



# SISTEMA ELECTRÓNICO PARA EL CONTROL DE LA CALIDAD DE LA PANELA EN EL PROCESO DE ELABORACIÓN A PARTIR DE LA RELACIÓN DE LA TEMPERATURA Y LA DENSIDAD PARA EL BENEFICIO DE NARIÑO

Cristian Camilo Figueroa Enríquez, Javier Alejandro Villota Ceballos

Institución Universitaria Cesmag  
San Juan de Pasto, Colombia

## Resumen

En los últimos años en Colombia se ha ido incrementando la producción de panela destacando el departamento de Nariño como una potencia a nivel de producción.

Por ello el siguiente trabajo presenta un sistema electrónico para el control de las variables que intervienen en el proceso de elaboración de la panela ya que en esta región se ha encontrado diversas falencias en la calidad del producto debido a que este proceso se realiza de una manera artesanal lo que genera una producción de baja calidad disminuyendo la comercialización del producto.

Este proyecto permite al sector panelero llevar un debido control de variables como temperatura y densidad del líquido de las calderas obteniendo valores óptimos de estas variables para mejorar la calidad del producto.

**Palabras clave:** electrónico; variables; panela; temperatura; densidad; calderas

## Abstract

*In the last years Colombia has been increasing production of panela, highlighting Nariño Department as a power to level of production. Therefore, the following article presents an electronic system to control the variables involved in the process of drafting the panela, because in this region has found several deficiencies in product quality*

*because this is done in an artisan way which done a low-quality and production deficiencies, thereby decreasing the marketing of the product.*

*This project enables the industry of panela carry a correct control of variables as temperature and fluid density boilers obtaining optimum values of these variables to improve product quality.*

**Keywords:** *mail; variables; panela; temperatura; density; boilers*

## 1. Introducción

Actualmente en el departamento de Nariño no se emplea ningún mecanismo de control en el proceso de elaboración de la panela ya que los productores de esta cadena lo siguen realizando de una manera artesanal, confirmando la calidad del producto de forma organoléptica (empleando los sentidos), también se observa que implementan la reutilización del bagazo, residuo de la caña tras el proceso de extracción de jugos, empleado como combustible en grandes cantidades para el calentamiento de cada caldera.

Por ello este proyecto tiene como objetivo realizar un control, implementando sensores que monitoreen la temperatura y densidad del líquido permitiéndole al productor tener una visualización del comportamiento de estas variables, analizando los rangos adecuados y obteniendo una relación entre el control de las variables y la calidad del producto. (1)

La alimentación de los hornos con bagazo sin procesar hace que se desperdicie esta materia orgánica y en la combustión se requiera de mayor tiempo para llegar a la etapa de temperatura de ignición y en consecuencia la temperatura de inflamación hace que oscile la energía térmica que puede afectar de forma brusca la temperatura en las calderas; por ello se implementa un sistema mecánico de dosificación, que una vez fragmentado el bagazo, lo distribuye de forma homogénea en la cámara de combustión, para que así la temperatura en la caldera se mantenga uniforme. (2)

## 2. Objetivo

Determinar la relación entre la temperatura, densidad del líquido de las calderas y la calidad de la panela en el proceso de elaboración.

### 2.1.1.1 Objetivos Específicos

- Diseñar un sistema de hardware y software para el control de las variables que intervienen en el proceso de elaboración.
- Construir un dispositivo electrónico adecuado para el control y el manejo de la temperatura y densidad.
- Realizar las respectivas pruebas para determinar la temperatura y densidad adecuadas para mejorar su calidad.

- Monitorear por medio de un software el comportamiento de las variables que intervienen en el proceso de elaboración de la panela

### 3. Metodología del proyecto

Este proyecto comenzó como una propuesta de un proyecto pedagógico disciplinar dirigido hacia las cadenas productivas de Nariño en el cual es necesario implementar dispositivos electrónicos como sensores y actuadores que ayuden a mejorar el proceso de elaboración de panela. A continuación se presenta cada una de las fases que conllevan a la implementación del proyecto.

#### a) Selección de sensores y actuadores

En esta sección se describe cada uno de los sensores que se implementaron para llevar a cabo dicho proyecto.

Para la medición y control de temperatura se selecciona el sensor PT-100, el cual actúa como resistencia variable ante cambios de temperatura en el medio. Este se introduce en el líquido del jugo de caña para así poder monitorear el comportamiento de la temperatura.

También se utiliza el sensor ACS714 para la medición de la corriente generada por un motor, que cuenta con unas aspas inmersas en el jugo, de este modo se monitorea de forma indirecta la densidad, encontrándose que a mayor densidad mayor corriente requiere el motor para su funcionamiento.

RESISTENCIA OHMIOS	VOLTAJE(V)	TEMPERATURA (°C)
100	3.66	0
107.8	3.73	20
115.5	3.79	40
123.2	3.85	60
130.9	3.9	80
138.5	3.95	100
146	4	120

Tabla 1: sensor pt-100



Fuente: datasheet sensor pt-100 (3) Fuente: datasheet sensor acs714 (4)

Voltaje(mV)	Base10	Corriente (A)
3500	717	5
2500	512	0
1500	307	-5

Tabla 2: sensor Acs714



Estos sensores se acoplan a un microcontrolador de 8 bits, fabricado por Microchip, utilizando uno de sus circuitos integrados programables, el PIC16F877, el cual permite capturar datos, procesarlos y evaluarlos para generar mensajes a los usuarios por medio de leds y una pantalla LCD alfanumérica que indica el estado de las calderas y las señales de control al dosificador de bagazo.

### Prototipo del sistema

Este prototipo está compuesto por modelo de las calderas, un sistema de sensores y un dosificador.

Se diseñó un prototipo tamaño escala de las calderas que se implementaron para la realización de este proyecto para verificar el correcto funcionamiento a nivel de hardware y firmware.



Fuente: prototipo de calderas

En la siguiente imagen se indica el prototipo del sistema de sensores que se empleó para la realización del control de las variables que intervienen en este proceso.



Fuente: sistema de sensores

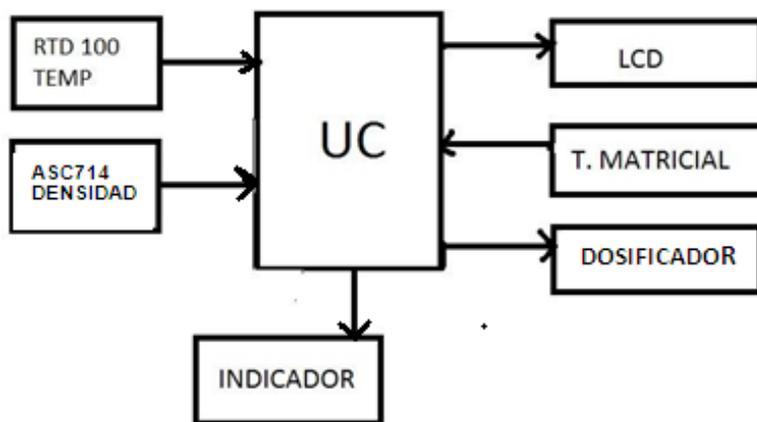
Esta imagen muestra el molino empleado para la distribución de bagazo hacia las hornillas, el cual se compone de



Fuente: prototipo de molino de bagazo

### b) Resultados

En el siguiente diagrama de bloques se presenta diseño de funcionamiento del proyecto y las partes como está compuesto determinando sus entradas y salidas.



Se realizaron pruebas de temperatura en un trapiche del municipio de Sandona en el departamento de Nariño en cual se obtuvieron resultados como se muestran en las siguientes tablas donde se determinó que la información del líquido 1 presenta la temperatura en la cual la panela es de mejor calidad.

LIQUIDO 1	
# DE CALDERA	TEMPERATURA °C
1	96
2	98
3	105
4	115
5	121

Tabla 3: Resultados caldera 1

LIQUIDO 2	
# DE CALDERA	TEMPERATURA °C
1	94
2	97
3	104
4	110
5	119

Tabla 4: Resultados caldera 2

LIQUIDO 3	
# DE CALDERA	TEMPERATURA °C
1	93
2	96
3	104
4	109
5	115

Tabla 5: Resultados caldera 3

En la siguiente imagen se presenta el resultado final de una panela sin el estudio y una panela con el sistema electrónico en donde el producto del lado derecho serían los del líquido 1 que fueron de mejor calidad.



Fuente: Producto terminado, panela del lado derecho mejor calidad

#### 4. Conclusiones

- Con el desarrollo del proyecto se reduce el tiempo que toma el bagazo para llegar a la temperatura de ignición.
- La cámara de combustión una vez es alimentada mantiene su energía térmica, ya que al ser controlada se reducen las pérdidas de calor.
- Un método alterno para la medición de la densidad consiste en medir la corriente consumida por un motor para mantenerse en funcionamiento.
- La temperatura ideal en las calderas es desde los 90 hasta los 121°C
- La temperatura influye demasiado en la calidad de la panela ya que si se extrae el líquido de las calderas antes de tiempo o después hay variación en la temperatura y la calidad es baja.

#### 5. Recomendaciones

- La automatización en el paso del líquido de caldera a caldera haciendo una mejor rentabilidad en tiempo y desarrollo mejoraría la producción y esta cadena productiva.

## 6. Referencias

### Libros

- Carlosama, Paola. Diseño del plan y documentación para la implementación de buenas prácticas de manufacturas para la elaboración de panela granulada para las unidades productivas paneleras de la copropap de pacto. disponible en internet: [https://books.google.com.co/books?id=G5QzAQAAMAAJ&pg=PA8&dq=La+concentraci%C3%B3n+es+la+etapa+mas+cr%C3%ADtica+desde+el+punto+d+e+vista+del+%E2%80%9Dgrano%E2%80%9D+de+la+panela,+pues+al+registrars+e+all%C3%AD+las+mayores+temperaturas+del+proceso&hl=en&sa=X&ei=3Zb\\_VIIPDsGAno3wgtgC&redir\\_esc=y#v=onepage&q&f=false.5](https://books.google.com.co/books?id=G5QzAQAAMAAJ&pg=PA8&dq=La+concentraci%C3%B3n+es+la+etapa+mas+cr%C3%ADtica+desde+el+punto+d+e+vista+del+%E2%80%9Dgrano%E2%80%9D+de+la+panela,+pues+al+registrars+e+all%C3%AD+las+mayores+temperaturas+del+proceso&hl=en&sa=X&ei=3Zb_VIIPDsGAno3wgtgC&redir_esc=y#v=onepage&q&f=false.5).

### Revistas

- AGÜERO, Armando. Et al. Poder calorífico del bagazo de la caña de azúcar (En Línea); Tucumán: 2007 (Consultado el 20 de abril del 2013) disponible en internet: <http://www.herrera.unt.edu.ar/revistacet/anteriores/nro24/pdf/n24ext02.pdf>. (2).

### Webgrafía

- GARCÉS, Rosa. Estudio del poder calorífico de bagazo de caña de azúcar en la industria azucarera de la zona de Risaralda. (En línea); Risaralda: 2009; (Citado el 22 de Abril de 2013). disponible en: <http://repositorio.utp.edu.co/dspace/bitstream/11059/825/1/66288G215ep.pdf>. (1).
- [http://i01.i.aliimg.com/photo/v0/109561799/pt100\\_sensor\\_RTD\\_sensor\\_thread\\_sensor.jpg](http://i01.i.aliimg.com/photo/v0/109561799/pt100_sensor_RTD_sensor_thread_sensor.jpg) (3).
- <http://www.electan.com/images/0J1311.600.jpg>. (4).

### Sobre los autores

- **Cristian Camilo Figueroa Enríquez.** Estudiante de ingeniería electrónica e integrante de semilleros de investigación, [cristianfge@hotmail.com](mailto:cristianfge@hotmail.com)
- **Javier Alejandro Villota Ceballos.** Estudiante de ingeniería electrónica e integrante de semilleros de investigación, [alejo-villota16@hotmail.com](mailto:alejo-villota16@hotmail.com)

---

Los puntos de vista expresados en este artículo no reflejan necesariamente la opinión de la Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería.

Copyright © 2015 Asociación Colombiana de Facultades de Ingeniería (ACOFI)