

**Implementación de un sistema automatizado de restricción en una máquina de dosificación
de solventes**

Santiago Galeano Silva

Asesor

Cindy Vanessa Carmona Cadavid

Universidad Nacional Abierta y a Distancia - UNAD

Escuela de Ciencias Básicas Tecnología e Ingeniería ECBTI

Ingeniería Electrónica

2026

Resumen

El presente proyecto aplicado consiste en la implementación de un sistema automatizado de restricción de dosificación, en una máquina de solventes utilizada en el proceso industrial de una empresa, dedicada a la fabricación de pinturas y recubrimientos.

En el proceso existente, restringí las dosificaciones iguales o superiores a 150Kg, ya que existe un sistema pigable encargado para dichas cantidades y trabaja de manera automática. Esto lo hice mediante la programación en una HMI que tiene la máquina, en la cual, se le solicita una clave de acceso al operario de planta. Para esto, también programé un screen en el SCADA, de tal manera que el operario del panel vea el nombre del solicitante (esto con ayuda de una base de datos que ya está creada actualmente) y allí, en el sistema SCADA digite la clave de acceso que le va a proporcionar al operario que requiere la dosificación. Una vez utilizada la clave de acceso, esta se eliminará y quedará en cero automáticamente, por lo cual, la clave siempre será diferente y dinámica. Para esto, también fue necesario realizar la programación en PLC, para poner allí todas las condiciones que el proceso requiere, de tal manera que se ejecute el correcto funcionamiento.

Como resultado de la solución desarrollada, se mejoró el proceso, reduciendo la carga operativa del personal, previniendo dosificaciones no autorizadas y garantizando que el uso de la máquina de solventes para grandes cantidades se realice únicamente en situaciones excepcionales, aportando mayor seguridad y eficiencia al proceso productivo.

Palabras clave: Restricción, dosificación, programación, clave, proceso.

Abstract

This project involves the implementation of an automated dosing restriction system on a solvent-based machine used in the industrial process of a company that manufactures paints and coatings.

In the existing process, I restricted dosages equal to or greater than 150 kg, since there is a dedicated, fully automated dosing system for those quantities. I achieved this by programming the machine's HMI, which prompts the plant operator for an access code. To achieve this, I also programmed a screen in the SCADA system so that the operator at the panel can see the requester's name (using an existing database) and, within the SCADA system, enter the access code that will be provided to the operator requesting the dispensing. Once the access code is used, it is automatically reset to zero, so the code is always different and dynamic. To achieve this, it was also necessary to program the PLC to set all the conditions required by the process, ensuring proper operation.

As a result of the solution developed, the process was improved, reducing the operational workload on staff, preventing unauthorized dispensing, and ensuring that the solvent machine is used for large quantities only in exceptional situations, thereby enhancing the safety and efficiency of the production process.

Keywords: Restriction, dispensing, scheduling, code, process.

Tabla de contenido

Introducción	7
Justificación.....	8
Objetivos	10
Objetivo General	10
Objetivos Específicos	10
Planteamiento del Problema.....	11
Pregunta de Investigación	12
Marco Metodológico	13
Identificación del Proceso	13
Diseño y Programación	13
PLC	13
HMI.....	13
SCADA	13
Validación del Sistema.....	14
Marco de Referencia	15
Estado del Arte.....	15
Marco Conceptual	17
Máquina de Dosificación de Solventes	17
Automatización Industrial	18
PLC (Controlador Lógico Programable).....	18
HMI.....	19
Sistema SCADA	20

Sistema de Restricción	21
Máquina de Solventes y Restricciones Operacionales	22
Diseño, Programación e Implementación del Sistema de Restricción Automatizado, para Dosificaciones Iguales o Superiores a 150 kg.....	28
Programación Interfaz HMI	28
Programación Sistema SCADA	30
Programación Lógica PLC	32
Validación del Funcionamiento del Sistema Mediante Pruebas In Situ	36
Enlace del Video	36
Conclusiones	37
Recomendaciones	38
Referencias Bibliográficas.....	39

Lista de Figuras

Figura 1 <i>Máquina de Dosificación</i>	18
Figura 2 <i>Estructura de un PLC</i>	19
Figura 3 <i>Estructura de una HMI</i>	20
Figura 4 <i>Arquitectura de un Sistema SCADA</i>	21
Figura 5 <i>Máquina de Dosificación de Solventes</i>	22
Figura 6 <i>Panel para Realizar Dosificación</i>	23
Figura 7 <i>Configuración en PLC</i>	24
Figura 8 <i>Configuración en HMI</i>	25
Figura 9 <i>Configuración en Sistema SCADA</i>	26
Figura 10 <i>Script para Abrir Panel Nuevo</i>	28
Figura 11 <i>Panel para Digitar Clave de Acceso</i>	29
Figura 12 <i>Script para Regresar al Panel de Dosificación</i>	30
Figura 13 <i>Screen Elección Bascula</i>	31
Figura 14 <i>Screen para Proporcionar Clave de Acceso</i>	32
Figura 15 <i>Programación PLC 1.0</i>	33
Figura 16 <i>Programación PLC 1.1</i>	34
Figura 17 <i>Programación PLC 1.2</i>	35

Introducción

El presente proyecto aplicado trata de la implementación de un sistema automatizado de restricción en una máquina de dosificación de solvente. De tal manera, cuando se soliciten cantidades a dosificar de 150 Kg en adelante, se pedirá una clave de acceso al operario de planta, para dar la respectiva autorización. La característica principal de este trabajo consiste en brindar al área de producción una herramienta o una manera de restringir y llevar un control sobre las dosificaciones manuales, ya que para cantidades de alto volumen las dosificaciones deben realizarse por medio de otro sistema de bombeo automático ya existente.

Actualmente la maquina no cuenta con un sistema de restricción, como consecuencia, los operarios de planta pueden realizar dosificaciones de cantidades de alto volumen, generando así una recarga laboral en los operarios que llenan el tanque donde se almacena el solvente del cual se hacen las dosificaciones, también se retrasan ciertos procesos ya que existe un sistema de bombeo automático en el cual se realizan las dosificaciones de manera ágil.

El proyecto se realiza con el interés de brindar seguridad, disminuir la carga laboral en algunas áreas de trabajo y agilizar los procesos en el área de producción, ya que las dosificaciones manuales en la máquina de solventes son mucho más demoradas que por el sistema de bombeo automático, de igual manera, al implementar este sistema la carga operativa del personal disminuye, tanto de la persona que necesita hacer la dosificación, como para el operario encargado de llenar el tanque donde se almacena el solvente.

En este trabajo se podrá observar los métodos utilizados para poder cumplir con los objetivos planteados, como lo son, programación de PLC, HMI y SCADA, de manera que se pueda implementar correctamente el ingreso de clave de acceso para realizar dosificaciones de cantidades iguales o superiores a 150 Kg.

Justificación

En la industria de pinturas, el manejo y dosificación de solventes constituye una etapa crítica del proceso productivo debido a su impacto en la calidad del producto, la seguridad operativa y el cumplimiento de normativas ambientales. Los solventes son sustancias generalmente inflamables y volátiles, por lo que una manipulación inadecuada puede generar riesgos como incendios, explosiones o afectaciones a la salud del personal por exposición a compuestos orgánicos volátiles. De acuerdo con la *Occupational Safety and Health Administration* (2019), un número significativo de incidentes en la industria química está relacionado con errores humanos y fallas en el control de procesos, lo que evidencia la necesidad de implementar sistemas automatizados que reduzcan la intervención directa del operario en tareas críticas.

En el proceso de dosificación de solventes, particularmente para cantidades iguales o superiores a 150 kg, la ausencia de mecanismos de restricción y validación puede propiciar la ejecución de operaciones no autorizadas o el uso inadecuado de equipos, lo que puede ocasionar errores al dosificar más de la cantidad requerida; debido a que el valor se ingresa manualmente. De igual manera los procesos productivos se pueden ver retrasados porque este tipo de dosificaciones son más demoradas, en comparación de las dosificaciones automáticas.

La implementación de un sistema automatizado de restricción de dosificación en la máquina de solventes se justifica por la necesidad de mejorar el control del proceso y reducir la carga operativa del personal, además para garantizar que el proceso sea más seguro. Las dosificaciones mediante la máquina de dosificación de solventes iguales o superiores a 150 kg pueden realizarse sin un mecanismo de autorización, aun cuando existen equipos destinados específicamente para este tipo de operaciones.

La solución implementada permite restringir estas dosificaciones y habilitarlas únicamente en situaciones excepcionales mediante un sistema de autorización basado en HMI, PLC y SCADA. De esta manera, se garantiza un mayor control del proceso, para prevenir dosificaciones no autorizadas y mejorar la seguridad y agilidad de la operación.

Desde el punto de vista académico, el proyecto permite aplicar conocimientos de automatización industrial y restricción de procesos en un entorno real, aportando una solución tecnológica alineada con las necesidades de la industria.

Objetivos

Objetivo General

Implementar un sistema automatizado de restricción de dosificación en la máquina de solventes, que permita limitar y autorizar las dosificaciones iguales o superiores a 150 kg.

Objetivos Específicos

Identificar el funcionamiento actual de la máquina de solventes.

Establecer las restricciones operacionales para la máquina de solventes.

Diseñar y programar el sistema automatizado, que restrinja las dosificaciones iguales o superiores a 150 kg.

Implementar el diseño planteado.

Validar el funcionamiento del sistema mediante pruebas *in-situ*.

Planteamiento del Problema

En los procesos industriales de fabricación de pinturas y recubrimientos, los procesos adecuados de la dosificación de solventes es una etapa crítica, debido a su influencia en la seguridad de los procedimientos y una correcta distribución de la carga laboral del personal involucrado. En la máquina de solventes, las dosificaciones iguales o superiores a 150 kg están destinadas a realizarse en automático mediante un sistema diseñado específicamente para manejar grandes volúmenes de solvente.

No obstante, en la operación diaria se ha identificado que, en múltiples ocasiones, estas dosificaciones de gran volumen se realizan directamente en la máquina de solventes, incluso cuando el sistema automático se encuentra disponible. Esta situación se presenta principalmente por prácticas operativas inadecuadas y la ausencia de mecanismos que restrinjan este tipo de acciones. Como consecuencia, se incrementa la carga operativa del personal, esto debido a que en ocasiones se dejan de hacer otras actividades importantes, ya que la dosificación en la máquina de solventes requiere tiempo, porque el proceso es manual.

Adicionalmente, la intervención manual aumenta la probabilidad de errores humanos, especialmente en la cantidad, ya que en diferentes ocasiones ha ocurrido equivocaciones en los operarios y digitan la cantidad errónea a dosificar.

A pesar de que las dosificaciones superiores a los 150 kg por medio de la máquina de solventes deberían realizarse únicamente en condiciones especiales, como mantenimientos preventivos o correctivos del sistema de bombeo automático, o en ajustes operativos, la máquina de solventes no cuenta actualmente con un sistema que permita restringir o validar este tipo de operaciones. La ausencia de un sistema de autorización permite que cualquier operario pueda

ejecutar dosificaciones de gran volumen sin una aprobación previa, incrementando el riesgo de errores operativos y afectando la organización del proceso productivo.

Por lo anterior, se evidencia la necesidad de implementar una solución automatizada que permita restringir las dosificaciones iguales o superiores a 150 kg en la máquina de solventes, garantizando que estas se realicen únicamente bajo condiciones justificadas y con autorización previa. Esta solución debe integrarse al sistema existente, haciendo uso de herramientas de automatización industrial como HMI, PLC y SCADA, con el fin de fortalecer el control del proceso, reducir la ocurrencia de errores humanos y mejorar la gestión del proceso de dosificación.

Pregunta de Investigación

¿Cómo contribuye la implementación de un sistema automatizado de restricción y autorización en la dosificación de solventes, al fortalecimiento del proceso, la reducción de errores operativos y disminución de la carga laboral?

Marco Metodológico

El presente estudio se enmarca en un enfoque cuantitativo de tipo experimental ya que se busca diseñar, implementar y validar un sistema de restricción, para poder dar autorización a dosificaciones de solvente iguales o superiores a 150Kg en tiempo real, el cual permitirá reducir errores humanos, reducir la carga laboral y agilizar en los procesos productivos.

Para lograrlo se seguirá lo siguiente:

Identificación del Proceso

Se realiza un análisis inicial al proceso de dosificación, identificando las condiciones de operación y los momentos en los cuales se requieran dosificaciones de alto volumen.

Diseño y Programación

PLC

Se realizará la programación del PLC en lenguaje Ladder, se utiliza el software PAC *Machine Edition*. Allí se disponen todas las condiciones necesarias para que la restricción se ejecute en el momento que se requiere, se validen claves de acceso y se pueda habilitar la dosificación

HMI

Se creará un Script que se ejecutará cuando las dosificaciones sean iguales o mayores a 150Kg, este script abre un nuevo screen o panel creado, en el cual, se digitará la clave de acceso proporcionada por el operario del panel de procesos.

SCADA

Se creará un screen o panel en el cual se visualiza el nombre de la persona que solicita la dosificación y se crea un campo en el cual, el operario del panel va a digitar la contraseña que

posteriormente será proporcionada al operario en planta para que acceda a la dosificación a través de la HMI.

Validación del Sistema

Se realizarán validaciones en campo de tal manera que se pueda evidenciar oportunidades de mejora y posteriormente se valide el correcto funcionamiento del sistema de restricción y autorización implementado, asegurando que la clave de acceso se requiera en dosificaciones iguales o superiores a 150 Kg y que la autorización se ejecute de manera adecuada.

Marco de Referencia

Estado del Arte

En el campo de la automatización industrial, es muy importante la integración de sistemas de restricción, con el fin de tener un control de acceso y de seguridad de los sistemas industriales y las máquinas. Esto es de gran relevancia para una correcta operación y supervisión de los procesos implementados en una industria.

El artículo de Tomar et al. (2023) analiza como los sistemas automatizados con PLC y SCADA pueden contribuir al control automático de procesos para monitorear en tiempo real dentro de los entornos industriales asociados a la industria 4.0. Allí destacan que gracias a los avances actuales de los PLC y los sistemas SCADA se pueden crear entornos muy robustos con los cuales se pueden mejorar la eficiencia operativa y la optimización de los procesos, aumentando la precisión de las diferentes variables de control. Resaltan la importancia de la supervisión continua y la toma de decisiones rápidas, lo cual ayuda a minimizar interrupciones y pérdidas de producción.

Según el artículo “Protección del acceso HMI FactoryTalk View ME: Gestión de contraseñas, interruptores de llave e integración de lectores”, por Jason IP P.E (2025). Se habla de la implementación de contraseñas dinámicas, las cuales gestionan el acceso a la visibilidad de los elementos que se encuentran en la pantalla, esto con ayuda de integración de un PLC para establecer las condiciones necesarias que controlen la visibilidad de los objetos en la HMI. Este tipo de implementaciones no se limitan únicamente al uso de contraseñas estáticas, ya que estas pueden ser vulneradas muy fácilmente, esto incorpora interruptores de llave e integración de lectores de credenciales como lo pueden ser el RFID. Estas estrategias son las que buscan adquirir seguridad, evita divulgación de contraseñas y se garantiza que solo el personal

autorizado pueda acceder u operar el sistema. Con lo anteriormente mencionado, se puede evidenciar que la autenticación de claves de acceso integrando PLC, HMI y SCADA es una práctica esencial que garantiza seguridad en entornos industriales, asegurando también la correcta operación de las maquinas, de manera que se puedan minimizar riesgos a una manipulación no autorizada.

Como presenta Ordoñez et al. (2021) la ingeniería electrónica juega un papel muy importante en la automatización industrial, destaca dispositivos como microcontroladores, Arduino, FPGA y PLC, ya que estos dispositivos permiten mejorar la productividad, la seguridad y la eficiencia en procesos industriales. También resalta que la automatización de procesos permite reducir perdidas, optimiza recursos y aumenta la competitividad de las empresas. Reiteran la importancia en la necesidad de que los ingenieros electrónicos cuenten con formaciones actualizadas para poder adaptarse a los diferentes avances tecnológicos y a las necesidades de la industria moderna

En el artículo de Chidambaram (2016) se analiza los factores humanos y organización en la ocurrencia de los incidentes y accidentes industriales. El autor explica que, aunque se cuenta actualmente con muchos avances tecnológicos en los procesos industriales no siempre se realiza una buena investigación para disminuir estos factores ya que solo se enfocan en errores inmediatos. También destacan que es muy importante la cultura organizacional, el buen liderazgo, la buena supervisión en los procesos, ya que se ha evidenciado en muchas ocasiones que a pesar de que los procesos automatizados han reducido ciertas tareas del operador, en ciertas ocasiones dependen excesivamente del sistema automatizado y no reconocen las limitaciones que esta pueda tener. Por ello se propone implementar metodologías de investigación y análisis de factores humanos para prevenir la repetición de accidentes.

Por otra parte, según el autor Chukwunweike et al. (2024) la implementación de automatización en procesos industriales como lo son PLC, sistemas SCADA, HMI ayudan a mejorar la eficiencia operativa, reducir riesgos y reducir tiempos muertos en la ejecución de los procesos productivos. Los autores destacan la importancia de la implementación de estos sistemas ya que permiten monitorear en tiempo real las máquinas y procesos, ayuda a la supervisión y por consiguiente también se puede considerar el diagnóstico oportuno de fallas presentadas, implementando arquitecturas seguras eficientes que permitan la detección temprana. Allí también se resalta la importancia de la implementación de ciertas herramientas tecnológicas, como lo son el internet de las cosas (IoT) e inteligencia artificial.

Marco Conceptual

Máquina de Dosificación de Solventes

Una máquina de dosificación de solventes como se observa en la **Figura 1** es un sistema diseñado para procesos industriales, con el fin de inyectar solventes o productos químicos en un proceso. Generalmente se compone de una bomba, válvulas, tuberías, boquillas de aplicación, con el fin de suministrar cantidades muy precisas de manera segura y controlada. Según Somos advance (2021) estos sistemas son utilizados para procesos de mezcla, limpieza, recubrimientos, centrales térmicas o tratamientos químicos en el sector industrial.

Figura 1

Máquina de Dosificación



Nota. (Saisl, sf)

Automatización Industrial

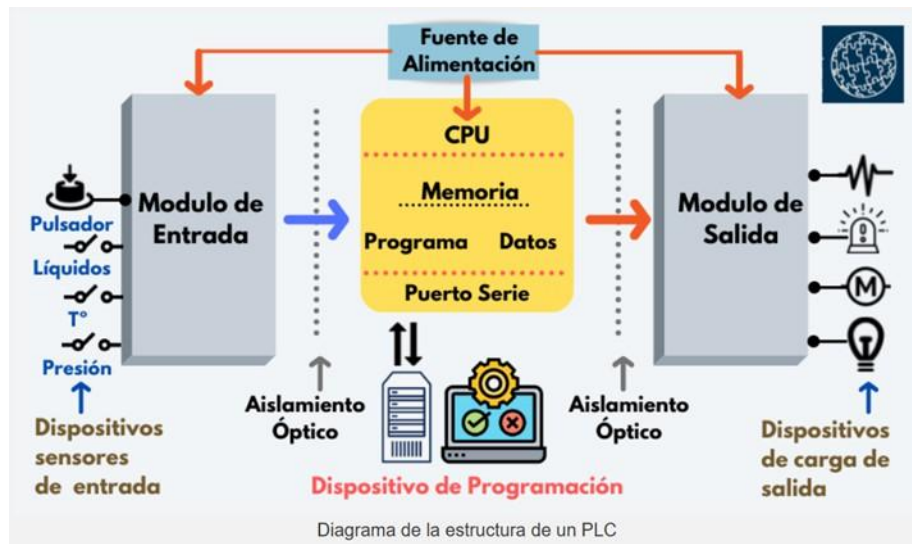
La automatización industrial hace referencia al uso de tecnologías y sistemas de control para operar y supervisar procesos productivos con mínima intervención humana. Su objetivo principal es mejorar la eficiencia, la seguridad y la confiabilidad de los procesos industriales. La automatización industrial es la evolución natural de la mecanización, Aula21 (s.f), de esta manera se emplea equipos inteligentes para controlar los equipos de manera rápida y precisa.

PLC (Controlador Lógico Programable)

El PLC es un dispositivo electrónico utilizado para el control de procesos industriales mediante programación lógica. Permite supervisar entradas, procesar información y accionar salidas de acuerdo con una lógica definida. Según Sicma21 (2021) los PLC son parte fundamental de la transformación digital que la industria 4.0 demanda. En la **Figura 2**, se puede observar su estructura.

Figura 2

Estructura de un PLC



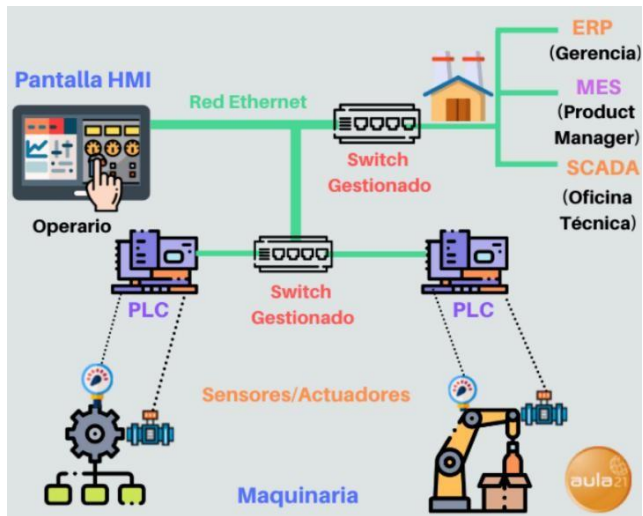
Nota. (Sicma21, 2021)

HMI

La HMI es el medio de interacción entre el operario y el sistema de control. A través de esta interfaz, el operario puede ingresar datos, visualizar estados del proceso y ejecutar acciones. En la máquina de solventes, la HMI permite ingresar los parámetros de dosificación y gestionar la solicitud de autorización cuando se requieren cantidades iguales o superiores a 150 kg. En la Figura 3 se puede observar su estructura.

Figura 3

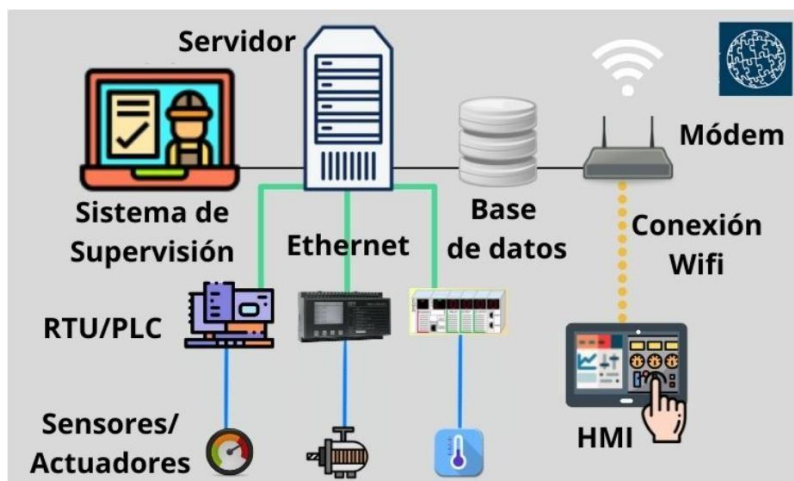
Estructura de una HMI



Nota. (Aula21, sf)

Sistema SCADA

Un sistema SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*) permite la supervisión, control y adquisición de datos de procesos industriales de manera centralizada, tomado de Sicma21 (2021). En este proyecto, el sistema SCADA CIMPLICITY se utiliza para la gestión de autorizaciones, permitiendo al operario del panel de procesos validar y generar claves de acceso para las dosificaciones excepcionales. En la **Figura 4** se puede observar su arquitectura.

Figura 4*Arquitectura de un Sistema SCADA**Nota.* (Sicma21, 2021)***Sistema de Restricción***

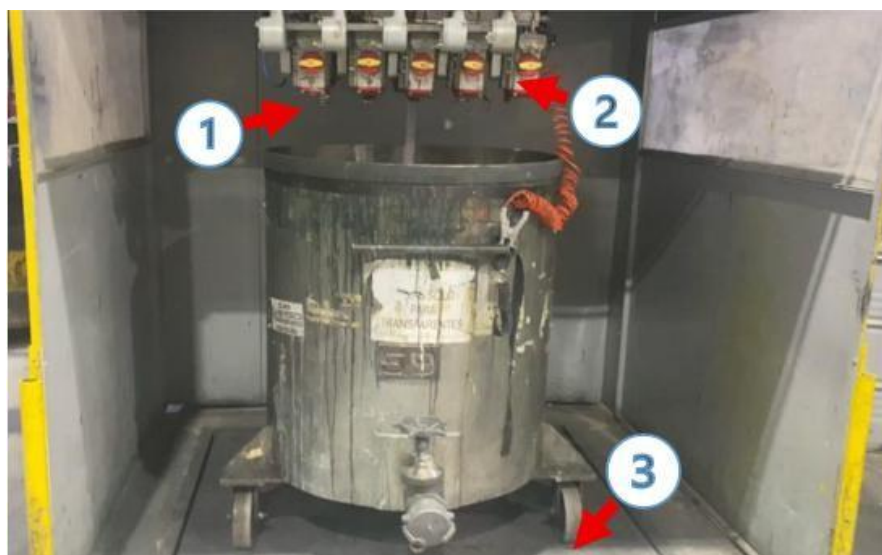
Un sistema de restricción de dosificación regula la cantidad de material que se suministra a un proceso, garantizando que se cumplan los valores establecidos según los requerimientos de producción. Un proceso inadecuado puede generar sobrecargas operativas, desperdicio de material y riesgos en el proceso. Por esta razón, es fundamental implementar mecanismos de validación y restricción para controlar un proceso.

Máquina de Solventes y Restricciones Operacionales

La máquina de dosificación de solventes (ver **Figura 5**) es un equipo utilizado para la dosificación de dicha materia prima, con el fin de agregar el componente químico a la fórmula para la fabricación de recubrimientos industriales en este caso. El equipo se compone por una bomba la cual envía el producto por medio de unas tuberías hasta llegar a las boquillas, ver **Figura 5** (1), operadas por válvulas accionadas electro neumáticamente, como se muestra en la **Figura 5** (2), la cual cuenta con sensores que detectan su estado de abierto o cerrado. En la parte inferior de estas boquillas se ubica una báscula, ver **Figura 5** (3), la cual tiene como peso máximo de operación 2000 Kg, allí se ubican las ollas y posteriormente reciben el producto que se está dosificando, una vez llega a los kilogramos programados la dosificación se detiene. Para realizar las dosificaciones se utiliza la HMI, desde el panel llamado “Otras dosificaciones Solventes” (ver **Figura 6**), cabe resaltar que el equipo actualmente no cuenta con un sistema que permita restringir las cantidades a dosificar.

Figura 5

Máquina de Dosificación de Solventes



Nota. Autoría propia

Figura 6

Panel para Realizar Dosificación



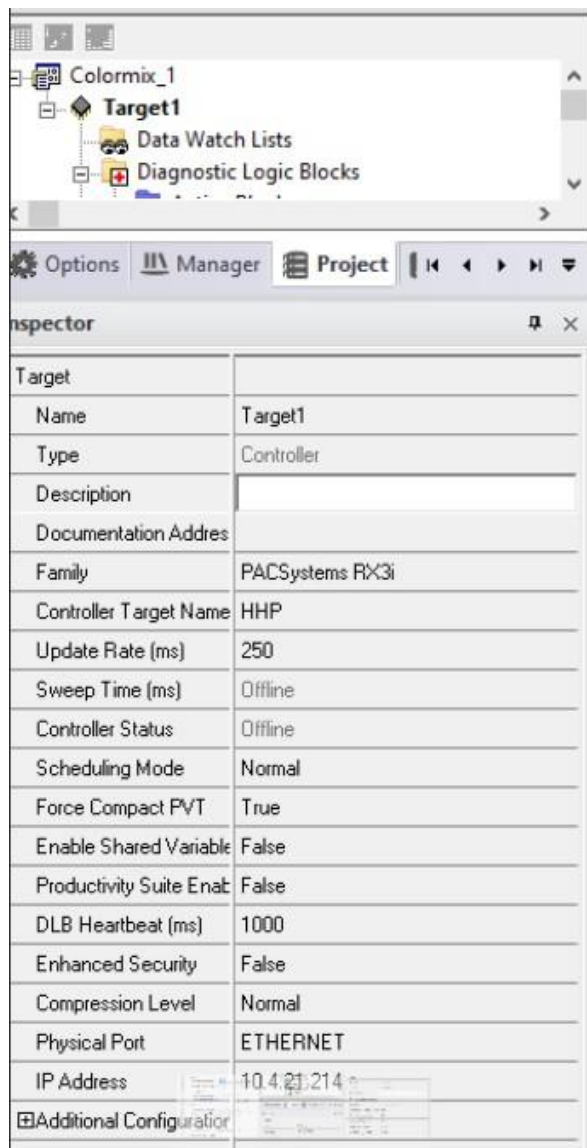
Nota. Autoría propia

Es importante mencionar que para el correcto funcionamiento de la maquina esta cuenta con un PLC PACSystems RX3i, una HMI de 12" de la marca Emerson y un sistema SCADA programado en el software Cimplicity. Para su conexión, inicialmente el PLC tiene configurada su dirección ip (ver **Figura 7**), la dirección ip de la HMI está configurada como DHCP, en su programación se agrega la device del PLC con su respectiva dirección ip (ver **Figura 8**), para que pueda existir comunicación entre los dos dispositivos. De igual manera lo mismo se hace en el sistema SCADA, se agrega la device con la ip del PLC (ver **Figura 9**) para establecer

comunicación entre ambos. Lo anteriormente mencionado ya estaba implementado y configurado para el funcionamiento del proceso actual.

Figura 7

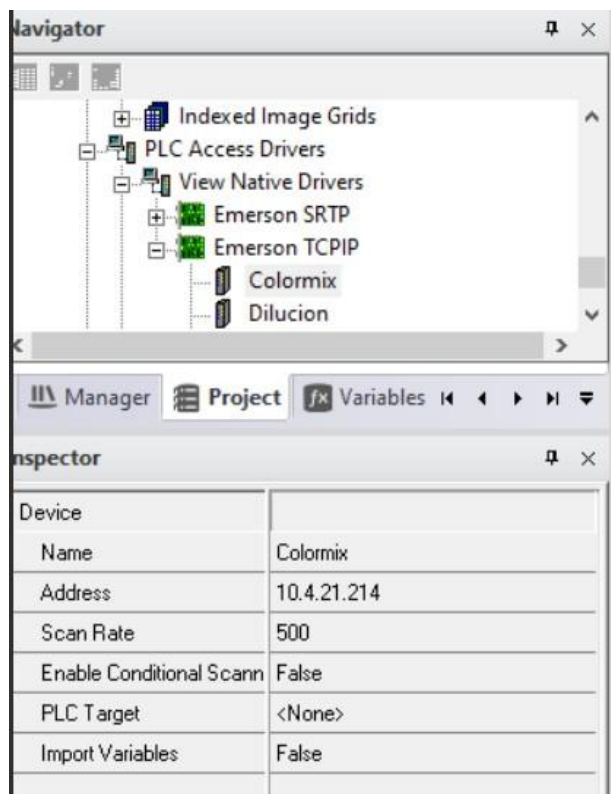
Configuración en PLC



The screenshot shows a software interface for PLC configuration. The top part displays a tree view with 'Colormix_1' expanded to show 'Target1', which includes 'Data Watch Lists' and 'Diagnostic Logic Blocks'. Below this is a toolbar with 'Options', 'Manager', and 'Project' buttons. The main area is the 'Inspector' window, which displays a table of configuration parameters for the selected target.

Inspector	
Target	
Name	Target1
Type	Controller
Description	
Documentation Address	
Family	PACSystems RX3i
Controller Target Name	HHP
Update Rate (ms)	250
Sweep Time (ms)	Offline
Controller Status	Offline
Scheduling Mode	Normal
Force Compact PVT	True
Enable Shared Variables	False
Productivity Suite Enabled	False
DLB Heartbeat (ms)	1000
Enhanced Security	False
Compression Level	Normal
Physical Port	ETHERNET
IP Address	10.4.21.214
Additional Configuration	

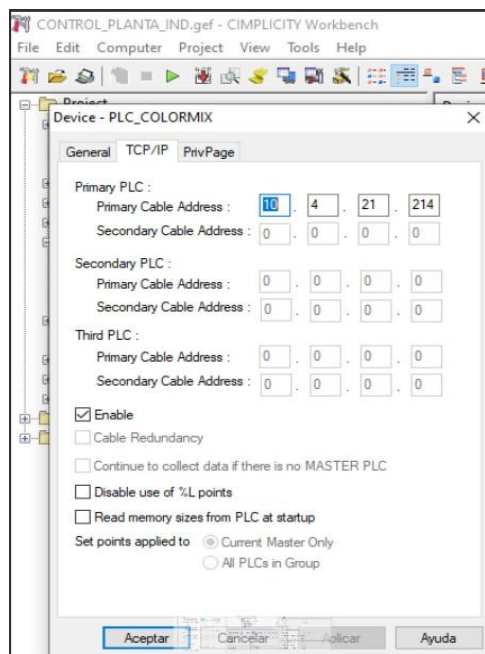
Nota. Autoría propia

Figura 8*Configuración en HMI*

The screenshot displays the HMI configuration software interface. The top window, titled "Navigator", shows a tree view of the project structure. Under "PLC Access Drivers", there are sub-items for "View Native Drivers", "Emerson SRTP", and "Emerson TCPIP". Under "Emerson TCPIP", there are sub-items for "Colormix" and "Dilucion". Below the Navigator is a toolbar with "Manager", "Project", and "Variables" buttons. The bottom window, titled "Inspector", shows the configuration details for the selected "Colormix" device.

Device	
Name	Colormix
Address	10.4.21.214
Scan Rate	500
Enable Conditional Scann	False
PLC Target	<None>
Import Variables	False

Nota. Autoría propia

Figura 9*Configuración en Sistema SCADA*

Nota. Autoría propia

Con el paso del tiempo y como consecuencia de las condiciones actualmente implementadas en el sistema, se han identificado diferentes oportunidades de mejora en el equipo. Una de las más recientes está relacionada con inconvenientes en la carga laboral y la seguridad de los operarios, debido a que la máquina no cuenta con un sistema automatizado de restricción. Por tal motivo, es posible realizar dosificaciones de cualquier cantidad sin requerir ningún tipo de autorización. Una vez conocida esta oportunidad de mejora, se propuso establecer que para cantidades iguales o superiores a 150 Kg se debe contar con autorización, esto mediante una clave de acceso que le será proporcionada al operario de planta. La clave se digitará inicialmente por el operario del panel de procesos en el sistema SCADA para dar la autorización. Posteriormente para que la dosificación se pueda ejecutar, se debe confirmar la misma clave en

la HMI por el operario de planta, una vez utilizada la clave de acceso esta se eliminará, de tal manera que la clave siempre será dinámica; es decir que cada que se requiera una dosificación de 150 Kg en adelante, la clave deberá generarse nuevamente.

Diseño, Programación e Implementación del Sistema de Restricción Automatizado, para Dosificaciones Iguales o Superiores a 150 kg

Para el diseño y programación del sistema es necesario intervenir diferentes elementos que conforman la máquina de solventes, tales como el PLC, HMI y el sistema SCADA, con los cuales se podrá implementar la restricción y autorización de las dosificaciones para cantidades iguales o superiores a 150 Kg.

A continuación, se describe cada una de ellas en detalle:

Programación Interfaz HMI

En la programación HMI se crea un panel nuevo, el cual se abrirá cuando el operario digite una cantidad a dosificar igual o mayor a 150 Kg, al digitar la cantidad el PLC activará una marca. Para esto se crea un pequeño script el cual se puede visualizar en la **Figura 10**, en la cual se valida que la cantidad digitada sea la anteriormente mencionada.

Figura 10

Script para Abrir Panel Nuevo

```
'ESTE SCRIPT INVOCA LA APERTURA DEL PANEL CLAVE_SOLVENTE  
IF ABRE_SCREEN = 1  
    PanelOpen CLAVE_SOLVENTE  
ELSE  
    PanelOpen MANUAL_SOLVENTE  
ENDIF
```

Nota. Autoría propia

En el nuevo panel (ver **Figura 11**) se indica al operario de planta que debe solicitar la clave al operario del panel, allí tendrá un recuadro para digitarla y un botón de aceptar y cancelar. Si se pulsa el botón cancelar se devolverá al panel donde el operario diligencia los campos para hacer la dosificación, pero todos los valores, como cedula ingresada, batch, selección del tanque, cantidad y código de producto quedarán en cero, obligando al operario de planta a digitar la clave correctamente. Si el operario digita la contraseña incorrecta, saldrá un mensaje que dice “CONTRASEÑA INCORRECTA”, si la contraseña es correcta se ejecutará un pequeño script (ver **Figura 12**) donde se valida que la contraseña es correcta, cerrando el panel creado y abriendo el panel en el cual el operario hace la dosificación para que continúe con la ejecución del proceso.

Figura 11

Panel para Digitar Clave de Acceso



Nota. Autoría propia

Figura 12

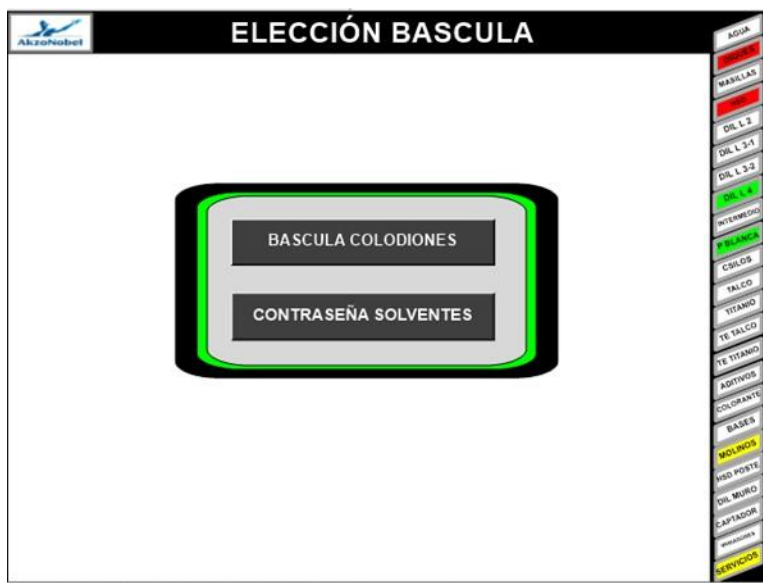
Script para Regresar al Panel de Dosificación

```
'ESTE SCRIPT INVOCA LA APERTURA DEL PANEL MANUAL SOLVENTE  
  
IF ABRE_SCREEN = 0  
    PanelClose CLAVE_SOLVENTE  
    PanelOpen MANUAL_SOLVENTE  
  
ELSE  
    PanelOpen CLAVE_SOLVENTE  
ENDIF
```

Nota. Autoría propia

Programación Sistema SCADA

Para la programación del SCADA se crea un panel o *Screen* llamado ELECCIÓN BASCULA (ver **Figura 13**), en este panel se configura la opción para ingresar al Screen de generación de la clave de acceso por medio de un botón llamado “CONTRASEÑA SOLVENTES, de igual manera se crea otro botón para ingresar a otro equipo, llamado BASCULA COLODIONES. Fue necesario agregarlo allí ya que es un equipo que existe en el proceso actual y se debía dejar la opción para que ingresaran allí también, cabe resaltar que el equipo en mención no tiene relación con la máquina de solventes.

Figura 13*Screen Elección Bascula*

Nota. Autoría propia

Luego se crea otro panel llamado BASCULA SOLVENTES (ver **Figura 14**), en el cual, se muestra en un recuadro el nombre de la persona solicitante que requiere la clave. En otro recuadro se habilita la opción al operario del panel, para que digite la clave de acceso que le proporcionará al operario de planta y así pueda realizar la dosificación. Al lado derecho de las figuras anteriormente mencionadas; se encuentra un menú lateral disponible en todos los paneles del sistema SCADA, el cual permite navegar entre las diferentes pantallas correspondientes al proceso.

Figura 14

Screen para Proporcionar Clave de Acceso



Nota. Autoría propia

Programación Lógica PLC

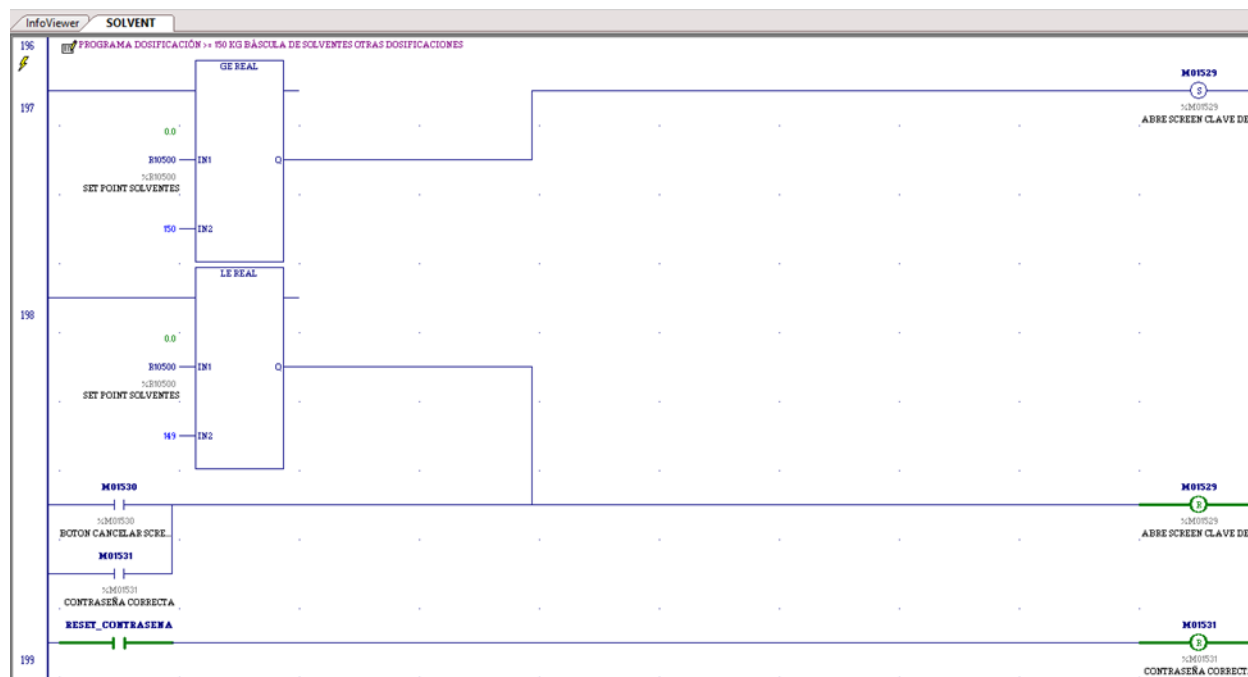
Para la programación PLC se utiliza el lenguaje ladder, allí se crean las condiciones necesarias para que el funcionamiento en la HMI y en el SCADA sea el adecuado. Se utilizan comparadores donde se considera lo siguiente. Si la cantidad es igual a 150 Kg o más, se activará una marca, esa marca será la que abra el panel de clave de acceso en la HMI (ver **Figura 11**). Luego se utilizan comparadores, los cuales captarán las claves de acceso digitadas en la HMI y en el SCADA, si las contraseñas coinciden entonces se habilitará una marca llamada contraseña correcta, si la contraseña es correcta se abrirá el panel (ver **Figura 6**) en el cual el operario podrá

continuar con la ejecución de la dosificación, si no coinciden se activará una marca llamada contraseña incorrecta la cual no permitirá que la dosificación continúe y mostrará un mensaje que dice “CONTRASEÑA INCORRECTA” que será visualizado en la HMI (ver **Figura 11**). También se programan las marcas del botón aceptar y cancelar (ver **Figura 11**) y la función que ejecutará cada uno. También se programa la condición para que la clave generada desde el SCADA quede en un valor de cero una vez sea utilizada, obligando así a los operarios utilizar una clave diferente para cada dosificación.

Esta programación se podrá visualizar en las siguientes figuras de manera secuencial (ver **Figura 15,16 y 17**)

Figura 15

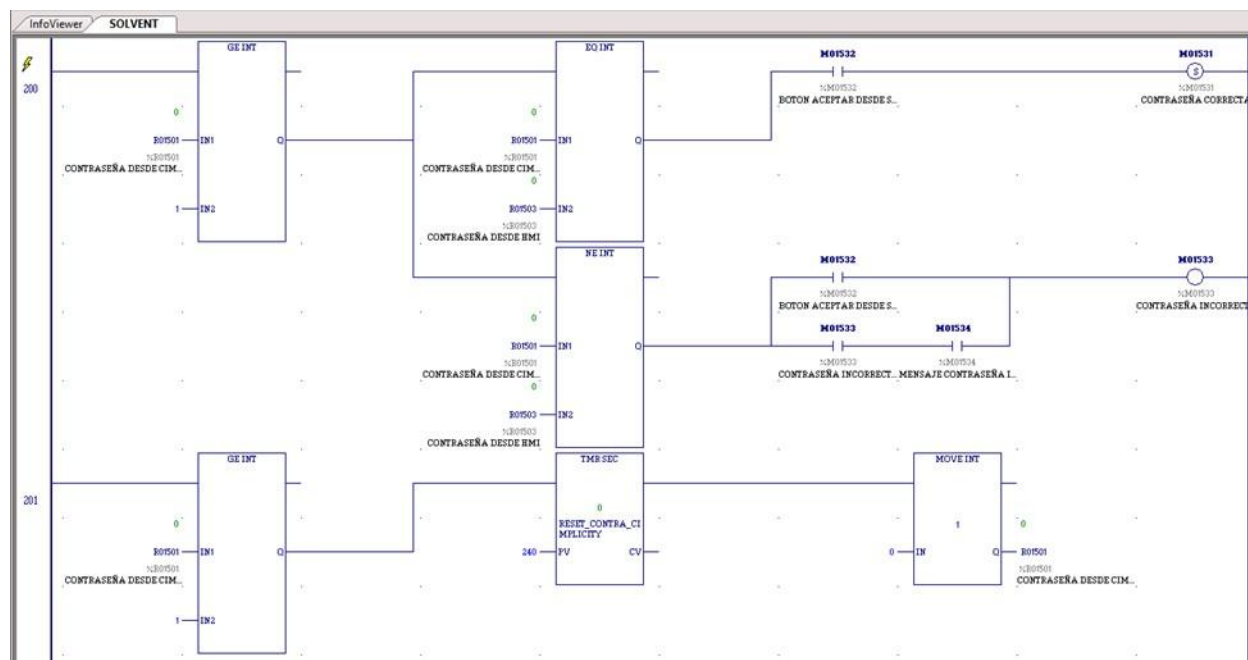
Programación PLC 1.0



Nota. Autoría propia

Figura 16

Programación PLC 1.1



Nota. Autoría propia

Validación del Funcionamiento del Sistema Mediante Pruebas In-Situ

Para la validación del funcionamiento se contó con la colaboración del personal operativo de planta, inicialmente se ubicó una olla en la báscula de la máquina de dosificación de solventes, luego nos dirigimos a la HMI en la cual el operario ingresó los datos de batch, cedula, número de tanque del cual se requería la dosificación, y la cantidad de 150 Kg. Al momento de ingresar esa cantidad, se abrió el panel que se creó, en el cual se le solicitó la clave de acceso al operario de planta, por medio de un radio de comunicación se contactó al operario del panel de procesos y se le solicitó una clave de acceso para proceder con la dosificación. El operario del panel de procesos, en la *Screen* que se creó en el sistema SCADA, pudo evidenciar el nombre del operario solicitante que requería la dosificación y allí en el campo de generación de clave de acceso, digitó el número de clave que posteriormente fue entregado al operario en planta, luego se ingresó esa clave en la HMI y se pulsó el botón de aceptar.

Una vez hecho lo anterior, la dosificación fue autorizada y el operario pulso el botón de *start* en la HMI para dar inicio al proceso, se taró la olla (puesta a cero de la báscula al ingresar la olla en la misma) puesta en la báscula de la máquina de solventes y luego se pulso otro botón de inicio que está implementado físicamente en la máquina. La dosificación inició sin novedad y al llegar a la cantidad solicitada de 150 Kg el proceso se detuvo, culminando de manera exitosa las validaciones realizadas y el sistema automatizado de restricción implementado.

A continuación, se presenta un enlace en el cual se puede observar el video explicando de manera detallada el sistema implementado y la prueba in-situ anteriormente mencionada.

Enlace del Video

<https://www.youtube.com/watch?v=jHy1-dsXA9A>

Conclusiones

Se identificó el funcionamiento inicial de la máquina para desarrollar detalladamente el sistema implementado.

Se establecieron las restricciones operacionales para la máquina de solventes cuando las cantidades a dosificar son iguales o mayores a 150 Kg.

Se diseñó y se programó el sistema automatizado de restricción planteado en PLC, HMI y SCADA.

Se implementó el diseño planteado y se realizaron pruebas de funcionamiento in-situ.

Las pruebas se realizaron de manera exitosa, comprobando la funcionalidad y seguridad del sistema automatizado de restricción implementado, en el cual se autorizan adecuadamente las dosificaciones iguales o superiores a 150 Kg cuando el área de producción lo requiera.

El desarrollo de este proyecto permitió aplicar los conocimientos adquiridos en el programa de ingeniería electrónica, específicamente en el área de automatización industrial, ya que el proyecto evidenció competencias relacionadas con PLC, HMI y sistemas SCADA, resaltando la importancia de la optimización y mejora de seguridad en los procesos industriales.

Recomendaciones

Es importante a partir de ahora realizar seguimiento a las dosificaciones que se harán en la máquina de solventes, para así seguir implementando nuevas funcionalidades que el área de producción requiera, también se validará continuamente con el área de producción que las dosificaciones mínimas para pedir clave de acceso sean de 150 Kg, ya que a criterio del área de producción esta cantidad podría variar y ser mayor a los 150 Kg o menor, esto con el fin de seguir aportando positivamente a los procesos de producción, seguir reduciendo la carga laboral y aumentar más la seguridad al momento de dosificar la cantidad requerida en el proceso, también evitando que el personal tenga tanto contacto y cercanía con este tipo de productos, beneficiando así, la integridad y salud de los operarios.

También es importante validar en que otros procesos es importante restringir dosificaciones, ya que el sistema de automatización de restricción también es posible integrarse a resinas, colorantes y otros productos que hacen parte de la materia prima para la producción de recubrimientos industriales.

Referencias Bibliográficas

- Aula21 (s.f). Automatización Industrial: Qué es y cómo funciona. aula21 | Formación para la Industria. <https://www.cursosaula21.com/que-es-la-automatizacion-industrial>
- Aula21 (s.f). Qué es un HMI y para qué sirve la Interfaz Humano-Máquina. aula21 | Formación para la Industria. <https://www.cursosaula21.com/que-es-un-hmi>
- Basant Tomar, N. K. (2023). Automatización en tiempo real y control de ratios mediante PLC y SCADA en la Industria 4.0. Tech Science Press, 45(2), 1495-1516.
<https://doi.org/10.32604/csse.2023.030635>
- Chidambaram. (2016). Perspectivas sobre los factores humanos en un entorno operativo cambiante. Revista de prevención de pérdidas en las industrias de procesos, 44, 112-118.
<https://doi.org/10.1016/j.jlp.2016.08.014>
- Ip, J., PE. (2025). Protección del Acceso a HMI FactoryTalk View ME: Gestión de Contraseñas, Interruptores de Llave e Integración de Lectores. Industrial Monitor Direct.
<https://industrialmonitordirect.com/es/blogs/knowledgebase/securing-factorytalk-view-me-hmi-access-password-management-key-switches-and-reader-integration>
- Joseph Chukwunweike, I. A. (2024). Enhancing Industrial Efficiency through Automation: Leveraging PLC,. International Journal of Research Publication and Reviews, 5(9), 1466-1748. https://www.researchgate.net/profile/Joseph-Chukwunweike/publication/384043730_Enhancing_Industrial_Efficiency_through_Automation_Leveraging_PLC_Scada_HMI_Batch_and_DCS_Systems_for_Downtime_Mitigation_in_Industrial_Control_Projects/links/66e5eb68dde50b325

Marco Ordoñez, J.P (2021). Dispositivos Utilizados en Ingeniería Electrónica para el Control de la Automatización Industrial. E-IDEA 4 0 Revista Multidisciplinar 3(6):21-3 DOI:

[10.53734/mj.vol3.id152](https://doi.org/10.53734/mj.vol3.id152)

Saisl. (s.f.). Productos. <https://www.saisl.com/productos32/>

Sicma21 (2021). Qué es un sistema SCADA, cómo funciona y para qué sirve. Soluciones

Integrales para la Industria 4.0. <https://www.sicma21.com/scada-que-es-y-como-funciona>

Somos Advance. (2021). Dosificación: ¿Cómo funcionan las bombas dosificadoras de productos químicos?. <https://somosadvance.com/expertise/bomba-dosificadora/>