

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN DETERMINADOR DE HUMEDAD EN LÍNEA, EN EL PROCESO DE DESHIDRATACIÓN DE UN PRODUCTO

DESIGN AND CONSTRUCTION OF A ONLINE MOISTURE MEASURER IN PRODUCT DEHYDRATION PROCESS

Luís Cárdenas Lucero, Fredy Borjas Zúñiga**,
Edy Barnett Mendoza***, Rafael Figueroa Lezama****
Escuela Profesional de Ingeniería*

Recibido: 22 de setiembre de 2011

Aceptado: 02 de octubre de 2011

RESUMEN

Este proyecto se enmarca en la problemática que presentan las PYMES deshidratadoras hortofrutícolas, referido a la dificultad para determinar la humedad final del producto deshidratado, situación que dificulta el proceso y no permite garantizar la estabilidad microbiológica del producto. La situación expuesta, motivó la realización de investigación aplicada para desarrollar un módulo de «medición en línea» de pérdida de peso del producto durante el proceso de deshidratación, y a través de este dato calcular y/o programar la «humedad final» del producto. Este módulo de control automatizado fue diseñado, construido y validado su funcionamiento, procediéndose luego a su incorporación en el «Deshidratador de Cabina Automatizada» que viene operando en el área de procesos de la Escuela de Ingeniería Industrial de la USMP. Esta innovación tecnológica permite que el operador del deshidratador pueda programar además de las variables (temperatura, humedad relativa al interior de la cámara, programación del secado por fases), la «humedad final» del producto.

Palabras clave: Control de humedad en línea, deshidratación, procesos.

ABSTRACT

This project is about problematic faced by SMEs involved in the dehydration of horticultural products to determine the moisture level, a situation that means difficulties to the entire process and does not guarantee the microbiological stability of the product. This problem has motivated the applied research effort in order to develop a module production line measurement module for product weight loss during the process of dehydration and, with this data, to calculate and program final moisture level of a product. This automated control module has been designed, built and validated its operation, then, It´s proceeded to the incorporation «Automated Cabin Dehydrator», which has been operating in the processing area of Industrial Engineering School at USMP. This technological innovation allows to operator of dehydrator can schedule other variables (such as temperature, relative humidity inside the camera, programming of drying in staged), the final moisture level or humidity of the product.

Key words: Online Moisture Control, Dehydration, Processes

1. ANTECEDENTES

La Escuela de Ingeniería Industrial de la USMP en el marco de proyección a la comunidad desarrolló el proyecto «Deshidratadora de Cabina Horizontal Automatizada» donde básicamente se realiza el «*control de las variables*» del proceso de deshidratación tales como la temperatura, tiempos, humedad relativa al interior de la cámara; así como las fases de secado en función de las variables de control (temperatura y tiempo). El prototipo diseñado y construido cumplió su objetivo de apoyo a la cadena productiva de frutas y hortalizas, tendientes a la generación de una oferta organizada de productos deshidratados, género aun incipiente en nuestro país.

El prototipo desarrollado fue patentado y se encuentra actualmente en funcionamiento en el taller de la Escuela de Ingeniería Industrial de la USMP, en apoyo a pequeñas y medianas empresas agroindustriales como parte de su programa de transferencia tecnológica. Este prototipo se constituye en el Deshidratador con mayor nivel tecnológico desarrollado en nuestro país.

En el marco de la mejora continua del prototipo, se planteó llevar a cabo una reingeniería en la automatización del Deshidratador, con la finalidad de mejorar el control del proceso de deshidratación, ya que existe un problema para las PYMES deshidratadoras que se puede resumir en lo siguiente: el control de la humedad final del producto deshidratado.

Este control de la variable de «humedad final» del producto, que es la variable mas importante no estaba considerada, teniendo que remitir «muestras» durante el proceso al laboratorio para la determinación de la humedad final; el cual demora y afecta el proceso de deshidratación y finalmente hace que la humedad final solicitada por los clientes o establecidos para dar estabilidad al producto, no se cumpla.

Como primera etapa de la mejora de este proyecto se pretende dotar al equipo deshidratador ya automatizado de un modulo de control de pérdida de peso del producto durante el proceso de deshidratación; y a través de este dato del peso, calcular la perdida de agua y la humedad del producto en todo momento.

PROBLEMÁTICA

Se plantea como una necesidad llevar a cabo una mejora del funcionamiento del prototipo «Deshidratador de Cabina Automatizado», dado que en su versión inicial este cuenta con sistemas de control de la variables temperatura, humedad relativa al interior de la cámara; así como la programación del proceso de deshidratación por etapas. Sin embargo persiste el problema para las PYMES deshidratadoras que buscan determinar la humedad final del producto, conforme a las especificaciones del cliente así como de su estabilidad desde el punto de vista microbiológico.

La situación expuesta, motivó al equipo de investigación de la Escuela de Ingeniería Industrial a plantear el desarrollo de una investigación que permita la medición en línea de la humedad del producto en el proceso de deshidratación; mecanismo que será incorporado al deshidratador, de manera que el operador de la planta pueda programar además de las otras variables (temperatura, humedad relativa al interior de la cámara, programación del secado por fases) la «*humedad final*» del producto.

Es conveniente resaltar que no existen antecedentes en el país de la fabricación de equipos de deshidratación con las características de funcionamiento desarrollados en esta investigación

2. OBJETIVOS

PRINCIPAL

Diseño, construcción e incorporación al «Deshidratador de Cabina Automatizada» de un mecanismo de medición en línea de la humedad de un producto en el proceso de deshidratación.

ESPECIFICOS

- Evaluación técnica de modelos de balanzas respecto a mecanismos de información.
- Implementación de un sistema de comunicación serial en una balanza comercial (sin comunicación) para desarrollo y aplicaciones en línea.
- Evaluación técnica de la balanza modificada.
- Adecuación del «Deshidratador de Cabina Horizontal Automatizada» para que permita captar y procesar la información de la balanza modificada.
- Instalación y funcionamiento del modulo de medición en Línea de la humedad del producto en el equipo automatizado.
- Evaluación del funcionamiento del «Deshidratador de Cabina Horizontal Automatizada» con el determinador de humedad en línea incorporado.

3. MARCO TEORICO

La Electrónica Industrial ha alcanzado un lugar importante en la tecnología moderna. Adecuadamente aplicados, los controles electrónicos aumentan la precisión, exactitud y velocidad de los procesos de manufactura, reducen los costos de producción, simplifican la mano de obra y mejoran la calidad y cantidad de los productos terminados.

La aplicación de la electrónica en la industria es un factor clave para el éxito de cualquier compañía manufacturera. Actualmente, es inimaginable, e inconcebible, la existencia de una industria moderna sin la participación de la electrónica.

Los Sistemas de Control Automáticos desempeñan un papel fundamental en los procesos industriales modernos y han sido, desde la revolución industrial, un factor decisivo en los grandes avances científicos y tecnológicos de la humanidad.

El Deshidratado es un proceso en el que el agua se elimina para detener o aminorar el crecimiento de microorganismos perjudiciales, así como de ciertas reacciones químicas. Además de la conservación, el Deshidratado, que convierte el alimento crudo en un sólido seco, se utiliza para reducir el costo o dificultad en embalaje, manejo, almacenamiento y transporte, pues el Deshidratado reduce el peso y volumen.

El uso del parámetro peso, nos permitirá programar la humedad final del producto, esto no es posible realizarlo con los parámetros Tiempo, Humedad Relativa, Temperatura. Por tanto este parámetro (peso), que se constituye en la principal variable de proceso, estará monitoreado constantemente por una balanza de precisión que nos entregará en línea el peso y por lo tanto la pérdida de agua del producto.

El contenido total de humedad se puede determinar mediante un método gravimétrico. Suponiendo que solo el agua sale de la muestra, el porcentaje de humedad puede evaluarse por secado de una muestra pesada previamente hasta que su peso permanezca constante. Ver figura 1.

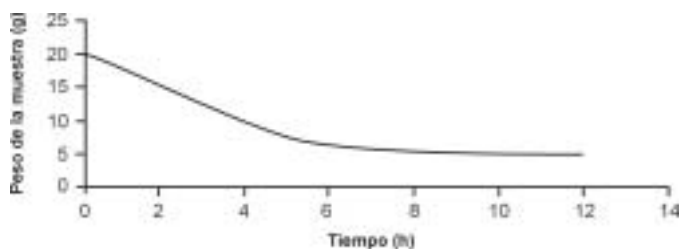


Figura 1. Pérdida de humedad del producto durante proceso de deshidratación

En el caso de alimentos, debe tenerse especialmente cuidado en prevenir el endurecimiento o descomposición de la muestra, por ejemplo iniciar con una temperatura muy alta el proceso de Deshidratación, ya que los resultados pueden ser afectados.

En los procesos de Deshidratado, los datos suelen expresarse como la variación que experimenta el peso del producto que sé esta Deshidratando con el tiempo. Aunque a veces, los datos de Deshidratado pueden expresarse en términos de velocidad del Deshidratado.

El contenido en Humedad del producto se define como la relación entre el peso de la cantidad de agua en el alimento y el peso del producto, y se expresa como:

$$\mathbf{HF (\%)} = [(\mathbf{WP} - \mathbf{WS}) / \mathbf{WP}] \times \mathbf{100}$$

HF : Humedad expresada como Peso del Agua / Peso del Producto

WS: Peso del sólido seco.

WP: Peso del Producto en un tiempo determinado.

El Microcontrolador es quizás el componente electrónico más versátil que existe, sus aplicaciones estas limitada solo por la imaginación y obviamente la Automatización Industrial no se podía quedar fuera de esta tecnología.

Del Microcontrolador se aprovechan todas sus propiedades y módulos internos tales como conversores A/D, puertos seriales y paralelos, temporizadores, módulos PWM, interrupciones, etc.

Con esta tecnología se pueden realizar desarrollos de Automatización, Instrumentación y control sin acudir a dispositivos comerciales costosos, la cual es una solución bastante interesante y económica ya que se pueden obtener resultados de muy buena calidad y con alto grado de precisión. Al respecto se usó microcontroladores en la la Automatización del Deshidratador de Cabina, basado en el Microcontrolador PIC16F877A de la empresa MICROCHIP y también se utilizó en la modificación de la balanza.

En la Tabla N° 1 se presenta el contenido de agua en porcentaje de las principales frutas con valor comercial.

Tabla N° 1

FRUTA	CONTENIDO DE AGUA
Albaricoque o Damasco	87.6 %
Cereza	83.7 %
Ciruela	86.3 %
Chirimoya	76.9 %
Durazno o Melocotón	89.0 %
Frambuesa	84.5 %
Frutilla o Fresa	89.6 %
Granada	79.1 %
Kiwi	72.2 %
Limón	98.4 %
Mandarina	88.3 %
Mango	82.0 %
Manzana	85.7 %
Melón	92.4 %
Naranja	88.6 %
Nectarina o Pelón	86.3 %
Papaya	87.9 %
Pera	86.7 %
Piña	86.5 %
Plátano o Banana	75.1 %
Sandía	94.6 %
Uva	81.1 %

Fuente: Tablas Peruanas de Composición de Alimentos, MINSA, INS, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, 1996.

En la Tabla N° 2 se presenta el contenido de agua en porcentaje de las principales Hortalizas.

Tabla N° 2

HORTALIZAS	CONTENIDO DE AGUA
Zanahoria	88.7 %
Tomate	92.4 %
Pepino	96.7 %
Cebolla	88.6 %
Espárrago	94.7 %
Zapallo o Calabaza	91.0 %
Zapallito o Calabacín	93.0 %
Acelga	87.5 %
Berenjena	93.0 %
Chaucha o Judía verde	89.6 %
Pimiento o Morrón	94.0 %

Fuente: Tablas Peruanas de Composición de Alimentos, MINSA, INS, Centro Nacional de Alimentación y Nutrición, 1996.

4. METODOLOGIA

La presente investigación se basa en una metodología propia pero basada en los criterios de la investigación científica. Las actividades se inician con la programación de visitas y entrevistas con profesionales y/o técnicos de empresas deshidratadoras, quienes coincidían en la necesidad de tener control en el contenido final de la humedad del producto deshidratado a través de un mecanismo automatizado integrado al equipo deshidratador, con lo cual se evitaría manipular el producto durante el proceso de deshidratación, trasladando la muestra a un laboratorio para la medición de la humedad, incurriendo de esta manera en costos adicionales.

El equipo de investigación evaluó diversas alternativas de solución afín de dar solución a este problema. Al respecto, se escogió la alternativa de control de la pérdida de peso durante el proceso de deshidratación, por su relación directa con la humedad del producto así como por su viabilidad técnica y económica.

Posteriormente se procedió a la identificación y contacto con proveedores de balanzas sobre su disponibilidad, costos y nivel tecnológico. De la evaluación realizada se concluyó que no existía disponibilidad en el mercado nacional de un modelo de balanza que tuviera la opción de comunicación serial, el cual nos permita tener información en línea de la pérdida de peso del producto durante el proceso de deshidratación. Cabe mencionar que se verificó la existencia de balanzas seriales, pero que eran desproporcionadas en tamaño y muy costosas.

Teniendo en cuenta la limitación expuesta, se planteó como reto para el logro del objetivo del proyecto, el diseño y desarrollo de una tarjeta electrónica que cuente con la función de comunicación serial, posible de ser incorporada en una balanza normal (comercial), lo cual permitiría disminuir costos en el diseño y construcción del determinador en línea de humedad, planteado en la investigación.

Para este fin se adquirió una balanza comercial sin comunicación serial a fin de estudiar su funcionamiento, procediéndose a su despiece, levantamiento de planos y partes, evaluación de la posibilidad de modificación con la finalidad de adecuar ésta balanza para que permita obtener la comunicación

serial. Al respecto podemos indicar que el objetivo propuesto fue alcanzado en base a la incorporación de una tarjeta electrónica desarrollada para tal fin.

En base al resultado obtenido, se procedió a acondicionar la tarjeta electrónica del deshidratador de cabina automatizado, para que pueda recibir la información del peso entregado por la balanza modificada; siendo necesario para este fin que las fórmulas de determinación de humedad de producto y otras variables se incorporen a través de un programa en el Microcontrolador del Deshidratador.

Realizado el acondicionamiento del deshidratador, se llevó a cabo el proceso de instalación de la balanza modificada, procediéndose a evaluar y verificar la comunicación entre ambas partes, obteniéndose resultados satisfactorios.

Verificado el funcionamiento del modulo de control de peso en línea (instalado en el deshidratador) se llevaron a cabo pruebas de funcionamiento, para lo cual se realizo la deshidratación de manzana, corrigiéndose y ajustándose los parámetros de funcionamiento del sistema de control.

5. RESULTADOS

5.1. Evaluación técnica de modelos de balanza

Para esta etapa se contactó con proveedores de balanzas digitales de diferentes modelos y marcas con la finalidad de que nos brinden las especificaciones técnicas de sus productos afin de evaluar el mecanismo de funcionamiento así como la existencia de comunicación serial. Luego de la evaluación de los planos se estableció que las balanzas analizadas carecían de esta propiedad. Asimismo se identificó la existencia de marcas de balanzas que presentan comunicación serial pero que son de alta capacidad de peso (mayor a los 150 Kg) y de elevado costo.

Teniendo en cuenta lo expuesto, y dado la disponibilidad de recursos se tomó la decisión de adquirir la balanza PCE sin comunicación serial, la que se muestra en la figura N° 3 adjunta, con la finalidad de proceder a su evaluación y viabilidad de acceder a comunicación serial.



Figura 2. Balanza sin comunicación serial PCE

5.2. Acondicionamiento de la balanza

El equipo de investigación procedió a la caracterización técnica de la balanza comercial adquirida.

CARACTERISTICAS TECNICAS DE LA BALANZA NORMAL ADQUIRIDA:

Marca: Smartweigt

Modelo: aus-3t

Características técnicas:

Peso máximo: 3 kilos

Resolución: 0.5 gr

Peso mínimo: 10 gr

Posee la opción de tara Si

Fuente de alimentación: AC y DC (Baterías)

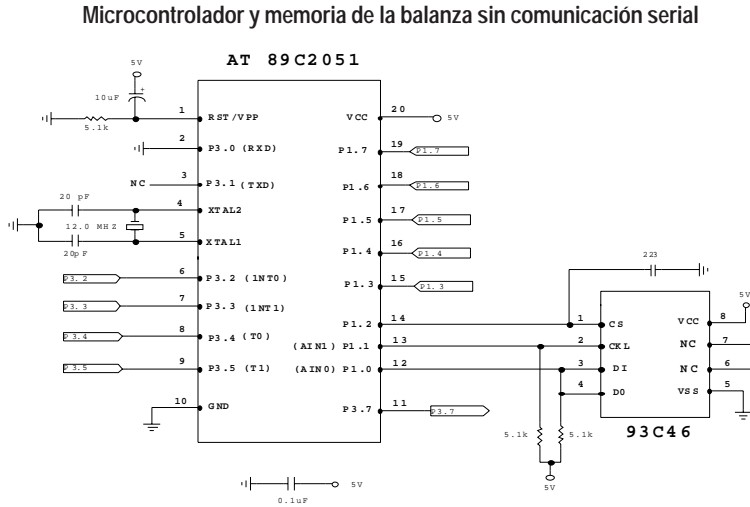
Luz azul de fondo: Azul

No posee comunicación serial

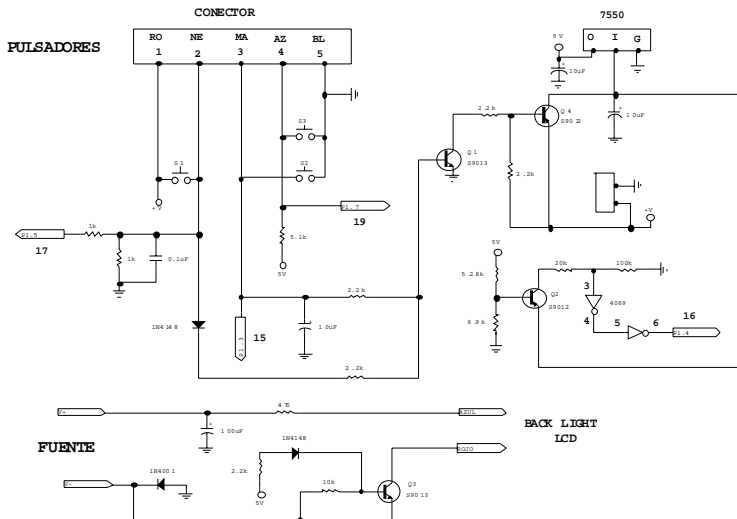
Teniendo en cuenta el objetivo del proyecto y considerando la necesidad de posibilitar el acceso de las pequeñas PYMES agroindustriales a esta innovación tecnológica, como primera etapa del proyecto se consideró desarrollar alternativa técnica para dotar de comunicación serial a una balanza comercial. Teniendo en cuenta que para lograr este objetivo era imprescindible conocer detalles del funcionamiento de la balanza digital comercial, se tuvo que proceder a su despiece de manera de poder evaluar detalles de su funcionamiento.

Realizada la operación de despiece se estudió el funcionamiento de la balanza lográndose elaborar los planos electrónicos, mismos que se presentan en la figura 3.

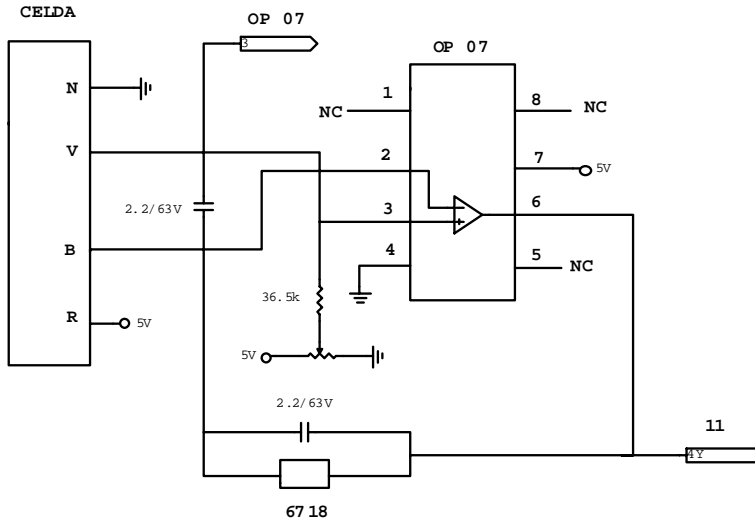
Figura 3. Planos electrónicos de la balanza sin comunicación serial



Pulsadores de configuración de balanza sin comunicación serial



Sensor de peso y acondicionamiento de señal de la balanza sin comunicación serial



Evaluados los planos se verifico que la balanza carecía de comunicación serial lo cual hace imposible obtener información en línea del peso de un producto durante el proceso de deshidratación, no permitiendo proveer de información al sistema de control principal del deshidratador.

El proceso de integrar la comunicación entre la balanza y el deshidratador comprendió las siguientes etapas:

Desmontaje de la balanza adquirida con la finalidad de levantar los planos (ingeniería inversa). Este levantamiento de los planos electrónicos de la balanza se realizó con la finalidad de analizarlos y poder plantear la forma de obtener la información del peso.

Inicialmente se planteó recabar la información de la presentación de los displays, pero no se tuvo resultados satisfactorios, por lo cual se aplicó la alternativa de analizar la conversión analoga digital registrada por el sensor de peso, resultado no satisfactorio para los objetivos del proyecto, dado que al estudiar los manuales del Microcontrolador que utiliza el circuito de la balanza, se observó que no posee ésta característica.

La tercera alternativa consistió en hacer uso de un osciloscopio digital al final del acondicionamiento de la señal de la celda de carga (sensor de peso), alternativa que dio un resultado satisfactorio, debido a que el circuito acondicionador nos entrega un pulso de voltaje proporcional al peso medido.

Obtenida ésta información, el siguiente paso fue la de medir los tiempos de los pulsos, información que fue registrada procediéndose a su tabulación, los que tuvieron un comportamiento lineal tanto en los pesos bajos (hasta 500 gr) y en los altos (hasta 3.0 Kg) con diferente pendiente.

Para llevar a cabo esta fase se contó con la ayuda de un «entrenador de Microcontroladores PIC» (tarjeta de pruebas) el que contiene un display lcd, un Microcontrolador y la herramienta de desarrollo ICD2 depurador para los Microcontroladores PIC, lo que permitió recabar datos de tiempo y de peso con resolución de un gramo.

Para la elaboración de la tarjeta final a instalar en la balanza, se diseñó el circuito y software haciendo uso de un Microcontrolador PIC, realizando las siguientes tareas: medir los pulsos y con la transformación encontrada, medir el peso. Esta información de peso se transmitirá vía comunicación serial RS232 característica del Microcontrolador PIC al deshidratador.

La información enviada por la balanza es la del **peso destarado**, es decir se resta el peso de la canastilla y la barrilla. Por lo tanto el sistema podrá determinar la finalización del proceso en función al contenido final de humedad del producto deshidratado, que es el objetivo planteado en el desarrollo de la presente investigación.

Es importante indicar que la innovación tecnológica de dotar de comunicación serial a una balanza comercial permitirá un ahorro significativo en el costo del equipo determinador en línea de humedad en el proceso de deshidratación.

PLANO ESQUEMATICO DE LA TARJETA INCORPORADA EN LA BALANZA

En el plano (Figura 4) se puede notar el ingreso de la información por parte de la balanza, se procesa esta información a través del Microcontrolador y luego transmitir esta información vía serial a la tarjeta principal del deshidratador.

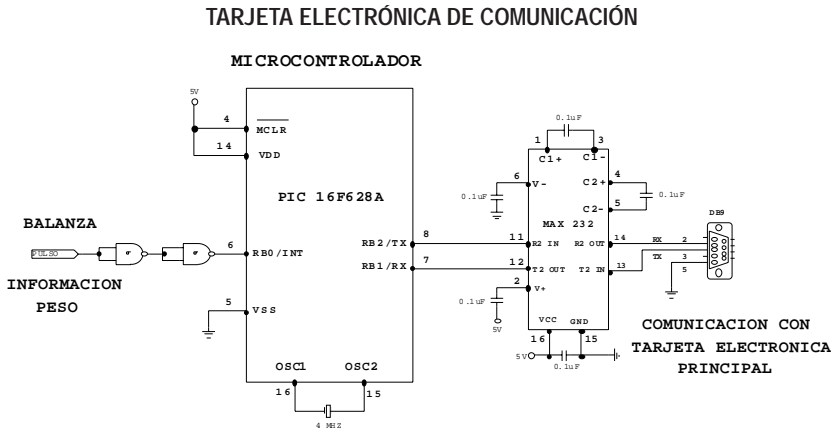


Figura 4. Tarjeta desarrollada e incorporada en la balanza para obtener comunicación serial

La balanza comercial BPE adquirida para el proyecto, finalmente fue modificada y acondicionada, de manera que pueda registrar en línea la pérdida de peso del producto durante el proceso de deshidratación, lo que hace posible determinar en línea la humedad del producto en el proceso de deshidratación.



Figura 5. Balanza modificada con comunicación serial para medir el peso en línea.

5.3. Evaluación de la balanza modificada

Se procedió a evaluar el funcionamiento de la balanza modificada y acondicionada, el cual muestra un adecuado funcionamiento. La balanza cuenta con la precisión de +/- 0.5 gr.

Esta balanza modificada se interrelaciona con el equipo Deshidratador mediante la comunicación serial a través del protocolo RS232; lo que permite conocer la pérdida de peso del producto destarado en todo momento (la balanza una vez encendida procede al destare del peso de la canastilla y de la varilla en forma automática).

Encendida la balanza, se realiza la carga del producto a deshidratar en la canastilla (supongamos 100 gramos) considerándose a este como el peso inicial para los cálculos que realiza el deshidratador, para «determinar en línea» la humedad del producto.

5.4. Adecuación del deshidratador

Para diseñar el software tanto de la balanza como del deshidratador, se utilizaron los instrumentos de desarrollo: como el grabador de Microcontroladores PIC STAR PLUS de la empresa MICROCHIP así como el depurador ICD2 que a continuación se muestra en las Figuras 6 y 7.



Figura 6. PIC START PLUS (Grabador de microcontroladores PICS de MICROCHIPS)



Figura 7. Simulador en tiempo real ICD2

Con la finalidad que tome en cuenta la información entregada por la balanza modificada del peso destarado, se modificó el programa del Deshidratador. Al respecto la balanza se alimenta por el cable de comunicación serial que une a la balanza con el Deshidratador. Este objetivo de adecuar la tarjeta del Deshidratador fue logrado, y a continuación se explica los pasos seguidos.

Con la finalidad de acondicionar y elaborar el programa para verificar el funcionamiento de la balanza modificada, que formara parte de la medición de peso en línea, se llevaron a cabo cálculos matemáticos (que se presentan a continuación) y que serán programados en la tarjeta electrónica del Deshidratador.

Definiciones de cálculo:

Wi : Peso inicial

Ws: Peso del sólido

Wai: Peso del agua inicial

Wn: Peso del producto en un instante «n»

Wan: Peso del agua en un instante «n»

Pi: Porcentaje inicial

Pf: Porcentaje final

Pn: Porcentaje en un instante «n»

Datos:

Wi : Peso inicial

Pi: Porcentaje inicial

Pf: Porcentaje final

CÁLCULO DEL PESO SÓLIDO (Ws):

$$Wi = Ws + Wai \dots\dots\dots (1)$$

$$Pi = (Wai / Wi) * 100 \dots\dots\dots (2)$$

De (1) :

$$W_s = W_i - W_{ai} \dots\dots\dots (3)$$

De (2) :

$$W_{ai} = (P_i * W_i) / 100 \dots\dots\dots (4)$$

Reemplazando (4) en (3):

$$W_s = W_i - W_{ai} = W_i - (P_i * W_i) / 100$$

$$W_s = W_i * (1 - P_i/100) \dots\dots\dots (5)$$

El peso del producto sólido lo consideramos constante

$$W_s = W_i * (1 - P_i/100) \dots\dots\dots (5)$$

CÁLCULO DEL PORCENTAJE DE HUMEDAD EN UN INSTANTE «n» (Pn)

Datos:

Wan: Peso del agua en un instante «n»

Wn: Peso del producto en un instante «n» **(Peso medido por la balanza)**

Ws: Peso sólido **(Peso calculado)**

Ecuaciones:

$$P_n = (W_{an} / W_n) * 100 \dots\dots\dots (6)$$

$$W_n = W_s + W_{an} \dots\dots\dots (7)$$

$$\text{De (7) : } W_{an} = W_n - W_s \dots\dots\dots (8)$$

Reemplazando (8) en (6) :

$$P_n = ((W_n - W_s) / W_n) * 100$$

$$P_n = (1 - (W_s / W_n)) * 100 \dots\dots (9)$$

Donde:

$$W_s = W_i * (1 - P_i/100) \dots\dots\dots (5)$$

Las ecuaciones (5) y (9) están implementadas en el Software:

$$W_s = W_i * (1 - P_i/100) \dots\dots\dots (5)$$

$$P_n = (1 - (W_s / W_n)) * 100 \dots\dots (9)$$

Si la opción de control por peso esta habilitado se harán estos cálculos y también se hará la siguiente comparación:

P_n : Porcentaje en un instante «n»

P_f : Porcentaje Final (Parámetro programado)

P_n mayor P_f : Continúa Proceso de Deshidratado

P_n menor o igual P_f: Fin de proceso de Deshidratado

Procedimiento para el desarrollo y simulación de la tarjeta electrónica del control del deshidratador:

Con las herramientas mostradas se logró hacer la simulación en tiempo real utilizando la computadora como se muestra en las fotos (Figura 8 y 9), lo cual consistió en programar y verificar las fórmulas matemáticas introducidas en la tarjeta del deshidratador.



Figura 8. Simulación de intercambio de comunicación entre la balanza modificada y el deshidratador, en tiempo real.



Figura 9. Simulación en tiempo real del mecanismo de control de peso.

5.5. Instalación y funcionamiento del módulo de medición en línea del peso del producto a deshidratar

Luego con el programa modificado y la tarjeta calibrada es decir software y hardware se paso al siguiente paso que es la del montaje en la maquina deshidratadora como se muestra en la foto (Figura 10).



Figura 10. Montaje de la tarjeta electrónica en el deshidratador

En la Figura 11 se puede observar la conexión de la balanza a través de terminal serial DB9.



Figura 11. Montaje de la tarjeta electrónica en el deshidratador.

5.6. Instalación y funcionamiento del módulo

Alternativa tecnológica seleccionada:

La alternativa tecnológica seleccionada afín de lograr monitorear y controlar la pérdida de peso durante el proceso de deshidratación se basa en el uso de una balanza como se puede apreciar en la Figura 12.

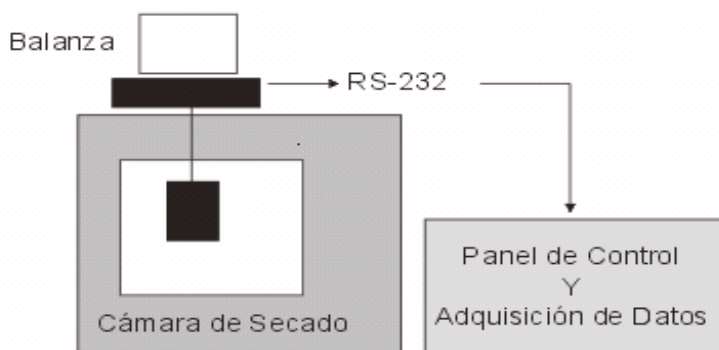


Figura 12. Esquema del módulo de medición de peso en línea.

En la Figura 13 se presenta el Deshidratador automatizado desarrollado por la Escuela de Ingeniería Industrial de la USMP apreciándose sus partes.

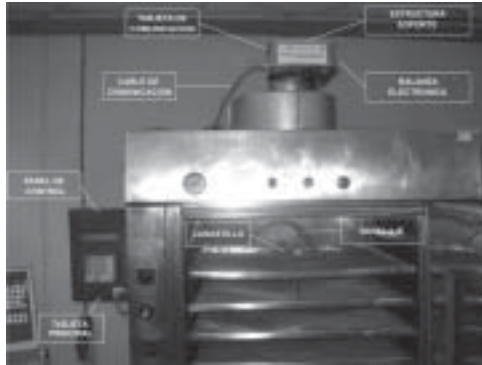


Figura 13. Deshidratador con el módulo automatizado del determinador en línea de la humedad final del producto.

El parámetro de mayor importancia es la humedad del producto en el control del proceso de deshidratación, esta variable se monitorea constantemente con la balanza desarrollada (con comunicación serial); la cual nos entrega «en línea» el peso y por lo tanto la pérdida de agua del producto.

Para fines didácticos, de mantenimiento o de alternativa de contingencia, el módulo determinador de pérdida de peso en línea incorporado al deshidratador será Automatizado tomando en consideración dos modos de operación:

MODO DE OPERACIÓN 1:

El deshidratador utilizará el parámetro del «*peso en línea*» para determinar la «*humedad del producto*». Este modo debe ser habilitado en la programación y haber programado la «*humedad inicial*» del producto.

Se tomara en cuenta la humedad de la fruta al estado fresco a deshidratar (Tabla 1 - 2) y programar la «*humedad final*», humedad que es la que nos indicara el final del proceso. En este modo también se consideran las fases del proceso; es decir si concluidas las cuatro fases el producto no tiene la «*humedad final*» programada, entonces continuará el proceso utilizando los parámetros programados en la última fase. Puede suceder también que el control de por concluido el proceso en cualquier fase, siempre y cuando la humedad medida del producto sea igual a la «*humedad final*» del producto programada.

MODO DE OPERACIÓN 2:

El deshidratador trabaja por fases y posee hasta 4 fases. En cada una de ellas se programa el tiempo y la temperatura de referencia. Si en alguna de las fases no se programa tiempo alguno no será tomada en cuenta. Finalizada las cuatro fases, el control dará por finalizado el proceso. Este modo está configurado por defecto y es el que se utiliza actualmente en el Taller de Ingeniería Industrial. Además este Modo 2 nos sirve de contingencia por si no contamos con la balanza, o está en mantenimiento.

En la Figura 14 se muestra la plataforma que sostiene a la balanza, el cable de comunicación, y la varilla que se conecta a la canastilla.



Figura 14. Instalación de la balanza modificada en el deshidratador.

PARTE MECANICA

En la Figura 15 se muestra la canastilla, las bandejas modificadas, y la varilla que se conecta con la balanza.

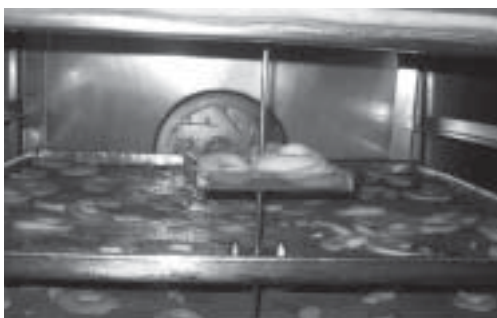


Figura 15. Parte mecánica de control de peso

PARTE ELECTRONICA

MODULO DISPLAY LCD AZUL 20x4

Se colocó un modulo Display azul 20 x 4 caracteres especial con el fin de mejorar la presentación de la información de los parámetros del proceso y la programación, en el Display de la figura se puede apreciar el peso medido en línea.



Figura 16. Presentación en el módulo display LCD azul

5.6. Evaluación y Funcionamiento

PRUEBAS REALIZADAS

Con el objeto de verificar el funcionamiento del equipo se deshidrato manzana y se coloco 100 gr. en la canastilla. Se peso previamente para comparar en pantalla lcd, si efectivamente la balanza estaba midiendo bien, tal como se muestra en la foto. Figura 17.

Se mide el peso de la muestra a deshidratar. Esta muestra se debe colocar en la canastilla antes de presionar ENTER dando inicio al proceso como se muestra en la figura 18.

Luego presionar ENTER y debemos verificar que el peso inicial debe ser igual al peso mostrado en la pantalla lcd, como se muestra en la figura 19.



Figura 17. Peso inicial de la muestra.

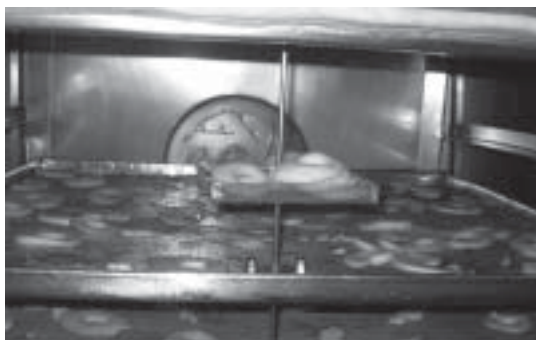


Figura 18. Control de la pérdida de peso de la muestra dentro de la cabina de deshidratación

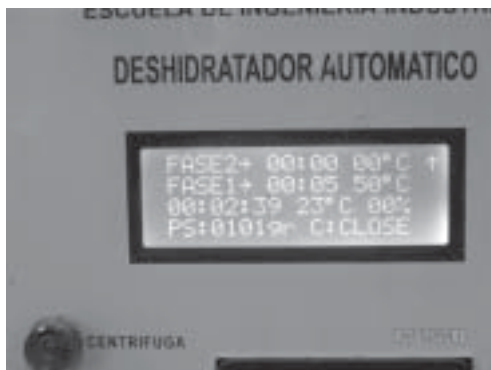


Figura 19. Presentación de datos en el display.

Posteriormente se va visualizando como la muestra va perdiendo peso a medida que pasa el tiempo, también se observa el valor de la humedad inicial del producto.

Para la primera prueba se programo 16% de Humedad final y 82% de Humedad inicial para manzana, haciendo los cálculos previos, y con las formulas programadas obtuvimos que a los 21 gr. el equipo debería llegar a los 16% de humedad del producto, esto se verificó como se muestra en las figuras 20 y 21.



Figura 20. Se mide el peso al final de la muestra deshidratada.

6. CONCLUSIONES

- Se diseñó, construyó e implementó un sistema de comunicación serial en una balanza normal (sin comunicación) para desarrollo y aplicaciones de *«pesado en línea»*.
- Se instaló sistema de comunicación serial a balanza comercial evaluándose y confirmando el buen funcionamiento de ésta.
- Se acondicionó el deshidratador automatizado de la Escuela de Ingeniería Industrial con la finalidad de que pueda captar y procesar la información de *«pérdida de peso»* que nos proporciona la balanza modificada, evaluándose su funcionamiento.

	Temperatura	Peso	Humedad del producto	Tiempo
01	38 °C	97 gr.	82 %	00:15
02	45 °C	95 gr.	81 %	00:30
03	45 °C	93 gr.	81 %	00:40
04	45 °C	91 gr.	81 %	00:50
05	45 °C	88 gr.	80 %	01:00
06	45 °C	86 gr.	80 %	01:10
07	45 °C	84 gr.	79 %	01:20
08	45 °C	80 gr.	78 %	01:30
09	45 °C	70 gr.	75 %	02:10
10	45 °C	69 gr.	74 %	02:20
11	45 °C	64 gr.	73 %	02:30
12	45 °C	63 gr.	72 %	02:40
13	45 °C	61 gr.	71 %	02:50
14	45 °C	58 gr.	70 %	03:00
15	50 °C	54 gr.	66 %	03:20
16	50 °C	49 gr.	63 %	03:40
17	50 °C	46 gr.	62 %	03:50
18	50 °C	45 gr.	61 %	04:00
19	50 °C	42 gr.	58 %	04:10
20	50 °C	40 gr.	56 %	04:30
21	50 °C	36 gr.	54 %	04:50
22	50 °C	34 gr.	48 %	05:05
23	50 °C	32 gr.	45 %	05:10
24	50 °C	30 gr.	41 %	05:20
25	50 °C	29 gr.	39 %	05:30
26	50 °C	29 gr.	39 %	05:40
27	50 °C	27 gr.	34 %	06:00
28	50 °C	25 gr.	29 %	06:08
29	50 °C	25 gr.	29 %	06:10
30	55 °C	23 gr.	23 %	06:20
31	55 °C	23 gr.	23 %	06:35
32	55 °C	21 gr.	16 %	06:40

Figura 21. Resultados del proceso de deshidratación de manzana utilizando el equipo con la innovación tecnológica desarrollada:

*PRODUCTO: MANZANA

Fin del proceso:

Se llegó al porcentaje programado de 16% de humedad final de la manzana deshidratada

- Se logró el adecuado funcionamiento del deshidratador automatizado, integrado con el «*módulo de determinación en línea*» de humedad de producto, cumpliéndose el objetivo del proyecto.

7. RECOMENDACIONES

- Evaluar el funcionamiento del equipo con productos hortofrutícolas de mayor importancia comercial.
- Llevar a cabo el robustecimiento del módulo desarrollado con fines comerciales.
- Difusión y promoción del prototipo a nivel de las PYMES deshidratadoras de productos hortofrutícolas, para su potencial transferencia tecnológica.

Referencias

- Angulo, J. & Angulo, I. (1999). *Micros controladores PIC: Diseño Práctico de Aplicaciones*. 2ª edición. Editorial Mc Graw Hill, España.
- Angulo, J. & Angulo, I. (2003). *Micro controladores PIC 16F84: Diseño Práctico de Aplicaciones*. Lenguajes PBASIC y Ensamblador, 3ª edición. Editorial Mc Graw Hill, España.
- Angulo, J., Angulo, I. & Etxebarria, A. (2004). *Micro controladores PIC 12F508 y PIC 16F84A: Diseño Práctico de Aplicaciones*. Lenguajes Ensamblador, C y PBASIC, 4ª edición. Editorial Mc Graw Hill, España.
- Angulo, J., Angulo, I. & Romero, S. (2006). *Micro controladores PIC 12F87XX y PIC 18FXX: Diseño Práctico de Aplicaciones*. 2ª edición. Editorial Mc Graw Hill, España.
- Angulo, J., Angulo, I. & Romero, Y. (2000). *Micro controladores PIC PIC 16F87X: Diseño Práctico de Aplicaciones*. 2ª edición. Editorial Mc Graw Hill, España.
- Angulo, J., Angulo, I., Etxebarria, A. & Trueya, I. (2,006). *Ds PIC, Diseño Práctico de Aplicaciones*. 2ª edición. Editorial Mc Graw Hill, España.
- Manuales Técnicos (Datashet) de Microchips.
- Valdés, F. & Pallas, R. (2,007). *Micro controladores, Fundamentos y Aplicaciones con PIC*. 2ª edición. Editorial Alfaomega Marcombo México.

ANEXO

Manual de Funcionamiento del Deshidratador:

Pasos a seguir para trabajar con la maquina Deshidratadora con el módulo determinador de peso.

- **Primero.-** Se energiza la maquina con la canastilla colocada sin la fruta para que se produzca el destarado de la balanza.
- **Segundo.-** Se programa el valor del porcentaje inicial de la fruta visto en las tablas, luego se programa la humedad final, en caso de la primera prueba realizada se trabajo con manzana, se programo 82% la humedad inicial y la humedad final 16%.
- **Tercero.-** Se habilita el modo humedad final del producto. Si no se habilita, el deshidratador va a trabajar como siempre se ha venido trabajando es decir por fases donde se programa la temperatura y tiempo por cada fase.
- **Cuarto.-** Se programan las fases que sean necesarias, el programa está preparado para que si el porcentaje final llega al valor programado el proceso concluye así no haya terminado con todas las fases. Si concluyen todas las fases el programa se queda con la última temperatura hasta concluir con la humedad final programada.
- **Quinto.-** Se debe colocar la muestra de fruta en la canastilla, y se inicia el proceso presionando enter en el teclado.

Se debe respetar en todo momento la cantidad del producto en la canastilla, porque si no se van a tener datos erróneos. El programa conoce el valor mínimo que es el del peso sólido, el peso medido nunca debe ser menor a este peso sino nos va a producir un error.

Los objetivos fueron alcanzados tal como lo demuestra los datos de la manzana, tomados en esta primera prueba. Tanto la balanza modificada, como la tarjeta principal trabajaron cerca de 10 horas sin ningún inconveniente, los datos tomados se muestran para el producto (manzana) y se puede constatar que la fórmula se está verificando en todo momento.

