

” Diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo de manejo de lotes para los procesos de: almacenaje, transporte y despacho de materias primas en los predios de una planta de elaboración de cerveza”

Mario Augusto Ortiz Campos¹. Cesar Antonio Martin Moreno²

¹Ingeniero Electrónico Industrial 2006; Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación - Escuela Superior Politécnica del Litoral. mortiz@ccn.com.ec

²Ingeniero Electrónico; Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación - Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1993, Master en Administración de Empresas – Escuela Superior Politécnica del Litoral, 1996, Master en Ciencias de la Ingeniería Eléctrica - Arizona State University, 2005, Profesor de ESPOL desde 1996 Campus Politécnico Prosperina Km. 30.5 Vía Perimetral-Guayaquil, Ecuador, cmartin@espol.edu.ec

Resumen

El sistema de manejo de granos constituye la primera fase en el proceso de elaboración de cerveza y desempeña un papel muy importante en la dosificación de materias primas. El siguiente artículo presenta la implementación de un sistema de control capaz de manejar los procesos de recepción, transporte, almacenaje y despacho de dos tipos de productos: arroz y malta (cebada malteada), este último utilizado en diferentes variedades.

Se considera el control de lotes y dosificación de materias primas con la utilización de un software de manejo de recetas de producción para lo cual se diseña un nuevo modelo de proceso que incluye sus respectivas: unidades, fases y variables de operación.

Para el monitoreo y control del proceso se implementa un sistema SCADA (Sistema de control y adquisición de datos) instalado en varios computadores. El control lógico de rutinas de funcionamiento se programa en un PLC principal que integra varios módulos remotos de adquisición de señales mediante la utilización de una red industrial Profibus DP.

Abstract

The system of managing grain constitutes the first phase in the process of elaboration beer and recovers a very important role in the dosing of ingredients. The following article presents the implementation of a system of control capable manages the processes: receipt, transport, storage and distribution of two types of products: rice and malt, the last one used in different varieties.

I consider the control of batch production and dosing of ingredients by the utilization of software of managing recipe of production for which there is designed a new model of process that includes your respective ones: units, phases and variables of operation.

For the monitoring and control of the process there is implemented a system SCADA (System of control and acquisition of data) installed in several computers. The logical control of routines of functioning is programmed in a principal PLC that integrates several remote modules of acquisition of signals with the utilization of an industrial bus Profibus DP.

Introducción

El sistema de control actual encargado de la dosificación de materias primas basa su funcionamiento en la utilización de lógica de relés, contactores y cables de señales, todos ellos implementados en la instalación original de fábrica (1979). El sistema de control existente no responde a todas las necesidades actuales y no permite la conectividad a nuevas tecnologías. La realización de este trabajo responde a los siguientes objetivos:

- Garantizar un proceso seguro y eficaz mediante un sistema de control óptimo.
- Garantizar la correcta limpieza y calidad física del grano durante su recepción, transporte y almacenaje, evitando pérdidas, mediante la implementación de nuevos equipos de monitoreo y control.
- Asegurar la correcta dosificación de materias primas y manejo de inventarios a través de la implementación de un sistema de manejo de lotes.
- Ajustarse a las nuevas necesidades de crecimiento a través del uso de una plataforma de control moderna.

La seguridad del sistema está basada en la implantación de verificaciones de operación y funcionamiento de los equipos mediante la utilización de bloqueos externos por conexiones y por software mediante utilización de un PLC principal con sus respectivos terminales para entradas / salidas conectados a través de una red industrial de campo.

Para garantizar la limpieza y consistencia del producto se utilizarán nuevos equipos de instrumentación que se conectarán a un PLC principal y en tres computadores para su monitoreo. Para el control en la dosificación de materias primas se ha considerado la implantación de recetas de proceso, mediante la utilización de un software de control de lotes a integrar en dos servidores (principal y redundante). La transferencia de información entre el PLC principal, los equipos de monitoreo y de manejo de lotes se realiza mediante una red industrial ethernet.

CONTENIDO

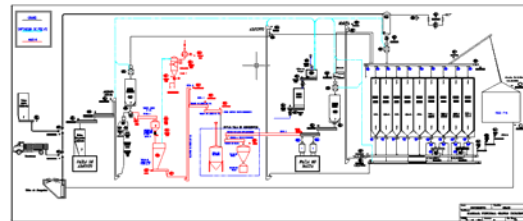
I. DESCRIPCIÓN DE PROCESOS

El área de manejo de granos se encarga de recibir las materias primas, almacenarlas y distribuirlas hacia el área de cocción para su posterior utilización. Las principales materias primas utilizadas en la elaboración de cervezas son las siguientes:

Adjuntos.- Los más comunes son los provenientes de sémola de maíz, jarabe y arroz partido este último el más utilizado en plantas cerveceras.

Malta.- Grano germinado y tostado, en la industria el más utilizado proveniente de cebada, materia prima principal en la industria cervecera. Existe una amplia gama de variedades las principales son: PRESTIGE, GAIRDNER, SCARLETT, MECALFE, HARRINGTON.

El transporte y manejo del grano se realiza con la ayuda de equipos distribuidos convenientemente entre siete niveles e interconectados entre sí de acuerdo a la siguiente figura:

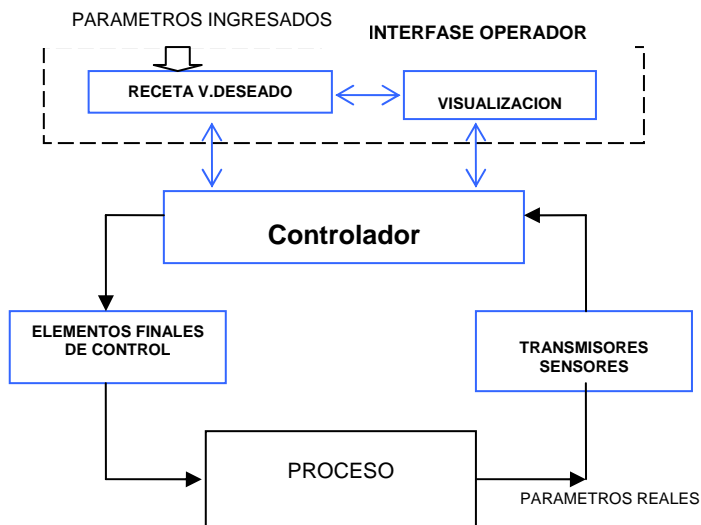


CAPITULO II

DISEÑO Y SELECCION DE EQUIPOS DE CONTROL

Con la aparición del PLC y las redes de comunicación se eliminan varios problemas como la gran cantidad de cableado, la baja flexibilidad de los circuitos eléctricos y eliminación de tiempos por paradas, pero aparecen nuevas necesidades como la obtención de inventarios de producción, generación de programas de producción que obligan a la introducción de sistemas de cómputo en la industria. Es así que en la actualidad es difícil pensar en un sistema automático sin la intervención de equipos de cómputo. A continuación mostramos la

estructura en bloques del sistema de control propuesto:



CAPITULO III

III.- PROGRAMACIÓN

3.1 Programación estructurada

En la medida en que la programación requerida para una aplicación crece, puede dar como resultado un programa engorroso y de difícil mantenimiento.

Han surgido entonces varios métodos complementarios que tienen por objetivo facilitar el diseño del programa de aplicación. Estos métodos se conocen como **programación estructurada**.

Según la definición del diccionario: "Una estructura es un conjunto de elementos solidarios entre si, que integran una totalidad, de la cual son miembros y no partes, constituyendo un todo y no una suma. Los miembros se caracterizan por su independencia, su articulación en la forma total, y su solidaridad".

De acuerdo a esta definición, la programación estructurada consiste en la descomposición de un trabajo en varias tareas independientes, autocontenidas y fáciles de comprender. Cada una de estas tareas se diseña por separado y un programa maestro define cuando se corre cada tarea y controla el conjunto.

A continuación se detallan los principales bloques de control utilizados en la implementación:

- Bloques de organización (OB)
- Bloque de seguridades
- Bloques de control
- Bloques de proceso
- Varios

CAPITULO IV

IV.- COSTOS DE IMPLEMENTACION Y RETORNO DE LA INVERSION.

Entre los principales costos necesarios en la implementación de nuestro trabajo constan los siguientes:

- 4.1 Costo de equipos
- 4.2 Costo de materiales
- 4.3 Costo de mano de obra

El costo final de la ejecución de trabajos se detalla a continuación:

Costo equipos	131.509,10
Costo materiales	25.899,49
Costo mano de obra	13.565,50
Costo Balanzas electrónicas	61.190,00
Costo Molino de martillos	54.210,00
Costo filtro de mangas	44.130,00
Costo transportadores	85.342,22
COSTO TOTAL (\$)	330.504,09

A fin de evaluar la rentabilidad del proyecto se realiza un análisis económico con el uso de las funciones VAN y TIR a detallarse a continuación, se estimó para efectos de calculo una inflación del 2% anual.

Calculo de valor actual neto (VAN).- Esta función nos proporciona el valor actualizado de los rendimientos, es decir, los ingresos actualizados, para obtener el beneficio habrá que restarle la inversión inicial. Así, el cálculo del VAN será:

$$VAN = [\text{flujo caja año } 1 / (1 + ts)^1] + [\text{flujo caja año } 2 / (1 + ts)^2] + \dots + [\text{flujo caja año } n / (1 + ts)^n] - \text{inversión inicial.}$$

Donde:

ts = tasa de inversión anual (14 %)
 Flujo caja = valor entre los ahorros obtenidos y los gastos generados anualmente, libre de impuestos.

Calculo de la tasa interna de rendimiento de inversión (TIR).- Esta función calcula la tasa interna de rendimiento. La TIR es el tipo de interés que anula el VAN de una inversión (VAN=0). Se utiliza también para analizar la rentabilidad de una inversión temporal. Como regla general, una inversión cuya TIR sea mayor que el coste de capital, se puede considerar rentable.

Los resultados obtenidos se muestran a continuación:

VAN	10.149.758
TIR	150,09%
Tiempo de recuperación	2 años

De aquí se puede notar que el tiempo de recuperación de la inversión es de 2 años por lo que podemos considerar un proyecto técnico y económicamente atractivo, cabe mencionar que todos los costos son llevados a valores presentes para efectos de cálculos, se considera además una vida útil de 10 años para los equipos y el 25 % de impuestos sobre estos.

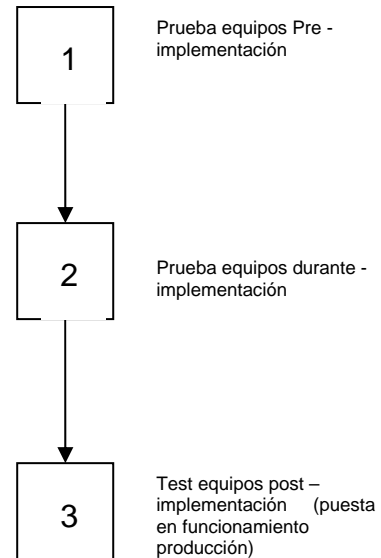
CAPITULO V

V.- CALIBRACIÓN Y PUESTA EN FUNCIONAMIENTO.

A continuación se detallan los principales trabajos realizados durante la instalación y puesta en funcionamiento de equipos:

- Calibración de Instrumentos de Nivel.
- Calibración de Temperatura.
- Protocolo de pruebas de funcionamiento de equipos.

De este último resalta el siguiente diagrama de flujo de trabajos:



Prueba de equipos Pre – implementación.- Una vez terminados los trabajos de campo (instalación y montaje de equipos) es necesaria la verificación de secuencias y correcto cableado. Para esto se realizan pruebas en arrancadores, tiempos de arranque, verificación de señales y verificación de secuencia del programa, comunicación y operación de recetas (se utiliza la simulación de la aplicación).

Prueba de equipos durante – implementación.- Cada dispositivo de mando (motores, compuertas, etc) requieren su verificación de sentido de accionamiento a continuación se detallan las pruebas requeridas:

- Verificación de sentido de accionamiento de compuertas.
- Verificación de sentido de marcha de motores.
- Verificación de bloqueos.
- Ajuste de tiempos en arrancadores Y – Delta

Pruebas de equipos post – implementación.- El arranque de la secuencia en producción implica principalmente el ajuste de los siguientes parámetros:

- Ajuste de secuencia de equipos
- Ajuste de tiempos de encendido de equipos
- Asignación definitiva de parámetros de receta

- Calibración de instrumentos y
- Eliminación de fallas.

Finalmente se procede al los ajustes finales de tiempos de operación de los equipos.

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

En la industria ecuatoriana y particularmente en la alimenticia la implementación de nuevos sistemas de automatización han generado considerables ahorros en producción, mejora en calidad y demás beneficios ya conocidos por nosotros, esto ha originado una creciente demanda de personal especializado y la creación de herramientas cada vez mas eficientes y rápidas de implementar. Al mencionar nuevos sistemas no se descarta la imposición de soluciones cerradas y raramente conocidas por personal técnico local, por este motivo la presentación de este trabajo propone una nueva herramienta de rápida implementación, fácil uso y aplicable en el manejo de cualquier sistema de control continuo en la industria.

Hemos utilizado como herramienta de control de proceso “como hacerlo” un Controlador Lógico Programable (PLC sin importar la marca) y como sistema de gestión y administración de lotes de producción “que hacer” al software InBatch, que bien puede diseñarse de manera local pero seria otro tema de estudio. El desarrollo de bloques en la programación, las unidades de procesamiento y graficas para el monitoreo se ha realizado pensando siempre en la estandarización, recordemos que en la industria siempre existirán elementos discretos (motores, válvulas) y análogos (variadores, posicionadores) a controlar. En el siguiente resumen detallamos las principales ventajas obtenidas y recomendaciones de nuestra nueva implementación:

1. Para lograr los objetivos planteados en una nueva solución es necesaria la fijación de metas y una correcta planificación de actividades en la que se incluya el conocimiento del proceso, un levantamiento real de señales de campo y la correcta operación de equipos.

2. Los instrumentos de campo y principalmente los sensores de presencia de grano deben calibrarse en sitio, utilizando los materiales de contacto a operar, en nuestro caso la malta y el arrocillo presentan diferentes capacidades dieléctricas que dependen del tipo de material utilizado y el ambiente que lo rodea (humedad-temperatura).

3. El área de manejo de granos es la primera experiencia utilizando un sistema de manejo de lotes en la planta, hemos logrado que estos procesos adquieran mayor capacidad para adaptarse a los cambios en el mercado. Por lo que consideramos que el estándar S-88 debe ser tomado seriamente en cuenta para proyectos de automatización de procesos batch en industrias cerveceras o alimenticias, independientemente su tamaño o capacidad.

4. Como resultado de nuestra implementación hemos logrado reducir los tiempos en la transportación de malta y arrocillo en aproximadamente un 50% además de la fácil identificación de fallas y solución de las mismas, esto no sería posible sin la implementación de un sistema de administración de lotes, una detallada visualización de fallas y la necesaria instrumentación de campo.

5. En la dosificación de materias primas hemos conseguido una disminución del error entre la cantidad fijada y real a porcentajes menores al 0,8% en malta y al 0,6% en adjuntos.

6. El tiempo estimado del retorno de la inversión es de aproximadamente dos años que obviamente dependen de las proyecciones de producción, para efectos de cálculos consideramos un crecimiento normal del 5% anual.

7. La rápida difusión de ethernet en las redes domesticas (LAN, WAN, etc) y en la industria a través de Industrial Ethernet nos obligan a tomar precauciones al momento de su implementación en el proceso, aunque toda la información de planta puede

viajar por el mismo medio se recomienda su separación a través de la utilización de gateways y/o restricciones de acceso a direcciones IP desconocidas en los servidores industriales.

8. La inversión en tecnologías de automatización en nuestro país debe considerarse como una estrategia clave de competitividad, no invertir en esta tecnología o sin un plan estratégico claramente definido (meta) puede provocar ser desplazado por la competencia.

9. Finalmente las nuevas tendencias del momento obligan a la constante actualización de las industrias, al conocimiento de nuevas herramientas de diseño en automatización industrial y a la constante actualización de conocimientos. En nuestro trabajo hemos dado dos pasos importantes la

implementación de un sistema robusto de control y otro de gestión de producción, para obtener mejores resultados se recomienda la implementación a futuro de herramientas de transferencia de información de proceso hacia un Sistema de Planificación de recursos (ERP *enterprise resource planning*).

Esperamos que este pequeño aporte a la automatización ecuatoriana, implementado con la ayuda de personal netamente local sea un estímulo para se incentive el diseño de nuevas herramientas de control aplicables a nuestra industria.

BIBLIOGRAFIA

1. **Libro**
ING. SERGIO SZKLANNY / ING. CARLOS BEHREND, Sistemas Digitales de Control de Procesos 2^{da} Edición. Editorial Control S.R.L.
2. **Libro**
ANTONIO CREUS. Instrumentación Industrial. 6ta edición. Alfa Omega.- Marcombo.
3. **Libro**
ING. FRANCISCO FERRERO, Cervecería Polar C. A. Control De Procesos Cerveceros a través de S-88.
4. **Libro**
PERRY S.MARSHALL Y JOHN S. RINALDI, Industrial Ethernet 2^{da} Edition.
5. **Guía de Usuario**
InBatch Premier User's Guide, Wonderware for version 8.0, rev. oct. 2001.
6. **Libro**
JOSEF WEIGMANN / GERHARD KILIAN, Decentralization with PROFIBUS DP/DPV1, Structure, configuration and use of PROFIBUS DP with SIMATIC S7, Siemens.
7. **Manual de Usuario**
MANUAL DE BAJA TENSION, criterios de selección de aparatos de maniobra e indicaciones para el proyecto de instalaciones y distribución. Siemens.
8. **Manual de Usuario**
SIRIUS, System Manual 2^{da} Edición, Siemens.
9. **Norma eléctrica**
NEC 1999, Código Eléctrico Nacional.
10. **Catalogo Técnico**
Industrial Measurement Technology, General Specifications, Endress+Hauser. Abril 2005.
11. **Catalogo Técnico**
INDUSTRIAL COMMUNICATION, Comunicación industrial para Automation and Drivers, Siemens.
12. **Catalogo Técnico**

- SIMATIC NET Industrial Ethernet, Siemens White Paper, rev.: Oct. 1999.
13. **Catálogo Técnico**
SIMATIC NET Industrial Communication with PG/PC, Siemens, rev.: Nov. 2003.
 14. **Catálogo Técnico**
Sistema de automatización S7-400 datos de las CPU, Siemens, rev.: abril 2004.
 15. **Catálogo Técnico**
SIMATIC NET Twisted-Pair and Fiber-Optic Networks, Siemens, rev.: mayo 2005.
 16. **Manual de entrenamiento**
WONDERWARE CORPORATION. Intouch 8.0 Advanced. Training Manual.