

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE LA AUTOMATIZACIÓN DE UN HORNO DE SECADO Y ENVEJECIDO DE ARROZ PARA LA PROCESADORA DE PROYELEC INGENIERÍAS. FASE II.

Jorge Icaza

Paola Tobar

Resumen –Este artículo describe el diseño e implementación de la automatización de un horno de secado y envejecido de arroz, partiendo desde un levantamiento de información, que consta de la identificación tanto de las variables como de los factores que intervienen en el sistema.

Plantea el lazo de control, muestra las curvas de respuesta del control On/Off correspondiente a cada proceso. Además explica el diseño de la interfaz gráfica de operador, así como; los protocolos de comunicación manejados por el controlador implementado.

I. INTRODUCCIÓN

Uno de los principales componentes en la dieta de todos los ecuatorianos, es el consumo de arroz, ya que está al alcance de casi todos, es rico nutricionalmente, y se lo consume en todas las regiones del país.

En el mercado arrocero ecuatoriano existen variedades de arroz que se ofrecen de acuerdo a los gustos y necesidades de los consumidores.

Para la Región Sierra se requiere un arroz con menor cantidad de humedad debido a sus condiciones climáticas, sumado a las costumbres culinarias.

II. LEVANTAMIENTO DE LA INFORMACIÓN

A. Variables del sistema



Figura 1. Variables del sistema

- **Variable Controlada:**
Temperatura
- **Variable Manipulada:**
Paso de gas
- **Variable Perturbadora:**
Temperatura ambiente

B. Factores que intervienen en el sistema

Humedad

La tabla 1 muestra los valores de humedad permitida que en el proceso de secado ó de envejecido se consiga un producto final de alta calidad.

% de Humedad del grano	Proceso artificial
22 y 20 %RH tolerancia $\pm 1\%$	Secado
16 y 14 %RH tolerancia $\pm 1\%$	Envejecido

Tabla 1. Rangos de humedad que puede operar cada proceso

Temperatura

La tabla 2 muestra los valores de temperatura de trabajo para cada proceso.

Procesos	Temperatura
Secado	40 - 50 °C
Envejecido	70 - 80 °C

Tabla 2. Rangos de Temperatura que puede operar cada proceso

C. Lazo de control

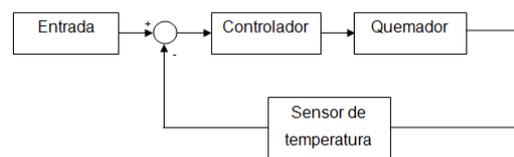


Figura 2. Diagrama de bloques del control de temperatura

Este sistema es SISO (Única salida Única entrada).

III. EQUIPOS

A. Blower

El blower es un Induhorst modelo NVR17094 – 2.

B. Quemador

El quemador es un Indushorst modelo QG-1.

C. Sensor de temperatura

El sensor de temperatura es un PT-100 de Siemens, conexión a 3 hilos.

D. Transmisor de temperatura

El transmisor de temperatura es un 884501 de AutomationDirect.

E. Variador de frecuencia

El variador de frecuencia es un ATV312 de Schneider.

F. PLC

El controlador es un DL06DR1 de Koyo, y el módulo de entradas y salidas analógicas es un F0-2AD2DA-2.

IV. CONTROL

A. Identificación de la planta

La identificación de la planta se realizó en **Matlab**, utilizando la herramienta **ident**.

La función de transferencia que se utilizará para la identificación de los parámetros, es la planteada en la Fase I del proyecto.

$$\frac{K}{(1 + Tp1s)(1 + Tp2s)(1 + Tp3s)}$$

Ecuación 1. Función de transferencia de la planta

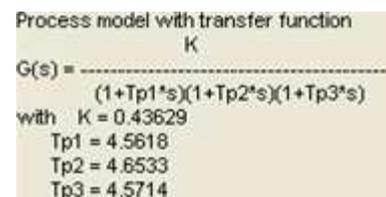


Figura 3. Parámetros de la planta

En la figura 4 se observa el modelo medido vs. el modelo simulado, teniendo un porcentaje de aproximación del 90.28%.

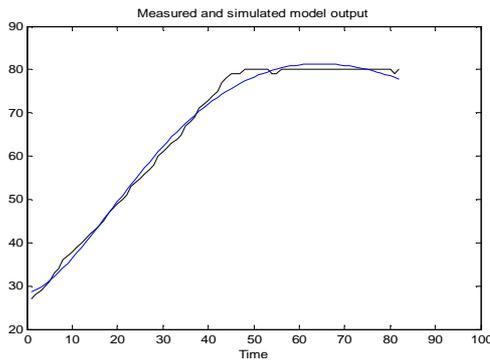


Figura 4. Modelo medido vs. modelo simulado

B. Control On/Off

Debido a que la respuesta de la planta es lenta se ha aplicado un control On/Off, tanto para el proceso de secado como de envejecido.

Secado

El control On/Off para el secado tiene los siguientes parámetros:

Setpoint	40 °C
Histéresis	±5°C

Tabla 3. Parámetros del secado

Quedando el rango de activación del pulso en 35 °C; y el rango de desactivación del pulso en 45°C.

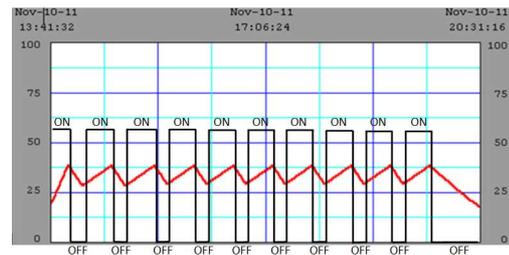


Figura 5. Control On/Off secado

Los tiempos del pulso On se encuentran entre: 23–25 min.

Los tiempos del pulso Off se encuentran entre: 12–14 min.

Envejecido

El control On/Off para el envejecido tiene los siguientes parámetros:

Setpoint	70°C
Histéresis	±5°C

Tabla 4. Parámetros del envejecido

Quedando el rango de activación del pulso en 65°C; y el rango de desactivación del pulso en 75°C.

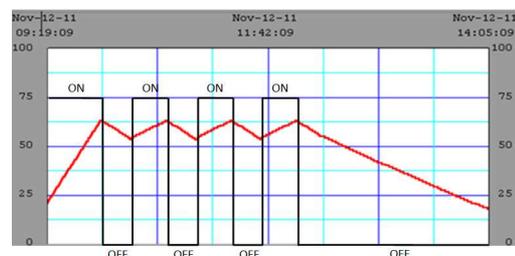


Figura 6. Control On/Off envejecido

Los tiempos del pulso On se encuentran entre: 20–22 min.

Los tiempos del pulso Off se encuentran entre: 17–19 min.

V. PROGRAMA PLC

A. Diagrama de flujo secado

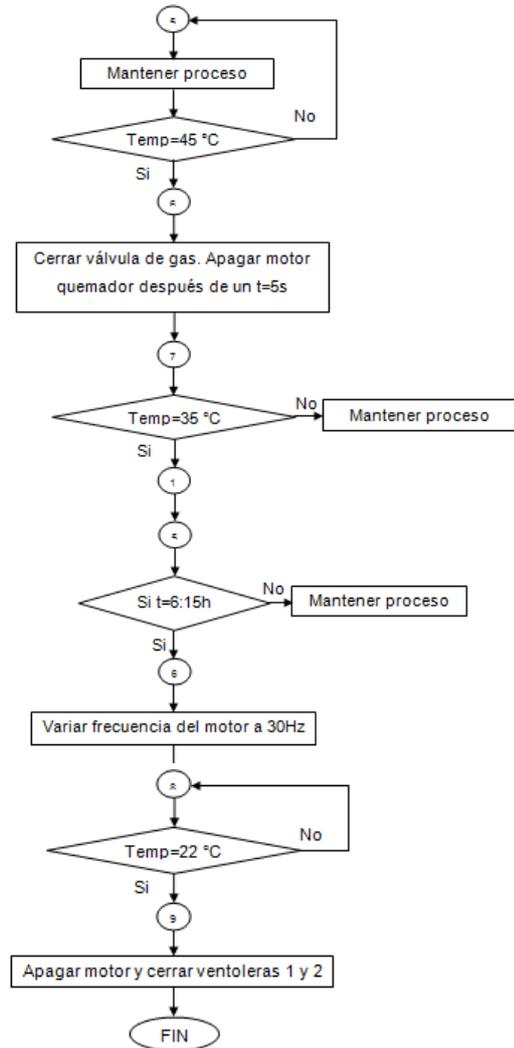
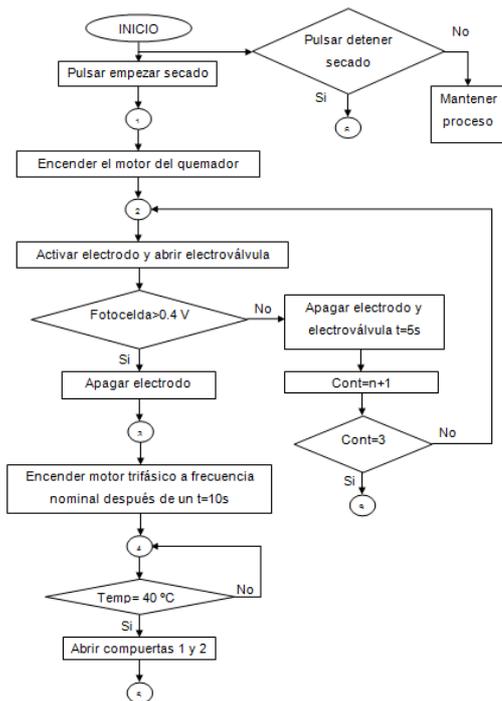
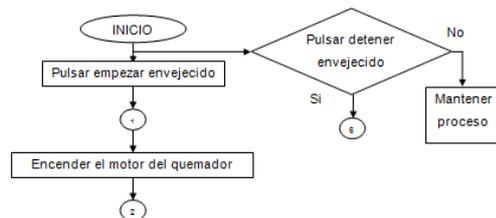


Figura 7. Diagrama de flujo secado

B. Diagrama de flujo envejecido



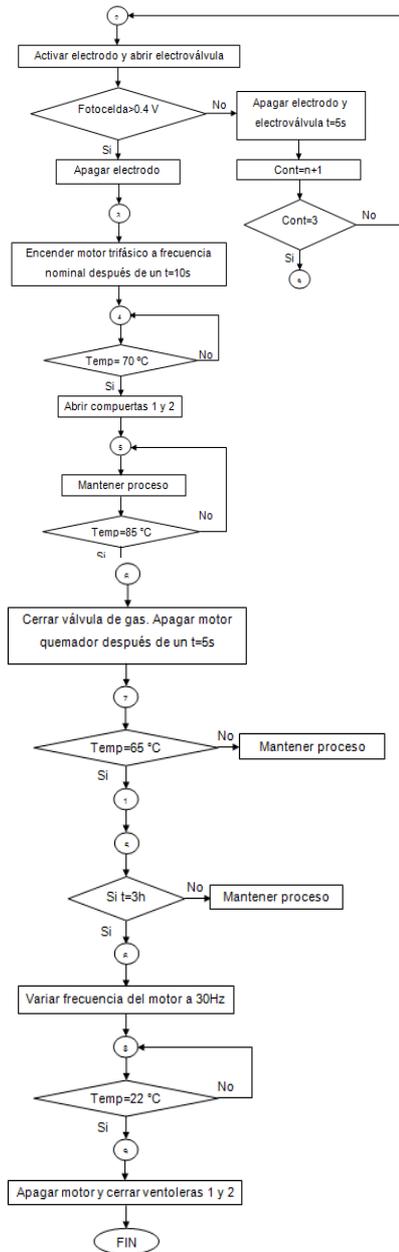


Figura 8. Diagrama de flujo envejecido

VI. INTERFAZ HMI

A. Diseño de la arquitectura del sistema

Generalmente para la visualización o monitoreo de variables

en un PLC se puede optar por una Pantalla de Dialogo Hombre-Máquina o por la comunicación hacia un computador personal con software dedicado de desarrollo local o software de supervisión grafica comercial.

Los PLCsDirecLOGIC 06 tienen dos puertos seriales incorporados que pueden ser usados para comunicarse con otros PLCs u otros dispositivos.

Puerto 1 (Com 1)	Puerto 2 (Com 2)
RS232C	RS232C, RS422, RS485

Tabla 5. Puertos de comunicación del PLC DirecLOGIC 06

Protocolos

Comunicación con K-Sequence

El protocolo K-Sequence es propio de *AutomationDirect*, se puede usar para comunicarse con el programa DirectSOFT o una interface de operador.

Comunicación con DirecNet

El protocolo DirectNET es propio de *AutomationDirect*, lo hace ideal para la comunicación PLC a

PLC en una red de múltiples nodos con las instrucciones RX y WX.

La red es controlada por una estación maestra que da órdenes de intercambio de datos a estaciones individuales de esclavo en una red serial. Las estaciones esclavas solo responden a pedidos de la estación maestra y no pueden iniciar comunicaciones.

Comunicación con MODBUS RTU

Es un protocolo estándar muy común en la industria, el PLC DL06 puede ser un esclavo de MODBUS RTU en el puerto 1 o el puerto 2, y puede ser un maestro MODBUS RTU en el puerto 2. El estándar RS-485 se puede utilizar únicamente en el puerto 2 para el protocolo MODBUS RTU.

B. Configuración del Programa KEPDirect

El programa KEPDirect sirve para conectar PLCsDirectLOGIC a software HMI/SCADA a través de una conexión serial o Ethernet.

Conexiones:

- **Conexión OPC (OLE para control de procesos):** permite establecer un método normalizado para que varios usuarios industriales compartan datos de una forma rápida y robusta.
- **Conexión DDE (Cambio dinámico de datos):** es una tecnología genérica de cliente/servidor. Suministra una arquitectura básica que permite que varias aplicaciones de software en Windows, compartan datos.

Para configurar el canal de comunicación se tiene en cuenta los siguientes parámetros:

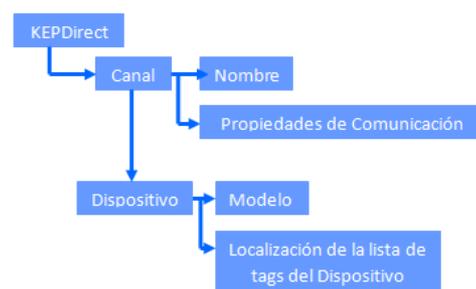


Figura 9. Configuración del canal de comunicación

C. Navegabilidad

La interfaz grafica HMI, estará conformada por 17 ventanas, distribuidas de la siguiente manera:

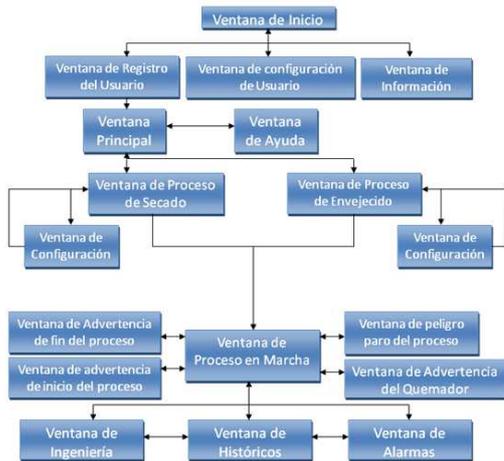


Figura 10. Diagrama de Navegabilidad

D. Desarrollo de la interfaz grafica HMI

La norma en la que se basa el diseño es la UNE-EN ISO 9241, Diseño ergonómico de programas para equipos con pantallas de visualización de Datos.

Principios:

- Coherente
- Claro
- Conciso
- Comprensible

Ubicación de elementos

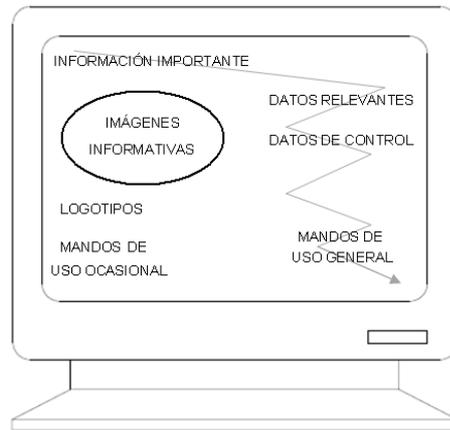


Figura 11. Zonas de pantalla recomendadas

E. Ventana de ingeniería

Ubicación de elementos y datos en la pantalla

1. Imagen Informativa
2. Datos de Control
3. Datos Relevantes
4. Mandos de uso general
5. Logotipo de la empresa

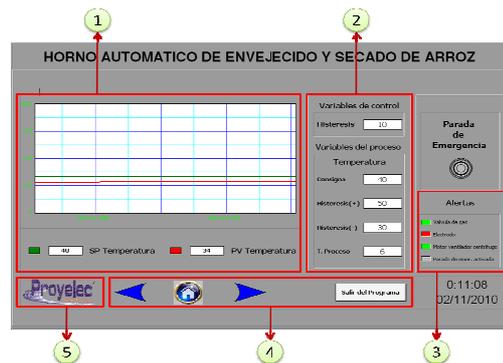


Figura 4. Ventana Ingeniería

VII. CONCLUSIONES

- De acuerdo con el análisis de la planta propuesta en la Fase I, los tiempos del proceso tanto de secado como de envejecido se reducen debido al diseño mecánico del horno, produciendo un cambio más rápido de la variable de temperatura.
- La norma UNE-EN ISO 9241 para el diseño de la interfaz HMI propuesta en la Fase I, es utilizada ya que permite al operador un fácil manejo de la misma, así como una fácil gestión y modificación de los datos.
- Al realizarse varias medidas en varios puntos en el interior del horno, se verificó que existe un equilibrio térmico dentro del mismo puesto que con ello se asegura una calidad uniforme del producto.
- El control realizado sobre las ventoleras colocadas en el canal de recirculación, tienen la función de evitar el punto de rocío, y permitir un mejor enfriamiento.
- El control aplicado a la planta es un control ON/OFF puesto que

cubre los requerimientos del sistema, es decir esta dentro de los rangos que exige el proceso.

- El control On/Off se aplicó en el quemador, puesto que este es el que proporciona la energía calórica necesaria para el proceso, manteniendo el flujo de aire constante.
- El enfriamiento del producto se realiza a la mitad de la frecuencia nominal del motor, puesto que con esto se evita un choque térmico en el producto.
- El desarrollo de este proyecto representa una mejora en la automatización de los hornos de arroz a bajo costo, así como también impulsa la producción y venta de arroz en la región sierra.

VIII. RECOMENDACIONES

- Debido a que el ruido producido por el motor trifásico afecta a los dispositivos de control, se recomienda realizar la conexión de los mismos con cable apantallado.
- Se recomienda adquirir y colocar un sensor de humedad de grano

de arroz para montaje, así se asegurará la calidad final del producto.

- Se recomienda colocar un detector de gas en el cuarto donde se encuentran los tanques almacenados, y así prevenir accidentes.
- Si la frecuencia del motor trifásico se coloca en un valor menor a 30 Hz, se recomienda colocar un ventilador externo para evitar el sobrecalentamiento del mismo, o sustituir el motor por uno que sea para trabajar con driver.



Paola E. Tobar.

Nacida en la ciudad de Quito el 28 de septiembre de 1987. Realizó sus estudios primarios y secundarios en la Unidad Educativa “La Salle”, donde por su dedicación se destacó como estudiante obteniendo el reconocimiento de Porta estandarte de la Bandera de Quito; terminó sus estudios de segundo nivel con el título de Bachiller en Ciencias.



Jorge E. Icaza.

Jorge Esteban Icaza Saa nació el 25 de noviembre del 1986, realizó los estudios primarios en la Escuela Municipal de Varones Eugenio Espejo, la secundaria en el Colegio Técnico Experimental de Aviación Civil “COTAC” obteniendo el título de bachiller en Ciencias con especialización en Fisicomatemático.

En el año 2011 realiza el curso de Seguridad industrial y Salud Laboral el cual obtuvo la licencia en prevención de riesgos eléctricos, además ha realizado curso de Interfaz Gráfica con Intouch y Redes Industriales.