



**UNIVERSIDAD ESTATAL
PENÍNSULA DE SANTA ELENA**

**FACULTAD DE SISTEMAS Y
TELECOMUNICACIONES**

CARRERA DE ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

TRABAJO DE TITULACIÓN

PROPUESTA TECNOLÓGICA, PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE:

INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES

**“IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA DE LAVADO DE
BOTELLONES DE AGUA PARA MEJORAR EL SUMINISTRO DEL
DESINFECTANTE “**

AUTOR

DE LA CRUZ POZO LUIS ENRIQUE

PROFESOR TUTOR

ING. ELSY VILLAMAR GARCÉS, MGTR.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2019

AGRADECIMIENTO

A nuestro Padre celestial por darme fuerzas para seguir adelante, a no desmayar ante las adversidades que se presentaron en la vida universitaria, gracias porque me da la oportunidad de crecer en una nueva etapa profesional.

A mi padre terrenal por enseñarme su disciplina y carácter, a sobrellevar los retos de cada día, a mi madre, ella quien me ha enseñado a recibir las cosas con humildad y gratitud, a mi esposa por ser paciente, a mis hermanos y amistades que siempre me daban ánimo para no abandonar este camino.

Mis princesas, que son el pilar principal para seguir luchando cada día y demostrar que con esfuerzo y perseverancia se puede lograr alcanzar tus objetivos.

Al equipo docente, que formaron parte del crecimiento académico en la vida universitaria, A mi tutora por su paciencia y gran aporte profesional en la culminación de este proyecto, así como a mis amigos de aula, que fueron el apoyo diario para crecer y aprender día a día.

“No te limites, porque con esfuerzo y dedicación tendrás recompensas, no abandones las oportunidades que te da la vida.”

Luis Enrique De La Cruz Pozo

APROBACIÓN DEL TUTOR

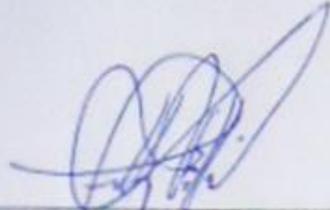
En mi calidad de Tutora del trabajo de titulación denominado: **“Identificación y control del sistema de lavado de botellones de agua para mejorar el suministro del desinfectante”**, elaborado por el estudiante **De la Cruz Pozo Luis Enrique**, de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, me permito declarar que luego de haber orientado, estudiado y revisado, la apruebo en todas sus partes y autorizo al estudiante para que inicie los trámites legales correspondientes.

La Libertad, 7 de marzo de 2019

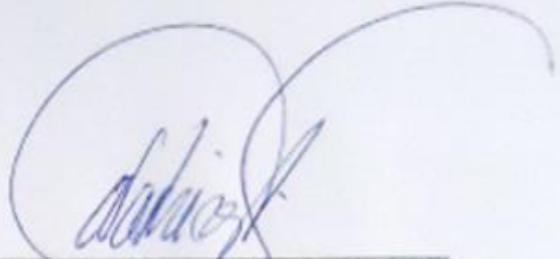


Ing. Elsy Villamar Garcés, Mgtr.

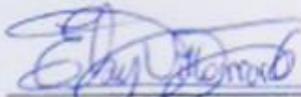
TRIBUNAL DE GRADO



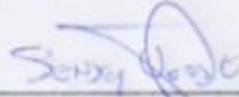
Ing. Freddy Villao Santos, MSC
DECANO DE LA FACULTAD



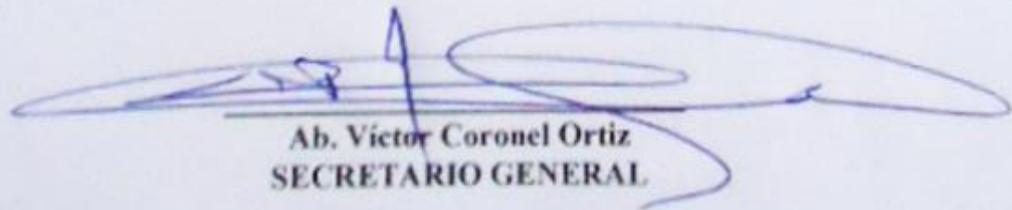
Ing. Washington Torres Guin, MSC.
DIRECTOR DE LA CARRERA



Ing. Ely Villamar Garcés, Mgtr.
PROFESOR TUTOR



Ing. Sendey Vera González, MACI
PROFESOR DE ÁREA



Ab. Víctor Coronel Ortiz
SECRETARIO GENERAL

RESUMEN

Con la finalidad de obtener beneficios que favorezca a empresas de agua purificada, el presente proyecto tiene como propósito mejorar uno de los procesos para el envasado de agua, como lo es el lavado de los botellones de 20 litros, esto consistirá en disminuir el consumo del desinfectante en un tiempo determinado.

Cumplir esta finalidad requiere del uso de equipos con tecnología en donde se pueda aplicar medición, adquisición de datos y control de procesos. Para ello se debe realizar, en primer lugar, la identificación del proceso, que se la obtiene usando el equipo detector de señal (sensor), permitiendo adquirir los datos en las pruebas correspondientes.

La lectura de datos se almacena en un archivo que será previamente procesado, esto es usando un lenguaje de programación industrial, así como también el uso del software laboratorio de matrices (Matlab), de esta manera se obtiene información necesaria para poder diseñar el controlador, mostrando la cantidad indicada del flujo del desinfectante para este proceso.

Para la ejecución se montará una estructura compuesta por tubos estructurales cuadrados de material galvanizado, estos serán soldados en dimensione de 1m de alto X 35cm de ancho, de manera que queden fijos sobre el nivel del suelo. Los botellones serán ubicados 90° en dirección hacia abajo situados en los soportes diseñados para el proceso lavado.

El presente proyecto se desarrolla en capítulos específicos, en donde el primero consta de la dinámica del proceso y la manera de mejorar el proceso de lavado, para ello se realizó visitas a diversas plantas de la provincia. El segundo capítulo está basado en información sobre tecnología aplicada en procesos industriales, fuentes direccionadas al proceso de lavado. El tercero estará establecido con el desarrollo, pruebas y resultados obtenidas con el hardware en tiempo real.

Finalmente se comprueba que el método utilizado para este proceso, es mejorado considerablemente, se logra demostrar que el desinfectante puede usarse en cantidades específicas y no desperdiciar como se lo realiza en procesos manuales.

ABSTRACT

In order to obtain benefits that favor purified water companies, this project aims to improve one of the processes for water packaging, as is the washing of 20-liter bottles, this will reduce the consumption of water. disinfectant in a certain time.

Fulfilling this objective requires the use of equipment with technology where measurement, data acquisition and process control can be applied. To do this, the identification of the process must first be done, which is obtained using the signal detector equipment (sensor), allowing the acquisition of the data in the corresponding tests.

The reading of data is stored in a file that will be previously processed, this is using an industrial programming language, as well as the use of matrix lab software (Matlab), in this way you get necessary information to design the controller, showing the indicated amount of the disinfectant flow for this process.

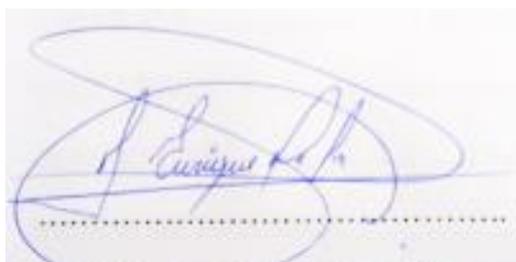
For the execution a structure composed of square structural tubes of galvanized material will be assembled, these will be welded in dimensions of 1m high X 35cm wide, so that they are fixed above ground level. The bottles will be located 90 ° downwards located in the supports designed for the washing process.

The present project is developed in specific chapters, where the first consists of the dynamics of the process and the way to improve the washing process, for which visits were made to various plants in the province. The second chapter is based on information on technology applied in industrial processes, sources directed to the washing process. The third will be established with the development, tests and results obtained with the hardware in real time.

Finally, it is verified that the method used for this process is considerably improved, it is possible to demonstrate that the disinfectant can be used in specific quantities and not to waste as it is done in manual processes.

DECLARACIÓN

El contenido del presente Trabajo de Graduación es de mi responsabilidad; el patrimonio intelectual del mismo pertenece a la Universidad Estatal Península de Santa Elena



Luis Enrique De La Cruz Pozo

CONTENIDO

AGRADECIMIENTO	II
APROBACIÓN DEL TUTOR.....	III
TRIBUNAL DE GRADO	IV
RESUMEN.....	V
ABSTRACT	VI
DECLARACIÓN	VII
CONTENIDO.....	VIII
ÍNDICE DE FIGURAS	XIII
ÍNDICE DE TABLAS	XVI
LISTA DE ANEXOS	XVII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I.....	3
1 FUNDAMENTACIÓN	3
1.1 ANTECEDENTES:.....	3
1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:.....	5
1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO:.....	7
1.4 JUSTIFICACIÓN:	7
1.5 ALCANCE:	8

1.6 METODOLOGÍA:	8
1.7 RESULTADOS ESPERADOS:	9
CAPÍTULO II	10
2. LA PROPUESTA.....	10
2.1 MARCO CONTEXTUAL	10
2.2 MARCO CONCEPTUAL.....	11
2.2.1 IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS	11
2.2.2 FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA	12
2.2.3 CONTROLADORES DE PROCESOS	14
2.2.4 PID	14
2.2.5 LENGUAJES DE PROGRAMACIÓN.	14
2.2.6 PROGRAMACIÓN INDUSTRIAL.	14
2.2.7 DISPOSITIVOS DE MEDICIÓN	16
2.2.8 SENSORES DE FLUJO.....	16
2.2.9 PLCS	17
2.2.10 VARIADORES DE FRECUENCIAS	17
2.2.11 BOMBA CENTRIFUGA AC	17
2.2.12 INTERFAZ HOMBRE- MÁQUINA (HMI)	17
2.3 MARCO TEÓRICO	18
CAPÍTULO III	20
3.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	20
3.1.1 COMPONENTES DE LA PROPUESTA.....	20
3.1.1.1 COMPONENTES FÍSICOS:	20
3.1.1.2 PLC SIEMENS (S7 1200).....	20
3.1.1.3 PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN MODBUS	22

3.1.1.4 SENSOR DE FLUJO DE AGUA DE 1/2" YF-S201.....	23
3.1.1.5 VARIADOR DELTA VFD-EL	25
3.1.1.6 BOMBA CENTRÍFUGA THEBE TH-16NR 1/2HP 3F.	27
3.1.1.7 CONVERTOR DE PULSO.....	29
3.1.2 COMPONENTES LÓGICOS	30
3.1.2.1 TOTALLY INTEGRATED AUTOMATION (TIA PORTAL V14)	30
3.1.2.2 MATRIX LABORATORY (MATLAB)	31
3.1.2.3 DOPSOFT	31
3.1.2.4 FREECAD.....	32
3.1.2.5 LIVEWIRE Y PCB WIZARD	33
3.2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA.....	33
3.2.1.1 DISEÑO Y MONTAJE DE LA ESTRUCTURA.....	33
3.2.1.2 DISEÑO E IMPRESIÓN DEL SOPORTE PARA EL BOTELLÓN.	34
3.2.1.3 COMUNICACIÓN VFD-EL Y PLC.....	36
3.2.1.4 CIRCUITO DE ALIMENTACIÓN PARA EL SENSOR Y CONVERTOR DE PULSO.....	36
3.2.2 CONFIGURACIÓN DE PARÁMETROS DEL VARIADOR VFD-EL PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS.....	39
3.2.3 IDENTIFICACIÓN DE LA FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DE LA BOMBA CENTRÍFUGA PARA EL DISEÑO DEL CONTROLADOR.....	40
3.2.3.1 VALORES DE ENTRADA Y SALIDA DEL SISTEMA.....	40
3.2.3.2 DIAGRAMA DE FLUJO PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS.....	41
3.2.3.3 PROGRAMACIÓN DE MARCHA O PARE DEL SISTEMA.....	42
3.2.2.2 PROGRAMACIÓN DEL PLC PARA LA ADQUISICIÓN DE DATOS ..	43

3.2.3.4 PROGRAMACIÓN PARA OBTENER DATOS DEL VARIADOR VFD- EL.....	45
3.2.3.5 PROGRAMACIÓN DEL PLC PARA LA LECTURA DE DATOS DEL SENSOR DE FLUJO.	47
3.2.3.4 OBTENCIÓN DE LA FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA DEL PROCESO DE LAVADO EN MATLAB	51
3.2.4 DISEÑO DEL CONTROLADOR PID.....	54
3.2.4.1 DISEÑO DEL CONTROLADOR PID EN MATLAB.....	55
3.2.4.1 DISEÑO DEL CONTROLADOR PID EN TIA PORTAL	56
3.2.5 DESARROLLO DEL PROYECTO EN HMI	57
CAPÍTULO IV	60
PRUEBAS.....	60
CALIBRACIÓN DEL SENSOR DE FLUJO PARA LA LECTURA DE DATOS	60
PRUEBAS REALIZADAS PARA LAS ESTIMAR LA FUNCIÓN DE TRANSFERENCIA	61
PROGRAMACIÓN DEL PID PARA LA ADQUISICIÓN DE PARÁMETROS DEL CONTROLADOR.....	64
PRUEBAS REALIZADAS CON EL INTERFAZ HOMBRE- MAQUINA	65
COSTO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA.....	67
RESULTADOS.....	68
CONCLUSIONES	70
RECOMENDACIONES	71
BIBLIOGRAFÍA.....	72
ANEXOS.....	76

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Recipiente para lavado manual de botellones: SIE importaciones	4
Figura 2 Sistema de lavado de botellones: CIP químicos	5
Figura 3 Ubicación de las Instalaciones del laboratorio de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la UPSE	10
Figura 4 Estructura del proceso de lavado para botellones de agua.....	11
Figura 5 Esquema de Identificación para la creación de modelos matemáticos	11
Figura 6 Respuesta del sistema de primer orden: dademuchconnection.wordpress.com	13
Figura 7 Instrucciones lógicas FUP: http://www.autracen.com	15
Figura 8 Principales instrucciones en el lenguaje KOP: http://www.autracen.com .	15
Figura 9 Instrucciones en lenguaje AWL: http://www.autracen.com	15
Figura 10 Principales instrucciones en S7- SCL: http://www.autracen.com	16
Figura 11 Sentencias en bloques en el lenguaje S7- GRAPH: http://www.autracen.com	16
Figura 12 Puertos de conexión del controlador S7-1200 para el proceso de lavado	21
Figura 13 Módulo CM 1241RS422/ 485 para el protocolo MODBUS	23
Figura 14 Sensor de flujo YF- S201 para adquisición de datos	24
Figura 15 Descripción general del Variador Delta VFD-EL para el arranque de la bomba.....	26
Figura 16 Estructura interna del Variador Delta VFD-EL: manual del variador.....	27
Figura 17 Bomba centrífuga THEBE para extracción y bombeo de la planta.....	28
Figura 18 Conversor de señal de pulso a 4 -20 mA. TCS Industrial [29].....	29
Figura 19 Portal del Totally Integrated Automation PORTAL V14 para la programación del PLC	30
Figura 20 Portal MATLAB para la Identificación y diseño del controlador mediante simulación	31
Figura 21 Portal del Software DOPSoft para el diseño de la propuesta en HMI.....	32
Figura 22 Software para el diseño del soporte del botellon	32

Figura 23 Esquema del desarrollo de la propuesta para el proceso del lavado	33
Figura 24 Estructura física del proceso de lavado.....	34
Figura 25 Diseño en 3D para el soporte de los botellones	35
Figura 26 Soporte para el lavado de botellones impreso en 3D.....	35
Figura 27 Diseño de conexión para la comunicación MODBUS entre los puertos RJ45 – DB9	36
Figura 28 Circuito para alimentación del sensor y conversor de pulso.....	38
Figura 29 Diagrama de flujo para la lectura de datos del sensor	41
Figura 30 Programación para inicio y pare de la planta.....	42
Figura 31 Pare del sistema del proceso de lavado.....	43
Figura 32 Ventana de búsqueda de dispositivos conectado en la plataforma TIA Portal	44
Figura 33 Asignación de la dirección IP al PLC virtual	45
Figura 34 Configuración del "MB_COMM_LOAD_DB" para comunicación entre el B. maestro o esclavo	45
Figura 35 Configuración del bloque maestro "MB_MASTER_DB" para lectura y escritura de la frecuencia del variador	46
Figura 36 Normalización de la entrada analógica del sensor.....	48
Figura 37 Escalado de la señal analógica del sensor.....	48
Figura 38 Datos en registros en un Bloque BD	49
Figura 39 Configuración del DataLogCreate para la creación de registros de datos	49
Figura 40 Proceso de enclavamiento mediante una memoria	50
Figura 41 Bloque de escritura de entrada analógica.....	50
Figura 42 Exportación del archivo creado al portal web del PLC	51
Figura 43 Representación de los valores de las variables frecuencia y flujo	52
Figura 44 Importar datos en el dominio del tiempo	53
Figura 45 Proceso de estimación para la función de transferencia en MATLAB....	53
Figura 46 Ventana de presentación del comportamiento con mayor proximidad....	54

Figura 47 Diagrama de bloques del diseño del control PID para el proceso de lavado	55
Figura 48 Respuesta del sistema aplicando Simulink de Matlab	55
Figura 49 Configuración del bloque PID de la programación TIA Portal	56
Figura 50 Proceso estable del PID para el lavado de botellones.....	57
Figura 51 Inicio del proyecto en DOPSoft para el proceso de lavado	58
Figura 52 Pantalla de control y monitoreo para el proceso de lavado	59
Figura 53 Representación de diferentes estimaciones para la obtención de la función de transferencia	62
Figura 54 Representación del proceso de optimización para la extracción de parámetros PID.....	64
Figura 55 Representación del sistema optimizado para los parámetros de controlador PID	65
Figura 56 Diseño de pantalla para la adquisición de datos experimentales	66
Figura 57 Planta de proceso de lavado en estado vacío.	66
Figura 58 Registro de datos experimentales para la función de transferencia	76
Figura 59 Registro de datos en función de datos del equipo.....	76
Figura 60 Parámetros generales de "MB_MASTER_DB" "MB_MASTER_DB" ..	77
Figura 61 Descripción del bloque DataLogCreate	78
Figura 62 Descripción del bloque crear registro	79
Figura 63 Parámetros de normalización.....	80
Figura 64 Proceso de lavado realizado en 1 minuto.....	80
Figura 65 Proceso de lavado realizado en 90 segundos	81
Figura 66 Proceso realizado en 2 minutos.....	81

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Datos técnicos del PLC S7-1200: manual del equipo.....	22
Tabla 2 Especificaciones técnicas CPU 1241 RS422/485: manual del equipo.....	23
Tabla 3 Datos específicos del sensor YF- S201	25
Tabla 4 Datos específicos del Variador de Frecuencia Delta VFD-EL: manual del variador	27
Tabla 5 Datos técnico de la bomba Thebe para el proceso de lavado.....	29
Tabla 6 Descripción de pines de conexión entre el RJ45 y DB9 para el protocolo de comunicación MODBUS	36
Tabla 7 Parámetros configurados en el variador: manual del variador.....	39
Tabla 8 Parámetros de comunicación del VFD-EL: manual del variador	40
Tabla 9 Parámetros de "MB_COMM_LOAD_DB" para la programación del variador	46
Tabla 10 Parámetros del bloque maestro para la lectura y escritura de la frecuencia del variador.....	47
Tabla 11 Parámetros PID usando Simulink	56
Tabla 12 Representación de los parámetros PID para la estabilidad del proceso	57
Tabla 13 Comparación de lectura de valores con respecto seleccionado el método escogido al chorro para la función de transferencia.....	61
Tabla 14 Estimaciones para la función de transferencia del proceso de lavado de botellones	63
Tabla 15 Cuadro comparativo del consumo del desinfectante.....	65

LISTA DE ANEXOS

Anexos 1 Registro de datos experimentales para la función de transferencia	76
Anexos 2 Parámetros generales del MB_MASTER	77
Anexos 3 Descripción del cuadro DataLogCreate_DB.....	78
Anexos 4 Proceso de Normalización y escalado.....	80
Anexos 5 Proceso de control en tres tiempos.....	80
Anexos 6 Certificado Antiplagio.....	8081

INTRODUCCIÓN

Los sistemas de operación en las empresas industriales de la provincia de Santa Elena están en vía de desarrollo, la tecnología y el método de operación en estas fábricas mantiene estable la producción más no la mejora, las plantas de distribución de agua purificada que se dedican a esta actividad se mantienen al margen utilizando equipos en donde son manipulados por el hombre ya que adquirir un equipo de tecnología avanzada le resulta muy costoso, a diferencia de las más reconocidas que son las que presenta potencia económica.

El crecimiento constante en tecnología y los nuevos métodos en implementación orientadas a procesos industriales hacen que las presentes fábricas que operan manualmente en distribución de aguas envasadas empleen sistemas innovadores que permitan a la planta de purificación disminuir costo y aumentar producción.

La presente propuesta consiste en obtener la identificación y diseñar un controlador para el proceso de lavado de los botellones, cuyo propósito es demostrar que se puede implementar un sistema diferente al que se realiza manualmente, la información recopilada fue de gran interés, proporcionando la dinámica que se requiere mejorar, descifrando que la problemática existente es en el desperdicio o el uso innecesario del desinfectante.

Para la realización de esta propuesta se requiere del uso de software y equipos destinados a procesos industriales, el lenguaje de programación TIA Portal® y Matlab® son esenciales para encontrar la función de transferencia y de esta manera obtener un tipo de respuesta del sistema.

El controlador utilizado en este proyecto es el PLC (Programmable Logic Controller) diseñado generalmente para uso de nivel industrial, nos permitirá establecer un método de regulación conocido como PID (proporcional, integral, derivativo), permitiendo mantener un flujo equilibrado para el lavado de los botellones, teniendo como resultado minimizar costos de operación, disminución de esfuerzo físico, establecer un tiempo requerido para el proceso, eliminar el

deterioro y desperdicio del desinfectante. Cabe recalcar que este proceso es realizado para los elementos que no presenten un alto grado de suciedad, por ejemplo, presencia de químicos que altere la purificación como son los combustibles, productos de limpiezas, aceites o presencia de insectos muertos.

CAPÍTULO I

1 FUNDAMENTACIÓN

1.1 ANTECEDENTES:

Los sitios turísticos en la provincia de Santa Elena atraen masivamente a cientos de personas en fechas festivas, las publicaciones del diario EL UNIVERSO [1] y los comunicados del MINTUR [2] indican que es necesario incrementar la producción para cubrir el mercado local competitivo en aguas purificadas.

Referente a lo antes mencionado, se realizó visitas a empresas pequeñas que distribuyen botellones de agua como: agua Olsty, agua Isabella, agua 7 esquina, para determinar los métodos utilizados en el desarrollo del producto final.

En las visitas técnicas realizadas a estas empresas, se observó que efectúan procesos cómo la elaboración del detergente, lavado, llenado, tapado, etiquetado de los botellones, pero ejecutadas de forma manual y directamente por el hombre.

La falta de control del flujo de la mezcla de lavado de los botellones hace que el operario genere desperdicio de este compuesto provocando perdida para la empresa. Dado que la problemática sobre el uso excesivo de la mezcla, se crea la necesidad de implementar un sistema de control de flujo para la optimización del proceso del lavado de los botellones.

Es aquí donde nace el interés en mejorar uno de los procesos como lo es el lavado interno de los envases, el método de operación para el respectivo procedimiento es colocar el botellón 90° en dirección hacia abajo, en un recipiente lo suficientemente grande o en espacio libre, luego se procede a realizar la apertura de la llave direccionando el chorro hacia el pico del botellón en un tiempo

determinado que lo controla el operario, la figura 1 refleja el proceso anteriormente detallado.



Figura 1 Recipiente para lavado manual de botellones: SIE importaciones

El proceso de lavado que se observó en la planta de agua 7 esquina consiste en colocar el botellón en un recipiente de 1 metro por 60 cm, que al introducir una manguera enviará la mezcla al interior en un tiempo determinado, de tal manera se concluye que no es un método óptimo para este tipo de actividad.

La desventaja evidente de este método es sin duda la gran cantidad usada de desinfectante, lo que, para la empresa en sí, es desperdicio de material y pérdida en costo, ya que no poseen un sistema que pueda medir la cantidad necesaria para el lavado de los botellones.

Cambiar este método con tecnología que pueda controlar este proceso, es una opción que para el lavado de los botellones mejorará considerablemente, de esta manera se podrá medir el uso necesario del desinfectante para la respectiva limpieza de los envases como se aprecia en la figura 2.



Figura 2 Sistema de lavado de botellones: CIP químicos

Este proceso sin duda alguna es indispensable en la producción de aguas envasadas, ya que la empresa debe de cumplir normas que reflejen la calidad del producto, la NTN INEN 2200 corresponde a la presentación del envase antes de ser llenado [3].

1.2 DESCRIPCIÓN DEL PROYECTO:

El sistema de lavado de botellones en las empresas locales es manipulado directamente por el hombre, este proceso genera desperdicio sin un debido control, pero necesario para cumplir con la normativa NTN INEN 2200 que corresponde a la calidad del producto a distribuir [3].

Para corregir este problema, el proyecto propuesto permitirá obtener la identificación del sistema de lavado de los botellones, esto accederá a la adquisición de variables controladas y perturbaciones existente en el sistema.

Para la medición se utilizará un sensor turbine flow meter (medidor de flujo de turbina) indicado para este proyecto, dicho dispositivo emitirá pulsos que indicará la velocidad del agua que pasará por la tubería, estas señales deberán ser procesadas usando un conversor de señal, con el fin de obtener el rango de voltaje requerido para el análisis requerido para dicha señal.

El controlador lógico programable (PLC) es un equipo usado en procesos industriales que permitirá manipular directamente los elementos externos programables usados en el proceso de lavado, tales como la lectura de sensores, activación de electroválvulas, control de frecuencia para la bomba, permitiendo que su operación sea de una manera más eficiente.

La velocidad de marcha proporcionada a la bomba será manipulada por un variador, este dispositivo administrará diferentes tipos de frecuencias, que al ser aplicada se apreciará cambios de flujo en la tubería, lo que permitirá establecer una frecuencia adecuada en el manejo de la bomba y así evitar daños.

Se implementará una interfaz hombre-máquina (HMI) donde se diseñará en el panel gráficamente los elementos medibles que se utilicen en el sistema, esto permitirá obtener una visualización y control de los equipos para el proceso del lavado de los envases.

Para el escenario de ejecución se elaborará una estructura que sujete a los botellones con el orificio de llenado hacia abajo, la boquilla de agua seleccionada para este fin será ubicada en la misma dirección, esto permitirá que se aproveche al máximo el flujo del desinfectante utilizado para el proceso de lavado.

Mejorar el suministro del desinfectante en el proceso de lavado, aplicando un control de flujo, evitará que se incrementen gastos innecesarios a las empresas que se dedican a esta actividad.

1.3 OBJETIVOS DEL PROYECTO:

- **Objetivo General:**
 - Identificar el modelo de la bomba y controlar el flujo del sistema de lavado de botellones de agua mediante el uso de dispositivos de control para el mejoramiento del consumo del suministro del desinfectante.

- **Objetivos específicos:**
 - Identificar el modelo de la bomba utilizada para el sistema de lavado de los botellones de agua.
 - Diseñar el controlador del flujo para el lavado de botellones de agua.
 - Implementar el sistema de control y monitoreo en HMI para el lavado de botellones de agua.

1.4 JUSTIFICACIÓN:

Las pequeñas empresas de agua purificada en la provincia de Santa Elena están en vía de desarrollo porque no cuentan con los equipos indicados para la producción son manipulados directamente por el hombre. Por tal razón es necesario optimizar los procesos que intervienen en la elaboración del producto final

El proceso del lavado de los botellones de agua de UPSE, consistirá en enviar la mezcla del agua con el dióxido de cloro al interior del envase, con el fin de evitar el desperdicio del compuesto elaborado se crea la necesidad de implementar un control para optimizar.

Identificar el proceso de lavado de los botellones de agua, es una técnica de simulación, que mediante un modelo matemático del sistema se podrá realizar pruebas para el diseño del controlador.

Al diseñar un control de flujo para el lavado de los botellones de agua se beneficiará directamente la planta procesadora de agua, en la reducción de los tiempos del proceso, con el fin de evitar atrasos en la producción y disminuir el desperdicio de la mezcla del agua con el dióxido de cloro.

1.5 ALCANCE:

El proyecto está enfocado a uno de los procesos industriales de agua purificada envasadas en la provincia de Santa Elena, este proceso consiste en el lavado de botellones de agua, que consistirá en mejorar el consumo del suministro del desinfectante y desperdicio del mismo.

El método de apertura de las llaves, será mediante compuertas controladas por electroválvulas, de manera que al mantenerla en operación evitará el encendido y apagado innecesario de la bomba, de manera que pueda causar sobrevoltajes bruscos que provoque daño a los equipos.

El proyecto a implementar delimita el proceso de lavado, desde el suministro del desinfectante que extraerá la bomba, hasta el lavado de los botellones permitiendo de esta manera accesibilidad a otros procesos secuenciales en la producción de agua purificada.

El área del desarrollo del proyecto será en el laboratorio de sistemas de control y automatización de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones ubicados en la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

1.6 METODOLOGÍA:

El presente proyecto tiene como finalidad identificar y controlar el flujo de salida para el lavado de los botellones de agua, para el desarrollo de este tema se aplicará métodos de investigación tales como: descriptiva, exploratoria y diagnóstica.

La investigación descriptiva determinará variables captadas directamente del sistema de flujo, examinará características de los elementos que intervienen en él, de esta manera se podrá identificar y plantear la situación concreta que se desea mejorar.

La investigación exploratoria permitirá recopilar información de procesos similares, proyectos planteados basados en identificación y control, artículos científicos relacionado a procesos industriales, para que de esta manera empezar con la problemática del proyecto.

La investigación de diagnóstico permitirá realizar una evaluación que determinará el estado real del flujo de salida utilizando equipos y dispositivos que engloba el proceso con el fin de optimizar el control del sistema de lavado.

1.7 RESULTADOS ESPERADOS:

- Con el sistema a realizar se espera obtener una identificación que permita obtener una función de transferencia para la simulación del sistema y definir el tipo de controlador a utilizar.
- Se espera controlar el flujo de salida para el proceso de lavado de los botellones, para disminuir el porcentaje de error de operación que emite un sistema manual
- Que el sistema HMI tenga una interfaz que permita monitorear y controlar el flujo extraída de la bomba del proceso de lavado de los botellones.
- Se espera disminuir el gasto provocado por desperdicio del desinfectante

CAPÍTULO II

2. LA PROPUESTA

2.1 MARCO CONTEXTUAL

La implementación de la Identificación y diseño del controlador para el proceso de lavado de botellones se desarrolló en las instalaciones de la universidad Península de Santa Elena en los laboratorios de Electrónica y Telecomunicaciones, con el objetivo de buscar la solución a uno de los procesos que realizan las plantas de purificación, en este caso al sistema de lavado de los botellones.

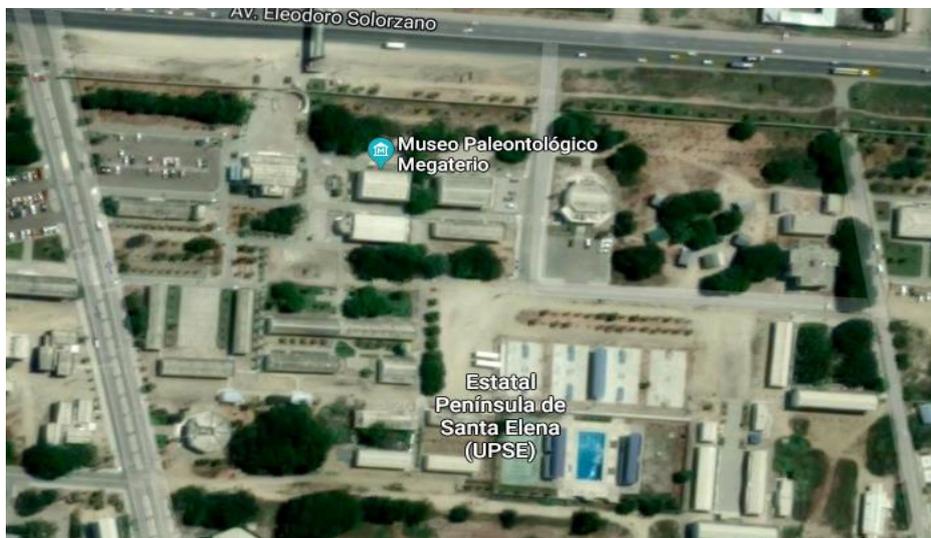


Figura 3 Ubicación de las Instalaciones de laboratorio de la carrera de Electrónica y Telecomunicaciones de la UPSE

La propuesta tecnológica consiste en demostrar que los procesos contralados son una manera de optimizar a los métodos diseñados de operación manual, una forma de realizarlo es mediante el diseño de controladores PID que son los más usados en el área industrial permitiendo disminuir gastos importantes a la empresa, de manera que para el proceso de lavado lo que se obtendrá es un ahorro en el consumo del desinfectante.



Figura 4 estructura del proceso de lavado para botellones de agua

2.2 MARCO CONCEPTUAL

2.2.1 IDENTIFICACIÓN DE SISTEMAS

Se conoce como identificación a la técnica de crear un modelo a partir de mediciones experimentales, presentadas directamente en las variables de entrada o de control, salidas o manipuladas y perturbaciones, el objetivo de modelizar es poder obtener aproximaciones del sistema real, seleccionando puntos de interés y observar la linealidad del proceso, describiendo el comportamiento entre las entradas y salidas. [12].



Figura 5 Esquema de Identificación para la creación de modelos matemáticos

Existen varios aspectos y formas de describir el modelo identificado, estas pueden ser: deterministas o estocásticos, dinámicos o estáticos, de parámetros distribuidos o concentrados, lineales o no lineales, y de tiempo continuo o tiempo discreto; [11].

- Las deterministas estudian la relación entrada- salida con una parte no conocida.
- Las dinámicas requieren conocer el comportamiento dinámico de un proceso.
- Las de parámetros no consideran la variación en función del tiempo.
- las lineales orientadas en la identificación de modelos lineales y aplican técnicas para ser utilizadas en los casos no lineales
- Tiempo continuo o discreto, estas se basan en métodos para la obtención de la identificación.

2.2.2 Función de transferencia

La función de transferencia es un modelo matemático que relaciona la respuesta de un sistema dada por sus valores de entrada y salida descritas por ecuaciones diferenciales lineales invariante en el tiempo que a su vez se define como cociente entre la transformada de la Laplace de la salida (función de respuesta) y la transformada de Laplace de la entrada (función de excitación) asumiendo que las condiciones iniciales son ceros, la ecuación diferencial (1) representan el sistema lineal invariante en el tiempo: [13].

Función de transferencia

$$G(s) = \frac{\mathcal{L}[\text{salida}]}{\mathcal{L}[\text{entrada}]} = \frac{Y(s)}{X(s)} \quad \text{Ogata 2010(1)}$$

Respuesta-impulso.

Consideradas a la salida (respuesta) de un sistema para una entrada impulso de valor la unidad con sus valores iniciales son cero. Como la transformada de Laplace de la función impulso unitario es la unidad, la transformada de Laplace de la salida del sistema es:

$$y(s) = G(s)$$

Ogata 2010(2)

Respuestas sobreamortiguadas

Primer orden

Este sistema no presenta sobreoscilación en la respuesta, es decir, no llega al valor exacto de la consigna, los sistemas de primer orden son considerados relativamente lentos. La función de transferencia de primer orden se representa por la expresión: [14].

$$G(s) = \frac{K}{Ts+1}$$

Martínez 2011(3)

Donde k es la ganancia del sistema $k = \frac{c_{\infty}}{U(t)}$

T es la constante de tiempo

El valor T indica el tiempo de la salida en alcanzar su consigna final. Es un factor que indica el tiempo de establecimiento que por lo general está comprendido entre el 95 – 98 %.

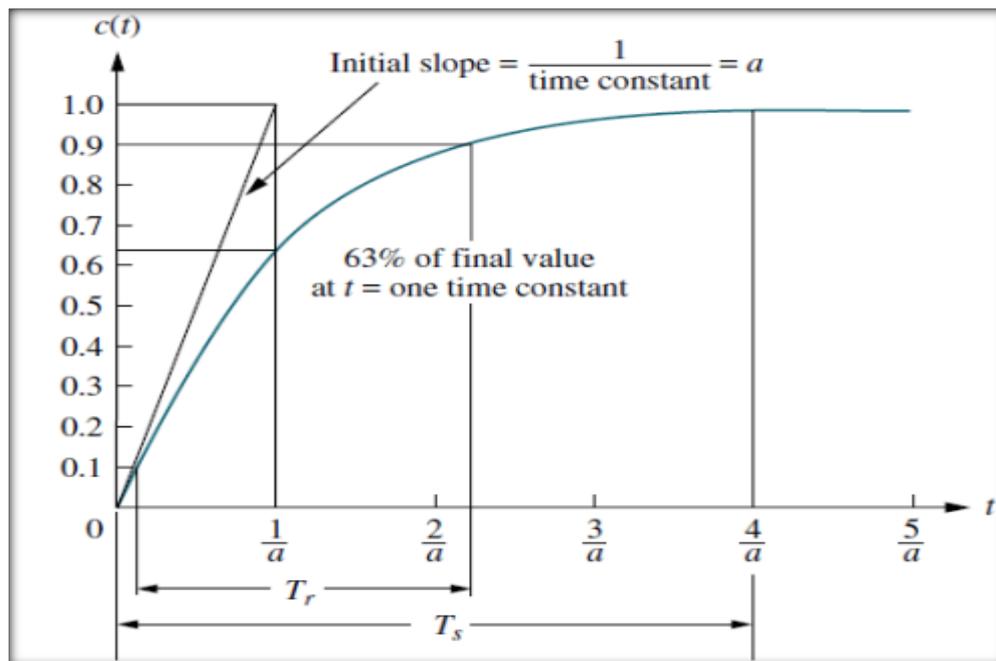


Figura 6 Respuesta del sistema de primer orden: dademuchconnection.wordpress.com

2.2.3 Controladores de procesos

Representan a equipos usados generalmente en sistemas industriales, son destinados para procesar información de elementos de medición, permitiendo conocer parámetros físicos. Los procesos en primera instancia presentan error al resultado esperado, por lo que se requiere elaborar un análisis en donde es aplicado los cálculos matemáticos, esto con la finalidad de obtener una acción correctiva hasta poder estabilizar el resultado idóneo. [15]

2.2.4 PID

Es un método que se utiliza en los procesos controlados mediante un enlace retroalimentado permitiendo corregir errores presentes en acciones de procesos industriales, tales como la velocidad, temperatura, presión, flujo entre otras que son variantes en el tiempo. Comprende a la diferencia existente entre los valores de la variable real y la variable deseada para asignar valores al controlador y obtener un sistema estable.

2.2.5 Lenguajes de Programación.

Representan un código que al ser compilado se convierte en un programa que puede ser ejecutado en un ordenador, existen diversos tipos de lenguaje tales como, el lenguaje máquina que es expresado en código binario (0 y 1); lenguaje ensamblador desarrollado para procesadores y controladores; el lenguaje que puede interpretarse al de los humanos, es decir mediante algoritmos conocido como lenguaje de alto y bajo nivel. Todos estos tienen la finalidad de cumplir una secuencia de instrucciones con tareas específicas compuestas por palabras, números y expresiones. [16].

2.2.6 Programación Industrial.

Es la creación de sentencias lógicas en un entorno gráfico o líneas de comando orientadas a los procesos industriales, permitiendo manipular equipos de nivel industrial como: motores, controladores, sensores.

Tipo de lenguajes de programación usadas en la industria

FUP (Funktionsplan): Este lenguaje de programación denominado diagrama de funciones. Representadas por compuertas lógicas como: OR, AND, NOT, XOR, NAND, NOR, etc. Cumplen funciones matemáticas más complejas en forma de bloques. Las principales instrucciones que se pueden encontrar en este tipo de lenguaje son:



Figura 7 Instrucciones lógicas FUP: <http://www.autracen.com>

KOP (Kontaktplan): También conocido como diagrama de contactos o de escalera. A diferencia del FUP, este lenguaje hace uso de lógica booleana por medio de contactos eléctricos en serie y en paralelo.

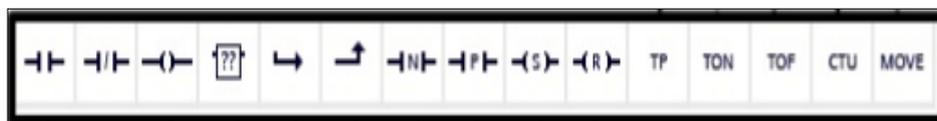


Figura 8 Principales instrucciones en el lenguaje KOP: <http://www.autracen.com>

AWL (Anweisungsliste): Conocido como listas de instrucciones. Este lenguaje de programación es similar a la programación Ensamblador, son instrucciones de bajo nivel lo que provoca que las líneas de códigos sean muy extensas.



Figura 9 Instrucciones en lenguaje AWL: <http://www.autracen.com>

S7 – SCL (Structured Control Language): Lenguaje de programación considerado de alto nivel, cuenta con sentencias de bucles y condiciones, muy utilizado para la

implementación de programas con fórmulas, algoritmos de optimización robustos y cuando se requieran del análisis de mucha información.

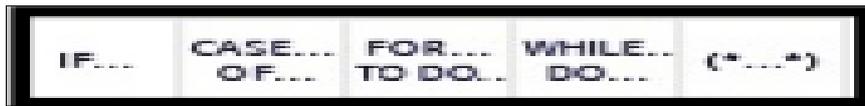


Figura 10 Principales instrucciones en S7- SCL: <http://www.autracen.com>

S7 – GRAPH: Lenguaje de programación basado en bloques de códigos representando funciones específicas de procesos.

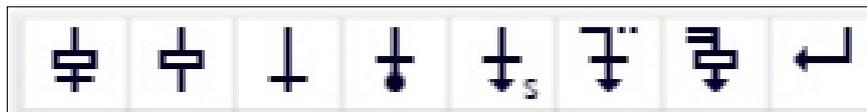


Figura 11 Sentencias en bloques en el lenguaje S7- GRAPH:
<http://www.autracen.com>

2.2.7 Dispositivos de medición

Son equipos diseñados para adquirir información en los procesos industriales, estas son eficiente para la lectura de nivel de tanque, velocidad que ejerce un motor, detectan la presencia de objetos de diversas características, pueden detectar la presión, así como también flujo en tuberías.

2.2.8 Sensores de flujo

Los sensores de flujo son dispositivos encargados de medir la cantidad de fluido en un determinado tiempo, su aplicación y diseño depende del tipo de fluido que se requiere tomar las mediciones, son indispensables para los procesos en donde se deseen controlar la cantidad necesaria de consumo en la industria, estas pueden ser combustibles, proceso químico o agua.

2.2.9 PLCs

De sus siglas en inglés (Programmable Logic Controller) son dispositivos electrónicos que procesan señales analógicas o digitales, estos equipos son generalmente usados en el campo de la industria para la automatización y control, su finalidad es la manipulación en el funcionamiento de maquinarias, plantas o procesos.

2.2.10 Variadores de frecuencias

Son equipos eléctricos diseñados para el control de velocidad de giro del motor de corriente alterna, el sistema de funcionalidad consiste en aplicar una determinada frecuencia que establezca la cantidad necesaria de energía para el arranque del motor.

2.2.11 Bomba centrífuga AC

Es un equipo usado en la industria, diseñado para mover grandes cantidades de líquido, transforma la energía mecánica en energía hidráulica, en su interior posee unas paletas que al girar expulsa el líquido con un flujo que depende de la velocidad de giro del eje central.

2.2.12 Interfaz Hombre- Máquina (HMI)

Se conoce al HMI como el interfaz entre la persona y la máquina, son paneles compuestos por indicadores, pulsadores, selectores, registro de datos, luces digitales o de alguna señal analógica, con la finalidad de mostrar el desarrollo de un proceso en tiempo real, estado de un motor, nivel de depósitos y más.

2.3 Marco Teórico

A continuación, se detallan los artículos que facilitaron el desarrollo del proyecto teniendo como relación los métodos aplicados con respecto a la identificación y control de sistemas.

El trabajo desarrollado por Jaime Torres y Shirley Chanoluisa en su Tema Diseño E Implementación De Un Control En Una Planta De Llenado De Tanques A Escala Usando Un Transmisor De Nivel Y Algoritmo PID describe la importancia de la aplicación de sistemas de control orientadas a las áreas industriales y de automatización. Permitiendo controlar y monitorear las variables que conforman un lazo de control automático. [28]

Para Fabián Peña y Oscar Poveda en su proyecto denominado Diseño E Implementación De Un Sistema De Control De Caudal E Interfaz Gráfica De Usuario En Planta presenta la necesidad de emplear sistemas de control en el área industrial, esto conlleva a interactuar con procesos de ingeniería, involucrando instrumentación, control, sistema de supervisión, permitiendo implementar un control automático de caudal mediante el uso del PLC aplicando dispositivos de medición de esta variable, así como también el control del variador para el suministro de energía necesaria para la bomba, que finalmente se aplique en interfaces gráficas accediendo al monitoreo desde un PC. [27].

El artículo denominado Identificación y diseño del controlador para un sistema de regulador de nivel de líquido en un tanque desarrollado por Jama, Cordero y Martín presenta un método para la obtención de identificación y el diseño del control, realizado mediante datos experimentales para la adquisición de valores de entradas y salidas, el tratamiento de esta base de datos, estimación del modelo, parámetros obtenidos con este modelo, utilizando herramientas de diseño de control como lo es Matlab para establecer la función de transferencia del sistema identificado validando los valores resultantes mediante simulación del proceso identificado. [4].

Para Carlos Bedón en su propuesta final denominada Diseño y Construcción de un sistema semiautomático de lavado de botellones de agua considera que el proceso de lavado a chorro, es un proceso indispensable que debe cumplirse en las plantas de envasado, al suministrar agua a presión elimina las impurezas solidas encontradas en el interior del botellón, un método de limpieza es utilizar agua caliente y desinfectante biodegradable eliminando bacterias y gérmenes que existen en él. Los sistemas de lavado de botellones en la industria presentan mecanismos semiautomáticos donde establecen condiciones de diseño para controlar el tiempo de lavado. [26].

Patricia Aguilera en su trabajo correspondiente a Programación en PLC's indica que el método de contacto fue desarrollado para áreas encargadas de sistemas eléctrico con la finalidad de usar relevadores, temporizadores, y programadores electromecánico de manera que su secuencia de marcha o pare cuenten con una protección en el momento de su operación, considera también que al implementar la lógica booleana cuya opciones de respuesta son falso o verdadero, abierto o cerrado se convierte en un programa denominado lenguaje escalera, de manera que permita la detección y reparación de fallas electromecánicas. [25]

Para Roberto Caicedo en su tema sobre el Rediseño de una lavadora de bidones para envasado de agua tratada establece que al optimizar este sistema manual disminuirá el tiempo del proceso y aumentará el número de bidones lavado aplicando la automatización de la máquina

CAPÍTULO III

3.1 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

3.1.1 COMPONENTES DE LA PROPUESTA

3.1.1.1 COMPONENTES FÍSICOS:

Esta sección corresponde a la descripción de los componentes físicos que se utilizaron para la obtención del proyecto, entre las cuales se menciona al PLC S7-1200, sensor de flujo, variador de frecuencia VFD- EL entre otros que se detallan a continuación.

3.1.1.2 PLC Siemens (S7 1200)

Es un equipo electrónico usado en el área de automatización y control, este dispositivo permitirá manipular el arranque del motor por medio del protocolo de comunicación Modbus y el variador VFD-EL, de la misma manera permitirá procesar la señal analógica emitida por el sensor de flujo, señales digitales, así como la aplicación del PID para el proceso de lavado, a continuación, se describe los puertos de conexión del equipo.

1. puertos de alimentación 110Vac
2. puertos de salida de 24 Vdc
3. puertos de entradas digitales
4. puertos de entradas analógicas
5. luces de estados de las entradas y salidas
6. conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU)

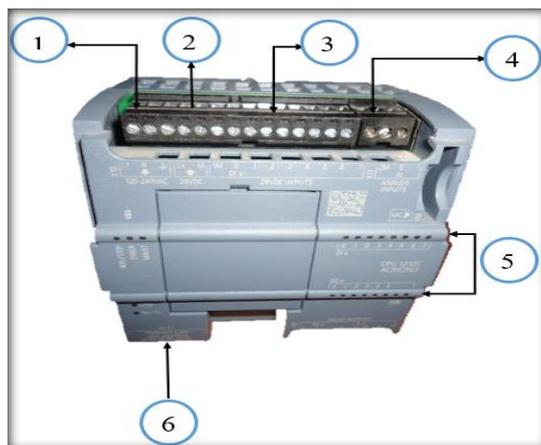


Figura 12 Puertos de conexión del controlador S7-1200 para el proceso de lavado

Características técnicas del PLC S7-1200	
Fabricante	SIEMENS
Referencia	6ES7 212-1BE40-0XB0
Tipo	2120
Memoria	50 Kbyte
Número máximo de módulos	2
Puertos	1
Norma física	RJ45
Intensidad DE	ETH-PROFINET
Entradas digitales	8
Tipo de entrada digital	DC24V
Intensidad ED	1 mA
Salidas digitales	6
Tipo de salida digital	Relé
Intensidad SD	2000 mA
Entradas analógicas	2
Rango de entrada analógica	0-10V
Resolución de las entradas analógicas	10

Salidas analógicas	0
Ancho	90 mm
Alto	100 mm
Profundidad	75 mm
Temperatura máxima	60
Temperatura mínima	-20
Peso	0,45kg
Tensión de alimentación	AC 110 -AC230 V
Intensidad de alimentación	80 mA

Tabla 1 Datos técnicos del PLC S7-1200: SIMATIC S7 Controlador programable [21].

3.1.1.3 Protocolo de comunicación modbus

Modbus/ TCP es un protocolo de comunicación diseñado para la interconexión de equipos industriales como lo son PLCs, PC, variadores de frecuencia para motores de AC y más dispositivos físicos de entrada y salida mediante una red Ethernet, RS-485, RS- 232.

Este protocolo permitirá iniciar el arranque de la bomba, para ello se realiza un bloque de código en el programa TIA portal con parámetros establecidos para la comunicación entre el variador VFD-EL y el CPU 1241, esto permite que se suministre la cantidad necesaria de energía aplicada al motor.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS	
Modelo:	CM 1241 RS422/485
Dimisiones físicas:	30 x 100 x 75
Valor nominal (DC):	24VDC
Límite inferior	20.4 V

Límite superior	28.8 V
Consumo máximo de corriente	220 mA; desde el bus de fondo 5 V DC
Número de interfaces	1
Interface física	RS 422/485
Drivers de protocolos integrados	Modbus Modbus RTU esclavo Modbus RTU maestro
Punto a Punto	Longitud del cable hasta 1000 metros

Tabla 2 Especificaciones técnicas CPU 1241 RS422/485: Manual de usuario MODBUS [19]



Figura 13 Módulo CM 1241RS422/ 485para el protocolo MODBUS

3.1.1.4 Sensor de flujo de agua de 1/2" yf-s201

Este dispositivo de medición permite determinar el caudal o volumen de un fluido, en donde, el caudal hace referencia a la cantidad de líquido o fluido que transita a través de una tubería en un determinado tiempo, por lo general las mediciones son expresadas en litros por minutos.

El sensor de flujo de agua 1/2" YF-S201 está diseñado para la medición en tubería de 1/2" de diámetro posee un elemento electrónico tipo turbina es compatible con dispositivos de control como arduino, Pic, Raspberry Pi, PLCs.

El sensor posee tres cables para su funcionamiento, el cable de alimentación es de color rojo (VCC), el de color negro (tierra) y el amarillo (salida de pulsos activado por el efecto hall).



Figura 14 Sensor de flujo YF- S201 para adquisición de datos

Especificaciones Técnicas	
Modelo:	YF-S201
Voltaje de Operación	5V- 18V
Consumo de Corriente	15mA (5V)
Capacidad de carga	10mA (5VDC)
Salida	Onda cuadrada pulsante
Salida del Ciclo de Trabajo:	50% +-10%
Rango de Flujo:	1 a 30 Litros/Minuto
Volumen promedio por pulso	2.25MI
Pulsos por Litro:	450
Factor de conversión	7.5
Rosca:	1/2" NPS

Rango de Temperatura:	-25 a +80°C
Rango de Humedad:	35%-80% RH
Presión de trabajo máximo	1.75 MPa (17 bar)
Precisión:	±10%
Tipo de Sensor:	Efecto Hall
Material	Plástico color negro

Tabla 3 Datos específicos del sensor YF- S201: Manual Sensor de flujo [22]

3.1.1.5 Variador Delta VFD-EL

Equipo utilizado para la regulación de la velocidad rotacional de un motor de corriente alterna en este caso fue usada para la bomba centrífuga THEBE, el giro depende de la frecuencia aplicada en el inicio del proceso.

El variador de frecuencia delta VDF-EL constituye un componente esencial para el desarrollo de este proyecto, controla el arranque de la bomba trifásica mediante el suministro de energía determinado por la frecuencia de operación, con el fin de obtener el flujo necesario para el lavado del botellón.

1. Terminales de entrada 220 V (R/L1, S/L2, T/L3)
2. Teclado digital
3. ACI/ AVI
4. Terminales externos
5. Puerto RS485 (RJ-45)
6. Terminales de salida 220 V (U/T1, V/T2, W/T3)

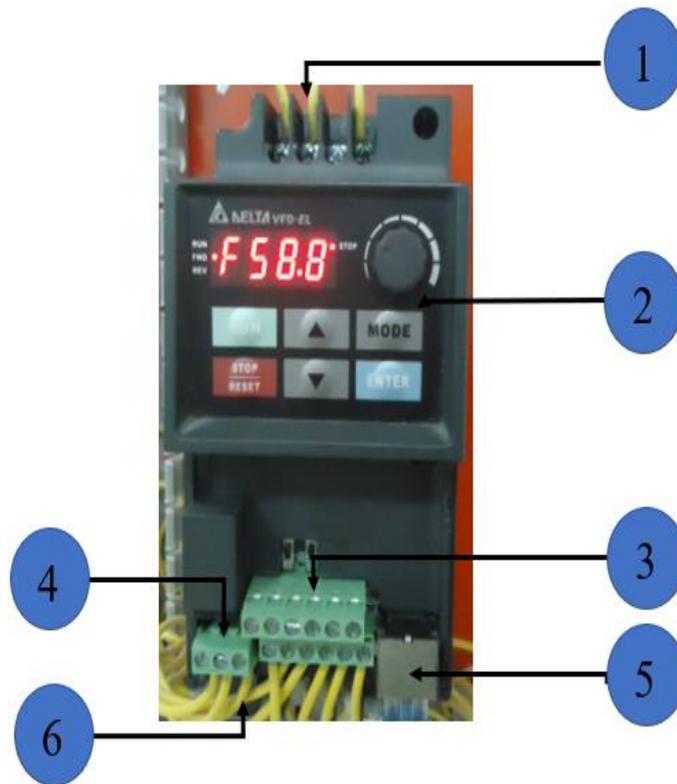


Figura 15 Descripción general del Variador Delta VFD-EL para el arranque de la bomba

Información del Variador Delta VFD-EL	
Modelo:	VFD007EL23A
Temperatura del aire:	-10 ~ +50°C (14 ~ 122°F) para UL & cUL -10 ~ +40°C (14 ~ 104°F) para el montaje lado
Voltaje máximo de salida	240V
Rango de Frecuencia	0.1-600 Hz
Voltaje nominal	220 V
Corriente	5.1 A
Potencia de entrada	1 HP – 0.75 KW
horsepower	3 HP
Corriente de salida	4.2 A

Tabla 4 Datos específicos del Variador de Frecuencia Delta VFD-EL: [20] Delta Electronic

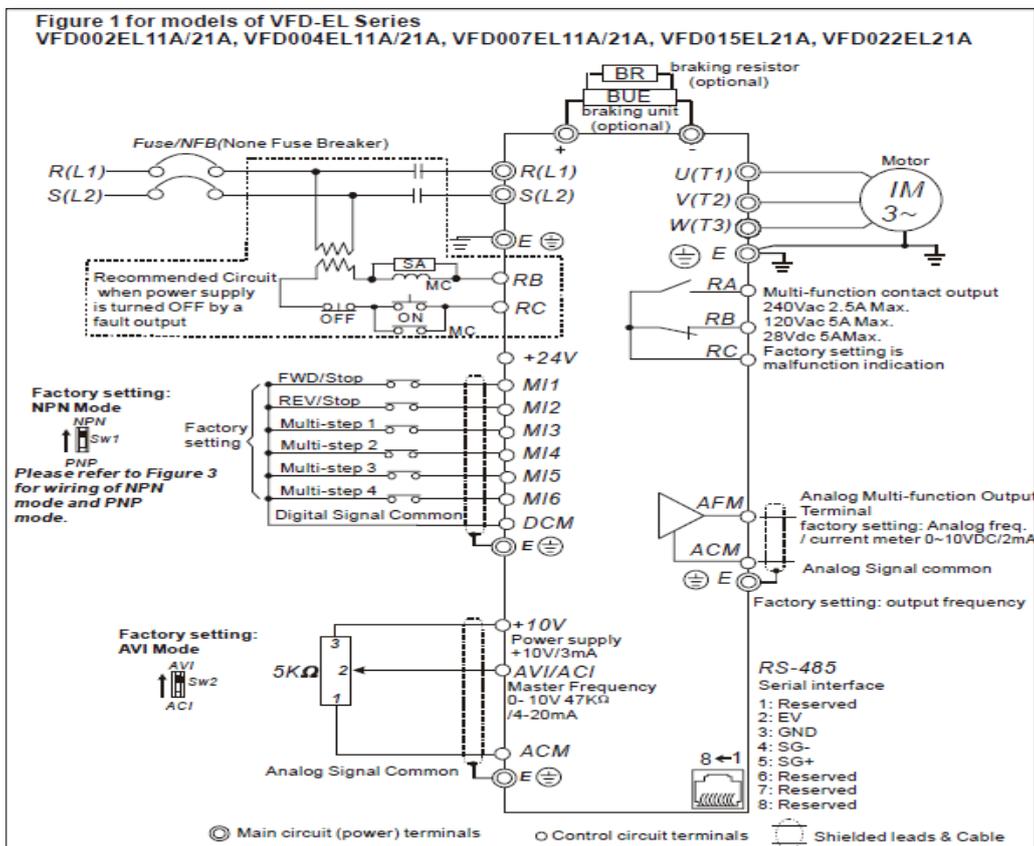


Figura 16 Estructura interna del Variador Delta VFD-EL: manual del variador

3.1.1.6 Bomba centrífuga Thebe th-16nr 1/2hp 3f.

La bomba centrífuga THEBE es un equipo de efecto rotativo que al encenderse transforma la energía impulsora o mecánica en energía cinética de un fluido, en este caso el desinfectante para el lavado, la bomba cumple la función de transportar el desinfectante del tanque del depósito al sistema de lavado.

La bomba centrífuga THEBE es uno de los elementos indispensable para el desarrollo del presente proyecto, ya que nos permitirá el traslado del desinfectante a una velocidad que permita lograr nuestro objetivo como lo es la limpieza de los botellones.

El equipo inicia su proceso cuando detecta la alimentación delimitada por el variador de frecuencia VFD-EL, es decir, la velocidad de giro dependerá de los hercios aplicados, el tiempo de bombeo es establecido en la lógica aplicada en el lenguaje de programación, permitiendo consumir el desinfectante necesario.



Figura 17 Bomba centrífuga THEBE para extracción y bombeo de la planta

Especificaciones técnicas	
Modelo	THEBE TH-16NR
Voltaje	220/380/440 V 3F
Velocidad Angular	3480 rpm
Rotor	Noryl
Corriente	1.80/1.04/0.9 Amperios
Frecuencia	60 Hz
Potencia	½ HP

Factor de servicio	1.60
Rendimiento	72 %
Color	Verde
Grado de protección	21
Factor de Potencia	0.75
Temperatura de Ambiente Máximo	40°C
Carcasa	Hierro Fundido
Presión Máxima	4.6 bar
Flujo Máximo	16,5 m ³ /h
Succión de agua tubería	1.1/2 "
Represión	1"

Tabla 5 Datos técnico de la bomba Thebe para el proceso de lavado: Datos técnicos [23]

3.1.1.7 CONVERTOR DE PULSO

El convertor de pulso permite cambiar las señales de los sensores cuyas salidas son emisiones de pulsos a valores de rango entre 4 a 20 mA. Este dispositivo posee 8 puertos de conexión enumerados de la siguiente manera

- Corresponde a la alimenta de 24 V para su funcionamiento
- Señal de salida del sensor
- Salida del convertor en rango de 4 a 20 mA



Figura 18 Convertor de señal de pulso a 4 -20 mA. TCS Industrial [29]

3.1.2 COMPONENTES LÓGICOS

Esta sección compete a la descripción de las plataformas utilizadas para la adquisición de información basada en lenguaje de programación para procesos industriales como lo es el Totally Integrated Automation (TIA Portal V14), así como también el uso de laboratorio de matrices (MATLAB) herramientas que facilitan los trabajos en ingeniería.

3.1.2.1 Totally Integrated Automation (TIA Portal V14)

La programación TIA Portal, es una plataforma que permite estructurar sentencias destinada a la configuración de procesos, este software permitió las configuraciones que competen al proyecto, tales como, el arranque de la bomba, la adquisición de datos obtenidas por el sensor de flujo y la comunicación por protocolo Modbus, estos tres aplicativos fueron acciones importantes para la realización del lavado de botellones.



Figura 19. Portal del Totally Integrated Automation PORTAL V14 para la programación del PLC

3.1.2.2 MATrix LABoratory (MATLAB)

La plataforma laboratorio de matrices conocida como MATLAB, es un software muy eficaz por sus grandes aplicaciones en la solución de problemas matemáticos, para el proceso de lavado, aportó en la aplicación de control y en procesamiento de señales determinada por el sensor de flujo, esta información se registró en una base de datos de formato csv compatible con esta plataforma, la misma que se utilizó para obtener la identificación del sistema, MATLAB es sin duda una gran herramienta para problemas prácticos de ingeniería.

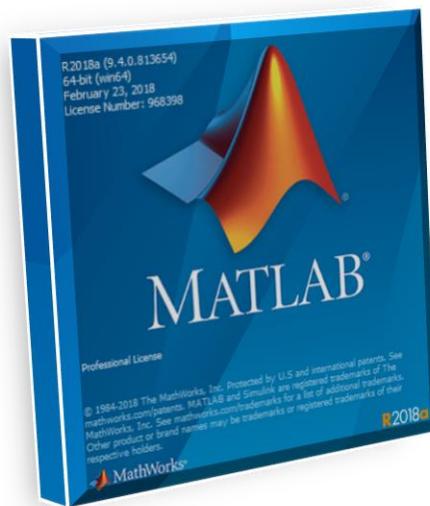


Figura 20 Portal MATLAB para la Identificación y diseño del controlador mediante simulación

3.1.2.3 DOPSoft

El DOPsoft es un software diseñado para la interfaz hombre- máquina, elaborado para visualizar y manipular procesos operados directamente en la pantalla de este dispositivo, usado en el proceso de lavado para el monitoreo del proceso, permitiendo verificar gráficamente el correcto funcionamiento de la propuesta planteada.

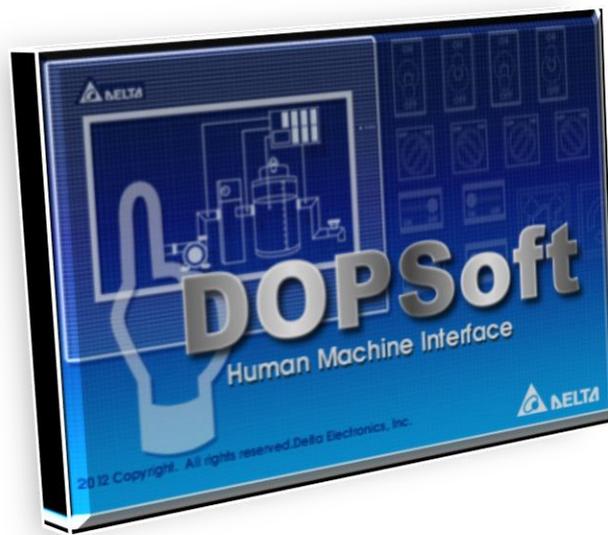


Figura 21 Portal del Software DOPSoft para el diseño de la propuesta en HMI

3.1.2.4 FreeCAD

Es un software para diseños basados en 3D, su interfaz facilita elaborar estructuras de diferentes aspectos geométricos, sean lineales o de circunferencias, fue útil para el desarrollo de la planta en el diseño del soporte del botellón, permitiendo elaborar un diseño ideal acorde al pico de la botella.



Figura 22 Software para el diseño del soporte del botellon

3.1.2.5 Livewire y PCB Wizard

Son dos softwares muy útiles para la elaboración y simulación de circuitos eléctricos, estos programas fueron la complementación del diseño del circuito impreso para el desarrollo del proceso de lectura de datos, el esquema realizado está constituido por resistencias y puertos que servirán de entrada y salida (figura 28).

3.2 DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Consiste en plantear la secuencia a desarrollar en la planta, el que se detalla: los aspectos físicos tomados en cuenta para el diseño de la estructura, configuración y programación, identificación presentada en el sistema, diseño del controlador y la apreciación del proceso realizado con la interfaz hombre- máquina. El esquema (figura 23) muestra un entorno grafico que indica la secuencia real del proyecto.



Figura 23 Esquema del desarrollo de la propuesta para el proceso del lavado

3.2.1.1 Diseño y montaje de la estructura.

El lavado de botellones es un proceso que requiere que los elementos estén en una posición perpendicular con respecto al suelo, el material debe ser de gran duración, por lo que se pensó en realizar una estructura que se encuentre firme sobre el suelo, el material que se optó para la construcción fue de tubos estructurales cuadrados de

una pulgada, el diámetro de cada columna es de 1 metro de alto (Y) por 75 centímetros de ancho (X) y 35 centímetros de profundidad (-Z) además de agregar dos rieles para la colocación de los soportes en donde se ubicaran los botellones (figura 24).



Figura 24 Estructura física del proceso de lavado

3.2.1.2 Diseño e impresión del soporte para el botellón.

Se ha denominado soporte al elemento donde se ubicará al botellón para el respectivo proceso de lavado, este es un diseño cuya apariencia es similar a un cono invertido moldeado en la parte inferior, fue realizado en un software llamado FreeCAD (figura 22), este software es de gran ayuda para los trabajos en donde requieran una apreciación real del diseño a imprimir.

El boquete o abertura del cono tiene un radio de 76.25mm X 153.62mm de altura y un espesor de 2mm, se cambia el diseño en la parte inferior del cono, de manera que exista dos orificios, una destinada a la tubería que expulsará el desinfectante a gran velocidad y el otro orificio servirá como desagüe del proceso.

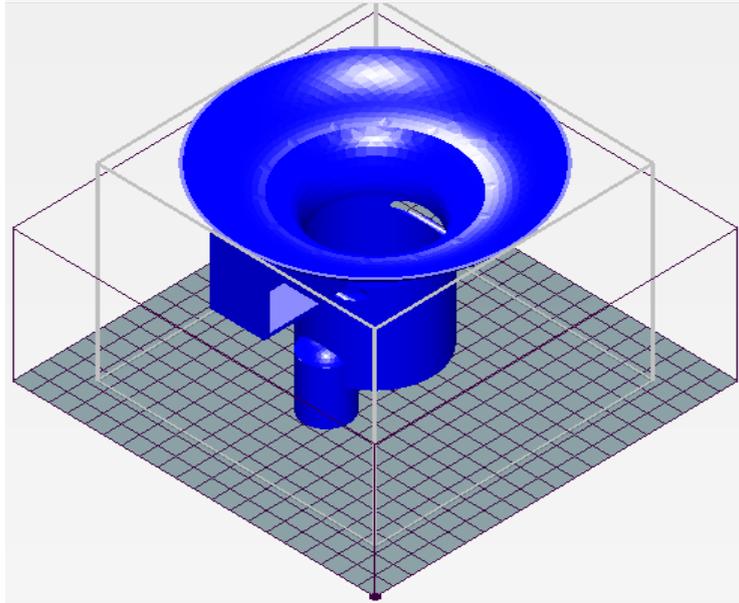


Figura 25 Diseño en 3D para el soporte de los botellones

Luego de realizar el diseño se procede a vincular el software con la impresora 3D, se realiza las respectivas calibraciones para que el proceso de impresión sea lo esperado, el tiempo estimado que duro la impresión fue de 9h35 min cada uno, aplicar este método de diseño e impresión 3D fue la mejor opción ya que no existe en el mercado accesorios que cumplan el requerimiento para el proceso de lavado, en la siguiente figura se aprecia el producto final impreso en 3D.



Figura 26 Soporte para el lavado de botellones impreso en 3D

3.2.1.3 Comunicación VFD-EL y PLC.

Como se mencionó anteriormente, en el ítems 3.1.1.3 sobre el protocolo de comunicación, es realizado mediante MODBUS para lo cual el cable de conexión entre los equipos CM 1241 RS422/485 y el VFD-EL cumplen un diseño de conexión, el cable usado para el enlace físico es el UTP de categoría 5e, el puerto del CM 1241 RS422/485 corresponde a un conector DV9 mientras que para el VFD-EL el puerto de conexión es un RJ-45.

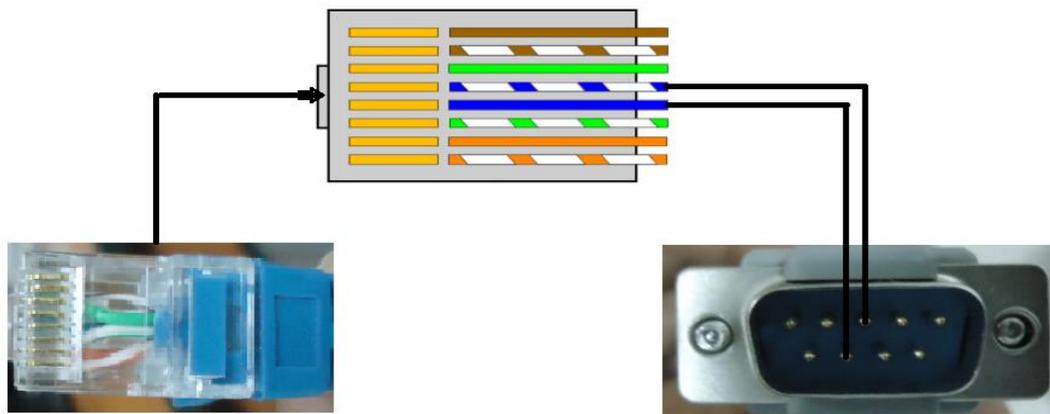


Figura 27 Diseño de conexión para la comunicación MODBUS entre los puertos RJ45 – DB9

RS-485	VFD-EL (RJ-45)	Conector DB9	Color de hilo
D+	Pin 5	Pin 8	Azul
D-	Pin 4	Pin 3	Azul- blanco

Tabla 6 Descripción de pines de conexión entre el RJ45 y DB9 para el protocolo de comunicación MODBUS

3.2.1.4 Circuito de alimentación para el sensor y convertidor de pulso

La planta presenta dispositivos que requieren del uso de menor tensión, el sensor de flujo posee parámetros de operación en rango de 5- 18V (tabla 3), por lo que es necesario elaborar un circuito divisor de tensión y así evitar daños conocidos, el voltaje a dividir son los 24V del PLC, la ecuación que proporciona esos valores y que nos servirá para la construcción del circuito es:

$$V_o = \frac{R_2}{R_1 + R_2} V_i \quad \text{Agustín, 2011 (4)}$$

En donde:

V_i = Voltaje del PLC (DC)

$R_1 = 1 \text{ k}\Omega$

$R_2 = 1.6 \text{ k}\Omega$

$$V_o = \frac{1.5 \text{ k}\Omega}{1 \text{ k}\Omega + 1.5 \text{ k}\Omega} 24 \text{ V} = 14.4 \text{ V} \quad (5)$$

La ecuación (5) dio como resultado 14.4 V valor que está en el rango del voltaje de operación del sensor, de esta manera se podrá diseñar el circuito con los elementos encontrados mostrados en la figura

Para la entrada del PLC se utilizó un conversor de pulso a 4- 20ma, este dispositivo conversor facilita conseguir los valores que se requiere en la entrada analógica del PLC, en la búsqueda de dar solución a esta conversión, solo fue necesario construir un pequeño circuito usando las reglas de la ley de OHM representado en la siguiente expresión:

$$I = \frac{V}{R} \quad \text{Agustín, 2011 (6)}$$

Sabiendo que el voltaje máximo de operación es de 10V y conociendo de igual manera que la lectura máxima del conversor es de 20ma es posible encontrar la resistencia que nos permita obtener el rango de operación de la entrada analógica del PLC, despejando la ecuación (6) queda:

$$R = \frac{V}{I} \quad \text{Agustín 2011(7)}$$

Remplazando a valores:

$$R = \frac{10\text{V}}{20\text{ma}} = 500\Omega \quad (8)$$

Con esta información se puede establecer los valores que serán el rango de la entrada analógica del PLC, las siguientes igualdades representan la lectura nominal obtenida analíticamente mediante la extracción de la variable deseada.

Quedando expresado de la siguiente manera:

$$V = I * R \quad (9)$$

Es decir, aplicando la ecuación (9) con los valores nominales del conversor y la resistencia encontrada de la ecuación (8), el nuevo rango de operación para este sensor es:

Para valores cuando el conversor dé 4ma la igualdad queda:

$$V = 4ma * 500\Omega = 2V \quad (12)$$

Para valores cuando el conversor dé 20ma la igualdad queda:

$$V = 20ma * 500\Omega = 10V \quad (11)$$

Una vez establecidos los parámetros de lectura encontrado analíticamente, se pudo diseñar el circuito para la conversión de pulso a voltaje mostrado en la figura 28. Conocida estos valores se procede a la configuración del variador y programación para la adquisición de datos para el modelo de la planta.

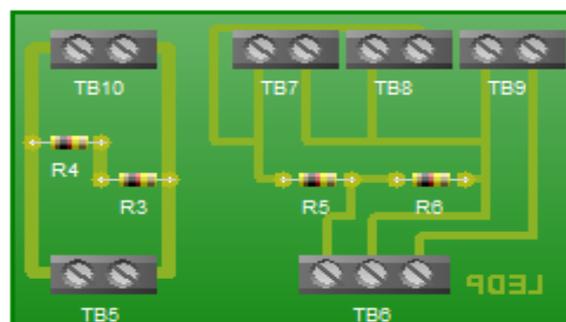


Figura 28 Circuito para alimentación del sensor y conversor de pulso

3.2.2 Configuración de parámetros del variador VFD-EL para la adquisición de datos.

La comunicación entre el VFD-EL con el PLC es realizado mediante el protocolo MODBUS, la manera de ingreso al menú del variador de frecuencia es haciendo uso del teclado digital del equipo (figura 15) que con la opción ENTER nos permitirá ingresar a los parámetros de comunicación.

Existen diez grupos de configuración de los cuales las utilizadas son detalladas en la tabla presentada a continuación:

PARAMETROS	EXPLICACIÓN	CONFIGURACIÓN
00,02	Reinicio	10: Todos los parámetros son restablecidos a sus valores de fábrica (60 Hz, 220 V / 440 V)
02,00	Fuente del primer comando de frecuencia maestra	3: Comunicación RS-485 (RJ-45)
02,01	Fuente del primer comando de operación	3: Comunicación RS-485 (RJ-45). DETENER/REINICIALIZAR del teclado Habilitados.
02,09	Fuente del segundo comando de frecuencia	3: Comunicación RS-485 (RJ-45)
09,00	Dirección de comunicación	1 a 254 Se escoge el canal de comunicación
09,01	Velocidad de transmisión	1: Tasa de baudios 9600 bps
09,04	Protocolo de comunicación	6: 8, N,1 (Modbus, RTU)

Tabla 7 Parámetros configurados en el variador: [20] Delta Electronic

3.2.3 Identificación de la función de transferencia de la bomba centrífuga para el diseño del controlador

En esta sección se desarrollará la identificación del sistema, los componentes a los que se determinará la función de transferencia son a la bomba centrífuga THEBE y al sensor YF-S201, esto consiste en determinar el flujo de entrada y salida que pasa por estos equipos en un determinado tiempo, de esta manera podremos diseñar el controlador para el ahorro del desinfectante.

Para el proceso de identificación es necesario procesar una base de datos, por lo que se realizaran pruebas experimentales para adquirir el registro, además de tomar en cuenta ciertas especificaciones para establecer el protocolo de comunicación en este caso la configuración se realiza en los bloques del programa TIA Portal V14.

Registro	Descripción	Función
8451	Lectura de registro VFD-EL	Velocidad
8193	Escritura de registro VFD-EL	Velocidad
8194	Escritura de registro VFD-EL	Velocidad

Tabla 8 Parámetros de comunicación del VFD-EL: [20] Delta Electronic

3.2.3.1 Valores de entrada y salida del sistema

Para obtener una base de datos, necesaria en la identificación del sistema, se realiza un proyecto en TIA Portal diseñada para la lectura y escritura del registro de dato, así como también la frecuencia de operación, este proyecto estará estructurado por bloques previamente configurados en primer lugar con los parámetros mostrado en la tabla anterior para el VFD-EL (ver tabla 8), que permitirá la escritura de la frecuencia asignada y lectura de la misma, dando inicio al arranque de la bomba.

Luego de la configuración del variador, se establece parámetros para la lectura y escritura de los valores del sensor flujo, cabe recalcar que para el uso del equipo de medición fue necesario aplicar un divisor de voltaje (5) ya que su máximo valor de operación es de 18V y no es posible aplicar el voltaje que provee el PLC (24Vdc), aplicarlo sobrepasaría el voltaje de excitación y quemaría el dispositivo.

El sensor de flujo en operación emite una señal de pulso por lo que es necesario transformar esta señal en valores permitidos en la entrada analógica del PLC, es decir, comprendidas en el rango de 0- 10V (ver tabla 1).

3.2.3.2 Diagrama de flujo para la adquisición de datos

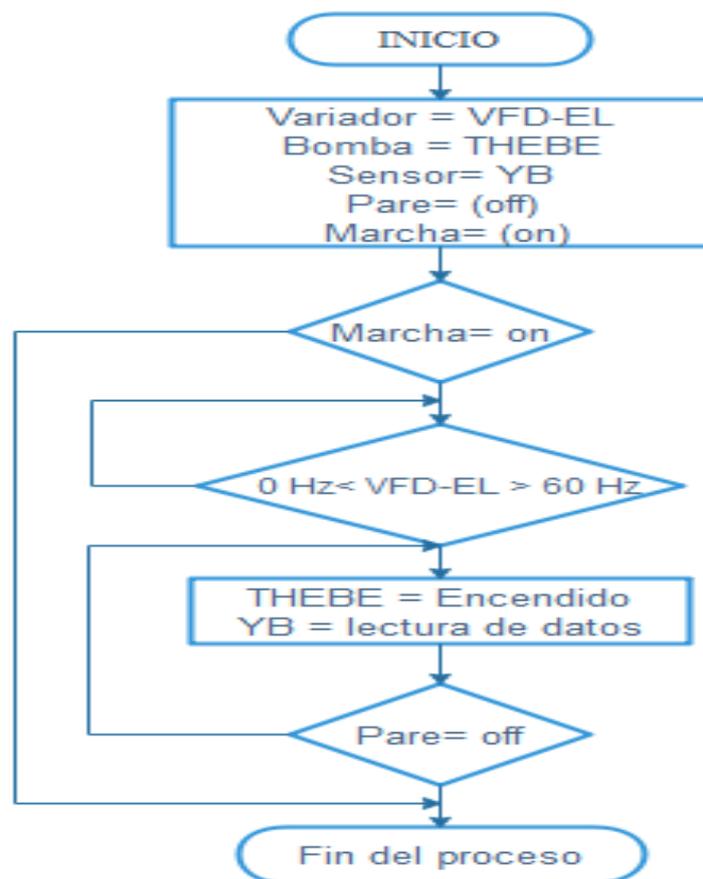


Figura 29 Diagrama de flujo para la lectura de datos del sensor

El esquema anterior representa el proceso de lectura y adquisición de datos del sensor, a esto se tuvo que realizar varias pruebas debido a que los valores varían dependiendo al chorro del desinfectante, es decir, sin colocar algún objeto que delimite la salida del desinfectante el sensor proporciona un valor y es diferente al valor obtenido con el modulador de chorro.

3.2.3.3 Programación de marcha o pare del sistema.

Para iniciar el proceso se define dos entradas digitales en las cuales las etiquetaremos como marcha con la ubicación %di0.3 del PLC y pare con i%d0.1, de manera que al dar marcha indicará el inicio del sistema durante el tiempo que se establezca en el programa o hasta que se inactive con la entrada digital de pare, que además de actuar como pare del proceso también cumple la función de paro de emergencia para casos de algún desperfecto durante el proceso de lavado. Estas funciones están representadas de igual manera en la pantalla del HMI (figura 52).

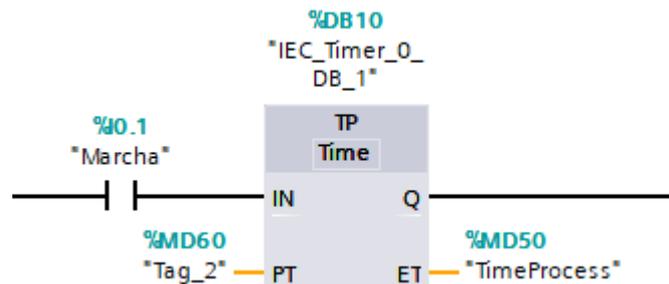


Figura 30 Programación para inicio y pare de la planta

Para el proceso del pare del sistema el segmento generado (figura 30) corresponde a un indicador que detiene en cualquier instante el proceso de lavado, de manera que si al suceder alguna irregularidad en su funcionamiento la planta se detendrá.

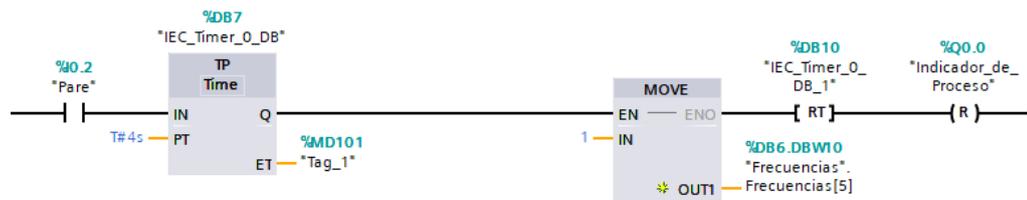


Figura 31 Pare del sistema del proceso de lavado

A continuación, se describe la programación leader diseñada para la lectura, escritura y adquisición de datos obtenidas tanto del variador como del sensor, la dinámica consiste en enviar un control de mando por protocolo Modbus al variador, de esta manera alimenta a la bomba trifásica, dando paso al flujo del desinfectante que al pasar por el sensor enviará valores que serán recopilados y almacenados en un archivo creado en la plataforma web.

3.2.2.2 Programación del PLC para la adquisición de datos

El enlace entre la PC y PLC es realizado por puertos ETHERNET, es decir, establecer una dirección IP en el equipo físico, así como también en el virtual, esta configuración se lo realiza directamente en la plataforma TIA Portal V14 conectados el ordenador y el controlador, en la ventana principal de programación podemos identificar la dirección IP en diferentes maneras.

- Seleccionando la opción *online* de la barra de menú, esta despliega varias opciones, la que nos interesa es *dispositivos accesibles* que es la que seleccionamos, esta nos dirige a una ventana de búsqueda de dispositivos. (ver figura 32)

- Otra opción es dar clic en el icono  (*dispositivos accesibles*) ubicado en la barra de tareas, esta nos dirige a la ventana de búsqueda de dispositivos conectados. (ver figura 33)

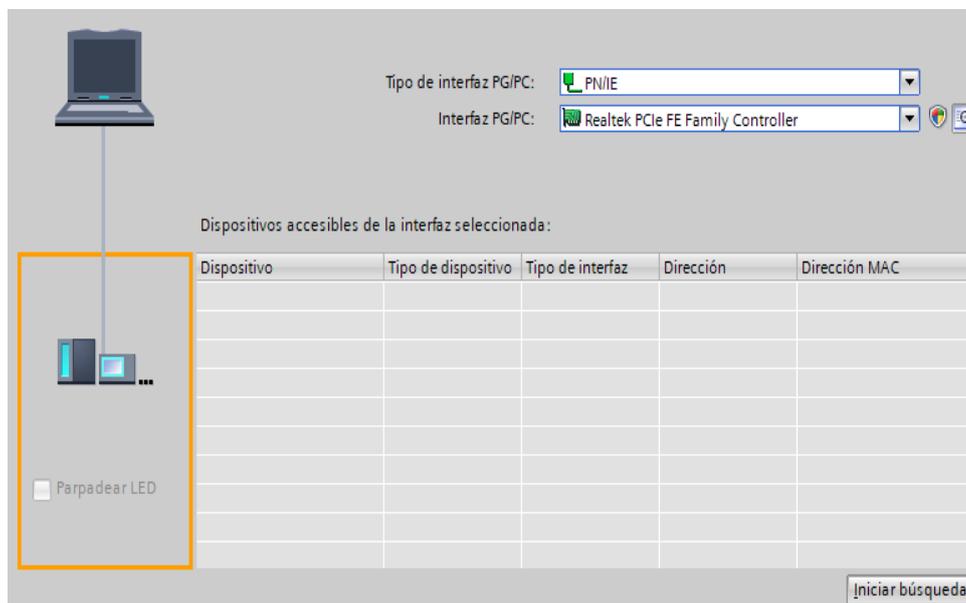


Figura 32 Ventana de búsqueda de dispositivos conectado en la plataforma TIA Portal

Al llenar los campos correspondientes y clicar la opción *iniciar búsqueda* automáticamente muestra la dirección del equipo en uso, esta información nos servirá para asignar la dirección IP en el equipo virtual.

En la ventana de dispositivos y redes nos situamos en la pestaña de *propiedades* seleccionamos la opción general y escogemos *direcciones ETHERNET*.

Asignamos la nueva dirección proporcionada por la ventana de *dispositivos accesible*, la figura a continuación muestra la ubicación en donde debemos escribir la dirección IP, por default viene asignado la IP 192.168.0.1., en nuestro caso el equipo posee la dirección IP 192.168.0.66 (figura 33)

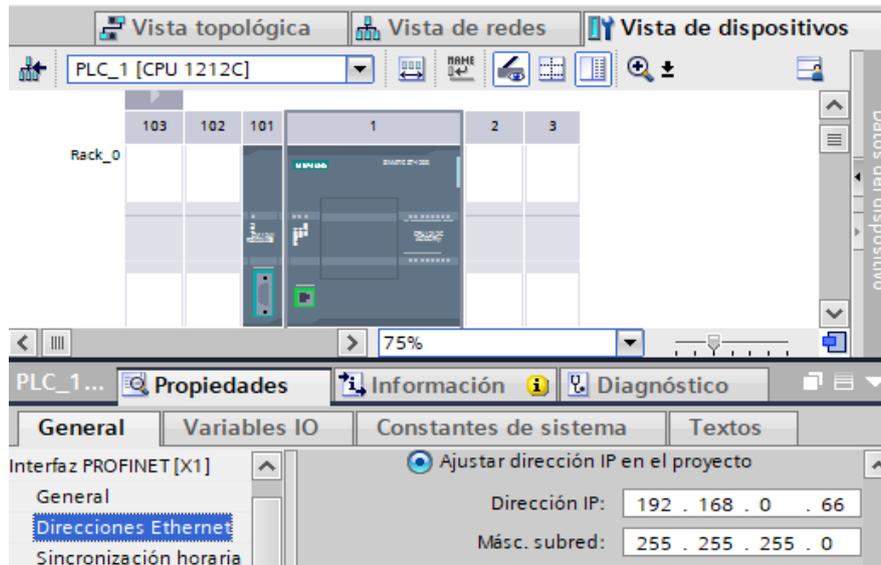


Figura 33 Asignación de la dirección IP al PLC virtual

3.2.3.4 Programación para obtener datos del variador VFD-EL

Corresponde al segmento de operación para el inicio del variador de frecuencia, para ello se utilizó de las herramientas instrucciones la opción avanzadas el bloque "MB_COMM_LOAD_DB" encargado de seleccionar el módulo de comunicación, ajustar los parámetros de la comunicación y configurar el enlace con los parámetros del maestro o el esclavo. Los parámetros utilizados en este bloque están reflejados en la tabla 9.

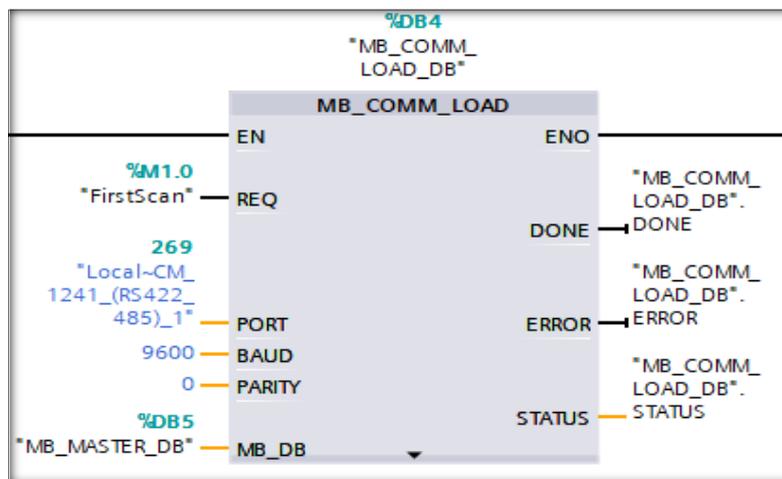


Figura 34 configuración del "MB_COMM_LOAD_DB" para comunicación entre el B. maestro o esclavo

Parámetros del "MB_COMM_LOAD_DB"	
REQ	FIRSTSCAN
BAUD	9600
PORT	269
PARITY	0
MB_DB	"MB_MASTER_DB"

Tabla 9 Parámetros de "MB_COMM_LOAD_DB" para la programación del variador

Se utiliza bloques de comunicación modbus de modo maestro para la operación del variador de frecuencia, estos bloques son configurados con los parámetros de lectura y escritura que indican el encendido o pare del variador (tabla 8), así como también el canal de comunicación cuyo parametro es configurado internamente en software del VFD-EL tal como se aprecia en la tabla 6 del grupo 09 opción 00.

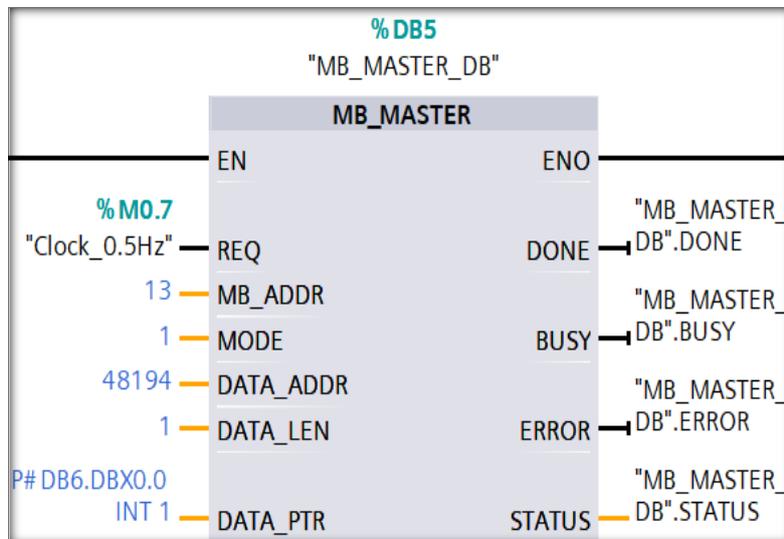


Figura 35 Configuración del bloque maestro "MB_MASTER_DB" para lectura y escritura de la frecuencia del variador

Se crearon tres bloques maestros con diferentes configuraciones, los parámetros configurados son el canal de comunicación, el número de registro y modo de operación y el puntero de dirección del PLC para la descripción de lectura y escritura, estos son reflejados en la tabla 10:

Parámetros del "MB_COMM_LOAD_DB"		
MB_ADDR: 13	MB_ADDR: 13	MB_ADDR: 13
MODE: 1	MODE: 1	MODE: 0
DATA_ADDR: 8193	DATA_ADDR: 8194	DATA_ADDR: 8451
DATA_PTR: P#DB6.DBX0.0 INT 1	DATA_PTR: P#DB6.DBX0.0 INT 1	DATA_PTR: P#DB6.DBX0.0 INT 1

Tabla 10 Parámetros del bloque maestro para la lectura y escritura de la frecuencia del variador

3.2.3.5 Programación del PLC para la lectura de datos del sensor de flujo.

Una vez activado el variador y la bomba se da paso a la lectura de datos y creación del registro, como antes se mencionó el sensor proporciona valores analógicos, la manera correcta de procesar estos valores es llevarlo a un rango medible, es decir, normalizarlos y escalarlos, que consiste convertir valores mediante una estructura lógica para la obtención de datos reales.

En el bloque NORM_X (figura 36) define el rango del valor emitido por la señal analógica, en nuestro caso esta señal tuvo tres conversiones, de señal de pulso a valores de mA y de mA a voltaje, dando como valor MIN = 5460 (2V) y su valor MAX = 6965 (2.52V) que fue el valor real en su operación máxima.

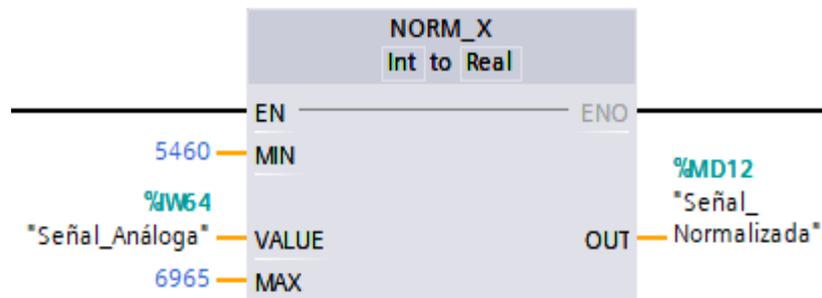


Figura 36 normalización de la entrada analógica del sensor

En el bloque SCALE_X (figura 37) se asignaron los parámetros medidos del sensor delimitando los valores de MIN y MAX haciendo referencia a la cantidad de flujo que circula en la tubería en unidades de L/min.

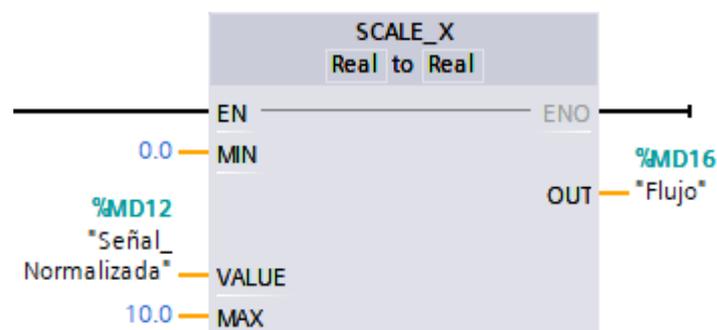


Figura 37 Escalado de la señal analógica del sensor

Obtenida la lectura de datos, es necesario extraerla para el proceso de identificación, para ello se asignan bloques configurados para la creación de registro, el bloque usado para la adquisición de datos es el "DataLogCreate_DB" que es bloque principal para la creación de registros. Así como los bloques anteriores, poseen parámetros que se deben asignar para su funcionamiento la creación del archivo, la información requerida para completar este bloque se detalla en la siguiente figura, cabe recalcar que estos datos son registrados en un bloque (DB).

crear					
Nombre	Tipo de datos	Offset	Valor de arranque	Re	
▼ Static					
Records	UDInt	0.0	14400		
Name	String	4.0	'Base'		
Id	DWord	260.0	1		
Header	String	264.0	'Frecuencia,Flujo'		
▼ Data	Struct	520.0			
Frecuencia	UDInt	520.0	0		
Flujo	Real	524.0	0.0		
Done	Bool	528.0	false		
Busy	Bool	528.1	false		
Error	Bool	528.2	false		
Status	Word	530.0	16#0		

Figura 38 Datos en registrados en un Bloque BD

En el bloque de creación de archivos son registrados las etiquetas creadas en el bloque de datos (figura 38), cada una de ellas cumplen una función diferente, estas son explicadas en la descripción del "DataLogCreate_DB" (figura 61).

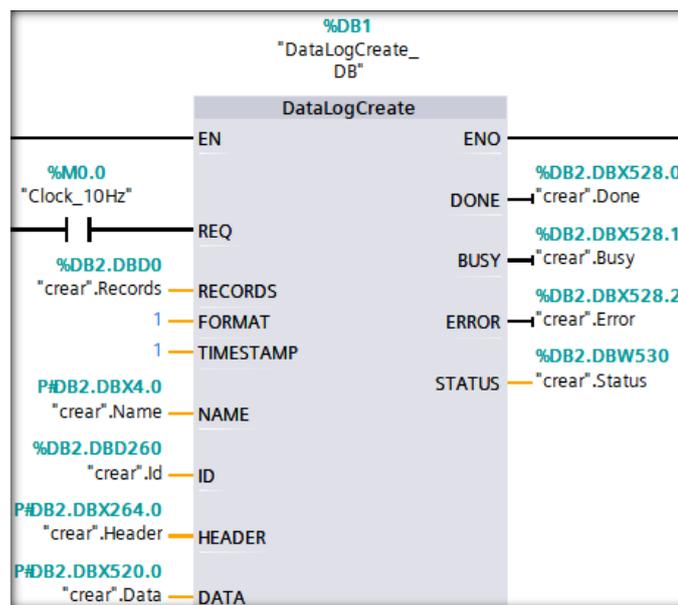


Figura 39 configuración del DataLogCreate para la creación de registros de datos

El proceso de creación de archivo se mantendrá en curso hasta que su parametro done este activo o inactivo, internamente posee estados de 0 y 1 que define la acción del parametro, en donde 0 indica en proceso y 1 proceso finalizado, esto se complementa con la activación de una memoria interna del programa activándolo mediante un contacto digital. La figura 38 representa la programación del segmento.

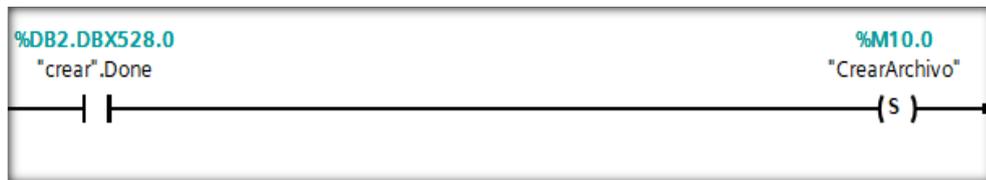


Figura 40 proceso de enclavamiento mediante una memoria

La figura 40 cumple una función importante, esto activa al bloque "DataLogWrite_DB" encargada de colocar los valores leídos al archivo, es decir, mientras no se accione esta memoria el archivo no se creará, para ello se necesita forzar la acción y dar paso al segmento de escritura de datos, esta configuración de almacenamiento se muestra en la siguiente figura.

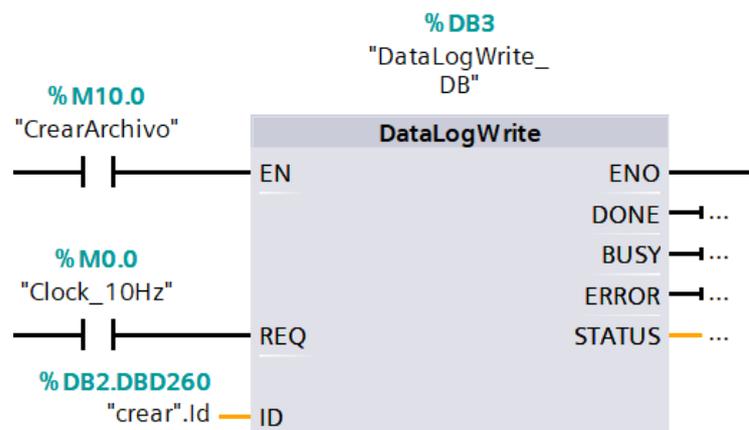


Figura 41 Bloque de escritura de entrada analógica

Una vez dado los procesos de lectura y almacenamiento el archivo es exportado mediante la configuración de mover registros, esto lo direcciona al portal web del

PLC, lugar en donde se realiza la extracción del documento con todos los valores adquiridos, la manera de ingreso es ir a la barra del navegador escribir la dirección IP del equipo, esto despliega el portal del PLC en donde se descarga el registro de valores.

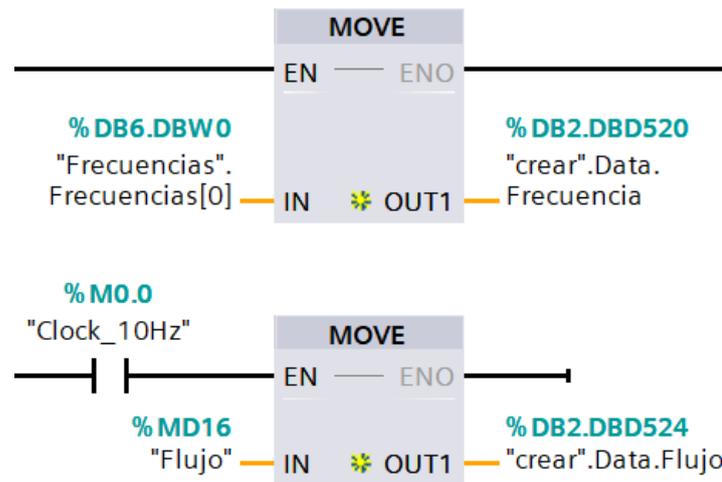


Figura 42 exportación del archivo creado al portal web del PLC

3.2.3.4 Obtención de la función de transferencia del proceso de lavado en MATLAB

Aquí se desarrollará el proceso de identificación de la planta, esto consiste en obtener una función de transferencia a partir de los valores adquiridos en el proceso anterior, para obtener un registro específico se tuvo que realizar varias pruebas experimentales, con el fin de adquirir una base de datos en donde refleje el flujo aproximado para el proceso de lavado, como se mencionó anteriormente los valores varían dependiendo a la obstrucción que se le ponga en la salida (chorro).

En la figura 59, detalla el registro obtenido de la medición del sensor, cada fila indica los valores obtenidas en 0.1 segundo de la codificación gráfica realizada en la plataforma de adquisición de datos, en esta prueba se recopiló 700 datos en un tiempo de 70 segundos, estos fueron datos suficiente para aplicar acciones en la

plataforma MATLAB, para ello se tuvo que añadir las variables del archivo extraído en el workspace, para obtener una apreciación de lo que está sucediendo en la planta, se puede usar una de las herramientas de MATLAB, un plot nos indica tal suceso, esto se puede corroborar en las siguientes gráficas.



Figura 43 Representación de los valores de las variables frecuencia y flujo

El proceso analítico empieza utilizando una de las aplicaciones que ofrece este software, *Identificación de Sistemas* es una herramienta que nos permite adquirir valores que intervienen en una función de transferencia.

Lo siguiente será conseguir esta ecuación que nos servirá para el objetivo deseado, como lo es la identificación de la planta, el proceso empieza importando los datos en el dominio del tiempo, esto despliega un cuadro de registro para la respectiva importación, se registran las variables Frecuencia y Flujo del *workspace* en los campos *input* y *output* respectivamente, la figura 44 muestra el proceso de *import data*.

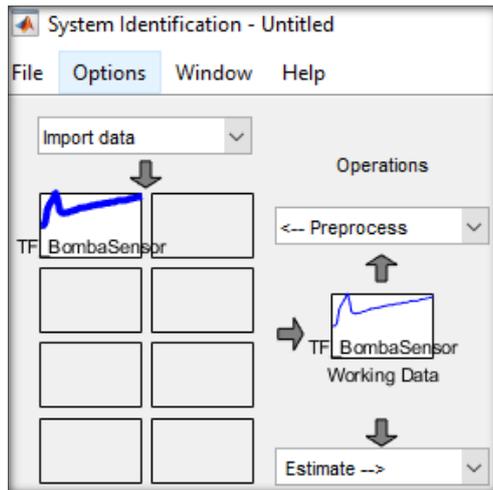


Figura 44 importar datos en el dominio del tiempo

El siguiente proceso es estimar valores para la obtención de la función de transferencia, la herramienta que nos facilita este proceso es la denominada *process model* de la *Identificación del Sistema*, esta opción nos permite evaluar parámetros que conforman una función de transferencia conformadas por polos y ceros. Este proceso consiste en asignar parámetros en el campo de función de transferencia y aplicar cambios a la función que esta dado por default, para un buen resultado se procede a realizar varias pruebas ingresando valores a los campos de las diferentes opciones en las que se puede agregar de este bloque, esto nos permite corroborar diferentes comportamientos mostrados en la ventana de salida de modelos

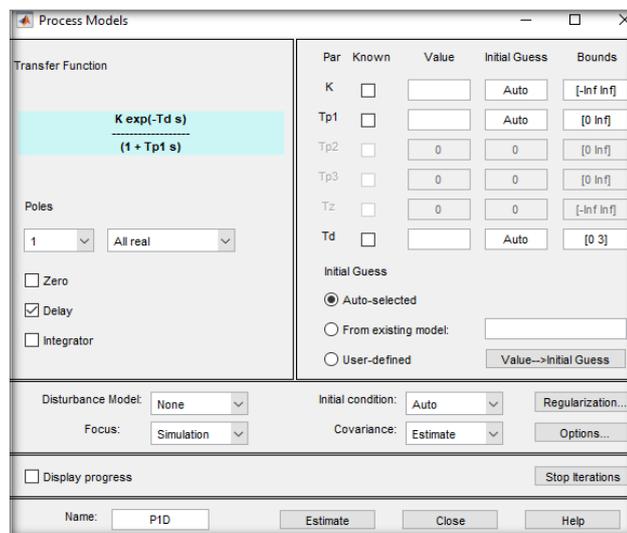


Figura 45 proceso de estimación para la función de transferencia en MATLAB

Como se aprecia en la figura 44, demuestra que existen acercamientos a la función original, sin embargo, se considera ideal al modelo que presente un porcentaje de aproximación a dicha función, de manera que de todas las estimaciones los elementos necesarios para obtener la mejor proximidad fue la complementación de un polo y un cero, dando el 93.58% el más cercano.

$$G(s) = kp \frac{1+Tpz*s}{1+Tp1*s} \quad (12)$$

Donde: $kp = 0.1657$

$Tp = 3.3398$

$kp = 3.385$

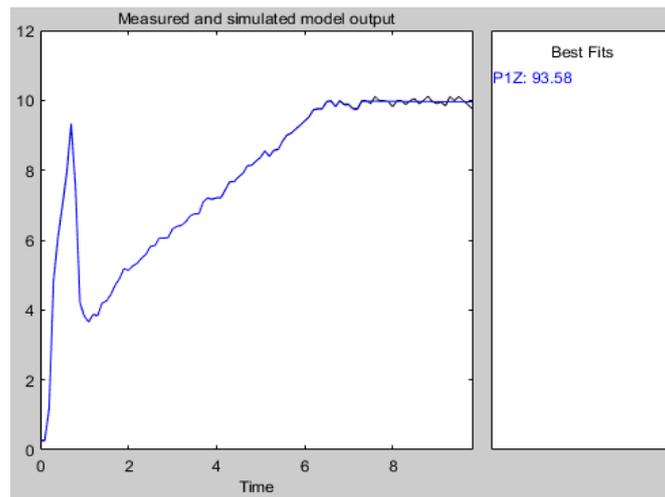


Figura 46 ventana de presentación del comportamiento con mayor proximidad

Esta respuesta deberá ser exportada al espacio de trabajo de MATLAB, de manera que pueda ser llamada mediante líneas de comando o solo con arrastrar hacia el *Command Windows*, permitiendo apreciar los valores encontrados y así poder realizar simulaciones para el diseño del controlador. Una herramienta con una interesante interfaz es el simulink.

3.2.4 Diseño del controlador PID

El diseño del controlador PID fue desarrollado en las plataformas de MATLAB y TIA Portal, de manera de apreciar el comportamiento óptimo para el proceso de lavado.

3.2.4.1 Diseño del controlador PID en MATLAB

Para el proceso de diseño del controlador, se optó por utilizar la herramienta Simulink de Matlab, de manera que al contar con la función de transferencia del sistema se pudo interactuar con esta interfaz gráfica, el esquema cuenta con los siguientes bloques configurables; un step en donde definiremos la amplitud de estabilización, el bloque del controlador PID que constará de los parámetros proporcional-integral-derivativo y el bloque de la función de transferencia encontrada, la figura muestra el diseño para el controlador con la herramienta Simulink.

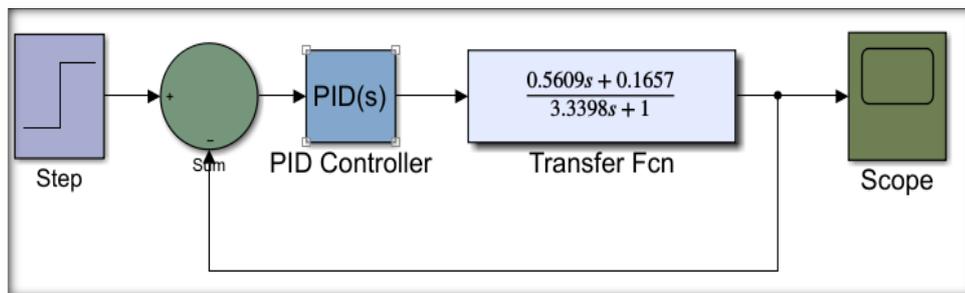


Figura 47 diagrama de bloques del diseño del control PID para el proceso de lavado

Como se puede apreciar en el esquema (figura 47), está representado el bloque de la función de transferencia con sus valores obtenidos, y más componentes que requieren de configuración, de modo que al aplicar los parámetros para el controlador obtendremos una respuesta al sistema, la figura 48 presenta la respuesta reflejada en el scope.

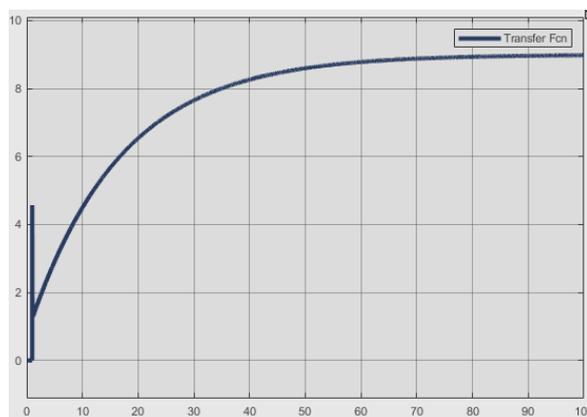


Figura 48 Respuesta del sistema aplicando Simulink de Matlab

PARAMETROS PID CON SIMULINK	
Ganancia Proporcional	0.9
Tiempo de integración	5.9
Tiempo derivativo	0.02

Tabla 11 Parámetros PID usando Simulink

3.2.4.1 Diseño del controlador PID en TIA Portal

Para el diseño del controlador se necesita agregar un bloque en el árbol del proyecto, utilizaremos el bloque de organización de característica *interrupción cíclica*, que consiste en iniciar programas en intervalos periódicos, dará apertura a una nueva ventana de interfaz de bloques, insertaremos de las herramientas de instrucciones la opción tecnología luego PID control y para agregar se escoge PID compact el bloque a configurar se muestra a continuación.

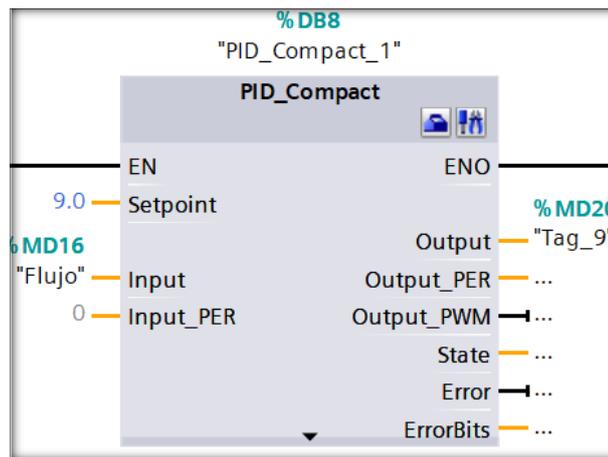


Figura 49 Configuración del bloque PID de la programación TIA Portal

Los ajustes se realizaron en la ventana de configuración del bloque PID_Compact entre las cuales fueron consideradas las siguientes:

- En el tipo de regulación como caudal expresadas en L/s
- Modo de optimización fina.

- El parametro de input (señal analógica escalada) y output (señal de salida en el establecida como setpoint)
- Límites que comprenden a los valores reales de rango 0- 10L/s

Los parámetros establecidos para la configuración del PID son presentados en la tabla 12 determinando el valor proporcional integral derivativo de la planta, esto refleja al proceso como estable en su funcionalidad para el proceso de lavado (figura 50).

PARAMETROS PID	
Ganancia Proporcional	9.520075E-1
Tiempo de integración	4.228511E-1
Tiempo derivativo	5.190941E-2
Coefficiente retardo derivativo	0.1
Ponderación de la acción P	1.0
Ponderación de la acción D	0.0
Tiempo muestreo algoritmo PID	9.99986E-2

Tabla 12 Representación de los parámetros PID para la estabilidad del proceso

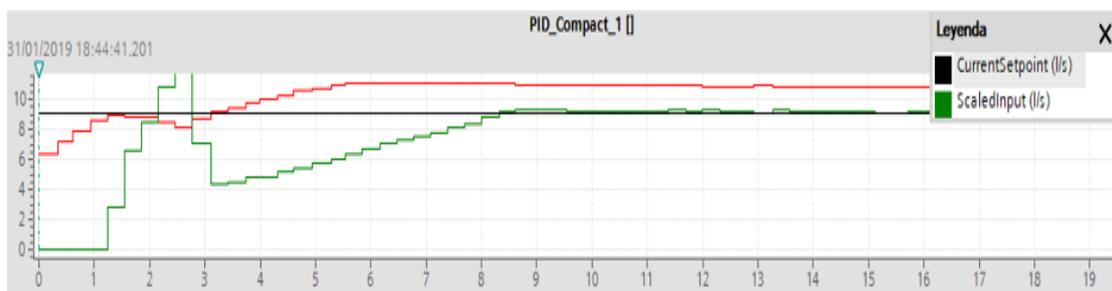


Figura 50 Proceso estable del PID para el lavado de botellones

3.2.5 Desarrollo del proyecto en HMI

El interfaz hombre- máquina fue diseñado con el producto de la marca Delta hmi y su software DOPSoft, la estructura digital está compuesto por los componentes identificados en este proyecto, como lo son el tanque del depósito, la bomba y el

sensor de flujo, la finalidad es apreciar y monitorear el control para el proceso de lavado, en donde se expondrán los parámetros obtenidos del controlador PID.

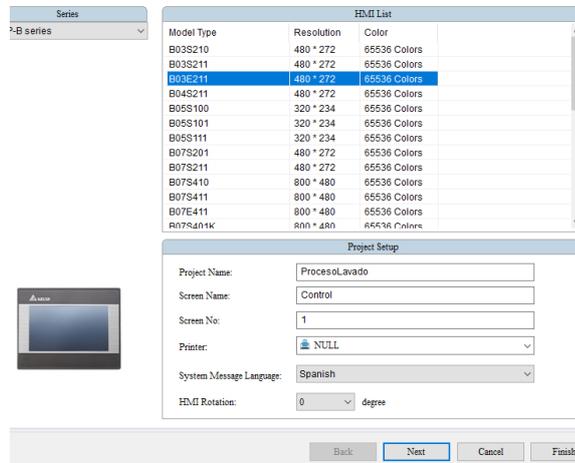


Figura 51 inicio del proyecto en DOPSoft para el proceso de lavado

La activación para el inicio del sistema de lavado dependerá de la existencia del desinfectante en el depósito, esto se enlazará con la señal de nivel alto del proceso de la mezcla.

El botón inicio activará la planta de proceso, permitiendo generar una frecuencia para que arranque la bomba, el bombeo llegara a un flujo cuyo valor se estabilizará en el setpoint establecido, el tiempo de lavado será de 1 minuto con 30 segundos, tiempo estimado para que el botellón este declarado sin impurezas.

La dinámica entre la pantalla y el hombre está en el indicador del tanque del depósito del desinfectante, en verde indicará lleno por lo que es el momento para dar inicio al proceso, los indicadores numéricos presentaran valores dependiendo a su función, es decir, la frecuencia con la que la bomba está operando, el flujo que está pasando por el sensor y el tiempo estimado para el proceso, para casos en donde presente alguna irregularidad con el proceso se agregó el botón de paro de emergencia y detener el proceso en cualquier instante.

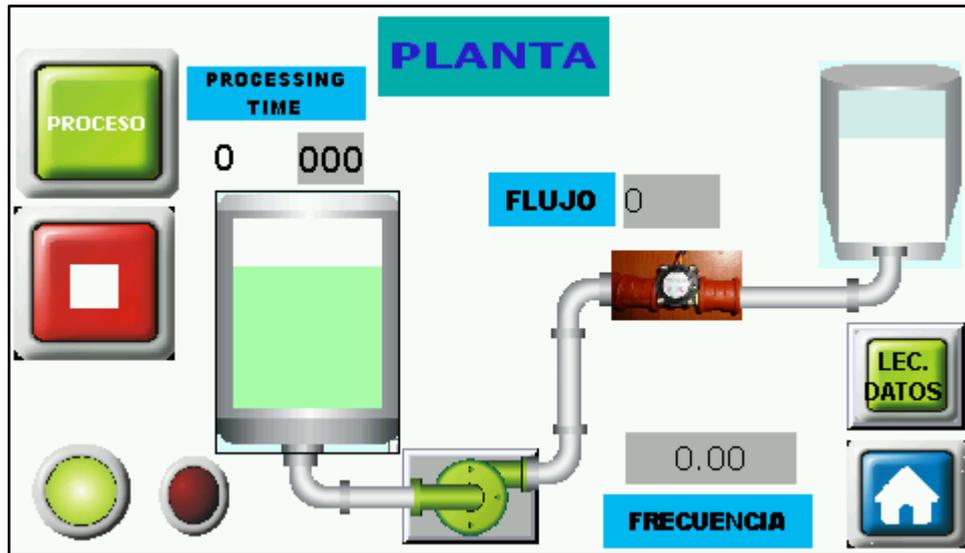


Figura 52 Pantalla de control y monitoreo para el proceso de lavado

CAPÍTULO IV

PRUEBAS

Calibración del sensor de flujo para la lectura de datos

En el ítem 3.2.3 se describe el desarrollo para obtener la identificación del sistema, para ello se realizó tomas de lectura de valores del sensor correspondiente a la entrada y salida de flujo, presentando tres registros con diferentes tipos de lectura que se detallan de la siguiente manera:

La primera prueba realizada para el registro de datos se configuró con parámetros obtenidas del manual del equipo, especificando que su medición estándar de salida es de 30L/min esta información está reflejada de la tabla 13 y el registro de datos con esta configuración se demuestra en la figura 58, registro que fue determinada errada ya que para comprobar se midió en un recipiente y no presento el mismo valor de lectura.

Determinando que la lectura reflejaba otra configuración se realizó los respectivos cambios para obtener la información correcta ya que los datos fueron obtenidos en tiempo real por lo que la programación debería reflejar los mismos valores (figura 36- 37), sin embargo, para la realización del proyecto se debe tener un medio de manipulación del chorro que debía estimarse como indicado para el proceso de lavado.

Para establecer cuál es el chorro indicado, se manipuló este regulador determinando por observación cual es el eficiente que cubra el volumen interno del botellón en el proceso de lavado.

Modificado el ajuste del chorro se pudo adquirir información con el flujo establecido para el proceso de lavado, este proceso de adquisición de datos fue realizado en periodos de tiempos determinado. La tabla 13 refleja la lectura de los valores obtenidos en sus diferentes tipos de configuración nominal y en tiempo real indicando el utilizado en el proyecto.

Tipo de lectura	Frecuencia (Hz)	Flujo (L/min)	Error
Lectura nominal del equipo (sensor)	60	29.58 - 30	1.4 %
Lectura real sin interrupción del chorro	60	13.5 - 15	10%
Lectura real con ajuste del chorro	60	9.89 - 10	1.1%

Tabla 13 Comparación de lectura de valores con respecto seleccionado el método escogido al chorro para la función de transferencia

Pruebas realizadas para las estimar la función de transferencia

Determinado ya la calibración del chorro se realizan las pruebas correspondientes para encontrar la función de transferencia que mayor aproximación tenga con respecto a la función original, esta prueba es realizada con la herramienta Identificación de Sistemas en donde son realizadas varias estimaciones con las opciones facilitada por la herramienta, estas son mostradas en las imágenes siguientes (figura 53) elaborando una tabla correspondiente al modelo usado y el porcentaje de proximidad con respecto a la señal original (tabla 14).

En este caso la prueba contempla la ejecución de siete estimaciones (figura 53) en ella se determina el comportamiento de la función estimada con respecto a la función original de la planta, estas están indicadas con diferentes colores y determinando el porcentaje de proximidad en donde la que se refleje un mayor grado de acercamiento al 100% es la que se considerará como ideal para el sistema.

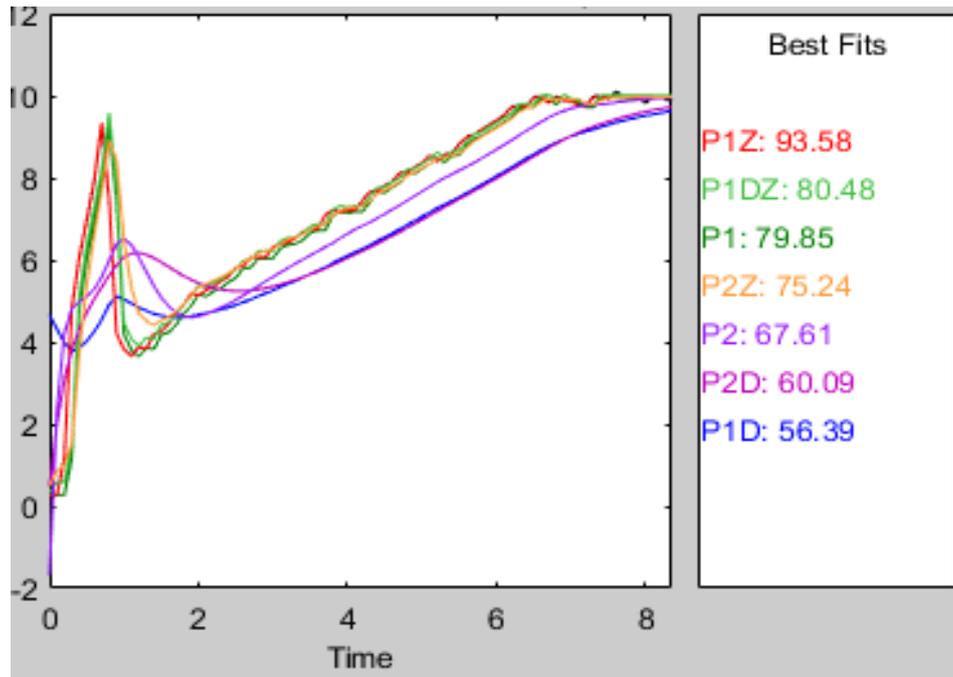


Figura 53 Representación de diferentes estimaciones para la obtención de la función de transferencia

Los valores que representan cada estimación fueron registrados en una tabla comparativa detallando el tipo de modelo utilizado, la ecuación del modelo, así como también el porcentaje de aproximación al sistema, identificando cual es el escogido como mejor opción.

Cuadro comparativo en las diferentes estimaciones						
Modelo	Polos	Delay	Ceros	Función de transferencia expresado	Función de transferencia con valores	Porcentaje de estimación
P-D	1	1	0	$G(s) = \frac{kp}{1 + Tp1 * s} * exp(-Td * s)$	$G(s) = \frac{0.1658}{1 + 1.21s}$	56.39%
P	1	0	0	$G(s) = \frac{kp}{1 + Tp1 * s}$	$G(s) = \frac{0.1659}{1 + 1.821e - 07s}$	79.83%
P-Z	1	0	1	$G(s) = \frac{kp * (1 + Tz * s)}{(1 + Tp1 * s)}$	$G(s) = \frac{0.5609s + 0.657}{3.34s + 1}$	93.58%
P-D-Z	1	1	1	$G(s) = \frac{kp * (1 + Tp1 * s) exp(-Td * s)}{(1 + Tp1 * s)}$	$G(s) = e^{(-0.1s)} \frac{0.6674s + 0.1658}{3.994s + 1}$	80.48%
P-D	2	1	0	$G(s) = \frac{kp * exp(-Td * s)}{(1 + Tp1s)(1 + Tp2s)}$	$G(s) = \frac{0.166}{0.3915s^2 + 1.251s + 1}$	60.09%
P	2	0	0	$G(s) = \frac{kp}{(1 + Tp1s)(1 + Tp1s)}$	$G(s) = \frac{0.1663}{0.08154s^2 + 0.5711s + 1}$	61.61%
P-Z	2	0	1	$G(s) = \frac{kp * (1 + Tz * s)}{(1 + Tp1s)(1 + Tp2s)}$	$G(s) = \frac{0.3595s + 0.1658}{0.2749s^2 + 2.286s + 1}$	73.41%

Tabla 14 Estimaciones para la función de transferencia del proceso de lavado de botellones

Programación del PID para la adquisición de parámetros del controlador

Una de las maneras de encontrar la optimización del control y estabilizar el sistema, es el uso de la aplicación del PID, esta opción luego de realizar su configuración de funcionamiento permite encontrar los parámetros en la optimización del comportamiento del sistema, la facilidad de esta aplicación es que nos permite ejecutar el proceso dejando el proceso en optimización en curso, esto indica que se está realizando internamente los cálculos necesarios para estabilizar el sistema, la gráfica representa la optimización en curso antes de importar los parámetros del PID

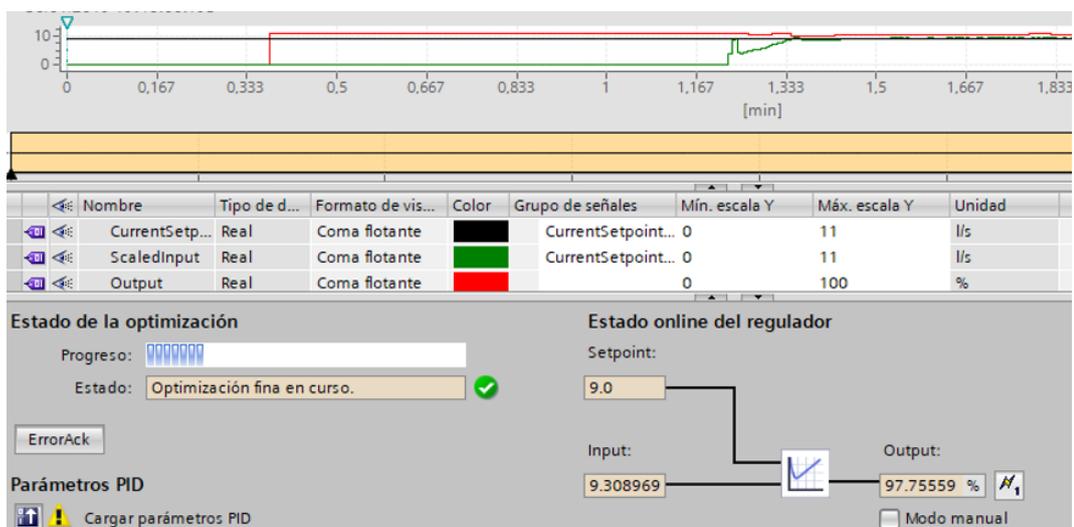


Figura 54 Representación del proceso de optimización para la extracción de parámetros PID

El proceso de optimización finalizará cuando las estimaciones internas encuentren los parámetros de estabilidad y se refleje en el campo de estado sistema optimizado (figura 54), una vez encontrado estos parámetros para el setpoint se procede a la extracción en donde se aprecian valores de cada una de sus características internas, la prueba experimental culminó con la carga de los valores establecidos en la tabla.

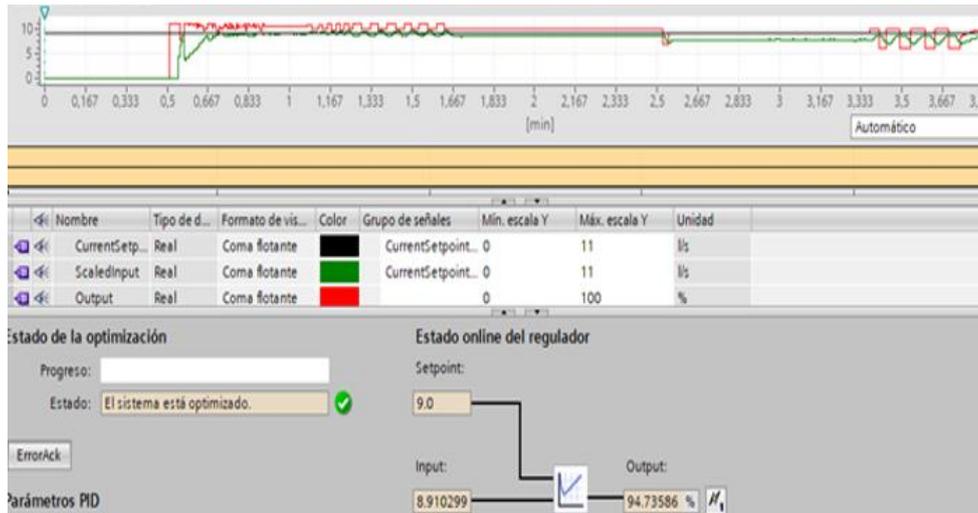


Figura 55 Representación del sistema optimizado para los parámetros de controlador PID

Al establecer los parámetros del Setpoint se realizó la prueba de lavado y poder determinar el tiempo ideal para considerar como limpio o sin impurezas al botellón, en las cuales el consumo realizado del desinfectante se refleja en cuadro comparativo entre el proceso realizado manualmente y el proceso usando el controlador esto se demuestra en la tabla 15.

Método	1 minuto	1 minuto con 30 segundos	2 minutos
Manual	10 litros y medio	15 litros	20 litros
Controlado	9 litros	13 litros y medio	18 litros

Tabla 15 Cuadro comparativo del consumo del desinfectante

Pruebas realizadas con el interfaz hombre- maquina

El uso de la pantalla del HMI fue realizado para la adquisición de datos en donde se pudo apreciar el funcionamiento de los componentes en este caso solo se usó para el arranque de la bomba y adquisición de datos. La figura representa los componentes diseñados en la pantalla, la cual consta de un botón de inicio y un botón de pare, que es lo necesario para lo que fue la adquisición de valores.

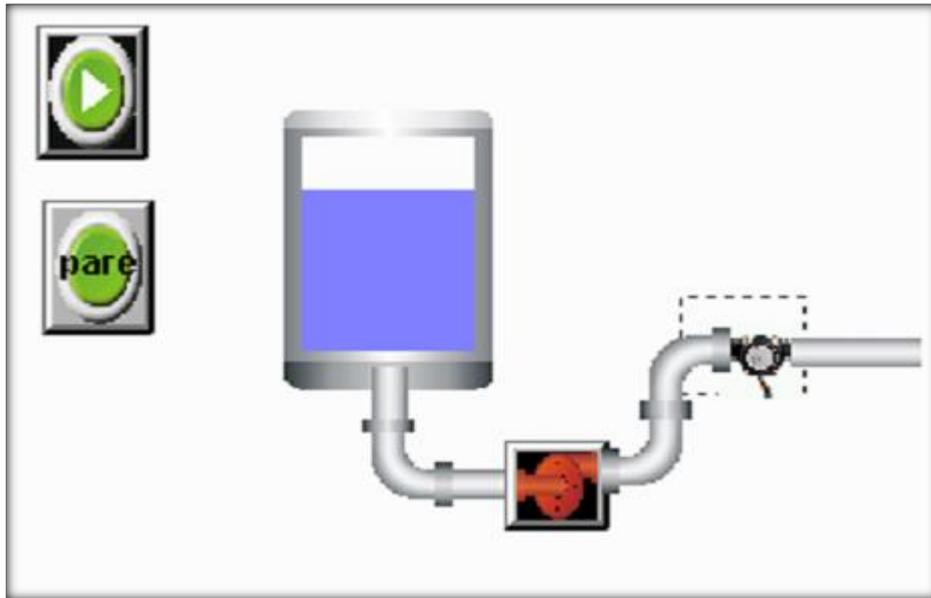


Figura 56 diseño de pantalla para la adquisición de datos experimentales

El diseño final para la planta de lavado (figura 48) presenta los valores que hacen referencia al control del sistema, como se mencionó anteriormente, se realizaron pruebas definitivas en tres periodos, cumplían procesos de 1 minuto, 1 minuto con 30 segundos y 2 minutos, de la misma manera presenta un indicador que representa el estado del tanque del depósito del desinfectante, la figura 55 muestra el estado vacío por lo que no se puede activar el proceso.

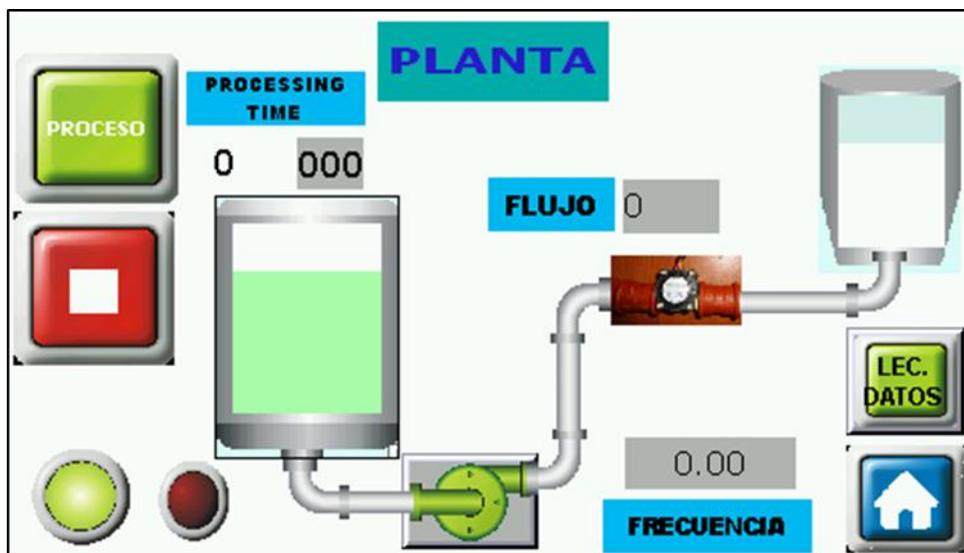


Figura 57 Planta de proceso de lavado en estado vacío.

COSTO DE LA PROPUESTA TECNOLÓGICA

El proyecto presenta los siguientes componentes para su implementación, detallando el costo y cantidad de elementos a utilizar, tanto los dispositivos físicos y las plataformas de diseño y programación.

Descripción	Cantidad	Costo
PLC S7-1200	1	\$410
Módulo CM 1241- RS485	1	\$200
Sensor YF-S201	1	\$ 20
Bomba Thebe	1	\$400
Variador VFD-EL	1	\$350
Delta HMI	1	\$520
Breakers	1	\$ 10
Cables, borneras, rieles.	1	\$ 10
Estructura metálica	1	\$50
Diseño e impresión 3D	2	\$90
Materiales de gasfitería	varios	\$30
Gastos varios	varios	\$50
Mano de obra	1	\$400
	Total	\$2540

El proyecto propuesto presenta costo de \$2540, un valor muy representativo de recuperación a largo plazo, se debe considerar que el equipo PLC no utiliza todas sus entradas y salida tanto digitales como analógicas, así como también el HMI que permite agregar otros tipos de monitoreo para otras aplicaciones de control, de manera que evita un gasto para otro proceso.

RESULTADOS

De los valores presentados en la lectura de datos que representan el flujo de salida con respecto a la entrada, se ha determinado que el registro conseguido con parámetros del equipo no es la correcta, por lo que fue necesario realizar ajustes al chorro con un elemento manual de regulación determinando por observación que el que recubra el volumen interno será el más óptimo.

Con el chorro elegido se determina que los parámetros usados en la programación (figura 34-35) dan como respuesta de salida de 9.5 a 10 Litros por minutos, esto se pudo corroborar realizando la prueba y llenar un recipiente con medida, en donde el porcentaje de error es despreciable presentando el 1.1% de error con respecto.

A pesar de que las respuestas obtenidas en las estimaciones para la función de transferencia presentaron gran acercamiento, esto se pudo apreciar en la gráfica (figura 49), determinando que sus componentes necesarios para la función de transferencia son un polo y un cero, la tabla comparativa muestra los valores y el modelo que mayor aproximación tendría, de las estimaciones la que mayor porcentaje de acercamiento representó el modelo con el 93.58% la más cercana a la función establecida, permitiendo apreciar que por solo el 6.42% no se determina como ideal, pero si la recomendada para elaborar el diseño del controlador PID.

El diseño del controlador PID presentó dos respuestas, los parámetros encontrados mediante la simulación por medio de Simulink y el diseño realizado en la programación de TIA Portal, determinando que el diseño obtenido mediante programa fue la mejor opción ya que la respuesta en tiempo real se estabiliza en los dos segundos (figura 62), en donde los parámetros identificado para el controlador son; $K_p: 0.9520075$, $k_i: 0.4228511$; $k_d: 0.051909$, a diferencia de los valores encontrados por la simulación dando: $k_p: 09$, $k_i: 5.9$, $k_d: 0.01$ y presenta un pico de 1.3, por lo que el diseño elegido fue el controlador PID con parámetros del programa.

El proceso ejecutado en la pantalla HMI, demostró ser de gran ayuda, presentando los procesos de manipulación digital de manera óptima, el diseño presenta condición de inicio y pare de manera que empieza el proceso siempre que tenga desinfectante, esta información será proporcionada del proceso de mezcla, así como también el botón de pare que detiene el proceso en cualquier instancia.

CONCLUSIONES

El proceso de identificación de sistema para este proyecto determinó, que la planta compuesta por un polo y un cero demuestra mayor proximidad dando un 93.58% considerada la más óptima del sistema.

El flujo empleado para el proceso de lavado dependió de la regulación realizada al chorro, determinando que la cantidad de desinfectante que pasa por el sensor es de 9.8 a 10 litros por minuto.

El control PID diseñado para la planta presenta un consumo de 13 litros y medio en comparación al proceso de lavado manual que consume 15 litros, obteniendo un ahorro de litro y medio en 1 minuto con 30 segundos, demostrando que el proceso aplicando control disminuye el desperdicio del desinfectante.

El diseño implementado en HMI para el proceso de lavado de botellones representa un excelente método de control y monitoreo, permitiendo apreciar el correcto funcionamiento, así como también las interrupciones que puedan presentarse y tomar correcciones oportunas.

RECOMENDACIONES

Identificar los parámetros del proceso a desarrollar con respecto a mediciones de flujo, a fin de que se pueda determinar el tipo chorro que se va a utilizar, ya que depende de esta regulación los valores de entrada y salida del sensor.

Realizar las evaluaciones necesarias para la obtención de la función de transferencia, de manera que se puedan descartar las respuestas que no presenten aproximación a la función presentada por la planta.

Realizar el diseño del controlador con los parámetros que presenten mejor respuesta al sistema, generar perturbaciones y verificar que el sistema se comporta como estable, de manera que se pueda considerar posibles cambios en su configuración.

Implementar diseños alternativos para el control y monitoreo en el HMI, comprobando posibles afectaciones físicas durante el proceso, tales como fuga del desinfectante o detectores de presencia de botellones para el inicio o pare del proceso.

Utilizar dispositivos de medición industrial, por su durabilidad y precisión en la toma de valores, así como también la capacitación del personal de planta para el monitoreo del proceso.

BIBLIOGRAFÍA

- [1]Diario El Universo. (2018). Rescatado del. <https://www.eluniverso.com/noticias/2018/02/14/nota/6623653/santa-elena-fue-provincia-mas-visitada-este-feriado-carnaval-2018>
- [2]Ministerio de turismo, MINTUR. (2018). Rescatado de : <https://www.turismo.gob.ec/santa-elena-fue-la-provincia-mas-visitada-en-el-feriado-del-24-de-mayo/>
- [3] Instituto Ecuatoriano de Normalización, (2008). Norma técnica ecuatoriana. Agua purificada envasada. Rescatado de. <https://archive.org/details/ec.n.te.2200.2008/page/n5>
- [4] Jama, W. Identificación y Diseño del controlador para el sistema regulador de nivel de líquido en un tanque. Recuperado de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/20250/1/Paper%20Jama_Cordero.pdf
- [5]Jorge Luis Viscarra Zambrano. Identificación y diseño de controlador para un sistema de regulación de caudal de líquidos. ESPOL. Recuperado de https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/19003/1/paper_vis carravil es.pdf
- [6]Caicedo Chica, Roberto Andrés (2008). Tesis en Ingeniería Mecánica. ESPOL. Recuperado de. <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/5564/1/D-38774.pdf>
- [7] Añes, G. Scarano, M. Venezuela (2014). Modelado Experimental Del Nivel De Un Tanque De Agua En Una Planta Piloto. Universidad Privada Dr. Rafael Beloso Chacin. Recuperado de <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/5157993.pdf>

[8] Intrave.Com Industrial Automation Vector De Ingeniería En Instrumentación, Control Industrial Y Automatización De Procesos. Desarrollo De Proyectos. Consultoría, Equipos, Sistemas, Mantenimiento, Cursos Y Mas. Recuperado de <https://intrave.wordpress.com/2015/02/20/para-que-sirve-un-plc/>

[9] Interfaz Hombre-Máquina (HMI). Wonderware. Recuperado de <http://www.wonderware.es/hmi-scada/que-es-hmi/>.

[10] Investigación Experimental. Explorable. Recuperado de <https://explorable.com/es/investigacion-experimental>.

[11] Ljung, L. and J. Sjöberg. (1992). "A System Identification Perspective of Neural Networks", IEEE Workshop on Neural Networks for Signal Processing.

[12] Tema 1. Introducción a la identificación de sistemas dinámicos. Rescatado de <ftp://ftp.unicauca.edu.co/Facultades/FIET/DEIC/Materias/Identificacion/Parte%20III/clase20%20ident/docs/temas.pdf>.

[13] Ogata, K. (2010). Ingeniería de control moderna: Modelado matemático de sistemas de control (5ª ed.). Madrid, España.

[14] Martínez, A. (2011). Sistemas de Control Automático. Identificación experimental de sistemas. Rescatado de: <https://rua.ua.es/dspace/bitstream/10045/18965/1/Identificacion%20experimental%20de%20sistemas.pdf>.

[15] Controladores de procesos. Soluparts. Rescatado de: <https://soluparts.com/es/productos/controladores-de-proceso/>.

[16] Tecnología & Informática. ¿ qué es lenguaje de programación?. Recatado de <https://tecnologia-informatica.com/lenguaje-de-programacion/>.

[17] Pérez, F (diciembre, 2017). Conoce los lenguajes de programación en SIEMENS. Rescatado de <http://www.autracen.com/lenguajes-de-programacion-siemens/>.

[18] Lic. Agustín, R. Electricidad y Electrónica. (2011). Rescatado de <https://www.google.com/search?q=ley+de+ohm+libro+fundamentos+de+electricidad+gilberto+enriquez+pdf&spell=1&sa=X&ved=0ahUKEwjSnOLSoa3gAhUHvIkKHZO5D6sQBQgpKAA&biw=1366&bih=665>.

[19] Manual de usuario MODBUS. Rescatado de http://teratronix.com/images/documentos/Modbus_para_control_de_Variadores.pdf.

[20] Delta Electronic, INC. VFD-EL. Manual del usuario. Funciones múltiples/microvariadores de frecuencias para motores de CA.

[21] SIEMENS. (septiembre, 2016). SIMATIC S7 Controlador programable. Manual del sistema. V4.2.

[22] Manual Sensor de flujo YB-S201. Naylampmechatronics rescatado de <https://naylampmechatronics.com/sensores-liquido/108-sensor-de-flujo-de-agua-12-yf-s201.html>.

[23] Bomba Centrifuga. Datos técnicos. Rescatado de http://www.thebe.com.br/Sistemas/Cron_Web/downloads/catalogo_geral_produtos_2018A_50Hz.pdf.

[24] Normas De Conexión De Puertos Modbus. Comunicación Modbus. Rescatado De <Http://Www.Unilibre.Edu.Co/Revistaingeniolibre/Revista-11/Art13.Pdf>.

[25] Aguilera, P. (junio, 2002). Programación De PLC's. UANL.

[26] Bedón, C. (Quito, 2015). Universidad Internacional Del Ecuador. Diseño Y Construcción De Un Sistema Semiautomático De Lavado De Botellones De Agua.

[27] Peña, F. Poveda, O. (Bogotá, agosto 2015). Diseño E Implementación De Un Sistema De Control De Caudal E Interfaz Gráfica De Usuario En Planta Didáctica Del Laboratorio De Mecánica De La Facultad Tecnológica.

[28] Torres, J. Chanoluisa, S. (Guayaquil, marzo 2015). Universidad Politécnica Salesiana. Diseño e implementación de un control en una planta de llenado de tanques a escala usando un transmisor de nivel y algoritmo PID para pruebas en el laboratorio de Automatización Industrial.

[29] TCS Industrial. Convertidor de pulsos a 4- 20 mA sensor de flujo caudal

ANEXOS

Anexos 1 Registro de datos experimentales para la función de transferencia

Frecuencia	Flujo	time	Frecuencia	Flujo	time	Frecuencia	Flujo	time	Frecuencia	Flujo	time
6000	0,2711864	0,1	6000	6,061017	2,8	6000	8,59661	5,5	6000	9,99322	8,2
6000	0,2711864	0,2	6000	6,061017	2,9	6000	8,833899	5,6	6000	9,99322	8,3
6000	1,186441	0,3	6000	6,067796	3	6000	9,01017	5,7	6000	9,877966	8,4
6000	4,827118	0,4	6000	6,318645	3,1	6000	9,064406	5,8	6000	9,99322	8,5
6000	6,054237	0,5	6000	6,39322	3,2	6000	9,18644	5,9	6000	10,04746	8,6
6000	6,955933	0,6	6000	6,420339	3,3	6000	9,294915	6	6000	9,898305	8,7
6000	7,905085	0,7	6000	6,522034	3,4	6000	9,41017	6,1	6000	9,99322	8,8
6000	9,294915	0,8	6000	6,691525	3,5	6000	9,525424	6,2	6000	10,11525	8,9
6000	7,471187	0,9	6000	6,752542	3,6	6000	9,735593	6,3	6000	9,966102	9
6000	4,20339	1	6000	6,752542	3,7	6000	9,762712	6,4	6000	9,905085	9,1
6000	3,823729	1,1	6000	7,098305	3,8	6000	9,762712	6,5	6000	9,945763	9,2
6000	3,661017	1,2	6000	7,213559	3,9	6000	9,966102	6,6	6000	9,844068	9,3
6000	3,877966	1,3	6000	7,166102	4	6000	9,99322	6,7	6000	10,10847	9,4
6000	3,837288	1,4	6000	7,213559	4,1	6000	9,830508	6,8	6000	9,99322	9,5
6000	4,19661	1,5	6000	7,213559	4,2	6000	9,99322	6,9	6000	10,10847	9,6
6000	4,257627	1,6	6000	7,444067	4,3	6000	9,891525	7	6000	9,99322	9,7
6000	4,440678	1,7	6000	7,674576	4,4	6000	9,891525	7,1	6000	9,891525	9,8
6000	4,711864	1,8	6000	7,674576	4,5	6000	9,769491	7,2	6000	9,762712	9,9
6000	4,901695	1,9	6000	7,810169	4,6	6000	9,762712	7,3	6000	9,80339	10
6000	5,186441	2	6000	7,911864	4,7	6000	9,99322	7,4	6000	9,99322	10,1

Figura 58 Registro de datos experimentales para la función de transferencia

UTC Time	Frecuencia	Flujo						
0:04:55	37,05	18,52582	0:04:58	33,18	16,58967	0:05:00	43,37	21,68478
0:04:55	47,16	23,58016	0:04:58	33,38	16,69158	0:05:00	44,43	22,21467
0:04:55	55,27	27,63587	0:04:58	34,77	17,38451	0:05:00	44,51	22,25543
0:04:55	65,10	32,54755	0:04:58	34,93	17,46603	0:05:00	45,90	22,94837
0:04:56	72,27	36,13451	0:04:58	35,50	17,75136	0:05:00	47,28	23,6413
0:04:56	70,68	35,33967	0:04:58	36,15	18,07745	0:05:01	48,30	24,15082
0:04:56	45,49	22,74457	0:04:58	36,20	18,09783	0:05:01	49,40	24,70109
0:04:56	36,97	18,48505	0:04:58	37,46	18,72962	0:05:01	50,05	25,02717
0:04:56	31,55	15,77446	0:04:58	37,54	18,77038	0:05:01	50,34	25,16984
0:04:56	29,59	14,7962	0:04:58	38,85	19,42255	0:05:01	51,36	25,67935
0:04:56	28,53	14,2663	0:04:59	38,93	19,46332	0:05:01	52,13	26,06658
0:04:56	29,18	14,59239	0:04:59	40,31	20,15625	0:05:01	53,89	26,94293
0:04:57	29,18	14,59239	0:04:59	40,31	20,15625	0:05:01	53,64	26,82065
0:04:57	30,53	15,26495	0:04:59	40,31	20,15625	0:05:02	54,21	27,10598
0:04:57	30,90	15,44837	0:04:59	42,39	21,19565	0:05:02	54,46	27,22826
0:04:57	30,57	15,28533	0:04:59	41,82	20,91033	0:05:02	54,95	27,47283
0:04:57	30,90	15,44837	0:04:59	43,08	21,54212	0:05:02	56,41	28,20652
0:04:57	31,88	15,9375	0:04:59	43,08	21,54212	0:05:02	58,33	29,1644
0:04:57	31,14	15,57065	0:04:59	43,08	21,54212	0:05:02	60	29,30707
0:04:57	31,47	15,7337	0:04:59	42,02	21,01223	0:05:03	60	29,22554
0:04:57	32,69	16,34511	0:05:00	42,51	21,25679	0:05:03	60	29,87772
0:04:57	32,85	16,42663	0:05:00	43,08	21,54212	0:05:03	60	29,8981

Figura 59 Registro de datos en función de datos del equipo

Anexos 2 Parámetros generales del MB_MASTER

Parámetro	Declaración	Tipo de datos	Area de memoria	Descripción
REQ	Input	BOOL	I, Q, M, D, L	Entrada de solicitud: <ul style="list-style-type: none"> • 0 - Ninguna solicitud • 1 - Solicitud de enviar datos a esclavo(s) Modbus
MB_ADDR	Input	UINT	I, Q, M, D, L o constante	Dirección de estación Modbus RTU: <ul style="list-style-type: none"> • Área de direccionamiento estándar: 0 a 247 • Área de direccionamiento ampliada: 0 a 65535 El valor "0" está reservado para la difusión general de un aviso a todos los esclavos Modbus. Para el broadcast sólo se soportan los códigos de función Modbus 05, 06, 15 y 16.
MODE	Input	USINT	I, Q, M, D, L o constante	Modo de selección: Indica el tipo de solicitud: lectura, escritura o diagnóstico En la tabla de funciones Modbus encontrará más detalles.
DATA_ADDR	Input	UDINT	I, Q, M, D, L o constante	Dirección inicial en el esclavo: indica la dirección inicial de los datos a los que se debe acceder en el esclavo Modbus. Las direcciones válidas se pueden encontrar en la tabla de funciones Modbus.
DATA_LEN	Input	UINT	I, Q, M, D, L o constante	Longitud de datos: indica el número de bits o palabras a los que debe acceder esta solicitud. Las longitudes válidas se pueden encontrar en la tabla de funciones Modbus.
DATA_PTR	Input	VARIANT	M, D	Puntero hacia la dirección del DB o de la marca de la CPU de los datos que se deben escribir o leer. En un DB, éste se debe crear con el tipo de acceso "Estándar: compatible con S7-300/400".
DONE	Output	BOOL	I, Q, M, D, L	<ul style="list-style-type: none"> • 0: Transacción no finalizada • 1: Transacción finalizada sin errores
BUSY	Output	BOOL	I, Q, M, D, L	<ul style="list-style-type: none"> • 0: No se está ejecutando ninguna transacción de "MB_MASTER" • 1: Transacción de "MB_MASTER" en ejecución
ERROR	Output	BOOL	I, Q, M, D, L	<ul style="list-style-type: none"> • 0: Ningún error • 1: Error; el código de error se visualiza en el parámetro STATUS
STATUS	Output	WORD	I, Q, M, D, L	Condición de ejecución

Figura 60 Parámetros generales de "MB_MASTER_DB" "MB_MASTER_DB"

Anexos 3 Descripción del cuadro DataLogCreate_DB

ID	InOut	DWORD	I, Q, M, L, D	ID de objeto del Data Log (solo Output) La ID del Data Log se necesita para otras instrucciones de Data Logging a fin de direccionar el Data Log creado.
HEADER	InOut	VARIANT	D	Encabezado del Data Log (opcional) El parámetro se oculta después de insertar la instrucción. El encabezado se escribe en la primera fila del archivo CSV.
DATA	InOut	VARIANT	D	Puntero a la estructura de datos que debe escribirse como registro al ejecutar la instrucción "DataLogWrite" .
DONE	Output	BOOL	I, Q, M, L, D	Parámetro de estado: <ul style="list-style-type: none"> • 0: el procesamiento todavía no ha finalizado • 1: procesamiento de la instrucción finalizado correctamente.
BUSY	Output	BOOL	I, Q, M, L, D	Parámetro de estado: <ul style="list-style-type: none"> • 0: el procesamiento de la instrucción aún no ha comenzado, ha terminado o se ha interrumpido. • 1: la instrucción se está procesando.
ERROR	Output	BOOL	I, Q, M, L, D	Parámetro de estado: <ul style="list-style-type: none"> • 0: Ningún error. • 1: Se ha producido un error al ejecutar la instrucción. El parámetro STATUS contiene información más detallada.
STATUS	Output	WORD	I, Q, M, L, D	Información de estado detallada: En el parámetro STATUS se visualiza información de estado y error detallada. El parámetro solo está activado durante una llamada. Por ello, para visualizar el estado debe copiarse el parámetro STATUS en un área de datos libre.

Figura 61 Descripción del bloque DataLogCreate

Parámetro	Declaración	Tipo de datos	Área de memoria	Descripción
REQ	Input	BOOL	I, Q, M, L, D, T, C o constante (T y C solo están disponibles en S7-1500 en KOP y FUP)	Ejecución de la instrucción El Data Log se crea cuando se detecta un flanco ascendente en el parámetro REQ.
RECORDS	Input	UDInt	I, Q, M, L, D o constante	Número máximo de registros en el Data Log Si con la instrucción "DataLogWrite" se escriben más registros que los especificados en este parámetro, el registro más antiguo se sobrescribe.
FORMAT	Input	UInt	I, Q, M, L, D o constante	Formato de datos: <ul style="list-style-type: none"> • 0: Interno (no soportado) • 1: CSV (Comma separated values)
TIMESTAMP	Input	UInt	I, Q, M, L, D o constante	Sellado horario: <ul style="list-style-type: none"> • 0: Sin sello horario • 1: Fecha y hora Si el sello horario está activado, se agregan automáticamente columnas adicionales en el encabezado.
NAME	Input	VARIANT	L, D	Nombre del Data Log El nombre asignado también se utiliza como nombre de archivo del archivo CSV. En las CPU S7-1200 rigen las siguientes restricciones para el nombre del Data Log: <ul style="list-style-type: none"> • El nombre no debe tener más de 35 caracteres. • Se permiten todos los caracteres ASCII entre 0x20 y 0x7E con la excepción de \ ' / " : ; [] = . * ? < > En las CPU S7-1500 rigen las siguientes restricciones para el nombre del Data Log: <ul style="list-style-type: none"> • El nombre no debe tener más de 55 caracteres. • Se admiten los siguientes caracteres: 0 ... 9, a ... z, A ... Z así como - y _
ID	InOut	DWORD	I, Q, M, L, D	ID de objeto del Data Log (solo Output) La ID del Data Log se necesita para otras instrucciones de Data Logging a fin de direccionar el Data Log creado.

Figura 62 descripción del bloque crear registro

Anexos 4 Proceso de Normalización y escalado

Este proceso consiste en asignar valores definidos por el sensor, estos deben de estar en el rango de 0 a 10V que es el permitido por el PLC, se debe tener en cuenta el valor real que emite el sensor, no todos los sensores dan valores exactos a los que vienen definidos en los parámetros, por lo que es necesario obtener los valores reales y transformarlos dentro del rango 0- 27648, una aplicación sencilla es utilizar una regla de tres simple.

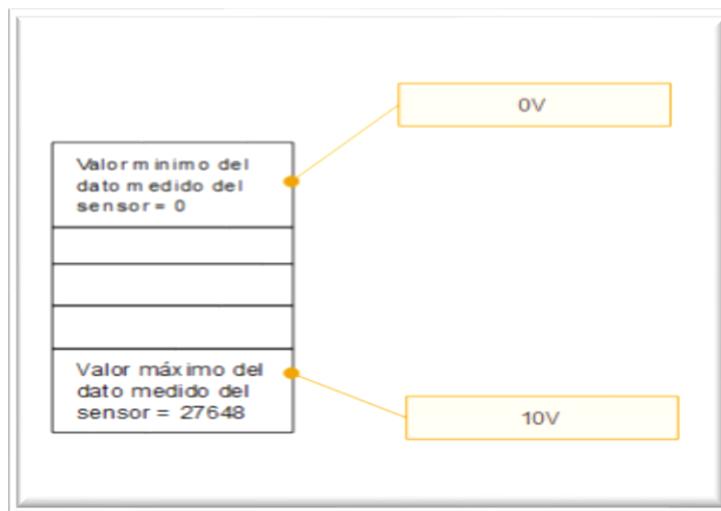


Figura 63 Parámetros de normalización

Anexos 5 Proceso de control en tres tiempos

Proceso realizado en 1 minuto.

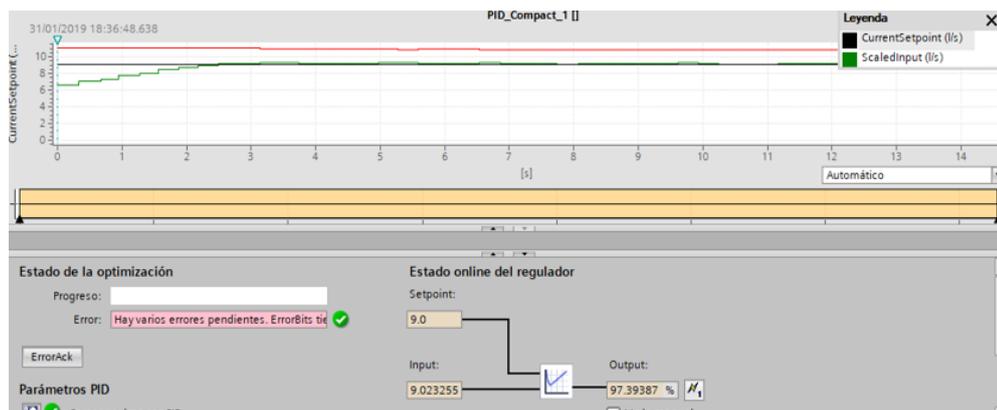


Figura 64 Proceso de lavado realizado en 1 minuto

Proceso realizado en 90 segundos.

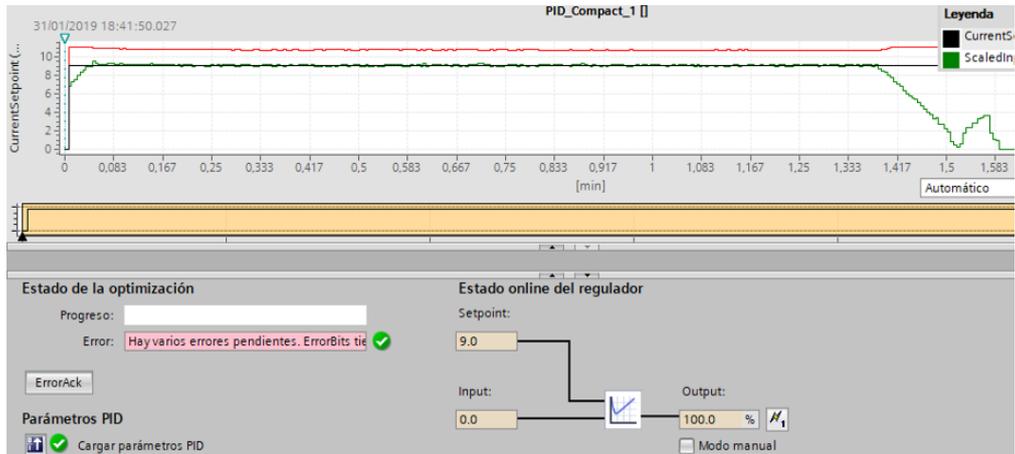


Figura 65 Proceso de lavado realizado en 90 segundos

Proceso realizado en 2 minutos

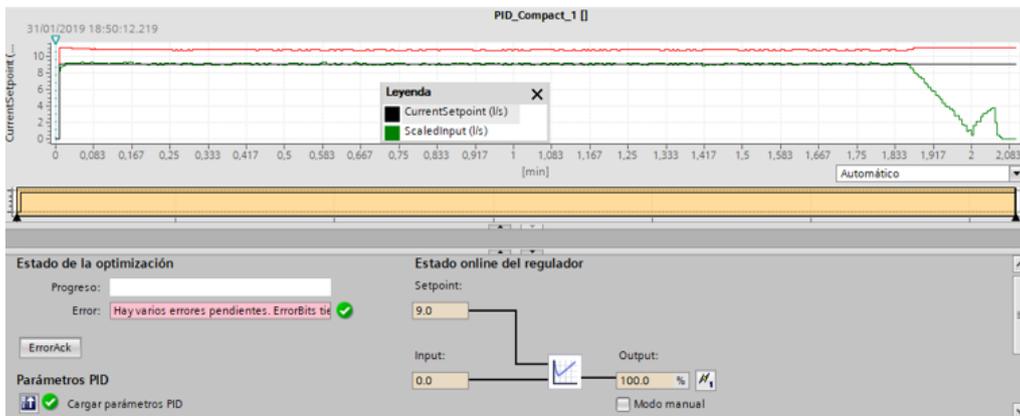


Figura 66 Proceso realizado en 2 minutos



La Libertad, 12 de Febrero de 2019

CERTIFICADO ANTIPLAGIO

002-TUTOR ERVG 2019

En calidad de tutor del trabajo de titulación denominado "IDENTIFICACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA DE LAVADO DE BOTELLONES DE AGUA PARA MEJORAR EL SUMINISTRO DEL DESINFECTANTE", elaborado por el(a) estudiante LUIS ENRIQUE DE LA CRUZ POZO, egresado(a) de la Carrera de ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, de la Facultad de SISTEMAS Y TELECOMUNICACIONES de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de INGENIERO EN ELECTRÓNICA Y TELECOMUNICACIONES, me permito declarar que una vez analizado en el sistema antiplagio URKUND, luego de haber cumplido los requerimientos exigidos de valoración, el presente proyecto ejecutado, se encuentra con 2 % de la valoración permitida, por consiguiente se procede a emitir el presente informe.

Adjunto reporte de similitud.

Atentamente,

Elsy del Rocío Villamar Garcés

C.I.: 0802252619

DOCENTE TUTOR



Reporte Urkund.

URKUND

Documento [Proyecto Identificación y Control.docx](#) (D47677526)

Presentado 2019-02-12 22:25 (-05:00)

Presentado por evillamar@upse.edu.ec

Recibido evillamar.upse@analysis.urkund.com

2% de estas 30 páginas, se componen de texto presente en 3 fuentes.

Fuentes de similitud

Lista de fuentes Bloques

Elsy Villamar (evillamar@upse.edu.ec)

Categoría	Enlace/nombre de archivo	
>	Proyecto Identificación y ControlF.docx	<input type="checkbox"/>
Fuentes alternativas		
	TESIS FINAL ZOYMA.docx	<input type="checkbox"/>
	Tesis_final.ULTIMO (1) - copia.docx	<input checked="" type="checkbox"/>
	tesis.docx	<input checked="" type="checkbox"/>
	tesis.docx	<input checked="" type="checkbox"/>
	Propuesta Tecnológica Estiven Acosta Urkund.docx	<input type="checkbox"/>
	tesis.docx	<input type="checkbox"/>