

ALGORITMIZACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE LA FÁBRICA CUBA RON

MSc. Mónica Mulet-Hing^I, mmhing@fie.uo.edu.cu, MSc. Diego Cedeño-Gómez^I,
Ing. Héctor Sánchez-Vera^{II}

^IFacultad de Ingeniería Eléctrica de la Universidad de Oriente, Santiago de Cuba,

^{II}Empresa Cuba Ron, Santiago de Cuba

En el presente trabajo se aborda el análisis de la situación actual de la planta de tratamiento de agua de la Fábrica de Ron Caney de Santiago de Cuba, para la algoritmización y programación del autómatas que controla el proceso de dicha planta, en lenguaje de contactos. Se realiza un levantamiento de la situación operacional de la planta y las tendencias actuales en el mundo sobre el tema, este trabajo permitirá minimizar las actuales paradas de la planta y le dará la posibilidad al personal calificado para manipular a nivel de programación el autómatas. Se determinan las variables de entrada y salida, las relaciones entre ellas y se propone el algoritmo para el control del flujo de producción. En el trabajo se propone una nueva estrategia de control para sustituir el actual Controlador Lógico Programable (PLC) y el lenguaje de programación, facilitando al personal calificado de la fábrica la reconfiguración y mantenimiento de los mismos.

Palabras clave: algoritmización y programación, tratamiento de agua, fábrica ron caney.

This project is based on the current situation of the water treatment plant analysis at the Rum Caney Factory in Santiago de Cuba city, doing algorithms and automatic programming that will controlled the process of this plant, in ladder contact language. Due to the existing operational situation of the plant and the current tendencies in the world on the topic, this work will end with the current plant stops and will give the possibility to the qualified personnel to manipulate the programming involved in the production. A analysis was done for the determination of all variables: input and output, and the relationships of them and the intended algorithms for the production control and flow were chosen. A new control strategy is intended in order to substitute the current PLC and programming language. The results can be easy the maintenance and reconfiguration tasks for self operators.

Key words: algorithmization and programming, water treatment, rum caney factory.

Introducción

El siglo XX marcó el inicio de una etapa en el desarrollo científico técnico sin precedente hasta el momento. En él se han logrado cambios significativos en lo referente a:

- Tecnología de los procesos productivos.
- Teoría de los sistemas de control.
- Técnicas de computación.

El conocimiento más profundo de la estructura de las sustancias naturales y de los procesos químicos y biológicos, la mayor productividad así como la explotación de nuevas fuentes de energía, han permitido la creación de tecnologías revolucionarias las cuales requieren de sistemas de control a su vez más avanzados. La industria moderna requiere de altos niveles de automatización para garantizar producciones rentables que permitan competir en el mercado globalizado internacional creando las condiciones

para entrar en el comercio electrónico mundial, pero a la vez, se requiere de flexibilidad de los modelos a producir, rapidez en la velocidad de cambio de los parámetros de producción para un nuevo modelo e integración con los sistemas de gerencia de la empresa, planificación de la producción y de los mantenimientos preventivos.

Específicamente la Fábrica de Ron Caney de Santiago de Cuba (Cuba Ron), es una empresa de gran importancia para los sectores económicos de turismo y para la exportación, por tanto, es muy importante lograr los niveles de automatización que garanticen la calidad, productividad y seguridad requerida en el proceso productivo. El ron es un licor alcohólico destilado, obtenido de la melaza de la caña de azúcar. Llegó a ser un producto importante de las Antillas (Indias Occidentales) luego de la introducción de la caña de azúcar por los colonizadores españoles.

Se menciona por primera vez en documentos provenientes de Barbados en 1650. Se le llamaba "kill-devil" ('mata-diablo') o "rumbullion" (una palabra de Devonshire, Inglaterra, que significa 'un gran tumulto'). Ya en 1667 se le llamaba simplemente "rum", de donde proviene la palabra española ron y la francesa rhum. El Ron fabricado en Cuba tiene sus antecedentes en la Tafia y luego en formas más refinadas como el Cañámbri, capaz de mezclarse en la Canchánchara y el Saoco como anticipo de la futura coctelería.

Los fabricantes de Ron en Cuba intuían que era necesario producir más que un aguardiente refinado, claro y exento de sabor a mosto, por lo que en Cuba a mediados del siglo XIX nace el Ron ligero, un nuevo tipo de Ron, con nueva aroma, nuevo en su olor y sabor, que cada vez fue perfeccionándose y reflejando las características del cubano, alejándose de los que lo antecedieron.

Actualmente el proceso de desmineralización del agua en la fabricación de ron, está siendo afectado por continuas paradas de la planta de tratamiento de agua, debido a problemas de configuración y programación del autómatas que controla la misma, lo que disminuye la eficiencia de la producción y provoca pérdida de tiempo, que se traduce en pérdidas económicas para la fábrica.

El proceso de desmineralización del agua en la fabricación del ron es indispensable en el proceso productivo, teniendo una fuerte repercusión en la calidad del producto que recibe el consumidor. Para lograr una mayor productividad y una elevada eficiencia de los procesos productivos, es imprescindible lograr un control cada vez más eficiente y que permita explotar al máximo las capacidades productivas.

De acuerdo con lo antes expuesto, la **importancia y necesidad** de esta investigación, radica en la disminución de las constantes paradas en la producción de agua desmineralizada en la Fábrica de Ron Caney de Santiago de Cuba, y las actuales limitaciones operacionales del esquema de control basado en el autómatas que controla el proceso, lo cual provoca la ineficiencia e ineficacia del proceso productivo. Resolver este problema tecnológico con la utilización y aplicación de conceptos modernos de la ingeniería de control, constitu-

ye una tarea de elevada importancia práctica pues tendrá un gran impacto en la elevación de la productividad del trabajo.

Por todo lo antes expuesto, el **objetivo** de este trabajo es la redefinición del sistema de control que garantice mayor operatividad, seguridad, confiabilidad y velocidad de respuesta, según los regímenes de trabajo y las prioridades del proceso, con la calidad necesaria.

Fundamentación teórica

A diferencia de lo que ocurría hace unos años, hoy en día es posible encontrar en el mercado entornos de desarrollo de aplicaciones para PLC que permiten crear programas siguiendo las recomendaciones IEC, simularlos en una Computadora Personal (PC) y hacer automáticamente las conversiones necesarias para ejecutarlos en equipos de diferentes fabricantes. Sin embargo aún no se ha llegado a una situación en la que se disponga de un entorno realmente abierto, que pueda ser utilizado tanto para la docencia como a nivel industrial, que tenga la facilidad de uso de los entornos comerciales y que no requiera de grandes desembolsos económicos.

Los fabricantes han ido incorporando el estándar lentamente y una década después de su aparición aún hay muchas cuestiones no resueltas en cuanto a la portabilidad de los programas o la semántica de los lenguajes estandarizados. El PLC por sus especiales características de diseño tiene un campo de aplicación muy extenso. La constante evolución del hardware y software amplía constantemente este campo para poder satisfacer las necesidades que se detectan en el espectro de sus posibilidades reales.

Su utilización se da fundamentalmente en aquellas instalaciones en donde es necesario un proceso de maniobra, control y señalización; por tanto, su aplicación abarca desde procesos de fabricación industriales de cualquier tipo a transformaciones industriales, control de instalaciones, de servicio, comercial o doméstico.

El desafío constante que toda industria tiene planteado para ser competitiva, ha sido el motor

impulsor del desarrollo de nuevas tecnologías para conseguir una mayor productividad.

Debido a que ciertas etapas en los procesos de fabricación se realiza en ambientes nocivos para la salud, con gases tóxicos, ruidos, temperaturas extremadamente altas o bajas, etcétera, unidos a consideraciones de productividad, se llegó a pensar en la posibilidad de dejar ciertas tareas tediosas, repetitivas y peligrosas a un ente al que no pudieran afectarle las condiciones ambientales adversas: había nacido la máquina y con ella la automatización.

Relés, temporizadores, contactores, fueron y son elementos con que se cuentan para realizar el control de cualquier máquina. Debido a la constante mejora de la calidad de estos elementos y a la demanda del mercado, que exigía mayor y mejor calidad en la producción, se fue incrementando el número de etapas en los procesos de fabricación controlados de forma automática /1/.

La tecnología cableada no era muy adecuada para implementar sistemas de control complejos. Los elementos que la forman son electromecánicos (en el caso de los relés), lo cual implica un número limitado de maniobras (se rompen) y la necesidad de implantar logísticas de mantenimiento preventivo. En sistemas muy grandes era muy complicado realizar las conexiones entre cientos o miles de relés, lo que implicaba un enorme esfuerzo de diseño y mantenimiento y la probabilidad de avería era enorme.

Debido a las constantes modificaciones que las industrias se veían obligadas a realizar en sus instalaciones para la mejora de la productividad, se cambiaban los procesos de producción, por lo que cambiaba también el sistema de control y por tanto los armarios de maniobra tenían que ser cambiados, con la consiguiente pérdida de tiempo y el aumento del costo que ello producía /2/.

El desarrollo tecnológico que trajeron los semiconductores primero y los circuitos integrados después, intentó resolver el problema sustituyendo las funciones realizadas mediante relés por funciones realizadas con puertas lógicas.

Con estos nuevos elementos se ganó en fiabilidad y se redujo el problema del espacio, pero no

así la detección de averías ni el problema de mantenimiento. De todas maneras subsistía un problema: la falta de flexibilidad de los sistemas.

La historia del Controlador Lógico Programable comienza en 1968, cuando Ford y General Motors, preocupados por los elevados costos de los sistemas de control a base de relés de lógica cableada, comenzaron a trabajar con Digital en el desarrollo de un sistema de control que evitara estos inconvenientes, el resultado de la colaboración fue un equipo programado, denominado PDP-14, cuyo empleo no tardó en extenderse a otras industrias. Este equipo debía ser fácilmente programable, sin recurrir a los computadores industriales ya en servicio en la industria /3/.

A medio camino entre estos microcomputadores y la lógica cableada aparecen los primeros modelos de autómatas, también llamados controladores lógicos programables (PLC's). Limitados originalmente a los tratamientos de lógica secuencial, los Autómatas se desarrollaron rápidamente, y extendieron sus aplicaciones al conjunto de sistemas de control de procesos y de máquinas. En la actualidad existen PLC's que permiten automatizar a todos los niveles, desde pequeños sistemas mediante autómatas compactos, hasta sistemas sumamente complejos mediante la utilización de grandes redes de autómatas. Hoy día el PLC más pequeño es del tamaño de un simple relé.

Los resultados de una encuesta desarrollada por la revista Control Engineering en el mercado de la automatización norteamericano en Febrero del 2001 /4/, muestra que el equipamiento utilizado está mayormente constituido por Controladores Lógicos Programables (PLC's) empleándose en el 76 % de las aplicaciones.

Materiales y métodos

Características de la planta de tratamiento de agua

La instalación está diseñada para la producción de agua desmineralizada de alta calidad. Esta planta de tecnología Ósmosis Inversa de doble

etapa de desmineralización reúne las características de calidad deseada (Conductividad menor de 5 μ S/cm), de fácil asimilación, operación, fiabilidad, ahorra espacio, no emplea reactivo químico que son costoso y afectan el medio ambiente.

Utiliza un pre-tratamiento para la remoción de las sustancias sedimentables, un tratamiento intermedio para el intercambio iónico con resinas selectivas regeneradas, y un proceso a bi-osmosis inversa. Esta planta produce 3000 L de agua desmineralizada por hora, teniendo en cuenta que la jornada de trabajo es de 8 h, la planta produce diariamente

24 000 L de agua, los cuales son almacenados en un tanque con capacidad de 30 000 L, este tanque almacena el agua ya tratada para su posterior utilización en el proceso productivo de la fábrica /4/.

Requerimientos del funcionamiento de la Planta de Tratamiento de Agua

Para lograr un funcionamiento eficiente de esta planta y lograr una mayor productividad en el proceso de desmineralización de agua, se deben cumplir los siguientes parámetros /4/:

Tabla 1
Requerimientos de las membranas
y límites de funcionamiento

Presión operativa de ejercicio	bar	14 – 16
Presión máxima	bar	41
Temperatura máxima	°C	45
Condiciones operativas	pH	2,0 – 11,0
Condiciones de lavado (30 min máx.)	pH	1,0 – 12,0
Tolerancia al cloro	ppm	<0,1
Turbidez máx.	NTU	1

Tabla 2
Datos técnicos

Temperatura del fluido de alimentación	°C	23
Salinidad de entrada	mg/L	470
Caudal de alimentación	L/h	2 700
Caudal producido (permeado)	L/h	1 660
Caudal de descarga (concentrado)	L/h	1 000
Caudal de recirculación	L/h	300
Recuperación	%	60
Presión entrada 1° Etapa	bar	15,0
Presión salida 1° Etapa	bar	12,8
Presión salida 2° Etapa	bar	10,6
Presión entrada 3° Etapa	bar	11,0
Presión salida 3° Etapa	bar	9,9
Presión salida 4° Etapa	bar	8,8

Descripción de la planta de tratamiento de agua

El proceso de desmineralización del agua utiliza un pre-tratamiento para la remoción de las sustancias sedimentables, un tratamiento intermedio para el intercambio iónico con resinas selectivas regeneradas, y un proceso a bi-osmosis inversa. Estos procesos están compuestos por los siguientes elementos:

Pre-tratamiento de agua: está compuesto de una bomba de reenvío de agua (B1), un sistema de dosificación proporcional de hipoclorito de sodio, un filtro de cuarzo o arena (Filtro FS 700) a estratos diferenciados construido de acero al carbono cincado en caliente, un filtro a carbón activo (Filtro FC 400) utilizado para absorber el cloro residual construido de acero al carbono cincado en caliente y un sistema para el control del cloro libre (potencial redox).

Tratamiento intermedio: está compuesto por dos suavizadores los cuales "ablandan" el agua por el proceso de intercambio iónico, es decir, substituye o intercambia minerales duros (como calcio, magnesio, sílice, etcétera), por suaves (como sodio) a través de su carga eléctrica. El efluente atraviesa una cama de resina con carga iónica, removiendo los minerales contenidos en el fluido. Los suavizadores son también conocidos como descalcificadores o intercambiadores iónicos, su principal aplicación es para la remoción de iones de calcio y magnesio conocidos generalmente como componentes de dureza en el agua. Además tiene un filtro de seguridad de 5 micrones y un sistema de análisis que controla el efluente final por un conductímetro.

Bi-ósmosis inversa compuesta por dos circuitos separados con: bomba a alta presión (B2), cilindro de acero inoxidable para alojar las membranas a osmosis inversa, válvulas manuales para el control de los flujos del proceso de desmineralización y lavado de la planta, flujómetro en PVC del concentrado y el perneado, sistema de análisis y control de la calidad del efluente (conductímetro). Un sistema de dosificación para el producto anti-incrustante, instalado antes de la primera etapa de la bi-osmosis. Superado la pri-

mera etapa, el agua es almacenada en un tanque de acumulación de polietileno, luego el agua es bombeada a través de la bomba de alta presión (B3) hacia la segunda etapa de la bi-osmosis, a la salida se utiliza un sensor de pH para mantener un valor de pH neutro.

Además la planta cuenta con un circuito de lavado químico compuesto de un contenedor en polietileno para la preparación de la solución, una bomba de lavado (B4), un flujómetro en PVC para la determinación del caudal, un filtro a cartucho de 60 micrones y un sistema para el calentamiento de la solución.

El autómata que controla el proceso de desmineralización del agua, así como el proceso de lavado de la planta, recibe las señales de entrada provenientes de los distintos sensores de nivel, de conductividad, de temperatura, de pH, y de concentración de cloro.

Esta planta consta con los siguientes sensores de nivel: sensor de nivel mínimo (SNm1) del tanque de almacenamiento de agua proveniente del sistema de acueducto, sensores de nivel máximo (SNM2) y mínimo (SNm2) del tanque que almacena el agua que sale de la primera etapa de membranas o de osmosis (tanque de permeado). Consta además de un sensor de nivel máximo (SNM3) del tanque de almacenamiento final. Existen tres sensores de conductividad: un sensor de conductividad a la salida de la primera etapa de membranas (S.c1), otro sensor de conductividad a la salida de la segunda etapa de membranas (S.c2) para garantizar la calidad del agua producida.

Esta planta consta además de un sensor de temperatura (S.t), con el objetivo de medir la temperatura que garantice el buen funcionamiento de las membranas, la cual debe ser de 20 °C, la temperatura de estas membranas no debe superar los 25 °C ya que provocaría una dilatación en las mallas internas de éstas, lo cual permitiría el paso de las partículas y sales que puedan haber quedado del tratamiento anterior.

También tiene un sensor de pH (S.pH) a la entrada de la segunda etapa de membranas y un sensor de concentración de cloro (S.Cl) con el objetivo de que no se sobrepase la dosificación por encima de una parte por millón. En dependen-

cia del estado de cada uno de estos sensores, el autómatas encenderá o apagará las diferentes bombas que intervienen en el proceso, y activará o desactivará las ocho electroválvulas que son las encargadas de accionar las nemoválvulas correspondientes que permiten el paso o no del agua dentro de los filtros de arena y carbón.

El operador envía las señales de mando al autómatas, a través de la pizarra de control en la cual elige mediante los distintos selectores el proceso que quiere llevar a cabo, en modo manual o automático. Además le proporciona indicación visual y sonora ante cualquier problema durante el proceso de desmineralización del agua. De la correcta comprensión del proceso a controlar y su secuencia exacta de funcionamiento, depende la calidad de la automatización, por este motivo es de vital importancia que el esquema de control del proceso sea lo más flexible y eficiente posible.

Técnicas de control propuestas

A partir del análisis de las tendencias actuales y de las condiciones específicas del proceso bajo estudio, se propone la sustitución del esquema actual por un control del tipo on/off pues todas las señales de entrada y salida que manejará el autómatas son discretas. Se utilizará programación IEC61131 compatible en lenguaje de contactos o de escalera, para que el personal calificado de la fábrica pueda manipular a nivel de programación el autómatas que controla dicha planta. De esta forma no existirá la necesidad de contratar este servicio ante cualquier fallo en el proceso productivo y disminuirían las pérdidas de la fábrica. El primer resultado esencial de este estudio es la propuesta de sustituir el PLC que controla el proceso de tratamiento de agua de la fábrica.

Definida la estrategia de control a utilizar en esta propuesta, se está en condiciones de realizar la configuración del hardware específico de la aplicación. Se concibió como bloque de control el micro-PLC de Master K de gama baja serie K200S. Un módulo de entradas K3X-340S y dos módulos de salidas K3Y-201S. Con vistas a la integración del sistema se le incorporó un módulo de comunicaciones.

En este trabajo se llevará a cabo la programación y validación de la propuesta de control realizada, en un micro-PLC modelo VersaMax de la marca FANUC de General Electric, compatible con la norma referida, para su validación a nivel de laboratorio.

Con el nuevo esquema de control automático y programación de esta planta de tratamiento de agua, están creadas las condiciones para solucionar las actuales deficiencias tecnológicas del proceso de producción de agua desmineralizada.

Programación y validación de la solución

La programación del sistema de control se basa en PLC, propuesto para la planta de tratamiento de agua una vez obtenido el algoritmo de programación de la misma. Se utilizará como autómatas programable, un micro-PLC modelo VersaMax de la marca FANUC de General Electric.

Se emplea como lenguaje de programación el diagrama de escalera o de contactos, a través del software de programación Versapro en ambiente Windows. Para la validación, se implementará a nivel de simulación, la programación de los ciclos de control de los procesos de desmineralización y lavado general de la planta.

Programación del PLC para el control de la planta

Para la programación y validación de la propuesta de control realizada, se utilizó el micro-PLC VersaMax, ya que es el equipamiento con que se cuenta en el Laboratorio de Accionamiento de la Facultad de Ingeniería Eléctrica, de la Universidad de Oriente, donde se llevaron a cabo las pruebas de validación. Es necesario señalar que tanto el PLC propuesto a utilizar en la aplicación como el utilizado para realizar este trabajo son de características y configuración similares y sobre todo que ambos son compatibles con la Norma ICE 1131, lo cual garantiza que los resultados obtenidos permiten validar la propuesta que se realiza.

Para la programación se empleó el lenguaje de contactos, el cual tiene mucha similitud con los

diagramas eléctricos y es un lenguaje conocido por el personal calificado de la fábrica, lo que les permitirá además de darle mantenimiento al autómata, la interacción a nivel de programación, dando una rápida solución a cualquier fallo o necesidad de actualizar algún parámetro frente a cambios del sistema de control del proceso productivo.

Se utilizó para la programación el VersaPro, el cual es un software con ambiente de Windows, lo que hace más rápida y amigable la programación de cualquier proceso a controlar por parte del usuario. El editor de lenguaje de contactos del VersaPro, es un editor de estilo libre que deja al programador colocar los elementos en diferentes escalones, asignar nombres y direcciones cuando sea conveniente y luego chequear y compilar el programa de una vez, o bloque por bloque /5/. El editor también tiene características comunes de Windows tal como deshacer, copiar/pegar, arrastrar y soltar. En la ventana de trabajo del Versapro el usuario mediante el cursor, arrastra hacia el editor de diagramas de contactos, cada uno de los elementos que componen el programa, como por ejemplo los temporizadores, bobinas, contactos Normalmente Abiertos (NA) o Normalmente Cerrados (NC), etcétera, los cuales se encuentran en las barras de herramientas del software.

La programación se ha llevado a cabo en correspondencia con las necesidades concretas de la fábrica y en dependencia de las condiciones actuales que presenta dicha planta, con el objetivo de lograr una mayor eficiencia y productividad del proceso productivo.

El programa ha sido estructurado de la misma forma en que fue explicado el funcionamiento de los dos modos de trabajo de la planta, primeramente el proceso de desmineralización y luego el de lavado general; especificando en cada momento, el proceso que se está ejecutando, así como la identificación de todas las señales de entrada y salida en dependencia de la acción que realiza, de esta forma se logra una mejor comprensión del programa por parte del usuario.

Validación de la programación mediante la simulación

La validación del programa de control obtenido se llevó a cabo a través de la simulación del

mismo en la maqueta de simulación de procesos controlados por PLC, del laboratorio de Accionamiento Eléctrico, la cual consta del micro-PLC Versa-Max, una botonera de 8 pulsadores para las señales de entrada, relevadores estáticos de CD y de CA, contactores magnéticos, sensores inductivos e interruptores de límites de carrera.

Debido a que el autómata programado solo dispone de 16 entradas y 12 salidas digitales, se dividió el programa general en subprogramas, de esta forma a través del encendido y apagado de los diodos led correspondientes a cada entrada o salida del autómata, se pudo comprobar la correcta secuencia de funcionamiento del programa implementado.

El software VersaPro empleado, mediante la opción Check Block_MAIN (“Revisar Bloque Principal”), proporciona la opción de revisar el programa e informar al programador si ha cometido algún error de programación, como son la inserción de algún contacto sin nombre, así como algún bloque de función sin asignarle entradas o salidas, localizaciones de memoria y su longitud, etcétera.

Este programa de control constituye el resultado esencial de este trabajo, aunque es perfectible aún y debe ser adaptado a las restricciones del PLC que sea utilizado definitivamente en la aplicación industrial bajo estudio.

Análisis técnico-económico /6/

En cualquier trabajo es de vital importancia realizar un análisis técnico-económico para tener una idea de cuanto se ahorrará con la realización del mismo. Teniendo en cuenta que el agua desmineralizada, como materia prima en el proceso de fabricación de los rones, juega un papel fundamental, representando el 60 % del volumen total de la producción, la eficiencia de su producción es vital en el proceso tecnológico.

Actualmente en la Fábrica de Ron Caney, se emplea agua desmineralizada procedente de la Termoeléctrica Renté, la que se transporta en camiones cisternas con las posibles y reales dificultades causadas por la dependencia externa de suministro, específicamente: calidad, seguridad y costo.

La materialización de este trabajo conlleva la compra de un Micro-PLC de la marca Master K, para la sustitución del esquema de control automático de la planta, con valor aproximado de 300,00 CUC, por lo que la inversión para la ejecución del mismo se recupera en poco tiempo, de acuerdo a las ganancias de la empresa, conllevando a un ahorro sustancial para la misma, independientemente del impacto social que provoca la estabilización del proceso productivo, resultados obtenidos por la producción propia del agua.

Conclusiones

La importancia que reviste en estos momentos para el país la automatización con sistemas modernos de control de las operaciones de accionamientos y sistemas eléctricos, ha sido punto de partida para la elaboración de este proyecto de algoritmización y programación de la planta de tratamiento de agua de la Fábrica de Ron Caney de Santiago de Cuba.

Con el presente trabajo se ha obtenido una solución factible desde el punto de vista técnico y económico a las deficiencias tecnológicas y operacionales de la planta de tratamiento de agua de dicha fábrica consistentes en:

- La reelaboración del diagrama de flujo del sistema de control automático de las operaciones industriales de la planta.
- La selección del equipamiento básico para la sustitución del actual elemento esencial de control, consistente en la definición del tipo y prestaciones del PLC a utilizar.
- Se proponen soluciones tecnológicas a los problemas existentes mediante la programación del autómatas en un tipo de lenguaje asequible para que el personal calificado de la fábrica, para que puedan operar el mismo sin necesidad de contratar ese servicio y sin que se detenga la producción.
- La validación de estos resultados a nivel de simulación, que permiten solucionar los problemas que dieron origen a este estudio.

Recomendaciones

A pesar de que este trabajo aborda la solución al problema tecnológico actual de la Fábrica de Ron Caney de Santiago de Cuba, es prudente realizar las siguientes recomendaciones en aras de ampliar el espectro de las soluciones factibles.

- Es de vital importancia que la planta trabaje de forma continua con el objetivo de prolongar el tiempo de vida útil de las membranas, ya que cuando la planta está fuera de servicio se crean asentamientos e incrustaciones dañando las mallas internas que provoca el aumento de la conductividad del agua.

Desarrollar un proyecto de automatización de bajo nivel que incluya el sistema de control y supervisión remota de los procesos de producción de la planta de tratamiento de agua, de esta forma se podrá tener un registro más exacto de la producción de agua desmineralizada en cada jornada laboral.

Bibliografía

- 1 Colectivo de Autores, "Autómatas Programables, Fundamentos, Manejos, Instalación y Prácticas", Edición Revolucionaria, 1999.
- 2 CEDEÑO GÓMEZ Diego, "Estudio para la sustitución del esquema de control automático de las máquinas lavadoras y envasadoras de cuñetes en la Fábrica de Cerveza Hatuey", Tesis presentada en opción al Título Académico de Master en Ingeniería Eléctrica, Universidad de Oriente, Diciembre, 2007.
- 3 Revista Electrónica Unicrom, "Historia del Controlador Lógico Programable", [en línea], Julio, 2007. <www.unicrom.com/art_historia_PLC.asp>[Consulta: 25 febrero 2008].
- 4 Hydrocontrol S.r.l calle Monti Uralli 18-42100 Reggio Emilia <www.hidrocontrol.it>
- 5 Tutorial sobre Software de programación VersaPro, [en línea,] Intranet, http://eeserver/accionamiento_electrico/accionamiento2 <www.olmo.cnice.mecd.es/~jmarti50/automatas/auto.htm> [Consulta: 26 febrero 2008].
- 6 ULRICH, D. "Diseño y economía de los procesos de la ingeniería química", Nueva Editorial Interamericana S.A. de C.V. México, 1986.