a una pérdida de oportunidad que se traduce en una pérdida económica.

Los principales parámetros que caracterizan a cada una de las fases y se resumen en la tabla VII.

*Tabla VII. Parámetros característicos de cada etapa*

<b>ETAPA</b>	<b>PARÁMETRO</b>	<b>VALOR</b>	<b>PRODUCTO FINAL</b>
CLARIFICACIÓN	Temperatura	50-55 °C	Jugo Clarificado
	pH	5.8 máximo	
EVAPORACIÓN	Temperatura	85-100 °C	Miel
CONCENTRACIÓN	Temperatura	118-122 °C	Panela en Bloque
	Concentración	88-94 °Brix	
	Temperatura	125-128 °C	Panela Granulada
	Concentración	96-98 °Brix	

Un parámetro importante que no ha sido anotado, pero que está implícito en cada etapa del sistema, es el nivel de jugos en cada uno de los tanques. Estos parámetros serán monitoreados usando los sensores adecuados, los cuales serán detallados en el próximo capítulo.

Cada subproceso se realizará en tanques cilíndricos separados, en donde el tanque de prelimpieza tendrá una capacidad de 3 m<sup>3</sup>, mientras que el resto de tanques tendrán capacidad de 1,5 m<sup>3</sup>. Además, a la entrada de cada tanque habrá filtros con la finalidad de disminuir la cantidad de impurezas en el jugo. El sistema controlará el paso de un tanque a otro, se controlará el suministro de cal y además habrá una serie de alarmas que servirán para indicar si se presentó una temperatura excesiva en alguna de las etapas, si se agota la cantidad de cal o si se debe encender o apagar el trapiche. En cuanto a los tiempos de permanencia del jugo en cada etapa deberá irse variando, tomando como referencia los tiempos tradicionales, hasta obtener una fábrica óptima. Esta regulación deberá realizarse una vez implementado el sistema.

*Tabla VIII. Tamaño de los tanques de cada etapa*

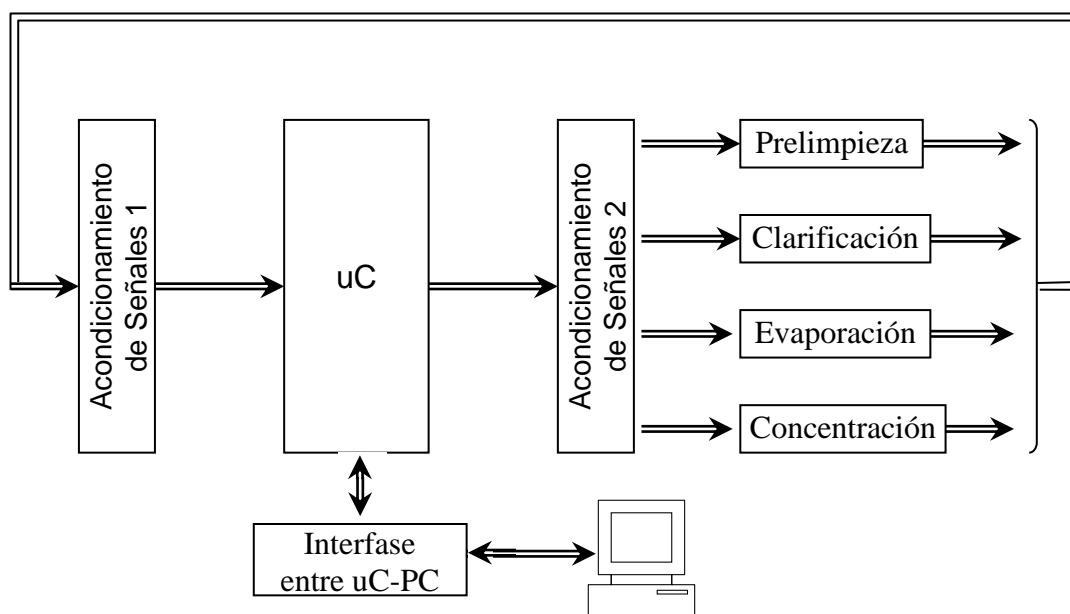
<b>ETAPA</b>	<b>RADIO(m)</b>	<b>ALTURA (m)</b>
PRELIMPIEZA	0,98	1,15
CLARIFICACIÓN	0,69	1,15
CAL	0,10	0,50
EVAPORACIÓN	0,69	1,15
CONCENTRACIÓN	0,69	1,15

Gracias a la automatización de la fábrica se podrá:

- Ahorrar tiempo en el momento de pasar los fluidos de una etapa a la otra.
- Realizar la adición de la cal basándose en una adecuada medición del pH.
- Indicar si la temperatura es óptima en cada una de las etapas.
- Determinar del punto ideal para retirar las mieles.
- Brindar la posibilidad de entregar subproductos.

## **2.2. DIAGRAMA DE BLOQUES**

*Figura 5. Diagrama de bloques del sistema*



Los bloques de acondicionamiento de señal serán los encargados de adecuar las señales entre los elementos de campo (sensores, bomba, válvulas, etc) y el microcontrolador. La interfase entre uC-PC se explicará mas adelante en el capítulo sistema de comunicación.

Los bloques de prelimpieza, clarificación, evaporación y concentración representan los elementos de campo que cada uno de ellos poseerá.

### 2.3. PAPEL DEL MICROCONTROLADOR EN EL SISTEMA

El microcontrolador es el elemento central del sistema, y estará encargado de las siguientes operaciones:

- \* Recibir las señales analógicas provenientes de los diferentes sensores

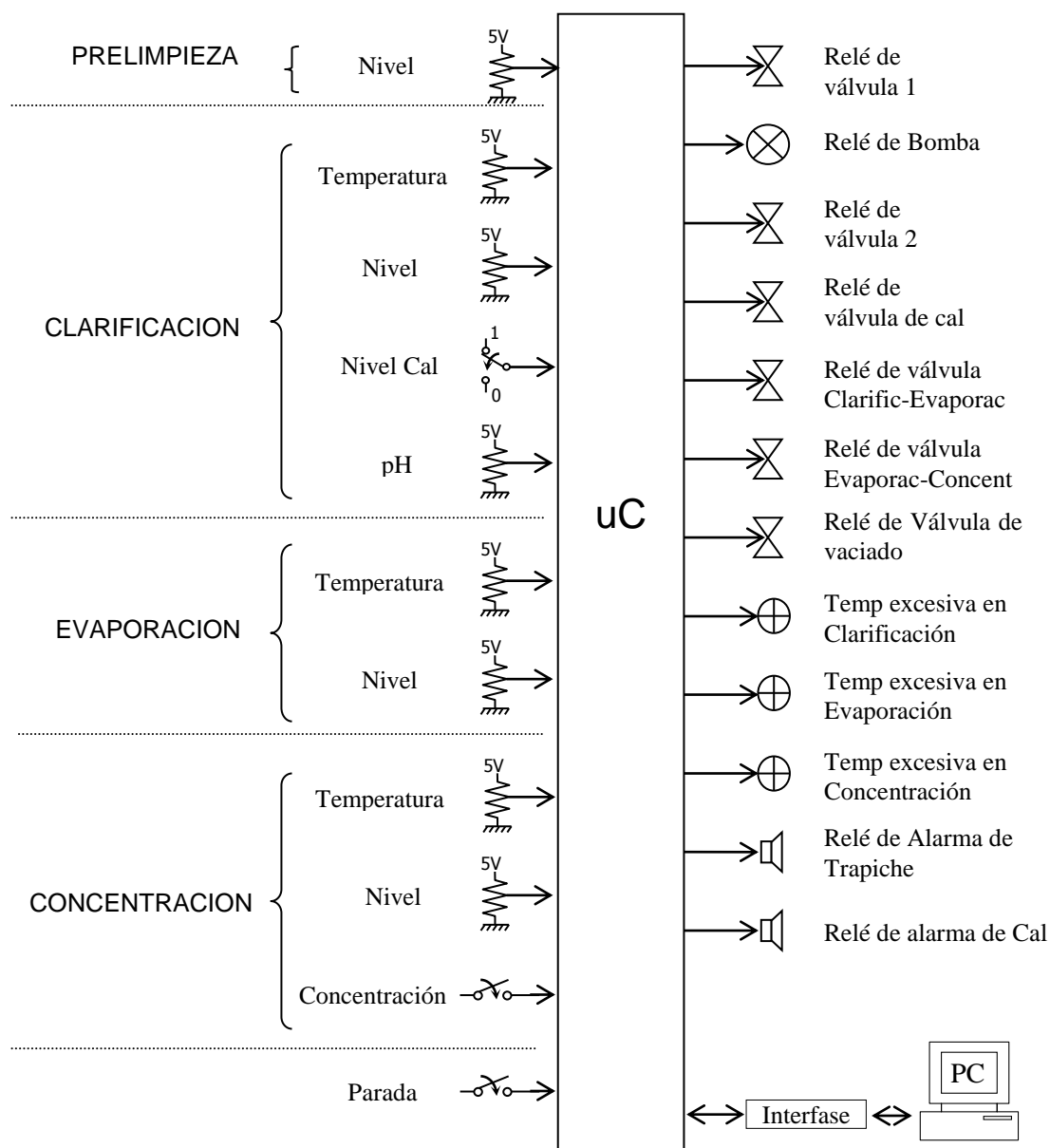
(temperatura, nivel, pH) y entradas digitales (parada, concentración).

- \* Procesar las señales recibidas para realizar el control del proceso (bomba, válvulas, alarmas) a través de las diversas salidas que posee.
- \* Transmitir las señales recibidas al computador para que a su vez sean procesadas por el mismo.
- \* Recibir y procesar las órdenes provenientes del computador para actuar sobre los elementos del sistema,

Todas estas operaciones serán realizadas en forma automática y continua por parte del microcontrolador.

Además es de suma importancia que todas las entradas que llegan al microcontrolador sean las adecuadas, por lo cual se debe analizar cuando una interfase entre cada sensor y el microcontrolador sea necesaria.

Figura 6. Diagrama de entradas y salidas del microcontrolador



Debido a los requerimientos mencionados, hemos escogido el microcontrolador PIC18F452, debido a que sus características (ver anexo 1) satisfacen nuestros

requerimientos.

#### **2.4. PAPEL DEL COMPUTADOR EN EL SISTEMA**

El computador normalmente tendrá a su cargo únicamente el monitoreo del proceso, para lo cual recibirá continuamente el valor de cada uno de los sensores por parte del microcontrolador. Luego un programa se encargará de procesar los datos, se presentará el estado actual del proceso y alertará en caso de que exista alguna falla o mal funcionamiento de algún elemento del sistema. Los fallos que pueden ser detectados por el software serán:

- \* Temperatura fuera del rango.
- \* Mal funcionamiento en sensores de nivel.
- \* Mal funcionamiento en sensor de pH.
- \* Mal funcionamiento de la bomba.
- \* Mal funcionamiento de las válvulas.

Las características principales del programa serán:

- \* Si el trapiche está encendido presentará una animación indicándolo.
- \* En el momento en que se encienda un elemento, sea válvula o bomba, el programa presentará dicho elemento en un color verde.
- \* Si existe sospecha de mal funcionamiento en alguna bomba o válvula, el programa presentará dicho elemento en un color rojo y además un mensaje



intermitente indicando que existe un posible daño.

- \* Si la temperatura en alguna etapa no es la óptima, se presentará un aviso de este hecho, especificando la etapa en la cual se presente dicho fallo.
- \* Si existe sospecha de mal funcionamiento en un sensor de nivel o pH se presentará un texto, el cual detallará el o los posibles elementos que se encuentren en mal estado.

Pero además el computador podrá realizar un control sobre el sistema al presionar el botón que realiza el cambio entre el modo automático y emulación; este modo de uso se ha implementado con la finalidad de poder realizar una limpieza de los diversos elementos del sistema en forma rápida al final de la jornada de trabajo.

## **CAPÍTULO III**

### **ELEMENTOS DE CAMPO EN EL PROCESO**

### 3.1 SENSORES

#### 3.1.1 SENSORES DE TEMPERATURA

Existen numerosos tipos de sensores de temperatura que son los más adecuados para una aplicación específica. En la tabla siguiente se indican algunos de ellos con sus características más notables:

*Tabla IX. Sensores de temperatura*

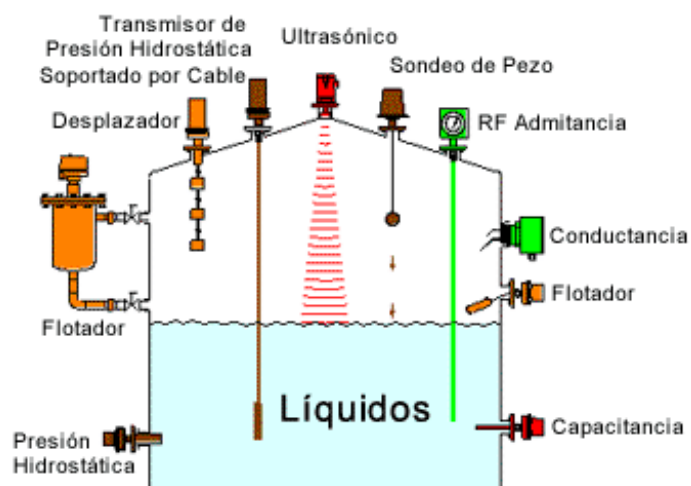
	<b>RTD</b>	<b>Termistor</b>	<b>Sensor de IC</b>	<b>Termocupla</b>
Ventajas	Más estable Más preciso Más lineal que los Termopares	Alto rendimiento Rápido Medida de dos Hilos	El más lineal El de más alto rendimiento Económico	Autoalimentado Robusto Económico Amplia variedad de formas físicas Amplia gama de Temperaturas
Desventajas	Caro. Lento. Precisa fuente de alimentación. Pequeño cambio de resistencia. Medida de 4 hilos Autocalentable	No lineal. Rango de Temperaturas limitado. Frágil. Precisa fuente de alimentación. Autocalentable	Limitado a $< 250\text{ }^{\circ}\text{C}$ Precisa fuente de alimentación Lento Autocalentable Configuraciones limitadas	No lineal Baja tensión Precisa referencia El menos estable El menos sensible

Este análisis detallado de cada uno de estos cuatro tipos nos ayuda a entender las diferencias y por ello para medir la temperatura en las Etapas de: Clarificación, Evaporación y Concentración aconsejamos utilizar un sensor de IC. El detalle del sensor escogido véase el anexo 2. La conexión de cada sensor de este tipo, será directamente al pin del microcontrolador correspondiente, sin necesidad de adecuación de señales. Entonces obtendremos  $500\text{ mV a }0\text{ }^{\circ}\text{C} + 10\text{ mV}/^{\circ}\text{C}$ .

### 3.1.2 SENSORES DE NIVEL

Existen algunas alternativas para medir el nivel del jugo de caña de los cuales tenemos:

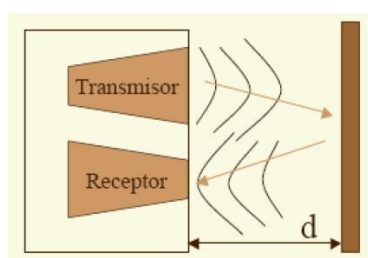
*Figura 7. Tipos de sensores de nivel*



En todas las etapas se realiza la medición proporcional del nivel del jugo de caña para el correcto uso de la bomba y de las válvulas (apertura ó cerrado) y así evitar rebosamientos del líquido.

La mayoría de los sensores de ultrasonido de bajo coste se basan en la emisión de un pulso de ultrasonido cuyo lóbulo, o campo de acción, es de forma cónica.

*Figura 8. Funcionamiento de los sensores ultrasonicos*



Midiendo el tiempo que transcurre entre la emisión del sonido y la percepción del eco se puede establecer la distancia a la que se encuentra el obstáculo que ha producido la reflexión de la onda sonora. Estos sistemas al no tener piezas móviles no tienen desgaste ni necesitan lubricación periódica. Tiene gran exactitud y, aparte de alguna limpieza ocasional, la virtud de no requerir mantenimiento alguno pero sí requiere elegir muy bien el principio físico según las condiciones de servicio y la exactitud requerida.

El Ultrasonido es apto hasta 60 m de altura con exactitud de 0,25 a 0,5% pero es sensible a las variables ambientales tales como presión, vacío, temperatura, estratificación, y polvo. Como es muy robusto, y su costo es muy razonable, presta excelentes servicios en una variada gama de aplicaciones.

Por otro lado, los Sensores Medidores Fotoeléctricos tienen alcances hasta 20 m y exactitud de 2 a 4% pero son muy sensibles a la contaminación.

El Rayo Láser tiene un alcance de 1,5mm hasta 15 m y como requiere un muy buen reflejo desde una superficie plana, quieta, lisa y a 90° se puede utilizar para medir hidrocarburos en tanques.

Las Microondas (Radar) prescinden de las condiciones atmosféricas logrando exactitud de 1 mm en alturas hasta 40 m aún cuando hay presión, vacío, espuma, altas

temperaturas, gases estratificados.

También hay sensores capacitivos que miden el nivel de líquidos, pastas, polvos y gránulos. Detecta variaciones en la capacitancia dieléctrica del medio. Como puede detectar a través de paredes de plástico se puede instalar exteriormente para lograr ausencia de contacto con el producto medido.

Básicamente hemos concluido que el sensor ultrasónico nos proporciona mejores resultados por sus características.

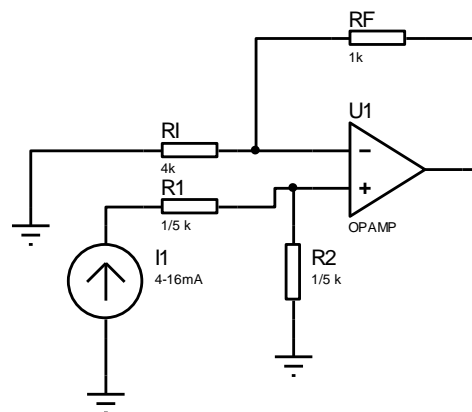
Los factores ambientales tienen repercusión en las mediciones de estos sensores, por esta razón debemos usar dos tipos de sensores ultrasónicos, uno para las etapas de prelimpieza, clarificación y el recipiente de cal en donde la temperatura máxima es de 80 °C (ver anexo 3) y otros dos para la evaporación y concentración en donde el rango de temperatura oscila entre 100 °C y 130°C (ver anexo 4).

El rango de salida del sensor ultrasónico es de 4 a 20 mA y el alcance es de 4 metros. Necesitamos tener una salida entre 0 y 5 V para que lo registre el microcontrolador. Entonces ajustamos el sensor para que a 0 metros nos de 4 mA y a 1 metro nos de 20 mA, entonces la sensibilidad es de 16 mA/m.

Para acondicionar la señal del sensor de nivel al microcontrolador podríamos utilizar

cualquier opamp de alimentación unipolar, con la siguiente configuración:

Figura 9. Acondicionamiento de señales para los sensores de nivel de tanques



$$V^+ = IR_2 = IR_1, \quad R_2 = R_1$$

$$V^- = V^+$$

$$V^- = V_o \left( \frac{R_i}{R_i + R_f} \right)$$

$$V_o = V^- \left( \frac{R_i + R_f}{R_i} \right)$$

$$V_o = IR_1 \left( \frac{R_i + R_f}{R_i} \right), \text{ fijamos para que con } I = 20\text{mA resulte } V_o = 4\text{V}$$

$$4 = 20R_1 \left( \frac{R_i + R_f}{R_i} \right), \text{ fijamos } R_i = 5\text{K}\Omega \text{ y } R_f = 3\text{K}\Omega$$

$$R_1 = 1/8 = 125\Omega$$

$$\text{para } I = 4\text{mA}$$

$$V_o = 4 \left( \frac{1}{8} \right) \left( \frac{5+3}{5} \right)$$

$$V_o = 0,8\text{v}$$

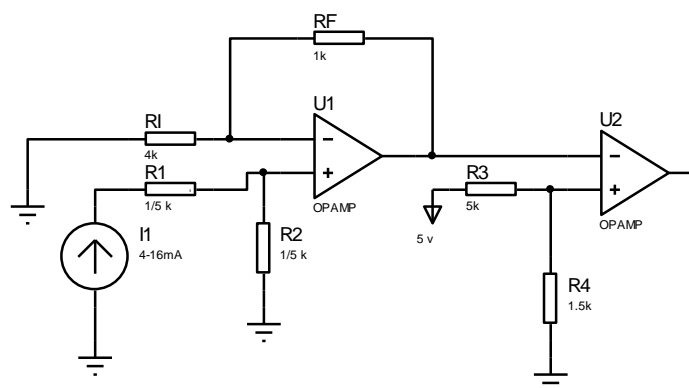
Para  $I = 20\text{mA}$  tenemos  $V_o = 4\text{ V}$  y

Para  $I = 4\text{mA}$  tenemos  $V_o = 0,8\text{ V}$ .

Convertida a voltios tenemos que la sensibilidad es de  $4,2\text{ V/m}$

Pero para el sensor de nivel de cal, debemos agregar una etapa comparativa antes de llegar al microcontrolador, ya que debe comportarse como un sensor digital.

*Figura 10. Circuito de acondicionamiento de señal para el sensor de nivel de cal*



### 3.1.3 SENSOR DE CONCENTRACIÓN

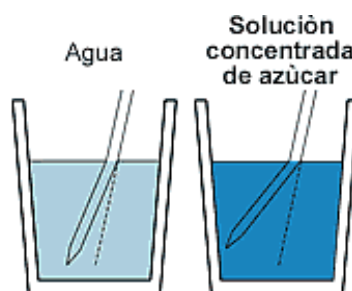
En la etapa de Concentración es de suma importancia conocer el punto exacto de calentamiento de la miel y su concentración para así obtener diferentes productos. Ello nos ha llevado a buscar un sensor que mida la concentración. En el mercado hemos encontrado básicamente dos instrumentos de medición que son: Densímetro y Refractómetro encontrando este ultimo como el más adecuado, económico y práctico.

Los refractómetros son instrumentos ópticos de medición, en los que se da el fenómeno de la refracción de la luz que nos ayuda a medir la concentración de sacarosa de una solución, en nuestro caso la concentración de sacarosa en el jugo de



caña, basada en el índice de refracción que produce la luz en dicha solución. Ellos se basan en el principio por el cual, cuando aumenta la densidad de una sustancia el índice de refracción aumenta proporcionalmente. Por ejemplo: cuando se disuelve el azúcar en el agua (Fig.11).

*Figura 11. Refracción de la luz*



Técnicamente el índice de refracción es el cociente entre de la velocidad de la luz en el vacío y la velocidad de la luz en la muestra. Esto es igual al seno del ángulo de incidencia (o sea el ángulo con el cual la luz penetra el agua) dividido por el seno del ángulo de refracción (el grado en que la luz parece doblar). La unidad de medida de la concentración de azúcar es el grado Brix. Un grado Brix es la densidad que tiene, a 20° C, una solución de sacarosa al 1 %, y a esta concentración corresponde también un determinado índice de refracción.

A un grado Brix, le corresponde a 1 gramo de azúcar en 100 gramos de solución azucarada (es decir el peso de la solución una vez hecha la mezcla y este tipo de relación se la conoce como peso en peso).

Cualquier valor que se refiera a azúcares se marca en porcentaje, por ejemplo, si se

lee que una sustancia posee 10 % de sólidos solubles (en general azúcares) de debe interpretar como que ese néctar tiene 10° Brix.

El n y el °Brix se relacionan por las fórmulas siguientes en el intervalo de 15-25 °Brix.

$$n = ( 0,00166 \times \text{°Brix} ) + 1,33063$$

$$\text{°Brix} = ( 600,90502 \times n ) - 799,58215$$

El índice de refracción varía con la temperatura, por eso se ha tomado como referencia la de 20 °C pero a mayores temperaturas la compensación automática de temperatura (ATC) es necesaria.

Si nuestro modelo tiene ATC, con solo tomar la lectura será suficiente para saber el resultado. En caso contrario debemos utilizar una planilla para ver el factor de corrección por compensación de temperatura. La calibración debe hacerse a temperatura ambiente, generalmente a 20°, y sin factor de corrección.

Por dificultad de encontrar un sensor electrónico de grados Brix en el mercado local, así como su costo, se usará en esta etapa un refractómetro manual (ver anexo 5).

El sensor que se utilizaría si se desease automatizar completamente la etapa de concentración sería el UR-24 ST- Versión Estándar (ver anexo 6).

### 3.1.4 SENSOR DE PH

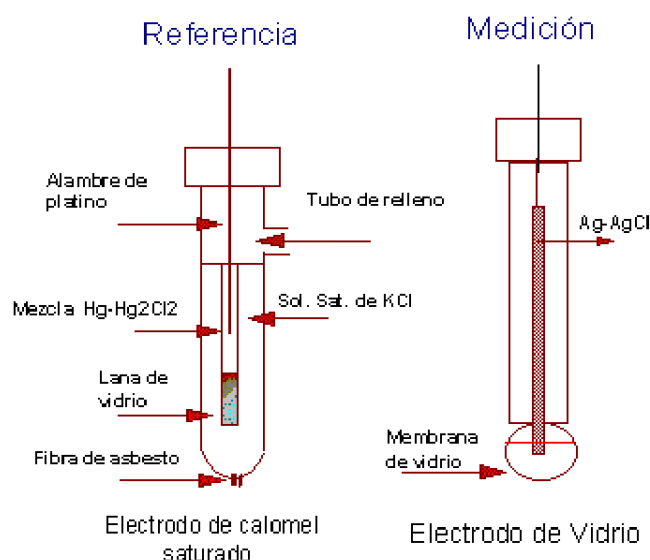
En la etapa de clarificación controlamos el pH del jugo de caña utilizando o bien un sensor de pH con compensación de temperatura cuyas salidas van directamente al microcontrolador ó un circuito que compense la temperatura y un electrodo estándar de Ag/AgCl.

El símbolo pH significa “potencia negativa de la concentración de ión hidrógeno”. El pH es el logaritmo cambiado de signo de  $[H^+]$ :

$$pH = -\log_{10} [H^+]$$

El método determina el pH midiendo el potencial generado (en milivolts) por un electrodo, este potencial se compara contra un electrodo de referencia, que genera un potencial constante e independiente del pH. El electrodo de referencia que se utiliza es el de calomel saturado con cloruro de potasio, el cual sirve como puente salino que permite el paso de los milivolts generados hacia al circuito de medición. El sistema actual de medición de pH es, por excelencia, el electrodo de combinación. Su nombre deriva de la práctica inicial en que el electrodo sensor de  $H^+$  estaba separado del electrodo de referencia; la combinación de ambos en una sola estructura llevó a su nombre actual. Sin embargo, la práctica industrial sigue utilizando electrodos de referencia y de pH separados, porque permite señales más confiables y procedimientos de mantenimiento que, en ciertos casos, resultan más controlables y de menor costo.

Figura 12. Esquema de los dos electrodos usados para medir pH



Los fabricantes montan los electrodos en diferentes materiales, confiriéndoles distintas propiedades extra, pero siempre la parte central es el bulbo de vidrio para pH. Y es esta también la parte más delicada.

Con el circuito de la figura 13 solo necesitamos un electrodo de pH y calibrar los datos para tener una buena lectura del nivel de pH en el jugo de caña. Esto lo desarrollamos de la siguiente manera:

La señal que llega desde un electrodo sensor de pH tiene una típica resistencia de entre  $10 \text{ M}\Omega$  y  $1000 \text{ M}\Omega$ . Debido a este alto valor, es muy importante que las corrientes de entrada amplificadas sean lo más pequeñas posible. El opamp LMC6001 con una corriente de entrada de menos de  $25 \text{ fA}$  es una elección ideal para esta aplicación.

La salida teórica del electrodo estándar Ag/AgCl (Fig 11) es 59.16 mV/pH a 25°C con 0V de salida a un pH de 7.00. Esta salida es proporcional a la temperatura absoluta. Para compensar esto, una resistencia compensadora de temperatura, R1, es puesto en el lazo de realimentación. Este cancela la dependencia a la temperatura del electrodo. Esta resistencia debe ser ubicada donde tenga la misma temperatura que el líquido que esté siendo medido.

El LMC6001 amplifica la salida del electrodo, brindando una escala de voltaje de  $\pm 100$  mV/pH desde un pH de 7. El segundo opamp, un LMC6041 provee una inversión de fase y compensación, así la salida es directamente proporcional al pH, sobre todo el rango de prueba. El LMC6001 amplifica la salida del electrodo, brindando una escala de voltaje de  $\pm 100$  mV/pH desde un pH de 7. El segundo opamp, un LMC6041 provee una inversión de fase y compensación, así la salida es directamente proporcional al pH, sobre todo el rango de prueba.

La calibración es simple siguiendo los siguientes pasos:

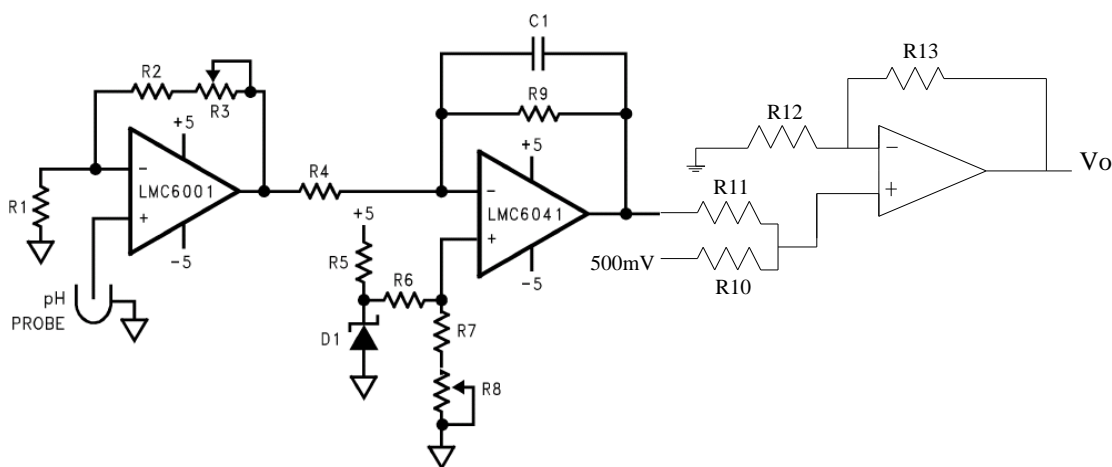
- 1.- Desconecte el electrodo de pH, ponga R3 en su posición media y la entrada no inversora del LMC6001 conectada a tierra, ajuste R8 hasta que la salida sea de 700 mV.
2. Aplique  $-414.1$  mV a la entrada no inversora del LMC6001. Ajuste R3 para una salida de 1400 mV. Esto completa la calibración. Como una medición real del pH no puede ser exactamente la teórica, una ganancia menor y ajustes

de compensación deben ser hechos mediante mediciones.

- La precisión que se puede obtener con una cuidadosa calibración del aparato y electrodos, será de  $\pm 0.05$  unidades de pH

La señal obtenida hasta ahora no puede ser conectada a nuestro microcontrolador debido a que presenta voltajes negativos que no podrán ser interpretados por el mismo, entonces realizamos la última adecuación que se muestra en el esquema, con lo cual lograremos que a un pH de 4 se obtenga un voltaje final de 1V y a un pH de 7 se obtenga un voltaje de 4V.

Figura 13. Esquema del Amplificador de electrodo sensor de pH



R1 100k + 3500 ppm/°C (Micro-ohm estilo 144 o similar)	
R2 68.1k	R6 619k
R3, 8 5k	R7 97.6k
R4, 9 100k	D1 LM4040D1Z-2.5
R5 36.5k	C1 2.2 μF
R10,R11,R12 1k	R13 19k

*Figura 14. Electrodo de pH con cuerpo de vidrio, sellado y relleno con gel*



Cualquiera de las dos alternativas es viable pero la mas robusta es la del de pH Phix compact. (ver anexo 7). La otra es utilizando el electrodo de Ag/AgCl (ver anexo 8) y el circuito compensador de temperatura

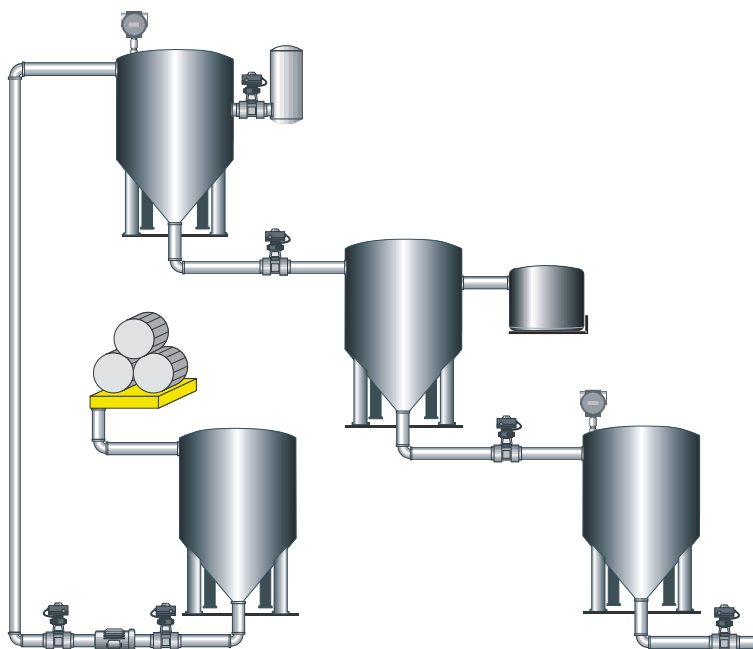
En resumen, los sensores adecuados para cada etapa son:

*Tabla X. Sensor adecuado para cada parámetro*

ETAPA	PARÁMETRO	VALORES	SENSOR
PRELIMPIEZA	Nivel	0 - 1 metro	Sensor ultrasonico prosonic T FMU230
CLARIFICACIÓN	Temperatura	50-55 °C	Sensor TC1047A
	pH	5.8 máximo	Electrodo de Ag/AgCl ó Sensor Phix compact
	Nivel	0 - 1 metro	Sensor ultrasonico prosonic T FMU230
	Nivel Cal	Vacio o lleno	Sensor ultrasonico prosonic T FMU230
EVAPORACIÓN	Temperatura	85-100 °C	Sensor TC1047A
	Nivel	0 – 1 metro	Sensor ultrasonico Modelo 872H Delta Controls
CONCENTRACIÓN	Concentración	88-94 °Brix	Refractómetro manual ó sensor UR 24
	Temperatura	122-128 °C	Sensor TC1047A
	Nivel	0 - 1 metro	Sensor ultrasonico Modelo 872H Delta Controls

## 3.2 VÁLVULAS Y BOMBA

*Figura 15. Representación del sistema automatizado*



El transporte del jugo de caña se realiza de la siguiente manera:

1. Mientras se va moliendo la caña en el trapiche se va llenando directamente el tanque de Prelimpieza.
2. Una vez lleno el tanque de prelimpieza se activan dos válvulas y se prende una bomba que transporta el jugo de caña hacia el tanque de clarificación que está a 9 metros aproximadamente.
3. Las siguientes dos etapas (Evaporación y Concentración) dejan pasar el líquido por gravedad mediante la apertura de una válvula que las une.
4. Finalmente la miel sale de la etapa de Concentración cuando está en el punto de concentración correcto mediante la apertura de una válvula.



En total se deberían utilizar seis válvulas de apertura y cierre. Los datos técnicos de las posibles válvulas se detallan en el anexo 9.

La hoja de datos de la bomba que se podría utilizar para elevar el jugo de caña esta en el anexo 10.

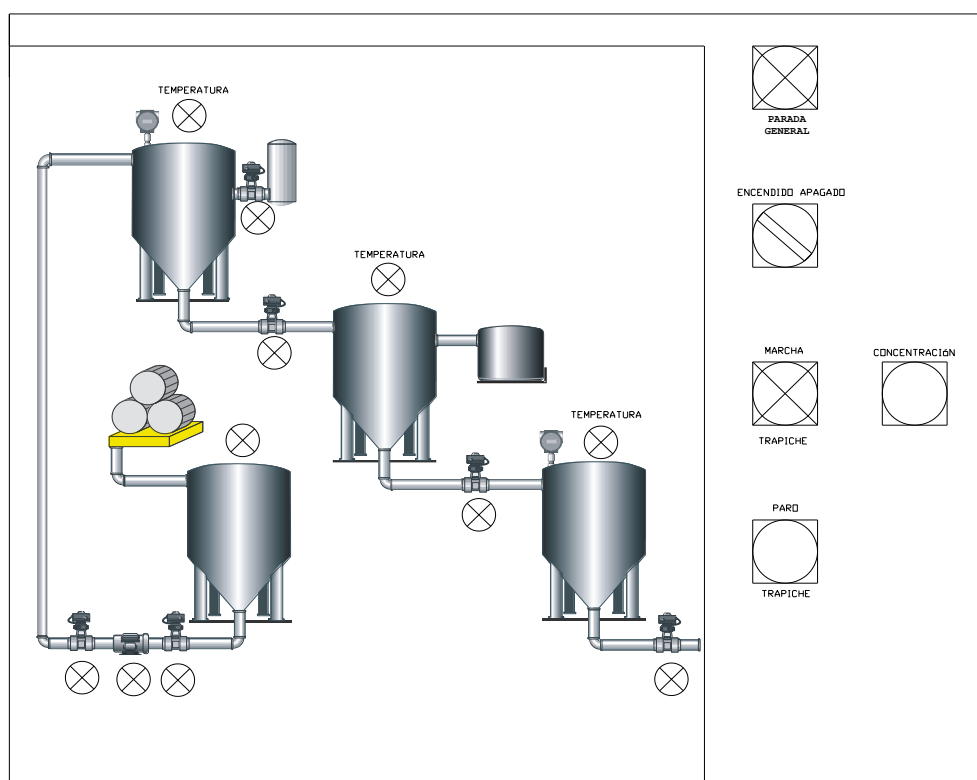
## **CAPÍTULO IV**

### **DISEÑO DEL TABLERO DE CONTROL**

#### 4.1 DIAGRAMA DEL TABLERO

Para controlar y monitorear de una manera mas optima el proceso de producción de panela se ha diseñado un panel de control para el operador, el cual puede observarse en la figura 16.

*Figura 16. Panel de control*



Cada botón del panel de operador tiene su función específica, las cuales se describen a continuación:

- a) Selector de prendido y apagado: Colocando el selector en encendido (se enciende el foco adjunto) se energiza todo el sistema y en apagado (se apaga el foco adjunto) se retira la energía de todo el sistema.

- b) Pulsador de Marcha Trapiche: Cuando se pulsa este botón: Se Prende el trapiche y se puede empezar a moler la caña de azúcar.
- c) Pulsador Paro Trapiche: Apaga el motor del trapiche y no se deja de moler caña.
- d) Pulsador Concentración: Da la señal de que el porcentaje de Concentración es el adecuado para obtener el punto de la panela en bloque o granulada. (Activa la eletroválvula de salida de la Etapa de Concentración)

## **4.2 DIMENSIONAMIENTO DE LOS DISPOSITIVOS DE FUERZA Y CONTROL**

En el proceso existen elementos de baja tensión. Es necesaria su protección contra cortocircuitos, sobrecargas y sobrecorrientes que pueden desgastar la vida útil del equipo.

Para escoger la protección de los diferentes equipos se usaron tablas y cálculos de dimensionamiento de dichos elementos.

- a) Cálculo del Motor del Trapiche:

Datos de Placa Motor:

Potencia: 10 hp

Voltaje: 220 V

Corriente: 28.8 A

RPM: 1800 RPM

Fases: 1 fase

De la tabla de selección de guardamotors (Protección contra pérdida de fase, cortocircuito, sobrecarga y sobrecorriente) de SIEMENS hemos escogido un guardamotor 3RV1031-4EA10 SIEMENS 22-32 A

Para control utilizamos un contactor 3RT10 34-1AN24 32A/AC3 y un contacto auxiliar NC para enclavamiento.

Para el cableado de este motor utilizamos un cable según la fórmula:

$$I \text{ de Numero de cable} = 1.25 \times I_{M_{\text{mayor}}} + \sum \text{resto de motores} + I_{\text{resto de cargas}}$$

$$I \text{ de Numero de cable} = 1.25 \times 28.8$$

$$I \text{ de Numero de cable} = 36 \text{ A}$$

Según las tabla No. 310.16 del NEC el cable sería un 2#10 AWG THHN

b) Cálculo de la Bomba Centrífuga de elevación

Para calcular la potencia de la bomba y se utiliza la siguiente fórmula:

$$Hp = \frac{Q(lps) \times H(m)}{76 \times (n\% / 100)}$$

En donde Q(lps) es el caudal que se quiere transportar, H es la altura, 76 es un factor y %n es la eficiencia que generalmente es 60%.

$$Hp = \frac{Q(lps) \times H(m)}{76 \times (n\% / 100)} \quad \frac{1m^3}{min} \times \frac{1min}{60s} \times \frac{1000l}{1m^3} = 16.67 \frac{l}{s}$$

$$Hp = \frac{(16.67lps) \times (3m)}{76 \times (0,6)}$$

$$Hp = 1,096HP$$

Se ha escogido una bomba de 1 HP

Datos de Placa de la Bomba:

Potencia: 1 hp

Voltaje: 220 V

Corriente: 3.5 A

RPM: 1800 RPM

Fases: 1 fase

De la tabla de selección de guardamotores de SIEMENS hemos escogido un guardamotor 3RV10 11-1EA10 2.8/4.0 A

Para control utilizamos un contactor 3RV10 15-1AN21 A/AC3 7

Para el cableado de este motor utilizamos un cable según la formula:

$$I \text{ de Numero de cable} = 1.25xI_{M_{\text{mayor}}} + \sum \text{resto de motores} + I_{\text{resto de cargas}}$$

$$I \text{ de Numero de cable} = 1.25x3.5$$

$$I \text{ de Numero de cable} = 4.375 \text{ A}$$

Según las tabla No. 310.16 del NEC el cable sería un 2#16 AWG THHN

c) Dimensionamiento del Disyuntor principal

Utilizamos un disyuntor principal para proteger a los elementos de baja tensión de algún cortocircuito que puede ser en las fases o fase con tierra, etc.

Para dimensionar un disyuntor utilizamos la siguiente formula:

$$\text{Disyuntor principal} = 1.25xI_{M_{\text{mayor}}} + \sum \text{resto de motores} + I_{\text{resto de cargas}}$$

$$\text{Disyuntor principal} = 40 + \sum 5 + 1$$

$$\text{Disyuntor principal} = 46 \text{ A}$$

Encontramos que podemos colocar un disyuntor de dos polos de 50 A existente en el mercado.

Para el cableado que alimenta a estos motores y el resto de cargas utilizamos un cable según la formula:

$$I \text{ de Numero de cable} = 1.25xI_{M_{\text{mayor}}} + \sum \text{resto de motores} + I_{\text{resto de cargas}}$$

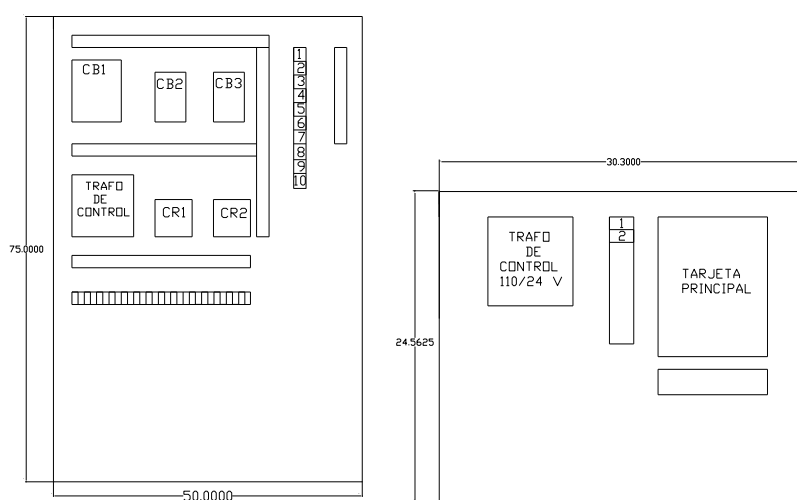
$$I \text{ de Numero de cable} = 1.25x28.8 + 3.5 + 1$$

$I$  de Numero de cable = 40.5 A

Según las tabla No. 310.16 del NEC el cable sería un 2#8 AWG THW

Para el cableado de los elementos de control vamos a utilizar cable #18 AWG THW

*Figura 17. Distribución de los elementos en el tablero de control*



A continuación se da la lista de elementos que estarán en el panel:

1 disyuntor de 50 A

1 guardamotor 3RV1031-4EA10 SIEMENS 22-32 A

1 guardamotor 3RV10 11-1EA10 SIEMENS 2.8/4.0 A

1 contactor 3RT10 34-1AN24 32A/AC3

1 Contacto auxiliar NA

1 Rollo de cable #18 AWG THW

1 Rollo de cable #8 AWG THW

1 Rollo de cable #16 AWG THW



1 Rollo de cable #10 AWG THHN

1 Transformador de 220/110 V 500VA

1 Transformador de 110/24 V 24VA

1 Fusible de 5A

1 Fusible de 1A

*Figura 18. Diagrama de Control*

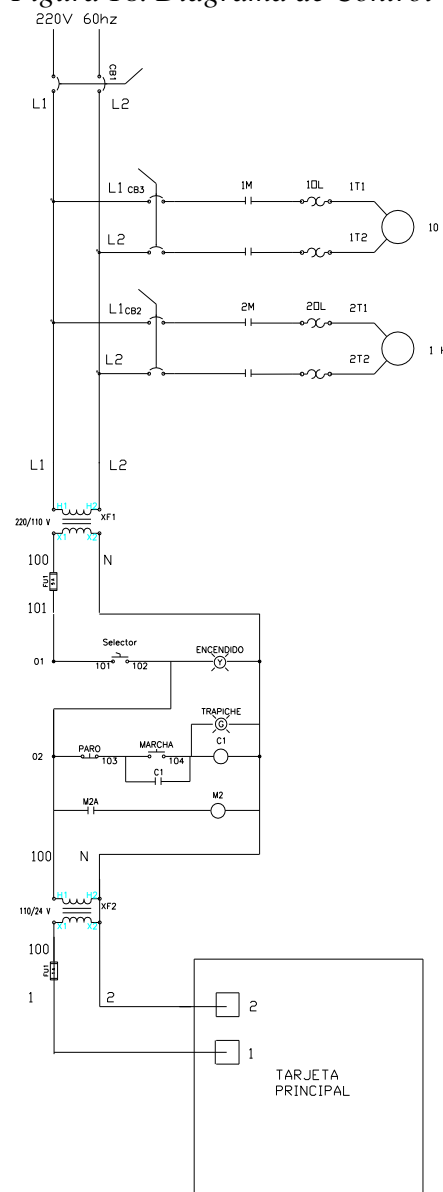
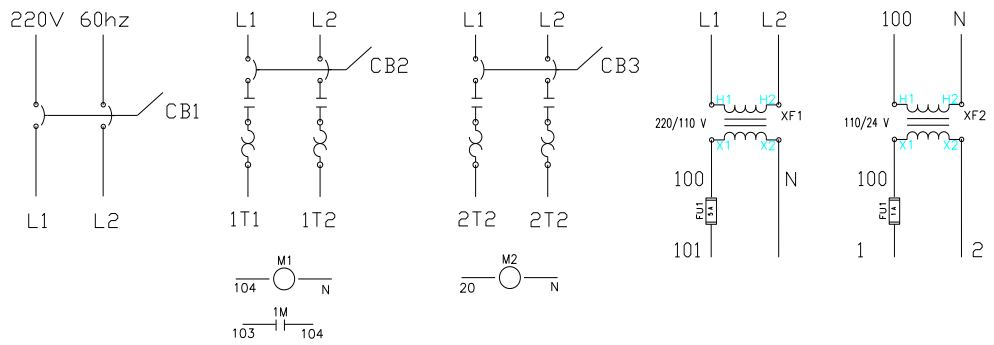


Figura 19. Diagrama de Fuerza



### 4.3. PLACA BASE Y DETALLE DE SUS ELEMENTOS

La placa base de la tarjeta controladora tendrá la siguiente configuración:

Figura 20. Distribución de los elementos en la placa base

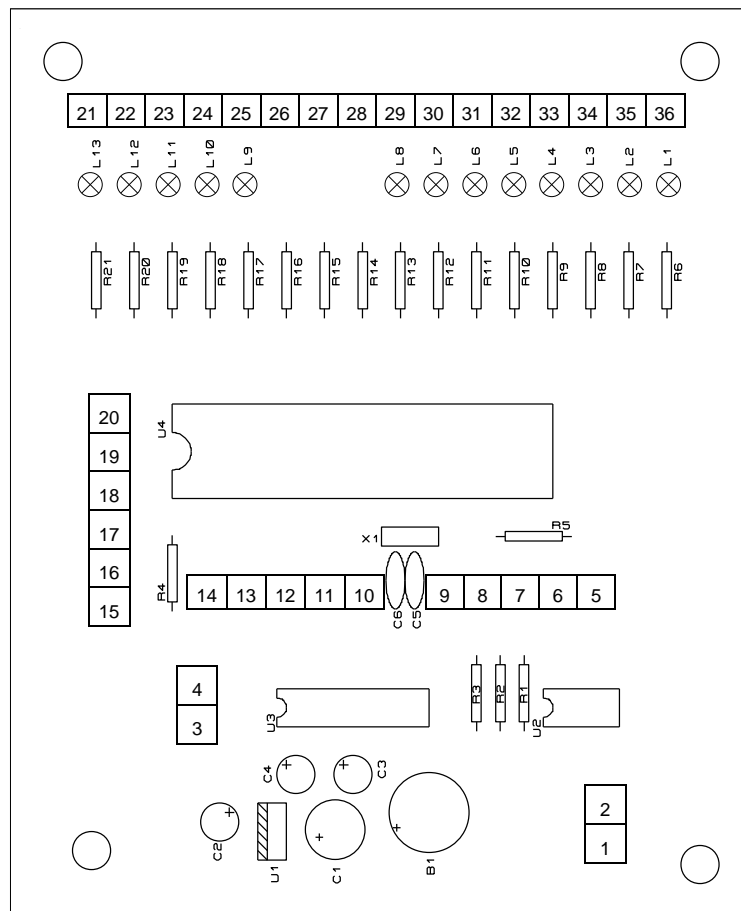


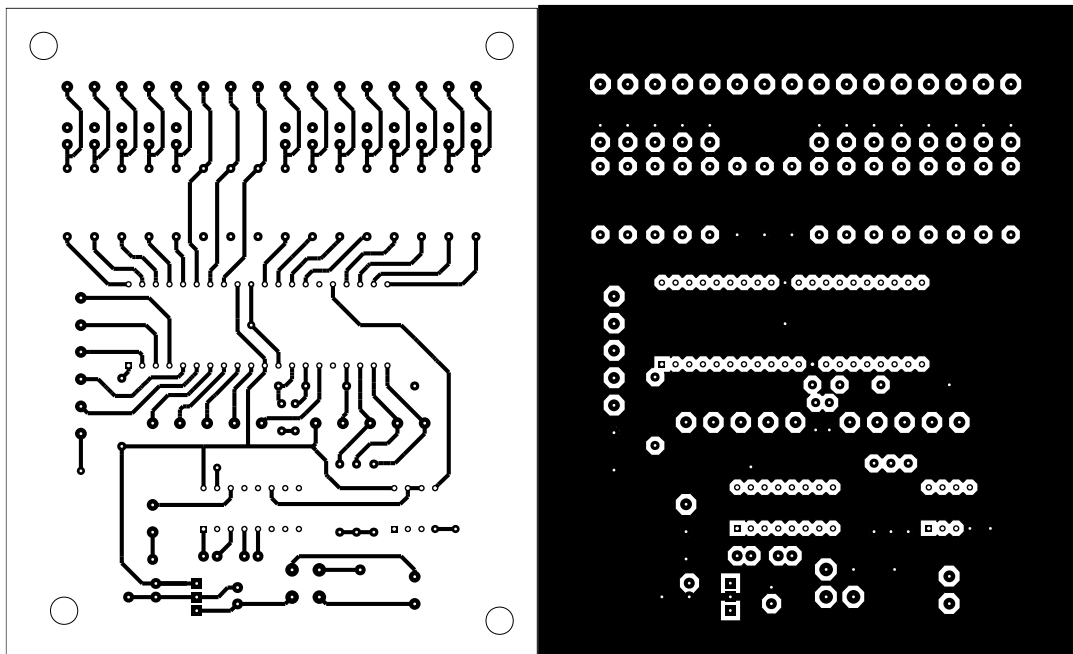
Tabla XI. Elementos de la placa base

Identificador	Descripción		Valor
1	Alimentación		24 V (AC)
2			
3	Tierra		0 V (DC)
4	Salida de señales de comunicación		RS232
5	Entradas digitales	No usada	Normalmente en bajo
6		No usada	
7		Parada	
8		Nivel de cal	
9	+ Vcc		5 V (DC)
10	Entrada o salida digital no usada		0 / 1
11	Entradas Analógicas	Nivel concentración	0 – 5 V DC
12		Nivel evaporación	
13		Nivel clarificación	
14		Nivel prelimpieza	
15	Tierra		0 V DC
16	Entrada o salida digital no usada		0 / 1
17	Entradas Analógicas	pH	0 – 5 V DC
18		Temperatura clarificación	
19		Temperatura evaporación	
20		Temperatura concentración	
21	Salidas digitales	Alarma de temp. excesiva clarificación	0 / 1
22		Alarma de temp. excesiva evaporación	
23		Alarma de temp. excesiva concentración	
24		Alarma Trapiche	
25		Alarma falta de cal	
26	Entradas digitales	No usada	Normalmente en bajo
27		No usada	
28		Concentración OK	
29	Salidas digitales	Válvula antes de Bomba	0 / 1
30		Bomba	
31		Válvula después de Bomba	
32		Válvula de cal	
33		Válvula CE	
34		Válvula EC	
35		Válvula vaciado	
36		No usada	

B1	Puente de Diodos	
C1	Capacitares	1000 $\mu$ F
C2		10 $\mu$ F
C3		1 $\mu$ F
C4		1 $\mu$ F
C5		15 nF
C6		15 nF
U1		Regulador de Voltaje
U2	Opamp	LM6132
U3	Interfase para comunicaci3n	MAX232
U4	Microcontrolador	PIC18F45
R1	Resistencias	1 K $\Omega$
R2		1 K $\Omega$
R3		1 K $\Omega$
R4		100 $\Omega$
R5		1 K $\Omega$
R6		400 $\Omega$
R7		
R8		
R9		
R10		
R11		1 K $\Omega$
R12		
R13		
R14		
R15		
R16		
R17		400 $\Omega$
R18		
R19		
R20		
R21		
L1	LEDS indicadores	Normalmente apagados
L2		
L3		
L4		
L5		
L6		
L7		

L8		
L9		
L10		
L11		
L12		
L13		
X1	Cristal de cuarzo	20 MHz

*Figura 21. Parte superior y posterior de la placa base*



Cabe mencionar que esta placa no contiene los elementos necesarios para realizar la adecuación de las señales de entrada de cada uno de los sensores, dicha adecuación deberá realizarse dependiendo de los elementos finales que se utilicen. Además, aquí no se incluyen elementos externos como las alarmas, transformador, fusible, etc.

**CAPITULO V**

**PROGRAMA DISEÑADO PARA**

**EL CONTROL Y MONITOREO DEL PROCESO**

Una vez automatizado el proceso se desarrollará de la siguiente manera:

- 1.- Al encender el sistema sonará una alarma para indicar que el tanque de prelimpieza está vacío y se necesita encender el trapiche.
- 2.- Una vez que el usuario presione el botón de encendido del trapiche, se empezará a llenar el tanque de prelimpieza. Luego, cuando se llene el tanque de prelimpieza, se emitirá la alarma para apagar el trapiche.
- 3.- Cuando el jugo de caña haya permanecido el tiempo suficiente en la etapa de prelimpieza y si la etapa de clarificación está vacía, se encenderá la bomba y se empezará a llenar clarificación. La bomba permanecerá encendida hasta que se llene el tanque de clarificación o hasta que se vacíe el tanque de prelimpieza.
- 4.- En caso de que el tanque de prelimpieza se haya vaciado completamente, se emitirá la alarma para el encendido del trapiche.
- 5.- Cuando en la etapa de clarificación se llega a la temperatura ideal, se empezará la adición gradual de cal hasta llegar al pH óptimo; una vez alcanzado este valor, si la etapa de evaporación está vacía, se abrirá la válvula para pasar el jugo al proceso de evaporación. Una vez vacía clarificación y si existe jugo en prelimpieza, se encenderá la bomba. Si en algún momento se llegase a sobrepasar la temperatura óptima, se encenderá una alarma.
- 6.- En la parte superior del tanque de evaporación, el jugo será filtrado para retirar la cachaza. Se mantendrá el jugo en evaporación por un tiempo dado, luego del cual, si la etapa de concentración está vacía, se abrirá la válvula para

pasar a concentración. Una vez vacía evaporación y si existe jugo en clarificación, se encenderá la válvula para volver a llenar el tanque de evaporación. Si en algún momento se llegase a sobrepasar la temperatura óptima, se encenderá una alarma.

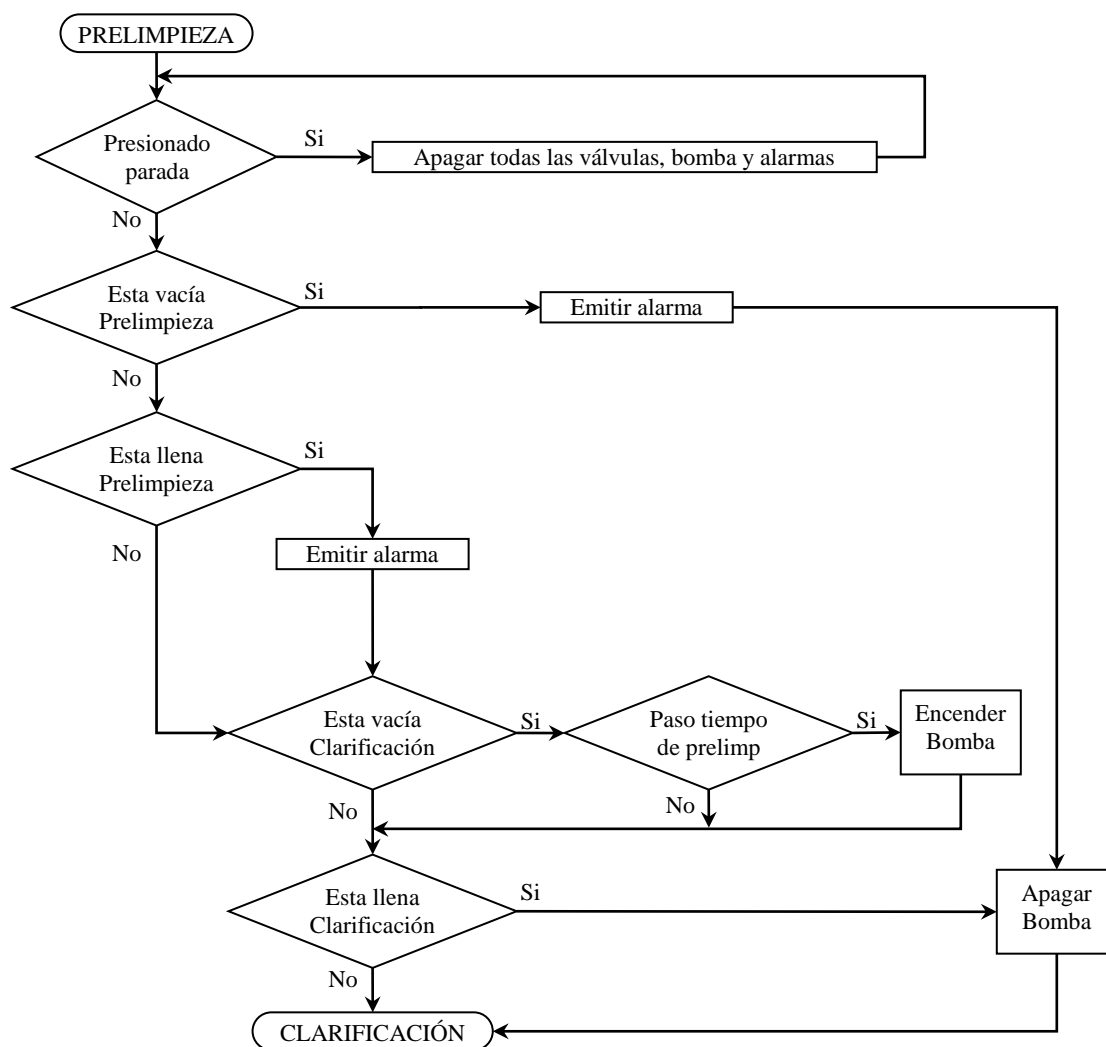
- 7.- Una vez en la etapa de concentración el usuario deberá realizar la medición de la concentración del jugo. Una vez que se alcance el valor óptimo se deberá presionar el botón para iniciar el vaciado de la miel y así finalizar todo el proceso. Una vez vacía concentración y si existe jugo en evaporación, se encenderá la válvula para volver a llenar concentración. Si en algún momento se llegase a sobrepasar la temperatura óptima, se encenderá una alarma.
- 8.- Se repite el proceso en forma cíclica desde el paso 2. El paso 1 sólo se ejecuta la primera vez que se enciende el sistema.

## **5.1. DIAGRAMAS DE FLUJO DEL PROGRAMA DE CONTROL DE MICROCONTROLADOR**

Se ha dividido todo el sistema en procesos, los cuales serán controlados normalmente por el microcontrolador. En el proceso de prelimpieza se controla el trapiche, la bomba y la alarma de encendido/apagado de trapiche. Por otra parte, recibe como señales de entrada los sensores de nivel de prelimpieza y de clarificación. Su comportamiento se resume en el siguiente diagrama de flujo:



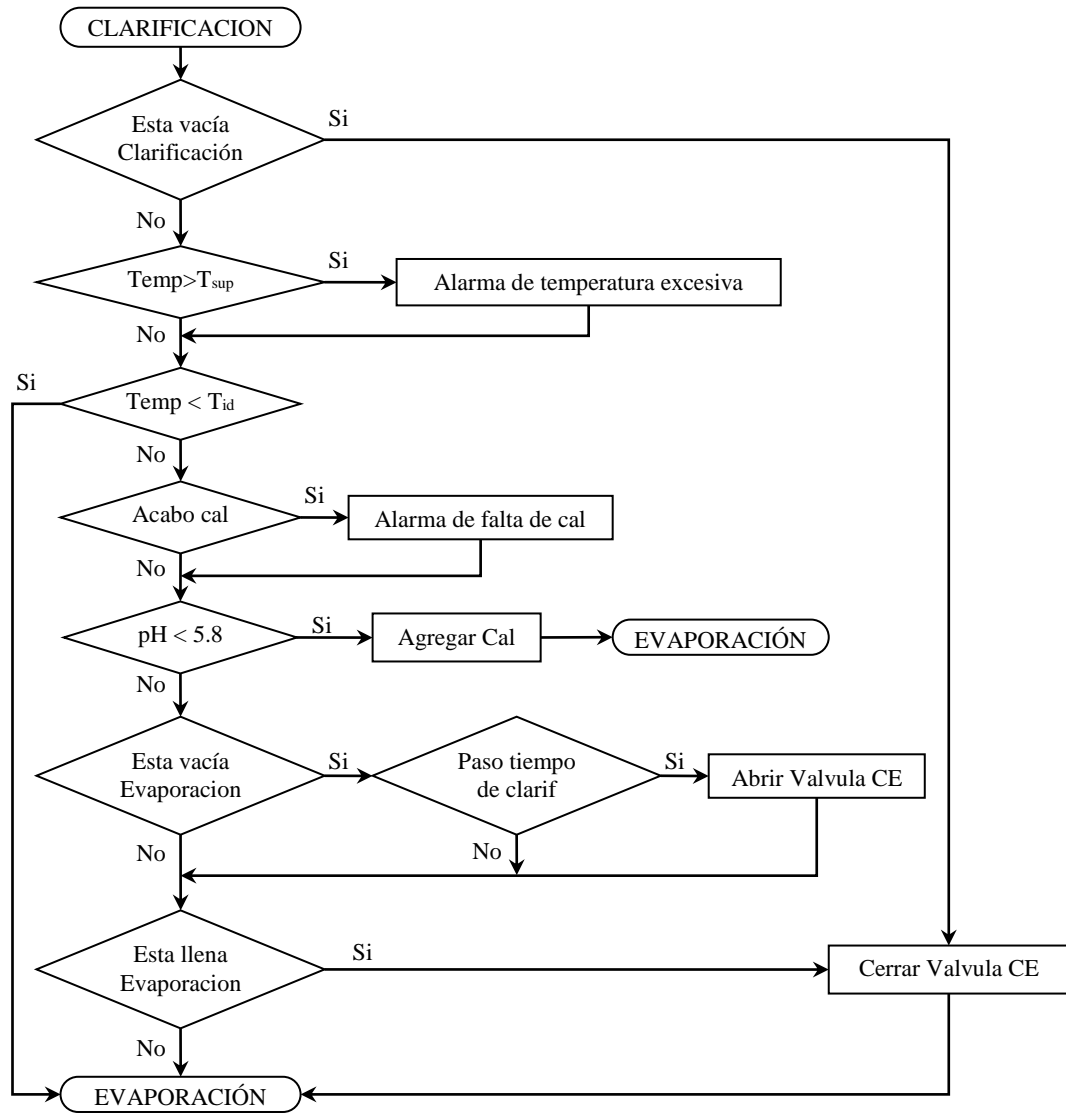
Figura 22. Diagrama de flujo de prelimpieza



En el proceso de clarificación se controla la adición cal (a la temperatura adecuada), la válvula de paso entre clarificación y evaporación (válvula CE), la alarma de temperatura excesiva de clarificación y la alarma de falta de cal. Aquí se recibe como señales de entrada los sensores de: nivel de clarificación, nivel de evaporación, nivel

de cal y pH.

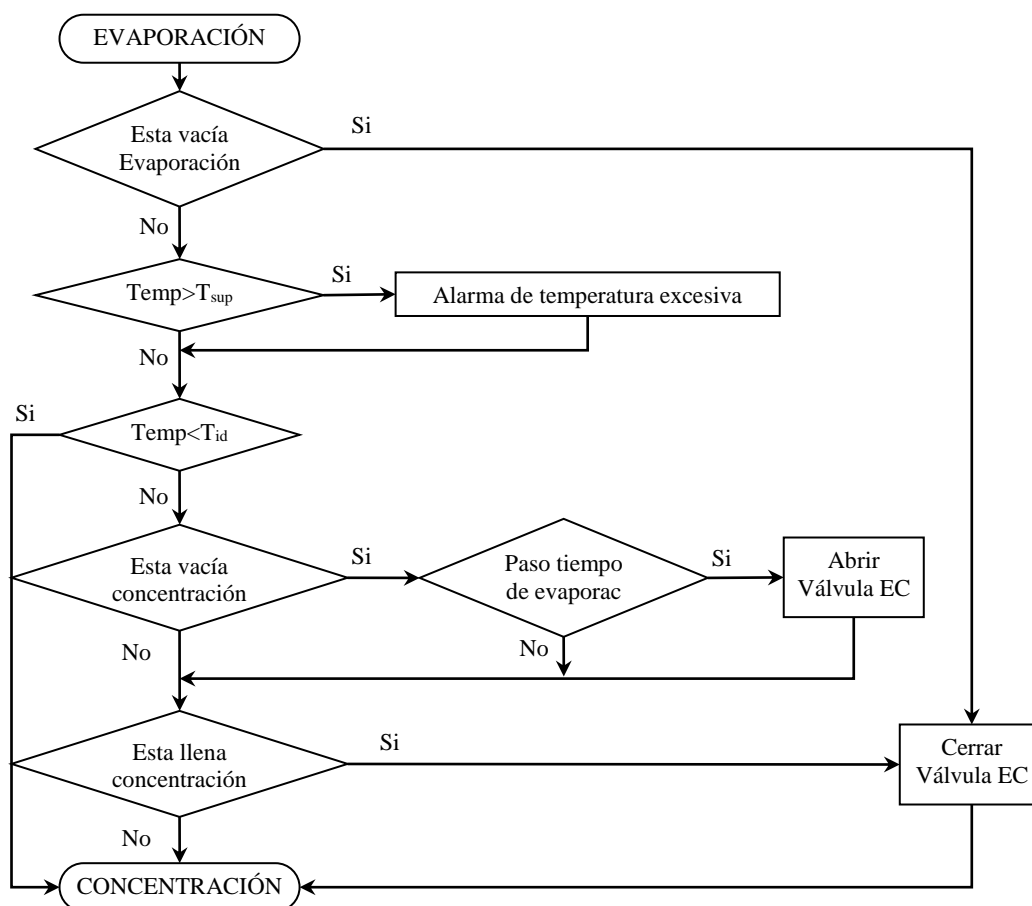
Figura 23. Diagrama de flujo de clarificación



En el proceso de evaporación se controlan: la válvula de paso entre evaporación y concentración (válvula EC) y la alarma de temperatura excesiva de evaporación. Aquí se recibe como señales de entrada los sensores de: nivel de evaporación, nivel

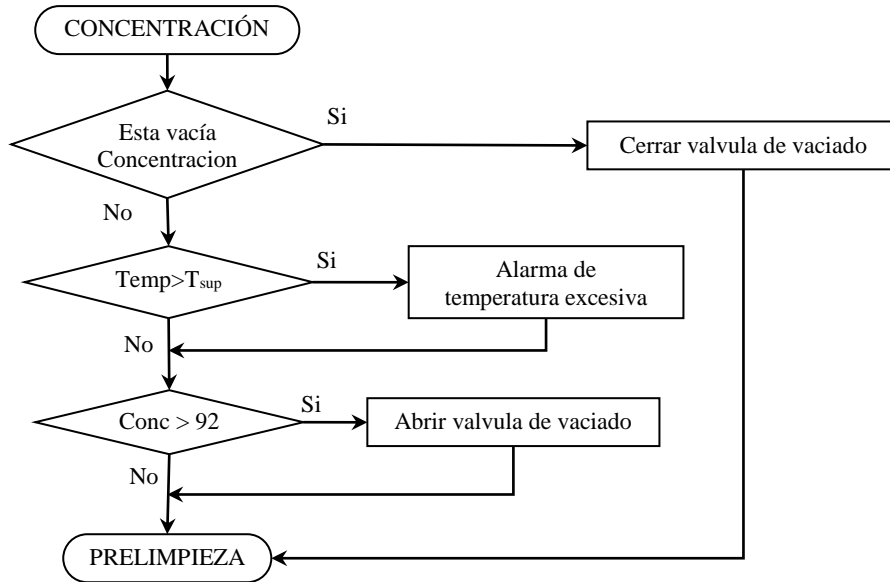
de concentración y de temperatura de evaporación.

Figura 24. Diagrama de flujo de evaporación



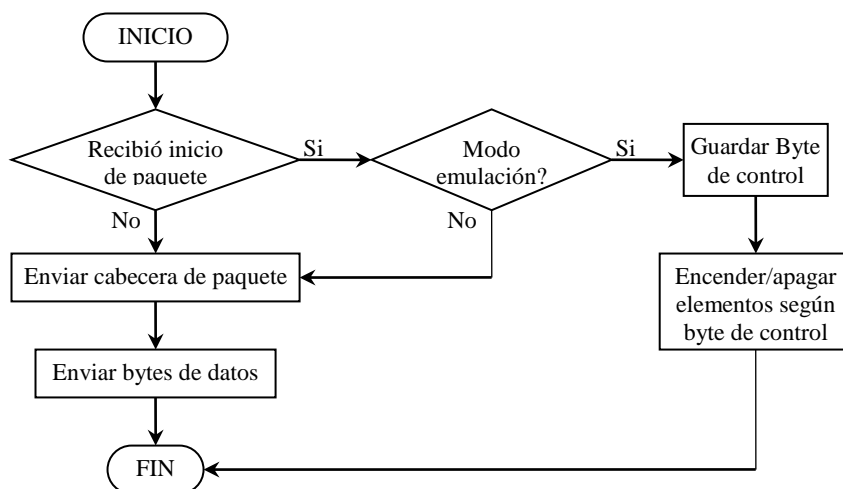
En el proceso de concentración se controlan: la válvula de vaciado y la alarma de temperatura excesiva de concentración. Aquí se recibe como señales de entrada los sensores de: nivel de concentración, temperatura de evaporación y una entrada digital de concentración de los jugos.

Figura 25. Diagrama de flujo de concentración



La transmisión y recepción de datos, se manejarán en el microcontrolador como una interrupción que se generará luego de que el computador envíe un requerimiento, y se ejecutará según el siguiente diagrama de flujo:

Figura 26. Diagrama de flujo de transmisión y recepción de datos



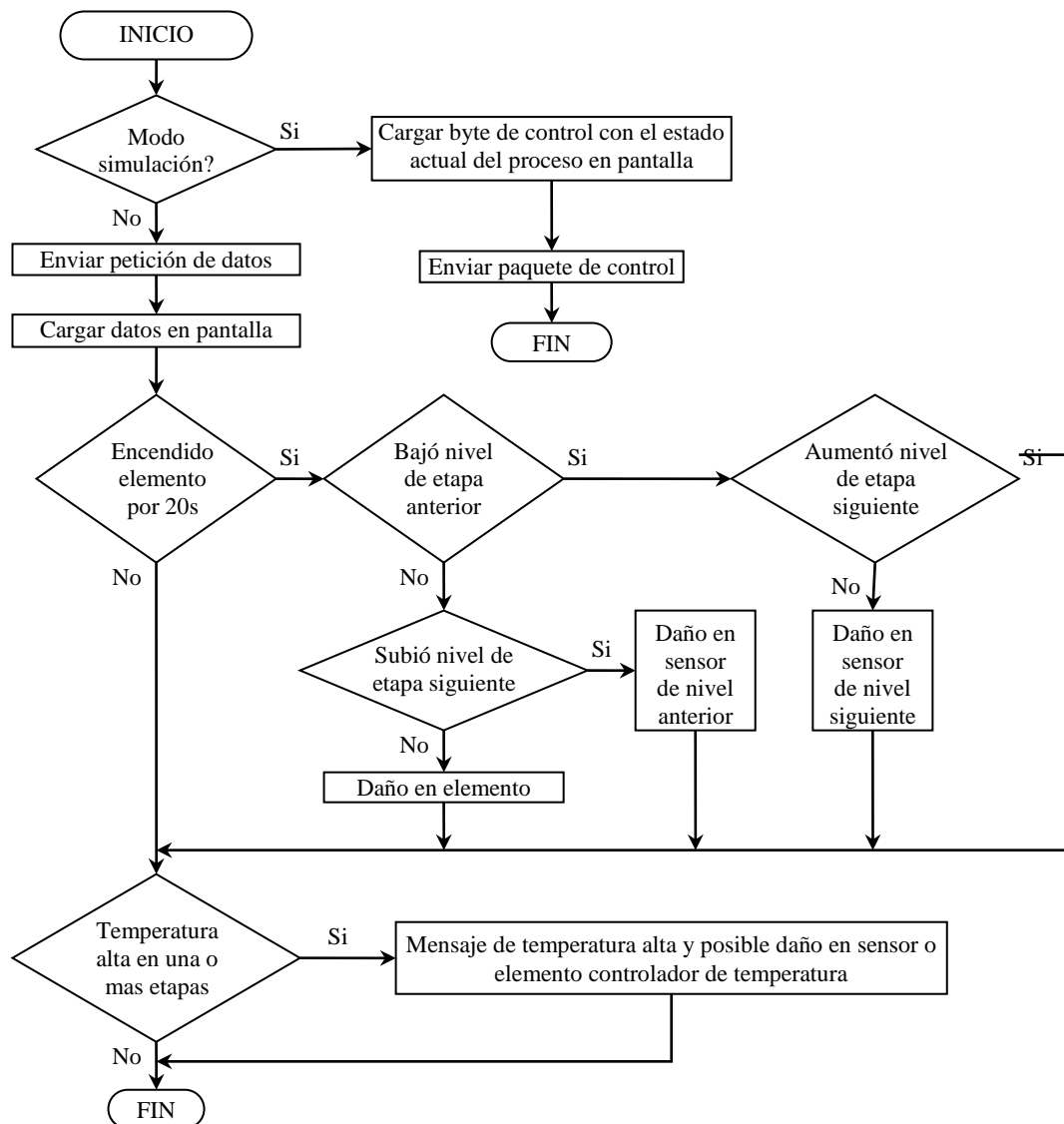
La implementación de estos diagramas de flujo puede revisarse en el anexo 11.

## 5.2. SOFTWARE DE MONITOREO

El programa ha sido desarrollado usando Visual Basic y tendrá a su cargo principalmente el monitoreo del proceso en tiempo real. Pero también podrá ejercer un control sobre el proceso cuando se seleccione el modo de operación emulación.

### 5.2.1 DIAGRAMA DE FLUJO

*Figura 27. Diagrama de flujo de programa de monitoreo*

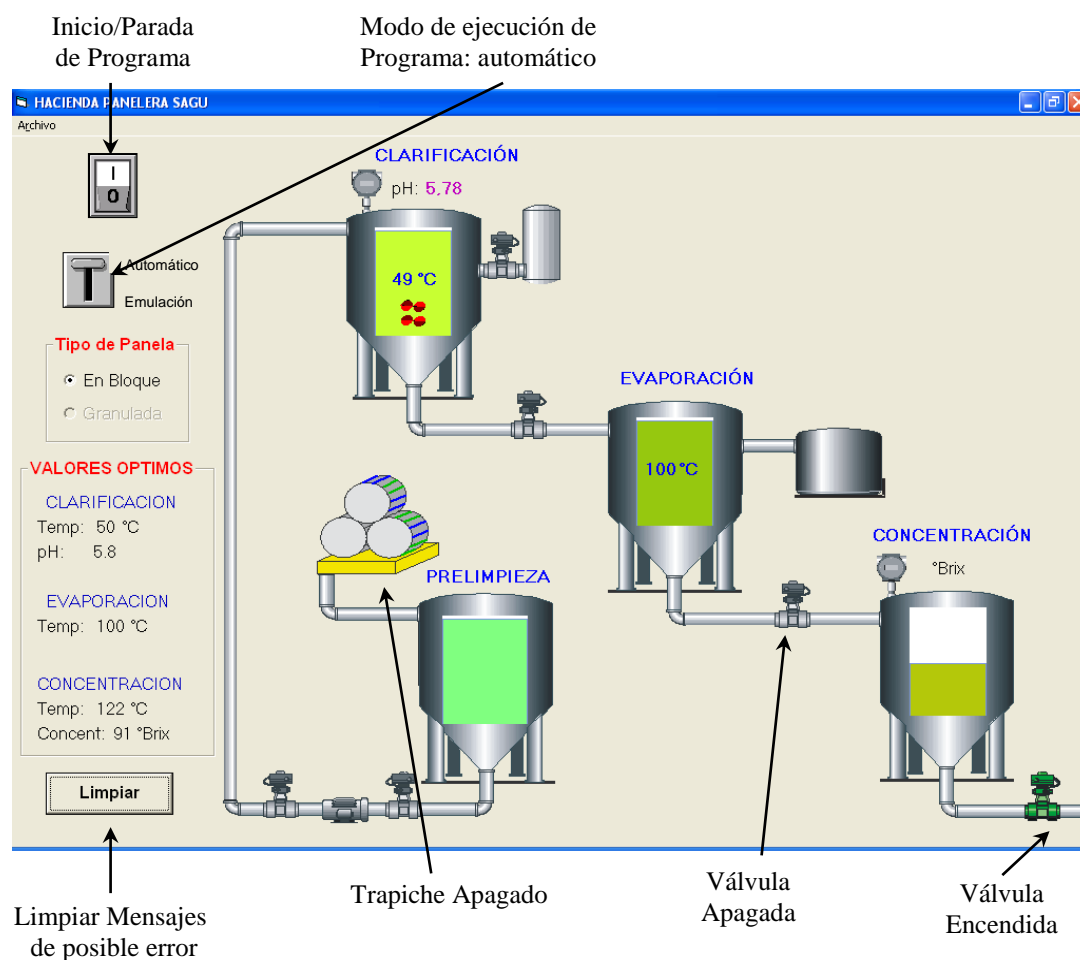


La implementación del diagrama de flujo se puede observar en el anexo 12.

### 5.2.2. MANUAL DE USUARIO

Durante el proceso de producción automático y sin fallas, el programa presentará la siguiente pantalla principal:

Figura 28. Pantalla del programa de monitoreo en modo automático



Se pueden visualizar claramente cada uno de los elementos constitutivos del sistema, tales como: tanques, tuberías, válvulas, trapiche, etc.

Para iniciar el proceso se debe hacer clic en el icono de inicio/parada de proceso, ubicado en la parte superior izquierda, al presionarlo cambiará de forma, lo cual indicará que el programa está funcionando. Si se desea detener el monitoreo del proceso basta con presionar nuevamente el mismo botón.

Los valores óptimos que se presentan por defecto serán los de la panela en bloque, pero si se desea cambiar dichos datos se debe hacer clic en archivo -> cambiar proceso. Esto provocará que se cambie los valores para la producción de panela granulada.

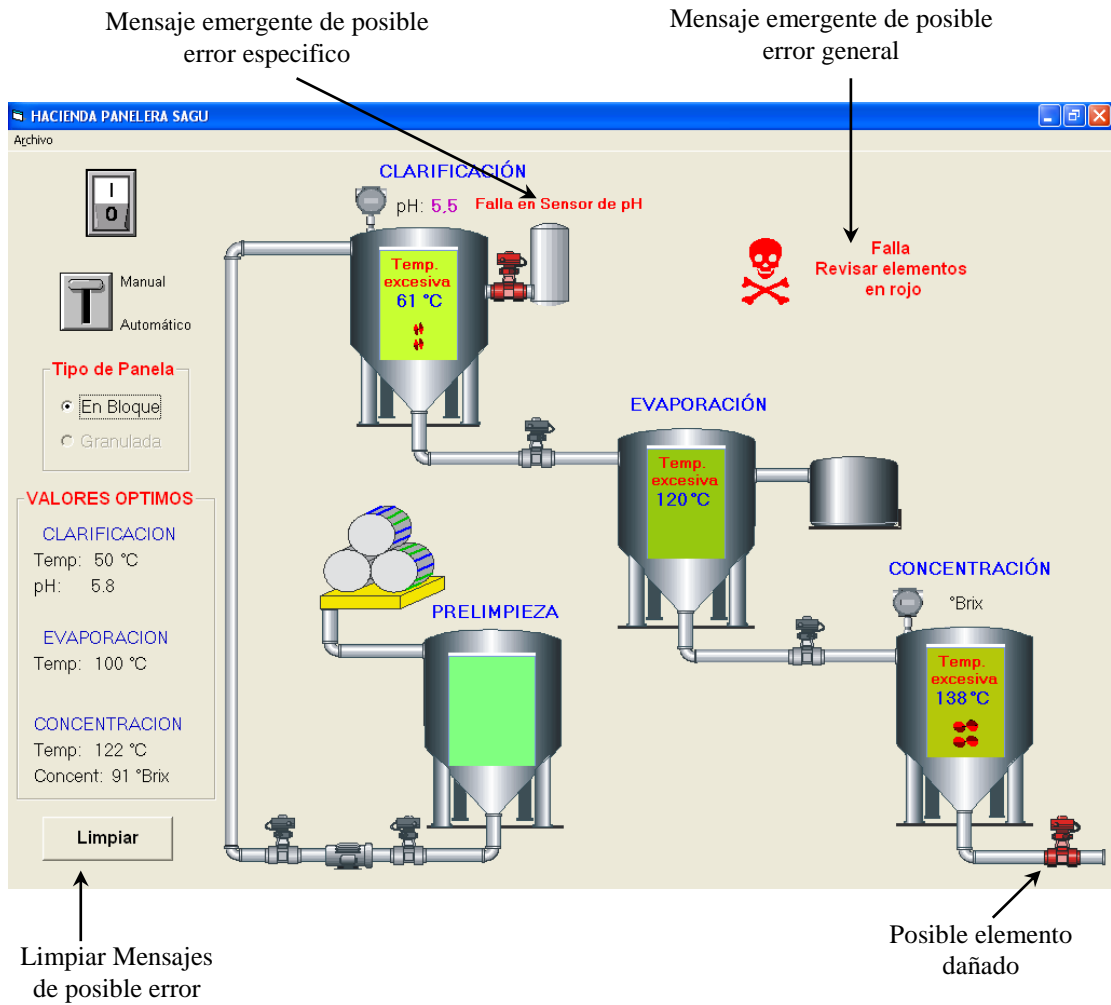
En caso de que se haya presentado algún error en un sensor o elemento, el mensaje puede o no desaparecer automáticamente, en caso de no desaparecer se debe hacer clic en el botón Limpiar.

El programa iniciará con el proceso en modo automático por defecto, lo cual significa que el sistema estará monitoreando el estado de los diferentes sensores para en base a ellos realizar el procesamiento y la presentación gráfica correspondiente. Cuando se cambia a modo emulación, el programa no tomará en cuenta los valores de los sensores y ejecutará una emulación automática del proceso, ordenando al microcontrolador que encienda o apague los diversos elementos según el estado del proceso que se presenta en la pantalla.

*Figura 29. Programa de monitoreo en modo automático indicando errores*

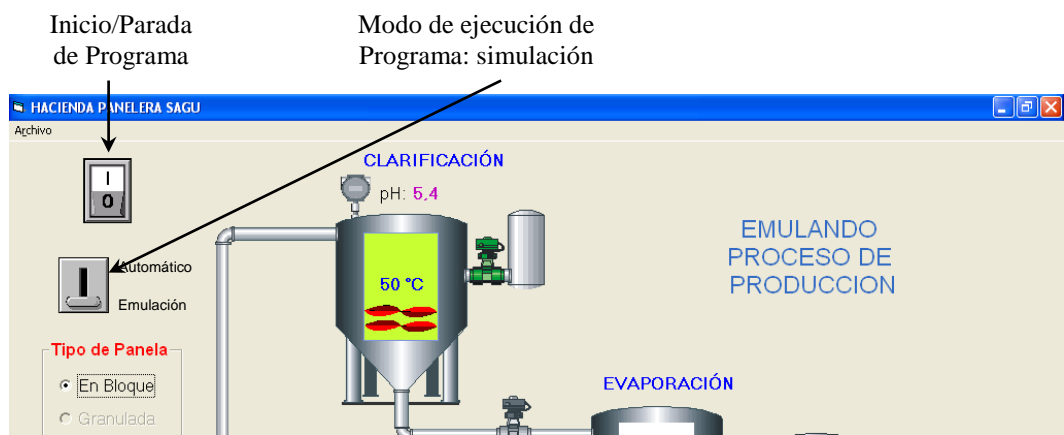






Cuando se presione el botón para cambiar a modo emulación, todos los tanques aparecerán vacíos y empezará a emularse el proceso de producción desde el principio, sin tomar en cuenta el estado real de los sensores en el sistema. La pantalla clásica de este estado será:

Figura 30. Programa de monitoreo en modo emulación





**CAPÍTULO VI**  
**SISTEMA DE COMUNICACIÓN**

La comunicación que se llevará a cabo entre el computador y el microcontrolador será serial asincrónica (ver anexo 13) y de dos vías (duplex), en donde el microcontrolador y el computador alternarán los papeles de transmisor y receptor.

El panel de control tendrá en su parte posterior un puerto de salida tipo DB9, con la finalidad de conectarse con el puerto serial del computador que también es tipo DB9. El cable de conexión debe tener una configuración de modem nulo (ver anexo 13).

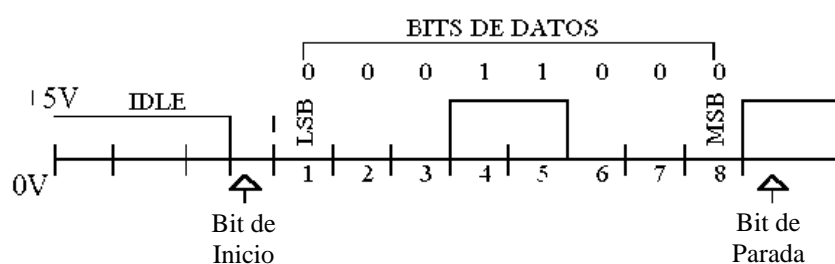
El Sistema de comunicación puede dividirse en varias partes principales: transmisor, aislador, interfase y receptor.

- 1.- El transmisor, que puede ser tanto el microcontrolador como el computador. El computador enviará un paquete de control cada 100 ms. Si el programa está en modo automático, el microcontrolador contestará enviando el paquete de información del estado del proceso; y si se está en modo emulación, el microcontrolador que actuará sobre sus salidas sin tomar en cuenta el estado de los sensores.

La forma en que se envían las señales es la siguiente: primeramente se envía un bit de inicio, seguido por los bits de datos, que en nuestro caso son 8. Después que el dato ha sido transmitido, un bit de parada es enviado. Un bit de parada tiene un valor de 1 y puede ser detectado correctamente aún cuando el dato previo también tuvo un valor de 1. Esto es logrado por la duración del

bit de parada. El bit de parada puede tener una longitud de 1, 1.5 o 2 periodos. Se debe tener especial cuidado de que tanto el receptor como el emisor deben concordar en el número de bits de datos, número de bits de parada y en la velocidad de transmisión.

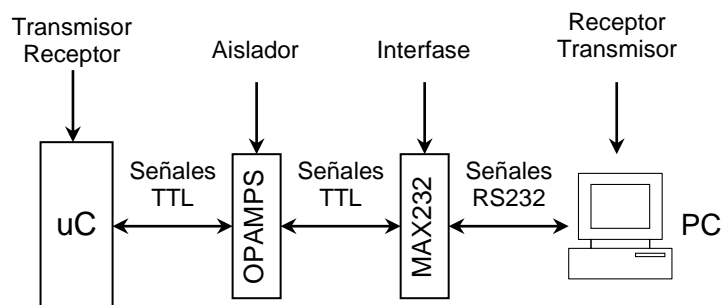
*Figura 31. Forma de envío de bits*



- 2.- El aislamiento lo realizamos conectando entre el microcontrolador y la interfase dos opamps que serán configurados con ganancia unitaria. Esta etapa es importante ya que en caso de un daño en las etapas siguientes no afectará mayormente al microcontrolador. Además que de esta forma, la corriente de salida del microcontrolador será mínima, ya que el opamp se encargará del suministro de corriente para las etapas siguientes.
- 3.- Como el puerto serial del computador maneja señales de -15V a 15V, mientras los opamps aisladores manejan señales en nivel TTL, es necesario un elemento que sirva de interfase entre el opamp y el computador. Esta función la desempeña el circuito integrado MAX232 (ver anexo 14).

- 4.- Una vez adecuadas las señales, serán receptadas e interpretadas adecuadamente tanto por el microcontrolador como por el computador.

*Figura 32. Elementos principales del proceso de comunicación*



Para el desarrollo del protocolo de comunicación hemos tomado en cuenta lo siguiente:

- \* Se debe diferenciar entre los paquetes de información y de control.
- \* La cantidad máxima de datos a transmitir. En nuestro caso son los estados de los 10 sensores, botoneras, bomba y válvulas.
- \* El tamaño de cada dato: tenemos 8 datos de 8 bits (ver tabla XII) cada uno y 9 datos binarios (ver tabla XIII).

Teniendo presente los hechos anteriores, nuestro protocolo tiene las siguientes características:

- \* Para distinguir el comienzo de un paquete, sea de datos o de control, utilizaremos una cabecera, la cual hemos fijado en un valor igual a 230 (E6 en hexadecimal). Este valor ha sido escogido considerando que las probabilidades de coincidencia con el valor de una de las variables es baja.

\* El paquete de control será transmitido siempre por el computador y tendrá un tamaño variable, dependiendo si se está en modo automático o emulación.

- En modo emulación, este paquete indica al microcontrolador que no tome en cuenta el valor de los sensores, sino el valor contenido en el byte de dato. Este paquete tiene la siguiente distribución:

Byte	1	2	3
Significado	Encabezado	Modo	Dato

El byte de modo valdrá 0. La distribución del byte de dato será similar a la del D9 del paquete de información que se verá más adelante e indicará al microcontrolador que elementos debe encender o apagar.

- En modo automático, este paquete indica al microcontrolador que actúe sobre los diferentes elementos, de acuerdo al algoritmo contenido en él, tomando en cuenta el valor de los sensores. En este modo el microcontrolador deberá enviar el estado de los sensores y del resto de elementos hacia el computador en un paquete de información que se detalla mas adelante. En este caso, el byte de modo valdrá 1 y se omite el byte de dato:

Byte	1	2
Significado	Encabezado	Modo

\* En cuanto al paquete de información, será siempre enviado desde el microcontrolador hacia el computador y tendrá las siguientes características:

- Tamaño de 11 bytes.
- Tendrá la siguiente distribución:

Byte	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Significado	Encabezado	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10

Los datos del D1 al D10 tendrán un tamaño de 1 byte cada uno e indicarán el valor del sensor o el estado del elemento correspondiente. Los datos D1 hasta el D8 contendrán los valores de los sensores analógicos cuyo orden será:

*Tabla XII. Valores analógicos transmitidos*

Dato	Sensor Correspondiente
D1	Temperatura Clarificación
D2	Temperatura Evaporación
D3	Temperatura Concentración
D4	pH (Clarificación)
D5	Nivel de Prelimpieza
D6	Nivel Clarificación
D7	Nivel Evaporación
D8	Nivel Concentración

Mientras que los datos D9 y D10 contendrán los valores de los sensores o entradas digitales y el estado de la bomba y válvulas según la siguiente tabla:

*Tabla XIII. Valores digitales transmitidos*

Dato	Detalle																		
D9	<table border="1"> <tr> <td>bit</td> <td>7</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td></td> <td>V<sub>cal</sub></td> <td>V<sub>2</sub></td> <td>B</td> <td>V<sub>1</sub></td> <td>NC</td> <td>V<sub>CE</sub></td> <td>V<sub>EC</sub></td> <td>V<sub>VA</sub></td> </tr> </table>	bit	7	6	5	4	3	2	1	0		V <sub>cal</sub>	V <sub>2</sub>	B	V <sub>1</sub>	NC	V <sub>CE</sub>	V <sub>EC</sub>	V <sub>VA</sub>
bit	7	6	5	4	3	2	1	0											
	V <sub>cal</sub>	V <sub>2</sub>	B	V <sub>1</sub>	NC	V <sub>CE</sub>	V <sub>EC</sub>	V <sub>VA</sub>											
D10	<table border="1"> <tr> <td>bit</td> <td>7</td> <td>6</td> <td>5</td> <td>4</td> <td>3</td> <td>2</td> <td>1</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td></td> <td style="text-align: center;">/</td> <td style="text-align: center;">/</td> <td style="text-align: center;">/</td> <td style="text-align: center;">/</td> <td style="text-align: center;">/</td> <td style="text-align: center;">/</td> <td style="text-align: center;">/</td> <td>Par</td> </tr> </table>	bit	7	6	5	4	3	2	1	0		/	/	/	/	/	/	/	Par
bit	7	6	5	4	3	2	1	0											
	/	/	/	/	/	/	/	Par											



Donde cada bit representa el estado de:

$V_{cal}$ .- Válvula de cal                       $V_2$ .- Válvula después de la bomba

B.- Bomba                                       $V_1$ .- Válvula antes de la bomba

NC.- Nivel de cal

$V_{CE}$ .- Válvula clarificación- evaporación

$V_{EC}$ .- Válvula evaporación- concentración

$V_{VA}$ .- Válvula de vaciado              Par.- Botón de parada

- \* Con la finalidad de proteger los datos contra los ruidos del medio ambiente, todos los paquetes se transmitirán con paridad par.
  
- \* El tiempo que se tardará en transmitir cada byte depende de la velocidad de transmisión. Como trabajamos con una velocidad de transmisión de 9600 bps, el tiempo por byte será de 1,146 ms. El paquete más grande, que es el de información, tendrá 11 bits por cada byte (1 bit de inicio, 8 bits de datos, 1 bit de parada y 1 bit de paridad). Considerando este hecho, el tiempo máximo que nuestro sistema tardará en una transmisión completa será en alrededor de 12,6 ms. Por esta razón, el microcontrolador podrá enviar sin problemas un paquete cada 100 ms, como lo hemos implementado.

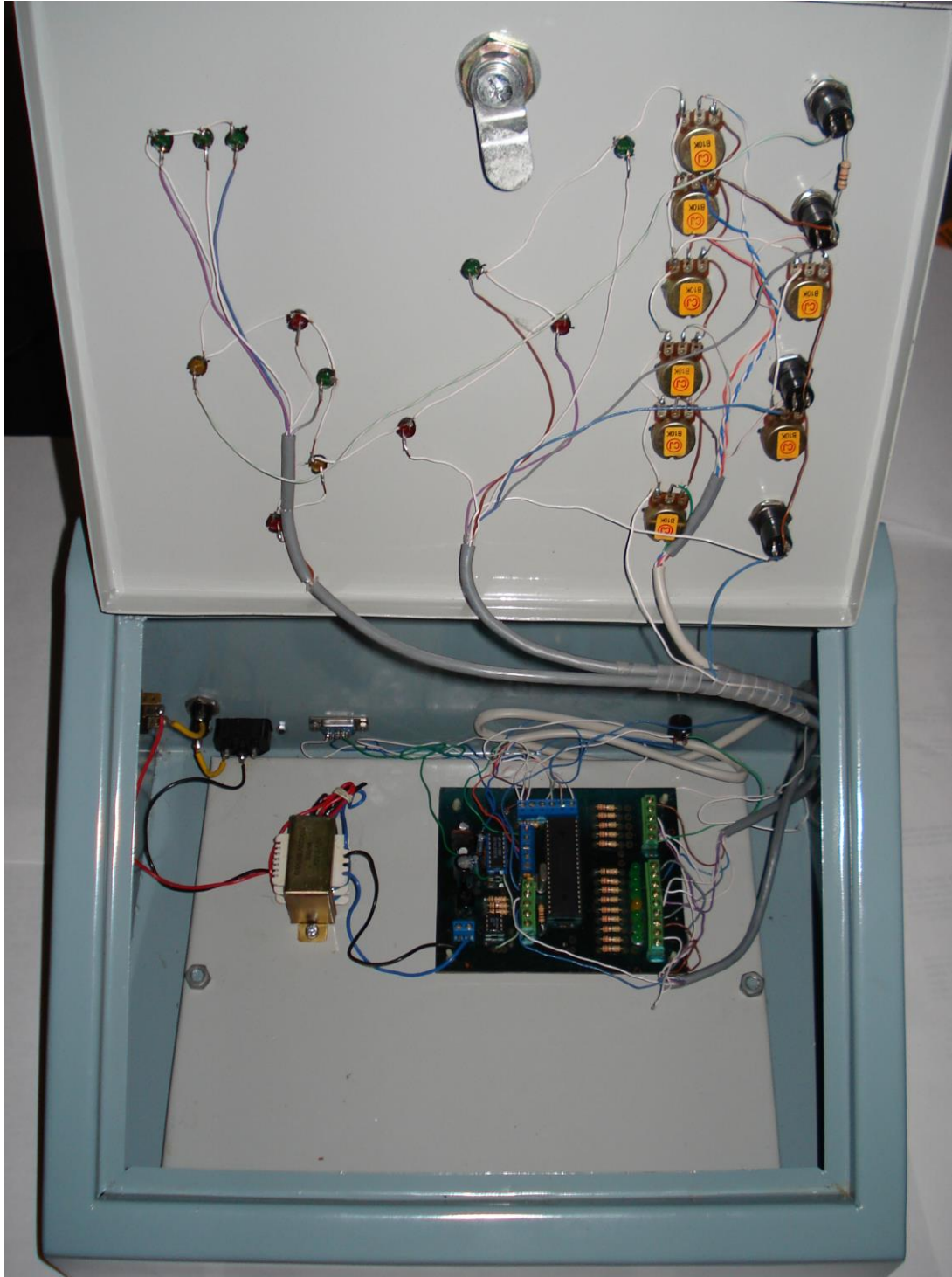
**CAPÍTULO VII**  
**SIMULACIÓN DEL PROYECTO**

Los costos que implica la implementación de la presente tesis son elevados, por esta razón la parte de sensado y acondicionamiento de señales serán simuladas mediante potenciómetros y botoneras, mientras los elementos a ser controlados serán representados por leds y alarmas audibles. Pero cabe aclarar que la parte central del sistema, que lo constituyen el microcontrolador y el computador, serán programados tal y como funcionarían en el sistema final implementado. Considerando lo anterior se ha construido un tablero de simulación, el cual permitirá ubicar todos los elementos mencionados y probar el funcionamiento de los diferentes algoritmos implementados tanto en el microcontrolador como en el computador.

*Figura 33. Vista frontal del tablero de simulación*



*Figura 34. Vista interior del tablero de simulación*



El tablero de simulación tendrá en su parte posterior los siguientes elementos: en la parte inferior hay un conector DB9 para comunicación, junto a él la entrada de alimentación, sobre ella el fusible y en la parte derecha del tablero (vista de atrás hacia delante) el interruptor de encendido.

*Figura 35. Vista posterior del tablero de simulación*



La simulación de la tesis, durante un proceso automático de producción, se la realizará de la siguiente manera:

- 1.- Al encender el sistema, todos los potenciómetros deberán indicar su valor mínimo, entonces se activará una alarma para indicar que el tanque de prelimpieza está vacío y se necesita encender el trapiche.

- 2.- Una vez que el usuario presione el botón de encendido del trapiche, se encenderá el led que representará al trapiche; al mismo tiempo, el programa indicará que el trapiche está en funcionamiento. Enseguida debemos girar el potenciómetro correspondiente al nivel de prelimpieza de tal forma que se indique que está aumentando, se podrá observar en la computadora el llenado progresivo del tanque de prelimpieza. Luego, cuando se llene el tanque de prelimpieza, se emitirá la alarma para apagar el trapiche.
- 3.- Cuando haya transcurrido el tiempo suficiente en la etapa de prelimpieza y si el potenciómetro de nivel de clarificación indica que está vacía, se encenderá el led correspondiente a la bomba y sus válvulas asociadas. Entonces, se deberán girar los potenciómetros correspondientes al nivel de clarificación y al nivel de prelimpieza, de tal forma que se indique que el uno está aumentando y el otro está disminuyendo respectivamente. Se podrá observar en la computadora el llenado y vaciado progresivo de los tanques. El led de la bomba y sus válvulas permanecerán encendidos hasta que se llene el tanque de clarificación o hasta que se vacíe el tanque de prelimpieza.
- 4.- En caso de que el potenciómetro correspondiente al nivel de prelimpieza indique que está vacía, se emitirá la alarma para el encendido del trapiche.
- 5.- Se debe poner el potenciómetro de temperatura de clarificación de tal forma

que la computadora indique una temperatura adecuada (mayor a 50 °C y menor a 55 °C en esta etapa), entonces se encenderá intermitentemente el led correspondiente a la válvula de cal. Consecuentemente, debemos aumentar gradualmente el potenciómetro de pH, podrá observarse el valor actual en el computador. Una vez alcanzado el pH óptimo (entre 5,7 y 5,9), se apagará el led de la válvula de cal y se encenderá el led de la válvula para pasar el jugo al proceso de evaporación; entonces debemos aumentar el potenciómetro de nivel de evaporación y disminuir el de nivel de clarificación. Una vez vacía clarificación y si existe jugo en prelimpieza, se encenderá el led de la bomba y sus válvulas asociadas.

- 6.- Una vez que pase el tiempo de evaporación, y si el potenciómetro de nivel de concentración indica que está vacía, se encenderá el led de la válvula para pasar a concentración; se deberán girar los potenciómetros correspondientes al nivel de concentración y al nivel de evaporación, de tal forma que se indique que el uno está aumentando y el otro está disminuyendo respectivamente. Se podrá observar en la computadora el llenado y vaciado progresivo de los tanques. Una vez vacía evaporación y si existe jugo en clarificación, se encenderá el led de la válvula para volver a llenar el tanque de evaporación.
- 7.- Una vez en la etapa de concentración el usuario deberá realizar la medición de

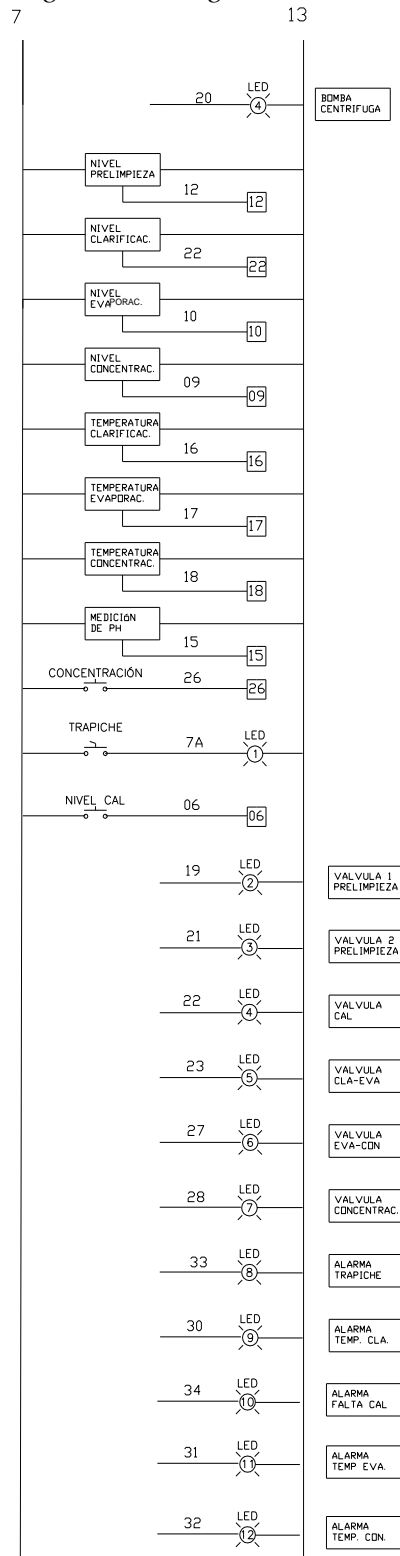
la concentración del jugo. Cuando se alcance el valor óptimo se deberá presionar el botón para que se encienda el led de la válvula de vaciado de la miel; deberá entonces girarse el potenciómetro de nivel de concentración para indicar que se esta vaciando. Una vez vacía concentración y si existe jugo en evaporación, se encenderá el led de la válvula para volver a llenar evaporación.

- 8.- Se repite el proceso en forma cíclica desde el paso 2. El paso 1 sólo se ejecuta la primera vez que se enciende el sistema. Si en algún momento se llegase a sobrepasar la temperatura óptima, se encenderá un led de alarma, dependiendo de en que etapa se sobrepasó dicha temperatura.

En el programa se podrá también escoger un proceso simulado, lo cual significa que el computador emulará el proceso de producción en pantalla, sin tomar en cuenta el estado de los sensores y ordenará al microcontrolador a que ejecute todos los procedimientos que se visualicen en el computador. El modo emulación se puede escoger simplemente dando clic en el icono correspondiente.



Figura 36. Diagrama de control



## ***CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES***

El microcontrolador cumple adecuadamente con los requerimientos para la aplicación en la automatización industrial tanto en comunicación, adquisición de datos y control sobre diferentes elementos y a un costo menor que otras opciones.

El modo artesanal de producir panela produce pérdidas en cuanto a tiempo, calidad y poca variedad de productos como derivados de la caña de azúcar. Esto puede ser mejorado mediante la implementación de este sistema.

Este diseño de automatización puede aplicarse a cualquier fábrica productora de panela, realizando pequeños cambios en los valores de temperatura en función de la ubicación de la fábrica.

El emular el proceso en una interfaz hombre máquina, a través de una pantalla gráfica de operación, facilita el monitoreo de las diferentes variables que intervienen en el proceso.

Al mejorar el modo de pasar el jugo de caña de una tina a otra se reducirá el tiempo de duración de cada etapa porque no se perderá temperatura en cada cambio de etapa. Esto se verá reflejado en un aumento de productividad de la fábrica.

El control en la adición de la cal mejorará las características físicas del producto final. Además permitirá que pueda ser almacenado por mayor tiempo sin degradación de su calidad.

Mediante el monitoreo de la temperatura se podrá determinar si cada etapa cumple con los parámetros de temperatura óptimos, permitiendo una corrección en caso de ser necesario.

Al realizar la medición del punto, usando los aparatos adecuados, se podrá determinar el momento ideal para retirar las mieles, lo cual se traduce en calidad del producto final. Además se tendrá la posibilidad de obtener nuevos productos.

El sistema mejora la Seguridad Industrial y las condiciones de trabajo de los operadores. Esto por tener una serie de alarmas, controlar las más importantes variables del proceso y mejorar el tiempo de respuesta a cualquier evento.

Cuando se emprenda cualquier proyecto de automatización se recomienda iniciar con una investigación detallada del proceso para tener una visión clara de cómo se desarrollan cada una de sus partes. De esta manera se podrá determinar la viabilidad y el grado de automatización que se puede alcanzar.

## **ANEXOS**

## **ANEXO 1. CARACTERÍSTICAS DEL PIC18F452**

### *Conjunto de instrucciones para alto desempeño del CPU:*

- \* Arquitectura optimizada para Instrucciones compiladas en C.
- \* Código fuente compatible con las instrucciones del PIC16 y PIC17.
- \* Memoria de programa lineal direccionada a 32 Kbytes.
- \* Memoria de datos lineal direccionada a 1.5 Kbytes.
- \* Operación de hasta 10 MIPs (millones de instrucciones por segundo).
- \* Entrada de reloj de hasta 40MHz en DC.
- \* Entrada de reloj de 4MHz hasta 10MHz con PLL activo.
- \* Instrucciones de 16 bits de ancho, dirección de datos de 8 bits de ancho.
- \* Niveles de prioridad para las interrupciones.
- \* Multiplicador de hardware de ciclo simple de 8x8

### *Características Periféricas:*

- \* Alta corriente fuente/sumidero 25mA/25mA
- \* Tres pines para interrupciones externas.
- \* Módulo temporizador 0: temporizador o contador de 8 o 16 bits con preescalador programable de 8 bits.
- \* Módulo temporizador 1: temporizador o contador 16 bits.
- \* Módulo temporizador 2: temporizador o contador de 8 bits con registro de período de 8 bits (base del tiempo para PWM)
- \* Módulo temporizador 3: temporizador o contador de 16 bits.
- \* Opción de oscilador de reloj secundario con el temporizador 1 o 3.
- \* Dos módulos de Captura/comparación/PWM (CCP). Los pines CCP pueden ser configurados como:
  - Captura de Entrada: La captura es de 16 bits, resolución máxima 6.25 ns ( $T_{CY}/16$ ).
  - La comparación es de 16 bits, resolución máxima 100 ns ( $T_{CY}$ ).
  - Salida PWM: La resolución de PWM es de 1 a 10 bits. La frecuencia

máxima del PWM es: con resolución de 8 bits 156 KHz y con resolución de 10 bits 39 KHz.

- \* Módulo de puerto serial sincrónico maestro (MSSP), dos modos de operación:
  - 3 cables: SPI™ (soporta todos los 4 modos SPI)
  - I2C™ Modo maestro y esclavo.
- \* Módulo USART direccionable que soporta RS-485 y RS-232
- \* Puerto Esclavo Paralelo (PSP)

#### *Características Analógicas:*

- \* Módulo convertidor analógico a digital compatible de 10 bits (A/D) con:
  - Rápida tasa de muestreo.
  - Conversión disponible durante SLEEP.
  - Linealidad  $\leq 1$  LSb.
- \* Detección de bajo voltaje programable (PLDV). Soporta interrupción por detección de bajo voltaje.
- \* Reset por brown-out programable.

#### *Características Especiales:*

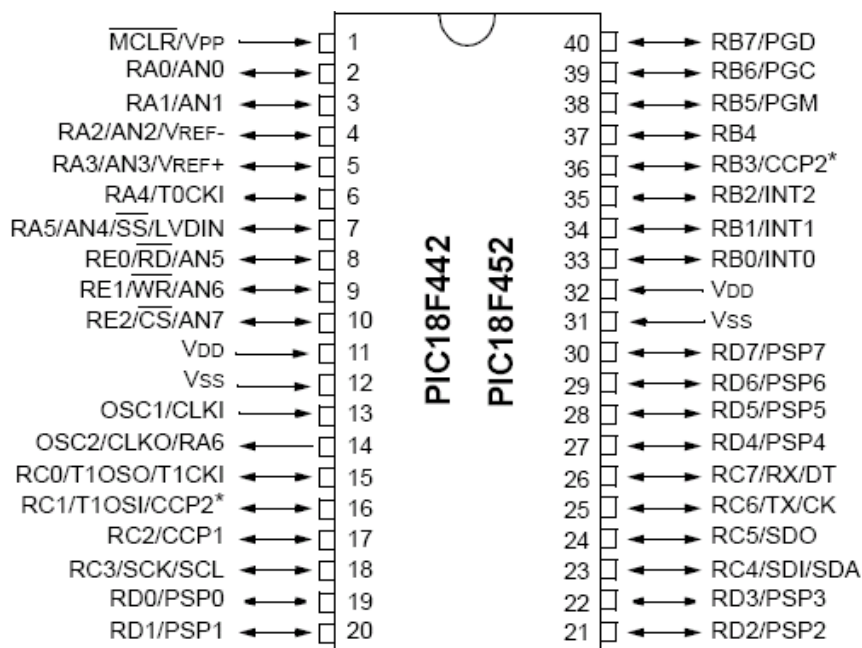
- \* Memoria típica de programa FLASH mejorada con 100000 ciclos de borrado/grabado.
- \* Memoria de datos EEPROM con 1000000 de ciclos de borrado/grabado.
- \* Retención de FLASH/EEPROM de datos > 40 años.
- \* Auto programable bajo software de control.
- \* Reseteo al encender (POR), temporizador de encendido (PWRT) y temporizador iniciador de oscilador (OST).
- \* Temporizador de perro guardián (WDT) con su propio oscilador RC dentro de chip para operación fiable.
- \* Protección de código programable.
- \* Modo de ahorro de energía SLEEP.
- \* Opciones de oscilador seleccionables, incluyendo:

- Enganchador de lazo de fase (PLL) de 4X (del oscilador primario).
- Entrada de oscilador de reloj secundaria (32 KHz).
- \* Fuente simple 5V en programación serial en circuito (ICSP™) a través de dos pines.
- \* Depuración en circuito (ICD) a través de dos pines.

#### *Tecnología CMOS:*

- \* Tecnología de FLASH/EEPROM de bajo poder y alta velocidad.
- \* Diseño totalmente estático.
- \* Amplio rango de voltaje de operación (2V a 5.5 V).
- \* Rangos de temperatura industriales y extendidos.
- \* Consumo de baja potencia:
  - < 1.6 mA a 5V, 4 MHz.
  - 25  $\mu$ A típico a 3V, 32 KHz.
  - Corriente típica de standby espera <0.2  $\mu$ A

#### *Diagrama de Pines (DIP):*

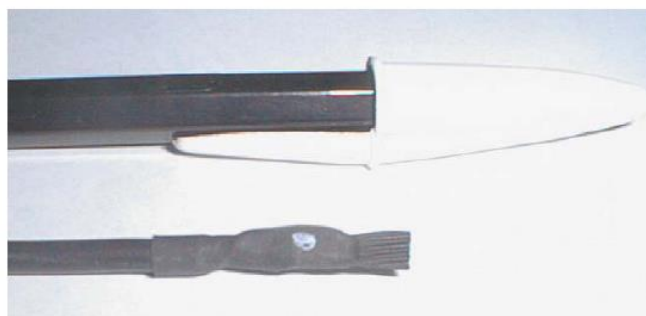
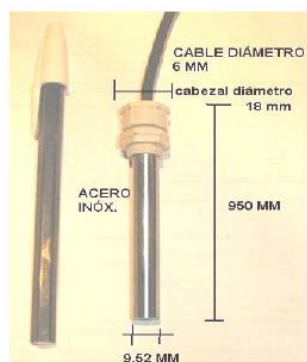


## ANEXO 2. SENSOR DE TEMPERATURA TC1047A

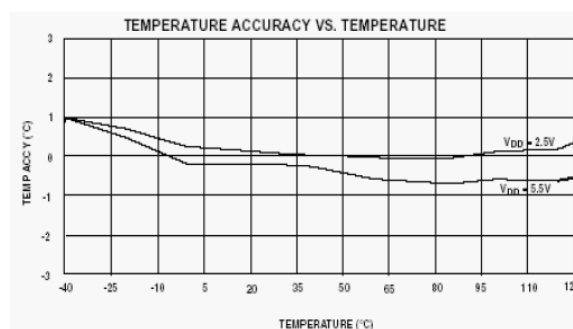
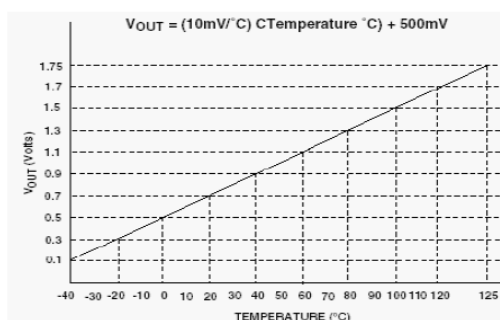
El sensor de temperatura TC1047A es fabricado por Microchip Inc. Las características son las siguientes:

- Rango de temperatura de - 40° C a + 125° C.
- Respuesta absolutamente lineal.
- Entrega 10 mV / °C (500mv a 0°C)
- Consumo: 35 uA (microamperes).
- Alimentación: 2,5 – 5,5 VCC.

Hay dos tipos de blindajes: Para inmersión y para aire.



Las características de su respuesta se observan en los gráficos siguientes:



El sensor de temperatura posee 3 conductores:

Cable positivo(+): Rojo o verde.

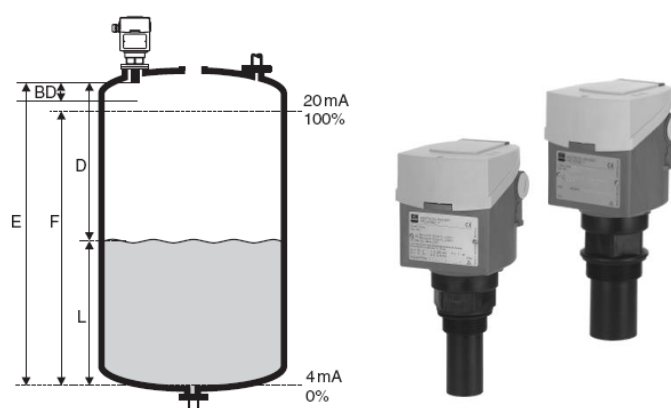
Cable Negativo(-): Negro o azul.

Cable de señal: Blanco.



### ANEXO 3. SENSOR ULTRASONICO PROSONIC T FMU230

Para montar el sensor se sigue el siguiente procedimiento: se mide la variable medida la distancia  $D$  entre la membrana del sensor y la superficie del producto. Usando la función de la linearización, el dispositivo utiliza  $D$  para calcular: Nivel  $L$  y volumen  $V$  en cualquier unidad.



E: Distancia vacía;

F: Palmo (distancia completa);

D: Distancia de la membrana del sensor - superficie del producto;

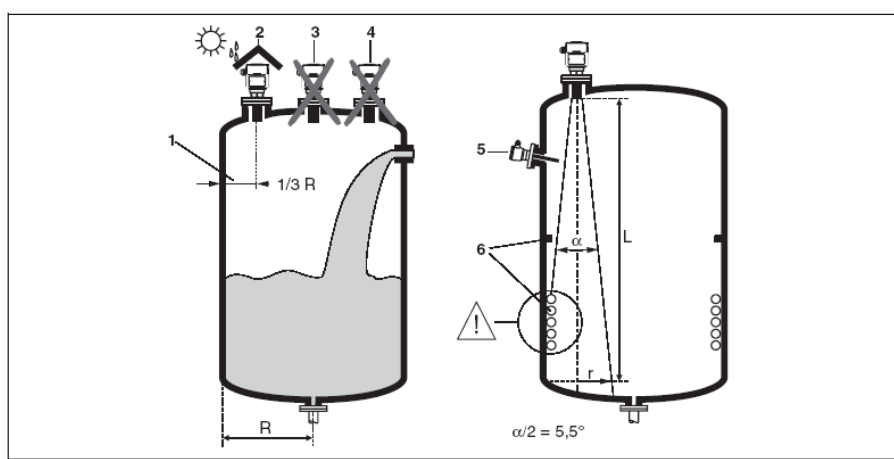
L: Nivel; BD: distancia de Bloqueo

La gama FMU 230 tiene las siguientes características:

- Mide máximo: 4m en líquidos y los 2m en materiales al granel
- Sensor integrado de temperatura para la corrección del tiempo-de-vuelo. Y dar medidas exactas cuando hay cambios de temperatura
- Instrumento de dos hilos
- Entrada del cable: Glándula de cable M20x1,5

- Entrada del cable G ½ or ½ NPT
- Calibre del cable de 5... 9m m de diámetro
- Nivel indicado por la corriente de salida de 4-20 mA
- Fuente de Voltaje 12... 36 VDC
- Consumo de energía

### *Instalación del sensor ultrasónico*



### **Importante:**

- No instale el sensor en el centro del tanque (3). Recomendamos el dejar de una distancia entre el sensor y la pared del tanque (1) que miden 1/3 del radio del tanque.
- Utilice una cubierta protectora, para proteger el dispositivo contra el sol o la lluvia directo (2).
- Evite las medidas a través de la cortina que llena (4).
- Cerciórese de que el equipo (5) tal como interruptores de límite, los sensores

de temperatura, los etc. no estén situados dentro del ángulo que emite

- En el equipo particular, simétrico (6) tal como bobinas de calefacción, los baffles etc. puede influenciar medida
- Alinee el sensor de modo que sea vertical a la superficie del producto
- Nunca instale dos aparatos de medición ultrasónicos idénticos en un tanque.

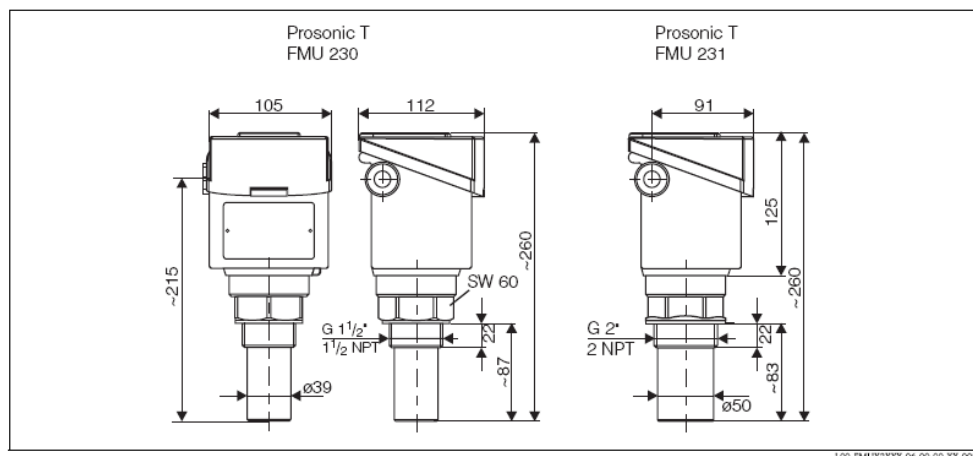
### Condiciones ambientales

Temperatura ambiente -20... +60

Temperatura del proceso -40°C... +80°C

Presión del proceso 0,7 ... 3 bar abs.

### Construcción mecánica



**ANEXO 4. SENSOR ULTRASONICO MODELO 872H DE DELTA**  
**CONTROLS RANGO DE TEMPERATURA (100 °C Y 130°C)**



**CARACTERISTICAS**

- Circuitos de medición ultrasónicos probado en campo
- Calibración simple. No es necesario vaciar o llenar el tanque. Se puede usar cualquier dos puntos de nivel.
- Puede ser calibrado en inverso (20 mA = vacío)
- Diseño es preciso, simple y muy confiable
- Rango de la temperatura de proceso desde -40°C hasta 135°C
- Diseño de electrónica que es seguro intrínsecamente mejora la seguridad y reduce el costo de instalación y operación
- Corrección de temperatura para cambios en la velocidad de sonido. Incluye un algoritmo digital de la condición del tanque
- Grande indicador LCD de 16 caracteres alfanuméricos para ajuste inicial, calibración y display de nivel
- Opciones de montaje incluyen conexiones roscadas, bridas y soportes

- Electrónica sellado para sobrevivir los ambientes severos
- Incluye la protección de las puntas de descarga

## **APLICACIÓN**

El transmisor de nivel ultrasónico Modelo 872 de Delta Controls se usa medir y transmitir el nivel de líquidos. El sensor no está en contacto con el material. Ésta característica evita los problemas de mantenimiento que son asociados con la medición de los materiales pegajosos, gomosos, sucios y corrosivos.

Medirá precisamente casi cualquier tipo de líquido, incluyendo agua, aceite, gasolina, ácido, sosa, sopa, leche, grasa de lubricación, anticongelante.

## **ESPECIFICACIONES**

- **Rango de Medición:** 152 mm hasta 50 metros (en 4 rangos)
- **Ángulo de Haz:**  $\pm 6^\circ$  al límite bajo 3 dB
- **Salida:** 4-20 mA, dos hilos lazo
- **Amortiguamiento:** Seleccionable por software
- **Indicación de la Pérdida del Eco:** Sí
- **Compensación de Temperatura Integra:** Sí
- **Exactitud:** Mejor que 0.25% del rango máximo en aire
- **Suministro:** 13-30 V CC
- **Carga Máxima del Lazo:** 900 ohmios @ 30 V CC

- **Temperatura de Operación del Proceso:** -40°C hasta +135°C
- **Temperatura de Operación Ambiental:** -40°C hasta +70°C
- **Cable:** 3 metros de dos alambres con funda de goma robusta
- **Materiales Húmedos:** PVC o Kynar® (PVDF) es básico
- **Conexión de Proceso:** NPT, brida, sanitario, soporte
- **Presión del Tanque:** Hasta 3.5 bar

### OPCIONES

- **Seguro intrínsecamente,** Clase 1, División 1 & 2, para las áreas peligrosas ABCD; y NEMA 4X a prueba de intemperie
- **Modificaciones:** Como requerido para convenir la aplicación del usuario

### APROBACIONES

- CSA (Canadá), NRTL/C (EU) seguro intrínseco
- A prueba de intemperie
- 3A sanitario, mundial
- ISO-9001 sistema de calidad

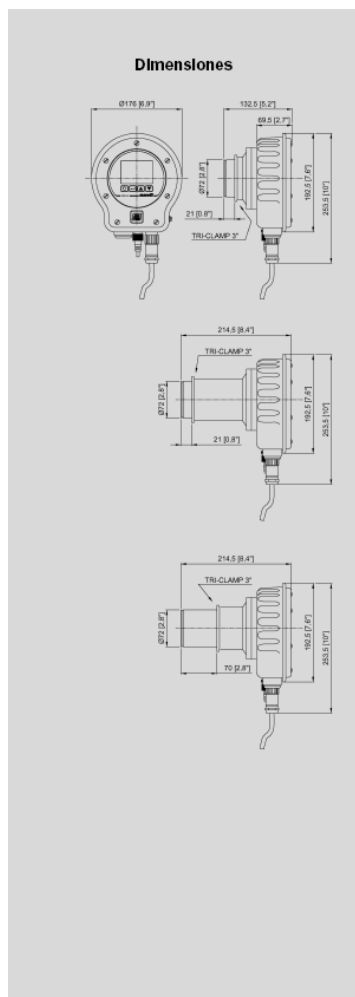
### Rangos de Medición Disponible:

<b>Modelo</b>	<b>Mínimo</b>	<b>Máximo</b>
<b>872B</b>	101 mm	1.8 mtrs
<b>872H</b>	152 mm	3 mtrs
<b>872C</b>	228 mm	6 mtrs

**ANEXO 5. REFRACTÓMETRO MANUAL**

<b>Modelo</b>	<b>Rango</b>	<b>Resolución</b>	<b>Precisión</b>
MR10ATC	0-10 %	0.1 %	±0.1 %
MR32ATC	0-32 %	0.1 %	±0.2 %
MR62ATC	28-62 %	0.2 %	±0.2 %
MR82ARC	45-82 %	0.2 %	±0.2 %
<b>MR92ATC</b>	<b>58-100 %</b>	<b>0.2 %</b>	<b>±0.2 %</b>

## ANEXO 6. SENSOR DE REFRACCIÓN



**maselli**  
measurements  
LABORATORY ANALYZERS

### CARACTERÍSTICAS GENERALES

#### CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

##### UR-24 ST- Versión Estándar

**Límites de medición:**  
1.3330...1.5318 nD (0...95 Brix)

##### Amplitud Campo Escala:

Mínimo 0.0482 nD (30 Brix)  
Máximo 0.1988 nD (95 Brix)

##### Precisión y Resolución:

Precisión 0.5% del Campo Escala  
Máx. precisión  $\pm 0.0002$  nD ( $\pm 0.15$  Brix)  
Resolución: 0.1 Brix

##### UR-24 HA- Versión High Accuracy

**Límites de medición:**  
1.3330...1.5318 nD (0...95 Brix)

##### Amplitud Campo Escala:

Mínimo 0.0227 nD (15 Brix)  
Máximo 0.1988 nD (95 Brix)

##### Precisión y Resolución:

Precisión 0.3% del Campo Escala  
Máx. precisión  $\pm 0.00007$  nD ( $\pm 0.05$  Brix)  
Resolución: 0.01 Brix

##### Escalas de medición:

- Escala Brix (referida a las tablas de conversión nD/Brix ICUMSA 1974)
- Escala USER que puede configurarse según el parámetro de medición requerido

##### Compensación temperatura:

- Automática entre  $-5$  °C... $+105$  °C
- Versión especial hasta  $140$  °C
- Para campo escala USER la compensación se refiere a los valores personalizadas incorporados

##### Interfaces:

(optoaisladas respecto de la alimentación):

- Analógicas:  
0...20mA o 4...20mA (su 470 $\Omega$ )
- Digitales:  
RS422/485
- Contactos input:  
Entrada de "Línea Parada" (HOLD)
- Contactos output:  
Salida de relé con contacto con capacidad máxima 24 V/500 mA CC/CA

##### Alimentación:

- 18 VCA (12...24 V) 50...60 Hz 0.6 A
- 24 VCC (18...36 V) 0.6 A
- bajo pedido, Caja de interconexión con transformador:  
115/230 VCA  $\pm 10\%$  50...60 Hz 10 VA

#### CARACTERÍSTICAS DE FABRICACIÓN

##### Prisma de medición:

de zafiro sintético o cristal óptico.

##### Fuente luminosa:

Diodo LED de alta eficiencia compensado electrónicamente

##### Elemento de medición refractométrica:

CCD de alta resolución

##### Elemento de medición temperatura:

- Con Pt100 de conexión en línea
- Bajo pedido, interno al equipo

##### Mandos:

Teclado en poliéster anti-rayadura

##### Indicación:

Monitor gráfico retroiluminado LCD 128x 64 puntos

##### Idioma:

es posible elegir entre cinco idiomas (italiano, inglés, alemán, español, francés) para visualizar menús y mensajes

##### Versión:

- En Acero INOX AISI 304-316 y PEEK™
- Protección IP67 (EN60529)
- Aprobación "3-A" USDA (bajo pedido)

##### Peso:

- 3.3 kg - Versión Estándar
- 5.0 kg - Versión LP/HT

##### Materiales en contacto con el fluido:

- Acero INOX AISI 316
- Zafiro sintético o cristal
- Viton (otros bajo pedido)

##### Deshumidificación:

la sección óptica del equipo es deshumidificada mediante cartucho deshidratante de tamiz molecular

#### CONDICIONES LÍMITE DEL FLUIDO

##### Temperatura:

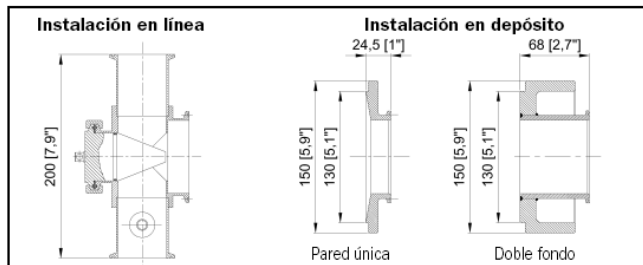
- 20 °C... $+120$  °C
- bajo pedido  $150$  °C

##### Presión:

- 1... $+10$  bares (-14.5... $+145$  psi) a  $20$  °C
- 1... $+8$  bares (-14.5... $+116$  psi) a  $100$  °C
- versiones de hasta 25 bares (362 psi) bajo pedido

#### ACCESORIOS

- Racor para tuberías de diferente tamaño.
- Bridas de adaptación para montaje en depósito.





## ANEXO 7. SENSOR DE PH

### *Phix\* Compact*

**Alimentación:** 2 cables de alimentación, 12 – 30 Vdc

**Rango de Temperatura:** -20... + 80°C

**Material:** Ryton\* (PPS) y 316 SS

**Encapsulado:** IP 68

**Entrada, pH y mV:** 0 – 14 pH / -1000... + 1000 mV

**Impedancia de Entrada de pH:**  $> 2 \times 10^{12} \Omega$

**Impedancia de Entrada de referencia:**  $> 2 \times 10^{12} \Omega$

**Compensación de Temperatura:** Construido en el sensor, -20... +80 °C

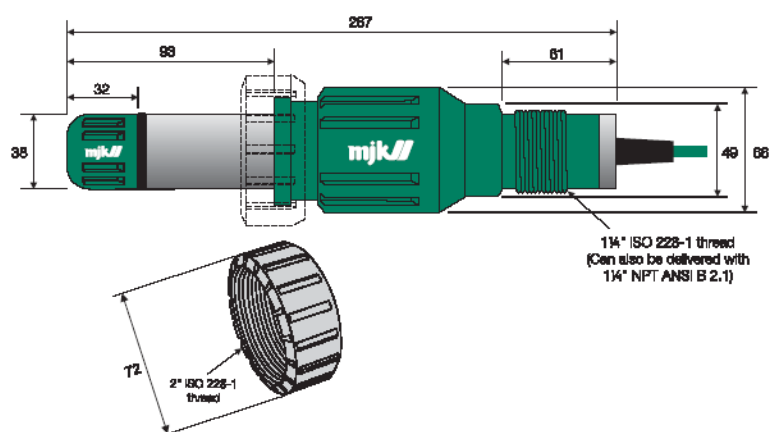
**Salida:** 4 – 20 mA por pH / mV / Temperatura

**Linealidad:**  $\pm 0,01$  pH / 1 mV

**Repetitividad:**  $\pm 1\%$

**Tiempo de respuesta:** Aproximadamente 10 s

Dimensions



Electrical connection


*phix\* Compact* has either 1 or 2 x 4-20 mA signal outputs, and the cable will therefore have either 3 or 5 wires respectively:

Nr.	Designation:	Colour:	Channel:
1	Shield	(none)	
2	+ 12-30 V DC	Red	pH or redox signal
3	- 4-20 mA	Black	(output 1)
4	+ 12-30 V DC	Yellow	Temperature signal
5	- 4-20 mA	Orange	(output 2)



## ANEXO 8. ELECTRODO DE PH



<i>Descripción</i>	Sensor de epoxy de la combinación pH del cuerpo, con el protector integral de la membrana. Sumergible a 50 metros.	
<i>gama del pH</i>	0 a 14 pH	
<i>Gama De temperaturas</i>	0 a 60 °C (32 a 140 °F)	
<i>Sistema De la Referencia</i>	Ag/AgCl, sola ensambladura con la ensambladura porosa del Teflon.	
<i>Dimensiones</i>	120 x 12 milímetros	
<i>Cable</i>	<p><b>Descripción</b></p> <p>Sensor con el cable de los 2m y el enchufe impermeable de BNC</p> <p>Sensor con el cable del 1m y el enchufe impermeable de BNC</p>	
	<b>Tipo: BNC0</b>	<b>No. de la Parte: 121402</b>
	Para todos los metros de TPS, con excepción de las 1852 series y de algunos otros más viejos modelos. Muchos otros fabricantes utilizan el conector de BNC.	

## ANEXO 9. VÁLVULAS



## 2 Way Special Purpose Solenoid Valves

Serie de Agua Caliente – 1/8” – 2” – NC

## Especificaciones Técnicas

Material: Acero inoxidable  
 Voltajes DC de Bobina: 12 v, 24 v  
 Voltajes AC (60 Hz): 24v, 120 v, 220 v  
 Tipo de protección estándar: NEMA 2  
 Conexión eléctrica: ½” NPT  
 Temperatura Ambiente: +14°F a + 122°F  
 Bobina: clase H para trabajos continuos



Valve Sizes 1/8" - 1/4"



Valve Sizes 3/8" - 2"

## Guía de selección

Pipe Size	Orifice mm	Cv	P. Max (PSI)	OPD (PSI)		Power Watts	Weight lbs.	Catalog Number
				AC Coil	DC Coil			
1/8"	1.6	0.12	870	0-675	0-310	14.5	1.0	U21-31-23-12
1/8"	2.4	0.24	870	0-300	0-140	14.5	1.0	U21-32-23-12
1/8"	3.0	0.35	870	0-225	0-65	14.5	1.0	U21-33-23-12
1/4"	1.6	0.12	870	0-675	0-310	14.5	1.0	U21-41-23-12
1/4"	2.4	0.24	870	0-300	0-140	14.5	1.0	U21-42-23-12
1/4"	3.0	0.35	870	0-225	0-65	14.5	1.0	U21-43-23-12
1/4"	4.5	0.53	870	0-105	0-34	14.5	1.0	U21-44-23-12
1/4"	6.0	0.70	870	0-60	0-15	14.5	1.0	U21-45-23-12
3/8"	16.0	3.5	725	0-150	0-150	14.5	2.0	UACD3E
1/2"	16.0	4.9	725	0-150	0-150	14.5	2.0	UACD4E
3/4"	16.0	5.4	725	0-150	0-150	14.5	2.0	UACD6E
1"	20.0	8.2	725	0-150	0-150	14.5	4.0	UACD7E
1-1/4"	40.0	30	725	0-60	N/A	14.5	6.6	UACD8E
1-1/4"	40.0	30	725	5-150	5-150	14.5	6.6	UACD8TE
1-1/2"	40.0	30	725	0-60	N/A	14.5	6.6	UACD9E
1-1/2"	40.0	30	725	5-150	5-150	14.5	6.6	UACD9TE
2"	40.0	33	725	0-60	N/A	14.5	6.6	UACD10E
2"	40.0	33	725	5-150	5-150	14.5	6.6	UACD10TE

**P. Max:** La máxima presión a la que la válvula puede estar sometida sin que cause daños a sus componentes.

**Presión diferencial de operación (OPD):** Es el rango de presión diferencial entre la entrada y la salida a la que puede trabajar la válvula.



Underwriters Laboratories Inc.

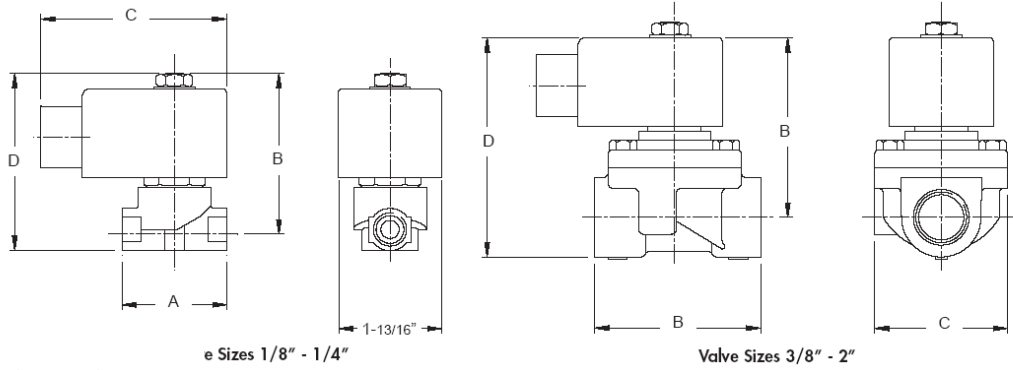


Canadian Standards Association



2 Way Special Purpose Solenoid Valves

Serie de Agua Caliente – 1/8” – 2” – NC

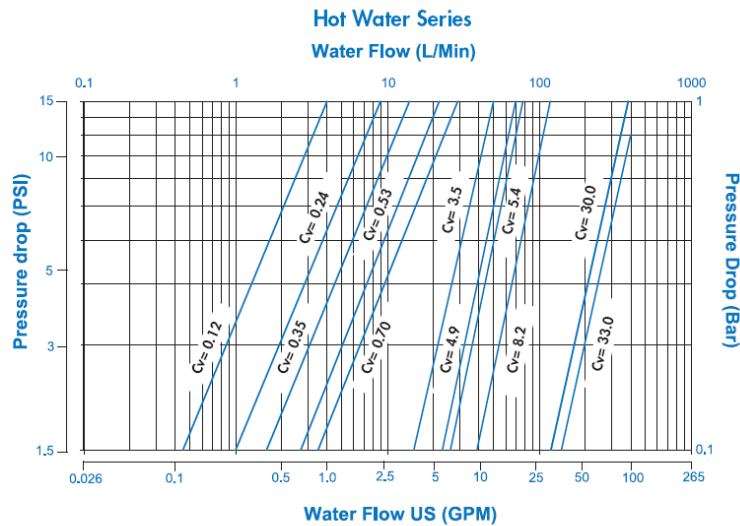


Dimensiones

Pipe Size	A	B	C	D
1/8" - 1/4"	1-3/4"	2-3/4"	3"	3-1/8"
3/8" - 3/4"	2-3/4"	3-7/16"	3"	4-3/8"
1"	3-3/8"	3-7/16"	3"	5-3/8"
1-1/4" - 2"	5-3/8"	4-5/8"	4-3/4"	5-7/8"

Como usar la tabla basada en Cv

1. Seleccionar el flujo requerido en GPM
2. Ver los correspondientes Cv y caída de presión
3. Usando los Cv escoger la válvula deseada para el tamaño de tubería deseada.



## ANEXO 10. BOMBA



### ESPECIFICACIONES

Potencia: 1 hp

Voltaje: 220 V

Corriente: 3.5 A

RPM: 3400 RPM

Fases: 1 fase

### CAMPO DE LAS PRESTACIONES

Caudal hasta 600 l/min

Altura manométrica hasta 39 m

### LIMITES DE UTILIZACION

Altura de aspiración manométrica hasta 7 m

Temperatura del fluido hasta + 60 °C

Máxima temperatura del ambiente hasta + 40 °C

## Características de algunos modelos de bombas

Modelo	Potencia KW	Potencia HP	Altura max. m	Caudal max. m <sup>3</sup> / h	Caudal max l / min
HF 5A	3,75	5	13	36	600
HF 5 AM	1,50	2	22	30	500
HF 5 B	0,75	1	13	30	500

## ANEXO 11. CODIGO FUENTE DE LA PROGRAMACIÓN DE LOS MICROCONTROLADORES

```

#include <18F452.h>
#define ADC=8
#define fuses HS,NOWDT,NOPROTECT,NOLVP,NOBROWNOUT
#define use delay (clock=20000000)
#define use fast_io(A) //En todos los puentes
#define use fast_io(B) //se debe definir los registros
#define use fast_io(C) //de estado para seleccionar los
#define use fast_io(D) //pines que serán entradas y los
#define use fast_io(E) //que serán salidas
#define use rs232 (baud=9600,xmit=PIN_C6,rcv=PIN_C7,disable_ints,parity=E,bits=8)
/*
Cada 0,1 segundos se incrementarán los temporizadores, dependiendo de las
banderas que se encuentren activadas, por lo cual el tiempo que representa cada
variable de tiempo estará en décimas de segundo
*/
int16 const alarmtrap=50; //tiempo de alarma
int16 const tiempo_pre=600; //tiempo minimo de prelimpieza
int16 const tiempo_pcla=600; //tiempo minimo de clarificación
int16 const tiempo_pcal=35; //tiempo de agregado de cal
int16 const tiempo_peva=400; //tiempo minimo de evaporacion
int8 const temp_pcla=50; //temperatura ideal de clarificación
int8 const temp_peva=76; //temperatura ideal de evaporación
int8 const temp_pcon=87; //temperatura ideal de evaporación
/*
Temperatura Clarificación 0
Temperatura Evaporación 1
Temperatura Concentración 2
pH (Clarificación) 3
Nivel Prelimpieza 4
Nivel Clarificación 5
Nivel Evaporación 6
Nivel Concentración 7
Varios 8
Varios 9
*/
static int8 estado[10]; //Indica los valores de los elementos del sistema
static int8 i; //Valor a usarse en los lazos for
static int16 tiempo[10]; //Tiempos de control del proceso
static int1 modo; //Indica el modo de operacion 0/1 automatico/manual
static int1 tiempo_poe0; //Indicadores de tiempo excedido
static int1 tiempo_poe1;
static int1 tiempo_poe2;
static int1 tiempo_poe3;
static int1 tiempo_poe4;
static int1 tiempo_poe5;
static int1 tiempo_poe6;
static int1 tiempo_poe7;
static int1 tiempo_poe8;

```

```

static int1 tiempoe9;
static int1 bandera0;      //Indica el estado de algunos elementos
static int1 bandera1;
static int1 bandera2;
static int1 bandera3;
static int1 bandera4;
static int1 bandera5;
static int1 bandera6;
static int1 bandera7;
static int1 bandera8;
static int1 bandera9;
static int1 concentra;
/*
bandera0 Alarma para encender trapiche
bandera1 Alarma para apagar trapiche
bandera2 Ejecutandose prelimpieza
bandera3 Ejecutandose clarificacion
bandera4 Alarma de falta de cal encendido/apagada
bandera5 Agregando cal
bandera6 Ejecutandose Evaporacion
bandera7 Retraso de bomba
bandera8 Retraso de Valvula 1
bandera9 Retraso de valvula 2
concentra Concentración completa
*/
#int_ext
void concentrado(){
    concentra=1;
}
#int_rda
void cambio(){
    i=getc();
    if(i==230){
        modo=getc();
        if (modo==FALSE){           //Modo Emulacion?
            estado[0]=getc();       //obtener siguiente byte
            disable_interrupts(INT_TIMER1); //Deshabilitar la interrupción por timer1
            disable_interrupts(INT_EXT); //Deshabilitar la interrupción externa
            if(estado[0]>127){       //Se procesan las salidas dependiendo
                output_high(PIN_D4); //del valor recibido desde el
                estado[0]=estado[0]-128; //computador
            }
            else{
                output_low(PIN_D4);
            }
            if(estado[0]>63){
                output_high(PIN_D5);
                estado[0]=estado[0]-64;
            }
            else{
                output_low(PIN_D5);
            }
            if(estado[0]>31){

```



```

        output_high(PIN_D6);
        estado[0]=estado[0]-32;
    }
    else{
        output_low(PIN_D6);
    }
    if(estado[0]>15){
        output_high(PIN_D7);
        estado[0]=estado[0]-16;
    }
    else{
        output_low(PIN_D7);
    }
    if(estado[0]>7){
        output_high(PIN_B3);
        estado[0]=estado[0]-8;
    }
    else{
        output_low(PIN_B3);
    }
    if(estado[0]>3){
        output_high(PIN_C5);
        estado[0]=estado[0]-4;
    }
    else{
        output_low(PIN_C5);
    }
    if(estado[0]>1){
        output_high(PIN_C4);
        estado[0]=estado[0]-2;
    }
    else{
        output_low(PIN_C4);
    }
    if(estado[0]>0){
        output_high(PIN_D3);
    }
    else{
        output_low(PIN_D3);
    }
}
else{ //modo automático
    putc(230); //Indica el inicio del frame de información
    delay_ms(1);
    for(i=0;i<10;++i){ //envía el estado del proceso
        putc(estado[i]);
        delay_ms(1);
    }
    enable_interrupts(INT_TIMER1); //Habilitar la interrupción por timer1
    enable_interrupts(INT_EXT); //Habilitar la interrupción externa
}
}
}

```

```

#int_timer1          //Indica que la función siguiente se ejecutará
void actualizar(){   //cada vez que se desborde el timer1
  set_timer1(3036); //Para generar interrupción cada 0.1 s
  for(i=0;i<8;++i){ //Guarda los valores de los
    setup_port_a( ALL_ANALOG ); //sensores analógicos en la
    setup_adc( ADC_CLOCK_INTERNAL ); //variable estado
    set_adc_channel(i);
    delay_us(10);
    estado[i]=read_adc();
    setup_adc(ADC_OFF);
  }
  if(input(PIN_C3)){
    bit_set(estado[8],3);
  }
  else{
    bit_clear(estado[8],3);
  }
  if(bandera0){      //Manejo de los temporizadores del sistema
    ++tiempo[0];    //en base al valor de las banderas
  }
  else{
    tiempo[0]=0;
    tiempoe0=0;
  }
  if(bandera1){
    ++tiempo[1];
  }
  else{
    tiempo[1]=0;
    tiempoe1=0;
  }
  if(bandera2){
    ++tiempo[2];
  }
  else{
    tiempo[2]=0;
    tiempoe2=0;
  }
  if(bandera3){
    ++tiempo[3];
  }
  else{
    tiempo[3]=0;
    tiempoe3=0;
  }
  if(bandera4){
    ++tiempo[4];
  }
  else{
    tiempo[4]=0;
    tiempoe4=0;
  }
}

```

```

if(bandera5){
    ++tiempo[5];
}
else{
    tiempo[5]=0;
    tiempoe5=0;
}
if(bandera6){
    ++tiempo[6];
}
else{
    tiempo[6]=0;
    tiempoe6=0;
}
if(bandera7){
    ++tiempo[7];
}
else{
    tiempo[7]=0;
    tiempoe7=0;
}
if(bandera8){
    ++tiempo[8];
}
else{
    tiempo[8]=0;
    tiempoe8=0;
}
if(bandera9){
    ++tiempo[9];
}
else{
    tiempo[9]=0;
    tiempoe9=0;
}
if(tiempo[0]==alarmatrap){ //tiempo de alarma para apagar trapiche excedido
    tiempoe0=1;
}
if(tiempo[1]==alarmatrap){ //tiempo de alarma para encender trapiche excedido
    tiempoe1=1;
}
if(tiempo[2]==tiempopre){ //tiempo minimo de prelimpieza excedido
    tiempoe2=1;
}
if(tiempo[3]==tiempocla){ //tiempo minimo de clarificacion excedido
    tiempoe3=1;
}
if(tiempo[4]==tiempocal){ //tiempo de alarma de falta de cal excedido
    tiempoe4=1;
}
if(tiempo[6]==tiempoeva){ //tiempo minimo de evaporacion excedido
    tiempoe6=1;
}
}

```

```

if(tiempo[7]==15){          //retardo de encendido/apagado de bomba
    tiempo7=1;
}
if(tiempo[8]==15){          //retardo de encendido/apagado de valvula 1
    tiempo8=1;
}
if(tiempo[9]==15){          //retardo de encendido/apagado de valvula 2
    tiempo9=1;
}

if(input(PIN_C2)){          //Si esta presionado parada
    output_low(PIN_B3);     //apagar todos los elementos
    output_low(PIN_B4);
    output_low(PIN_B5);
    output_low(PIN_B6);
    output_low(PIN_B7);
    output_low(PIN_C4);
    output_low(PIN_C5);
    output_low(PIN_D3);
    output_low(PIN_D4);
    output_low(PIN_D5);
    output_low(PIN_D6);
    output_low(PIN_D7);
    bit_clear(estado[8],7);
    bit_clear(estado[8],6);
    bit_clear(estado[8],5);
    bit_clear(estado[8],4);
    bit_clear(estado[8],2);
    bit_clear(estado[8],1);
    bit_clear(estado[8],0);
    estado[9]=1;
}
else{                        //si no esta presionado parada, continuar
/*Aquí empieza prelimpieza*/
    if(estado[4]<10){         //Esta vacía prelimpieza?
        bandera2=0;
        if(tiempo0){
            output_low(PIN_B4); //Apagar Alarma 1
        }
        else{
            bandera0=1;
            output_high(PIN_B4); //Encender Alarma 1
        }
        if(bit_test(estado[8],5)){
            output_low(PIN_D6); //Apagar bomba
            bit_clear(estado[8],5);
            bandera8=1;
        }
        if(tiempo8){
            output_low(PIN_D7); //Apagar valvula 1
            bit_clear(estado[8],4);
            bandera8=0;
            bandera9=1;
        }
    }
}

```

```

}
if(tiempoe9){
    output_low(PIN_D5);    //Apagar valvula 2
    bit_clear(estado[8],6);
    bandera9=0;
}
}
else{
    bandera0=0;
    bandera2=1;
    if(estado[4]>245){      //esta llena prelimpieza?
        if(tiempoe1){
            output_low(PIN_B4);    //Apagar Alarma 1
        }
        else{
            bandera1=1;
            output_high(PIN_B4);    //Encender Alarma 1
        }
    }
    else{
        bandera1=0;
        output_low(PIN_B4);    //Apagar Alarma 1
    }
    if(estado[5]<10){        //esta vacia clarificación?
        if(tiempoe2){
            if(!bit_test(estado[8],6)){
                output_high(PIN_D5);    //Abrir valvula 2
                bit_set(estado[8],6);
                bandera8=1;
            }
            if(tiempoe8){
                output_high(PIN_D7);    //Abrir valvula 1
                bit_set(estado[8],4);
                bandera8=0;
                bandera7=1;
            }
            if(tiempoe7){
                output_high(PIN_D6);    //Encender bomba
                bit_set(estado[8],5);
                bandera7=0;
            }
        }
    }
    if(estado[5]>245){        //Esta llena clarificacion?
        if(bit_test(estado[8],5)){
            output_low(PIN_D6);    //Apagar bomba
            bit_clear(estado[8],5);
            bandera8=1;
        }
        if(tiempoe8){
            output_low(PIN_D7);    //Apagar valvula 1
            bit_clear(estado[8],4);
            bandera8=0;
        }
    }
}

```

```

        bandera9=1;
    }
    if(tiempoe9){
        output_low(PIN_D5);    //Apagar valvula 2
        bit_clear(estado[8],6);
        bandera9=0;
    }
}
}
/*Aqui empieza el proceso de clarificacion*/
if(estado[5]<10){            //esta vacía clarificación?
    output_low(PIN_C5);      //Cerrar valvula CE
    bit_clear(estado[8],2);
}
else{
    if(estado[0]>(tempcla+3)){
        output_high(PIN_B7); //Alarma de temperatura excesiva
    }
    else{
        output_low(PIN_B7);
    }
    if(input(PIN_C3)){       //Aún hay cal?
        bandera4=0;
        output_low(PIN_B3); //Apagar Alarma Cal
        bit_set(estado[8],3);
    }
    else{
        bit_clear(estado[8],3);
        if(tiempoe4){
            output_low(PIN_B3); //Apagar Alarma Cal
        }
        else{
            output_high(PIN_B3); //Encender Alarma Cal
            bandera4=1;
        }
    }
}
if(estado[0]>tempcla){ //temperatura adecuada para agregar cal?
    if(estado[3]<143){ //pH menor del adecuado?
        bandera3=0;
        if(tiempo[5]<tiempocal){ //tiempo que estará abierta valvula de cal
            bandera5=1;
            output_high(PIN_D4);
            bit_set(estado[8],7);
        }
        else{
            if(tiempo[5]<(4*tiempocal)){
                output_low(PIN_D4);
                bit_clear(estado[8],7);
            }
            else{
                bandera5=0;
            }
        }
    }
}
}

```

```

    }
    else{
        bandera3=1;
        output_low(PIN_D4);
        bit_clear(estado[8],7);
        if(estado[6]<10){          //esta vacío evaporacion?
            if(tiempoe3){
                output_high(PIN_C5); //Abrir valvula CE
                bit_set(estado[8],2);
            }
            else{
                output_low(PIN_C5); //Cerrar valvula CE
                bit_clear(estado[8],2);
            }
        }
        if(estado[6]>245){         //esta llena evaporacion?
            output_low(PIN_C5); //Cerrar valvula CE
            bit_clear(estado[8],2);
        }
    }
}
}
}
}
}
}
/*Aqui empieza el proceso de evaporación*/
if(estado[6]<10){               //Esta vacío Evaporacion?
    output_low(PIN_C4);         //Cerrar valvula EC
    bit_clear(estado[8],1);
    bandera6=0;
}
else{
    if(estado[1]>(tempeva+3)){   //Se sobrepaso la temperatura?
        output_high(PIN_B6);    //Alarma de temperatura excesiva
    }
    else{
        output_low(PIN_B6);     //Alarma de temperatura excesiva
    }
    if(estado[1]>tempeva){      //Esta el jugo a la temperatura adecuada?
        bandera6=1;
        if(estado[7]<10){      //Esta vacía concentración?
            if(tiempoe6){
                output_high(PIN_C4); //Abrir valvula EC
                bit_set(estado[8],1);
            }
        }
        if(estado[7]>245){     //Esta llena concentración?
            output_low(PIN_C4); //Cerrar valvula EC
            bit_clear(estado[8],1);
        }
    }
}
}
}
/*Aqui empieza concentración*/
if(estado[7]<10){             //Esta vacío Concentracion?
    output_low(PIN_D3);      //Cerrar valvula vaciado

```

```

    bit_clear(estado[8],0);
    concentra=0;
}
else{
    if(estado[2]>(tempcon+3)){ //Se sobrepaso la temperatura?
        output_high(PIN_B5); //Alarma de temperatura excesiva
    }
    else{
        output_low(PIN_B5); //Alarma de temperatura excesiva
    }
    if(concentra){ //Esta completa concentración?
        output_high(PIN_D3); //Abrir valvula de vaciado
        bit_set(estado[8],0);
    }
}
}

void main () {
    set_tris_a(0xEF); //Puerto A: entradas
    set_tris_b(0x07); //Puerto B: E/S
    set_tris_c(0x8C); //Puerto C: E/S
    set_tris_d(0x03); //Puerto D: E/S
    set_tris_e(0xFF); //Puerto E: entradas
    for(i=0;i<8;++i){ //Guarda los valores de los
        setup_port_a( ALL_ANALOG ); //sensores analógicos en la
        setup_adc( ADC_CLOCK_INTERNAL ); //variable sensor
        set_adc_channel(i);
        delay_us(10);
        estado[i]=read_adc();
        setup_adc(ADC_OFF);
    }
    for(i=0; i<10;++i){
        tiempo[i]=0;
    }
    output_low(PIN_B3);
    output_low(PIN_B4);
    output_low(PIN_B5);
    output_low(PIN_B6);
    output_low(PIN_B7);
    output_low(PIN_C4);
    output_low(PIN_C5);
    output_low(PIN_D3);
    output_low(PIN_D4);
    output_low(PIN_D5);
    output_low(PIN_D6);
    output_low(PIN_D7);
    setup_psp(PSP_DISABLED);
    setup_uart(TRUE);
    delay_ms(1000);
    set_timer1(3036); //Para generar interrupción cada 100ms
    setup_timer_1(T1_INTERNAL|T1_DIV_BY_8); //Timer1 se incrementará cada 1,6us
    enable_interrupts(INT_TIMER1); //Habilitamos la interrupción por timer1
    enable_interrupts(INT_EXT); //Habilitamos la interrupción externa
}

```



```
enable_interrupts(INT_RDA); //Habilitamos la interrupción por recepcion de datos
enable_interrupts(GLOBAL); //Habilitamos la interrupción GLOBAL
modo=1;
while(true){
}
}
```

## ANEXO 12. CODIGO FUENTE DEL PROGRAMA DE MONITOREO (EMULACIÓN DEL PROCESO)

```

Option Explicit
Dim temporal
Dim a As Integer
Dim b As Integer
Dim c As Integer
Dim d As Integer
Dim e As Integer
Dim f As Integer
Dim g As Integer
Dim h As Integer
Dim i As Integer
Dim Recibo(1) As Byte
Dim EstadoActual(7) As Integer
Dim EstadoAnterior(7) As Integer
Dim Bandera As Integer
Dim BPrelimpieza As Boolean
Dim BClarificacion As Boolean
Dim BEvaporacion As Boolean
Dim BConcentracion As Boolean
Dim modo As Boolean
Dim bbatclar As Integer
Dim bbatcon As Integer
Dim cal As Integer
Const Cabecera = 170

```

```

Private Sub cmdLimpiar_Click()
    lblFNPre.Visible = False
    lblFNClas.Visible = False
    lblFNEva.Visible = False
    lblFNCon.Visible = False
    lblFpH.Visible = False
    imgbombar.Visible = False
    imgValv1R.Visible = False
    imgValv2R.Visible = False
    imgvalvcalr.Visible = False
    imgValvCER.Visible = False
    imgValvECR.Visible = False
    imgValvvacR.Visible = False
    tmrdanger.Enabled = False
    imgdanger.Visible = False
    lblfallaelementos.Visible = False
    lblTECl.Visible = False
    lblTEEv.Visible = False
    lblTECo.Visible = False
End Sub

```

```

Private Sub Form_Unload(Cancel As Integer)

```

```

Puerto.Output = Chr$(Cabecera) & Chr$(0) & Chr$(0)
Puerto.PortOpen = False
End Sub

```

```

Private Sub imgEmulacion_Click()
imgValv1V.Visible = False
imgValv2V.Visible = False
imgBombav.Visible = False
imgValvCEV.Visible = False
imgValvECV.Visible = False
imgValvVacV.Visible = False
imgValv1R.Visible = False
imgValv2R.Visible = False
imgbombar.Visible = False
imgValvCER.Visible = False
imgValvECR.Visible = False
imgValvvacR.Visible = False
imgEmulacion.Enabled = False
imgEmulacion.Visible = False
imgAutomatico.Visible = True
imgAutomatico.Enabled = True
tmrdanger.Enabled = False
tmrBomba.Enabled = False
tmrValvCE.Enabled = False
tmrvalvEC.Enabled = False
tmrValvvac.Enabled = False
tmrbon.Enabled = False
tmrv1on.Enabled = False
tmrv1of.Enabled = False
tmrv2of.Enabled = False
modo = True
lblEmulacion.Visible = False
tmrGeneral.Enabled = True
Puerto.Output = Chr$(Cabecera) & Chr$(0) & Chr$(0)
End Sub

```

```

Private Sub imginicio_Click()
Puerto.PortOpen = True
Puerto.RThreshold = 21
imgAutomatico.Enabled = True
imgAutomatico.Visible = True
imgEmulacion.Enabled = False
imginicio.Enabled = False
imginicio.Visible = False
Puerto.Output = Chr$(Cabecera) & Chr$(0) & Chr$(0)
modo = True
tmrActualizar.Enabled = True
tmrGeneral.Enabled = True
End Sub

```

```

Private Sub imgAutomatico_Click()
lblfallaelementos.Visible = False
lblFNClA.Visible = False

```

```

lblFNEva.Visible = False
lblFNCon.Visible = False
lblFpH.Visible = False
lblTECL.Visible = False
lblTEEv.Visible = False
lblTECo.Visible = False
tmrdanger.Enabled = False
imgdanger.Visible = False
imgValv1R.Visible = False
imgValv2R.Visible = False
imgbombar.Visible = False
imgValvCER.Visible = False
imgValvECR.Visible = False
imgValvvacR.Visible = False
imgValv1V.Visible = False
imgValv2V.Visible = False
imgBombav.Visible = False
imgValvCEV.Visible = False
imgValvECV.Visible = False
imgValvVacV.Visible = False
tmrdanger.Enabled = False
tmrBomba.Enabled = False
tmrValvCE.Enabled = False
tmrvalvEC.Enabled = False
tmrValvvac.Enabled = False
imgAutomatico.Enabled = False
imgAutomatico.Visible = False
imgEmulacion.Enabled = True
imgEmulacion.Visible = True
lblEmulacion.Visible = True
EstadoActual(0) = 0
Puerto.Output = Chr$(Cabecera) & Chr$(0) & Chr$(EstadoActual(0))
shpPrelimpieza.Top = 1785
shpcla.Top = 1785
shpEva.Top = 1785
shpcon.Top = 1785
lblTempCla.Caption = "50"
lblTempEva.Caption = "100"
lblTempConc.Caption = "122"
lblpH.Caption = "5,1"
modo = False
End Sub

Private Sub imgterminar_Click()
imginicio.Visible = True
imginicio.Enabled = True
tmrGeneral.Enabled = False
tmrgiro.Enabled = False
Puerto.Output = Chr$(Cabecera) & Chr$(0) & Chr$(0)
Puerto.Output = Chr$(Cabecera) & Chr$(1)
Puerto.PortOpen = False
imgAutomatico.Enabled = False
imgEmulacion.Enabled = False

```

```

imgValv1V.Visible = False
imgValv2V.Visible = False
imgBombav.Visible = False
imgValvCEV.Visible = False
imgValvECV.Visible = False
imgValvVacV.Visible = False
imgValv1R.Visible = False
imgValv2R.Visible = False
imgbombar.Visible = False
imgValvCER.Visible = False
imgValvECR.Visible = False
imgValvvacR.Visible = False
End Sub

Private Sub mnucambiar_Click()
    If optBloque.Value = True Then
        optGranulada.Enabled = True
        optGranulada.Value = True
        optBloque.Enabled = False
        lblDConc = "97 °Brix"
    Else
        optBloque.Enabled = True
        optBloque.Value = True
        optGranulada.Enabled = False
        lblDConc = "91 °Brix"
    End If
End Sub

Private Sub mnuSalir_Click()
    If Puerto.PortOpen = True Then
        Puerto.PortOpen = False
    End If
End Sub

Private Sub Puerto_OnComm()
    Puerto.RThreshold = 0
    If Puerto.CommEvent = comEvReceive Then
        Recibo(0) = CInt(Puerto.Input(0)) 'Guardo el dato
        Do While Recibo(0) <> Cabecera
            Recibo(0) = CInt(Puerto.Input(0)) 'Verifico Inicio de Frame
        Loop
        For a = 0 To 9
            Recibo(0) = CInt(Puerto.Input(0)) 'Guardo el dato
            Select Case a
                Case 0
                    lblTempCla.Caption = CInt((Recibo(0) / 51 - 0.5) / 0.01)
                    If CInt(lblTempCla.Caption) > CInt(lblTICl.Caption + 5) Then
                        lblTECl.Visible = True
                    Else
                        lblTECl.Visible = False
                    End If
                Case 1

```

```

lblTempEva.Caption = CInt((Recibo(0) / 51 - 0.5) / 0.01)
If CInt(lblTempEva.Caption) > CInt(lblTIEv.Caption + 5) Then
    lblTEEv.Visible = True
Else
    lblTEEv.Visible = False
End If
Case 2
lblTempConc.Caption = CInt((Recibo(0) / 51 - 0.5) / 0.01)
If CInt(lblTempConc.Caption) > CInt(lblTICo.Caption + 5) Then
    lblTECo.Visible = True
Else
    lblTECo.Visible = False
End If
Case 3
lblpH.Caption = ((Recibo(0) / 51) + 3)
EstadoActual(3) = Recibo(0)
Case 4
shpPrelimpieza.Top = 1785 - 7 * Recibo(0)
EstadoActual(4) = Recibo(0)
If (EstadoActual(4) - EstadoAnterior(4)) > 0 Then
    tmrgiro.Enabled = True
    tmrTrapiche.Enabled = True
Else
    tmrgiro.Enabled = False
    imgGiro(0).Visible = False
    imgGiro(1).Visible = False
    Inecana(0).Visible = False
    Inecana(1).Visible = False
    tmrTrapiche.Enabled = False
End If
Case 5
shpcla.Top = 1785 - 7 * Recibo(0)
If shpcla.Top < 800 Then
    lblTempCla.Visible = True
    lblTempClaG.Visible = True
If lblpH.Caption < 5.8 Then
    tmrBatClar.Enabled = True
Else
    tmrBatClar.Enabled = False
End If
    lblpH.Visible = True
    lbltpH.Visible = True
Else
    lblTECl.Visible = False
    lblTempCla.Visible = False
    lblTempClaG.Visible = False
    tmrBatClar.Enabled = False
    lblpH.Visible = False
    lbltpH.Visible = False
    For b = 0 To 10
        imgBatClar(b).Visible = False
    Next b
End If

```

```

EstadoActual(5) = Recibo(0)
Case 6
shpEva.Top = 1785 - 7 * Recibo(0)
If shpEva.Top < 800 Then
    lblTempEva.Visible = True
    lblTempEvaG.Visible = True
Else
    lblTEEv.Visible = False
    lblTempEva.Visible = False
    lblTempEvaG.Visible = False
End If
EstadoActual(6) = Recibo(0)
Case 7
shpcon.Top = 1785 - 7 * Recibo(0)
If shpcon.Top < 800 Then
    lblTempConc.Visible = True
    lblTempConG.Visible = True
    tmrBatCon.Enabled = True
Else
    lblTECo.Visible = False
    lblTempConc.Visible = False
    lblTempConG.Visible = False
    tmrBatCon.Enabled = False
For c = 0 To 10
    imgBatCon(c).Visible = False
Next c
End If
EstadoActual(7) = Recibo(0)
Case 8
If Recibo(0) > 127 Then
    imgValvCalV.Visible = True
    tmrValvcal.Enabled = True
    Recibo(0) = Recibo(0) - 128
Else
    imgValvCalV.Visible = False
End If
If Recibo(0) > 63 Then
    imgValv2V.Visible = True
    Recibo(0) = Recibo(0) - 64
Else
    imgValv2V.Visible = False
End If
If Recibo(0) > 31 Then
    imgBombav.Visible = True
    tmrBomba.Enabled = True
    Recibo(0) = Recibo(0) - 32
Else
    imgBombav.Visible = False
    tmrBomba.Enabled = False
End If
If Recibo(0) > 15 Then
    imgValv1V.Visible = True
    Recibo(0) = Recibo(0) - 16

```

```

Else
    imgValv1V.Visible = False
End If
If Recibo(0) > 7 Then
    imgCalvacio.Visible = False
    lblCal.Visible = False
    Recibo(0) = Recibo(0) - 8
Else
    imgCalvacio.Visible = True
    lblCal.Visible = True
End If
If Recibo(0) > 3 Then
    imgValvCEV.Visible = True
    tmrValvCE.Enabled = True
    Recibo(0) = Recibo(0) - 4
Else
    imgValvCEV.Visible = False
    tmrValvCE.Enabled = False
End If
If Recibo(0) > 1 Then
    imgValvECV.Visible = True
    tmrvalvEC.Enabled = True
    Recibo(0) = Recibo(0) - 2
Else
    imgValvECV.Visible = False
    tmrvalvEC.Enabled = False
End If
If Recibo(0) > 0 Then
    imgValvVacV.Visible = True
    tmrValvvac.Enabled = True
    Recibo(0) = Recibo(0) - 1
Else
    imgValvVacV.Visible = False
    tmrValvvac.Enabled = False
End If
Case 9
If Recibo(0) > 0 Then
    imgBombav.Visible = False
    imgValv1V.Visible = False
    imgValv2V.Visible = False
    imgValvCalV.Visible = False
    imgValvCEV.Visible = False
    imgValvECV.Visible = False
    imgValvVacV.Visible = False
    tmrgiro.Enabled = False
    tmrBomba.Enabled = False
    tmrTrapiche.Enabled = False
    tmrValvCE.Enabled = False
    tmrValvvac.Enabled = False
    tmrvalvEC.Enabled = False
    Recibo(0) = Recibo(0) - 1
End If
End Select

```



```

    Next a
  End If
  Puerto.RThreshold = 11
End Sub

Private Sub tmrActualizar_Timer()
  For d = 3 To 7
    EstadoAnterior(d) = EstadoActual(d)
  Next d
End Sub

Private Sub tmrBatClar_Timer()
  If bbatclar = 11 Then
    bbatclar = 0
  End If
  For g = 0 To 10
    imgBatClar(g).Visible = False
  Next g
  imgBatClar(bbatclar).Visible = True
  bbatclar = bbatclar + 1
End Sub

Private Sub tmrBatCon_Timer()
  If bbatcon = 11 Then
    bbatcon = 0
  End If
  For h = 0 To 10
    imgBatCon(h).Visible = False
  Next h
  imgBatCon(bbatcon).Visible = True
  bbatcon = bbatcon + 1
End Sub

Private Sub tmrbon_Timer()
  imgBombav.Visible = True
End Sub

Private Sub tmrcal_Timer()
  If cal = 0 Then
    If lblpH.Caption < 5.8 Then
      imgValvCalV.Visible = True
    End If
  Else
    imgValvCalV.Visible = False
    If cal = 2 Then
      If lblpH.Caption < 5.8 Then
        lblpH.Caption = lblpH.Caption + 0.1
      End If
      cal = -1
    End If
  End If
  cal = cal + 1

```

End Sub

Private Sub tmrClarificacion\_Timer()

    BClarificacion = True

End Sub

Private Sub tmrConcentracion\_Timer()

    BConcentracion = True

End Sub

Private Sub tmrdanger\_Timer()

    imgdanger.Visible = imgdanger.Visible Xor True

    lblfallaelementos.Visible = lblfallaelementos.Visible Xor True

End Sub

Private Sub tmrEvaporacion\_Timer()

    BEvaporacion = True

End Sub

Private Sub tmrGeneral\_Timer()

    If modo = True Then

        Puerto.Output = Chr\$(Cabecera) & Chr\$(1)

    Else

        If shpPrelimpieza.Top = 1785 Then

            tmrgiro.Enabled = True

        End If

        If tmrgiro.Enabled = True Then

            shpPrelimpieza.Top = shpPrelimpieza.Top - 15

        End If

        If shpPrelimpieza.Top = 0 Then

            tmrPrelimpieza.Enabled = True

            tmrgiro.Enabled = False

            imgGiro(0).Visible = False

            imgGiro(1).Visible = False

            Inecana(0).Visible = False

            Inecana(1).Visible = False

        End If

        If BPrelimpieza = True Then

            tmrPrelimpieza.Enabled = False

        If shpPrelimpieza.Top = 0 Then

            If shpcla.Top = 1785 Then

                imgValv2V.Visible = True

                tmrv1on.Enabled = True

                tmrbon.Enabled = True

                tmrv1of.Enabled = False

                tmrv2of.Enabled = False

                lblpH.Caption = "5,3"

            End If

        End If

        If imgBombav.Visible = True Then

            If shpcla.Top = 0 Then

                imgBombav.Visible = False

                tmrv1of.Enabled = True

```

        tmrv2of.Enabled = True
        tmrv1on.Enabled = False
        tmrbon.Enabled = False
        tmrClarificacion.Enabled = True
        BPrelimpieza = False
    Else
        shpcla.Top = shpcla.Top - 15
        shpPrelimpieza.Top = shpPrelimpieza.Top + 15
    End If
End If
End If

If shpcla.Top < 800 Then
    tmrcal.Enabled = True
    lblTempCla.Visible = True
    lblTempClaG.Visible = True
    If lblpH.Caption < 5.8 Then
        tmrBatClar.Enabled = True
    Else
        tmrBatClar.Enabled = False
    End If
    lblpH.Visible = True
    lbltpH.Visible = True
Else
    tmrcal.Enabled = False
    lblTempCla.Visible = False
    lblTempClaG.Visible = False
    tmrBatClar.Enabled = False
    lblpH.Visible = False
    lbltpH.Visible = False
    For e = 0 To 10
        imgBatClar(e).Visible = False
    Next e
End If
If BClarificacion = True Then
    tmrClarificacion.Enabled = False
    If shpcla.Top = 0 Then
        imgValvCEV.Visible = True
    End If
    If imgValvCEV.Visible = True Then
        If shpEva.Top = 0 Then
            imgValvCEV.Visible = False
            tmrEvaporacion.Enabled = True
            BClarificacion = False
        Else
            shpEva.Top = shpEva.Top - 15
            shpcla.Top = shpcla.Top + 15
        End If
    End If
End If
If shpEva.Top < 800 Then
    lblTempEva.Visible = True
    lblTempEvaG.Visible = True

```

```

Else
    lblTempEva.Visible = False
    lblTempEvaG.Visible = False
End If
If BEvaporacion = True Then
    tmrEvaporacion.Enabled = False
    If shpEva.Top = 0 Then
        imgValvECV.Visible = True
    End If
    If imgValvECV.Visible = True Then
        If shpcon.Top = 0 Then
            imgValvECV.Visible = False
            tmrConcentracion.Enabled = True
            BEvaporacion = False
        Else
            shpcon.Top = shpcon.Top - 15
            shpEva.Top = shpEva.Top + 15
        End If
    End If
End If
If shpcon.Top < 800 Then
    lblTempConc.Visible = True
    lblTempConG.Visible = True
    tmrBatCon.Enabled = True
Else
    lblTempConc.Visible = False
    lblTempConG.Visible = False
    tmrBatCon.Enabled = False
    For f = 0 To 10
        imgBatCon(f).Visible = False
    Next f
End If
If BConcentracion = True Then
    tmrConcentracion.Enabled = False
    If shpcon.Top = 0 Then
        imgValvVacV.Visible = True
    End If
    If imgValvVacV.Visible = True Then
        If shpcon.Top = 1785 Then
            imgValvVacV.Visible = False
            BConcentracion = False
        Else
            shpcon.Top = shpcon.Top + 15
        End If
    End If
End If
If imgValvCalV.Visible = True Then
    EstadoActual(0) = 128
Else
    EstadoActual(0) = 0
End If
If imgValv2V.Visible = True Then
    EstadoActual(0) = EstadoActual(0) + 64

```

```

End If
If imgBombav.Visible = True Then
    EstadoActual(0) = EstadoActual(0) + 32
End If
If imgValv1V.Visible = True Then
    EstadoActual(0) = EstadoActual(0) + 16
End If
If imgValvCEV.Visible = True Then
    EstadoActual(0) = EstadoActual(0) + 4
End If
If imgValvECV.Visible = True Then
    EstadoActual(0) = EstadoActual(0) + 2
End If
If imgValvVacV.Visible = True Then
    EstadoActual(0) = EstadoActual(0) + 1
End If
Puerto.Output = Chr$(Cabecera) & Chr$(0) & Chr$(EstadoActual(0))
End If
End Sub

Private Sub tmrgiro_Timer()
    imgGiro(0).Visible = True
    imgGiro(1).Visible = True
    Inecana(0).Visible = True
    Inecana(1).Visible = True
    temporal = Inea(11).BorderColor
    For i = 11 To 1 Step -1
        Inea(i).BorderColor = Inea(i - 1).BorderColor
    Next i
    Inea(0).BorderColor = temporal
    If Inecana(0).X1 > 5620 Then
        Inecana(0).X1 = Inecana(0).X1 - 150
        Inecana(0).Y1 = Inecana(0).Y1 + 75
        Inecana(1).X2 = Inecana(1).X2 - 150
    Else
        Inecana(0).X1 = 6320
        Inecana(0).Y1 = 4995
        Inecana(1).X2 = 4755
    End If
End Sub

Private Sub tmrPrelimpieza_Timer()
    BPrelimpieza = True
End Sub

Private Sub tmrTrapiche_Timer()
    If (EstadoActual(4) - EstadoAnterior(4)) < 0 Then
        lblFNPre.Visible = True
    Else
        lblFNPre.Visible = False
    End If
End Sub

```

```

Private Sub tmrBomba_Timer()
  If (EstadoAnterior(4) - EstadoActual(4)) > 0 Then
    If (EstadoActual(5) - EstadoAnterior(5)) > 0 Then
      imgbombar.Visible = False
      imgValv1R.Visible = False
      imgValv2R.Visible = False
      tmrdanger.Enabled = False
      imgdanger.Visible = False
      lblfallaelementos.Visible = False
      lblFNClas.Visible = False
      lblFNPre.Visible = False
    Else
      lblFNClas.Visible = True
    End If
  Else
    If (EstadoActual(5) - EstadoAnterior(5)) > 0 Then
      lblFNPre.Visible = True
    Else
      imgbombar.Visible = True
      imgValv1R.Visible = True
      imgValv2R.Visible = True
      tmrdanger.Enabled = True
    End If
  End If
End Sub

```

```

Private Sub tmrv1of_Timer()
  imgValv1V.Visible = False
End Sub

```

```

Private Sub tmrv1on_Timer()
  imgValv1V.Visible = True
End Sub

```

```

Private Sub tmrv2of_Timer()
  imgValv2V.Visible = False
End Sub

```

```

Private Sub tmrValvcal_Timer()
  If (EstadoActual(3) - EstadoAnterior(3)) <= 0 Then
    If lblCal.Visible = False Then
      lblFpH.Visible = True
      imgvalvcalr.Visible = True
      tmrdanger.Enabled = True
    Else
      lblFpH.Visible = False
      imgvalvcalr.Visible = False
      tmrdanger.Enabled = False
      imgdanger.Visible = False
      lblfallaelementos.Visible = False
    End If
  Else

```

```

        lblFpH.Visible = False
        imgvalvcalr.Visible = False
        tmrdanger.Enabled = False
        imgdanger.Visible = False
        lblfallaelementos.Visible = False
    End If
    tmrValvcal.Enabled = False
End Sub

Private Sub tmrValvCE_Timer()
    If (EstadoAnterior(5) - EstadoActual(5)) > 0 Then
        If (EstadoActual(6) - EstadoAnterior(6)) > 0 Then
            imgValvCER.Visible = False
            tmrdanger.Enabled = False
            imgdanger.Visible = False
            lblfallaelementos.Visible = False
            lblFNClas.Visible = False
            lblFNEva.Visible = False
        Else
            lblFNEva.Visible = True
        End If
    Else
        If (EstadoActual(6) - EstadoAnterior(6)) > 0 Then
            lblFNClas.Visible = True
        Else
            imgValvCER.Visible = True
            tmrdanger.Enabled = True
        End If
    End If
End Sub

Private Sub tmrvalvEC_Timer()
    If (EstadoAnterior(6) - EstadoActual(6)) > 0 Then
        If (EstadoActual(7) - EstadoAnterior(7)) > 0 Then
            imgValvECR.Visible = False
            tmrdanger.Enabled = False
            imgdanger.Visible = False
            lblfallaelementos.Visible = False
            lblFNEva.Visible = False
            lblFNCon.Visible = False
        Else
            lblFNCon.Visible = True
        End If
    Else
        If (EstadoActual(7) - EstadoAnterior(7)) > 0 Then
            lblFNEva.Visible = True
        Else
            imgValvECR.Visible = True
            tmrdanger.Enabled = True
        End If
    End If
End Sub

```

```
Private Sub tmrValvvac_Timer()  
    If EstadoActual(7) - EstadoAnterior(7) >= 0 Then  
        If lblFNCon.Visible = False Then  
            imgValvvacR.Visible = True  
            tmrdanger.Enabled = True  
        End If  
    Else  
        imgValvvacR.Visible = False  
        tmrdanger.Enabled = False  
        imgdanger.Visible = False  
        lblfallaelementos.Visible = False  
        lblFNCon.Visible = False  
    End If  
End Sub
```



### **ANEXO 13. ESTÁNDAR RS232**

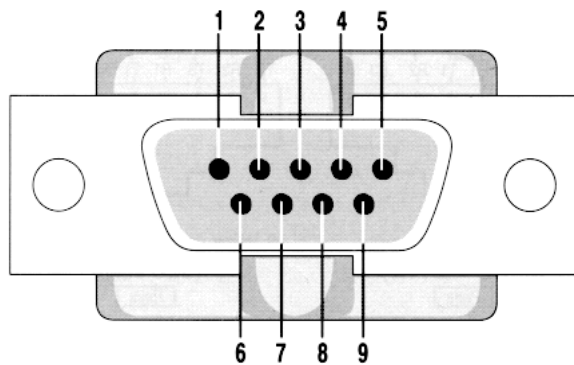
El estándar RS232 se creó por la necesidad de lograr que la comunicación serial, es decir un bit tras otro, sea efectiva. El puerto serial en las PC es de tipo full-duplex, lo que significa que este puede enviar y recibir datos al mismo tiempo. Para que esto sea posible, este usa dos líneas separadas para transmitir y recibir datos.

Los equipos que usan cables seriales para su comunicación se dividen en dos categorías que son: DCE (Equipo de Comunicación de Datos) y DTE (Equipo Terminal de Datos). Los DCE son aparatos tales como el módem, adaptadores, plotter, etc; mientras que el DTE es el computador.

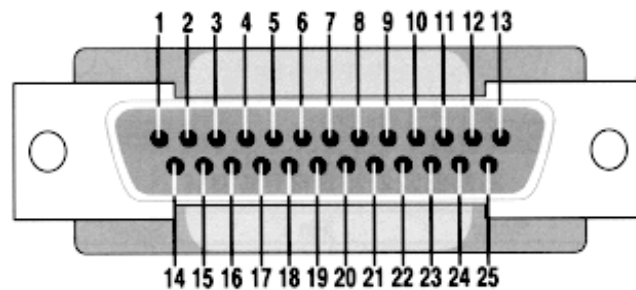
Las especificaciones eléctricas del puerto serial están contenidas en el estándar RS232C de la EIA (Asociación de Industrias Electrónicas). Entre los parámetros más importantes tenemos:

- 1.- Un símbolo lógico 0 se representa por un valor de entre +3 y +25 voltios.
- 2.- Un símbolo lógico 1 se representa por un valor de entre -3 y -25 voltios.
- 3.- La región entre +3 y -3 voltios es indefinida.
- 4.- Un circuito no debe exceder nunca los +25 voltios (con referencia a GND).
- 5.- Un circuito no debe exceder los 500 mA.
- 6.- La máxima tasa de baudios es de 20000 BPS (baudios/segundo).

Los puertos seriales tienen dos tamaños de conectores: el D25 y el D9, los cuales son de tipo macho en la parte posterior del computador, por lo tanto el dispositivo a conectarse debe ser tipo hembra.



Conector Tipo DB9



Conector tipo DB25

Tipo DB9	Tipo DB25	Abreviatura	Señal	Dirección
1	8	CD	Detección de portadora	←
2	3	RD	Recepción de Datos	←
3	2	TD	Transmisión de Datos	→
4	20	DTR	Terminal de Datos Preparada	→
5	7	SG	Tierra del sistema	—
6	6	DSR	Set de datos preparado	←
7	4	RTS	Petición para enviar	→
8	5	CTS	Listo para enviar	←
9	22	RI	Indicador de Llamada	←

#### Descripción de los pines para conectores tipo DB9 y DB25

Cada uno de los pines tiene una función específica, la cual se detalla a continuación:

TD.- Salida de Datos Seriales (TxD)

RD.- Entrada de Datos Seriales (RxD)

CTS.- Indica que el modem está listo para intercambiar datos

CD.- Cuando el módem detecta una portadora desde el módem en el otro lado de la línea telefónica, este pin se activará.

DSR.- Indica a la UART que el módem está listo para establecer una conexión.

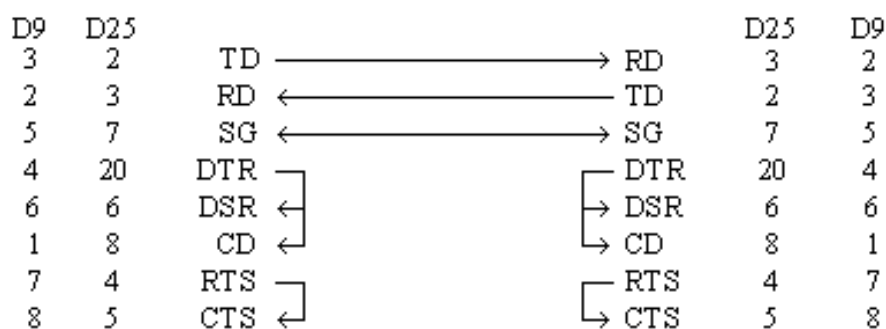
DTR.- Es lo contrario de DSR. Esto indica al módem que la UART esta lista para conectarse.

RTS.- Esta línea informa al módem que la UART está lista para intercambiar datos.

RI.- Se activa cuando el módem detecta una señal de llamada desde el PSTN

### MODEM NULO

Un módem nulo es usado para conectar dos DTE's. Esto es comúnmente usado como una forma barata para jugar en red o para transferir archivos entre computadores usando el protocolo Zmodem, Xmodem, etc.



Cableado en forma de módem nulo

El cableado en forma de módem nulo solo requiere 3 cables (TD, RD y SG) por lo cual es muy adecuado para largas distancias. La idea de este cableado es hacer que los computadores piensen que están comunicándose con un módem en lugar de otra computadora. Cualquier dato transmitido desde el primer computador debe ser recibido por el segundo por eso TD está conectado a RD. El segundo computador debe tener la misma configuración, por eso RD está conectado a TD. La tierra de la señal debe también ser conectada así ambas tierras serán comunes para cada computadora.

El DTR está enlazado con DSR y CD en ambas computadoras. Cuando el DTR está activo, entonces el DSR y el CD inmediatamente cambiarán a activas. En este momento, la computadora piensa que el módem virtual conectado está listo y ha detectado la portadora del otro módem.

Lo único que queda por explicar son el RTS y el CTS. Como ambas computadoras se comunican a la misma velocidad, el control de flujo no es necesario, por eso ambas líneas están conectadas entre sí en cada computadora. Cuando la computadora desea enviar datos, activa el RTS y a la vez éste activa al CTS, éste inmediatamente obtiene una respuesta de que está listo para enviar y se realiza el envío.

El RI no está conectado porque solo es usado para decir a la computadora que hay una señal de timbrado en la línea de teléfono, y como nosotros no tenemos un módem conectado, esta línea permanece desconectada.

### **CONTROL DE ERRORES: EL BIT DE PARIDAD**

Además de la sincronización provista por el uso de bits de inicio y de parada, un bit adicional, llamado bit de paridad puede opcionalmente ser transmitido junto con el dato. Un bit de paridad permite un control de errores limitado, ya que ayuda a detectar la corrupción de los datos que pudo ocurrir durante la transmisión. Se puede elegir entre paridad par, paridad impar, paridad de marca, paridad de espacio o ninguna de ellas. Cuando se escoge paridad par o impar, el número de 1's lógicos en cada byte son contados, y un bit es transmitido al final de los bits de datos para indicar que la cantidad de 1's que han sido enviados fue par o impar.

Por ejemplo, cuando se escoge paridad par, el bit de paridad es transmitido con un valor 0 si el número de 1's precedentes es un numero par. Para el valor binario 01100011, el bit de paridad debe ser 0. Si la paridad par fuese aplicada al número binario 11010110, el bit de paridad debería ser 1. La paridad impar es lo contrario, y el bit de paridad es 0 cuando el numero de 1's en el dato es un número impar. El

chequeo del error de paridad es muy rudimentario. Este indicará si existe error en un solo bit en el carácter, pero no indicará cuál es el bit errado. Además, cuando un número par de bits está errado, este método no reconocerá el error.

### **COMUNICACIÓN SINCRÓNICA Y ASINCRÓNICA**

Hay dos tipos básicos de comunicaciones seriales: sincrónica y asincrónica. Con comunicación sincrónica, los dos dispositivos inicialmente se sincronizan entre ellos y entonces, envían caracteres continuamente para permanecer sincronizados. Aún cuando no se estén enviando datos realmente, un flujo constante de bits permite a cada dispositivo conocer donde se encuentra el otro en cualquier tiempo dado. Esto es, cada carácter que es enviado es o un dato o un carácter desocupado. La comunicación sincrónica permite tasas de transferencia de datos mayores que el método asincrónico porque no son necesarios bits adicionales para indicar el inicio o el final de cada byte de datos.

Asincrónico significa “no sincronizado”, y entonces no requiere enviar y recibir caracteres desocupados. Sin embargo, el inicio y el final de cada byte de datos debe ser identificado por un bit de inicio y por un bit de parada. El bit de inicio indica cuando el byte de datos está por empezar y el bit de parada indica cuando termina. El requerimiento de enviar estos dos bits adicionales causa que la comunicación asincrónica sea levemente más lenta que la sincrónica, sin embargo esta tiene la ventaja de que el procesador no debe manejar caracteres desocupados.

Una línea asincrónica que está desocupada es identificada con un valor de 1 (también llamada un estado de marca). Usando este valor para indicar que ningún dato está siendo enviado los dispositivos podrán distinguir entre un estado de desocupación y una línea desconectada. Cuando un carácter va a ser transmitido, un bit de inicio es enviado. Un bit de inicio tiene un valor de 0 (también llamado estado de espacio). Entonces, cuando la línea cambia desde un valor de 1 a un valor de 0, el receptor es advertido de que un carácter de datos está por ser enviado.

## ANEXO 14. DETALLES DEL CIRCUITO MAX232.

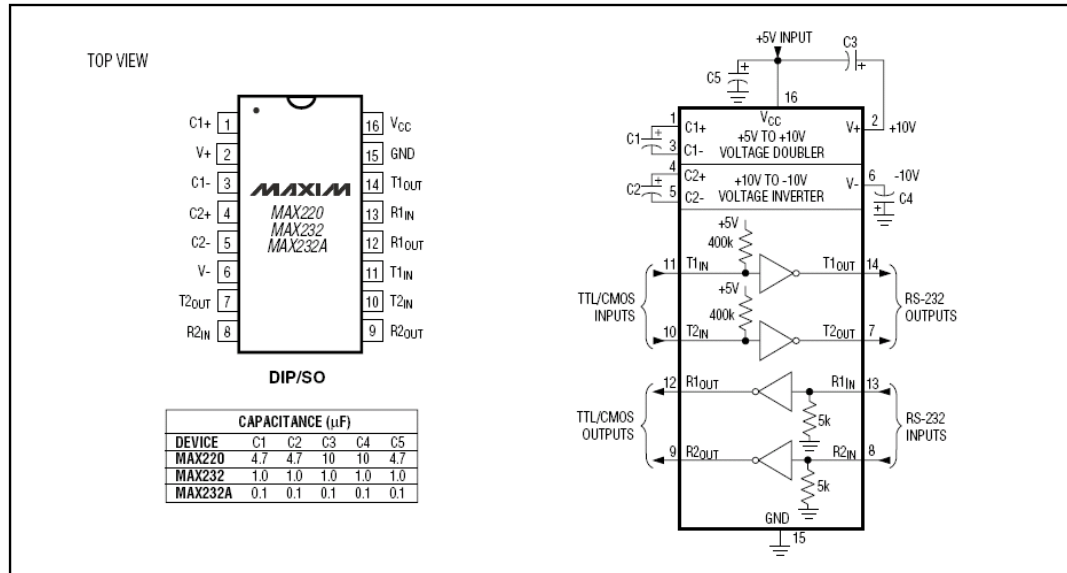


Figure 5. MAX220/MAX232/MAX232A Pin Configuration and Typical Operating Circuit

### Configuración de pines y circuito típico de operación

**ELECTRICAL CHARACTERISTICS:**  $V_{CC} = 5V \pm 10\%$ ,  $T_A$  = operating temperature range, test circuit unless otherwise noted.

Parameter	Test Conditions	Min	Typ	Max	Unit
Output Voltage Swing	T1 <sub>OUT</sub> , T2 <sub>OUT</sub> Loaded With 3 k $\Omega$ to Ground	$\pm 5$	$\pm 9$	$\pm 10$	V
Power Supply Current		—	5	10	mA
Input Logic Threshold Low	T1 <sub>IN</sub> , T2 <sub>IN</sub>	—	—	0.8	V
Input Logic Threshold High	T1 <sub>IN</sub> , T2 <sub>IN</sub>	2	—	—	V
Logic Pull-Up Current	T1 <sub>IN</sub> , T2 <sub>IN</sub> = 0V	—	15	200	$\mu\text{A}$
RS-232 Input Voltage Operating Range		-30	—	+30	V
RS-232 Input Threshold Low	$V_{CC} = 5V$	0.8	1.2	—	V
RS-232 Input Threshold High	$V_{CC} = 5V$	—	1.7	2.4	V
RS-232 Input Hysteresis		0.2	0.5	1	V
RS-232 Input Resistance	$T_A = +25^\circ\text{C}$ , $V_{CC} = 5V$	3	5	7	k $\Omega$
TTL/CMOS Output Voltage Low	$I_{OUT} = 3.2 \text{ mA}$	—	—	0.4	V
TTL/CMOS Output Voltage High	$I_{OUT} = -1 \text{ mA}$	3.5	—	—	V
Propagation Delay	RS-232 to TTL or TTL to RS-232	—	0.5	—	$\mu\text{sec}$
Instantaneous Slew Rate	$C_L = 10 \text{ pF}$ , $R_L = 3 \text{ k}\Omega$ to 7 k $\Omega$ , $T_A = +25^\circ\text{C}$ (Note 1)	—	—	30	V/ $\mu\text{sec}$
Transition Region Slew Rate	$R_L = 3 \text{ k}\Omega$ , $C_L = 2500 \text{ pF}$ Measured From +3V to -3V or -3V to +3V	—	3	—	V/ $\mu\text{sec}$
Output Resistance	$V_{CC} = V^+ = V^- = 0V$ , $V_{OUT} = \pm 2V$	300	—	—	$\Omega$
RS-232 Output Short-Circuit Current		—	$\pm 10$	—	mA

NOTE 1. Sample tested.

## BIBLIOGRAFIA

<sup>1</sup> La Molienda, La Molienda Fabrica Panelera <http://www.paneleralamolienda.com.ec>

<sup>2</sup> FedePanela, Fede Panela Fondo Nacional de la Panela, Edición 2003, [www.fedepanela.org.co/historia\\_panela.htm](http://www.fedepanela.org.co/historia_panela.htm)

<sup>3</sup> Almengor David, De León Leonardo, Tartanac Florence Mejoramiento Tecnológico de la producción de panela en pequeños trapiches del departamenteo de Huehuetenango, 14 de mayo, [www.condesan.org/e-foros/agroindustria\\_rural/air2david.htm](http://www.condesan.org/e-foros/agroindustria_rural/air2david.htm)

<sup>4</sup> Espiritu Cisterna Chistopher Markus, Revista de la Estación Experimental Agraria El Porvenir – Tarapoto, Marzo de 2000, [www.inia.gob.pe/boletin/boletin0010/panela.htm](http://www.inia.gob.pe/boletin/boletin0010/panela.htm)

<sup>5</sup> Ing. Sandoval Gilberto, Manejo de Jugos, Limpieza, Clarificación, Evaporación,y Concentración, CORPOICA – CIMPA II Encuentro Internacional sobre la Agroindustria Panelera, Ecuador/Puyo, 22 al 25 de julio de 1996, página 2-5, [www.infoagro.net/shared/docs/a5/gtecnol6.pdf](http://www.infoagro.net/shared/docs/a5/gtecnol6.pdf)

<sup>6</sup> Ing. Valverde Nelson, Ing. Aguilar Carlos, Descripción del proceso para la Tecnología de la Panela Granulada, Industria Panelera CIMPA Barbosa, S. Julio 1992, páginas 6-9, [www.infoagro.net/shared/docs/a5/gtecnol6.pdf](http://www.infoagro.net/shared/docs/a5/gtecnol6.pdf)

<sup>7</sup> Panela Quassab, La Panela: Un producto vital, Edición 2002, <http://www.quassab.com/Es/LaPanela/Default.asp#Composicion>

<sup>8</sup> Consorcio para el desarrollo sostenible de la ecorregión andina, Edición 2005, [www.condesan.org](http://www.condesan.org)

<sup>9</sup> Microchip, Microcontrolador PIC18F452, Edición 2006, <http://www.microchip.com>

<sup>10</sup> Tnlg. Trilles, Curso de Microcontroladores de la Familia PIC16 de Microchip, <http://www.geocities.com/jeduardotrellest/contenido.pdf>

<sup>11</sup> Webelectronica, Edición 2007, [www.webelectronica.com.ar](http://www.webelectronica.com.ar)

<sup>12</sup> MC. SANCHEZ ARELLANO EDUARDO, <http://www.itnogales.edu.mx/Microprocesadores%20I/Apuntes%20Micros/Curso%20Microcontroladores.pdf>

<sup>13</sup> CUSHMAN, Pauline. Introducción ala programación: con ejemplos en visual Basic, C, C++ y Java. Mexico. Mc Graw-Hill Interamericana, 2001.