

# ” DESARROJO DE UN SISTEMA SCADA EN LAS ETAPAS DE SEGUNDA DILUCION, PREFERMENTACION Y FERMENTACION DEL PROCESO DE ELABORACION DE ALCOHOL ”

Eduardo Altamirano<sup>1</sup>, Luis Saltos<sup>2</sup>, Raúl Barriga<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ingeniero en Electricidad especialización Electrónica y automatización Industrial 2006; Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación - Escuela Superior Politécnica del Litoral. [eduardo.altamarino.ext@siemens.com](mailto:eduardo.altamarino.ext@siemens.com)

<sup>2</sup>Ingeniero en Electricidad especialización Electrónica y automatización Industrial 2006; Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación - Escuela Superior Politécnica del Litoral. [luis.saltos@romansel.com](mailto:luis.saltos@romansel.com)

<sup>3</sup>Director de tesis Ingeniero electrónico; Facultad de Ingeniería en Electricidad y Computación – Escuela Superior Politecnica del Litoral, 1995, Magíster en Administración de Empresas – Escuela de Postgrado en Administración de Empresas, 2000, Master of Business Administration – Université du Québec a Montreal, 2002, Profesor de la ESPOL desde 1999 Campus Politecnico prosperita Km. 30.5 Via Perimetral – Guayaquil, Ecuador [hbarriga@espol.edu.ec](mailto:hbarriga@espol.edu.ec), [raul.barriga@romansel.com](mailto:raul.barriga@romansel.com)

## Resumen

Para la obtención del alcohol etílico se pueden utilizar como materia prima la melaza (miel final), arroz, papa entre otros; en la presente tesis se considerara a la melaza debido a que la planta de alcohol a tratar se encuentra físicamente ubicada en una zona azucarera que permitirá costos más bajos en la producción. La melaza es el principal subproducto en la industria azucarera. El alcohol etílico es la base fundamental para la elaboración de los licores y otros productos, esto se obtiene por medio del proceso de destilación de los líquidos azucarados, la cual aprovechara la capacidad que tienen algunos microorganismos como los hongos o microbios de metabolizar el azúcar.

Para obtener un alto grado de concentración alcohólica al final del proceso de destilación, es necesario que la melaza de caña llegue antes de entrar al proceso de destilación con un grado alcohólico no menor a 7, por lo cual la melaza debe pasar por varias etapas previas conocidas comúnmente como: Preparación de Mostos o Segunda Dilución, Prefermentación y Fermentación Continua.

Cada una de las etapas antes mencionadas tiene como objetivo principal controlar la concentración de melaza en grados Brix y temperatura del mosto (melaza diluida); para que cuando éste llegue a la etapa de Fermentación el proceso químico sea el mas optimo posible. Para llegar al objetivo ante mencionado en las etapas previas a la Fermentación se utilizan varios elementos como el agua, levadura, urea, ácido fosfórico, etc.; por lo cual la automatización de estas etapas producirá un manejo eficiente de los elementos anotados y se logrará un producto final que cumpla los parámetros requeridos en la producción.

## Abstract

To get the ethylic alcohol, you can use as raw material the molasses (ultimate honey), rice, potatoes, etc; in the present thesis will be consider the molasses due to the low production prices which are produced because of the sugary zone where we can find this alcohol plant. The molasses are the principal by-product in the sugar industry. The ethylic alcohol is the basis for the preparation of liquors and many other products, we can obtain this by the distillation process of the sugary liquids, which will make use of the micro organisms' capacity such as the mushroom and the microbe that can synthesize sugar.

To obtain a high alcoholic concentration level at the end of the distillation process, the sugar cane must arrive before the distillation process with an alcohol level over 7, so then the sugar cane will go over many stages known as: Second dilution, pre-fermentation and continuous fermentation

The principal objective from each of the before mentioned stages is to control the molasses concentration in Brix degrees and the most's temperature; so then, when the fermentation process comes, this chemical process will be optimum. To reach the before mentioned goal you have to use many elements such as water, yeast, urea, phosphoric acid, etc. that's why the stages automatically will produce an efficient management of the written elements and you will obtain a final product which will reach the established boundaries in the production.

## INTRODUCCIÓN

El crecimiento físico de las empresas además del requerimiento de ser más competitivas, optimizando los costos en la producción para ofrecer un producto de alta calidad con precios diversos en el mercado, ha hecho que sea necesaria la automatización de las etapas de producción para lograr tales propósitos.

La automatización está diseñada con el fin de utilizar al máximo la capacidad de las máquinas realizando controles más eficientes en los flujos de producción tanto en procesos secuenciales como en los no secuenciales.

El Sistema de control propuesto en este tema de tesis está compuesto por varios elementos como son: instrumentación de campos, los equipos de control, el controlador lógico programable y el software de interfase (HMI) para el monitoreo y control de las etapas de producción con los cuales se podrá operar de forma remota el proceso en tiempo real.

Este proyecto de tesis consiste en el desarrollo de un sistema SCADA (Supervisión, Control y Adquisición de Datos) en las etapas de Segunda Dilución, Prefermentación y Fermentación del proceso de elaboración de alcohol, utilizando un Controlador Lógico Programable (PLC) con su respectivo software de programación y un software para realizar la interfase hombre – máquina (HMI), el mismo que será instalado en una computadora.

Tanto el Hardware como el Software utilizados son de fácil manejo y también ofrecen mucha flexibilidad ya que pueden ser ajustadas en caso de que se precise reacondicionar el sistema para que realice una nueva función o se añada una nueva etapa de proceso.

## CAPITULO I

### Proceso de elaboración de alcohol.

La melaza utilizada para la obtención del alcohol es proveniente de los Ingenios Azucareros y debe tener como mínimo una concentración con valor igual a 81 grado Brix.

La melaza es llevada a la etapa de clarificación con el fin de brindar un mosto limpio a una siguiente etapa.

El mosto clarificado va a la etapa de Segunda Dilución que consta de un mezclador en el cual se ajusta la concentración a un valor igual a 20 grado Brix.

El mosto a 20° Brix es enviado a unos intercambiadores con la finalidad de bajar un poco la temperatura del mosto diluido para que pueda ser enviado a los tanques de Prefermentación, así como a los tanques de Fermentadores.

Después de un tiempo de residencia del mosto en los fermentadores se obtiene un vino con un contenido de alcohol de 6.5 a 8.5% en volumen.

El vino es enviado a la destilería para la producción de alcohol. En el proceso de destilación se cuenta con cuatro columnas: Columna de Agotamiento, Columna Depuradora, Columna Hidroselectora y Columna Rectificadora.

## CAPITULO II

### Proceso de Segunda Dilución, Prefermentación y Fermentación en la elaboración del alcohol

En el proceso de segunda dilución la melaza se mezcla con el agua fresca que viene del tanque (TK – 101) diluyéndose, lo cual se realiza para bajar la concentración inicial medida en grado Brix, obteniendo el llamado mosto diluido, el cual tendrá un valor de 20 grado Brix

aproximadamente, el cual se mide en el laboratorio de control de calidad cada hora por medio de la toma de muestras que realiza el operador. El mosto diluido que sale del (MIX-205) por la parte superior pasa al tanque (TK-218) por medio de la gravedad, este tanque se encuentra abierto debido a que en el proceso se necesitara alcanzar una temperatura óptima para que sucedan los procesos químicos requeridos para obtener el grado alcohólico.

El proceso de prefermentación el mosto diluido es mezclado con levadura y nutrientes. Esto permitirá que comience el proceso de Prefermentación en donde la levadura empezará a consumir el azúcar presente en esta mezcla para reproducirse y estar químicamente óptimo para el trasladado de la mezcla a la etapa de Fermentación.

La reacción que se produce al mezclar estos elementos es exotérmica y aeróbica para lo cual existe la presencia de un soplador que permite ingresar el aire necesaria para ayudar a la reacción.

En todo el proceso es necesario mantener la temperatura en aproximadamente 33 °C para lo cual se utiliza un enfriador de placas.

Además del control de temperatura se realiza un control de PH en la mezcla el mismo que deben estar entre 3.5 a 4 para que ayude a la reproducción de la levadura.

El proceso de fermentación la dosificación de la mezcla (mosto diluido) – (levadura) se la realiza desde los tanques (TK – 210) y (TK – 213) que se encuentran en el área de prefermentación.

La mezcla (mosto diluido) – (levadura) proveniente de los prefermentadores es alimentado en forma continua a los fermentadores y en estos se transformara, por acción de la levadura, los azucres en alcohol etílico después de 24 horas que se encuentre totalmente la mezcla en el tanque de fermentación.

Siendo la fermentación alcohólica una fermentación anaeróbica, esta se la realizara en ausencia de aire por lo cual los cuatro tanques de fermentación (TK – 301 A – B – C – D) se encuentran herméticamente sellados y solo cuentan con una tapa superior para realizar la inspección de la reacción o agregar nutrientes necesarios para mejorar el proceso de fermentación; la transformación de los azucres a alcohol etílico.

También es una reacción exotérmica por lo que hay la necesidad de mantener el mosto diluido a una temperatura.

Terminada la fermentación, el mosto es transferido a los tanques de vino (TK 304 A - B - C - D)

Los siguientes graficos representas las diferentes etapas antes mencionadas

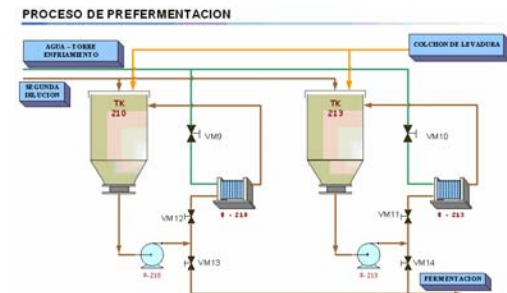


FIGURA 23 LAYOUT AREA PREFERMENTACION

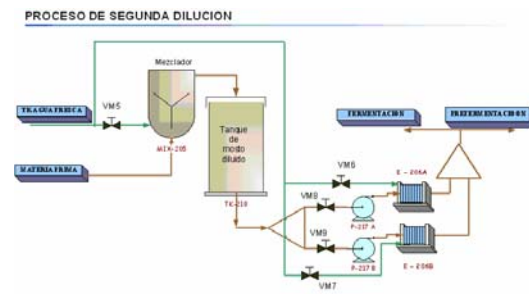


FIGURA 22 LAYOUT AREA SEGUNDA DILUCION



FIGURA 24 LAYOUT AREA FERMENTACION

### CAPITULO III

#### Sistema de control actual en los procesos de Segunda Dilución, Prefermentación y Fermentación.

Los procesos de control actuales son completamente manuales, estos son manejados por operadores los cuales toman muestras periódicamente para conocer el estado de la melaza en sus distintas etapas.

Las muestras tomadas por los operadores son aproximadamente cada media hora a un hora dependiendo el caso.

Cada etapa de las antes mencionadas utiliza de 3 a 5 operadores por turno, y en los laboratorios trabajan dos personas por turno.

### CAPITULO IV

#### Consideración en el diseño de control y monitoreo de los procesos de segunda dilución, prefermentación y fermentación.

Para considerar el diseño de control se necesita conocer los problemas actuales de los procesos. Entre ellos tenemos

Demasiado tiempo perdido en correcciones de dilución de la melaza que perjudicaran la producción en tiempo y dinero.

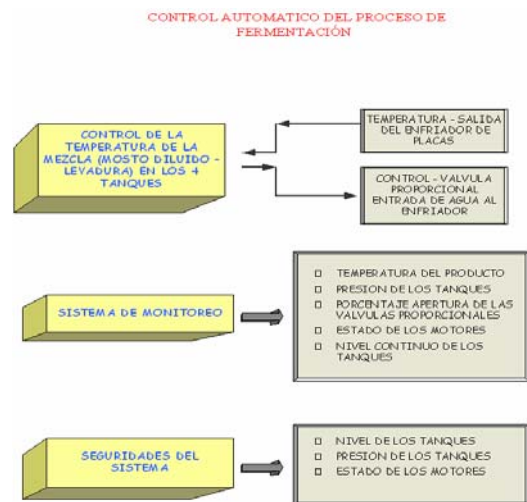
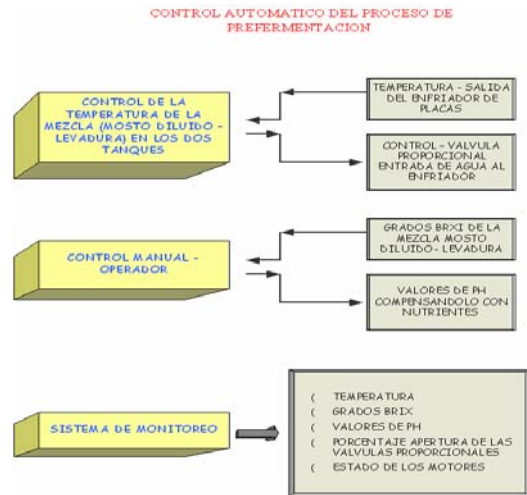
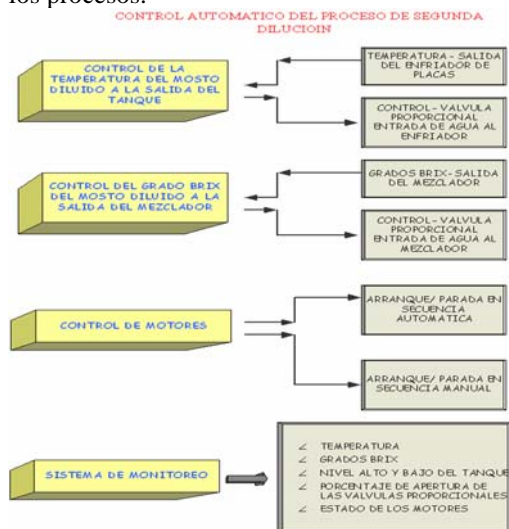
Falta de un control automático de la temperatura.

Control del llenado del tanque de segunda dilución.

La ausencia de visualización de los problemas que se puedan producir en las diferentes áreas mencionadas anteriormente.

El no contar con la centralización de la información.

En las Figuras se muestran cuadros explicativos de cada una de las partes que se proponen en el proyecto de automatización de los procesos.



### CAPITULO V

#### Diseño de los sistemas de control para los procesos de segunda Dilución, Prefermentación y Fermentación.

Para el diseño de un sistema de control se debe tomar muy en cuenta el tipo de variable que se va a controlar y la velocidad con la que va a variar esta.

En este caso tenemos dos variables a controlar temperatura y grados Brix.

En la elaboración de alcohol los cambios de temperatura no tienen perturbaciones muy elevadas por esta razón se opto por un control PI proporcional integral.

En cambio en el control de grados brix por la gran cantidad de posibles variaciones se escogió un control PID proporcional integral derivativo.

Para el calculo de las constantes de los control PI y PID se utilizo Ziegler-Nichols el cual nos

permite encontrar unos valores aproximados de estas constantes.

Cabe recalcar que este proceso se lo pudo realizar ya que las variables hacer controladas se comportaban en forma lineal y no tenían perturbaciones muy altas.

## CAPITULO VI

### **Instrumentación para los procesos de Segunda Dilución Prefermentación y Fermentación.**

Todo control industrial depende de la capacidad de medir con exactitud y rapidez el valor de la variable controlada, también la rapidez de transmitir y manipular esta medición de tal forma que esta medición nos permita modificar la variable controlada.

Para escoger los instrumentos de medición correctos se tomo muy en cuenta lo siguiente

- Campo de medida
- Alcance
- Error
- Exactitud
- Precisión
- Zona muerta
- Repetibilidad

## CAPITULO VII

### **Controlador lógico programable y HMI**

El PLC y las redes de comunicación nos ayudan a eliminar algunos problemas. En este caso nos permite crear una red lo cual elimina el tendido de gran cantidad de cableado y una mayor exactitud en el control de las variables.

El PLC es usado en la actualidad en una amplia gama de aplicaciones de control, muchas de las cuales no eran económicamente posibles hace algunos años. Esto debido a:

- El costo efectivo por punto de entrada / salida ha disminuido con la caída del precio de los microprocesadores y los componentes relacionados.
- La capacidad de los controladores para resolver tareas complejas de computación y comunicación ha hecho

posible el uso de PLC en aplicaciones donde antes era necesario dedicar una computadora.

La interfase Hombre – Máquina HMI es uno de los módulos mas importantes en un sistema de control y monitoreo. Esta interfase nos permite visualizar los elementos de campo y los lazos de control de la planta por medio de la pantalla del ordenador.

La función de la interfase Hombre – Máquina es proporcionar al operador las funciones de control y supervisión de la planta. Este proceso se realiza mediante gráficos y tablas de datos brindando así, importante información a operadores, supervisores de control de calidad, mantenimiento, etc.

Gracias al desarrollo de los HMI los elementos de campo como botoneras, indicadores luminosos, etc.; han sido relegados y se han convertido muchos de estos en elementos de visualización o de control emergente; y a su vez estos elementos substituidos por sistemas digitales visualizados en la pantalla de un ordenador.

Las prestaciones más importantes que debe tener la interfase grafica de los HMI son:

- Que tenga la posibilidad de crear paneles de alarma, los cuales puedan proporcionar al operador información de fallos en la planta y el registro de los eventos o sucesos de alarma.
- Los HMI deben tener la posibilidad de guardar históricos de la planta para poder visualizar el comportamiento de variables de proceso.
- También debería tener la posibilidad de trabajar con herramientas matemáticas que nos ayudaría a cambiar escalas de valores de las variables de los procesos.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

1. La Interfase Hombre – Maquina (HMI) diseñada para este proyecto permitirá establecer una mejor relación de cada uno de los equipos que se encuentra en la planta.
2. Los valores de los parámetros utilizados en cada lazo de control propuesto en este documento permitirán mantener las variables de temperatura y grados

- Brix dentro de los parámetros deseados, con lo que se tendrá un ahorro en cuanto a materia prima se refiera disminuyendo los costos de producción.
3. La arquitectura propuesta en el ambiente de los PLC's es una tipo RIO debidos a sus siglas en Ingles Remote Input – Output, que tiene en sus principales ventajas la flexibilidad para crecer en cuanto la capacidad de manejar equipos.
  4. Con la utilización de los PLC's se tiene la ventaja de poder modificar la programación que se utiliza en la secuencia tanto de arranque tomo de paradas de los procesos, para mejorar la producción.
  5. Con la ayuda de una Interfase Hombre - Maquina se puede manejar remotamente los equipos de las áreas de Segunda Dilución, Prefermentación y Fermentación con lo cual se produce una reducción en los costos de operación por lo menos en un 50 %, además de tener un control mas eficiente en cada una de estas áreas.
  6. Durante la elaboración de alcohol se tiene que tener muy en cuenta los valores de temperatura y grados Brix que se maneja en los procesos de Segunda Dilución, Prefermentación y Fermentación para tener en este último proceso un valor óptimo de grados de alcohol antes de pasar a las columnas de rectificación.
  7. Con una automatización de la dosificación de levadura en el área de Pre- Fermentación se puede tener un mejor manejo de control de este producto, provocando un ahorro en los costos de producción y un mejor valor final de grados de alcohol.
  8. Para lograr los propósitos de la automatización es necesario contar con instrumentos de medición con la suficiente confiabilidad y exactitud que exigen las normas de producción de la planta.

## **BIBLIOGRAFIA**

1. **Libro**  
ING. SERGIO SZKLANNY / ING. CARLOS BEHREND, Sistemas Digitales de Control de Procesos 2<sup>da</sup> Edición. Editorial Control S.R.L.
2. **Libro**  
ANTONIO CREUS. Instrumentación Industrial. 6ta edición. Alfa Omega.- Marcombo.
3. **Libro**  
KATSUHIKO OGATA. Ingeniería de Control Moderna. 2da edición. Prentice Hall
4. **Libro**  
PERRY S.MARSHALL Y JOHN S. RINALDI, Industrial Ethernet 2<sup>da</sup> Edition.
5. **Libro**  
GOMARIZ/ BIEL/MATAS/REYES. Teoría de Control 1ra edición. Alfa y Omega
6. **Libro**  
RICHARD C DORF/ ROBERT H BISHOP. Modern Control System 9na edicion Prentice Hall.
7. **Catalogo Técnico**  
SIMATIC NET Industrial Ethernet, Siemens White Paper, rev.: Oct. 1999.
8. **Manual de entrenamiento**  
WONDERWARE CORPORATION. Intouch 8.0 Advanced. Training Manual.
9. **Norma eléctrica**  
NEC 1999, Código Eléctrico Nacional.