



INSTRUMENTACIÓN ELECTRONICA, APLICADA EN EL PROCESO DE
PRODUCCION DE PANELA, ENFOCADA A
MICROEMPRESARIOS

JUAN PABLO LOPEZ GIRALDO
MIGUEL ANGEL VARGAS MORA

CORPORACION UNIVERSITARIA MINUTO DE DIOS
FACULTAD DE INGENIERIA
DEPARTAMENTO DE INFORMÁTICA Y ELECTRÓNICA
TECNOLOGIA EN ELECTRONICA

BOGOTA
2009

AGRADECIMIENTOS:

A NUESTRAS FAMILIAS: que con su apoyo y confianza en el trabajo realizado, nos animaron a no desfallecer y a continuar adelante dando lo mejor de nosotros en este proyecto de grado.

A nuestro director de proyecto Freddy Valcárcel: quien nos brindo todo su apoyo y colaboración para que el proyecto llegara a su realización total.

A LOS PROFESORES: quienes nos brindaron sus conocimientos, ayuda y orientación en la consecución de este proyecto.

A LA UNIVERSIDAD MINUTO DE DIOS: quien nos brindo el espacio para la investigación y desarrollo nuestras ideas.

DEDICATORIA

*A todas las personas que se puedan ver beneficiadas con nuestro proyecto.
A nuestras familias, que creen en nosotros y nos apoyan hasta el fin.*

RESUMEN

La instrumentación del proceso de elaboración de la panela tiene como objetivo incorporar elementos tecnológicos a la elaboración de este producto, propiciando disminución en los costos de elaboración y aumento en las ganancias.

Para mejorar el proceso de manufactura, se implementó un microcontrolador cuya función es permitir el paso de los jugos por medio de electroválvulas, entre las pailas de cocción, evitando así la manipulación por parte de los operarios, lo cual genera demoras por ser un paso que se realiza generalmente por medio de cucharones en forma manual.

Se incorpora la visualización medio de una pantalla LCD, que indicara la temperatura individual de cada fondo, con la que se busca adecuarla en cada paso del proceso.

Con fuentes luminosas y sonoras que actúan como alarmas, las personas a cargo del horno sabrán en qué momento deberán añadir o no el bagazo (combustible).

En la actualidad encontramos que la gran mayoría de los establecimientos dedicados a la producción de panela no cuentan con una inversión tecnológica adecuada por lo cual su funcionalidad es casi artesanal lo que les quita competitividad.

La incorporación de tecnología de forma económica propuesta, brinda a los productores una mejora sustancial en la elaboración del producto, además de ahorro en la cantidad de material de combustión, utilizados en el horno y ayudando a mejorar las condiciones de calidad del producto final dado que en muchas regiones se utilizan combustibles adicionales (llantas, leña, etc.) que contaminan el producto y el medio ambiente.

Palabras claves: Producción de Panela, tecnología, instrumentación, tiempo, microcontroladores, combustible, bagazo, temperatura, fitosanitario y empírico.

Abstract

The instrumentation of the process of production of the unrefined sugar has as aim incorporate new elements into the process of production of this product, propitiating decrease in the costs of production and increase in the earnings.

To improve the process of manufacture, there was implemented a microcontroller which function is to allow the step of the juices by means of electro-valves, between the large frying pans of boiling, avoiding this way the manipulation on the part of the workmen, which generates delays for being a step that is realized generally by means of dippers in manual form.

The visualization of temperature joins by means of a screen LCD, which was indicating the individual temperature of every fund, with which one seeks to control the temperature adapted in every step of the process.

With light and sonorous sources that were acting as alarms, the people at the expense of the oven will know in what moment they will have to add or not the catch fire.

At present we find that the great majority of the establishments dedicated to the production of unrefined sugar don't have a lot of technological inversion suitable investment for which his functionality is almost handcrafted with what they see affected his performance, besides the extra charges generated by the wrong manufacture they do that the business is of low profitability for the producers.

The incorporation of technology and suitable methods of manufacture of economic form proposed by this project, offers to the producers a substantial improvement in the times of production of the product, besides saving in the quantity of material of combustion used in the oven and helping to improve the quality conditions of the final product provided that in many regions there are in use additional fuels (rims, fuel wood, etc.) that contaminate the product, affecting his quality.

Key words: unrefined sugar, technology, instrumentation, time, microcontrollers,

Catch fire, temperature, hygienic, empiric.

TABLA DE CONTENIDO

INTRODUCCIÓN .

1. MARCO TEORICO

1.1 Programa de financiamiento para la modernización de la agroindustria panelera.

1.2 Organización para la Gestión Ambiental

1.3 Manejo de jugos

1.4 Procesos de la elaboración de la panela

1.5 Microcontroladores

1.5.1 PIC 16f877a

1.5.2 El Conversor A/D

1.5.3 Registros de trabajo

1.6 Pantalla LCD

1.6.1 Pantalla alfanumérica

1.6.2 Pantalla grafica

1.7 Válvula solenoide

1.7.1 Variantes para Válvulas de Solenoide:

1.8 Sensores de Temperatura

1.9 Acondicionamiento de señal

1.10 Entradas / Salidas (E/S)

1.11 Control mediante fototriac

1.11.1 Control de potencia con triac

2. RECURSOS Y METODOS

3. RESULTADOS

4. RECOMENDACIONES

5. BIBLIOGRAFIA

6. GLOSARIO

7. TABLA DE FIGURAS

8. ANEXO

Lista de graficas

- Figura 1: Horno, manejo de flujo mixto
- Figura 2: Pic16f877a configuración de pines
- Figura 3: Arquitectura Interna PIC16f877
- Figura 4: Conversor D/A
- Figura 5: LCD configuración de pines
- Figura 6: Montaje básico LCD
- Figura 7: Válvula de solenoide de acción directa
- Figura 8: Válvulas de solenoide operadas por piloto
- Figura 9: Linealidad pt-100
- Figura 9 Montaje estándar básico (con lógica digital positiva)
- Figura 10: Potenciómetro como sensor de desplazamiento
- Figura 11: Puente Wheatstone
- Figura 12: Montaje AD620
- Figura 13: Montaje estándar básico (con lógica digital positiva)
- Figura 14: Seguidor de voltaje
- Figura 15: Etapa potencia para electroválvulas
- Figura 16: Visualización Temperatura
- Figura 17: Simulación manejo de temperatura
- Figura 18: Visualización final
- Figura 19: Escalizacion sensor temperatura

TABLAS ESPECIFICACIONES TECNICAS

Tabla 1 LCD configuración y descripción de pines

Tabla 2 Especificación pt100

DIAGRAMAS

Diagrama 1: Gestión ambiental

Diagrama 2: Interconexión de un sistema digital y un sistema de potencia

Diagrama 3: Funcionamiento menú programa

INTRODUCCIÓN

Este proyecto surge de la necesidad de incorporar nuevas tecnologías al proceso de elaboración de la panela, porque a pesar de la importancia del producto en la canasta familiar colombiana, los pequeños productores no cuentan con métodos eficientes de producción, lo que los obliga a utilizar elementos contaminantes para el producto y el medio ambiente, generando problemas de salud a los consumidores.

Con el fin de facilitar y mejorar un sistema de producción de una forma rápida, económica, pertinente y eficaz para lograr responder a las necesidades del cliente, se incorporo instrumentos de medición a los pasos de cocción.

En la actualidad hay plantas de producción panelera con proceso automatizado y controlado electrónicamente, las maquinas también puede ser utilizada en la elaboración de otros derivados.

Las actualizaciones tecnológicas con las que cuentan las grandes empresas son de costos elevados, por lo que los microempresarios, que son una gran mayoría, se ven limitados a incorporarlos a sus procesos quedando en desventaja.

Ofrecemos una mejora técnica, de incorporación tecnológica a bajo costo con implementación de elementos de medición electrónicos, utilizados para el seguimiento del proceso de cambio de la materia prima (jugo de caña) entre los diferentes fondos, durante su elaboración. Con lo que se evita mayor contacto entre el operario y el producto, mejorando las condiciones fitosanitarias del producto final, el proceso no dependerá del paso manual de los jugos entre fondos, con relación al manejo actual que se le da en la mayoría de establecimientos dedicados a este comercio, los cuales funcionan de manera artesanal y rudimentaria.

Para lo que se diseñó un prototipo, implementándole sensores de temperatura, electroválvulas y alarmas, manejadas por un microcontrolador PIC 16f877a, que le permite al usuario saber el estado del avance del proceso.

Se tiene una visualización individual de la temperatura, de los fondos (recipientes) que intervienen en la cocción del producto, en una pantalla LCD.

Se utilizarán indicadores luminosos, dependiendo el color que se active, avisarán el momento en que se deba o no usar el bagazo (combustible), con lo que el mismo material generado de la materia prima (bagazo de caña) logre cocinar totalmente la producción.

Reducir los costos al evitar comprar materiales adicionales para la combustión, y se mejora así de manera directa la calidad del producto final al no estar mezclado con productos contaminantes.

Disminuir la cantidad de elementos contaminantes al medio ambiente, permitiendo tener una mejor calidad de vida a la comunidad.

1. MARCO TEORICO

Se estima que existen 70.000 productores de caña y 20.000 trapiches en los que se elabora panela y miel de caña. Además, se debe señalar que Colombia es uno de los mayores productores a nivel mundial, con un promedio de un millón de toneladas anuales de caña panelera, pese a que el consumo aparente de panela en el país ha venido creciendo a tasas moderadas de 1.9% anual entre 1991 y 2001, al pasar de 1.091.363 toneladas métricas a 1.431.405 toneladas métricas en los años referidos. (Centro regional de estudios Económicos Bucaramanga, 2004).

La importancia del cultivo de la caña panelera radica en que se constituye en uno de los de mayor importancia social y económica para el país, debido a que el área sembrada es bastante amplia y a la cantidad de mano de obra que ocupa; sin embargo, se obtienen muy bajos rendimientos económicos debidos a las deficientes y precarias condiciones de procesamiento, dado que se utilizan prácticas tradicionales y artesanales. (Variables que afectan la calidad de la panela procesada en el departamento del cauca, 2007).

Son las unidades de pequeña escala y las que producen en condiciones de minifundio o microfundio las que tienen mayores dificultades para afrontar un esfuerzo sistemático de modernización para la competitividad de la Cadena productiva. El hecho de que la mayoría del mapa y la población paneleros hagan parte de estas formas de producción, plantea un grave problema de política social y una integración de grandes dimensiones a la búsqueda de soluciones para el agudo problema agrario global que vive el país (La cadena agroindustrial de la panela en Colombia, 2006).

Sin embargo y a pesar de su importancia, la agroindustria panelera tradicionalmente ha adolecido de una serie de problemas relacionados con la baja productividad agrícola y de proceso, la deficiencia en la calidad del producto, los impactos indeseables sobre el ambiente y los problemas de mercado y organización de los

productores, todos los cuales se reflejan en las condiciones de pobreza de gran parte de sus productores y trabajadores.

La tecnología desarrollada permite reducir los costos de producción entre 13-37%, de acuerdo con las tecnologías adoptadas, y generó un excedente económico global de 61.3 millones de dólares americanos durante el período comprendido entre 1985 y 1998. Adicionalmente, el diseño de una hornilla mejorada permite reducir sustancialmente el uso de leña, las emisiones de CO, CO₂ y la contaminación con SO₂ producida cuando se utilizan llantas usadas como combustible.

Este artículo evalúa el proceso de adopción de la nueva tecnología, su impacto económico y su contribución a la protección de los recursos naturales. En el documento se analiza también el efecto de la tecnología sobre la pobreza y las condiciones de vida, basada en indicadores definidos por la propia comunidad beneficiaria del proyecto. (Correspondencia entre el desarrollo de tecnología para la Agroindustria de la panela con el alivio de la pobreza y la Protección del ambiente y los recursos naturales: el caso De la hoyá del río Suárez, 2009)

1.1 Programa de financiamiento para la modernización de la agroindustria panelera

En las tres regiones investigadas fue evidente el problema de falta de infraestructura de los trapiches y de equipos e implementos para el procesamiento, adecuados a lo que debe ser una fábrica de alimentos, que cumpla con las condiciones de higiene y salubridad requeridas, que permita la implementación de Buenas Prácticas de Manufactura y que provea condiciones de 70 Producción de panela como estrategia de diversificación en la generación de ingresos en áreas rurales de América Latina seguridad industrial para los operarios que allí laboran. Además se reportan problemas de baja extracción de jugo de la caña, ligados al mal estado y operación de los molinos, ineficiencia energética de las hornillas por el inadecuado diseño de las mismas que ocasionan consumo de leña y de caucho proveniente de llantas

usadas, con los consecuentes impactos ambientales de deforestación y de emisión de calor, CO, CO₂ y otros gases contaminantes a la atmósfera.

Para facilitar la adopción de la tecnología y la modernización de la infraestructura y los equipos de producción panelera, se debe proveer de créditos suficientes y oportunos y acompañados de asistencia técnica y financiera a los productores interesados en incorporar las nuevas tecnologías. En este sentido se podría establecer un programa de financiamiento para la modernización de la agroindustria panelera. De igual manera, se deben proveer recursos financieros para la diversificación de las actividades productivas en torno a la caña panelera, como las líneas de producción animal a partir del aprovechamiento de la caña y los subproductos del cultivo y de su proceso y la fabricación de abonos orgánicos a partir del bagazo y del estiércol de los animales. Estas actividades de diversificación, complementarias a la producción panelera, permiten además de generar mayores ingresos y empleo a nivel de los pequeños productores, mejorar la alimentación de la familia y la región y reducir los problemas ambientales originados en el inadecuado manejo de los efluentes de proceso.

Los créditos para la modernización tecnológica de las fincas y trapiches podrían ser canalizados a través de FINAGRO y de otros fondos especializados en el apoyo a las microempresas, pequeñas y medianas empresas rurales, como PADEMÉR y FOMIPYME y contar con el respaldo del Fondo Agropecuario de Garantías, FAG.

(FAO, 2004)

1.2 Organización para la Gestión Ambiental

Una buena gestión ambiental no solamente es útil para la implementación de medidas de manejo y control ambiental durante el proceso de producción de panela, sino que además sirve como herramienta para que el productor maximice los recursos utilizados ahorrando tiempo y dinero, que permitan ser “más competitivo” empresarialmente y contribuya con la sostenibilidad ambiental.

En este orden de ideas, para obtener el máximo beneficio económico-ambiental, es recomendable que los productores entiendan la importancia de la gestión ambiental y

desarrollen acciones y programas al interior de su organización ya sea un trapiche familiar pequeño o un montaje agroindustrial, para que las personas que laboran dentro de esta, den un manejo adecuado a los recursos naturales que puedan verse afectados por la actividad de producir panela.

Como complementos a lo anterior, es lo importante tener claro que la gestión ambiental consiste en una serie de procedimientos y pasos que se deban llevar a cabo de manera organizada a través de un mecanismo que se conoce como “**Sistema de Gestión ambiental**” (SGA), el cual se fundamenta en principios de compromiso y convencimiento interior, que permitan autoevaluar y mejorar de manera objetiva, las diferentes etapas que involucra la actividad panelera, con el propósito de minimizar las acciones que impacten de manera significativa el ambiente y contribuyan con su deterioro. (Fedepanela, 2002)

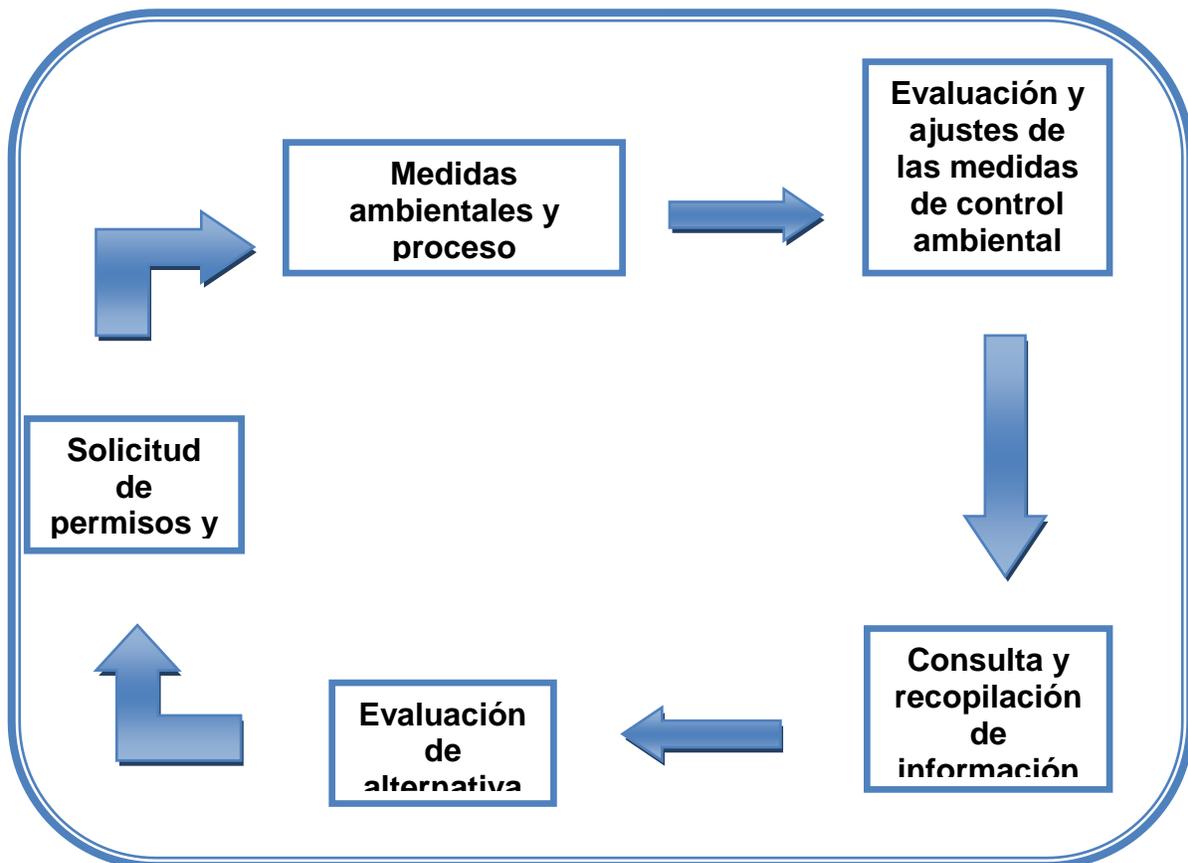


Diagrama 1: Gestión ambiental

1.3 Manejo de jugos

Existen tres formas de flujo de jugos a través de la hornilla: paralelo, contracorriente y mixto, su utilización depende de un factor fundamental al momento de adaptar la tecnología, las costumbres regionales.

En el flujo paralelo los gases circulan en la misma dirección que lo hacen los jugos. Tiene como inconveniente que la clarificación se realiza en una forma muy rápida, y en la sección de evaporación y concentración las temperaturas son relativamente bajas.

En el flujo contracorriente los jugos y los gases circulan en dirección opuesta. Es el flujo ideal, pero se corre el riesgo de que se queme la panela por la ubicación de la paila punteadora.

El flujo mixto es la combinación de los dos anteriores. Es el utilizado por CIMPA en la mayoría de sus diseños. (FUNACH-ASCAPAM, 2002).

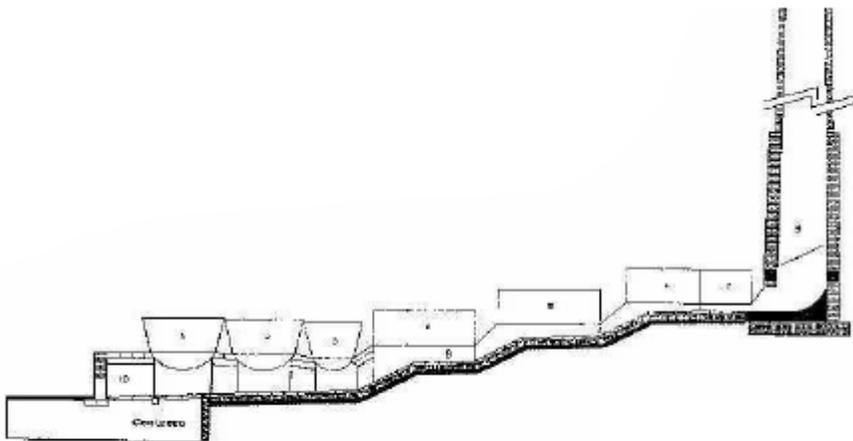


Figura 1: Horno, manejo de flujo mixto

En los trapiches se busca el autoabastecimiento energético mediante el uso del bagazo como combustible, por lo tanto se define un índice que da cuenta del bagazo sobrante o faltante en los trapiches. Como la humedad con que se produce y se consume el bagazo varía con el nivel de extracción de jugo y el proceso de secado, la cantidad de bagazo húmedo no ofrece una comparación directa de los trapiches. Por esto se define el índice con base en el bagazo seco consumido y producido (Diagnóstico energético de los procesos productivos de la panela en Colombia, 2004).

1.4 Procesos de la elaboración de la panela:

- **Descachase:** De los prelimpiadores por gravedad, los jugos son llevados a las pailas, los cuales son depositados sobre lo que constituye la hornilla panelera.

El guarapo es recibido en la primera paila llamada recibidora, donde adquiere una temperatura de 40 a 60 °C; en este tanque se añade una lechada de cal antes de que llegue a hervir el jugo, además de la suspensión del balso (clarificante vegetal). El PH debe llegar a 5,8 si llegará a sobrepasar se formaría sacarato de calcio, dañándose completamente el guarapo.

La función de la cal es doble, pues a más de subir, el PH actúa como fluctuante permitiendo que flote el material en suspensión del jugo, comúnmente conocido como cachaza. Con una especie de cuchara se va retirando continuamente hasta que el jugo quede relativamente limpio. El clarificante vegetal ayuda a una mejor limpieza de la cachaza.

La cachaza que tiene una buena cantidad de jugo, se deposita en un tanque para separarlo por decantación. El guarapo separado retorna al

proceso, en cambio, la cachaza pasa a ser cocinada para posterior utilización en alimento del ganado. (Tecnologías agroindustriales, 2004).

- **Evaporación:** el calor suministrado es aprovechado básicamente en el cambio de fase del agua (líquido a vapor) eliminándose cerca del 90% del agua presente con lo cual se aumenta el contenido inicial de los sólidos solubles entre 16 y 21°Brix hasta el punto de panela, en este punto se alcanza una temperatura hasta 120°C en promedio.
- **Concentración:** Es la fase final del proceso, se presenta a temperaturas superiores a los 100°C, se realiza en la paila punteadora o concentradora. En esta parte se adicionan el agente antiespumante y antiadherente. 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 100°C la inversión se acelera notablemente, por lo que se debe procurar mantener los jugos el menor tiempo posible a esa temperatura y con un pH cercano a 5,8(FUNACH-ASCAPAM, 2002).
- **Inversión:** Se acentúa debido a las altas temperaturas. Es conveniente entonces, que la concentración se realice en el menor tiempo posible.
- **Lubricante:** Se debe adicionar entre 102 y 105°C, el no hacerlo ocasiona la caramelización de la panela. Temperatura de punteo: Debe ser la adecuada para asegurar que la humedad de la panela sea inferior al 10%. A mayor temperatura de punteo, menor contenido de humedad e incremento del tiempo de vida útil de la panela (ICA, 1999).

1.5 Microcontroladores

Es un dispositivo programable capaz de realizar procesamiento de datos digitales, de control y comunicación digital de diferentes periféricos.

Poseen una memoria interna para almacenar las instrucciones, que corresponden al programa que ejecuta y los registros.

Varían su conjunto de instrucciones de acuerdo a su fabricante y modelo.

De acuerdo al número de instrucciones que maneja su arquitectura se les divide en RISC (reducido) y CISC (complejo).

Poseen una unidad lógico aritmética (ALU), memoria del programa, registros y pines I/O.

Posee varias características que hacen de este un dispositivo muy versátil, eficiente y práctico para ser empleado.

Los microcontroladores más populares:

- 8048 (Intel).
- 68HC11 (Motorola y Toshiba).
- 683xx (Motorola).
- PIC (Microchip).

Características:

- Soporta modo de comunicación serial.
- Amplia memoria para datos y programa.
- Memoria reprogramable.

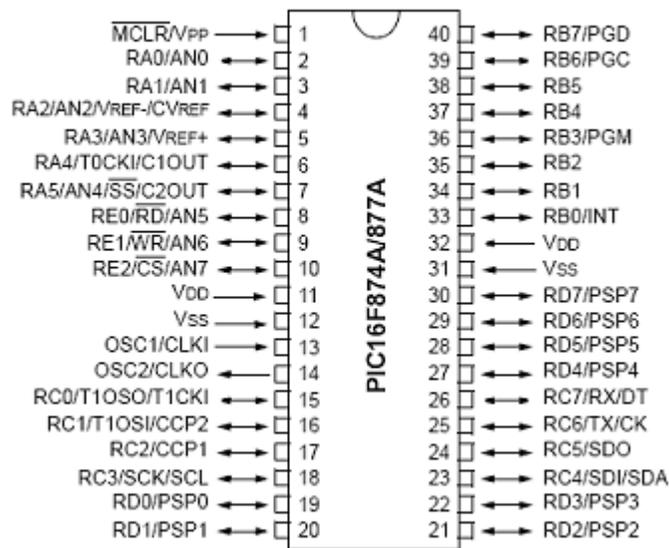


Figura 2: Pic16f877a configuración de pines

1.5.1 PIC16F877

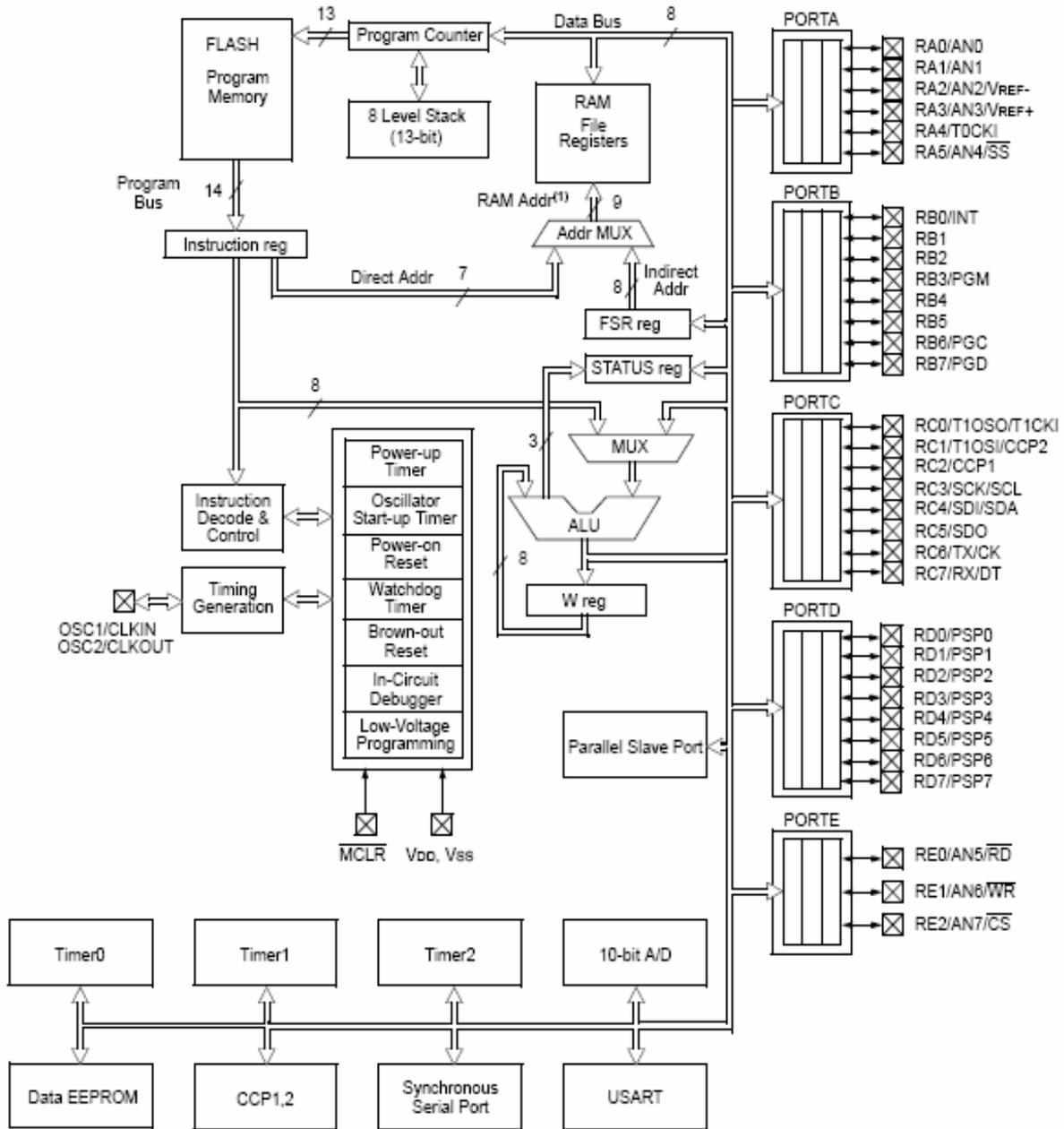
El micro controlador PIC16F877 de Microchip puede desempeñar muchas funciones pero en la que nos vamos a centrar aquí es la de su convertor analógico-digital. Antes de meternos de pleno en su funcionamiento vamos a comentar los conceptos básicos de una conversión de una señal analógica a digital.

Almacenarla en un soporte digital o transmitirla digitalmente para poder reconstruirla, poder tratar con programas los valores analógicos que de un sensor, etc.

Acotando la señal en un intervalo de tiempo y unos valores mínimos y máximos de tensión tenemos que tener en cuenta dos factores fundamentales a la hora de almacenar dicha señal en un formato adecuado que pueda almacenarse digitalmente (con ceros y unos): se tiene que muestrear y cuantificar.

(Escuela Politécnica Superior de Alcoy, 2005)

Device	Program FLASH	Data Memory	Data EEPROM
PIC16F874	4K	192 Bytes	128 Bytes
PIC16F877	8K	388 Bytes	256 Bytes



Note 1: Higher order bits are from the STATUS register.

Figura 3: Arquitectura Interna PIC16f877

1.6 Pantalla LCD

La pantalla LCD es uno de los periféricos más empleados para la presentación de mensajes, variables y casi cualquier información proveniente de un microcontrolador. Gracias a su flexibilidad y buena visibilidad.

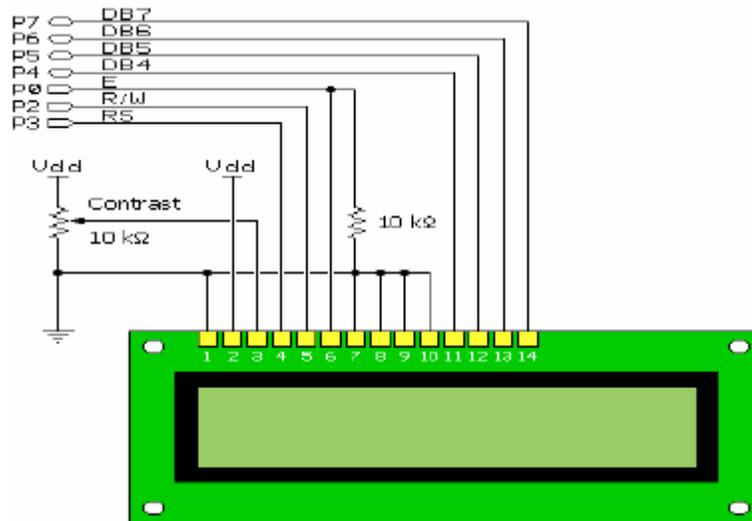


Figura 5: LCD configuración de pines

PIN N°	SIMBOLO	DESCRIPCION
1	Vss	tierra de alimentación
2	VDD	Alimentación 5V
3	Vo	Contraste del cristal liquido. Se le conecta un potenciómetro para controlar el contraste de la pantalla
4	RS	Pin de selección de registro RS=0 Selección del registro de control RS=1 Selección del registro de datos
5	R/W	Señal de Lectura/escritura R/W=0 El modulo LCD es escrito R/W=1 El modulo LCD es leído

6	E	Señal de activación del modulo LCD E=0 Modulo desconectado E=1 Modulo conectado
7-14	D0 - D7	Es por donde se realiza el manejo de información entre el modulo LCD y él un sistema informático

Tabla 1= LCD configuración y descripción de pines

1.6.1 LCD Alfanumérica

Pantalla en la cual, se pueden presentar caracteres y símbolos especiales en las líneas predefinidas del LCD. Su especificación viene dada como cantidad de caracteres por columna y numero de filas del display. Los datos y comandos son enviados a través de un bus de datos paralelo, ya sea en modo de 4 o 8 bits.

1.6.2 LCD Grafica

Pantalla en la cual, se pueden presentar caracteres, símbolos especiales y gráficos. Su especificación viene dada en pixeles.

La pantalla es capaz de recibir la información de manera serial asincrónico utilizando solo 2 líneas para este fin. Toda pantalla paralela puede ser convertida a serial mediante un circuito especializado, como por ejemplo el controlador serial para LCD modelo SLCD-IC.

(www.roso-control.com).

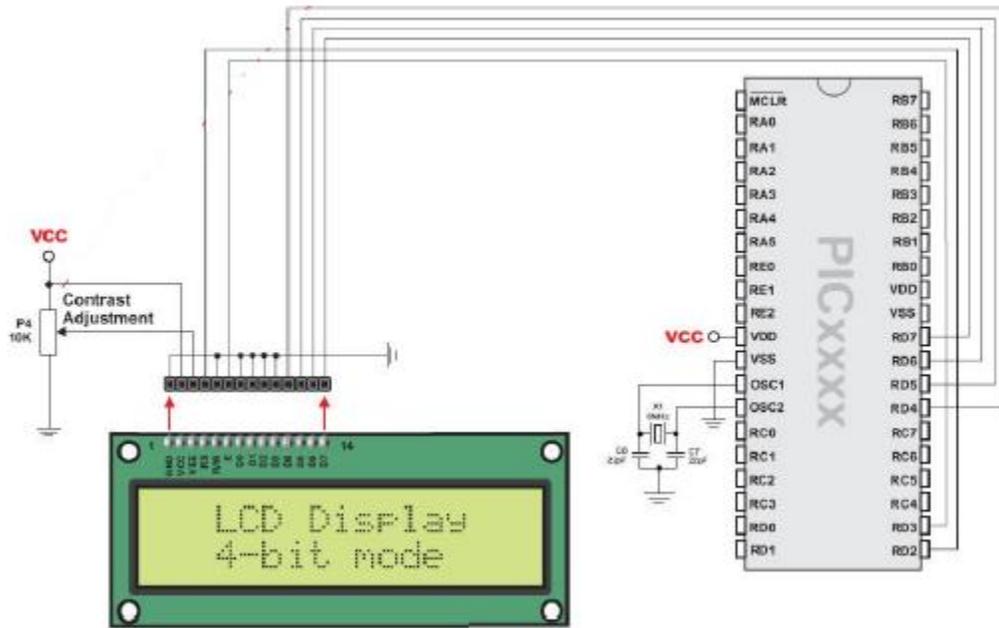


Figura 6: Montaje básico LCD

1.7 Válvula de solenoide

Este tipo de válvulas es controlada variando la corriente que circula a través de un solenoide (conductor ubicado alrededor de un émbolo, en forma de bobina).

Esta corriente, al circular por el solenoide, genera un campo magnético que atrae un émbolo móvil. Por lo general estas válvulas operan de forma completamente abierta o completamente cerrada, aunque existen aplicaciones en las que se controla el flujo en forma lineal.

Al finalizar el efecto del campo magnético, el émbolo vuelve a su posición por efecto de la gravedad, un resorte o por presión del fluido a controlar.

- Válvulas de solenoide de acción directa: En este tipo de válvulas, el émbolo móvil controla el flujo debido al efecto de la fuerza de origen magnético directamente.

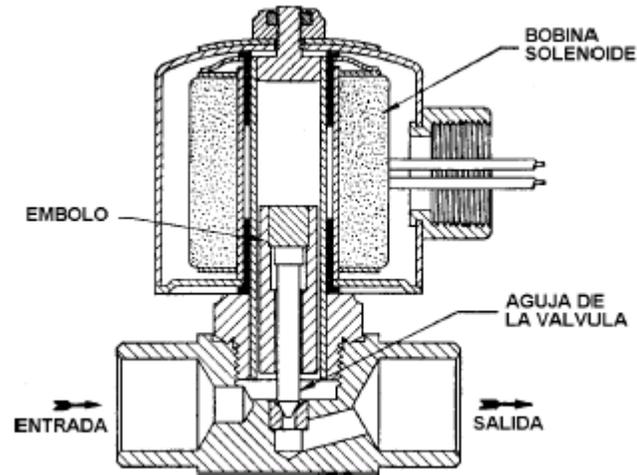


Figura 7: Válvula de solenoide de acción directa

- Válvulas de solenoide operadas por piloto: En este tipo de válvulas, el émbolo está unido a un vástago de aguja, que a su vez cubre un orificio piloto en vez del puerto principal.

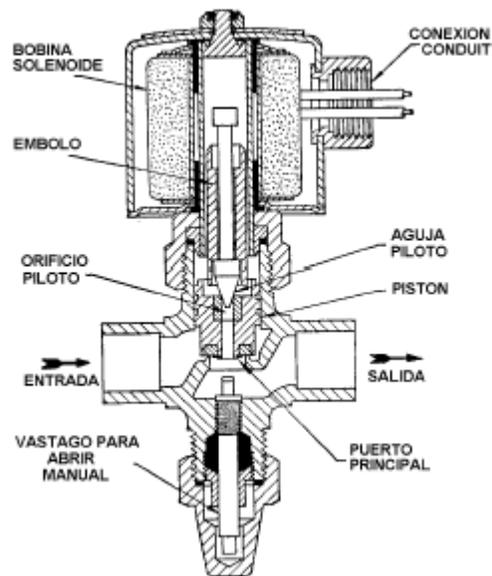


Figura 8: Válvulas de solenoide operadas por piloto

1.7.1 Variantes para Válvulas de Solenoide:

- Los principios de operación ya vistos se aplican a una gran variedad de válvulas de solenoide, las cuales difieren entre ellas según ciertas variantes
- mecánicas y de construcción. Algunos ejemplos de estas variantes son:

- Émbolos de Carrera Corta: Están rígidamente conectados a la aguja. Éstos siempre serán utilizados en válvulas de acción directa.
- Émbolos de Carrera Larga: Dan un “golpe de martillo” a la válvula al producirse la apertura.
- Construcción interconectada mecánicamente de pistón a émbolo: Se utiliza cuando no hay disponible una presión diferencial que haga flotar el pistón. Esta construcción permite que una válvula de solenoide relativamente grande abra y permanezca en posición abierta, con una mínima caída de presión a través de la válvula. Se usa principalmente en trabajos con líneas de succión.
- Válvulas operadas por piloto y cargadas con resorte: Se utilizan en puertos de diámetros grandes (Juan Pablo Carvallo & René Vargas, 2003)

1.8 Sensores de Temperatura

Termopares: Los termopares utilizan la tensión generada en la unión de dos metales en contacto térmico, debido a sus distintos comportamientos eléctricos.

Resistivos: Lo constituyen las RTD (Resistance Temperature Detector) o PT100 basadas en la dependencia de la resistividad de un conductor con la temperatura, están caracterizadas por un coeficiente de resistividad Positivo PTC (Positive Termal Coefficient). También lo son las NTC (Negative Termal Coefficient), que se llaman termistores y están caracterizadas por un coeficiente de temperatura negativo.

Semiconductores: Se basan en la variación de la conducción de una unión p-n polarizada directamente. (SILICA, 2003).

Sensor Pt100 y su uso: Un Pt100 es un sensor de temperatura hecho con un alambre de platino que a 0°C tiene 100 ohms y que al aumentar la temperatura aumenta su resistencia eléctrica.

Un Pt100 es un tipo particular de RTD. (Dispositivo Termo Resistivo)

Por otra parte los Pt100 siendo levemente más costosos y mecánicamente no tan rígidas como las termocuplas, las superan especialmente en aplicaciones de bajas temperaturas. (-100 a 200 °).

Los Pt100 pueden fácilmente entregar precisiones de una décima de grado con la ventaja que la Pt100 no se descompone gradualmente entregando lecturas erróneas, si no que normalmente se abre con lo cual el dispositivo medidor detecta inmediatamente la falla del sensor y da aviso.

Además la Pt100 puede ser colocada a cierta distancia del medidor sin mayor problema (hasta unos 30 metros) utilizando cable de cobre convencional para hacer la extensión. (Aún así deben tomarse ciertas precauciones en la instalación).
Medición de -100 a 200 °C con muy buena precisión y estabilidad Industria de alimentos en general (envasado, pasteurizado, cocción, conservación, etc.).

(<http://www.arian.cl>)

$$R_T = R_0 [1 + At + Bt^2 + C (t - 100)^3]$$

Estándar	Coefficiente de T° (α)	A	B	C*
DIN 43760	0.003850	3.9080×10^{-3}	-5.8019×10^{-7}	-4.2735×10^{-12}
American	0.003911	3.9692×10^{-3}	-5.8495×10^{-7}	-4.2325×10^{-12}
ITS-90	0.003926	3.9848×10^{-3}	-5.870×10^{-7}	-4.0000×10^{-12}

Tabla 2= especificación pt100

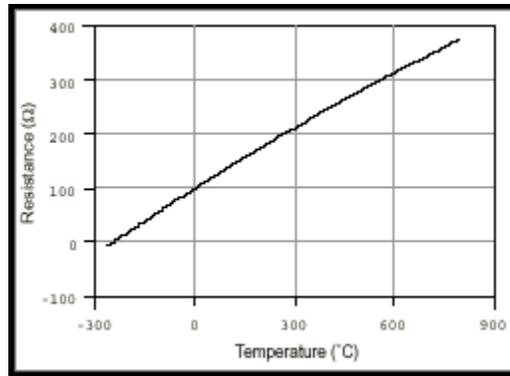


Figura 9: Linealidad pt100

1.9 Acondicionamiento de señal

Los acondicionadores de señal, adaptadores o amplificadores, en sentido amplio, son los elementos del sistema de medida que ofrecen, a partir de la señal de salida de un sensor electrónico, una señal apta para ser presentada o registrada o que simplemente permita un procesamiento posterior mediante un equipo o instrumento estándar. Consiste normalmente en circuitos electrónicos que ofrecen entre otras funciones, las siguientes: amplificación, filtrado, adaptación de impedancias, modulación y demodulación.

Estos tienen una entrada de impedancia limitada, exigen que la señal aplicada sea continua o de frecuencia de variación lenta, y que su amplitud este entre unos límites determinados, que no suelen exceder de 10 V. Todas estas exigencias obligan a interponer un acondicionador de señal entre el sensor, que muchas veces ofrece señales de apenas unos milivoltios, y el convertidor A/D. (Ramón Pallas Areny, 2003)

Acondicionadores de señal para sensores resistivos:

- Divisores de tensión (Potenciómetro)

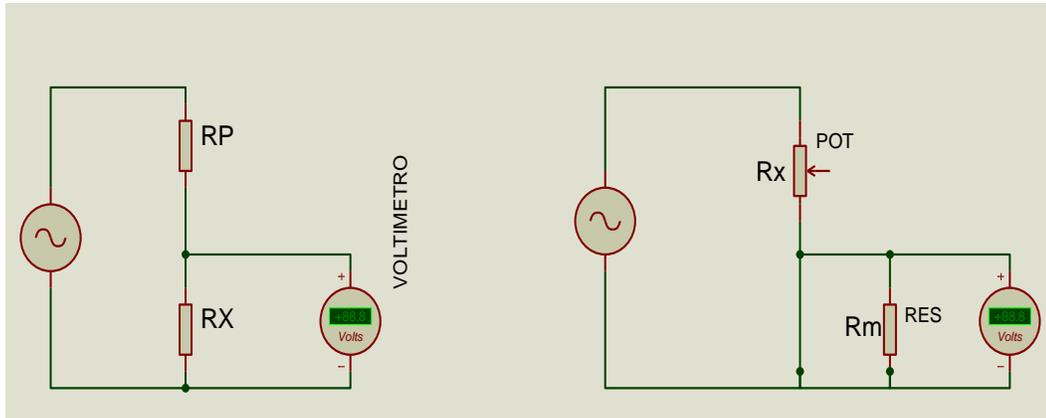


Figura 10: Potenciómetro como sensor de desplazamiento

$$V_s = V(1 - x)$$

$$R_s = R_n x (1 - x)$$

$$V_m = \frac{V(1 - x)}{R_n x (1 - x) + R_m} R_m = \frac{V \alpha}{\frac{\alpha(1 - \alpha)}{k} + 1}$$

- Puente Wheatstone

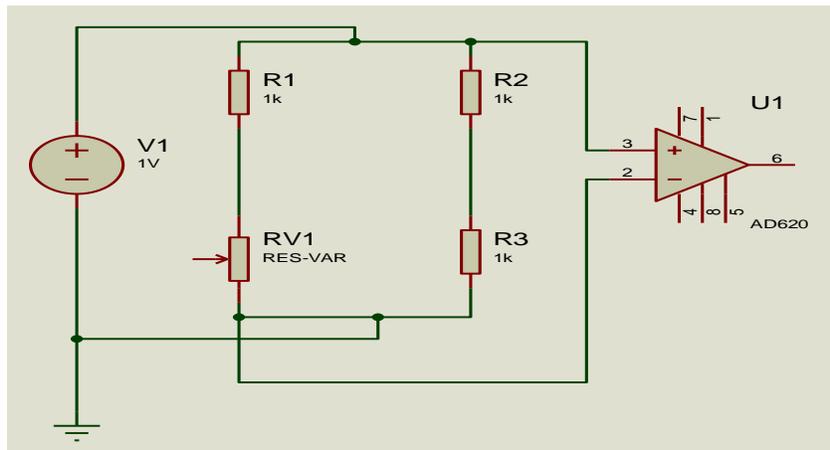


Figura 11: Puente Wheatstone

$$R_3 = R_4 \frac{R_2}{R_1}$$

- Amplificadores de instrumentación

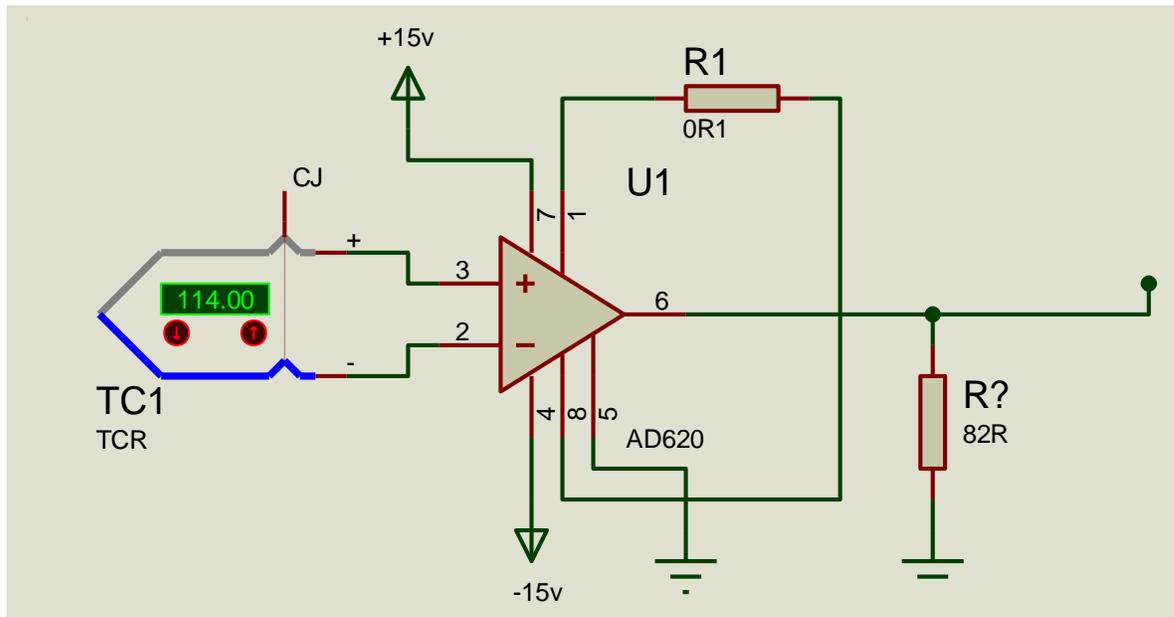


Figura 12: Montaje AD620

1.10 Entradas / Salidas (E/S)

Determinar la cantidad de señales de Entrada y de Salida, tanto discreta como numéricas y analógicas, que se debe ser capaz de tratar, es el primer trabajo a realizar al iniciar la implementación del sistema de instrumentación. Hay que contar el número de dispositivos cuyo estado hay que tener en cuenta.

Los indicadores LED de estado para señales discretas, hay que procurar que las entradas incorporen filtros para evitar lecturas falsas.

Para las salidas discretas es preferible que incorporen una protección de sobrecarga, un fusible y es mejor que sea de acceso frontal que evitará dejar fuera de servicio todas las salidas del módulo al retirarlo para cambiar el fusible.

En cuanto a las E / S de señal analógica se encuentran las adecuadas para el tratamiento de señales, procedentes de instrumentación de campo y para la

regulación (variación de velocidad, válvulas motorizadas, etc.) con las bandas de trabajo más usuales.

En el caso de grandes sistemas de control, es de particular importancia disponer de E / S remotas. La ubicación de estructuras de E / S junto a los dispositivos de entrada y salida y unidas a la unidad central con un cable de comunicaciones (un simple par trenzado), disminuye drásticamente los costes de cableado, tanto en material como en trabajo de instalación. Por, otra parte, facilita las tareas de puesta a punto y mantenimiento, ya que se pueden realizar por aéreas funcionales sin afectar al funcionamiento del resto.

1.11 CONTROL MEDIANTE FOTOTRIAC

El necesario aislamiento entre el microcontrolador y la carga se hace mediante un optoacoplador, que es un circuito integrado que incluye a un led que controla al fototriac. Este dispositivo esta especialmente diseñado para usarse como interface de sistemas lógicos con equipos que tienen que alimentarse de la red eléctrica.



Diagrama 2: Interconexión de un sistema digital y un sistema de potencia

1.11.1 CONTROL DE POTENCIA CON TRIAC

Un circuito típico de control de potencia con triac, donde la carga es conmutado mediante un triac, cuyo funcionamiento es similar al de un interruptor pero controlado por corriente que circula por la entrada. A su vez, esta entrada es gobernada por el fototriac. Este circuito puede controlar cargas con potencia dependiendo del triac utilizado. (Microcontrolador PIC16f84, 2006).

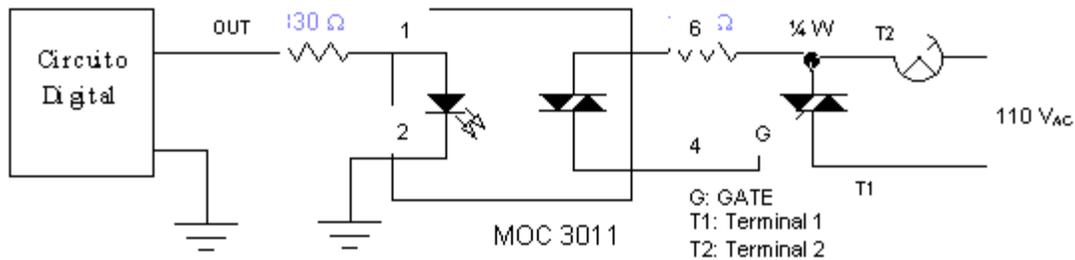


Figura 13= Montaje estándar básico (con lógica digital positiva)

2. RECURSOS Y METODOS

2.1 Fase de diagnóstico: En donde se determinó el estado de las instalaciones físicas y del proceso de transformación, para lo cual se realizaron visitas de campo en los lugares de producción para la recolección de información.

2.1.1 Tipo de empresa dedicada a la elaboración:

Se visitaron dos trapiches el primero ubicado en la vereda La Calichana en el municipio de Viota (Cundinamarca) y la segunda está ubicada en la vereda de Bagazal en el municipio de Villeta (Cundinamarca), estas pequeñas empresas son similares porque manejan un sistema de producción basados en los mismos principios ya que cuentan con una elaboración del producto de forma tradicional con elementos artesanales.

2.1.2 Elaboración del producto:

Se utiliza un trapiche para la extracción del jugo de caña que es accionado por un motor diesel, después el jugo pasa a al primer fondo donde es almacenado donde se hace la prelimpieza, después pasa al fondo donde se clarifica, el siguiente paso es la evaporación y por último el de concentración. Los pasos mencionados se hacen de una forma manual con un cucharón manejado por el melero (persona encargada de la supervisión de los jugos). Terminado el proceso de cocción, se saca y se vierte en moldes para después ser empacado

De acuerdo a lo investigado utilizan un sistema de manejo de jugos llamado contracorriente los jugos y los gases circulan en dirección opuesta. Es el flujo ideal, pero se corre el riesgo de que se queme la panela por la ubicación de la paila concentradora.

2.1.3 Materiales usados para la cocción del producto:

Para el manejo del horno se utiliza el bagazo, madera y llanta.

2.2 Evaluación: Para determinar cada una de las variables que afectaban la calidad de la panela.

2.2.1 Subjetividad del melero:

Esta persona es guiada por su experiencia y no se basa en ningún tipo de elementos para el paso de los jugos entre los fondos, los cuales hace de forma manual, esto le genera un riesgo a su salud, ya que está en contacto directo con los fondos que se encuentran a altas temperaturas.

2.2.2 Temperatura en el manejo de los jugos:

La temperatura es determinada de forma empírica, no se cuenta con ningún instrumento de medida, lo que lleva a que el proceso no siempre sea el mismo, generando fallas en el producto final.

2.2.3 Manejo de combustible:

La temperatura requerida para el proceso de cocción es determinada de forma indirecta ya que no utilizan ningún elemento de medición, por el cual se utiliza más material del necesario.

2.3 Solución a los problemas analizados:

2.3.1 Subjetividad del melero:

Implementar un sistema de electroválvulas manejadas por un microcontrolador, que permita el paso de los jugos entre los fondos, permitiendo que el melero disminuya el contacto con la materia prima y evite los riesgos que corre.

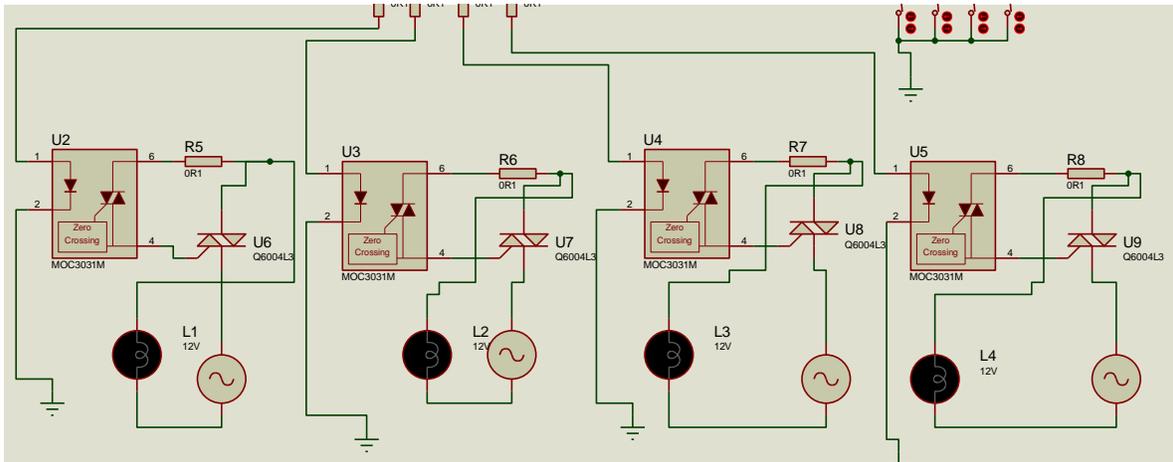


Figura14: Etapa potencia para electroválvulas

El Triac es seleccionado de acuerdo a la corriente de operación o también dependerá del número de objetos eléctricos a utilizar.

1. Definición de parámetros:

N= Número de objetos a utilizar por cada TRIAC. (Este es usado cuando son más de una electroválvula)

W= La potencia de cada una de las electroválvulas (100 W, 150 W, etc.)

V= Voltaje de la red (110 V ó 220 V).

I= La corriente consumida por cada electroválvula

I' = La corriente especificada del TRIAC (según el manual del fabricante)

2. Cálculo de la corriente que consume cada lámpara: $I = W/V$.

3. Cálculo de N: $N = I'/I$.

En este caso se utiliza el 2. Con este encontraremos la corriente consumida por cada una de las electroválvulas podremos saber que triac podemos usar:

$$I = 150/110 = 1.36 \text{ A}$$

Seguidor de voltaje

El seguidor de voltaje, también llamado buffer es un caso especial de la configuración no inversora, donde:

$$R_2 = 0 \text{ W (} A_v = 1 + R_2 / R_1 \text{)}.$$

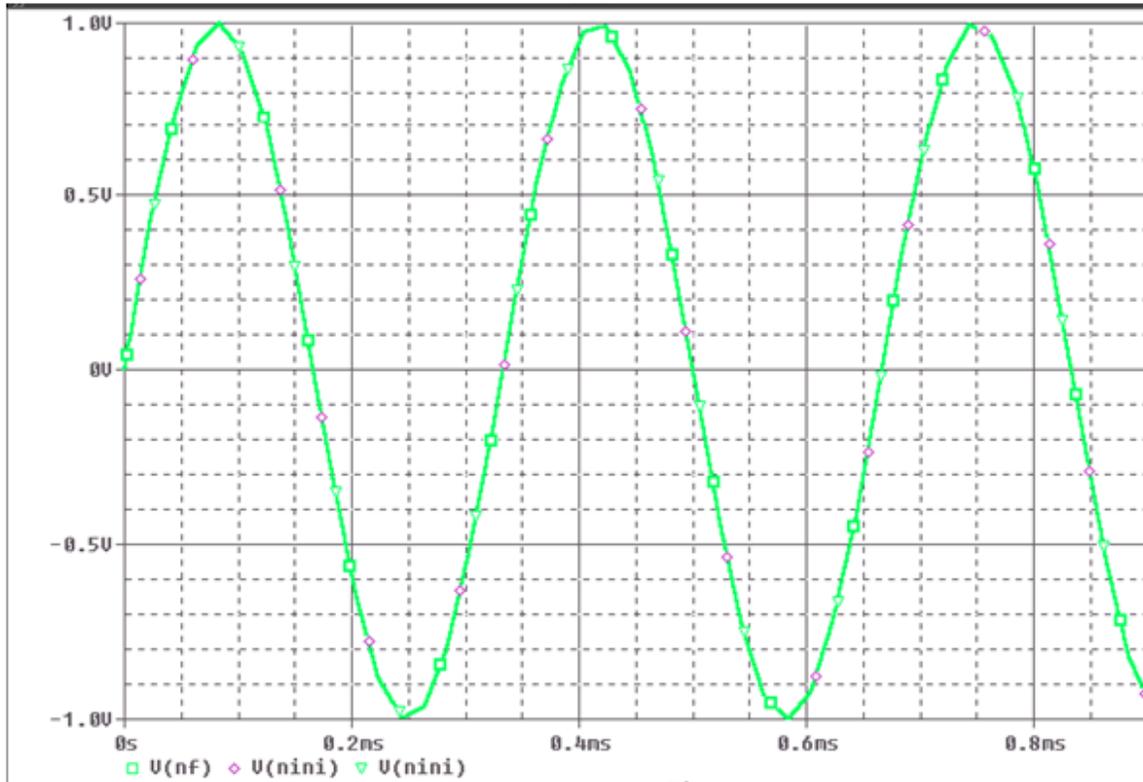


Figura15: Seguidor de voltaje

Este tipo de configuración tiene una alta impedancia de entrada, una baja impedancia de salida y una ganancia unitaria (1).

La temperatura mediante una pantalla LCD, en cada uno de los fondos, para mantener la temperatura adecuada en cada uno de ellos. Evitando defectos en el producto final.



Figura16: Visualización Temperatura

2.3.3 Manejo de combustible:

Por medio de alarmas se indicara el momento en el que se necesite combustible para el horno según la temperatura deseada en los fondos

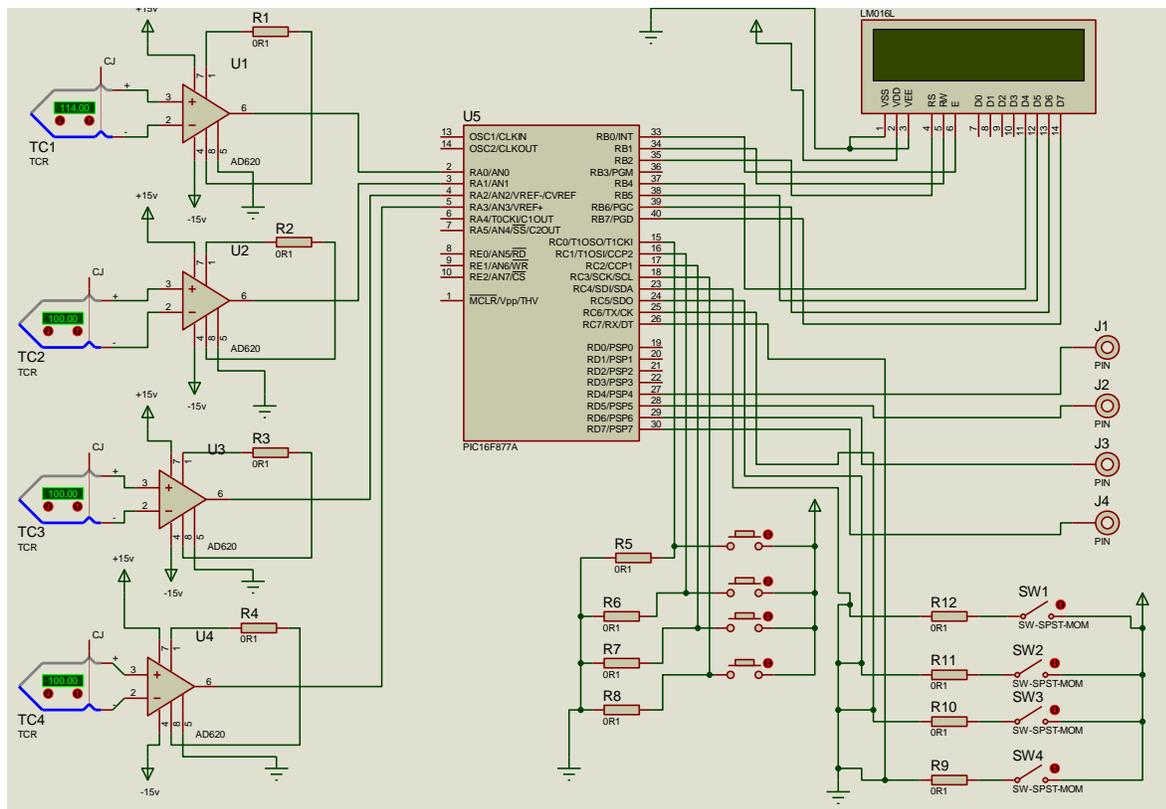


Figura 17: Simulación manejo de temperatura

2.4 MATERIALES

2.4.1 Hardware:

- Estructura metálica, permite simulación de la hornilla de cocción de jugos y la ubicación de la instrumentación aplicada.
- PIC 16f 877^a
- Electroválvulas solenoide de una vía (110V a-c, para lavadora convencional)
- Sensor de temperatura Lm- 35
- Pulsadores de final de carrera
- Pantalla LCD
- Cableado
- Acondicionadores de señal
- TRIAC
- Leds
- Amplificadores operacionales
- Circuito electrónico

2.4.2 Software:

- Proteus 7.1
- PICC
- Ares
- MPLab

Descripción y funcionamiento.

En una primera fase se tiene un sensado del nivel de cada fondo, a continuación se realiza una lectura de la temperatura usando un sensor (LM35) esto es para cada recipiente, al realizar esta lectura se compara con los niveles individuales (Set Point) establecidos para cada uno de los fondos.

Cuando la temperatura sobrepasa el Set Point establecido se disparan las alarmas que le indican al hornero si se debe adicionar o no combustible al sistema. Esto se puede apreciar en los indicadores lumínicos (LED).

Para el paso de los jugos se hace necesario la lectura del sensor de nivel del fondo anterior y activando de forma consecutiva cada una de las electroválvulas. Se puede realizar un vaciado de manera individual (Modo manual) ingresando en el menú de vaciado.

El estado de las alarmas se aprecia en el menú principal de la pantalla y en los indicadores destinados para dicha función.

El calentamiento de los fondos se emula con una resistencia ubicada en cada uno de los fondos.

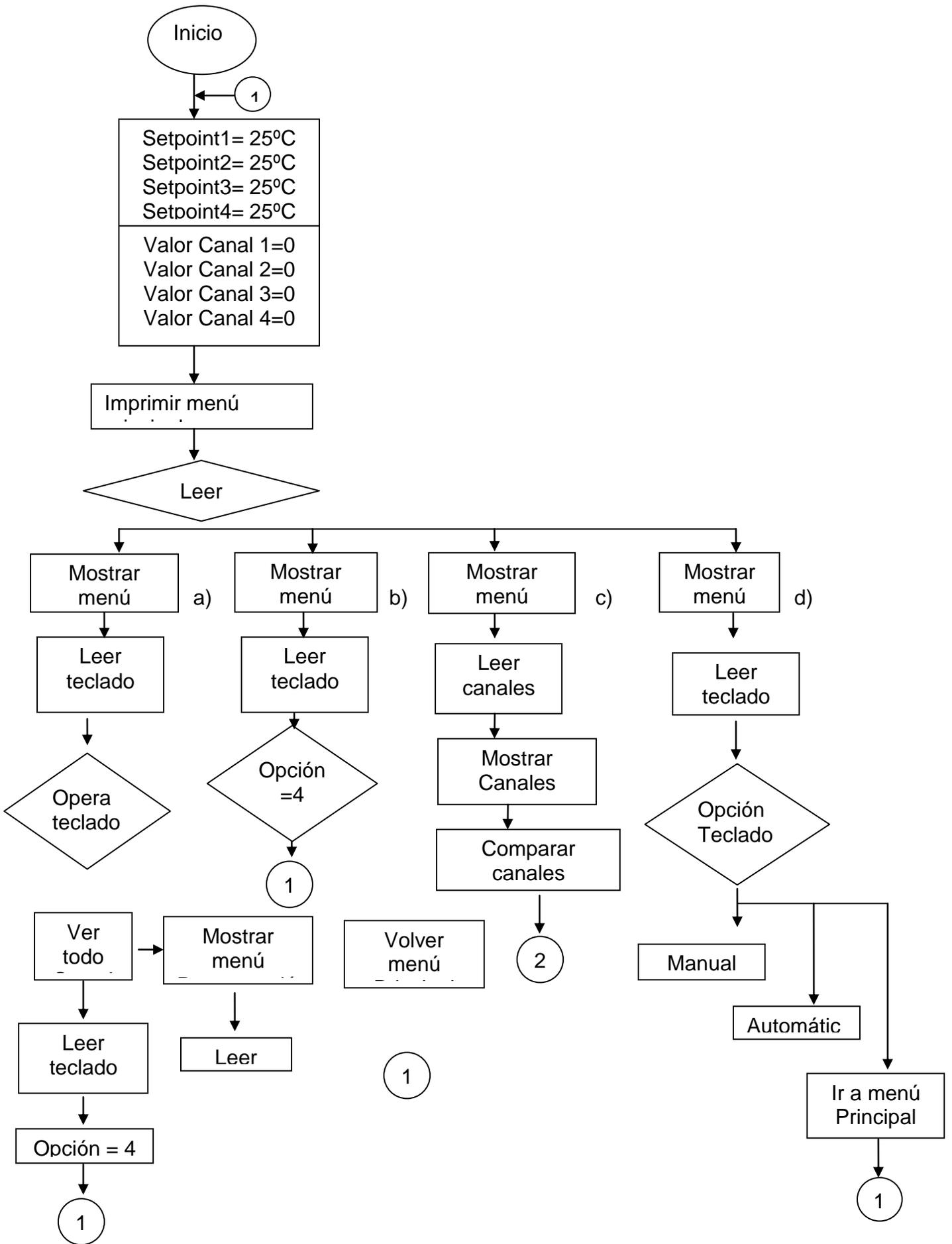
El estado de los sensores de temperatura se puede visualizar de forma directa, esta temperatura está dada en grados Celsius.

En este prototipo se permiten modificar los parámetros de temperatura (Set Point) para cada uno de los fondos, lo que le permite una mayor flexibilidad en el proceso y poder usarlo en otros procesos donde se requiera realizar medición de temperatura.

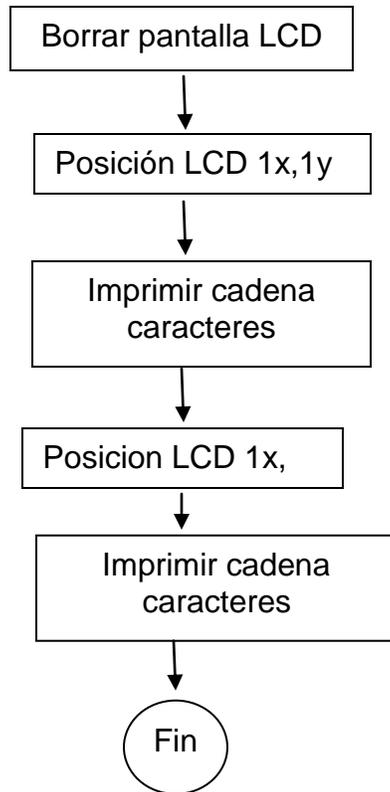
La construcción del prototipo se basa en el modelo de hornilla tipo Simpa en una disposición de sistema en contraflujo. Este horno es más eficiente que el tipo

artesanal ya que se aprovecha de manera más eficiente la temperatura y permite que se disminuyan los costos por la eliminación de bombas para el intercambio de los jugos entre fondos, el vaciado se hace por gravedad.

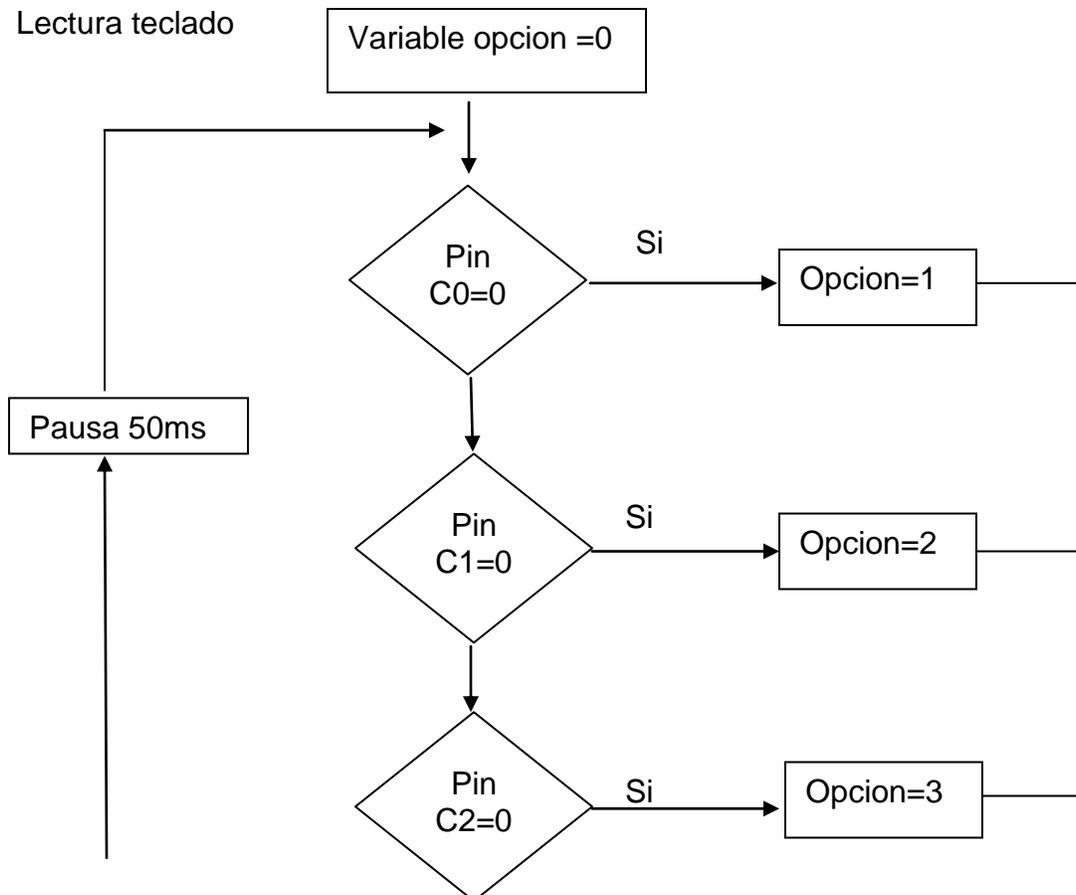
Diagramas de flujo del microcontrolador

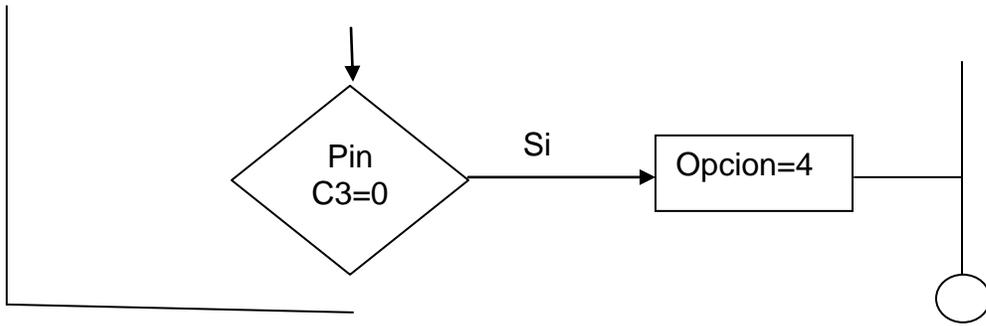


Impresión lcd

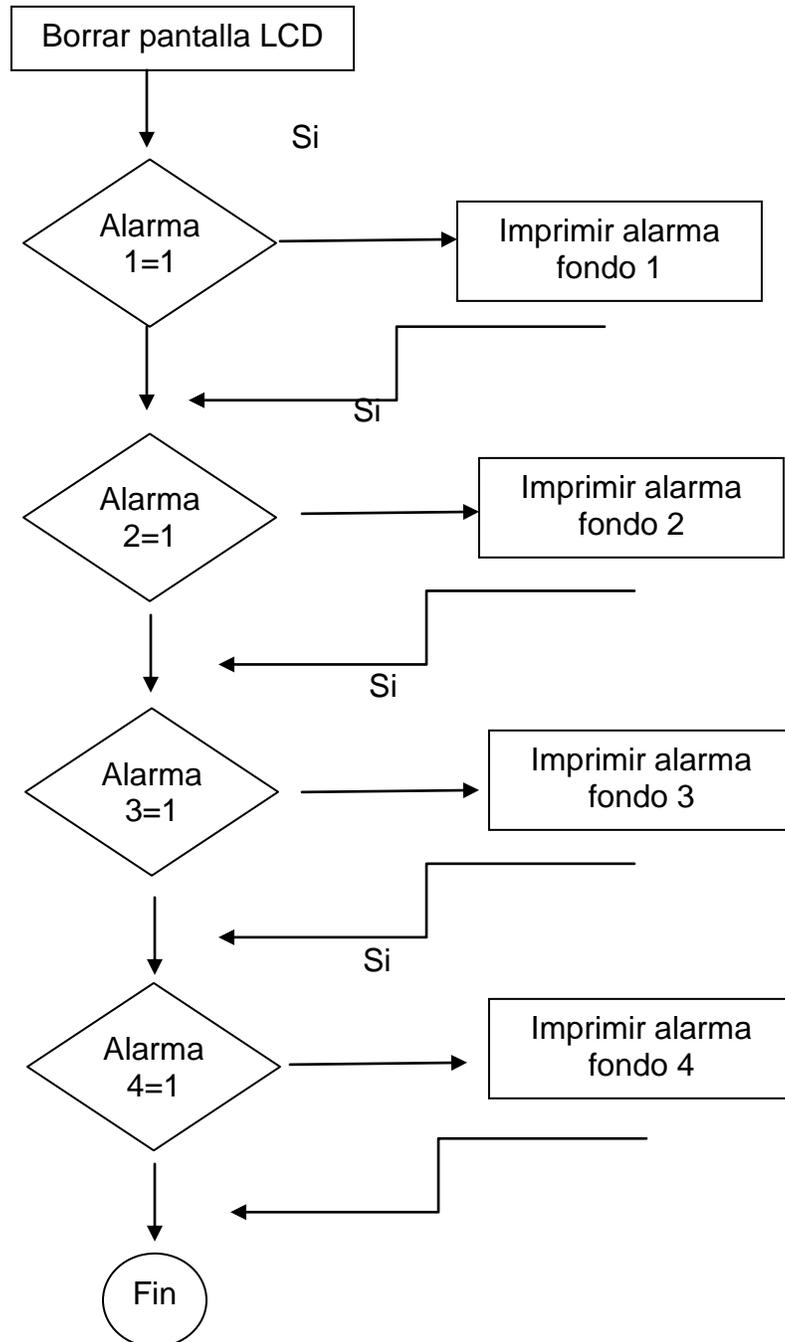


Lectura teclado

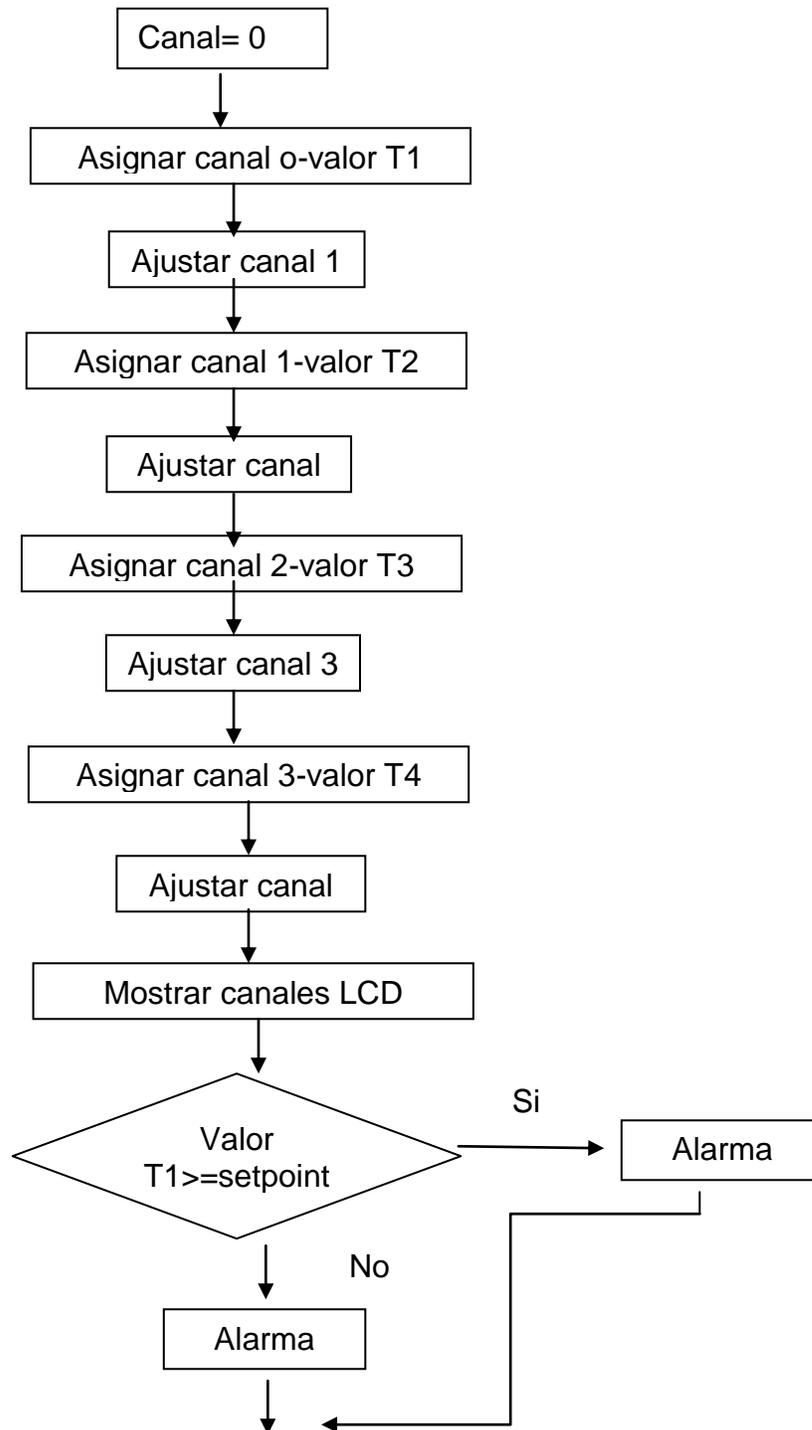


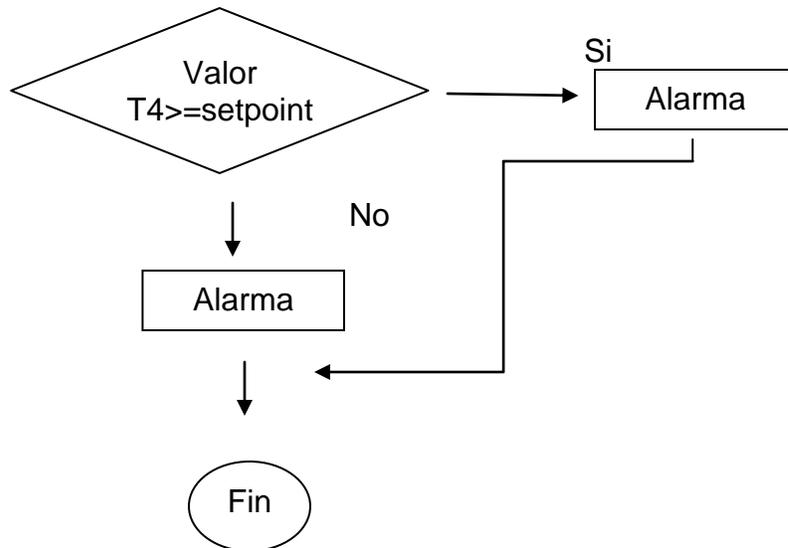
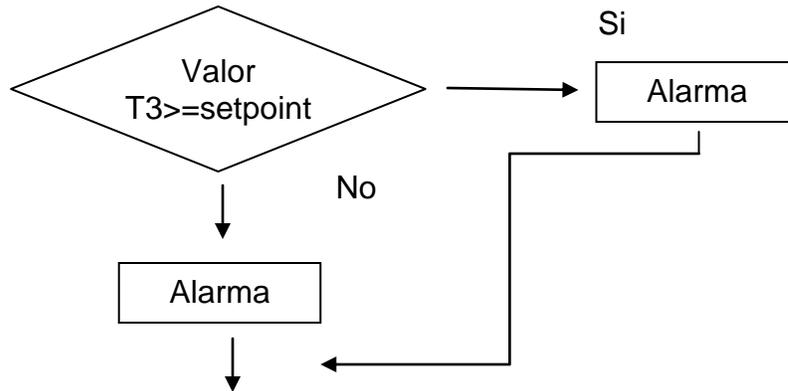
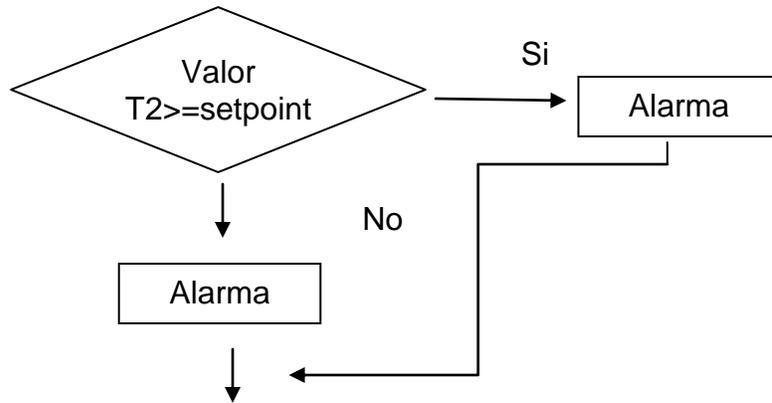


Impresión alarma

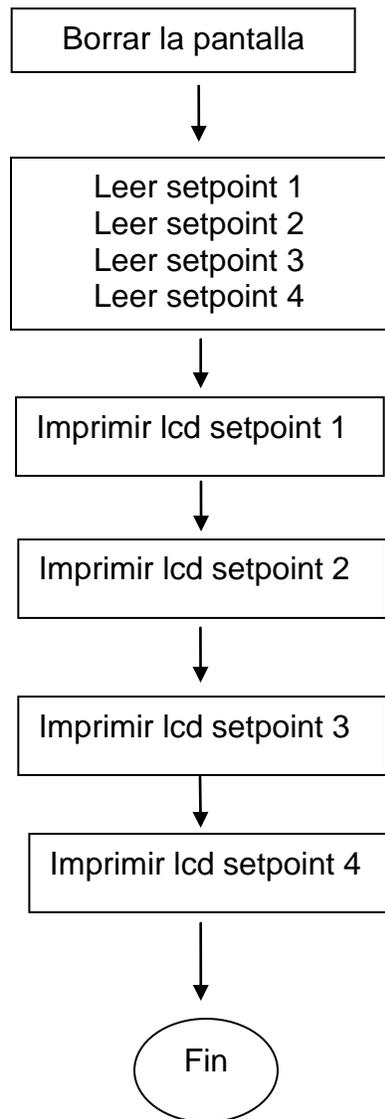


Lectura temperatura

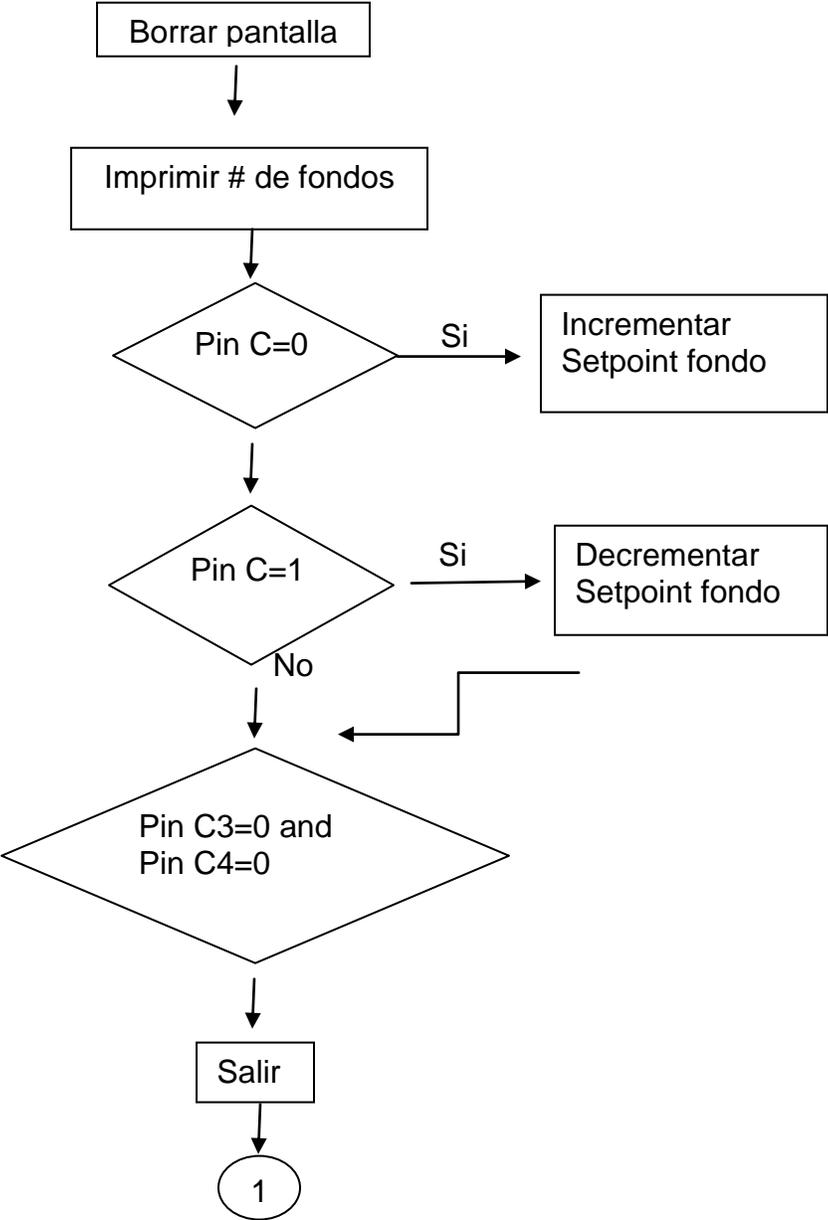




Imprimir setpoint



Ajustar setpoint



Código fuente básico

Lectura de los conversores.

```
void LeerCanales (void)
{
    set_adc_channel (0);
    valorT1= Read_adc ();
    delay_ms (6);
    set_adc_channel (1);
    valorT2= Read_adc ();
    delay_ms (6);
    set_adc_channel (2);
    valorT3= Read_adc ();
    delay_ms (6);
    set_adc_channel (4);
    valorT4= Read_adc ();
    delay_ms (6);
}
```

Permite la lectura de manera individual de cada uno de los canales del conversor A/D del microcontrolador usando el software PICC.

ValorReal1=valorT1/2.048;

ValorReal2=valorT2/2.048;

ValorReal3=valorT3/2.048;

ValorReal4=valorT4/2.048;

Ajuste del sensor de temperatura por una constante.

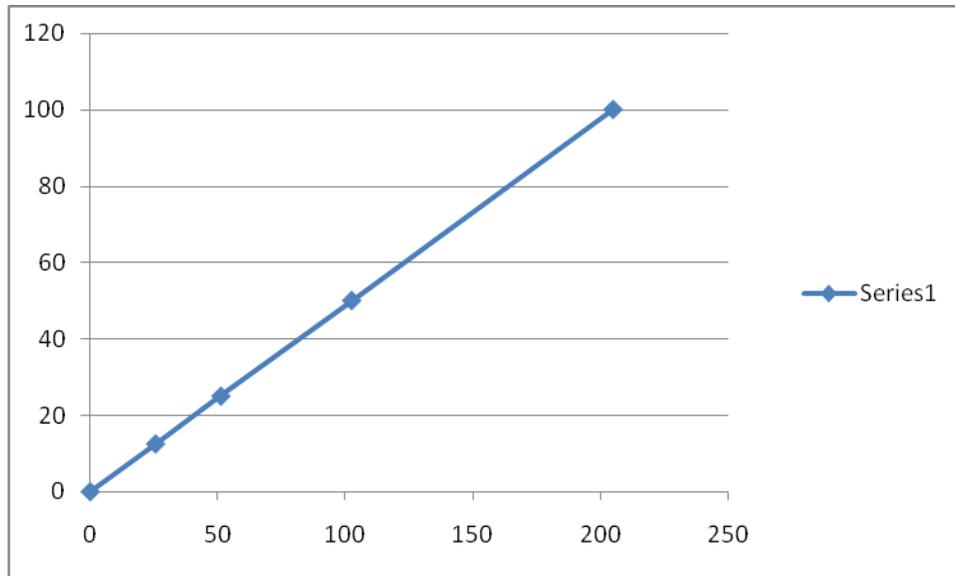


Figura 19: Escalizacion sensor temperatura

Entradas y salidas del sistema

Entradas:

Cuatro sensores de nivel de ubicados en cada fondo.

Cuatro sensores de temperatura (LM35)

Salidas:

Cuatro electroválvulas.

Cuatro alarmas lumínicas.

Visualización del estado del sistema en una pantalla LCD.

2.5 UBICACIÓN

Universidad Minuto de Dios regional Soacha

Laboratorio de electrónica

RESULTADO

- 1.** Esta propuesta logra implementar un prototipo con instrumentación electrónica al alcance de pequeños productores de panela.
- 2.** Gracias a la visualización de temperatura el hornero logra determinar el momento indicado para depositar combustible lo que permite un ahorro energético.
- 3.** En los procesos fitosanitarios se evidencia que el melero tiene menos contacto físico con la materia prima, evitando riesgos y logrando un producto de mayor calidad.

Mejoras

Este proyecto es susceptible de varios cambios de mejoramiento del proceso, sería necesaria la implementación de sensores de medida para el PH (peachimetro) y grados Brix (brixometro), que son elementos esenciales para verificar la calidad de las mieles y evita que el operario sea subjetivo en el momento del dar punto a la panela, con lo cual se puede implementar un control completo del proceso.

También se le puede implementar la alimentación y extracción de la caña, al molino y al horno, de manera mecánica e integrada al control, para permitir que haya una automatización del proceso y un mayor tiempo de producción con una menor intervención de mano de obra al proceso.

BIBLIOGRAFIA

Enrique palacios, Fernando Remiro & Lucas J. López, (2006). Microcontrolador PIC16f84.

José Angulo Usategui, Ignacio Angulo Martinez & Susana Romero Yesa, (2003). Microcontroladores PIC16f87x Diseño practico de soluciones.

FUNACH-ASCAPAM, (2002).Resumen Primera Fase: Agronomía del Cultivo de la Caña Panelera, Capacitación en obtención de nuevos productos derivados de la caña y el manejo adecuado de la agroindustria panelera, municipio de Mocoa.

Héctor Iván Velásquez Arredondo, Farid Chejne Janna & Andrés Felipe Agudelo Santamaría, (2004). Diagnóstico energético de los procesos productivos de la panela en Colombia.

Observatorio Agrocadenas Colombia, (2006). Documento de trabajo No. 103.Una mirada global de su estructura y dinámica.

Tecnologías Agroindustriales

http://www.ecuarural.gov.ec/ecuagro/paginas/tec_agroind/panela.

FUNACH-ASCAPAM, (2002). Capacitación en obtención de nuevos productos derivados de la caña y el manejo adecuado de la agroindustria panelera, municipio de Mocoa.

FAO, (2004). Producción de panela como estrategia de diversificación en la generación de ingresos en áreas rurales de América Latina.

SILVIO ANDRÉS MOSQUERA, JORGE ELIÉCER CARRERA & HÉCTOR SAMUEL VILLADA, (2004), Variables que afectan la calidad de la panela Procesada en el departamento del cauca.

Centro regional de estudios económicos Bucaramanga, (2004). El cultivo de la caña panelera y la agroindustria Panelera en el departamento de Santander.

Pantalla de caracteres LCD, capitulo No. 7. www.roso-control.com

FedePanela, (2002). Guía ambiental para el subsector panelero.

Escuela Politécnica Superior de Alcoy, (2005). Proyecto PAEEES 04/993. U.P.V.

Gonzalo Rodríguez Borray & María Verónica Gottret, (2009). Correspondencia entre el desarrollo de tecnología para la Agroindustria de la panela¹ con el alivio de la pobreza y la Protección del ambiente y los recursos naturales: el caso De la hoyo del rio Suarez.

Juan Pablo Carvallo & René Vargas, (2003). Válvulas de Solenoide.

SILICA, (2003). Sensores acondicionadores y procesadores de señal.

<http://www.arian.cl>. Nota técnica. Cuando y en que aplicaciones usar una Termocuplas J, Termocuplas K ó Pt100.

Ramón Pallas Areny, (2003). Sensores y acondicionadores de señal.

Antonio Creus Solé, (1997). Instrumentación Industrial. (Edición 6)

GLOSARIO

PAILAS: Son fondos dispuestos en línea, donde se deposita los jugos que reciben el calor producido por la combustión del bagazo.

BAGAZO: Residuo de caña después de extraído su jugo.

BALSO: Planta utilizada para la limpieza de los jugos.

BRIX: Mide el total de sacarosa disuelta en un líquido.

CACHAZA: Son las impurezas que flota.

CUCHARONES: Utensilio que consiste en una gran cabeza cóncava en el extremo de un mango.

DECANTACIÓN: Método de separación de mezclas.

DESCACHASE: Extracción de la cachaza del jugo.

FITOSANITARIAS: Sustancias que se añaden a los cultivos agrícolas para tratar enfermedades de las plantas, modificar su fisiología, eliminar especies de plantas competidoras o parásitas o especies animales dañinas.

FLUCTUANTE: Pérdida del valor real.

GUARAPO: Miel de caña.

HORNILLA: Hueco para los respiradero lateral.

PH: Medida de acides.

TRAPICHES: Maquina utilizado a fin de extraer el jugo de caña.

ANEXO

Tabla de real de costos			
Materiales	Cantidad	Precio \$Unitario	Precio \$Total
Pt-100	4	120.000	480.000
Servo válvulas	4	600.000	2400.000
Cableado	150 metros	2.000	300.000
Parte electrónica		1´000.000	1´000000
Mano de obra		1´000.000	1´000.000
Total \$	5´180.000		

Tabla de costos prototipo			
Materiales	Cantidad	Precio \$Unitario	Precio \$total
Lm35	4	3.500	14.000
Electrovalvulas	4	8.000	32.000
Parte electrónica		80.000	60.000
Estructura física		90.000	90000
Total\$	196.000		

DEPRESIÓN DEL MERCADO PANALERO

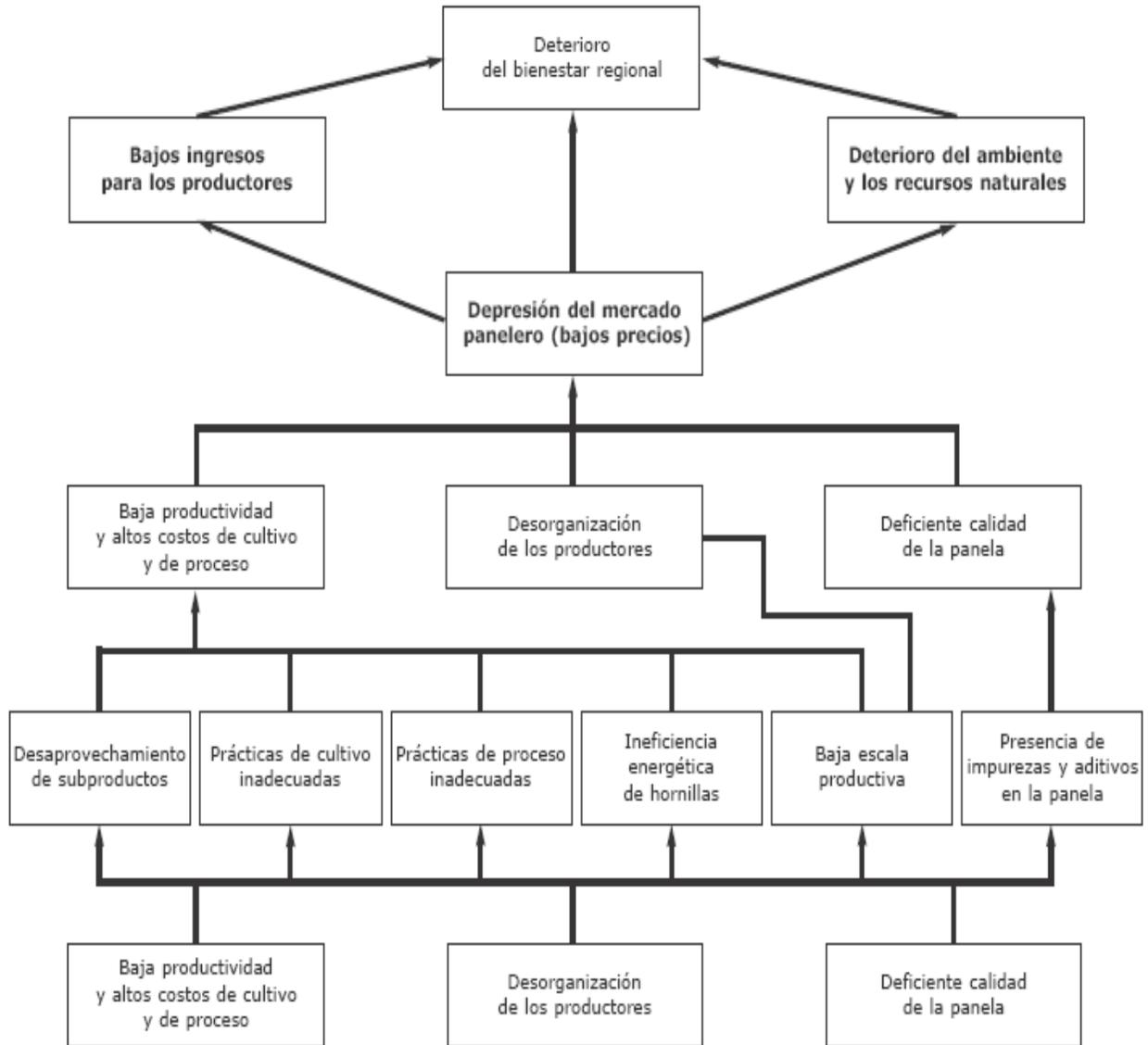
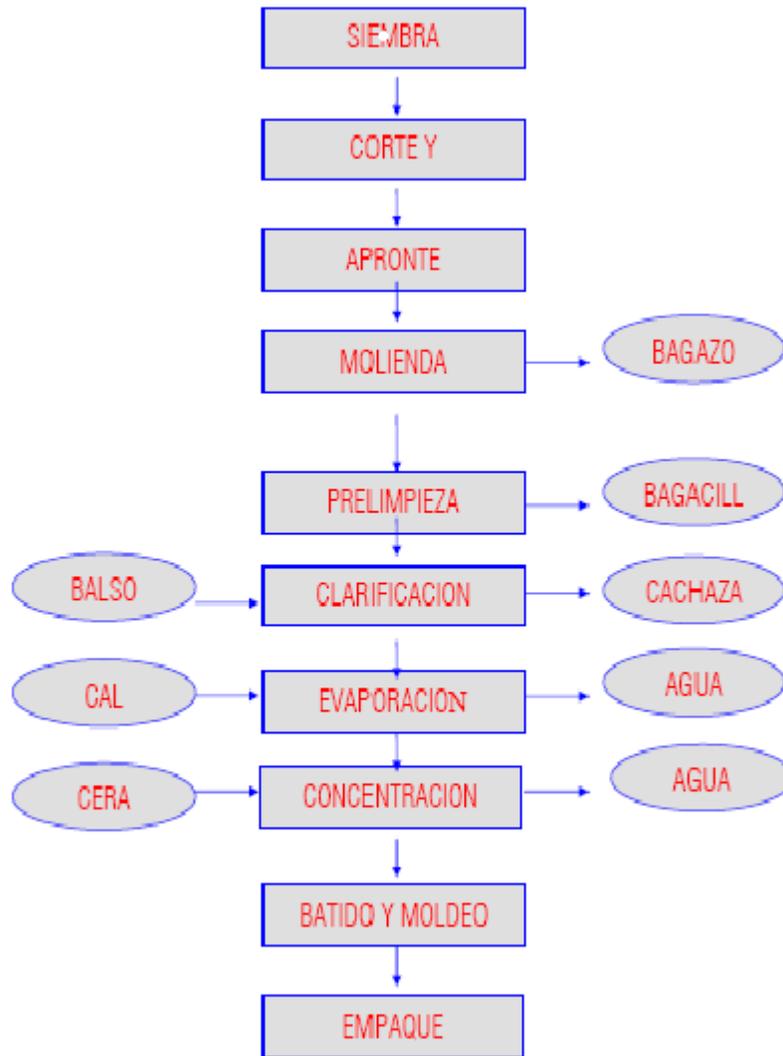


Diagrama de bloques producción de panela



MANUAL DE USO

- Set point: Visualiza y configura las alarmas.

Pulsando 1: ver datos

S.1= Fondo 1 S.2= Fondo 2
S.3= Fondo 3 S.4= Fondo 4

Para volver al menú principal pulse 4.

Pulsando 2: Programar temperatura

1Al= Fondo 1 2Al= Fondo 2
3Al= Fondo3 4Al= Fondo 4

Seleccionar fondo a programar:

1. Fondo 1
2. Fondo 2
3. Fondo 3
4. Fondo 4

Despues de seleccionar fondo:

1. Aumentar (+)
2. Disminuir (-)

Para volver al menú principal pulse 4.

- Alarma: indica alarmas activadas

Para volver al menú principal pulse 4.

- Ver: visualiza temperatura de los fondos.

T1: temperatura fondo 1

T2: temperatura fondo 2

T3: temperatura fondo 3

T4: temperatura fondo 4

Para volver al menú principal pulse 4.

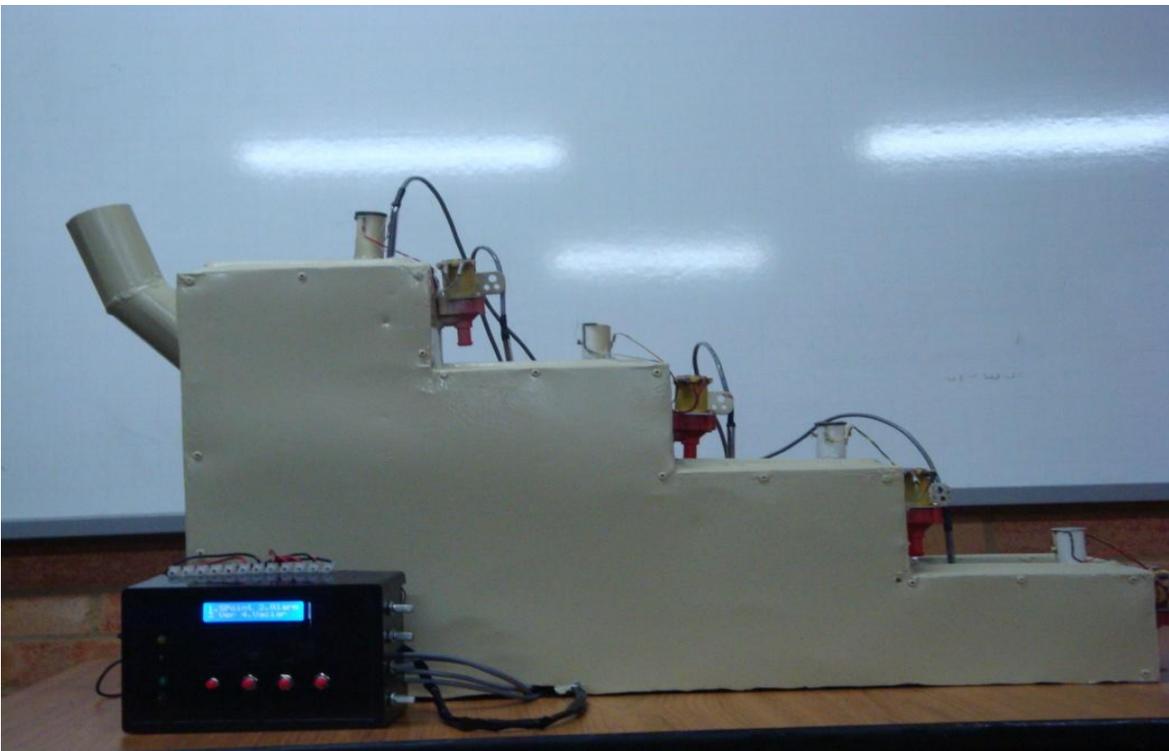
- Apertura: determina al accionamiento de las electroválvulas para el paso de los jugos.

1. Manual
2. Automatico

Para volver al menú principal pulse 4.



Construcción Prototipo



Prototipo propuesto.



Establecimiento productor de panela



Tablero de mando



Hornilla tradicional



Hornilla tipo SIMPA



Paso de jugos entre fondos



Bagazo de caña



Análisis de la temperatura en el horno

