

INSTITUTO TECNOLÓGICO DE TUXTLA GUTIÉRREZ
INGENIERÍA ELÉCTRICA

INFORME FINAL DEL PROYECTO DE RESIDENCIA PROFESIONAL

**“AUTOMATIZACIÓN DE SISTEMA DEMO CLEAN IN PLACE PARA LA
EMPRESA AIM INGENIERÍA S.A. DE C.V LEÓN, GUANAJUATO.”**

PRESENTA:

GORDILLO VAZQUEZ ALEJANDRO 15270530

ASESOR INTERNO:

MC. OSBALDO YSAAC GARCÍA RAMOS

ASESOR EXTERNO:

ING. FRANCISCO JAVIER MATUS PINEDA

TUXTLA GUTIÉRREZ, CHIS. A 19 DE DICIEMBRE DE 2019



Agradecimiento

Agradezco primeramente a Dios, por permitirme culminar mi residencia profesional exitosamente con paciencia y dedicación, para poder superarme en un futuro.

Así mismo; doy gracias de la oportunidad que me brinda dios al acomodar cada situación que se me presentó durante mi desempeño académico y darme la fortaleza necesaria para afrontarlo y dar el siguiente paso; por la vida de mis padres también, porque cada día bendice mi vida con la hermosa oportunidad de estar y disfrutar al lado de las personas que sé que más me aman, y a las que yo sé que más amo en mi vida. Gracias a dios por permitirme amar a mis padres por permitirme conocer a dios y de su infinito amor.

Gracias a mis padres por ser los principales promotores de mis sueños, gracias a ellos por confiar y creer en mí y en mis expectativas, en especial a mi madre por estar dispuesta a acompañarme cada larga y agotadora noche de estudio, agotadoras noches en las que su compañía y la llegada de sus ricas cenas y su café delicioso eran como agua en el desierto, gracias por siempre confiar en mí, por las palabras de aliento y de consejo y por cada una de las palabras que me motivaron aún más a luchar y valorar cada hora de dedicación y empeño, gracias madre por formar parte fundamental y por nunca dejarme solo y por otro lado gracias a mi padre por desear y anhelar siempre lo mejor de mi vida.

Gracias a mi hermano, mis padrinos y mi novia por formar parte indispensable de este largo proceso que pronto desempeñaré en mi vida profesional, y por los apoyos obtenidos, por la mano brindaba, su ayuda incondicional, el carácter y la sabiduría que me hicieron aún mejor, siendo un motor muy grande para mí.

Finalmente; gracias a todos y cada uno de los que formaron parte de este éxito que hoy me enorgullece tener, a mis compañeros de trabajo, amigos, asesor y maestros que contribuyeron a colocar una pieza importante para mis conocimientos y experiencias laborales, aumentando así mis ganas de seguir adelante y poder llegar a lo que hoy es mi carrera profesional.

Gracias a la vida por este nuevo triunfo y experiencia jamás olvidada.

Contenido

Capítulo I Caracterización Del Proyecto	9
1.1 Introducción	9
1.2 Problemática.....	10
1.3 Justificación.....	10
1.4 Objetivos del proyecto	10
1.4.1 Objetivo general.....	10
1.4.2 Objetivos específicos.....	11
1.5 Alcances y Limitaciones	11
Capitulo II Caracterización Del Área En Que Se Participó	12
2.1 Antecedentes de la empresa.....	12
2.2 Organigrama de la Empresa	14
2.3 Misión.....	14
2.4 Visión.....	14
2.5 Valores.....	15
2.6 Descripción Del Área Donde Se Realizó El Proyecto	15
CAPITULO III Fundamento Teórico.....	16
3.1 Origen.....	16
3.2 CIP.....	16
3.3 Lavado	18
3.4 Sanitización	18
3.5 Sistemas de limpieza	18
3.6 Limpieza de tuberías, y sistemas cerrados.....	19
3.7 Procedimientos de limpieza	20
3.8 Verificación y validación de la limpieza.....	20
3.8.1 Verificación de la limpieza	20
3.8.2 Validación de limpieza	21
3.9 Elementos de un CIP	22
3.9.1 Estación de CIP	22
3.9.2 Circuito de CIP.....	22

3.10	Instalación de un sistema CIP.....	22
3.11	Análisis de peligros y puntos de control crítico (APPCC).....	23
3.12	Buenas Prácticas de Manufactura (GMP)	23
3.13	Secuencia de operaciones.....	24
3.13.1	Aplicación de agua y/o aire.....	24
3.13.2	Enjuagado previo	24
3.13.3	Lavado alcalino.....	24
3.13.4	Enjuagado intermedio.....	25
3.13.5	Lavado ácido.....	25
3.13.6	Desinfección	25
3.13.7	Enjuagado final (opcional)	26
3.13.8	Enfriamiento	26
3.14	Consideraciones generales en los sistemas CIP	26
3.15	Factores que determinan la eficacia	27
3.15.1	Calidad del agua	27
3.15.2	Riesgos de corrosión.....	29
3.15.3	Detergentes.....	29
3.15.4	Concentraciones de detergente.....	30
3.15.5	Temperatura	30
3.15.6	Tiempo.....	33
3.15.7	PH	34
3.15.7	Conductividad.....	35
3.16	Diseño de equipamiento	36
3.16.1	Sistemas CIP de camino único	37
3.16.2	Sistema CIP de empleo no recuperable	38
3.16.3	Sistema CIP de empleo repetido	39
3.17	Controlador PID.....	42
3.17.1.-	Accion proporcional.....	42
3.17.2.-	Accion integral	45
3.17.3.-	Accion derivativa	46

3.18 Controlador Lógico Programable (PLC)	47
3.18.1 Ventajas de los PLC's	48
3.18.2 PLC Allen Bradley 1769	48
CAPITULO IV Procedimientos Y Descripción De Las Actividades Realizadas	49
4.1 Análisis del proyecto.	49
4.2 Diseño e implementación de la secuencia de control utilizando el software Control Logix de Allen Bradley.	49
4. Diseño e implementación del sistema Scada usando el software Factory Talk de Allen Bradley.	82
4. Diseño e implementación del sistema Scada usando el software Ignition de Inductive Automation	101
CAPITULO V	114
5.1 Resultados	114
5.2 Conclusiones	115
REFERENCIAS	116
Anexos	117

Lista de figuras

Figura 1 Organigrama	14
Figura 2 Dirección de la empresa AIM INGENIERIA	15
Figura 3 Escala de valores del PH.....	34
Figura 4 Conductividad.....	35
Figura 5 Esquema básico de un sistema CIP.....	36
Figura 6 Sistema CIP de camino único.	37
Figura 7 Sistema CIP de empleo no recuperable.	38
Figura 8 Sistema CIP de empleo repetido.....	39
Figura 9 RSLOGIX 5000 V20	49
Figura 10 Tarjeta de entradas y salidas de PLC 1769-L24ER-QB1B.....	56
Figura 11 Programación de Add-On (RECIRCULACIÓN DE TANQUES)	58
Figura 12 Function Block (RECIRCULACIÓN DE TANQUES).....	59
Figura 13 Relay Ladder (RECIRCULACIÓN DE TANQUES).....	59
Figura 14 Programación de Add-On (LLENADO DE TANQUES).....	61
Figura 15 Function Block (LLENADO DE TANQUES)	62
Figura 16 Relay Ladder (LLENADO DE TANQUES)	62
Figura 17 Llenado de tanques previo al proceso Demo CIP	63

Figura 18 Primera fase del proceso Demo CIP	63
Figura 19 Segunda fase del proceso Demo CIP	63
Figura 20 Tercera fase del proceso Demo CIP	64
Figura 21 Cuarta fase del proceso Demo CIP	64
Figura 22 Quinta fase del proceso Demo CIP	64
Figura 23 Programación Del sistema Demo CIP (RUNG 0-8)	65
Figura 24 Programación Del sistema Demo CIP (RUNG 9-13)	66
Figura 25 Programación Del sistema Demo CIP (RUNG 14-16)	67
Figura 26 Programación Del sistema Demo CIP (RUNG 17-22)	68
Figura 27 Programación Del sistema Demo CIP (RUNG 23-End).....	69
Figura 28 FACTORY I/O	71
Figura 29 Tablero principal	72
Figura 30 Tablero Acido-Sosa.....	72
Figura 31 Tanques y lámparas	72
Figura 32 Tablero de tanque agua de red	72
Figura 33 Simulación Factory I/O.....	73
Figura 34 PLC 1769-L24ER-QB1B.....	73
Figura 35 Configuración Factory I/O.....	74
Figura 36 Datos del PLC 1769-L24ER-QB1B.....	74
Figura 37 Configuración de cable Ethernet.....	75
Figura 38 Cable Ethernet	75
Figura 39 Fuente Weidmüller	75
Figura 40 RSLinx Classic	76
Figura 41 Configuración de RSLinx Classic.....	76
Figura 42 Descarga del código al PLC.....	77
Figura 43 Comunicación PLC-Factory I/O	77
Figura 44 Configuración de tableros	78
Figura 45 simulación Factory I/O (Llenado de tanques).....	79
Figura 46 simulación Factory I/O (Fase 1)	79
Figura 47 simulación Factory I/O (Fase 2)	80
Figura 48 simulación Factory I/O (Fase 3)	80
Figura 49 simulación Factory I/O (Fase 4)	81
Figura 50 simulación Factory I/O (Fase 5)	81
Figura 51 Factory Talk View Studio V8.20.00.....	82
Figura 52 Selección del tipo de aplicación (FTVS)	83
Figura 53 Parámetros de la aplicación (FTVS).....	83
Figura 54 Árbol de proyecto (FTVS).....	84
Figura 55 Diseño de la pantalla [DIAGNOSTICS] en FTVS	85
Figura 56 Diseño de la pantalla _std_cm_indig en FTVS.....	85
Figura 57 Diseño de la pantalla _std_cm_indig_extpar en FTVS.....	86
Figura 58 Diseño de la pantalla _std_cm_indig_par en FTVS.....	86
Figura 59 Diseño de la pantalla _TMP_PH_Interlock_IntFunc en FTVS	87

Figura 60	Diseño de la pantalla _TMP_Ph_Phase_Agit en FTVS	87
Figura 61	Diseño de la pantalla _TMP_Ph_Phase_Empt en FTVS	88
Figura 62	Diseño de la pantalla _TMP_Ph_Phase_Fill en FTVS	88
Figura 63	Diseño de la pantalla _TMP_Ph_Phase_Prod en FTVS	89
Figura 64	Diseño de la pantalla _TMP_Ph_Phase_Xfer en FTVS	89
Figura 65	Diseño de la pantalla _USR_UN_Line_Par en FTVS	90
Figura 66	Diseño de la pantalla _USR_UN_Tank_Dual_Par en FTVS.....	90
Figura 67	Diseño de la pantalla Alarm_Popup en FTVS	91
Figura 68	Diseño de la pantalla Alarms en FTVS.....	91
Figura 69	Diseño de la pantalla L2-FM60005 en FTVS.....	92
Figura 70	Diseño de la pantalla L2-FM60007 en FTVS.....	92
Figura 71	Diseño de la pantalla L2-FM60008 en FTVS.....	93
Figura 72	Diseño de la pantalla L2-FM60009 en FTVS.....	93
Figura 73	Diseño de la pantalla L2-FM60010 en FTVS.....	94
Figura 74	Diseño de la pantalla L2-L07101 en FTVS	94
Figura 75	Diseño de la pantalla L2-L07102 en FTVS	95
Figura 76	Diseño de la pantalla L2-T07101 en FTVS	95
Figura 77	Diseño de la pantalla L2-Llenadoras en FTVS	96
Figura 78	Diseño de la pantalla L2-T07102 en FTVS	96
Figura 79	Diseño de la pantalla L2-Tanques en FTVS	97
Figura 80	Diseño de la pantalla L3-Llenadoras01 en FTVS.....	97
Figura 81	Diseño de la pantalla L3-Llenadoras02 en FTVS.....	98
Figura 82	Diseño de la pantalla Navigator_L2 en FTVS	98
Figura 83	Diseño de la pantalla Navigator_L3 en FTVS	99
Figura 84	Diseño de la pantalla Overview en FTVS.....	99
Figura 85	Diseño de la pantalla Quit en FTVS	100
Figura 86	Diseño de la pantalla System_Control_Popup en FTVS	100
Figura 87	Registro en Inductive Automation	101
Figura 88	Ejecución y selección, Launch+CreateShortcut	102
Figura 89	Inicio de Sesion en Ignition Designer.....	102
Figura 90	Nuevo proyecto en Ignition Designer.....	103
Figura 91	Propiedades del nuevo proyecto en Ignition Designer.....	103
Figura 92	Pantalla de inicio en Ignition Designer.....	104
Figura 93	Diseño de la pantalla _std_cm_indig_extpar en Ignition.....	104
Figura 94	Diseño de la pantalla Overview en Ignition.....	105
Figura 95	Diseño de la pantalla L2-FM60005 en Ignition	105
Figura 96	Diseño de la pantalla L2-L07101 en Ignition	106
Figura 97	Diseño de la pantalla L2-T07101 en Ignition	106
Figura 98	Diseño de la pantalla Llenadoras en Ignition.....	107
Figura 99	Diseño de la pantalla Log In en Ignition.....	107

Figura 100 Diseño de la pantalla Quit en Ignition	108
Figura 101 Diseño de la pantalla System_Control_Popup en Ignition	108
Figura 102 Diseño de la pantalla _TMP_Ph_Phase_Agit en Ignition.....	109
Figura 103 Diseño de la pantalla _TMP_Ph_Phase_Empt en Ignition	109
Figura 104 Diseño de la pantalla _TMP_Ph_Phase_Fill en Ignition	110
Figura 105 Diseño de la pantalla _TMP_Ph_Phase_Prodl en Ignition	110
Figura 106 Diseño de la pantalla _TMP_Ph_Phase_Xfer en Ignition	111
Figura 107 Diseño de la pantalla _USR_UN_Line_Par en Ignition	111
Figura 108 Diseño de la pantalla _USR_UN_Tank_Dual_Par en Ignition.....	112
Figura 109 Diseño de la pantalla _std_cm_indig_extpart en Ignition.....	112
Figura 110 Diseño de la pantalla L2-L07101 en Ignition	113
Figura 111 Diseño de la pantalla _std_cm_indig en Ignition.....	113
Figura 112 Sistema Scada en Factory Talk	114
Figura 113 Sistema Scada en Ignition.....	115

Lista de tablas

Tabla 1 Ventajas de los sistemas CIP.....	17
Tabla 2 Inconvenientes de los sistemas CIP.	17
Tabla 3 Dureza total del agua.....	28
Tabla 4 Gases disueltos en agua y sus efectos	28
Tabla 5 Rangos de concentración de productos químicos puros.....	30
Tabla 6 Temperaturas aplicadas en un sistema CIP en instalaciones industriales	31
Tabla 7 Caudales y presiones a la salida de una bola de limpieza en tanques de orientación vertical.	33
Tabla 8 Etiquetas de entrada del Sistema Demo CIP	50
Tabla 9 Etiquetas de salidas del Sistema Demo CIP.....	52
Tabla 10 Etiquetas Add-On (RECIRCULACION DE TANQUES).....	57
Tabla 11 Etiquetas Add-On (LLENADO DE TANQUES)	60

Ecuaciones y formulas

Ecuación 1 Primera ley de Fick.....	30
Ecuación 2 Ecuación de Arrhenius.	31
Ecuación 3 Ecuación de Arrhenius desarrollada.....	31
Ecuación 4 Ecuación del número adimensional de Reynolds	32

Capítulo I

Caracterización Del Proyecto

1.1 Introducción

En la actualidad las industrias alimentarias tienen la necesidad de tener un alto nivel de producción y los productos deben tener la calidad adecuada. Es decir, deben ser seguras y no afectar al consumidor, durante todo el tiempo de producción los productos deben mantener siempre sus características físico-químico y organolépticas. Para esto es muy importante tener un protocolo de higiene adecuada para los equipos e instalaciones, para poder prevenir que cualquier residuo pudiera provocar una alteración de los productos.

La limpieza de los equipos e instalaciones se debe realizar de manera más efectiva, para poder evitar que los productos puedan ser contaminados con alguna bacteria, impureza o suciedad que se encuentren en algún poro, hendidura u otra irregularidad. Existen dos métodos de limpieza básicas que es el OPC (Open Plan Cleaning) y los procesos CIP (Clean In Place), los procesos de limpieza OPC consiste en limpieza en superficie exteriores y los sistemas CIP consiste en limpieza en interiores, en las industrias de bebidas se llevan a cabo ambos métodos de higiene, teniendo mucho mayor importancia el proceso de limpieza CIP.

Un CIP tiene como finalidad poder realizar y garantizar una limpieza en las plantas de producción en su interior es decir todo lo que se encuentre en contacto con el producto como son los depósitos, tuberías, llenadoras, etc. sin necesidad de desmontar o cambiar el estado de funcionamiento.

En el presente proyecto de residencia se desarrollará la automatización del Demo CIP que permitirá las labores de limpieza, para poder proveer la visualización de todas las variables de procesos que son adquiridas de sensores industriales, supervisión y control del sistema Demo Clean In Place.

El capítulo 1 comprende las características del proyecto, se presenta el objetivo general y los específicos, también la justificación por lo cual se desarrolla el proyecto en la empresa y las limitaciones del mismo.

El capítulo 2 presenta información acerca de la empresa en la que se desarrolló el presente proyecto, mencionando antecedente, ubicación, misión, visión y filosofía,

El capítulo 3 describe el marco teórico, en donde se exponen todos los conceptos relacionados con un sistema Demo Clean In Place.

El capítulo 4 describe la metodología aplicada durante el desarrollo del proyecto, describiendo cada actividad y tareas ejecutadas.

En el capítulo 5 se expone los resultados y conclusiones al desarrollar el presente proyecto.

1.2 Problemática.

Las industrias que procesan alimentos y bebidas necesitan de altos niveles de limpieza en los equipos industriales que utilizan durante el proceso productivo. Al terminar la elaboración de sus productos estos quedan contaminados de grasas, proteínas, azúcares, minerales y otros agentes que puede afectar la calidad de los productos posteriores o algunas toxiinfecciones que pueden afectar a los consumidores, para esto es necesario hacer uso de un método de limpieza CIP.

1.3 Justificación.

El desarrollo de un DEMO CIP es muy importante ya que la parte fundamental del proceso es la limpieza de los tanques, tuberías, bombas, válvulas, intercambiadores y en general todo equipo por el cual fluye el producto en proceso, este proceso se realiza de manera automática haciendo circular distintas soluciones de limpieza y de enjuague, lo que ayuda a limpiar el recipiente sin necesidad de desmontarlo o moverlo. Y así mejorar la calidad e higiene de los productos en proceso. Este proceso se logrará monitorear y controlar de mejor manera con la ayuda de software de visualización.

1.4 Objetivos del proyecto

A continuación, se describen el objetivo general y los objetivos específicos.

1.4.1 Objetivo general

Implementar un sistema de control y adquisición de datos mediante Control Logix, Factory Talk e Ignition de sistema demo Clean In Place para la Empresa AIM INGENIERÍA S.A. de C.V León, Guanajuato.

Desarrollar sistema demo Clean In place mediante software de diseño asistido por computadora desde su modelado 3D, realización de diagramas eléctricos de control y potencia para su uso en la automatización del sistema.

1.4.2 Objetivos específicos

- Investigación bibliográfica: en esta actividad se realizará el estudio de cada uno de los componentes necesarios en el proyecto, tanto de los controladores lógicos programables y el tipo de válvulas a utilizar, así como dimensiones, tipo de conexionado, tipo de red a utilizar, componentes del bus de comunicación industrial, tipos de cables de potencia y de control, entre otros.
- Diseño e implementación de secuencias de control utilizando el software Control Logix de Allen bradley para proveer de automatización al sistema demo Clean In Place.
- Diseño e implementación del sistema Scada usando el software Factory Talk de Allen Bradley, para proveer de visualización de todas las variables de proceso adquiridas de sensores industriales, supervisión y control al sistema demo Clean In place.
- Diseño e implementación del sistema Scada usando el software Ignition de Inductive Automation, para proveer de visualización, supervisión y control al sistema demo Clean In place.

1.5 Alcances y Limitaciones

Poder automatizar un proceso tiene muchas ventajas, ayuda a que el proceso sea mas competitivo a nivel industrial, ahorrando tiempo y dinero, beneficiando al productor y cliente. Al realizar un proceso de automatización requiere de un capital grande que puede estar fuera del alcance de muchos, pero esto sería una inversión con alto beneficio

A continuación, se harán mención de algunos alcances y limitaciones que se presentan en la automatización.

ALCANCES

Una vez que un proceso de automatización se ha implementado y depurado, las operaciones se repiten de forma idéntica continuamente.

El proyecto realiza el control y supervisión del sistema CIP con ayuda de sistemas Scadas como Factory Talk e Ignition.

LIMITACIONES

El poco tiempo en la realización del proyecto provocó apresuradas simulaciones y falta de conocimiento de algunos softwares.

Capítulo II

Caracterización Del Área En Que Se Participó

2.1 Antecedentes de la empresa

AIM Ingeniería es una empresa creada en 2006; con el objetivo de ofrecer servicios integrales que satisfagan las necesidades de ingeniería, diseño, supervisión y ejecución de proyectos, con estándares de calidad.

AIM Ingeniería cuenta con la experiencia en Diseño de equipos y sistemas de proceso, así como en su Instalación; intercambio de calor, bombeo, cocimiento, concentración, destilación, dosificación, esterilización, filtración, pasteurización, homogeneización, tuberías y conexiones, manejo de fluidos y servicios de mantenimiento.

AIM Ingeniería para poder cumplir sus compromisos ha realizado alianzas estratégicas, con compañías vanguardistas tanto en equipos para la automatización, como en equipos de proceso. La empresa ha logrado el reconocimiento de ROCKWELL AUTOMATION para certificarse como compañía integradora. AIM Ingeniería para equipos especializados de proceso tiene el respaldo, certificación y asesoría técnica de TETRA-PAK de quien es distribuidor directo.

Así mismo cuentan con venta, reparación y refacción de:

- Intercambiadores de calor.
- Homogenizadores.
- Bombas y Válvulas tipo sanitario.
- Pasteurizadores.

Para ejecutar los servicios antes mencionados, el personal de AIM Ingeniería lo forman profesionales altamente calificados y con amplia experiencia en las siguientes disciplinas:

- Ingeniería de Proceso.
- Ingeniería de Instrumentación y control.
- Ingeniería Mecánica
- Ingeniería Eléctrica.
- Automatización.

La empresa así también desarrolla actividades de ingeniería aplicada tales como:

Ingeniería Conceptual, Básica y de Detalle. Diseño de Proyectos e Ingeniería de Planta. Dirección de Proyectos. Ejecución y Supervisión de Proyectos. Selección y Designación de Equipos y Materiales. Instalación de Líneas Productivas (Mecánica y Eléctrica) Automatización de Procesos y Líneas Productivas. Puesta en marcha de Plantas Industriales.

La base operativa con la que AIM Ingeniería opera es una red multidisciplinaria matricial en la que los Ingenieros de Proyectos (Supervisores) atienden a los clientes en forma única e individual, reportando a la Gerencia de Proyectos.

Así también AIM Ingeniería tiene socios estratégicos como, por ejemplo: PIABSA, la cual genera los siguientes servicios:

- Selección de Tecnología.
- Diseño Conceptual y de Detalle.
- Planeación Maestra de Proyectos.
- Ingeniería de Proceso.
- Diseño.
- Instalaciones Sanitarias de Equipo y Red de Tuberías.
- Ingeniería de Instrumentación y control.
- Selección y Suministro de Equipos de Instrumentación.
- Integración de Equipos
- Automatización de Procesos y Maquinaria.
- Ingeniería Mecánica
- Montajes mecánicos.
- Tuberías y conexiones. (Sanitaria e Hidro-Sanitaria)
- Ingeniería Eléctrica.
- Instalaciones industriales
- Distribución de Fuerza.

2.2 Organigrama de la Empresa

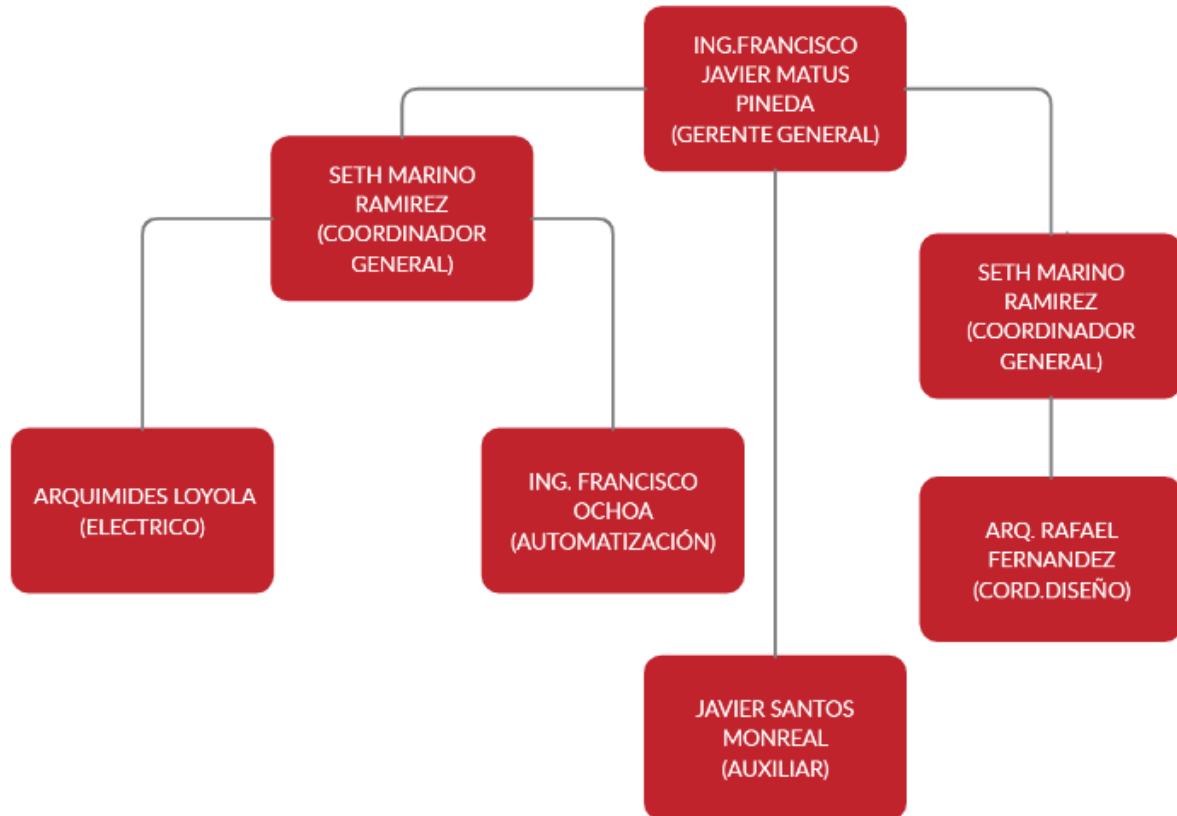


Figura 1 Organigrama

2.3 Misión

Lograr la completa satisfacción del cliente en proyectos de automatización e instalaciones de proceso, cerrando círculos de sinergia industrial y calidad, posicionándonos como una empresa innovadora, logrando el proceso de los empleados y de la industria mexicana.

2.4 Visión

Consolidar la posición estratégica del Grupo AIM Ingeniería, dentro del mercado de las instalaciones de proceso y la automatización como una empresa líder en México, cumpliendo con estándares de calidad mundial y satisfaciendo las necesidades de las empresas mexicanas en el ramo industrial alimenticio.

2.5 Valores

Para nuestra empresa son de lo más importantes ya que nos llevan a definir la imagen de una empresa profesional y de calidad mundial.

- Honestidad
- Respeto
- Responsabilidad
- Puntualidad
- Orden
- Confidencialidad
- Seguridad
- Disciplina
- Perseverancia
- Integridad

2.6 Descripción Del Área Donde Se Realizó El Proyecto

El área donde se realizó el proyecto está ubicada, Valle Balam 140, Fracc. Valle Antigua, León, Guanajuato en la empresa AIM INGENIERIA.

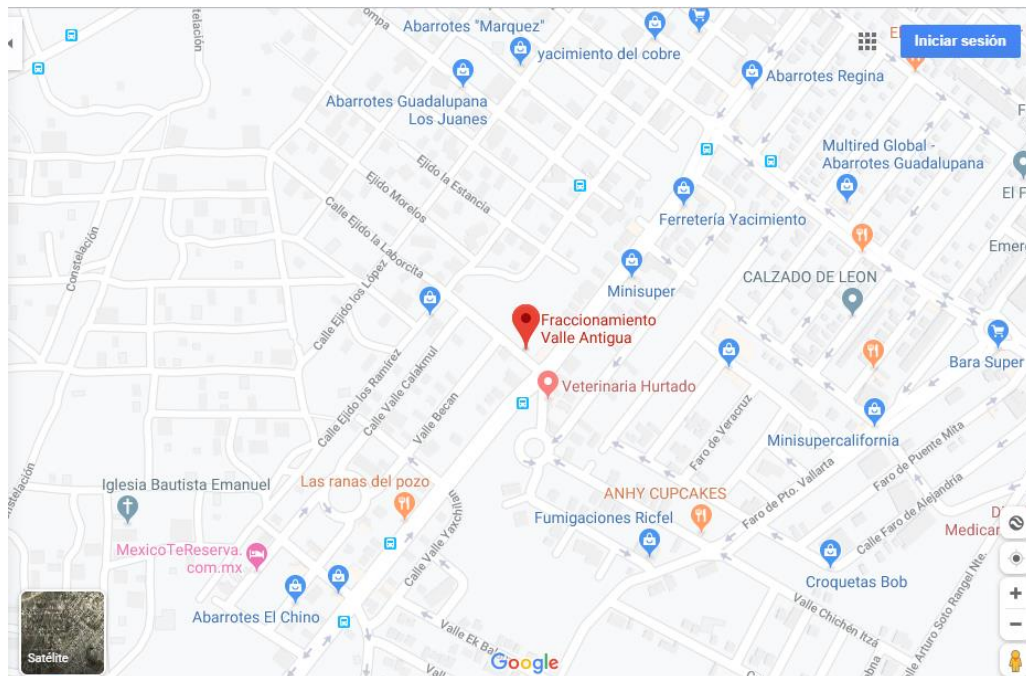


Figura 2 Dirección de la empresa AIM INGENIERIA

CAPITULO III

Fundamento Teórico

3.1 Origen

Los orígenes de la limpieza CIP se hallan en el sector alimenticio y las centrales lecheras; en la actualidad, este método de limpieza se emplea principalmente en las fábricas de cerveza, industria refresquera y el sector farmacéutico.

3.2 CIP

El término “Cleaning In Place” (CIP) hace referencia al método para limpiar equipos de producción y tuberías. Aplicando todos los procesos mecánicos y químicos necesarios para preparar el equipo para el procesado higiénico de alimentos. Los equipos se limpian sin necesidad de desmontar el sistema mediante un procedimiento en circuito o paso.

Una definición más firme la aportan Moerman y otros, quien define un CIP como “Un método perfeccionado y automático de limpieza dirigido a eliminar la suciedad del equipamiento de una planta y las conducciones sin necesidad de desmontar dicho equipamiento”.

No excluye en todas las situaciones la ejecución de limpieza manual. Algunos equipos como por ejemplo las bombas centrífugas, deben desmontarse ocasionalmente y limpiarse aparte manualmente.

El sistema CIP lleva a cabo la circulación de soluciones detergentes y/o desinfectantes y de agua de enjuague a través de los equipos de producción (depósitos y tuberías). La aplicación se realiza mediante chorro o rociado para que contacte con la superficie de los equipos bajo determinadas condiciones de turbulencia.

Las tablas 1 y 2 resumen brevemente tanto las ventajas como los inconvenientes de trabajar con sistemas CIP.

Tabla 1 Ventajas de los sistemas CIP

VENTAJAS	DESCRIPCIONES
Adecuado para limpiar una amplia selección de equipos de proceso	Tanques, tuberías, bombas, cambiadores de calor, depósitos...etc.
Esfuerzo manual mínimo	Posee un alto grado de automatización
Mejora de la higiene	La inacción humana, las altas temperaturas y los fuertes detergentes reducen la posibilidad de re-contaminación
Trazabilidad de las operaciones de limpieza	Puede automáticamente manipular los parámetros de temperatura, flujo...etc.
Reducción del tiempo muerto	Permite que la limpieza sea más rápida que de forma manual
Menor impacto ambiental	La cantidad de vertido contaminante será menor
Menor coste económico	Se ahorra en agua, detergente, desinfectante, energía y tratamiento de residuos

Tabla 2 Inconvenientes de los sistemas CIP.

INCONVENIENTES	DESCRIPCÓN
Alta inversión económica inicial	Los sistemas CIP se diseñan a medida. Además, el hardware y el software suponen un aumento del capital
No es adecuado para eliminar suciedades pesadas	Carece de eficacia en la industria cárnica y de vísceras de aves
Inflexibilidad	Los sistemas CIP estacionarios no permiten abarcar más que procesos adyacentes
Mantenimiento	El equipamiento sofisticado requiere de un mantenimiento mayor

3.3 Lavado

Los múltiples pasajes o recirculaciones de las soluciones de limpieza entre la unidad CIP y el equipamiento a limpiar hacen muy eficiente el proceso, ahorrando insumos y agua. La solución de limpieza recirculadas a altas velocidades produce un flujo turbulento muy eficiente para remover por arrastre sólidos insolubles.

Cuando se ha removido todos los contaminantes se concluye la operación descartando las aguas de lavado y utilizando el equipo CIP para enjuagar y remover restos de líquidos de limpieza. Los enjuagues se llevan a cabo recirculando agua limpia y descartando las aguas de enjuague.

Esta operación puede repetirse varias veces hasta que todo el sistema se encuentre perfectamente limpio.

3.4 Sanitización

Se debe mantener el crecimiento microbiológico en diversos procesos productivos por debajo de ciertos límites. Para lograr bajar la carga de microorganismos se puede utilizar el mismo equipo CIP con soluciones especiales para la sanitización de líneas de proceso y de tanques.

Este procedimiento de sanitización mantiene idénticos conceptos que los utilizados en la limpieza como: tiempo de contacto con la sustancia sanitizante y temperatura.

Algunas veces es necesario hacer algunas modificaciones en la instalación a efectos de drenar los líquidos sobrantes sin afectar la esterilidad o sanitización del sistema.

El éxito de la sanitización depende en gran parte de la eficiencia del proceso de lavado, pues no es posible disminuir la carga microbiológica de equipamiento que no esté perfectamente limpias.

3.5 Sistemas de limpieza

Las impurezas y contaminantes químicos o microbiológicos se fijan de una manera muy compleja a las superficies. Por norma general, pueden estar encerradas mecánicamente en poros, hendiduras y otras irregularidades.

El mantenimiento de condiciones adecuadas y seguras en la manipulación industrial de alimentos, lácteos, fármacos, cosméticos e industrias biotecnológicas exige, además de controles en puntos críticos del sistema de producción, la implementación de mecanismos que aseguren la higiene total de superficies, equipamientos y utensilios de trabajo.

Eliminar las impurezas y contaminantes químicos teniendo en cuenta que se produce un flujo constante de uso, resulta fundamental para prevenir contaminaciones y, por tanto, el riesgo de toxiinfecciones alimentarias o deteriorar la calidad final del producto.

Se necesita implementar algún sistema capaz de vencer las fuerzas de unión electroestáticas o fisicoquímicas que se dan tanto entre las impurezas y las superficies impregnadas como entre las sustancias entre sí, eliminar patógenos o elementos potencialmente contaminantes no basta con aplicar métodos de limpieza convencionales.

La suma entre estas uniones puede expresarse como energía de adhesión. Para lograr la separación de estas impurezas, su adhesión, habrá que suministrar productos de limpieza en cantidad y forma adecuadas, necesarios para deshacer las uniones existentes.

Se requiere evaluar no sólo la línea de proceso sino también se debe anticipar cada uno de los aspectos que intervendrán de manera vital a lo largo de la cadena de abastecimiento destinada a la producción de alimentos y productos para la salud, para ello se debe realizar un correcto estudio de la ingeniería de diseño.

Para asegurar una máxima eficiencia en las aplicaciones de sistemas integrados de limpieza, que consiguen mezclar en proporciones adecuadas el agua y los productos químicos, y debe asegurarse que el sistema trabaje en los rangos de temperatura donde la eficiencia de los detergentes sea la mejor posible.

3.6 Limpieza de tuberías, y sistemas cerrados

Las tuberías o sistemas cerrados por donde circulan subproductos o ingredientes, son ampliamente utilizados en los sistemas industriales, por ello se debe asegurar que estos se mantengan limpios para poder desarrollar los procesos a un mismo nivel de calidad.

Para lograr una limpieza efectiva de ellos se acostumbra a emplear una solución que incorpora detergentes y desinfectantes que se hace circular por los equipos e instalaciones durante un tiempo determinado. Los componentes disueltos y dispersos por el agente de limpieza son arrastrados por el líquido circulante.

Para asegurar un correcto funcionamiento del ciclo de limpieza, se debe priorizar que se genere un flujo turbulento con el líquido circulante.

Esta turbulencia se da cuando en el líquido las partículas se desplazan en forma desordenada generando pequeños remolinos. Contrariamente, lo no buscado es una circulación a flujo laminar, que es la que se da cuando el líquido conforma capas o niveles que se desplazan unas sobre otras a diferentes velocidades sin llegar a mezclarse.

3.7 Procedimientos de limpieza

Para realizar la limpieza, los sistemas CIP cuentan con varios depósitos, conteniendo las diversas soluciones de limpieza, normalmente soluciones alcalinas en base de Sosa, y ácido de neutralización, generalmente se trata de ácido Nítrico.

Estas soluciones necesitaran ser calentadas a una temperatura en la cual la acción química es mayor, dicha temperatura se conoce como temperatura de trabajo y deberán ser enviadas secuencialmente a través de los circuitos de producto. Las soluciones son preparadas de forma totalmente automática mediante la utilización de equipos de control de los diversos parámetros. El sistema controla el perfecto funcionamiento del proceso controlando las temperaturas y concentraciones en el retorno de soluciones, así como sus caudales.

Como principio básico el CIP utiliza el paso de un líquido limpiante a alta velocidad sobre las superficies del equipo generando un efecto de lavado mecánico que desaloja cualquier residuo. En el caso de tanques o depósitos, en los que por su geometría sería muy difícil lograr altos niveles de turbulencia, se utilizan cabezales dinámicos de rociado que impactan todos los puntos de la superficie del tanque, logrando el desprendimiento de desechos y material contaminante. Para cada proceso se deberá diseñar entonces un programa de CIP dependiendo del tipo de producto, las posibilidades de limpieza de los equipos y el nivel de desinfección que requiera cada aplicación.

3.8 Verificación y validación de la limpieza

3.8.1 Verificación de la limpieza

Como actualmente no existe una técnica disponible para medir la limpieza continuamente en línea, una planta debe abrirse después de la limpieza en puntos de control críticos predeterminados para evaluar la limpieza de una o más formas:

- Tiene que estar visualmente limpio sin residuos de producto. Esto puede revisarse con un paño blanco limpio.
- Pruebe la limpieza microbiológicamente, limpiando los hisopos en ciertos patrones sobre áreas específicas. Pero la incubación y el análisis de las muestras lleva algún tiempo.
- Un método más rápido es evaluar la presencia de trifosfato de adenosina (ATP) utilizando una enzima de la luciérnaga (luciferasa) que emite luz cuando entra en contacto con el ATP. El nivel de luminiscencia se puede medir fácilmente, lo que demuestra la presencia de un organismo vivo o de una sustancia producida por un organismo vivo.

3.8.2 Validación de limpieza

Una cosa es verificar la efectividad de limpieza de un ciclo de limpieza en particular. Pero, ¿cómo puede saber si está siguiendo sistemáticamente buenos regímenes de limpieza que constantemente producen un resultado aceptable que minimiza los riesgos de los productos en mal estado? Un método estructurado para validar la limpieza debe lograr dos cosas:

- Verifica la efectividad del procedimiento de limpieza para la eliminación de residuos del producto.
- Documenta evidencia de que el proceso de limpieza elimina los residuos a niveles aceptables predeterminados, de manera repetida y confiable. Un proceso de validación completo podría incluir todos estos elementos:

1. Calificación de diseño

- Diseño higiénico
- Evaluaciones de riesgo higiénico

2. Calificación de instalación

- Lista de verificación de áreas críticas

3. Calificación operativa

- Lista de verificación de áreas críticas

4. Calificación de rendimiento

- Monitorear / registrar parámetros críticos de CIP
 - La fuerza mecánica durante la limpieza se mide con un transmisor de flujo.
 - La fuerza térmica se mide con transmisores de temperatura. El tiempo se mantiene al tanto.
 - La fuerza química (concentración de detergente) se mide indirectamente por la conductividad eléctrica.
-
- Demostrar efectividad y reproducibilidad del proceso de limpieza.
 - Verificar que el equipo se limpia de acuerdo con niveles aceptables predeterminados.

3.9 Elementos de un CIP

Dentro de un sistema de CIP se pueden diferenciar dos elementos esenciales:

3.9.1 Estación de CIP

Consta de todos los equipos necesarios para el almacenamiento, monitoreo, control y distribución de soluciones limpiantes a cada uno de los circuitos de CIP.

3.9.2 Circuito de CIP

Es un sistema cerrado por el cual el líquido limpiante va fluyendo a través de los equipos y regresa finalmente de nuevo a los tanques.

Todos los componentes del mismo circuito, por ende, deben permitir ser limpiados al mismo tiempo. Es normal encontrar en una planta varios circuitos de CIP debido a las diferentes naturalezas de los depósitos a limpiar, y la simultaneidad de limpieza que el proceso permita.

3.10 Instalación de un sistema CIP

Una planta procesadora que desee utilizar un sistema de limpieza CIP debe reunir ciertas condiciones especiales de diseño, para asegurar la efectividad de la limpieza y desinfección.

- Es fundamental tener sistemas separados para materias primas y productos terminados.
- Todos los equipos deberán tener una posibilidad de drenaje, ya que cualquier acumulación de agua residual o bolsillos promoverían la multiplicación de bacterias que posteriormente contaminarán el producto.
- Se debe asegurar una operación sin fallas del ciclo de limpieza, sin posibilidades de contaminación cruzada entre los productos químicos y los productos alimenticios. Para garantizar que cualquier fuga de productos de limpieza entren en contacto durante los ciclos de producción, se recomienda instalar una descarga de drenaje, entre las líneas de producción y el sistema CIP, ya que el proceso de limpieza CIP no considera la intervención manual por lo que el control debe ser estricto para evitar contaminación.
- Por otro lado, se debe asegurar un alto grado de turbulencia de los fluidos de limpieza en todas las superficies a limpiar. Para controlar las condiciones, tales como concentración de las soluciones y pruebas de efectividad, se deben instalar instrumentos adecuados y puntos de muestreo en los puntos críticos de control del circuito de limpieza.
- El proceso de limpieza CIP no considera la intervención manual, por lo que su control debe ser estricto para evitar contaminación.

- Todos los materiales que conforman la tubería y los equipos de proceso, como acero inoxidable, plásticos y elastómeros, no deberán transmitir ningún olor o sabor al producto. Deberán ser también resistentes a las soluciones de limpieza y a sus temperaturas.
- Los equipos como bombas, intercambiadores y válvulas requieren ser diseñados para aplicaciones de CIP, es decir con cero puntos muertos, permitiendo que no existan sitios sin limpieza o con acumulación.
- Se debe contar con un programa de pruebas químicas, físicas, microbiológicas y visuales, el cual permitirá evaluar y verificar la efectividad de la limpieza CIP.
- La desinfección después de la limpieza puede ser efectuada por medio de calor o productos químicos (desinfectantes compatibles con el producto). Para este caso en especial es recomendable la limpieza CIP, dado que se trata de productos que poseen una baja consistencia, por lo que el riesgo de formación de biofilm en cualquier componente de la línea es baja, lo cual permite realizar tanto la limpieza como la desinfección de manera automatizada.

3.11 Análisis de peligros y puntos de control crítico (APPCC)

Las contaminaciones microbiológicas pueden ser responsable de infecciones o de intoxicaciones, por la presencia de microorganismos viables y la posibilidad de producción de toxinas de estos mismos, como es el caso especial de *Staphylococcus aureus* y cepas enteropatógenas de *Escherichia coli*.

Dado que existen múltiples etapas del proceso que pueden presentar un fuerte impacto en la contaminación del producto final, es de suma importancia analizar cada uno de los puntos de control críticos los procesos de fabricación de productos alimentarios, o farmacéuticos.

3.12 Buenas Prácticas de Manufactura (GMP)

Como punto de partida que permita asegurar una óptima calidad del producto junto con responder a las múltiples necesidades del consumidor final, es imprescindible implementar un manual de buenas prácticas de fabricación, el cual debe ser conocido y compartido por cada uno de los departamentos de la empresa o institución en la que se manipulan productos farmacéuticos o alimentos. Por este motivo, se debe recurrir a un buen sistema logístico que asegure una correcta manipulación, elaboración, fraccionamiento, almacenamiento y transporte de alimentos o productos farmacéuticos.

3.13 Secuencia de operaciones

Aunque existe un algoritmo predeterminado para cada tipo de industria, no existe una secuencia universal que pueda abarcar todo el sector agroalimentario. Cada etapa del proceso en la industria de las bebidas puede tener unos requerimientos en cuanto a sistema CIP se refiere. Es decir, las necesidades de sistema CIP no pueden ser las mismas para depósitos que para tuberías.

Dado que puede darse cierta diversidad, se puede enumerar una secuencia global, típica para sistemas de empleo repetido, que puede ser una guía de referencia a la hora de poner en marcha un sistema CIP. El procedimiento de lavado típico que efectúa un sistema de limpieza CIP se describe a continuación.

3.13.1 Aplicación de agua y/o aire

Tiene como objetivo recuperar producto presente en las tuberías y los equipos a limpiar, de forma que se minimice la pérdida del mismo, además de reducir la cantidad de agua de enjuagado requerida.

3.13.2 Enjuagado previo

Se realiza tan pronto sea posible para evitar que se seque la suciedad residual. Puede usarse agua potable limpia a 25°C o reutilizar agua procedente de un enjuagado intermedio en un ciclo anterior.

Este enjuagado previo elimina el 90-95% de la grasa orgánica poco adherente, junto con suciedad de carácter proteico, previamente al lavado alcalino. Para evitar un derroche de agua es recomendable recuperar las aguas de enjuagado. Una vez ensuciadas, inmediatamente se drenan a través de una línea de purga o drenaje. Este enjuagado previo dura entre 3 y 10 minutos y finaliza cuando el efluente presenta claridad.

3.13.3 Lavado alcalino

Para efectuar el lavado alcalino (1-3%), se calienta agua procedente de un enjuagado previo o no, a una temperatura de entre 50 y 90°C y se añade detergente cáustico u otro.

Este detergente es, en general, reutilizado tras el ajuste de la concentración. Para su reutilización se ha de tener en cuenta tanto la cantidad de suciedad presente como la carga de microorganismos.

Se hace circular por el sistema a lavar, una solución alcalina la cual debe estar a su temperatura de trabajo, normalmente sosa cáustica a bajas concentraciones. El detergente alcalino se hace circular en el sistema para eliminar la suciedad orgánica, como las proteínas y las grasas. Se agrega detergente hasta lograr la concentración correspondiente y la temperatura se eleva al punto de ajuste de temperatura. El flujo se mantiene a un nivel que

proporciona una velocidad de flujo satisfactoria. El paso alcalino dura un período de tiempo preestablecido.

3.13.4 Enjuagado intermedio

Se usa agua potable a temperatura ambiente, aunque también puede usarse tras un calentamiento, para eliminar los restos de detergente de la anterior etapa.

El primer enjuagado intermedio suele durar entre 3 y 10 minutos, dependiendo del equipo que ha sido limpiado, y finaliza una vez que no quedan restos químicos pendientes de aclarar. El agua de enjuagado puede ser drenada o reutilizada en un posterior enjuagado previo de otro ciclo del sistema CIP.

3.13.5 Lavado ácido

Siempre que sea necesario se procede a un lavado con solución ácida para neutralizar los posibles residuos que permanezcan del lavado alcalino anterior. También es efectivo para solubilizar la suciedad producida por depósitos de sales minerales.

Se aplica preferiblemente reutilizando el agua de enjuagado de la etapa anterior, en un rango de concentraciones que varía del 0,5 al 2%. Las temperaturas son comprendidas entre los 50 y los 70°C, mientras que el tiempo de ejecución es de 3-20 minutos. Para eliminar los posibles residuos de la solución ácida y la suciedad que pueda seguir estando ligeramente adherida a la superficie del equipo, se procede a un enjuagado* con agua fría, la cual es recirculada al tanque de agua a reutilizar.

(*) Cuando se usa un segundo detergente, ya sea alcalino o ácido, se procede a un nuevo enjuague intermedio para confirmar que no quedan residuos químicos.

En el caso de que no procediese ninguna desinfección a continuación, se efectúa un segundo enjuagado con agua caliente. Éste último finaliza cuando no hay restos de residuos químicos, y su duración comprende los 3-10 minutos.

3.13.6 Desinfección

La función del desinfectante es la reducción/eliminación de microorganismos de las superficies que han sido limpiadas previamente. Normalmente se usa agua a temperatura ambiente sin reutilizar, mezclada con desinfectante mediante inyección justo antes de la bomba de suministro.

A menudo los desinfectantes se aplican a bajas temperaturas durante 10-30 minutos, aunque algunos desinfectantes a altas temperaturas dan muy buenos resultados de descontaminación.

3.13.7 Enjuagado final (opcional)

Se realiza haciendo circular agua normal en el sistema de lavado, se usa agua para purgar el detergente ácido y enjuagar la tierra disuelta. El post-Enjuague debe garantizar que se eliminen los residuos de detergente y ácido y que solo quede agua en la planta. Ahora la planta debe estar visiblemente limpia.

3.13.8 Enfriamiento

Se realiza haciendo circular agua normal a temperatura ambiente, esto con el fin de enfriar el sistema.

3.14 Consideraciones generales en los sistemas CIP

Para conseguir que los sistemas CIP cumplan con su cometido de manera óptima, es necesario tener en consideración algunas pautas, sobre todo en la fase de diseño de los mismos. Wildbrett hace hincapié en estas consideraciones:

- Todos los equipos u objetos deben ser lo más lisos posible y resistentes a los efectos químicos y térmicos.
- Los puntos de mayor vulnerabilidad en cuanto a deposición de residuos han de ser fácilmente accesibles. Incluso puede existir la posibilidad de desmontarlos en partes más pequeñas, si fuera necesario.
- Se evitarán los espacios muertos donde pueda acceder el agente limpiador, así como rincones, desviaciones agudas o bifurcaciones incontroladas.
- Los depósitos o tanques deben tener la menor cantidad posible de intersecciones y un desnivel suficiente hacia el orificio de salida.
- Los depósitos deben ser lo suficientemente sólidos para no deformarse con los cambios de líquido o frente a los cambios de temperatura. Además, aquellos que alberguen soluciones de limpieza o desinfección, ofrecerán espacio suficiente para alimentar los circuitos, incluido un volumen a mayores de seguridad.
- Los recipientes deben disponerse de forma que se la línea de agua limpia pueda desinfectarse con frecuencia y evitar la mezcla de líquidos limpiadores para asegurar la eficacia.
- Las bombas deben garantizar una potencia que caracterice el flujo como turbulento de acuerdo con las dimensiones de las conducciones.
- Se dispondrá de sondas que midan la temperatura, el flujo o concentración de solución, instaladas en las conducciones pertinentes y depósitos de almacenamiento.

3.15 Factores que determinan la eficacia

Moerman y otros afirma que los sistemas CIP están dirigidos a sumar los beneficios de utilizar ciertos agentes químicos y las altas temperaturas de las soluciones de limpieza, con la acción mecánica del flujo turbulento y el impacto de las soluciones lanzadas desde los rociadores hacia las superficies de los equipos.

Los factores que más influyen en el funcionamiento óptimo de los sistemas CIPson varios.

3.15.1 Calidad del agua

Las plantas de procesamiento de alimentos requieren mucha agua de buena calidad, al menos calidad de agua potable, pero también hay otros requisitos que son importantes para mantener los equipos de acero inoxidable en buenas condiciones de funcionamiento.

El agua se usa para preparar productos en estaciones de mezcla, limpiar, poner en marcha líneas, como medios de enfriamiento y calentamiento, enjuagar productos y enjuagar.

El agua es el componente mayoritario (95%) de las soluciones de limpieza. Con el objetivo de obtener los mejores resultados, el agua utilizado debe cumplir los requisitos de calidad.

En los procesos con sistemas CIP se usa agua potable al igual que para el consumo humano. Agua potable implica que no es tóxica y está libre de microorganismos. Las siguientes sustancias y parámetros han de tenerse en consideración

- Dureza total (Tabla 3): correspondiente a la suma de la dureza de los carbonatos ($Ca(HCO_3)_2$, $CaCO_3$, $Mg(HCO_3)_2$, $MgCO_3$) y los no carbonados ($CaCl_2$, $MgCl_2$, $CaSO_2$, $MgSO_4$, $Ca_3(PO_4)_2$) pueden expresarse en ppm de $CaCO_3$. La cifra total no debe superar las 50 ppm, siendo lo ideal no más de 10. Las aguas completamente blandas (0 ppm) provocan corrosión).
- Silicatos: en grandes concentraciones pueden formar capas opacas en la superficie del acero inoxidable. La concentración debe ser menor a las 40 ppm de óxido de silicio (SiO_2).
- Hierro y manganeso: provocan que el agua sea corrosiva. Las concentraciones de estos elementos deben ser inferiores a 0,2 y 0,005 ppm respectivamente. Pueden ser eliminados por precipitación o filtración.
- Cloruros: pueden causar picaduras y dañar el acero inoxidable en cantidades de 40-50 ppm y en combinación con pH menor de 9,5. La concentración debe de estar por debajo de 50 ppm.
- Sulfatos: las concentraciones deben de estar por debajo de las 250 ppm para evitar la corrosión de materiales que contengan hierro.

- Nitratos: en concentraciones comprendidas entre 20 y 50 ppm atacan al hierro si el agua es blanda.
- Turbidez: es producida por la existencia de partículas sólidas en el agua. En concentraciones de 1 ppm empieza a apreciarse visualmente, y pueden generar depósitos en equipos ya limpios.
- Cuantificación de bacterias: lo ideal sería una cifra inferior a 100 unidades por mL.
- Color, textura y olor: las características organolépticas no deben apreciarse.
- Gases disueltos: el oxígeno, el dióxido de carbono y el ácido sulfhídrico (H_2S) causan diversos problemas.

Tabla 3 Dureza total del agua.

Dureza (ppm $CaCO_3$.)	Denominación
> 200	Muy dura
120-200	Dura
60-120	Moderada
0-60	Blanda

Tabla 4 Gases disueltos en agua y sus efectos

Gas Problema	Problema Ocasionado
Oxígeno (O_2)	Oxidación de los metales, especialmente el hierro
Dióxido de carbono (CO_2)	Formación de ácidos débiles que pueden ocasionar corrosión
Ácido sulfhídrico (H_2S)	Alteraciones organolépticas

3.15.2 Riesgos de corrosión

Si los niveles de cloruro (Cl⁻) y cloro (Cl₂) en el agua son demasiado altos, esto provocará la corrosión del acero inoxidable. El tipo más común es la corrosión en grietas.

3.15.3 Detergentes

Es importante comprender cómo se utilizan los detergentes en los procedimientos de limpieza para lograr resultados óptimos de limpieza, y sin gastar dinero en productos químicos innecesarios que afectan aún más el medio ambiente.

Los detergentes pueden variar desde productos químicos puros como hidróxido de sodio (lejía), ácido nítrico o ácido fosfórico hasta detergentes formulados más complejos suministrados por compañías de detergentes.

Una tercera alternativa es agregar aditivos a un químico puro, como el hidróxido de sodio, en el fabricante de alimentos. Esta es una alternativa muy flexible en la que puede usar solo productos químicos puros para algunos objetos de limpieza y crear un detergente formulado para otros. Es importante seguir las recomendaciones de dosificación para los detergentes y calcular y diluir correctamente los concentrados con agua.

3.15.3.1 Alternativas de detergente

- Productos químicos puros: hidróxido de sodio, ácido nítrico, ácido fosfórico
- Detergentes formulados
- Productos químicos puros + aditivo

Los detergentes formulados tienen ciertos agentes agregados para aumentar la efectividad de la limpieza. El componente principal de todos los detergentes formulados es siempre un álcali o un ácido. Los componentes adicionales pueden incluir:

- Los tensioactivos, o agentes humectantes, que reducen la tensión superficial, lo que les permite humedecer una superficie de manera más efectiva y hacer que la limpieza sea más eficiente.
- Los agentes secuestrantes pueden unir iones de calcio y magnesio para ablandar el agua.
- Los agentes formadores de complejos solo pueden unir un ion metálico por molécula en contraste con los agentes secuestrantes, que pueden unirse a varios iones metálicos.
- Los agentes de oxidación pueden aumentar los efectos de limpieza. Ejemplos son hipoclorito de sodio y peróxido de hidrógeno.

3.15.4 Concentraciones de detergente

La solución de detergente debe usarse a una determinada concentración, por lo que es importante conocer la concentración inicial y cómo calcular el volumen de agua necesario para lograr la concentración deseada. La unidad de concentración utilizada en la industria es el porcentaje (%), pero es importante distinguir entre % en peso y % en volumen. Los concentrados químicos puros se especifican en % en peso si no se menciona nada más. Los productos químicos puros que se usan para la limpieza generalmente se encuentran en los siguientes rangos de concentración:

Tabla 5 Rangos de concentración de productos químicos puros

NaOH (hidróxido de sodio)	25-45%
HNO ₃ (ácido nítrico)	52-68%
H ₃ PO ₄ (ácido fosfórico)	75-85%

3.15.5 Temperatura

Según Jennings, la adhesión de la suciedad es un fenómeno exotérmico, por lo que para eliminarla se necesita un aporte energético. La temperatura interviene también sobre la velocidad de difusión del detergente en el depósito y sobre las reacciones químicas entre el detergente y la suciedad. Esto se demuestra con la primera ley de Fick.

Ecuación 1 Primera ley de Fick

$$\vec{J}_{Ay} = -cD_{AB} \vec{\nabla} x_A$$

Siendo:

- \vec{J}_{Ay} la densidad de flujo ($Kg/m^2 \cdot s$).
- c la concentración (Kg/m^3).
- D_{AB} la difusividad (cm^2/s).
- x_A la fracción másica o molar.

El logaritmo del tiempo de limpieza es inversamente proporcional a la temperatura en valor absoluto de la solución de limpieza.

Esta deducción viene de la ecuación de Arrhenius, donde el logaritmo de la constante cinética es inversamente proporcional al valor absoluto de la temperatura, lo que implica que, a mayor temperatura, mayor eficacia.

Ecuación 2 Ecuación de Arrhenius.

$$K = A_e - \frac{E_\alpha}{RT}$$

Ecuación 3 Ecuación de Arrhenius desarrollada.

$$\ln K = \left(-\frac{E_\alpha}{RT} \right) \frac{1}{T} + \ln A$$

- Los términos de las ecuaciones [4] y [5] corresponden a:
- k: constante cinética (S^{-1}).
- Ea: energía de activación (J/mol).
- T: temperatura (K).
- R: constante de los gases ideales (8,314J/mol.K).

Es importante mantener la temperatura de la solución recirculada hacia el sistema CIP para evitar que la suciedad se vuelva a depositar. Un sistema CIP debe mantener la temperatura entre ciertos valores a lo largo de todas las etapas del proceso de limpieza.

La temperatura idónea para la aplicación de los agentes de limpieza desde un sistema CIP está comprendida entre los 85-90°C, frente a los 45-50°C de una limpieza manual. A mayores temperaturas (100°C o más), el empleo es dirigido a lavados alcalinos de plantas UHT. Los lavados ácidos se efectúan a temperaturas entre 60 y 70°C. La tabla 6 ofrece una idea global de los intervalos de temperatura utilizados en un sistema CIP.

Tabla 6 Temperaturas aplicadas en un sistema CIP en instalaciones industriales

Temperaturas	Equipo que limpiar o proceso
5-40°C	Cuba de fermentación o tanque de almacenamiento.
50-70°C	Tanque de almacenamiento de productos lácteos y dosificadores.
70-90°C	Fermentadores y tuberías de conexión.
90-130°C	Instalaciones de tratamiento UHT.

Los mecanismos de limpieza de los sistemas CIP puede dividirse en la limpieza de las tuberías y la limpieza de los depósitos. Las tuberías se limpian mediante la circulación del

fluido de limpieza por las paredes de las mismas. El flujo se caracteriza por el parámetro adimensional de Reynolds.

Ecuación 4 Ecuación del número adimensional de Reynolds

$$Re = \frac{\rho v D}{\mu}$$

Donde:

- ρ es la densidad del fluido (Kg/m^3).
- v es la velocidad del flujo (m/s).
- D es el diámetro interno de tubería (m).
- μ es la viscosidad del fluido ($Kg/m.s$).

El carácter del flujo en una tubería circular puede entonces clasificarse como laminar ($Re < 2000$), transitorio ($2000 < Re < 4000$) o turbulento ($Re > 4000$). El diseño y operación de un sistema CIP obliga a que la velocidad promedio de la solución de limpieza sea de 1,5 m/s. Resulta imposible controlar la velocidad del fluido en tuberías paralelas desde la misma bomba por lo que esta situación debe evitarse.

A la hora de diseñar el tamaño y capacidad de la bomba, se ha de considerar que la bomba debe afrontar la caída de presión en el sistema de tuberías, consecuencia de las pérdidas por fricción, los codos de tubería y las “divisiones en té”, así como otros equipos o instrumentos instalados.

En referencia a las bolas de rociado o chorro que aplican las soluciones de limpieza en los tanques, éstas permiten la limpieza simultánea de los mismos, siempre que las bombas tengan la suficiente capacidad de suministro.

Normalmente el flujo volumétrico requerido en la limpieza de tanques oscila en $10m^3/h$. Además, las bombas de retorno colocadas a la salida de los tanques deben tener un sobredimensionado en su capacidad de un 25%.

La limpieza de los tanques puede diferenciar dos tipos de limpieza, la limpieza a alta presión (10-100 bar) y limpieza a baja presión (1-5 bar).

El lavado a presión se denomina como limpieza hidrodinámica. El agua es lanzada mediante fino chorro desde una boquilla que realiza movimientos orbitales.

Por otro lado, la limpieza a baja presión es dependiente de la acción del detergente sobre la suciedad y de la dimensión y posicionamiento del sistema de dispersión del mismo. El objetivo es garantizar la presencia de una película líquida sobre toda la superficie del equipo

a limpiar. La tabla 7 describe las condiciones experimentales de la limpieza a baja presión de los tanques dispuestos verticalmente.

Tabla 7 Caudales y presiones a la salida de una bola de limpieza en tanques de orientación vertical.

Diámetro (m)	Caudal (m ³ /h)	Presión de salida (bar)
2,5	12	1,5
2,5-3	14, 16	1,5
3,5-4	20, 22	1,8
4,5-6	30	2
6-10	48	2,5

3.15.6 Tiempo

Generalmente, cuanto más se prolonga un ciclo de limpieza CIP, mejor es el resultado. Sin embargo, llega un momento en el que por mucho que se prolongue la ejecución del CIP la eficacia no se incrementa.

Realmente es complicado estimar cuánto tiempo es necesario para efectuar la limpieza. En la práctica, se realiza un completo estudio para determinar el tiempo de contacto que debe haber con las superficies de los equipos. La selección de los tiempos de contacto del agua de enjuagado o detergente con los equipos puede determinarse a partir de los aspectos siguientes:

- La longitud de los circuitos del sistema CIP.
- El momento en el que los efluentes son claros y no contienen materia visible suspendida.
- El tiempo necesario no debe alargarse si no existe riesgo de reacción entre las trazas residuales del primer detergente y el segundo.
- La duración de la desinfección depende del desinfectante y de la carga microbiana.

La forma más rápida es llevar a cabo una observación visual a los puntos críticos del proceso. Éstos pueden ser las placas de un cambiador de calor. Se suele dar un margen de 5-10 minutos.

3.15.7 PH

Medida de calidad de agua: el pH

La calidad del agua y el pH son a menudo mencionados en la misma frase. El pH es un factor muy importante, porque determinados procesos químicos solamente pueden tener lugar a un determinado pH. Por ejemplo, las reacciones del cloro solo tienen lugar cuando el pH tiene un valor de entre 6,5 y 8.

El pH es un indicador de la acidez de una sustancia. Está determinado por el número de iones libre de hidrógeno (H^+) en una sustancia. La acidez es una de las propiedades más importantes del agua. El agua disuelve casi todos los iones. El pH sirve como un indicador que compara algunos de los iones más solubles en agua.

El resultado de una medición de pH viene determinado por una consideración entre el número de protones (iones H^+) y el número de iones hidroxilo (OH^-). Cuando el número de protones iguala al número de iones hidroxilo, el agua es neutra. Tendrá entonces un pH alrededor de 7.

El pH del agua puede variar entre 0 y 14. Cuando el pH de una sustancia es mayor de 7, es una sustancia básica. Cuando el pH de una sustancia está por debajo de 7, es una sustancia ácida. Cuanto más se aleje el pH por encima o por debajo de 7, más básica o ácida será la solución.

El pH es un factor logarítmico; cuando una solución se vuelve diez veces más ácida, el pH disminuirá en una unidad. Cuando una solución se vuelve cien veces más ácida, el pH disminuirá en dos unidades. El término común para referirse al pH es la alcalinidad.



Figura 3 Escala de valores del PH

3.15.7 Conductividad

La conductividad es el nombre que designa a una propiedad física que está presente en algunos cuerpos, materiales o elementos y que hace que los mismos sean capaces de conducir a través de ellos a la electricidad o al calor. Es decir, aquellos materiales conductores de electricidad o de calor tienen la facilidad de dejar pasar libremente a través de ellos a la corriente eléctrica.

La conductividad es el nombre que designa a una propiedad física que está presente en algunos cuerpos, materiales o elementos y que hace que los mismos sean capaces de conducir a través de ellos a la electricidad o al calor. Es decir, aquellos materiales conductores de electricidad o de calor tienen la facilidad de dejar pasar libremente a través de ellos a la corriente eléctrica.

Ahora bien, existen condiciones básicas que determinan esa capacidad conductora y que son la estructura molecular y atómica, la temperatura que presentan ese cuerpo o material y algunas otras características particulares.

En tanto, en materia de conductividad se destacan sin dudas los metales, por su elevada conducción de la electricidad gracias a su estructura atómica que así lo facilita.

Los elementos líquidos disponen de sales que son determinantes en la conductividad. Las mismas se encuentran en momento de solución, generándose tanto iones positivos como negativos que se ocupan de trasladar la energía cuando ese líquido es influido por un campo eléctrico.

A los conductores en este sentido se los conoce popularmente como electrolitos.

Mientras que en los materiales sólidos cuando están sometidos a un campo eléctrico son sus bandas de electrones que se superponen y liberan la energía al encontrarse con el mencionado campo.

Hay cuerpos que disponen de una capacidad especial para conducir el calor. Consiste básicamente en que un elemento o sustancia transmite la energía cinética (propia de su movimiento) desde sus moléculas hacia otras que se encuentran cercanas pero con las que no está en contacto directo.

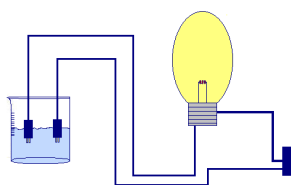


Figura 4 Conductividad

3.16 Diseño de equipamiento

La limpieza CIP se puede realizar con sistemas automatizados o manuales, siendo procesos confiables que resuelven el camino que marcan las regulaciones de buenas prácticas de manufactura (GMP) para las industrias alimenticia, láctea, biotecnológica, farmacéutica y cosmética.

Un CIP bien diseñado aumenta la seguridad de sus instalaciones, no requiere que personal lave manualmente evitando que potentes productos de limpieza sean manipulados por los operadores. La tecnología de CIP es obviamente importante para muchas industrias, sobre todo, en las cuales el proceso debe ocurrir en un ambiente higiénico o aséptico.

Durante el diseño de un equipo CIP existen 3 elementos que son muy importantes a considerar como la geometría del equipo a trabajar que son los tanques, reactores o líneas de transferencia, la sustancia con la que se trabaja los equipos, para saber las propiedades fisicoquímicas del contaminante. Esto nos proporcionara información para poder elegir de manera correcta las bombas de impulsión los spray-balls y las características de línea de retorno.

Durante los últimos años se han implementado nuevas normas ISO para las industrias de grado alimenticio que incluyen un proceso de limpieza a sus equipos como parte del proceso de producción, así mejorando la calidad de sus productos. debido a esta necesidad los sistemas CIP son la mejor opción ya que el proceso puede ser repetitivamente y estandarizada. Ejemplo de sistema CIP:

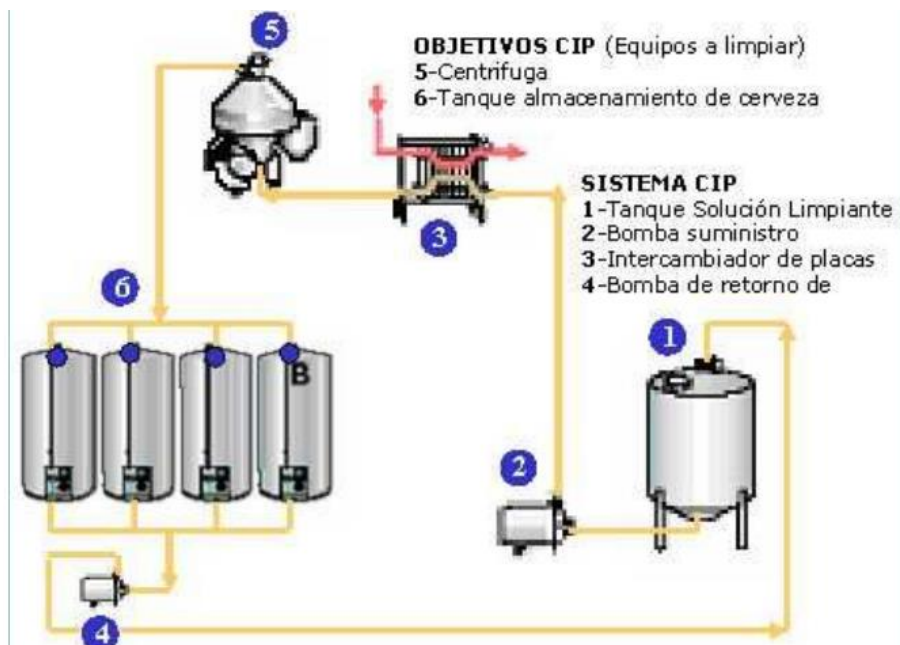


Figura 5 Esquema básico de un sistema CIP

El sistema CIP de limpieza exige mínimas intervenciones en una planta que haya sido construida respetando un diseño sanitario

3.16.1 Sistemas CIP de camino único

En este método (Figura 4), una solución de limpieza recién preparada es suministrada mediante un único tanque lleno de agua donde los agentes de limpieza se adicionan mediante una conducción. Las soluciones de lavado y enjuagado no regresan al tanque del CIP. Esto evita que la suciedad se transporte a otras zonas de la instalación.

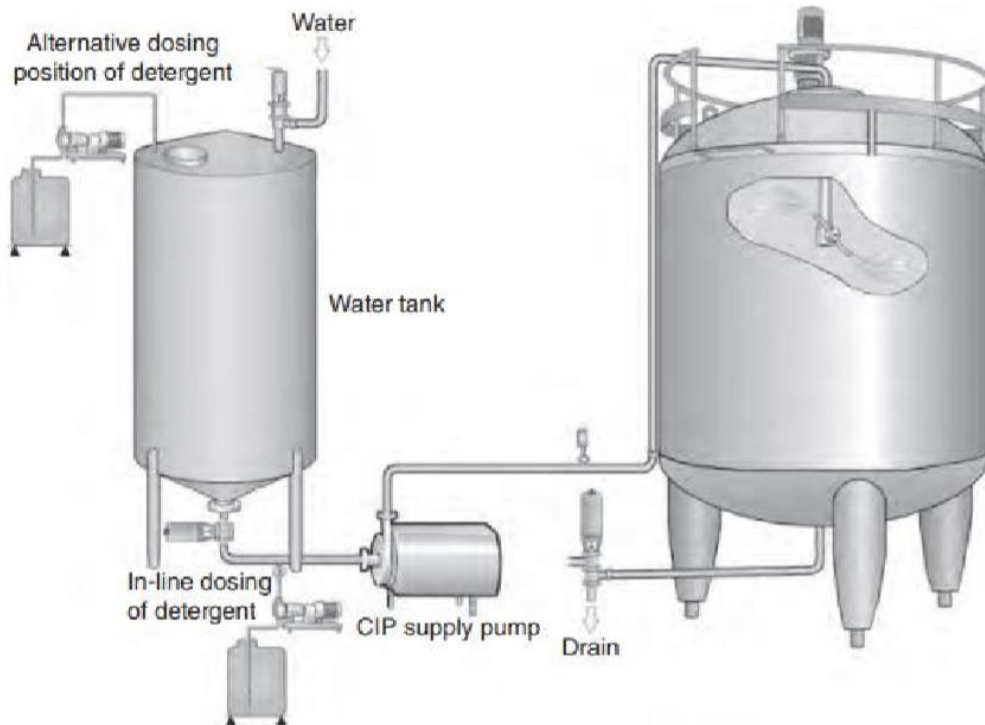


Figura 6 Sistema CIP de camino único.

Se requiere una alta inversión inicial. El inconveniente más notable es que los fluidos únicamente se utilizan una sola vez. Por lo tanto, los costes serán altos a la hora de adquirir detergentes, desinfectantes, energía y agua, además de las cantidades de efluente producido, el cual se lleva posteriormente a una planta de tratamiento.

3.16.2 Sistema CIP de empleo no recuperable

En esta modalidad se usan pequeños volúmenes de solución. Se ajustan automáticamente a las necesidades de concentración de detergente y temperatura con un bucle de preparado.

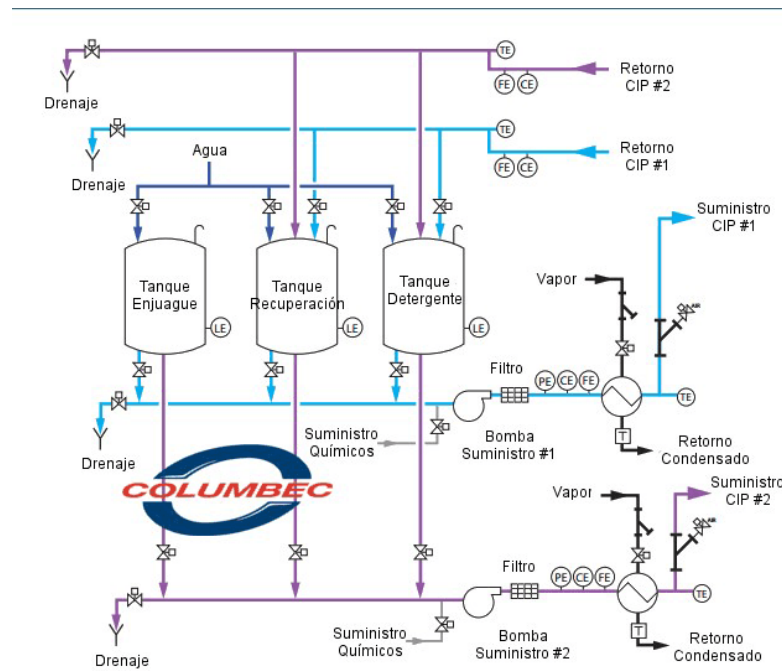


Figura 7 Sistema CIP de empleo no recuperable.

Los sistemas CIP de empleo no recuperable (Figura 5) están provistos de un tanque, tuberías, bombas centrífugas, válvulas y dosificadores (inyección directa) que automáticamente suministran la solución química. La solución de limpieza puede ser calentada mediante un cambiador de calor externo, un tanque encamisado o un serpentín dentro de un tanque, y por inyección de vapor.

Estos sistemas utilizan la solución de limpieza una única vez y en la menor concentración posible. El tanque debe tener la suficiente capacidad para limpiar tanto los equipos como las conducciones. Con objeto de ahorrar costes, cuando se recurre a esta modalidad es preferible que se encuentre adyacente a los equipos que van a ser limpiados o desinfectados.

En ocasiones se instala un depósito adicional de agua para retener el último enjuague con agua, para que pueda ser utilizado como enjuagado previo a la aplicación de un detergente o desinfectante.

Los sistemas CIP de empleo no recuperable son de pequeño tamaño y de un diseño sencillo, lo que implica una inversión inicial menor y la dotación de cierta flexibilidad. Son

recurrentemente empleados en la industria agroalimentaria, concretamente en el tratamiento de leche y en los fermentadores de la industria cervecera.

3.16.3 Sistema CIP de empleo repetido

En esta configuración (Figura 6) son necesarios varios tanques, que contienen detergentes alcalinos o ácidos, desinfectantes, agua de recuperación y de enjuagado, además de uno para el enjuagado final. Todos los tanques están conectados mediante tuberías, provistas de válvulas y bombas de retorno.

Desde los depósitos, las bombas alimentan la cantidad exacta de detergente directamente dentro de un tanque parcialmente lleno de agua correspondiente.

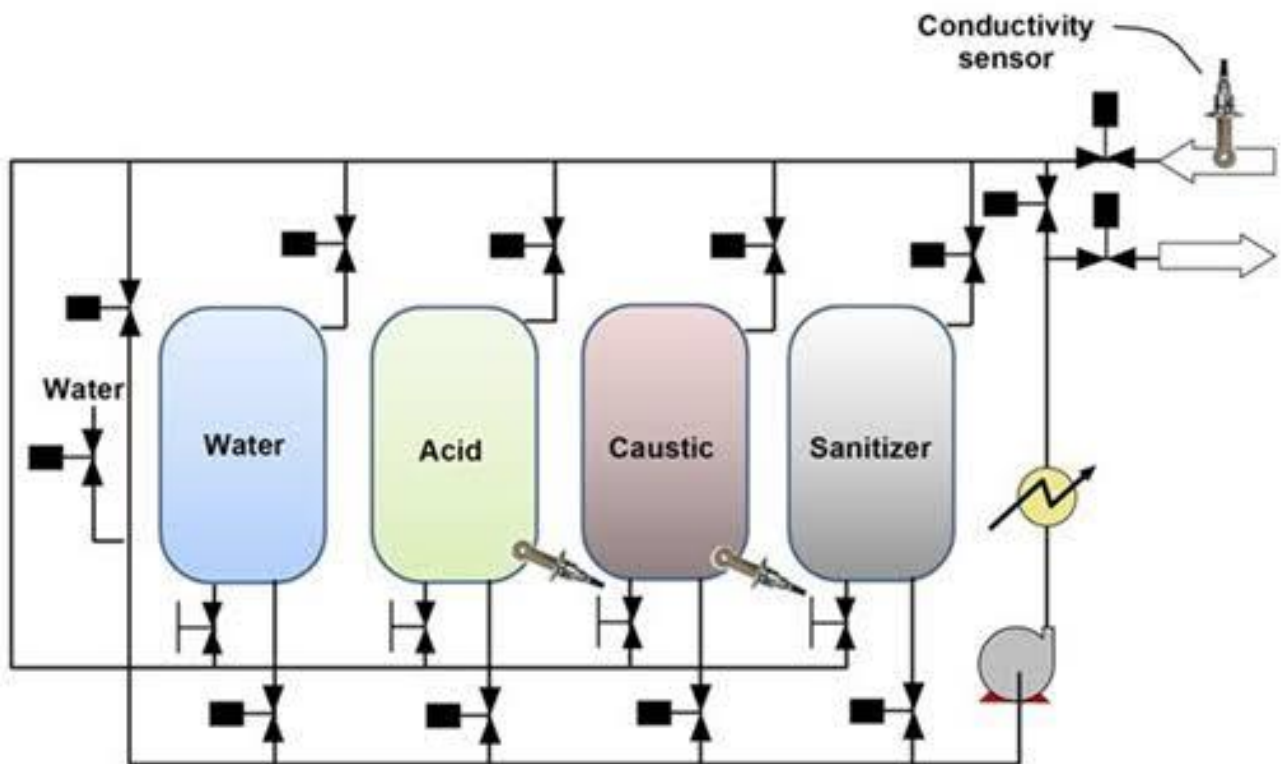


Figura 8 Sistema CIP de empleo repetido.

En caso de que la estación CIP sea muy grande, cada tanque dispone de su propio circuito para preparar las soluciones. El contenido de cada tanque CIP está mezclado con la recirculación de la correspondiente solución empleada en el proceso a través de una bomba de recirculación.

La utilización de tanques que contienen detergentes a diferentes concentraciones es una pérdida de espacio y una solución muy cara.

Debido a que la conductividad es proporcional a la concentración de detergente, se instalan unos sensores de conductividad para mantener la concentración de las soluciones de limpieza.

El circuito de recirculación está equipado con un cambiador de calor para acondicionar térmicamente las soluciones químicas. Si se usa un cambiador de calor externo, el vapor suministrado (si se utiliza) es controlado por un controlador de temperatura instalado en el tanque de la solución correspondiente. La recirculación continúa hasta que la solución de limpieza alcanza las condiciones de temperatura y concentración.

Cuando la solución está lista, la válvula de recirculación que da acceso al tanque se cierra, mientras que la válvula de suministro se abre, permitiendo que la solución de limpieza fluya por la línea de suministro. Ésta es conectada a las tuberías que necesitan ser limpiadas y a los espráis que están situados en los depósitos u otros equipos del proceso.

Las soluciones de limpieza son redirigidas al sistema CIP por gravedad o mediante bombas de retorno. Éstas últimas deberían de estar provistas de un sensor anti-flujo que impida el mal uso de la bomba debido al funcionamiento en seco*.

(*) La función de protección contra funcionamiento en seco es una de las funciones de control más importantes, ya que el cierre del eje y los engranajes podrían sufrir daños si la bomba funcionara en esas condiciones. Por ello, siempre se recomienda instalar protecciones contra el funcionamiento en seco en todos los sistemas de aumento de presión.

La solución puede ser almacenada en uno de los tanques del sistema CIP o puede ser drenada. Estos sistemas CIP de empleo repetido son programados para gastar una parte de la solución al final de cada ciclo de limpieza con el objetivo de eliminar continuamente la suciedad que proviene del proceso. Entonces se añade agua potable para que el tanque opere a su nivel habitual, tras lo cual se añade automáticamente más agente químico. La solución de detergente no se contamina tan rápido y puede reutilizarse varias veces.

Las soluciones de detergente cáustico (alcalino) o ácido pueden ser recuperadas en grandes cantidades únicamente si se han separado bien las fases de dicha solución y el agua de enjuagado.

La separación y la reutilización de las soluciones se rigen por el funcionamiento de un sensor de conductividad instalado al final de cada línea de retorno de la estación CIP. Cuando el sensor detecta un incremento en la conductividad en la solución con respecto al valor de consigna, comúnmente conocido como “set point”, la solución vuelve al tanque de detergente

correspondiente. La solución es enjuagada por agua en la siguiente etapa de enjuagado para que la conductividad disminuya hasta dicho valor.

Una vez que se ha alcanzado el mínimo valor predefinido de conductividad, indicando que se ha procedido satisfactoriamente a la eliminación de restos ácidos o cáusticos del sistema, el enjuagado, ya sea previo o intermedio, finaliza. Todo este proceso suele efectuarse de forma automática, aunque es posible detener el ciclo en una etapa concreta.

La separación de las soluciones es eficiente cuando existe un mínimo entremezclado entre las fases soluciones de limpieza y el agua. Debido a esto, las zonas de transición y los límites de dos fases sucesivas deben estar bien marcados. La separación de las soluciones puede ser controlada mediante el uso de temporizadores, pero no es el método más efectivo. En cuanto a la capacidad de los tanques, ésta será diseñada en función del volumen del circuito, las necesidades de calor y del grado de limpieza deseado.



Figura 7 Tanques de almacenamiento de un sistema CIP

Los sistemas CIP de empleo repetido son más complejos que aquellos de empleo no recuperable, además de implicar un coste de inversión más alto. Son embargo, el periodo de amortización es corto debido al ahorro en agua, detergentes químicos y energía.

3.17 Controlador PID

Un controlador PID permite controlar un sistema de lazo cerrado para poder conseguir un estado de salida deseado. El controlador PID está compuesto por acción proporcional, acción integral y una acción derivativa.

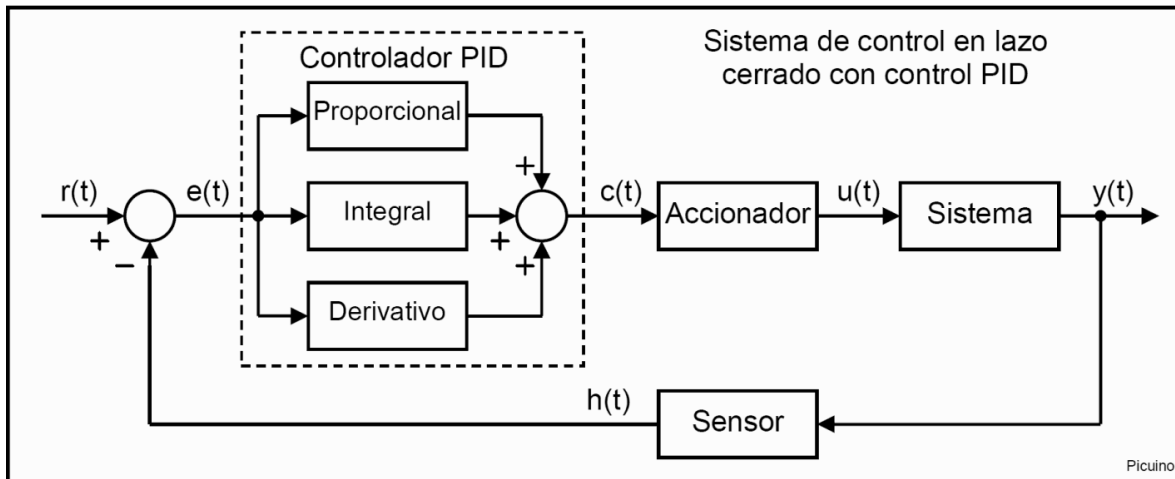


Figura 8 Control de sistema PID de lazo cerrado.

3.17.1.-Acción proporcional

3.17.1.1 Generalidades

Un controlador proporcional, es aquella la cual su salida es proporcional al error que existe entre la diferencia de comparación de un Set Point y una medida.

La relación de variación de la señal de salida es:

$$S = K \cdot E + K'$$

Donde K es una constante denominada ganancia que es la relación entre la salida y la señal de entrada.

S= señal de salida

SP= Punto de consigna (Set Point)

E=(M-SP) =Error o desviación

K' = Valor de S cuando E=0, M=SP

M= Medida

K= Ganancia

Para que la válvula se pueda regular hacia los dos lados abierto y cerrado se recomienda poner la ganancia (K) en 50%, ya que si se ponen en un valor de K=0% o K=100% cuando el error sea igual a cero (E=0) la válvula se cerraría o abriría completamente.

3.17.1.2 Banda proporcional

Es la variación de la variable a controlar para provocar el recorrido completo del elemento final de control.

$$BP=100\%/K$$

Una banda proporcional pequeña puede provocar un controlador muy sensible ya que la ganancia es muy alta, en el cual cualquier pequeño error provocaría un gran cambio en la salida, esto podría dañar a las válvulas acortando la vida útil de estas.

Una banda proporcional grande provoca un controlador poco sensible ya que la ganancia es muy pequeña, cualquier error provocaría un pequeño cambio en la salida que no sería útil y eficiente en todos los procesos.

3.17.1.3 Acción Directa-Inversa

Los controladores funcionan de dos maneras directa e inversa, la diferencia entre estas dos es que la directa responde con una mayor señal salida ante el aumento de la señal medida a lo contrario de la negativa que responde con menor señal de salida ante un aumento de señal medida.

$$\text{Acción Directa} \rightarrow S=K \cdot E+K'$$

$$\text{Acción Inversa} \rightarrow S=-K \cdot E+K'$$

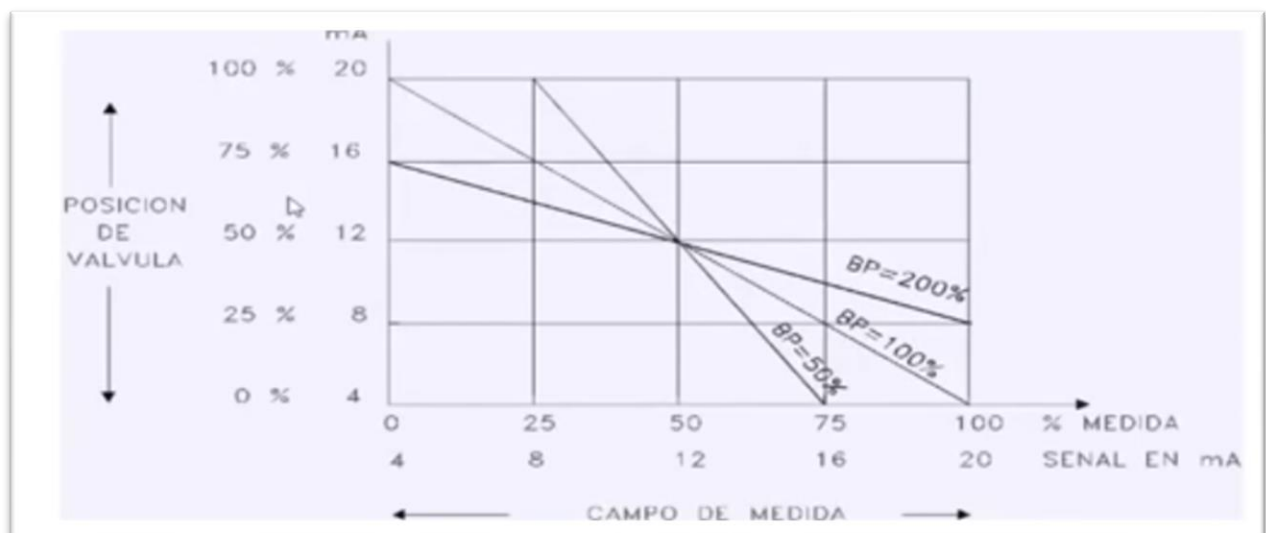


Figura 9 Graficas de respuestas del controlador

Podemos observar en la gráfica que a bandas menores al 100% no se utiliza todo el campo de medida para cerrar y abrir la válvula por completo. Esto quiere decir que la reacción es rápida y sensible.

Para bandas mayores al 100% se puede observar que se necesita un gran cambio en la entrada para que la salida pueda variar la cual provoca que la válvula no se cierre o abra en su totalidad.

3.17.1.4 Respuesta de un controlador proporcional

La salida del controlador ante una perturbación escalonada es también un escalón cuya magnitud ($S=K.E$) depende del factor de amplificación y por lo tanto a la banda proporcional.

3.17.1.5 El Off-Set

Se le llama Off-Set a la diferencia que llega a existir entre el Set Point y el valor de la variable controlada.

Esta diferencia se da cuando el consumo es excesivo y la válvula abre proporcionalmente a la variable controlada, pero no es capaz de regresar ese valor a la que deseamos en el Set Point.

A mayor ganancia es decir menor BP, se comete un error de Off-Set menor pero el proceso es bastante oscilatorio es decir las válvulas de abrirían y cerrarían constantemente provocando un desgaste.

A menor ganancia es decir mayor BP, no son tan oscilatorio, pero se provoca un mayor error de Off-set.

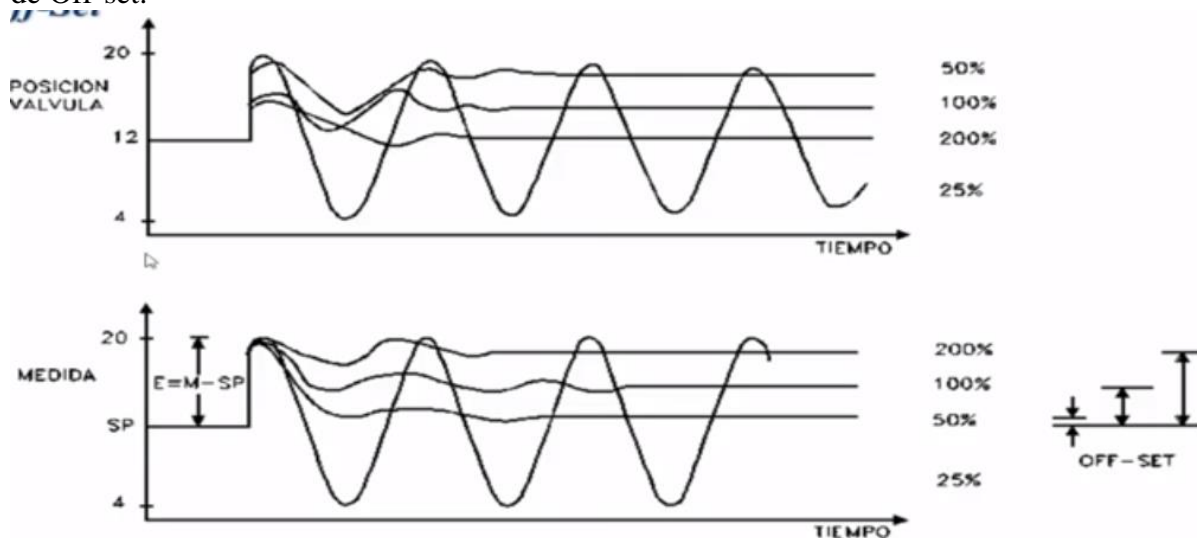


Figura 10 Off-set

3.17.2.-Accion integral

3.17.2.1 Reducción automática del Off-set

Si contamos con un controlador proporcional no se puede mantener los valores igual de Set Point con la variable medida en el cual siempre existiría un Off-Set.

Para poder llevar la válvula a un estado en la cual podamos alcanzar el nivel deseado necesitamos agregar una acción más a la acción proporcional y esta acción es la acción integral.

El problema del control proporcional es el hecho de que si existe un Off-Set fijo la salida es fija, la cual la posición de la válvula no varia y el error continuaría. Lo cual se necesita un controlador que varié su salida constantemente hasta que el error desaparezca por completo.

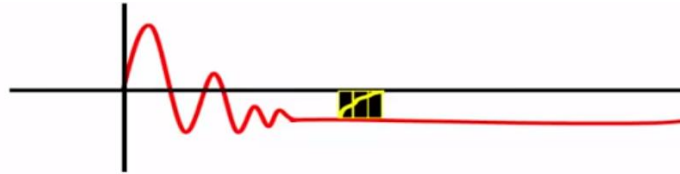


Figura 11 Reducción del Off-set

La accion integral es como un K' variable
Acción Directa----> $S=K. E+ K. E. (t/Ti) +K'$

Acción Inversa----> $S=-K. E- K. E. (t/Ti) +K'$

Donde $t=$ Tiempo de perturbación

$Ti=$ Tiempo integral (tiempo en que tarda la acción integral en alcanzar a la proporcional)

En primer instante, la acción integral es despreciable, primero actúa la acción proporcional y posteriormente la acción integral.

3.17.2.2 Tiempo de acción integral

El tiempo de accion se define como el tiempo que necesita la accion integral para poder alcanzar o igualar a la accion proporcional.

La variaciond de la velocidad de señal de salida en la grafica de respuesta de control integral, depende del valor que tenga la accion integral.

- La acción de la acción diferencial se podría decir que es una k variable.

Acción Directa----> $S=K. E+ K. E. (Td/t) +K'$

Acción Inversa----> $S=-K. E- K. E. (Td/t) +K'$

3.17.3.2 respuesta de un controlador P+D

La acción derivativa reacciona ante cualquier mínimo error por la cual no es recomendable usarlas con todos los equipos o instrumentos por que reduciría su vida útil. Un ejemplo de aplicación es la regulación de caudal ya que este proceso es bastante rápida y variable.

3.18 Controlador Lógico Programable (PLC)

Un controlador lógico programable (Programmable Logic Controller PLC) es un dispositivo operado digitalmente, que usa memoria para el almacenamiento interno de instrucciones con el fin de implementar funciones específicas, tales como lógica, secuenciación, registro y control de tiempos, conteo y operaciones aritméticas, para controlar a través de entradas/salidas digitales o analógicas, varios tipos de máquinas o procesos.

Los PLC's operan de manera secuencial y cíclica, es decir, una vez finalizado el recorrido completo de un programa, comienza a ejecutar su primera instrucción.

Los elementos que contiene un PLC son:

- Unidad central de proceso
- Módulos de entrada
- Módulos de salida
- Fuente de alimentación
- Dispositivos periféricos
- Interfaces

La unidad central es el "cerebro" del PLC. Esta toma las decisiones relacionadas al control de la máquina o proceso. Durante su operación, el CPU recibe entradas de diferentes dispositivos de sensado, ejecuta decisiones lógicas, basadas en un programa almacenado en la memoria, y controla los dispositivos de salida de acuerdo al resultado de la lógica programada.

Los módulos de entradas y salidas son la sección del PLC en donde los sensores y actuadores son conectados y a través de los cuales el PLC monitorea y controla el proceso.

La fuente de alimentación convierte altos voltajes de corriente de línea (115V 230V CA) a bajos voltajes (5V, 15V, 24V CD) requeridos por el CPU y los módulos de entradas y salidas.

El funcionamiento del PLC es un continuo ciclo cerrado, primero el sistema operativo inicia la vigilancia de tiempo de ciclo, después el CPU escribe los valores de imagen de proceso de las salidas en los módulos de salida, a continuación la CPU lee el estado de las entradas de los módulos de entrada y actualiza la imagen de proceso de las entradas, el CPU procesa el programa del usuario en segmentos de tiempo y ejecuta las operaciones indicadas en el programa, al final de un ciclo el sistema realiza las tareas pendientes por ejemplo carga y borrado de bloques.

24

3.18.1 Ventajas de los PLC's

Los PLC's han ganado popularidad en las industrias, debido a las ventajas que ofrecen:

- Son un gasto efectivo para controlar sistemas complejos.
- Son flexibles y pueden ser aplicados para controlar otros sistemas de manera rápida y fácil.
- Su capacidad computacional permite diseñar controles más complejos
- La ayuda para resolver problemas permite programar fácilmente y reduce el tiempo de inactividad del proceso.
- Sus componentes confiables hacen posible que pueda operar varios años sin fallas.
- Capacidad de entradas y salidas.
- Monitoreo.
- Velocidad de operación.
- Están diseñados para trabajar en condiciones severas como: vibraciones, campos magnéticos, humedad y temperaturas extremas.

3.18.2 PLC Allen Bradley 1769

El controlador CompactLogix 1769 ofrece control, comunicación y elementos de E/S avanzados en un paquete de control distribuido. El controlador CompactLogix, parte de la familia de controladores Logix, proporciona un sistema pequeño, eficiente y rentable que consta de lo siguiente:

- Software de programación RSLogix™ 5000
- Puertos incorporados de comunicación para redes EtherNet/IP
- Un módulo de interface de comunicación 1769-SDN proporciona control de E/S y la configuración remota de los dispositivos a través de DeviceNet
- Un puerto serial incorporado en cada controlador CompactLogix
- Módulos Compact I/O que proporcionan un sistema de E/S compacto, montado en panel o riel DIN
- Funciona con un voltaje de alimentación a 24 VCD.

CAPITULO IV

Procedimientos Y Descripción De Las Actividades Realizadas.

4.1 Análisis del proyecto.

El diseño de un sistema Demo Clean in Place, nace como una necesidad de la empresa AIM ingeniería, ubicada en la ciudad de León, Guanajuato. La cual brinda soluciones de automatización y control en las industrias que requieran de sus servicios.

Uno de las soluciones que brinda, es el diseño, planificación e implementación de sistemas de limpieza CIP (sistemas de limpieza en el sitio), dependiendo de las necesidades de la industria donde se desea instalar.

La necesidad de crear un sistema Demo Clean in Place, surge a partir de poder realizar demostraciones del funcionamiento del sistema de limpieza, evaluar los componentes que intervienen en su construcción, y poder ejemplificar todas las ventajas que estos sistemas agregan a los procesos existente en cuestiones de limpieza.

4.2 Diseño e implementación de la secuencia de control utilizando el software Control Logix de Allen Bradley.

Para el control del sistema CIP se realizó un programa utilizando el lenguaje de programación Ladder, conocido como lenguaje de programación escalera, se utilizó este lenguaje ya que se basa en esquemas eléctricos de control básicos. Este programa se desarrolló con el software Control Logix de Allen Bradley.

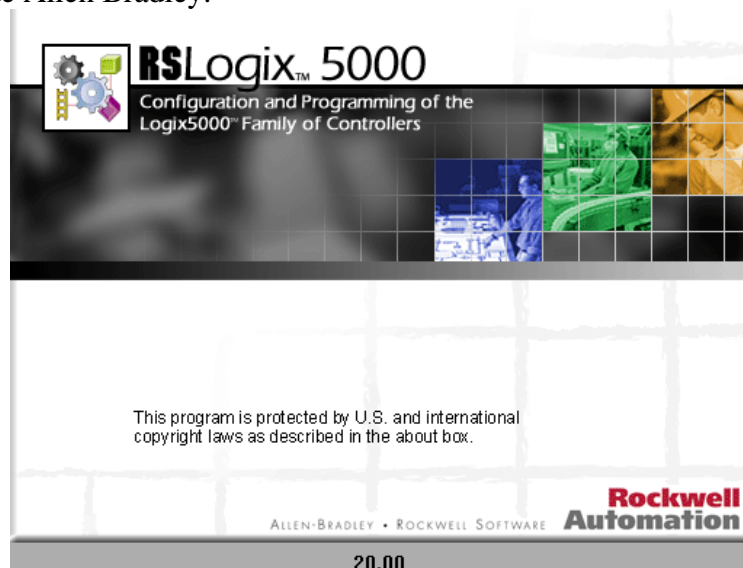


Figura 9 RSLOGIX 5000 V20

Para poder realizar la programación del sistema CIP primero se necesita saber todos los componentes que contienen como sensores, válvulas, motores, calentadores, pantallas, botones y así declarar todos los tags necesarios para el buen funcionamiento y control del CIP.

Se recolecto todos los componentes para asignarle un tag y se procedió a realizar una lista tomando en cuenta si es entrada o salida y BOOL o FLOAT.

Un valor booleano representa un valor que puede ser verdadero (TRUE) o falso (FALSE). Y pueden tomar valores de 1 o 0.

El formato de dato del tipo “coma flotante” o “float” se aplica a los números con decimales. Y puede pensar valores analógicos.

Tabla 8 Etiquetas de entrada del Sistema Demo CIP

ENTRADAS			
NOMBRE	VALOR	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Start Button 1	0	BOOL	Entrada que es controlada por un pulsador para iniciar el proceso.
Stop Button 1	1	BOOL	Entrada que es controlada por un pulsador para realizar un paro total.
Reset Button1	0	BOOL	Entrada que es controlada por un pulsador para reseteo del programa.
START_FILL_TANK 1	0	BOOL	Entrada que es controlada por un pulsador para abrir la válvula de llenado del tanque uno
STOP_FILL_TANK 1	0	BOOL	Entrada que es controlada por un pulsador para cerrar la válvula de llenado del tanque uno
START_FILL_TANK 2	0	BOOL	Entrada que es controlada por un pulsador para abrir la válvula de llenado del tanque dos
STOP_FILL_TANK 2	0	BOOL	Entrada que es controlada por un pulsador para cerrar la válvula de llenado del tanque dos
START_FILL_TANK 3	0	BOOL	Entrada que es controlada por un pulsador para abrir la válvula de llenado del tanque tres
STOP_FILL_TANK 3	0	BOOL	Entrada que es controlada por un pulsador para cerrar la válvula de llenado del tanque tres

START_FILL_TANK 4	0	BOOL	Entrada que es controlada por un pulsador para abrir la válvula de llenado del tanque cuatro
STOP_FILL_TANK 4	0	BOOL	Entrada que es controlada por un pulsador para cerrar la válvula de llenado del tanque cuatro
START_FILL_TANK 5	0	BOOL	Entrada que es controlada por un pulsador para abrir la válvula de llenado del tanque cinco
STOP_FILL_TANK 5	0	BOOL	Entrada que es controlada por un pulsador para cerrar la válvula de llenado del tanque cinco
Tank 1 (Flow Meter)	0	REAL	Entrada que funciona para medir el flujo que existe en la válvula de salida del tanque uno
Tank 2 (Flow Meter)	0	REAL	Entrada que funciona para medir el flujo que existe en la válvula de salida del tanque dos
Tank 3 (Flow Meter)	0	REAL	Entrada que funciona para medir el flujo que existe en la válvula de salida del tanque tres
Tank 4 (Flow Meter)	0	REAL	Entrada que funciona para medir el flujo que existe en la válvula de salida del tanque cuatro
Tank 5 (Flow Meter)	0	REAL	Entrada que funciona para medir el flujo que existe en la válvula de salida del tanque cinco
Tank 1 (Level Meter)	0	REAL	Entrada que funciona para medir el nivel de agua o detergente que exista en el tanque uno
Tank 2 (Level Meter)	0	REAL	Entrada que funciona para medir el nivel de agua o detergente que exista en el tanque dos
Tank 3 (Level Meter)	0	REAL	Entrada que funciona para medir el nivel de agua o detergente que exista en el tanque tres
Tank 4 (Level Meter)	0	REAL	Entrada que funciona para medir el nivel de agua o detergente que exista en el tanque cuatro
Tank 5 (Level Meter)	0	REAL	Entrada que funciona para medir el nivel de agua o detergente que exista en el tanque cinco

POT_ACID	0	REAL	Entrada que funciona para regular el nivel de acido requerido en el tanque
POT_WATER_2	0	REAL	Entrada que funciona para regular el nivel de agua requerido en el tanque dos
POT_SOSA	0	REAL	Entrada que funciona para regular el nivel de sosa requerido en el tanque
POT_WATER_3	0	REAL	Entrada que funciona para regular el nivel de agua requerido en el tanque tres
POT_WATER_4	0	REAL	Entrada que funciona para regular el nivel de agua requerido en el tanque cuatro
POT_WATER_5	0	REAL	Entrada que funciona para regular el nivel de agua requerido en el tanque cinco
POT_TIME_SOSA	0	REAL	Entrada que funciona para determinar el tiempo que durara el lavado con sosa
POT_TIME_ACID	0	REAL	Entrada que funciona para determinar el tiempo que durara el lavado con acido
POT_TIME_WATER	0	REAL	Entrada que funciona para determinar el tiempo que durara el lavado con agua

Tabla 9 Etiquetas de salidas del Sistema Demo CIP

SALIDAS			
NOMBRE	VALOR	TIPO DE DATO	DESCRIPCIÓN
Start Button (Light)	0	BOOL	Salida que controla la lampara que indica que el proceso de lavado está en proceso
Stop Button 1 (Light)	0	BOOL	Salida que controla la lampara que indica que el proceso de lavado no está iniciado o a finalizado
START_FILL_TANK 1 (Light)	0	BOOL	Salida que controla la lampara que indica que la válvula de llenado del tanque uno está cerrado

STOP_FILL_TANK (Light)	1	0	BOOL	Salida que controla la lampara que indica que la válvula de llenado del tanque uno está cerrado
START_FILL_TANK (Light)	2	0	BOOL	Salida que controla la lampara que indica que la válvula de llenado del tanque dos está abierto
STOP_FILL_TANK (Light)	2	0	BOOL	Salida que controla la lampara que indica que la válvula de llenado del tanque dos está cerrado
START_FILL_TANK (Light)	3	0	BOOL	Salida que controla la lampara que indica que la válvula de llenado del tanque tres está abierto
STOP_FILL_TANK (Light)	3	0	BOOL	Salida que controla la lampara que indica que la válvula de llenado del tanque tres está cerrado
START_FILL_TANK (Light)	4	0	BOOL	Salida que controla la lampara que indica que la válvula de llenado del tanque cuatro está abierto
STOP_FILL_TANK (Light)	4	0	BOOL	Salida que controla la lampara que indica que la válvula de llenado del tanque cuatro está cerrado
START_FILL_TANK (Light)	5	0	BOOL	Salida que controla la lampara que indica que la válvula de llenado del tanque cinco está abierto
STOP_FILL_TANK (Light)	5	0	BOOL	Salida que controla la lampara que indica que la válvula de llenado del tanque cinco está cerrado
LIGTH_TANK1		0	BOOL	Salida que controla la lampara que indica que el tanque uno está en proceso de lavado
LIGTH_TANK2		0	BOOL	Salida que controla la lampara que indica que el tanque dos está en funcionamiento
LIGTH_TANK3		0	BOOL	Salida que controla la lampara que indica que el tanque tres está en funcionamiento
LIGTH_TANK4		0	BOOL	Salida que controla la lampara que indica que el tanque cuatro está en funcionamiento
LIGTH_TANK5		0	BOOL	Salida que controla la lampara que indica que el tanque cinco está en funcionamiento
Tank 1 (Fill Valve)		0	REAL	Salida que abre la válvula de llenado del tanque uno

Tank 2 (Fill Valve)	0	REAL	Salida que abre la válvula de llenado del tanque dos
Tank 3 (Fill Valve)	0	REAL	Salida que abre la válvula de llenado del tanque tres
Tank 4 (Fill Valve)	0	REAL	Salida que abre la válvula de llenado del tanque cuatro
Tank 5 (Fill Valve)	0	REAL	Salida que abre la válvula de llenado del tanque cinco
Tank 1 (Discharge Valve)	0	REAL	Salida que cierra la válvula de llenado del tanque uno
Tank 2 (Discharge Valve)	0	REAL	Salida que cierra la válvula de llenado del tanque dos
Tank 3 (Discharge Valve)	0	REAL	Salida que cierra la válvula de llenado del tanque tres
Tank 4 (Discharge Valve)	0	REAL	Salida que cierra la válvula de llenado del tanque cuatro
Tank 5 (Discharge Valve)	0	REAL	Salida que cierra la válvula de llenado del tanque cinco
LCD_SP_ACID2	0	REAL	Salida que proporciona la visualización de la cantidad de ácido deseado en el tanque
LCD_SP_WATER2	0	REAL	Salida que proporciona la visualización de la cantidad de agua deseado en el tanque dos
LCD_LEVEL_TANK2	0	REAL	Salida que proporciona la visualización del nivel de agua o detergente que se encuentra en el tanque dos
LCD_SP_SOSA	0	REAL	Salida que proporciona la visualización de la cantidad de sosa deseado en el tanque
LCD_SP_WATER3	0	REAL	Salida que proporciona la visualización de la cantidad de agua deseado en el tanque tres
LCD_LEVEL_TANK3	0	REAL	Salida que proporciona la visualización del nivel de agua o detergente que se encuentra en el tanque tres
LCD_SP_WATER4	0	REAL	Salida que proporciona la visualización de la cantidad de agua deseado en el tanque cuatro
LCD_SP_WATER5	0	REAL	Salida que proporciona la visualización de la cantidad de agua deseado en el tanque cinco

LCD_LEVEL_TANK1	0	REAL	Salida que proporciona la visualización del nivel de agua o detergente que se encuentra en el tanque uno
LCD_STEPS	0	REAL	Salida que proporciona la visualización de la fase en la que se encuentra el proceso de lavado.
LCD_TIME_SOSA	0	REAL	Salida que proporciona la visualización del tiempo que durara nuestra fase de lavado con sosa
LCD_TIME_ACID	0	REAL	Salida que proporciona la visualización del tiempo que durara nuestra fase de lavado con acido
LCD_TIME_WATER	0	REAL	Salida que proporciona la visualización del tiempo que durara nuestra fase de lavado con agua de red
LCD_LEVEL_TANK4	0	REAL	Salida que proporciona la visualización del nivel de agua o detergente que se encuentra en el tanque cuatro
LCD_LEVEL_TANK5	0	REAL	Salida que proporciona la visualización del nivel de agua o detergente que se encuentra en el tanque cinco

Al terminar la declaración de todos tags, se continuo por asignar una entrada y una salida del PLC a cada uno de los tags para poder proceder de manera correcta a la programación en el software RSLOGIX 5000, para poder realizar esto de manera adecuada se colocaron los tags en un PLC virtual con la ayuda del software FACTORY IO. Se colocaron de manera ordenada teniendo un resultado de 11 entradas booleanas, 19 entradas flotantes, 16 salidas booleanas y 25 salidas flotantes.

Host: not defined			
Start Button 1	BOOL_IN_0	BOOL_OUT_0	Start Button 1 (Light)
Stop Button 1	BOOL_IN_1	BOOL_OUT_1	Stop Button 1 (Light)
Reset Button 1	BOOL_IN_2	BOOL_OUT_2	
START_FILL_TANK2	BOOL_IN_3	BOOL_OUT_3	START_FILL_TANK2 (Light)
STOP_FILL_TANK2	BOOL_IN_4	BOOL_OUT_4	STOP_FILL_TANK2 (Light)
START_FILL_TANK3	BOOL_IN_5	BOOL_OUT_5	START_FILL_TANK3 (Light)
STOP_FILL_TANK3	BOOL_IN_6	BOOL_OUT_6	STOP_FILL_TANK3 (Light)
START_FILL_TANK4	BOOL_IN_7	BOOL_OUT_7	START_FILL_TANK4 (Light)
STOP_FILL_TANK4	BOOL_IN_8	BOOL_OUT_8	STOP_FILL_TANK4 (Light)
START_FILL_TANK5	BOOL_IN_9	BOOL_OUT_9	START_FILL_TANK5 (Light)
STOP_FILL_TANK5	BOOL_IN_10	BOOL_OUT_10	STOP_FILL_TANK5 (Light)
Tank 1 (Flow Meter)	FLOAT_IN_0	BOOL_OUT_11	LIGHT_TANK1
Tank 2 (Flow Meter)	FLOAT_IN_1	BOOL_OUT_12	LIGHT_TANK2
Tank 3 (Flow Meter)	FLOAT_IN_2	BOOL_OUT_13	LIGHT_TANK3
Tank 4 (Flow Meter)	FLOAT_IN_3	BOOL_OUT_14	LIGHT_TANK4
Tank 5 (Flow Meter)	FLOAT_IN_4	BOOL_OUT_15	LIGHT_TANK5
Tank 1 (Level Meter)	FLOAT_IN_5	FLOAT_OUT_0	Tank 1 (Fill Valve)
Tank 2 (Level Meter)	FLOAT_IN_6	FLOAT_OUT_1	Tank 2 (Fill Valve)
Tank 3 (Level Meter)	FLOAT_IN_7	FLOAT_OUT_2	Tank 3 (Fill Valve)
Tank 4 (Level Meter)	FLOAT_IN_8	FLOAT_OUT_3	Tank 4 (Fill Valve)
Tank 5 (Level Meter)	FLOAT_IN_9	FLOAT_OUT_4	Tank 5 (Fill Valve)
POT_ACID	FLOAT_IN_10	FLOAT_OUT_5	Tank 1 (Discharge Valve)
POT_WATER2	FLOAT_IN_11	FLOAT_OUT_6	Tank 2 (Discharge Valve)
POT_SOSA	FLOAT_IN_12	FLOAT_OUT_7	Tank 3 (Discharge Valve)
POT_WATER3	FLOAT_IN_13	FLOAT_OUT_8	Tank 4 (Discharge Valve)
POT_WATER4	FLOAT_IN_14	FLOAT_OUT_9	Tank 5 (Discharge Valve)
POT_WATER5	FLOAT_IN_15	FLOAT_OUT_10	LCD_SP_ACID2
POT_TIME_SOSA	FLOAT_IN_16	FLOAT_OUT_11	LCD_SP_WATER2
POT_TIME_ACID	FLOAT_IN_17	FLOAT_OUT_12	LCD_LEVEL_TANK2
POT_TIME_WATER	FLOAT_IN_18	FLOAT_OUT_13	LCD_SP_SOSA
		FLOAT_OUT_14	LCD_SP_WATER3
		FLOAT_OUT_15	LCD_LEVEL_TANK 3
		FLOAT_OUT_16	LCD_SP_WATER4
		FLOAT_OUT_17	LCD_LEVEL_TANK4
		FLOAT_OUT_18	LCD_SP_WATERS5
		FLOAT_OUT_19	LCD_LEVEL_TANK5
		FLOAT_OUT_20	LCD_LEVEL_TANK1
		FLOAT_OUT_21	LCD_STEPS
		FLOAT_OUT_22	LCD_TIME_SOSA
		FLOAT_OUT_23	LCD_TIME_ACID
		FLOAT_OUT_24	LCD_TIME_WATER

Figura 10 Tarjeta de entradas y salidas de PLC 1769-L24ER-QB1B

Ya que el proceso del CIP en el que nos basamos es de empleo repetitivo se tomó la decisión de crear dos Function Block (ADD-ON) para poder reducir y facilitar la programación, ya que si se tiene un algoritmo que se usará varias veces en el mismo proyecto o en varios proyectos puede tener sentido incorporar ese código dentro de una instrucción complementaria para hacerlo modular y más fácil de reutilizar, y poder simplificar el código que se va a realizar.

El primer Function Block se declaró como RECIRCULACION_DE_TANQUES, ya que este contara con las condiciones requeridas para que el proceso se desarrolle paso a paso, se empezó por declarar todas las entradas necesarias para el buen funcionamiento de este Function Block.

Tabla 10 Etiquetas Add-On (RECIRCULACION DE TANQUES)

NOMBRE	TIPO DE DATO	USO	DESCRIPCIÓN
RECIRCULACION_DE_TANQUES	RECIRCULACION DE TANQUES	InOut	Nombre asignado al Function Block
VAL_FILL_A	REAL	Output	Válvula de llenado de tanque 1
VAL_DIS_A	REAL	Output	Válvula de descarga de tanque 1
VAL_FILL_B	REAL	Output	Válvula de llenado de tanque 2
VAL_DIS_B	REAL	Output	Válvula de descarga de tanque 2
PROCESS_F	BOOL	Output	Señal que indica que el proceso ha concluido
START_PROCESS	BOOL	Output	Señal que indica que el proceso debe iniciar
START	BOOL	Input	Señal de seguridad (el proceso general se a iniciado)
TIME_OF_PROCESS	REAL	Input	Tiempo que se desea que el proceso dure
NIVEL	REAL	Input	Señal de seguridad (el nivel de tanque 1)
RESET	BOOL	Input	Señal que indica que el proceso general ha finalizado
AUX1	BOOL	Local	Auxiliar
TIMER1	REAL	Local	Contador TON

Se desarrollo el programa con las condiciones que se establecieron, entradas, salidas y variables locales que se declararon de manera interna en el ADD-ON para poder utilizarlos.

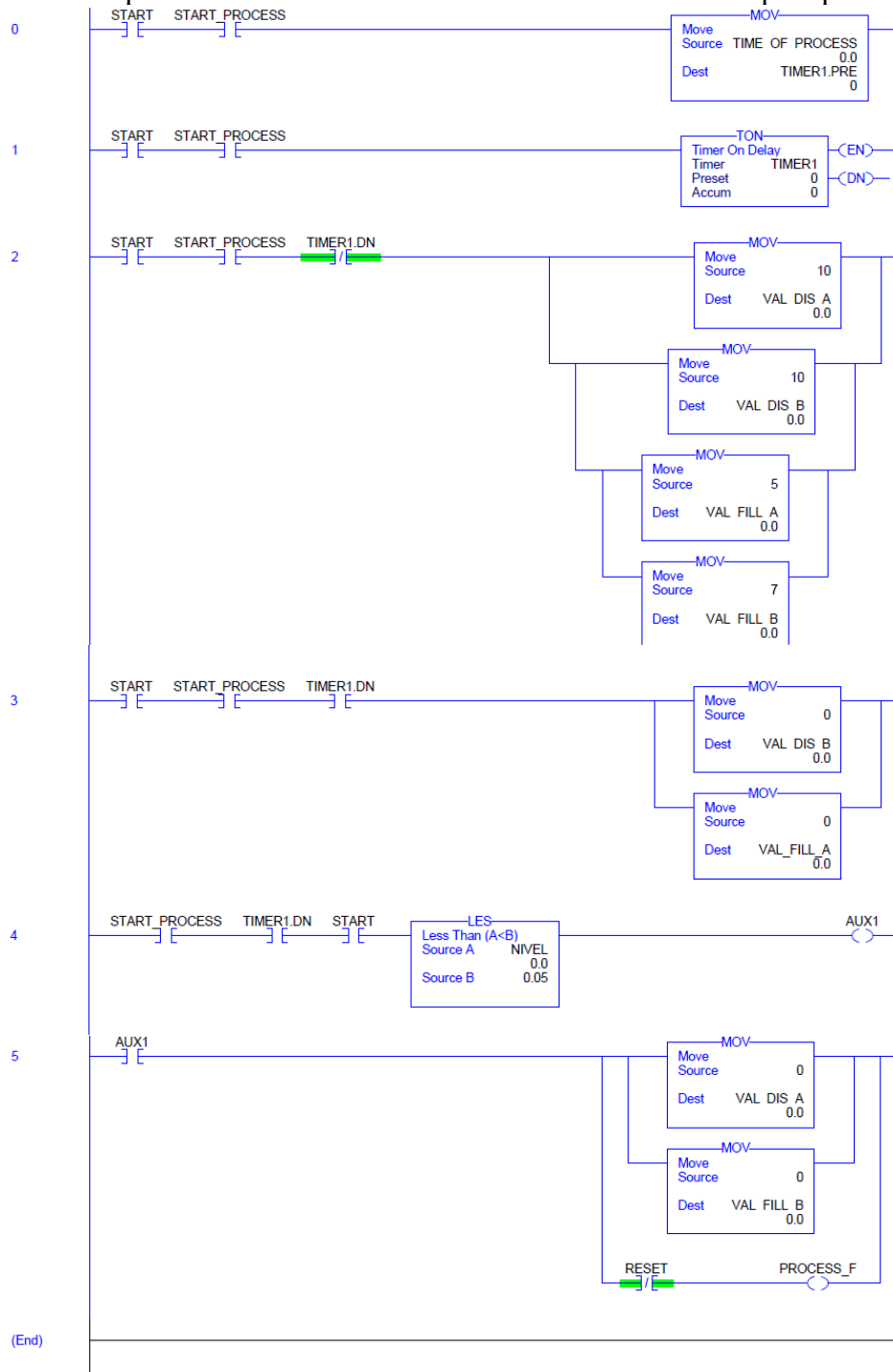


Figura 11 Programación de Add-On (RECIRCULACIÓN DE TANQUES)

Descripción del código

RUNG 0: Si se cumple las dos condiciones iniciales START y START_PPROCESS, se mueve el valor de TIME_OF_PROCESS al Preset del contador TON.

RUNG 1: Si se cumple las dos condiciones iniciales START y START_PPROCESS, el contador TON inicia su conteo.

RUNG 2: Si se cumple las tres condiciones iniciales START, START_PPROCESS y el contador TON está contando, las válvulas VAL_DIS_A, VAL_DIS_B, VAL_FILL_A y VAL_FILL_B, se abren para poder dejar fluir el líquido.

RUNG 3: Si se cumple las tres condiciones iniciales START, START_PPROCESS y el contador TON cumple con su preset, las válvulas VAL_DIS_B y VAL_FILL_B, se cierran para no dejar fluir líquido.

RUNG 4: Si se cumple las cuatro condiciones iniciales START, START_PPROCESS, el contador TON cumple con su preset y el nivel del tanque 1 es menor a 0 se activa el AUX1.

RUNG 5: Si el AUX1 se cumple las válvulas VAL_DIS_A y VAL_FILL_B, se cierran para no dejar fluir líquido, y se activan las bobinas de salidas de RESET Y PROCESS_F.

Se obtuvo como resultado lo siguiente:

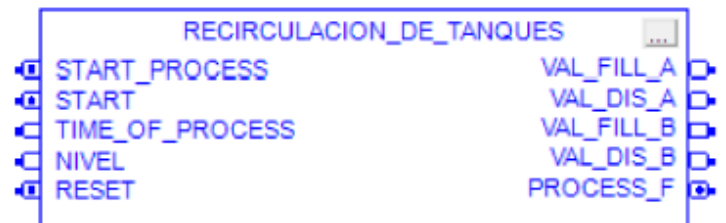


Figura 12 Function Block (RECIRCULACIÓN DE TANQUES)

Figura 13 Relay Ladder (RECIRCULACIÓN DE TANQUES)

El segundo Function Block que se creó se declaró como LLENADO_DE_TANQUES, la función de este Function Block es llenar los tanques de manera correcta con la proporción adecuada de agua o agua-detergente de cada uno de los tanques para que cumpla con los parámetros adecuados para un mejor resultado de limpieza de los CIPS. Se empezó por declarar todas las entradas necesarias para el buen funcionamiento de este Function Block.

Tabla 11 Etiquetas Add-On (LLENADO DE TANQUES)

NOMBRE	TIPO DE DATO	USO	DESCRIPCIÓN
FILL_TANQUES	FILL_TANQUES	InOut	Nombre asignado al Function Block
LEVEL_SENSOR	REAL	Input	Nivel de sensor del tanque
FILL_VALVE	REAL	Output	Válvula de llenado del tanque
WATER	REAL	Input	Cantidad de agua deseada
SOLUTION	REAL	Input	Cantidad de detergente deseado
OUT_LEVEL_DETERGENTE	REAL	Output	Visualización de nivel de detergente deseado
OUT_LEVEL_WATER	REAL	Output	Visualización de nivel de agua deseado
START_INS	BOOL	Input	Condición de inicio del Function Block
STOP	BOOL	Input	Condición de paro del Function Block
LIGHT_START	BOOL	Output	Lampara que indica que el proceso a iniciado
LIGHT_STOP	BOOL	Output	Lampara que indica que el proceso ha finalizado o parado
WATER2	DINT	Local	Cantidad de agua deseada (valor interno)
AUX1	BOOL	Local	Auxiliar 1
AUX2	BOOL	Local	Auxiliar 2
SOLUTION2	DINT	Local	Cantidad de solución deseada (valor interno)
PID	PID	Local	Nombre asignado al PID
SUMA	REAL	Local	Suma de agua y detergente deseado

Se desarrollo el programa con las condiciones que se establecieron, entradas, salidas y variables locales que se declararon de manera interna en el ADD-ON para poder utilizarlos.

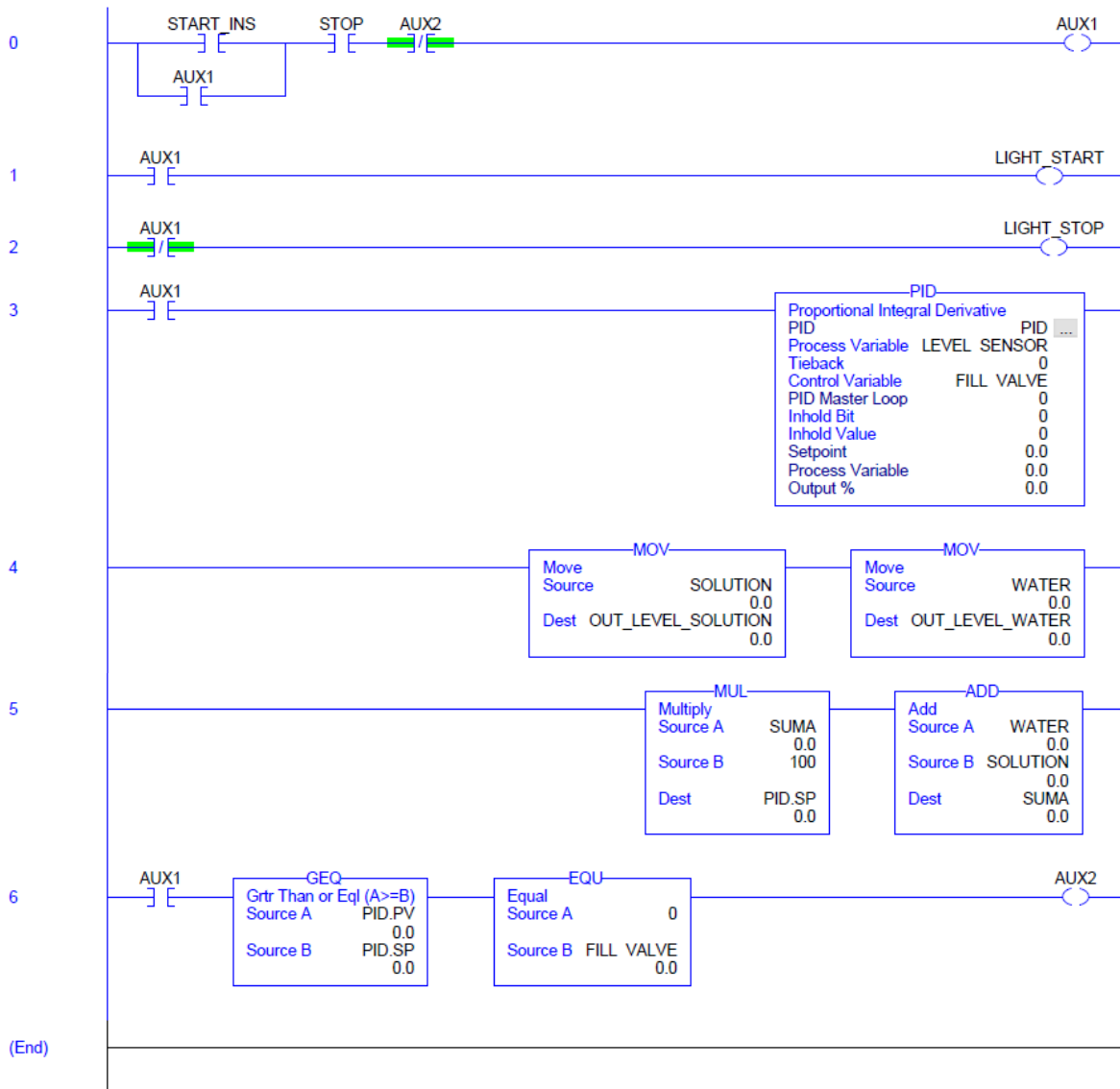


Figura 14 Programación de Add-On (LLENADO DE TANQUES)

Descripción del código

RUNG 0: Si el estado del START_INS es 1 y el AUX2 no está activado se crea una memoria de estado hasta que el estado de STOP sea igual a 0 o AUX2 sea igual a 2, este activa una bobina llamada AUX1

RUNG 1: Si el contacto AUX1 esta activado se activa una bobina llamada LIGHT_START que indicara que el proceso de llenado ha iniciado.

RUNG 2: Si el contacto AUX1 esta desactivado se activa una bobina llamada LIGHT_STOP que indicara que el proceso de llenado esta apagado o ya está finalizado.

RUNG 3: Si el contacto AUX1 esta activado nuestro PID se activara y se encargara de alcanzar y mantener nuestra cantidad de solución y agua deseada.

RUNG 4: Se mueven los valores de agua y detergente a otros tags para poder visualizarlos en una pantalla.

RUNG 5: Se suman los valores de agua y detergente para obtener un valor total, posteriormente se escala para poder utilizarlo en el RUNG 3 dentro del PID.

RUNG 6: Cuando el AUX1 se cumple y las siguientes condiciones:

*Cuando la variable del proceso sea igual o mayor al valor deseado del Set Point.

*La válvula de llamado este cerrada

El proceso de llenado de tanque se detiene, ya que activa al AUX2 que hace que la memoria que inicia el proceso se desactive.

Se obtuvo como resultado lo siguiente:



Figura 16 Relay Ladder (LLENADO DE TANQUES)

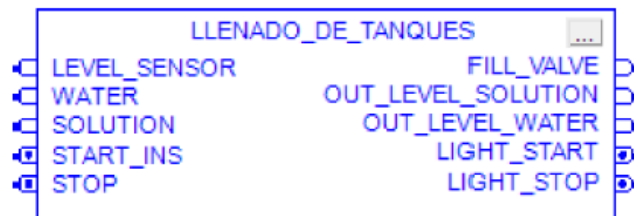


Figura 15 Function Block (LLENADO DE TANQUES)

Cuando se terminó con los dos Function Blocks de LLENADO_DE_TANQUES y RECIRCULACION_DE_TANQUES se procedió a realizar el código para el control del CIP.

El demo CIP que deseamos automatizar cuenta con cuatro depósitos que contiene soluciones distintas, uno para solución de agua recuperada, otro para solución sosa, otro para solución ácido y otro para solución de agua de red, además se cuenta con dos dosificadores uno de ácido y otro de sosa.

El proceso que se ejecuta es un programa largo que se conforma de los siguientes pasos:
Primero se realiza la solución de cada depósito de manera adecuada según los parámetros en función del producto y nivel de limpieza que se requiera alcanzar.

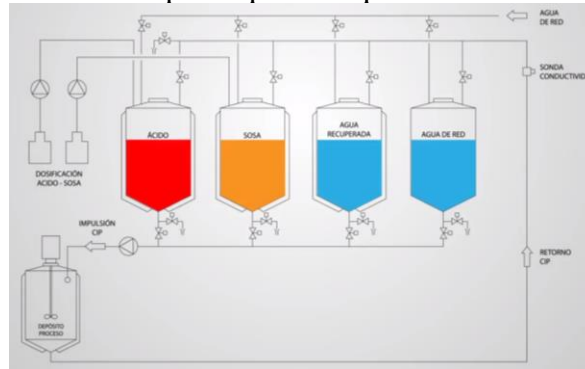


Figura 17 Llenado de tanques previo al proceso Demo CIP

En la primera fase se realiza un enjuague inicial con agua recuperada a fondo perdido esta solución de agua con sosa que es obtenida de la última recirculación.

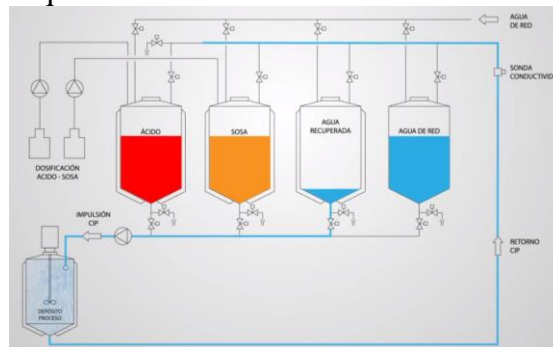


Figura 18 Primera fase del proceso Demo CIP

En la segunda fase se realiza una recirculación de agua con sosa durante un tiempo establecido.

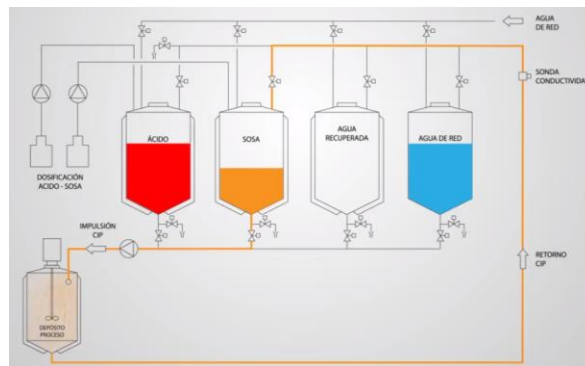


Figura 19 Segunda fase del proceso Demo CIP

En la tercera fase se realiza un enjuague con agua de red que se recupera ingresándolo en el depósito de agua recuperada para ser utilizado en los lavados posteriores.

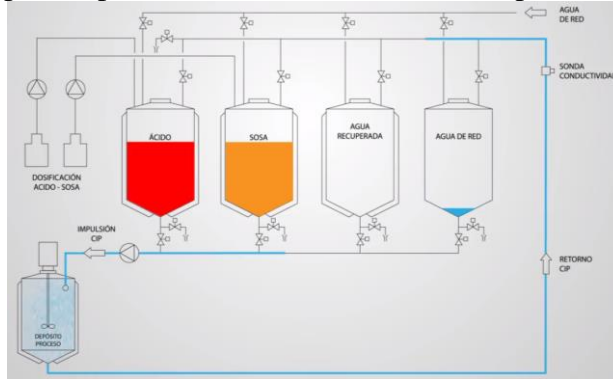


Figura 20 Tercera fase del proceso Demo CIP

En la cuarta fase se realiza una recirculación de agua con ácido durante un tiempo establecido.

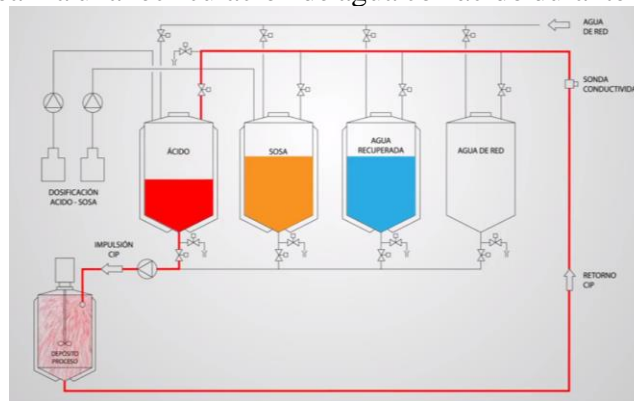


Figura 21 Cuarta fase del proceso Demo CIP

La quinta fase se realiza un enjuague con agua de red con fondo perdido.

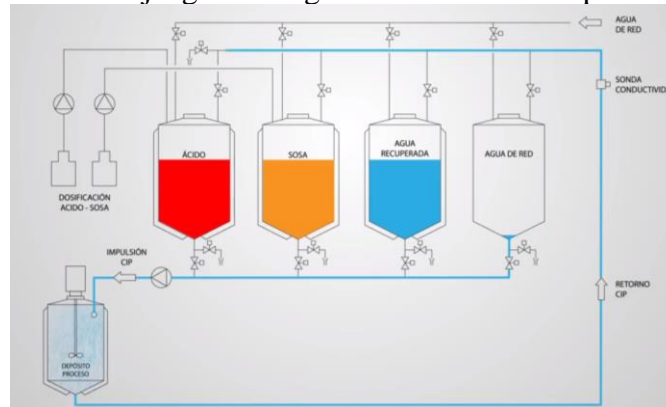


Figura 22 Quinta fase del proceso Demo CIP

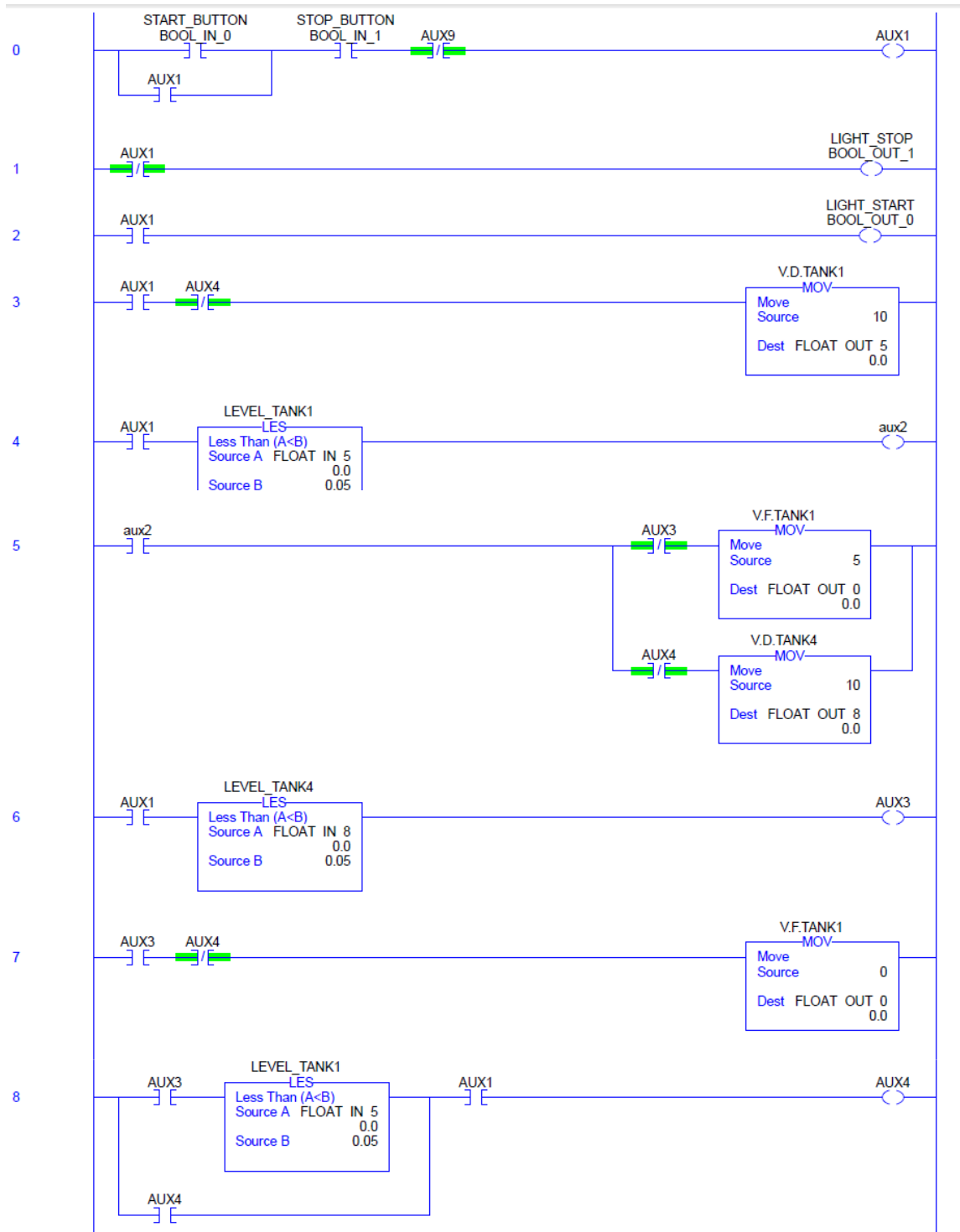


Figura 23 Programación Del sistema Demo CIP (RUNG 0-8)

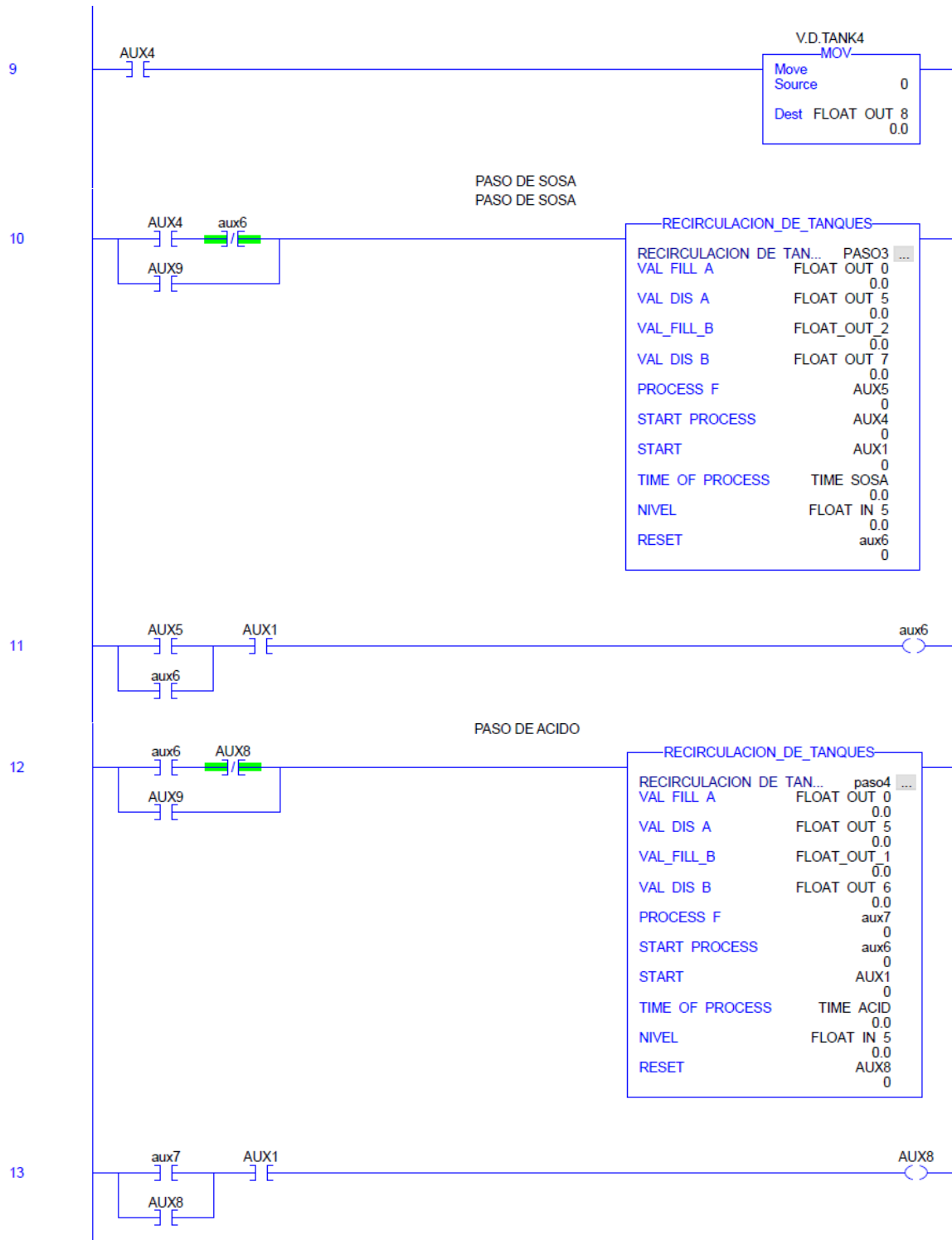


Figura 24 Programación Del sistema Demo CIP (RUNG 9-13)

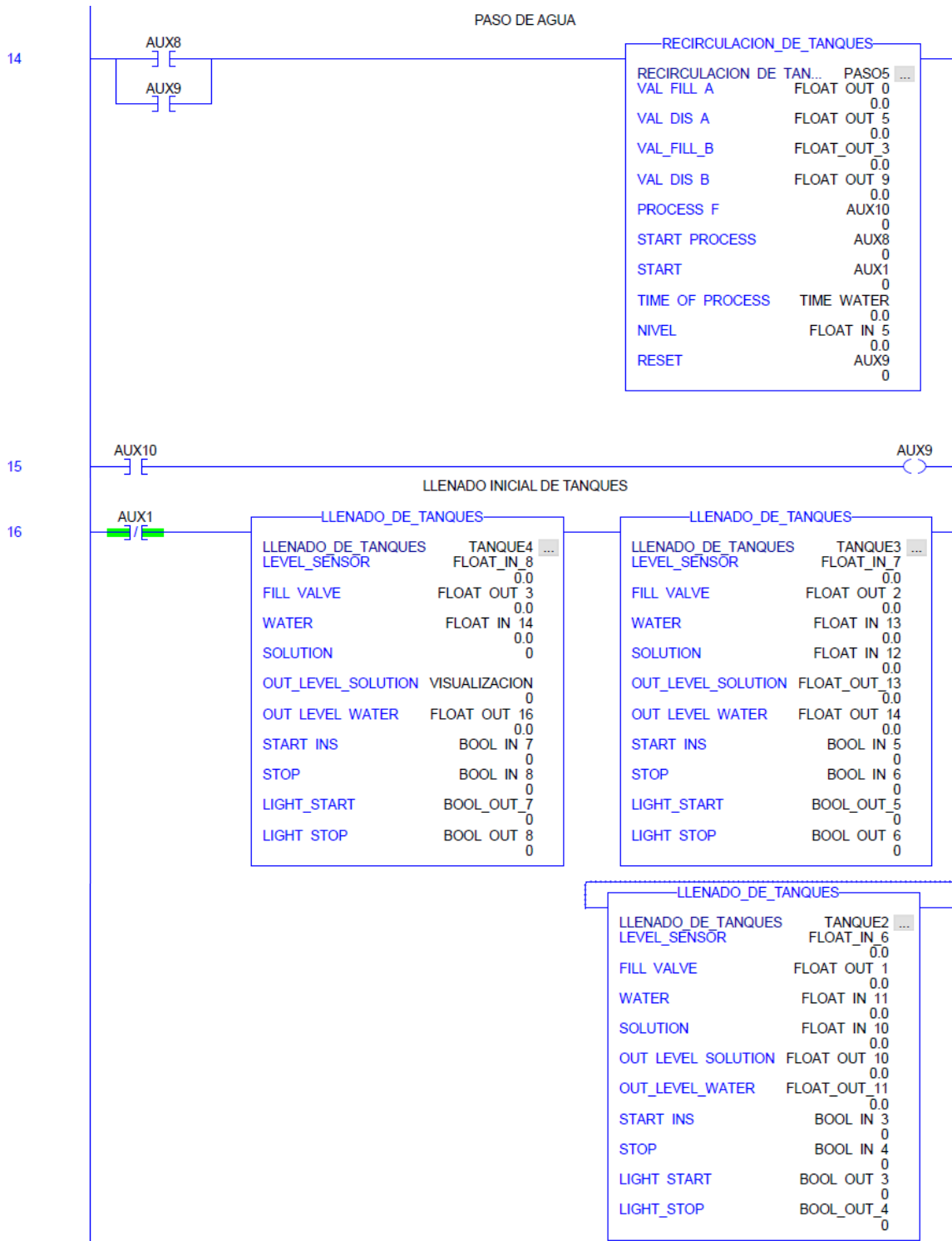


Figura 25 Programación Del sistema Demo CIP (RUNG 14-16)

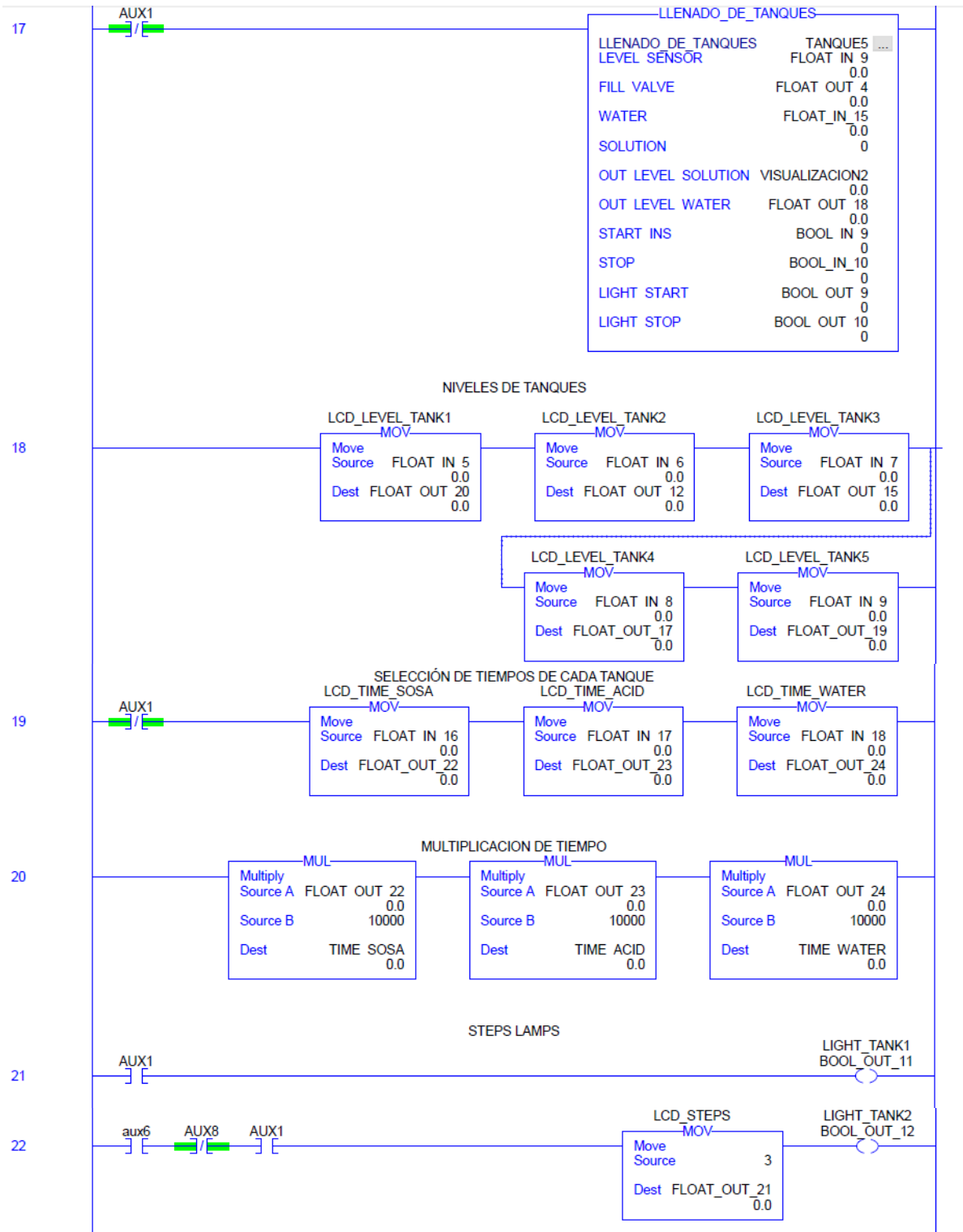


Figura 26 Programación Del sistema Demo CIP (RUNG 17-22)

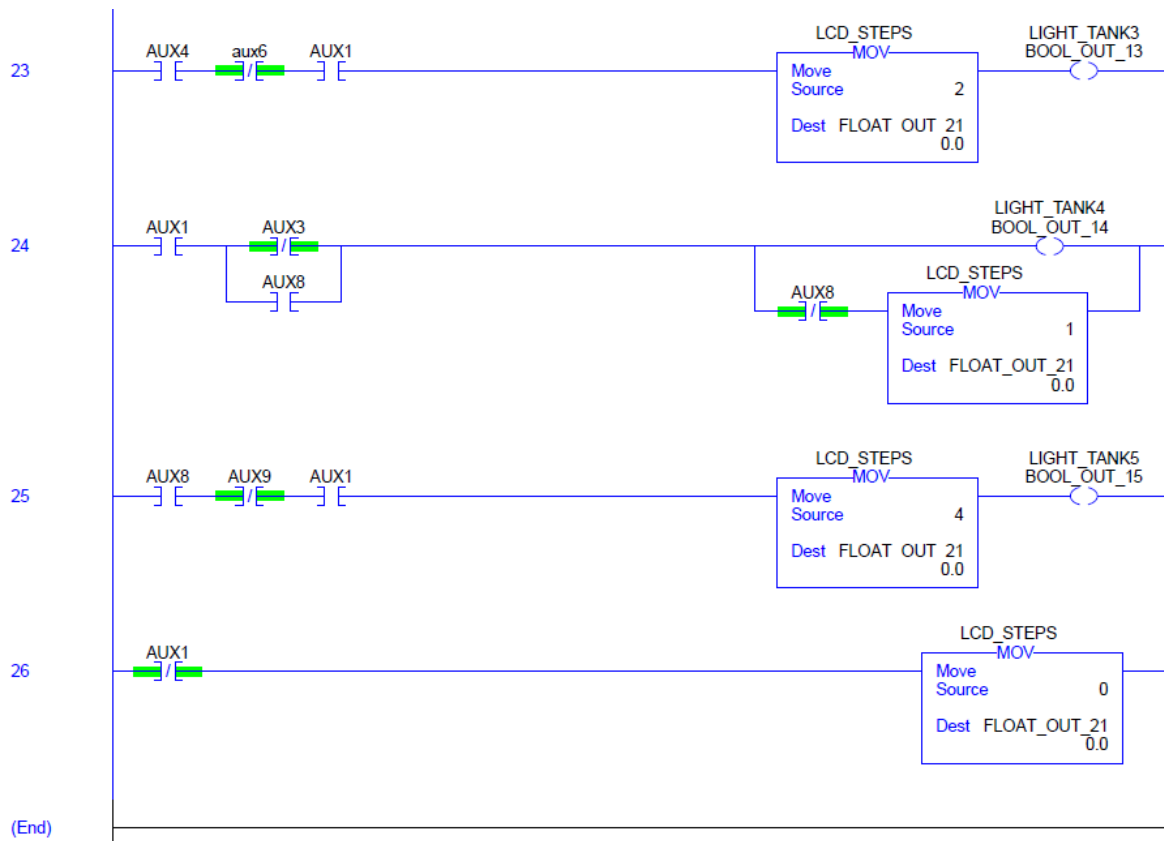


Figura 27 Programación Del sistema Demo CIP (RUNG 23-End)

Descripción del código

RUNG 0: Si el botón START_BUTTON se presiona activara una bobina llamada AUX1 y se realizara un enclave.

RUNG 1: Si AUX1 no está activado la bobina LIGHT_STOP estará activada para que encienda una lampara roja exterior que indique que el proceso está detenido.

RUNG 2: Si AUX1 está activado la bobina LIGHT_START estará activada para que encienda una lampara verde exterior que indique que el proceso está en funcionamiento.

RUNG 3: Si AUX1 esta activado la válvula del tanque en proceso se abre para verificar que es completamente vacío.

RUNG 4: Si AUX1 y el tanque en proceso esta completamente vacío activa la bobina aux2 que iniciara el proceso CIP.

RUNG 5: si aux2 esta activado inicia el proceso del tanque de agua recuperada a fondo perdido.

RUNG 6-7: verifica que el tanque de agua recuperada este completamente vacío

RUNG 8-9: verifica que el tanque en proceso este completamente vacío y termine la primera fase.

RUNG 10: Inicio de la segunda fase, el tanque de sosa empieza a recircular sosa con agua por el sistema por un tiempo establecido.

RUNG 11: verifica que el proceso de la segunda fase esté terminado para continuar con el proceso de lavado en la tercera fase.

RUNG 12: Inicio de la cuarta fase, el tanque de ácido empieza a recircular ácido con agua por el sistema por un tiempo establecido.

RUNG 13: verifica que el proceso de la cuarta fase esté terminado para continuar con el proceso de lavado.

RUNG 14: Inicio de la quinta fase, el tanque de agua de red empieza a recircular agua a fondo perdido.

RUNG 15: verifica que el proceso de la quinta fase esté terminado para finalizar el proceso de lavado.

RUNG 16-17: Llenado iniciales de los deposito con cantidades específicas de ácido, sosa, y agua.

RUNG 18: Se utiliza MOVES para mover los valores flotantes, que muestran el nivel de cada uno de los depósitos.

RUNG 19: Se utiliza MOVES para mover los valores flotantes, en estos se manejan los valores establecidos del tiempo que debe durar cada una de las fases para un buen lavado.

RUNG 20: Se escalan los valores establecidos de tiempo para poder ser utilizados.

RUNG 21: Indicador que el proceso de lavado ha comenzado.

RUNG 22: Indicador que el proceso de lavado va en la tercera fase.

RUNG 23: Indicador que el proceso de lavado va en la segunda fase.

RUNG 24: Indicador que el proceso de lavado va en la primera fase.

RUNG 25: Indicador que el proceso de lavado va en la cuarta fase.

RUNG 26: Indicador que el proceso de lavado va en la quinta y última fase.

4. Simulación del proceso de lavado Demo Clean In Place con Factory I/O

Para verificar el correcto funcionamiento de la programación en RSLOGIX5000, del demo CIP se utilizó un simulador llamado Factory I/O que es un software que se puede simular procesos industriales en tiempo real con alta calidad de gráficos y sonidos.



Figura 28 FACTORY I/O

En la simulación se utilizó objetos como pulsadores normalmente abiertos, pulsadores normalmente cerrados, potenciómetros, pantallas LCD, luces indicadoras y tanques que contienen válvulas modulantes y sensores de nivel.

Se crearon tableros separados para poder crear un control individual de cada tanque, el tablero principal que se muestra en la (fig. 29) contiene tres pulsadores de distintos colores, el pulsador color verde sirve para iniciar el proceso de lavado, el pulsador color rojo sirve para iniciar un paro de emergencia del proceso de lavado y el pulsador color naranja es un reseteo general del proceso de lavado, el tablero también cuenta con cinco pantallas LCD que indican el nivel del tanque que se está lavando, en qué fase del lavado se encuentra y el tiempo que durara cada una de las fases, el tiempo que se le determina a cada una de las fases puede ser ingresada por un potenciómetro por el cual cuenta con tres potenciómetros en la parte inferior del tablero.

El tablero de la (fig. 30) controla la función de los depósitos de ácido y sosa, el pulsador color verde sirve para iniciar el proceso de llenado de la solución agua-detergente en el tanque, el pulsador color rojo funciona como paro de emergencia, la pantalla LCD que se encuentra de lado derecho de los pulsadores sirve como indicador de nivel del tanque, y las dos pantallas

LCD inferiores indica la cantidad de solución agua-detergente que se desea dentro del t que es determinada con los dos potenciómetros que contiene el tablero.

El tablero de la (fig. 32) controla la función del tanque que contiene agua de red, el pulsador color verde sirve para iniciar el proceso de llenado de agua de red en el tanque, el pulsador color rojo funciona como paro de emergencia, la pantalla LCD que se encuentra de lado derecho de los pulsadores sirve como indicador de nivel del tanque y la pantalla LCD inferior indica la cantidad de agua de red que se desea que es determinada con el potenciómetro que se encuentra en el tablero.

Dentro de la simulación se ingresaron lámparas indicadoras y tanques que contiene tuberías, sensores de nivel, y dos válvulas modulantes. (fig. 31)



Figura 29 Tablero principal



Figura 30 Tablero Acido-Sosa



Figura 32 Tablero de tanque agua de red



Figura 31 Tanques y lámparas

La simulación de Demo CIP se conformó de 5 tanques, 4 del demo CIP y uno que representa el tanque de proceso que se necesita lavar, al terminar de crear el diseño de simulación se agregaron las configuraciones adecuadas, como la colocación ordenada y adecuada de nuestras entradas y salidas en la tarjeta del PLC, así como la dirección IP del PLC, para que la comunicación sea exitosa (fig. 35).

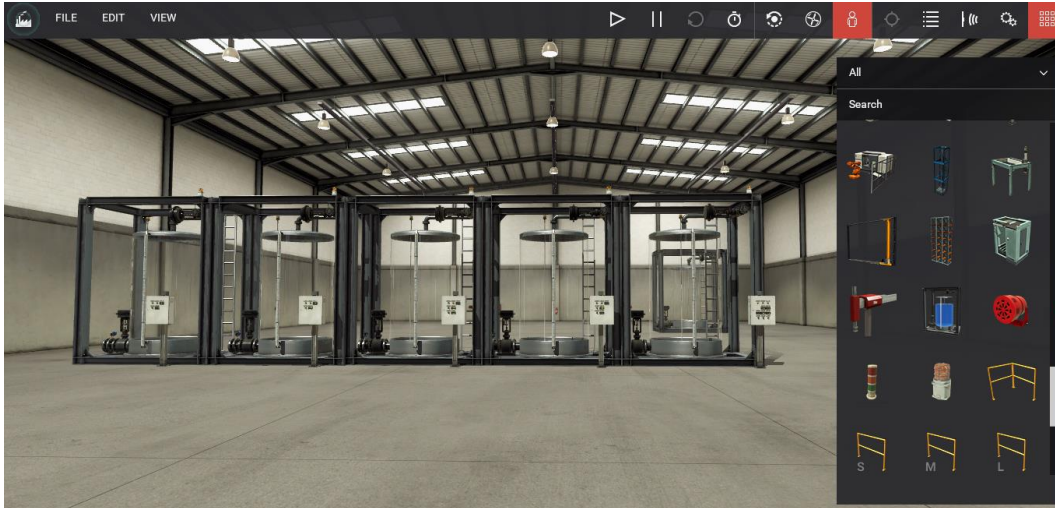


Figura 33 Simulación Factory I/O

En las configuraciones se seleccionó un PLC Allen-Bradley Logix5000 ya que se contaba con un PLC Compact Logix 1769-L24ER-QB1B (fig. 34), se agregaron 30 entradas, 11 booleanas y 19 flotantes, también se utilizó 41 salidas, 16 booleanas y 25 flotantes. Dentro de las configuraciones de Factory I/O para poder realizar la comunicación se ingresó la dirección IP del PLC, que se encuentra especificada en la parte frontal del PLC 192.168.1.200. (fig. 36).



Figura 34 PLC 1769-L24ER-QB1B

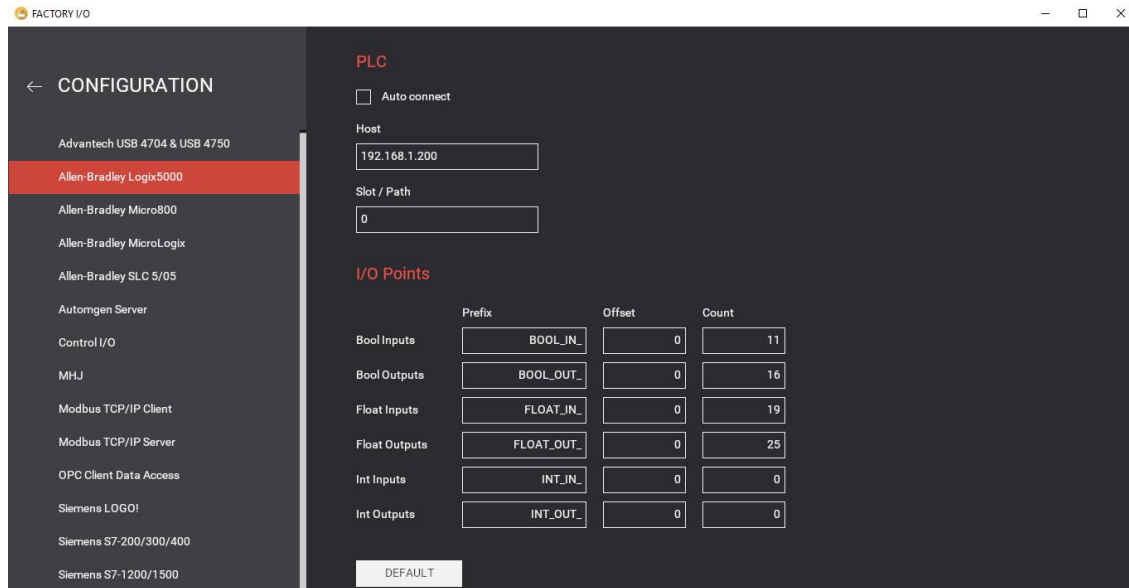


Figura 35 Configuración Factory I/O

Antes de realizar la simulación fue necesario utilizar un PLC, para descargar el código de programación al controlador y posteriormente realizar la comunicación entre el controlador y el simulador Factory I/O.

Se trabajó con un PLC Compact Logix 1769-L24ER-QB1B con ayuda de una fuente Weidmüller con las siguientes especificaciones (fig. 38)

- Entada: 100-240 V, 4-2A, 50/60Hz
- Salida: 24 V, 10 A.

Un cable cruzado de Ethernet, este se utilizó ya que conectamos dos ordenadores, un extremo cuenta con el cableado T568A y el otro extremo usa el estándar de cableado T568B (fig. 37).



Figura 36 Datos del PLC 1769-L24ER-QB1B

Cable de conexión cruzada Ethernet RJ 45

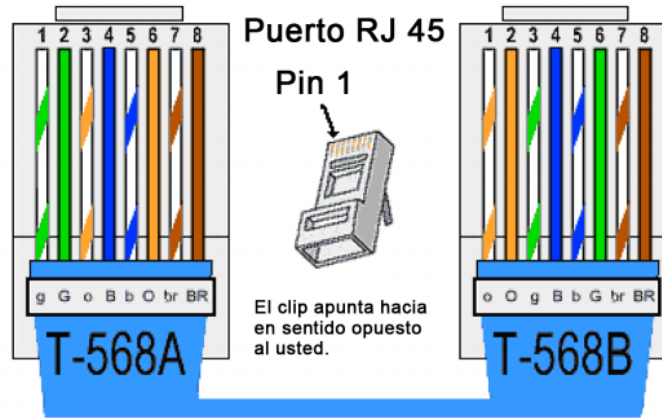


Figura 37 Configuración de cable Ethernet



Figura 38 Cable Ethernet



Figura 39 Fuente Weidmüller

Para poder realizar una comunicación entre la computadora y el controlador fue necesario un programado que hiciera esta función el cual se utilizó RSLinx Classic (fig. 40).

Se realizo las configuraciones correctas para hacer la comunicación entre el PLC y la computadora para poder realizar la descarga del programa al PLC y posteriormente hacer la simulación en Factory I/O como se observa en la (fig. 41)

Posteriormente se realizó la descarga de nuestro código del programa a nuestro controlador Compact Logix 1769-L24ER-1B1B como se observa en la (fig. 42), al terminar estos pasos se abrió Factory I/O para ejecutar la comunicación con nuestro controlador como se muestra en la (fig. 43).



Figura 40 RSLinx Classic

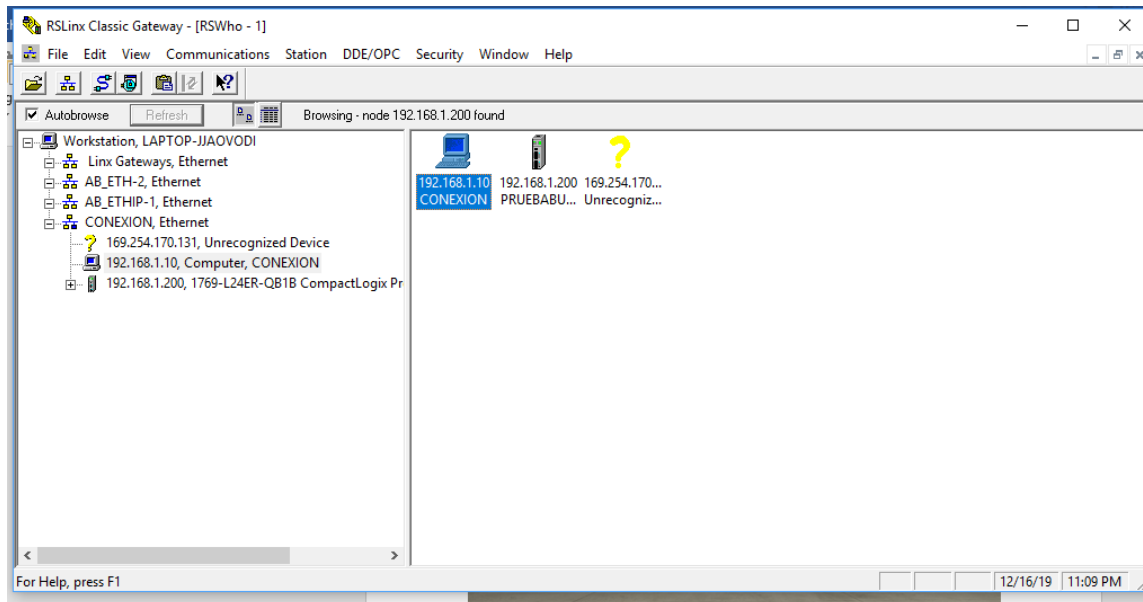


Figura 41 Configuración de RSLinx Classic

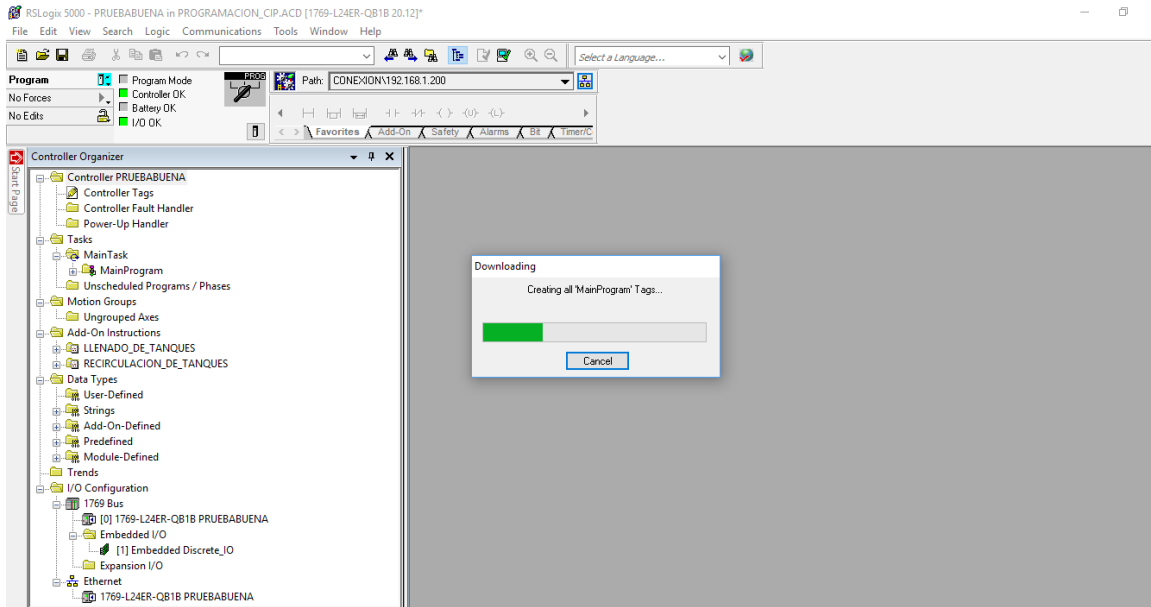


Figura 42 Descarga del código al PLC

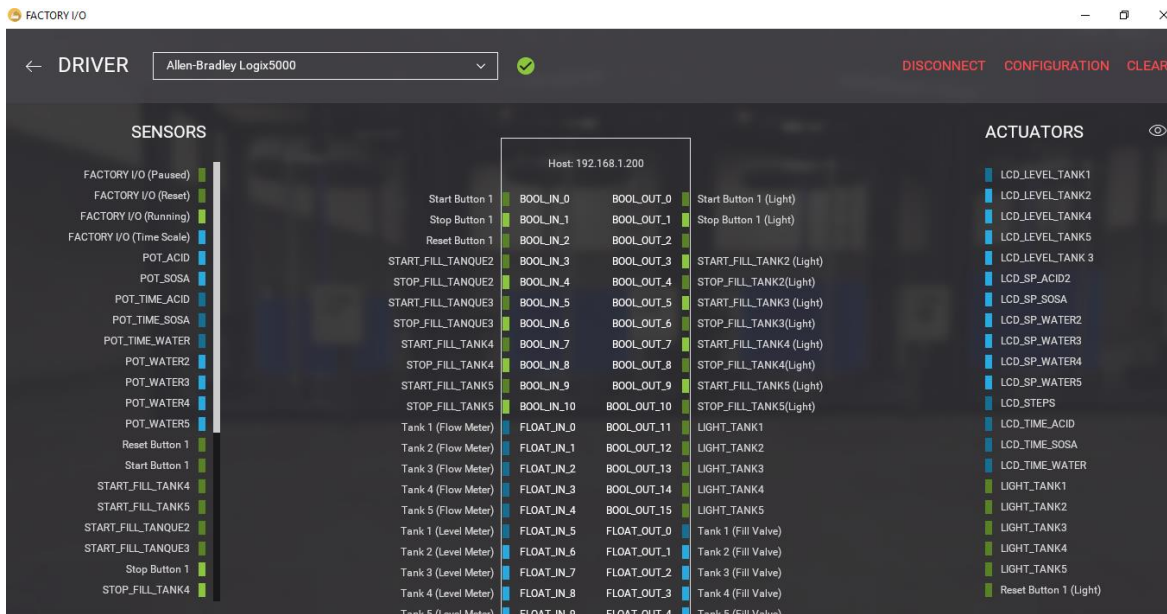


Figura 43 Comunicación PLC-Factory I/O

Para comenzar nuestra simulación se configuro cada tablero con parámetros específicos como concentración de agua-detergente y tiempo de lavado en cada uno de los tanques como se puede observar en la (figura. 44)

El proceso que se ejecuta es un programa largo que se conforma de los siguientes pasos:

- Primero se realiza la solución de cada depósito de manera adecuada según los parámetros en función del producto y nivel de limpieza que se requiera alcanzar que se observa en la (fig. 45).
- En la primera fase se realiza un enjuague inicial con agua recuperada a fondo perdido esta solución de agua con sosa que es obtenida de la última recirculación que se observa en la (fig. 46).
- En la segunda fase se realiza una recirculación de agua con sosa durante un tiempo establecido que se observa en la (fig. 47).
- En la tercera fase se realiza un enjuague con agua de red que se recupera ingresándolo en el depósito de agua recuperada para ser utilizado en los lavados posteriores que se observa en la (fig. 48).
- En la cuarta fase se realiza una recirculación de agua con ácido durante un tiempo establecido que se observa en la (fig. 49).
- La quinta fase se realiza un enjuague con agua de red con fondo perdido que se observa en la (fig. 50).



Figura 44 Configuración de tableros

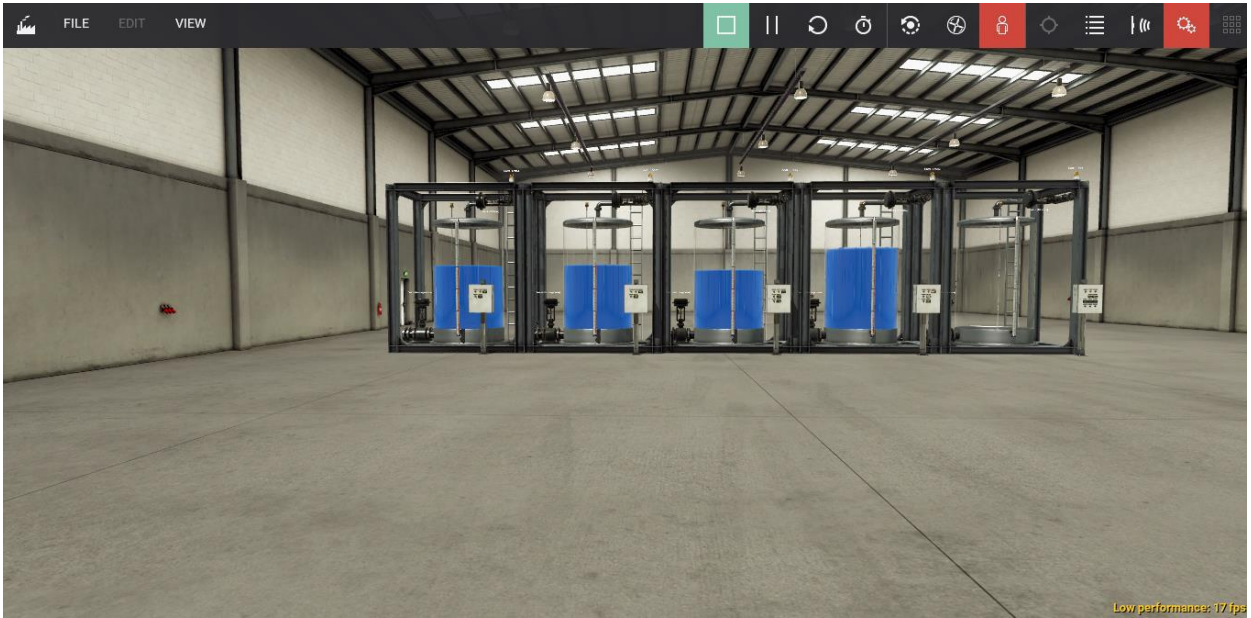


Figura 45 simulación Factory I/O (Llenado de tanques)

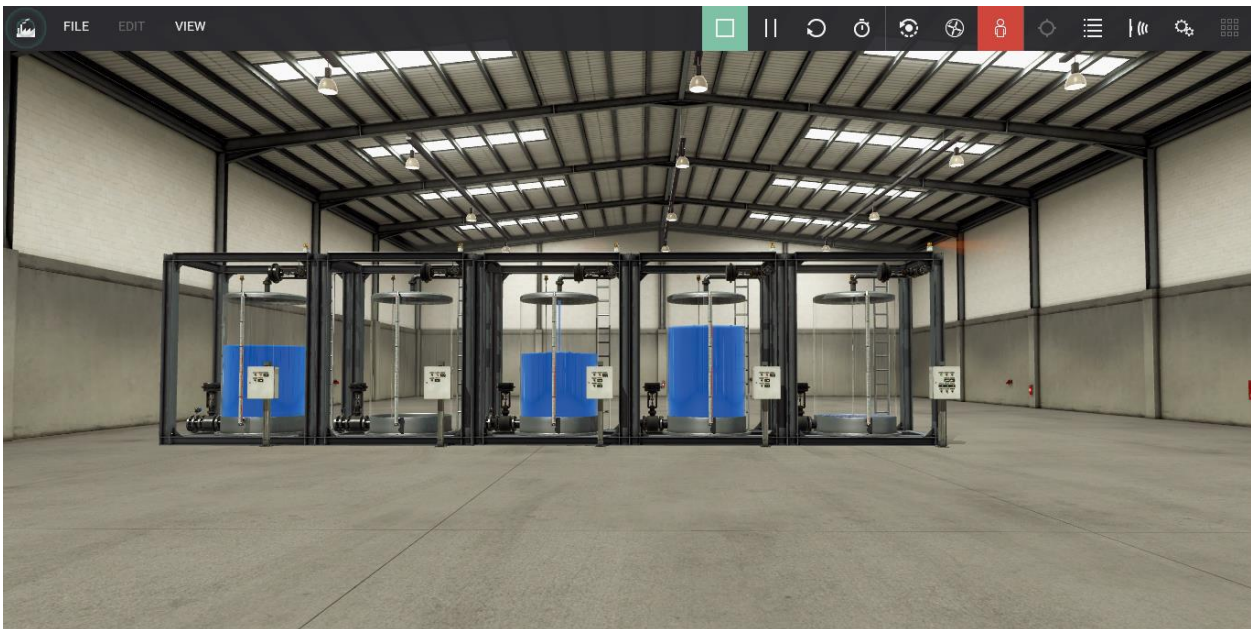


Figura 46 simulación Factory I/O (Fase 1)

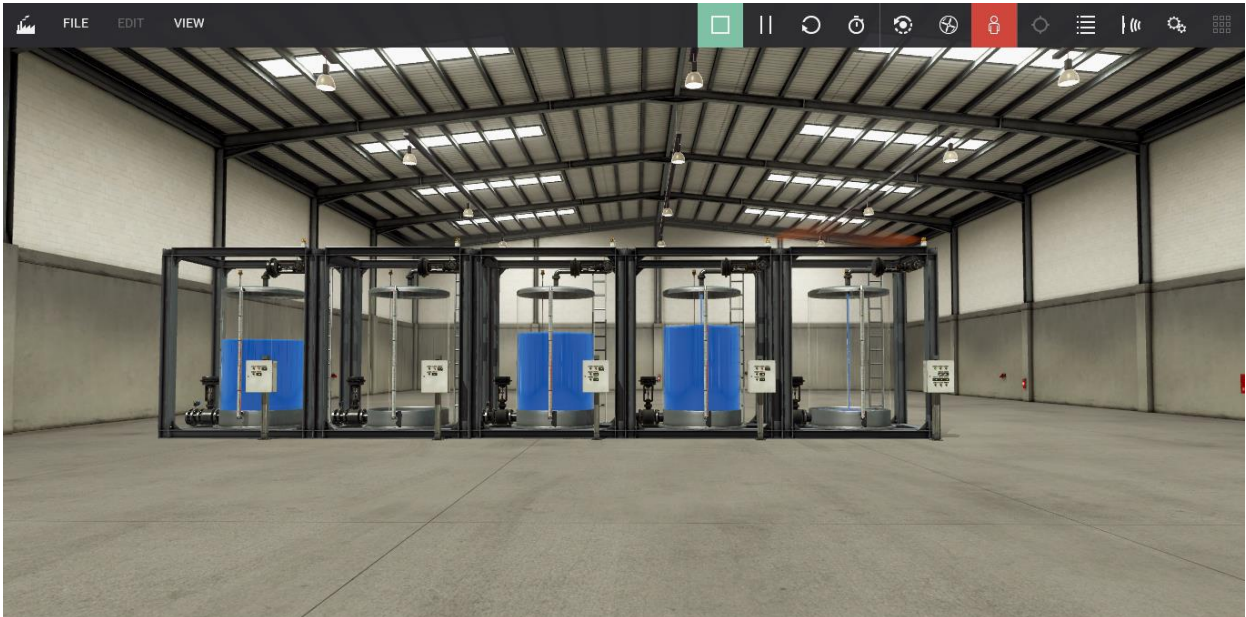


Figura 47 simulación Factory I/O (Fase 2)

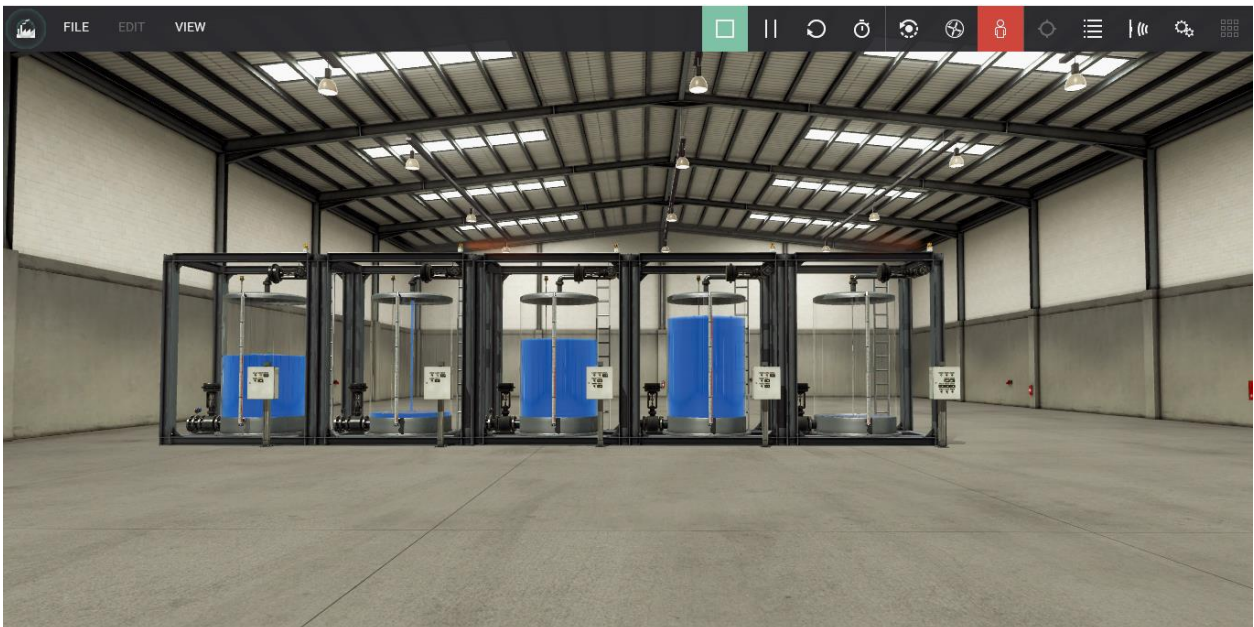


Figura 48 simulación Factory I/O (Fase 3)

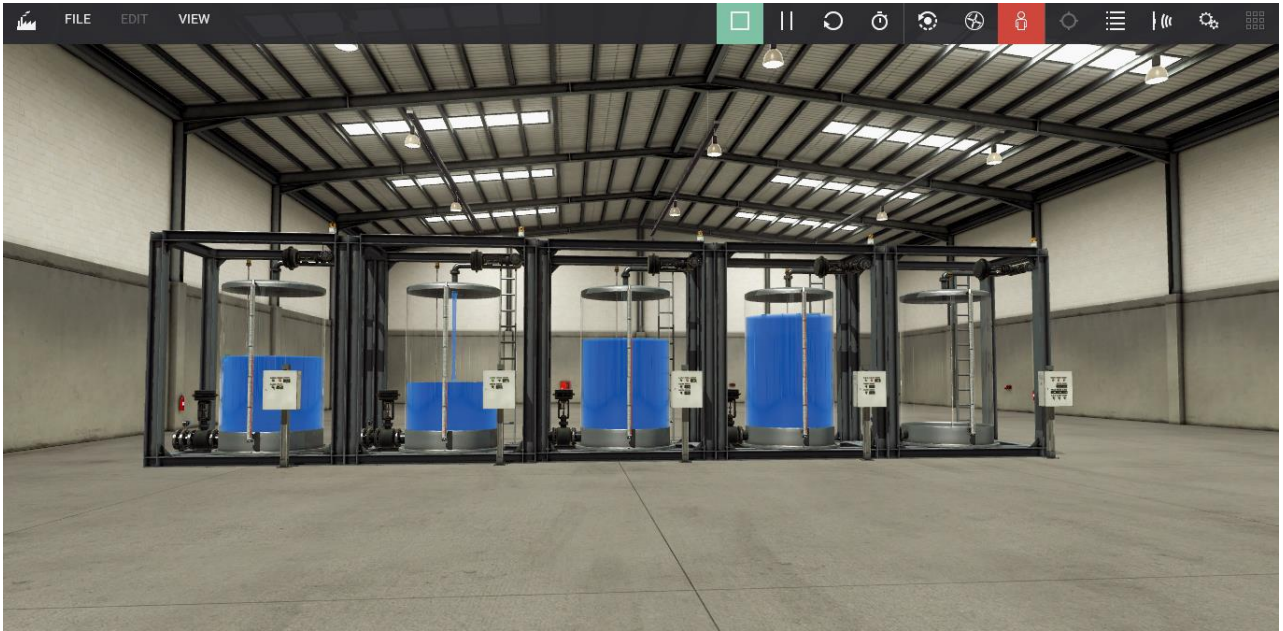


Figura 49 simulación Factory I/O (Fase 4)

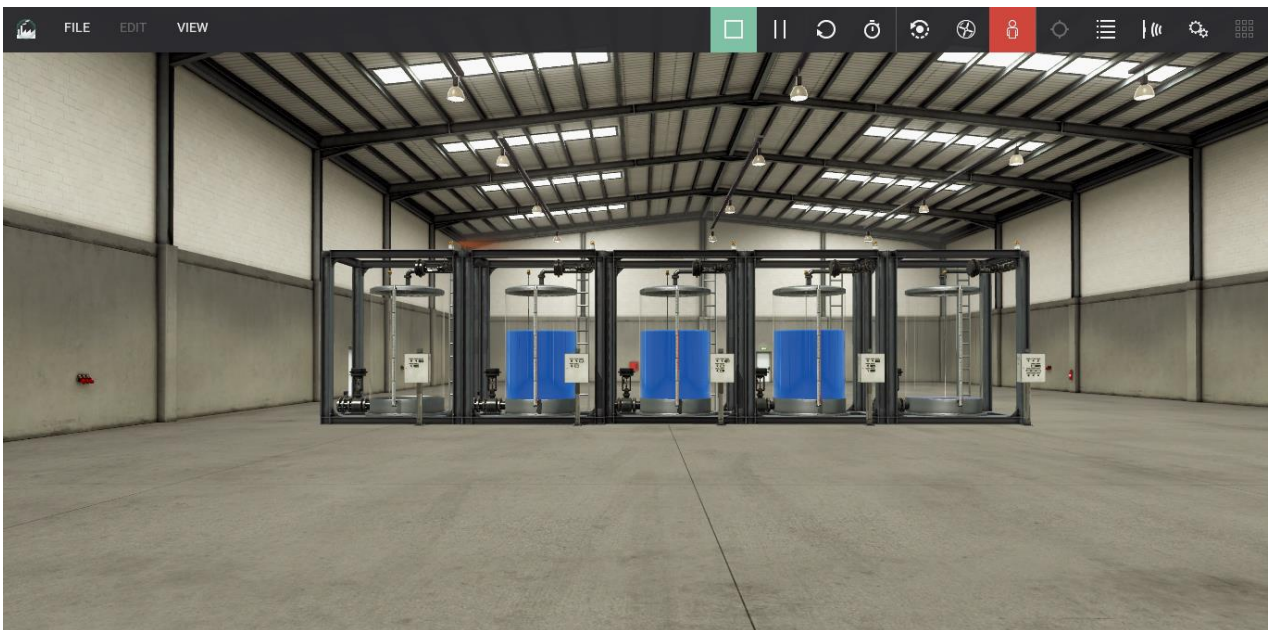


Figura 50 simulación Factory I/O (Fase 5)

4. Diseño e implementación del sistema Scada usando el software Factory Talk de Allen Bradley.

Para poder proveer la visualización de todas las variables de procesos que son adquiridas de sensores industriales, supervisión y control del sistema Demo Clean In Place, es necesario crear un sistema Scada que faciliten la visualización, control y adquisición de datos de este proceso industrial, esto permitirá que el trabajo se pueda realizar a distancia, adquiriendo todas las variables de proceso en tiempo real.

Se trabajo con el software Factory Talk ya que forma parte de la familia Allen Bradley y satisface las necesidades del sector industrial, aumentando la productividad y competitividad.

Las ventajas de utilizar a Factory Talk como sistema Scada es que cuenta con un conjunto de servicios como datos en vivo que nos sirve para tener un enlace entre el cliente y el servidor, seguridad, activación es un modo seguro de activar los productos de Rockwell Software y administrar las actividades del software, Factory Talk también cuenta con alarmas de eventos que proporciona al servidor una alarma de control de procesos basado en servidor y dispositivo.

El sistema Scada se realizó con el Software Factory Talk View Studio versión 8.20.00 ya que cuenta con más mejoras.



Figura 51 Factory Talk View Studio V8.20.00

Para crear un nuevo proyecto ejecutamos FactoryTalk View Studio, una vez ejecutado el software, nos aparecerá la siguiente ventana (fig. 52)

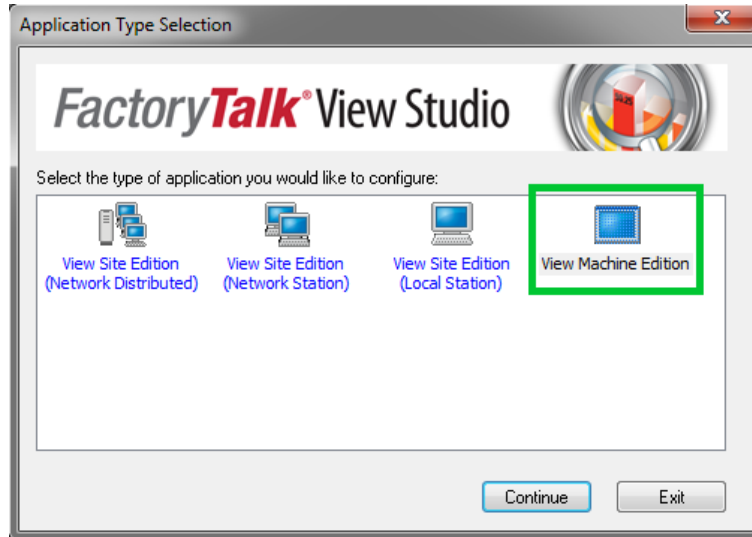


Figura 52 Selección del tipo de aplicación (FTVS)

En esta pantalla elegimos el tipo de aplicación con la que queremos trabajar, en nuestro caso como queremos trabajar con una aplicación para paneles HMI seleccionamos "View Machine Edition" y pulsamos continuar, lo que nos llevará a la siguiente ventana:

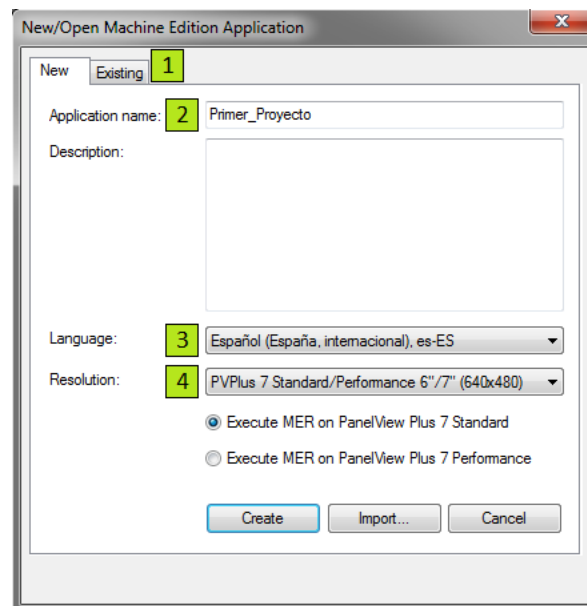


Figura 53 Parámetros de la aplicación (FTVS)

1. En esta parte de la ventana disponemos de dos pestañas, la pestaña de la izquierda, "Nuevo", nos permite crear un nuevo proyecto, la pestaña de la derecha, "Existente", nos permite acceder a una lista en la que se encuentran todos los proyectos existentes dentro del tipo de aplicación Machine Edition, desde esta pestaña podremos abrir un proyecto existente.
2. En este apartado daremos nombre a la aplicación y podremos añadir una descripción de esta, si así lo queremos.
3. En este apartado seleccionaremos el idioma con el que vamos a trabajar, importante saber que esto no hace que los textos se traduzcan a este idioma, lo que hace es que los textos añadidos por nosotros y los propios del sistema, que por defecto vienen en inglés, se etiqueten como textos en español, esto es importante si queremos trabajar con varios idiomas.
4. En este apartado seleccionamos el modelo de panel.

Arbol de proyecto

Una vez nombrada la aplicación y seleccionado el idioma y modelo de panel pulsamos "Crear".

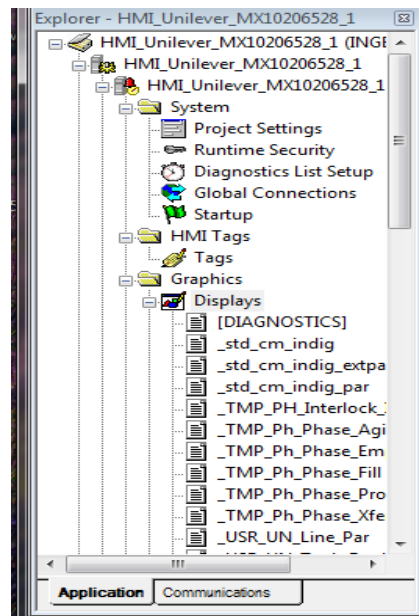


Figura 54 Árbol de proyecto (FTVS)

En la imagen 3 podemos ver la estructura de nuestro proyecto recién creado, en este tutorial nos centraremos en dos apartados, el apartado Displays donde crearemos nuestra pantalla, en este caso usaremos la pantalla MAIN que viene creada por defecto, pero si queremos añadir una nueva pantalla, solo tendremos que hacer clic derecho sobre Displays y seleccionar nuevo, se nos abrirá una nueva pantalla, una vez modificada al nueva pantalla si

pulsamos guardar se nos aparecerá una nueva ventana en la que podremos darle nombre a esta pantalla.

Teniendo en cuenta todo este aspecto se procedió a la creación de todas las pantallas necesarias para el control y monitoreo de todas las variables de proceso y control del sistema Demo Clean In Place.

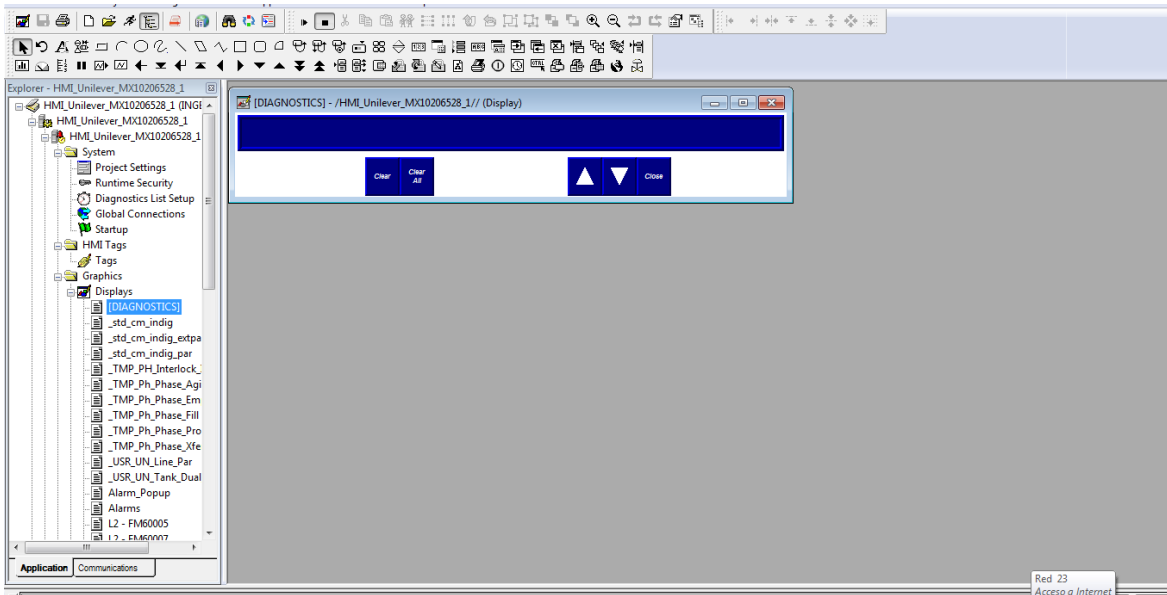


Figura 55 Diseño de la pantalla [DIAGNOSTICS] en FTVS

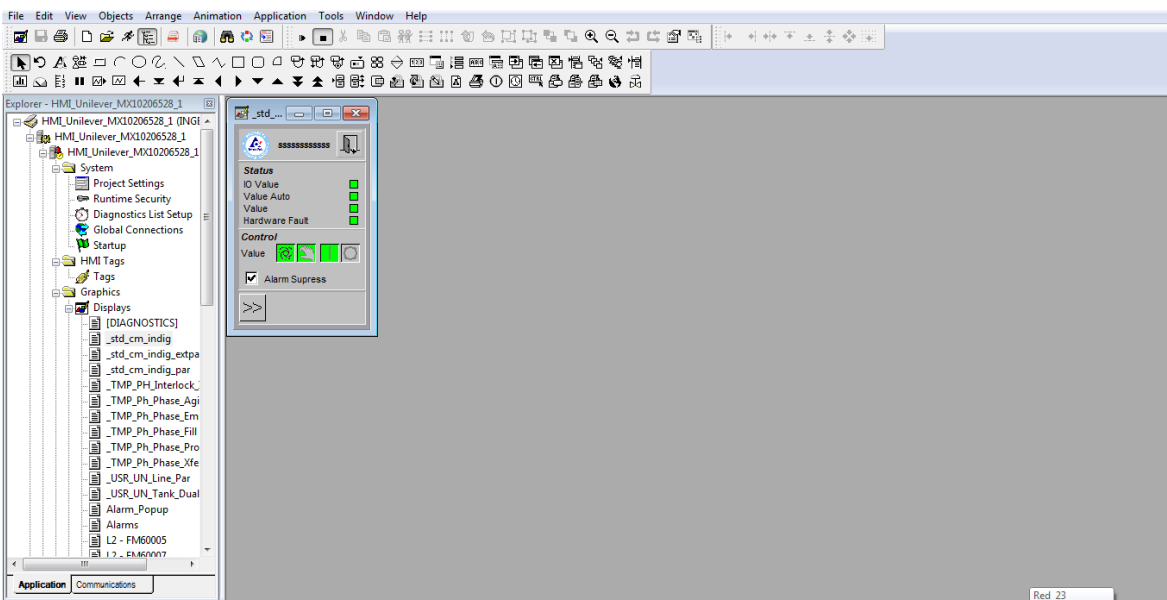


Figura 56 Diseño de la pantalla _std_cm_indig en FTVS

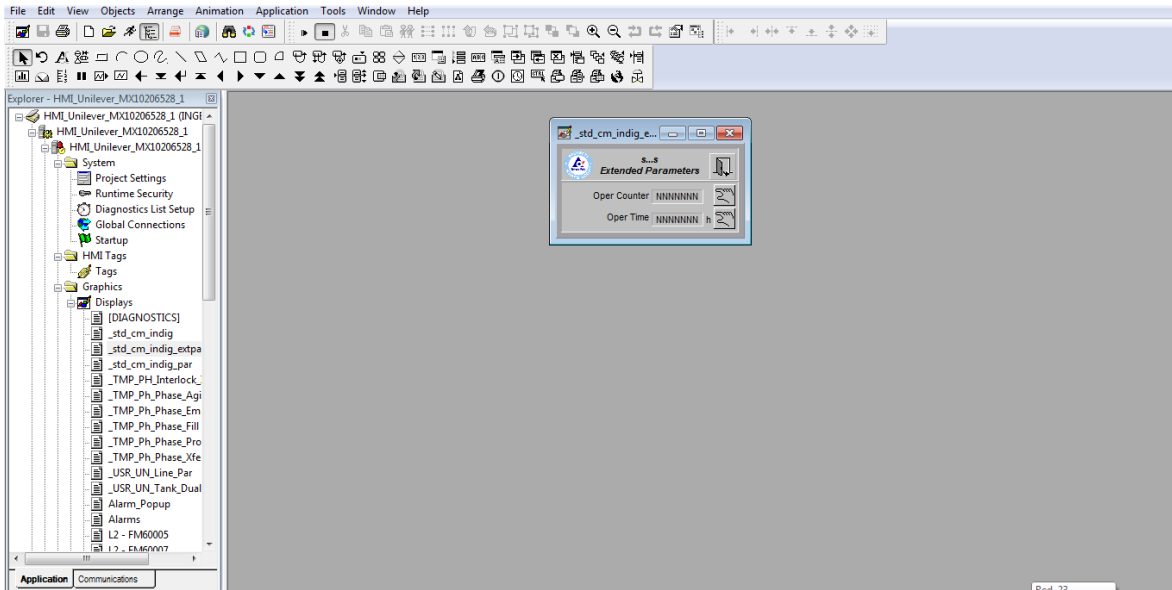


Figura 57 Diseño de la pantalla _std_cm_indig_extpar en FTVS

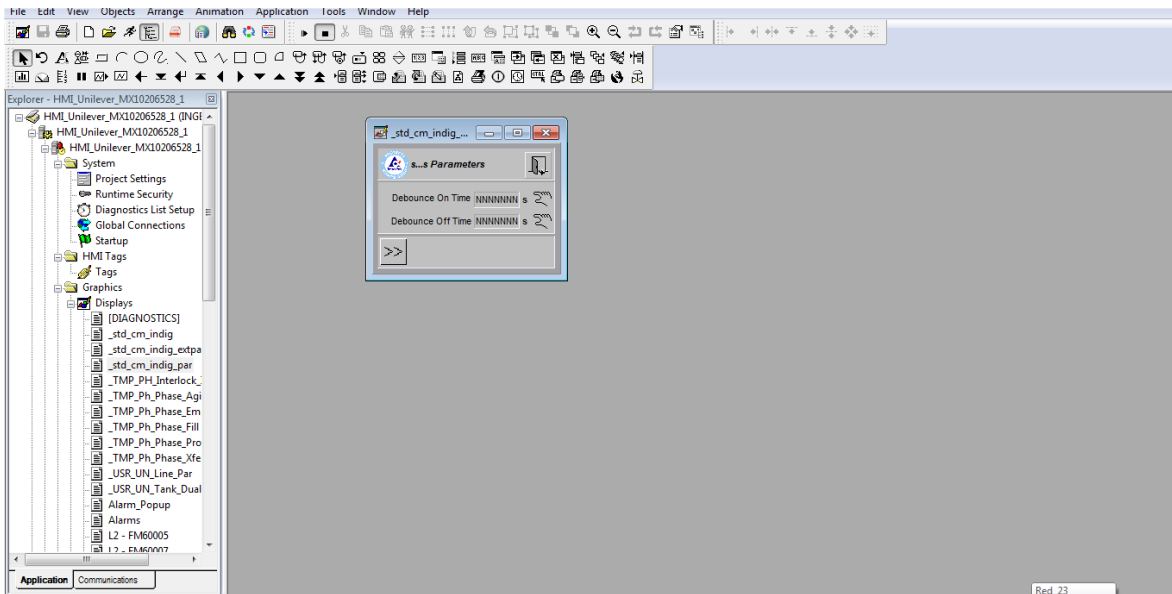


Figura 58 Diseño de la pantalla _std_cm_indig_par en FTVS

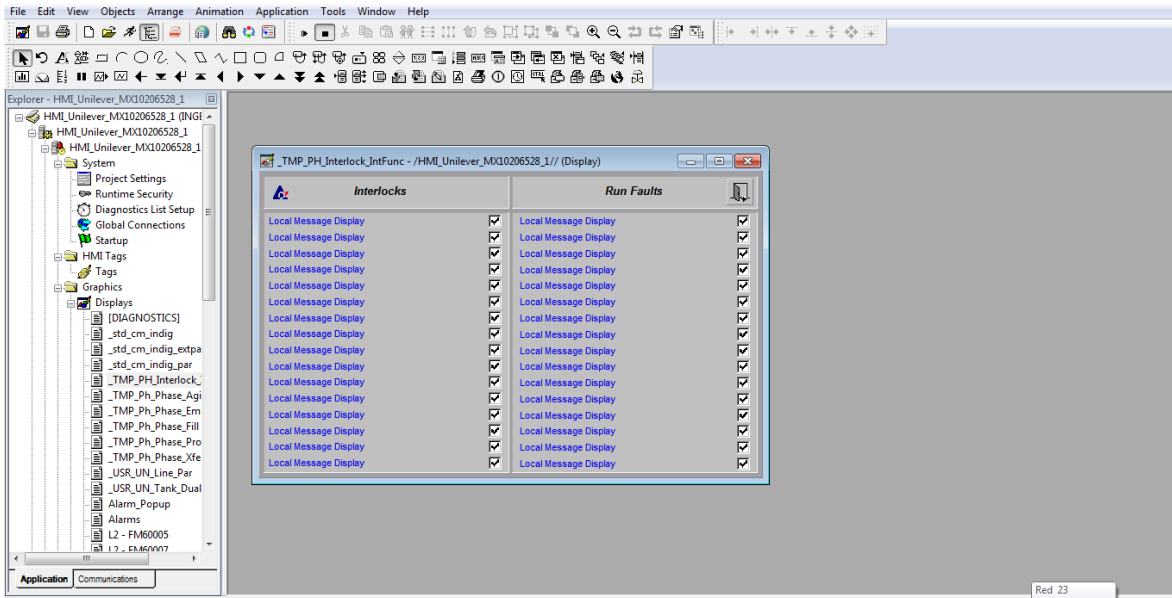


Figura 59 Diseño de la pantalla _TMP_PH_Interlock_IntFunc en FTVS

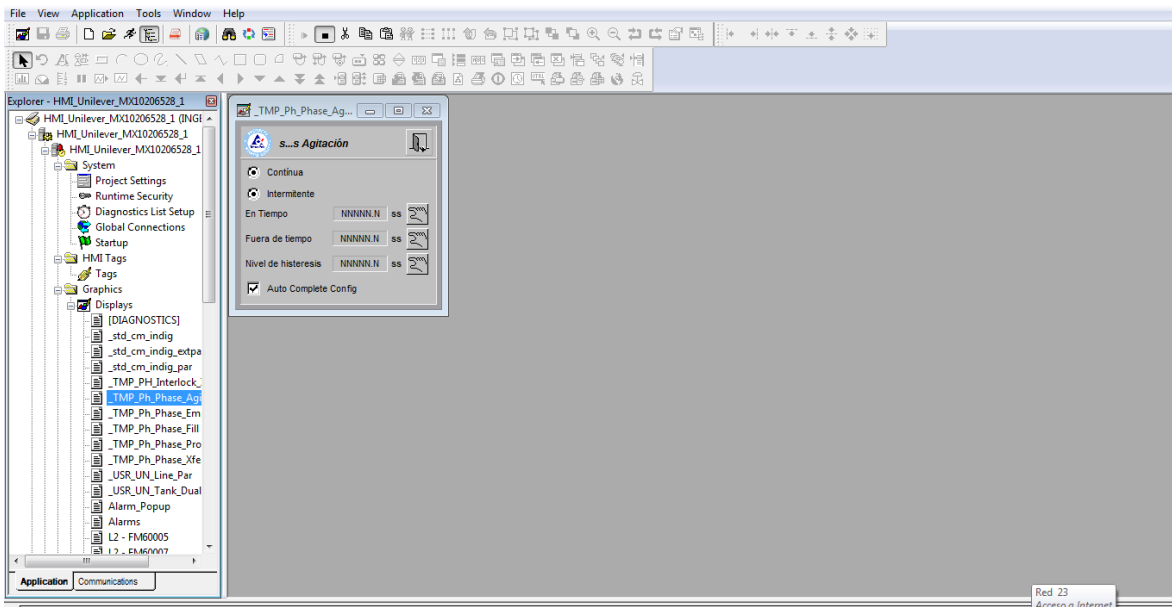


Figura 60 Diseño de la pantalla _TMP_Ph_Phase_Agit en FTVS

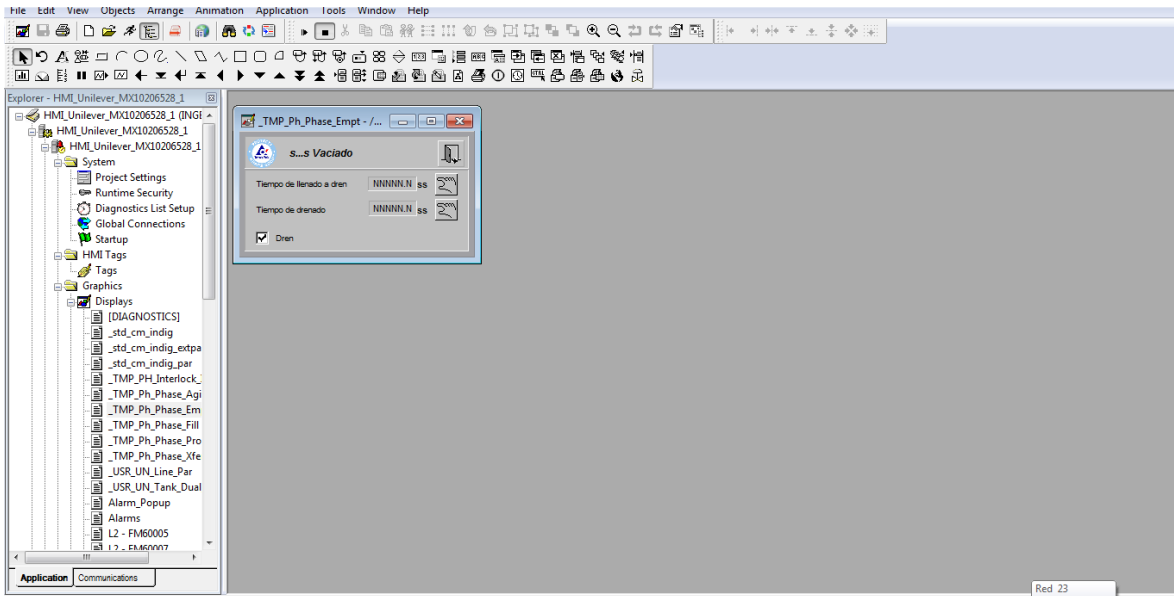


Figura 61 Diseño de la pantalla `_TMP_Ph_Phase_Empt` en FTVS

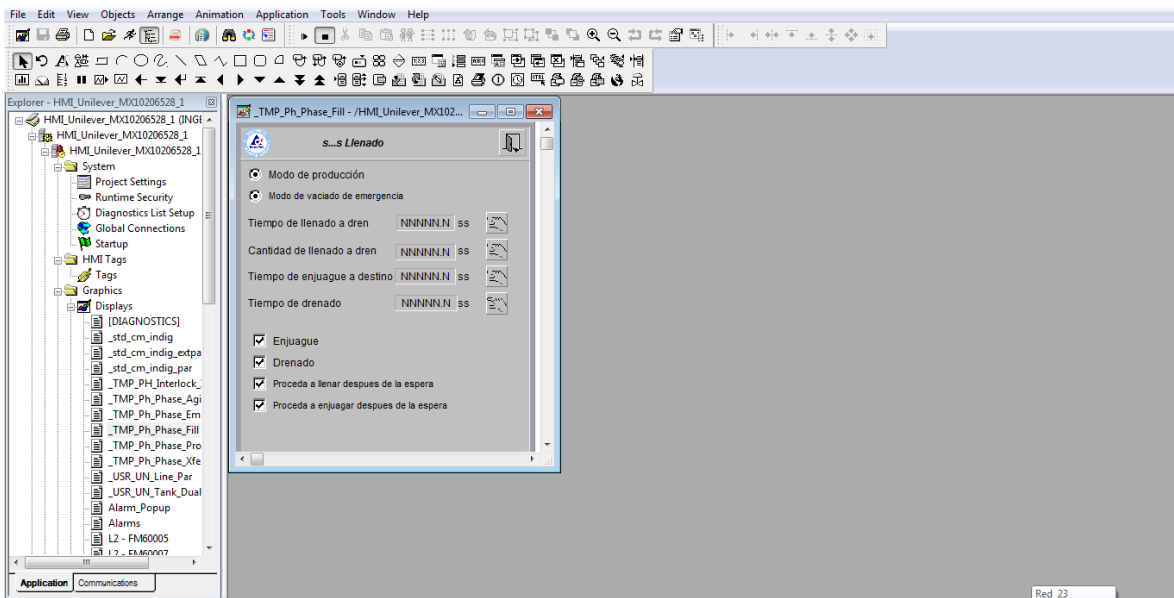


Figura 62 Diseño de la pantalla `_TMP_Ph_Phase_Fill` en FTVS

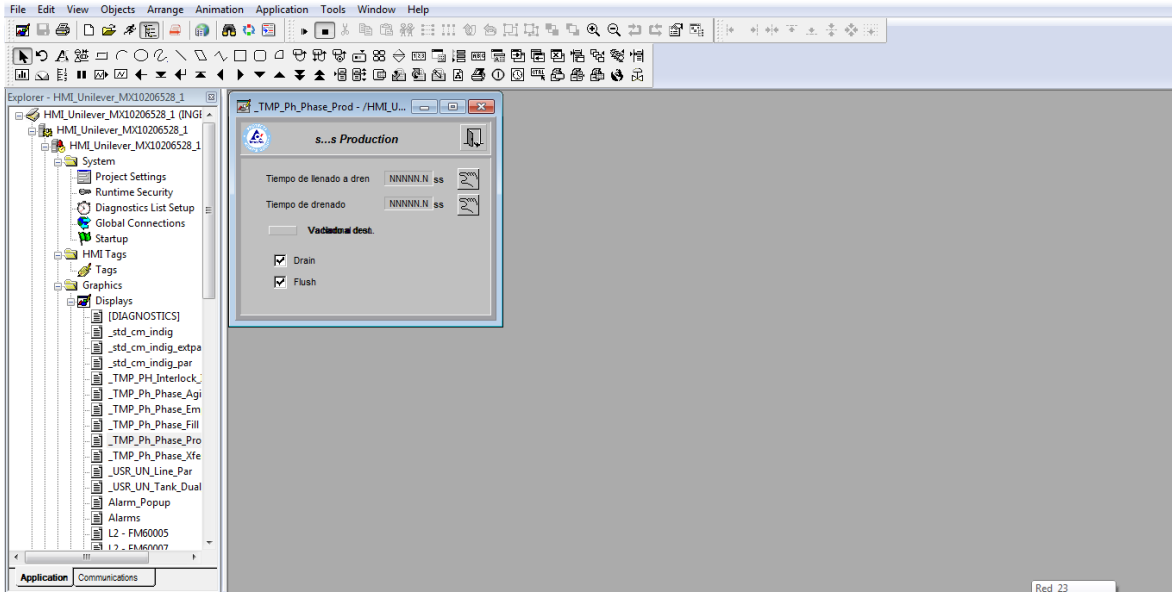


Figura 63 Diseño de la pantalla _TMP_Ph_Phase_Prod en FTVS

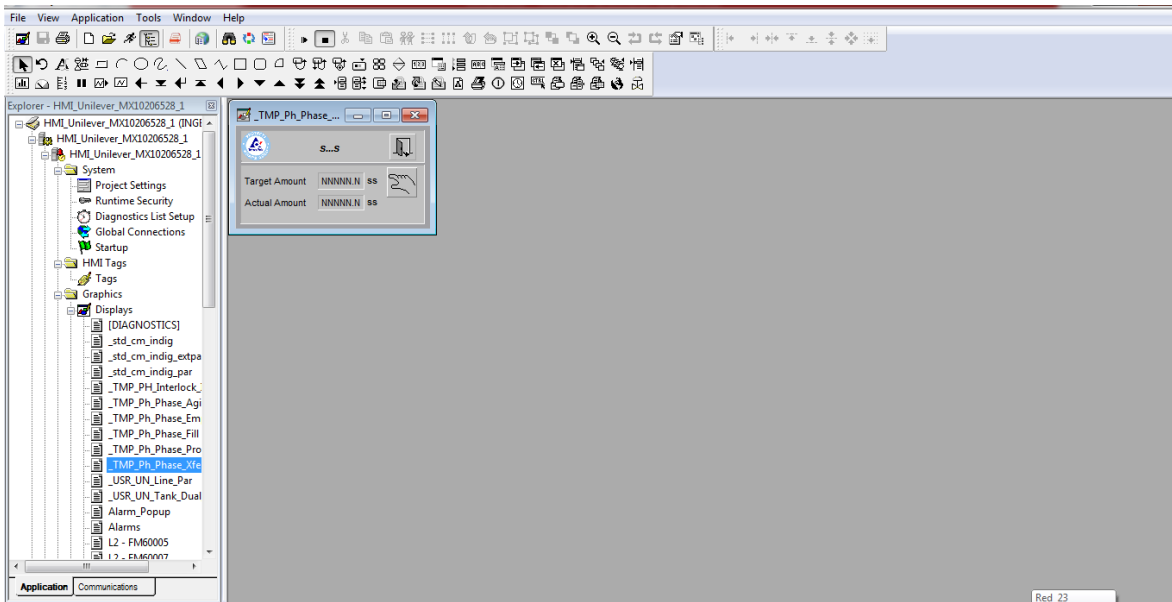


Figura 64 Diseño de la pantalla _TMP_Ph_Phase_Xfer en FTVS

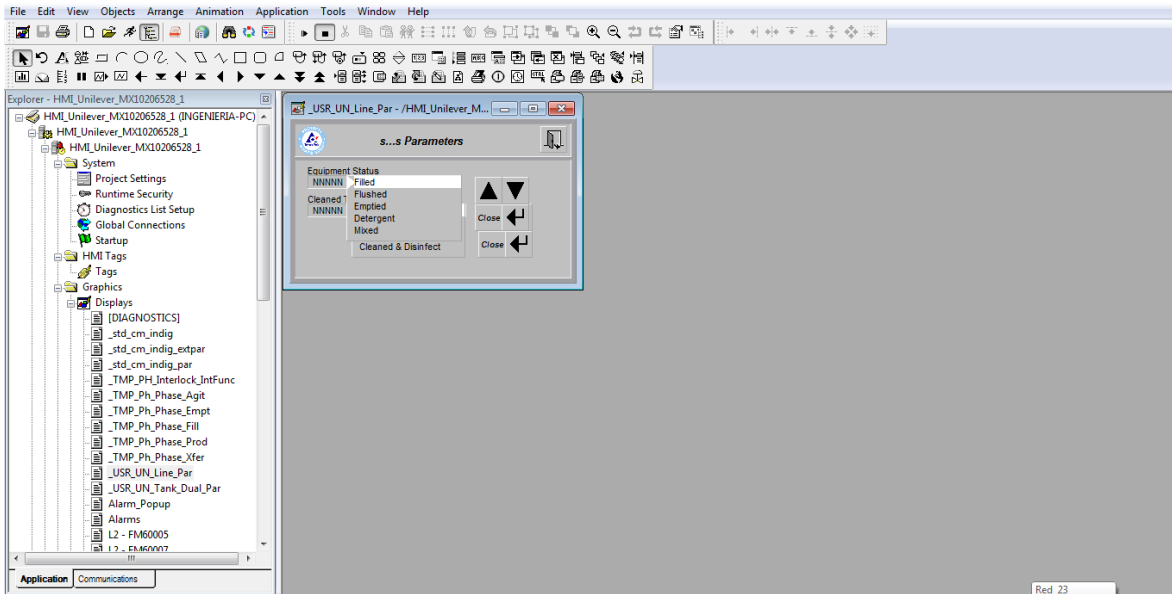


Figura 65 Diseño de la pantalla _USR_UN_Line_Par en FTVS

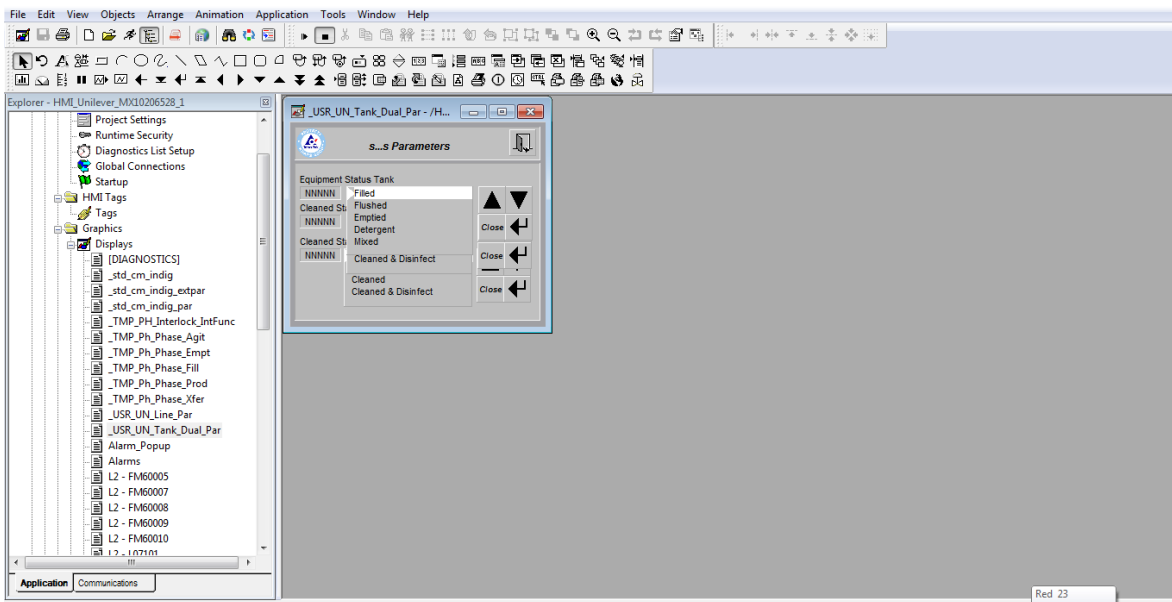


Figura 66 Diseño de la pantalla _USR_UN_Tank_Dual_Par en FTVS

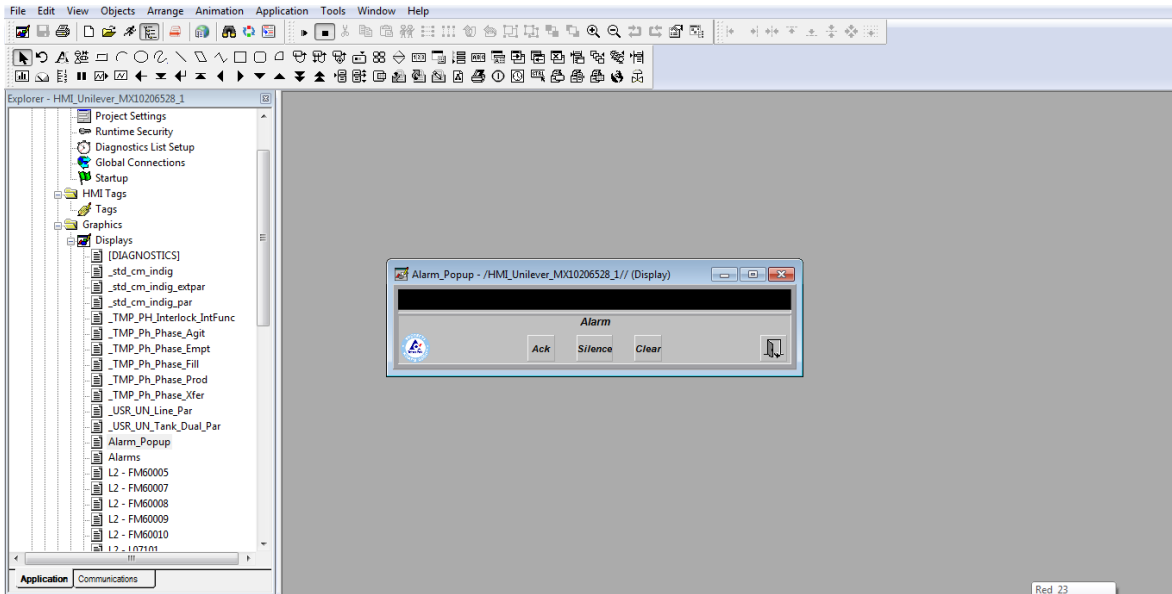


Figura 67 Diseño de la pantalla Alarm_Popup en FTVS

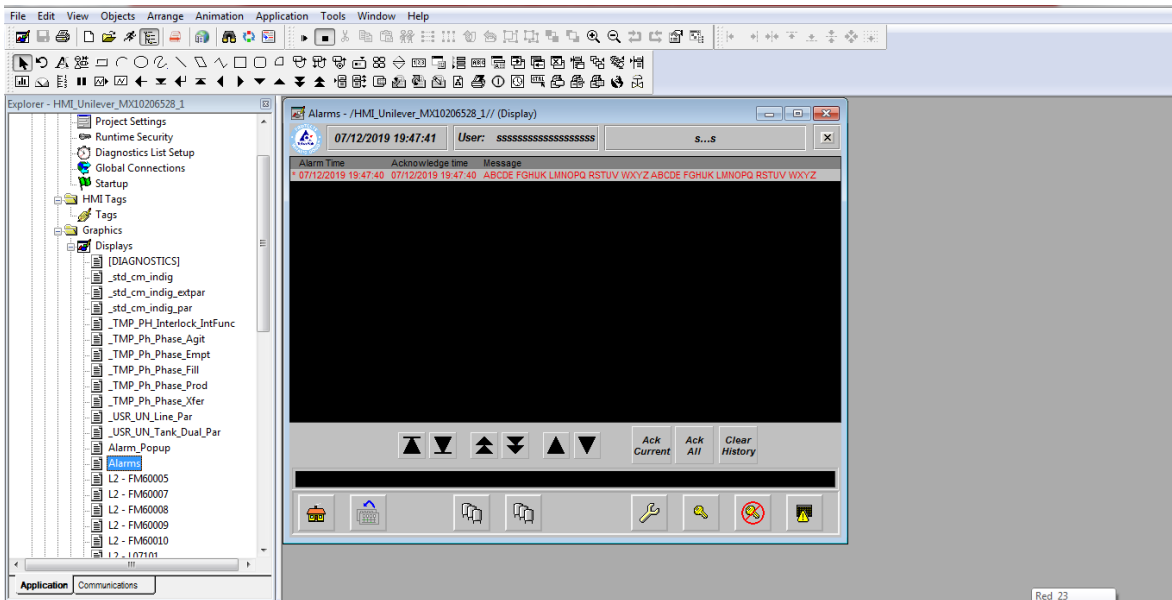


Figura 68 Diseño de la pantalla Alarms en FTVS

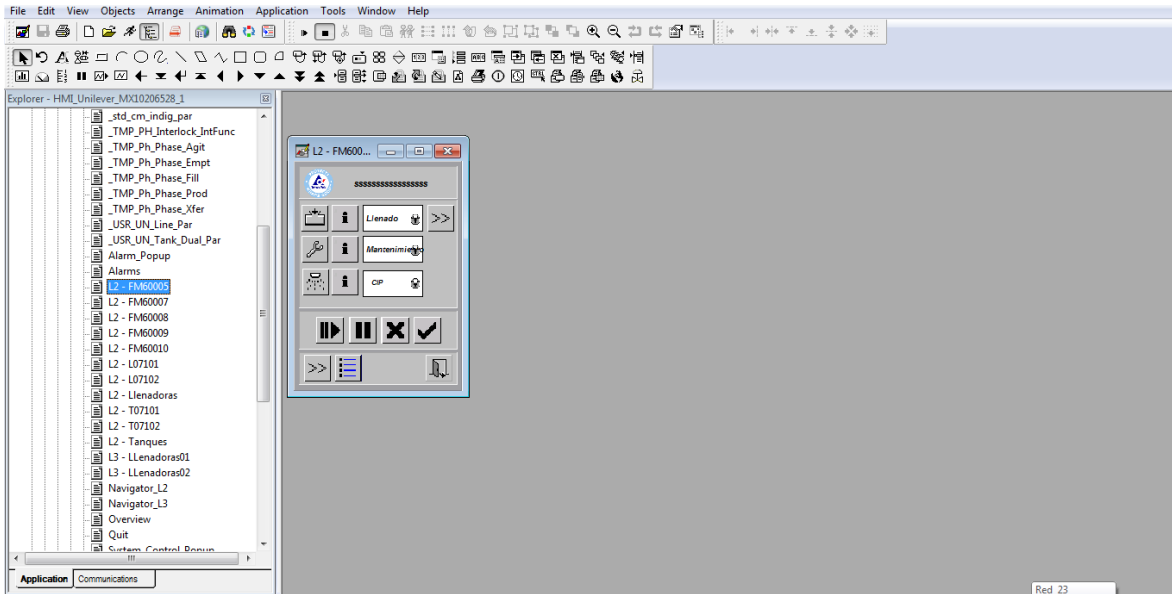


Figura 69 Diseño de la pantalla L2-FM60005 en FTVS

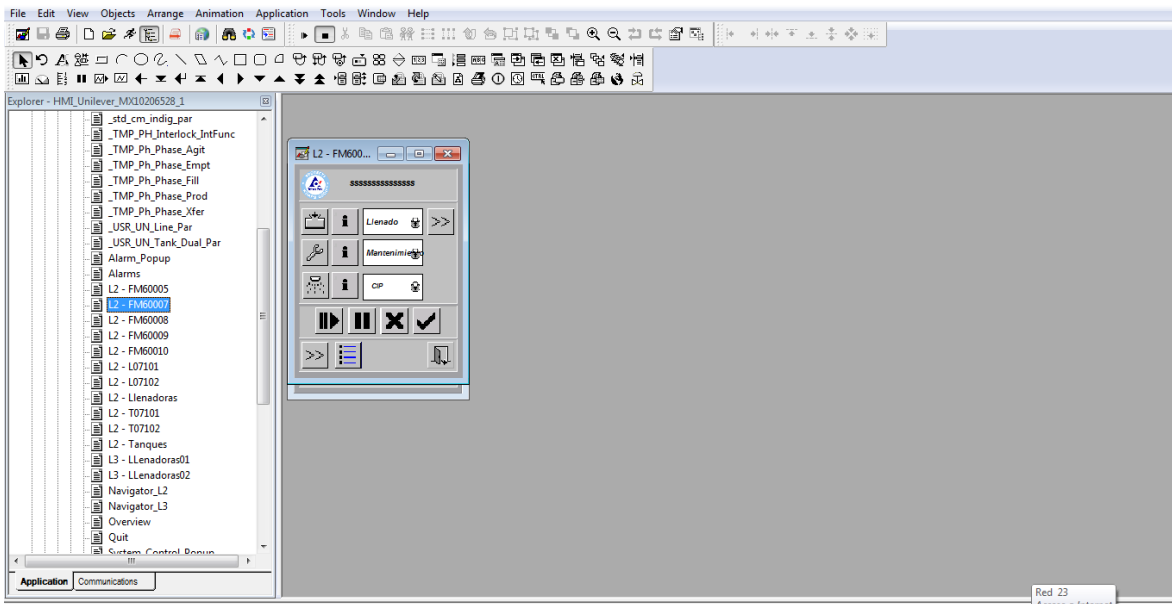


Figura 70 Diseño de la pantalla L2-FM60007 en FTVS

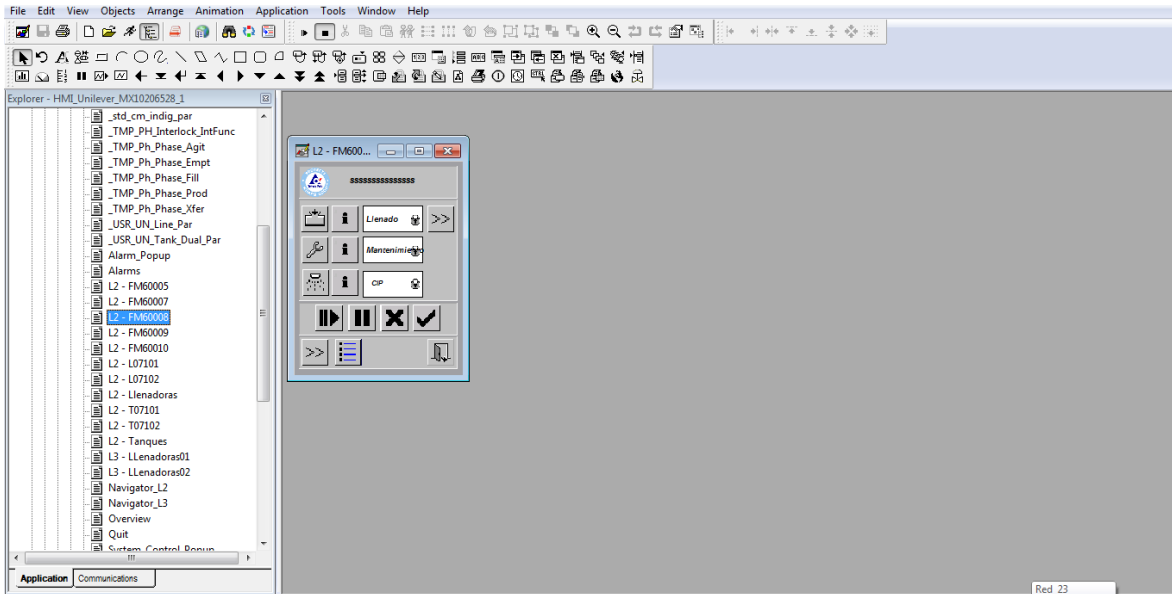


Figura 71 Diseño de la pantalla L2-FM6008 en FTVS

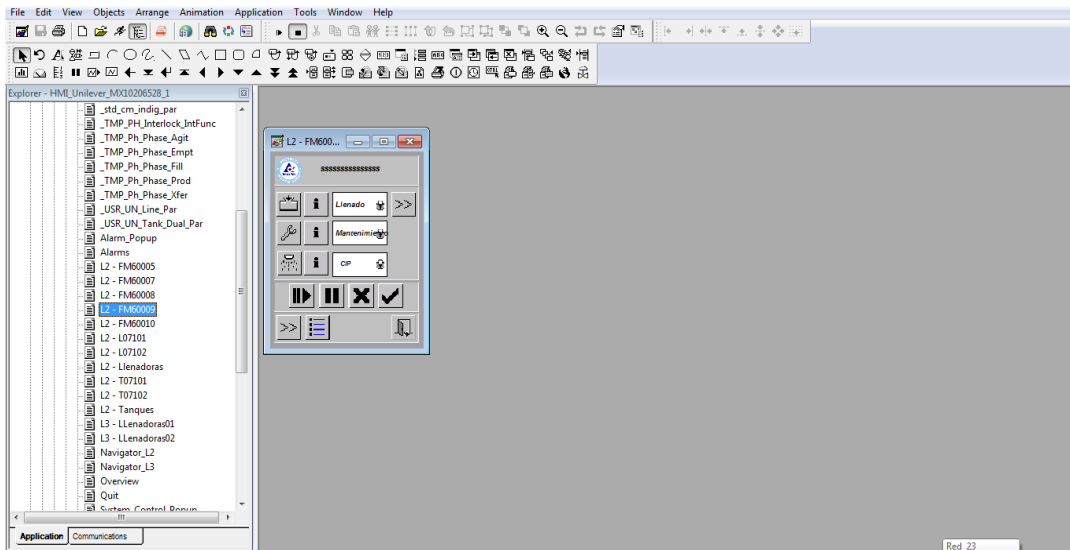


Figura 72 Diseño de la pantalla L2-FM6009 en FTVS

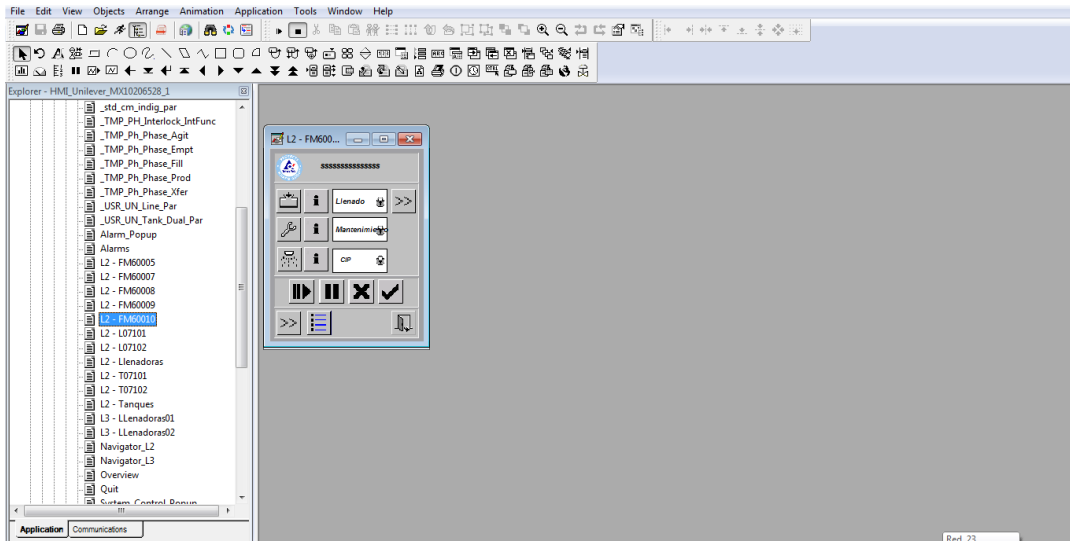


Figura 73 Diseño de la pantalla L2-FM60010 en FTVS

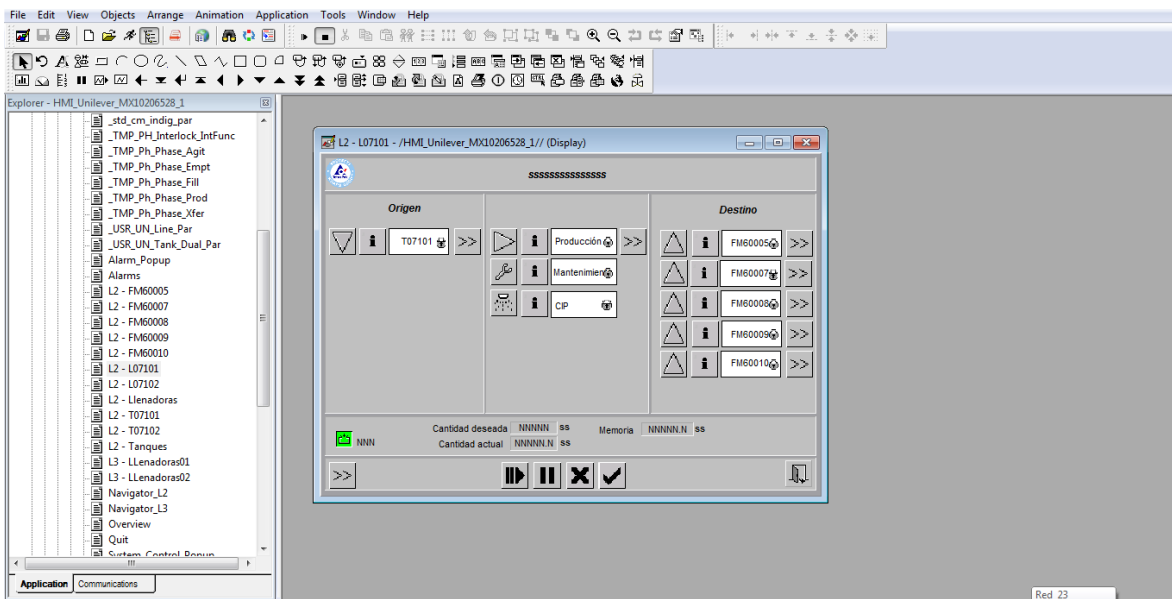


Figura 74 Diseño de la pantalla L2-L07101 en FTVS

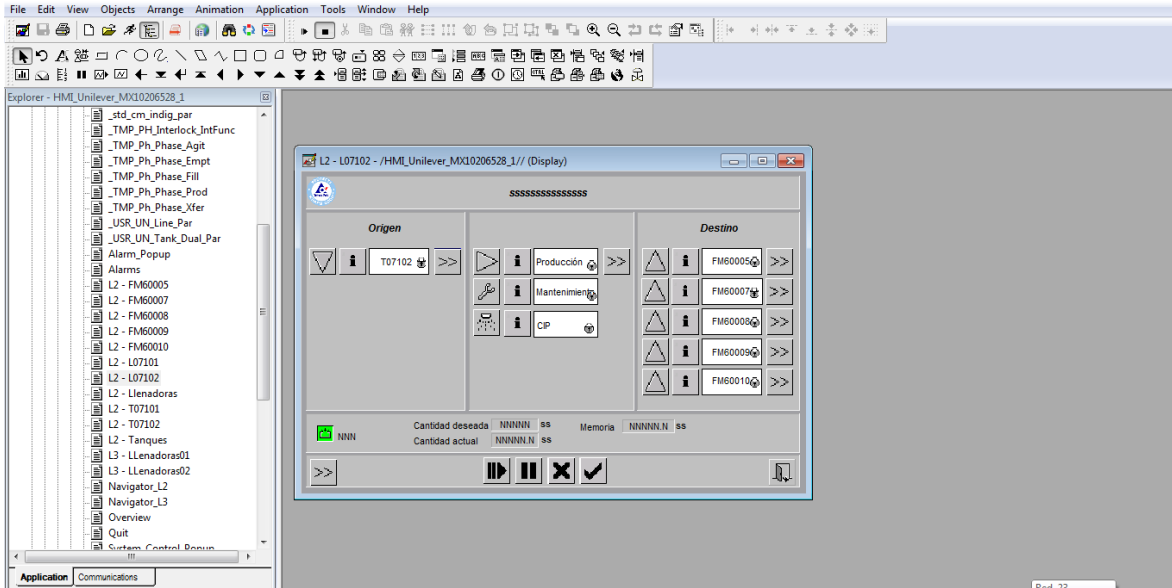


Figura 75 Diseño de la pantalla L2-L07102 en FTVS

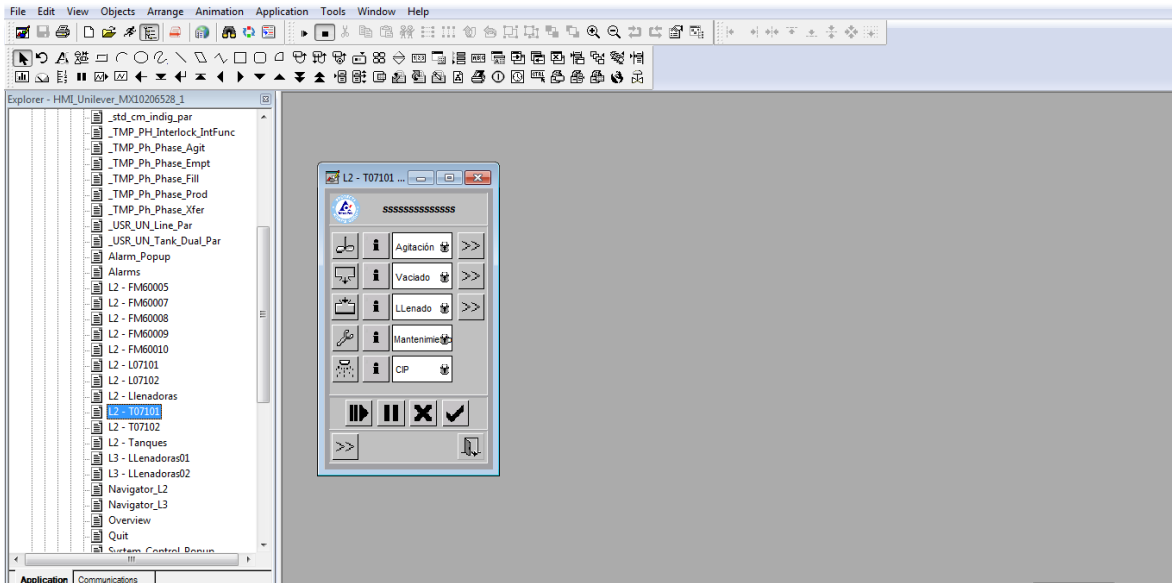


Figura 76 Diseño de la pantalla L2-T07101 en FTVS

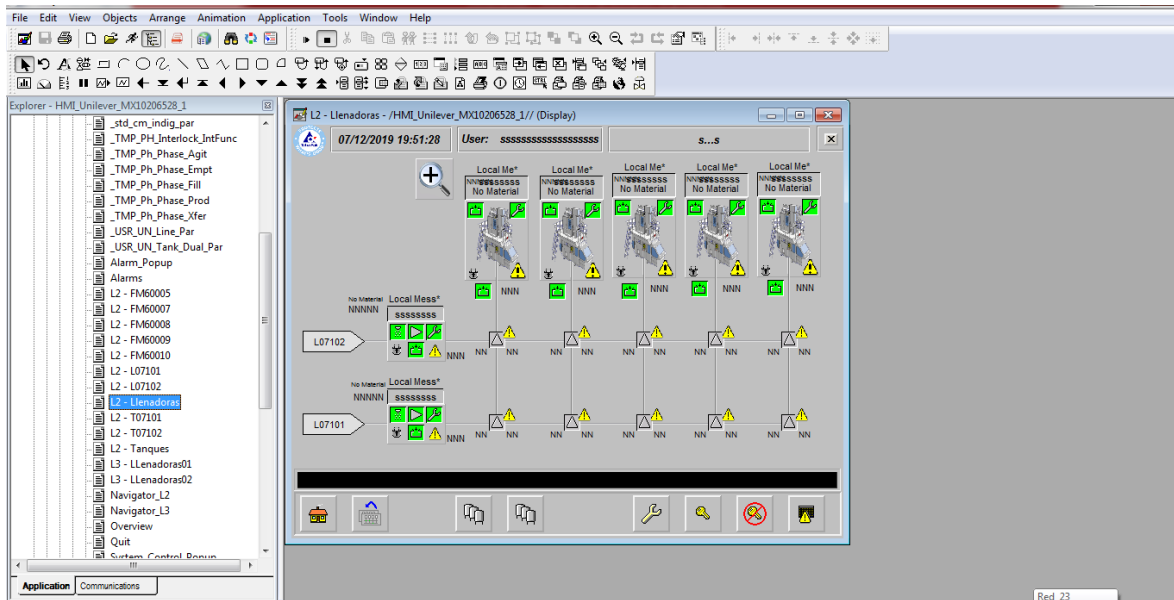


Figura 77 Diseño de la pantalla L2-Llenadoras en FTVS

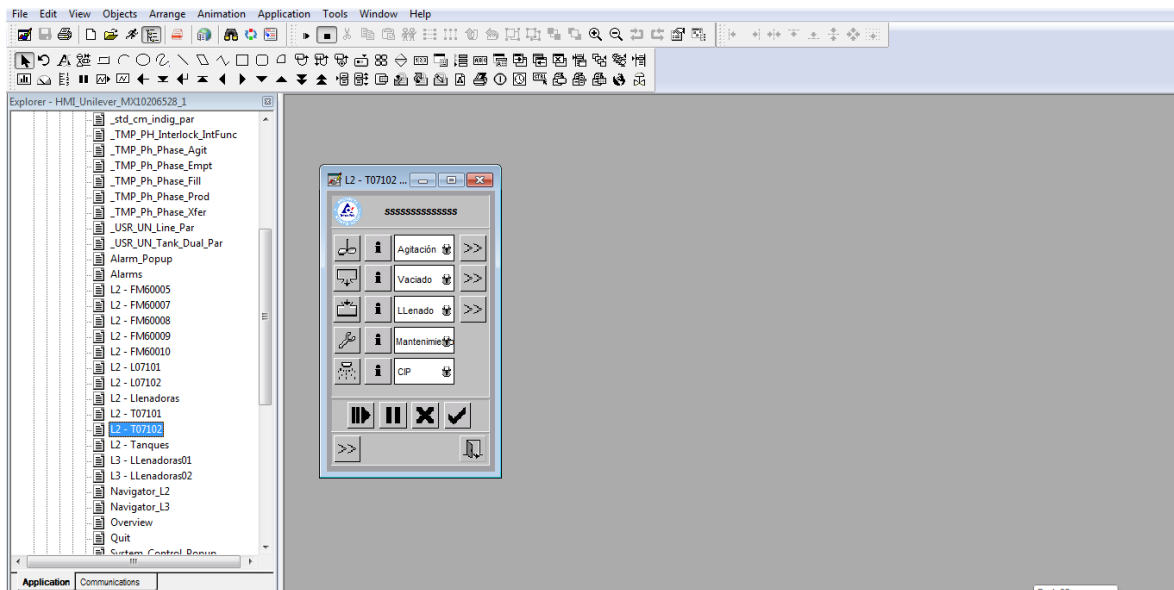


Figura 78 Diseño de la pantalla L2-T07102 en FTVS

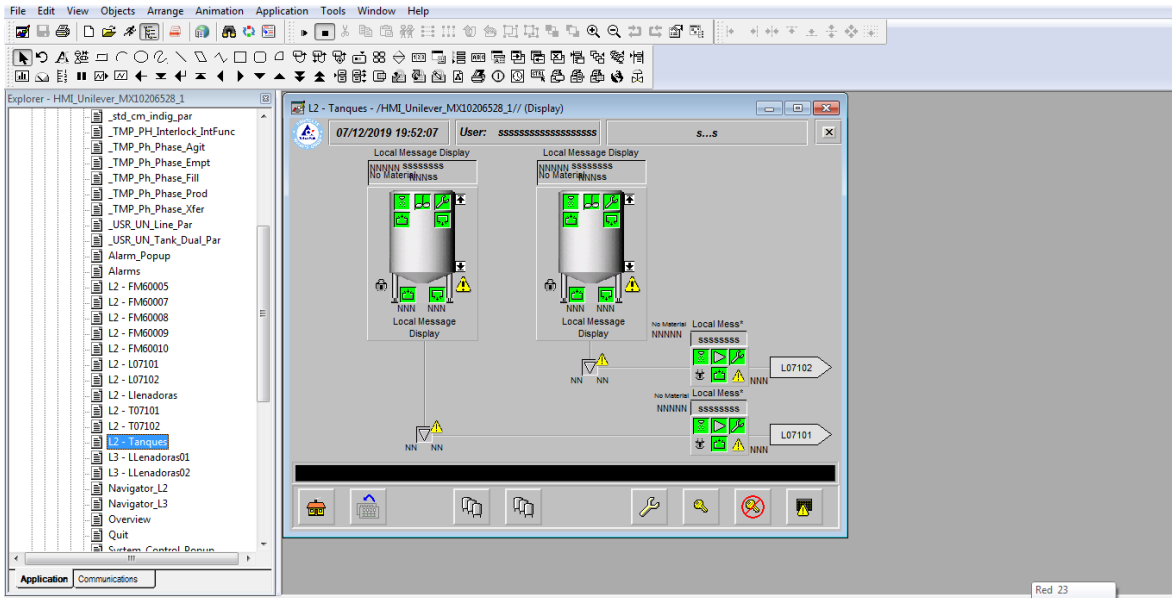


Figura 79 Diseño de la pantalla L2-Tanques en FTVS

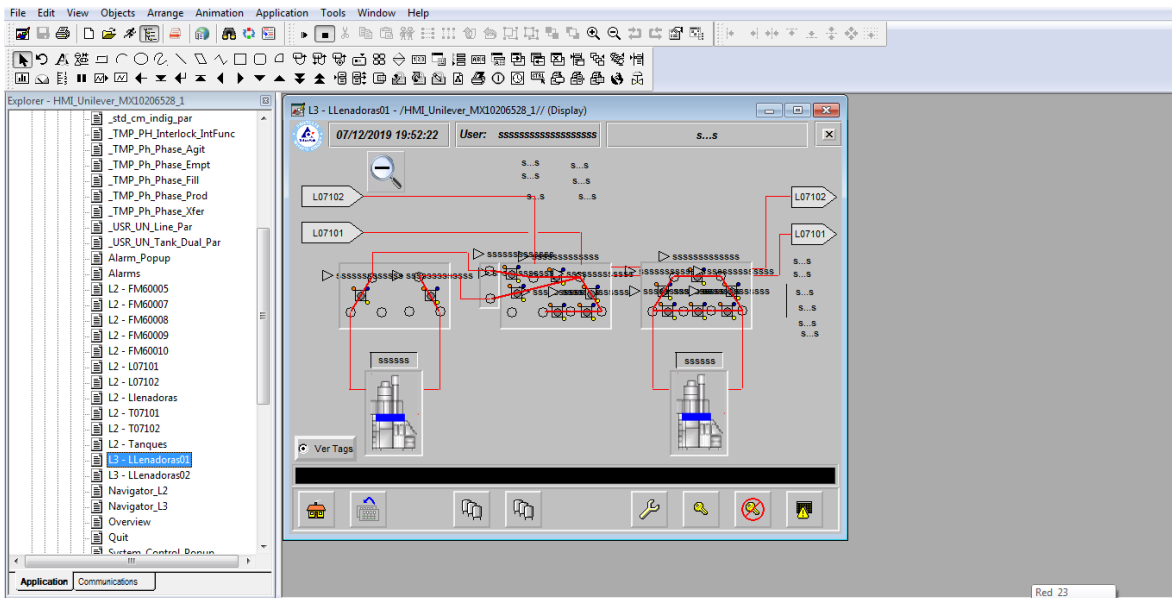


Figura 80 Diseño de la pantalla L3-Llenadoras01 en FTVS

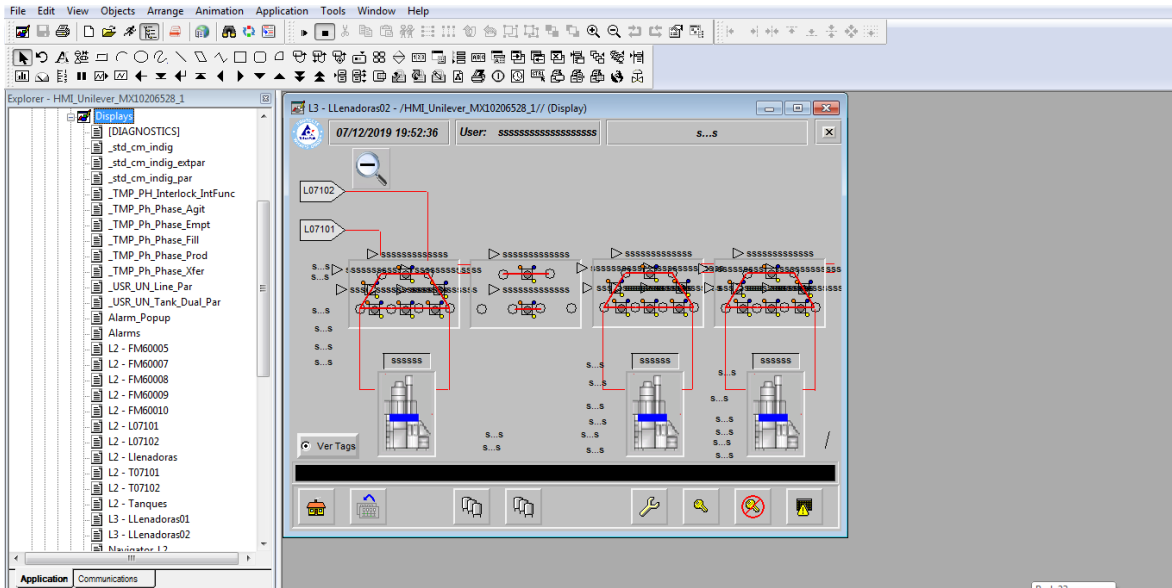


Figura 81 Diseño de la pantalla L3-Llenadoras02 en FTVS

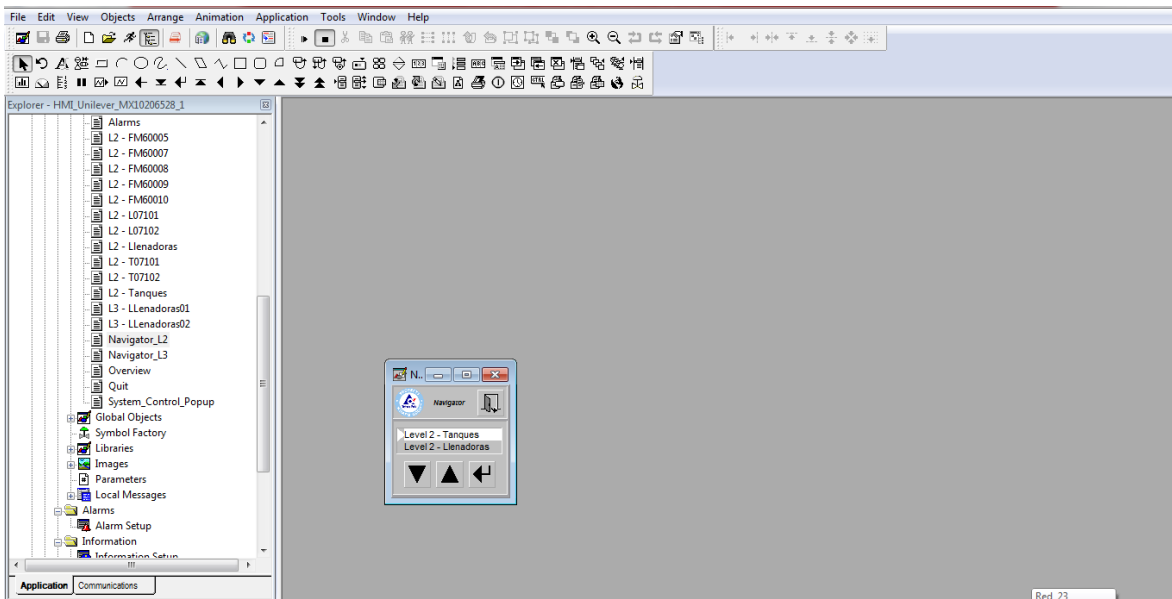


Figura 82 Diseño de la pantalla Navigator_L2 en FTVS

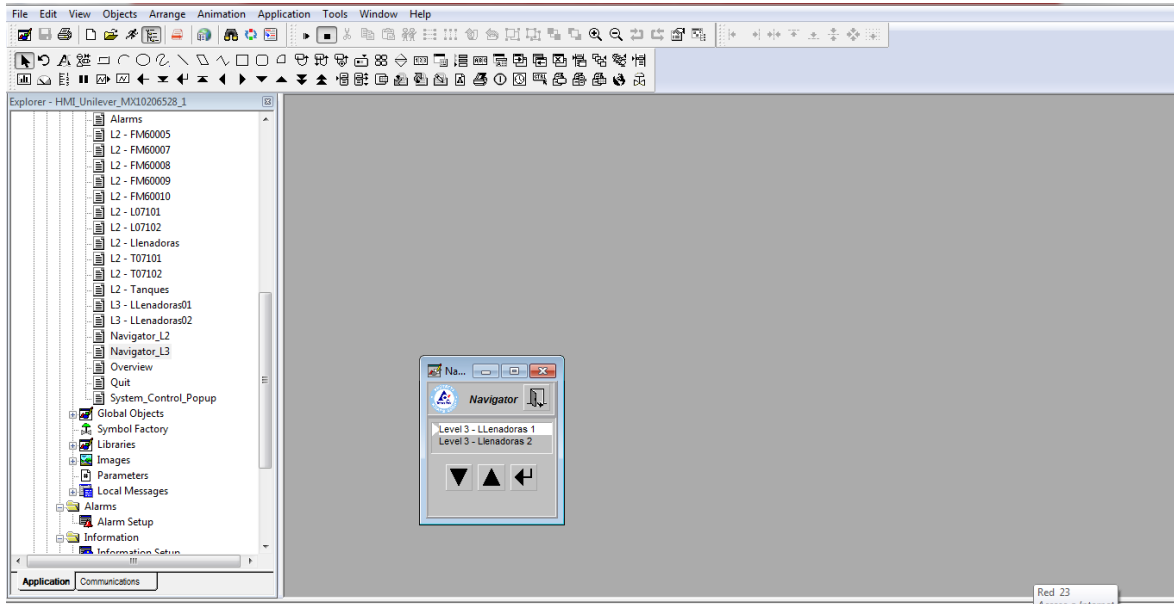


Figura 83 Diseño de la pantalla Navigator_L3 en FTVS

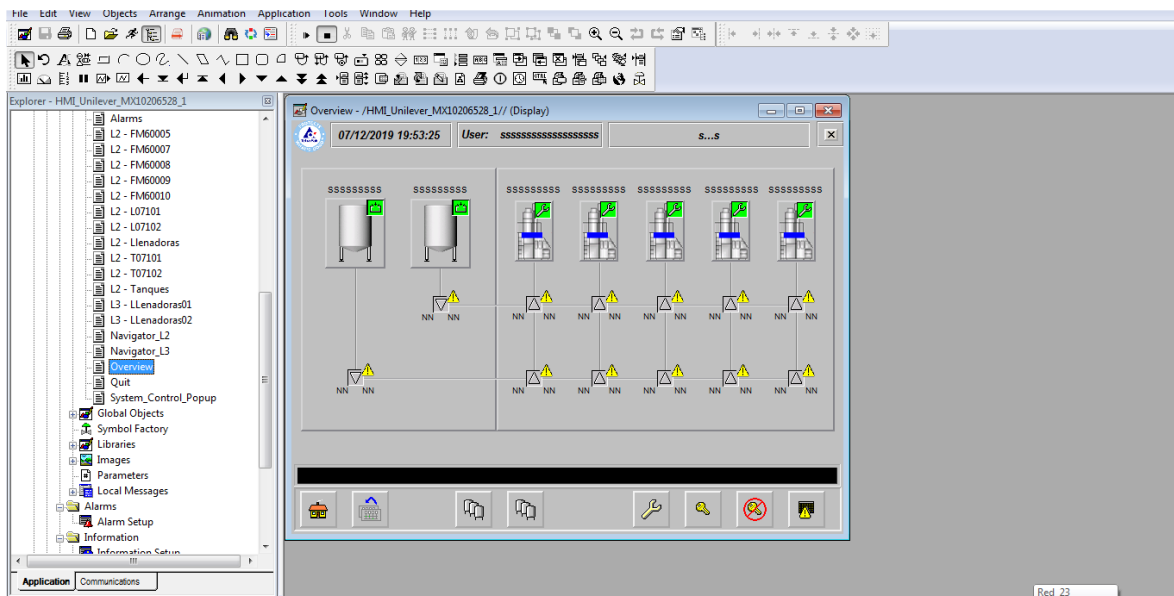


Figura 84 Diseño de la pantalla Overview en FTVS

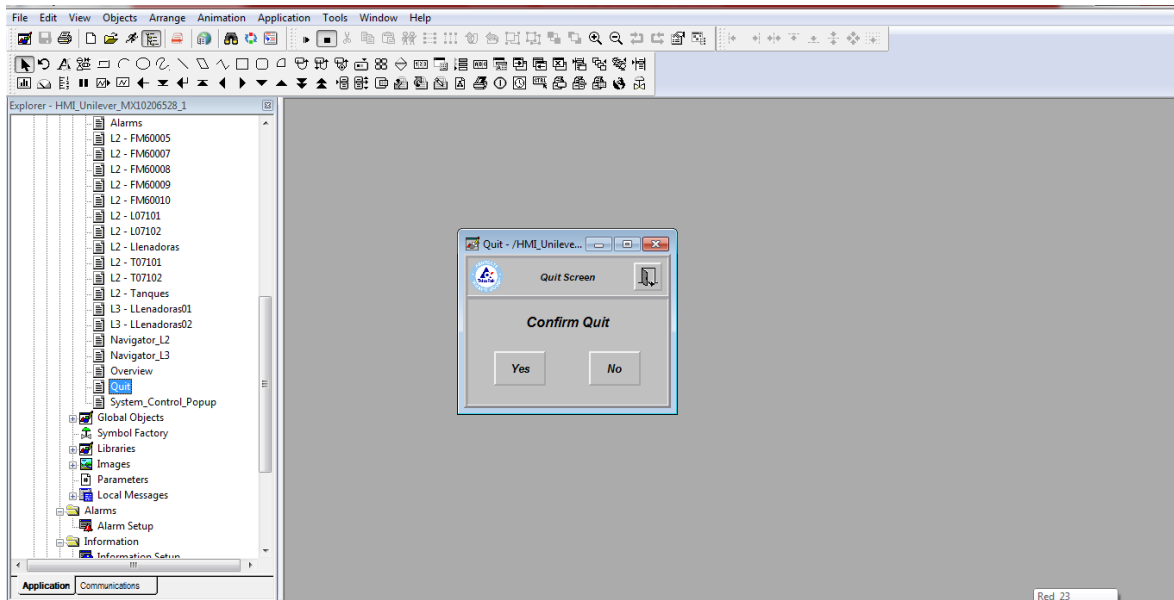


Figura 85 Diseño de la pantalla Quit en FTVS

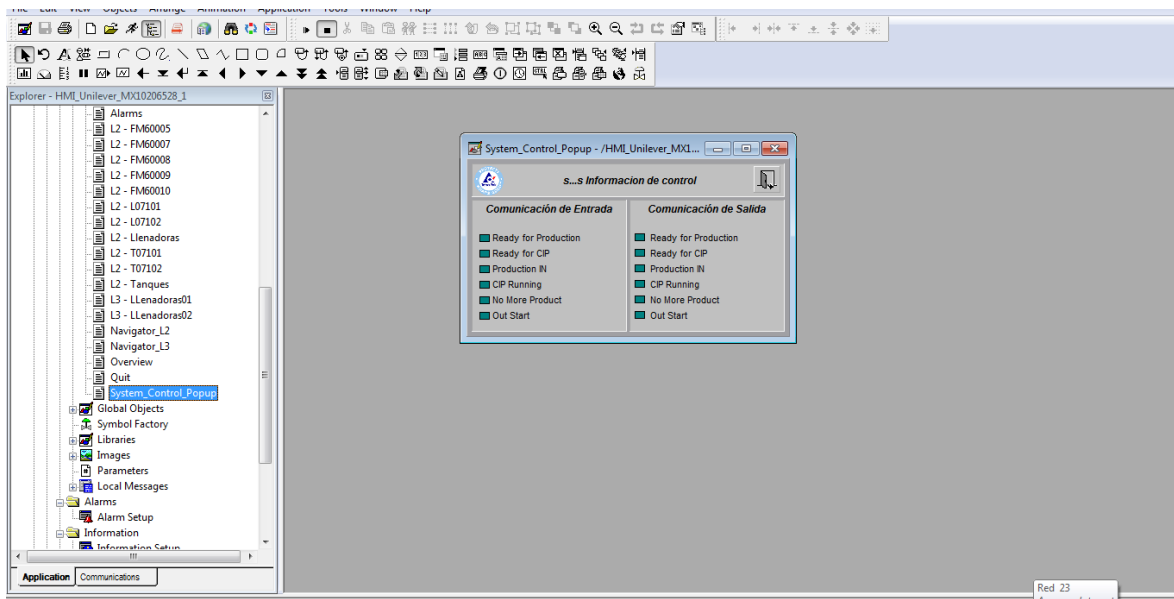


Figura 86 Diseño de la pantalla System_Control_Popup en FTVS

4. Diseño e implementación del sistema Scada usando el software Ignition de Inductive Automation

El diseño e implementación del sistema Scada con el software Ignition nos ayudara a proveer al usuario visualización, supervisión y control del sistema Demo Clean In Place.

Las ventajas de realizar el sistema Scada con Ignition son las siguientes:

- Iniciar clientes en cualquier sitio: El runtime de Ignition se inicia desde cualquier PC de la red, sólo hay que acceder a la página principal del Gateway. En cada equipo que dispone de Java se puede iniciar clientes – sin instalación ninguna.
- Aprobado por los departamentos de TI Profesionales en todo el mundo están familiarizados con las tecnologías Java, SQL y web, por eso lo reciben con los brazos abiertos.
- Actualizaciones al instante Cuando se guarda un cambio en el proyecto del Gateway, los clientes se actualizan automáticamente. La gestión centralizada reduce significativamente el coste de mantenimiento del sistema.
- Seguridad sin compromiso: Desde el primer momento pensábamos en seguridad cuando desarrollamos Ignition. La comunicación está protegida por tecnología SSL y se puede integrar Microsoft Active Directory™ para definir los perfiles de usuarios.

Con Ignition podemos crear cualquier aplicación industrial, la mejor ventaja es que podemos desplegar clientes instantáneamente en la web para cualquier persona y en cualquier lugar. Para crear un nuevo proyecto ejecutamos Ignition debemos registrarnos e ingresar todos los datos necesarios.

Register a new account

First Name Last Name

Email

Your password must be a minimum of 8 characters.

Password

Confirm Password

Country

Yes! Please add me to the News Feed List to receive email updates from Inductive Automation. (Optional)

Figura 87 Registro en Inductive Automation

Una vez registrados, ejecutamos la aplicación Designer Launcher, y seleccionamos la opción Launch+CreateShortcut

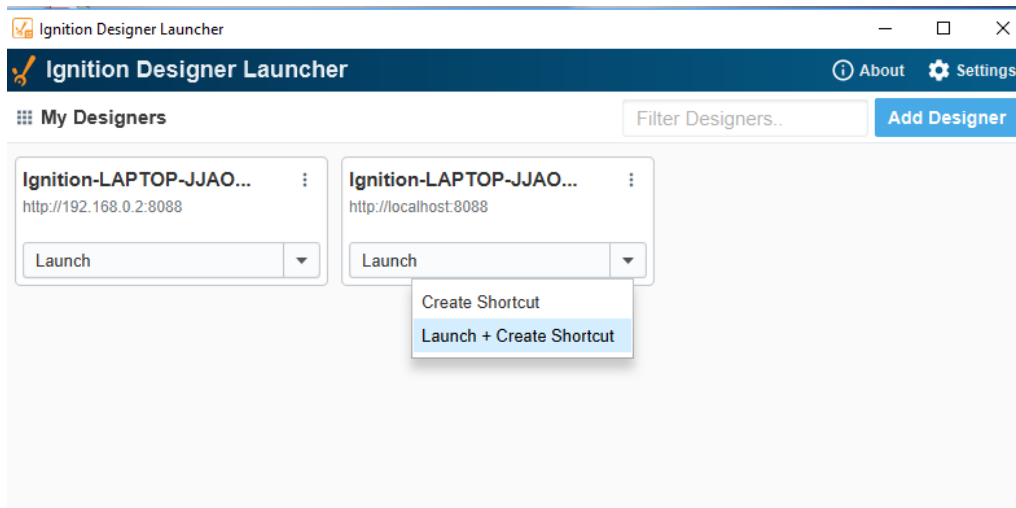


Figura 88 Ejecución y selección, Launch+CreateShortcut

Iniciamos sesión con la cuenta antes creada en Inductive Automation y le pulsamos iniciar sesión. Una vez iniciado sesión pulsamos agregar proyecto y llenamos todos los campos necesarios para poder empezar a crear el proyecto.



Figura 89 Inicio de Sesión en Ignition Designer

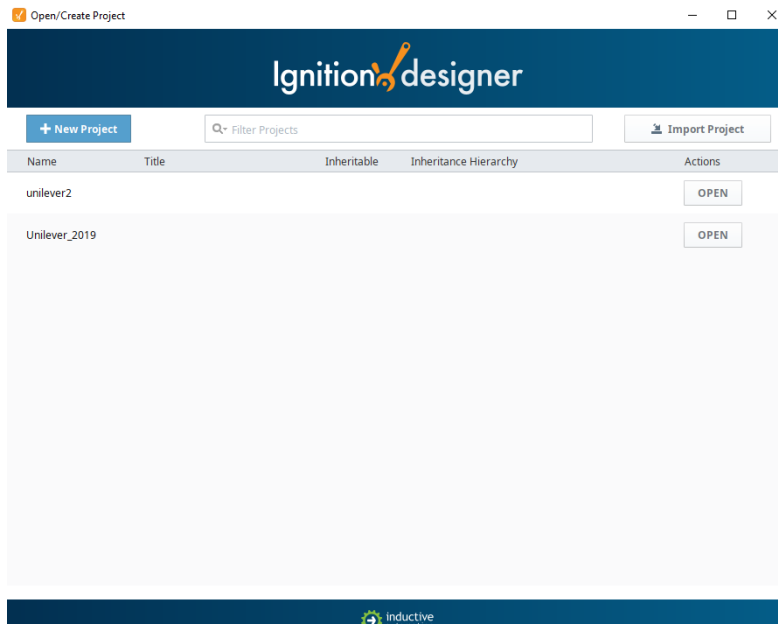


Figura 90 Nuevo proyecto en Ignition Designer

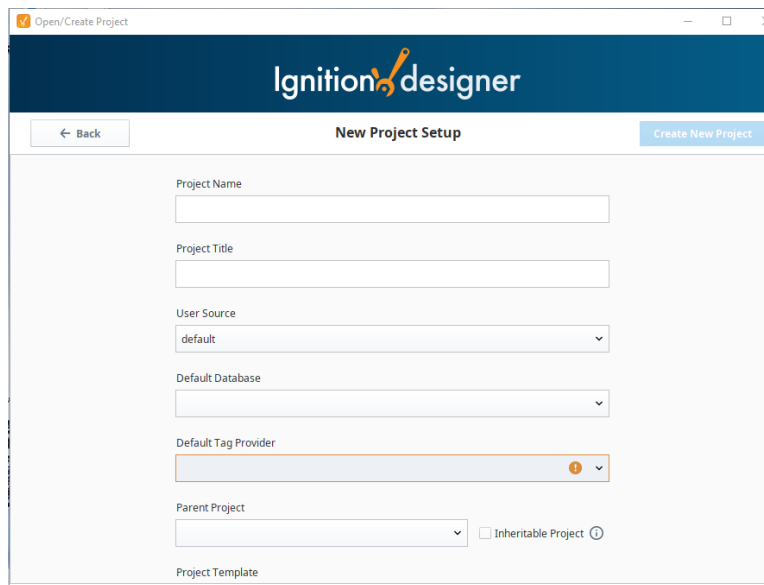


Figura 91 Propiedades del nuevo proyecto en Ignition Designer

Teniendo en cuenta estos aspectos se procedió a crear la réplica de todas las pantallas necesarias para el control y monitoreo de todas las variables de proceso y control del sistema Demo Clean In Place.

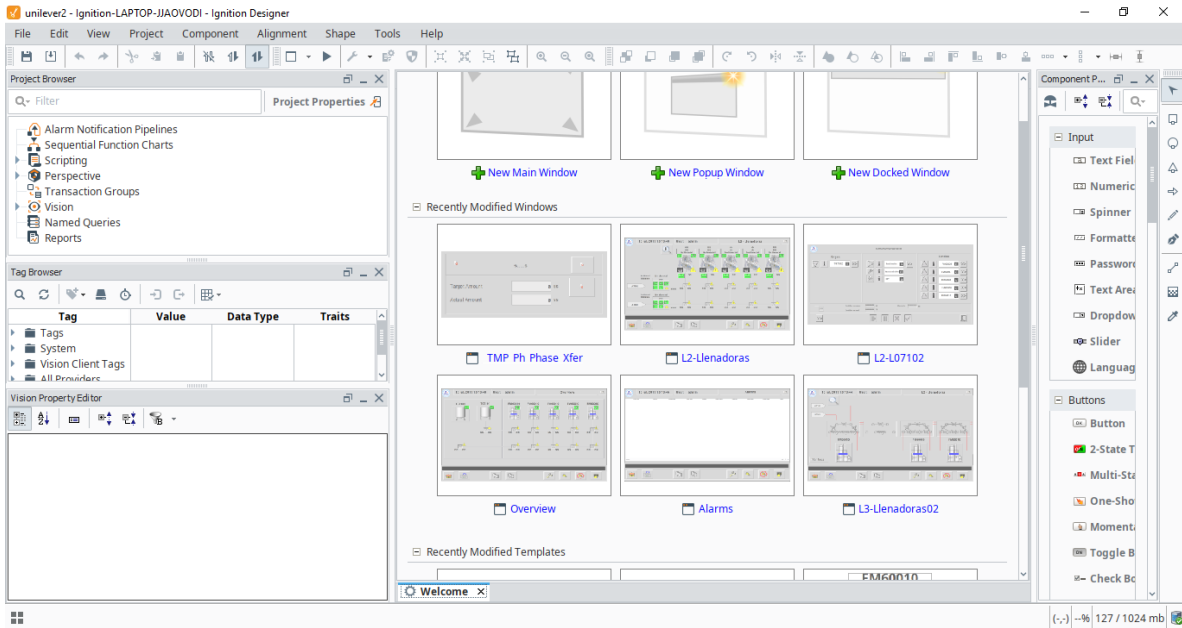


Figura 92 Pantalla de inicio en Ignition Designer

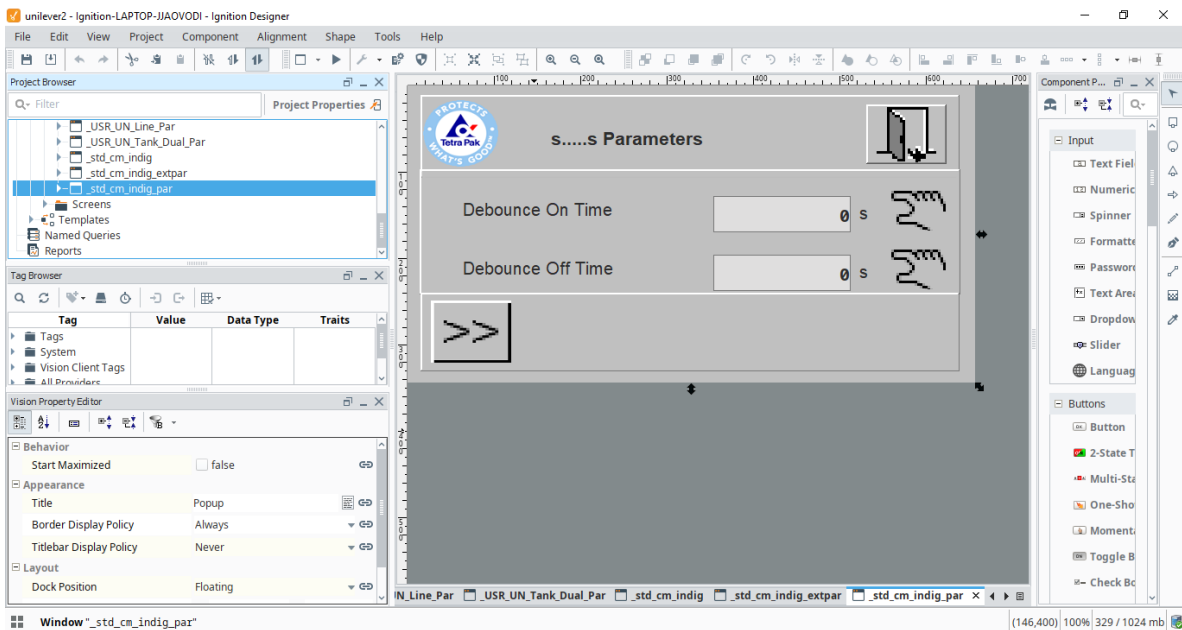


Figura 93 Diseño de la pantalla _std_cm_indig_extpar en Ignition

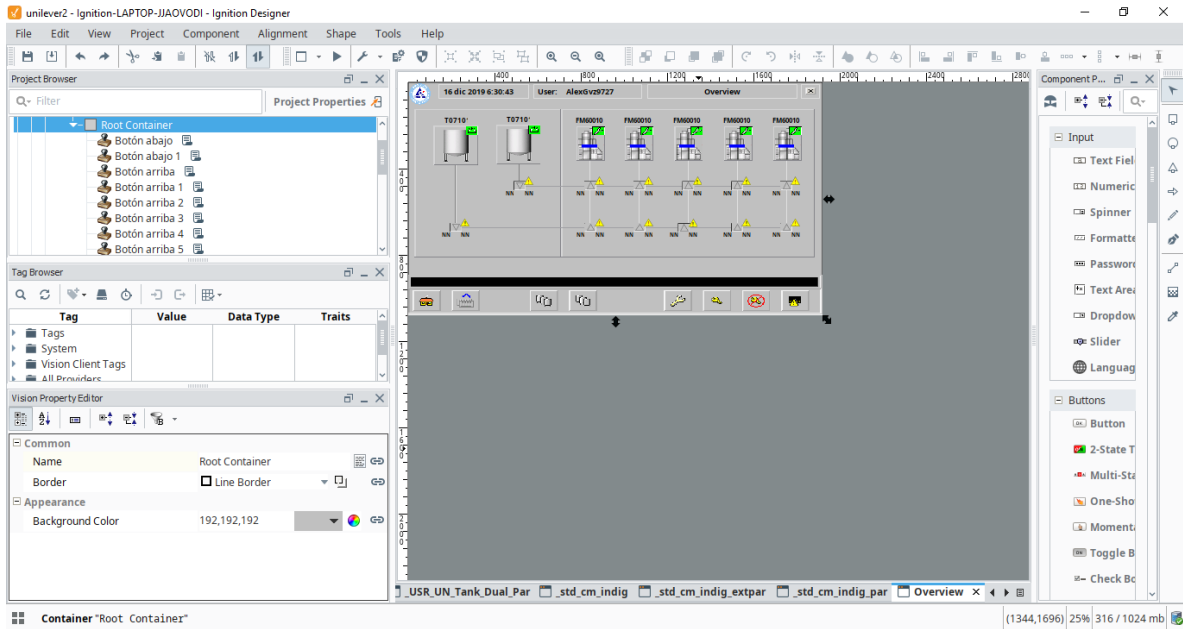


Figura 94 Diseño de la pantalla Overview en Ignition

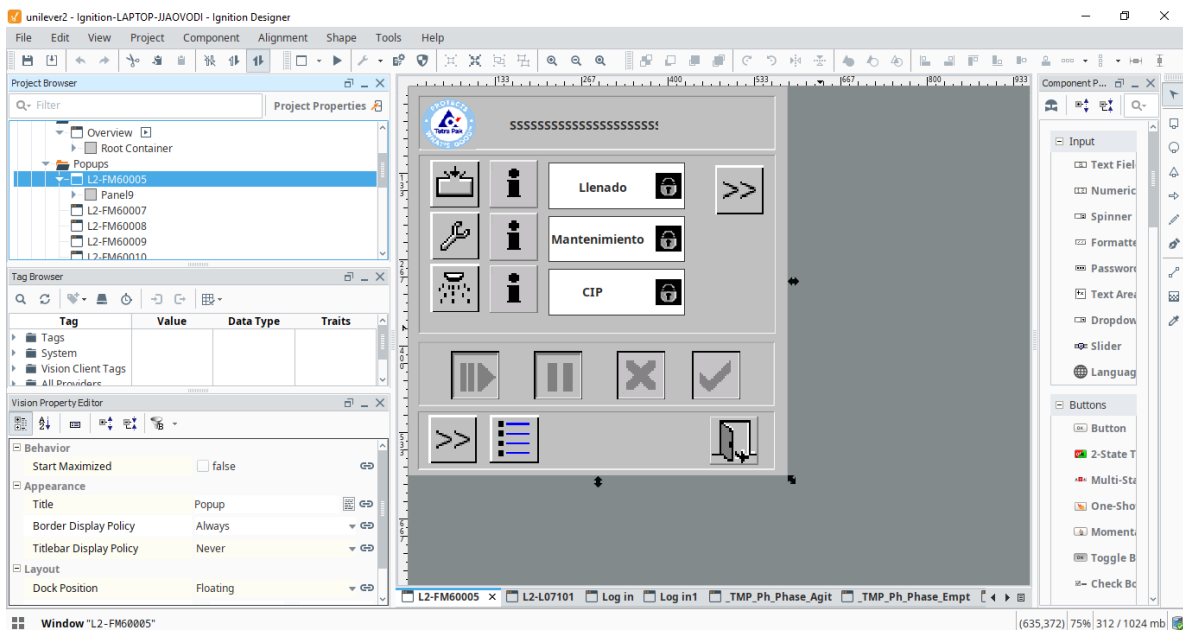


Figura 95 Diseño de la pantalla L2-FM60005 en Ignition

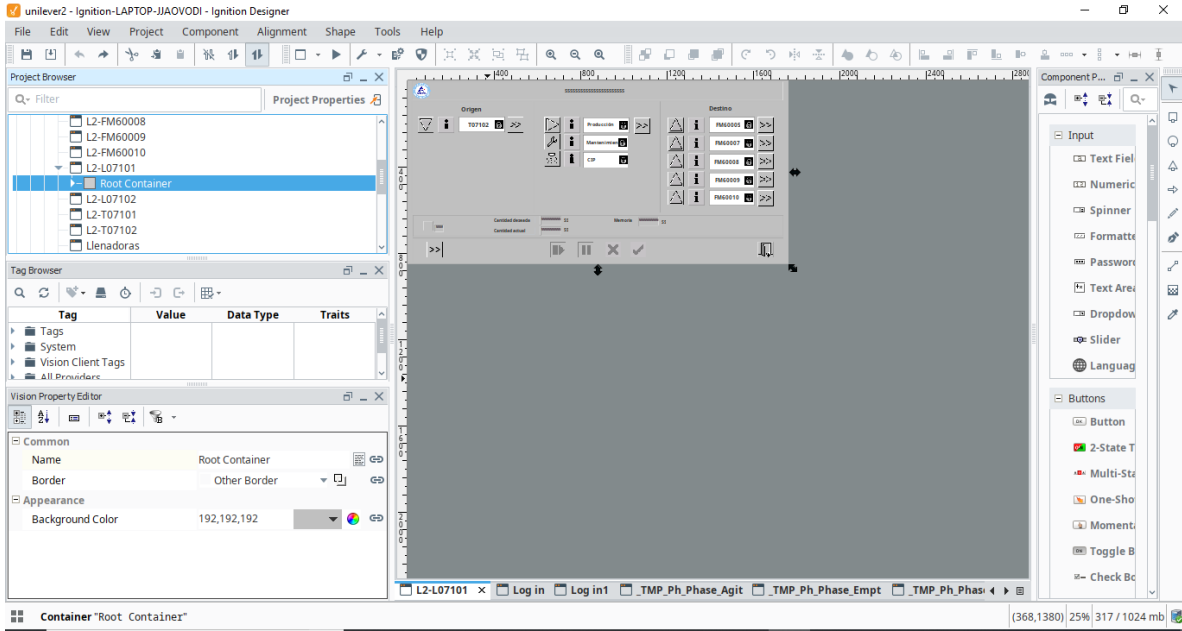


Figura 96 Diseño de la pantalla L2-L07101 en Ignition

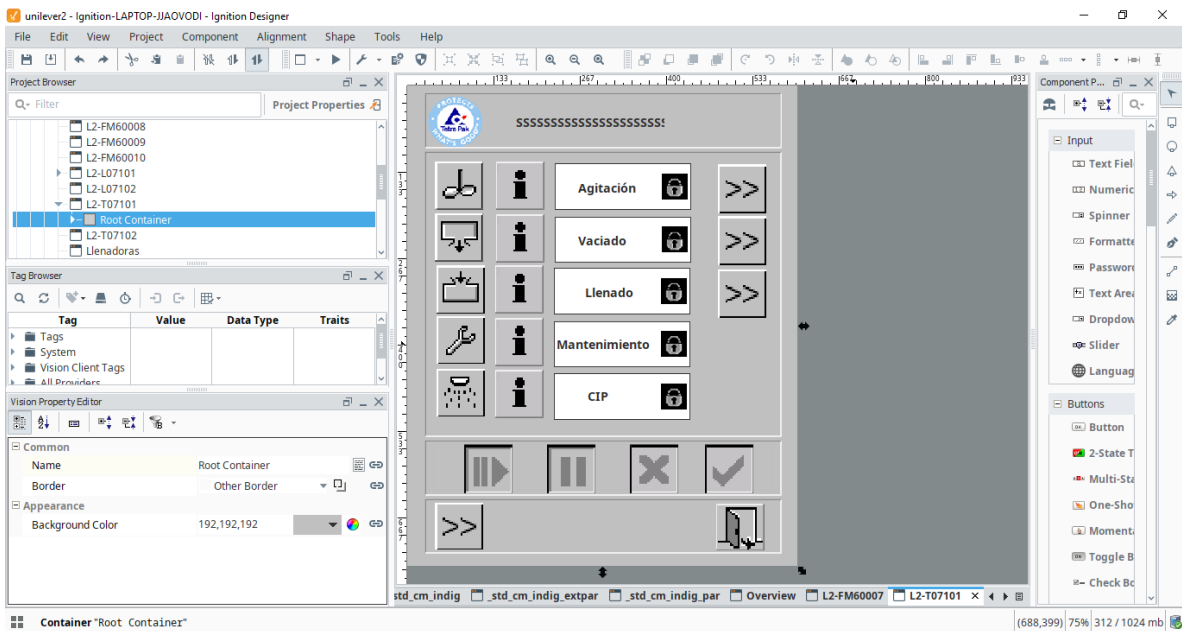


Figura 97 Diseño de la pantalla L2-T07101 en Ignition

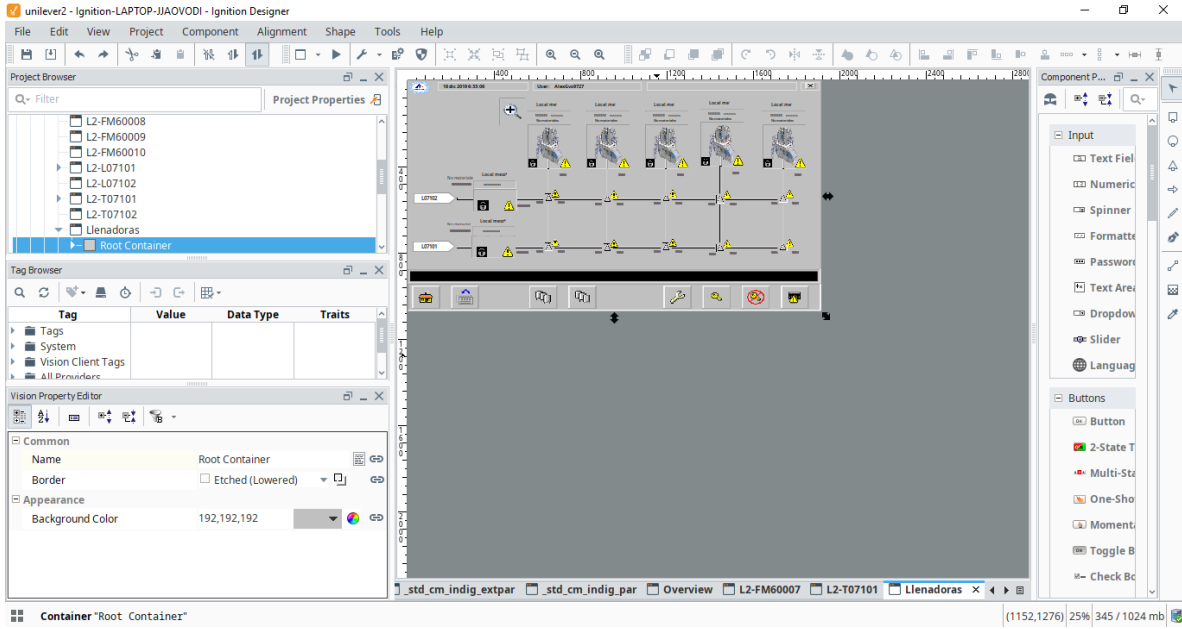


Figura 98 Diseño de la pantalla Llenadoras en Ignition

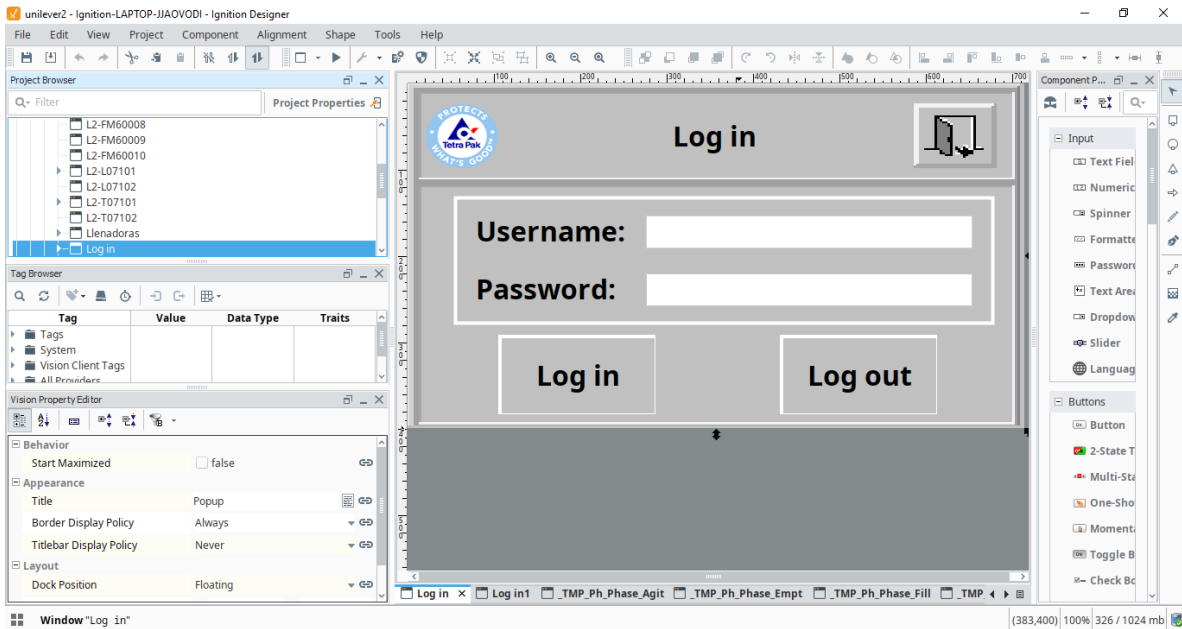


Figura 99 Diseño de la pantalla Log In en Ignition

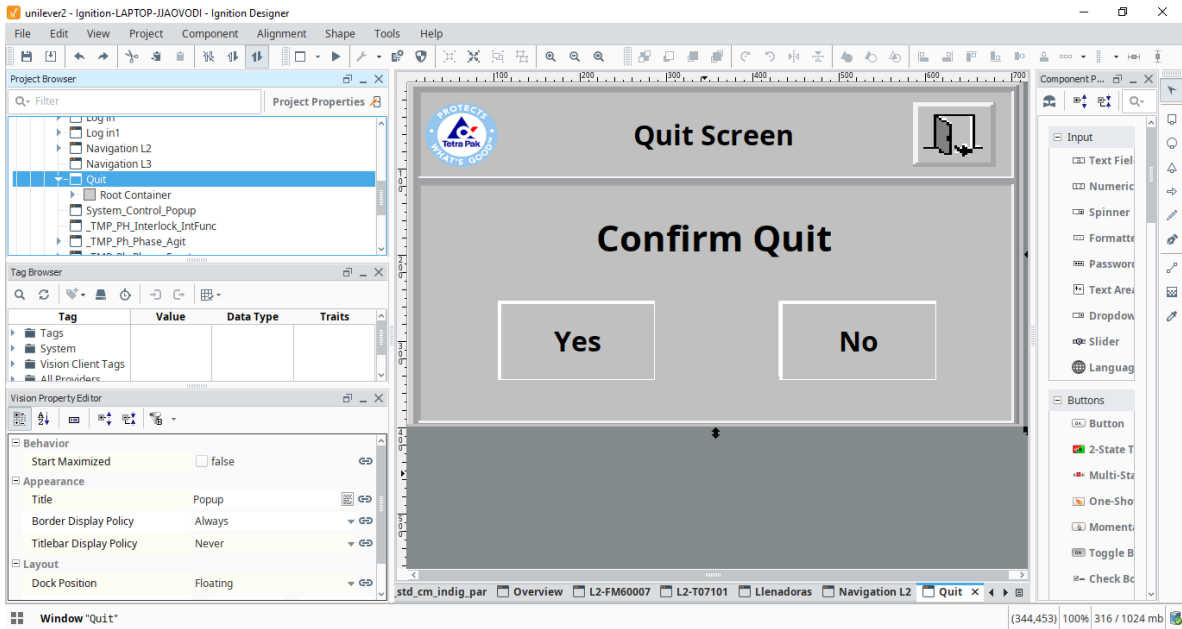


Figura 100 Diseño de la pantalla Quit en Ignition

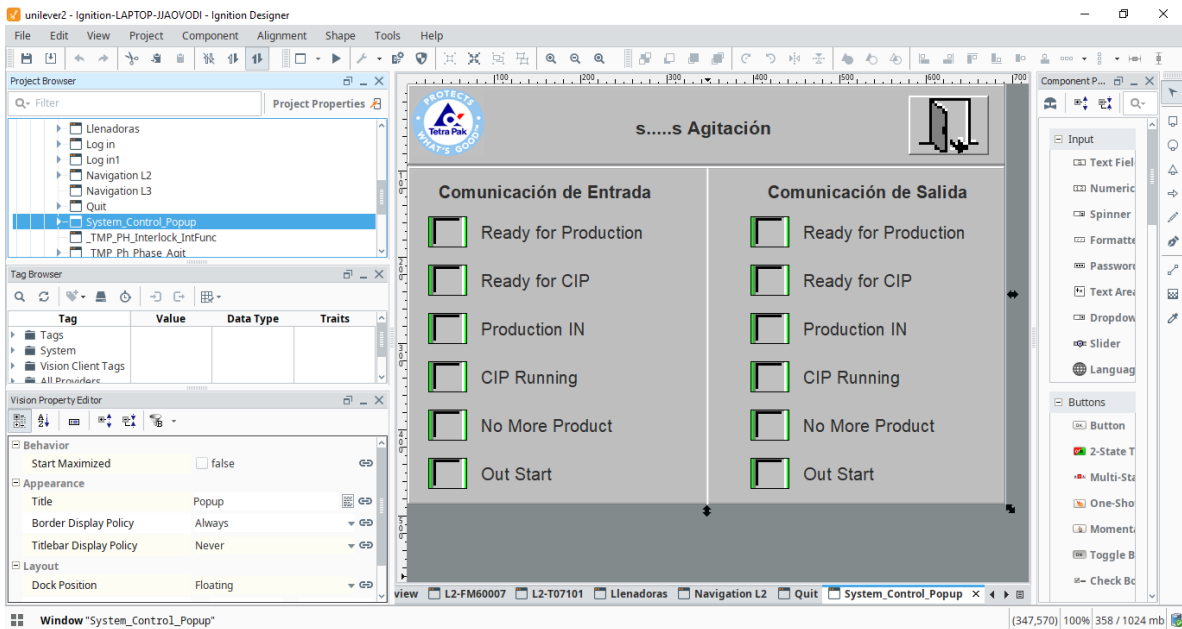


Figura 101 Diseño de la pantalla System_Control_Popup en Ignition

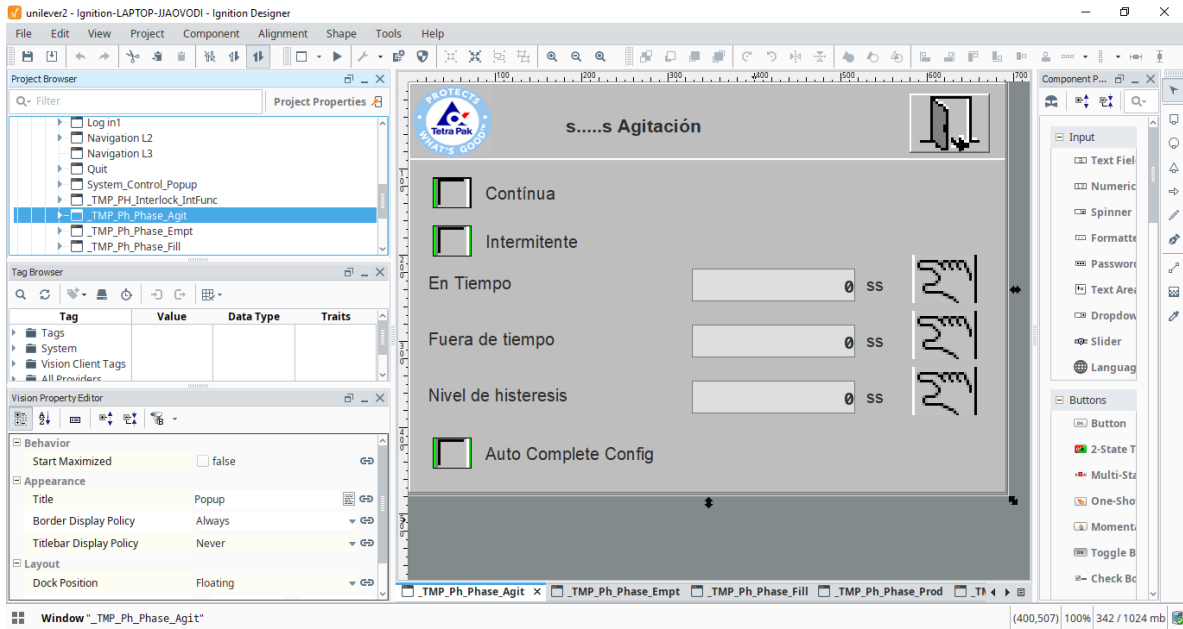


Figura 102 Diseño de la pantalla _TMP_Ph_Phase_Agit en Ignition

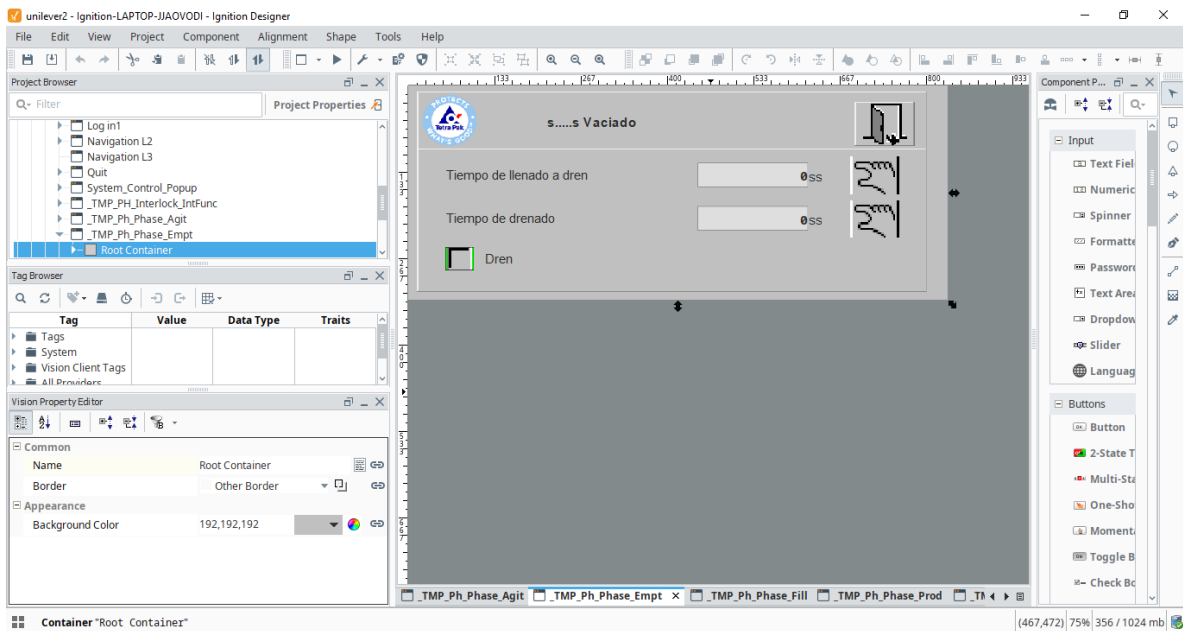


Figura 103 Diseño de la pantalla _TMP_Ph_Phase_Empt en Ignition

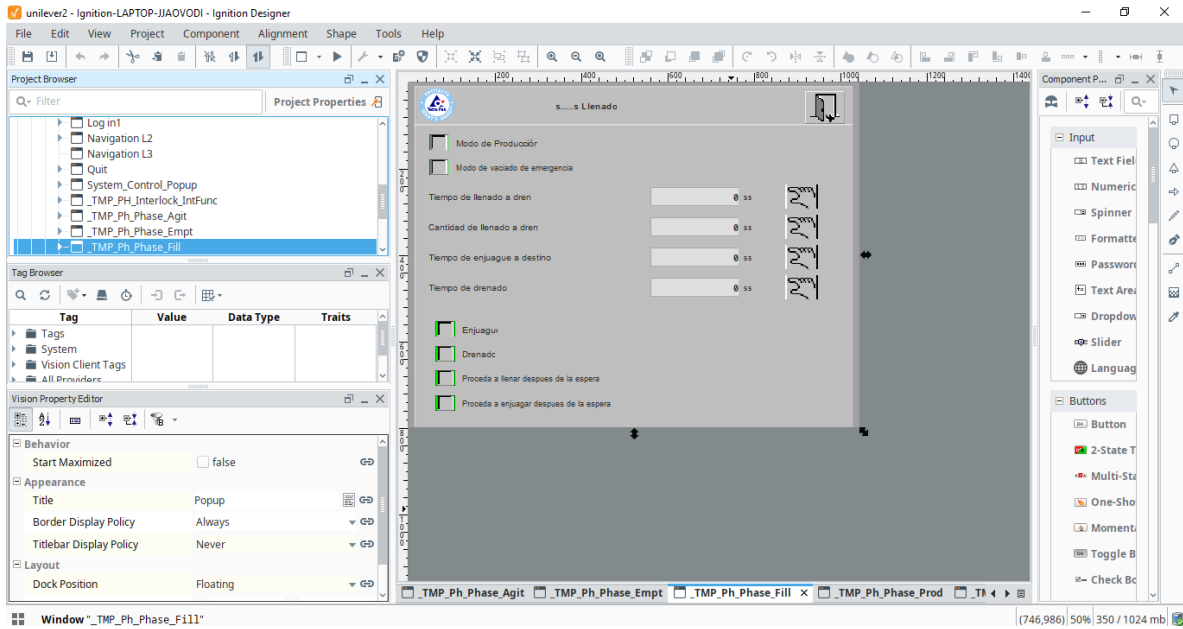


Figura 104 Diseño de la pantalla `_TMP_Ph_Phase_Fill` en Ignition

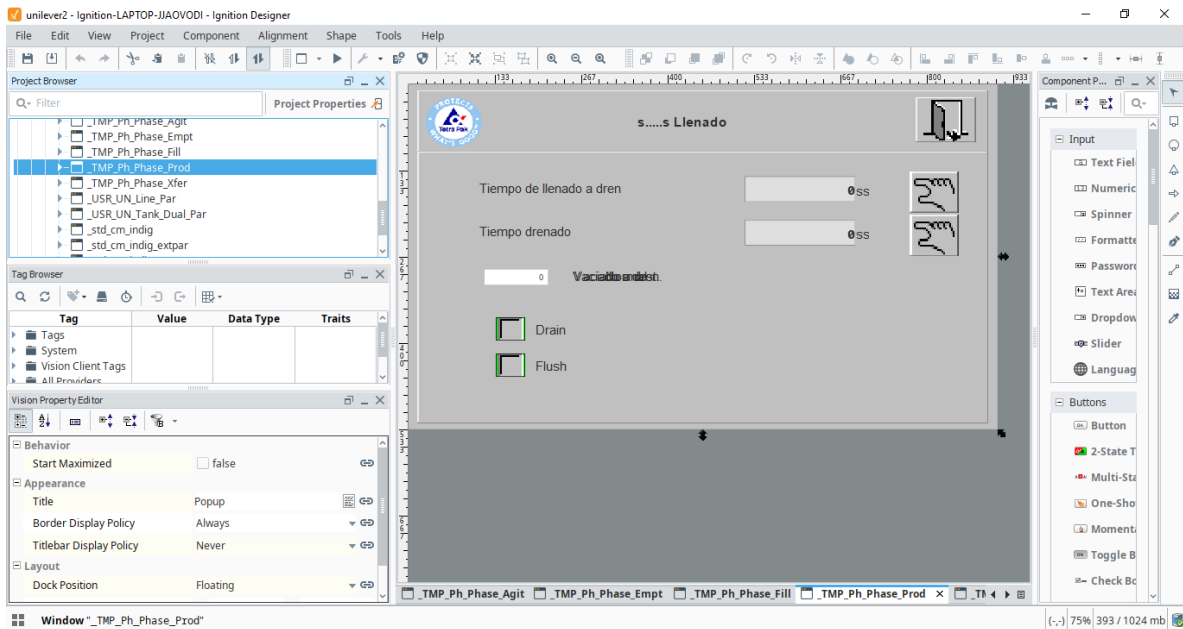


Figura 105 Diseño de la pantalla `_TMP_Ph_Phase_Prod` en Ignition

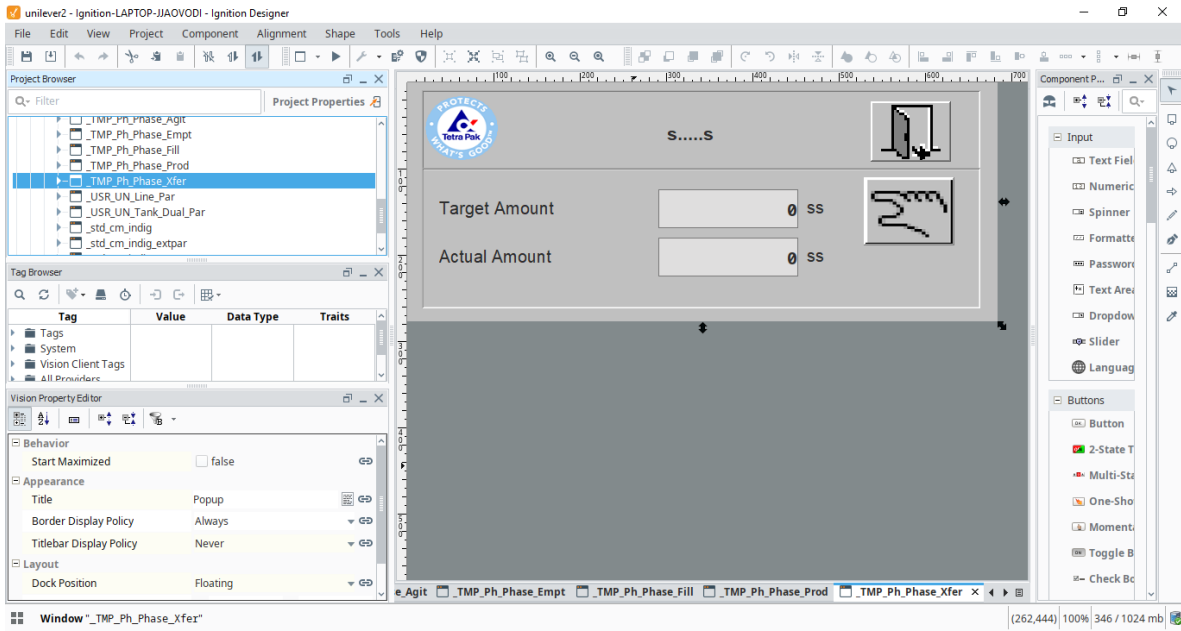


Figura 106 Diseño de la pantalla _TMP_Ph_Phase_Xfer en Ignition

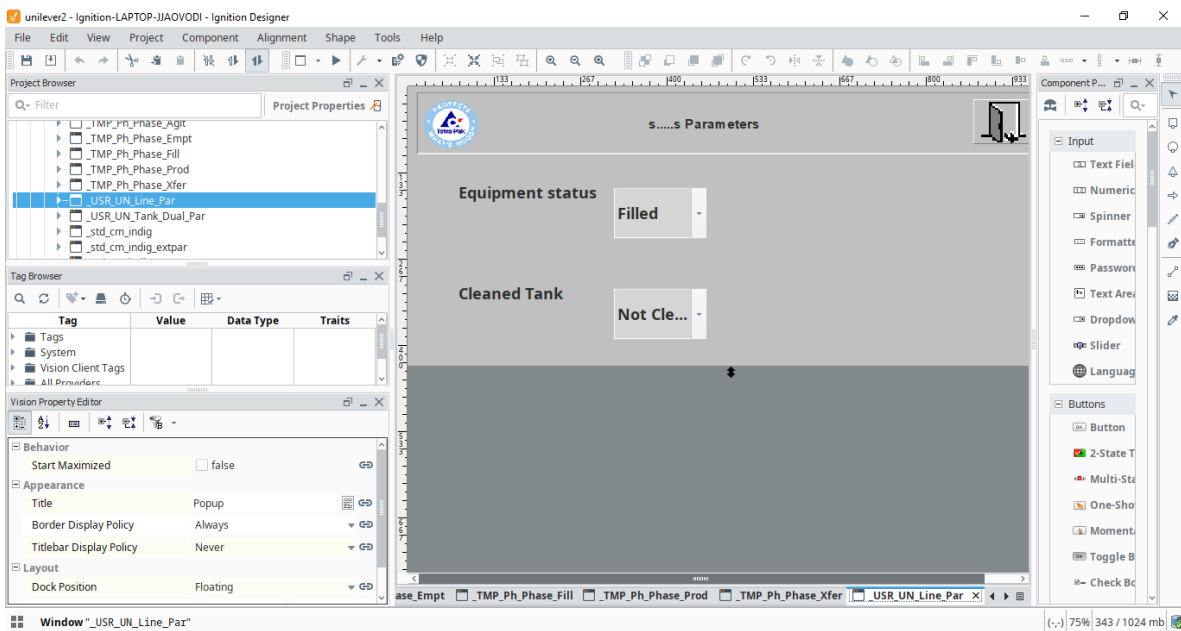


Figura 107 Diseño de la pantalla _USR_UN_Line_Par en Ignition

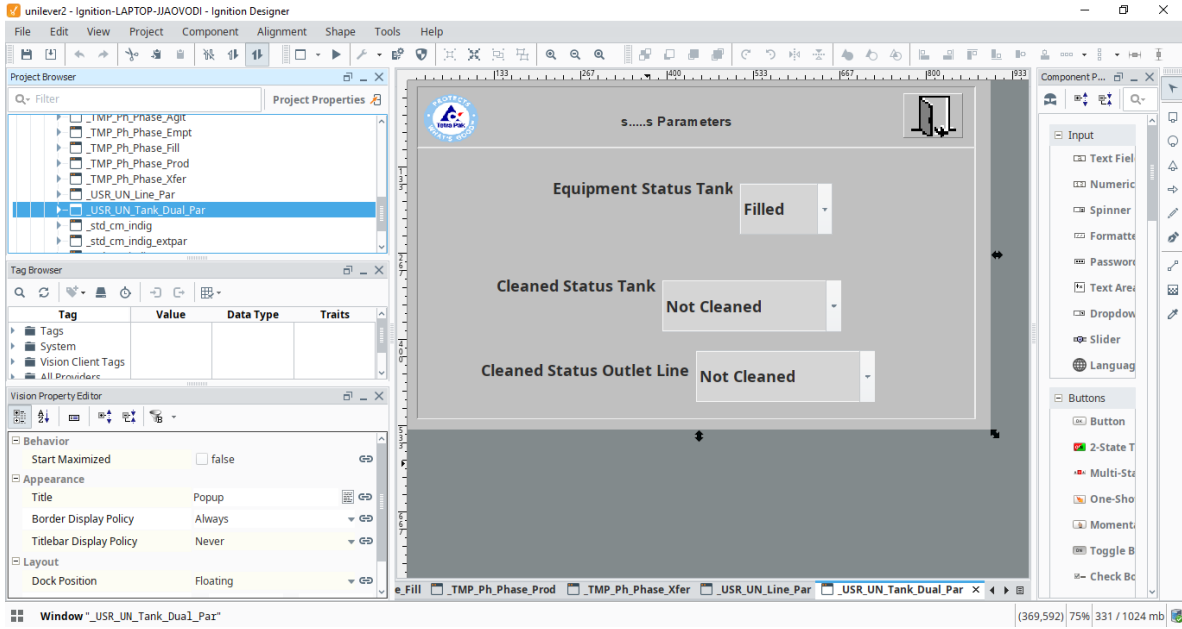


Figura 108 Diseño de la pantalla `_USR_UN_Tank_Dual_Par` en Ignition

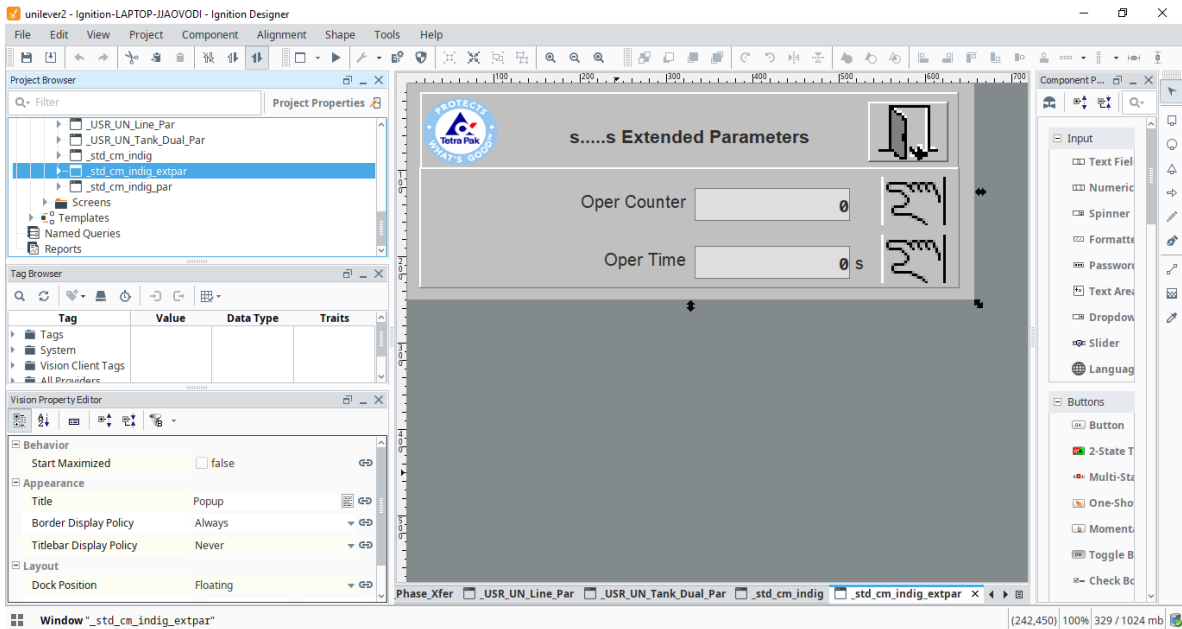


Figura 109 Diseño de la pantalla `_std_cm_indig_extpart` en Ignition

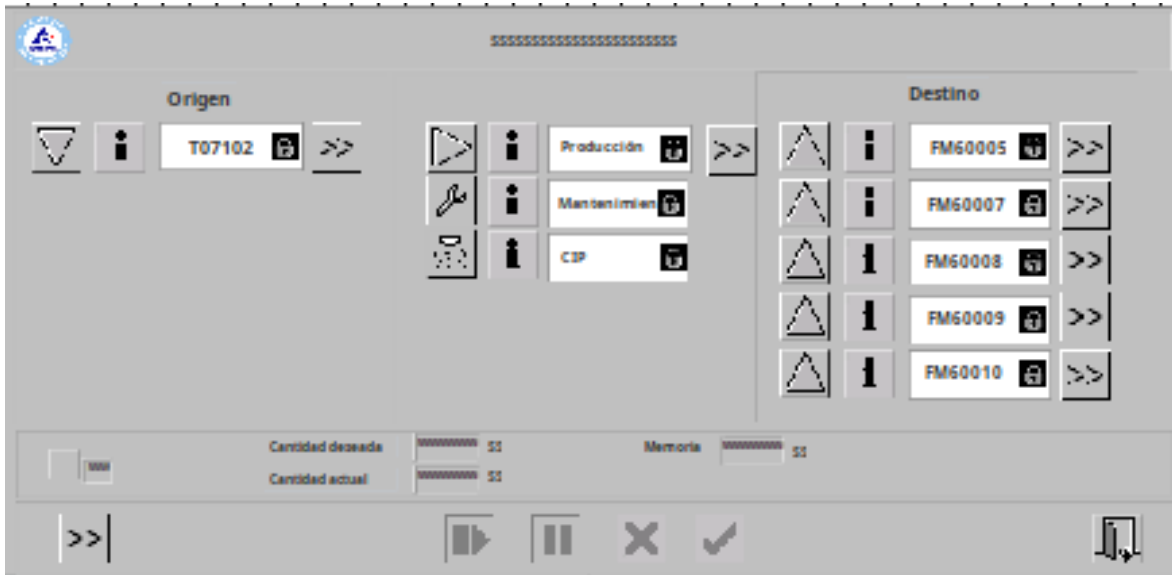


Figura 110 Diseño de la pantalla L2-L07101 en Ignition

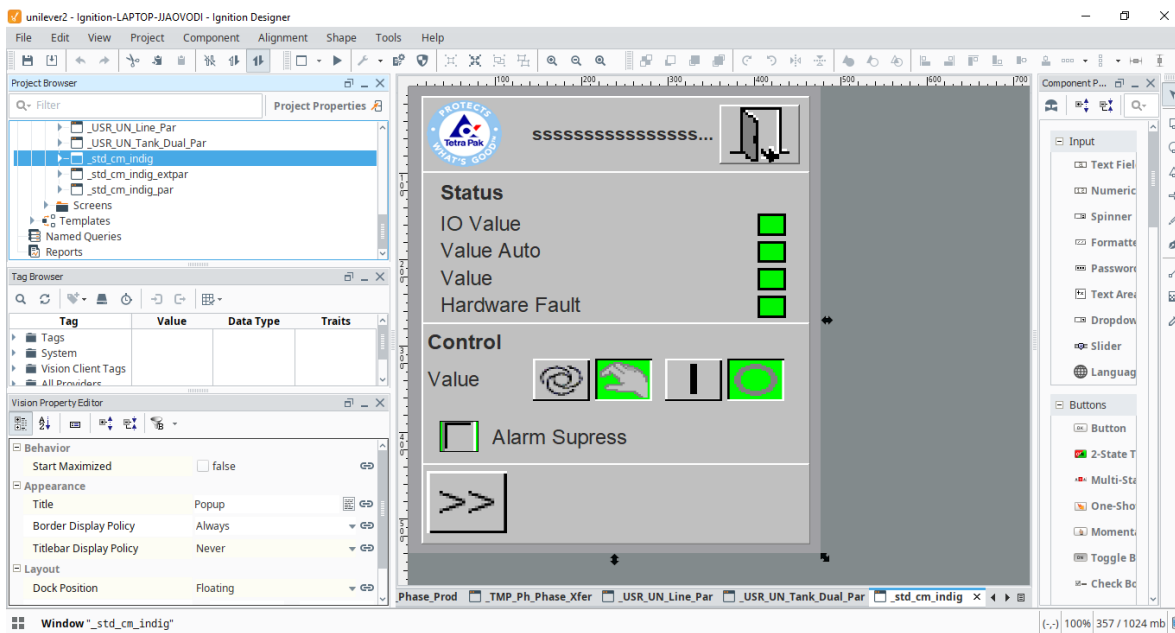


Figura 111 Diseño de la pantalla _std_cm_indig en Ignition

CAPITULO V

5.1 Resultados

El presente proyecto fue la implementación de un sistema de control y adquisición de datos mediante Control Logix, Factory Talk e Ignition del sistema Demo Clean In Place para la empresa AIM INGENIERIA. El cual se trabajó con esfuerzo y dedicación para poder alcanzar todos y cada uno de los objetivos que se plantearon al comenzar este proyecto.

El trabajo principal fue realizar de manera adecuada la programación de RSLogix 5000 donde se trabajó con 71 tangs para el funcionamiento de válvulas, lámparas, sensores, pantallas LCD, para el control del sistema Demo Clean In Place.

Los sistemas Scada que se realizaron en Ignition y Factory Talk facilitan al usuario el control y visualización del funcionamiento de nuestro sistema Demo CIP, esto se logró gracias a la adquisición de datos que se tienen con Ignition y Factory Talk.

El diseño final del sistema Scada en Factory Talk se presenta en la figura 112

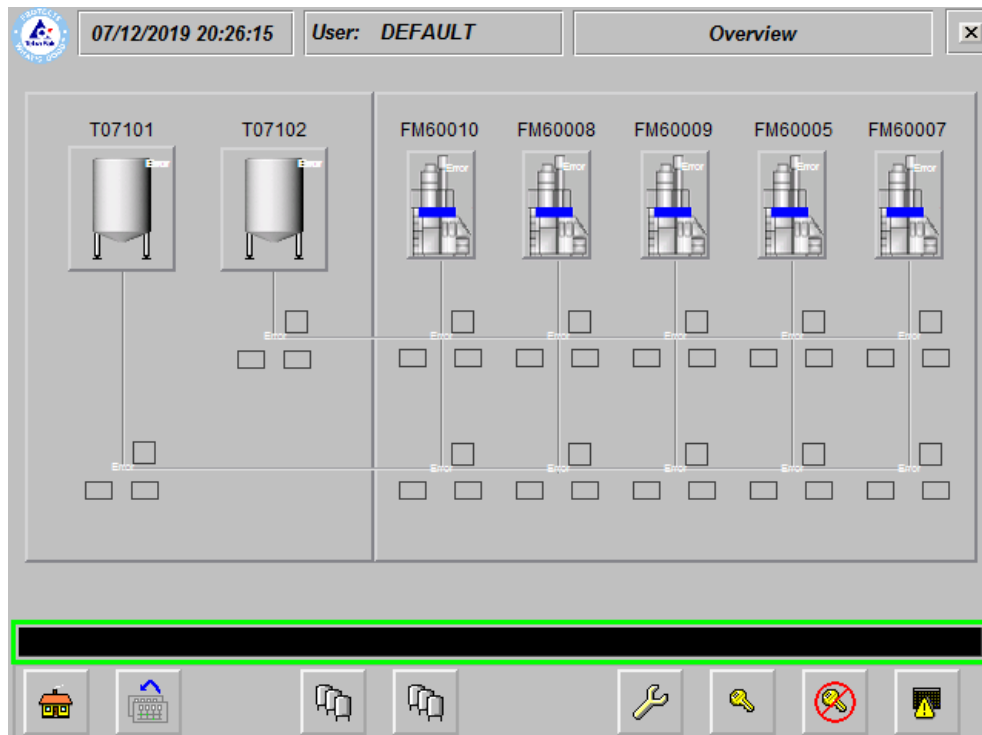


Figura 112 Sistema Scada en Factory Talk

El diseño final del sistema Scada en Ignition se presenta en la figura 113

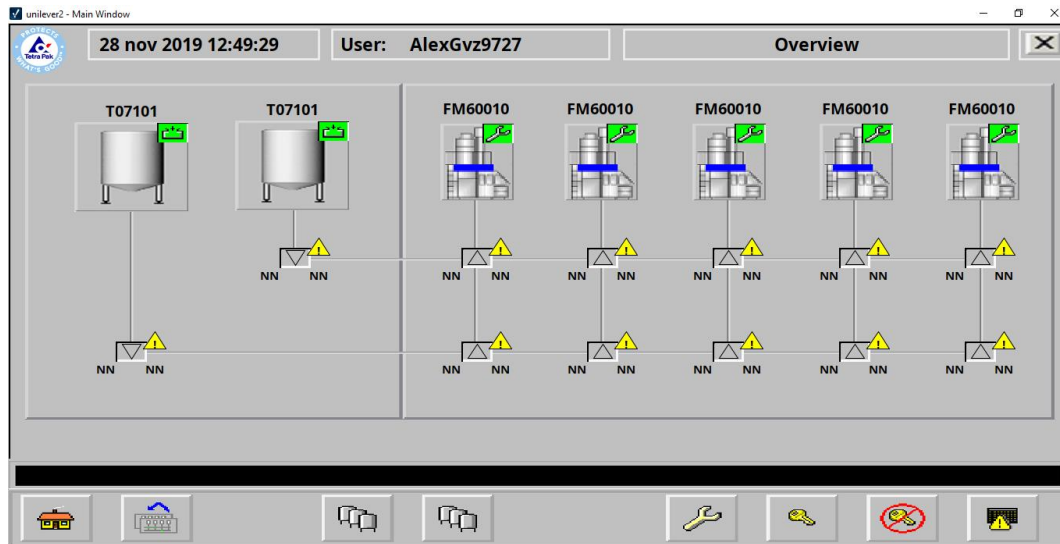


Figura 113 Sistema Scada en Ignition

5.2 Conclusiones

La participación en este proyecto permitió adquirir nuevas habilidades que antes de comenzar no se tenían, como el uso de los softwares Control Logix, Ignition y Factory Talk que son muy importantes en el campo de automatización.

Durante implementación del proyecto se presentaron dificultades que se solucionaron gracias a los conocimientos que obtuve en el desarrollo académico y conocimientos que se adquirieron dentro de la empresa AIM, gracias a esto se alcanzaron los objetivos y se entregó en tiempo y forma el proyecto planteado.

Desarrollar el proyecto de residencia con la empresa AIM amplió mis conocimientos en el campo de automatización y diseño de sistemas CIP, también esto me motivó a seguir adquiriendo nuevos conocimientos y tener nuevos objetivos.

El tener contacto con plataformas de desarrollo de automatización permitió tener una visión de lo que actualmente la industria demanda lo cual me sirvió de motivación para seguir preparándome en estas plataformas y estar actualizado con lo que la industria demanda.

Trabajar con la empresa AIM INGENIERIA fue una experiencia nueva ya que el tener un horario de trabajo y actividades asignadas formó disciplina y responsabilidad en mí, también la interacción con el personal de la empresa me ayudó a mejorar mi habilidad al relacionarme con nuevas personas. En conclusión, realizar este proyecto con éxito me motivó a seguir preparándome más y ser mejor persona.

REFERENCIAS

- Moerman, F. 2003. Cleaning-in-Place. 2nd ed. s.l. : Post Academisch Onderwijs Nederland, 2003.
- Moerman, F., Rizoulières, P. y Majoor, F. A. 2014. Hygiene in Food Processing. Segunda edición. 2014. págs. 305-383.
- Automation, R. (n.d.). Literature Rockwell. Retrieved from http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/um/1769-um011_-es-p.pdf
- Ilisara, C. A. (2010). Diseño de Sistema de Lavado de Estanques Automatizado CIP. Valdivia, Chile
- Pablo Pescador Pérez, Propuesta de Mejora de un Procedimiento de Limpieza CLEANING IN PLACE (CIP), así como su Puesta en Marcha y Servicio del Equipo, el Mantenimiento Requerido en un Proceso de Bebidas no Carbonatadas, Tesis de titulación de Ingeniería en Control y Automatización, Instituto Politécnico Nacional, Escuela superior de Ingeniería Mecánica y Eléctrica, México, DF, Mayo, 2010.
- Cristian Andre ILisara, Diseño de Sistema de Lavado de Estanques Automatizado CIP (CLEANING IN PLACE), Tesis de titulación en Ingeniería Mecánica, Universidad Austral de Chile, Facultad en Ciencias de la Ingeniería, Valdivia-Chile, 2010.
- Rockwell. (n.d.). Rockwell Automation. Retrieved from Rockwell Automation: www.rockwellautomation.com
www.rockwellautomation.com/site-selection.html
- Inductive Automation:
<https://inductiveautomation.com/>

Anexos

Anexo A. Programación del sistema Demo Clean In Place en RSLogix 5000

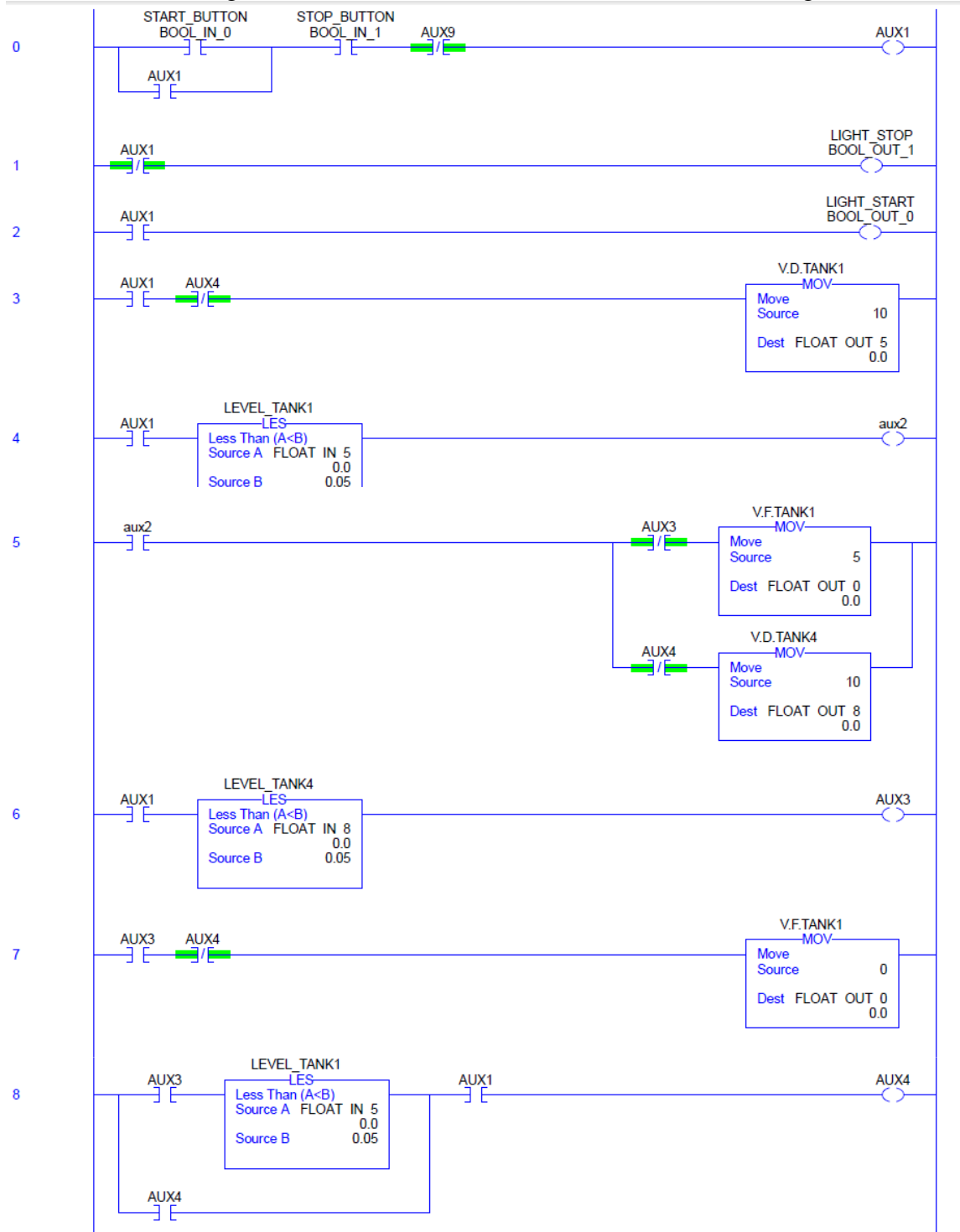


Figura 114 Programación Del sistema Demo CIP (RUNG 0-8)

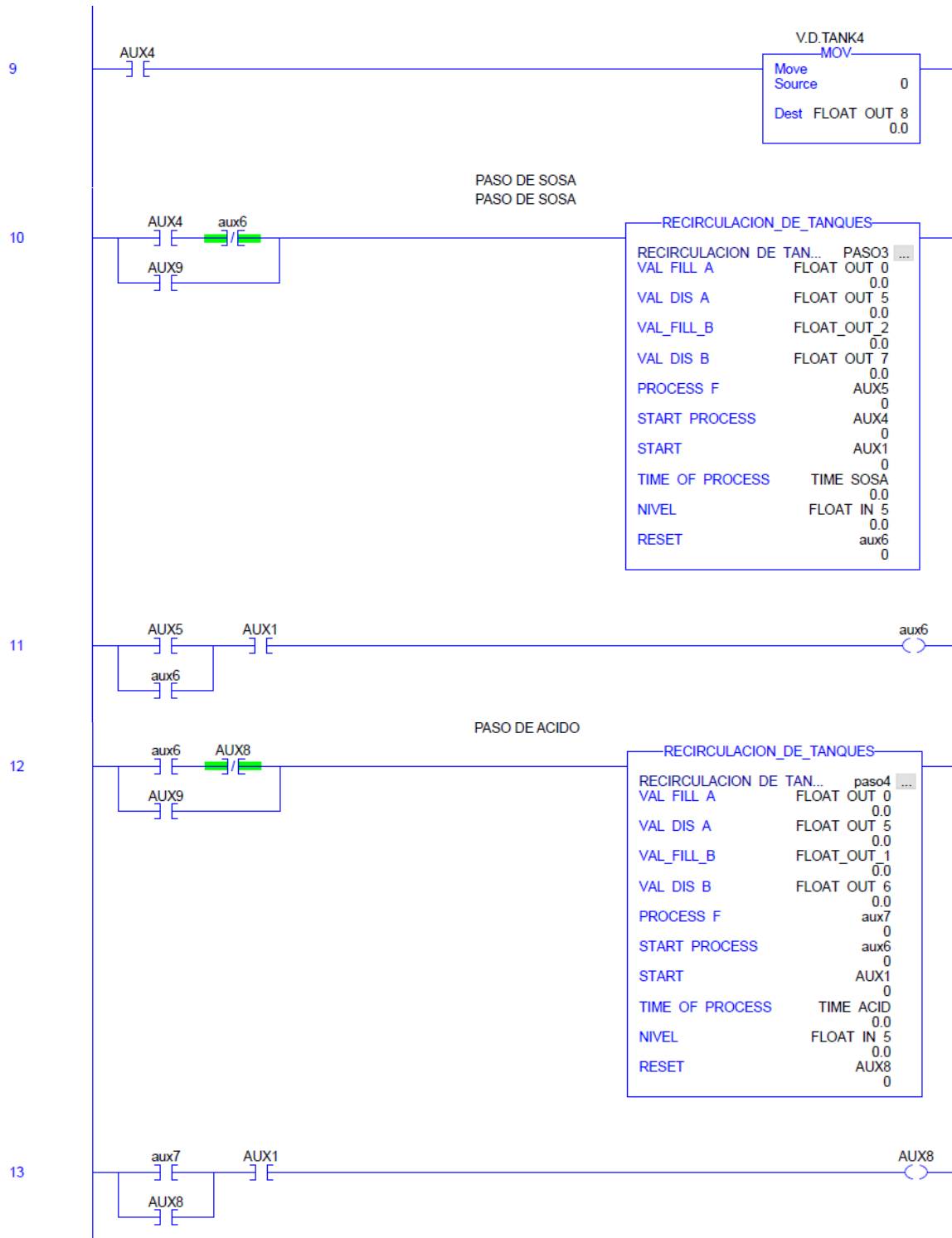


Figura 115 Programación Del sistema Demo CIP (RUNG 9-13)

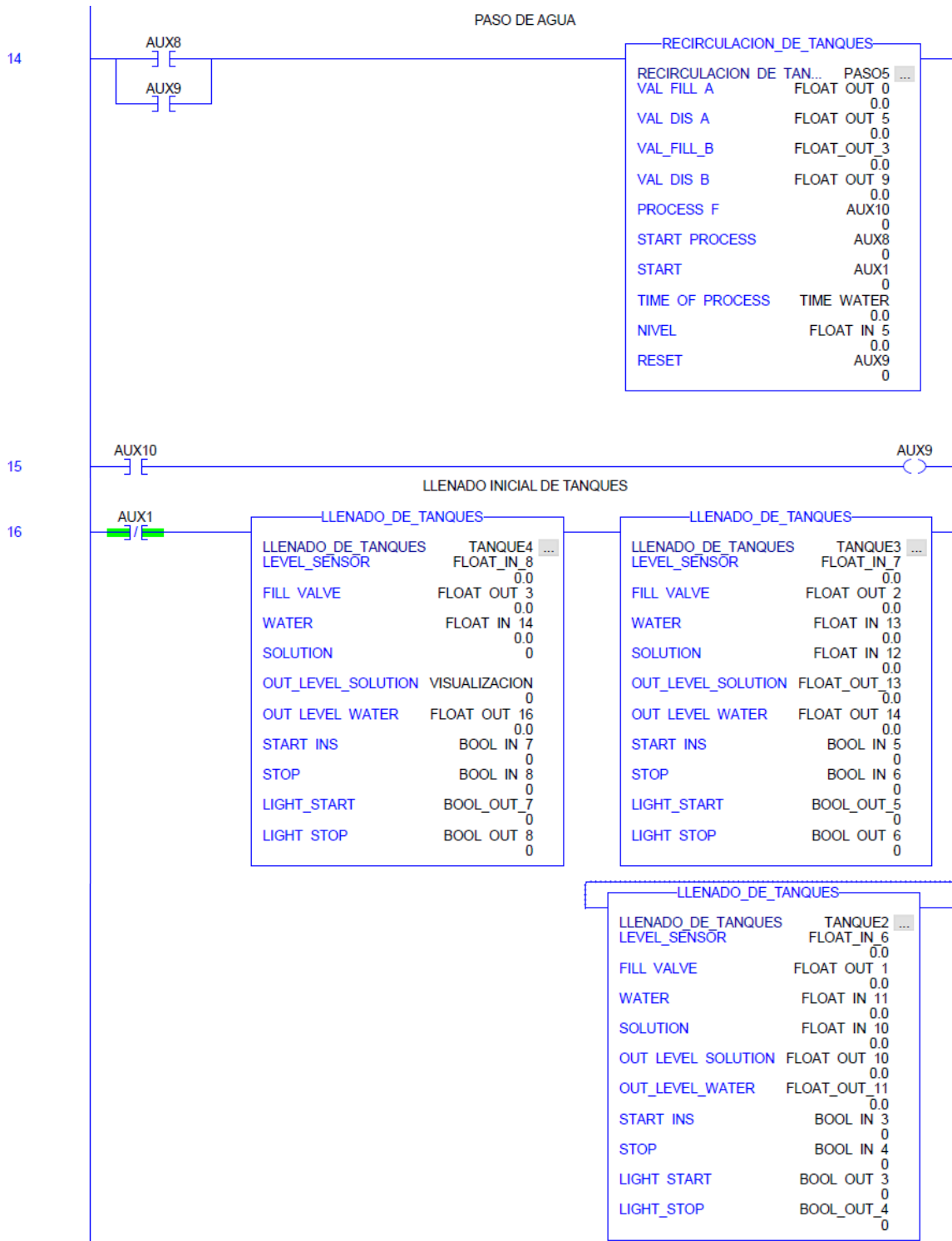


Figura 116 Programación Del sistema Demo CIP (RUNG 14-16)

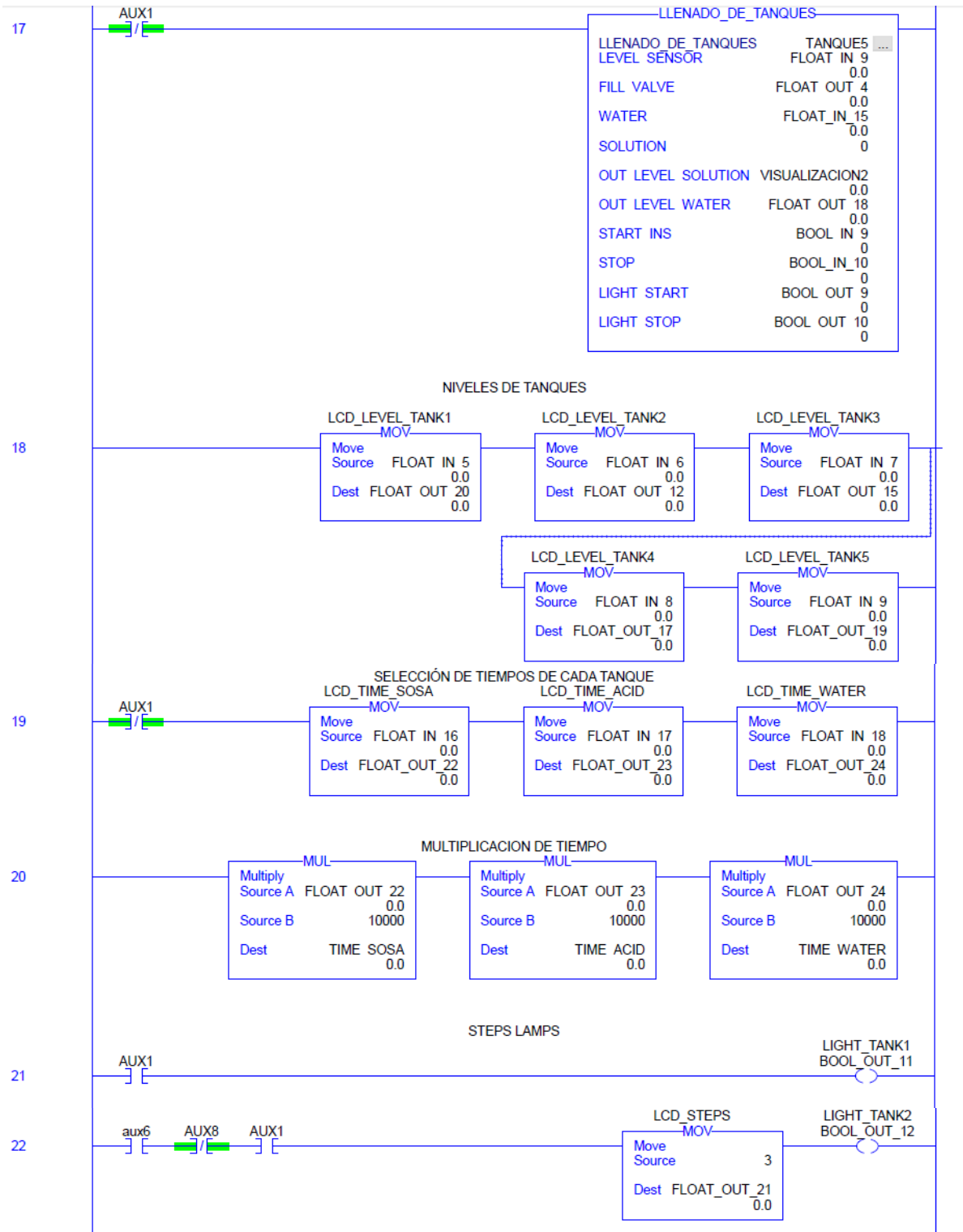


Figura 117 Programación Del sistema Demo CIP (RUNG 17-22)

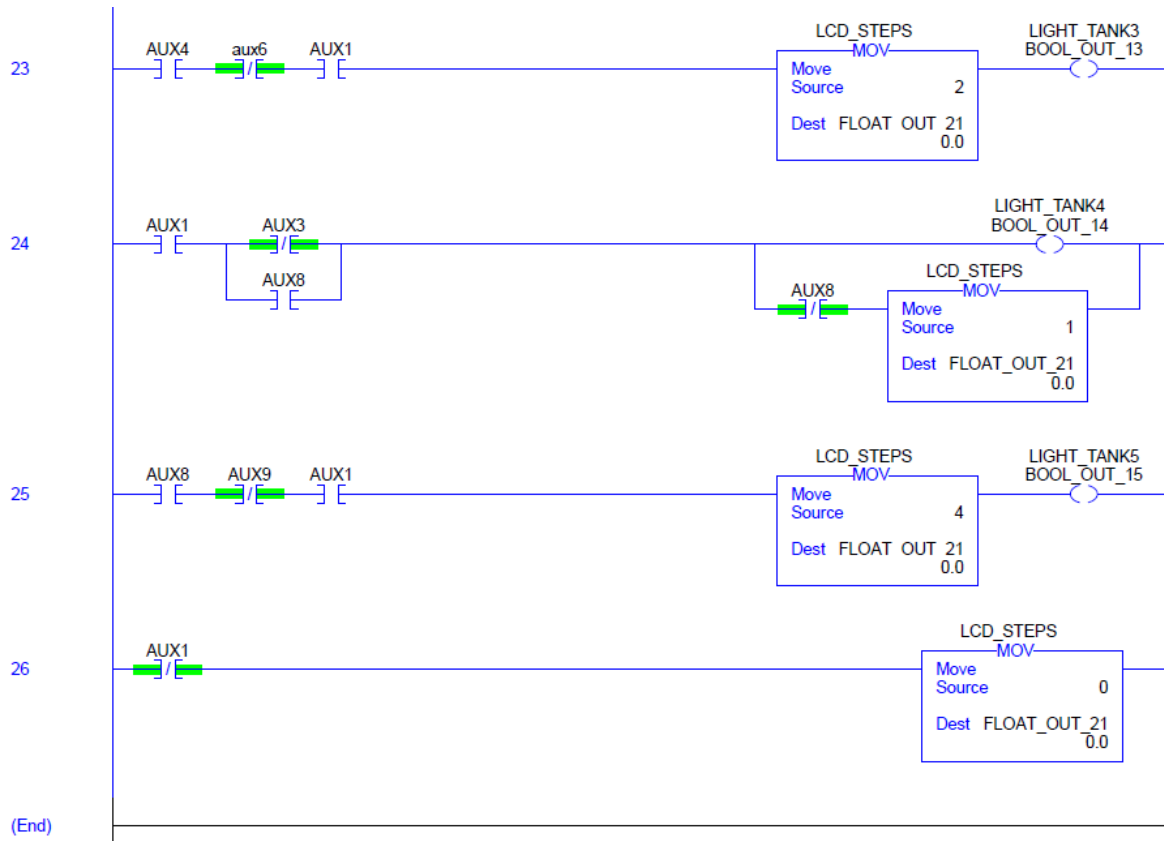


Figura 118 Programación Del sistema Demo CIP (RUNG 23-End)

Anexo B. navegación por el sistema Scada realizada en Ignition

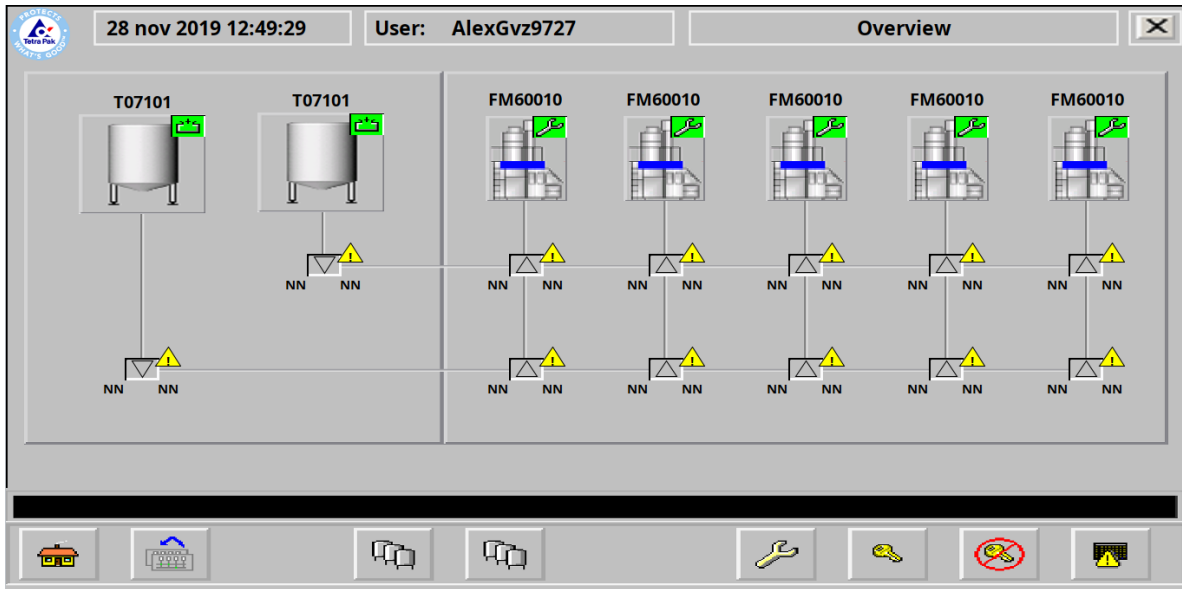


Figura 119 Navegación en el Sistema Scada Ignition (pantalla principal)

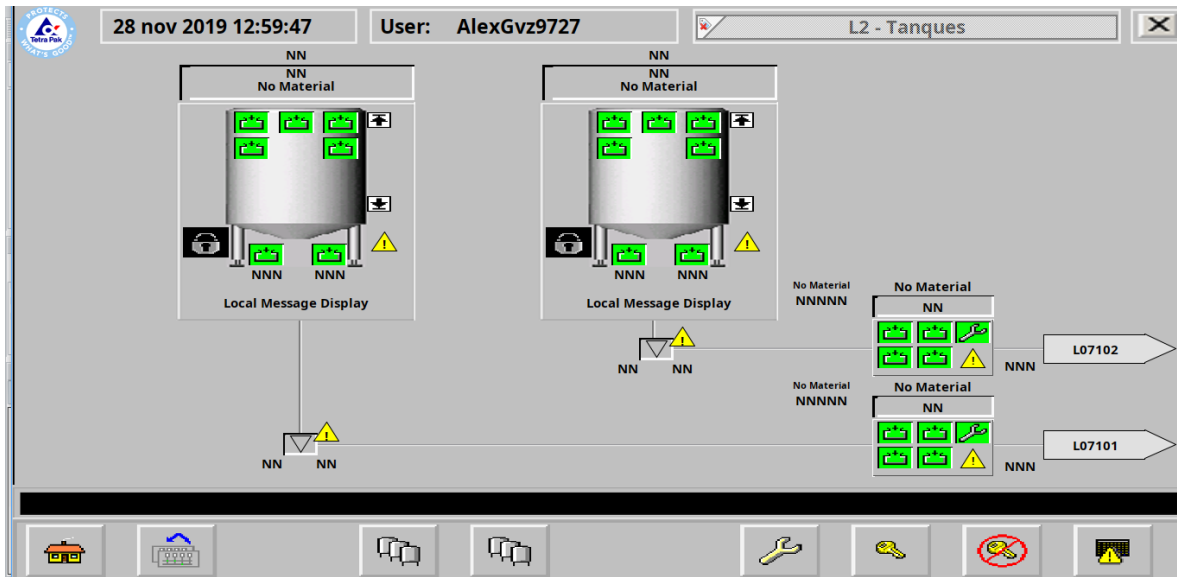


Figura 120 Navegación en el Sistema Scada Ignition (pantalla L2-tanques)

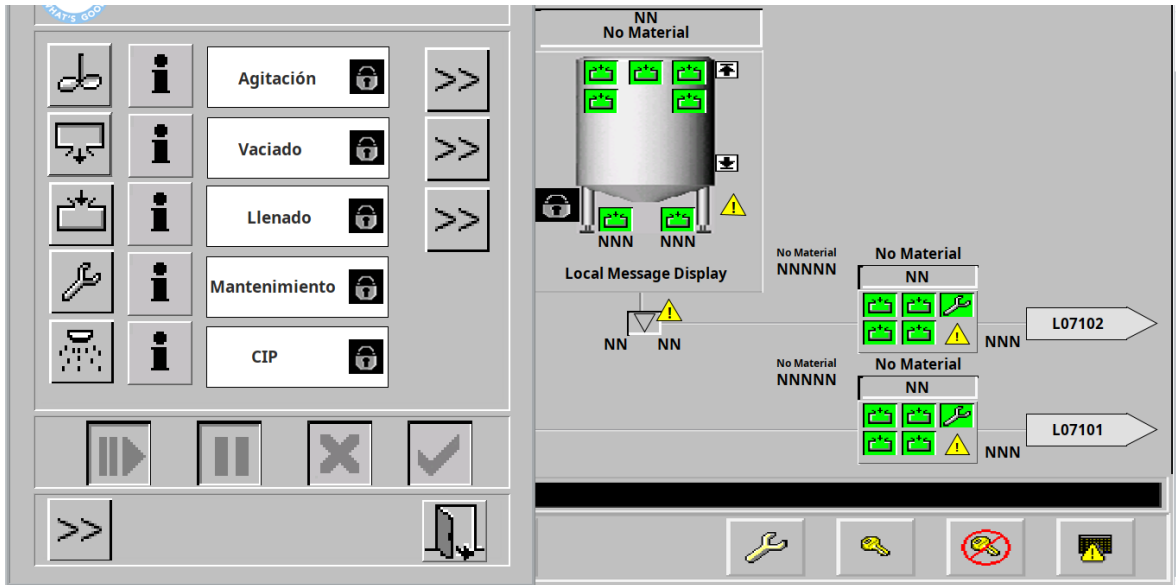


Figura 121 Navegación en el Sistema Scada Ignition (pantalla configuraciones 1)

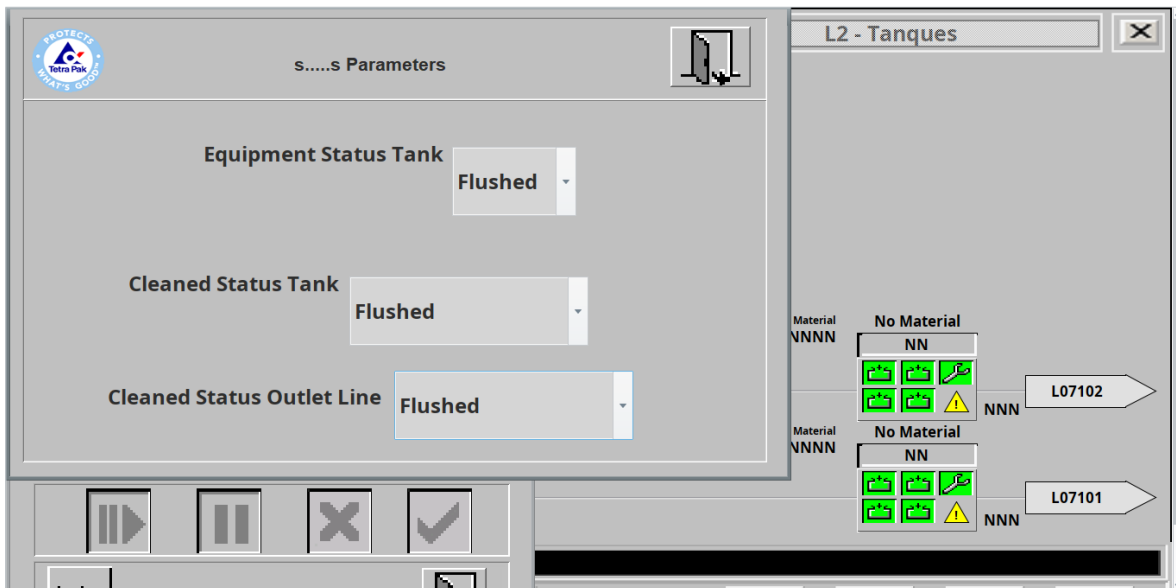


Figura 122 Navegación en el Sistema Scada Ignition (pantalla de parámetros)

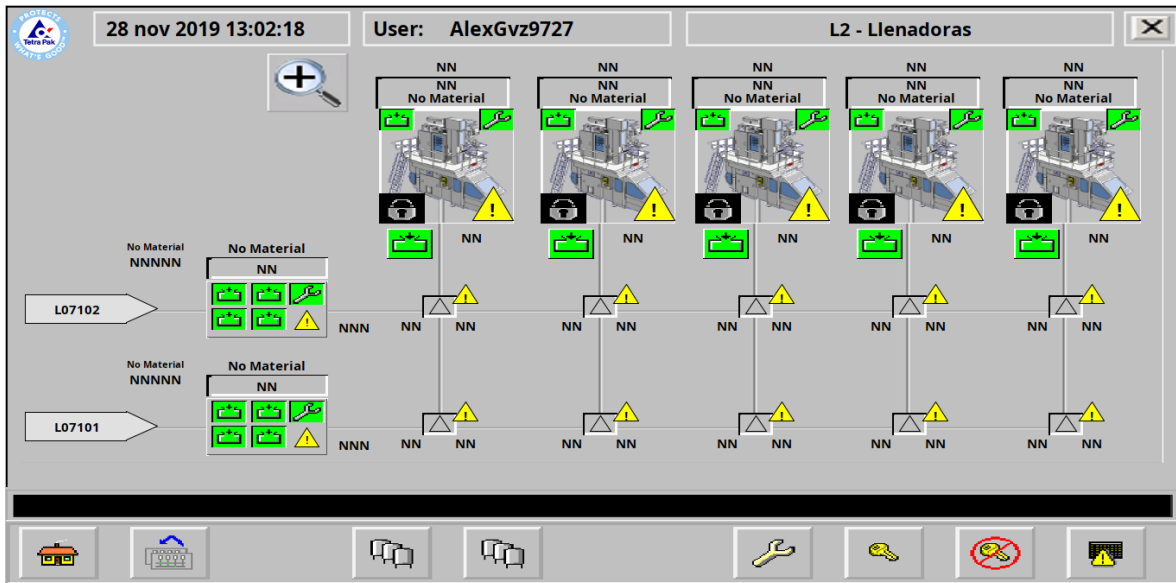


Figura 123 Navegación en el Sistema Scada Ignition (pantalla L2-Llenadoras 2)

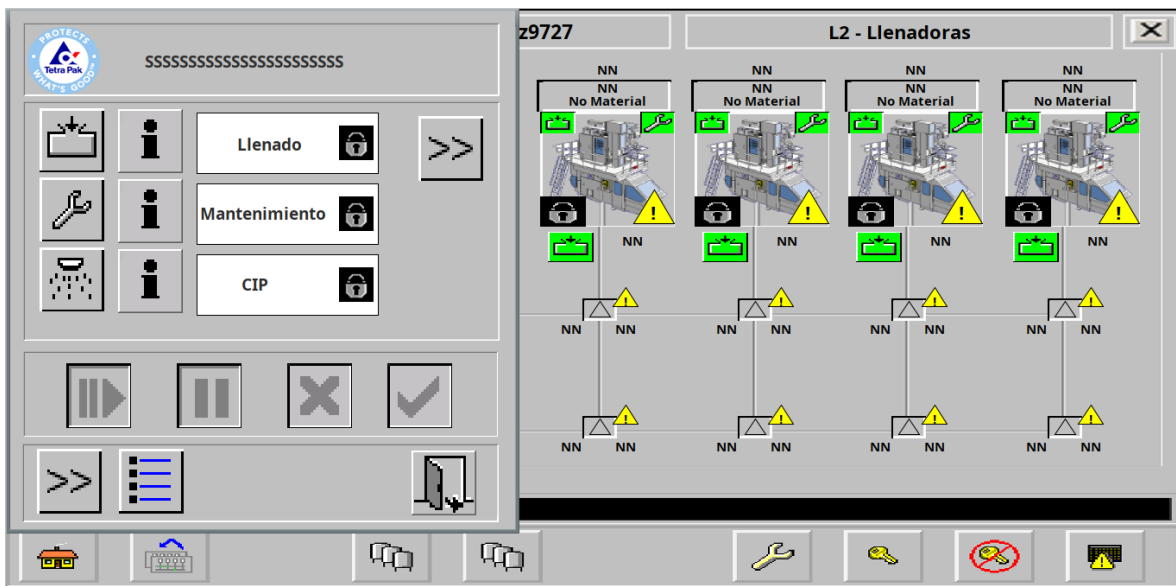


Figura 124 Navegación en el Sistema Scada Ignition (pantalla de configuraciones 2)

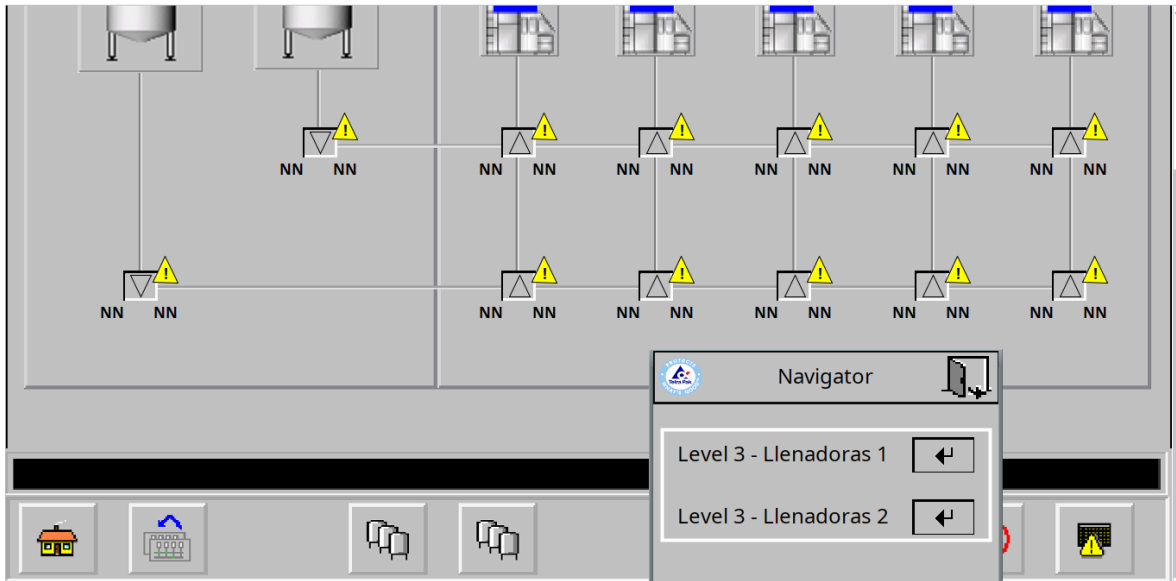


Figura 125 Navegación en el Sistema Scada Ignition (pantalla de navegacion11)

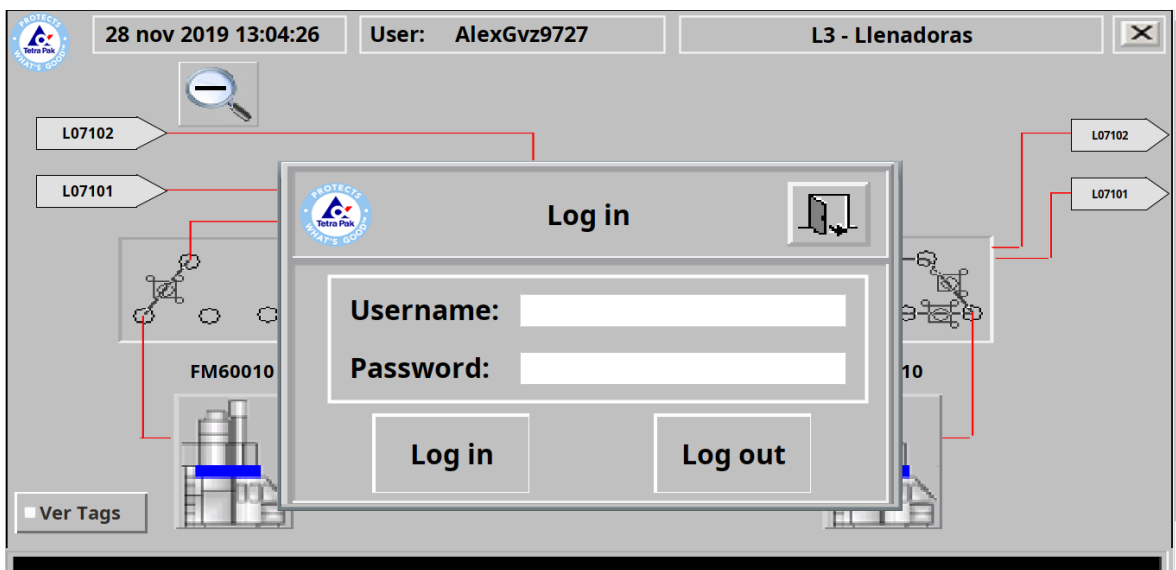


Figura 126 Navegación en el Sistema Scada Ignition (pantalla de inicio de sesión)

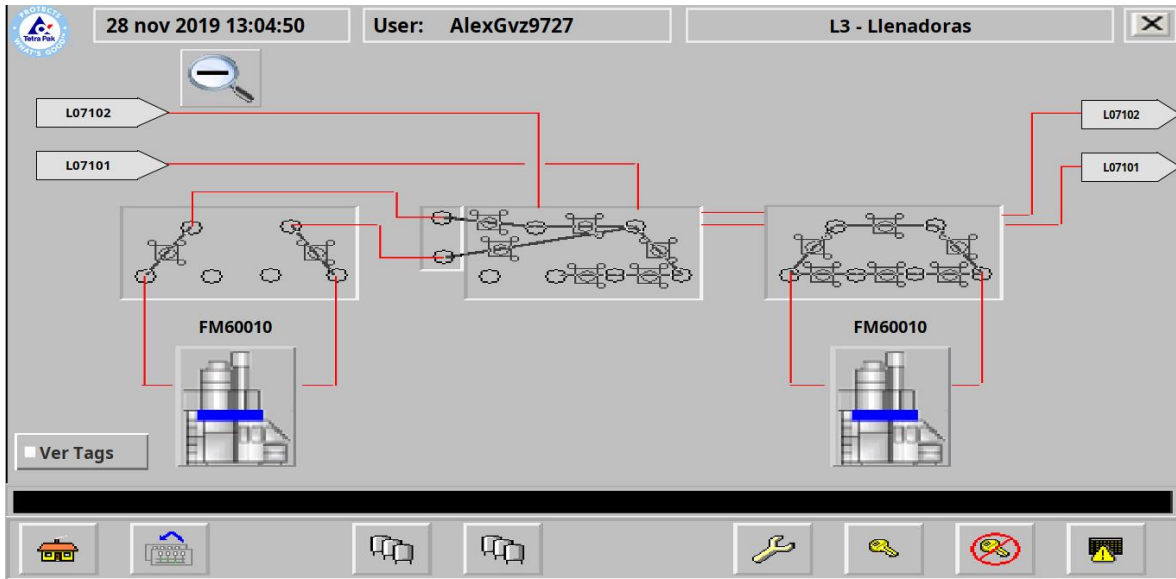


Figura 127 Navegación en el Sistema Scada Ignition (pantalla L3-Llenadoras)

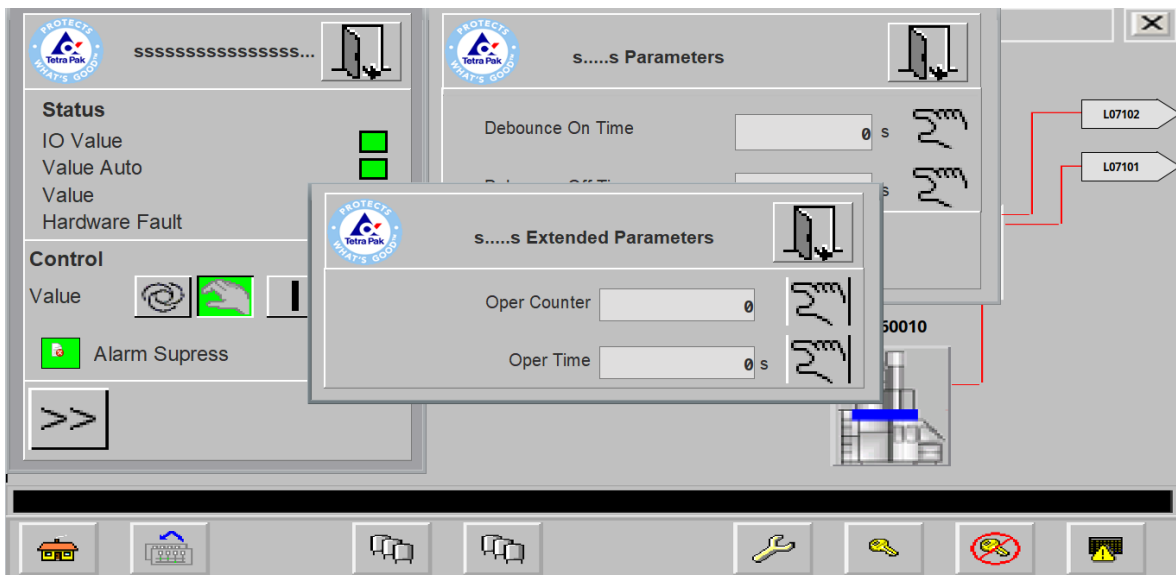


Figura 128 Navegación en el Sistema Scada Ignition (pantalla de parámetros)

Navegación 1 Sistema Scada Ignition

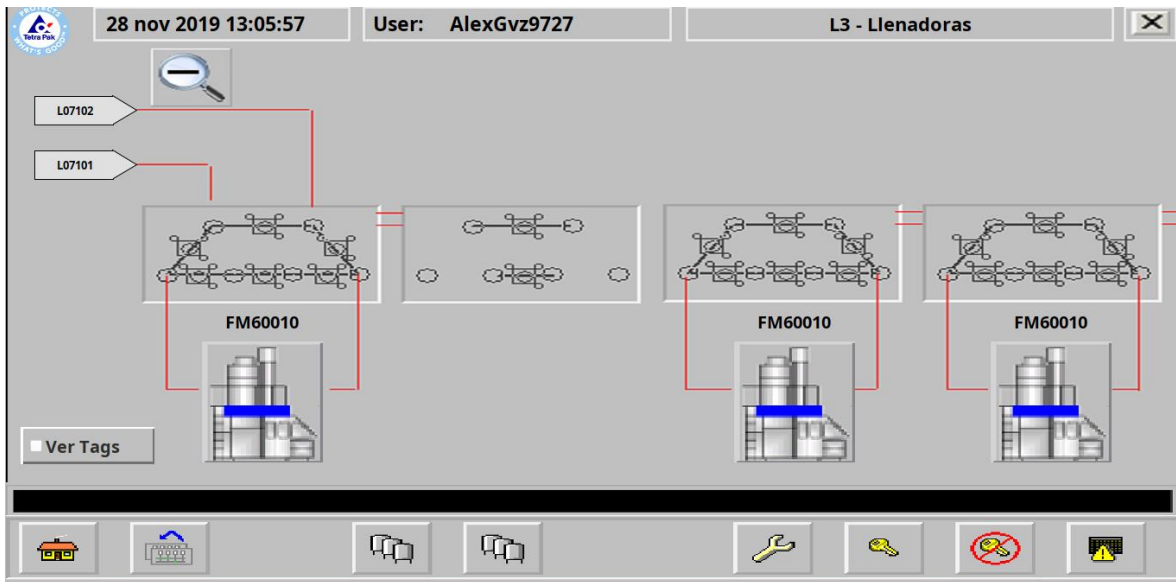


Figura 129 Navegación en el Sistema Scada Ignition (pantalla L3-Llenadoras)

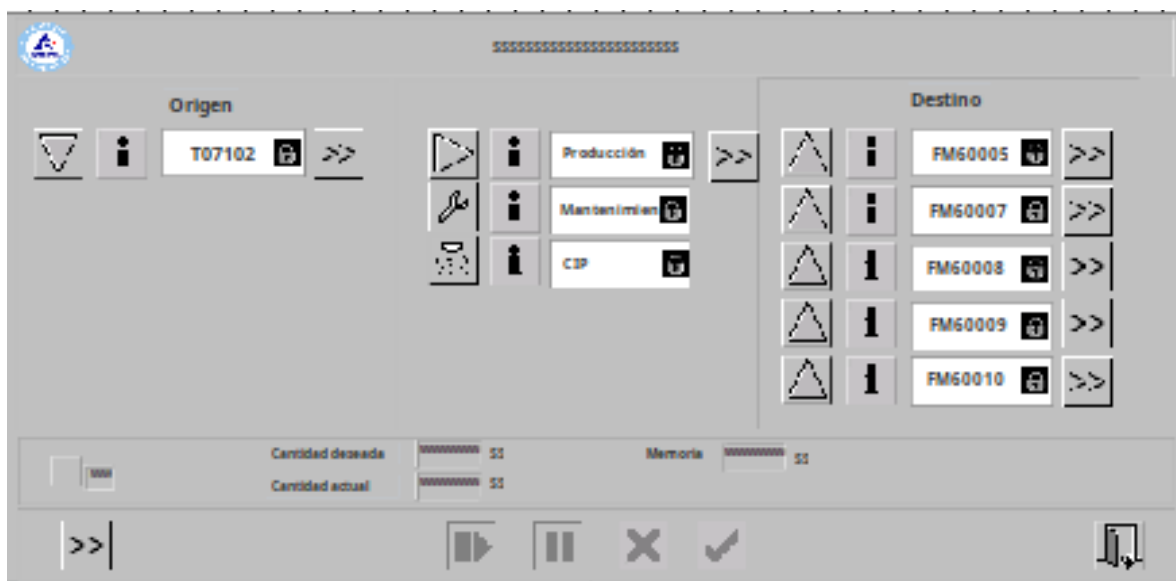


Figura 130 Navegación en el Sistema Scada Ignition (pantalla de origen-destino)

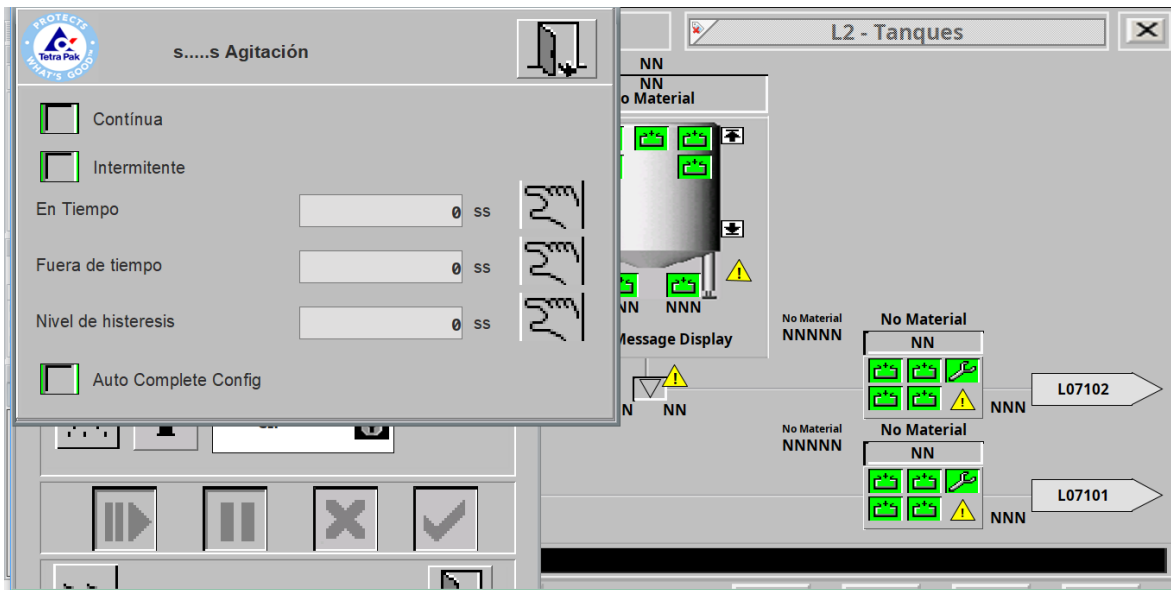


Figura 131 Navegación en el Sistema Scada Ignition (pantalla de Agitaciones)

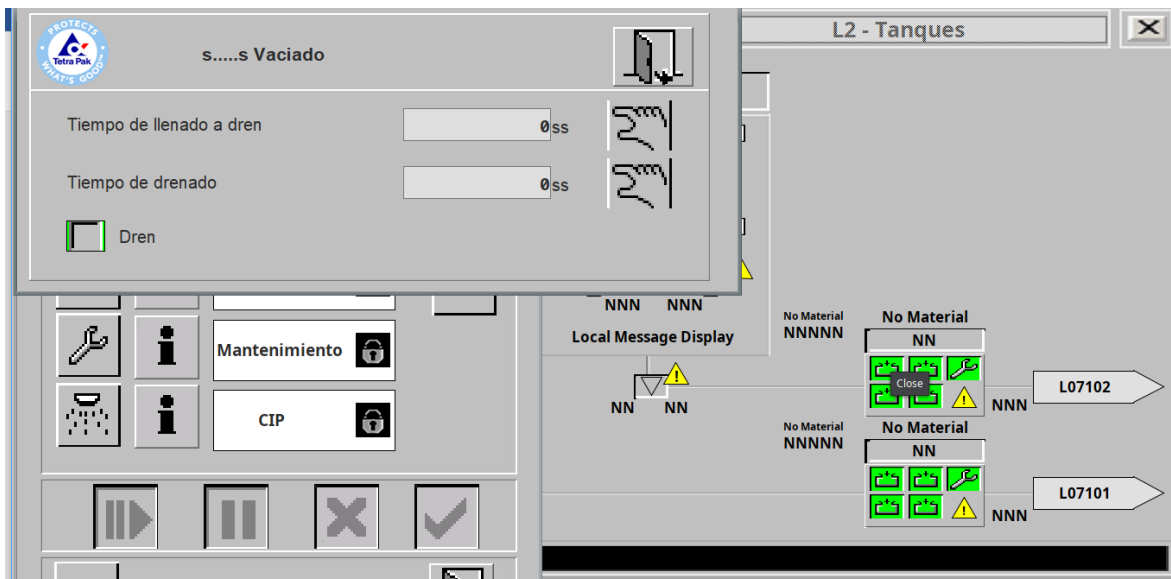


Figura 132 Navegación en el Sistema Scada Ignition (pantalla de tiempo de drenado)

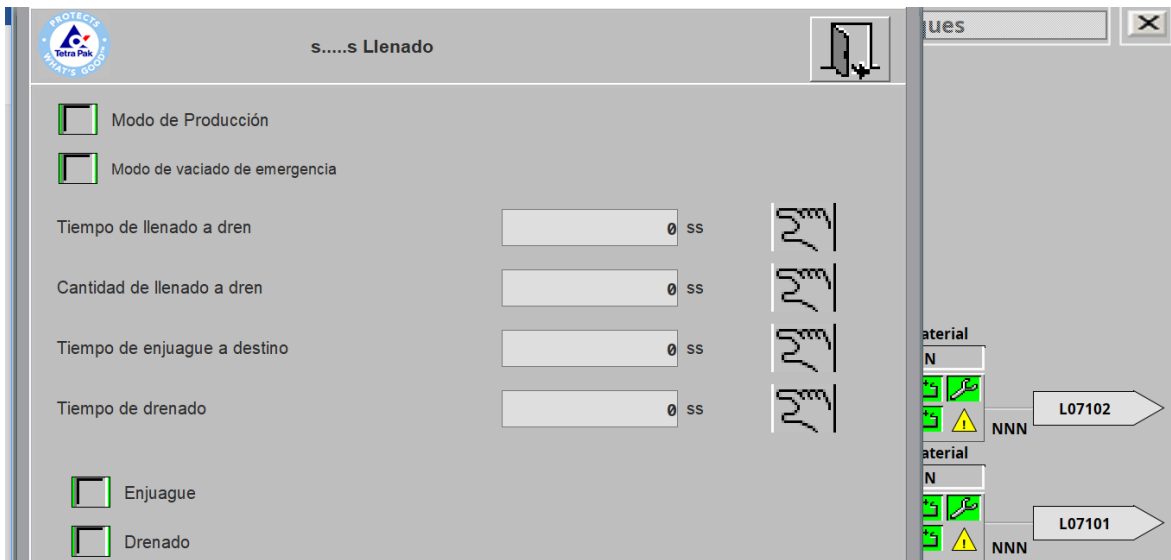


Figura 133 Navegación en el Sistema Scada Ignition (pantalla de sistema de llenado)



Figura 134 Navegación en el Sistema Scada Ignition (pantalla de salida)

Anexo C. navegación por el sistema Scada realizada en Factory Talk.

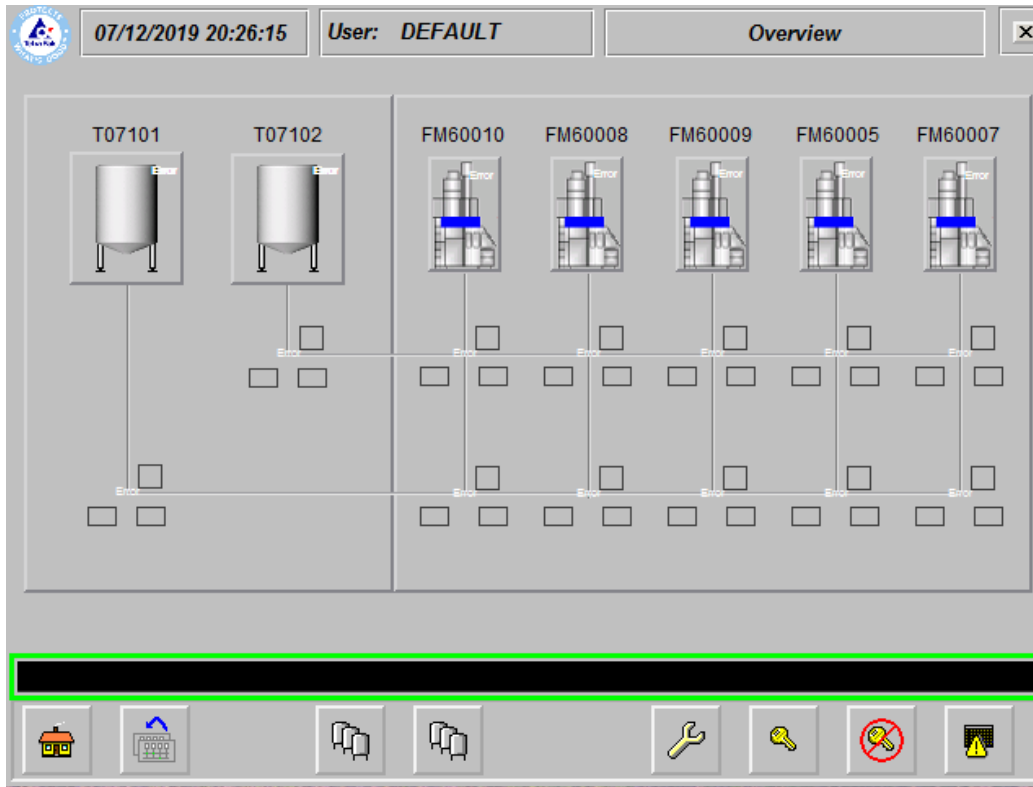


Figura 135 Navegación en el Sistema Scada Factory Talk (pantalla principal)

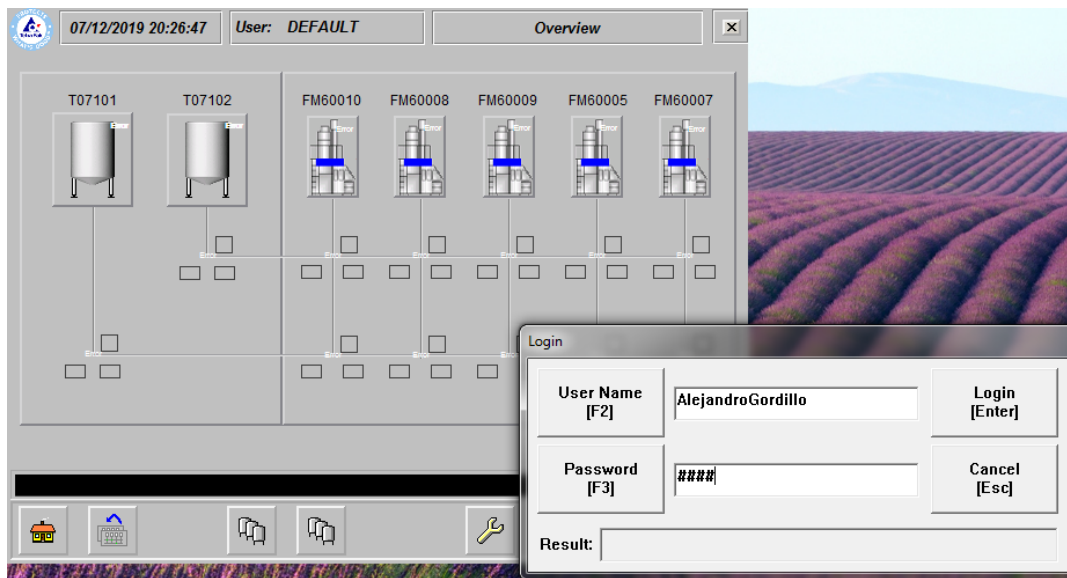


Figura 136 Navegación en el Sistema Scada Factory Talk (pantalla de inicio de sesión)

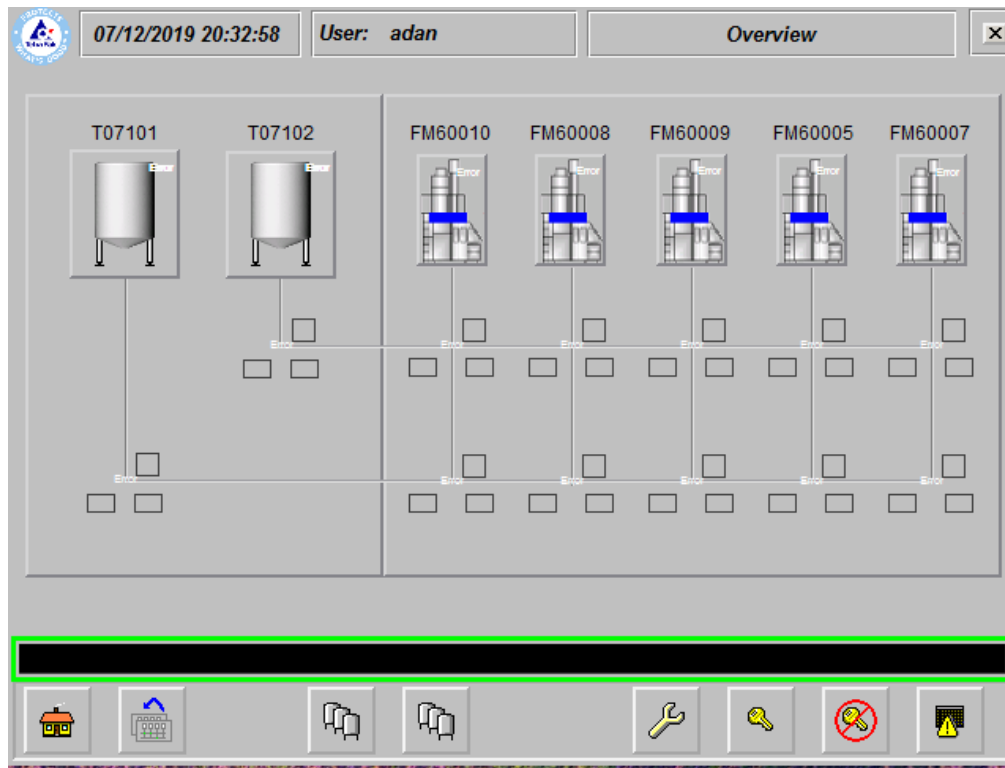


Figura 137 Navegación en el Sistema Scada Factory Talk (inicio de sesión con usuario Adan)

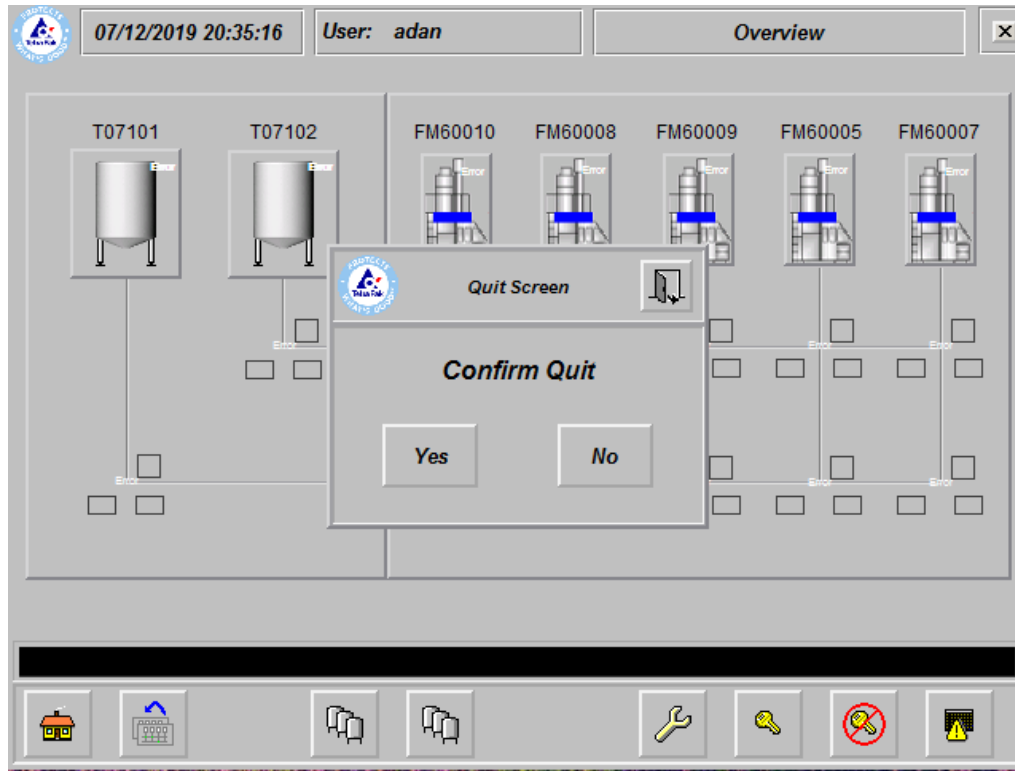


Figura 138 Navegación en el Sistema Scada Factory Talk (pantalla de salida)