

UNIVERSIDAD NACIONAL TECNOLÓGICA DE LIMA SUR

FACULTAD DE INGENIERÍA Y GESTIÓN

**ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA Y
TELECOMUNICACIONES**



**“PROPUESTA DE MEJORA Y REANÁLISIS DEL SISTEMA DE
CONTROL PARA LA ACUMULADORA DE FLEJE EN LA
EMPRESA TUBOS Y PERFILES METÁLICOS S.A.”**

TRABAJO DE SUFICIENCIA PROFESIONAL

Para optar el Título Profesional de

INGENIERO ELECTRÓNICO Y TELECOMUNICACIONES

PRESENTADO POR EL BACHILLER

ARRASCO LAURENTE, ENZO GUILLERMO

ASESOR

MUGRUZA VASSALLO, CARLOS ANDRÉS

Villa El Salvador

2021

DEDICATORIA

A Dios por permitirme estar con buena salud y poder cumplir todos mis objetivos trazados hasta el momento.

A mi madre por haberme forjado como la persona que soy, con valores y deseos de cada día seguir creciendo como persona y profesional.

A mis hermanas por el apoyo incondicional que me brindan siempre en mi vida.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme fuerzas para seguir adelante y darle salud a mi familia para estar junto a ella en este proceso.

Al Dr. Carlos Mugruza por apoyarme y brindarme sus conocimientos para realizar este trabajo.

A todos los profesores que a lo largo de mi vida universitaria me brindaron sus conocimientos los cuales me han servido para valerme en mi vida profesional.

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
RESUMEN	VIII
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES	2
1.1. Contexto	2
1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo.....	2
1.2.1. Teórica	2
1.2.2. Temporal	2
1.2.3. Espacial.....	2
1.3. Objetivos.....	3
1.3.1. Objetivo General.....	3
1.3.2. Objetivos Específicos	3
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO	4
2.1. Antecedentes	4
2.1.1. Antecedentes Nacionales	4
2.1.2. Antecedentes Internacionales.....	6
2.2. Bases teóricas	7
2.2.1. Sistema de control Industrial.....	7
2.2.2. Automatización Industrial.....	8
2.2.3. Controlador Lógico Programable	9
2.3. Definición de términos básicos.....	11
2.3.1. Acumulador de Fleje.....	11
2.3.2. SCADA	12
2.3.3. TIA PORTAL.....	12
2.3.4. HMI.....	14
2.3.5. Sensor	14
2.3.6. Proceso Productivo.....	14
2.3.7. Controlador Industrial	14
2.3.8. Interfaz	14
CAPÍTULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL	15
3.1. Delimitación y Análisis del Problema.....	15

3.1.1.	Descripción de la Realidad Problemática.....	15
3.1.2.	Justificación del Problema	16
3.1.3.	Formulación del Problema	17
3.2.	Modelo de solución Propuesto	17
3.2.1.	Descripción del Proyecto	17
3.2.2.	Cambio del Controlador LS K200S	18
3.2.3.	Mejora de la lógica	23
3.3.	Resultados	27
3.3.1.	Aumento del tiempo de vida	27
3.3.2.	Cambios en la lógica del sistema de control	28
3.3.3.	Reducción de detenciones.....	30
3.3.4.	Manejo de la Acumuladora de Fleje.....	31
CONCLUSIONES	34
RECOMENDACIONES	35
REFERENCIAS BIBLOGRÁFICAS	36
ANEXOS	38
	Anexo 1: Plano Controlador K200s	38
	Anexo 2: Plano Controlador S7-1200.....	39

LISTADO DE FIGURAS

Figura 1: Sistema de control	7
Figura 2: Estructura del PLC	9
Figura 3. Acumulador de Fleje Vertical.....	11
Figura 4: Esquema SCADA.....	12
Figura 5: Entorno TIA PORTAL.....	13
Figura 6: Empresas innovadoras.....	16
Figura 7: Tablero eléctrico – K200S	18
Figura 8: Controlador LSK200S y conexiones.....	19
Figura 9: PLC S7-1200	19
Figura 10: Prueba de encendido PLC S7-1200	20
Figura 11: Tablero de control Acumulador	20
Figura 12: Cables del Deep Switch	21
Figura 13: Cables del display de 8 segmentos	22
Figura 14: Tablero de Control con HMI	23
Figura 15: Cálculo de velocidad K200s - Parte 1.....	25
Figura 16: Cálculo de velocidad K200s - Parte 2.....	26
Figura 17: Velocidad por ciclos K200s	26
Figura 18: Cálculo de Velocidad S7-1200	28
Figura 19: Corrección velocidad por ciclo S7-1200	29
Figura 20: Conteo de vueltas	31
Figura 21: Conteo Objetivo	32
Figura 22: Control de Tensión.....	32
Figura 23: Control de Tensión.....	33

LISTADO DE TABLAS

Tabla 1: Equivalencia de controlador	23
Tabla 2: Equivalencia de Entradas.....	24
Tabla 3: Equivalencia de Salidas	24
Tabla 4: Equivalencia de Señales Analógicas	25
Tabla 5: Tiempo de vida de S7-1200	27
Tabla 6: Tiempo de Vida Batería – LS K200s	27
Tabla 7: Detenciones del Acumulador de Fleje – MK1	30

RESUMEN

El desarrollo del presente trabajo de titulación consiste en mejorar el sistema de control de la Acumuladora de Fleje y analizar su funcionamiento posterior para una correcta operatividad, la cual tiene como fin reducir las detenciones no programadas producidas por el mal manejo y problemas con el sistema de control. Además, se cuenta con controlador no comercial y con poca vida útil lo que ocasiona la tardía solución si ocurriese un problema en dicho controlador.

En el presente documento la solución se realizó en dos etapas, la primera fue física la cual consiste en la migración del controlador LS K200s por el S7 – 1200 y la reconexión de las entradas/salidas respectivas en el nuevo controlador además de la instalación de la pantalla HMI la cual reemplaza al display de 7 segmentos. Luego se realizó la etapa lógica que fue la adecuación y mejora de la lógica de control para ser compatible con el controlador Siemens, comenzando por realizar las equivalencias de las variables de entrada/salida tanto digital y análogas, posteriormente se corrige el programa de control modificando los valores referentes al nuevo PLC como su velocidad de ciclo y el cálculo de la velocidad del *encoder* y para finalizar se realizó el análisis de funcionamiento del nuevo sistema de control.

Los resultados fueron los esperados mejorando su funcionamiento y operatividad de la Acumuladora de Fleje. Dando una mayor vida útil a los componentes, ya que el PLC Siemens cuenta con 20 años de vida útil y más comercial a comparación que el controlador K200s de tan solo 5 años. Además, se redujeron las detenciones no programadas por errores de la lógica, de dos por mes a cero en el mes de octubre y se detalló el funcionamiento de la Acumuladora de Fleje detallado en un manual.

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, el rubro de la construcción ha crecido de manera constante haciendo que el modo de la fabricación de los materiales para este rubro este cada vez en constante cambio, mejorando su sistema de control (Wu et. al., 2021) de manera que el proceso sea continuo y económicamente eficiente. Debido a este constante avance, se emplean otros tipos de materiales como el acero para satisfacer la demanda.

La empresa Tubos y Perfiles Metálicos S.A. (TUPEMESA) fabrica y vende diversos materiales elaborados con acero. Los diferentes productos que fabrican son tales como planchas, cubiertas, perfiles para Drywall y tubos tanto redondos y cuadrados de diferentes diámetros. En especial hay una mejor demanda en los tubos por cual el stock de estos no puede quedar en cero y tener una producción continua, solo en casos ya establecidos las máquinas, no solo las maquinas que fabrican los tubos, están programadas para detener la producción solo por temas de mantenimiento, falta de materia prima, entre otras.

Este trabajo de “PROPUESTA DE UN SISTEMA DE CONTROL PARA LA MEJORA CONTROL DE LA ACUMULADORA DE FLEJE Y ANALISIS DE FUNCIONAMIENTO EN LA EMPRESA TUBOS Y PERFILES METALICOS S.A.” busca eliminar las detenciones de producción no programadas, lo que afecta a la producción del producto. Estas paradas de producción suelen suceder por la falta de un adecuado sistema de control para el Acumulador de fleje ocasionando que no se tenga sus parámetros reales. A la vez, por falta de conocimiento de las funcionalidades de Acumulador de fleje.

En ese sentido, este trabajo busca mejorar el sistema de control migrando el controlador a S7 - 1200 mejorando el performance, dando una interfaz amigable para el operador y analizar las diversas funcionalidades que tendrá el nuevo sistema de control.

CAPÍTULO I. ASPECTOS GENERALES

1.1. Contexto

La empresa peruana Tubos y Perfiles Metálicos S.A. lleva 55 años en el sector industrial ofreciendo productos de calidad hechos con el mejor acero. Fabrica diversos productos como paneles, tubos de acero, alcantarillas, perfiles para Drywall entre otras, además brinda servicios de galvanizado para diversos proyectos con la finalidad de darle una mayor durabilidad. Se encuentra en la zona industrial del distrito de Lurín, Lima.

1.2. Delimitación temporal y espacial del trabajo

1.2.1. Teórica

En este trabajo se realizará la migración de controlador a PLC S7 - 1200 diseñando el sistema de control, incluyendo la instalación de accesorios como sensores y HMI.

1.2.2. Temporal

El proyecto de Propuesta de un sistema de control para la mejora control de la acumuladora De Fleje y análisis de funcionamiento en la Empresa Tubos y Perfiles Metálicos S.A. se desarrollará desde la quincena de setiembre hasta la quincena de octubre de 2021, una duración promedio de 1 mes.

1.2.3. Espacial

El presente trabajo de migración de controlador se desarrolló en la empresa Tubos y Perfiles Metálicos S.A. ubicada en el distrito de Lurín, Lima – Perú.

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo General

- Mejorar el sistema actual de control de la acumuladora de fleje y analizar su funcionamiento.

1.3.2. Objetivos Específicos

- Alargar la vida útil del controlador lógico programable (PLC) el componente de control principal.
- Migrar el controlador actual por un PLC S7 - 1200 para mejorar la lógica del sistema de control.
- Evitar la reducción de stock por detenciones no programadas.
- Analizar el funcionamiento del sistema mejorado de control para la acumuladora de fleje.

CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes

2.1.1. Antecedentes Nacionales

En el trabajo de tesis de pregrado “Diseño de un control automatizado para disminuir las paradas no programadas en la empresa Ladrillera Sagitario S.A.C.” (Fernández & Calderon, 2017) los autores nos presentan la problemática, la cual es las constantes paradas no programadas causas como la falla de hardware. Estas causas son complicadas en resolver, ya que el operario no se le hace fácil de identificarlas, por lo que se tiene que probar cada señal eléctrica que llegan al controlador perdiendo mucho tiempo dejando de producir generando pérdidas. Además, detectaron que los controladores que se estaban utilizando ya se habían descontinuado, ocasionando que al fallar no se fácil y rápido la solución del problema los que le originó la pérdida de todos los insumos para su elaboración de su producto en ese momento lo que lleva a un perjuicio económico. Ante estos problemas se plantearon la solución de migrar los controladores teniendo como hipótesis si la supervisión y la automatización solucionaría las constantes paradas no programadas. Como primer paso, entrevistaron al ingeniero a cargo para establecer cuáles eran los componentes más importantes para migrar, después detallan los programas de control y variables de cada proceso a analizar, en dicha entrevista menciona sobre la necesidad de tener un sistema de supervisión de los estados del proceso productivo. Con toda esta información procedieron a migrar los componentes proceso por proceso dimensionándolos en el software S7 - 1200, a su vez también el programa de control el cual se migró con la ayuda del programa TIA PORTAL V11 SP2. Para terminar, presenta su diseño de SCADA y el análisis, detallando un comparativo de las paradas no programadas pre-migración con la post migración, dando el resultado esperado. Concluyendo que la hipótesis *“la automatización y supervisión de la ladrillera sagitario S.A.C. permitirá reducir las paradas no programadas debido a fallas en hardware”* fue verdadera, no hubo fallas de compatibilidad al migrar a la plataforma S7 y las recomendaciones que

presentaron es a nivel de control, cabe la posibilidad que los programas de control de los procesos se puedan optimizar dando un mejor rendimiento.

En la tesis de Madariaga (2017), nos presenta la automatización del proceso de evaporación de la empresa Gloria S.A. – sede Arequipa debido a que dicho proceso cuenta con equipos de bajo rendimiento, además estos ya cumplieron su vida útil y ya no van acorde al avance tecnológico al que la empresa quiere alcanzar para elevar su productividad y reduciendo los costos innecesarios. Ante esto optaron por el diseño de un sistema de control con PLC para centralizar en un mismo sistema el control de las diversas variables que intervienen en el proceso. Para su solución propuesta primero analizaron los requerimientos para mejorar el control en donde observaron que se debe mejorar la primera etapa en la cual interviene una válvula y un sensor de temperatura que forman la parte de control, además detallan los diferentes equipos a utilizar como sensores, actuadores y la conexión entre el PLC y el sistema SCADA. Después detalla la implementación, en la cual al principio detallan la forma de estabilizar el sistema de control a desarrollar mediante modelos matemáticos y lo simula en SciLab, luego describe el diseño del SCADA mostrando el bloque de control de temperatura y configurando la conexión entre el PLC para la recolección de los datos. Para finalizar, da el análisis del sistema propuesto dando los resultados esperados, es decir, contar con un sistema estable el cual en 145 segundos se alcanza la temperatura esperada. En tema de la mejora de la operatividad, proponer un modelo de automatización se vio, en 100 %, la reducción de fallas producidas por el controlador Commander 250 debido a tener sistemas de control aislados, al migrar a un PLC Allen Bradley mejoraron en control, calidad y producción.

Neciosup y Quiñones (2017) en su trabajo de tesis de pregrado presentó la mejora de la planta Moly en la Sociedad Minera Freeport Perú mediante el diseño de control y supervisión de la producción. Se presenta esta solución debido a la necesidad de mejorar el rendimiento del proceso de producción de concentrado de Molibdeno de tal modo se mejore su

calidad, por ello comienzan describiendo las etapas que intervienen en dicho proceso e identificando las variables más importantes para luego diseñar el sistema de control y supervisión. Para su diseño establecieron usar dos PLC los cuales están en comunicación y el método de control escogido por los autores fue un control distribuido, luego realizan los modelamientos del sistema de control para proceder al diseño de sistema de supervisión el cual proporciona la vista de valores en tiempo real además de señales visuales. Este sistema se divide en diversas vistas como general, la cual muestra el funcionamiento del proceso total de alarmas donde indicará los fallos que se pudieran presentar, entre otras. Posteriormente se detalla los diversos componentes que utilizaron tales como sensores, válvulas, PLC's y para finalizar, los autores mencionan sus conclusiones las cuales son que se realizó el diseño propuesto, determinaron los procesos críticos.

2.1.2. Antecedentes Internacionales

Chillan (2019) En su tesis de pregrado "REINGENIERÍA DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE LAVADORA DE BOTELLAS EN LÍNEA 1 DE CERVECERÍA NACIONAL" nos presenta su diseño para resolver su problema el cual es que se cuenta con un sistema de control obsoleto, por lo cual comenzaron estableciendo todas las variables a utilizar, tanto analógicas como digitales, con esta información se procedió con la elección del PLC, de acuerdo con las características necesarias el autor optó por un S7- 300 de Siemens y escoge los componentes a utilizar como el sensor de temperatura y pantalla HMI que mostrará, de manera sencilla, el control de la máquina al operador para esto se utilizará el software TIA PORTAL V14. Ya con las características establecidas se procedió a su implementación que se basó en cuatro ejes, parte mecánica que se refiere a las conexiones físicas, eléctrica la cual se basa en los cálculos de potencia y otros datos similares, comunicación y software en donde detalla la programación del PLC y HMI. Finaliza realizando una prueba y análisis en donde se obtuvo buenos resultados en temas de reducción de tiempo

de paro y concluye que la solución propuesta soluciona a la problemática que se tenía.

Ayora (2015) en su reporte del proyecto “Migración, configuración del sistema de control y diseño de la interfaz del proceso de fraccionamiento de aceite” buscó solucionar los problemas producidos por tener controladores y equipamiento muy antiguos generando dificultades en el mantenimiento, detenciones de la producción. Por ello comienza describiendo el proceso de fraccionamiento del aceite para obtener las variables más importantes, después dimensiona el controlador a utilizar que es el S7 – 400 con la ayuda de una herramienta del fabricante el cual lo eligió como reemplazo del controlador que se usaba que era el S5. Luego se procede a migrar el programa de control de S5 a S7 con la ayuda de la herramienta del fabricante y se diseñó el sistema de supervisión, con ayuda del sistema anterior desarrollado con Wizcon se extrajo variables importantes para el nuevo sistema. El trabajo termina realizando las pruebas en la cual los resultados son positivos, concluyendo que migrar controladores del mismo fabricante optimiza el tiempo que se toma en realizar dicha acción, además se soluciona el problema de detenciones por los componentes obsoletos.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Sistema de control Industrial

Es un sistema que busca influir en un proceso mediante el control de una variable con la finalidad de obtener una respuesta deseada con respecto a una entrada como se ve en la figura 1. Se divide en dos tipos discreto y distribuido.

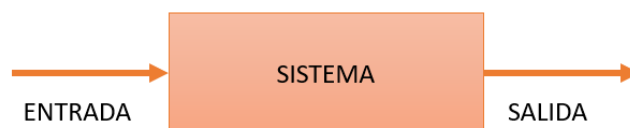


Figura 1: Sistema de control

Fuente: Elaboración propia

2.2.1.1. Control discreto

Consiste en controlar solo un proceso, es decir, de manera independiente opera dado que no interviene alguna otra variable para dar el resultado esperado. Un ejemplo sencillo sería que un sensor de temperatura llegue a su valor esperado y mande una señal a controlador para encender un ventilador.

2.2.1.2. Control distribuido

A diferencia del anterior, este tipo de control si interviene o depende de otro. Se trata de una cascada, de manera sencilla cuando un proceso termina, la salida generada intervendrá en otro proceso haciendo que el control no sea aislado sino convergente dando la posibilidad de controlar todo el sistema de manera eficiente.

2.2.2. Automatización Industrial

Se define como el proceso automático de una tarea que era realizada por una persona con el fin de general el mayor provecho a la producción, disminuyendo los costos y garantizando la uniformidad de los productos en un menor tiempo. Consiste en supervisar y controlar los procesos productivos, de cómo interactúa las máquinas con los sensores dando un flujo continuo sin la intervención del ser humano.

No solo la automatización industrial se encarga de mejorar el funcionamiento de las máquinas sino también a los procesos o toda actividad que se requiera optimizar dándole un valor agregado aumentado la eficiencia de dichas actividades. La automatización se ve en diversos campos como en las telecomunicaciones, fabricación de alimentos, minería, plásticos y más (Nolasco, 2019).

2.2.3. Controlador Lógico Programable

Es un dispositivo que realiza procesos automatizados como el control de una maquinaria los cuales fueron almacenados en su memoria. Estas instrucciones son programadas para ejecutar una o varias tareas, entre ellas cálculos aritméticos, conteos, temporizador series y más (Martínez, 2015), de manera de secuencial en consecuencia el trabajo del ser humano en procesos industriales se reduce al usar los PLC mejorando en tiempos de respuestas, costos y precisión.

En forma general la estructura interna se detalla en la figura 1 y se describe los más importantes.

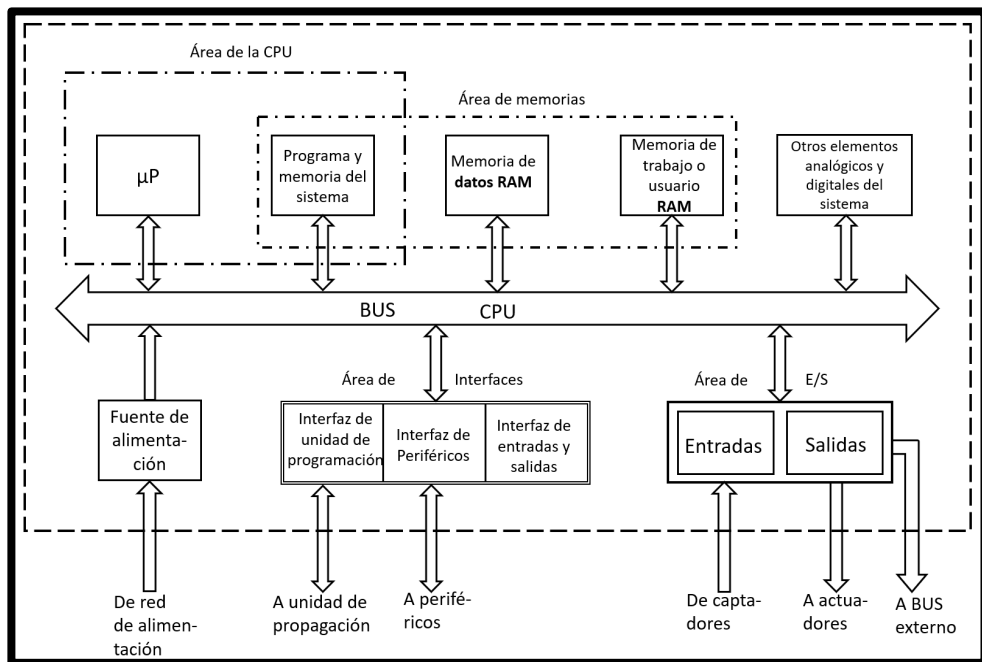


Figura 2: Estructura del PLC

Fuente: Martínez (2015)

2.2.3.1. CPU

Es la unidad central en la cual se recibe las órdenes programadas por el operador mediante una interfaz las cuales estas órdenes son procesadas por la CPU y se ejecutan las tareas (Nolasco, 2019).

2.2.3.2. Memoria

Tal como su nombre lo dice, almacena los datos de entrada las cuales pueden ser por un sensor y las almacena para su posterior análisis de tal modo que sean usadas para las tareas programadas (Nolasco, 2019).

2.2.3.3. Modulo Entrada/Salida

Son puertos del PLC en los cuales se conectan los diversos dispositivos que se utilizan en el proceso productivo y por estos son como obtienen las variables o datos para que luego las utilicen para enviar una respuesta que son enviadas por este mismo módulo.

2.2.3.4. Lenguaje de Programación

Para la programación de las tareas que se requiere que el PLC realice se utiliza diversos lenguajes los cuales los más principales son Ladder, lista de sentencias u de funciones.

Programación Ladder o escalera, que consiste en dos líneas verticales que hace referencia a la alimentación de manera horizontal en donde como si fuera una escalera se van poniendo los circuitos a programar. Este tipo de programación es similar a un plano de contactos eléctricos.

Programación de listas de sentencias, como su nombre lo dice se programa de manera que las sentencias sean lógicas, es decir, usando operadores como AND, OR, NOT entre otros.

Programación de funciones, es una forma sencilla de programar debió a que se realiza usando bloques los cuales pueden ser alguna compuerta lógica y/o memorias.

2.2.3.5. PLC Siemens S7 -1200

Es un controlador de la empresa Siemens de origen alemana que está desarrollado para realizar tareas industriales de media a alta complejidad por su robustez debidos a sus características como su flexibilidad y diseño (Sarmiento, 2016).

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Acumulador de Fleje

Es una máquina cuya función principal es alimentar la producción para que sea continua y no haya alguna detención por falta de materia prima. Puede almacenar un número de vueltas limitadas de materia prima y puede ser horizontal como la figura 1 o vertical. Los acumuladores pueden almacenar diversas materias primas como el acero, cartón papel, cintas de plástico, entre otras.



Figura 3. Acumulador de Fleje Vertical

Fuente: Elaboración Propia

2.3.2. SCADA

En castellano Supervisión, Control y Adquisición de Datos, son sistemas desarrollados para controlar y supervisar los diversos procesos de una manera remota proporcionando la comunicación entre los dispositivos utilizados en el proceso productivo con el operario (Pérez, 2017). El SCADA representa de manera gráfica el control y supervisión de los procesos de tal modo el operador se le haga fácil operar la herramienta (figura 2).

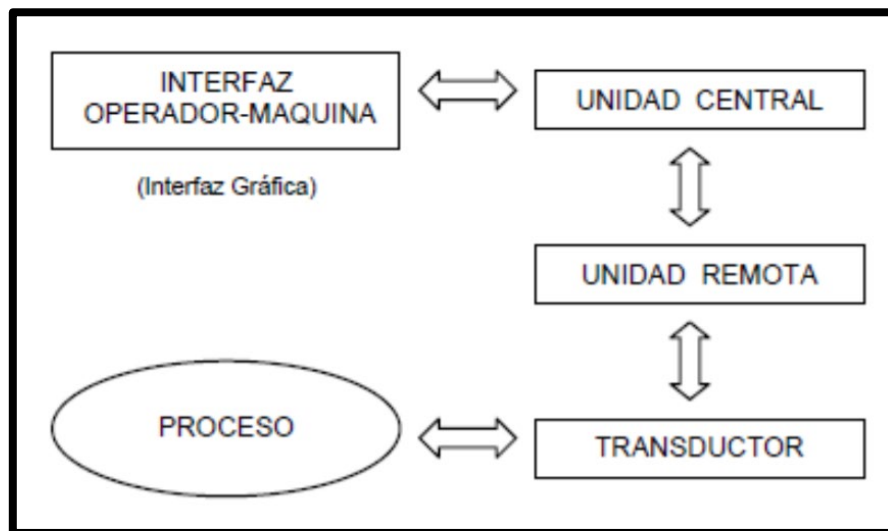


Figura 4: Esquema SCADA

Fuente: Pérez (2017)

2.3.3. TIA PORTAL

Software de automatización, "Totally Integrated Automation Portal", que sirve para configurar elementos que intervienen en procesos automatizados en el cual se puede programar y/o parametrizar dependiendo el caso (Centeno, 2017), figura 2.

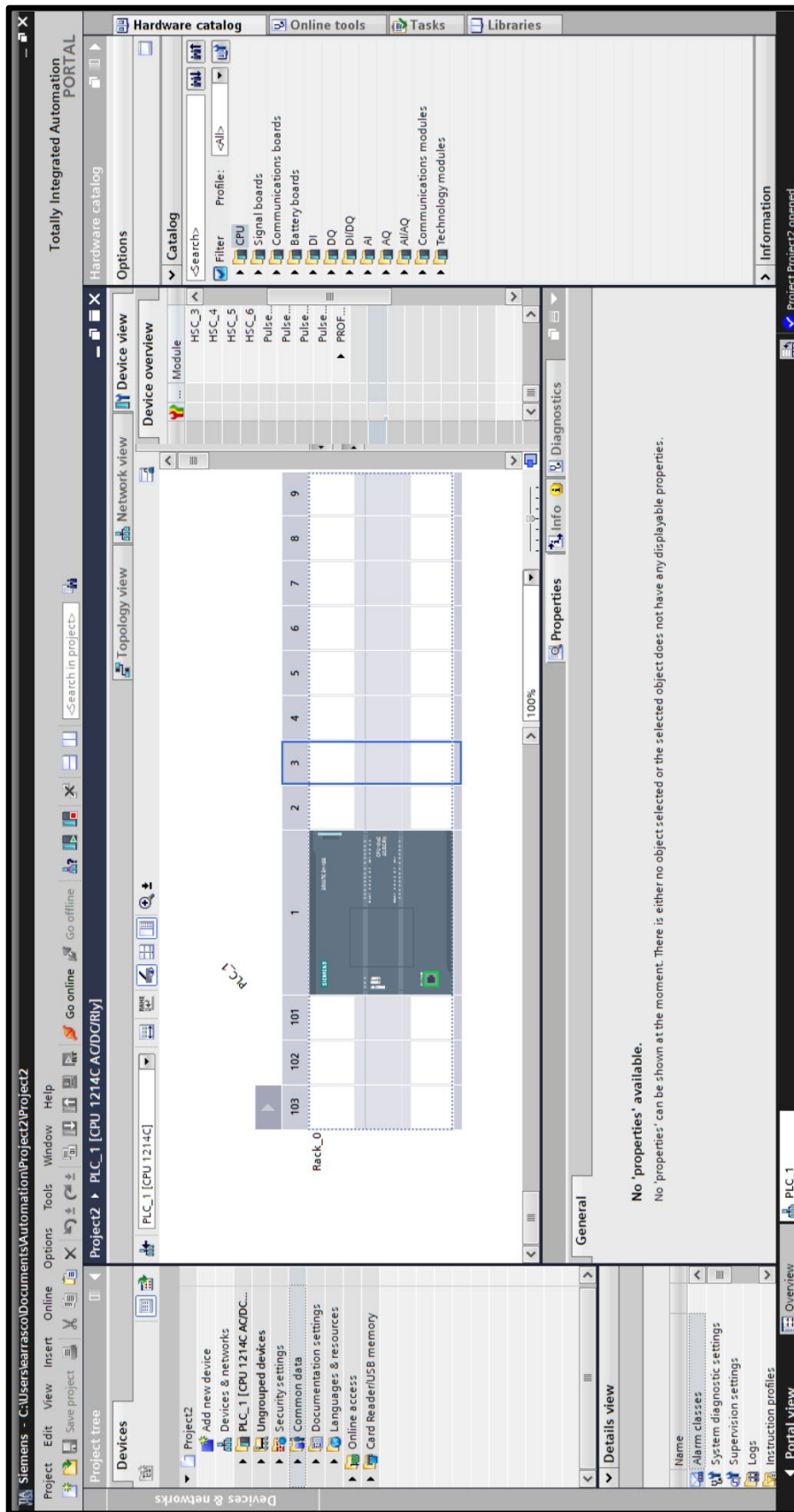


Figura 5: Entorno TIA PORTAL

Fuente: Elaboración propia.

2.3.4. HMI

Interfaz Humano – Máquina en castellano, es una pantalla que sirve para mostrar y/o controlar las variables de algún proceso industrial al operador, estos datos se presentan de manera gráfica para que sea entendible y fácil su control (Jacho, 2017).

2.3.5. Sensor

Dispositivo que se encarga de captar una señal física, como presión, temperatura, velocidad, entre otras, y convertirlas en señales eléctricas para usarlas por un controlador

2.3.6. Proceso Productivo

Conjunto de actividades para transformar la materia prima ya sean acero, cartón, madera, etc., en un producto nuevo para su comercialización (Siesquen, 2015).

2.3.7. Controlador Industrial

Dispositivo capaz de automatizar un proceso realizado por una persona mejorando en tiempos de ejecución, precisión y en seguridad ya puede realizar una tarea riesgosa para el ser humano.

2.3.8. Interfaz

Enlace entre dos sistemas para lograr una comunicación entre ambos.

CÁPITULO III. DESARROLLO DEL TRABAJO PROFESIONAL

3.1. Delimitación y Análisis del Problema

3.1.1. Descripción de la Realidad Problemática

Debido al rápido avance tecnológico, la industria debe adaptarse a estos cambios los cuales exige integrar diferentes tecnologías en sus procesos para mejorarlos y optimizarlos para eso es fundamental contar con maquinarias, equipos y/o componentes actuales es decir que estén a la vanguardia de la tecnología. Estos cambios en la industria buscan la eficiencia en términos económicos y productivos dando paso a la integración con la sociedad digital actual (Barona & Velastegui, 2021).

Según Pazmiño (2017) la constante competencia hace que las industrias productoras efectúen cambios para la mejora de la calidad de sus productos tanto operáticos como tecnológicos. Además, detalla que en Ecuador la industria tiene una gran brecha en la automatización, es decir poca integración de sus procesos con las tecnologías de la información.

Ante esta visión, la empresa Tubos y Perfiles Metálicos S.A. no cuenta con los componentes adecuados para optimizar sus procesos por lo que no se puede mejorar la calidad de sus productos. Se cuenta con un controlador no comercial en el país (LS K200s) lo que hace difícil encontrar repuestos y con poca vida útil de sus componentes lo cual genera reducción de stock debido a detenciones de producción por dicho problema. Además, se tiene poca información, falta de manuales y/o videos, del funcionamiento de la Acumuladora de Fleje por los operarios causando el mal manejo de la máquina, se desconoce todas las funcionalidades de control como reducción del número de vueltas reales, configurar el número de vueltas deseadas, etc.

En nuestro país todavía no se logra una visión total de la Industria 4.0, pero cada vez algunas van innovando en la mejora de sus procesos para llegar a ese objetivo, teniendo un 55.4% como muestra la figura 6 de las

industrias manufactureras invirtiendo esfuerzo en la innovación (ENIIMSEC, 2018)

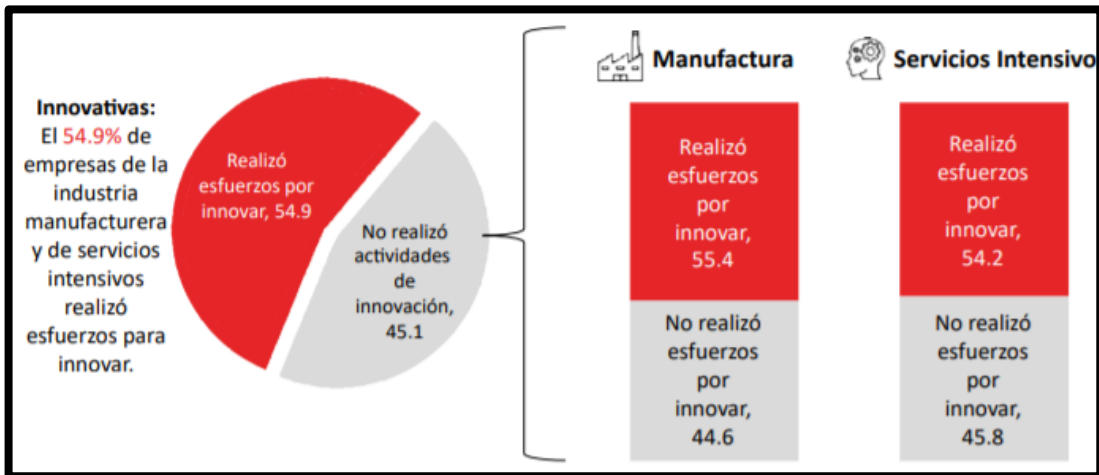


Figura 6: Empresas innovadoras

Fuente: ENIIMSEC (2018)

3.1.2. Justificación del Problema

El presente trabajo tiene la finalidad de mejorar el sistema de control de la Acumuladora de Fleje de la empresa Tubos y Perfiles Metálicos S.A. ubicada en el distrito de Lurín para evitar detenciones de la producción generando reducción del stock.

Se migra el controlador actual por el PLC S7 – 1200 (indicar el tiempo de vida) con el fin de alargar la vida útil de los sistemas, dando un mejor rendimiento y control de tal modo que al operario le sea fácil de manejar la Acumuladora de Fleje.

El modelo propuesto busca reducir las detenciones generadas por el mal funcionamiento del sistema de control y fallas futuras en los componentes por el término de su vida útil con la finalidad de estar a la par con el avance tecnológico y la Industria 4.0.

3.1.3. Formulación del Problema

3.1.3.1. Problema General

- Detenciones de producción por fallas en la lógica del sistema de control de la Acumuladora de Fleje.

3.1.3.2. Problemas Específicos

- Se cuenta con el controlador LS Master K200S que uno de sus componentes internos solo tiene 5 años de vida útil el cual se compró en el año 2014.
- Fallas en el sistema de control por falta de compatibilidad con el PLC.
- Reducción de stock por detenciones no programadas por la lógica del sistema.
- Falta de capacitación a los operarios en el uso de la acumuladora de fleje.

3.2. Modelo de solución Propuesto

3.2.1. Descripción del Proyecto

El presente trabajo se divide en dos fases, la primera a nivel físico que consta en el cambio del controlador, la instalación de la pantalla HMI y la reconexión de los componentes. La segunda es a nivel lógico la cual se encargará de reasignar las entradas/salidas y modificar la programación para que se tenga compatibilidad con el nuevo controlador a instalar el cual es el S7-1200.

Al finalizar las dos fases, se analiza el sistema de control mejorado para dar conocer su nuevo funcionamiento y explicar a los operadores de la Acumuladora de Fleje.

3.2.2. Cambio del Controlador LS K200S

Se cuenta con el controlador LS K200S ubicado en el tablero eléctrico en la parte inferior como se muestra en la figura 7 el cual se cambió por el S7-1200. Se procedió a su desmontaje y se identificó los cables de los módulos para su instalación en el nuevo.



Figura 7: Tablero eléctrico – K200S

Fuente: Elaboración propia

Una vista más cercana del controlador a cambiar se muestra en la figura 8 con sus respectivos cables identificados en los módulos de entrada/salida, además en el Anexo 1 se observa su plano.

cables, la cual el controlador encendió sin problemas como se muestra en la figura 10.



Figura 10: Prueba de encendido PLC S7-1200

Fuente: Elaboración propia

Posterior al montaje se realizó a instalar la pantalla HMI en el panel de control de la Acumuladora de Fleje. Este constaba con 2 displays de 8 segmentos en el cual se mostraba las vueltas del acumulador y dos Deep Switch que servía para controlar el número de vueltas como se muestra en la figura 11.



Figura 11: Tablero de control Acumulador

Fuente: Elaboración propia

Se procedió en reubicar el botón de encendido y se comenzó a retirar los displays de 8 segmentos como también los Deep Switch para ubicar la pantalla HMI, como se observa en la imagen 12 y 13 se retira los cables de los displays como los del switch para conectar los nuevos hacia la pantalla.

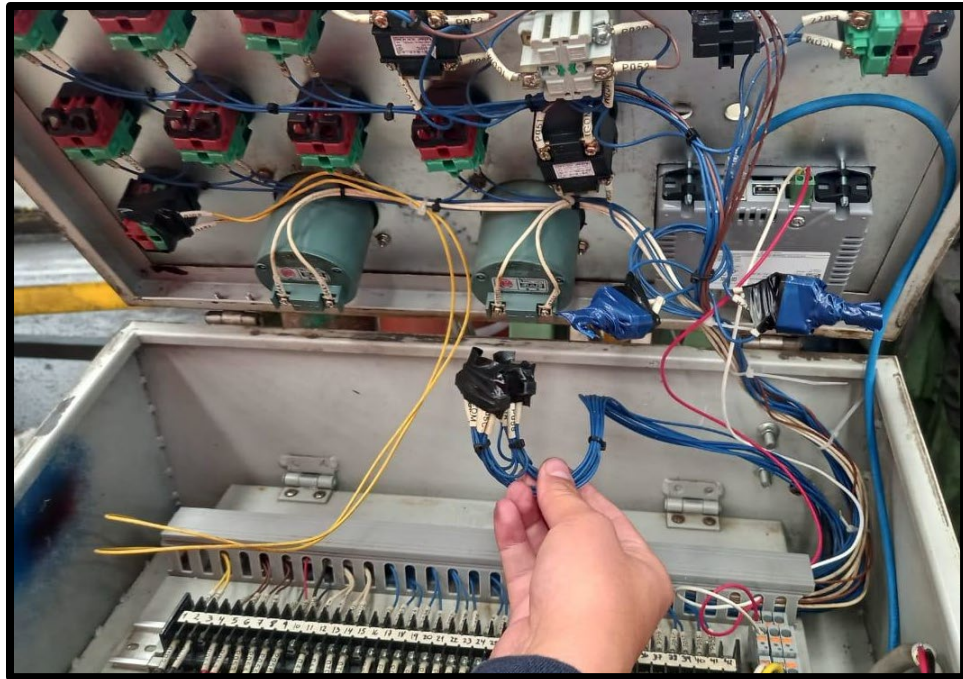


Figura 12: Cables del Deep Switch

Fuente: Elaboración propia

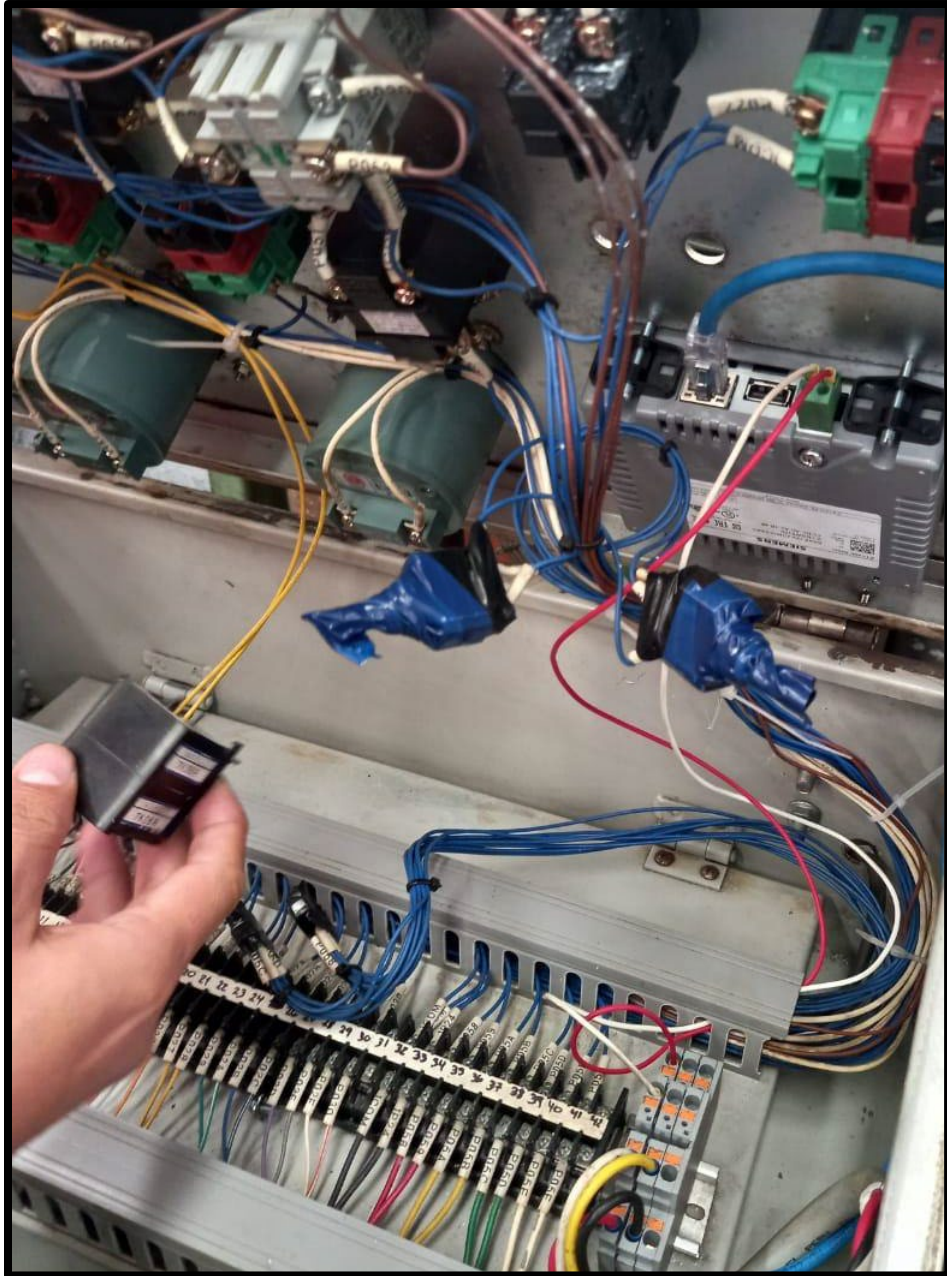


Figura 13: Cables del display de 8 segmentos

Fuente: Elaboración propia

Para finalizar esta fase física, que consistió en el montaje y conexión de los componentes del sistema, se instaló la pantalla en el tablero de control del acumulador quedando como muestra en la figura 14 de manera funcional.

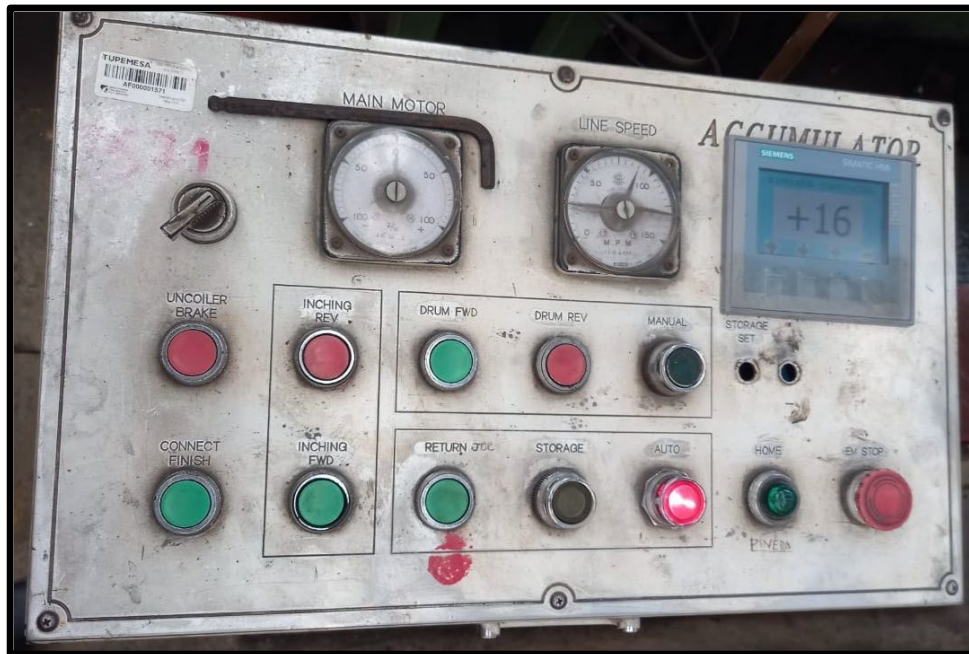


Figura 14: Tablero de Control con HMI

Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Mejora de la lógica

Luego del montaje y conexión de los componentes, se realiza la equivalencia de las conexiones de los módulos de entrada/salida del controlador LS K200S y el S7-1200. La tabla 1 muestra las equivalencias de los puertos del controlador, en la tabla 2 se muestran las de los puestos de entrada, en la tabla 3 en de las salidas y para finalizar la tabla 4, las señales analógicas.

Tabla 1: Equivalencia de controlador

LS K200S	S7-1200
CPU	CPU
1COM	1M
05A1	I0.0
05B1	I0.1

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 2: Equivalencia de Entradas

ENTRADAS			
MÓDULO 1		MÓDULO 2	
LS K200S	S7-1200	LS K200S	S7-1200
IP24	1M	IP24	1M
P020	I2.0	P030	I4.0
---	I2.1	P031	I4.1
P022	I2.2	P032	I4.2
P023	I2.3	P033	I4.3
P024	I2.4	P034	I4.4
P025	I2.5	P035	I4.5
P026	I2.6		
P027	I2.7		
IP24	2M		
P028	I3.0		
P029	I3.1		
P02A	I3.2		
P02B	I3.3		
P02C	I3.4		
P02D	I3.5		
P02E	I3.6		
P02F	I3.7		

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 3: Equivalencia de Salidas

SALIDAS			
MÓDULO 1		MÓDULO 2	
LS K200S	S7-1200	LS K200S	S7-1200
01RL	1L	01RL	1L
P040	O2.0	---	O4.0
P041	O2.1	P051	O4.1
---	O2.2	P052	O4.2
P043	O2.3	P053	O4.3
01RL	2L	01RL	2L
P044	O2.4	P054	O4.4
P045	O2.5	P055	O4.5
P046	O2.6	P056	O4.6
P047	O2.7	---	O4.7
01RL	3L	P057	3L
P048	O3.0	P058	O5.0
P049	O3.1	P059	O5.1
---	O3.2	P05A	O5.2

---	O3.3	P05B	O5.3
01RL	4L	01RL	4L
---	O3.4	P05C	O5.4
P04D	O3.5	P05D	O5.5
P04E	O3.6	P05E	O5.6
P04F	O3.7	P05F	O5.7

Fuente: Elaboración propia.

Tabla 4: Equivalencia de Señales Analógicas

LS K200S	S7-1200
OUTPUT D/A	SM1231
07A2	0
RESISTENCIA	0M
07B2	1
07B1	1M
07C2	2
07C1	2M
07D2	3
07D1	3M

Fuente: Elaboración propia.

Después que se hizo las equivalencias de las conexiones, se carga la lógica en el controlador actual para determinar si es compatible con el nuevo hardware, pero al analizar se presentaron unas fallas.

Se observó que en la línea 942 se encuentran problemas en los cálculos relacionados con el encoder. En la figura 15 se presenta la lógica de la línea en mención.

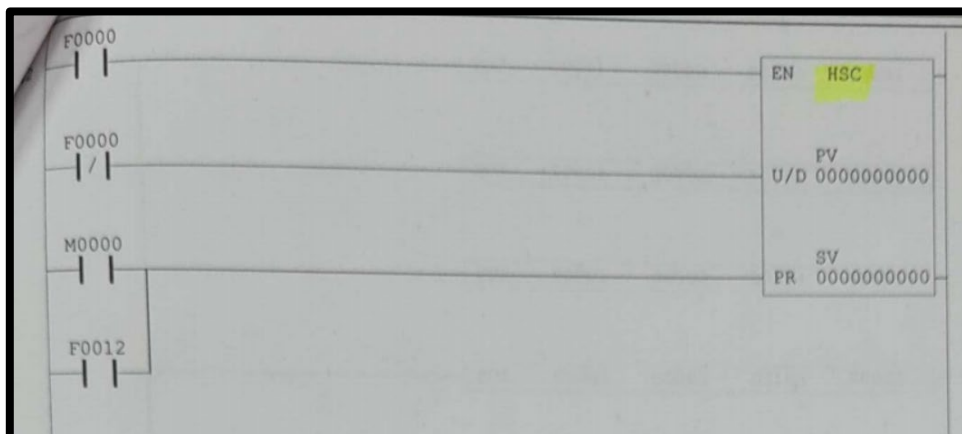


Figura 15: Cálculo de velocidad K200s - Parte 1

Fuente: Elaboración propia

En la figura 16 se muestra la otra parte de la lógica del cálculo de la velocidad del acumulador.

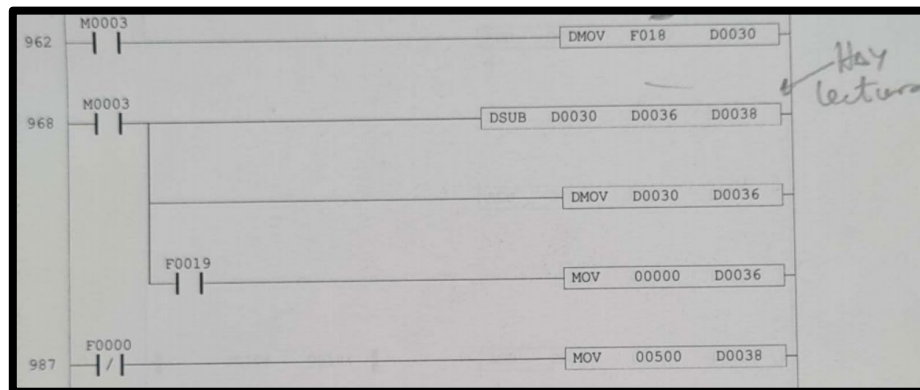


Figura 16: Cálculo de velocidad K200s - Parte 2

Fuente: Elaboración propia

Luego se observó que en la línea 178 que se encuentra problemas en la lógica dependiente de la velocidad de ciclos del PLC, se muestra en la figura 17 la línea mencionada.

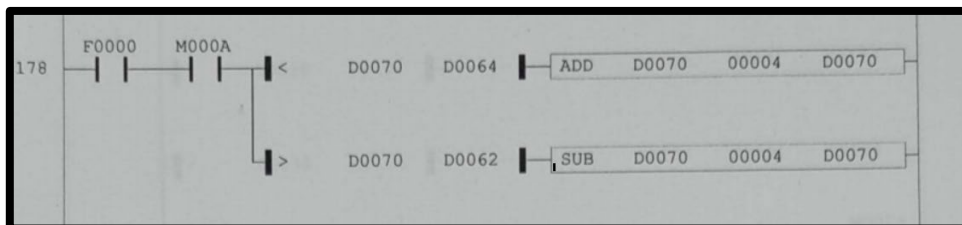


Figura 17: Velocidad por ciclos K200s

Fuente: Elaboración propia

Dado estas observaciones se procedió a la corrección de la lógica del sistema de control con las características del hardware nuevo implementado dando por terminado la fase lógica que tenía la finalidad de mejorar el control.

3.3. Resultados

Al terminar el montaje físico de los componentes y la mejora de la lógica se observó que los resultados fueron aceptables.

3.3.1. Aumento del tiempo de vida

El cambio de controlador reflejo que el sistema de control de la Acumuladora de Fleje prolongo su vida útil, ya que el controlador S7-1200 de Siemens tiene una duración de aproximadamente 20 años como lo muestra en la tabla 5, en cambio el LS K200s uno de sus componentes interno solo tiene una vida útil de 5 años que se observa en la tabla 6. Con la migración se logró el objetivo propuesto además de reducir costos en el remplazo de componentes.

Tabla 5: Tiempo de vida de S7-1200

	Funcionamiento en modo de operación con baja tasa de demanda, Probabilidad media de un fallo peligroso con demanda (PFD_avg)	Funcionamiento en modo de operación con alta tasa de demanda, Frecuencia media de un daño peligroso por hora (PFH)	Intervalo de prueba periódica (tiempo de misión o vida útil)
CPU S7-1200 de seguridad	< 2,00 E-05	< 1,00 E-09 1/h	20 años

Fuente: Manual de seguridad funcional S7- 1200 (2016)

Tabla 6: Tiempo de Vida Batería – LS K200s

Item	Description
Rated voltage	3.0VDC
Lifetime	5 years
Purpose	User program and data back-up, RTC operation during power-off
Type	Lithium battery, 3VDC
Dimension (mm)	ϕ 14.5 × 26

Fuente: Manual de usuario Master-K K200S/K300S/K1000S

3.3.2. Cambios en la lógica del sistema de control

Al corregir los problemas de compatibilidad de la lógica original con los nuevos componentes se obtuvo buenos resultados en su funcionamiento. El sistema trabajó de manera continua sin ninguna detención por la lógica de programación.

En la figura 18 se muestra el código corregido para el cálculo del encoder con el controlador nuevo.

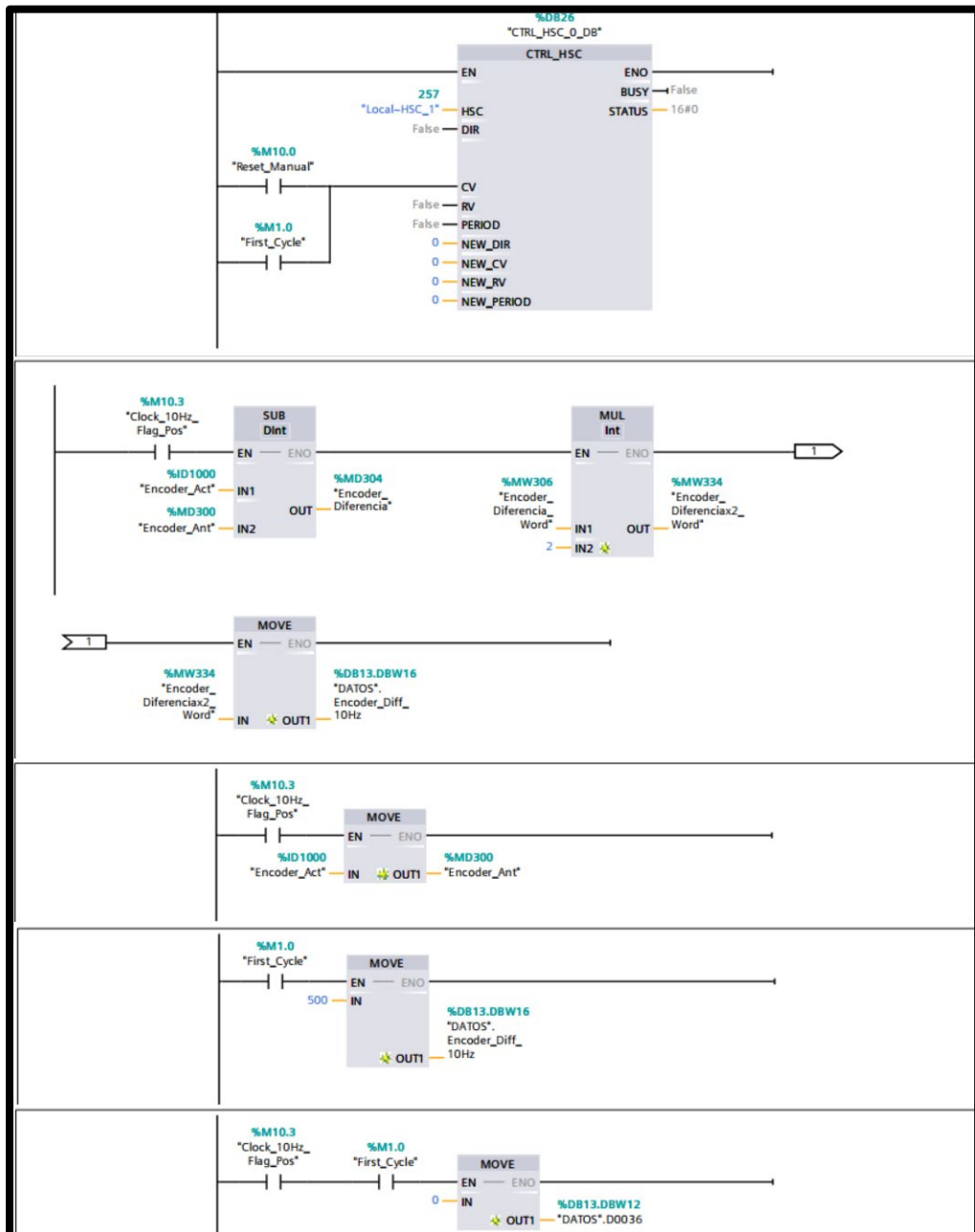


Figura 18: Cálculo de Velocidad S7-1200

Fuente: Elaboración propia

Para la modificación de la dependencia de la velocidad por ciclos del controlador se realizó la corrección como se detalla en la figura 19, sin ningún problema en su implementación.

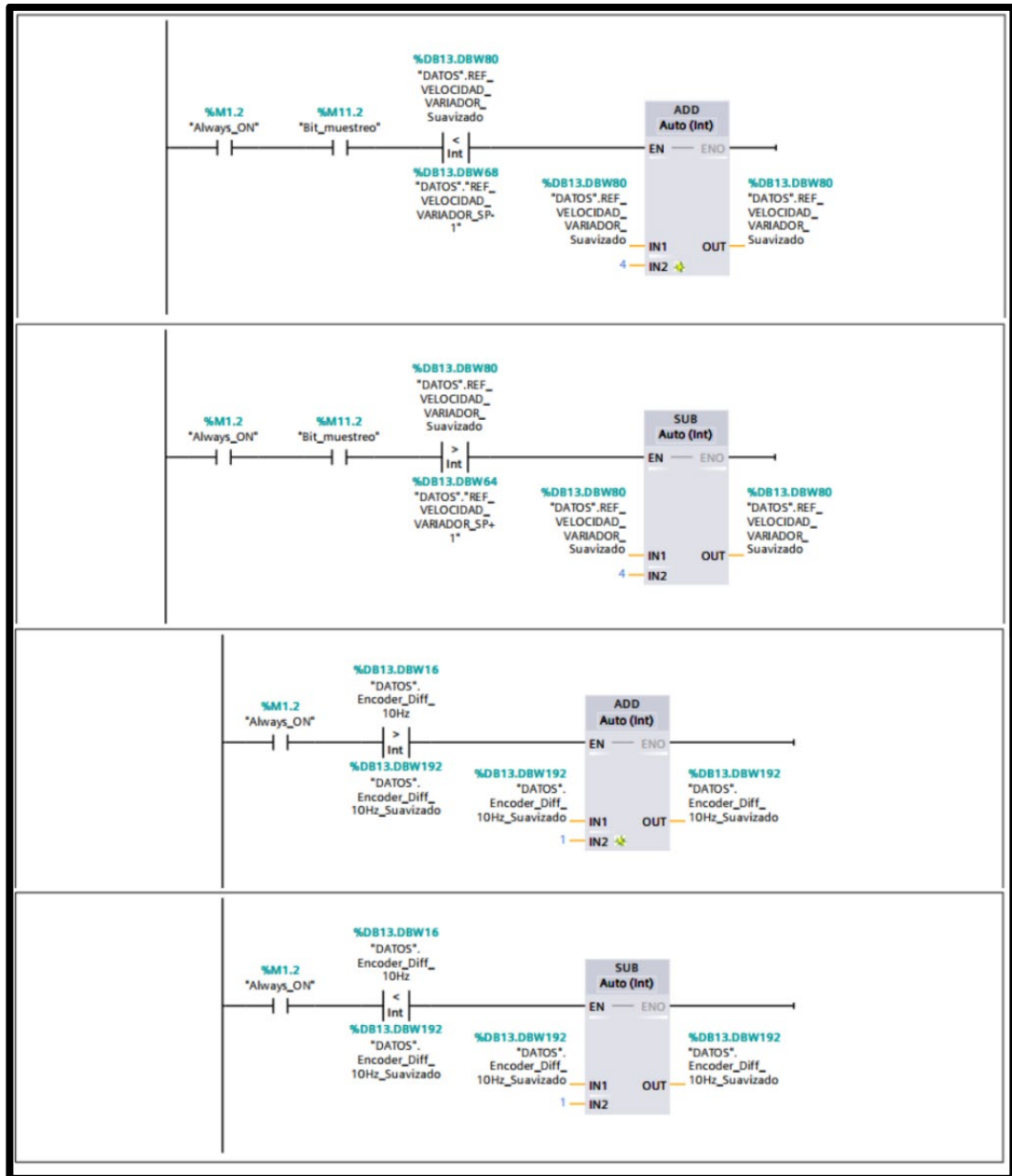


Figura 19: Corrección velocidad por ciclo S7-1200

Fuente: Elaboración propia

3.3.3. Reducción de detenciones

Al realizar la migración y la corrección de la lógica del sistema, el Acumulador de Fleje no presento en el mes de octubre alguna detención por problemas de la lógica del mismo como se observa en la tabla 7, dando como resultado el esperado.

Tabla 7: Detenciones del Acumulador de Fleje – MK1

Mes	Día	Ti	Tf	Código	Duración	Descripción
Oct-21	7	06:00	12:20	not	6.33	Falta de Programación
Oct-21	7	12:20	14:00	pe	1.67	1000
Oct-21	9	06:00	06:20	not	0.33	Charla de Seguridad y trasladando a máquina
Oct-21	9	06:20	06:45	dee	0.42	falla de pantalla de carro y corte no prende
Oct-21	9	06:45	10:10	pe	3.42	2497
Oct-21	9	10:10	11:00	pe	0.83	
Oct-21	9	11:00	11:50	dee	0.83	Falla de pantalla de carro y corte no se pueden ingresar datos de disco
Oct-21	9	11:50	14:00	pe	2.17	2128
Oct-21	11	06:00	06:15	not	0.25	Charla Seguridad
Oct-21	11	06:15	06:30	dot	0.25	Trasladando a máquina el personal y revisando máquina para su encendido
Oct-21	11	06:30	09:00	pe	2.50	1200
Oct-21	11	09:00	14:00	not	5.00	autónomo
Oct-21	13	06:00	14:15	not	8.25	autónomo
Oct-21	13	14:15	14:20	pe	0.08	72
Oct-21	13	14:20	14:50	pe	0.50	420
Oct-21	13	14:50	18:00	pe	3.17	1900
Oct-21	14	06:00	08:50	not	2.83	Pasando la prueba covid
Oct-21	14	08:50	12:30	pe	3.67	
Oct-21	14	12:30	13:15	c	0.75	colación
Oct-21	14	13:15	14:15	pe	1.00	
Oct-21	14	14:15	18:00	not	3.75	Falta de material, limpieza técnica

Oct-21	15	06:00	06:45	not	0.75	Charla de Seguridad y colocando fleje y acumulando por falta de material
Oct-21	15	06:45	09:10	pe	2.42	1596
Oct-21	15	09:10	13:00	cl	3.83	Cambio de línea
Oct-21	15	13:00	14:00	pe	1.00	188

Fuente: Manual de usuario Master-K K200S/K300S/K1000S

3.3.4. Manejo de la Acumuladora de Fleje

Luego de la implementación de la mejora se realizó el testeo del sistema, detallando la manera de como está funcionando actualmente. Para los operarios, se mejoró el tema de la operatividad dado que de una manera visual se ayuda a maniobrar la máquina de manera adecuada.

De esta forma se explica la pantalla de conteo de vueltas como se observa en la figura 20, en el cual se visualiza el número las vueltas del material.



Figura 20: Conteo de vueltas

Fuente: Elaboración propia

Para configurar el set point de vueltas se visualiza en la figura 21, el cual sirve para determinar la cantidad de vueltas que puede realizar el

Acumulador de Fleje para que no sobrepase la cantidad de material que pueda almacenar.



Figura 21: Conteo Objetivo
Fuente: Elaboración propia

En la figura 22 se muestra la pantalla del control de tensión del material ejercido por el Acumulador, de esta forma se controla la fuerza producida por el mismo para no dañar la materia prima.



Figura 22: Control de Tensión
Fuente: Elaboración propia

Para el control de velocidad del acumulador se tiene la siguiente pantalla como se muestra en la figura 23. De esta forma se controla el flujo de la materia prima para que no la máquina no se quede sin producir y a la vez no realice un esfuerzo para suministrar el material.



Figura 23: Control de Tensión

Fuente: Elaboración propia

CONCLUSIONES

- Al cambiar de controlador se concluyó que el sistema alargó su tiempo de vida útil, por lo que si hubiese una falla de hardware se podría resolverse de manera rápida.
- Se logró una compatibilidad entre el PLC S7-1200 y la lógica de sistema de control luego que se corrigiera detalles de la misma referentes a las características del controlador actual.
- Se consiguió reducir detenciones provocadas por el sistema de control de la Acumuladora de fleje.
- Con el cambio que se realizó en el sistema, se mejoró en la operatividad de la Acumuladora de Fleje por parte de los operarios que la manejan.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda realizar un mantenimiento preventivo al conexionado de los nuevos dispositivos instalados.
- Realizar un mantenimiento eléctrico a los tableros de control y fuerza para alargar la vida útil de los dispositivos.
- Mejorar el sistema eléctrico verificando borneras y cables de control para eliminar la posibilidad de que haya falsos contactos.
- Colocar una mica para proteger las teclas de la pantalla HMI y alargar su durabilidad en términos de uso.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Changzhong Wu, Guangchao Shang, Liang Wu & Mingpeng Zhao (2021). “*Design of Control System for Concrete Mixing Plant*”. Guangzhou, China.
- Fernandez, Hector & Calderon, Duver (2017). “Diseño de un control automatizado para disminuir las paradas no programadas en la empresa Ladrillera Sagitario S.A.C.”. Lambayeque – Perú.
- Madariaga, Steven (2017). “Modernización del sistema de control del evaporador de la planta de producción de leche evaporada de la empresa Gloria S.A. – sede Arequipa”. Arequipa – Perú.
- Neciosup, Vanesa & Quiñones, Nathalí (2017). “Diseño de un sistema de supervisión y control automatizado para optimizar el proceso de producción de concentrado de MOLIBDENO en la Sociedad Minera Freeport Perú”. Lambayeque – Perú.
- Chillan Pillajo, Luis (2019). “Reingeniería del sistema de control automático de Lavadora de Botellas en línea 1 de la Cervecería Nacional”. Quito – Ecuador.
- Ayora Morocho, Diego (2015). “Migración, configuración del sistema de control y diseño de la interfaz del proceso de fraccionamiento de aceite”. Quito – Ecuador.
- Nolasco Sandoval, Luis (2019). “Diseño de un módulo didáctico de simulación de procesos industriales usando PLC S7-1200 Y HMI KTP 700 Basic. para el Laboratorio de Automatización y Control, de la Universidad Nacional Tecnológica De Lima Sur – Untels”. Lima – Perú.
- Martinez, Hilariona (2015). “Modulo didáctico para prácticas de laboratorio con controladores lógicos programables”. Nuevo Leon – México
- Sarmiento Sanchez, Diego. (2016). “Implementación de los protocolos de comunicación industrial mediante Simatic s7 - 1200 para el laboratorio de automatización de la Universidad del Azuay”. Cuenca – Ecuador.

Perez, Hugo (2017). "Introducción SCADA". Bogotá – Colombia.

Centeno Pomareta, Pedro (2017). "Introducción a TIA PORTAL con S7 – 1500". Madrid – España.

Jacho Jara, Rosalía (2017). "Diseño y Construcción de un módulo didáctico con el PLC S7 – 1200 para la simulación de un ascensor inteligente". La Maná – Ecuador.

Siesquen Rojas, Marili (2015). "Rediseño del Proceso Productivo para la Reutilización de la Capacidad Instalada en Industrias Metálicas Cerinsa E.I.R.L – Chiclayo". Chiclayo – Perú.

Barona, Gustavo & Velastegui, Luis (2021). "Automatización de procesos industriales mediante Industria 4.0". Ambato – Ecuador.

Pazmiño, Ricardo (2017). "Sistema informático para el control y monitoreo basado en el control Andon para mejorar el desempeño de procesos y control de recursos manufactura de calzado de cuero". Ambato – Ecuador.

Ministerio de la Produccion & Instituto Nacional de Estadística e Informática (2018). "Encuesta Nacional de Innovación en la Industria Manufacturera y Empresas de Servicios Intensivas en Conocimiento 2018 (ENIIMSEC 2018)". Lima – Perú.

ANEXOS

Anexo 1: Plano Controlador K200s

