

SISTEMA DE CONTROL AUTOMATICO DEL PROCESO DE LLENADO DE BOTELLONES DE AGUA EN LA PLANTA PURIFICADORA ECOAGUA

Gloria A. Ortiz Ch.¹, Marco A. Jurado L.²

¹Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Ambato, Ecuador, e-mail: gortiz2520@uta.edu.ec

²Universidad Técnica de Ambato, Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial Ambato, Ecuador, e-mail: marcoajurado @uta.edu.ec

Resumen:

En la presente artículo se muestra el desarrollo del sistema de control automático de llenado de botellones de agua, implementado en la máquina envasadora de agua tipo semiautomática, la cual se encontraba en un 80 por ciento obsoleto, presentando las siguientes fallas: atasco del mecanismo de la máquina, desgaste del sistema de tuberías de agua, inoperatividad de los componentes del sistema eléctrico y ausencia de un sistema de control sobre la máquina.

Inicialmente se realizó el mantenimiento correctivo en cada uno de los sistemas, e instalación de tuberías con su respectivo sistema de bombeo y la implementación de un sistema de control sensores y actuadores los cuales son controlados por un autómata programable y comandados mediante el tablero de control alojado en la máquina.

El sistema cuenta con una interfaz RS232/485 para la comunicación del PLC con el computador y viceversa, mediante la interfaz HMI desarrollada en Lavbiew se presenta el desarrollo de los procesos de envasado, así como el historial de producción.

La metodología del diseño se enfoca en aumentar el nivel de producción de agua purificada envasada reduciendo el tiempo en la ejecución de los procesos, evitando desperdicio de materia prima y garantizando la salud de los consumidores.

Palabras clave: Sistema, Control, Automatización, PLC, HMI, SCADA, Agua Purificada.

Abstract:

This article shows the development of the automatic water bottle filling control system, implemented in the semiautomatic water filling machine, which was 80% obsolete, presenting the following faults: the machine, discarding of the water pipe system, inoperability of the components of the electrical system and absence of a control system on the machine.

Initially corrective maintenance was carried out in each of the systems, and installation of pipes with their respective pumping system and the implementation of a control system sensors and actuators that are controlled by a programmable automaton and commanded by the control panel housed in the machine.

The system has an RS232 / 485 interface for the communication of the PLC with the computer and vice versa. Through the HMI interface developed in Lavbiew, the development of the packaging processes is presented, as well as the production history.

The design methodology focuses on increasing the production level of bottled purified water by reducing the time in the execution of the processes, avoiding waste of raw material and ensuring the health of consumers.

Keywords: System, Control, Automation, PLC, HMI, SCADA, Purified Water.

I. INTRODUCCIÓN

Las empresas nacionales en la actualidad cuentan con procesos de automatización y control sobre los cuales se han ido desarrollando de acuerdo al avance tecnológico, permitiendo que en la producción se tenga un mayor aprovechamiento de los recursos naturales, para fábricas como el acero, el cable, el papel, aluminio, cobre, etc. Estos procesos ayudan al mayor aprovechamiento de la producción

evitando el desperdicio de materia prima, los costes de fabricación, y mejorando la calidad y continuidad de los procesos para la elaboración de los productos, liberando al ser humano de tareas monótonas y peligrosas. [1]

En el presente proyecto de investigación se desarrolla el sistema de control automatico del proceso de llenado de botellones, con la finalidad de mejorar el tiempo en producción de envasado de agua y monitorear los procesos que se realizan en la máquina

envasadora de agua, el sistema consta de dos modos de operación modo remoto desde la interfaz alojada en la PC el operador puede controlar los componentes de los subsistemas asociados a los procesos de envasado, y de forma local se tiene que el operador acciona los componentes de la máquina y estos se los visualiza en la interfaz gráfica.

El presente proyecto se respalda en las diferentes pruebas realizadas durante y después de la implementación del sistema, los parámetros técnicos y las referencias del diseño a través de los siguientes artículos científicos.

El artículo científico sobre “Tecnologías para la automatización de procesos” se menciona que en las últimas décadas se viene dando un fuerte desarrollo de tecnologías del ámbito de la computación, de la electrónica y de métodos matemáticos de análisis. A través de una aplicación integrada de las mismas, se facilita el desarrollo de aplicaciones innovadoras, para la automatización de los procesos de producción. Estas nuevas tecnologías permiten complementar a las tradicionales y permiten reducir sustancialmente las inversiones en juego. [2] En el artículo “Desarrollo de un Sistema SCADA utilizando LABview y el Módulo DSC para una Planta de Nivel controlada por un Simatic S7-300 de Siemens” se expone el diseño de un sistema SCADA implementado en LABview utilizando el módulo DSC para la supervisión de las variables de control del nivel de un tanque controladas por un PLC Siemens. La comunicación del sistema SCADA con el autómatas se realizó por medio de la configuración de un servidor OPC, herramienta que se encuentra en el módulo DSC. Este diseño cuenta con una aplicación cliente para que acceder desde cualquier otro servidor OPC. Este tipo de investigación permitió integrar las variables de los elementos de control y manejo de variables OPC con Labview. [3]

En el artículo sobre “Human Machine Interface in Internet Of Things system” de Harpreet Singh Saini y R.D Daruwala, se proyecta diseñar un sistema de HMI con soporte de IOT de control de temperatura de un horno. La comunicación entre la HMI y los dispositivos de campo se realiza utilizando el protocolo de bus de campo Modbus TCP / IP. La información en tiempo real de los datos de temperatura y el estado de la válvula pueden ser monitoreados y controlados utilizando tanto el cliente remoto IOT como la pantalla HMI. Este artículo aportó con la comunicación de la maquina envasadora con la interfaz HMI. [4]

En el artículo sobre “Diseño de automatización de un sistema de agua potable a través de la tecnología zigbee.” Para la ejecución de este proyecto usaron dispositivos y equipos de fabricación DIGI, como el microcontrolador PIC18F877A, mediante la comunicación asíncrono de transmisión y recepción (UART) Universal Asynchronous Receiver – Transmitter), establecieron la comunicación entre el PLC y los dispositivos de control, para la configuración y programación escogieron el módulo XBee de la Serie 1 por su gran versatilidad y bajo coste en comparación a otros tipos de tecnologías, usaron el software

Labview acondicionándolo con los drivers, con la finalidad de disminuir los problemas de comunicación y asegurar el enlace con el modulo inalámbrico. [5]

“Monitoreo de nivel de agua en los tanques de la subestación azaya de la empresa EMAPA –I a través de una red inalámbrica basada en IEEE802.11 A”, proyecto que consiste en el desarrollo de un sistema de supervisión de nivel de agua, compuesto por una interfaz gráfica en computador, un dispositivo remoto de adquisición de datos y un sistema de comunicación con la ayuda del microcontrolador Atmega 324P realizaron la adquisición de los datos para enviarlos mediante radio enlace en frecuencia de 5.8 GHZ a una distancia aproximada de 3.8 km, luego de obtener los datos estos los procesaron mediante un software de agradable entorno gráfico, desarrollado en Labview lo que permitió que sea manipulado por el usuario para monitorear en tiempo real y poder realizar gráficos estadísticos. Así mismo, los datos adquiridos son almacenados en memoria para su posterior uso. [6]

“Automatización del proceso de retro-lavados de los filtros de la planta de tratamiento de agua e implementación de un sistema HMI para la planta de tratamiento de agua potable del gobierno autónomo descentralizado Municipal de LAGO AGRIO”, presenta el proceso de filtrado y cambio del sistema controlado por relés a un sistema controlado mediante un PLC S7200, para el monitoreo de los procesos y posibles fallas implementaron una interfaz HMI, la comunicación industrial lo realizaron mediante la interfaz PROFINET con los protocolos TCP/IP nativo, ISO-TCP y comunicaciones S7, como resultado de la investigación obtuvieron la reducción de costos de mantenimiento y operación con las ventajas de registrar datos, eventos y alarmas de manera automática y rápida a través de la red de campo implementada en el proceso de tratamiento de agua, reemplazando a los relés de tecnología discontinua, los cuales ya estaban fuera del mercado y pasaron a ser controlados por PLC. [7]

“Automatización de procesos de tratamiento de agua y mejora del SCADA de la planta de tratamiento PUENGASI – EPMAPS”, hacen referencia a los procesos de tratamiento de agua que dependen de varios factores, los cuales permiten la separación de toda clase de partículas del agua, el uso de la tecnología y el empleo de microcontroladores módulos inalámbricos, interfaz gráfica y comunicación con los procesos que intervienen en el sistema, vincularon todos los procesos en un solo SCADA, para el control remoto desde una interfaz HMI con datos reales y actuales de cada uno de los procesos. [8]

En artículo desarrollado sobre “Sistema Inalámbrico para el control y monitoreo de la planta de tratamiento de agua potable del Cantón Baños”. presenta las tres etapas para el diseño como son: captación, tratamiento y distribución cada etapa controlada por un PLC V5070, el mismo que recibe información de parámetros como nivel, caudal y turbidez del agua desde los sensores colocados en todo el sistema, dependiendo del valor de estos parámetros que envían los actuadores, el PLC envía la

información hacia las electroválvulas, las mismas que se abrirán o cerrarán en relación a las condiciones establecidas, cada PLC V5070 está conectado a una pantalla HMI la misma que permite visualizar de forma detallada el estado del sistema. [9]

En el artículo sobre “Automatización del proceso de llenado de galones de agua en la planta purificadora de agua” realizó el diseño y el acoplamiento del sistema de control en una maquina envasadora de agua purificada para los procesos de enjuague y envasado de agua, en el proceso de envasado de botellas implemento un sistema de control sobre los elementos existentes en la máquina para lo cual utilizo electroválvulas, sensores de nivel, controlados mediante el PLC.

Este sistema cuenta con una interfaz RS232/485 para la comunicación del PLC con el computador y viceversa. Esta comunicación realizo mediante el protocolo Freeport a través del puerto de comunicaciones COM21. La interfaz gráfica desarrollada en Microsoft Visual Studio 2008, en la parte correspondiente a la aplicación formas de ventanas, donde se visualizan el desarrollo del proceso de llenado y la estadística de producción. [10]

II. METODOLOGÍA

La metodología empleada en el presente proyecto es de tipo bibliográfica puesto que la información se fundamenta en documentos como libros, revistas, artículos científicos y publicaciones en la web, con el fin de mejorar, ampliar y profundizar diferentes perspectivas y manejo de conceptos de diferentes autores sobre el tema de investigación.

Investigación aplicada, permitió llevar a la práctica los conocimientos teóricos prácticos adquiridos, así como también la tecnología actual relacionada al tema, que apoya en la solución al problema planteado.

La investigación es de campo se desarrolló con el fin de levantar información necesaria para el desarrollo del proyecto, técnicas como la observación y entrevista las cuales permitieron el contacto directo al investigador con los requerimientos del sistema y recolectar información, además de someter al sistema a pruebas de funcionamiento en la planta purificadora ECOAGUA.

La investigación es de carácter experimental puesto que se manipularon los datos para la comprobación del funcionamiento del sistema de control automático del llenado de botellones, con el fin de explicar las ventajas en relación al proceso manual y que a futuro faciliten las tareas de supervisión, adquisición de datos, y control del proceso de llenado de botellones de agua purificada.

III. DESARROLLO

A. Condición actual de la maquina

La máquina envasadora de agua tipo semiautomática se encontraba inicialmente en un 80 por ciento obsoleto, presentado fallas: atasco del mecanismo de la máquina, desgase del sistema de tuberías de agua, inoperatividad de los componentes del sistema eléctrico y ausencia de un sistema de control sobre la máquina, por lo que el proceso de llenado de botellones de agua purificada lo realiza el operador pero de forma manual, la estructura de máquina se puede apreciar en la figura 1.



Figura 1: Estructura de la máquina envasadora de agua existente en la empresa

B. Análisis actual del sistema de control

La máquina envasadora de agua posee tres etapas: enjuague, llenado y tapado de envases, en la zona de enjuague se encuentra un pistón cruz de malta, dos bombas de agua para el sistema de agua fría y caliente, adicionalmente posee válvulas y válvulas de purga para cada sistema.

En el proceso de llenado posee un pistón brazo el cual es el encargado de accionar el mecanismo de empuje para mover el envase hacia la sección del llenado, en el proceso tapado tiene una banda transportadora para el desplazamiento de los envases, la estructura de máquina se puede apreciar en la figura 2.

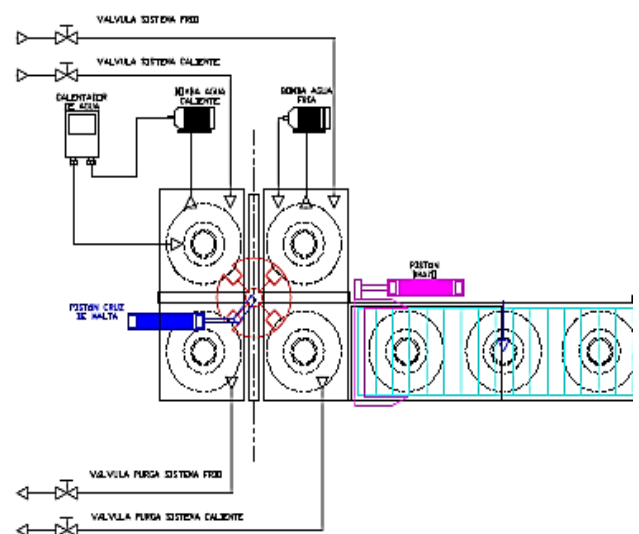


Figura 2: Diagrama esquemático de la maquina envasadora de agua.

C. Diagrama de Bloques del Sistema

El diagrama de bloques del sistema está conformado por las entradas de los sistemas de enjuague, envasado y encapsulado. Estas señales de los dispositivos de entrada a través de los mandos manuales del tablero de control activan los actuadores y estos a su vez envían datos al PLC, luego esta información es presentada a través de una interfaz gráfica para mayor comprensión del operador, como se ilustra en la figura 3

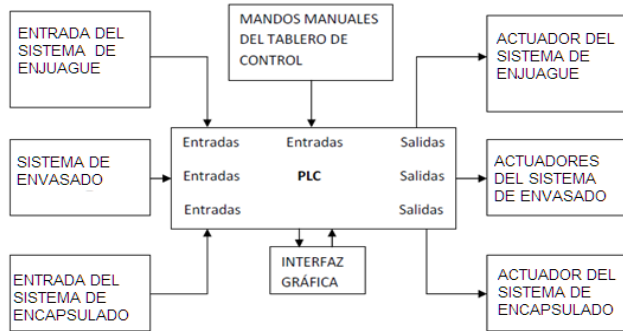


Figura 3: Diagrama de Bloques del Sistema

D. Dispositivos utilizados en la implementación

Los dispositivos electrónicos usados para el diseño del sistema de control de llenado de botellones de agua son: electroválvulas, motor reductor, guarda motores, relés, variador de frecuencia, plc, contactores, botoneras pulsadores se describen en la tabla 1.

Tabla 1: Dispositivos utilizados en la implementación

ITEM	DESCRIPCION	UNIDAD	CANTIDAD
1	Plc Flexlogics FL010	c/u	1
2	Variador de frecuencia WEG CFW300/1HP	c/u	1
3	Modulo fuente de alimentacion industrial riel din 220VCA-24VCD- 5AMP	c/u	1
4	Sensor capacitivo para detectar el nivel de agua	c/u	1
5	Motor reductor para activacion de la banda transportadora	c/u	1
6	Electrobombas para el sistema de enjuague	c/u	1
7	Contactor para proteccion de las electrobombas	c/u	1
8	Guarda motor para proteccion de las electrobombas	c/u	1
9	Breaker trifasico	c/u	1
10	Relay de activacion de las electrovalvulas	c/u	5
11	Electrovalvulas neumaticas (5vias/2posiciones)	c/u	1
12	Electrovalvulas neumaticas (3vias/2posiciones)	c/u	1
13	Bornera terminal conector industrial para riel din 60 AMP	c/u	1
14	Canaleta ranurada 10cmx10cm	cm	1
15	Tablero termico doble fondo 30 x60 x 20	c/u	1
16	Contactor industrial 60 AMP, bobina 220VCA	c/u	1
17	Electrovalvulas de 5/2 vias 220 VCA	c/u	1
18	Cable flexible #18	metros	1
19	Cable concentrico 4x12	metros	1
20	Manguera neumatica 1/8"	metros	1
21	Pulsadores simples contactos 2 NA	c/u	1
22	Pulsador hongo 40mm rojo	c/u	1
23	Pulsador doble con luz piloto 220VCA	c/u	1

E. Diseño del sistema de control

El sistema está diseñado para los procesos de enjuague, llenado y sellado de botellones de agua, con el accionamiento de los componentes de la maquina envasadora de agua.

El proceso de llenado de botellones de agua muestra las cuatro etapas que desarrollan para dicho proceso, la cual se aprecia en la Figura. 4

- ✓ Enjuague en caliente
- ✓ Enjuague en frio
- ✓ Etapa de llenado
- ✓ Etapa de tapado

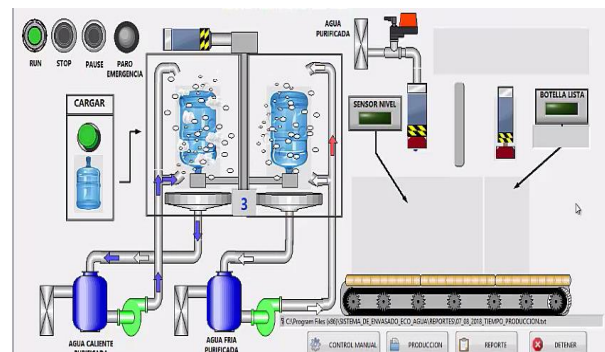


Figura 4: Diagrama del sistema de control de llenado de envases de agua

Enjuague en caliente

Inicialmente se tiene el ingreso de los envases en paletas del sistema de enjuague, luego la revisión del nivel de agua caliente, se coloca la botella en la ducha de agua caliente, seguidamente se activa la bomba de agua y empieza el tiempo para el lavado, luego se apaga esta bomba, se activa el pistón cruz de malta para para el enjuague en agua caliente.

Enjuague en frio

Los envases se trasladan hacia la zona de enjuague en frio, se activa la bomba de agua caliente para el tiempo de lavado una vez que se ha completado este ciclo se apaga la bomba de agua y luego se activa el pistón brazo, el mismo que se encarga del transporte del envase a la zona de llenado o envasado.

Etapa de llenado

Para esta etapa se activa la cinta transportadora hasta detectar el envase, la electroválvula de llenado se activa durante este tiempo, una vez que el envase se llena la electroválvula se apaga, se activa la banda transportadora detecta el envase lleno y lo transporta a la zona de tapado.

Etapa de llenado

Este proceso parte de la revisión de la cantidad de tapas disponibles, luego activa el pistón de tapado el mismo que requiere de un tiempo hasta realizar el proceso, luego este pistón se apaga. Finalmente el producto se traslada hacia la zona de producto terminado.

E. Implementación del sistema

En la parte frontal empotrado a la maquina se encuentran las conexiones de los equipos y dispositivos que controlan el

funcionamiento del sistema de enjuague, llenado y sellado de envases de agua purificada en la maquina envasadora, como se muestra en la figura 5.



Figura 5: Instalación de los componentes del tablero de control

Sistema de Comunicación

El servidor OPC hace de interfaz comunicando por un lado con una o más fuentes de datos y por otro lado con los clientes OPC, típicamente SCADA,HMI, en una arquitectura maestro esclavo, las comunicaciones entre el cliente OPC y el servidor OPC son bidireccionales, lo que significa que los clientes pueden leer y escribir en los dispositivos .

Bajo este criterio se crearon las variables de los componentes de la máquina de acuerdo al registro modbus del Plc, para utilizarlos en la interfaz de labview, como se ilustra en la figura 6.

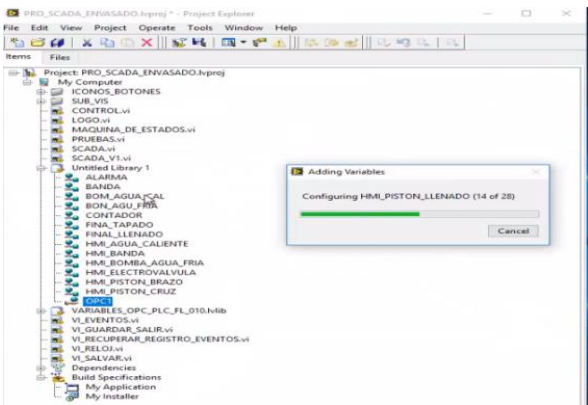


Figura 6: Comunicación del sistema

F. Ajustes y calibración del sistema

Para realizar los ajustes de sistema en la parte neumática la presión se debe mantenerse en 4 bares para el desempeño adecuado de los pistones, en la parte eléctrica el variador de frecuencia esta calibrado para trabajar a 10 Hz para desplazamiento apropiado de la banda trasportadora. La activación del modo de operación de la máquina de forma

local o remota se realiza desde el tablero de control. En el modo local el operador a través del tablero de control ejecuta el proceso de envasado, en modo remoto controla desde la interfaz alojada en la PC el accionamiento de los componentes de la máquina.

IV. P R U E B A S Y RESULTADOS

El análisis de resultados mediante la forma de envasado manual y automático permite establecer la relación de tiempo que se llevan en realizar el proceso de envasado de agua purificada, entonces se procedió a tomar datos de los procesos mediante el cronometro de la computadora Marca: ACER, como se indica en la figura 7.



Figura 7: Cronometro para la toma de datos del sistema de llenado de botellones de agua

El tiempo de envasado de agua se consideró desde el proceso de enjuague hasta el tapado, en intervalos de quince minutos en diferentes horas, como se muestran en la tabla 2.

Tabla 2: Tiempo de envasado de botellones de agua de forma automática

TIEMPO DE ENVASADO AUTOMATICO DE BOTELLONES DE AGUA								
MUESTRAS N	FECHA	HORA	E. ENGUAJE	E. LLENADO	E .TAPADO	E .P.TERM	T. sistema	T. sistema
			h/m/s	h/m/s	h/m/s	h/m/s	h/m/s	(Seg)
1	02/07/2018	9:00:00	0:01:08	0:01:20	0:00:02	0:00:02	00:02:32	152
2	02/07/2018	9:15:00	0:01:10	0:01:19	0:00:02	0:00:02	00:02:33	153
3	02/07/2018	9:30:00	0:01:09	0:01:18	0:00:02	0:00:02	00:02:31	151
4	02/07/2018	9:45:00	0:01:11	0:01:17	0:00:02	0:00:02	00:02:32	152
5	02/07/2018	10:00:00	0:01:07	0:01:18	0:00:02	0:00:02	00:02:29	149
6	02/07/2018	10:15:00	0:01:12	0:01:20	0:00:02	0:00:02	00:02:36	156
7	02/07/2018	10:30:00	0:01:12	0:01:18	0:00:02	0:00:02	00:02:34	154
8	02/07/2018	10:45:00	0:01:11	0:01:17	0:00:02	0:00:02	00:02:32	152
9	02/07/2018	11:00:00	0:01:10	0:01:19	0:00:02	0:00:02	00:02:33	153
10	02/07/2018	11:15:00	0:01:12	0:01:20	0:00:02	0:00:02	00:02:36	156
11	02/07/2018	11:30:00	0:01:10	0:01:21	0:00:02	0:00:02	00:02:35	155
12	02/07/2018	11:45:00	0:01:08	0:01:20	0:00:02	0:00:02	00:02:32	152
13	02/07/2018	12:00:00	0:01:12	0:01:22	0:00:02	0:00:02	00:02:38	158
14	02/07/2018	12:15:00	0:01:12	0:01:19	0:00:02	0:00:02	00:02:35	155
15	02/07/2018	12:30:00	0:01:11	0:01:20	0:00:02	0:00:02	00:02:35	155
16	03/07/2018	14:00:00	0:01:12	0:01:19	0:00:02	0:00:02	00:02:35	155
17	03/07/2018	14:15:00	0:01:14	0:01:22	0:00:02	0:00:02	00:02:40	160
18	03/07/2018	14:30:00	0:01:10	0:01:21	0:00:02	0:00:02	00:02:35	155

Luego de realizar la toma de muestras en intervalos de quince minutos, durante cinco días se realiza el análisis comparativo de la forma de envasado manual versus envasado automatico, para establecer dicha relación se consideró el análisis por envase es decir que tiempo se lleva el operador realizando el proceso de envasado manual y que tiempo se lleva utilizando el sistema.

Envasado manual

El tiempo de envasado manual se contabiliza desde que operador inicia con el proceso de enjuague.

$$t.e.m_{(1\ envase)} = tiempo\ de\ enjuague + tiempo\ llenado + ttapado + t.prod.t \ (1)$$

$$t.e.m_{(1\ envase)} = 00:01:40 + 0:01:25 + 0:00:04 + 0:00:03$$

$$t.e.m_{(1\ envase)} = 0:03:12$$

Tiempo de envasado de forma automática

El tiempo de envasado automatico se contabiliza desde que el operador presiona el botón de carga en la máquina.

$$t.e.a_{(1\ envase)} = tiempo\ de\ enjuague + tiempo\ llenado + ttapado + t.prod.t$$

$$t.e.a_{(1\ envase)} = 00:01:11 + 00:1:20 + 00:00:02 + 00:00:02$$

$$t.e.a_{(1\ envase)} = horas/minutos/segundos$$

$$t.e.a_{(1\ envase)} = 0:02:35$$

En la forma automática el sistema permite obtener una ganancia de 37 segundos en relación al modo manual, este tiempo en proceso de producción contribuye a mejorar el desempeño de la empresa.

En el proceso de enjuague de forma automática libera de carga laboral al operador, aporta a la disminución de contaminación por la repetitiva intervención del hombre.

En el proceso de llenado de forma automática el sistema evita el desperdicio de materia prima, puesto que el sensor capacitivo detecta el nivel del envase y detiene el proceso de llenado.

En el proceso de tapado el operador debe colocar las tapas en el dispensador y asegurarse que los envases sean del mismo tamaño para que se encapsulen sin dificultad, de forma manual el operador debía darle un pequeño golpe con un martillo para sellar la tapa.

A futuro se puede añadir también el sistema de lavado de forma automática haciendo uso de la esta máquina envasadora de agua que contiene los procesos de enjuague, llenado y sellado de envases de agua.

Análisis de fallas

El análisis de fallas permitió revisar la operatividad de la máquina envasadora de agua a través del comportamiento de los componentes de cada subsistema y evaluar las correcciones que se debían realizar sobre dichos componentes, como se aprecia en la tabla 3.

Tabla 3: Historial de fallas del sistema

Historial de fallas del sistema											
SISTEMA	COMPONENTES DE LOS SISTEMAS	FECHAS /NUMERO DE VECES									
		18/06/2018	19/06/2018	20/06/2018	21/06/2018	22/06/2018	23/06/2018	26/06/2017	27/06/2018	28/06/2018	29/06/2018
LAVADO	PISTON CRUZ DE MALTA - CARGA DE ENVASES	8	7	3	1	0	0	0	0	0	19
	ACTIVACION DE LA BOMBA DE AGUA CALIENTE	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
	PALETAS DE LA CAMARA DE DUCHAS	2	1	0	0	0	0	0	0	0	3
LENADO	PISTON DEL BRAZO	10	8	7	7	7	0	0	0	0	39
	ACTIVACION BANDA TRANSPORTADORA	10	9	8	8	5	2	1	0	0	43
	ACTIVACION PISTON DE LLENADO	3	2	2	0	0	0	0	0	0	7
TAPADO	ACTIVACION PISTON DE TAPADO	3	2	1	0	0	0	0	0	0	6
	TOTAL	37	29	21	16	12	2	1	0	0	118
		115					3				
PORCENTAJE		97,45%					2,52%			100 %	

Según el historial de fallas analizadas desde el día 18 de junio al 29 del mismo mes se registró 118 veces el sistema en conjunto es decir desde el proceso de enjuague, llenado y tapado de envases de agua purificada estos días de evaluación se consideró previos a la toma de muestras en la fechas del 02 de julio al 5 de julio, el número de fallas ponderadas en un rango de 1 a 10, el diez como mayor falla y el 2 como mínima falla, los valores totales de las cinco primeras fallas suman 115 más las cinco columnas de menor número de fallas suman 3, las 118 fallas representan el 93% de mayoritarias y las 3 fallas representan el 2.52% representa fallas mínimas.

Sobre estas fallas se realizó acciones de corrección en cada componente de los sistemas, y en los más complejos se vio la necesidad de reemplazarlos por nuevos, debido a su inoperatividad como se detalla en la tabla 4.

Tabla 4: Acciones Correctivas

SISTEMA	FALLA	ACCIONES CORRECCION	DE
LAVADO	Atasco en el sistema mecánico del pistón cruz de malta	Calibración de los topes de la cruz Reemplazo del resorte de presión del mecanismo de la cruz de malta Reparación de la uña del trinquete	
	Atasco en las paletas de la cámara de duchas	Maquinado de la base del porta botellón en acero inoxidable con protector maquinado del teflón	
LLENADO	Atasco del pistón del brazo encargado de mover los envases desde la cámara de duchas hacia la parte del llenado.	Reemplazo del pistón del brazo	
	Atasco de la banda trasportadora impidiendo el deslizamiento continuo de los envases	Mantenimiento correctivo de banda transportadora	
	Movimiento brusco del pistón de llenado que maltrataba el envase	Colocación de válvula estranguladora	
TAPADO	Movimiento brusco del pistón de llenado que maltrataba el envase	Colocación de válvula estranguladora	

Las acciones realizadas sobre dichos componentes permiten garantizar la operatividad de la máquina envasadora de agua purificada y verificar el tiempo de llenado por envase es óptimo.

Luego de efectuar las acciones correctivas se verifico todo el sistema para garantizar la operatividad del mismo en todos sus componentes, como se ilustra en la Figura 8

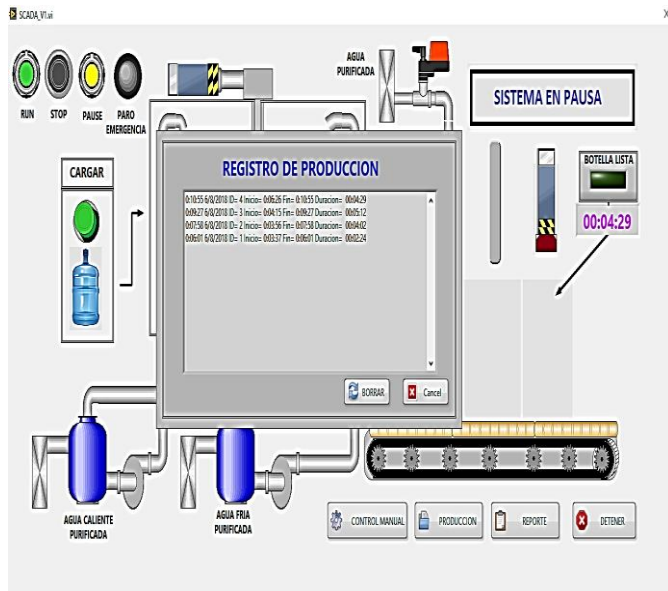


Figura 8: Registro de producción del sistema

V. CONCLUSIONES

- ✓ El análisis del proceso de llenado de botellones de agua en la planta purificadora de forma manual realizada por el operador y de forma automática mediante la máquina envasadora de agua, permitió establecer la relación de tiempo de envasado por una unidad, en la forma manual es de 3 minutos y 11 segundos en tanto que de forma automática se llevó 2 minutos con 35 segundos, lo que indica que la implementación proporciona mejoras en el tiempo de llenado es de 1:01:40 segundos.
- ✓ Según detalles estadísticos de la planilla de consumo de agua de los últimos tres meses indica que se ha consumido 3000 m³ cúbicos de agua, y con el sistema implementado se ha reducido a diez metros cúbicos, en el proceso de enjuague que en producción representa una ganancia significativa puesto que es aprovechada para incrementar la materia prima a ser procesada.
- ✓ El diseño del sistema de control del proceso de llenado de botellones de agua se adaptó a la estructura de cada subsistema permitiendo acoplar los sistemas de enjuague, llenado y sellado en la maquina envasadora, reduciendo en un 60 por ciento los recurso económico en la implementación frente a la adquisición de una maquina nueva.
- ✓ La implementación del sistema de control de llenado de botellones de agua en la máquina envasadora disminuye en un 80 por ciento la intervención directa del operario puesto que el lavado lo realiza el operador lo que

constituye un 20 por ciento sobre el proceso de envasado, es así que se incrementa el grado de esterilidad en el proceso de producción.

VI. RECOMENDACIONES

- ✓ Para conservar el tiempo de llenado de botellones de agua se recomienda al operador de la Planta de Tratamiento de agua ECOAGUA mantenga operativo el sistema implementado en la maquina envasadora de agua.
- ✓ Con la finalidad de aprovechar el agua purificada que se desecha en el proceso de enjuague, se recomienda al propietario de la planta almacenar en un tanque adecuado, para que se pueda reutilizar para otros fines como instalaciones sanitarias o regadío de plantas, optimizando la materia prima.
- ✓ Se recomienda al Propietario de la planta no desechar los equipos que posee por falta de mantenimiento o que estén obsoletos, puesto que a través de la reingeniería se puede operativizarlos.
- ✓ Para reducir en su totalidad el riesgo de contaminación, se recomienda al Propietario de la planta se considere a mediano plazo la automatización completa de todo proceso de producción de botellones de agua envasada desde el proceso del lavado.

REFERENCIA

- [1] M. G. Lagarreta, El Agua, Mexico: Fondo de la cultura economica
[online]Available:https://books.google.com.ec/books?id=Omnmv6A0e_sC&printsec=frontcover&dq=que+es+el+agua&hl=es&sa=X&ved=0ahUKEwi-7bbKkObdAhUMvIMKHSEwA6kQ6AEIPjAE#v=onepage&q=que%20es%20, 2012.
- [2] J. Vilaboa, Tecnologias para la automatizacion de proceso, Chile :
<https://scielo.conicyt.cl/pdf/rfacing/v12n1/art05.pdf, 2004>.
- [3] J. y. A. Rincón, Desarrollo de un Sistema SCADA utilizando LABview y el Módulo DSC para una Planta de Nivel controlada por un Simatic S7-300 de Siemens, España: Escuela Tecnica de Ingenieria Bilbao., 2008.
- [4] H. S. S. a. R. D. Daruwala, Human Machine Interface in internet of the thing systems, Pune: International Conference on Computing Communication, 2016, pp. 1-6.
- [5] C. D. Ali Xavier Iturriago, “Automatización de un Sistema de suministro de agua potable a través de la tecnología zigbee”, Colombia: Universidad de Pamplona, [online]Available:
http://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIG/home_15/recurColombia, Abril, 2012.
- [6] C. V. GRANJA, «Monitoreo en los tanques de subestacion azaya de la empresa emapa-i a traves de una red inalambtrica basada en el iee11a», Ibarra: Universidad

Tecnica del Norte Available: Available <http://repositorio.utn.edu.ec/handle/123456789/1950> ., 2013.

- [7] F. S. D. G. Washington Freire, «“Automatización del proceso de retro-lavados de los filtros de la planta de tratamiento de agua e implementación de un sistema HMI para los procesos de filtrado y retro-lavado para la planta de tratamiento de agua potable,» Universidad De Las Fuerzas Armadas Available:<https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/8868/1/T-ESPEL-EMI-0264.pdf>, LATACUNGA, 2014.
- [8] D. M. Z. A. Gustavo Patricio Vascones Endara, Automatización de procesos de tratamiento de agua y mejora del SCADA de la planta de tratamiento PUENGASI –EPMAPS”, Sangolqui -Quito: Universidad de las Fuerzas Armadas "ESPE" Avaliable: <https://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/11342/1/T-ESPE-053046.pdf>, 2016.
- [9] L. E. Chico, Sistema Inalambrico para el control y monitoreo de la planta de tratamiento de agua potable del Canton Baños, Ambato: Universidad Tecnica de Ambato, Available http://repo.uta.edu.ec/bitstream/123456789/8602/1/Tesis_t960ec.pdf, 2015.
- [10] M. E. C. Torres, Automatizacion del proceso de llenado de galones de agua en la planta purificadora de agua, Quito: Escuela Politecnica Nacional, <http://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/6666/1/CD-5062.pdf>, 2013.