



PROPUESTA DE UN ESQUEMA DE AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA CLEAN IN PLACE (CIP) DE LA PLANTA LÁCTEA TRÉBOL DE LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO

RODRIGO ISMAEL PORTILLO BRITOS

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRONICA**

Coronel Oviedo - Paraguay

Año 2021

PROPUESTA DE UN ESQUEMA DE AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA CLEAN IN PLACE (CIP) DE LA PLANTA LÁCTEA TRÉBOL DE LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO

Elaborado por

RODRIGO ISMAEL PORTILLO BRITOS

Tutor

Ing. Derlis Rodrigo Arredondo Onieva

Trabajo presentado a la Facultad de Ciencias y
Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú,
como requisito para la obtención del título de Ingeniero en
Electrónica

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAAGUAZU
FACULTAD DE CIENCIAS Y TECNOLOGIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRONICA
Coronel Oviedo - Paraguay
Año 2021**

PÁGINA DE APROBACIÓN

Trabajo de fin de grado para la obtención del Título de Ingeniero en Electrónica aprobado en representación de la Facultad Ciencias y Tecnología de la Universidad Nacional de Caaguazú, por el Tribunal Examinador constituido por los siguientes profesores.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Prof. Ing.

Dedicado a:

A Dios y a la Virgen María por mi bienestar y la fortaleza espiritual de todos estos años de estudio.

A mi madre Teodora por todo el sacrificio y esfuerzo que realizo para que pudiera llegar a estudiar. Por el apoyo incondicional que siempre me brindaba en todo este tiempo de estudio.

A mi hermano menor Jonás que siempre me dio ánimos y apoyo en todo este trayecto de la universidad.

A mi querido hermano mayor Isaías que no está presente en cuerpo si no en espíritu apoyándome desde el cielo y brindándome bendiciones en cada momento difícil de mi vida estudiantil.

A mis amigos y compañeros de la facultad que me brindaron su amistad y su apoyo en los momentos donde más necesitaba

Agradecimientos:

Al Ingeniero Luis Duarte quien me extendió la mano para la realización de este proyecto y quien me supervisó en todo el tiempo de mi pasantía con gentileza y amabilidad.

Al Ingeniero Derlis Arredondo por su orientación académica y por ser un excelente docente en mis años de estudios en la facultad.

A todos mis amigos y compañeros de facultad que me brindaron su ayuda y conocimientos en todos estos años

PROPUESTA DE UN ESQUEMA DE AUTOMATIZACIÓN DEL SISTEMA CLEAN IN PLACE (CIP) DE LA PLANTA LÁCTEA TRÉBOL DE LA CIUDAD DE CORONEL OVIEDO

RODRIGO ISMAEL PORTILLO BRITOS

RESUMEN

El presente proyecto de fin de grado tiene como objetivo principal la elaboración de un esquema de automatización del sistema Clean In Place (CIP) de la planta láctea Trebol localizada en la ciudad de Coronel Oviedo.

Para cumplir ese objetivo se adopta una metodología que contiene varias fases que van desde la recolección de datos, análisis del esquema para la automatización, cálculos y diseños de la arquitectura de la red de comunicación, la programación del controlador principal hasta la realización de las pruebas y simulaciones del nuevo sistema diseñado

Con este trabajo queda evidenciado que mediante la implementación de la lógica programada fue posible controlar y monitorear las etapas del sistema CIP en tiempo real por medio de una interfaz gráfica HMI a demás se podrán configurar los parámetros y el sistema de aviso fue posible reducir los tiempos detección de fallas en todas las máquinas que componen el sistema. De esta manera se da una gran optimización del tiempo de recirculación, gracias a los sensores y actuadores que posibilitan el mejor aprovechamiento de los insumos utilizados.

Finalmente, con el trabajo se lograron todos los objetivos propuestos y como resultado de ellos se logró diseñar esquema automatizado eficiente y con parámetros configurables

Palabras claves: Actuadores, Automatización, Interfaz Hombre Maquina (HMI), Sensores, Sistema Clean In Place (CIP)

PROPOSAL FOR AN AUTOMATION SCHEME OF THE CLEAN IN PLACE SYSTEM (CIP) OF THE TRÉBOL DAIRY PLANT IN THE CITY FROM CORONEL OVIEDO

RODRIGO ISMAEL PORTILLO BRITOS

ABSTRACT

The main objective of this final degree project is to develop an automation scheme for the Clean In Place (CIP) system of the Trebol dairy plant located in the city from Coronel Oviedo.

To meet this objective, a methodology is adopted that contains several phases that go from data collection, analysis of the scheme for automation, calculations and designs of the communication network architecture, programming of the main controller to carrying out tests. and simulations of the new designed system

With this work it is evidenced that through the implementation of the programmed logic it was possible to control and monitor the stages of the CIP system in real time by means of an HMI graphical interface, as well as the parameters and the warning system it was possible to reduce the times detection of faults in all the machines that make up the system. In this way, there is a great optimization of the recirculation time, thanks to the sensors and actuators that allow the best use of the inputs used.

Finally, with the work all the proposed objectives were achieved and as a result of them it was possible to design an efficient automated scheme with configurable parameters

Key Words: Actuator, Automation, Human Machine Interface (HMI), Sensors, Clean In Place System (CIP)

PÁGINA DE APROBACIÓN	i
<i>Dedicado a:</i>	ii
<i>Agradecimientos:</i>	iii
CONTENIDO	xii
LISTA DE FIGURAS	xii
LISTA DE TABLAS	xv
LISTA DE ABREVIATURAS	xvii
I. INTRODUCCIÓN	1
II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
CAPÍTULO 1	3
1.1. ANTECEDENTES HISTORICO	3
1.2. ESTADO DEL ARTE	4
1.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS	5
CAPITULO 2	6
2.1.1. Características de los sistemas CIP	6
2.1.2.1. Centralizados	7
2.1.2.2. Descentralizados	7
2.2.3. Controladores automáticos	9
2.2.4. Elementos de un sistema de control	11
2.2.4.1. Interfaces Hombre Maquina	11
2.2.4.2. Sensores o transductores	11
2.2.4.3. Actuadores	11
2.3. IO-Link	11
2.3.1.1. Cableado normalizado y reducido	13
2.3.1.2. Disponibilidad de datos aumentada	13
2.3.1.3. Configuración remota y monitoreo	15
2.3.1.4. Sustitución simple del dispositivo	15
2.3.1.5. Diagnósticos extendidos	16
2.4. Grafcet	16

2.5. Evaluación económica.....	17
2.5.1. Flujo de caja.....	17
2.5.2. Valor actual neto (VAN).....	18
2.5.3. Tasa interna de rendimiento (TIR).....	19
2.5.4. Relación beneficio – costo (B/C)	19
2.5.5. Periodo de recuperación de la inversión (PRI)	20
CAPÍTULO 3	21
3.1. Fundamentos de la CIP	21
3.1.1. Acción mecánica	22
3.1.2. Tiempo de limpieza	23
3.1.3. Temperatura.....	24
3.1.4. Agua.....	25
3.2. Productos químicos de limpieza	27
3.2.1. Alcalina.....	28
3.2.2. Ácido	29
3.2.3. Desinfección química	29
3.3. Requisitos generales de diseño de ingeniería higiénica	30
CAPÍTULO 4	32
4.1. Tanques.....	32
4.2. Tuberías.....	33
4.2.1. Criterios de tuberías	33
4.2.2. Tubería de trabajo	33
4.3. Bombas centrífugas	35
4.4. Controlador Lógico Programable PLC	35
4.4.1. Funcionamiento del PLC	36
4.4.2. Partes que componen un PLC	36
4.4.3. SIMATIC S7-1200	37
4.4.3.1. Capacidad de expansión	38
4.5. HMI	41

4.6. Software de programación STEP 7.....	43
4.6.1. Agregar módulos a la configuración	44
4.6.2. Configurar la interfaz PROFINET	45
4.6.2.1. Conexión local/interlocutor	46
4.6.2.2. Conmutación Ethernet.....	47
4.7. Red de comunicaciones.....	48
4.8. Instrumentos de medidas de temperaturas.....	50
4.9. Medidores de nivel.....	51
4.9.1. Instrumento basado en características eléctricas del líquido	51
4.10. Variables químicas	52
4.10.1. Conductividad en medio líquido.....	52
4.11. Otros requerimientos	55
III. RESUMEN EJECUTIVO.....	56
CAPITULO 5	56
5.1. Descripción del trabajo	56
5.1.1. Métodos y Técnicas utilizadas.....	56
5.1.1.1. Tipo de Investigación.....	56
5.1.1.2. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos	56
5.1.1.3. Métodos y Análisis de Datos	57
5.1.1.4. Fases Metodológicas.....	57
5.2. Justificación	58
5.3. Finalidad del proyecto.....	59
5.4. Metas	59
5.5. Objetivos.....	59
5.5.1. Objetivos generales.....	59
5.5.2. Objetivos específicos	60
5.6. Beneficiarios	60
5.7. Producto	60
5.8. Localización física y cobertura espacial.....	60

5.9. Especificaciones de actividades y tareas realizadas	61
5.10. Recursos necesarios	61
5.10.1. Recursos humanos	61
5.10.2. Recursos materiales.....	61
5.11. Factibilidad técnica	61
5.12. Factibilidad económica	62
5.12.1. Beneficios.....	62
5.12.1.1. Ahorro en las dosificaciones	63
5.12.1.2. Reducción en los ciclos de Recirculamiento	64
5.12.1.3. Precisión de las conmutaciones	64
5.12.2. Costos	65
5.12.3. Evaluación económica	65
5.12.3.1. Determinación del flujo de caja proyectada	65
5.12.3.2. Determinación de la tasa interna de rendimiento (TIR)	66
5.12.3.3. Determinación del valor presente neto (VPN).....	66
5.12.3.4. Determinación del periodo de recuperación de la inversión (PRI)	66
5.12.3.5. Análisis de Sensibilidad	67
IV. INGENIERÍA DE DISEÑO	68
CAPÍTULO 6	68
6.1. Descripción de las etapas del sistema CIP actual	68
6.1.1. Esquema del sistema CIP actual.....	70
6.1.1.1. Esquema de potencia.....	70
6.1.1.2. Esquema de mando	71
6.1.1.3. Esquema de control de temperatura	73
6.1.2. Descripción del problema	75
6.2. Planteamiento de soluciones	77

6.2.1. Dispositivos necesarios	77
6.2.1.1. Siemens	77
6.2.1.1.1. SIMATIC S7-1200 AC/DC/RLY	77
6.2.1.1.2. SIMATIC Net CSM 1277	79
6.2.1.1.3. Módulo E/S digital SM 1223	79
6.2.1.1.4. HMI KTP 700 Basic PN	80
6.2.1.2. IFM	81
6.2.1.2.1. AL1100 IO-Link Master	81
6.2.1.2.2. Sensor de conductividad inductivo LDL 200	83
6.2.1.3. Endress + Hauser	85
6.2.1.3.1. Detección de nivel de punto conductor Liquipoint FTW31	85
6.2.1.3.2. Nivotester FTW325	86
6.2.2. Lógica cableada	86
6.2.2.1. Entradas de información	86
6.2.2.1.1. Entradas digitales	88
6.2.2.1.2. Entradas analógicas	90
6.2.2.1.3. Entradas IO-Link	91
6.2.2.2. Respuestas de información	92
6.2.2.2.1. Esquemas de conexión	96
6.2.2.3. Lógica programada	99
6.2.2.4. Control y supervisión del proceso Clean In Place CIP	108
V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	115
VI. CONCLUSIONES	116
VII. RECOMENDACIONES	117
VIII. APÉNDICE	118
Apéndice A: Resumen ejecutivo	118
Apéndice A.1: Costos de materiales	118
Apéndice A.2: Gastos y Beneficios del Sistema a Automatizar	122

Apéndice A.3: Honorario de las Manos de Obra y el Costo del Mantenimiento Preventivos.....	124
Apéndice B: Ingeniería de diseño.....	126
Apéndice B.1: Sistema CIP actual.....	126
Apéndice B.2: TIA PORTAL V14	128
Apéndice B.3: Configuraciones de la tecnología IO-Link.....	147
Apéndice B.4: Control PID Temperatura de los tanques	149
Apéndice C: Evaluación económica	152
Apéndice C.1: Flujo de caja.....	152
Apéndice C.2: Valor actual neto (VAN)	153
Apéndice C.3: Tasa interna de rendimiento (TIR)	153
Apéndice C.4: Relación beneficio – costo (B/C)	153
Apéndice C.5: Periodo de recuperación de la inversión (PRI)	153
BIBLIOGRAFIA.....	154

CONTENIDO

LISTA DE FIGURAS

CAPITULO 2

Figura 2.1 Diagrama de funcionamiento de un CIP Centralizado	7
Figura 2.2 Diagrama de funcionamiento de un CIP Descentralizado	8
Figura 2.3 Diagrama de bloques de un sistema de control industrial	10
Figura 2.4 Conexiones IO-Link	12
Figura 2.5 Grafcet.....	17

CAPITULO 3

Figura 3.1 Temperatura de las soluciones a través del tiempo	25
Figura 3.2 Relacion entre la concentración y la conductividad con NaOH	27
Figura 3.3 Dead ends	31

CAPITULO 4

Figura 4.1 Formas de cargas de soluciones.....	32
Figura 4.2 Diseño de tubería	33
Figura 4.3 diseños inseguros de tuberías.....	34
Figura 4.4 Forma de colocación de tuberías	34
Figura 4.5 soldadura manual vs soldadura orbital	35
Figura 4.6 SIMATIC S7-1200	37
Figura 4.7 S7-1200 y sus módulos	38
Figura 4.8 S7-1200 con Signal Board.....	39
Figura 4.9 S7-1200 con módulo de expansión	40
Figura 4.10 S7-1200 con módulo de comunicación.....	41

Figura 4.11 Interfaz de TIA Portal.....	44
Figura 4.12 S7-1200 PROFINET	46
Figura 4.13 PLC conexiones	47
Figura 4.14 PLC conmutaciones	48
Figura 4.15 Comunicación punto a punto	49
Figura 4.16 Medidor de nivel resistivo/conductivo	51
Figura 4.17 Medida de conductividad por puente de Wheatstone de c.a., circuito de 4 electrodos y sensor toroidal.....	54
CAPITULO 5	
Figura 5.1 Flujo de caja proyectada	66
CAPITULO 6	
Figura 6.1 Esquema de potencia del motor CIP	71
Figura 6.2 Esquema mando del motor CIP.....	72
Figura 6.3 Grafcet del esquema de mando del motor CIP.....	72
Figura 6.4 Esquema de control de temperatura soda caustica.....	73
Figura 6.5 Grafcet del esquema de control de temperatura soda caustica	74
Figura 6.6 Esquema de control de temperatura acido nitrico	75
Figura 6.7 Grafcet del esquema de control de temperatura acido nitrico	75
Figura 6.8 SIMATIC Net CSM 1277	79
Figura 6.9 AL1100 IO-Link Master.....	82
Figura 6.10 Sensor de conductividad inductivo LDL 200.....	83
Figura 6.11 Detector de nivel de punto conductor Liquipoint FTW32	85
Figura 6.12 Transmisor Nivotester FTW325.....	86
Figura 6.13 Esquema general de entradas a los controladores	87
Figura 6.14 Conexionado de entradas IO-Link al PLC	91

Figura 6.15 Salidas generales del PLC y del módulo	93
Figura 6.16 Esquema de contactores de los motores CIP y autosevante	96
Figura 6.17 Esquema de potencia de los motores CIP y autosevante	97
Figura 6.18 Esquema de los actuadores neumáticos de las válvulas mariposa...	98
Figura 6.19 Esquema neumático de los motores bomba dosificadores de soda caustica y acido nítricos.....	98
Figura 6.20 Conexionado PROFINET (PLC, HMI y AL1100)	99
Figura 6.21 Conductividad vs concentración	103
Figura 6.22 Inicio HMI.....	109
Figura 6.23 Proceso HMI.....	110
Figura 6.24 Configuración HMI	111
Figura 6.25 Grafica de conductividad HMI.....	112
Figura 6.26 Grafico de temperatura HMI	113
Figura 6.27 Avisos del sistema.....	114
APENDICE B	
Figura B.1 Panel de tuberías	126
Figura B.2 Panel divisor de tuberías CIP	126
Figura B.3 Tanques del sistema CIP Lateral	127
Figura B.4 Tanques del sistema CIP Frontal	127
Figura B.5 Pagina web de IFM	147
Figura B.6 Instalación de los archivos GSD del AL1100	147
Figura B.7 Catalogo actualizado.....	148
Figura B.8 Preparación de activación de entradas	148
Figura B.9 Entradas activadas e inactivadas.....	148

Figura B.10 Bloque de ciclo de interrupción	149
Figura B.11 Objeto tecnológico	150
Figura B.12 Configuración de parámetros del PID	151
Figura B.13 Cuadro de optimización inicial.....	151

LISTA DE TABLAS

CAPITULO 3

Tabla 3.1 Clasificación de dureza del agua.....	26
---	----

CAPITULO 4

Tabla 4.1 Tipos de CPU	39
Tabla 4.2 Tipos de HMI	42
Tabla 4.3 Selección de módulos en TIA Portal.....	45
Tabla 4.4 Valores de conductividad específica de soluciones dadas	53

CAPITULO 5

Tabla 5.1 Margen de dosificaciones	63
Tabla 5.2 Tiempo de lavado	64
Tabla 5.3 Resumen del costo del proyecto.....	65

CAPITULO 6

Tabla 6.1 Ficha técnica del S7-1200 CPU 1214C AC/DC/Relay	79
Tabla 6.2 Ficha técnica del módulo E/S digital SM 1223.....	80
Tabla 6.3 Ficha técnica del HMI KTP 700 Basic PN.....	81
Tabla 6.4 Ficha técnica AL1100 IO-Link Master	82
Tabla 6.5 Ficha tecnica sensor de conductividad inductivo LDL 200	84
Tabla 6.6 Entradas físicas digitales del PLC y el módulo	90
Tabla 6.7 Entradas físicas analógicas del PLC	91
Tabla 6.8 Entradas físicas IO-Link del Maestro AL1100.....	92

Tabla 6.9 Salidas físicas del PLC y del modulo	96
Tabla 6.10 Entradas del sistema	100
Tabla 6.11 Salidas del sistema	101
Tabla 6.12 Coeficiente de compensación de temperatura.....	104
APENDICE A	
Tabla A.1 Costos de la propuesta	121
Tabla A.2 Gastos de parada de producción	122
Tabla A.3 Honorarios profesionales	124
Tabla A.4 Costo de mantenimiento preventivo	125
APENDICE C	
Tabla C.1 Flujo de caja proyectada	152

LISTA DE ABREVIATURAS

HMI	Human Machine Interface. Interfaz Hombre Máquina
CIP	Clean In Place.
PLC	Controlador Lógico Programable
PID	Mecanismos de control por realimentación Proporcional, Integral, Derivativo
TIR	Tasa de Inversión de Retorno
VAN	Valor Actualizado Neto
OD	Oxígeno Disuelto
GSD	Descripción general de la estación

I. INTRODUCCIÓN

La Planta Láctea Trébol de la Cooperativa Chortitzer es una de las industrias productora láctea más importante a nivel nacional, donde las normas higiénicas que rigen la producción de los alimentos poseen estándares elevados tales como la certificación ISO 22000 - Inocuidad Alimentaria.

Actualmente en la planta se utiliza un sistema Clean In Place (CIP) donde los procesos de limpieza son realizados de manera manual y un tanto empírica, sumando esto a una gran cantidad de pérdidas diarias de materia prima, tiempo e insumos.

El presente proyecto tiene como finalidad proponer un esquema de automatización del sistema Clean In Place (CIP) de la planta láctea Trébol de la ciudad de Coronel Oviedo, mediante la utilización de dispositivos electrónicos capaces de realizar funciones simples como la apertura-cierre de una válvula o el control de temperatura de los líquidos en un silo para decidir una acción utilizando lógica de control.

Se desea implementar una interfaz HMI para la visualización en tiempo real del sistema compuesto por sensores de temperatura, sensores de caudal y servomecanismos para el control de las válvulas asociados a un controlador central posibilitando el monitoreo constante de todo el proceso de forma automática.

Con todas las mejoras mencionadas se logrará que el sistema funcione óptimamente beneficiando de esa forma a la Planta Láctea Trébol, a sus funcionarios y a los clientes brindándoles un producto de alta calidad.

La metodología adoptada para la realización del trabajo consta con dos tipos de investigación aplicada y mixta, la recolección de los datos se utilizarán las técnicas de observación y encuesta.

Para la resolución del problema que se plantea se encararan las siguientes fases metodológicas: recolección de datos, análisis del esquema para la automatización, cálculo y diseño de la arquitectura de la red, diseño de la interfaz HMI, programación del controlador principal, hasta la realización de las pruebas

y simulaciones del sistema, y finalmente la elaboración de la evaluación económica.

Este proyecto final de grado está establecido en diferentes capítulos los cuales se describen brevemente a continuación:

Capítulo 1: Antecedentes históricos, en este capítulo se describen los hechos de automatización sobre el sistema CIP (Clean In Place) que en algún momento se llegó hacer, breve estado del arte del Clean In Place (CIP) y conceptos fundamentales de términos básicos del sistema CIP

Capítulo 2: Conceptos fundamentales generales, en esta sección destacaremos los conceptos fundamentales de las clases del sistema CIP, del automatismo, sobre la tecnología IO-Link, programas de enfoque eléctrico – neumático.

Capítulo 3: Fundamentos del sistema CIP, en este apartado se describirá las circunstancia y técnicas a tener en cuenta a la hora de realizar la limpieza, además recalca los tipos y formas de emplear cada solución que sea necesaria y además como evitar los puntos muertos en las tuberías como en los tanques.

Capítulo 4: Requisitos generales del sistema, en este capítulo se expone las descripciones generales y características de cada tipo de dispositivos que serán requeridos para la implementación del nuevo sistema de limpieza

Capítulo 5: Resumen ejecutivo, en este apartado se visualizará un resumen de como básicamente estaría sujeto el proyecto final de grado es decir se podrán encontrar la descripción de la metodología utilizada, objetivos, los beneficios y análisis financiero del proyecto.

Capítulos 6: Diseño de ingeniería, en este último apartado se describe el actual sistema de limpieza en estudio, son especificadas los inconvenientes que presenta luego se analiza las posibles soluciones a los problemas presentes en el sistema además que brinden beneficios de manera técnica, segura y económica.

II. REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

CAPÍTULO 1

CONCEPTOS GENERALES

1.1. ANTECEDENTES HISTORICO

“DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA CLEAN IN PLACE EN BASE A LA NORMA REGIONAL NTC 5245 PARA SEIS ESTACIONES DE ORDEÑO EN LA HACIENDA LA ALBORADA UBICADA EN LA PROVINCIA DEL CARCHI”. Realizado por Byron Fernando Orozco Moreno y Stalin Andrés Rivadeneira Quiroz para la obtención del título de Ingeniero Mecatrónico en el año 2014 en Sangolqui – Ecuador.

Tuvo como principal objetivo: diseñar y construir un sistema “Clean In Place” automatizado el proceso de limpieza en el sistema de ordeño mecánico de la hacienda “LA ALBORADA”. Y algunas de sus conclusiones fueron:

- La selección adecuada de componentes permitió optimizar recursos y aumentar la eficiencia del proceso, el uso del diseño recurrente permite la mejora continua de cualquier diseño, disminuyendo el tiempo de elaboración y permite llegar a resultados óptimos siguiendo una secuencia ordenada de pasos.
- Se consiguió que el sistema Clean In Place, para seis estaciones de ordeño, cumpla con la norma NTC-5245 “Practicas de limpieza y desinfección para plantas y equipos utilizados en la industria láctea”. La cual especifica todos los parámetros que debe tomarse en cuenta para realizar una limpieza adecuada.

“DISEÑO E IMPLEMETACION DE SISTEMA CIP PARA INDUSTRIA PRODUCTORA DE LECHE”

Realizado por Adriana Rangel Muñoz, Jorge Armando Toledo Alfonso y Ligia

Ximena Cely González para la obtención del título de Ingeniero Electrónico en el año 2012 en Bogotá – Colombia.

Tuvo como principal objetivo: Diseñar e implementar un sistema CIP para una planta de producción de leche para caudales entre 400 y 2000 litros por hora. Y algunas de sus conclusiones fueron:

- Instalar la instrumentación adecuada en un sistema CIP permite tener ahorro en insumos, agua y hace que el resultado sea confiable y de calidad.
- Los sistemas CIP generalmente se implementan en plantas de producción muy grandes, el modulo que se presenta en este documento se enfoca a planta de producción pequeñas por lo que el tema de costos se trabajó de tal forma que el proyecto sea viable.
- Los sistemas CIP contribuyen a la conservación del agua.

1.2. ESTADO DEL ARTE

En la actualidad, la forma de realizar las operaciones en la industria alimentaria ha cambiado debido al incremento de los volúmenes de producción. Algunas etapas que antes eran vigiladas y controladas por operarios, quienes realizaban la mayor parte de las operaciones, han sido sustituidas por máquinas automáticas que aseguran la calidad final del producto. A pesar de la sofisticación, la limpieza en los equipos se ha quedado atrás debido a la falta de conciencia hacia esta labor tan importante. Sin embargo, en muchas empresas, la limpieza sigue realizándose por operarios que, con cepillos y detergentes, desmonta los equipos o se introduce en los tanques varias veces al día. Esta tarea es muy laboriosa, en muchos casos incluso peligrosa y poco efectiva, ya que el producto final queda infectado por la imperfección de las tareas de limpieza.

Por su naturaleza, la industria alimentaria exige introducir mecanismos que proporcionen una higiene total de superficies y equipos del proceso, ya que las

suciedades, impurezas y bacterias se adhieren de manera compleja. Estas suciedades pueden estar atrapadas en poros, hendiduras y demás irregularidades. Eliminarlas de estos lugares es imprescindible para prevenir la contaminación y el riesgo de toxiinfecciones alimentarias. Por tanto, es necesario un sistema que venza las fuerzas de unión electrostáticas o fisicoquímicas, tanto entre las impurezas o patógenos y las superficies afectadas, como las que existen entre las propias sustancias. La suma entre estas uniones se denomina energía de adhesión. Para lograr separar estas impurezas y poder eliminarlas se deben utilizar productos de limpieza en la cantidad adecuada y de una forma eficaz.

1.3. DEFINICION DE TERMINOS BASICOS

- **Planta:** Una planta puede ser una parte de un equipo, tal vez un conjunto de los elementos de una máquina que funcionan juntos, y cuyo objetivo es efectuar una operación particular.
- **Conductor:** Material en el cual algunas de las partículas cargadas (portadores de carga) se pueden mover libremente.
- **Unidad formadora de colonias:** es una unidad de medida que se emplea para la cuantificación de microorganismos
- **Software:** Parte no tangible de una computadora. Ej.: programas, aplicaciones o secuencias de instrucciones programadas mediante algún lenguaje de programación.
- **Hardware:** Parte física y tangible de una computadora. Ej.: teclado, mouse, circuitos integrados, circuito electrónico, etc.

CAPITULO 2

TEORÍAS BÁSICAS

2.1. Sistemas Clean In Place (CIP)

Los sistemas de limpieza In Situ, realizan tareas programadas de limpieza desinfección y esterilización, de industrias necesariamente higiénicas, como la alimentaria o la farmacéutica, sin la necesidad de desmontar los componentes que la constituyen, como por ejemplo ductos, accesorios, acoples, válvulas, depósitos, tanques, compartimientos, bombas, etc. Estas tareas tomarían mucho tiempo si se las realiza manualmente.

Estos sistemas fueron creados con la consigna de mantener una buena higiene dentro de las industrias ya que esto es una parte fundamental dentro de sus procesos y no una opción, su desarrollo fue basado tomando en cuenta una alternativa que reduzca los tiempos, optimice los recursos y no ponga en riesgo la integridad de los operadores

2.1.1. Características de los sistemas CIP

La función del equipo de limpieza In Situ es la preparar las soluciones de limpieza en la concentración y temperatura adecuadas, programar los distintos ciclos necesarios para la limpieza de todos los elementos de la planta, controlando variables como la temperatura, caudal y/o presión. Además, debe funcionar de una manera ordenada, minimizando el consumo energético, manteniendo la versatilidad en los programas de limpieza.

2.1.2. Clasificación de los sistemas CIP

Dependiendo del proceso a ser higienizado, los sistemas CIP se clasifican en:

2.1.2.1. Centralizados

La estación de limpieza central, almacena, prepara, distribuye, controla y ajusta la concentración y temperatura de los diferentes compuestos utilizados para la limpieza.

Estos sistemas, se caracterizan por tener un grado de automatización elevado, donde variables de nivel, concentraciones de los detergentes, temperatura, presión y la secuencia de los ciclos debe ser exactamente medida y controlada.

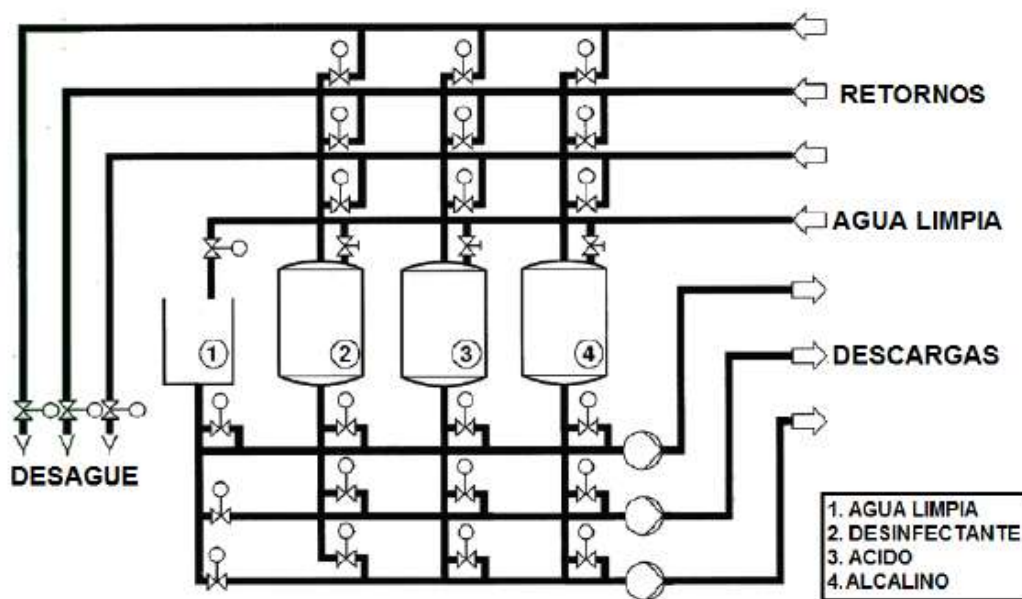


Figura 2.1 Diagrama de funcionamiento de un CIP Centralizado

2.1.2.2. Descentralizados

El CIP descentralizado toma al CIP centralizado y lo divide en pequeñas estaciones de baja capacidad exclusivas para lavar determinados equipos y líneas de proceso aledañas a estos. [1]

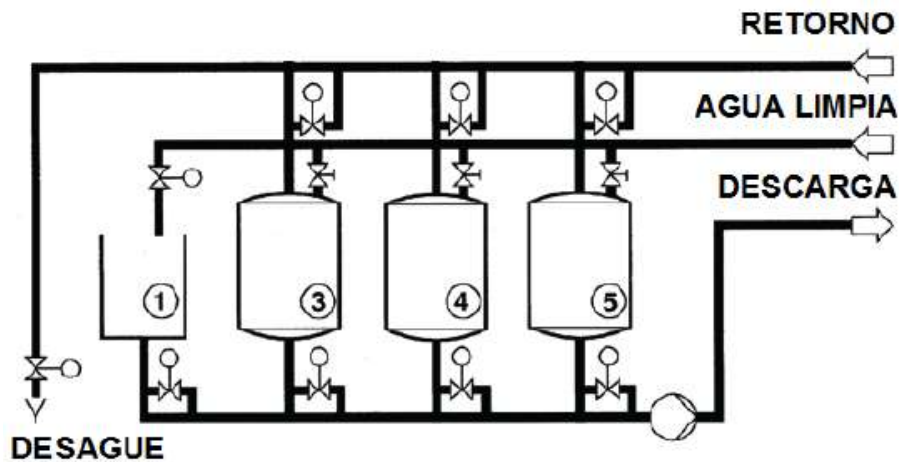


Figura 2.2 Diagrama de funcionamiento de un CIP Descentralizado

2.2. Sistemas de Control

2.2.1. Control en Lazo Abierto

Los sistemas en los cuales la salida no tiene efecto sobre la acción de control se denominan sistemas de control en lazo abierto. En otras palabras, en un sistema de control en lazo abierto no se mide la salida ni se realimenta para compararla con la entrada. Un ejemplo práctico es una lavadora. El remojo, el lavado y el centrifugado en la lavadora operan con una base de tiempo. La máquina no mide la señal de salida, que es la limpieza de la ropa.

En cualquier sistema de control en lazo abierto, la salida no se compara con la entrada de referencia. Así, a cada entrada de referencia le corresponde una condición de operación fija; como resultado de ello, la precisión del sistema depende de la calibración. Ante la presencia de perturbaciones, un sistema de control en lazo abierto no realiza la tarea deseada. En la práctica, el control en lazo abierto sólo se usa si se conoce la relación entre la entrada y la salida y si no hay perturbaciones internas ni externas. Es evidente que estos sistemas no son de control realimentado. Obsérvese que cualquier sistema de control que

opere con una base de tiempo está en lazo abierto. Por ejemplo, el control de tráfico mediante señales operadas con una base de tiempo es otro ejemplo de control en lazo abierto.

2.2.2. Control en Lazo Cerrado

Los sistemas de control realimentados se denominan también sistemas de control en lazo cerrado. En la práctica, los términos control realimentado y control en lazo cerrado se usan indistintamente. En un sistema de control en lazo cerrado, se alimenta al controlador la señal de error de actuación, que es la diferencia entre la señal de entrada y la señal de realimentación (que puede ser la propia señal de salida o una función de la señal de salida y sus derivadas y/o integrales), con el fin de reducir el error u llevar la salida del sistema a un valor deseado. El término control en lazo cerrado siempre implica el uso de una acción de control realimentado para reducir el error del sistema

2.2.3. Controladores automáticos

Un controlador automático compara un valor real de la salida de una planta con la entrada de referencia (el valor deseado), determina la desviación y produce una señal de control que reduce la desviación a cero o a un valor pequeño. La manera en la cual el controlador automático produce la señal de control se denomina acción de control.

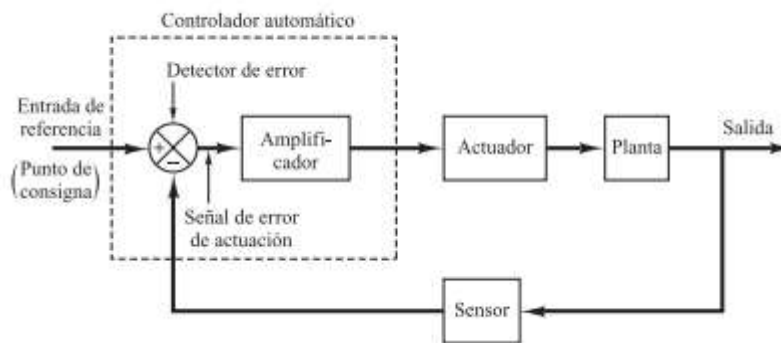


Figura 2.3 Diagrama de bloques de un sistema de control industrial

La Figura 2.3 es un diagrama de bloques de un sistema de control industrial que consiste en un controlador automático, un actuador, una planta y un sensor (elemento de medición). El controlador detecta la señal de error que, por lo general, está en un nivel de potencia muy bajo, y la amplifica a un nivel lo suficientemente alto. La salida de un controlador automático se alimenta a un actuador, como un motor o una válvula neumáticos, un motor hidráulico o un motor eléctrico. (El actuador es un dispositivo de potencia que produce la entrada para la planta de acuerdo con la señal de control, a fin de que la señal de salida se aproxime a la señal de entrada de referencia).

El sensor, o elemento de medición, es un dispositivo que convierte la variable de salida en otra variable manejable, como un desplazamiento, una presión o un voltaje, que pueda usarse para comparar la salida con la señal de entrada de referencia. Este elemento está en la trayectoria de realimentación del sistema en lazo cerrado. El punto de ajuste del controlador debe convertirse en una entrada de referencia con las mismas unidades que la señal de realimentación del sensor o del elemento de medición [2]

2.2.4. Elementos de un sistema de control

2.2.4.1. Interfaces Hombre Maquina

Comprende los sinópticos de control y los sistemas de presentación gráfica. La función de un Panel Sinóptico es la de representar, de forma simplificada, el sistema bajo control (un sistema de aprovisionamiento de agua, una red de distribución eléctrica, una factoría). [3]

2.2.4.2. Sensores o transductores

Los aparatos que convierten el valor de una variable controlada a una señal eléctrica se denominan transductores eléctricos. El número de transductores eléctricos diferentes es muy grande. Se han inventado transductores eléctricos para medir virtualmente toda variable física, sin importar qué tan complicada sea. En la industria, las variables físicas más importantes que se encuentran son la posición, velocidad, aceleración, fuerza, potencia, presión, velocidad de flujo, temperatura, intensidad luminosa, y humedad. [5]

2.2.4.3. Actuadores

Los sistemas de actuadores son los elementos de los sistemas de control que transforman la salida de un microprocesador o un sistema de control en una acción de control para una máquina o dispositivo. Por ejemplo, si es necesario transformar una salida eléctrica del controlador en un movimiento lineal que realiza el desplazamiento de una carga. Otro ejemplo sería cuando la salida eléctrica del controlador anterior requiere transformarse en una acción que controle la cantidad de líquido que entra y circula en una tubería [4]

2.3. IO-Link

IO-Link (IEC61131-9) es un protocolo de comunicación serie estándar abierto que permite el intercambio bidireccional de datos de sensores y dispositivos que

soportan IO-Link y están conectados a un maestro. El maestro IO-Link puede transmitir estos datos a través de varias redes, buses de campo o buses de fondo, haciendo que los datos sean accesibles para una acción inmediata o un análisis a largo plazo a través de un sistema de información industrial (PLC, HMI, etc.). Cada sensor IO-Link tiene un archivo IODD (IO Device Description) que describe el dispositivo y sus capacidades IO-Link.

Debe tenerse en cuenta que IO-Link no es bus de campo, sino más bien un protocolo de comunicación punto a punto entre un sistema IO compatible y un dispositivo de campo. Debido a que IO-Link es un estándar abierto, los dispositivos pueden integrarse en prácticamente cualquier bus de campo o sistema de automatización.

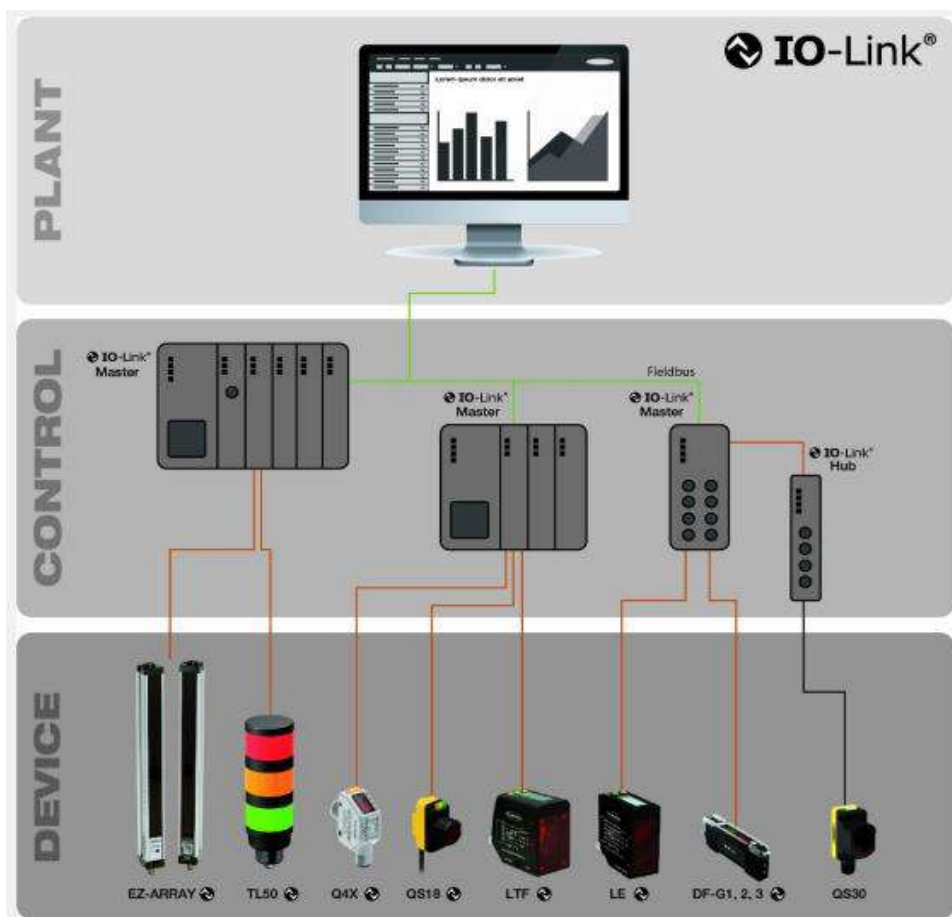


Figura 2.4 Conexiones IO-Link

2.3.1. Ventajas de IO-Link

Hay muchas ventajas de un sistema IO-Link que incluye cableado estandarizado y reducido, mayor disponibilidad de datos, configuración remota y monitoreo, reemplazo simple de dispositivos y diagnósticos avanzados.

En conjunto, estas capacidades resultan en:

- Reducción de costos en general
- Mayor eficiencia del proceso
- Mayor disponibilidad de la máquina

Los beneficios de IO-Link son especialmente significativos en las aplicaciones en las que la experiencia de cambio frecuente y se ven seriamente afectados por prolongado y/o no planificado tiempo de inactividad.

2.3.1.1. Cableado normalizado y reducido

Un beneficio crítico de IO-Link para muchas industrias es que IO-Link no requiere ningún cableado especial o complicado. Por el contrario, los dispositivos IO-Link pueden conectarse utilizando los mismos cables estándar de 3 hilos no blindados que las E / S discretas convencionales, lo que ayuda a mantener el cableado sencillo. Además, IO-Link también elimina la necesidad de sensores analógicos y reduce la variedad de conjuntos de cables necesarios para los sensores, lo que ahorra costes de inventario. IO-Link también admite una configuración maestro-esclavo con puntos de conexión pasivos, lo que reduce aún más los requisitos de cableado.

2.3.1.2. Disponibilidad de datos aumentada

La disponibilidad de datos es una poderosa ventaja de IO-Link que tiene implicaciones de largo alcance. El acceso a datos a nivel de sensor ayuda a asegurar el funcionamiento sin problemas de los componentes del sistema, simplifica el reemplazo del dispositivo y permite programar el mantenimiento de

la máquina de forma óptima, todo lo cual ahorra costos y reduce el tiempo de inactividad de la máquina.

Hay tres tipos de datos primarios disponibles a través de la comunicación IO-Link, que se clasifican como datos cíclicos (datos transmitidos automáticamente de forma regular) o datos acíclicos (datos transmitidos según sea necesario o a petición).

- Datos de proceso se refiere a la información que el dispositivo lee y transmite al maestro como la lectura de distancia en un sensor de medición láser. Los datos de proceso también pueden referirse a la información que se transmite al dispositivo desde el maestro (por ejemplo, los mensajes enviados a una torre indicando qué segmentos de color deben estar iluminados). Los datos de proceso se transmiten cíclicamente en una trama de datos definida. Además, los datos de estado de los valores indicaciones de si los datos del proceso son válidos o no se transmiten junto con los datos del proceso.
- Datos de Servicio también denominados Datos de Dispositivo—se refieren a información sobre el propio sensor, como valores de parámetros, números de modelo y de serie, descripciones de dispositivos, etc. Los datos de servicio pueden escribirse en el dispositivo o leerse del dispositivo acíclicamente.
- Datos de Eventos se refieren a notificaciones tales como mensajes de error o avisos de mantenimiento (por ejemplo, sobrecalentamiento del dispositivo, lente sucia) que se transmiten acíclicamente desde el dispositivo IO-Link al maestro cuando se produce un suceso.

Esta riqueza de datos valiosos que se ponen a disposición a través de IO-Link es integral para las iniciativas de Industrial Internet of Things (IIoT) e Industry 4.0.

2.3.1.3. Configuración remota y monitoreo

Con IO-Link, los usuarios pueden leer y cambiar los parámetros del dispositivo a través del software del sistema de control, lo que permite una rápida configuración y puesta en marcha que ahorra tiempo y recursos. Además, IO-Link permite a los operadores cambiar dinámicamente los parámetros del sensor desde el sistema de control según sea necesario como en el caso del cambio de producto- lo que reduce el tiempo de inactividad y permite a las máquinas acomodar una mayor diversidad de productos. Esto es especialmente importante en aplicaciones de consumo de productos envasados donde la demanda de variedad en envases está aumentando continuamente.

Además, la capacidad de supervisar las salidas del sensor, recibir alertas de estado en tiempo real y ajustar la configuración desde prácticamente cualquier lugar permite a los usuarios identificar y resolver los problemas que surgen en el nivel del sensor de manera oportuna. Esto también significa que los usuarios pueden tomar decisiones basadas en datos en tiempo real de los propios componentes de la máquina, lo que puede reducir el costoso tiempo de inactividad y mejorar la eficiencia general.

2.3.1.4. Sustitución simple del dispositivo

Además de la posibilidad de ajustar de forma remota los ajustes del sensor, la capacidad de almacenamiento de datos de IO-Link también permite la reasignación automática de parámetros en caso de sustitución del dispositivo (esta función también se conoce como reemplazo automático de dispositivos o ADR). Los usuarios pueden importar los valores de los parámetros del sensor existentes en un sensor de reemplazo para reemplazarlo sin problemas, poniendo el nuevo dispositivo en funcionamiento lo más rápido posible.

2.3.1.5. Diagnósticos extendidos

IO-Link proporciona a los usuarios visibilidad de los errores y el estado de salud de cada dispositivo. Esto significa que los usuarios pueden ver no sólo lo que el sensor está haciendo sino también lo bien que está realizando una visión valiosa de la eficiencia de una máquina. Además, los diagnósticos ampliados permiten a los usuarios identificar fácilmente cuando un sensor no funciona correctamente y diagnosticar el problema sin apagar la línea o la máquina.

La combinación de datos tanto en tiempo real como históricos puestos a disposición a través de un sistema IO-Link no sólo reduce los esfuerzos de solución de problemas a medida que surgen los problemas, sino que permite optimizar los horarios de mantenimiento de la máquina, ahorrando costes y aumentando la eficiencia a largo plazo. [6]

2.4. Grafcet

El Grafcet es un método gráfico utilizado para describir ciclos automáticos mediante símbolos. Es aplicable a todos los sistemas lógicos de mando de automatismos industriales, cualquiera que sea el tipo de tecnología, como lo es la electricidad, electrónica, lógica cableada o programada, neumática hidráulica etc. [7]

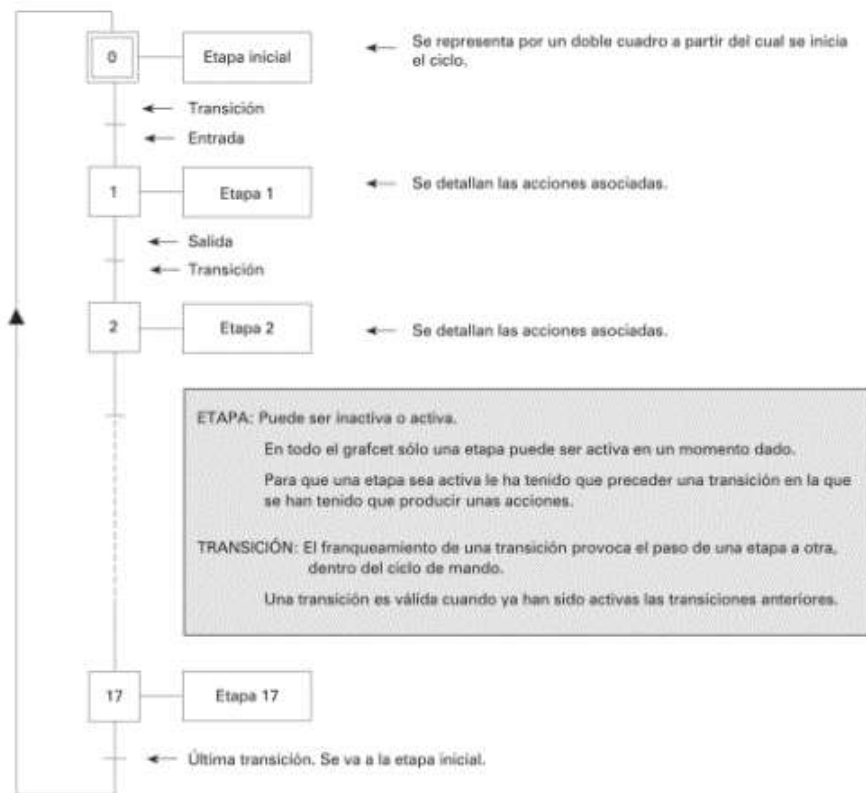


Figura 2.5 Grafcet

2.5. Evaluación económica

En los proyectos de carácter lucrativo, la parte que pertenece a la evaluación económica es fundamental; puesto que con los resultados que de ella se obtienen, se toma la decisión de llevar a cabo o no la realización de un proyecto determinado.

2.5.1. Flujo de caja

Definimos el flujo de costes de un proyecto como el conjunto de pagos que efectuamos por los recursos que aplicamos a un proyecto. Siempre se ha de tener en cuenta el momento en que este pago se hace efectivo.

Flujo de ingresos de un proyecto es el conjunto de ingresos percibidos por la empresa que desarrollo el sistema. Cada ingreso se tiene en cuenta en el momento en que se hace efectivo.

Flujo de caja (efectivo) es el conjunto de flujos de ingresos menos el flujo de gastos. Así al final de cada período de pagos acumulamos los pagos e ingresos que realizamos en el proyecto.

A la hora de asignar importes monetarios a las acciones, las empresas hacen un cálculo ponderado de los gastos totales por la cantidad de personas disponibles para realizar proyectos, de modo que asumiremos como gasto de una tarea la cantidad de personas efectivas asignadas durante ese mes a la tarea, multiplicado por el coste asociado a cada una de ellas.

Los periodos del flujo de caja pueden ser diarios, semanales, mensuales o anuales, según la planificación y su nivel de detalle será más apropiado uno de ellos en particular.

2.5.2. Valor actual neto (VAN)

El valor actual neto es uno de los razonamientos económicos más ampliamente utilizado en la evaluación de proyectos de inversión, que consiste en determinar la equivalencia en el tiempo cero de los flujos de efectivo que genera un proyecto y comparar esa equivalencia con el desembolso inicial.

Para su cálculo es preciso contar con una tasa de descuento o bien, con un factor de actualización al cual se le descuenta el valor del dinero en el futuro a su equivalente en el presente. Y una vez aplicado la tasa de descuento, los flujos resultantes que se traen al tiempo cero (presente) se llaman flujos descontados. De tal modo que, “el valor actual neto es precisamente el valor monetario que resulta de restar la suma de los flujos descontados a la inversión inicial, lo que significa comparar todas las ganancias esperadas contra los desembolsos necesarios para producir esas ganancias en el tiempo cero (presente)”

2.5.3. Tasa interna de rendimiento (TIR)

La tasa interna de rendimiento, también conocida como tasa interna de retorno, es un indicador financiero que calcula el rendimiento de los fondos que se pretenden invertir en un proyecto. Es la tasa que iguala la suma de los flujos descontados a la inversión inicial; en la cual se supone que el dinero que se gana año con año, se reinvierte en su totalidad. De tal manera que se trata de la tasa de rendimiento generada en el interior de la empresa por medio de la inversión. Por lo cual, la tasa interna de rendimiento permite conocer el rendimiento real de una inversión. Se determina por medio de tanteos (prueba y error) hasta que la tasa de interés haga igual la suma de los flujos descontados, a la inversión inicial.

2.5.4. Relación beneficio – costo (B/C)

La relación beneficio-costo es un indicador que señala la utilidad que se logrará con el costo que representa la inversión; es decir que, por cada capital invertido, cuánto es lo que se gana. El resultado de la relación beneficio-costo es un índice que representa el rendimiento obtenido por cada dinero invertido.

- Si la relación B/C es < 1 , se rechaza el proyecto.
- Si la relación B/C es $= 1$, la decisión de invertir es indiferente.
- Si la relación B/C es > 1 , se acepta el proyecto.

Lo anterior significa que cuando el índice resultante de la relación beneficio costo sea mayor o menor a la unidad, es la rentabilidad o pérdida que tiene un proyecto por cada dinero invertido en él.

El beneficio-costo del proyecto, se obtendrá mediante la aplicación de la siguiente fórmula:

$$\text{Relación B/C} = \frac{\text{Beneficios obtenidos}}{\text{Costos incurridos}}$$

2.5.5. Periodo de recuperación de la inversión (PRI)

Es el tiempo necesario para que los beneficios netos de un proyecto compensen el capital invertido. Su primordial utilidad es la de conocer en qué tiempo, una inversión genera los recursos suficientes para igualar el monto de la inversión inicial. [8]

Una vez obtenido el flujo acumulado en el horizonte de planeación del proyecto, se utiliza la siguiente fórmula:

$$\text{PRI} = n - 1 + \frac{(\text{FA})_{n-1}}{(\text{F})_n}$$

Donde:

n = Año en el que cambia de signo el flujo acumulado.

$(\text{FA})_{n-1}$ = Flujo neto de efectivo acumulado en el año previo a n .

$(\text{F})_n$ = Flujo neto de efectivo en el año n .

CAPÍTULO 3

CIP: CLEANING IN PLACE

3.1. Fundamentos de la CIP

La manipulación de lavado de los productos químicos, mezclados con la eficacia mecánica de eliminación de la suciedad es el principio de los sistemas CIP. La suciedad se adhiere a las superficies de formas muy complejas. Puede ser atrapado mecánicamente en los poros, grietas y otras irregularidades de la superficie. Enlaces electrostáticos se constituyen entre el suelo, las superficies de pared y también entre el suelo propias partículas, como, por ejemplo, entre las sales minerales y proteínas.

Las sumas de estos vínculos se logran expresar como Adhesión- Energía. Para lograr una eliminación completa del suelo, esta energía debe ser reemplazada en su totalidad. Esto se puede lograr por las energías proporcionadas por la química, fuerza mecánica, y la temperatura que son, dentro de ciertos límites, intercambiables. La única área que es la más difícil de sustituir es la fuerza mecánica que es un sistema CIP se traduce en un flujo turbulento. Así, por ejemplo, es posible compensar una temperatura de limpieza reducida al aumentar la concentración del limpiador o la velocidad de flujo (hidrodinámico de Energía) de la solución de limpieza. En general, los mecanismos de eliminación de la suciedad es un proceso de cuatro pasos:

- 1) La entrega de la solución de limpieza a las áreas sucias, con la cobertura completa y la penetración en los poros y grietas.
- 2) Las reacciones químicas y procesos físicos en la eliminación de suciedad:
 - Las reacciones químicas entre la solución de limpieza y los componentes de dureza en el agua o el suelo en suspensión.

- Migración convectivo y difusivo del agente de limpieza en la solución de limpieza hacia la superficie.
 - La penetración de los agentes de limpieza en el recubrimiento del suelo.
 - Acción de limpieza, que se divide en procesos físicos y reacciones químicas.
 - La dispersión de los subproductos de la acción de limpieza.
 - El transporte de los productos de reacción de la zona límite en la solución de limpieza por difusión, convección o separación de grandes copos de suelo.
- 3) La separación de la suciedad de las superficies y su transferencia a la solución de limpieza por la dispersión y / o emulsión.
- 4) La prevención de redeposición de la suciedad por la estabilización en la solución de limpieza, en la que los componentes de ablandamiento de agua se deben ajustar a la calidad del agua que se utilizaron durante el calentamiento y / o de alcalinización.

El éxito del lavado depende de muchos factores tales como la planta correctamente diseñado e instalado y línea de procesamiento, la naturaleza del suelo, el tiempo necesario para la limpieza, la acción mecánica, el tipo de productos químicos y la concentración de agentes de limpieza, la temperatura de limpieza, y la dureza del agua utilizada para limpiar.

3.1.1. Acción mecánica

El flujo CIP transporta el líquido CIP a la superficie sucia, proporcionando acción mecánica para eliminar la suciedad disuelta de distancia de las superficies del equipo que se está limpiando.

- Los elementos mecánicos relacionados se refieren a condiciones de presión y de flujo volumétrico, es decir, velocidad de flujo / velocidad.
- Presión, flujo de volumen y el caudal siempre se fijan por la entrega y bombas, chorros de pulverización instaladas, sección transversal de

tuberías / diámetro de la tubería de retorno. Para limpiar el equipo de volumen relativamente pequeño, tales como intercambiadores de calor, materiales de carga y tuberías, el sistema de ser limpiado se llena con la solución de detergente que está a continuación, la bomba hace circular durante un tiempo especificado. Los componentes del suelo disueltas y dispersas se enjuagan con la solución que fluye. Un criterio esencial para una limpieza eficaz es alcanzar condiciones de flujo turbulento.

3.1.2. Tiempo de limpieza

El tiempo de lavado se especifica por el período de tiempo durante el cual la solución de limpieza está en contacto con la superficie de proceso de ser limpiado. Sin embargo, el tiempo total de limpieza incluidos todos los enjuagues y el tiempo de transición de fase también es importante si tenemos en cuenta la eficiencia del CIP. La cantidad de tiempo requerido para completar el ciclo de CIP depende;

- El tamaño o el volumen del circuito de CIP
- La naturaleza del suelo (proteína, azúcar, minerales, pulpa o degradado térmica)
- El número de pasos en la secuencia de CIP

Durante el proceso de limpieza del suelo se retira capa por capa, capas consecutivas pueden diferir en su naturaleza y tenacidad.

Los procesos químicos de la disolución de los depósitos (por ejemplo, disolución escala por ácidos), la formación de los depósitos inicialmente (por ejemplo, secos del almidón y residuos de proteínas), saponificación (por ejemplo, de las grasas) la dispersión de sólidos (por ejemplo, residuos de pulpa) y los procesos de enjuague, todos dependen de factores de tiempo. Como un ejemplo, una película depositada puede ser eliminado por etapas con las capas superiores que son removidos primero. Incluso cuando se aumenta la concentración de detergente, la película restante sólo se elimina después del lapso de tiempo que permite que

el detergente penetre en el suelo resistente. La concentración y el tiempo de reacción son por lo tanto sólo factores variables en un grado limitado, en la medida como influencias brutas en el proceso de limpieza se refiere.

El tiempo de reacción se define como el tiempo de contacto del detergente con el suelo en la concentración correcta y la temperatura correcta.

- Dependiendo de la longitud de los circuitos CIP pueden pasar muchos minutos antes de que se cumplan estas condiciones en una planta de proceso.
- Tiempo de contacto efectivo para la fase de detergente debe ser considerado desde el momento cuando la concentración (tal como se mide por el sensor de conductividad) y condiciones de temperatura se cumplen en la línea de retorno

3.1.3. Temperatura

La temperatura de las soluciones de limpieza interviene directamente en la eficacia de la limpieza en CIP. La reacción del suelo con una solución de limpieza es una reacción compleja que depende de la naturaleza del suelo, la química, la concentración de productos químicos y la temperatura a la que se lleva a cabo la operación de limpieza de la limpieza.

El siguiente diagrama muestra la relación entre la temperatura, la concentración y el tiempo de limpieza.

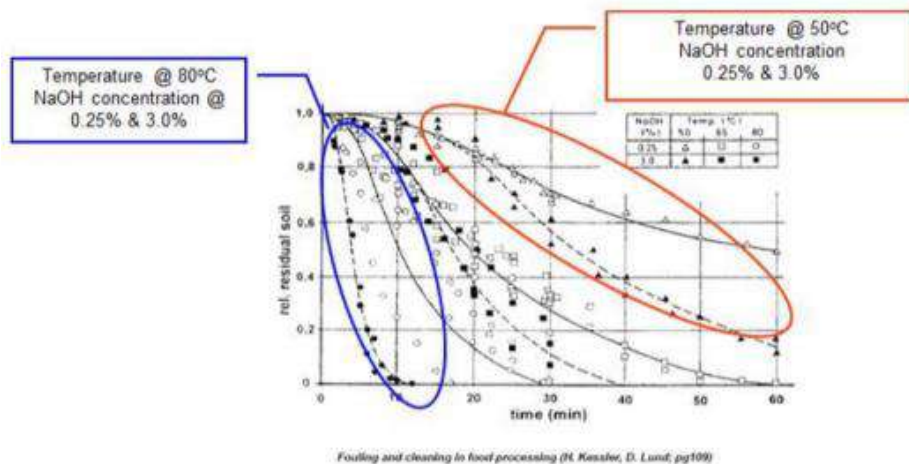


Figura 3.1 Temperatura de las soluciones a través del tiempo

El diagrama arriba muestra la influencia de la concentración de la solución alcalina y la temperatura sobre el tiempo de eliminación de suciedad (constante de velocidad a 1,0 m / s). Es evidente que efecto de la temperatura es más importante que la concentración.

3.1.4. Agua

El agua es una pieza muy importante de las operaciones de lavado, ya que comprende > 97% de la solución de limpieza, por lo tanto, su química es importante.

En la limpieza, es el disolvente primario para los productos químicos, y se requiere para el lavado de suelos brutos antes de la limpieza, así como la eliminación de todos los restos de detergente después de la limpieza. Dado que la calidad del agua puede tener un impacto dramático en el éxito de cualquier programa de limpieza, y puede dictar lo que se utilizan los productos, se requiere un conocimiento básico de indicadores de calidad. El agua debe ser potable, o libre de patógenos (organismos causantes de enfermedades) y otras sustancias tóxicas. El agua utilizada en cualquier instalación de procesamiento de comida debería haber sido tratada adecuadamente por una planta de tratamiento de agua y deben ser controlados regularmente la presencia de productos químicos

o microorganismos dañinos. El agua utilizada para el aclarado final debería ser la misma calidad que el agua necesaria para su uso como un ingrediente en una instalación.

Los defectos más detectables en el agua son el sabor, olor y apariencia. Sabor y olor asociados con el agua son el resultado de microorganismos, minerales disueltos, cloro, sulfuro de hidrógeno y productos de descomposición de la materia vegetal. problemas de color más a menudo se asocian con la presencia de exceso de hierro y manganeso. Turbias agua se debe a sedimentos de arcilla y materia orgánica.

Dureza en el agua se debe principalmente a la presencia de sales de calcio y magnesio. Estos dos metales pueden formar sales que van desde muy soluble a totalmente insoluble, pero el calor y reacciones con otros productos químicos, incluidos los productos químicos de limpieza, pueden hacer sales normalmente solubles

Insolubles. Estos materiales insolubles interfieren con detergencia haciendo menos del material activo disponible para la limpieza, mediante la supresión de espuma, que cae fuera de la solución y depositar sobre superficies como precipitado o escala. El agua blanda es siempre mejor que el agua dura para la limpieza y aclarado propósitos.

CLASIFICACIÓN DE DUREZA DEL AGUA

Clase	ppm como CaCO_3	granos / galón EE.UU.
Suave	0-60	0-3,5
moderadamente duro	60-120	3,5-7,0
Difícil	120-180	7,0-10,5
Muy duro	más de 180	más de 10,5

Tabla 3.1 Clasificación de dureza del agua

Dado que el agua se disuelve muchas sustancias que se pone en contacto, el contenido de "sólidos totales" de agua puede ser una medida importante de la

calidad. Los sólidos pueden afectar al agua en un número de maneras, incluyendo impartir un mal sabor o color si las concentraciones son suficientemente altas. El agua potable normalmente contiene menos de 500 mg / L de sólidos.

3.2. Productos químicos de limpieza

Es importante eliminar los suelos sueltos y tenaces tanto de todo el equipo y dejar un área preparada proceso de limpieza e higiene. Hay muchos tipos diferentes de productos químicos utilizados para limpiar y desinfectar superficies de procesamiento.

En los sistemas de limpieza automática de la concentración química se puede medir indirectamente mediante la conductividad de la solución.

Las relaciones entre la concentración y la conductividad con NaOH (al 20 ° OD)

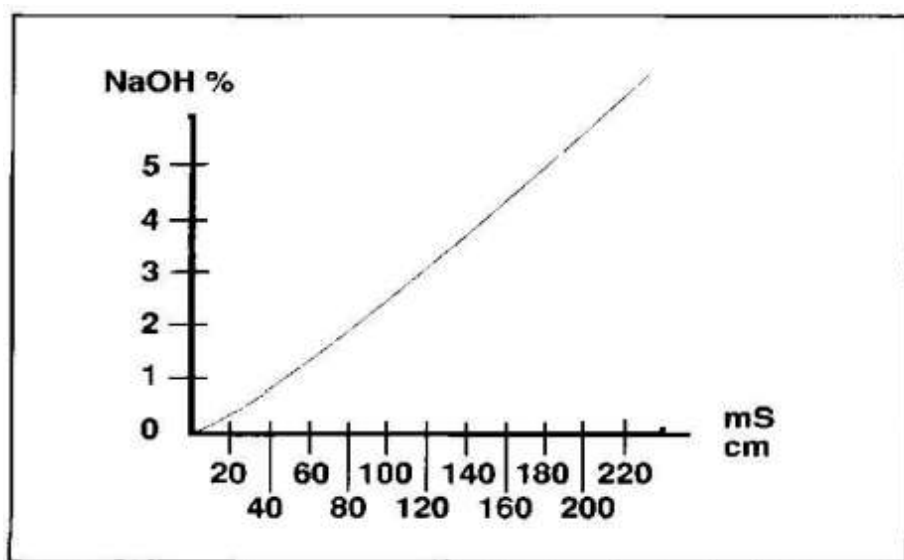


Figura 3.2 Relación entre la concentración y la conductividad con NaOH

Con las soluciones de hidróxido de sodio no hay casi una relación lineal entre la concentración y la conductividad específica. Existen relaciones similares en limpiadores fuertemente ácidos, por ejemplo, los basados en nítrico, fosfórico o sulfúrico.

3.2.1. Alcalina

Productos químicos de limpieza alcalina son requeridas para disolver proteínas y grasas saponificar. Un álcali es una sal soluble de un metal alcalino como el sodio (Na) o potasio (K). El término alcalino se describe una sustancia que químicamente es una base (opuesto de un ácido) y que reacciona y neutraliza un ácido. Los álcalis comunes utilizados en la fabricación de jabón son hidróxido de sodio (NaOH) sosa cáustica e hidróxido de potasio (KOH), también llamado potasa cáustica. Los limpiadores alcalinos están generalmente constituidos de álcali básico, polifosfatos y agentes humectantes. Ninguno de los álcalis básico, fosfatos superiores o humectantes puede satisfacer todos los requisitos de un buen limpiador cuando se utiliza solo. Las mezclas de mezclas de estos productos químicos pueden ser hechas, sin embargo, que traen varias de estas propiedades en un solo producto. Otros álcalis comunes son sustancias tales como el amoníaco (NH₃), Soda (Na₂CO₃), fosfatos y silicatos. Estos alcalino tienen una serie de funciones;

- Se aseguran de actividad optimizada de los tensioactivos
- Soluciones alcalinas se utilizan para la eliminación de grasas y aceites.
- Cuando las grasas y aceites se hacen reaccionar con álcali se transforman en jabón. Este proceso se conoce como saponificación.
- Los álcalis se unen con sales de dureza del agua (calcio y magnesio), la reducción del poder de limpieza eficaz, algunos de los cuales son insolubles. Esto requeriría un agente quelante.
- A concentraciones suficientemente altas cáustica puede ser bactericida.

Típicamente agentes alcalinos se utilizan dentro de la gama de 1,5 - hidróxido de sodio / potasio 2,0% a una temperatura de 70- 85 °C.

El cuidado extremo se debe tomar durante la manipulación de solución de sosa cáustica caliente. vapor caliente de soda cáustica es altamente corrosivo.

3.2.2. Ácido

Los limpiadores ácidos son requeridos para la eliminación de películas minerales inorgánicos o "piedras" de diversos tipos de equipos. Por lo general se utiliza como limpiadores suplementarios u ocasionales, los ácidos se utilizan ya sea antes o después de los limpiadores alcalinos para aflojar quemada en suelo o eliminar los depósitos minerales. Son más eficaces cuando se usan a pH 2,5 o inferior, y a diferencia de cáustico son enjuague libre, y salen de los equipos de acero inoxidable brillante y brillante. Ambos se utilizan ácidos inorgánicos y orgánicos, con ácidos inorgánicos ser más fuerte y más corrosivo. la fuerza corrosiva en orden descendente: $\text{HNO}_3 > \text{HCl} > \text{H}_2\text{SO}_4 > \text{H}_3\text{PO}_4$.

3.2.3. Desinfección química

Desinfección: El tratamiento de una superficie limpiada con un agente químico o físico para destruir los organismos de la enfermedad y / o de descomposición causando. Reduce poblaciones microbianas totales a un nivel aceptable.

El objetivo de la desinfección es hacer una superficie libre previamente limpiado de patógenos (organismos causantes de enfermedades), mientras que la reducción del número total de microorganismos a un nivel seguro. La desinfección adecuada ayudará a garantizar la seguridad y salubridad de los productos. El requisito principal para una buena desinfección es limpiar adecuadamente la superficie en primer lugar. El suelo a la izquierda en la superficie proporciona un medio para que los microorganismos pueden adherirse y formar biopelículas altamente resistentes. Estas biopelículas evitan que el desinfectante entre en contacto con los microorganismos de este modo la protección de ellos. Además, los residuos de suciedad pueden reaccionar con el desinfectante y reducir su eficacia.

3.3. Requisitos generales de diseño de ingeniería higiénica

Sanitarios y de limpieza comienza con el diseño de ingeniería higiénica. Para facilitar el funcionamiento de las líneas de fabricación, y para obtener buenos resultados de limpieza, el equipo debe tener un diseño sencillo, lógico y funcional. A continuación, se presentan los principios a tener en cuenta en la fase de diseño inicial de cualquier proyecto de nuevas líneas y la modificación de las líneas que salen.

- **Limpiable:** El equipo debe ser diseñado como para evitar la entrada de bacterias, la supervivencia, el crecimiento y la reproducción en ambas superficies de productos y de contacto no producto del equipo. Todas las superficies de contacto con los alimentos deben ser lo más lisa y continua como sea posible para facilitar la limpieza.
- **Hecho de materiales compatibles:** la elección de materiales para el equipo y las instalaciones deben ser no tóxicos, ser capaz de soportar amplios rangos de temperatura, ser capaz de resistir la acción mecánica y química.
- Accesibles para la inspección, el mantenimiento y la limpieza y el saneamiento.
- **Ningún producto y líquido de recogida:** Todas las tuberías y equipos deben ser vaciado de sí mismo.
- **Áreas huecas selladas herméticamente:** No hay pernos o bisagras a los suelos trampa y proporcionan puntos de refugio. zonas huecas de equipos tales como marcos y rodillos deben eliminarse siempre que sea posible o permanentemente sellada. Pernos, clavos, placas de montaje, soportes, cajas de conexiones, placas de identificación, tapas de los extremos, manguitos y otros elementos deben ser soldadas continuamente a las superficies, no unidos a través de los agujeros perforados y selladas.

- **No hay nichos:** Dead Ends que deben evitarse. Instrumentación para ser instalado sin callejones sin salida y debe ser lavable por el CIP. piezas de los aparatos deben estar libres de nichos tales como fosas, grietas, corrosión, rebajes, costuras abiertas, lagunas, costuras de vuelta, salientes que sobresalen, roscas interiores y remaches de los pernos.

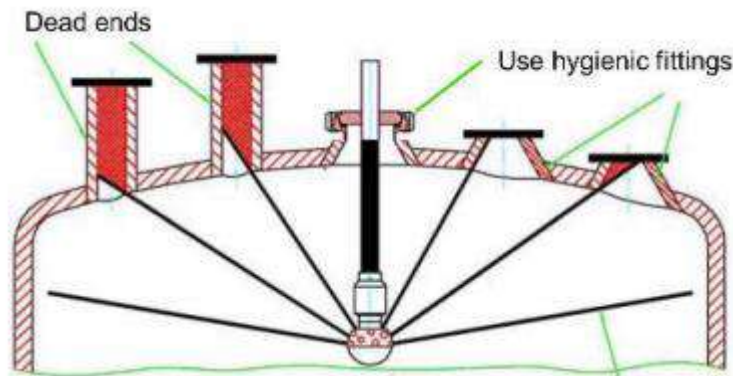


Figura 3.3 Dead ends

- **Diseño higiénico de recintos de mantenimiento:** recintos de mantenimiento e interfaces hombre-máquina, tales como botones pulsadores, manijas de la válvula, interruptores y pantallas táctiles, debe estar diseñado para garantizar que residuos del producto o el agua no penetra o se acumulan en y sobre el recinto o interfaz. También, el diseño físico de los recintos deberá tener una pendiente o lanzó para evitar el uso como un área de almacenamiento o de la acumulación de residuos.
- **Compatibilidad higiénica con los sistemas de servicios generales**
Otras fábricas: Equipo que requiere subsistemas adicionales, tales como de escape, drenaje o sistemas de limpieza automatizadas, no crea riesgo sanitario diseño debido a la carga del suelo, las condiciones de funcionamiento, o los procedimientos de operación de saneamiento estándar. [9]

CAPÍTULO 4

REQUERIMIENTOS DEL SISTEMA

4.1. Tanques

Elementos básicos en el diseño del tanque de higiene son

- Para evitar la creación de sombras en la prestación de los puertos para respiraderos / aireadores, sensores o pozos de registro
- Para evitar las sombras causadas por agitadores / agitadores
- Todas las superficies deben ser auto-drenaje (min 6% de pendiente / inclinación 3.5)
- descarga de CIP del tanque requiere una bomba autocebante - para evitar charco en el fondo del tanque

En deberían tomarse medidas de adición para evitar la entrada de suciedad, cuerpos extraños, etc., véase más adelante figura 4.1.

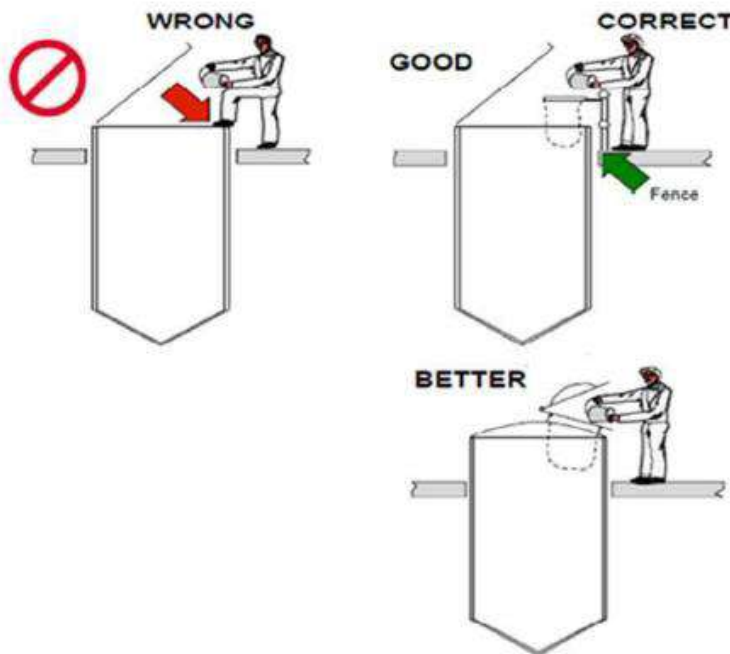


Figura 4.1 Formas de cargas de soluciones

4.2. Tuberías

4.2.1. Criterios de tuberías

El sistema de tuberías diseñado para CIP, debe garantizar una buena distribución de las soluciones de limpieza con todas las superficies en contacto con el producto se expone a las condiciones de flujo turbulento. Para cumplir con estas condiciones, los cambios bruscos de extremos de diámetro y muertas deben ser evitados.

4.2.2. Tubería de trabajo

Las tuberías se deben instalar de modo que son auto-drenaje (1,75% de pendiente / inclinación 1 o hasta el punto de drenaje). Las tuberías deben ser apoyada adecuadamente para evitar la tensión indebida en la fuga conjunta y subsiguiente.

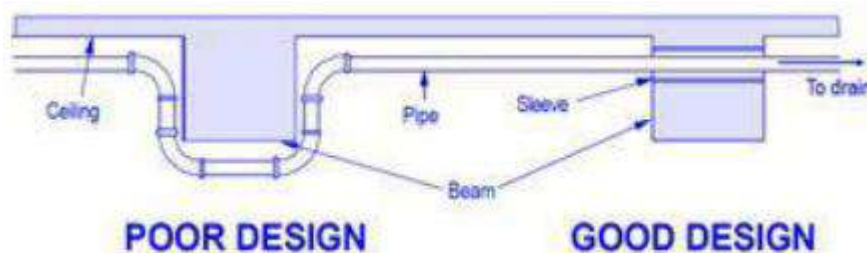


Figura 4.2 Diseño de tubería

Para asegurar suficiente efecto de limpieza por turbulencia, callejones sin salida no debe exceder de 2 veces el diámetro de la tubería. Pero cuando se trabaja con grandes diámetros de tubo, por ejemplo 101 mm (4 pulgadas), el sentido común debe ser aplicado.

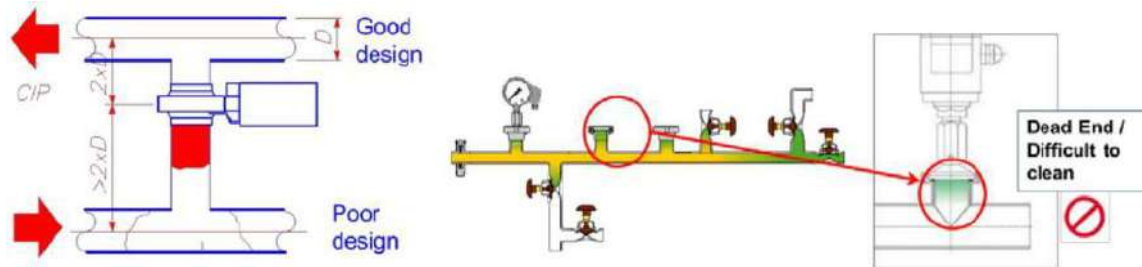


Figura 4.3 diseños inseguros de tuberías

Atención al uso de piezas en T para instalaciones de válvulas e instrumentación necesarias para evitar callejón sin salida.

Atención para evitar cambios bruscos de diámetro donde el líquido residual puede sentarse.

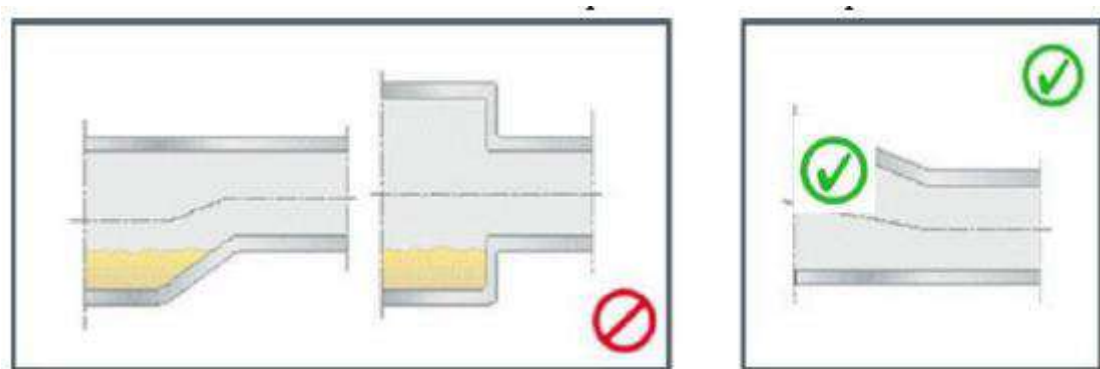


Figura 4.4 Forma de colocación de tuberías

Tubo de acero inoxidable para el uso en la industria alimentaria está disponible en cualquiera de las formas sin soldadura o soldado. El tubo soldado longitudinalmente se utiliza ampliamente, ya que es adecuado para la mayoría de las aplicaciones y es más barato que sin costura, pero se debe tener cuidado en la selección de tubo soldado para asegurar que la soldadura completa se ha conseguido la penetración y que el cordón de soldadura interna es lisa

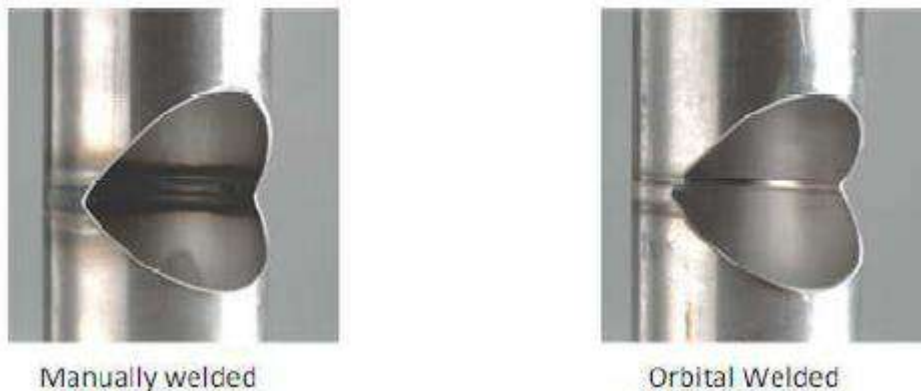


Figura 4.5 soldadura manual vs soldadura orbital

4.3. Bombas centrífugas

Para la transportación de los líquidos de limpieza desde el sistema CIP hacia los equipos que requieren limpieza se deben instalar bombas centrífugas de alta presión. Para el retorno de las soluciones se recomienda usar bombas especialmente diseñadas para el efecto, ya que el líquido de retorno puede contener aire.

Las bombas se pueden clasificar por orden de nivel de higiene decreciente:

- Bombas peristálticas,
- Bombas de diafragma y magnéticamente accionado;
- Bombas con eje con doble sello giratorio;
- Bombas alternativas con doble junta;
- Bombas con eje sin doble sello giratorio;
- Bombas alternativas sin doble sello;

En todos los casos, esto se aplica sólo si se diseñan adecuadamente. [9]

4.4. Controlador Lógico Programable PLC

Un PLC (Controlador Lógico Programable) también conocido como autómatas programables es básicamente una computadora industrial la cual procesa todos los datos de una máquina como pueden ser sensores, botones, temporizadores

y cualquier señal de entrada. Para posteriormente controlar los actuadores como pistones, motores, válvulas, etc... y así poder controlar cualquier proceso industrial de manera automática.

4.4.1. Funcionamiento del PLC

Para que un PLC pueda procesar y controlar cualquier sistema se necesita que este previamente programado para la tarea que va a realizar. Para poder programarlo se necesita un software que es específico dependiendo la marca y cada programa cuenta con diversos lenguajes de programación en los cual escribes instrucción por instrucción lo que se va a procesar y controlar.

4.4.2. Partes que componen un PLC

Se puede dividir en diferentes partes, las cuales pueden estar integradas o por módulos:

Fuente de alimentación la función de la fuente de alimentación, es suministrar la energía eléctrica a la CPU y demás tarjetas del PLC.

CPU la unidad central de procesamiento como su nombre lo indica se encarga de interpretar cada una de las instrucciones que tiene programado el PLC.

Módulos son una de las características prescindibles ya que a través de los módulos de entrada y salida es posible hacer una conexión física entre el CPU y el sistema a controlar.

Módulo de entrada a través de este módulo se le manda una retroalimentación al PLC para que este pueda procesar los datos.

Módulo de salida una vez que el PLC recibe la retroalimentación y procesa los datos en base a su programa manda una respuesta a los actuadores para controlar al proceso.

Módulos de memorias en los módulos de memoria es donde se guarda el programa del PLC.

4.4.3. SIMATIC S7-1200

El controlador S7-1200 ofrece la potencia y flexibilidad necesaria para controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas necesidades de automatización. Gracias a su diseño compacto, configuración flexible y amplio juego de instrucciones, el S7-1200 es idóneo para controlar una gran variedad de aplicaciones.

La CPU incorpora un microprocesador, una fuente de alimentación integrada, circuitos de entrada y salida, PROFINET integrado, E/S de control de movimiento de alta velocidad y entradas analógicas incorporadas, todo ello en una carcasa compacta, conformando así un potente controlador. Una vez cargado el programa en la CPU, esta contiene la lógica necesaria para vigilar y controlar los dispositivos de la aplicación. La CPU vigila las entradas y cambia el estado de las salidas según la lógica del programa de usuario, que puede incluir lógica booleana, instrucciones de conteo y temporización, funciones matemáticas complejas, así como comunicación con otros dispositivos inteligentes.

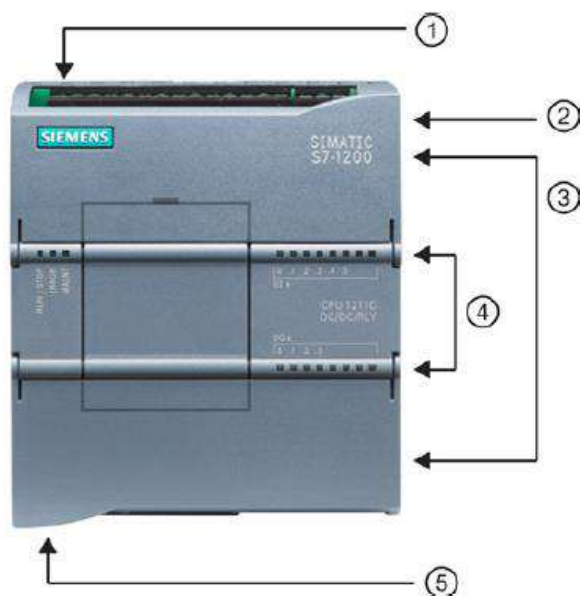


Figura 4.6 SIMATIC S7-1200

- ① Conector de corriente
- ② Ranura para Memory Card (debajo de la tapa superior)
- ③ Conectores extraíbles para el cableado de usuario (detrás de las tapas)
- ④ LEDs de estado para las E/S integradas
- ⑤ Conector PROFINET (en el lado inferior de la CPU)

4.4.3.1. Capacidad de expansión

La familia S7-1200 ofrece diversos módulos y placas de conexión para ampliar las capacidades de la CPU con E/S adicionales y otros protocolos de comunicación.

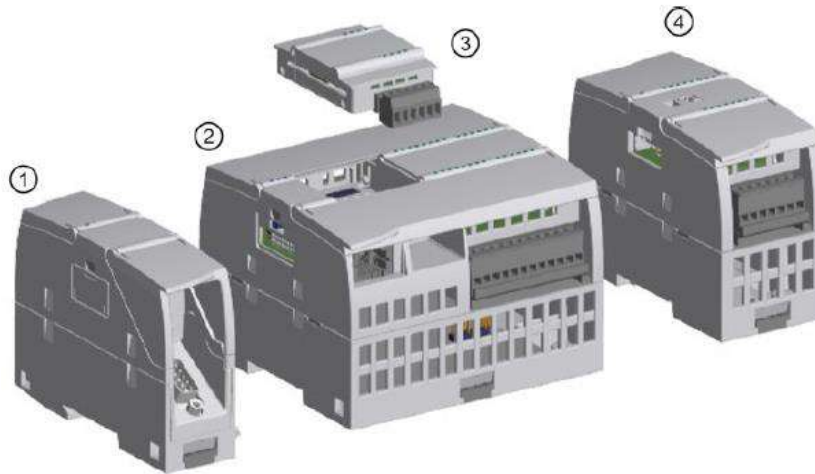


Figura 4.7 S7-1200 y sus módulos

- ① Módulo de comunicación (CM) o procesador de comunicaciones (CP)
- ② CPU
- ③ Signal Board (SB), Communication Board (CB) o battery board (BB)
- ④ Módulo de señales (SM)

La CPU soporta una placa de ampliación tipo plug-in:

- Una Signal Board (SB) proporciona E/S adicionales a la CPU. La SB se conecta en la parte frontal de la CPU.

- Una placa de comunicación (CB) permite agregar un puerto de comunicación adicional a la CPU.
- Una placa de batería (BB) ofrece respaldo a largo plazo del reloj en tiempo real.

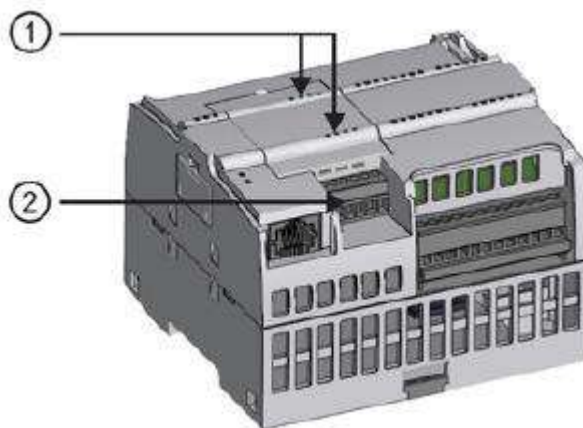


Figura 4.8 S7-1200 con Signal Board

- ① LEDs de estado en la SB
- ② Conector extraíble para el cableado de usuario

Función		CPU 1211C	CPU 1212C	CPU 1214C	CPU 1215C	CPU 1217C
Dimensiones físicas (mm)		90 x 100 x 75	90 x 100 x 75	110 x 100 x 75	130 x 100 x 75	150 x 100 x 75
Memoria de usuario	Trabajo	30 kB	50 kB	75 kB	100 kB	125 kB
	Carga	1 MB	1 MB	4 MB	4 MB	4 MB
	Remanente	10 kB	10 kB	10 kB	10 kB	10 kB
E/S integradas locales	Digital	6 entradas/4 salidas	8 entradas/6 salidas	14 entradas/10 salidas	14 entradas/10 salidas	14 entradas/10 salidas
	Analógico	2 entradas	2 entradas	2 entradas	2 entradas/2 salidas	2 entradas/2 salidas
Tamaño de la memoria imagen de proceso	Entradas (I)	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes
	Salidas (Q)	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes	1024 bytes
Área de marcas (M)		4096 bytes	4096 bytes	8192 bytes	8192 bytes	8192 bytes
Ampliación con módulo de señales (SM)		Ninguna	2	8	8	8
Signal board (SB), Battery Board (BB) o Communication Board (CB)		1	1	1	1	1
Módulo de comunicación (CM) (ampliación en el lado izquierdo)		3	3	3	3	3

Tabla 4.1 Tipos de CPU

Los módulos de señales (SM) agregan funciones a la CPU. Los SM se conectan en el lado derecho de la CPU.

- E/S digitales
- E/S analógicas
- RTD y termopar
- Maestro SM 1278 IO-Link

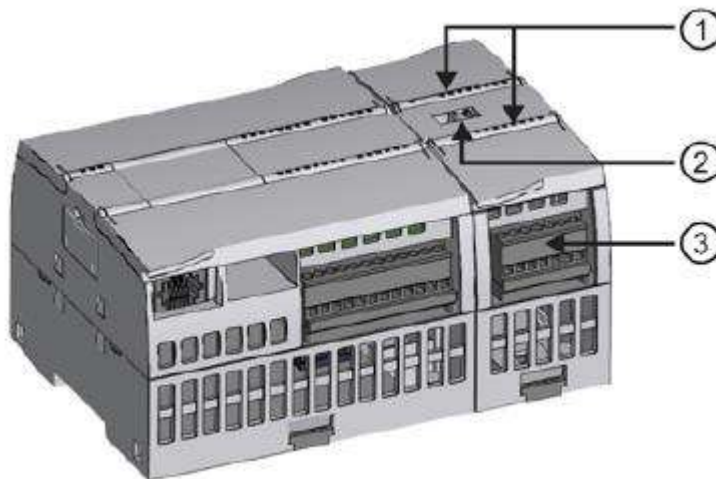


Figura 4.9 S7-1200 con módulo de expansión

- ① LEDs de estado
- ② Lengüeta de desplazamiento del conector de bus
- ③ Conector extraíble para el cableado de usuario

Los módulos de comunicación (CM) y los procesadores de comunicaciones (CP) agregan opciones de comunicación a la CPU, p. ej. para la conectividad de PROFIBUS o RS232/RS485 (para PtP, Modbus o USS) o el maestro AS-i. Un CP ofrece funcionalidades para otros tipos de comunicación, como conectar la CPU a través de una red GPRS.

- La CPU soporta hasta 3 CMs o CPs
- Cada CM o CP se conecta en el lado izquierdo de la CPU (o en el lado izquierdo de otro CM o CP)



Figura 4.10 S7-1200 con módulo de comunicación

- ① LEDs de estado
- ② Conector de comunicación

4.5. HMI

Los SIMATIC HMI Basic Panels incorporan pantalla táctil para el control básico por parte del operador y tareas de control.

Panel HMI Basic	Descripción	Datos técnicos
 KP 300 Basic PN	Teclado de membrana de 3,6" con 10 teclas táctiles que se pueden configurar libremente • Mono (STN, blanco y negro) • 87 mm x 31 mm (3,6") • Color de retroiluminación programado (blanco, verde, amarillo o rojo) • Resolución: 240 x 80	• 250 variables • 50 sinópticos de proceso • 200 avisos • 25 curvas • 40 KB memoria de recetas • 5 recetas, 20 registros, 20 entradas
 KTP 400 Basic PN	Pantalla táctil de 4 pulgadas con 4 teclas táctiles • Mono (STN, escala de grises) • 76,79 mm x 57,59 mm (3,8") Horizontal o vertical • Resolución: 320 x 240	• 250 variables • 50 sinópticos de proceso • 200 avisos • 25 curvas • 40 KB memoria de recetas • 5 recetas, 20 registros, 20 entradas
 KTP 600 Basic PN	Pantalla táctil de 6 pulgadas con 6 teclas táctiles • Color (TFT, 256 colores) o monocromo (STN, escala de grises) • 115,2 mm x 86,4 mm (5,7") Horizontal o vertical • Resolución: 320 x 240	• 500 variables • 50 sinópticos de proceso • 200 avisos • 25 curvas • 40 KB memoria de recetas • 5 recetas, 20 registros, 20 entradas
 KTP 1000 Basic PN	Pantalla táctil de 10 pulgadas con 8 teclas táctiles • Color (TFT, 256 colores) • 211,2 mm x 158,4 mm (10,4") • Resolución: 640 x 480	• 500 variables • 50 sinópticos de proceso • 200 avisos • 25 curvas • 40 KB memoria de recetas • 5 recetas, 20 registros, 20 entradas
 TP 1500 Basic PN	Pantalla táctil de 15 pulgadas • Color (TFT, 256 colores) • 304,1 mm x 228,1 mm (15,1") • Resolución: 1024 x 768	• 500 variables • 50 sinópticos de proceso • 200 avisos • 25 curvas • 40 KB memoria de recetas (memoria flash integrada) • 5 recetas, 20 registros, 20 entradas

Tabla 4.2 Tipos de HMI

4.6. Software de programación STEP 7

STEP 7 ofrece un entorno confortable que permite desarrollar, editar y observar la lógica del programa necesaria para controlar la aplicación, incluyendo herramientas para gestionar y configurar todos los dispositivos del proyecto, tales como controladores y dispositivos HMI. Para poder encontrar la información necesaria, STEP 7 ofrece un completo sistema de ayuda en pantalla.

STEP 7 proporciona lenguajes de programación estándar, que permiten desarrollar de forma cómoda y eficiente el programa de control.

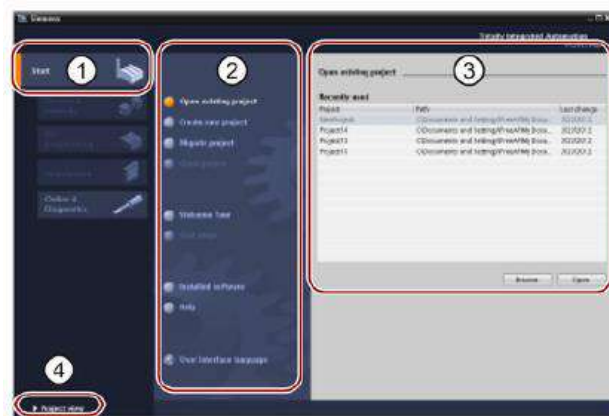
- **KOP** (esquema de contactos) es un lenguaje de programación gráfico. Su representación es similar a los esquemas de circuitos.
- **FUP** (diagrama de funciones) es un lenguaje de programación que se basa en los símbolos lógicos gráficos empleados en el álgebra booleana.
- **SCL** (Lenguaje de control estructurado) es un lenguaje de programación de alto nivel basado en texto.

Al crear un bloque lógico, se debe seleccionar el lenguaje de programación que empleará dicho bloque. El programa de usuario puede emplear bloques lógicos creados con cualquiera de los lenguajes de programación.

Nota STEP 7 es el componente de software para programación y configuración del TIA Portal. El TIA Portal, además de STEP 7, también contiene WinCC para el diseño y la ejecución de la visualización de procesos en runtime, con ayuda en pantalla para WinCC y STEP 7.

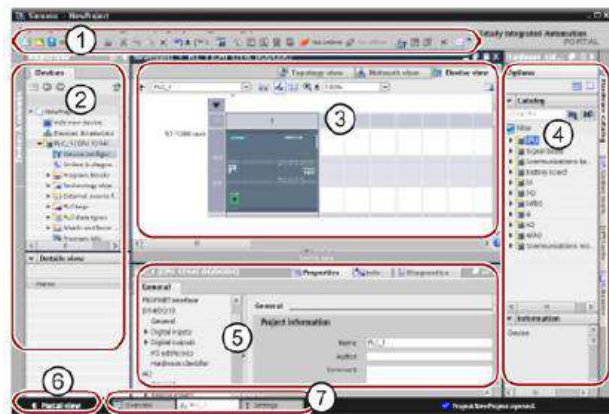
STEP 7 proporciona un entorno de fácil manejo para programar la lógica del controlador, configurar la visualización de HMI y definir la comunicación por red. Para aumentar la productividad, STEP 7 ofrece dos vistas diferentes del proyecto, a saber: Distintos portales orientados a tareas y organizados según las funciones de las herramientas (vista del portal) o una vista orientada a los elementos del proyecto (vista del proyecto). El usuario puede seleccionar la vista que considere más apropiada para trabajar eficientemente. Con un solo

clic es posible cambiar entre la vista del portal y la vista del proyecto.



Vista del portal

- ① Portales para las diferentes tareas
- ② Tareas del portal seleccionado
- ③ Panel de selección para la acción seleccionada
- ④ Cambia a la vista del proyecto



Vista del proyecto

- ① Menús y barra de herramientas
- ② Árbol del proyecto
- ③ Área de trabajo
- ④ Task Cards
- ⑤ Ventana de inspección
- ⑥ Cambia a la vista del portal
- ⑦ Barra del editor

Figura 4.11 Interfaz de TIA Portal

4.6.1. Agregar módulos a la configuración

El catálogo de hardware se utiliza para agregar módulos a la CPU:

- El módulo de señales (SM) ofrece E/S digitales o analógicas adicionales. Estos módulos se conectan a la derecha de la CPU.
- La Signal Board (SB) ofrece unas pocas E/S adicionales a la CPU. La SB se inserta en el frente de la CPU.
- La nueva BB 1297 ofrece respaldo a largo plazo del reloj en tiempo real. La BB se inserta en la parte frontal de la CPU.

- La placa de comunicación (CB) ofrece un puerto de comunicación adicional (como RS485). La CB se inserta en la parte frontal de la CPU.
- El módulo de comunicación (CM) y el procesador de comunicación (CP) ofrecen un puerto de comunicación adicional, como para PROFIBUS o GPRS. Estos módulos se conectan a la izquierda de la CPU.

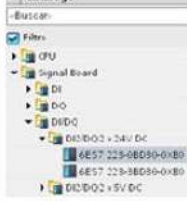
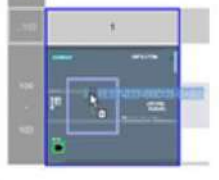
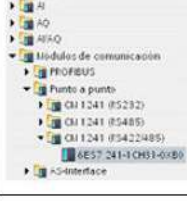
Módulo	Seleccionar el módulo	Insertar el módulo	Resultado
SM			
SB, BB o CB			
CM o CP			

Tabla 4.3 Selección de módulos en TIA Portal

4.6.2. Configurar la interfaz PROFINET

Para configurar parámetros para la interfaz PROFINET, seleccione la casilla PROFINET verde en la CPU. La ficha "Propiedades" de la ventana de inspección muestra el puerto PROFINET.

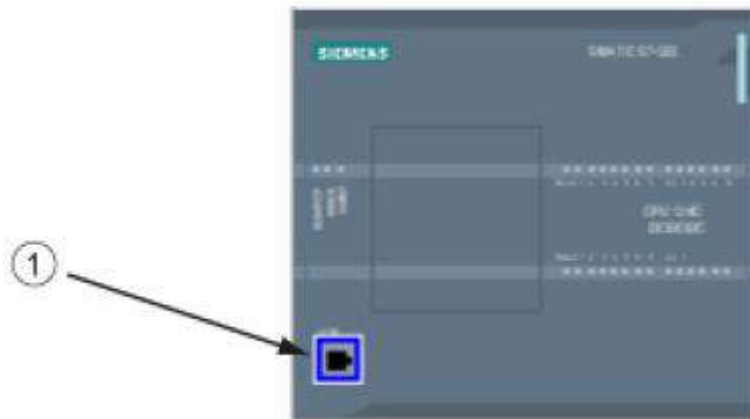


Figura 4.12 S7-1200 PROFINET

① Puerto PROFINET

4.6.2.1. Conexión local/interlocutor

Una conexión local/interlocutor (remoto) define una asignación lógica de dos interlocutores para establecer servicios de comunicación. Una conexión define lo siguiente:

- Interlocutores involucrados (uno activo, otro pasivo)
- Tipo de conexión (por ejemplo, una conexión de PLC, HMI o dispositivo)
- Ruta de conexión

Los interlocutores ejecutan las instrucciones necesarias para configurar y establecer la conexión. El punto final activo y el punto final pasivo de la comunicación se especifican mediante parámetros. Una vez configurada y establecida la conexión, la CPU la mantiene y la vigila automáticamente.

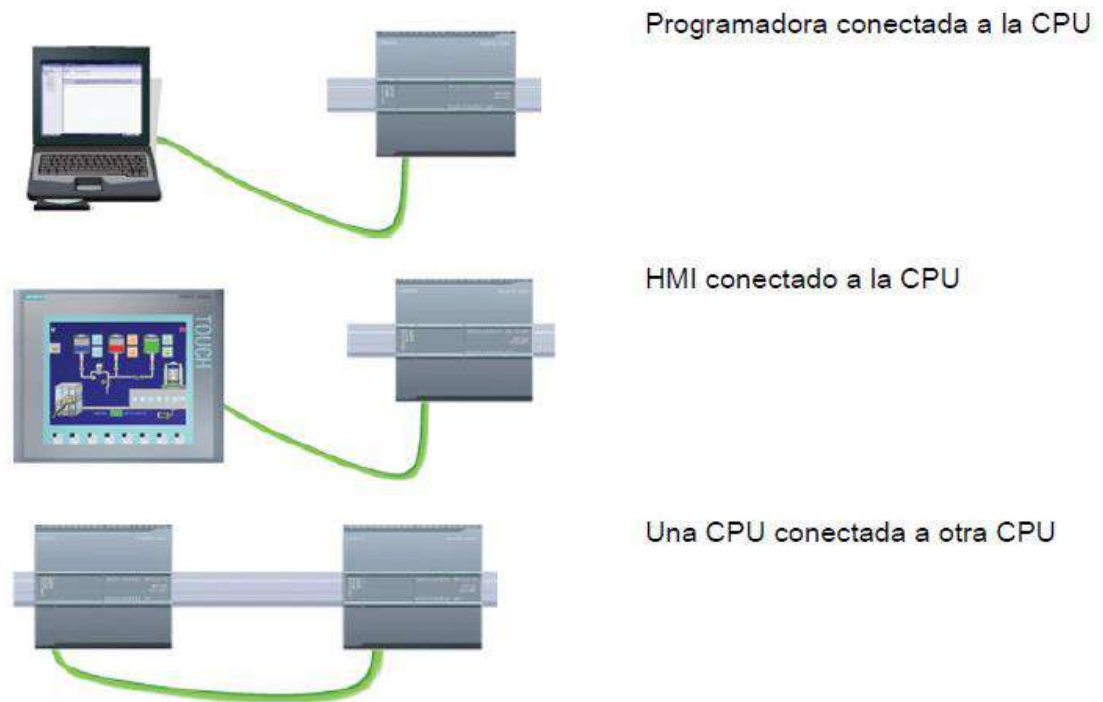


Figura 4.13 PLC conexiones

4.6.2.2. Conmutación Ethernet

El puerto PROFINET de las CPU 1211C, 1212C y 1214C no contiene ningún switch Ethernet. Una conexión directa entre una programadora o HMI y una CPU no requiere un conmutador Ethernet. Sin embargo, una red con más de dos CPUs o dispositivos HMI sí requiere un conmutador Ethernet.

La CPU 1215C y la CPU 1217C cuentan con un switch Ethernet de 2 puertos incorporado. Se puede tener una red con una CPU 1215C y otras dos CPU S7 1200. También puede utilizarse el switch Ethernet de 4 puertos CSM1277 de montaje en rack para conectar varias CPU y dispositivos HMI. [11]



Figura 4.14 PLC conmutaciones

- ① CPU 1215C
- ② CSM1277 Ethernet switch

4.7. Red de comunicaciones

La red de comunicaciones tiene como meta permitir el intercambio de información (diálogo o conversación) entre dos o más elementos (PCs, servidores, impresoras, mainframes, etc.) llamados nodos de la planta. Estos nodos deben estar unidos físicamente (cableado, conectores, electrónica, etc.) y usar las mismas normas básicas de diálogo (protocolos) o, en su defecto, disponer de los equipos traductores necesarios para la conversión de normas. Los fabricantes de sistemas de comunicaciones comenzaron con sus propios sistemas llamados propietarios, es decir, sistemas en los que no es posible intercambiar sus aparatos con los de otros fabricantes.

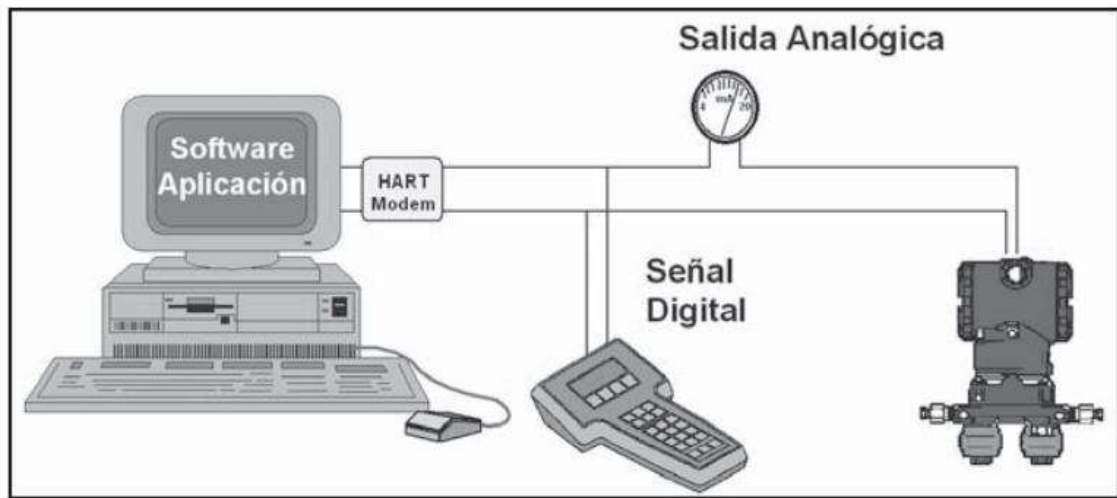


Figura 4.15 Comunicación punto a punto

Sin embargo, debido a la lógica demanda del mercado, fabrican sistemas abiertos con protocolos estándar utilizados ampliamente por diferentes empresas que fabrican productos, de modo que son compatibles entre sí. Es natural que un fabricante se resista a divulgar su sistema debido al alto coste que ha pagado por la investigación y el desarrollo de su producto, pero al final, se impone el deseo del cliente.

Las comunicaciones punto a punto (figura 4.15) lo hacen con el instrumento de manera individual, usualmente mediante un comunicador portátil y permiten la configuración del equipo y la lectura de diagnósticos. Para ello, hay que desplazarse a planta y conectarse con el instrumento. Esto se hace típicamente cuando el instrumento no funciona bien y se quiere ver lo que ocurre (mantenimiento correctivo).

Las comunicaciones multipunto permiten acceder simultáneamente a más de un instrumento. Hay varios tipos:

- **Topología de bus:** el protocolo digital híbrido (HART) permite conectar varios instrumentos a través de un par de hilos a modo de bus. La conexión se hace

digitalmente utilizando una alimentación constante de 4 mA. Limitado a aplicaciones con poca velocidad de transmisión (tanques).

- **Comunicación mediante instrumentación inteligente:** recibiendo la información del microprocesador del instrumento y realizando diversas funciones, tales como configuración de equipos (datos, auto-test, pruebas del lazo, etc.), diagnósticos (estado del instrumento, útil para el mantenimiento correctivo e incluso preventivo si avisa antes del fallo), monitorización de alarmas, gestión de calibraciones del instrumento (definición, ejecución y grabación del test).

Por razones técnicas, prestaciones y costes, principalmente, una red de datos formada de forma integrada con varias plantas alejadas entre sí, se subdivide en subredes llamadas LAN (Local Area Network) caracterizadas por abarcar unos pocos km y poseer una alta velocidad (Mbps/s) para el intercambio de información. Cumplen una serie de normas, independientes de los protocolos que internamente hablan los nodos, que definen principalmente las características físicas del cable (cobre y fibra óptica) y los conectores.

4.8. Instrumentos de medidas de temperaturas

La medida de la temperatura es una de las más comunes y de las más importantes que se efectúan en los procesos industriales. Casi todos los fenómenos físicos están afectados por ella. La temperatura se utiliza, frecuentemente, para inferir el valor de otras variables del proceso.

- Termómetro bimetálico
- Termómetros de bulbo y capilar

4.9. Medidores de nivel

4.9.1. Instrumento basado en características eléctricas del líquido

El medidor de nivel conductivo o resistivo (figura 4. 16) consiste en uno o varios electrodos y un circuito electrónico que excita un relé eléctrico o electrónico al ser los electrodos mojados por el líquido. Este debe ser lo suficientemente conductor como para excitar el circuito electrónico, y de este modo el aparato puede discriminar la separación entre el líquido y su vapor, tal como ocurre, por ejemplo, en el nivel de agua de una caldera de vapor. La impedancia mínima es del orden de los 25 MW/cm, y la tensión de alimentación entre los electrodos y el tanque es alterna para evitar fenómenos de oxidación en las sondas, por causa del fenómeno del electrólisis.

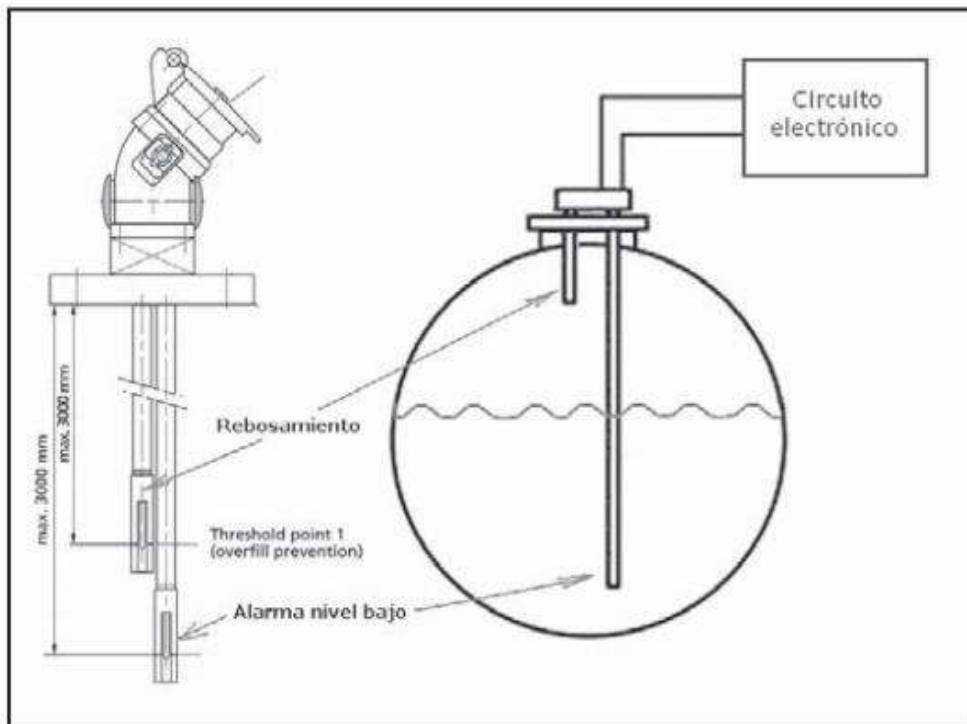


Figura 4.16 Medidor de nivel resistivo/conductivo

El relé electrónico dispone de un temporizador de retardo que impide su enclavamiento ante una ola del nivel del líquido o ante cualquier perturbación momentánea, o bien en su lugar se disponen dos electrodos poco separados enclavados eléctricamente en el circuito. El instrumento se emplea como alarma o control de nivel alto y bajo, y con la sensibilidad ajustable permite detectar la presencia de espuma en el líquido.

4.10. Variables químicas

4.10.1. Conductividad en medio líquido

La conductividad es la capacidad de una solución acuosa para conducir una corriente eléctrica. El agua destilada pura no conduce, en principio, la corriente pero si se le disuelven sólidos minerales aumenta su capacidad de conducción. Estos sólidos, al disolverse, se separan en iones positivos y negativos, susceptibles de desplazarse bajo la acción de un campo eléctrico y también de combinarse con otros iones para formar iones nuevos o cuerpos distintos que ya no se ionizarán. La conductividad de los iones es función de su concentración y de su movilidad, de tal modo que dos electrodos a tensión sumergidos en un líquido, en el que existe una sal en solución, por ejemplo ClNa, producirán el fenómeno siguiente:

Los iones positivos Na^+ emigrarán al electrodo cargado negativamente, mientras que los iones negativos Cl^- serán atraídos por el electrodo positivo. Al llegar a los electrodos, los iones adquieren cargas de signo contrario y se neutralizan. De este modo, se establece una corriente a través de la solución y del circuito eléctrico exterior. Esta corriente depende exclusivamente del número y tipo de iones presentes en la solución, si se fijan el área efectiva de los electrodos, la diferencia de potencial, la distancia entre los electrodos y la temperatura de la solución. Si el producto está disociado totalmente, la corriente circulante será una medida directa de la concentración del mismo en la solución.

La conductividad eléctrica específica se define como el recíproco de la resistencia en ohmios, medida entre dos caras opuestas de un cubo de 1 cm de lado sumergido en la solución. La unidad es el mho o siemens (recíproco de ohmio), que es la conductancia de una solución, que con una diferencia de potencial de un voltio entre las caras de los electrodos, da lugar a la circulación de un amperio. Como esta unidad es demasiado grande se emplea, a menudo, en soluciones diluidas el micromho (μmho), que es la millonésima parte de un mho, que también se llama microSiemens (μS). En la tabla 4.4 se indican los valores de conductividad de varios tipos de soluciones.

Temperatura de la muestra 25 °C	Conductividad, $\mu\text{S/cm}$
Agua ultrapura	0.05
Agua de alimentación a calderas	1 a 5
Agua potable	50 a 100
Agua de mar	53
5% NaOH	223
50% NaOH	150
10% HCl	700
32% de HCl	700
31% HNO_3	865

Tabla 4.4 Valores de conductividad específica de soluciones dadas

La conductividad es función del número de iones y de su movilidad. Esta depende de la temperatura y la conductividad del líquido y varía en un 2%/°C en sales neutras. El coeficiente de temperatura de la conductancia (factor k) varía entre 0,5 a 3.

Los electrodos de medida pueden ser de contacto con la solución o bien toroidales (inductivos o sin electrodos) sin contacto directo con la solución.

El sensor tradicional de 2 electrodos realiza dos funciones. La primera es la generación de una tensión de excitación de la solución acuosa y la segunda es la medición de la corriente que pasa a través de la solución cuando su

conductividad varía. Esta doble función limita la amplitud del intervalo de medida (0-200 a 0-2.000 $\mu\text{Siemens/cm}$). La exactitud es del $\pm 1\%$.

Uno de los primeros sistemas de medida que se utilizó fue el formado por dos placas paralelas (los dos electrodos) situadas en la solución y conectadas a un circuito de puente de Wheatstone de corriente alterna (Figura 4.17). El circuito tiene el inconveniente de que la acumulación gradual de suciedad en los electrodos falsea la medida.

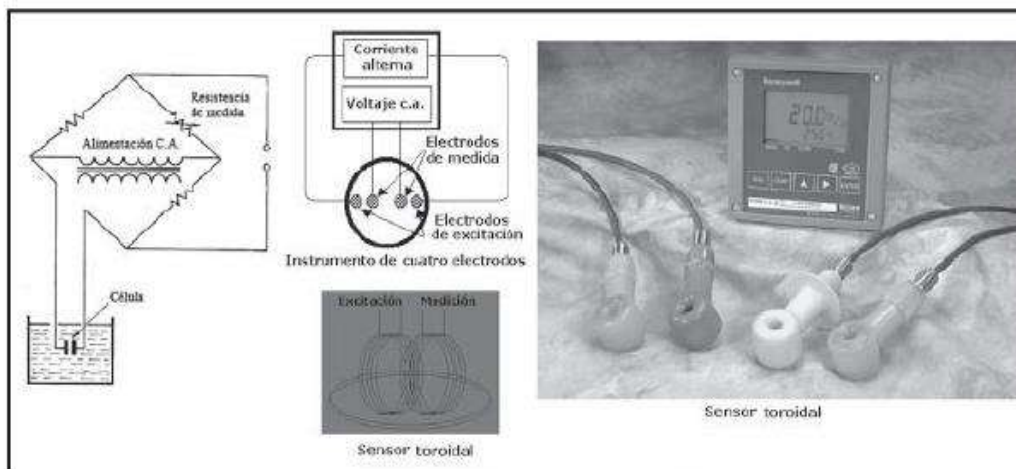


Figura 4.17 Medida de conductividad por puente de Wheatstone de c.a., circuito de 4 electrodos y sensor toroidal

El sensor toroidal es adecuado para soluciones químicas agresivas y consiste en dos bobinas paralelas selladas con una sonda aislada y recubiertas de teflón. Una bobina es excitada con c.a., con lo que el campo magnético creado induce una c.a. débil en la solución, que depende de su conductividad. A su vez, esta corriente alterna induce una corriente en la otra bobina de captación, que es proporcional a la conductividad de la solución. De hecho, el líquido actúa como el núcleo de un transformador. Al no tener electrodos, no presentan polarización, ni recubrimiento o contaminación procedente del proceso. El campo de medida es de 0-200 a 0-2.000.000 $\mu\text{Siemens/cm}$. La exactitud es de $\pm 20 \mu\text{S/cm}$ o del $\pm 5\%$.

La medida de la conductividad requiere la compensación de la temperatura de la solución con relación a la temperatura estándar escogida de 25 °C. Esta compensación suele ser automática, consistiendo en un termistor y una resistencia R_n .

A señalar que la adición de un microprocesador permite obtener, por hardware o software, circuitos potenciométricos de conductividad de diferentes características, ya que dispone en memoria de tablas de conductividad.

[12]

4.11. Otros requerimientos

Los demás requerimientos del sistema pueden enumerarse en:

- *Electroválvulas*
- *Sensores de posición de las válvulas*
- *Contactores*
- *Interruptor electromagnético*
- *Pulsadores*

III. RESUMEN EJECUTIVO

CAPITULO 5

5.1. Descripción del trabajo

El presente proyecto consiste en la realización de una propuesta de un esquema de automatización del sistema Clean In Place (CIP) de la planta láctea Trebol localizada en la ciudad de Coronel Oviedo. La metodología utilizada se detalla a continuación

5.1.1. Métodos y Técnicas utilizadas

5.1.1.1. Tipo de Investigación

El tipo de investigación que se llevará a cabo según el objeto y la extensión del estudio será una investigación aplicada

a, y según para la recolección y análisis de datos será una investigación mixta. Según el filósofo, pedagogo, sociólogo y ensayista argentino Ezequiel Ander-Egg Hernández indica que la investigación aplicada es una solución eficiente y con fundamentos a un problema que se ha identificado.

Según el profesor-investigador Dr. Roberto Hernández Sampieri indica que la investigación mixta no es reemplazar a la investigación cuantitativa ni a la investigación cualitativa, sino utilizar las fortalezas de ambos tipos de indagación combinándolas y tratando de minimizar sus debilidades potenciales.

5.1.1.2. Técnicas e Instrumentos de Recolección de datos

Para la recolección de datos se utilizarán las técnicas de observación y la encuesta. La técnica de observación será de modalidad no estructurada y tendrá como instrumento el registro descriptivo. Mientras que la encuesta será de carácter oral o entrevista, con la guía de encuesta como instrumento principal.

5.1.1.3. Métodos y Análisis de Datos

En el análisis de los datos serán aplicados tanto el análisis cualitativo como el análisis cuantitativo por la razón de que los datos que serán obtenidos mediante las técnicas e instrumentos de recolección de datos contendrán datos de ambas modalidades debido a la naturaleza del estudio.

5.1.1.4. Fases Metodológicas

El trabajo se desarrollará abarcando las siguientes fases metodológicas:

Fase I: Relevamiento de datos:

En esta fase se procederá a la recolección de datos en el establecimiento de la planta láctea Trébol a fin de conocer todas las variables dentro del sistema CIP actual por medio de entrevistas a los operadores y observación directa de los procesos. Se realizarán las consultas pertinentes a la dirección técnica del establecimiento.

Para un mejor aprovechamiento de los recursos financieros se agruparán todos los componentes que puedan ser reutilizados en el proyecto.

Fase II: Selección de variables

En esta fase se determinarán cuáles son aquellas variables a medir y controlar que forman parte de un sistema CIP, las mismas serán obtenidas mediante visitas a la planta láctea y consultas a los operadores o al administrador. Estas variables son las que serán controladas automáticamente con el nuevo sistema que se pretende realizar.

Fase III: Análisis del esquema para la automatización

En esta fase se analizará el esquema para la automatización del sistema CIP que mejor se ajusten a los problemas mencionados al principio en la descripción del problema.

Se agruparán las alternativas con PLC por marca, modelo, precio. De la misma manera se agruparán por otro lado los dispositivos de control y de potencia requeridos para la elaboración del esquema

Fase IV: Cálculos y diseño de la arquitectura de la red de comunicación

Esta fase constará de varias tareas en donde se realizarán todos los cálculos necesarios, el modelado matemático de los procesos, se realizará el diseño del circuito de control y de potencia para el sistema CIP, la programación del dispositivo de control central. También el diseño de la red de comunicación entre los dispositivos que formarán parte de esta fase.

Fase V: Simulación y pruebas de funcionamiento

En esta fase se realizarán la simulación del nuevo sistema diseñado mediante algún software de simulación de circuitos electrónicos y las pruebas mediante prototipos a escala del sistema.

Fase VI: Elaboración de la Evaluación Económica

En esta fase se realizarán los estudios económicos del esquema para la automatización del sistema CIP. La relación entre precio, eficiencia, durabilidad y disponibilidad en el mercado, etc., se estudiarán en esta fase.

Se seleccionará aquel esquema que sea técnica y económicamente más factible.

5.2. Justificación

Con el proyecto se logrará un mejor desempeño, permitiendo observar en tiempo real en una interfaz gráfica todas las partes del proceso, sus estados y controlar sus diferentes elementos. Evitando los tiempos inadecuados de recirculación, los elevados costos y pérdidas en materia prima.

Siendo la reducción de tiempos y costos algunos de los factores más importantes en cualquier industria, y además en este caso la higiene un parámetro determinante de la calidad de un producto, se necesita que estos se optimicen al máximo por medio del método más conveniente.

Un operador encargado del dicho sistema debe controlar el tiempo y realizar las maniobras de cambio de las etapas, si llegara a descuidarse esto podría hacer que el tiempo de recirculación sea inadecuado o podría efectuar una maniobra que pondría en peligro la integridad de las tuberías o poner en peligro a terceros

Pudiendo llegar a esto solamente con la implementación de un sistema automático de limpieza que brinde todas las garantías necesarias para el uso. Se buscará implementar tecnologías que tengan la mejor relación entre confiabilidad/precio y se encuentren disponibles en el mercado, lo que posibilitará a la planta reducir los inconvenientes a la hora de sustituir algunos de los componentes.

5.3. Finalidad del proyecto

Este proyecto tiene como finalidad proponer un esquema de automatización en el sistema Clean In Place (CIP) de la planta láctea Trébol logrando así:

- Optimizar los tiempos de recirculación
- Controlar y monitorear las etapas del sistema automatizado
- Evaluar y visualizar el comportamiento de los fenómenos físicos de sistema
- Mejorar la calidad de limpieza mediante la automatización
- Regular el uso de insumos de reactivos mediante avisos en pantalla

5.4. Metas

Proponer un esquema automatizado, que cuente con un sistema en el cual se controle y monitoree las etapas, los fenómenos físicos y el tiempo de trabajo del sistema Clean In Place (CIP).

5.5. Objetivos

5.5.1. Objetivos generales

- Proponer un esquema de automatización del sistema Clean In Place (CIP) de la planta láctea Trébol de la ciudad de Coronel Oviedo

5.5.2. Objetivos específicos

- Determinar las principales variables a medir y controlar en un sistema Clean In Place (CIP)
- Identificar los parámetros a ser controlados
- Diseñar un esquema de automatización que sea técnica y económicamente más factible
- Establecer los componentes electrónicos y otros dispositivos necesarios para la automatización del sistema
- Diseñar un sistema de control y monitoreo de los procesos del sistema

5.6. Beneficiarios

Con la implementación de este esquema de automatización el principal beneficiario será la planta láctea, desde los propietarios que logran disminuir el uso tiempos muerto y elevando los tiempos de producción, los clientes brindándoles con todos los estándares de calidad y también los empleados que realizaran sus labores controlando los tiempos y cambios de etapas dando seguridad y eficiencia en la limpieza

5.7. Producto

El producto del proyecto es la obtención de un sistema de limpieza automatizado que cuente con un sistema de control y monitoreo de todas las etapas del proceso y con parámetros configurables

5.8. Localización física y cobertura espacial

La planta láctea Trebol de la cooperativa Chortitzer Ltda. se encuentra ubicada en la ciudad de Coronel Oviedo sobre la Ruta VII Dr. José Gaspar Rodríguez de Francia en el km 137,5

5.9. Especificaciones de actividades y tareas realizadas

- Visita técnica a la planta láctea Trebol
- Análisis de las etapas de sistema Clean In Place (CIP)
- Relevamiento de los parámetros y variables más importantes del sistema
- Análisis de las condiciones actuales de la instalación eléctrica y de control
- Realización de un listado de los parámetros y variables más importantes requeridos de medición y de control
- Programación del controlador y de la interfaz grafica

5.10. Recursos necesarios

Se presentan los recursos necesarios para la realización de las pruebas y simulación del sistema. Todos los materiales son necesarios para poder verificar el funcionamiento del sistema a medida que la programación va avanzando

5.10.1. Recursos humanos

Personal operador del sistema

5.10.2. Recursos materiales

- Computadora
- TIA Portal V14 SP1
- PLCSIM
- CAdESIMU

5.11. Factibilidad técnica

Durante los ensayos y pruebas hechas a la propuesta de automatización las siguientes evoluciones fueron:

- Se redujo a los tiempos de recirculación de los líquidos en los sistemas de tuberías.
- Las dosificaciones en los tanques son realizadas de forma automáticas en cada lavado
- Las conmutaciones de las válvulas son realizadas sin pérdida de tiempo
- Los niveles de líquidos en cada tanque son monitoreados constantemente
- Mayor seguridad a la hora de empezar a realizar los lavados
- Se redujo considerablemente el tiempo total de lavado
- Las supervisiones de etapas son visualizadas en tiempo real
- Se posee una configuración de parámetros adaptables a cualquier situación

5.12. Factibilidad económica

Esta parte se la Evaluación económica de las soluciones técnicas factibles que se encontraron en el Capítulo 6 correspondiente a Ingeniería de Diseño. De corresponder, se realiza las comparaciones pertinentes entre las alternativas.

5.12.1. Beneficios

Los beneficios en cuanto a lo económico podemos resaltar algunos aspectos como las considerables reducciones en los tiempos de lavado de cada etapa reduciendo el consumo innecesario de energías todos esto sin comprometer la calidad de cada lavado. Además, con el gran aporte de seguridad ya que el proceso de lavado no será realizado si no se llega a cumplir con ciertas condiciones evitando así que el sistema realice cualquier maniobra sin que los circuitos de tuberías estén en conectados entre sí; también a la hora de dosificar será de forma automática en cada lavado siempre y cuando necesite ya que con la exposición a los químicos será casi nula dejando a los dispositivos en realizar las mezclas

5.12.1.1. Ahorro en las dosificaciones

En cada limpieza realizada es necesario mantener un margen de concentración para las soluciones donde las dosificaciones son ejecutadas manualmente conforme se muestra en la Tabla 5.1

ADICION DE SODA CAUSTICA PARA MANTENER AL 2.5%	
% Soda Caustica en 3.000 Litros	Litros de solución a adicionar
1.75%	60 Litros
1.50%	80 Litros
1.25%	100 Litros
1.00%	120 Litros
0.75%	140 Litros
0.50%	160 Litros
0.25%	180 Litros
0.00%	200 Litros
ADICION DE ACIDO NITRICO PARA MANTENER AL 1.5%	
% Ácido Nítrico en 3.000 Litros	Litros de solución a adicionar
0.90%	40 Litros
0.75%	50 Litros
0.60%	60 Litros
0.45%	70 Litros
0.30%	80 Litros
0.15%	90 Litros
0.00%	100 Litros

Tabla 5.1 Margen de dosificaciones

Observado la Tabla 5.1 nos percatamos que las dosificaciones son realizadas cuando los márgenes de concentraciones este se encuentre bajo gastando más litros de soluciones y comprometiendo la calidad de la limpieza es por ello que mediante esta propuesta los niveles de dosificaciones serán verificados y

controlados por cada lavado ya que si al ser necesario automáticamente el sistema automatizado dosificara las que corresponda

Esta propuesta no solo conlleva la ventaja de un ahorro del 25% del consumo de las soluciones sí que brindarían una seguridad al operador la exposición directa a las soluciones

5.12.1.2. Reducción en los ciclos de Recirculamiento

Actualmente el tiempo de lavado es de 65 min. según la Tabla 5.2 es decir es más de una hora es el tiempo para completar el lavado. Para reducir el tiempo de lavado y sin comprometer a la calidad de la misma analizamos que los tiempos de enjuagues son realizados por mucho tiempo. Este tiempo crea recirculaciones que afectan en el consumo eléctrico ya que con sistema a implementar esto se reduce unos 30% del tiempo completo de lavado.

Etapas	Tiempos
Pre-enjuague	10 Minutos
Soda caustica	10 Minutos
1er. Enjuague intermedio	10 Minutos
Ácido nítrico	5 Minutos
2do. Enjuague intermedio	10 Minutos
Desinfectante	10 Minutos
Enjuague final	10 Minutos
Total del tiempo de lavado	65 Minutos

Tabla 5.2 Tiempo de lavado

5.12.1.3. Precisión de las conmutaciones

El operador encargado de realizar las conmutaciones de las válvulas debía estar atento a la etapa activa además cada cambio de etapa debe realizarse mediante una secuencia específica ya que si no era realizada adecuadamente esto comprometería a al circuito de tubería.

Mediante la automatización es posible realizar una secuencia exacta en cada etapa asegurando que las válvulas estén abiertas o cerradas brindando una seguridad al circuito de tuberías además el tiempo que invertía el operador para las conmutaciones podría invertir en otras actividades.

5.12.2. Costos

Los costos de inversión necesarios para la implementación de la propuesta de automatización están mayor mente dadas en equipos eléctricos-electrónicos, dispositivos neumáticos, costos de encomienda, costo de mantenimiento preventivo y la mano de obra respectivamente. Todos estos son resumidos en la Tabla 5.3 mientras que los costos totales son detallados adecuadamente en el Apéndice A

Designaciones	Costos
Mantenimiento preventivo	6.000.000
Costo de material	70.286.408
Costo de encomienda	15.000.000
Honorarios	50.750.000
Costos total	142.036.408

Tabla 5.3 Resumen del costo del proyecto

5.12.3. Evaluación económica

5.12.3.1. Determinación del flujo de caja proyectada

Observando flujo de caja proyectada en el Apéndice C.1 se obtiene que en solo en el año en donde se invierte existe una pérdida a diferencia de los demás años donde se consigue un ahorro según se muestra en la Figura 5.1

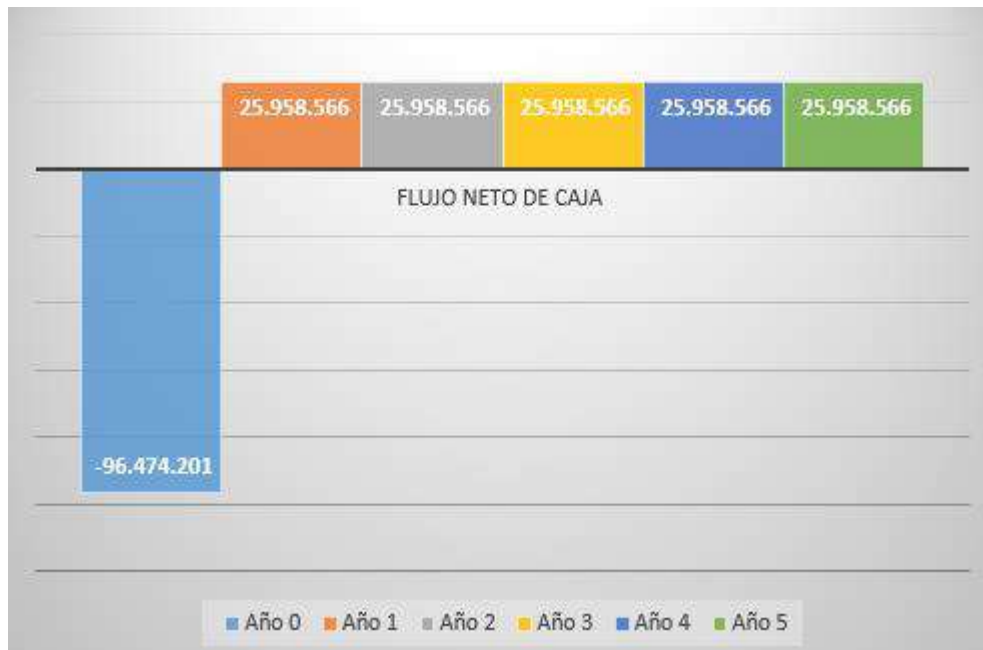


Figura 5.1 Flujo de caja proyectada

5.12.3.2. Determinación de la tasa interna de rendimiento (TIR)

El cálculo es desarrollado en el Apéndice C.3 donde observamos que en un periodo de 5 años la tasa de inversión de retorno es del 11%

5.12.3.3. Determinación del valor presente neto (VPN)

El valor presente neto es determinado en el Apéndice C.2 es del 4.495.567 ¢ donde se utilizará una tasa del 9%. Dado que $VPN > 0$ se puede decir que el proyecto es rentable.

5.12.3.4. Determinación del periodo de recuperación de la inversión (PRI)

Observando el comportamiento del flujo de caja los cálculos realizados en el Apéndice C.5 se pudo obtener que el periodo de recuperación de la inversión es de 3.27 años, por lo cual queda demostrado que en un periodo adecuado se estaría recuperando la inversión inicial.

5.12.3.5. Análisis de Sensibilidad

Al proyectar el presente proyecto a futuro es necesario analizar la sensibilidad de la propuesta hecha. Una vez verificado las variantes posibles obtuvimos que la tasa es una de las que podría estar afectada al cambio ya que si este llegara variar de forma ascendente un 2% el proyecto no sería rentable

También observamos que el cálculo realizado en Apéndice C.4 vemos que en la relación de beneficio – costo es del 1.05 donde nos da a conocer que el proyecto es rentable

IV. INGENIERÍA DE DISEÑO

CAPÍTULO 6

6.1. Descripción de las etapas del sistema CIP actual

En la planta láctea cuenta con un sistema CIP descentralizado ya que no solo sirve para la limpieza de las tuberías y los tanques de leche sino también para la limpieza de los camiones cisternas que diariamente traen la materia prima que ha de ser procesada.

Todos estos accionamientos es decir la transferencia de la leche del camión cisterna a los tanques, la leche que va ha de ser procesada y del sistema de limpieza CIP (Figura B.3 Apéndice B) (Figura B.4 Apéndice B) son conectados en un panel de tuberías (Figura B.1 Apéndice B) que el operador según la situación cambia las uniones. En estas situaciones el conocimiento del operador es indispensable ya que debe unir adecuadamente las tuberías, una vez que las conexiones están preparadas para la limpieza el operador debe observar si la tubería del motor CIP está conectada adecuadamente a la tubería CIP recibo (Figura B.2 Apéndice B).

Una vez que las tuberías estén conectadas para la limpieza se enciende el motor autosevante dando inicio a las etapas del sistema CIP:

Observación: La válvula de desagüe siempre se deja abierto al término de cada proceso de limpieza CIP

Pre-enjuague el motor autosevante se mantiene encendido en todo el proceso una vez hecho esto se dispone a abrir la válvula de salida de agua luego se procede a encender el motor CIP de ahí abrir la válvula de recarga de agua. Sabiendo que el circuito de limpieza inicia en la válvula de salida de agua enjuagando las tuberías luego desemboca en la válvula de desagüe, así mismo continua por un periodo de 10 min. Pasado el tiempo establecido se procede a

cerrar la válvula de salida de agua, apagar el motor CIP y cerrar la válvula de recarga de agua.

Soda Caustica la válvula de salida de soda se abre luego se enciende el motor CIP se espera unos segundos esto depende del operador ya que la soda tiene un tiempo en el que retorna al tanque a continuación, se procede a abrir la válvula de retorno de soda luego se cierra la válvula de desagüe esto se mantiene por un periodo de 10 min. Pasado el tiempo establecido se procede a cerrar la válvula de salida de soda y apagar el motor CIP

1er. Enjuague intermedio la válvula de salida de agua se abre luego se enciende el motor CIP se espera unos segundos esto depende del operador después la válvula de desagüe y la válvula de recarga de agua se abren en seguida la válvula de retorno de soda se cierra esto se conserva así por un periodo de 10 min. Pasado el tiempo establecido se procede a cerrar la válvula de salida de agua y apagar el motor CIP.

Acido Nítrico la válvula de salida de ácido se abre luego se enciende el motor CIP se espera unos segundos esto depende del operador después la válvula de retorno de ácido se abre en seguida la válvula de recarga de agua y la válvula de desagüe se cierran esto se mantiene así por un periodo de 5 min. Pasado el tiempo establecido se procede a cerrar la válvula de salida de ácido y apagar el motor CIP.

2do. Enjuague intermedio la válvula de salida de agua se abre luego se enciende el motor CIP se espera unos segundos esto depende del operador después la válvula de desagüe y la válvula de recarga de agua se abren en seguida la válvula de retorno de ácido se cierra esto se conserva así por un periodo de 10 min. Pasado el tiempo establecido se procede a cerrar la válvula de salida de agua y apagar el motor CIP.

Desinfectante la válvula de salida del desinfectante se abre luego se enciende el motor CIP se espera unos segundos esto depende del operador después la válvula de retorno del desinfectante se abre en seguida la válvula de recarga de

agua y la válvula de desagüe se cierran esto se mantiene así por un periodo de 10 min. Pasado el tiempo establecido se procede a cerrar la válvula de salida del desinfectante y apagar el motor CIP.

Enjuague final la válvula de salida de agua se abre luego se enciende el motor CIP se espera unos segundos esto depende del operador después la válvula de desagüe y la válvula de recarga de agua se abren en seguida la válvula de retorno del desinfectante se cierra esto se conserva así por un periodo de 10 min. Pasado el tiempo establecido se procede a cerrar la válvula de salida de agua y apagar el motor CIP así mismo el operador espera unos segundos para que el motor autosevante envíe el líquido restante en el circuito a la válvula de desagüe después se cierra la válvula de recarga de agua y se apaga el autosevante.

6.1.1. Esquema del sistema CIP actual

6.1.1.1. Esquema de potencia

En el sistema CIP, las soluciones son impulsadas por dos motores centrifuga trifásicos

Elementos del motor CIP

- F03 Auxiliar guardamotor
- KM01 Contactor principal
- M01 Bomba impulsión solución V 380; In 12,0 A; KW 5,5

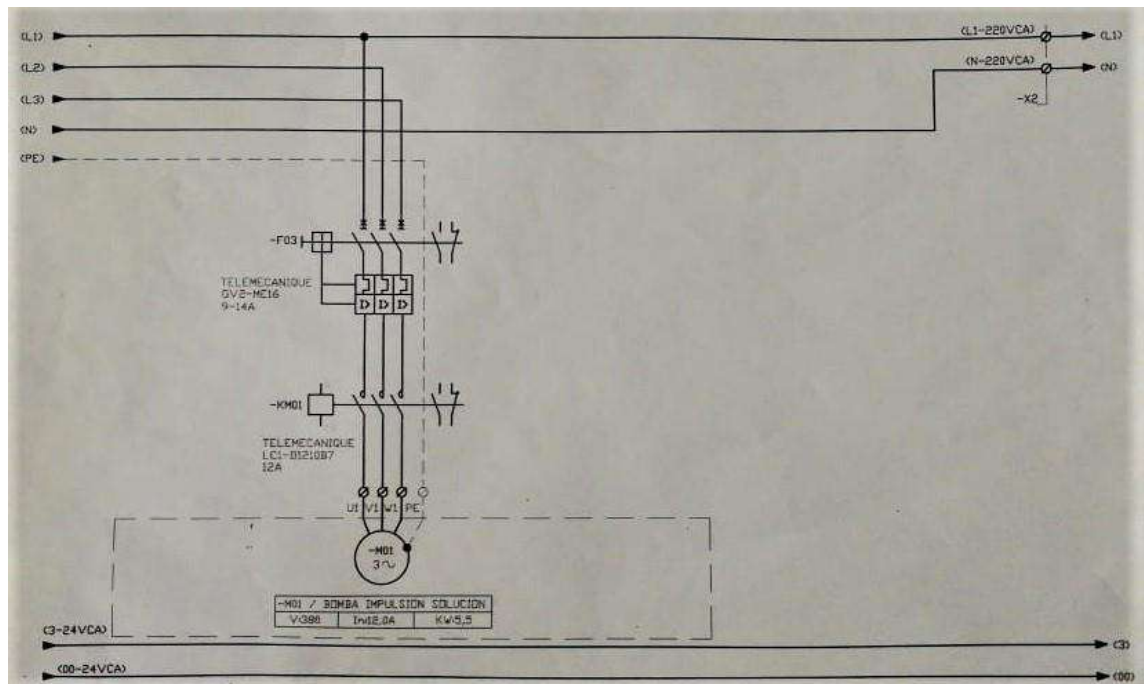


Figura 6.1 Esquema de potencia del motor CIP

6.1.1.2. Esquema de mando

El accionar de los motores son independientes cada uno tiene su esquema de mando

Elementos del motor CIP

- S01 Pulsador parada de emergencia
- S02 Pulsador parada
- S03 Pulsador marcha
- F03 Auxiliar guardamotor
- KM01 Auxiliar contactor
- KM01 Contactor principal
- H01 Piloto bomba en marcha
- H02 Piloto bomba en fallo

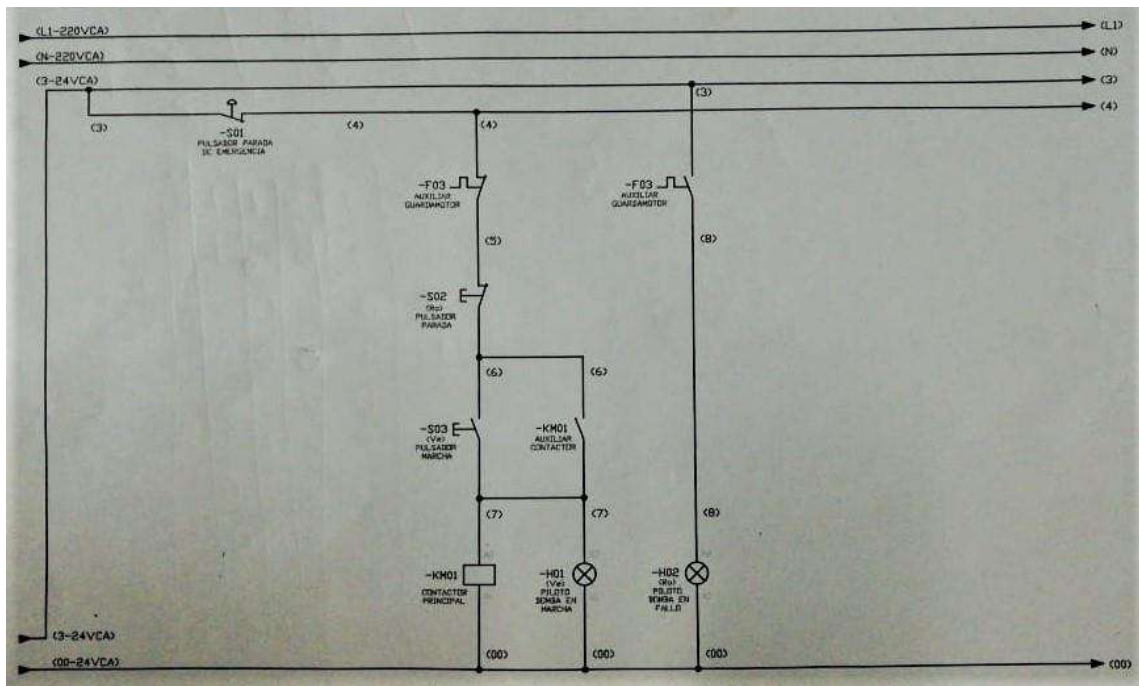


Figura 6.2 Esquema mando del motor CIP

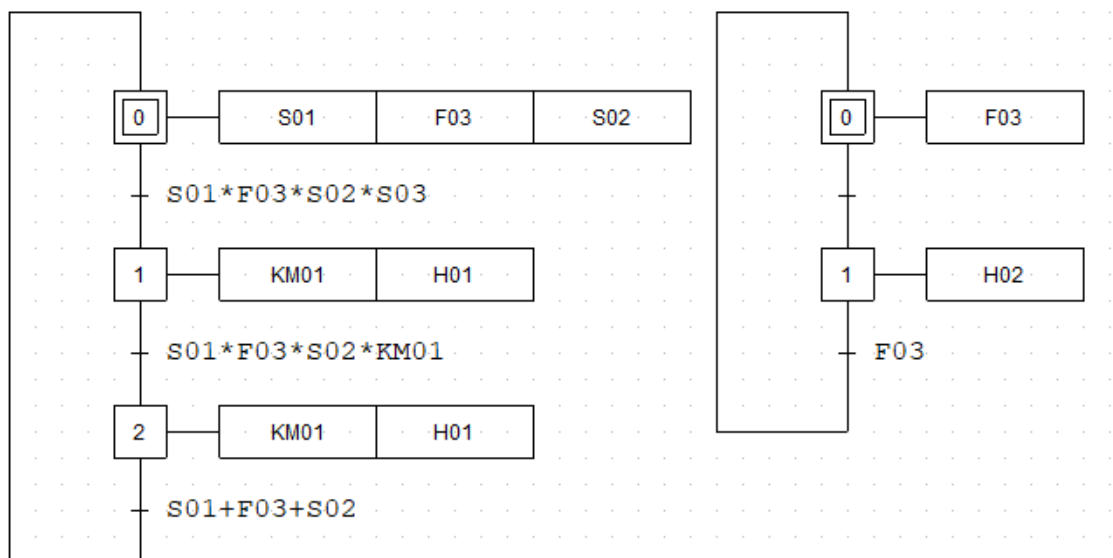


Figura 6.3 Grafcet del esquema de mando del motor CIP

6.1.1.3. Esquema de control de temperatura

Las temperaturas de las soluciones que se encuentran en los tanques de soda caustica y de ácido son controladas mediante un termocontrolador

Elementos de soda caustica

- TC1 Termocontrolador solución 1 /soda caustica
- H05 Piloto válvula 1 actuada
- EV1 Electroválvula de vapor
- S06 Conmutador AUTOM. O MAN.
- F04 y -F05 Disyuntores de 2A
- RTD1 Temperatura solución 1 -soda caustica-

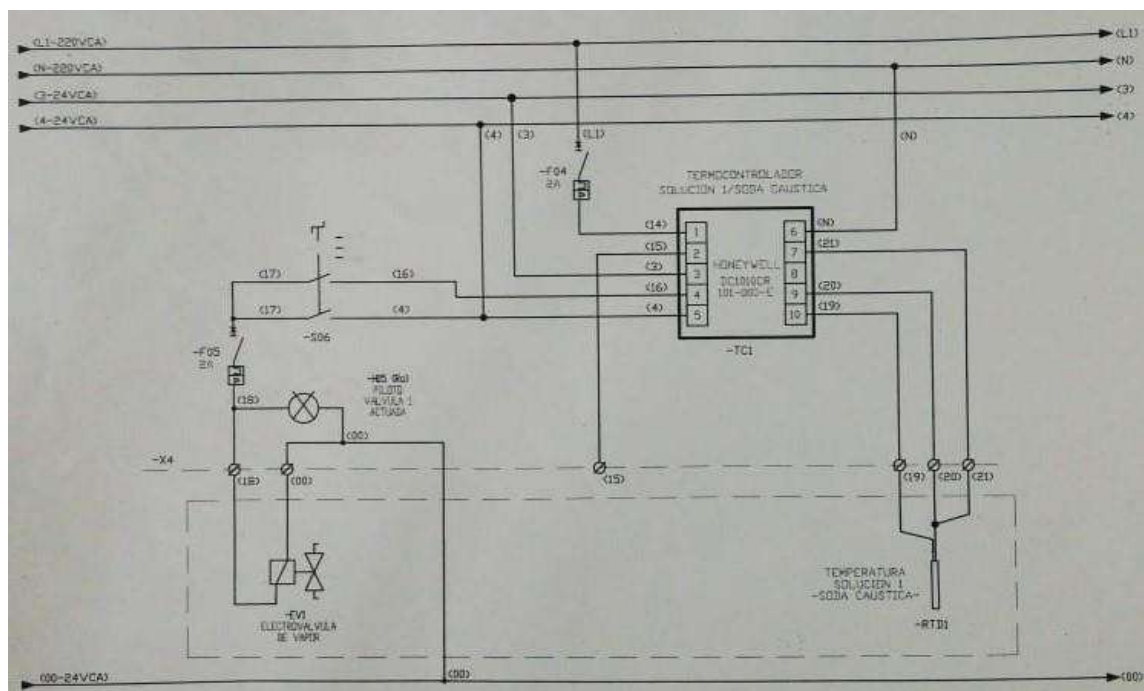


Figura 6.4 Esquema de control de temperatura soda caustica

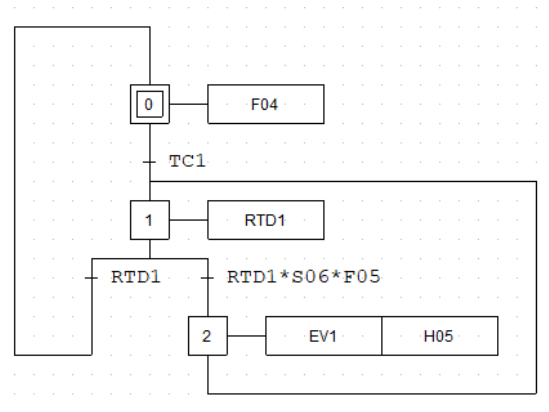


Figura 6.5 Grafset del esquema de control de temperatura soda caustica

Elementos de Acido

- TC2 Termocontrolador solución 2 /acido
- H06 Piloto válvula 2 actuada
- EV2 Electroválvula de vapor
- S07 Conmutador AUTOM. O MAN.
- F06 y -F07 Disyuntores de 2A
- RTD2 Temperatura solución 2 -acido-

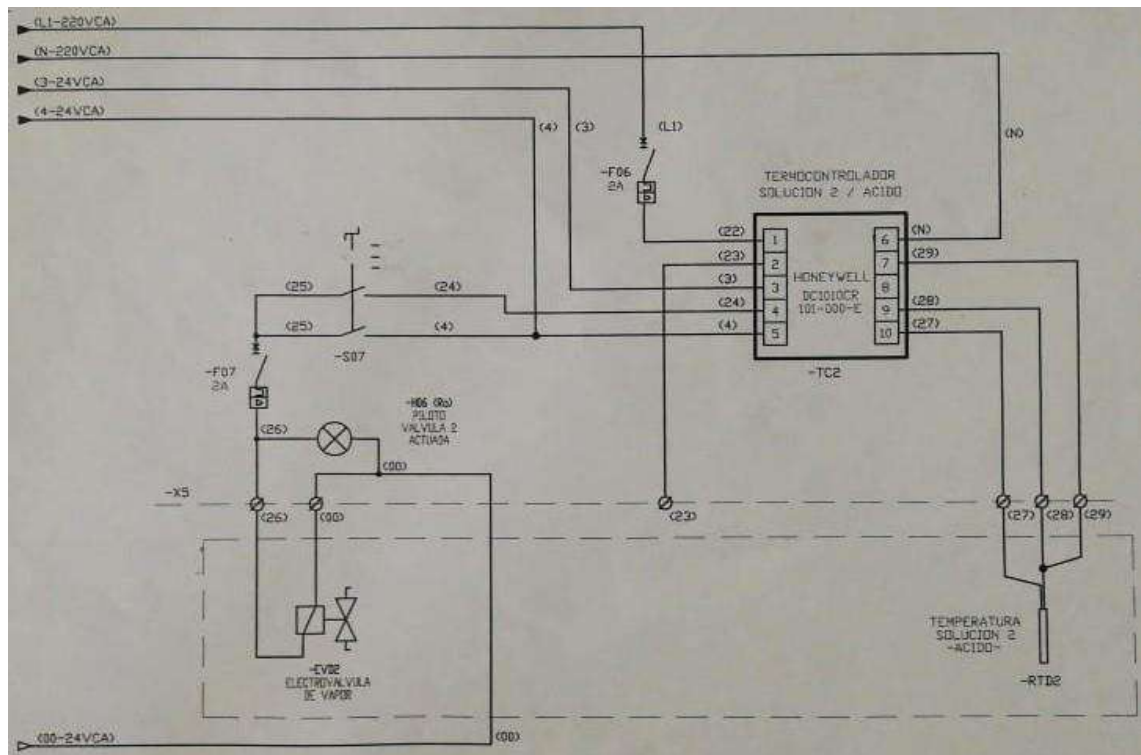


Figura 6.6 Esquema de control de temperatura ácido nítrico

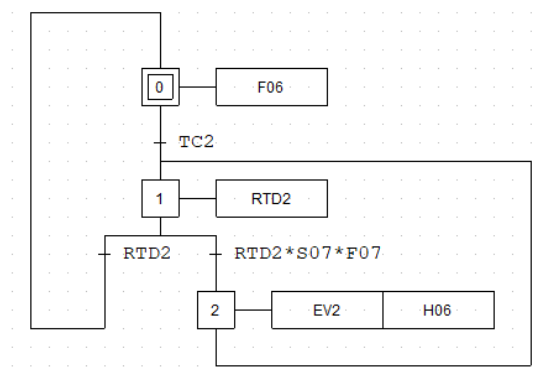


Figura 6.7 Grafcat del esquema de control de temperatura ácido nítrico

6.1.2. Descripción del problema

El proceso de limpieza requiere de varias soluciones que serían dañinos para una persona, por ello esta presenta varios factores deficientes que la mayoría de las situaciones recaen sobre el operador esto puede poner en riesgo no solo al

operador sino a terceros ya que las presiones dentro de las tuberías a la hora de realizar el lavado son muy altas, comprometiendo al operador ya que un error en el accionamiento de las válvulas podría presentar una rotura en las tuberías. Otras de las problemáticas serían el tiempo de accionamiento, es decir que cada etapa tiene su tiempo esto hace que el operador este pendiente del tiempo. Esto podría dificultarse si el operador no prestara atención, ya que si por error pasara de una etapa a otra de forma prematura esto pondría en déficit la calidad de la limpieza por lo tanto la materia prima a hacer procesada estaría comprometida. También las soluciones deben presentar un grado de concentración óptimo para brindar una eficiente limpieza; por ello se hace un control manual por cierto periodo de tiempo prolongado. Estos periodos de tiempos varían dependiendo del operador en cargo de extraer las muestras y verificar la concentración, exponiendo al personal encargado a los líquidos corrosivos de los tanques. Todo lo mencionado pone en tela de juicio el criterio del operador ya que no se realiza en cada lavado por ende la eficiencia del lavado queda comprometida. Mediante esta recopilación de información sobre el sistema de limpieza que presenta la planta láctea, podría resumirse en estas son los problemas a solucionar

- Control de posicionamiento de las tuberías
- Conmutación manual de las etapas
- Carencia de temporizador
- Control en cada etapa del proceso de limpieza
- Falta de control de dosificación
- Recirculamiento innecesario de los líquidos
- Carencia de medidor de nivel de tanque
- Pérdida de tiempo en el accionamiento y cambio de etapas
- Falta de avisos de fallos o de niveles inestables

6.2. Planteamiento de soluciones

Observando las anteriores descripciones se destaca la necesidad de realizar un sistema automatizado que realice las conmutaciones necesarias y verifique si es que sistema CIP está listo para realizar una limpieza. También es necesario que el operador tenga y pueda configurar los valores que componen todo este sistema como el tiempo de cada etapa y las temperaturas.

De esta forma realizaremos una verificación de los componentes ya existentes en el sistema que podrían ser útiles para la automatización luego procederemos a realizar la lógica programada necesaria para la automatización

6.2.1. Dispositivos necesarios

6.2.1.1. Siemens

Siemens es una marca importante en el ámbito de los componentes de automatización con unos softwares confiables y seguros, por eso estaremos utilizando los componentes y softwares de dicha marca ya que se presenta accesible por ello estaremos exponiendo los componentes que necesitaremos

6.2.1.1.1. SIMATIC S7-1200 AC/DC/RLY

Viendo la necesidad de que se va a estar controlando varias electroválvulas y motores en el cual las salidas deben conmutar dicho dichos dispositivos por ello este PLC nos brinda una robustez y sencillez a la hora de realizar el cableado. Las especificaciones de este controlador nos dan la confianza de que responderá a las necesidades que el sistema CIP que estamos estudiando

Información general	
Designación del tipo de producto	CPU 1214C AC/DC/Relay
Versión de firmware	V4.1
Ingeniería con	
• Paquete de programación	STEP 7 V13 SP1 o superior
Display	
Con display	No
Tensión de alimentación	
Valor nominal (AC)	
• 120 V AC	Si
• 230 V AC	Si
Alimentación de sensores	
Alimentación de sensores 24 V	
• 24 V	20,4 a 28,8 V
Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	14; integrado
• De ellas, entradas usable para funciones tecnológicas	6; HSC (High Speed Counting)
Canales integrados (DI)	14
de tipo M/P	Si
Número de entradas atacables simultáneamente	
Todas las posiciones de montaje	
— hasta 40 °C, máx.	14
Tensión de entrada	
• Valor nominal (DC)	24 V
• para señal "0"	5 V DC, con 1 mA
• para señal "1"	15 VDC at 2.5 mA
Entradas analógicas	
Nº de entradas analógicas	2
Canales integrados (AI)	2; 0 a 10 V
Rangos de entrada	
• Tensión	Si
Rangos de entrada (valores nominales), tensiones	
• 0 a +10 V	Si
• Resistencia de entrada (0 a 10 V)	≥100 kohmios
Salidas digitales	
Número de salidas	10; Relé
Canales integrados (DO)	10
Poder de corte de las salidas	

- con carga resistiva, máx.
- con carga tipo lámpara, máx.

2 A
30 W con DC, 200 W con AC

Tabla 6.1 Ficha técnica del S7-1200 CPU 1214C AC/DC/Relay

6.2.1.1.2. SIMATIC Net CSM 1277



Figura 6.8 SIMATIC Net CSM 1277

Para una comunicación simultánea entre el controlador, panel del operador, la computadora de programación y cualquier otro dispositivo. Con lo es necesario un módulo de ethernet donde se adquiere el CSM 1277 (Compact Switch Module), el mismo tiene 4 puertos RJ45.

6.2.1.1.3. Módulo E/S digital SM 1223

Dada la situación es necesario un módulo que expansión de entrada y salida ya que son varios los componentes necesarios. Donde las especificaciones del módulo son

Tensión de alimentación	
Valor nominal (DC)	Si
• 24 V DC	
Rango admisible, límite inferior (DC)	20,4 V
Rango admisible, límite superior (DC)	28,8 V

Entradas digitales	
Nº de entradas digitales	8
• En grupos de	4
Salidas digitales	
Número de salidas	8
• En grupos de	4
Protección contra cortocircuitos	No; a prever externamente
Poder de corte de las salidas	
• con carga resistiva, máx.	2 A
• con carga tipo lámpara, máx.	30 W con DC, 200 W con AC
Tensión de salida	
• Valor nominal (DC)	5 V DC a 30 V DC
• Valor nominal (AC)	5 a 250 V AC
Intensidad de salida	
• para señal "1" rango admisible, máx.	2 A

Tabla 6.2 Ficha técnica del módulo E/S digital SM 1223

6.2.1.1.4. HMI KTP 700 Basic PN

El un panel automatizado es conveniente poseer un panel visual de las acciones y estado del proceso ya que así el operador en turno estará visualizando cada etapa del proceso además tendrá el comportamiento de las concentraciones y temperaturas del sistema.

En la familia de los Paneles Básico SIMATICS HMI hemos seleccionado el KTP 700 Basic PN por sus dimensiones y características técnicas que satisfacen el control y supervisión eficiente del sistema automatizado a proponer. [11]

Es decir, el panel seleccionado posee estas especificaciones técnicas

Información general	
Designación del tipo de producto	KTP700 Basic color PN
Display	
Tipo de display	Pantalla TFT panorámica, retroiluminación LED
Diagonal de pantalla	7 in
Achura del display	154,1 mm
Altura del display	85,9 mm
Nº de colores	65 536
Resolución (píxeles)	
• Resolución de imagen horizontal	800 Pixel
• Resolución de imagen vertical	480 Pixel
Retroiluminación	
• MTBF de la retroiluminación (con 25 °C)	20 000 h
• Retroiluminación variable	Sí
Elementos de mando	
Fuentes de teclado	
• Teclas de función	
— Nº de teclas de función	8

Tabla 6.3 Ficha técnica del HMI KTP 700 Basic PN

6.2.1.2. IFM

IFM, empresa alemana que se caracteriza por la optimización y solución de procesos tecnológicos gracias a una completa gama de sensores, sistemas de comunicación y de control.

6.2.1.2.1. AL1100 IO-Link Master

Es un maestro IO-Link con interfaz PROFINET integrada, además cuenta con una robusta carcasa para el uso en entornos industriales muy exigentes, dando una transmisión fiable de datos de máquina, parámetros de proceso y datos de diagnóstico al controlador. [13]



Figura 6.9 AL1100 IO-Link Master

Campo de aplicación	
Aplicación	Módulos de E/S para aplicaciones de campo
Función de alimentación en serie	interfaz de bus de campo
Datos eléctricos	
Tensión de alimentación [V]	20...30 DC; (US; según MBTS/MBTP)
Consumo de corriente [mA]	300...3900; (US)
Clase de protección	III
Alimentación del sensor US	
Corriente máxima total [A]	3,6
Entradas/salidas	
Número total de entradas y salidas	8; (configurable)
Número de entradas y salidas	Número de entradas digitales: 8; Número de salidas digitales: 4
Entradas	
Número de entradas digitales	8; (IO-Link Port Class A: 4 x 2)
Punto de conmutación alto [V]	11...30
Punto de conmutación bajo [V]	0...5
Resistencia a cortocircuitos de las entradas digitales	sí
Salidas	
Número de salidas digitales	4; (IO-Link Port Class A: 4 x 1)
Corriente máxima por cada salida [mA]	300
Protección contra cortocircuitos	sí
Interfaces	
Interfaz de comunicación	Ethernet; IO-Link

Tabla 6.4 Ficha técnica AL1100 IO-Link Master

6.2.1.2.2. Sensor de conductividad inductivo LDL 200

En un sistema CIP automatizado es necesario tener un medidor de conductividad, que ayudara al controlador a tomar decisiones en cada etapa del proceso de limpieza. Asimismo, reduce las imprecisiones de los procesos de limpieza basados en tiempo, aumentando el rendimiento del proceso gracias a la alta flexibilidad del punto de medición. [14]



Figura 6.10 Sensor de conductividad inductivo LDL 200

Características del producto	
Número de entradas y salidas	Número de salidas analógicas: 1
Conexión de proceso	G 1 rosca exterior Aseptoflex Vario
Campo de aplicación	
Característica especial	Contactos dorados
Fluidos	Fluidos líquidos conductores
Nota sobre los fluidos	agua
	leche
	líquidos CIP
No utilizable para	Véase el capítulo "Uso previsto" de las instrucciones de uso.
Temperatura del fluido [°C]	-25...100; (< 1 h: 150)
Resistencia a la presión [bar]	16
Resistencia al vacío [mbar]	-1000
Datos eléctricos	
Tensión de alimentación [V]	18...30 DC
Consumo de corriente [mA]	< 100
Clase de protección	III
Protección contra inversiones de polaridad	sí
Retardo a la disponibilidad [s]	2
Entradas/salidas	
Número de entradas y salidas	Número de salidas analógicas: 1
Salidas	
Número total de salidas	1
Señal de salida	señal analógica; IO-Link
Función de salida	salida analógica; escalable; seleccionable conductividad / Temperatura
Número de salidas analógicas	1
Salida analógica de corriente [mA]	4...20
Carga máx. [Ω]	500
Rango de configuración / medición	
Medición de conductividad	
Rango de medición [μS/cm]	100...1000000
Medición de temperatura	
Rango de medición [°C]	-25...150

Tabla 6.5 Ficha técnica sensor de conductividad inductivo LDL 200

6.2.1.3. Endress + Hauser

Endress + Hauser es un proveedor de instrumentación y automatización de procesos y procesos de operación global.

6.2.1.3.1. Detección de nivel de punto conductor Liquipoint FTW31

Un sensor de nivel por conductividad da a conocer los niveles de líquidos en los tanques por ello estaremos utilizando este dispositivo de la familia Liquipoint en específico el FTW31 que ofrece una detección de nivel de punto simple y segura en líquidos conductores. Dando numerosas posibilidades de medición mediante a la detección multipunto (hasta 5 varillas). [15] [16]

Temperatura de proceso: -40 ° C ... 100 ° C

Presión de proceso absoluta / máx. límite de sobrepresión: Vacío ... 10 bar

Min. conductividad del medio: 10 $\mu\text{S} / \text{cm}$



Figura 6.11 Detector de nivel de punto conductor Liquipoint FTW32

6.2.1.3.2. Nivotester FTW325



Figura 6.12 Transmisor Nivotester FTW325

Es un transmisor de nivel para sensores conductivos donde un punto de detección de nivel con circuito de señal intrínsecamente seguro para la conexión [17] [16]

6.2.2. Lógica cableada

Para reducir los costos se estará viendo cómo se combinaría los nuevos esquemas con los actuales, ya que esto es posible con los dispositivos adecuados. Así mismo se llegaría a conservar mayor parte del sistema actual reduciendo significativamente los costos y evitando los cambios drásticos de estructuras.

6.2.2.1. Entradas de información

La mayor parte de los dispositivos necesarios para la automatización son los encargados de proveer información al controlador. Estos a su vez tienen distintas señales que el controlador debe interpretar para poder realizar los accionamientos y arranques según la situación corresponda.



La figura (6.13) muestra el SIMATIC S7 1200 AC/DC/RLY y el módulo E/S digital SM 1223 con las distintas entradas. Este controlador ejecutara todas las de manera secuencial el proceso de limpieza por ello es necesario entender las entradas

6.2.2.1.1. Entradas digitales

La mayor parte de las entradas son digitales que donde los cada una tienen funciones diferentes

<i>SIMATIC S7 1200 AC/DC/RLY</i>		
<i>Entrada</i>	<i>Nombre</i>	<i>Observaciones</i>
A0	Llave general	Con esta entrada pone en encendido las funciones lógicas del controlador
A1	Parada de emergencia	Detiene las funciones del sistemas
A2	Relé térmico del motor CIP	Mediante esta entrada se visualiza si el motor CIP está para arranca o presenta un fallo
A3	Relé térmico del motor Autosevante	Mediante esta entrada se visualiza si el motor Autosevante está para arranca o presenta un fallo
A4	Sensor inductivo (Leche)	Indica la posición de la tubería de leche preparada para los líquidos que van a pasar

A5	Sensor inductivo (CIP)	Indica la posición de la tubería de CIP preparada para los líquidos que van a pasar
A6	Sensor inductivo (Retorno CIP)	Indica la posición de la tubería de retorno CIP preparada para los líquidos que van a pasar
B0	Señal de nivel mínima de Agua	Da a conocer que los niveles del líquido en el tanque del agua están disminuyendo
B1	Señal de nivel mínima de Soda Caustica	Da a conocer que los niveles del líquido en el tanque de la soda caustica están disminuyendo
B2	Señal de nivel mínima de Ácido Nítrico	Da a conocer que los niveles del líquido en el tanque del ácido nítrico están disminuyendo
B3	Señal de nivel mínima de Desinfectante	Da a conocer que los niveles del líquido en el tanque del desinfectante están disminuyendo
Módulo E/S digital SM 1223		
Entrada	Nombre	Observaciones
A0	Señal de nivel máximo de Agua	Da a conocer que los niveles del líquido en el tanque del agua están excediendo

A1	Señal de nivel máximo de Soda Caustica	Da a conocer que los niveles del líquido en el tanque de la soda caustica están excediendo
A2	Señal de nivel máximo de Ácido Nítrico	Da a conocer que los niveles del líquido en el tanque del ácido nítrico están excediendo
A3	Señal de nivel máximo de Desinfectante	Da a conocer que los niveles del líquido en el tanque del desinfectante están excediendo

Tabla 6.6 Entradas físicas digitales del PLC y el módulo

6.2.2.1.2. Entradas analógicas

Las entradas analógicas que recibirá el controlador pertenecen a dos sensores de temperatura PT100 RTD los cuales actualmente son las encargadas de medir las condiciones térmicas de los tanques de Soda Caustica y Ácido Nítrico. Viendo la situación de los sensores podrían ser reutilizados en esta propuesta, monitoreando y supervisando los cambios térmicos en el tiempo de cada tanque mediante el controlador y la interfaz gráfica.

SIMATIC S7 1200 AC/DC/RLY		
Entrada	Nombre	Observaciones
AI1	Sensor PT100 Soda Caustica	Envía a la entrada analógica información de la temperatura del tanque de soda caustica

AI2	Sensor PT100 Acido Nítrico	Envía a la entrada analógica información de la temperatura del tanque de ácido nítrico
-----	-------------------------------	--

Tabla 6.7 Entradas físicas analógicas del PLC

6.2.2.1.3. Entradas IO-Link

Estas clases de entradas pueden ser de señal digital como analógica, así mismo utilizaremos el maestro IO-Link para poder interactuar el autómatas con los sensores de conductividad inductivo esta a su vez estará informando de las concentraciones las soluciones.

A diferencia de las demás entradas estas tienen una configuración distinta ya que necesita cargar paquetes de datos de los maestros para así poder parametrizar las entradas.

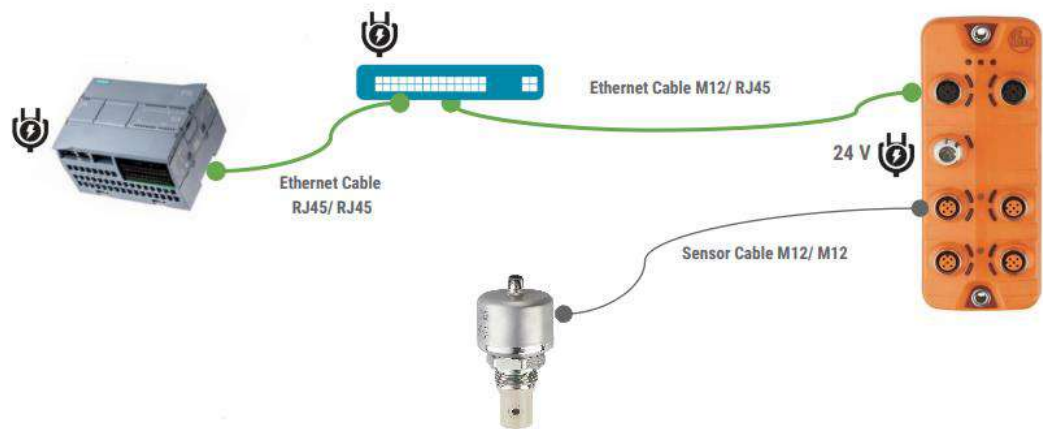


Figura 6.14 Conexión de entradas IO-Link al PLC

En la figura 6.14 se visualiza las conexiones de cada dispositivo con sus correspondientes cables. Es necesario mencionar que el AL1100 maestros IO-Link puede albergar hasta 4 sensores en cada puerto, en nuestra propuesta se debe activar 2 puertos y el resto desactivar.

Maestro IO-Link AL1100		
Entrada	Nombre	Observaciones
X01	Sensor de conductividad inductivo de entrada	Da a conocer las concentraciones en tiempo real de los líquidos que pasan en la entrada de la tubería CIP
X02	Sensor de conductividad inductivo de salida	Da a conocer las concentraciones en tiempo real de los líquidos que pasan en la salida de la tubería CIP

Tabla 6.8 Entradas físicas IO-Link del Maestro AL1100

6.2.2.2. Respuestas de información

Las salidas en respuesta a la información que recibe el autómatas será únicamente de señal digital. Teniendo en conocimiento que todos los actuadores pueden responder a las señales alto y bajo sin ningún inconveniente.

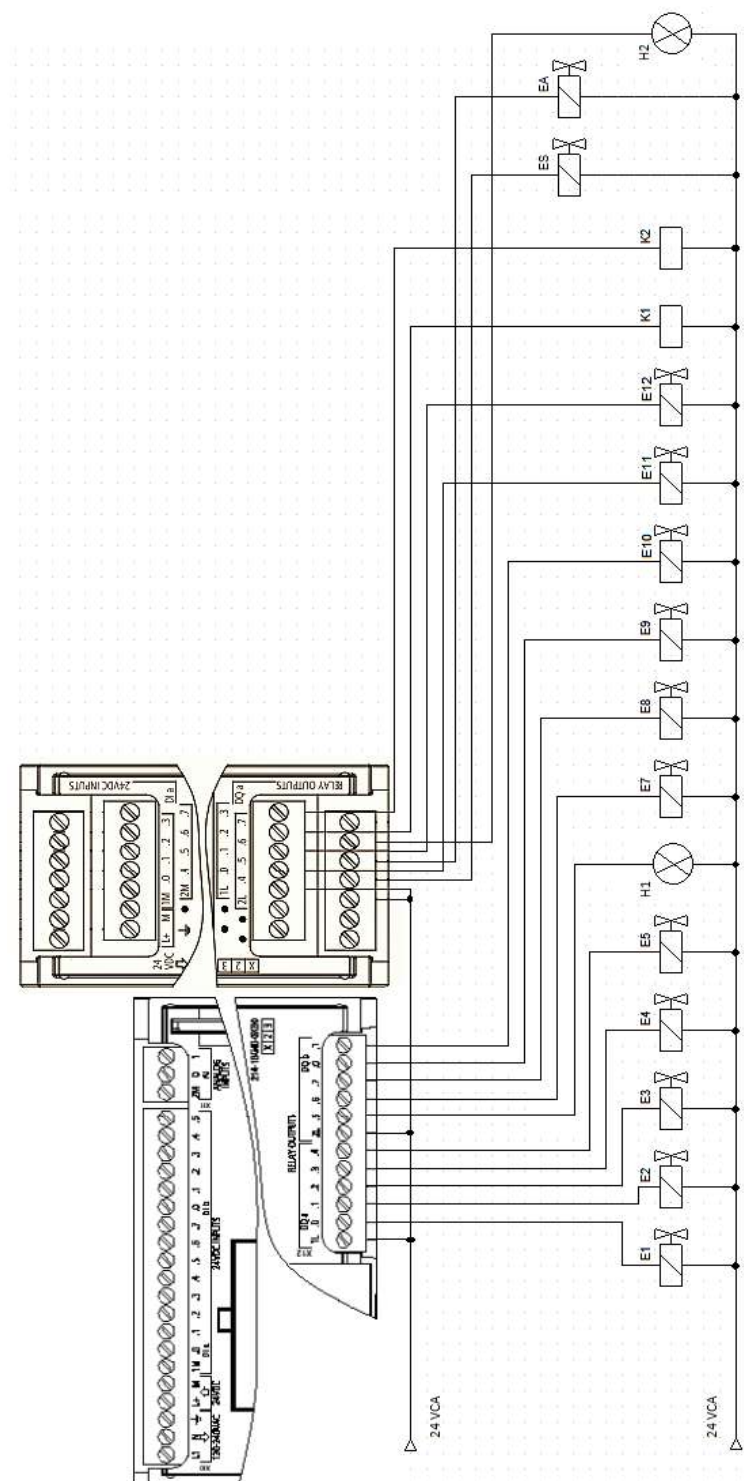


Figura 6.15 Salidas generales del PLC y del módulo

SIMATIC S7 1200 AC/DC/RLY		
Salida	Nombre	Observaciones
A0	Electroválvula de desagüe	Apertura y cierre del desagüe de líquidos durante los enjuagues a drenaje
A1	Electroválvula entrada de soda caustica	Apertura y cierre de entrada de retorno al tanque de la soda caustica
A2	Electroválvula vapor de soda caustica	Apertura y cierre del vapor que calienta la solución que se encuentra en el tanque de soda caustica
A3	Electroválvula entrada de ácido nítrico	Apertura y cierre de entrada de retorno al tanque del ácido nítrico
A4	Electroválvula vapor de ácido nítrico	Apertura y cierre del vapor que calienta la solución que se encuentra en el tanque de ácido nítrico
A5	Señalización del sistema CIP	La lámpara verde se encenderá indicando que el sistema está preparado para iniciar el lavado
A6	Electroválvula recarga de agua	Apertura y cierre de recarga en el tanque de agua
A7	Electroválvula entrada de desinfectante	Apertura y cierre de entrada de retorno al tanque de desinfectante

B0	Electroválvula salida de soda caustica	Apertura y cierre de la salida del tanque de soda caustica a las tuberías
B1	Electroválvula salida de ácido nítrico	Apertura y cierre de la salida del tanque de ácido nítrico a las tuberías
Módulo E/S digital SM 1223		
Salida	Nombre	Observaciones
A0	Electroválvula salida de agua	Apertura y cierre de la salida del tanque de agua a las tuberías
A1	Electroválvula salida de desinfectante	Apertura y cierre de la salida del tanque de desinfectante a las tuberías
A2	Contactor del motor CIP	Encendido y apagado del motor bomba de entrada de líquidos al circuito de tuberías
A3	Contactor del motor autosevante	Encendido y apagado del motor bomba autosevante de salida de líquidos del circuito de tuberías
A4	Electroválvula bomba dosificador soda caustica	Encendido y apagado del motor bomba neumática dosificadora de soda caustica
A5	Electroválvula bomba dosificador ácido nítrico	Encendido y apagado del motor bomba neumática dosificadora de ácido nítrico

A6	Señalización de falla del sistema	La lámpara roja se encenderá indicando que el sistema tiene unas fallas para iniciar el lavado
----	-----------------------------------	--

Tabla 6.9 Salidas físicas del PLC y del modulo

6.2.2.2.1. Esquemas de conexión

El diagrama de conexión de la figura muestra que el K1 y K2 activan los contactos de las bobinas del motor CIP y del motor autosevante

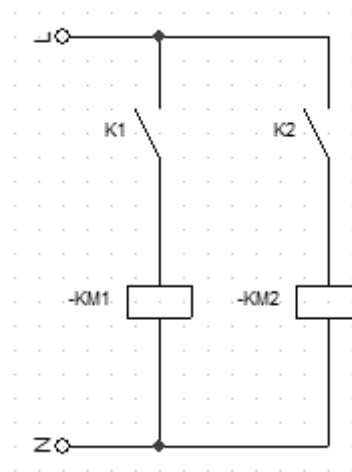


Figura 6.16 Esquema de contactores de los motores CIP y autosevante

Estos contactos activan los dos motores utilizados en el proceso siempre y cuando los relés de cada motor no los desactiven. Los relés tienen la función de proteger a los motores, estos son utilizados como entradas en el controlador ya que si llegaran a dispararse tendríamos un aviso de falla

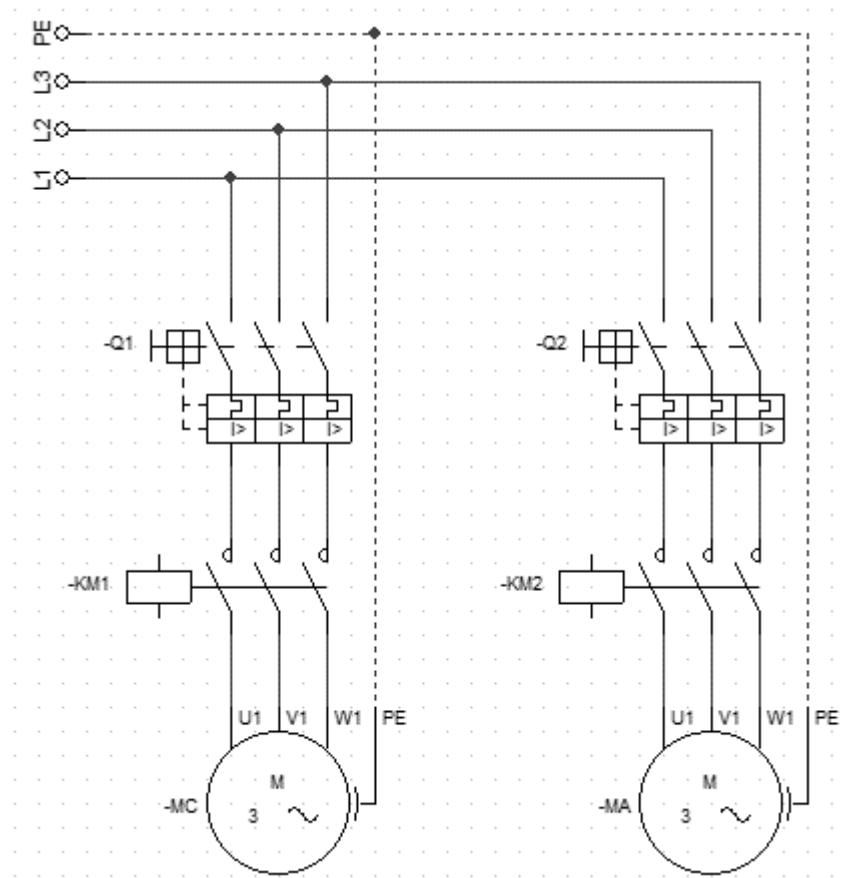


Figura 6.17 Esquema de potencia de los motores CIP y autosevante

Los actuadores neumáticos que serán utilizados para las aperturas y cierres de las válvulas de los tanques serán adaptados a las válvulas que manualmente son accionadas es por ello que en la apertura tendrá una gran velocidad y en el cierre tendrá que ser retrasado mediante un regulador para así poder evitar los golpes de ariete que podrían presentarse.

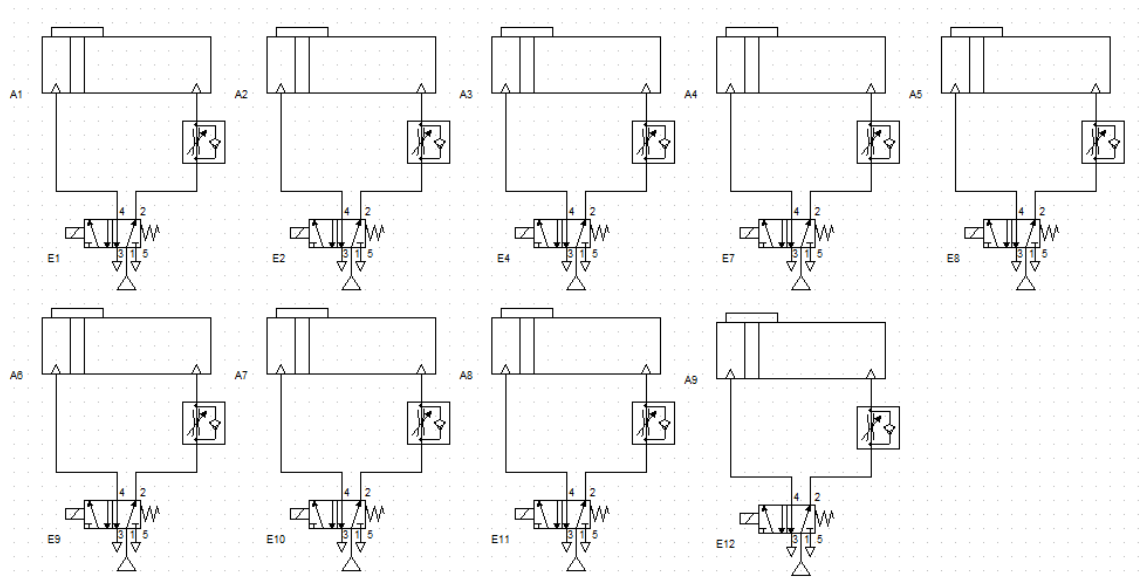


Figura 6.18 Esquema de los actuadores neumáticos de las válvulas mariposa

Las válvulas electro neumáticas ES y EA son las que una vez activa, el motor dosificador correspondiente empieza a enviar los líquidos para su mezcla ya sea soda caustica o ácido nítrico esos motores neumáticos enviarán el líquido en el tanque correspondiente hasta que el sensor de conductividad de entrada lo indique

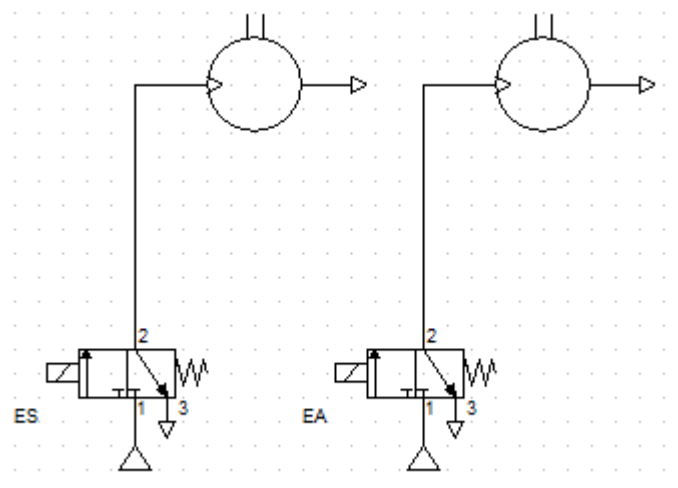


Figura 6.19 Esquema neumático de los motores bomba dosificadores de soda caustica y acido nítricos

6.2.2.3. Lógica programada

En los sistemas automatizados la lógica programada tiene un papel muy importante, ya que es la que conecta las entradas y salidas en una sintaxis dando una secuencia para que los dispositivos conectados al autómata efectúen los accionamientos correspondientes. Así mismo uniendo las interacciones de los demás dispositivos, a un proceso de automatización

Mediante el programa TIA Portal V14 se realizará el código fuente del sistema CIP (Clean In Place) a proponer. Por ello es necesario vincular los módulos a utilizarse

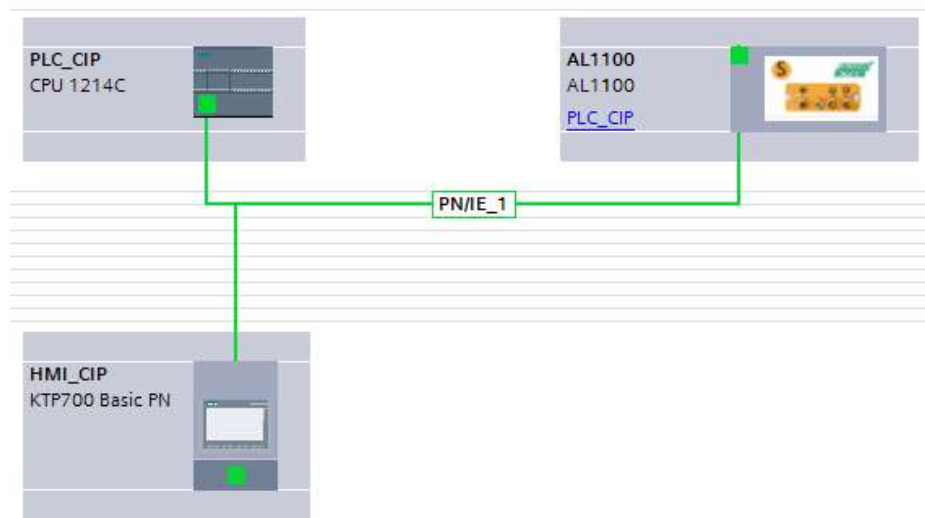


Figura 6.20 Conexión PROFINET (PLC, HMI y AL1100)

Las configuraciones para el master IO-Link AL1100 son descritas en el Apéndice B.3. Una vez vinculados se procede a identificar las salidas y entradas que el PLC asigna

Entradas del sistema		
Dirección del PLC	Tipo de dato	Descripción
SIMATIC S7 1200 AC/DC/RLY		

I0.0	Bool	Llave general
I0.1	Bool	Pulsador de emergencia
I0.2	Bool	Relé térmico del motor CIP
I0.3	Bool	Relé térmico del motor autosevante
I0.4	Bool	Sensor inductivo leche
I0.5	Bool	Sensor inductivo CIP
I0.6	Bool	Sensor inductivo retorno CIP
I1.0	Bool	Sensor de nivel mínimo por conductividad agua
I1.1	Bool	Sensor de nivel mínimo por conductividad soda caustica
I1.2	Bool	Sensor de nivel mínimo por conductividad acido nítrico
I1.3	Bool	Sensor de nivel mínimo por conductividad desinfectante
IW64	Int	Sensor de temperatura PT 100 soda caustica
IW66	Int	Sensor de temperatura PT 100 acido nítrico
Módulo E/S digital SM 1223		
I6.0	Bool	Sensor de nivel mínimo por conductividad soda caustica
I6.1	Bool	Sensor de nivel mínimo por conductividad acido nítrico
I6.2	Bool	Sensor de nivel mínimo por conductividad agua
I6.3	Bool	Sensor de nivel mínimo por conductividad desinfectante
Maestro IO-Link AL1100		
ID68	DInt	Sensor de conductividad inductivo entrada
ID84	DInt	Sensor de conductividad inductivo salida

Tabla 6.10 Entradas del sistema

Salidas del sistema		
Dirección del PLC	Tipo de dato	Descripción
SIMATIC S7 1200 AC/DC/RLY		
Q0.0	Bool	Electroválvula de desagüe
Q0.1	Bool	Electroválvula de entrada de soda caustica
Q0.2	Bool	Electroválvula de entrada de vapor al tanque de soda caustica
Q0.3	Bool	Electroválvula de entrada de ácido nítrico
Q0.4	Bool	Electroválvula de entrada de vapor al tanque de ácido nítrico
Q0.5	Bool	Lámpara del sistema CIP listo para realizar limpieza
Q0.6	Bool	Electroválvula de entrada de agua
Q0.7	Bool	Electroválvula de entrada del desinfectante
Q1.0	Bool	Electroválvula de salida de soda caustica
Q1.1	Bool	Electroválvula de salida de ácido nítrico
Módulo E/S digital SM 1223		
Q7.0	Bool	Electroválvula de salida de agua
Q7.1	Bool	Electroválvula de salida del desinfectante
Q7.2	Bool	Motor bomba CIP
Q7.3	Bool	Motor bomba autosevante
Q7.4	Bool	Motor bomba neumática dosificadora de soda caustica
Q7.5	Bool	Motor bomba neumática dosificadora de ácido nítrico
Q7.6	Bool	Lámpara de fallos en el sistema CIP

Tabla 6.11 Salidas del sistema

Una vez asignadas las variables de entradas y salidas se crea un organizador de bloques OB donde todas las funciones deberán estar en ese bloque para ser leídas por el autómata.

Estado de preparación del sistema Clean In Place CIP

Una vez que I0.0, I0.1, I0.2, I0.3, I1.0, I1.1, I1.2 e I1.3 estén en estado alto la Q0.5 se activara de caso contrario y exceptuando a la I0.0 se activara la Q7.6 evitando que el sistema no esté listo para realizar los ciclos de limpieza mostrándose en el Apéndice B.2.1.

Las conversiones de las entradas analógicas también se dan en el OB. Ya sea los conversores de temperaturas o de los niveles de conductividad

A diferencia de los demás tanques, el tanque de agua no tendrá una válvula de retorno esto significa que todas las aguas en circuito de tuberías saldrán por la válvula de desagüe y el tanque estará abasteciéndose con agua mediante un lazo de retroalimentación entre la válvula de recarga y el sensor de nivel conductivos

Las alarmas del bloque de funciones Apéndice B.2.3 estarán alimentadas en el OB donde los errores serán vistos en el HMI

Activación del sistema Clean In Place CIP

En el Apéndice B.2.1 se muestra que una vez el sistema esté listo para realizar esta no se accederá a realizar mientras que I0.4, I0.5 e I0.6 no estén activados. Con esto se asegura que los sistemas de tuberías estén conectados entre sí.

También se observa las marcas que serán utilizadas para pulsador de inicio (M1.3) y pulsador de parada (M1.5) del proceso de limpieza destacando los tiempos de cada proceso que son añadidos de forma predeterminada mediante un bloque de datos OB es decir las etapas presentarán tiempos considerables exceptuando todas las etapas de enjuague ya está tendrán tiempos insignificantes es por eso que la duración de la estas dependerán del los sensores de conductividad inductivo que estarán interactuando en las entradas del bloque.

Además, la mayoría de las salidas están conectadas en bloque es decir que las condiciones conmutaciones serán realizadas internamente

Proceso de limpieza

En el Apéndice B.2.2 observamos que en un bloque de funciones FB se realizarán las sintaxis de conmutación y los cálculos aproximado de tiempo de duración de la limpieza.

Los cálculos de que se destacaran estos son las concentraciones las cuales la Soda Caustica y el ácido nítrico deben poseer algunos porcentajes de concentraciones eso datos son ya conocidos, pero deben ser convertidos en otras unidades para ser comparadas con los datos que los sensores de conductividad inductiva proporcionaran

Por de un estudio laboratorio se concluye que el agua potable puede llegar a un máximo de 10055 $\mu\text{S}/\text{cm}$

Para la concentración de la soda caustica y el ácido nítrico es necesario ver en la figura (6.21) las condiciones a 25°C donde observamos el comportamiento de las dos soluciones

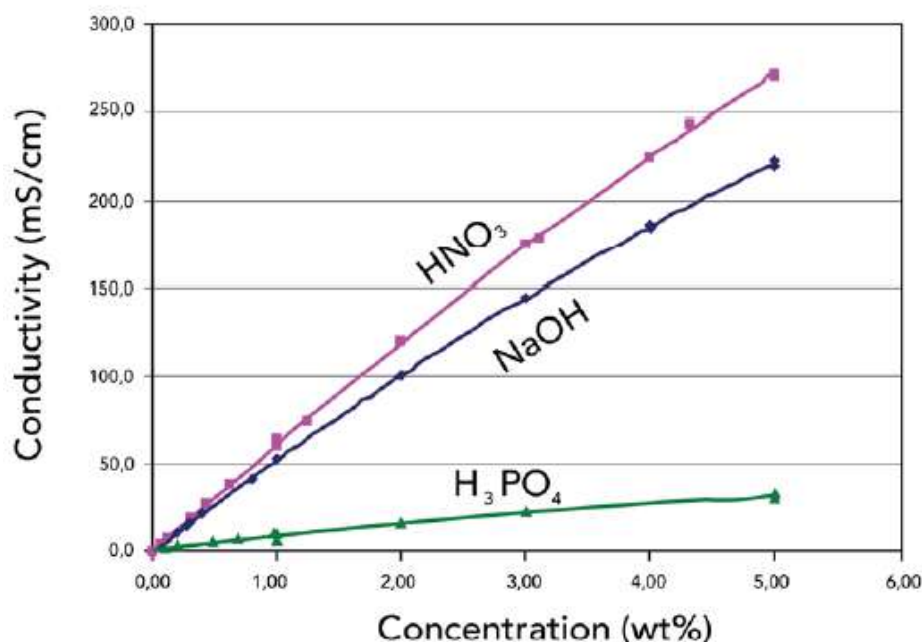


Figura 6.21 Conductividad vs concentración

Con ayuda de estos gráficos nos enfocamos en extraer los datos de conductividad a utilizarse es por ello que según la empresa láctea es recomendable utilizar para soda caustica 2.5wt% y para ácido nítrico 1.5wt%. Los porcentajes mostrados son trabajados a 65°C es por ellos que deben ser convertidos en otras unidades mediante siguiente fórmula

$$\alpha_{25^{\circ}\text{C}} = \frac{(\kappa_{\theta} - \kappa_{25}) \cdot 100}{\kappa_{25} \cdot (\theta - 25)} \quad \begin{array}{l} \kappa_{\theta} = \text{conductivity at } \theta^{\circ}\text{C} \\ \kappa_{25} = \text{conductivity at } 25^{\circ}\text{C} \end{array}$$

Según los datos de la tabla 6.12 nos muestra el coeficiente de compensación de temperatura de cada solución podremos realizar dichos cálculos

Detergent type	Temperature compensation coefficient (α)
Sodium hydroxide – NaOH	1.7%/°C
Nitric acid – HNO ₃	1.3%/°C

Tabla 6.12 Coeficiente de compensación de temperatura

Soda Caustica

$$\alpha_{25^{\circ}\text{C}} = 1.7\%/^{\circ}\text{C}$$

$$K_{25} = 120 \text{ mS/cm}$$

$$\theta = 65^{\circ}\text{C}$$

$$1.7 \frac{\%}{^{\circ}\text{C}} = \frac{\left(K_{\theta} - \frac{120\text{mS}}{\text{cm}}\right) * 100}{\frac{120\text{mS}}{\text{cm}} * (65^{\circ}\text{C} - 25^{\circ}\text{C})}$$

$$1.7 * 4800 = 100K_{\theta} - 12000$$

$$K_{\theta} = \frac{8160 + 12000}{100} = 201.6 \frac{\text{mS}}{\text{cm}}$$

$$K_{\theta} = 201600 \frac{\mu S}{cm}$$

Ácido Nítrico

$$\alpha_{25^{\circ}C} = 1.3\%/^{\circ}C$$

$$K_{25} = 85 \text{ mS/cm}$$

$$\theta = 65^{\circ}C$$

$$1.3 \frac{\%}{^{\circ}C} = \frac{\left(K_{\theta} - \frac{85mS}{cm}\right) * 100}{\frac{85mS}{cm} * (65^{\circ}C - 25^{\circ}C)}$$

$$1.3 * 3400 = 100K_{\theta} - 8500$$

$$K_{\theta} = \frac{4420 + 8500}{100} = 129.2 \frac{mS}{cm}$$

$$K_{\theta} = 129200 \frac{\mu S}{cm}$$

Segmento 1 realiza la suma total aproximada de la duración del lavado para utilizarlo como referencia

Segmento 2 los tiempos son divididos y guardados en porciones de memorias estáticas para luego usarlas e indicar en las etapas de limpieza

Segmento 3 se observa las condiciones del funcionamiento del temporizador progresa mediante un contador ascendente y esto a su vez lo guarda en una memoria global (MD20). Los cuales este temporizador tendrá pausas en los conteos ya que en las etapas de enjuague no tendría que cronometrar

Segmento 4 las conmutaciones más importantes son de intercambio de entrada ya que una entrada o salida debe cerrarse y otra abrirse es por ello que cuando

uno de los #flanco entra en estado alto de inmediatamente activa una entrada o salida y a los 5 seg. #cambio cambia de estado en alto para poder desactivar otra entrada o salida siguiendo una secuencia de mediante un contador descendente en las cuales tendremos varias entradas estáticas conectas paralelamente donde cada vez que el numero descienda se guarda en una memoria. Una vez realizado las dichas condiciones se procede a la memoria del contador descendente moverá el numero guardado a una memoria estática llamada #numero

Segmento 5 el #Motor Autosevante contiene varias condiciones para poder entrar en funcionamiento es clave destacar que el una vez activado solo se desactiva cuando #Parada este en alto o al termino del proceso

Segmento 6 una vez que #Parada este activo se detiene todas las funciones dejando en alto la #Válvula 1

Segmento 7 cuando #Inicio cambia de estado a alto las #Válvulas 1 y 7 entran en estado alto al igual que el #Motor CIP dando inicio al pre enjuague. Luego al pasar un segundo si MD20 está entre los rangos se retiene el temporizador asimismo se compara #Conductividad entrada y #Conductividad salida hasta sean iguales una vez cumplido la comparación cambia de estado la #Válvula 7 a bajo

Segmento 8 Una vez realizado el cambio de estado de la #Válvula 7 se activa unas condiciones donde las cumpliendo se activará la #Válvula 5 terminando el Pre enjuague. En consecuencia, se ejecutan otras condiciones donde #Conductividad salida deben ser igual o mayor a la constante de #Agua Potable realizado esto la #Válvula 2 entra en estado alto a la par entra en se espera unos 5 seg. para la conmutación del #Válvula 1 al estado bajo dando inicio a la etapa de Soda Caustica.

Se realiza una comparación entre #Conductividad entrada y la #Soda caustica si la #Conductividad entrada es menor que #Soda caustica, el #Dosificador Alcalino se activara hasta que #Conductividad entrada sea mayor o igual que #Soda

caustica. Una vez terminada las comparaciones se recirculará por un periodo que esta por defecto de 10 min. pero esto puede ser variado según la configuración que se realice, pasado el tiempo la #Válvula 5 cambia de estado a bajo

Segmento 9 cuando el tiempo vuelva a detenerse y la #Válvula 5 cambia de estado a bajo deberá transcurrir unos 5 seg. al instante se activa la #Válvula 7 a la par se compara la #Conductividad salida hasta que sea menor o igual a #Agua potable luego se activa la #Válvula 1 finalizando la etapa de Soda Caustica después de unos 5 seg. la #Válvula 2 pasa al estado bajo dando inicio del 1er enjuague intermedio. Los siguientes pasos es comparar la #Conductividad entrada y #Conductividad salida hasta sean iguales una vez cumplido la comparación cambia de estado la #Válvula 7 a bajo

Segmento 10 seguidamente se espera 5 seg. para que la #Válvula 6 cambia de estado a alto luego se compara la #Conductividad salida hasta que sea mayor o igual a #Agua potable cumplido eso la #Válvula 3 cambia de estado a alto dando fin del 1er enjuague intermedio y a los 5 seg. la #Válvula 1 cambia de estado a bajo iniciando la etapa Acido Nítrico.

Se realiza una comparación entre #Conductividad entrada y la #Acido nítrico si la #Conductividad entrada es menor que #Acido nítrico, el #Dosificador Acido se activara hasta que #Conductividad entrada sea mayor o igual que #Acido nítrico. Una vez terminada las comparaciones se recirculará por un periodo que esta por defecto de 5 min. pero esto puede ser variado según la configuración que se realice, pasado el tiempo la #Válvula 6 cambia de estado a bajo

Segmento 11 continuando la secuencia cuando el tiempo vuelva a detenerse y la #Válvula 6 cambia de estado a bajo deberá transcurrir unos 5 seg. al instante se activa la #Válvula 7 a la par se compara la #Conductividad salida hasta que sea menor o igual a #Agua potable luego se activa la #Válvula 1 finalizando la etapa de Ácido Nítrico después de unos 5 seg. la #Válvula 3 pasa al estado bajo dando inicio del 2do enjuague intermedio. Los siguientes pasos es comparar la

#Conductividad entrada y #Conductividad salida hasta sean iguales una vez cumplido la comparación cambia de estado la #Válvula 7 a bajo

Segmento 12 una vez realizada el accionamiento anterior hay un retardo de 5 seg. después #Válvula 8 cambia de estado a alto con esta acción la etapa del desinfectante inicia. La #Conductividad salida es comparada hasta que sea mayor o igual a #Agua potable cumplido eso la #Válvula 4 a par se espera unos 5 seg. para que la #Válvula 1 cambie de estado a bajo dando por terminado el 2do enjuague intermedio. Al instante recirculará por un periodo que esta por defecto de 5 min. pero esto puede ser variado según la configuración que se realice, pasado el tiempo la #Válvula 6 cambia de estado a bajo

Segmento 13 así mismo se detiene el temporizador esperando que a 5 seg. #Válvula 7 cambien de estado a alto dando lugar al fin de la etapa de desinfectante, luego se procede a evaluar si #Conductividad salida sea menor o igual a #Agua potable hecho esto #Válvula 1 se activa y a los 5 seg se desactiva #Válvula 4 dando inicio al enjuague final. Los siguientes pasos es comparar la #Conductividad entrada y #Conductividad salida hasta sean iguales una vez cumplido la comparación cambia de estado la #Válvula 7 y el #Motor CIP a bajo dando finalizada el enjuague final.

El temporizado continua hasta llegar a ser igual a la memoria MD10 luego el #Motor Autosevante cambia su estado a bajo. Así el proceso de limpieza culmina dejando solo activo la #Válvula 1

Segmento 14 su una la memoria MD30 para utilizar su contenido en la HMI con cada etapa o cualquier situación predeterminada realizada MD30 albergará un numero por cada situación y esto será visualizado mediante el HMI.

6.2.2.4. Control y supervisión del proceso Clean In Place CIP

La interfaz HMI constara con 5 imágenes que podrán ser navegadas por el operador cada una tendrá diferentes funciones a las cuales facilitaría mucho a la hora de interactuar y conocer el estado del proceso de limpieza.

Inicio

Esta imagen es de portada ya que una vez que esta imagen se muestre en la pantalla HMI como muestra la figura 6.21 el operador podrá acceder a las 4 imágenes restantes

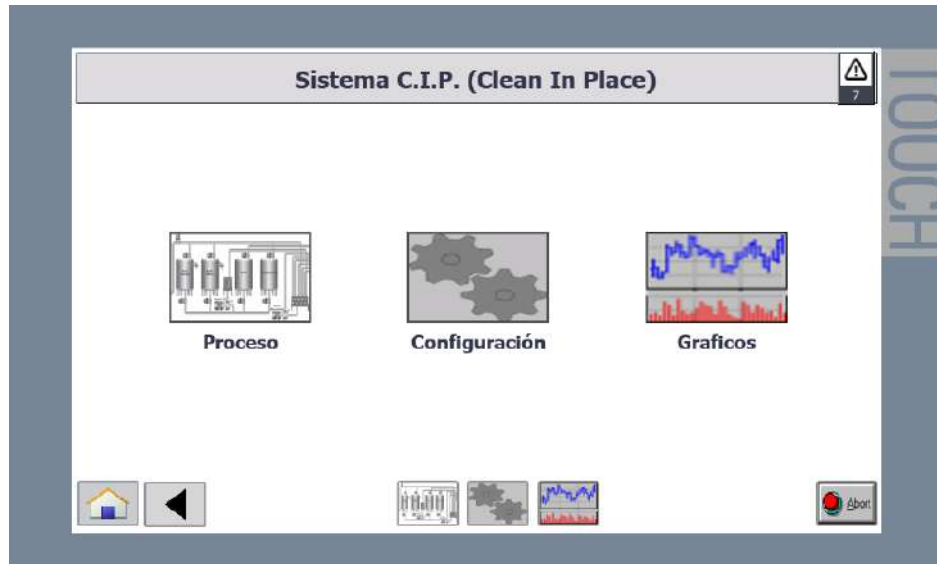


Figura 6.22 Inicio HMI

Proceso

En la figura 6.23 se aprecia la mayor parte de los accionamientos del proceso. No solo se podrá ver que válvula esta activa o si las tuberías están puestas para realizar el lavado, sino que también se podrá visualizar la temperatura de los dos tanques y el comportamiento de la conductividad de entrada y salida.

En la parte superior medió posee un texto donde nos indicara las etapas que van pasando y las paradas, también en la zona superior derecho hay un cronometro que nos indicara el tiempo aproximado de cuando termina el proceso.



Figura 6.23 Proceso HMI

Configuración

En esta imagen el operador puede acceder a configurar de ciertos valores del proceso en los cuales todos vendrán con una configuración predeterminada según se muestra en la figura 6.24, en esta imagen solo si el operador lo ve necesario podrá modificar. Estos rangos a su vez tienen límites en los cuales si se llegase a sobrepasar este automáticamente los resetea al rango limite.

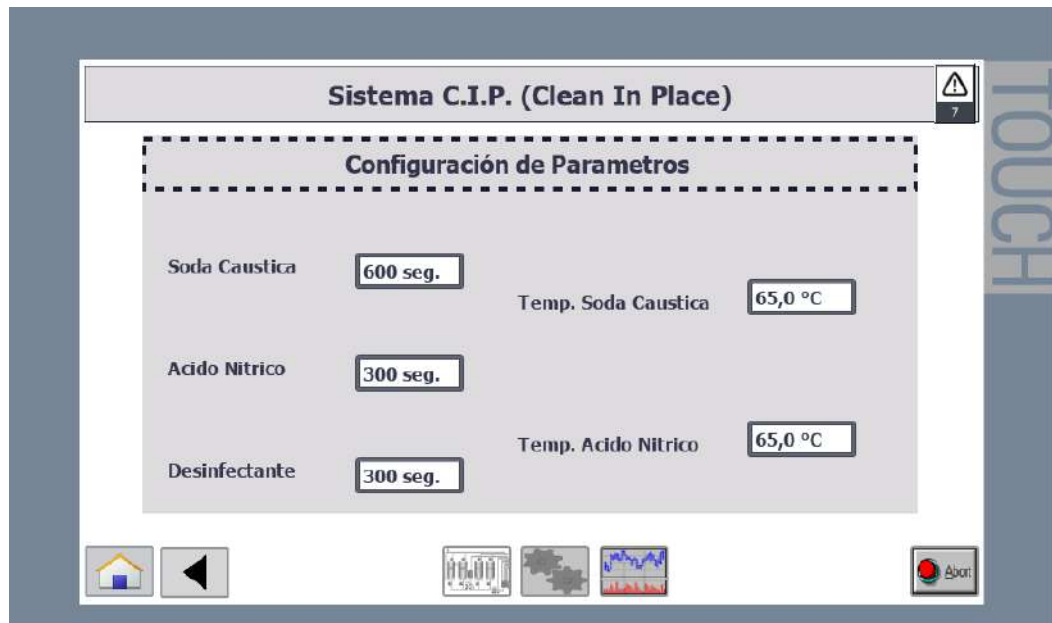


Figura 6.24 Configuración HMI

Grafica de conductividad

En figura 6.25 se supervisará el comportamiento de los sensores de conductividad inductivos de entrada y de salida a través del tiempo. Es necesario tener estas graficas ya que así se podrá visualizar las fluctuaciones y con ello tomar medidas preventivas

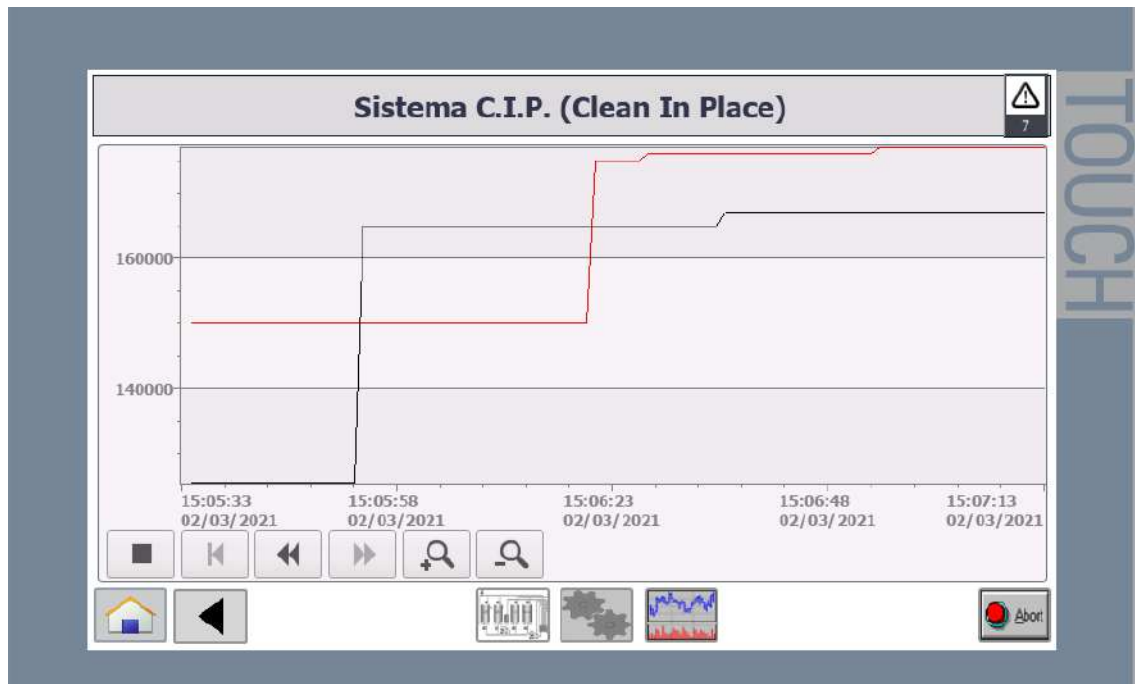


Figura 6.25 Grafica de conductividad HMI

Temperaturas

Controlar y mantener que las temperaturas de los tanques estén en condiciones para un buen resultado en las dosificaciones. Con todo lo mencionado anteriormente en la figura 6.26 estará en supervisión las temperaturas

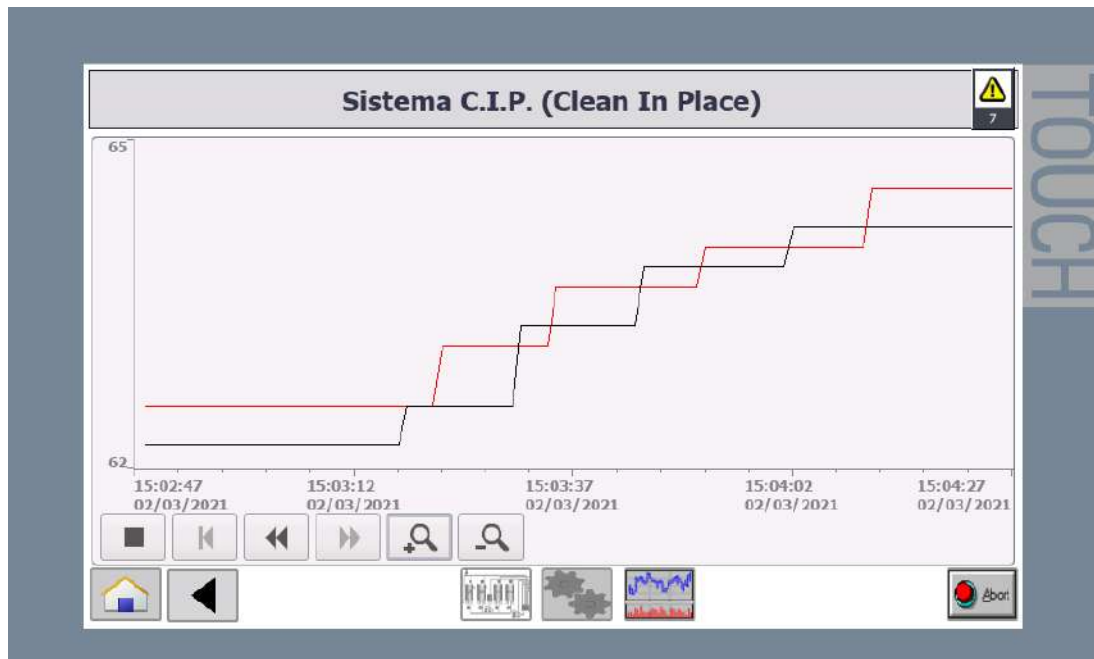


Figura 6.26 Grafico de temperatura HMI

Avisos del sistema

En la figura 6.27 se puede visualizar los mensajes de aviso del sistema que indican y describen en un listado las advertencias que están sucediendo. Esto con el fin de evitar trabas en el proceso además ayuda para la rápida localización de la falla

En la parte superior derecha el icono de advertencia con la cantidad de errores que presenta el sistema, esto no desaparecerá hasta que se resuelva los avisos



Figura 6.27 Avisos del sistema

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

- Los datos obtenidos en la planta láctea nos revelan que el sistema presenta mucha dependencia en la parte en quien opera. Una vez conocido esto se vio que una propuesta de automatización de este sistema tendría viabilidad.
- La propuesta de automatización consistirá en reutilizar los elementos que el sistema ya presenta, es por ello que gran parte de los componentes ya están presente en el sistema
- El sistema ya compuesto con 2 motores bombas presenta una ventaja ya que sus posiciones evitan que los líquidos se queden por los circuitos de las tuberías
- El controlador a hacer utilizado es el PLC S7-1200 con los módulos y una pantalla HMI implementando a esto un interfaz intuitivo.
- La tecnología IO-Link estará vinculada con dos sensores que realizaran los controles de las concentraciones de los líquidos que pasaran por las tuberías
- Para mantener la temperatura de los tanques en condiciones se estará implementando mediante la programación del PLC un control PID para así evitar que las soluciones a causa de las altas temperaturas empiecen a corroer
- Para evitar cualquier inconveniente el sistema no trabajara si no se llegan a colocar en orden las tuberías también todos los tanques debe de tener por encima del nivel mínimo de sus respectivos líquidos y que el sistema no de ningún aviso

VI. CONCLUSIONES

Al final del presente proyectos, se pueden resaltar varias mejoras en los tiempos de recirculación como también en las dosificaciones y la seguridad; todo esto podrían ser realizado mediante la implementación del automatismo. Además, un sistema de control y supervisión de las etapas que ha de ejecutarse en cada proceso de limpieza CIP.

Mediante la lógica programada es posible la interacción de los sensores y actuadores poniendo como nexo el controlador así también la comunicación con la tecnología IO-Link influye en todo el trayecto que efectuara las soluciones en los circuitos de tuberías todo esto evitaría las recirculaciones innecesarias y la realización correcta de las dosificaciones.

Con la implementación del sistema automatizado, aumentaría la seguridad a la hora de realizar la limpieza esto podrían en evidencia las fallas que los dispositivos presentaran, visualizándolas en la pantalla HMI lo cual evitaría cualquier incidente que ocurriese alrededor

La propuesta realizada da a conocer que la calidad de la limpieza no será afectada y esto a su vez el porcentaje de tiempo de limpieza como el de materiales de solución serian reducidos aportando un ahorro económico

VII. RECOMENDACIONES

Al someter a un análisis todos los datos recolectados y proveídos por los encargados de la planta láctea para la elaboración de dicha propuesta de automatización se recomienda.

La implementación de esta propuesta de automatización del sistema Clean In Place (CIP) de la planta láctea Trébol, porque a la hora de realizar las maniobras y control de las etapas es el operador en quien recae la responsabilidad ya sea por la presión laboral o cansancio puede descuidar en qué etapa se encontraba esto comprometería la calidad de la limpieza.

Una de las observaciones hechas en la planta láctea es la forma de dosificar las soluciones alcalinas y ácidas esto es realizado manualmente exponiendo a situaciones de peligro al operador encargado de realizar las dosificaciones correspondientes a causa de eso es recomendable realizar las dosificaciones de forma automática para evitar las posibles condiciones inseguras. Además, las verificaciones de las concentraciones deberían realizarse de manera diaria o por cada lavado

VIII. APÉNDICE

Apéndice A: Resumen ejecutivo

Apéndice A.1: Costos de materiales

Una de las características inherentes de estas propuestas son los materiales a ser utilizados ya que hablando de la industria alimenticia se debe tener presente que los dispositivos a ser utilizados es de requerimiento que sea de la mayor calidad presente en el mercado.

Es por lo mencionado anteriormente en este apartado se pondrán en detalle todos costos los materiales a ser utilizados para la automatización del sistema de limpieza CIP (Clean In Place). Teniendo en cuenta que se reutilizarán todos los materiales presentes en el actual sistema.

La mayoría de los precios de los materiales a ser presentados son evaluados a su moneda de origen ya que los artículos no están presentes en el país. Así mismo estos serán convertidos a la moneda local que sería el guaraní (₲) en la Tabla A.1 nos mostrara los precios en guaraníes (₲) de cada material sin el precio de envío esto será discutido en otro apartado.

Item	Can tidad	Uni dades	Descripcion de dispositivo	Marca	Precio unitario	Costo total
1	1	UNID.	AL 1100 MAESTRO IO-LINK	IFM ELECTRONIC	2.086.096	2.086.096
2	2	UNID.	LDL 200 SENSOR DE CONDUCTIVIDAD INDUCTIVO	IFM ELECTRONIC	7.894.169	15.788.338
3	1	UNID.	E12490 CABLE DE RED M12/RJ45 DE 0,5M	IFM ELECTRONIC	329.874	329.874
4	1	UNID.	E30080 FUENTE DE ALIMENTACION ENCHUFABLE	IFM ELECTRONIC	426.651	426.651

5	7	UNID.	EVC014 CABLE DE CONEXIÓN DE 5 M	IFM ELECTRONIC	231.298	1.619.086
6	4	UNID.	LIQUIPOINT FTW31 DETECCIÓN DE NIVEL DE CONDUCTIVIDAD	ENDRESS+HAUSER	1.049.081	4.196.324
7	4	UNID.	NIVOTESTER FTW325 TRANSMISOR DE NIVEL PARA SENSORES CONDUCTIVOS	ENDRESS+HAUSER	1.009.651	4.038.604
8	8	UNID.	ACTUADOR NEUMATICO AT-63 DE DOBLE EFECTO PARA VALVULA DE 63,5MM DE DIAMETRO	NINGBO FLY AUTOMATION	508.197	4.065.576
9	1	UNID.	ACTUADOR NEUMATICO AT-52 DE DOBLE EFECTO PARA VALVULA DE 38,1MM DE DIAMETRO	NINGBO FLY AUTOMATION	378.993	378.993
10	2	UNID.	ELECTROVALVULA 3/2 DE 24 VAC	ERICC	72.613	145.226
11	9	UNID.	ELECTROVALVULA 5/2 DE 24 VAC	ERICC	82.579	743.211
12	1	UNID.	PLC S7-1200 CPU 1214C AC/DC/RLY	SIEMENS	3.744.341	3.744.341
13	1	UNID.	MODULO DE E/S 1223 8 DC/ 8 RLY	SIEMENS	1.594.619	1.594.619
14	1	UNID.	CSM 1227	SIEMENS	1.183.540	1.183.540
15	1	UNID.	HMI KTP 700 BASIC PN	SIEMENS	5.278.961	5.278.961
16	3	UNID.	SENSOR INDUCTIVO M8X1 PNP	DATASENSOR	146.502	439.506
17	2	UNID.	BOMBA DE DESPLAZAMIENTO POSITIVO, TIPO DIAFRAGMA CAUDAL MAXIMO 19L/MIN	FLOJET	2.927.180	5.854.360
18	3	UNID.	TUBERIA DE COBRE 8 MM DE 10 M		690.832	2.072.496
19	35	UNID.	ACOPLAMIENTO DE COMPRESION DE LATON RECTO 8MM DE DIAMETRO MACHO DE 1/8"		37.178	1.301.230
20	15	UNID.	ACOPLAMIENTO DE COMPRESION DE LATON		61.727	925.905

			T 8MM DE DIAMETRO MACHO DE 1/8"			
21	4	UNID.	ACOPAMIENTO DE COMPRESION DE LATON 90° 8MM DE DIAMETRO		55.886	223.544
22	10	UNID.	VÁLVULA DE ESCAPE AJUSTABLE, 1/8 IN, MACHO R 1/8 X8MM	SMC	205.131	2.051.312
23	1	UNID.	CONVERTIDOR DE SEÑAL AISLADO PT100 A 0-10V	HUADIAN AUTOMATION	239.881	239.881
24	1	UNID.	SELECTOR MODULAR DE 2 POSICIONES M2SS1-10B	ABB	67.264	67.264
25	1	UNID.	SEÑALIZADOR LED ROJO 24V	ABB	80.000	80.000
26	1	UNID.	SEÑALIZADOR LED VERDE 24V	ABB	80.000	80.000
27	1	UNID.	PULSADOR DE EMERGENCIA COMPACTO 40MM 1NC	ABB	100.000	100.000
28	200	MT.	CABLE INSTRUMENTACION 1 X 2 X 1,50MM2 BG	BELDEN	6.404	1.280.800
29	60	MT.	CABLE CONTROL 3 X 1,50 MM2	BELDEN	6.296	377.760
30	1	UNID.	GABINETE METALICO 120X080X035CM	CMS	1.114.400	1.114.400
31	10	UNID.	CANAL PARA CABLE 60X50MM EN TIRA DE 2 METROS RANURADO GRIS	HELLERMANTYTON	41.111	411.110
32	2	UNID.	RIEL DIN RANURADO 100 CM	ARCO ELECTRIC	7.647	15.294
33	6	UNID.	TUBO FLEXIBLE, PVC, TRANSPARENTE, LONGITUD 10M, DIÁM. INT. 12MM Y EXT. 17.5MM	MERLETT METALFLEX	355.017	2.130.102
34	1	UNID.	TERMINALES, CONECTORES, TORNILLOS, PRECINTOS, BORNES		750.000	750.000
35	1	UNID.	ELEMENTOS ELECTRICOS MENORES		1.500.000	1.500.000

36	2	UNID.	PATCH CORD CAT6A 1,5 MTS GRIS F/UTP	NEXANS	76.002	152.004
37	1	UNID.	ELEMENTOS DE SOLDADURAS NECESARIOS		1.500.000	1.500.000
38	1	UNID.	ELEMENTOS NEUMATICOS MENORES		2.000.000	2.000.000
Monto Total						70.286.408

Tabla A.1 Costos de la propuesta

Apéndice A.2: Gastos y Beneficios del Sistema a Automatizar

Ya conociendo los precios del apartado anterior se estarán visualizando a continuación algunos de los gastos que ha de tener para implementar la automatización del sistema de limpieza. Esto a su vez resaltarán los beneficios a que tendrá una vez que se haya implementado la automatización es por ello que se observará minuciosamente los detalles de los beneficios que traería dicha automatización.

En una empresa productora de alimentos la higiene es esencial esto sumado el tiempo que conllevaría en realizarlo es por eso que una vez automatizada el sistema CIP esto tendría una reducción del 30% del tiempo donde monetariamente sería de unos **867.352 ₡** anuales además un ahorro del personal de maniobra ahorrando **3.600.000 ₡** anuales y hasta un 25% de reducción de consumo de soluciones de limpieza a la hora de dosificar economizando **30.375.000 ₡** anualmente.

El gran beneficio de la implementación de este sistema automatizado es que no tendrá paradas de producción ya que un día donde se deba detener la normal limpieza esto detendría indirectamente la producción de lácteos. Por ende, esto traería un ahorro millonario como se muestra en la Tabla A.2 todo está en guaraníes (₡)

Producción diaria en litros (Lunes a viernes)	Días necesarios para la implementación	Precio unitario de cada litros	Precio total
25.000	10	3.000	750.000.000

Tabla A.2 Gastos de parada de producción

Para evitar esta gran pérdida económica se vio la necesidad de introducir unos pasos a seguir en los días proyectados a realizar la implementación del sistema en los cuales consiste en:

La primera semana será montar el tablero, conectar los controladores, módulos, y demás dispositivos viendo que materiales se podría reutilizar también se realiza la extensión y colocación de tuberías de aire comprimido luego en el primer fin de semana (sábado y domingo) conectar los actuadores neumáticos de las válvulas y realizar pruebas es por ello que las primeras válvulas a ser colocadas estos actuadores deben ser el de desagüe, salida de agua y recarga de agua, continuamente el resto de las válvulas para sí poder realizar una prueba parcial de las adaptaciones hechas en la semana.

En la segunda semana será de vital importancia ver en qué momento se realizaría las perforaciones a las tuberías donde los sensores de conductividad deberán ser colocados es por ello que no solo se debe perforar sino también realizar una conexión a rosca. Luego se realiza las conexiones y adaptaciones faltantes continuamente se realiza una verificación general para así poder realizar la prueba del sistema.

Recalcando lo mencionado en el anterior apartado es decir el envío de los materiales a nuestro país es necesario denotar los valores de costo son variados por consecuencia algunos factores como la distancia de envío, características de los materiales a enviar, la moneda extranjera que maneja el país y otros factores. Es por ello que con un balance y consultas de los encargados de recepción y envío de materiales, y consultas realizadas en las oficinas de la Aduana el costo de envío en guaraníes (₲) es de **15.000.000**.

Apéndice A.3: Honorario de las Manos de Obra y el Costo del Mantenimiento Preventivos

En este apartado se pondrán a la vista de los costos de a tener encuentra en los honorarios de las manos de obras del ingeniero encargado de la lógica de automatización, de los técnicos responsables de realizar la parte neumática, eléctrica y metalúrgica.

Para la ejecución e implementación de la propuesta de automatización de limpieza CIP la mano de obra profesional debe ser remunerada según se muestra en la Tabla A.3 los honorarios individuales que recibirán el ingeniero encargado como los técnicos

Cantidad	Unidad	Designación de trabajos	Precio unitario	Precio total
200	Horas	Honorario Ingeniero programador	200.000	40.000.000
15	Días	Honorio Técnico Eléctrico Neumático	450.000	6.750.000
3	Días	Honorario Técnico Metalúrgico	1.500.000	4.500.000
Total Honorarios				50.750.000 \$

Tabla A.3 Honorarios profesionales

También en este apartado es necesario resaltar los costos que tendría el mantenimiento preventivo ya que con esto se prolongaría la vida útil del sistema a implementarse donde se realizaría la limpieza, control y verificar si no presenta

ninguna anormalidad en los dispositivos utilizados en sistema esto incluye los nuevos como los que serán reutilizados

Viendo que el sistema de limpieza es fundamental en el proceso de producción, por lo tanto, es necesario la realización de por lo menos 4 mantenimiento preventivos anuales a todos los equipos que compondrán el nuevo sistema CIP. En la Tabla A.4 se aprecia el presupuesto a ser destinados para los trabajos del mantenimiento.

Cantidad	Unidad	Descripción del trabajo	Costo unitario	Costo total
4	Gl.	Mantenimiento preventivos	1.500.000	6.000.000
Total de costo del mantenimiento				6.000.000 \$

Tabla A.4 Costo de mantenimiento preventivo

Apéndice B: Ingeniería de diseño

Apéndice B.1: Sistema CIP actual



Figura B.1 Panel de tuberías



Figura B.2 Panel divisor de tuberías CIP



Figura B.3 Tanques del sistema CIP Lateral

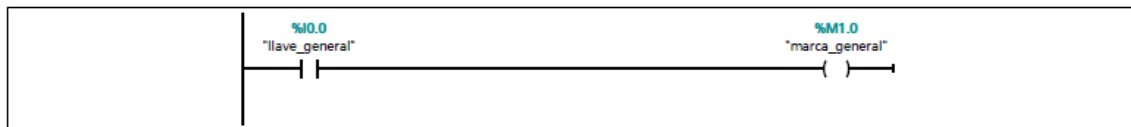


Figura B.4 Tanques del sistema CIP Frontal

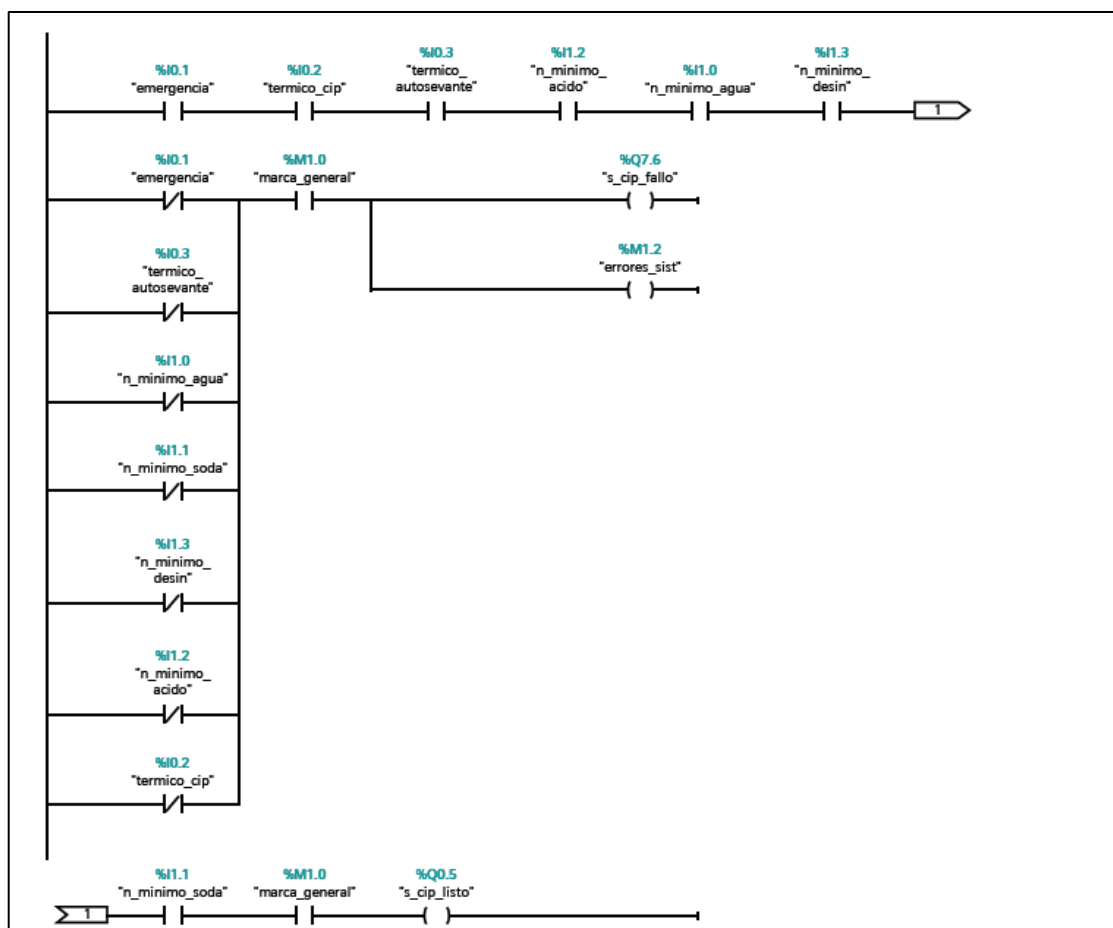
Apéndice B.2: TIA PORTAL V14

B.2.1 Bloque de organización

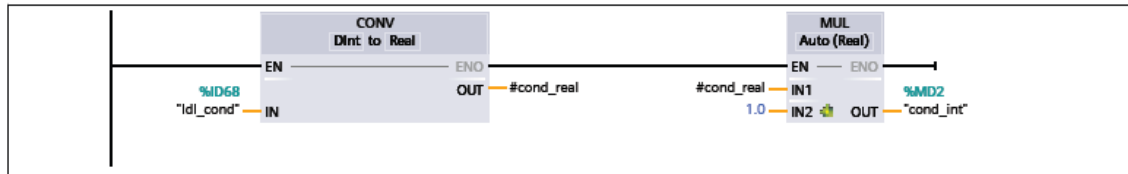
Segmento 1: Llave General



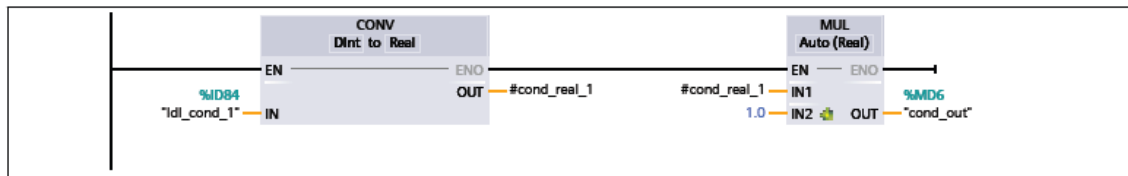
Segmento 2: Preparacion y señalizacion



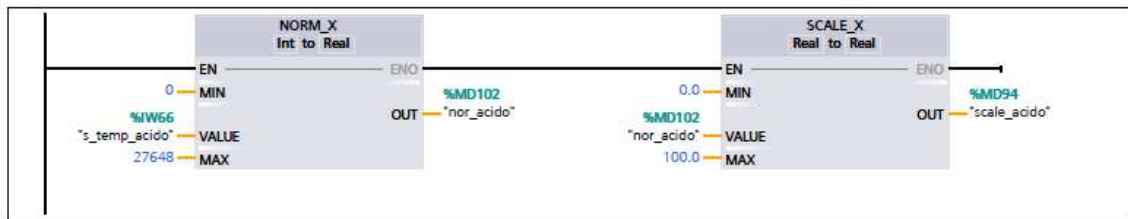
Segmento 3: Conversion de Niveles de conductividad Entrada



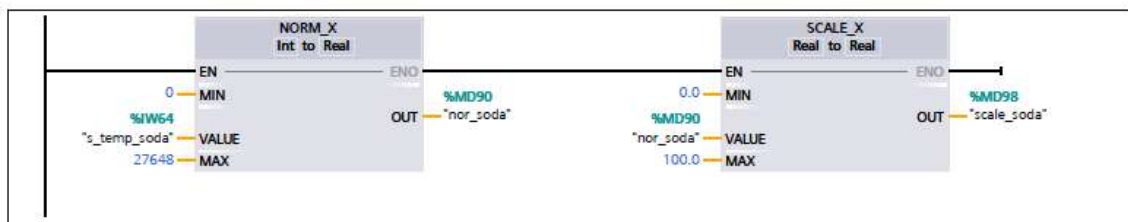
Segmento 4: Conversion de Niveles de conductividad en Salida



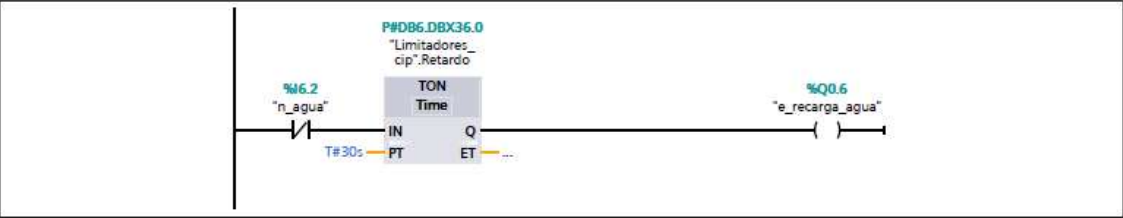
Segmento 5: Temperatura Acido Nitrico



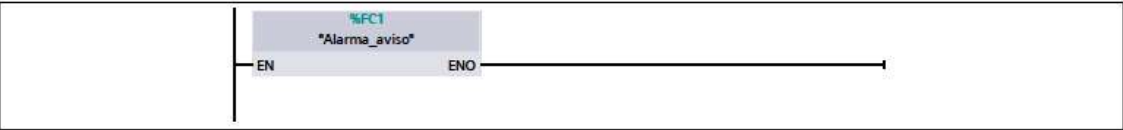
Segmento 6: Temperatura Soda Caustica



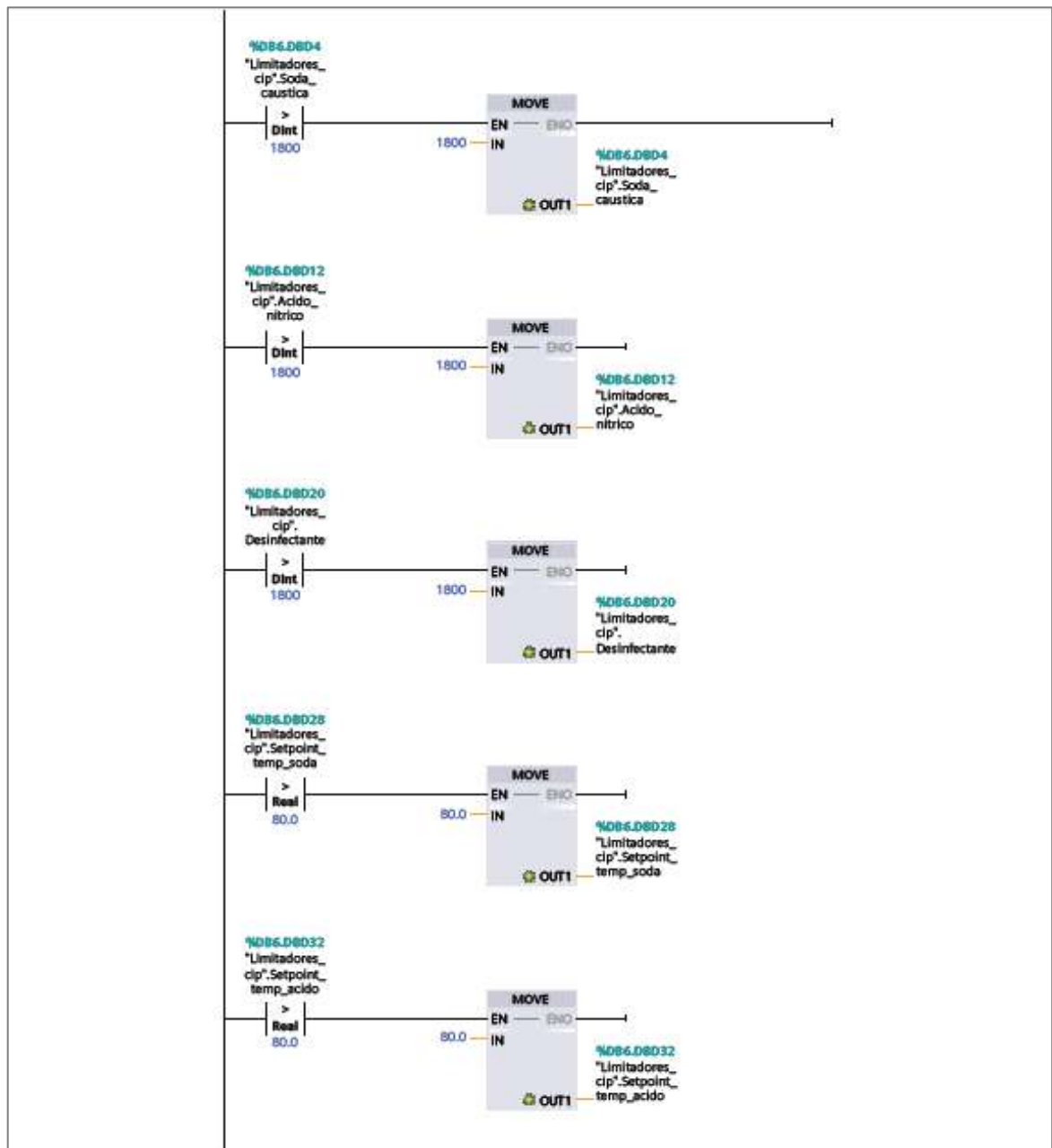
Segmento 7: Control de Nivel Agua



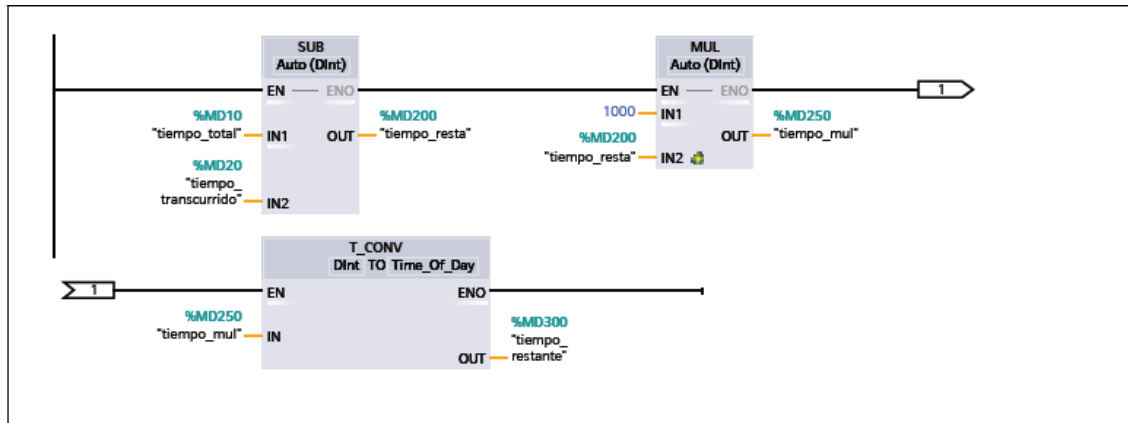
Segmento 8: Alarmas



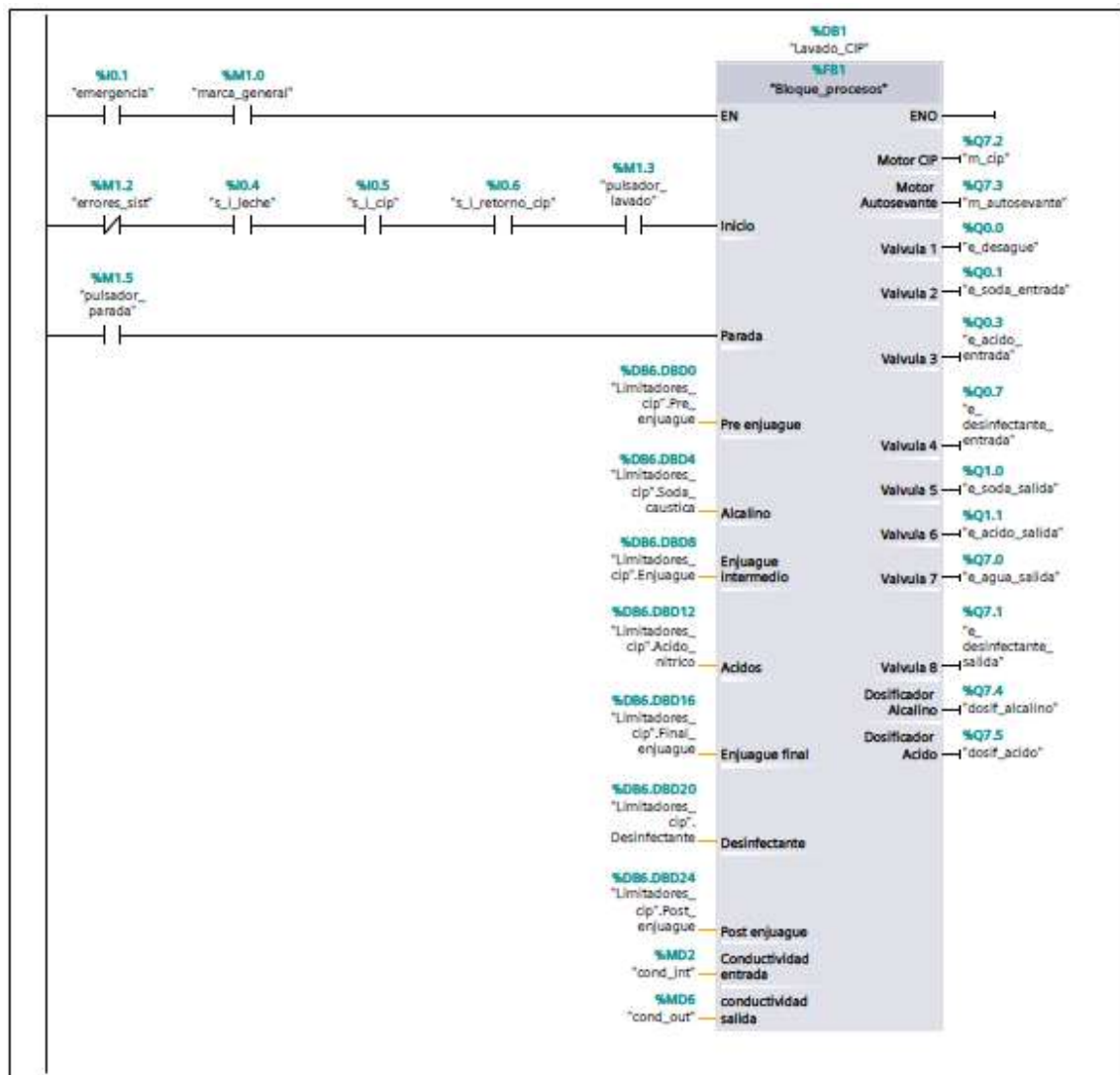
Segmento 9: Control de limites configurables



Segmento 10: Tiempo restante del proceso

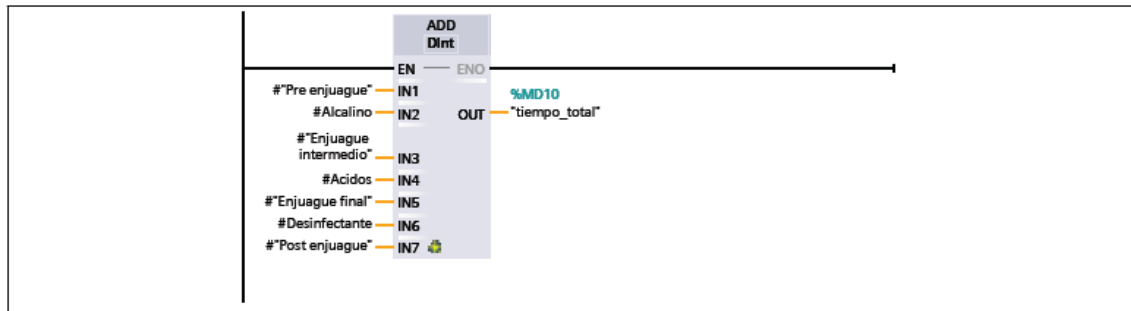


Segmento 11: Proceso CIP

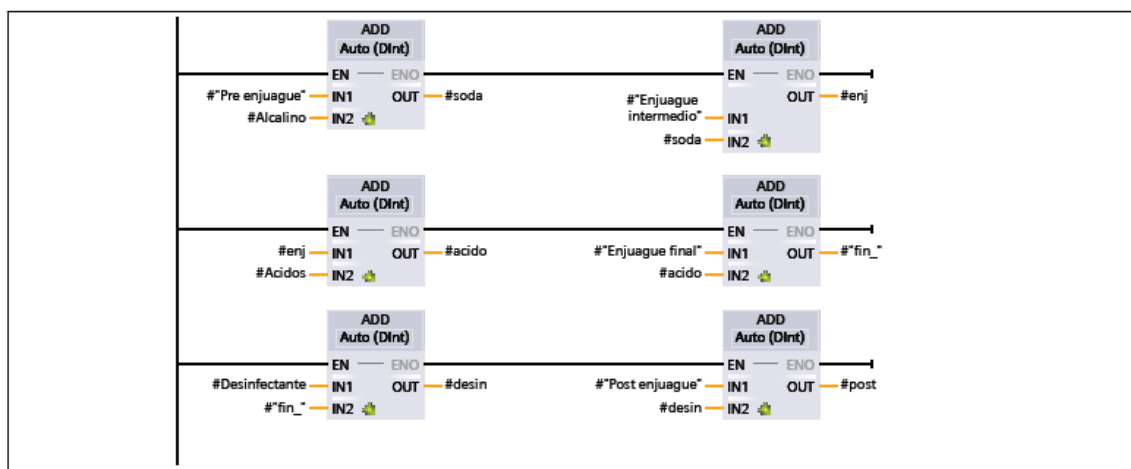


B.2.2 Bloque de procesos

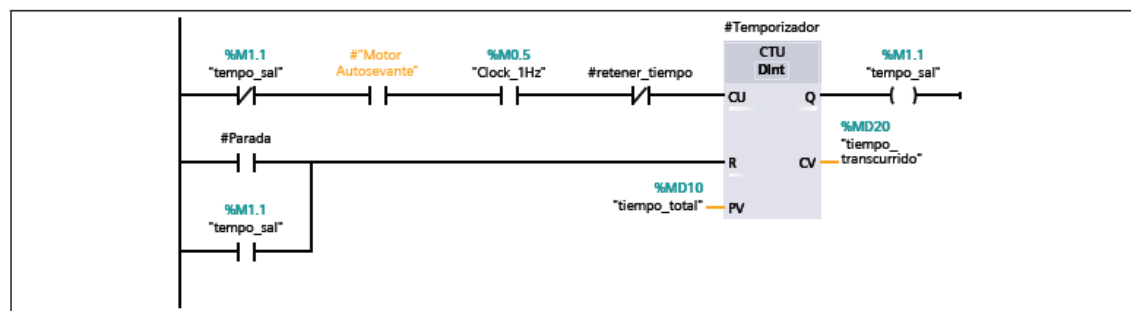
Segmento 1: Calculo de la Suma Total del Tiempo



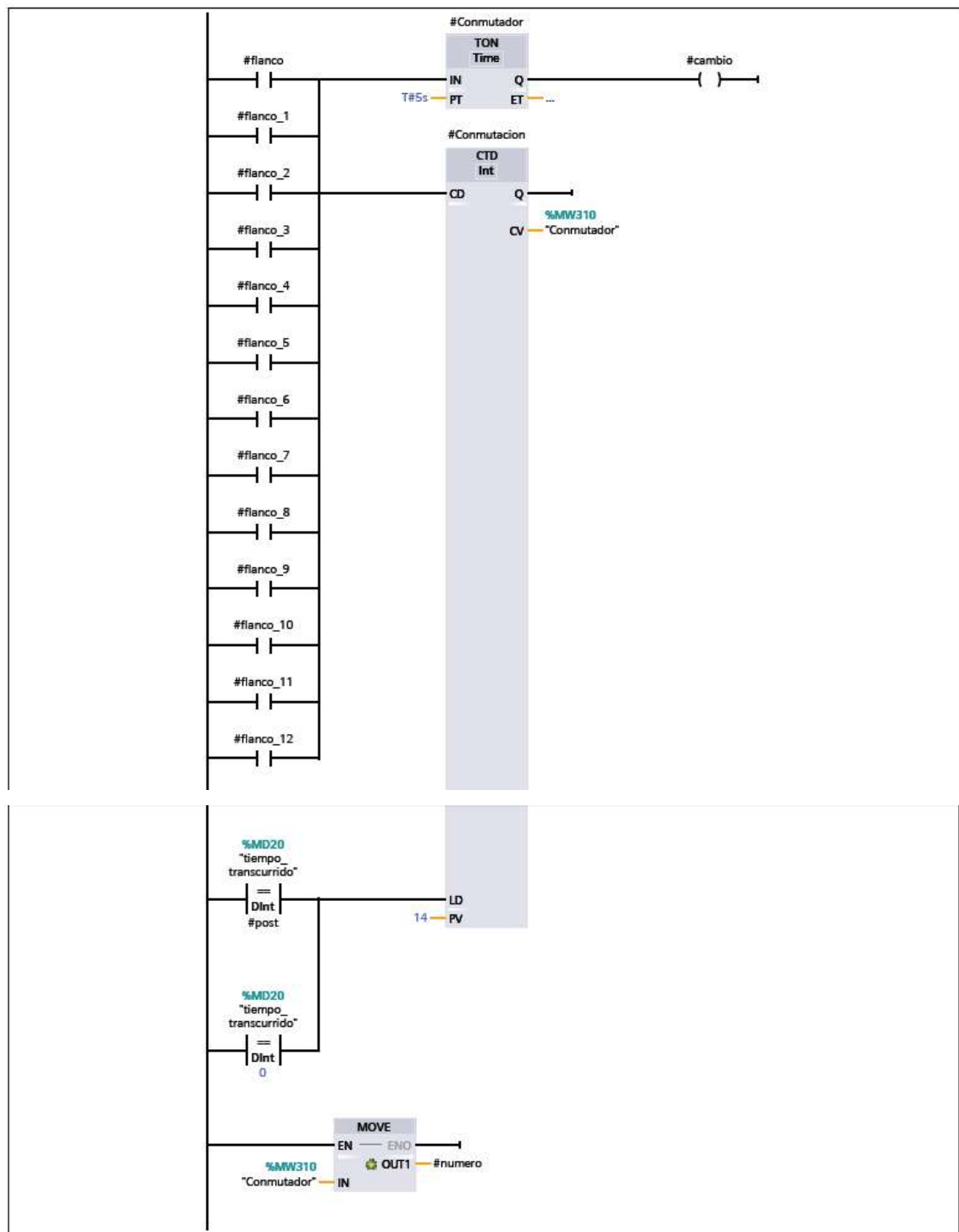
Segmento 2: Tiempos de conmutaciones



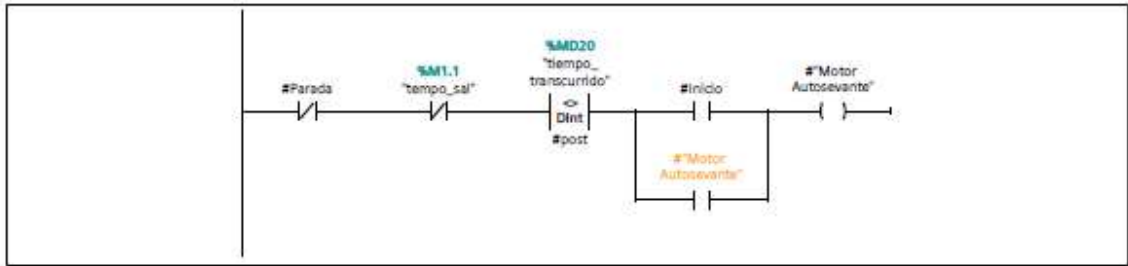
Segmento 3: Temporizador



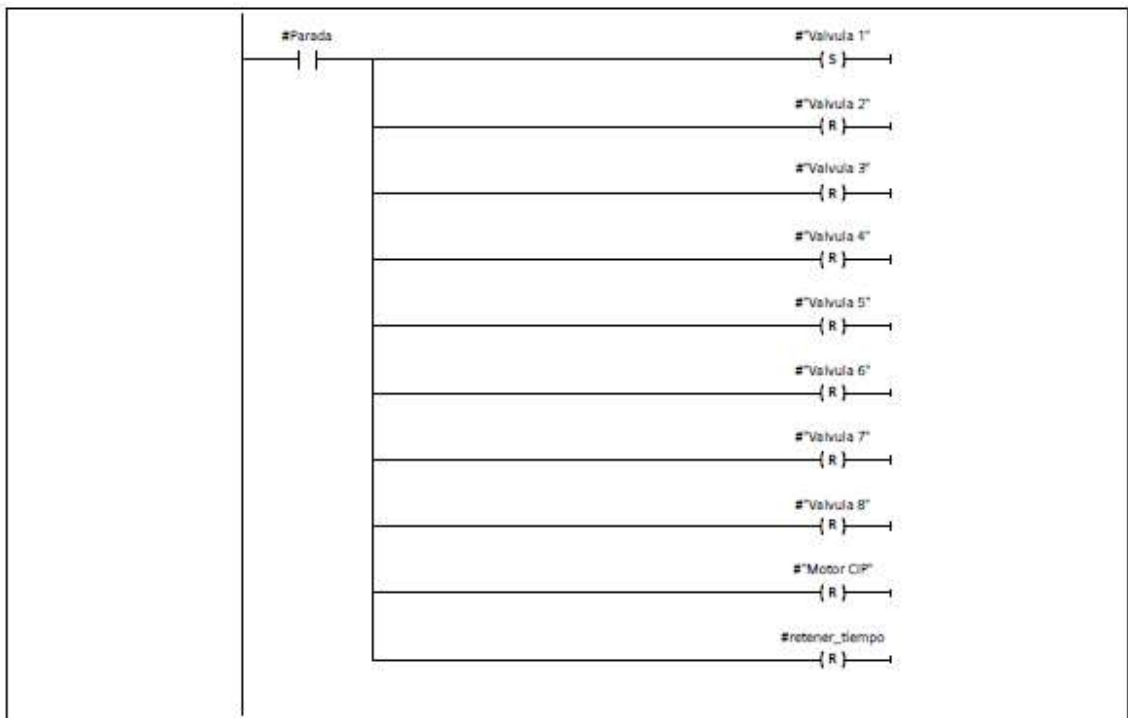
Segmento 4: Conmutador



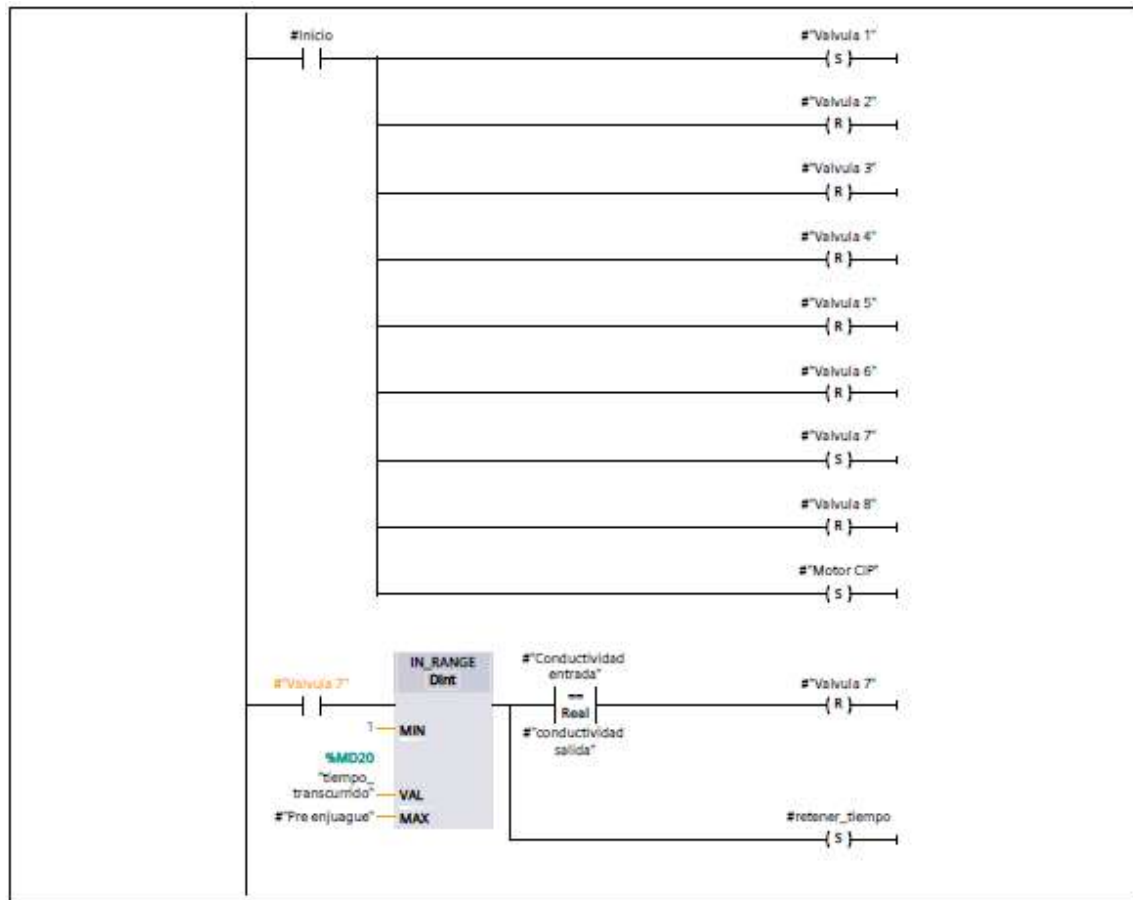
Segmento 5: Motor Autosevante



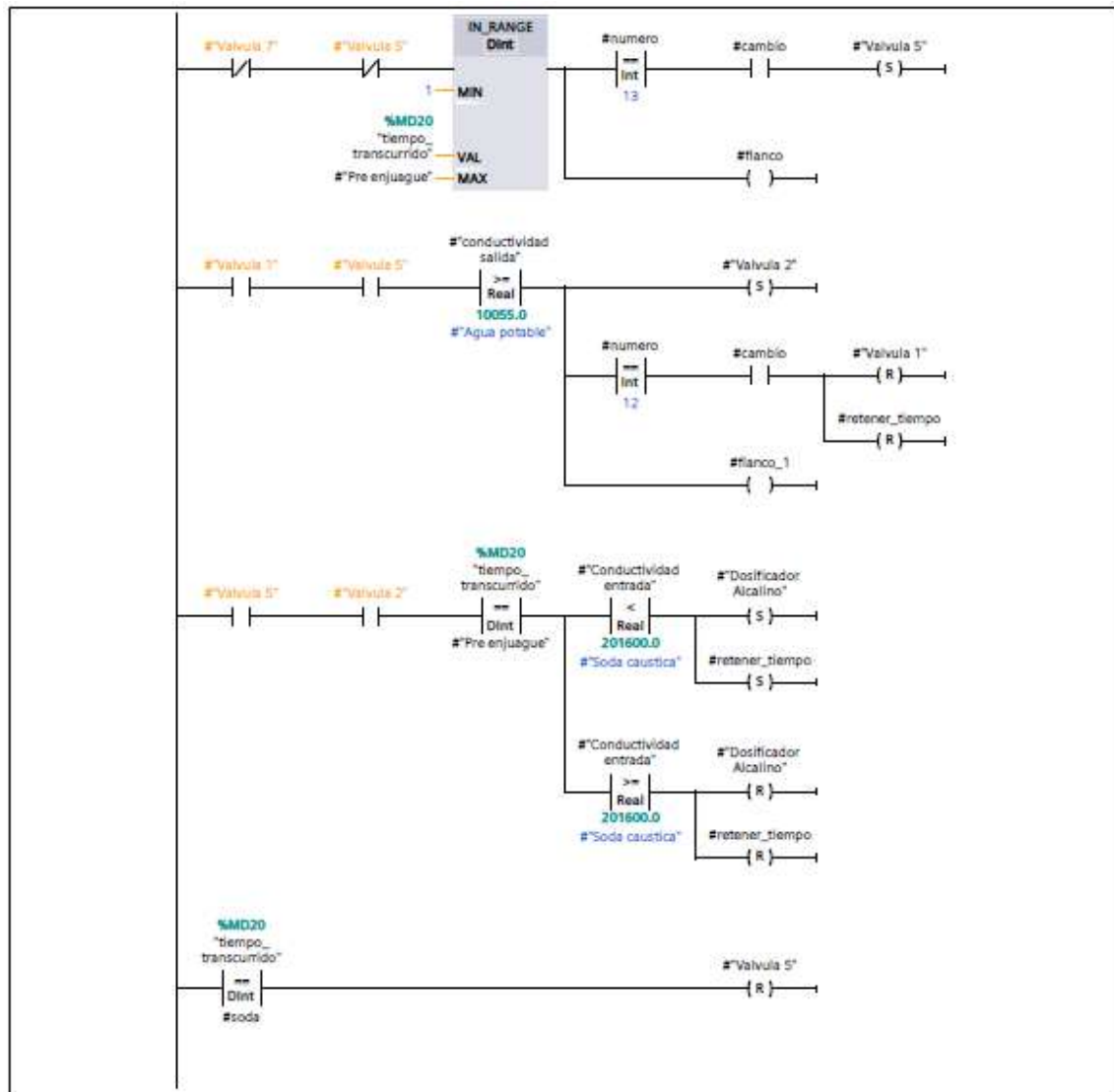
Segmento 6: Parada



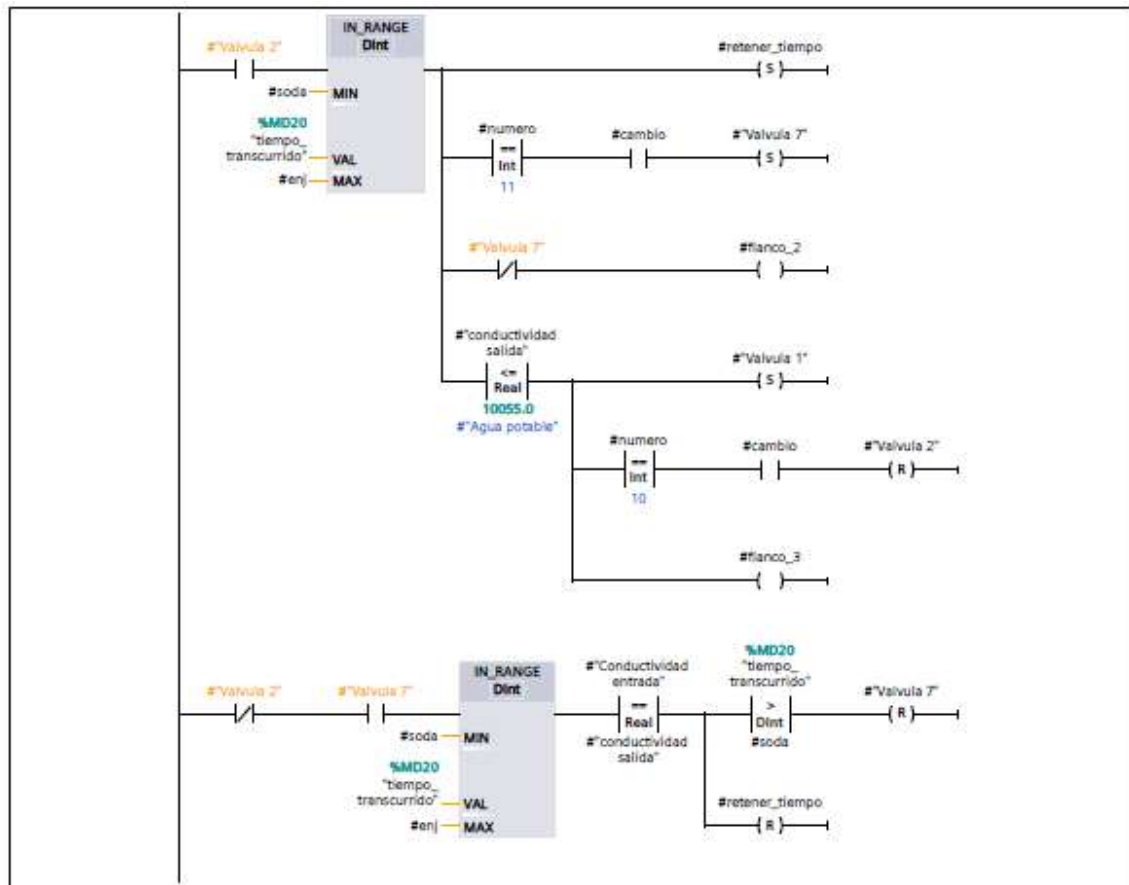
Segmento 7: Pre enjuague



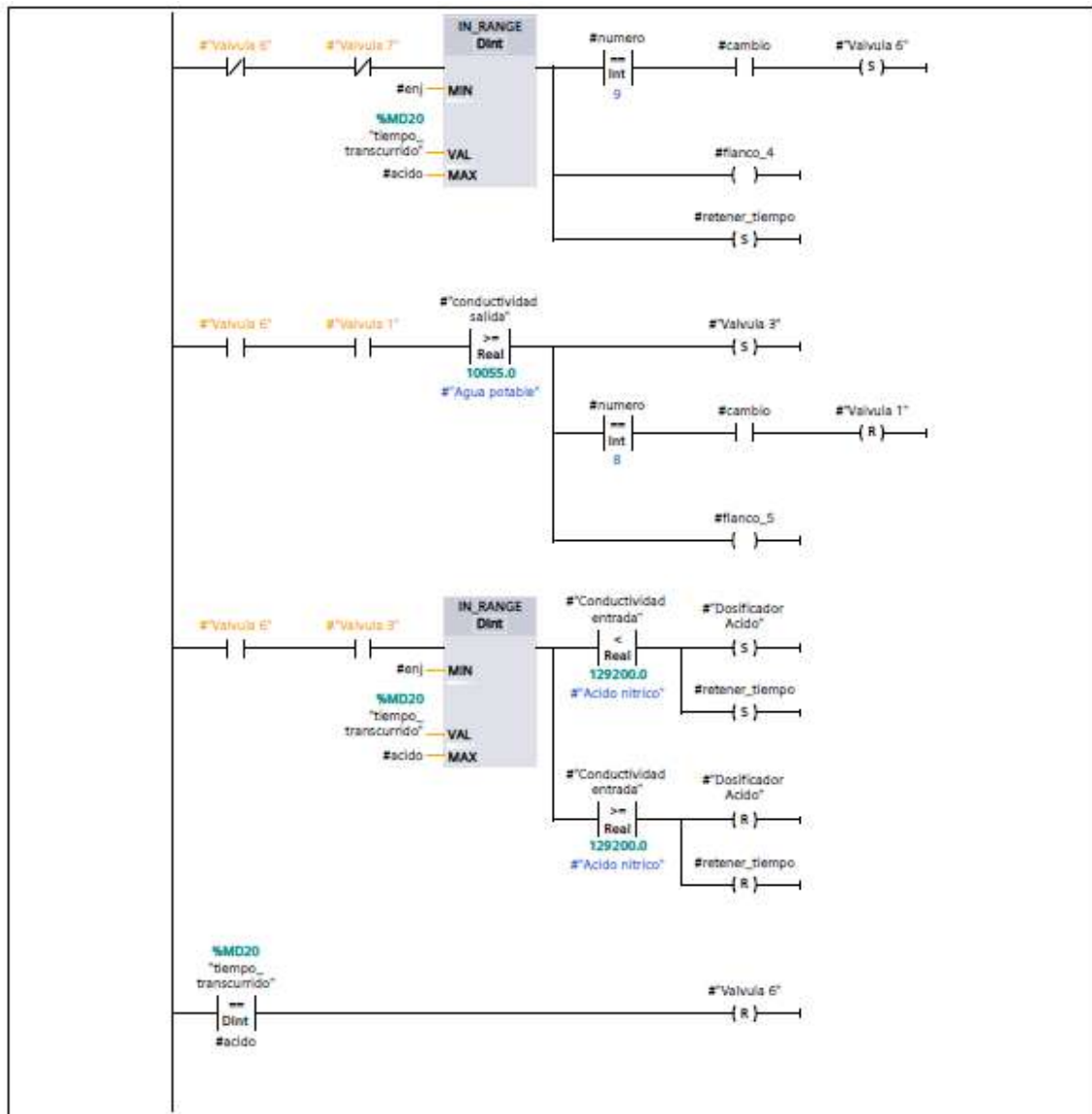
Segmento 8: Alcalino



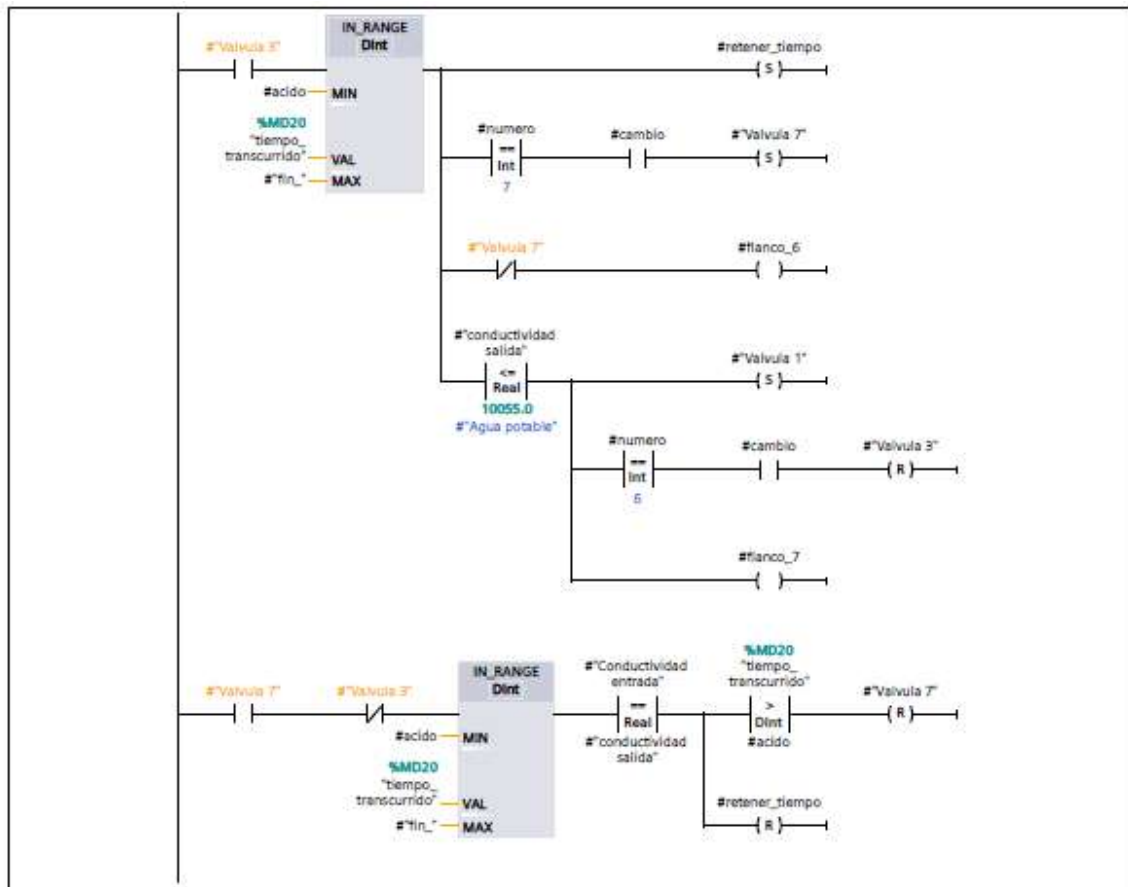
Segmento 9: Enjuague



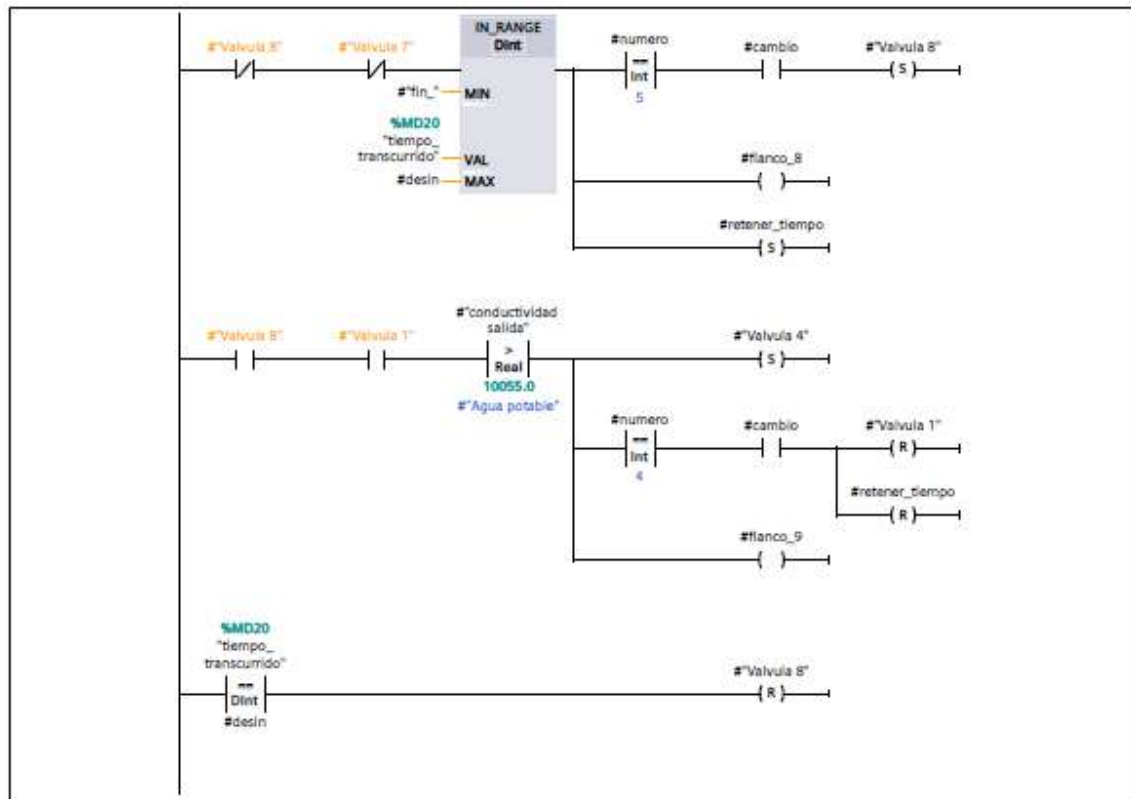
Segmento 10: Acido



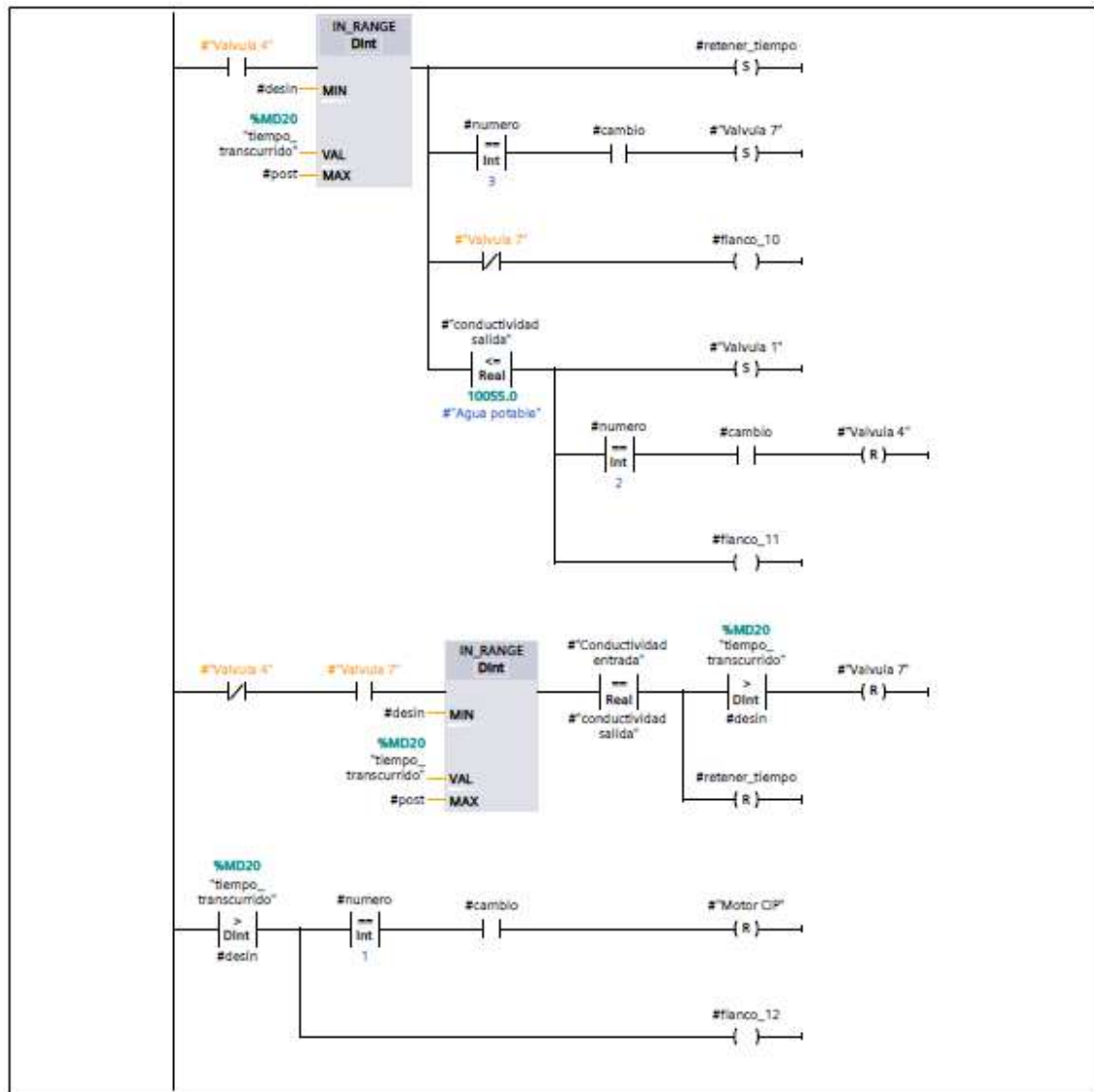
Segmento 11: Enjuague final



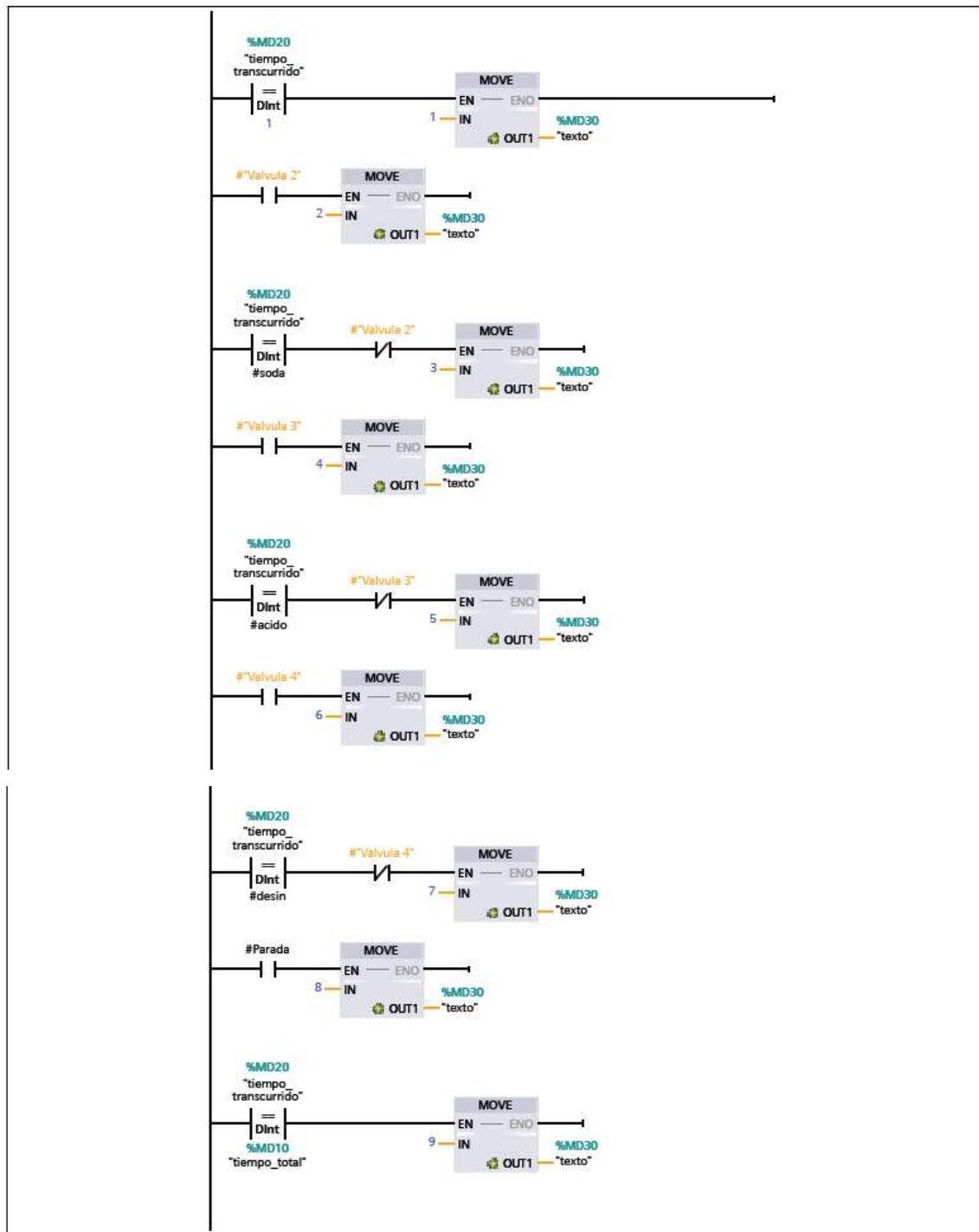
Segmento 12: Desinfectante



Segmento 13: Post enjuague

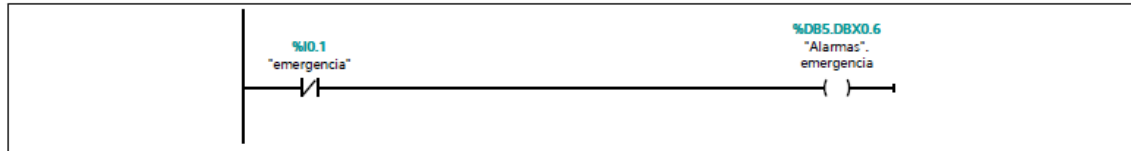


Segmento 14: Texto HMI

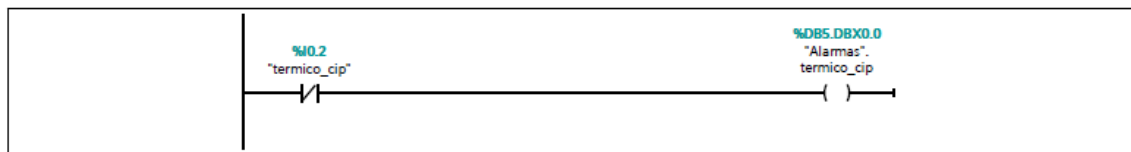


B.2.3 Aviso del sistema

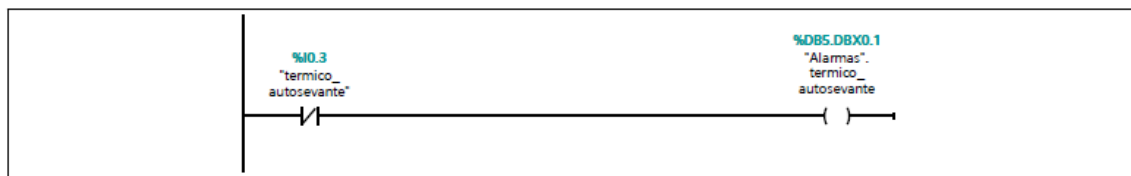
Segmento 1: Alarma de emergencia



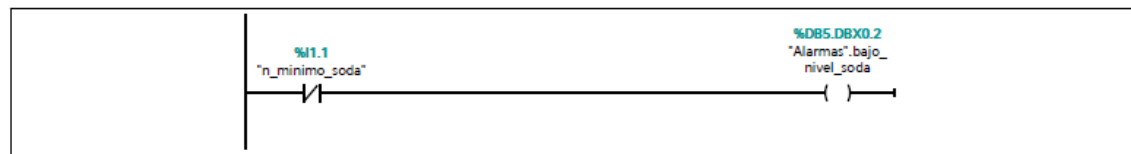
Segmento 2: Relé termico motor CIP



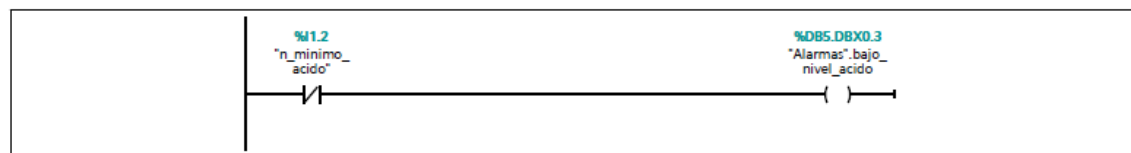
Segmento 3: Relé termico motor autosevante



Segmento 4: Nivel minimo de soda caustica



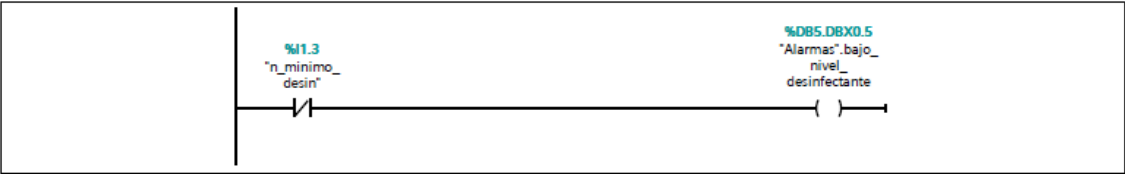
Segmento 5: Nivel minimo de acido nitrico



Segmento 6: Nivel minimo de agua



Segmento 7: Nivel minimo del desinfectante



Apéndice B.3: Configuraciones de la tecnología IO-Link

El maestro AL1100 de la marca IFM da una gran ventaja a la hora interactuar con el PLC S7-1200 ya que una vez adquirido los productos IFM en la página web de la misma uno puede descargar los archivos GSD (General Station Description).

<https://www.ifm.com/ifmmy/web/io-link-master.htm>

GSDML AL1000 Profinet IO	V2.0.1		 Download	17 kb
GSDML AL1100 Profinet IO	V1.1.29		 Download	17 kb
GSDML AL1101 Profinet IO	V1.1.29		 Download	17 kb

Figura B.5 Pagina web de IFM

Los archivos GSD que es proporcionado por el fabricante del dispositivo, contiene una descripción del dispositivo PROFIBUS DP / PA (archivo ASCII) o PROFINET (archivo .xml). Proporcionando una forma para que una herramienta de configuración abierta obtenga automáticamente las características del dispositivo. [18]

Una vez descargado los archivos GSD del AL1100 se procede a abrir el TIA Portal v14 procedemos a añadir el AL1100 al entorno

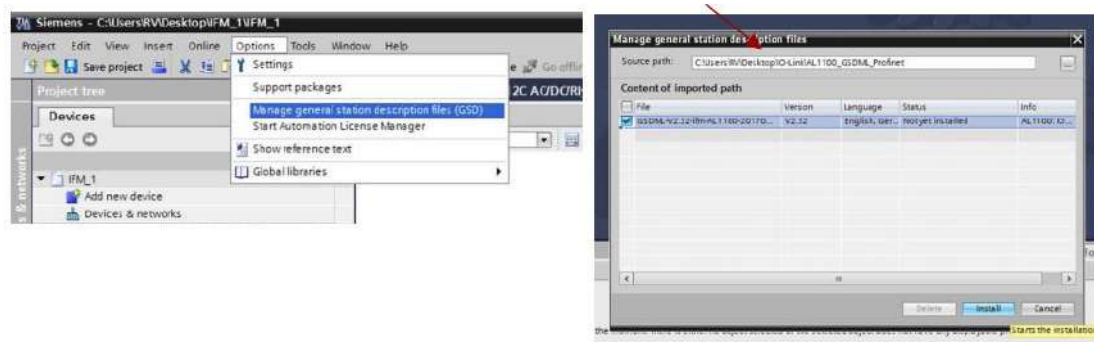


Figura B.6 Instalación de los archivos GSD del AL1100

Una vez terminada la instalación, el AL1100 podrá ser seleccionado encontrándose en el catálogo de controladores.

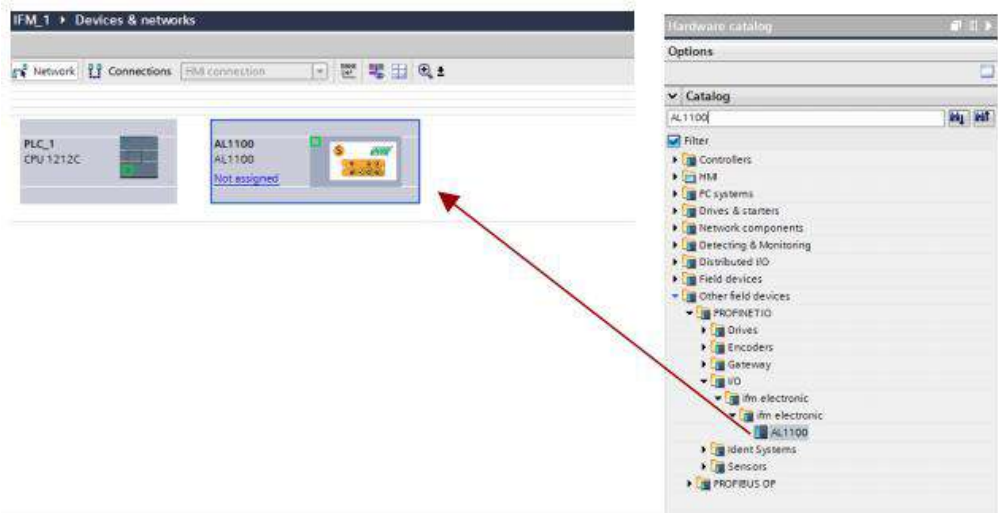


Figura B.7 Catalogo actualizado

Una vez que el dispositivo esté preparado para conectarse con el PLC se procede a configurar las entradas y salidas que va tener que activar el maestro AL1100

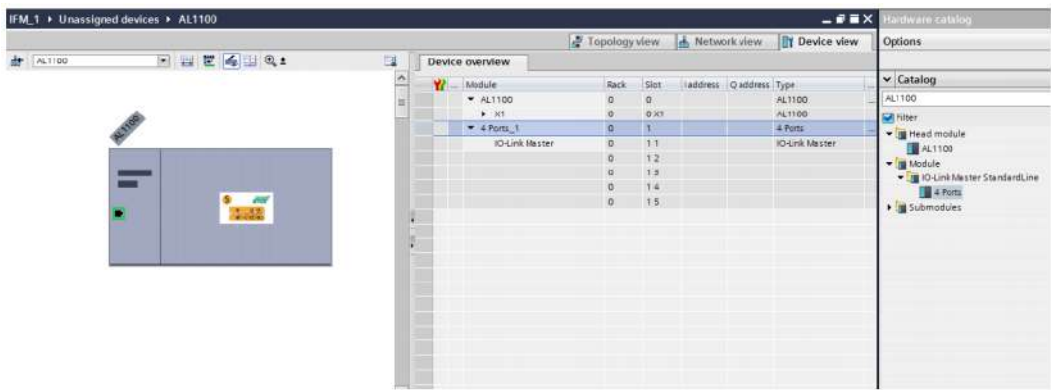


Figura B.8 Preparación de activación de entradas

	LDL	0	1 2	68...83	IO-Link 16 Byte Input
	LDL_1	0	1 3	84...99	IO-Link 16 Byte Input
	Inactive	0	1 4		Inactive
	Inactive_1	0	1 5		Inactive

Figura B.9 Entradas activadas e inactivadas

Apéndice B.4: Control PID

Temperatura de los tanques

El PLC S7-1200 posee funciones integradas como el control PID, gracias al programador TIA Portal V14 configura mediante un objeto tecnológico donde fácilmente da la situación de calcular automáticamente los valores ajustes óptimos.

Las señales de entrada del PLC S7-1200 se obtienen por medio de los sensores PT100 RTD donde se encuentran colocados en los respectivos tanques.

Para obtener un PID en el programador TIA Portal v14 debemos crear un OB nuevo, seleccionando el Cyclic interrupt una vez creado se procede a seleccionar el PID_Compact y luego arrastrar

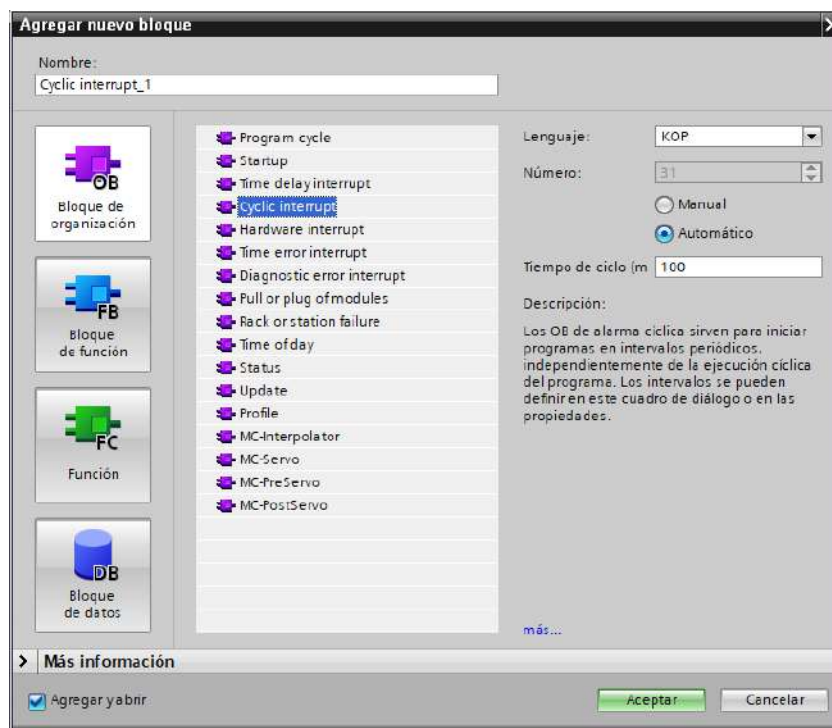
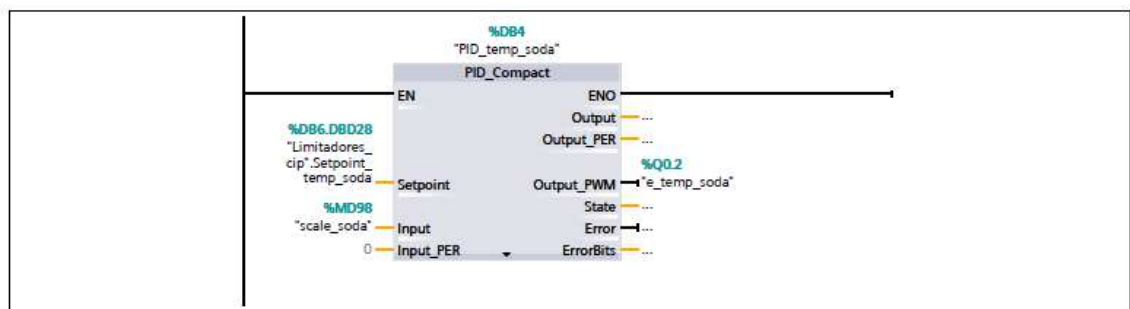


Figura B.10 Bloque de ciclo de interrupción

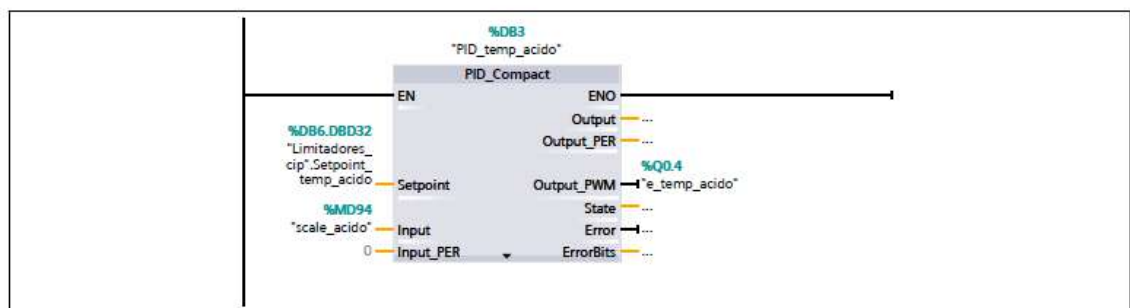


Figura B.11 Objeto tecnológico

Segmento 1: Regulador de temperatura en Soda Caustica



Segmento 2: Regulador de temperatura en Acido Nitrico



Una vez colocado las variables y setpoint procedemos a configurar los parámetros de entrada y salida de nuestro controlador PID y para finalizar se observa en el cuadro de optimización inicial de valores del controlador PID, en este proceso se hallarán los valores adecuados para el control PID. Una vez hallado dichos valores se procede a la carga de los mismos al PLC.

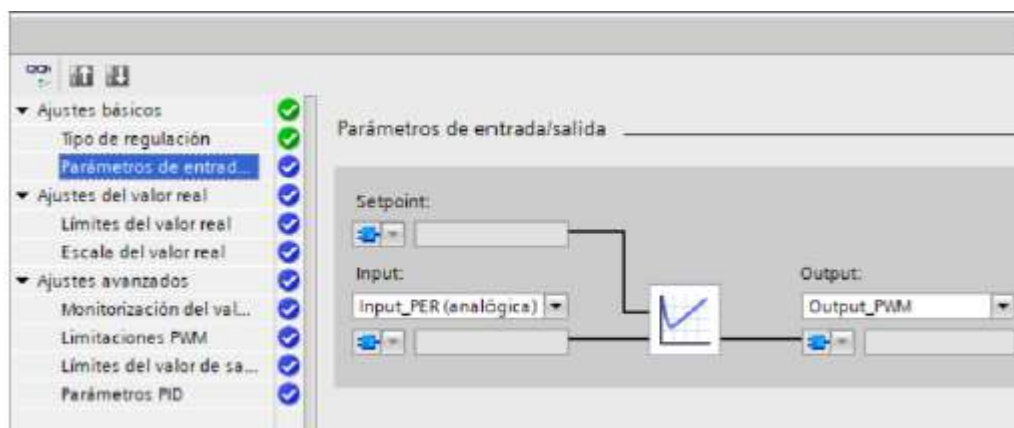


Figura B.12 Configuración de parámetros del PID

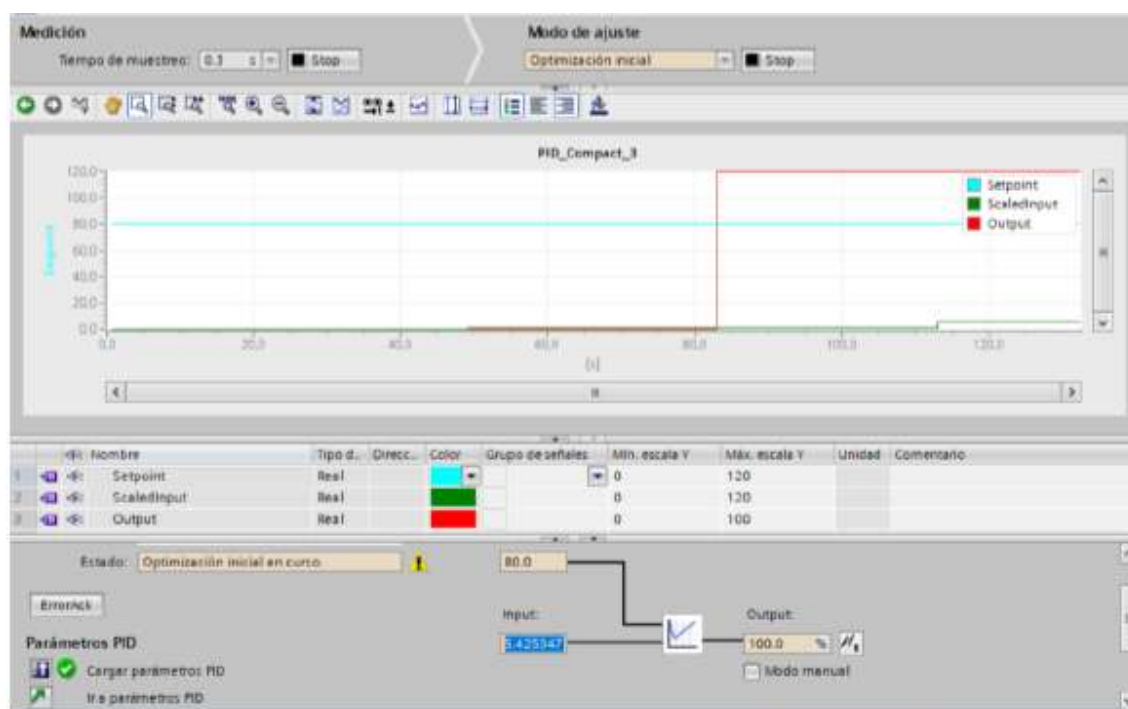


Figura B.13 Cuadro de optimización inicial

Apéndice C: Evaluación económica

Apéndice C.1: Flujo de caja

A continuación, en la Tabla C.1 se detallará todos los ingresos y egresos que conllevaría la implementación del proyecto, calculando el comportamiento económico durante el transcurso del tiempo.

Variantes del proyecto	Año 0	Año 1	Año 2	Año 3	Año 4	Año 5
Total de ingresos	34.842.851	34.842.851	34.842.851	34.842.851	34.842.851	34.842.851
Ahorro de pérdidas en dosificaciones	30.375.000	30.375.000	30.375.000	30.375.000	30.375.000	30.375.000
Ahorro de pérdidas en recirculaciones	867.851	867.851	867.851	867.851	867.851	867.851
Ahorro de personal de maniobra	3.600.000	3.600.000	3.600.000	3.600.000	3.600.000	3.600.000
Total de egresos	142.036.408	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000
Mantenimiento preventivo	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000	6.000.000
Costo de material	70.286.408	-	-	-	-	-
Costo de encomienda	15.000.000	-	-	-	-	-
Honorarios	50.750.000	-	-	-	-	-
Saldo anual sin impuesto	-107.193.557	28.842.851	28.842.851	28.842.851	28.842.851	28.842.851
Impuesto	-10.719.356	2.884.285	2.884.285	2.884.285	2.884.285	2.884.285
Flujo neto de caja	-96.474.201	25.958.566	25.958.566	25.958.566	25.958.566	25.958.566

Tabla C.1 Flujo de caja proyectada

Apéndice C.2: Valor actual neto (VAN)

Para el valor actual neto donde evaluaremos los datos que adquiramos en el flujo de caja proyectada y mediante una tasa de 9% donde a gracias a los cálculos previos realizados nos deja un excedente del **4.495.567 ₡**

Apéndice C.3: Tasa interna de rendimiento (TIR)

En base a los cálculos realizados al flujo de caja realizado la tasa de inversión de retorno en un periodo de 5 años es del **11%**

Apéndice C.4: Relación beneficio – costo (B/C)

Para el cálculo de beneficio–costo es necesario enfatizar que los ingresos hechos en el flujo de caja solo se ha añadido los ingresos directos es decir que también existen ingresos indirectos, pero estos son fuera del entorno de limpieza ya que en circunstancia especiales la limpieza realizada puede marcar un gran ahorro en el tiempo en el que se desarrolla el lavado

$$\frac{B}{C} = \frac{100.969.769}{96.474.201} = 1.05$$

Apéndice C.5: Periodo de recuperación de la inversión (PRI)

En base al flujo de caja proyectada y los cálculos realizados previamente se puede determinar el periodo (representa los años) de recuperación de la inversión aplicando la formula.

$$PRI = 4 + \frac{12.375.719}{16.871.287} = 3.27$$

BIBLIOGRAFIA

- [1] D. A. R. Villalba, «Scribd.com,» 11 Julio 2012. [En línea]. Available: <https://es.scribd.com/document/99802321/Sistema-Cip>. [Último acceso: 20 Mayo 2019].
- [2] K. Ogata, Ingeniería De Control Moderna, Madrid: Pearson Educación, 2010.
- [3] J. M. Alfonso, Electrónica Industrial Avanzada, Bogota: Centro Nacional de Medios para el aprendizaje, 2008.
- [4] W. Bolton, Mecatrónica, Segunda ed., Alfaomega, 2001.
- [5] T. J. Maloney, Electrónica Industrial Moderna, México: Pearson Educación, 2006.
- [6] B. Engineering, «Banner Engineering,» [En línea]. Available: <https://www.bannerengineering.com/mx/es/company/expert-insights/io-link.html>.
- [7] J. R. Viloria, Automatismos Industriales, Madrid: Paraninfo, 2008.
- [8] G. B. Urbina, «Evaluacion de proyectos,» de *Análisis y Administración del Riesgo*, México, Mc Graw Hill, 2007, pp. 181-182.
- [9] J. M. C. Asensi, «CIP Cleaning In Place,» Buenos Aires, 2018.
- [10] I. Mecafenix, «Ingeniería Mecafenix,» 16 Enero 2018. [En línea]. Available: <https://www.ingmecafenix.com/automatizacion/que-es-un-plc/>.
- [11] SIEMENS, SIMATIC S7 Controlador Programable S7-1200, Alemania, 2014.
- [12] A. Creus, Instrumentación Industrial, Mexico: Alfaomega Grupo Editor, 2011.

- [13] IFM, «IFM AL 1100,» Setiembre 2019. [En línea]. Available:
<https://www.ifm.com/mounting/80280031UK.pdf>.
- [14] IFM, «IFM LDL 200,» Junio 2019. [En línea]. Available:
<https://www.ifm.com/mounting/80277837ES.pdf>.
- [15] Endress+Hauser, «Liquipoint FTW31,» [En línea]. Available:
<https://www.lasc.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-nivel/deteccion-nivel-conductiva-multipunto>.
- [16] Endress+Hauser, «Yumpu,» [En línea]. Available:
<https://www.yumpu.com/en/document/read/983882/liquipoint-t-ftw-31-32>.
- [17] Endress+Hauser, «Nivotester FTW325,» [En línea]. Available:
<https://www.lasc.endress.com/es/instrumentacion-campo/medicion-nivel/medicion-nivel-conductiva>.
- [18] A. Vojáček, «atomizace.hw.cz,» [En línea]. Available:
<https://atomizace.hw.cz/test-4kanal-io-link-profinet-master-ifm-al1100-4dil.html>.