



UNIVERSIDAD NACIONAL PEDRO RUIZ GALLO
FACULTADA DE CIENCIAS FÍSICAS Y MATEMÁTICAS
ESCUELA PROFESIONAL DE INGENIERÍA ELECTRÓNICA



TITULO:

CONTROL Y SUPERVISIÓN AUTOMATIZADO PARA LA INTEGRACIÓN DE LOS
SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA PARA INYECCION DEL
LABORATORIO FARMACÉUTICO MEDIFARMA S.A.

TESIS:

Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico.

PRESENTADA POR:

BACH. GONZALES SANTACRUZ SERGIO.
BACH. MALCA PAZ SAUL.

TESIS
Para Optar el Título Profesional de Ingeniero Electrónico

Presentada por:
Bach. Gonzales Santacruz Sergio
Bach. Malca Paz Saul

Aceptada por la Escuela Profesional de Ingeniería Electrónica

Ing. Martin Nombera Lossio
ASESOR

Ing. Manuel J. Ramírez Castro
PRESIDENTE

Ing. Lucia I. Chaman Cabrera
SECRETARIO

Ing. Oscar U. Romero Cortez
VOCAL

Bach. Sergio E. Gonzales Santa cruz
AUTOR

Bach. Saul Malca Paz
AUTOR

LAMBAYEQUE – PERU
2015

A DIOS

Por haber dado la salud, fortaleza y el valor necesario para poder salir adelante de cualquier situación que se me ha presentado en mi vida.

Por haberme acompañado en todo momento y permitirme concluir esta etapa de mi vida

Por permitirme conocer a tantas personas que en algún momento de mi vida me han brindado su apoyo y de las cuales he aprendido tanto.

A MIS PADRES

Por su apoyo incondicional a lo largo de mi vida.

Por todos los sacrificios, privaciones, tristezas y desvelos por los cuales tuvieron que pasar y soportar para brindarme una educación no solamente académica sino en mi persona.

Por los cuidados y el gran amor que siempre me han dado, por gracias a todo eso he logrado alcanzar mi objetivos.

A MIS HERMANOS, FAMILIARES y AMIGOS

Por sus palabras de aliento en el momento que más lo necesitaba.

A LA ESCUELA DE INGENIERIA ELECTRONICA DE LA UNPRG

Por sus competente instrucción académica y ética, y por todos los conocimientos brindados durante el tiempo que estuve en ella

Y a todos aquellos que participaron directa o indirectamente en la elaboración de esta tesis.

A DIOS.

Por dame la fortaleza, paciencia y salud, para afrontar los retos de la vida y permitirme lograr mis

A MIS PADRES Y HERMANOS.

Con todo mi amor y respeto para las personas que hicieron todo en la vida para que yo pudiera lograr mis metas, por motivarme y su apoyo incondicional en cada una de mis decisiones. Además sé que por más lejos que este, siempre tendré un lugar a donde volver y una familia que me espera, a ustedes por siempre mi corazón y mi agradecimiento.

EPIE - UNPRG

A la escuela Profesional de Ingeniera Electrónica, por aquellos años de formación académica llena de retos constantes, a mis maestros por sus conocimientos compartidos y a mis compañeros por su amistad y apoyo.

Y a todas aquellas personas que me brindaron su apoyo y confianza, por sus críticas y conocimientos compartidos que ayudaron de alguna manera a construir este proyecto.

TABLA DE CONTENIDO

RESUMEN	9
ABSTRACT	10
INTRODUCCIÓN	11

Capítulo I: ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN

1.1.SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.	14
1.1.1. Descripción Actual.	14
1.1.2. Problemática Actual.	18
1.2.ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.	19
1.3.FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.....	23
1.4.JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.	23
1.5.OBJETIVOS.....	24
1.5.1. Objetivo General.....	24
1.5.2. Objetivos Específicos.	24
1.6.HIPÓTESIS.....	25
1.7.VARIABLES Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.....	25

Capítulo II: MARCO TEORICO

2.1.CONTROL DE DESINFECCIÓN DEL AGUA POTABLE.....	27
2.2.TRATAMIENTO DE AGUA GRADO FARMACÉUTICO [2].	28
2.3.REDES DE COMUNICACION INDUSTRIAL.....	31
2.3.1. Pirámide CIM (Computer Integrated Manufacturing).	31
2.3.2. Tipos de Sistemas de Control.....	32
2.3.3. Modelo OSI Para Comunicaciones Industriales.....	33
2.3.4. Normas Físicas.....	35
2.4.RED DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL PROFIBUS.	36

2.4.1.	Profibus DP (Periferia Distribuida).....	37
2.4.2.	Versiones de Profibus DP.....	38
2.4.3.	Control de Acceso al Medio.....	39
2.4.4.	Configuración de Tramas.	40
2.4.5.	Servicio de Transferencia de Datos.....	42
2.4.6.	Tiempo de Ciclo de Bus.....	44
2.1.	INDUSTRIAL ETHERNET.	48
2.1.1.	Fast Ethernet.....	49
2.1.2.	Gigabit Ethernet:.....	50
2.1.3.	Protocolos de Comunicación.	51
2.2.	SISTEMA SCADA.....	53
2.2.1.	Ventajas del Sistema SCADA.....	54
2.2.2.	Funciones del Sistema SCADA.	55
2.2.3.	Tipos de Sistemas SCADA.....	57
2.2.4.	Partes del Sistema SCADA.	58
2.2.5.	Criterios de Elección.....	60
<p>Capítulo III: DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL</p>		
3.1.	PLANIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE LAS REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.	63
3.1.1.	Primera Etapa.....	63
3.1.2.	Segunda Etapa.....	64
3.1.3.	Tercera Etapa.....	66
3.1.4.	Dispositivos de control para las Etapas 1 y 3.	67
3.2.	ARQUITECTURA DE LA RED.....	69
3.3.	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE LA RED PROFIBUS DP.....	71

3.3.1.	Velocidad de Transmisión Profibus DP.	72
3.3.2.	Topología de la Red Profibus DP [3].	73
3.3.3.	Maestro de la red Profibus DP.....	74
3.3.4.	Esclavo de la red Profibus DP.	75
3.3.5.	Tiempo de Ciclo de Bus.....	75
3.3.6.	Cables para Redes Profibus DP.	76
3.3.7.	Conectores de Bus para Redes Profibus.....	79
3.3.8.	Terminales Activos para Redes Profibus.....	81
3.4.	REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE LA RED INDUSTRIAL ETHERNET. ...	81
3.4.1.	Velocidad de Transmisión Industrial Ethernet.	81
3.4.2.	Topología de la Red Industrial Ethernet.	82
3.4.3.	Cables para Redes Industrial Ethernet.	82
3.4.4.	Conectores de Bus para Redes Industrial Ethernet.....	85
3.5.	SELECCIÓN DE COMPONENTES DE RED.....	86
3.5.1.	Componentes Pasivos de la Red.....	87
3.5.2.	Componentes Activos de la Red.....	89
3.6.	CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE DISPOSITIVOS.	94
3.6.1.	Configuración de la Red Profibus DP.	97
3.6.2.	Configuración de la Red Industrial Ethernet.	101
3.6.3.	Programación del PLC S7-300 (ETAPA 1 Y 3).....	102
3.6.4.	Programación del PLCs S7-1200 (OSMOIPA 1 y 2).....	107
3.7.	EVALUACIÓN DE COSTOS PARA LAS REDES INDUSTRIALES.....	111

Capítulo IV: DISEÑO DEL SISTEMA SCADA

4.1.	SELECCIÓN DE SOFTWARE SCADA.....	113
4.1.1.	Software de Ingeniería SIMATIC WinCC (TIA PORTAL).....	113

4.1.2. Software de Visualización SIMATIC WinCC Runtime.....	115
4.2. DISEÑO DEL SCADA.....	118
4.2.1. Menú Principal.	120
4.2.2. Etapa 1.	121
4.2.3. Etapa 2.	123
4.2.4. Etapa 3.	125
4.2.5. Fallas y Alarmas.	128
4.3. EVALUACIÓN DE COSTOS PARA EL SISTEMA SCADA.....	131

Capítulo V: RESULTADOS Y CONCLUSIONES

6.1. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION.	133
6.2. CONCLUSIONES.	139
6.3. RECOMENDACIONES.....	140
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	141
Anexo - A: TÉRMINOS Y DEFINICIONES.....	143
Anexo - B: FOTOS DE MÁQUINAS Y EQUIPOS	145
Anexo - C: PLANOS Y DIAGRAMAS.....	151
ÍNDICE DE IMÁGENES	156

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación está orientado al diseñar y simular un sistema de control y supervisión para integrar los procesos de producción y distribución de agua para inyección del Laboratorio “MEDIFARMA S.A. – ATE” para hacerlo más eficiente.

Para lograr nuestro objetivo se diseñó el sistema de control y supervisión de los procesos de producción y distribución de agua para Inyección en el Laboratorio “MEDIFARMA” utilizando el software STEP 7 V13 SP1 (TIA Portal), WinCC Advanced V13 SP1 (TIA Portal) respectivamente; requiriéndose para la implementación los siguientes materiales e instrumentos: PLC SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP, Modulo SIMATIC DP ET-200M / IM 153-1, tarjeta de comunicación CP1623.

Finalmente se pudo concluir que la investigación nos permitió demostrar que la implementación del sistema SCADA en el laboratorio MEDIFARMA acelerara el rendimiento en la producción y distribución de agua para inyección.

ABSTRACT

The objective of the present investigation was oriented to desing and simulate a control and supervision system to integrate the processes of production and distribution of water for injection lab “MEDIFARMA S.A. – ATE” of make it more efficient.

To archieve our objective was designed control and supervision system of the production and distribution processes of water for injection en the lab “MEDIFARMA” used software STEP 7 V13 SP1 (TIA Portal), WinCC Advanced V13 SP1 (TIA Portal) respectively, requiring for implementation the following materials and intruments: PLC SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP, module SIMATIC DP ET-200M / IM 153-1, communication card CP1623.

Finally, was posible to conclude that the investigation allowed us to demonstrate that the implementation of the SCADA sytem in the lab “MEDIFARMA” will accelerate the production output of water for injection.

INTRODUCCIÓN

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito el estudio y optimización del funcionamiento actual de los Sistemas de Producción y Distribución de Agua para Inyección (WFI) del Laboratorio Farmacéutico Medifarma SA, ubicado en Av. Santa Rosa 390, Ate, Lima. En concreto la investigación que presentamos fue concebida para plantear el Diseño de un Sistema de Control y Supervisión Automatizado que sirva como base para la integración de los sistemas de Producción y distribución de Agua para Inyección del Laboratorio Farmacéutico MEDIFARMA SA.

De este modo todo el planteamiento y desarrollo de esta tesis está fundamentada en la siguiente interrogante que da sentido y forma a todos nuestros planteamientos. ¿De qué manera el Control y Supervisión Automatizado, mejorará la Integración de los Sistemas de Producción, y Distribución de Agua para Inyección del Laboratorio Farmacéutico MEDIFARMA S.A.?

Esta pregunta, a buen seguro, se presta a múltiples respuestas y a variados planteamientos, pero el caso que nos ocupa, cabe destacar de ella un tratamiento que procede de nuestra formación como Ingenieros Electrónicos en el área de Control e Instrumentación Industrial.

Con lo antes expuesto la hipótesis demostrada en el presente trabajo es: Si se diseña un Sistema de Control y Supervisión Automatizado entonces se integrara los Sistemas de Producción y distribución de Agua para Inyección del Laboratorio Farmacéutico MEDIFARMA S.A.

El alcance del presente trabajo es de tipo teórico/practico. Diseño basado en documentación técnica de SIEMENS AG, entre otros antecedentes que dan sustento a nuestros planteamientos, así como también la utilización de la plataforma TIA Portal Ver.13 para la programación y simulación. Comprobando de esta manera la hipótesis arriba mencionada.

La estructura del presente informe de investigación está basado en el esquema oficial del Centro de Investigación de la Facultad de Ciencias Físicas y Matemáticas de la Universidad Nacional Pedro Ruiz Gallo el cual presente la siguiente estructura:

Capítulo I : ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN.

Capítulo II : MARCO TEÓRICO.

Capítulo III : DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.

Capítulo IV : DISEÑO DEL SISTEMA SCADA.

Capítulo V : RESULTADOS Y CONCLUSIONES.



ASPECTOS DE LA INVESTIGACIÓN

Capítulo I

1.1. SITUACIÓN PROBLEMÁTICA.

1.1.1. Descripción Actual.

Los sistemas de producción y distribución de agua en la industria farmacéutica, deben monitorizar con frecuencia la calidad química, microbiológica y cuando corresponda la contaminación por endotoxinas de las fuentes de agua y agua producida. Se debe monitorear también el desempeño de los sistemas de producción y distribución del agua. Garantizando de esta manera que el agua producida, almacenada y distribuida sea libre contaminación ya sea química, física o microbiológica.

El laboratorio Farmacéutico MEDIFARMA SA es una empresa dedicada a la fabricación de productos farmacéuticos, para el mercado nacional y extranjero. Actualmente cuenta dos plantas de Producción, de Agua para Inyección (WFI), Planta N° 1 (Accuaproduc y Osmoipa 1) y Planta N° 2 (Osmoipa2).

Las etapas para obtener Agua para Inyección, están dadas de la siguiente manera:

ETAPA DE PRODUCCIÓN.

Comprende desde la extracción de agua de los pozos subterráneos N° 1 y N° 2, pasando por diversos procesos de tratamiento, hasta la fase final de Osmosis Inversa. La etapa de producción comprende los siguientes sistemas:

- **Sistema de Abastecimiento:** El agua se obtiene desde los pozos subterráneos (Pozo profundo N°1 y Pozo profundo N°2) y conducida a través de tuberías adecuadas hacia la Cisterna N°1 de 144m³ de capacidad, construida con concreto y acabado pulido. Se dosifica con hipoclorito de sodio en cantidad adecuadas para potabilizar el agua (según

análisis cualitativo por coloración) y evitar el crecimiento bacteriano del agua almacenada. Luego dos electrobombas impulsan el agua potable desde la Cisterna N°1, hasta los sistemas OSMOIPA 1 y OSMOIPA 2 respectivamente.

- **Sistema de Tratamiento OSMOIPA N°1:** El sistema OSMOIPA 1, está conformado por un subsistema de pretratamiento llamado ACCUPRODUCT, y el sistema de tratamiento propiamente dicho OSMOIPA 1.

Un Filtro de Arena (filtro multimedia o vortex), que contiene arena y grava de distinto tamaño, con el objetivo de retener las partículas groseras. A la salida del filtro de arena un dosificador inyecta Metabisulfito de Sodio para neutralizar el contenido de cloro en el agua, protegiendo de la oxidación y degradación las membranas de ósmosis inversa del sistema de pretratamiento Accuaproduct.

En el sistema de pre-tratamiento Accuaproduct, el agua continua su paso a través de dos microfiltros de 5µm conectados en paralelo, para eliminar las partículas que pueden afectar el desempeño de las membranas de ósmosis Inversa.

El Agua es sometida a un proceso de Osmosis inversa de Simple Paso, el cual está conformado por cuatro membranas. A su salida se vuelve a inyectar hipoclorito de sodio, para evitar el crecimiento bacteriano del agua que es almacenada en un tanque de acero inoxidable de 15000 L.

Desde el tanque de almacenamiento de agua blanda, el agua es impulsada a través de una electrobomba hasta el sistema de tratamiento OSMOIPA N°1.

Un dosificador inyecta Metabisulfito de Sodio para neutralizar el contenido de cloro en el agua, protegiendo de la oxidación y degradación las membranas de ósmosis inversa, un sensor de ORP regula la inyección

del Metabisulfito de sodio para mantener los valores de ORP alrededor de 200 a 400mV.

El agua pasa a través de un filtro Ultravioleta, de longitud de onda 185 nm es usado para reducir el contenido de T.O.C. (Carbono Orgánico Total).

Seguidamente el agua blanda pasa a través de las Membranas de Ósmosis Inversa del OSMOIPA N°1. Este equipo posee doble paso, con dos (02) membranas por paso, obteniéndose como resultado agua para inyección.

A la salida del equipo de ósmosis inversa, un sensor de conductividad verifica el grado de conductividad del agua que debe mantenerse menor a $1.3\mu\text{S}/\text{cm}$; caso contrario lo desvía al drenaje.

El agua pasa a través de un Filtro Ultravioleta, de longitud de onda de 254 nm, de acción desinfectante y es almacenado los Tanques de Almacenamiento de Agua para Inyección N°1 y N°2, cada uno de 15000L de capacidad

- **Sistema de Tratamiento OSMOIPA N°2:** Una electrobomba impulsa el agua potable desde la Cisterna N°1 hasta el EQUIPO DE OSMOSIS INVERSA OSMOIPA N°2. El agua potable ingresa a la etapa de pre-tratamiento pasando inicialmente a través del Filtro de Arena (filtro multimedia o vortex), que contiene arena y grava de distinto tamaño, con el objetivo de retener las partículas groseras mayores de $20\mu\text{m}$ con una eficiencia de 80%.

A continuación el agua ingresa a un sistema integrado por Ablandadores, que están conectados en paralelo y de funcionamiento por relevo, mientras uno entra en operación el otro inicia la etapa de regeneración, el producto obtenido es llamado agua blanda, libre de Calcio Y Magnesio principalmente.

Por medio del Dosificador, se agrega Hidróxido de sodio para regular el valor del pH del agua según se requiera. El sensor de pH regula la inyección del Hidróxido de sodio para mantener los valores de pH alrededor de 5.5 a 7.

El agua blanda continua su paso a través de los microfiltro de 20 μ m y 5 μ m conectados en serie, para eliminar las partículas que pueden afectar el desempeño de las membranas de ósmosis Inversa.

Por medio del Dosificador, se agrega Metabisulfito de Sodio para neutralizar el contenido de cloro en el agua, protegiendo de la oxidación y degradación las membranas de ósmosis inversa. El sensor de ORP regula la inyección del Metabisulfito de sodio para mantener los valores de ORP alrededor de 200 a 400mV.

El agua pasa a través de un filtro Ultravioleta, de longitud de onda 185 nm es usado para reducir el contenido de T.O.C. (Carbono Orgánico Total).

Seguidamente el agua blanda pasa a través de las Membranas de Ósmosis Inversa. Este equipo posee doble paso. El primer paso cuenta con cuatro (04) membranas y el segundo paso cuenta con dos (02) membranas. Obteniéndose como resultado agua para inyección.

A la salida del equipo de ósmosis inversa, un sensor de conductividad verifica el grado de conductividad del agua que debe mantenerse menor a 1.3 μ S/cm; caso contrario lo desvía al drenaje.

El agua pasa a través de un Filtro Ultravioleta, de longitud de onda de 254 nm, de acción desinfectante y es almacenada en el Tanque de almacenamiento de agua para inyección N°3 de 15000L de capacidad.

ETAPA DE DISTRIBUCIÓN.

Conformado por los tanques de Distribucion de Agua para Inyección N°1, N°2 (Alimentados por OSMOIPA N°1) y N°3 (Alimentado por OSMOIPA N°2).

Desde estos tanques se distribuye el Agua para Inyección, formando tres Loops (anillos) de recirculación que abastecen a todas las diferentes áreas del laboratorio que lo requieran.

- **Limpieza y Sanitización:** Los loops de recirculación de Agua para Inyección, comparten entre sí un Intercambiador de Calor, que es Utilizado para la limpieza y sanitización de las tuberías. La limpieza y sanitización de las tuberías se realiza periódicamente cada 15 días, recirculando Agua para Inyección, con temperaturas superiores a 80°C.

1.1.2. Problemática Actual.

Las etapas Producción, y Distribución de Agua para Inyección (incluyendo algunas sub-etapas), están controladas por sistemas de control y/o supervisión independientes entre sí, lo cual genera:

- Falta de una coordinación automática entre sub-etapas. Requiere que los operadores supervisen constantemente las fases para garantizar el funcionamiento de todo el sistema.
- Difícil identificación y aislamiento de fallas.
- Alto costo de mantenimiento y operación.

En el sistema de Abastecimiento de la etapa de producción, la dosificación de cloro para la potabilización del agua es de manera constante (a través de un electrobomba dosificadora) sin ningún control automático que supervise la concentración de cloro libre disuelto (Concentración de Cloro libre no menor a 0.5 mg/L).

En la etapa de distribución, se verifica la falta de un control/supervisión en tiempo real, de los parámetros de especificación de Agua WFI, que recircula en los loops de distribución. Se detectaron casos de pérdidas en la producción, por agua WFI fuera de especificación no detectada a tiempo.

Cabe recalcar que el agua WFI, es analizada microbiológicamente todos los días a lo largo de todo su recorrido; pero obtener los resultados de su análisis toma su tiempo, por esta razón es que se hace énfasis en la falta de un sistema de control y supervisión en tiempo real.

1.2. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

ANTECEDENTE 01

TITULO:

DISEÑO DE PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA DE OSMOSIS INVERSA PARA LA EMPRESA DOBER OSMOTECH DE COLOMBIA LTDA. (2011).

AUTOR:

JOSE ALBERTO MORENO BENAVIDES.

OBJETIVOS:

- Diseñar un sistema Mecatrónico de planta de osmosis inversa, incluyendo todas las etapas de filtrado y tratamiento de agua, para la empresa DOBER OSMOTECH.
- Desarrollar simulaciones de programación del control e interfaz (HMI) de la planta de osmosis inversa.

CONCLUSIONES:

- En la etapa de investigación realizada, se obtuvieron datos importantes con lo que respecta al desarrollo tecnológico de las plantas de osmosis inversa en el mundo, así como el funcionamiento y las aplicaciones que dichas plantas tienen en el mercado, ya sea nivel industrial o doméstico. Entre las aplicaciones más relevantes, se encontraron, el tratamiento de aguas para sistemas con alimentación de calderas o sistemas a vapor, el cual es el mercado primario en el proyecto; industrias farmacéuticas y alimenticias, desalinización de agua de mar, agua ultra pura para

laboratorios y muchas otras más, siendo estas últimas aplicaciones mercados secundarios y complementarios del proyecto.

- A la hora del desarrollo de las diferentes alternativas de diseño, factores tales como la robustez de los equipos de control, la visualización grafica en tiempo real del proceso y la instrumentación adecuada, fueron determinantes para la selección de un concepto apropiado.
- Por medio de especificaciones tales como la dureza del agua a tratar, la fuente de agua cruda y la cantidad de caudal deseado y a través de herramientas matemáticas, se llegó a concluir las medidas exactas de cada uno de los tanques que conforman el pre-tratamiento de agua, filtrado que antecede al proceso de osmosis inversa como tal y que es de vital importancia para la obtención de los mejores resultados del agua.
- Por su robustez industrial y por la facilidad de manejo con fechadores y temporizadores, los controladores PLC fueron el sistema de automatización más confiable y adecuado para la automatización del proceso de las plantas de tratamiento de agua de osmosis inversa, de igual manera los data panel de las misma gama de los PLC, son el medio más práctico para la interacción grafica entre el usuario u operario y el proceso.

ANTECEDENTE 02

TITULO:

DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DE UN SISTEMA AUTOMATIZADO PARA LA DOSIFICACIÓN DE CLORO EN EL TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE EN LA COMUNIDAD SAN VICENTE DE LACAS” RIOBAMBA – ECUADOR 2012.

AUTOR:

CHAUCACHICAIZA ALEX FERNANDO
OROZCO CANTOS LENIN SANTIAGO

OBEJTIVO:

- Diseñar e implementar un sistema automatizado para la dosificación de cloro en el tratamiento de agua potable en la comunidad San Vicente de Lacas.

CONCLUSIONES:

- La desinfección con cloro gaseoso es el método más adecuado en el tratamiento de agua por ser muy estable, tener una concentración del 99% y además permitir obtener un residual de cloro en la red de distribución; garantizando de esta manera la calidad del líquido vital y además mejorar las condiciones de vida de quienes la consuman.
- Los factores que determinan la selección y dimensionamiento de los equipos que conforman el sistema automatizado de cloración son el caudal de trabajo de la planta de tratamiento y la demanda de cloro que requiera el agua
- La operación de los equipos de cloración es bastante sencilla, pero exige precaución debido a la toxicidad del gas que se está manipulando. Así mismo el mantenimiento no es demandante, en cuanto a los equipos electrónicos que principalmente requieren un ambiente limpio y una calibración recomendada cada 6 meses. Accesorios hidráulicos como los filtros y rotámetros remotos donde se realiza limpieza e inspecciones visuales; pero que en términos generales se podría decir que el sistema no necesita de un mantenimiento laborioso.

ANTECEDENTE 03

TITULO:

DISEÑO DE LA AUTOMATIZACIÓN DEL EQUIPO DE
TRATAMIENTO DE AGUA DE UNA FÁBRICA DE DULCES
GUATEMALA, AGOSTO 2005

AUTOR:

GUSTAVO ADOLFO RODRÍGUEZ ALARCÓN .

OBJETIVOS:

- Diseño de la automatización de una planta de tratamiento de agua de una fábrica de dulces.
- Aplicar los conceptos de diferentes modos de control automático de equipos y procesos a un sistema de tratamiento de agua.
- Proponer los equipos necesarios para el diseño de la automatización de la planta de tratamiento de agua.

CONCLUSIONES:

- La planta de tratamiento de agua, actualmente, trabaja sin asegurar una calidad de agua adecuada para la generación de vapor en la fábrica de dulces en estudio.
- Con un sistema automático con lazo de retroalimentación de control, tipo apagado/encendido y sus elementos de control, se puede automatizar el equipo de tratamiento de agua actual, garantizando agua con la calidad adecuada para la generación de vapor requerido para la fabricación de dulces.
- Con el diseño propuesto se disminuye el riesgo de daño al equipo generador de vapor, incrementando su eficiencia y vida útil, y generando un ahorro en el gasto de combustible y en los reactivos químicos que, actualmente, se utilizan en el tratamiento interno del agua de relleno.
- Con el conocimiento de los conceptos y aplicaciones de los modos de control automáticos en equipos y procesos, se puede mejorar la eficiencia y facilitar la operación de los sistemas de trabajo actual, en la industria.

1.3. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA.

¿De qué manera el control y supervisión automatizado mejorara la integración de los sistemas de producción y distribución de Agua para Inyección, del Laboratorio Farmacéutico MEDIFARMA SA?

1.4. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN.

El agua posee características químicas singulares, por ejemplo: disolver, absorber, adsorber o suspender gran cantidad de sustancias, por lo cual el control de su calidad química/microbiológica durante su producción y distribución es de vital importancia a fin de cumplir con estándares de calidad exigentes y obtener productos seguros. El Agua para Inyección, es un sistema de apoyo crítico, que es empleado como materia prima, tanto para la manufactura de los productos medicinales (integrando o no la formulación final) como para el lavado de equipos, recipientes y envases primarios.

En lo que respecta a la visión del Laboratorio MEDIFARMA S.A. tiene como objetivo ser reconocida como la empresa de referencia de la industria Farmacéutica Peruana; que satisface los requerimientos terapéuticos de los sectores más amplios de la población, a precios justos. Esto conlleva a una constantemente renovación y/o implementando nuevos equipos y sistemas acordes con farmacopeas internacionales.

Con el aumento de la producción y la apertura de nuevas líneas de producción, en el 2014, Medifarma SA adquirió un nuevo sistema de tratamiento de Agua para Inyección llamada OSMOIPA N°2. Con esta nueva incorporación, actualmente el Laboratorio Farmacéutico Medifarma SA, cuenta con dos sistemas de tratamiento y distribución de Agua para Inyección. A raíz de esto nace la idea de un sistema de control y supervisión automatizado que integre a ambas plantas y todos los sub-sistemas que forman parte del mismo.

Nuestra investigación está orientada al estudio y evaluación de los “Sistemas de Producción y Distribución de Agua para Inyección”, a fin proponer el diseño de un Control Y Supervisión Automatizado que sirva como base para la integración y mejora de dichos sistemas.

La importancia que conlleva la implementación de un control y supervisión que integre los sistemas de producción y distribución de agua para inyección, se verá reflejada en:

- Supervisión en tiempo real de los parámetros de especificación del agua para inyección, garantizando así la calidad de los productos fabricados y facilitando la toma de decisiones.
- Facilitar la identificación y aislamiento en casos de fallas.
- Ahorro en los costos de mantenimiento y operación.

1.5. OBJETIVOS.

1.5.1. Objetivo General.

Diseñar un sistema de control y supervisión automatizado que sirva como base para la integración de los Sistemas de Producción, y Distribución de Agua para Inyección del Laboratorio Farmacéutico MEDIFARMA S.A.

1.5.2. Objetivos Específicos.

- Evaluar el funcionamiento actual de los sistemas de Producción, y Distribución de Agua para Inyección del Laboratorio Farmacéutico Medifarma SA.
- Diseñar una red industrial, para el control, supervisión e integración de los Sistemas de Producción, y Distribución de Agua para Inyección del Laboratorio Farmacéutico Medifarma SA.

- Diseñar un sistema SCADA, como interfaz entre el usuario y los Sistemas de Producción, y Distribución de Agua para Inyección del Laboratorio Farmacéutico Medifarma SA.
- Desarrollar una simulación del Sistema SCADA, para el control y supervisión de los sistemas de Producción y Distribución de Agua para Inyección del Laboratorio Farmacéutico Medifarma SA.
- Realizar la selección de los materiales e instrumentos para la implementación de la red industrial y el sistema SCADA.

1.6. HIPÓTESIS.

Si se diseña un sistema de control y supervisión automatizado entonces se integrara los sistemas de Producción, y Distribución de Agua para Inyección del Laboratorio Farmacéutico MEDIFARMA S.A.

1.7. VARIABLES Y CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS.

Se plantea el siguiente modelo lógico:

$$Si: A \rightarrow B$$

A: Diseño un sistema de control y supervisión automatizado para integrar los Sistemas de Producción y Distribución de Agua para Inyección.

B: Control y supervisión en tiempo real de los sistemas de Producción y Distribución así como también de los parámetros de especificación del Agua para Inyección utilizada en la fabricación de medicamentos. Garantizando de esta manera productos de calidad.



Capítulo II

MARCO TEORICO

Capítulo II

2.1. CONTROL DE DESINFECCIÓN DEL AGUA POTABLE.

En 1971, la OMS adoptó la medida del potencial REDOX como la más fiable para medir la calidad sanitaria del agua potable. La publicación INTERNATIONAL STANDARDS FOR DRINKING WATER (Tercera edición, Ginebra, 1971) afirma:

“Un Potencial Redox de 650 mV (medido con un electrodo platino/calomel), provocará una desactivación casi instantánea de los virus incluso en altas concentraciones” Tal potencial se puede conseguir, incluso con una baja concentración de cloro libre pero sólo con una concentración extremadamente alta de cloro combinado”.

En 1982, el instituto de normalización alemán (DIN) adoptó un nivel ORP 750 mV (medido con electrodo de plata) para las piscinas públicas y comerciales en Alemania; en 1984 fue ampliado a los spas públicos. Desde entonces, numerosos países europeos, entre los que se incluye Francia, han adoptado ese criterio en sus legislaciones.

En 1988, el National Spa and Swimming Pool Institute (NSPI) de EE. UU adoptó la siguiente recomendación:

"Cuando se utilice cloro o bromo como desinfectante primario, ORP se puede utilizar como una medida suplementaria de la actividad desinfectante adecuado. El mínimo recomendado es de 650 mV (no ideal) y no hay máximo. El uso de pruebas de ORP no elimina la necesidad de pruebas el nivel de desinfectante con kits de prueba estándar”

En el 2006 la OMS (Organización Mundial de la Salud) en su publicación “Guías para la calidad del agua potable (Primer Apéndice a la Tercera Edición, Volumen 1)”, define la medición del potencial oxidación-reducción (ORP) como el monitoreo operativo de la eficacia de la desinfección, para

sistemas de distribución de agua potable tal como lo refiere el siguiente apartado:

“También puede medirse el potencial oxidación-reducción (ORP) como parámetro para el monitoreo operativo de la eficacia de la desinfección. Puede definirse un potencial redox mínimo necesario para garantizar una desinfección eficaz. Este valor debe determinarse caso por caso y no pueden recomendarse valores universales. Es muy deseable profundizar en la investigación y evaluación del uso del potencial redox como técnica de monitoreo operativo”.

En el Anexo III, del Reglamento de la Calidad del Agua para Consumo Humano (D.S. N° 031-2010-SA), del Ministerio de Salud del Perú [1], especifica lo siguiente: “El valor máximo permisible de Cloro es de 5 mg/L” y “Para una desinfección eficaz en las redes de distribución la concentración de cloro libre no debe ser menor a 0.5 mg/L”

2.2. TRATAMIENTO DE AGUA GRADO FARMACÉUTICO [2].

El agua en la industria farmacéutica es usada comúnmente tanto para la manufactura de los productos medicinales, integrando o no la formulación final, como para el lavado de equipos, recipientes y envases primarios.

El agua no existe pura en la naturaleza, debido a que por sus propiedades químicas (molécula bipolar y con posibilidad de formar puentes de hidrogeno), es capaz de disolver, absorber, adsorber o suspender numerosos compuestos. Estos contaminantes pueden resultar peligrosos para la salud.

El agua usada en la industria farmacéutica se denomina “Agua de uso Farmacéutico” (Water for pharmaceutical use-WPU), y debe ser preparada a partir de agua potable. El agua de uso farmacéutico a su vez puede tener diferentes calidades dependiendo de la vía de administración de los

productos farmacéuticos. Los contaminantes del agua bruta pueden ser: compuestos inorgánicos (sales como cloruro de sodio, carbonato de Mg y Ca, y metales pesados), compuestos orgánicos (detergentes, solventes, sustancias plásticas), sólidos en suspensión (por ejemplo tierra, arcillas y otros), gases disueltos (nitrógeno, oxígeno, anhídrido carbónico) y microorganismos (algas, protozoarios, bacterias).

El agua grado inyectable es un tipo de agua que presenta características especiales, pues ésta es de una calidad superior al agua potable y purificada. La Farmacopea de los Estados Unidos (USP) identifica varios grados de calidad para el agua por lo que debe ser contundentemente evaluada. Para obtener este producto, el agua debe ser sometida a un tratamiento especial, el agua grado inyectable puede obtenerse por ósmosis inversa o por destilación del agua desmineralizada. Los tipos de agua de uso farmacéutico son:

- Agua purificada – Purified Water (PW).
- Agua para inyección – Water for injection (WFI).
- Agua altamente purificada – Higly Purified Water (HPW).

El agua altamente purificada, tiene las mismas especificaciones que el agua para inyección. La diferencia está en el método de obtención. WFI debe obtenerse por destilación como última etapa, mientras que HPW se obtiene por combinación de otros métodos como ósmosis reversa, deionización y/o ultrafiltración. La USP acepta para WFI, como última etapa en el proceso de purificación, la destilación u ósmosis reversa.

Parámetros	Agua Purificada		Agua para Inyección		Agua Altamente Purificada	
	USP 30	Ph Eur. 7ª Ed.	USP	Ph Eur.	USP	Ph Eur.
Conductividad	$\leq 1.3 \mu\text{S/Cm}$ 25°C	$\leq 5.1 \mu\text{S/Cm}$ 25°C	$\leq 1.3 \mu\text{S/Cm}$ 25°C	$\leq 1.3 \mu\text{S/Cm}$ 25°C	---	$\leq 1.3 \mu\text{S/Cm}$ 25°C
Carbono Organico Total (TOC)	$\leq 0.5 \text{ ppm}$	$\leq 0.5 \text{ ppm}$	$\leq 0.5 \text{ ppm}$	$\leq 0.5 \text{ ppm}$	---	$\leq 0.5 \text{ ppm}$
Endotoxinas(LAL)	---	$< 0.25\text{EU/ml}^{**}$	$< 0.25\text{EU/ml}$	$< 0.25\text{EU/ml}^{**}$	---	$< 0.25\text{EU/ml}^{**}$
Microbiologia	$< 100 \text{ cfu/ml}$	$< 100 \text{ cfu/ml}$	$< 10 \text{ cfu/100ml}$	$< 10 \text{ cfu/100ml}$	---	$< 10 \text{ cfu/100ml}$
Nitratos	---	$\leq 0.2 \text{ ppm}$	---	$\leq 0.2 \text{ ppm}$	---	$\leq 0.2 \text{ ppm}$
Aluminio	---	$\leq 10 \text{ ppb}^*$	---	$\leq 10 \text{ ppb}^{**}$	---	$\leq 10 \text{ ppb}^{**}$
Materiales Pesados	---	$\leq 0.1 \text{ ppm}$	---	$\leq 0.1 \text{ ppm}$	---	$\leq 0.1 \text{ ppm}$

(*)El agua altamente purificada no está definida en la USP.

(**)Para la fabricación de soluciones de Hemodialisis.

2.3. REDES DE COMUNICACION INDUSTRIAL.

Las redes de comunicaciones industriales deben su origen a la fundación FieldBus (Redes de campo). La fundación FieldBus desarrolló un nuevo protocolo de comunicación para la medición y el control de procesos donde todos los instrumentos puedan comunicarse en una misma plataforma.

En la industria moderna, las comunicaciones de datos entre diferentes sistemas, procesos e instalaciones supone uno de los pilares fundamentales para las empresas mejorando su productividad y competitividad en el mercado, ya que su implementación permite obtener beneficios como:

- La reducción de costes de producción.
- La mejora de la calidad.
- La mejora de la productividad.
- La reducción del almacenaje.
- La mejora de la efectividad de sus sistemas.
- La reducción de los costes de operación y mantenimiento.

2.3.1. Pirámide CIM (Computer Integrated Manufacturing).

Existen diferentes niveles de redes de comunicación industrial, que cumplan en cada caso con las exigencias funcionales solicitadas. De ahí nace lo que se conoce como pirámide de las comunicaciones. Esta pirámide, es reconocida por todos los fabricantes de dispositivos para las redes de industrial, está formada por cuatro niveles, que son:

- **Oficina:** Formado básicamente por ordenadores tanto a nivel de oficina como de ingeniería.
- **Planta:** Son ordenadores con aplicaciones específicas para el control de proceso.

- **Célula:** Son todos los componentes inteligentes que intervienen directamente en el proceso.
- **Campo:** Son todos los dispositivos que provocan los movimientos en el proceso productivo.

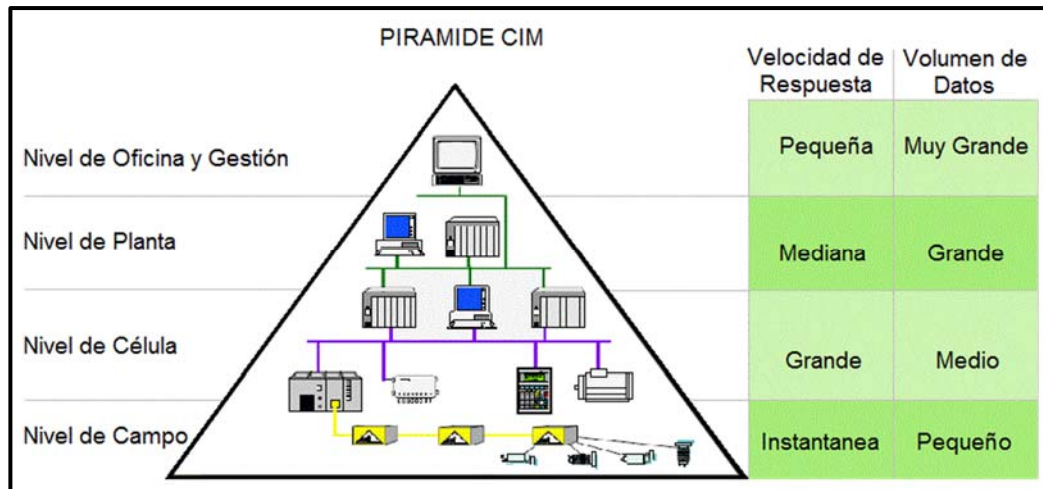


Imagen 1: Pirámide CIM.

2.3.2. Tipos de Sistemas de Control.

Dependiendo de la complejidad del sistema o de los componentes que intervienen en la red de comunicación, podemos clasificar en dos tipos:

- **Sistema Centralizado:** Es cuando el control se realiza por un solo sistema.
- **Sistema Distribuido:** Cuando el control se realiza a través de diferentes sistemas conectados a la red.

Las principales características de estos sistemas son:

CENTRALIZADO	DISTRIBUIDO
<ul style="list-style-type: none"> • Es efectivo mientras el sistema no sea excesivamente grande ni complejo. • Es fácil de mantener, ya que solo hay un único controlador. • Al existir un único controlador, no existen problemas de compatibilidad. • Son muy delicados a fallos; si el controlador falla, todo se detiene. 	<ul style="list-style-type: none"> • Para sistemas grandes o complejos. • La responsabilidad es repartida entre diferentes controladores. • Todos los controladores deben de comunicarse a través de una red. • Su capacidad tiende a ser superior a un sistema centralizado. • Se caracteriza por ser un sistema más flexible que el centralizado. • Se pueden hacer ampliaciones con otros controladores. Cuando estos están programados y con un funcionamiento correcto, entonces se integra en la red de comunicaciones de los demás controladores. • Se puede partir de un sistema básico e ir ampliando a medida que el sistema lo exija, añadiendo módulos u otros controladores. • Permite la integración de dispositivos de diferentes fabricantes comunicables entre sí.

2.3.3. Modelo OSI Para Comunicaciones Industriales.

El modelo de interconexión de sistemas abiertos, también llamado OSI (Open System Interconnection) es el modelo de red descriptivo propuesto por la Organización Internacional de Estandarización (ISO) en el año 1977 y aprobado en el año 1984. Es una normativa formada por siete capas, que define las diferentes fases por las que deben pasar los datos para viajar de un equipo a otro sobre una red de comunicaciones informáticas.

A nivel de las comunicaciones industriales las capas utilizadas son:

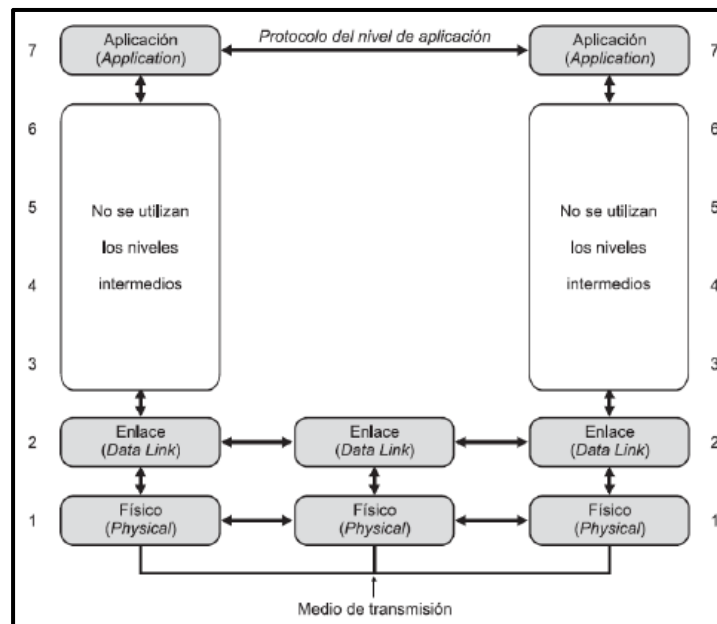


Imagen 2: Modelo OSI – Red Industrial

- **FÍSICA:** Se encarga de la transmisión de bits al canal de comunicación. Define los niveles de la señal eléctrica con la que se trabajará. Controla la velocidad de transmisión (duración de un bit). Esta capa física contiene tres subniveles, que son los siguientes:
 - **MEDIO:** Canal de transmisión, si es cable, FO, radio, etc.
 - **MAU (Media Attachment Unit):** Contiene la electrónica donde se generan o donde se reciben los niveles eléctricos.
 - **PLS (Physical Logical Signal):** Codificación en la emisión de la información binaria a señales eléctricas y decodificación en la recepción de la señal eléctrica a señal digital binaria.
- **ENLACE:** Se encarga de establecer una comunicación libre de errores entre dos equipos. Forma la trama organizando la información binaria y la pasa a la capa física. Esta capa de enlace contiene dos subniveles, que son los siguientes:
 - **MAC (Media Acces Control):** Control del canal de transmisión para que en el momento que esté libre, pueda enviar la información.

- **LLC (Logical Link Control):** Controla y recupera los errores, también codifica la información (hexadecimal o ASCII) a enviar a formato binario o decodifica la información binaria recibida a hexadecimal o ASCII.
- **APLICACIÓN:** Es la capa más próxima al usuario y puede ofrecer servicios tales como correo electrónico, acceso a base de datos, transferencia de ficheros, videoconferencia.

2.3.4. Normas Físicas.

Dentro de lo que es el nivel físico del modelo OSI, y al igual que otros aspectos de la comunicación, la transmisión de datos se encuentra normalizado. Las principales normas utilizadas en las comunicaciones industriales así como sus características se detallan en el siguiente cuadro.

PARAMETROS		RS-232C	RS-422A	RS-485
Modo de trabajo		Unipolar	Diferencial	Diferencial
Número de emisores y receptores		1 emisor 1 receptor	1 emisor 32 receptores	32 emisores 32 receptores
Longitud máxima del cable		15 metros	1.200 metros	1.200 metros
Velocidad de transmisión máxima		20 kbps	Hasta 10 Mbps	Hasta 10 Mbps
Número de líneas		Hasta 25 (datos y control)	Hasta 4 (datos y control por software)	2 (datos y control por software)
Tipo de cable		Cable específico (hilos tantos como señales)	Par trenzado (2 pares)	Par trenzado (1 pares)
Topología que admiten		Punto a punto	Multipunto (punto a punto desde principal a secundarias) Anillo	Punto a punto Multipunto Anillo Bus
Simultaneidad en la transmisión		Simplex Full dúplex Full duplex	Full duplex	Half duplex
Tensión de salida	Sin cargar	+/- 5 V	+/- 2 V	+/- 1.5 V
	Cargado	+/- 15 V	+/- 6 V	+/- 6 V

2.4. RED DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL PROFIBUS.

Profibus (Process Field Bus) es uno de los buses con mayor implantación tanto a nivel europeo como mundial y ha sido desarrollado sobre la base del modelo ISO/OSI (International Standard Organization / Open System Interconnect) para servicio de comunicación de datos.

Se trata de una red estándar, abierta, y transparente que permite la conexión de distintos dispositivos de automatización e independiente de cualquier fabricante. Su creación fue concebida por diferentes empresas y algunas universidades y finalmente derivó en la norma estándar EN 50170 (Europea) e IEC 61158 (Internacional).

Cuenta con tres perfiles distintos que se adaptan a las aplicaciones industriales.

- **Profibus FMS (Fieldbus Message Specification):** Esta implementado en el nivel 7 del modelo OSI. Ofrece servicio de usuario estructurados (semejantes al MMS) para la comunicación abierta en pequeñas células (valores característicos de 10-15 equipos de automatización como autómatas SIMATIC o PCs). En estas configuraciones, lo principal es el voluminoso intercambio de información y no el tiempo de respuesta de los mismos. Hoy en día, con el uso creciente de Ethernet y TCP/IP va relegando este perfil a un segundo plano. El sistema está basado en una estructura Cliente-Servidor.
- **Profibus DP (Distributed Peripheral):** Su aplicación está basada en el intercambio a gran velocidad de un volumen medio de información entre un controlador, que hace las funciones de maestro, y diferentes controladores o diferentes periféricos como son los autómatas programable, módulos de E/S, convertidores de frecuencia, paneles de visualización, etc., que actúan como dispositivos esclavos, distribuidos por el proceso y conectados a una misma red de comunicación. Profibus DP

trabaja dentro de los niveles 1 y 2 del modelo OSI bajo las especificaciones de la norma física RS-485.

- **Profibus PA (Process Automation):** Es un caso ampliado de Profibus DP, diseñado para trabajar en los ámbitos de control de proceso, es decir, en zonas denominadas “Ex” de seguridad intrínseca. Este perfil sigue lo enunciado en la norma IEC 1158-2.

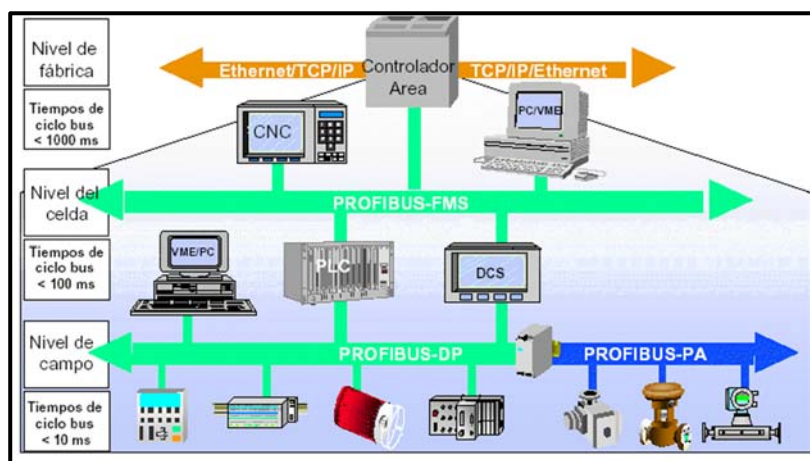


Imagen 3: Perfiles de la red Profibus.

2.4.1. Profibus DP (Periferia Distribuida).

Sistema determinista con tiempos de ciclo entre 5 a 10 ms, que garantiza una comunicación en tiempo real entre los dispositivos de la red.

Utiliza el método maestro-esclavo, para el control de acceso a la red, en donde existe un potente controlador que hace las funciones de maestro de la red y hasta 126 dispositivos conectados a esa misma red que actúan como esclavos.

Los dispositivos maestros son equipos inteligentes o estaciones activas que son los que controlan la red y van interrogando uno a uno a cada uno de sus esclavos, mientras que los esclavos son estaciones pasivas, como módulos de entrada/salida, aunque también puede conectarse a la red como esclavo

un autómata programable, que esperan a ser interrogados por el maestro, ya que éstos no tienen la potestad de iniciar la comunicación.

Cabe distinguir dos categorías distintas de maestros y una de esclavo, como son:

- **Maestro DP clase I:** Tiene asignadas las funciones de control sobre sus esclavos conectados en su red. Normalmente son autómatas programables u ordenadores.
- **Maestro DP clase 2:** Son estaciones cuyas funciones son las de configuración y diagnóstico. Normalmente son terminales de operador o unidades específicas de programación y configuración.
- **Esclavo DP:** Es una unidad de periferia que realiza la lectura de las entradas, normalmente dispositivos de mando y de detección, y envía información a las salidas que a él se encuentran conectadas, normalmente dispositivos de accionamiento.

2.4.2. Versiones de Profibus DP.

Con el ánimo de ir mejorando las prestaciones de este tipo de red, se han ido creando diferentes versiones en las que la DP-V0 es la primera sobre la cual se han ido basando el resto de versiones, como son la DP-V1 y la DP-V2 actual.

- **DP-V0:** El maestro podrá realizar funciones de:
 - Configuración.
 - Parametrización.
 - Lectura cíclica de salidas.
 - Lectura de datos de diagnóstico.
- **DP-V1:** El maestro podrá realizar funciones contempladas para la DP-V0 y, además, realizar funciones de:

- Lectura acíclica.
- Escritura acíclica.
- Reconocimiento o acuse de alarmas.
- **DP-V2:** Aparecida en noviembre de 2002, en la que el maestro podrá realizar funciones contempladas para la DP-V0 y DP-V1, además de realizar funciones de:
 - Sincronización del reloj entre todas las estaciones.
 - Regulación de las comunicaciones directas de datos entre esclavos.

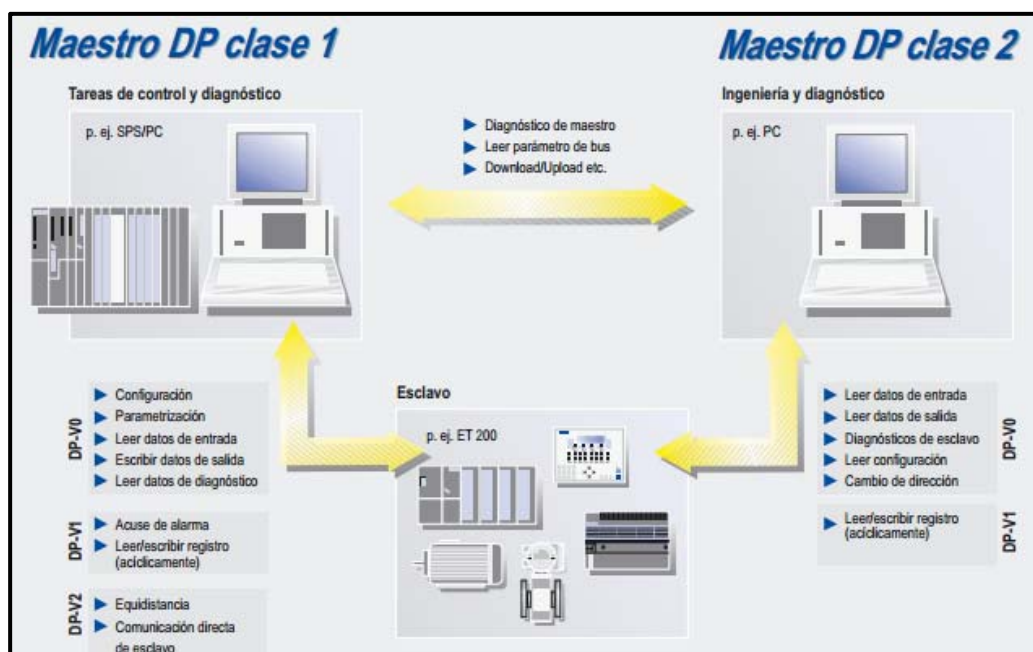


Imagen 4: Versiones de la Red Profibus DP.

2.4.3. Control de Acceso al Medio.

Bus Profibus DP puede estar compuesto de uno o de varios maestros, así como de uno a varios esclavos. Para el control del acceso al medio se utilizan dos sistemas, como son:

- **Token:** Para el paso de testigo. El método de paso de testigo, el acceso al bus es representado por el testigo y asignado a las estaciones activas

(maestro), una tras otra, solo el maestro que tenga el testigo en ese momento puede comunicarse con las otras estaciones activas o pasivas de la red.

- **Maestro-esclavo:** Para la comunicación entre el maestro que posee el derecho de acceso al bus y los esclavos que tiene asignados. El maestro es el que controla la comunicación con el esclavo iniciándola y terminándola.

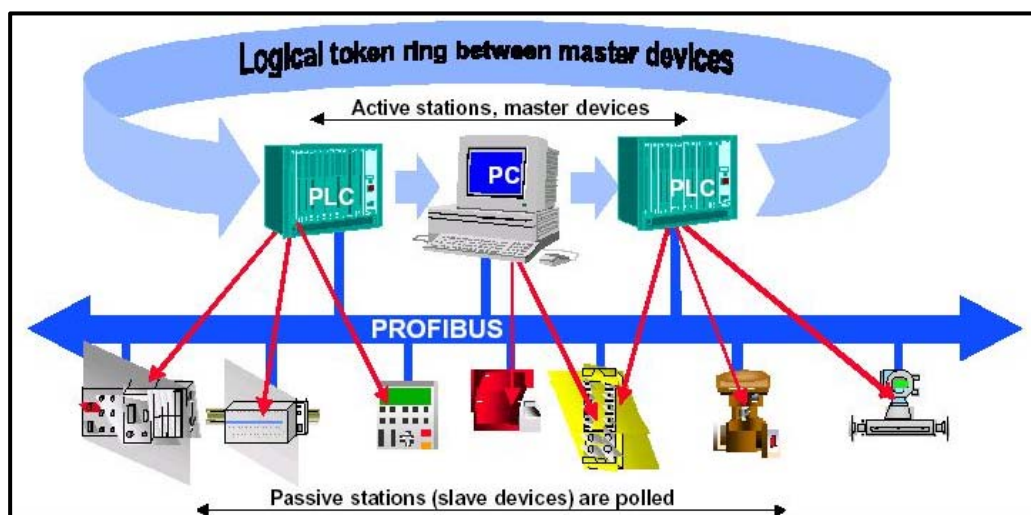


Imagen 5: Acceso al Medio Profibus DP.

2.4.4. Configuración de Tramas.

En Profibus DP la unidad mínima de información es el carácter, los caracteres se agrupan para formar tramas de información denominados mensajes. Estos mensajes consisten en una cadena ordenada de caracteres enviados de acuerdo con las especificaciones de la capa física. Los mensajes admiten 3 tipos de formatos: mensajes de longitud fija sin datos, mensajes de longitud fija con datos y mensajes de longitud variable.

Un mensaje siempre empieza con un delimitador de inicio SD (Start Delimiter) y termina con el delimitador de fin del mensaje (End Delimiter). Los mensajes poseen los siguientes campos:

- **DA, Destination Address:** Dirección de destino, que identifica al receptor del mensaje.
- **SA, Source Address:** Dirección de origen, que identifica al emisor del mensaje.
- **FC, Frame Control:** Control de mensaje, que indica al receptor el tipo de mensaje; aquí también se incluye la prioridad del mensaje y el control de la información.
- **FCS, Frame Check Structure:** Estructura de comprobación de mensaje, que sirve para verificar la consistencia de los datos recibidos.

Mensaje de longitud fija sin datos: Es un mensaje de llamada (call Frame) sin campo de datos, este mensaje es el más corto posible. La estación receptora reconoce la recepción del mensaje transmitiendo un mensaje con un único carácter (SC).

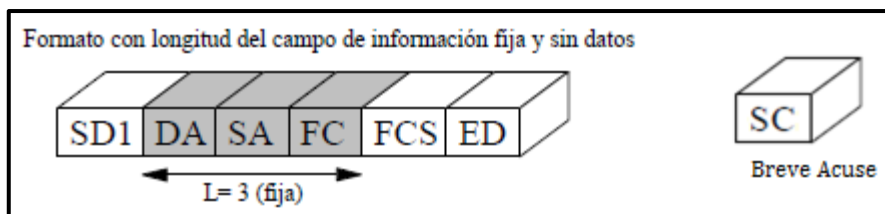


Imagen 6: Trama Fija sin Datos.

Mensaje de datos con mensaje de con longitud fija que permite el envío de 8 caracteres de datos.

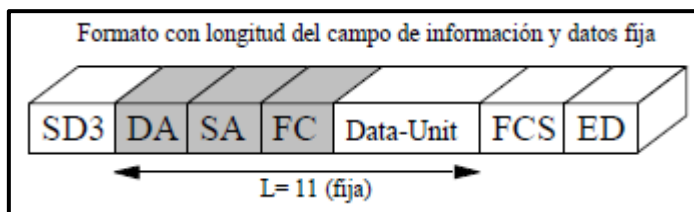


Imagen 7: Trama Fija con Datos.

Mensaje con datos de longitud variable que se caracteriza por poseer adicionalmente los campos LE, Length Byte y LEr, Repetition of the Length Byte. Contiene un valor que varía entre 4 a 249 caracteres.

Un mensaje puede utilizar la máxima longitud permitida en la capa 2, que es de 255 caracteres, de los cuales la longitud máxima de datos es de 246 bytes.

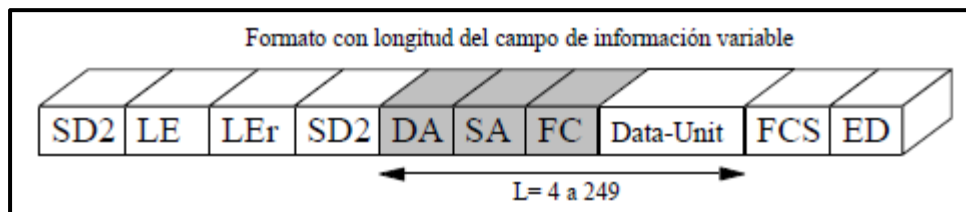


Imagen 8: Trama de Longitud Variable.

2.4.5. Servicio de Transferencia de Datos.

Además de controlar el acceso al medio y el tiempo de rotación del testigo, en la capa Fieldbus Data Link (FDL) existen los servicios de transferencia de datos que pueden ser acíclicos o cíclicos disponibles para el usuario a través de dicha capa.

Servicio	Descripción	DP-V0	DP-V1	DP-V2	FMS
SDN	Send Data with No acknowledge	X	X	X	X
SDA	Send Data with Acknowledge	(X)			X
SRD	Send and Request Data	X	X	X	X
CSRD	Cyclic Send and Request Data				X
MSRD	Send and Request Data with Multicast Reply			X	
CS	Clock Synchronization		X	X	

- **Mensajes Acíclicos:** Estos mensajes permiten el intercambio de datos de alta prioridad, por tanto críticos en cuanto al tiempo de respuesta. La comunicación acíclica se realiza en forma no periódica. Dentro de este modo se distinguen tres servicios de comunicación.
 - **Servicio SDN, Envío de datos sin acuse de recibo:** Además de enviar datos a una sola estación se utiliza principalmente para enviar a todas las estaciones (broadcast), o a un grupo de ellas (multicast).

Desde la estación activa se envía mensajes de difusión a varias o a todas las estaciones; razón por la cual no recibe confirmación. Esta forma de servicio SDN es importante para el funcionamiento en tiempo real de la red Profibus, y se denomina de respuesta inmediata.

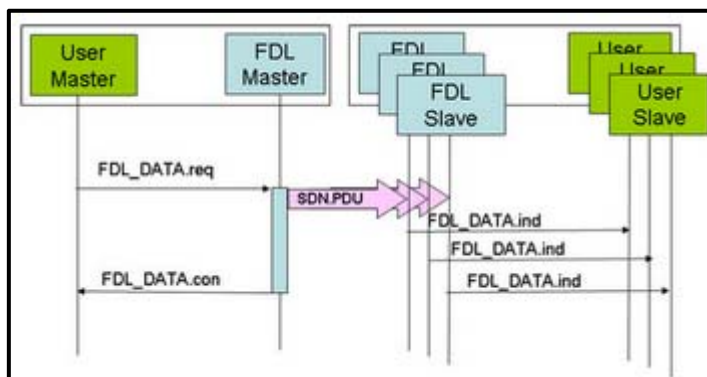


Imagen 9: Servicio SDN.

- **Servicio SDA, Envío de datos con acuse de recibo:** Es un servicio básico mediante el cual una estación activa (estación que tiene actualmente el derecho de acceso al bus) puede enviar un mensaje a otro usuario del bus y recibir un acuse de recibo (SC: Short Confirmation) inmediatamente a cambio, dado que el interlocutor no puede responder directamente con los datos. Este servicio se utiliza principalmente entre maestros activos.

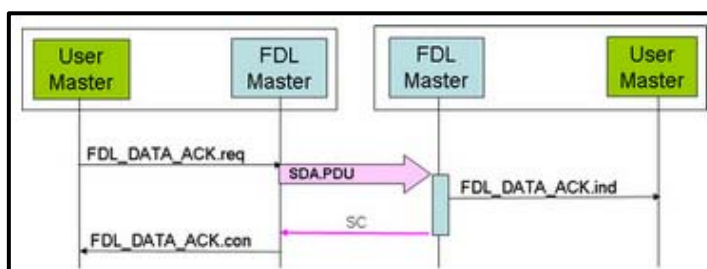


Imagen 10: Servicio SDA.

- **Servicio SRD, Envío y solicitud de datos con la respuesta:** Permite a la estación activa transmitir y al mismo tiempo solicitar datos a una estación pasiva. Los datos solicitados se envían conjuntamente con la respuesta. Como caso especial de este servicio, una estación puede solamente solicitar datos de otra estación enviándole un mensaje vacío.

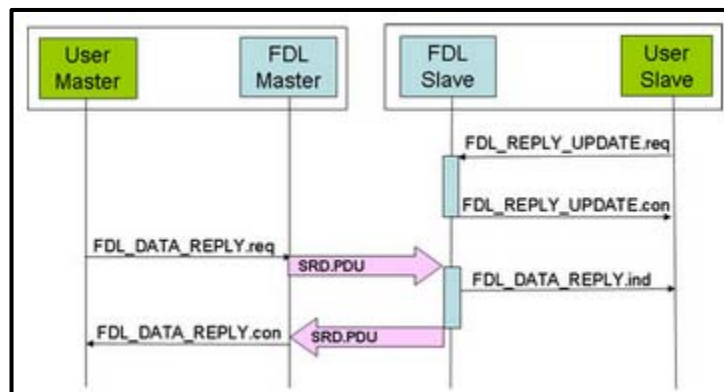


Imagen 11: Servicio SDR.

- **Mensajes Cíclicos:** Estos mensajes permiten el intercambio periódico de datos de baja prioridad, y por lo tanto no críticos en cuanto al tiempo de respuesta. Los mensajes son principalmente del tipo CSRD (Cyclic Send and Request Data).
 - **CSRD, Envío y petición de datos cíclicos:** Es un servicio definido en las primeras definiciones de PROFIBUS; sin embargo, en la actualidad este servicio está prácticamente en desuso.
- **Servicio MSRD:** Envío y petición de datos con Respuesta Multicast.
- **Servicio CS:** sincronización del relojs.

2.4.6. Tiempo de Ciclo de Bus.

Una de las características esenciales del Profibus DP es la comunicación determinística, ya que podemos calcular el tiempo del ciclo de bus.

Durante un ciclo de bus todos los datos se intercambian entre el master y los esclavos (intercambio de datos cíclicos normales), o esclavo a esclavo (únicamente para DP-V2).

El cálculo del tiempo del ciclo de bus se realiza con la velocidad de transmisión seleccionada (por lo general hasta 1500 kbps). Las tasas de transmisión superiores a 1,5 Mbps, sólo deben seleccionarse si el tiempo de

respuesta del sistema del proceso requiere un tiempo de ciclo de bus más corto.

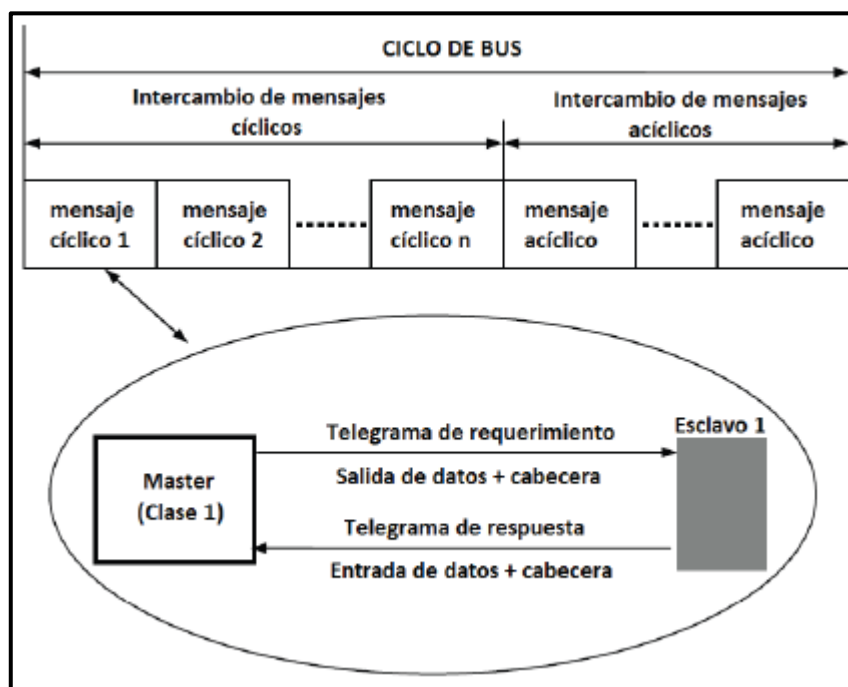


Imagen 12: Ciclo de Bus.

La comunicación entre el metro y los esclavos siempre incluye la transmisión de 2 telegramas: datos de entrada y datos de salida, estos datos del proceso son empaquetados.

La cantidad de datos de proceso a transmitir depende de los datos de entrada y salida de los esclavos. Los dispositivos inteligentes por lo general tienen entre 2 y 20 bytes de datos de entrada y salida. El volumen de datos de proceso de E / S remotas depende del equipo y puede ascender hasta un máximo de 244 bytes.

El tiempo del ciclo del bus requerido esencialmente por la comunicación depende de los siguientes factores:

- Numero de esclavos.
- Velocidad de transmisión.

- Medio físico del bus.
- Volumen de Datos.

El cálculo exacto del tiempo de ciclo de bus se realiza normalmente utilizando programas de cálculo específicos del fabricante. Pero con el fin de proporcionar una estimación referencial del tiempo de ciclo de bus para PROFIBUS DP, se puede emplear la siguiente formula con un enfoque simplificado que considera solo los mensajes cíclicos.

$$t_{Ciclo\ Partial\ DP} = \frac{\sum_{i=1}^n Tel_OV + Bit_DP(L_o + L_I)_i}{Velocidad\ de\ Transmisión}$$

Tel_OV : Telegramas de encabezado (317 bits).

Bit_DP : Formato de Datos Profibus DP (11).

(Lo + Li) : Byte de entradas/salidas del esclavo.

n : Número total de esclavos.

Velocidad de Transmisión : En kbps.

T_{Ciclo Partial DP} : Tiempo de ciclo en ms.

La fórmula fue recopilada de la guía “PROFIBUS Installation Guideline for Planing” (Versión 1.0 Agosto 2009), Publicada por: PROFIBUS Nutzer organisation e.V. (PROFIBUS User Organization) [3].

La siguiente grafica representa una descripción grafica de la formula anterior, para diferentes velocidades de trasmisión y se asume que cada esclavo usa 5 bytes de datos de entrada y de salida.

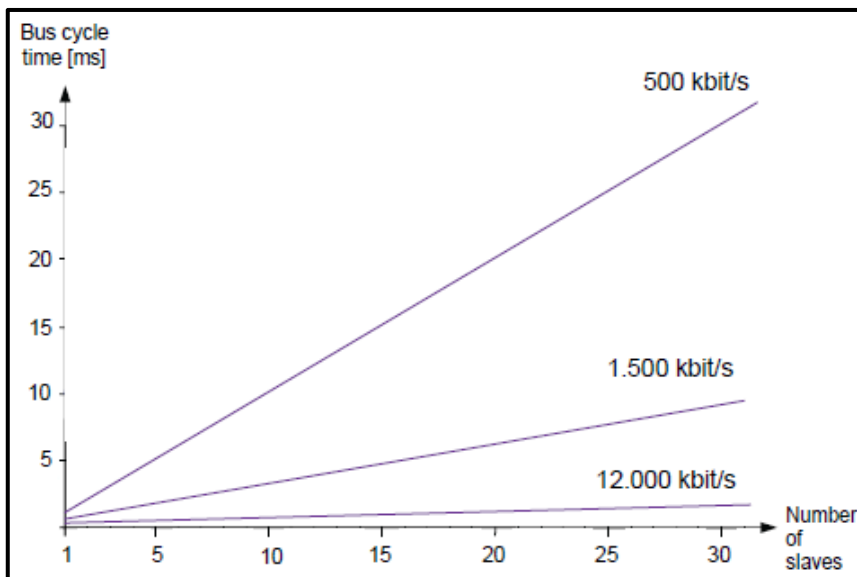


Imagen 13: Curvas de Ciclo de Bus.

R

ESTÁNDAR		PROFIBUS DP
Método de Acceso		Paso por testigo con maestro-esclavo
Velocidad de Transmisión		9,6 kbit/s- 12 Mbit/s
Tiempo de Ciclo		Entre 5 y 10 ms
Volumen de Datos		Hasta 246 bytes
Medio de Transmisión	Eléctrico	Cable de dos hilos apantallado
	Óptico	Cables de FO (cristal y plástico)
	Sin hilos	Infrarrojos
Máx. N° de Nodos		32 estaciones por segmento y hasta un total de 126 nodos
Tamaño de la Red	Eléctrica	Máx. 9,6 km (depende de velocidad)
	Óptica	150 km (depende de velocidad)
Topologías		Bus, árbol, estrella, anillo, anillo redundante
Aplicaciones		Comunicación de proceso, campo o datos

2.1. INDUSTRIAL ETHERNET.

El término "Industrial Ethernet" cubre una serie de ampliaciones del estándar Ethernet IEEE 802.3 con el que la comunicación adecuada para un entorno industrial se implementa. Los objetivos principales son los siguientes:

- Transmisión de datos determinístico - garantizando tiempos de respuesta y tasa de datos.
- Controles de seguridad contra fallos en los componentes.
- Las topologías de red adaptadas a una planta en particular con el énfasis lineal (bus), estructuras de red redundantes.

Los componentes de la red deben cumplir los siguientes requisitos:

- Los equipos deben ser diseñados para la industria, por ejemplo, contactos de señalización, cables protegidos y conectores.
- Capacidad de soportar condiciones ambientales extremas, por ejemplo temperaturas extremas, vibraciones, polvo, humedad, interferencias electromagnéticas.

Ethernet fue desarrollado para el entorno de oficina y está sujeto a ciertas restricciones debido a sus orígenes. Por lo tanto, Industrial Ethernet ofrece expansiones significativas de la tecnología Ethernet para el entorno industrial:

- Protección de la inversión mediante la conexión de los sistemas de bus de campo existentes.
- Componentes de red, para su uso en un entorno industrial duro.
- Conexión robusta y simple en el sitio (Ejemplo: sistema de cableado FastConnect con tecnología RJ-45).

- Alto rendimiento de la transmisión, incluso con un gran número de nodos, gracias a la disponibilidad de extremo a extremo de los componentes con velocidades de transmisión de 100 Mbps cumpliendo con Fast Ethernet y 1000 Mbps con Gigabit Ethernet en todos los componentes de la red.
- Ethernet con capacidad en tiempo real.
- Conceptos de seguridad integradas para la protección contra el acceso no autorizado.
- La alta disponibilidad de la red gracias a la funcionalidad redundante, por ejemplo la redundancia de anillo y fuente de alimentación redundante.
- Supervisión permanente de los componentes de la red con el concepto de señalización sencilla y eficaz.
- Conexión en red de las diferentes áreas de aplicación, tales como la oficina y producción.
- "Rapid Roaming" en Industrial Wireless LAN (WLAN) para entrega extremadamente rápida de nodos móviles entre diferentes puntos de acceso y comunicación de datos cíclica, por lo tanto rápido (iPCF y iPCF-MC).
- Comunicación en toda la empresa con las opciones de vinculación a través de WAN (Wide Area Network) como RDSI o Internet.

2.1.1. Fast Ethernet.

Fast Ethernet estándar IEEE 802.3u, es una ampliación de la norma existente (IEEE 802.3). Fast Ethernet se basa esencialmente en el estándar Ethernet clásico para cable de par trenzado. Ethernet y Fast Ethernet tienen las siguientes características comunes:

- Método de acceso CSMA (Acceso Múltiple con Escucha de Portadora).

- Medio físico sobre cables de fibra óptica de vidrio y par trenzado de cobre categoría 5.

Fast Ethernet incluye las siguientes ampliaciones / modificaciones:

- Velocidad de transmisión de datos de hasta 100 Mbps.
- Autosensing, detección automática de la velocidad de transmisión.
- Autonegotiation, la detección automática de las funciones de la interfaz del dispositivo asociado.
- Modo full dúplex.
- Cambio de polaridad Automatico, adaptación automática de la polaridad, si el par de cables en el receptor, es conectado incorrectamente (intercambio de RD+ y RD-).
- Autocrossover MDI / MDIX (Interfaz Dependiente del Medio/ por Cruce), previene el mal funcionamiento si los cables de transmisión y recepción son cruzados.

2.1.2. Gigabit Ethernet:

Gigabit Ethernet es una expansión de las especificaciones de Ethernet para aumentar la velocidad de transmisión de datos a 1 Gbps o 10 Gbps. Las normas pertinentes son las siguientes:

- IEEE 802.3z para la transferencia a través de fibra de vidrio
- IEEE 802.3ab para el cable eléctrico.

El aumento de la velocidad de transmisión se logra no sólo por la adaptación del protocolo, sino también mediante el uso de cables de par trenzado categoría "5e" o "6" que son particularmente inmune a las interferencias.

2.1.3. Protocolos de Comunicación.

Industrial Ethernet, permite la comunicación de datos a través de los siguientes principales y estandarizados protocolos de comunicación:

- **Protocolos de Transporte:** ISO, TCP/IP y UDP.
- **Profinet:** Sobre la base de Industrial Ethernet, PROFINET permite la comunicación directa de los dispositivos de campo (IO Devices) con controladores (controladores IO) y la solución de los controles de accionamiento isócronas para aplicaciones de control de movimiento.
- **Protocolo de Redundancia de Medio (MRP):** Procedimiento especificado en el estándar IEC 61158 tipo 10 para aumentar la disponibilidad de la red en una topología en anillo.
- **Tecnologías de la Información:** Se integra SIMATIC en las tecnologías de la información a través de Industrial Ethernet. Dependiendo del producto y etapa de aplicación, los procesadores de comunicación soportan las siguientes tecnologías desde el entorno de las IT:
 - E-mail; a través de “e-mail client” componentes de red, procesadores de comunicaciones y routers pueden enviar mensajes de correo electrónico para proporcionar información sobre los estados de la planta, por ejemplo, parada de la instalación o sobrecarga inminente, o para solicitar automáticamente una llamada de servicio.
 - Páginas HTML de libre definición; Procesadores de comunicaciones pueden realizar diagnósticos web con la ayuda de páginas HTML estáticas y una interfaz específica del usuario es soportado con la ayuda de las páginas HTML de libre definición.

- FTP; el Protocolo de transferencia de archivos (FTP) permite simple y universal acoplamiento, por ejemplo, el PLC se puede conectar a diferentes equipos o sistemas embebidos.
- **Enrutamiento IP (IP-R):** Las conexiones del sistema para el SIMATIC S7 para Industrial Ethernet, CP 343-1 Advanced y CP 443-1 Advanced, con dos interfaces independientes (separación de red integrada) y SCALANCE S y SCALANCE X414-3E, apoyan el envío de mensajes IP entre Gigabit e interfaces PROFINET. Los routers inalámbricos móviles SCALANCE M soportan enrutamiento entre Internet móvil y la red LAN conectada.
- **OPC (OLE for Process Control):** es una interfaz estandarizada, abierta y no propietaria que es ampliamente utilizado en la automatización. Permite la conexión de aplicaciones de Windows-OPC utilizando diferentes protocolos, tales como la Comunicación S7, PROFINET, y SNMP.
- **Comunicación PG / OP:** Los sistemas de automatización SIMATIC puede manejar la comunicación de datos con equipos HMI (por ejemplo TP / OP) y dispositivos de programación (con STEP 7, STEP 5) a través de las funciones de comunicación integral. La comunicación PG / OP es soportada por MPI, PROFIBUS e Industrial Ethernet.
- **Comunicación S7:** Es la función de comunicación integrada (bloque de función de sistema SFB) que ha sido optimizada con SIMATIC S7. Permite la conexión de PCs y estaciones de trabajo. El volumen máximo de datos útiles por tarea es de hasta 64 kb. La comunicación S7 ofrece simples y potentes servicios de comunicación, proporcionando una interfaz de software independiente de la red para todas las redes.
- **Comunicación Abierta:** La comunicación abierta (SEND / RECEIVE) permite al controlador SIMATIC S7 comunicarse con otro SIMATIC S7, controladores SIMATIC S5, PCs y sistemas de terceros. Además, para la simple conexión de estaciones HMI, FETCH y WRITE son ofrecidos.

- **Comunicación BACnet:** (Redes de Control y Automatización de Edificios) es un estándar de la ASHRAE (Sociedad Americana de Ingenieros de Calefacción, Refrigeración y Acondicionamiento de Aire). Es un protocolo de comunicación para redes de datos utilizados para la automatización y control en edificios. Es igualmente adecuado para los niveles de gestión y automatización, y está aprobado como un estándar ANSI, CEN e ISO.
- **Comunicación MES / ERP (ERPConnect):** La comunicación con los sistemas ERP (Planificación de Recursos Empresariales) o MES (Sistema de Ejecución de Manufactura) a través del enlace de base de datos, por ejemplo, ORACLE, MySQL, MS-SQL, DB2 utilizando una expansión de firmware que debe pedirse por separado.

2.2. SISTEMA SCADA.

Su nombre proviene de las siglas "Supervisory Control And Data Acquisition" (Sistema de control, supervisión y adquisición de datos). Es un sistema basado en computadores que permite supervisar y controlar variables de proceso a distancia, proporcionando comunicación con los dispositivos de campo (controladores autónomos) y controlando el proceso de forma automática por medio de un software especializado. También provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros usuarios supervisores dentro de la empresa.

Los sistemas SCADA involucran muchos subsistemas, por ejemplo, la adquisición de los datos puede estar a cargo de un PLC (Controlador Lógico Programable) o de dispositivos los cuales toman las señales y las envía a las estaciones remotas usando un protocolo determinado, otra forma podría ser que una computadora realice la adquisición vía un hardware especializado y luego esa información la transmita hacia un equipo de radio vía su puerto serial, y así existen muchas otras alternativas.

Las tareas de Supervisión y Control generalmente están más relacionadas con el software SCADA, en él, el operador puede visualizar en la pantalla del computador de cada una de las estaciones remotas que conforman el sistema, los estados de ésta, las situaciones de alarma y tomar acciones físicas sobre algún equipo lejano, la comunicación se realiza mediante buses especiales o redes LAN. Todo esto se ejecuta normalmente en tiempo real, y están diseñados para dar al operador de planta la posibilidad de supervisar y controlar dichos procesos.

El sistema SCADA actúa sobre los dispositivos instalados en la planta, como son los controladores, autómatas, sensores, actuadores, registradores, etc. Además permite controlar el proceso desde una estación remota, para ello el software brinda una interfaz gráfica que muestra el comportamiento del proceso en tiempo real. Generalmente se vincula el software al uso de una computadora o de un PLC, la acción de control es realizada por los controladores de campo, pero la comunicación del sistema con el operador es necesariamente vía computadora. Sin embargo el operador puede gobernar el proceso en un momento dado si es necesario.

2.2.1. Ventajas del Sistema SCADA.

Entre las principales ventajas de un sistema SCADA podemos destacar:

- **Economía:** Es más fácil ver qué ocurre en la instalación desde la oficina que enviar a un operario a realizar la tarea de supervisión. Ciertas revisiones se convertirán en innecesarias y con eso se estaría ahorrando un monto importante en mano de obra.
- **Accesibilidad:** Tener toda la información al alcance de un clic, podemos modificar el nivel de funcionamientos de los dispositivos de planta, apagar y encender máquinas, consultar el estado de las mismas en el tiempo y tomar una decisión en tiempo real o incluso antes de un suceso, todo eso de manera remota y a cualquier hora.

- **Mantenimiento:** La adquisición de datos y su supervisión da la posibilidad de presentarlos de manera inteligible para usuarios no especializados y de avisar cuando se aproximen las fechas de revisión o cuando una máquina tenga más fallos de los considerados normales.
- **Ergonomía:** La relación entre el usuario y el proceso es menos tediosa. Los modernos ordenadores, con sus prestaciones gráficas, sustituyen a los grandes paneles, repletos de cables, pilotos y del excesivo papeleo informativo.
- **Gestión:** Todos los datos recopilados pueden ser valorados de múltiples maneras mediante herramientas estadísticas, gráficas, valores tabulados, etc., que permitan explotar el sistema con el mejor rendimiento posible.
- **Flexibilidad:** Cualquier modificación de alguna de las características del sistema de visualización no significa un gasto en tiempo y medios, pues no hay modificaciones físicas que requieran la instalación de un cableado o del contador.
- **Conectividad:** Se buscan sistemas abiertos, es decir, sin secretos ni sorpresas para el integrador. La documentación de los protocolos de comunicación actuales permite la interconexión de sistemas de diferentes proveedores y evita la existencia de lagunas informativas que puedan causar fallos en el funcionamiento o en la seguridad.

2.2.2. Funciones del Sistema SCADA.

Las funciones básicas de un sistema SCADA son las que se escriben a continuación:

- **Supervisión remota de Instalaciones:** Mediante esta función, el usuario es capaz de conocer el estado de las instalaciones bajo su responsabilidad y coordinar eficientemente las labores de producción y mantenimiento en el campo. El intervalo de recolección periódica de la

información del campo depende de las dimensiones, pero generalmente está en el orden de unos cuantos milisegundos.

- **Control remoto de Instalaciones:** los sistemas SCADA permiten activar o desactivar equipos remotos de manera automática o a solicitud del operador. Igual es posible realizar ajustes remotamente a parámetros del proceso.
- **Procesamiento de Información:** en algunos casos, los datos capturados requieren procesamiento adicional, a efectos de consolidar información proveniente de diferentes lugares remotos, como por ejemplo de balance de masa entre diferentes instalaciones.
- **Presentación de Gráficos Dinámicos:** esto se refiere al despliegue de pantallas con el diagrama del proceso conteniendo información instantánea del comportamiento del mismo.
- **Generación de reportes:** los sistemas SCADA permiten la generación automática a petición de reportes impresos de producción y balances.
- **Presentación de Alarmas:** mediante esta función se alerta al operador sobre la ocurrencia de condiciones anormales o eventos que pudieran requerir su intervención. Normalmente, la criticidad del evento o alarma se indica mediante el uso de colores y/o señales auditivas. Las alarmas se registran para análisis posteriores.
- **Almacenamiento de Información Histórica:** los sistemas SCADA permiten registrar y almacenar información operacional y alarmas. Por ejemplo, se pueden llevar datos en los últimos 10 minutos, 1 hora, 1 día, 1 mes, y hasta un año.
- **Presentación de Gráficos de Tendencias:** con información en tiempo real o histórico, se pueden construir gráficos e inferir el comportamiento de variables operacionales en el tiempo.

- **Programación de Eventos:** se refiere a la posibilidad de programar en el tiempo la generación de reportes, despliegue de diagramas del proceso o activación de tareas o comandos del sistema.

2.2.3. Tipos de Sistemas SCADA.

Los distintos SCADA pueden dividirse en dos categorías y según estas definirlos:

- **Sistemas SCADA Abiertos y Propietarios:** Los sistemas abiertos u Open son aquellos desarrollados para poder ser aplicados a cualquier tipo de tecnología o dispositivo de control, es decir si se necesita enlazar un equipo de distintos fabricantes, es necesario solo contar con los drivers que interpreten los distintos códigos de comunicación utilizados. La principal ventaja de este tipo de sistema es su capacidad de crecimiento conjunto con la planta, es decir nuevos equipos pueden ser implementados así sean de distintos fabricantes.

Los sistemas propietarios son aquellos desarrollados por los propios fabricantes de equipos o dispositivos de control, los cuales se comunican entre sí con sus propios drivers; la principal desventaja de este tipo de software SCADA es la gran dependencia que se tiene del proveedor del sistema.

- **Sistemas SCADA Comerciales y Gratuitos:** Un sistema SCADA comercial es aquel en el que por lo general su desarrollo está a cargo de una compañía, la cual se encarga de crear todas las interfaces necesarias para comunicar los distintos dispositivos, y una vez finalizado esto, entregar al usuario un producto de fácil uso. Mientras más confiable y amigable sea el software, este es más costoso, por tanto de difícil acceso para pequeñas empresas las cuales se ven obligadas a contar con todo un personal a disposición del monitoreo de la planta.

Un sistema SCADA gratuito por lo general fue creado como un SCADA comercial, con el transcurso del tiempo se vio que había mayores ventajas en poner estos sistemas con su código de programación en forma abierta a disposición de distintos desarrolladores alrededor del mundo, los cuales cooperan con su desarrollo, por lo general la única condición para poder adquirir estos software es comprometerse a que una vez logrado el objetivo buscado, este conocimiento sea compartido (Udep, 2008).

SOFTWARE SCADA COMERCIALES		
NOMBRE	COMPAÑÍA	TIPO (Abierto/Propietario)
JAKO SCADA	JANUS (Arg.)	Abierto
SuperView	Novus Automation(Bra)	Abierto
Proficy HMI/CIMPLICITY HMI	GE Fanuc	Abierto
Proficy HMI/ Ifix	GE Fanuc	Abierto
Simatic WinCC	Siemens	Propietario
DAQ Factory	Azeo Tech	Abierto
LookOut	National Instrument	Abierto
WinLog PRO	SIELCO SISTEMI	Abierto
WinLog Lite	SIELCO SISTEMI	Abierto
Intouch HMI	Wonderware	Abierto/Propietario
CitecSCADA	Schneider Electric	Propietario
ClearSCADA	Control Microsystem	Abierto/Propietario
FactoryTalk	Rockwell Automation	Propietario

2.2.4. Partes del Sistema SCADA.

Un sistema SCADA ha sido creado para monitorear desde una sola central, los distintos procesos de una o varias plantas, un esquema regular de un sistema SCADA, consta de una Unidad Terminal Maestra (MTU), de Unidades Terminales Remotas (RTU) y los medios físicos de comunicación, tal y como se muestra la siguiente imagen.

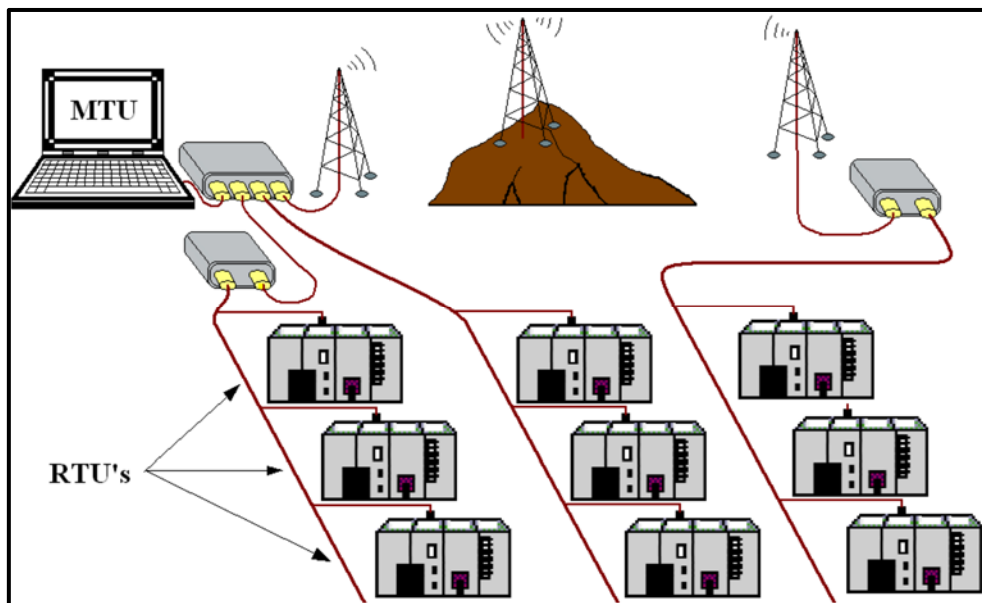


Imagen 14: Partes de un Sistema SCADA (Udep 2008)

- **Unidades Terminales Maestras:** Es el centro del sistema, es el componente del cual el personal de operaciones se valdrá para visualizar las distintas variables de los procesos en la planta; generalmente una MTU es un computador PC, de regular capacidad, el cual cumple funciones no solo de monitoreo, sino a la vez de almacenamiento y procesamiento ordenado de datos, los cuales servirán para las distintas aplicaciones que el operario o usuario requiera.
- **Unidades Terminales Remotas:** Una RTU es unidad de control y adquisición de datos independiente, por lo general ha estado basada en microprocesadores, los cuales monitorean y controlan equipo en algunas ubicaciones remotas desde la estación central. Esta tarea primaria es controlar y adquirir datos desde los equipos de los procesos en la ubicación remota y transferir esta información hacia la estación central. La configuración de cómo descargar dinámicamente esta información, es mediante una configuración dada por la estación central. (Udep, 2008).

2.2.5. Criterios de Elección.

Un sistema de control cualquiera es útil, evidentemente, mientras funcione correctamente.

En caso contrario puede crear problemas de forma directa (mal funcionamiento de un sistema de potabilización de agua), o indirecta (el fallo del control sobre una estación transformadora puede hacer que el sistema de control central provoque un efecto dominó al sobrecargar las estaciones adyacentes, que no están preparadas para ello).

La reacción de un sistema ante situaciones inesperadas determinará su grado de fiabilidad, es decir, el tiempo de operación del mismo, y puede mejorarse mediante el uso de técnicas de diseño adecuadas.

Los parámetros que influyen en la decisión de desarrollo o de compra pueden ser los siguientes:

- **Disponibilidad:** Por disponibilidad de un sistema se entiende la medida en la que sus parámetros de funcionamiento o partes se encuentran listas o en espera para el funcionamiento del mismo.

Estamos hablando de tener instalados y en reserva tanto partes de hardware como de software.

- **Robustez:** Ante un fallo de diseño, un accidente o una intrusión, un sistema eficiente debe poder mantener un nivel de operatividad suficiente como para mantener unos mínimos de servicio. Si las cosas empiezan a ir mal, ¿cuánto aguantará el sistema antes de empezar a fallar? Es lo que llamaríamos el plan de contingencia.
- **Seguridad:** Un fallo en el diseño, un usuario malintencionado o una situación imprevista podrían alterar los parámetros de funcionamiento de un sistema. Hoy en día cualquier sistema de control puede utilizar uno o varios métodos de comunicación para enlazar todos los puntos de control

de un proceso y, en el momento en que se utilizan sistemas de comunicación que implican el acceso desde múltiples puntos, no siempre dentro de la empresa, es posible que alguno de estos accesos sea no deseado.

- **Prestaciones:** El equipo debe poder asimilar toda la información incluso bajo condiciones extremas de trabajo de manera que no se pierda ningún dato aunque no necesariamente los almacene en tiempo real.
- **Mantenibilidad:** Los tiempos de mantenimiento pueden reducirse al mínimo si el sistema está provisto de buenas herramientas de diagnóstico para realizar tareas de mantenimiento preventivo, modificaciones y pruebas simultáneas al funcionamiento normal del sistema.
- **Escalabilidad:** Es importante que el sistema pueda ampliarse con nuevos componentes tanto de software como de hardware según los requerimientos de la operación.



Capítulo III

DISEÑO DE LA RED DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL

Capitulo III

3.1. PLANIFICACIÓN Y SELECCIÓN DE LAS REDES DE COMUNICACIÓN INDUSTRIAL.

Para un mejor entendimiento del Sistema De Producción Y Distribución De Agua Para Inyección Del Laboratorio Farmacéutico Medifarma S.A. se ha dividido en tres etapas como sigue a continuación.

3.1.1. Primera Etapa.

Conformado por los pozos profundos (1 y 2) y la cisterna de agua potable. Actualmente esta etapa es controlada con lógica cableada; por lo tanto para una optimización del sistema e integración a la red de comunicación, propone migrar a un control basado en PLC de la marca Siemens.

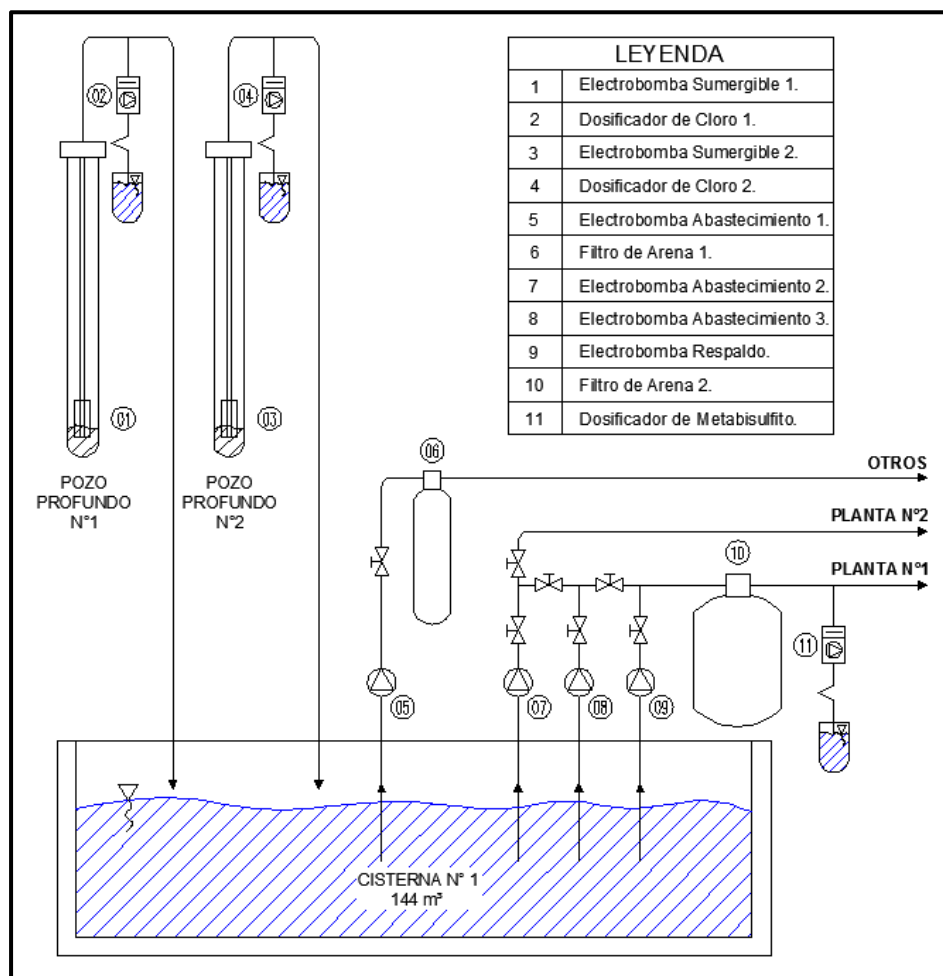


Imagen 15: Sistema de Tratamiento de Agua Potable.

3.1.2. Segunda Etapa.

Conformado por las plantas de producción de agua para inyección:

- Planta N° 1: Conformada por el sistema Accuaproduct, como pretratamiento y el sistema de osmosis inversa Osmoipa 1.
- Planta N° 2: Conformada por el sistema Osmoipa 2 que incluye su propio sub-sistema de pretratamiento.

Actualmente en esta etapa, el control de cada una de las plantas es independiente y está basado en PLCs S7-1200.

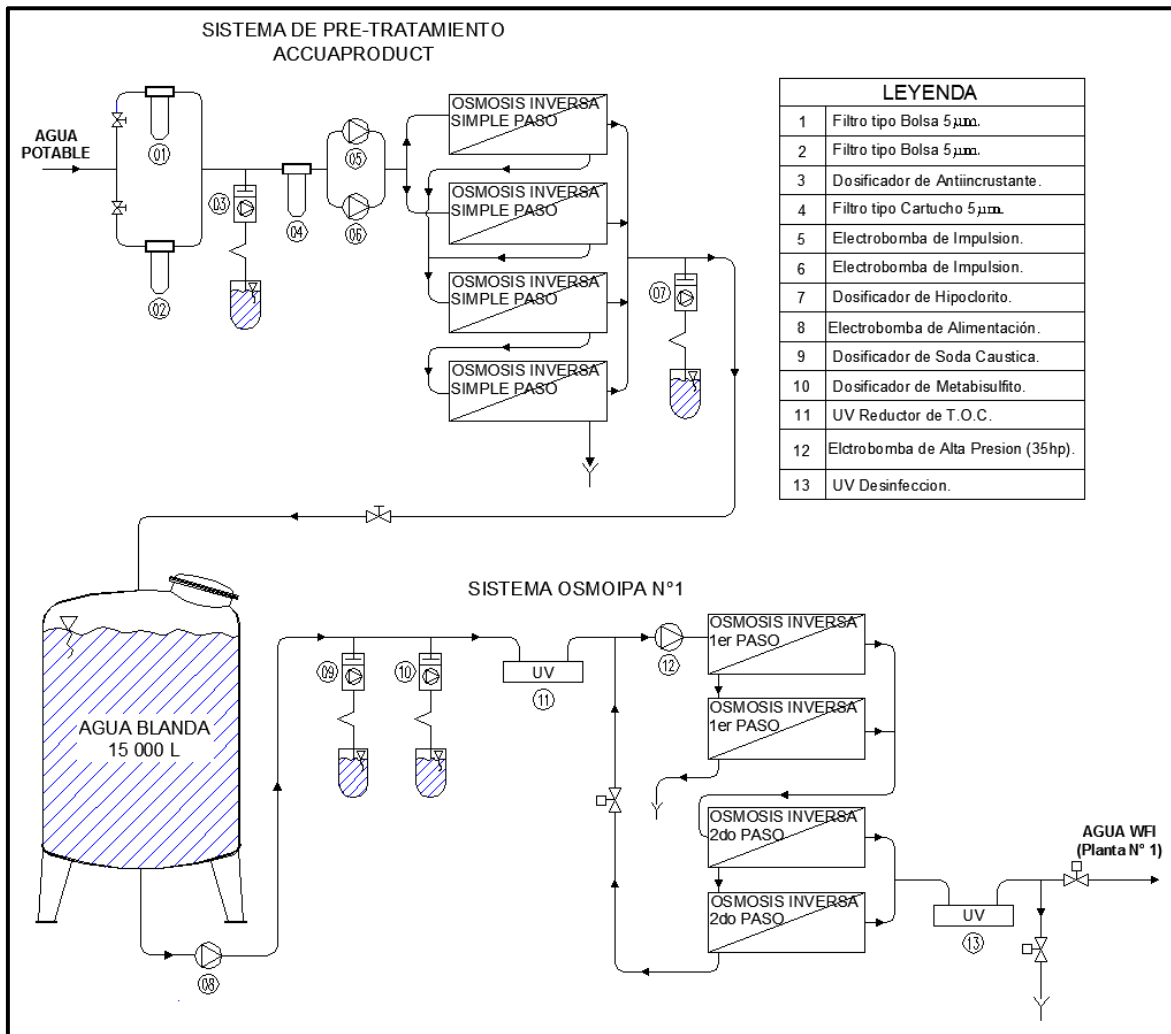


Imagen 16: Producción de Agua WFI –Planta N°1.

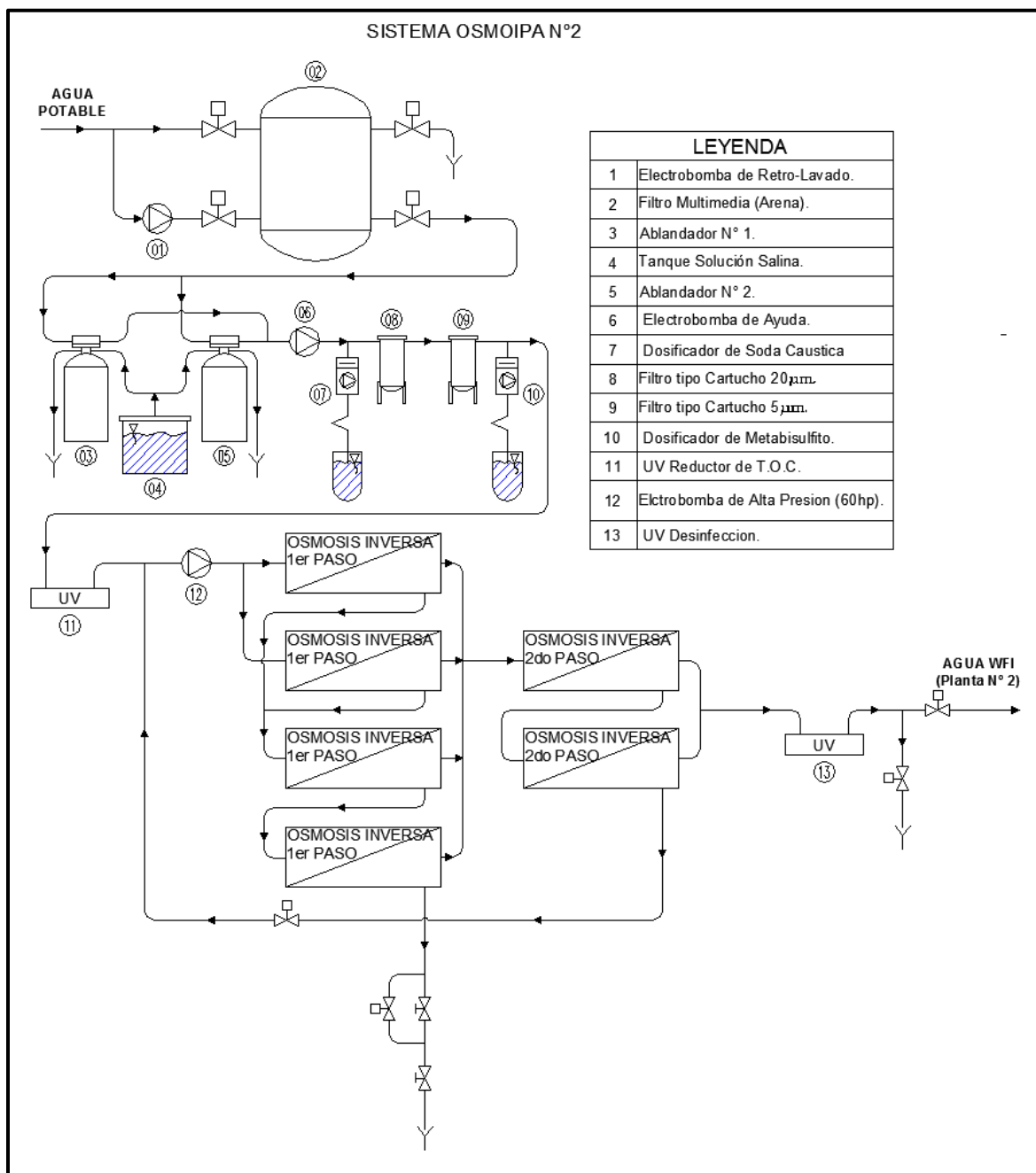


Imagen 17: Producción de Agua WFI. Planta N°2.

3.1.3. Tercera Etapa.

Conformado por 3 tanques para el almacenamiento y distribución de agua WFI, hacia todas las áreas de producción del laboratorio. Los loops de distribución de agua cuentan con un intercambiador de calor, para limpieza y sanitización de las tuberías que lo conforman.

Actualmente en esta etapa, las tareas de control, son realizadas por un PLC de la marca Unictronics (para los Tanques N°1 y N°2); por lo tanto para integrar esta etapa, a la red de comunicación industrial, se propone migrar hacia un PLC de la marca Siemens.

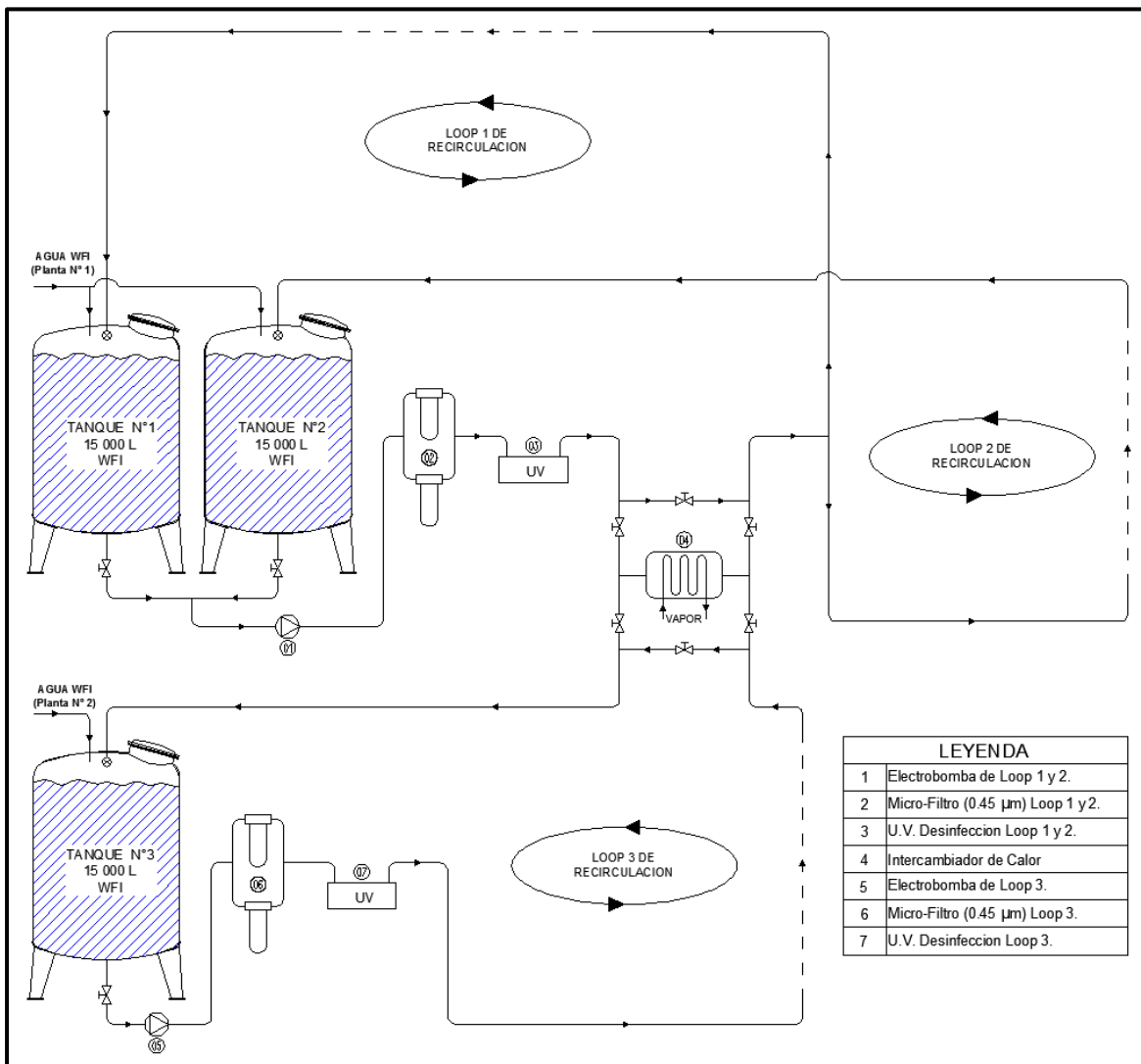


Imagen 18: Almacenamiento y Distribución de Agua WFI.

3.1.4. Dispositivos de control para las Etapas 1 y 3.

Para definir y seleccionar los dispositivos de control para las Etapas 1 y 3, se tendrá en cuenta las siguientes características y requerimientos para cada caso.

Etapa	I/O	Función	Referencia
Primera	Entradas Discretas	Nivel alto Cisterna	Sensor tipo flotador.
		Nivel medio Cisterna	Sensor tipo flotador.
		Nivel bajo Cisterna	Sensor tipo flotador.
		Parada de Emergencia	Botón de Emergencia.
		Sobrecarga y/o falla	Electrobomba Sumergible 1.
		Sobrecarga y/o falla	Electrobomba Sumergible 2.
		Sobrecarga y/o falla	Electrobomba de Abastecimiento 1.
		Sobrecarga y/o falla	Electrobomba de Abastecimiento 2.
		Sobrecarga y/o falla	Electrobomba de Abastecimiento 3.
		Sobrecarga y/o falla	Electrobomba de Abastecimiento 4.
		Nivel Bajo, Tanque de cloro.	Sensor de nivel.
		Nivel Bajo, Tanque Metabisulfito de sodio	Sensor de nivel.
		Reserva	---
	Salidas Discretas	Control On/Off	Electrobomba Sumergible 1.
		Control On/Off	Electrobomba Sumergible 2.
		Control On/Off	Electrobomba de Abastecimiento 1.
		Control On/Off	Electrobomba de Abastecimiento 2.
		Control On/Off	Electrobomba de Abastecimiento 3.
		Control On/Off	Electrobomba de Abastecimiento 4.
		Control On/Off	Dosificador de Cloro, línea pozo profundo 1.
		Control On/Off	Dosificador de Cloro, línea pozo profundo 2.
		Control On/Off	Dosificador de Metabisulfito de sodio.
		Reserva	---
	Entradas Analógicas	Supervisión de Cloro libre de la cisterna	Sensor analizador de Cloro libre.
		Reserva	---
	Salidas Analógicas	No Aplica	---

Etapa	I/O	Función	Referencia
Tercera	Módulo de Comunicación Profibus.		
	Entradas Discretas	Botón de Emergencia	Parada de Emergencia.
		Sobrecarga y/o falla	Electrobomba de Distribución 1.
		Sobrecarga y/o falla	Electrobomba de Distribución 2.
		Reserva	---
	Salidas Discretas	Control On/Off	Electrobomba de Distribución 1.
		Control On/Off	Electrobomba de Distribución 2.
		Control de temperatura.	Válvula de Vapor.
		Control On/Off	Filtro UV 1.
		Control On/Off	Filtro UV 2.
		Control On/Off	Válvula automática 1.
		Control On/Off	Válvula automática 2.
		Control On/Off	Válvula automática 3.
		Control On/Off	Válvula automática 4.
		Control On/Off	Válvula automática 5.
		Control On/Off	Válvula automática 6.
		Reserva	---
	Entradas Analógicas	Nivel Tanque N°1	Sensor Magneto-resistivo.
		Nivel Tanque N°2	Sensor Magneto-resistivo.
		Nivel Tanque N°3	Sensor Magneto-resistivo.
		Medición de temperatura de sanitización	Transmisor de PT100.
		Conductividad, retorno tanque N°1	Sensor de Conductividad.
		Conductividad, retorno tanque N°2	Sensor de Conductividad.
		Conductividad, retorno tanque N°3	Sensor de Conductividad.
	Salidas Analógicas	No Aplica	---
	Módulo de Comunicación Profibus.		
	Módulo de Comunicación Industrial Ethernet.		

3.2. ARQUITECTURA DE LA RED.

El presente proyecto plantea la interconexión de las etapas de los Sistemas de producción y distribución de agua WFI, mediante el empleo de las redes Simatic Net de Siemens, según el Manual de Profibus [4, p. 12].

PROFINET / Industrial Ethernet	
<ul style="list-style-type: none">• Industrial Ethernet (IEEE 802.3)• PROFINET (IEC 61158/61784)• Industrial Wireless LAN (IEEE 802.11)	<ul style="list-style-type: none">• Industrial standard based on the international Ethernet standard• Open Industrial Ethernet standard for automation• Industrial standard for wireless communication based on the international standard
PROFIBUS	
<ul style="list-style-type: none">• PROFIBUS (IEC 61158/61784)	<ul style="list-style-type: none">• International standard for the field area (market leader in fieldbuses worldwide)
AS-Interface (AS-i)	
<ul style="list-style-type: none">• AS-Interface (IEC 62026-2/EN 50295)	<ul style="list-style-type: none">• International standard that, as an economical alternative to the cable harness, links sensors and actuators over a two-wire cable
IO Link	
<ul style="list-style-type: none">• IO Link	<ul style="list-style-type: none">• Standard for intelligent interfacing of sensors and actuators to the control level using a cost-effective point-to-point link

Se considera el empleo de estas redes, por motivo que los sistemas OSMOIPA N°1 y OSMOIPA N°2 son gobernados por PLCs de la marca Siemens y siendo las redes industriales antes mencionadas las utilizadas por esta marca, lo cual facilita la interconexión de estos PLCs a la red.

El estándar Simatic Net de Siemens [4, p. 12], especifica las siguientes recomendaciones para una adecuada selección de las redes de control.

	Ind. Ethernet	PROFINET	PROFIBUS DP	AS-i	IO Link
Enterprise Resource Planning (ERP) (for example PC)	●	○	-	-	-
Control (for example SIMATIC S7-300)	●	●	●	●	-
Motion Control (for example SIMOTION)	○	●	●	○	-
Intelligent field devices (for example ET 200S/CPU)	-	●	●	○	●
Simple field devices (for example ET 200)	-	●	●	●	-
Sensor / actuator	-	●	●	●	●
Drives (for example SINAMICS)	○	●	●	-	-
SIRIUS motor starter	-	●	●	●	○
SINUMERIK	○	●	●	○	-
Safety-oriented communication	-	●	●	●	-

- not suitable

○ suitable

● well suited

Por lo cual el diseño de la arquitectura de la red estará basada en las redes Industrial Ethernet y Profibus DP, dispuestas en tres niveles:

3.2.1. Nivel de Célula.

En este nivel se empleara la red Profibus DP que conectara los módulos de Entradas/Salidas de periferia descentralizada al PLC Master DP (S7-300), que controlara remotamente la Etapa 1.

3.2.2. Nivel de Planta.

En este nivel se dispondrá de la red Industrial Ethernet, para interconectar los PLCs (S7-1200) de los sistemas OSMOIPA N°1, OSMOIPA N°2 y el PLC Master DP (S7-300) que controlara localmente la Etapa 3.

3.2.3. Nivel de Oficina.

En este nivel encontramos el ordenador con sistema SCADA, conectado a la red Industrial Ethernet, mediante el cual se realizaran las tareas de supervisión y control de todo el sistema de Producción y Distribución de Agua para Inyección.

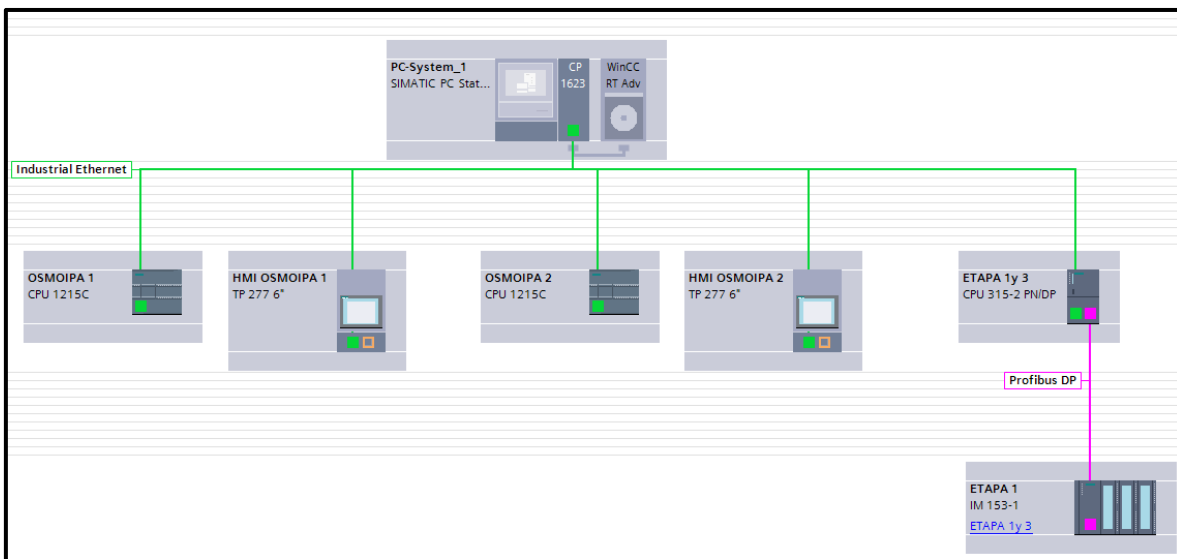


Imagen 19: Arquitectura de la Red.

3.3. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE LA RED PROFIBUS DP.

La red Profibus DP, está basada en el “EIA standard RS-485” de las normas IEC 61158-2 / EN 61158-2. Para medio de transmisión de par de cobre, la técnica de transmisión RS485 en PROFIBUS tiene las siguientes características físicas [4]:

Network topology:	Bus, tree structure with the use of repeaters
Medium:	Shielded, twisted-pair cable
Achievable segment lengths: (depending on the cable type see Segments for transmission speeds up to a maximum of 500 kbps (Page 42))	1,000 m For transmission speeds up to 187.5 kbps 400 m For transmission speed up to 500 kbps 200 m For a transmission speed of 1.5 Mbps 100 m For transmission speeds 3, 6 and 12 Mbps
Number of repeaters connected in series:	Max. 9
Number of nodes:	Maximum 32 on one bus segment Maximum 127 per network when using repeaters
Transmission rates:	9.6 kbps, 19.2 kbps, 45.45 kbps, 93.75 kbps, 187.5 kbps, 500 kbps, 1.5 Mbps, 3 Mbps, 6 Mbps, 12 Mbps

- Para velocidades de transmisión de hasta 1,5 Mbps, se pueden utilizar todos los componentes de red SIMATIC NET.
- Para velocidades de transmisión desde 1.5Mbps hasta 12 Mbps, existen componentes SIMATIC NET especializados.

3.3.1. Velocidad de Transmisión Profibus DP.

La velocidad de transmisión para redes Profibus DP está comprendida entre 9.6kbps a 12'000kbps, cuya utilización depende de la distancia máxima entre las estaciones de comunicación.

Velocidad de Transmisión (kbps)	Distancia máxima entre nodos (m)
9.6	1200
19.2	1200
45.45	1200
93.75	1200
187.5	1000
500	400
1500	200
3000	100
6000	100
12000	100

Para el presente proyecto se utilizara una velocidad de 1500kbps, dada la distancia de **55 m** entre el maestro (PLC – ETAPA 1 y 3) y la del esclavo (MODULO DE PERIFERIA – ETAPA 1) y considerando además que todos los dispositivos SIMATIC NET de Siemens soportan esta velocidad de transmisión.

La distancia entre el maestro (PLC – ETAPA 1 y 3) y el esclavo (MODULO DE PERIFERIA – ETAPA 1) fue calculado en el plano adjunto “Ruteo de Cables”.

3.3.2. Topología de la Red Profibus DP [3].

Los esclavos se conectan a los maestros la red a través de líneas denominadas buses. En teoría, un máximo de 126 estaciones (todos los maestros y esclavos juntos) se puede ejecutar en una línea. Esta limitación se debe al rango de direcciones (0 a 125) proporcionado por el maestro. En la práctica, sin embargo, el número de nodos conectados en realidad a menudo mucho, más pequeño que este.

Para redes de cobre se tiene las topologías bus (topología lineal pura) y árbol (topología lineal segmentada)

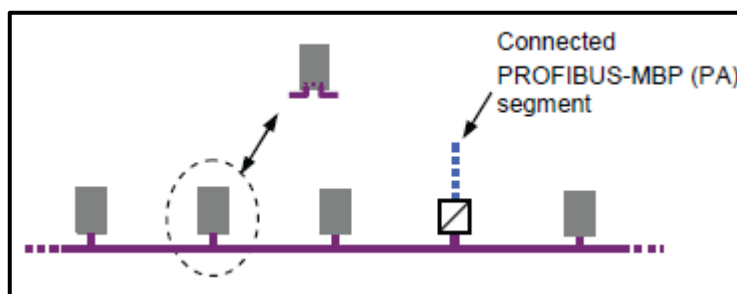


Imagen 20: Topología Tipo Bus - ProfibusDP.

Dependiendo de la tasa de transmisión, se puede tener segmentos de bus de hasta 1200m. Cuando se requiere líneas de bus para cubrir distancias más largas, se emplean repetidores que acoplan segmentos de buses extendiendo la línea de transmisión. También se usan repetidores para segmentar la red y formar una estructura de árbol con varios segmentos lineales



Imagen 21: Topología Tipo Árbol - Profibus DP.

El máximo número de estaciones (nodos) por segmentos de bus es de 32 (incluido el repetidor). Se pueden conectar más segmentos a través de repetidores, considerando cada repetidor como una estación, hasta un total de 126 estaciones contando todos los segmentos del bus.

El número de repetidores RS485 entre dos dispositivos finales se limita a un máximo de 9.

Para el presente proyecto se considera el diseño de una red tipo bus (Topología Lineal pura) sin repetidores, ya que la distancia entre las estaciones del maestro (PLC – ETAPA 1 y 3) y la del esclavo (MODULO DE PERIFERIA – ETAPA 1) es menor a la distancia máxima (200 m) para una velocidad de transmisión de 1.5Mbps.

3.3.3. Maestro de la red Profibus DP.

Es el dispositivo que coordina y administra las tareas de control, de la etapa 1 (Sistema de tratamiento de agua potable) y la etapa 3 (Almacenamiento y distribución de agua WFI).

Las tareas de control de la Etapa 1 son administradas remotamente a través de la red Profibus DP y las tareas de la Etapa 3 son administradas localmente a través de del mismo dispositivo.

Para proyecto seleccionamos como dispositivo maestro un PLC Siemens de la gama S7-300, que posee las siguientes principales características:

- Interfaces de comunicación Profibus y Ethernet
- Módulo de I/O Digitales de 32 canales (DI-16/DO-16).
- Módulo de Entradas Analógicas de 8 canales (AI-8x12Bit).

3.3.4. Esclavo de la red Profibus DP.

Es el dispositivo remoto que controla las tareas de la Etapa 1 (Sistema de tratamiento de agua potable) y está conectado al dispositivo maestro a través de la red Profibus DP.

Para nuestro proyecto seleccionamos como esclavo un dispositivo de periferia distribuida Siemens de la gama ET-200M, que posee las siguientes principales características:

- Interfaces de comunicación Profibus.
- Módulo de I/O Digitales de 32 canales (DI-16 / DO-16).
- Módulo de I/O Analógicas de 8 canales (AI-4x12Bit / AO-4x12Bit).

3.3.5. Tiempo de Ciclo de Bus.

Como se citó en el punto “2.4.6” del fundamento teórico, una de las características esenciales del Profibus DP es la comunicación determinística, ya que se tiene un tiempo del ciclo de bus definido.

A continuación calculamos el “Tiempo de Bus”, para nuestra red Profibus DP según la fórmula del punto “2.4.6” del fundamento teórico para lo cual tenemos:

- Numero de esclavos: $n = 1$.
- Velocidad de transmisión: 1500 kbps.
- Volumen de datos del esclavo ($L_O + L_I$): Teniendo en cuenta que las I/O analógicas, utilizan registros de 16Bits (2 Byte) se tiene:

	Descripción	Byte
Entradas	Digitales	2
	Analógicas	8
Salidas	Digitales	2
	Analógicas	8
Total		20

$$t_{Ciclo\ Parcial\ DP} = \frac{\sum_{i=1}^n Tel_OV + Bit_DP(L_O + L_I)_i}{Velocidad\ de\ Transmisión}$$

$$t_{Ciclo\ Parcial\ DP} = \frac{317 + 11(20)}{1500}$$

$$t_{Ciclo\ Parcial\ DP} = 0.358\ ms$$

3.3.6. Cables para Redes Profibus DP.

Para construir redes PROFIBUS pueden suministrarse distintos tipos de cables acordes al tipo de aplicación. Por regla general, se han de utilizar los cables de bus indicados para cada aplicación.

Las características de los cables para redes PROFIBUS son las siguientes:

- Distintas variantes para distintos campos de aplicación (p. ej. cable instalado en el suelo, cable para servicio móviles)
- Gracias a su doble apantallamiento son especialmente aptos para el tendido en entornos industriales con fuertes interferencias electromagnéticas (para todos los tipos de cables).
- Puesta a tierra a extremo realizable a través de la pantalla del cable de bus y de los bornes de puesta a tierra del terminal de bus (para todos los tipos de cables).

- Las marcas serigrafiadas cada metro facilitan el corte a medida (para todos los tipos de cables).
- Los nuevos cables de bus FastConnect (FC) tienen estructura simétrica radial, lo que permite utilizar herramientas de pelado. Gracias a ello, los conectores de bus se pueden confeccionar rápida y fácilmente.

Tipos de cables:

- **PROFIBUS FC Standard Cable:** Cable de bus estándar con estructura especial para conectorización rápida.
- **PROFIBUS FC Robust Cable:** Cable especial para entornos con atmósfera agresiva y grandes esfuerzos mecánicos.
- **PROFIBUS FC Food Cable:** Gracias a la utilización del PE como material de revestimiento, este cable de bus es idóneo para su uso en la industria alimentaria y de bebidas.
- **PROFIBUS FC Ground Cable:** Cable especial para tendido bajo tierra. Se distingue del cable de bus PROFIBUS por llevar una cubierta adicional.
- **PROFIBUS Flexible Cable:** Cable de bus para aplicación especial de guiado forzado del desplazamiento en una cadena portacables, p. ej., en órganos de máquinas en movimiento continuo (conductores flexibles).
- **PROFIBUS FC Trailing Cable:** Cable de bus para aplicaciones que exigen alta flexibilidad. Cable especial (conductor flexible) para el empleo en elementos móviles de la máquina (5 millones movimientos de torsión en 1 m de cable, $\pm 180^\circ$).
- **PROFIBUS FC FRNC Cable GP:** Cable bifilar apantallado de difícil combustibilidad y exento de halógenos con cubierta exterior de copolímero FRNC (Flame Retardent Non Corrosive).

- **PROFIBUS FC Process Cable GP:** Cable para sistemas de bus de campo según IEC 61158-2 (zonas Ex y no Ex).
- **PROFIBUS Festoon Cable GP:** Cable de bus flexible (conductores flexibles) especialmente concebido para suspensión en guirnaldas.
- **PROFIBUS Torsion Cable:** Cable especial para aplicación en órganos de máquina que someten el cable a torsión (ultraflexible).
- **PROFIBUS ECOFAST Hybrid Cable GP:** Este robusto cable híbrido que también puede ser arrastrado tiene dos conductores de cobre para transferir datos y cuatro conductores de cobre para alimentar a las estaciones ECOFAST.
- **PROFIBUS SIENOPYR cable para barcos:** Cable sin halógenos, resistente a pisadas, difícilmente inflamable y con homologación naval para tendido fijo en barcos y plataformas petrolíferas en alta mar.

El cable seleccionado para nuestro proyecto es PROFIBUS FC Standard Cable.

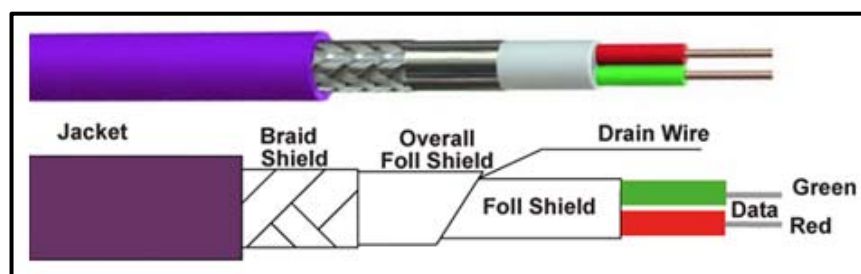


Imagen 22: Cable Profibus FC Standard.

Seleccionamos este tipo de cable porque estamos en un entorno industrial típico, sin exposiciones a agentes químicos, ni esfuerzos mecánicos. El cable va a estar fijo/apoyado sobre las canalizaciones y además cuenta con estructura especial para conectorización rápida.

Además según la siguiente tabla del manual de Siemens “Profibus Network Manual”, con este tipo de cable podemos garantizar la velocidad de transmisión de 1.5Mbps, sin necesidad de instalar repetidores, ya que la distancia del bus para nuestra red Profibus DP es mucho menor que la distancia máxima (sin repetidores) especificada para este tipo de cable (Ver plano adjunto “Ruteo de Cables”).

Transmission speed in kbps	Segment length for cable type	
	- FC standard cable - FC standard cable IS GP - FC robust cable - FC FRNC cable - FC food cable - FC underground cable - SIENOPYR-FR marine cable	- FC trailing cable - PROFIBUS flexible cable - PROFIBUS festoon cable - PROFIBUS torsion cable
1,500	200 m	200 m

3.3.7. Conectores de Bus para Redes Profibus.

Los conectores de bus RS 485 para PROFIBUS, valga la redundancia sirven para conectar una estación PROFIBUS o un componente de red PROFIBUS al cable de bus para PROFIBUS. Existen diferentes versiones de conectores de bus, con sistema de conexión Sub-D (9-pines), y M12, que se han optimizado para los equipos que deben conectarse.



Imagen 23: Tipos de Conectores Profibus DP.

Para nuestro proyecto seleccionamos los conectores tipo Sub-D, dado que el puerto de la interfaz de comunicación, de los dispositivos de la red Profibus, poseen este tipo de conexión.

- En el caso de los conectores Sub-D el cable PROFIBUS de entrada se conecta al cable de salida como se ve en la siguiente imagen; Esto elimina la necesidad de utilizar Uniones T.

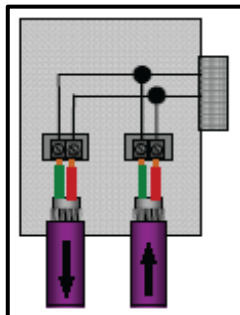


Imagen 24: Instalación Conector Sub D – Profibus DP.

- Además, la mayoría de los conectores Sub-D incluyen una resistencia de terminación de bus, conmutable. Las resistencias de terminación son activadas para los nodos extremos, en este caso cable saliente se separa eléctricamente cuando se activa la resistencia de terminación.

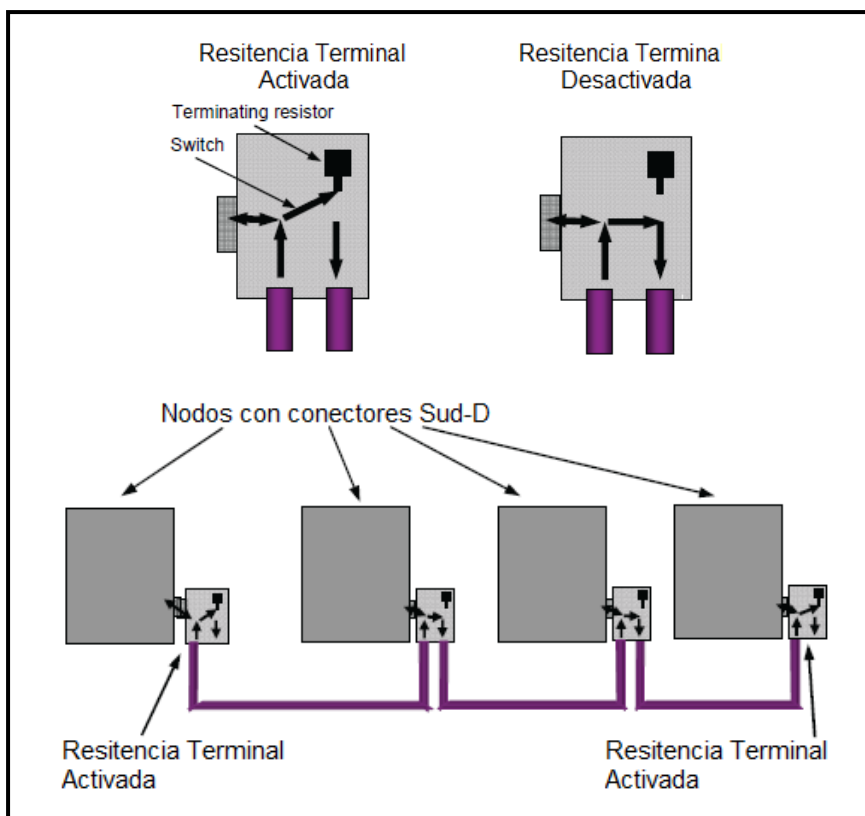


Imagen 25: Resistencia Terminal del Conector Sub D - Profibus DP.

3.3.8. Terminales Activos para Redes Profibus.

El terminador PROFIBUS RS485 proporciona terminación activa para el bus. La principal ventaja de esto es que los nodos de bus pueden ser apagados, removidos o reemplazados sin afectar la transferencia de datos.

Esto se aplica en particular a los nodos en ambos extremos del cable de bus en el que las resistencias de terminación normalmente tienen que activarse y con la alimentación. Para ello la resistencia terminal se alimenta de forma separada de los otros componentes de la periferia.

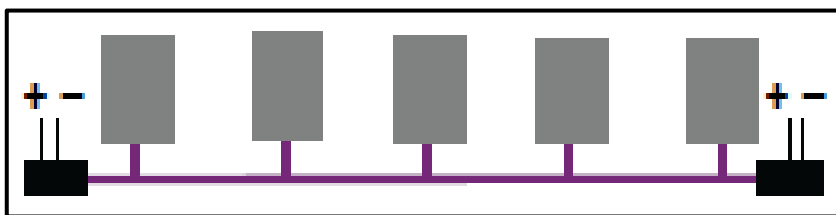


Imagen 26: Terminales Activos – Profibus DP.

Para nuestro proyecto no utilizamos terminales activos, dado que la red Profibus DP, solo posee un dispositivo esclavo, lo cual no justifica su instalación.

3.4. REQUERIMIENTOS TÉCNICOS DE LA RED INDUSTRIAL ETHERNET.

3.4.1. Velocidad de Transmisión Industrial Ethernet.

Industrial Ethernet está basado en Fast Ethernet (100 Mbit / s) dado que los mensajes son transportados mucho más rápido que Ethernet (10 Mbit / s) y por lo tanto sólo ocupan el bus durante un tiempo extremadamente corto garantizando repuestas inmediatas. Para Fast Ethernet, se requiere de un cableado UTP categoría 5.

Los dispositivos SIMATIC Net de Siemens, soportan Fast Ethernet (100 Mbit / s) y además cuentan con un sistema automático de detección de la velocidad de transferencia de la red.

3.4.2. Topología de la Red Industrial Ethernet.

La topología de la red, será tipo bus ya que por su sencilla instalación y bajo requerimiento de hardware adicional, la hace la más adecuada para este proyecto.

La distancia máxima permitida del bus entre dos dispositivos de la red es de 100m. En el caso de nuestro proyecto la distancia máxima entre dos dispositivos (según plano adjunto “Ruteo de Cables”) es de 30m, no habrá la necesidad de instalar repetidores.

Otra característica que hace idónea esta topología para nuestro proyecto, es que los dispositivos SIMATIC Net cuentan con dos puertos en una interfaz, poseen un switch integrado que permite configurar el sistema con topología en bus o de anillo.

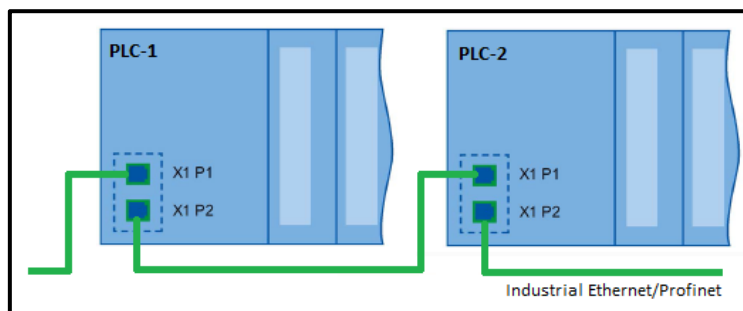


Imagen 27: Interfaz Ethernet con Switch Integrado.

3.4.3. Cables para Redes Industrial Ethernet.

Para cableado estructurado dentro de una fábrica, el sistema de cableado FC/TP (FastConnect / Twisted Pair) es ideal. Está basado en el cableado estructurado de oficinas pero desarrollado para ambiente industrial.

Los cables de Ethernet Industrial FastConnect especialmente diseñados para conexión rápida (certificados UL y CAT5e) como FC TP. Se pueden montar de forma rápida y sencilla in situ. Esto significa que la tecnología de cableado RJ-45, una norma existente, también está disponible en una versión

adecuada para la industria haciendo posible cableado en un entorno industrial.

A continuación se describen los cables eléctricos para Industrial Ethernet disponibles para diferentes topologías, requisitos o áreas de aplicación.

Cable	Tipo	Características
IE FC TP 2x2 Cable de 4 hilos para redes Fast Ethernet	IE FC TP standard cable GP	Cable de bus estándar con alambres sólidos y diseño especial para el auto-ensamblaje; 4 alambres sólidos trenzados en star quad (cuadrate en estrella).
	IE FC TP flexible cable GP	Cable de bus flexible para situaciones especiales con movimientos ocasionales; 4 hilos (flexibles) trenzados en star quad.
	IE FC TP FRNC cable GP	Cable flexible, libre de halógenos para su uso en edificios (FRNC = retardante de llama no corrosivo); 4 hilos (flexibles) trenzados en star quad, para movimientos ocasionales
	IE FC TP trailing cable GP IE FC TP trailing cable	Cable de bus altamente flexible para usos especiales que implican movimiento constante, por ejemplo en una cadena de arrastre, para el movimiento constante piezas de la máquina; 4 hilos (flexibles) trenzados en star quad
	IE FC festoon cable GP	Cable flexible para uso especial con el movimiento constante y especialmente concebido para suspensión en guirnaldas, por ejemplo, en grúas; 4 hilos (flexibles) trenzados en star quad.
	IE FC TP food cable	Cable flexible especialmente para su uso en la industria de alimentos y bebidas; 4 hilos (flexibles) trenzados en star quad.
	IE FC TP marine cable GP	Cable de bus especialmente para su uso en buques; 4 hilos (flexibles) trenzados en star quad, libre de halógenos, certificado para la construcción naval.
	IE FC TP torsion cable	Altamente flexible, cable bus especialmente para su uso con el movimiento constante, por ejemplo cuando se utilizan robots; 4 hilos (flexibles).
IE FC TP 4x2 cable	IE FC TP standard	Para la creación de redes Industrial

Cable	Tipo	Características
de 8 hilos para redes Gigabit Ethernet	cable (22 AWG)	Ethernet de hasta 100 m en conjunto con el IE FC Modular Outlet y los cables TP.
	IE FC TP standard cable GP (24 AWG)	Para la conexión directa de hasta 60 m sin parchear con el IE FC RJ45 Plug 4x2.

star quad: esta disposición en el trenzado de cables ayuda al rechazo de interferencias electromagnéticas.

Las longitudes máximas de cable para las conexiones industriales Ethernet son (según manual “Industrial Ethernet”) [5]:

Cabling structure	Cable type	Max. length	Max. total of the patch cables (TP cord)
In one piece They are used without patch cables.	IE FC standard cable GP	100 m	
	IE FC flexible cable GP	85 m	
	IE FC torsion cable GP	55 m	
	IE FC trailing cable GP	85 m	
	IE FC trailing cable	85 m	
	IE FC marine cable	85 m	
	IE FC TP FRNC cable GP	85 m	
Structured The set up is with patch cables and and IE FC outlet RJ-45 or IE FC RJ-45 modular outlet.	IE FC standard cable GP	90 m	10 m
	IE FC flexible cable GP	75 m	10 m
	IE FC torsion cable GP	45 m	10 m
	IE FC trailing cable GP	75 m	10 m
	IE FC trailing cable	75 m	10 m
	IE FC marine cable	75 m	10 m
	IE FC TP FRNC cable GP	75 m	10 m
In one piece, including D-sub plugs.	ITP standard 2 x 2	100 m	

El cable seleccionado para la red Industrial Ethernet del presente proyecto es IE FC standard cable GP.

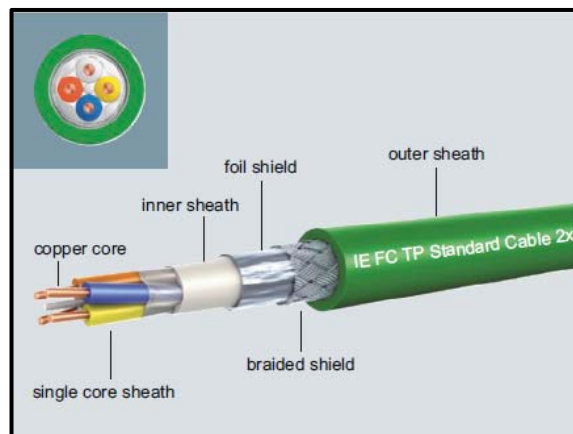


Imagen 28: Cable Estándar - Industrial Ethernet.

Seleccionamos este tipo de cable porque estamos en un entorno industrial típico, sin exposiciones a agentes químicos, ni esfuerzos mecánicos. El cable va a estar fijo/apoyado sobre las canalizaciones y además cuenta con estructura especial para conexión rápida.

Además la longitud del bus, requerido para el diseño de la red, es menor a la longitud máxima del cable seleccionado y a lo especificado en el cableado estructurado.

Para el diseño se considera la instalación del cableado en una sola pieza y conexión directa entre dispositivos no se emplearan sokect ni patch cables.

3.4.4. Conectores de Bus para Redes Industrial Ethernet.

Para la interconexión de dispositivos en Industrial Ethernet, los tipos conectores son FC RJ45 y FC M12, que existen en variadas versiones cuya selección depende del tipo cable, puerto de conexión del dispositivo y/o la aplicación que se desee desarrollar.

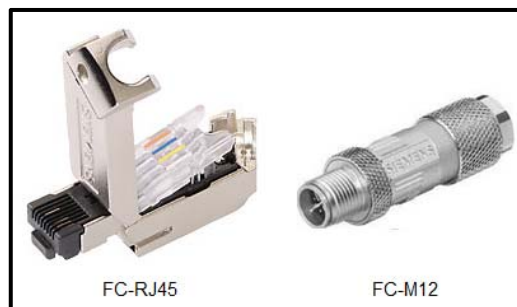


Imagen 29: Tipos de Conectores - Industrial Ethernet.

El tipo de conector seleccionado para nuestro proyecto IE FC RJ-45 2x2, dadas sus siguientes características:

- Son conectores enchufables compactos y robustos, tienen una carcasa metálica, conveniente para la industria que proporciona protección contra la interferencia en las comunicaciones. Los conectores cumplen con las normas EN 50173 (RJ-45) e ISO / IEC 11801.
- Se utiliza para instalar cables IE FC TP de 4 hilos.
- Permite conexiones punto a punto (10/100 Mbps) aplicable para Industrial Ethernet entre dos equipos terminales / componentes de red de hasta 100m.
- Fácil conexión (contactos de desplazamiento aislados) para cables de par trenzado de 4 hilos (100 Mbps) sin necesidad de herramientas especiales.
- Ahorro de tiempo, la instalación libre de errores utilizando el sistema FastConnect. Los errores se evitan gracias a la codificación de color y la transparencia de la cobertura de contacto.

3.5. SELECCIÓN DE COMPONENTES DE RED.

La selección de los componentes para cada una de las redes, es conforme a las características requeridas, según lo descrito anteriormente para cada caso, también incluiremos la descripción de los PLCs y panel HMI de las plantas OSMOIPA N°1 y N°2. Los componentes de red, se clasifican en:

3.5.1. Componentes Pasivos de la Red.

Se trata de componentes de red que transmiten una señal pero no tienen la posibilidad de influir en ella; por ejemplo: cables, conectores, etc.

PROFIBUS FC Standard Cable GP (Código: 6XV1830-0EH10)

Cable de bus estándar (2 hilos) con estructura especial para montaje rápido en tendido fijo.

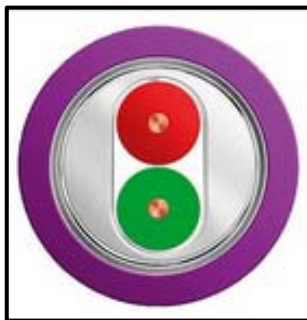


Imagen 30 : Cable GP - Profibus.

- Longitud para velocidad máxima de 1.5Mbps es de 200m.
- Atenuación a 4 MHz / máxima es de 0,022 dB/m.
- Impedancia característica nominal (3Hz a mas) 150Ω.
- Resistencia de bucle por longitud / máxima es de 110 Ω/km.

Conector de Bus PROFIBUS - RS485 (Código: 6ES7972-0BA52-0XA0)

Conector para Profibus, para velocidades de transmisión desde 9.6kbps hasta 12 Mbps, con salida de cable a 90°.



Imagen 31: Conector RS485 - Profibus DP.

- Contactos con aislamiento integrado, para cables Profibus de 2 hilos.
- Material de cubierta es plástico.
- Conexiones eléctricas, para cables PROFIBUS 2 conexiones y para componentes de red o equipos terminales 1 conexión.

IE FC TP Standard Cable GP 2 x 2 (Código: 6XV1840-2AH10)

Cable estándar con 4 hilos, con estructura para montaje rápido.

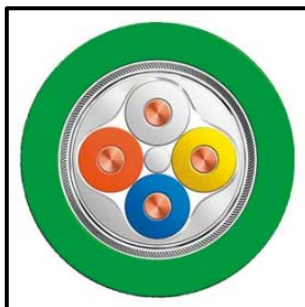


Imagen 32: Cable GP 2x2 - Industrial Ethernet.

- La atenuación a 100MHz es de 0.195 dBm/m.
- Impedancia típica de 1MHz a 100MHz es de 100Ω.
- Resistencia de bucle por longitud 115Ω/km.
- Pantalla de aluminio y revestida con una malla trenzada con hilos de cobre estañado.

- Cumple con la norma de cableado estructurado Cat 5e.
- Longitud máxima sin repetidores con 100BTx de 100m.

Conector IE FC RJ45 Plug 180 (2x2) (Código: 6GK1901-1BB10-2AA0)

Conector RJ45 (10/100Mbps) con caja de metal robusta, para conexión a cables IE FC TP 2x2, apto para montaje rápido con el sistema FastConnect.



Imagen 33: Conector RJ45 - Industrial Ethernet.

- Tasa de transferencia con Industrial Ethernet de 10 Mbps, 100 Mbps.
- Salida del cable a 180°.
- Norma para cableado estructurado Cat5.

3.5.2. Componentes Activos de la Red.

Se trata de componentes de red que influyen activamente en una señal, modificando el mensaje; por ejemplo: PLCs. Switches, Routers, etc.

**PLCs OSMOIPA N°1 y N°2 / SIMATIC S7-1200 CPU 1215C
(Código: 6ES7 215-1AG40-0XB0)**



Imagen 34: S7-1200 / CPU-1215C

Sus principales características técnicas son:

- Tensión de alimentación 24Vdc.
- Entradas/salidas digitales DI14/DO10.
- Entradas/ Salidas analógicas AI2/AO2.
- Tiempos de ejecución, para operaciones a bits tip.0.085 μ s; para operaciones a palabras típ. 1.7 μ s; para aritmética de coma flotante, típ. 2.3 μ s.
- Capacidad de Memoria de la CPU, memoria de usuario 100kbyte; memoria de trabajo 125 kbyte; memoria de carga integrado 4Mbyte.
- Interfaz tipo Profinet y norma física Ethernet con switch de 2 puertos RJ45. Soporta protocolos como S7-Comunicación, Ethernet (TCP/IP, ISO, UDP) y servidores web.
- Velocidad de transferencia máxima de 100Mbps, para Industrial Ethernet.

**Touch Panel OSMOIPA N°1 y N°2 / SIMATIC TP 277 6" TFT
(Código: 6AV6643-0AA01-1AX0)**

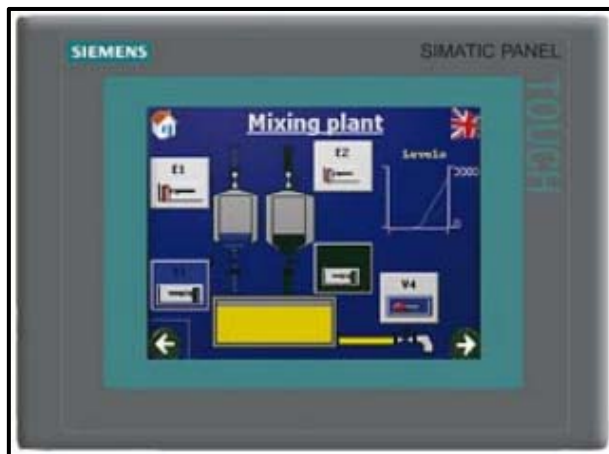


Imagen 35: Touch Panel Simatic TP277- 6" TFT.

Sus principales características técnicas son:

- Tipo de pantalla TFT (Thin Film Transistor), Diagonal de pantalla de 5.7", numero de colores 256.
- Elementos de mando por pantalla táctil.
- Tipo de procesador RISC 32 bits.
- Interfaces de comunicación, Interfaces/tipo de bus 1 x RS422, 1 x RS485, 1 x Ethernet (RJ45), Interfaz 1 x USB, slot para Multimedia Card, hasta máx. 128MB.
- Protocolos de comunicación, Profinet IO, Profibus y Ethernet TCP/IP.
- Sistema operativo preinstalado Windows CE.

**PLC Etapas 1 y 3 / SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP
(Código: 6ES7315-2EH14-0AB0)**



Imagen 36: S7-300 / CPU 315-2 PN/DP

Sus principales características técnicas son:

- Tensión de alimentación 24Vdc.
- Entradas/salidas digitales DI14/DO10.
- Entradas/ Salidas analógicas AI2/AO2.
- Tiempos de ejecución de la CPU, para operaciones a bits típ. 0.05 μ s; para operaciones a palabras típ. 0.09 μ s; para aritmética de coma fija típ. 0.12 μ s; para aritmética de coma flotante, típ. 0.45 μ s.
- Capacidad de Memoria de trabajo de la CPU 384 kbyte.
- No posee Entradas/Salidas Digitales/Analógicas.
- Interfaz Profinet y norma física Ethernet con switch de 2 puertos RJ45. Funcionalidades Profinet IO como Controlador y Dispositivo, Con velocidades de hasta 100Mbps.
- Interfaz RS485 con funcionalidades de Maestro DP, Esclavo DP y comunicación MPI. Con velocidad de transmisión de hasta 12Mbps.

- Soporta protocolos como S7-Comunicación, Ethernet (TCP/IP, ISO, UDP), servidores web, Profinet IO/CBA, comunicación PG/OP.
- Velocidad de transferencia máxima de 100Mbps, para Industrial Ethernet.

**Módulo de Esclavo / SIMATIC DP ET-200M / IM 153-1
(Código: 6ES7153-1AA03-0XB0)**



Imagen 37: ET-200 / IM 153-1.

Sus principales características técnicas son:

- Tensión de alimentación nominal 24Vdc.
- Admite como máximo 8 módulos (Entradas/Salidas).
- Interfaz 1 x RS485.
- Protocolo de comunicación Profibus DP y funcionalidad como Esclavo DP, con velocidad de transmisión de hasta 12Mbps.

Interfaz de Comunicación para la PC / PROCESADOR DE COMUNIC. CP1623 (Código: 6GK1162-3AA00)

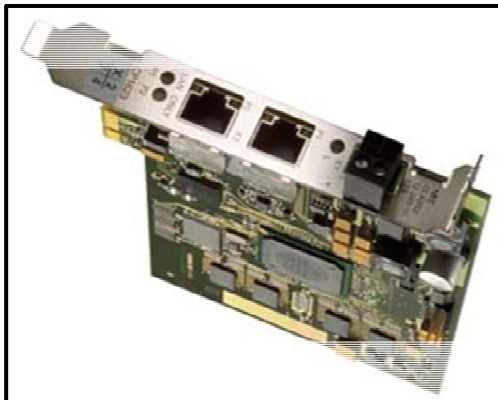


Imagen 38: CP 1623 - PCI EXPRESS.

Procesador de comunicaciones, PCI express (3,3v/12v), para conectar a Industrial Ethernet (10/100/1000mbit/s). Norma física Ethernet con switch de 2 puertos (RJ45).

3.6. CONFIGURACIÓN Y PROGRAMACIÓN DE DISPOSITIVOS.

Para la programación y configuración de los componentes de red se utilizó la plataforma de Siemens TIA Portal Ver. 13 (Totally Integrated Automation Portal), Los Softwares instalados (versión de prueba, validos por 21 días) son los siguientes:

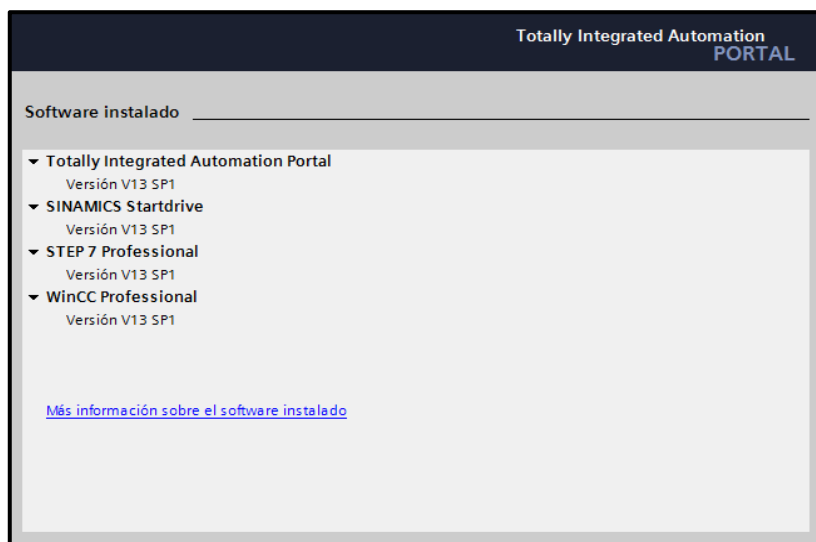


Imagen 39: Softwares de Programación.

Abrimos el Software TIA Portal y creamos un nuevo proyecto.

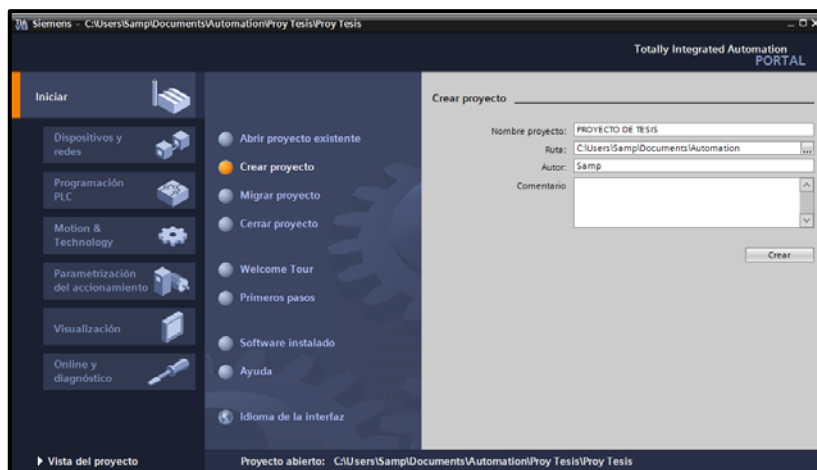


Imagen 40: Crear Proyecto - TIA Portal.

Seleccionamos la opción de “Agregar Dispositivos” y agregamos los componentes para cada una de las redes.

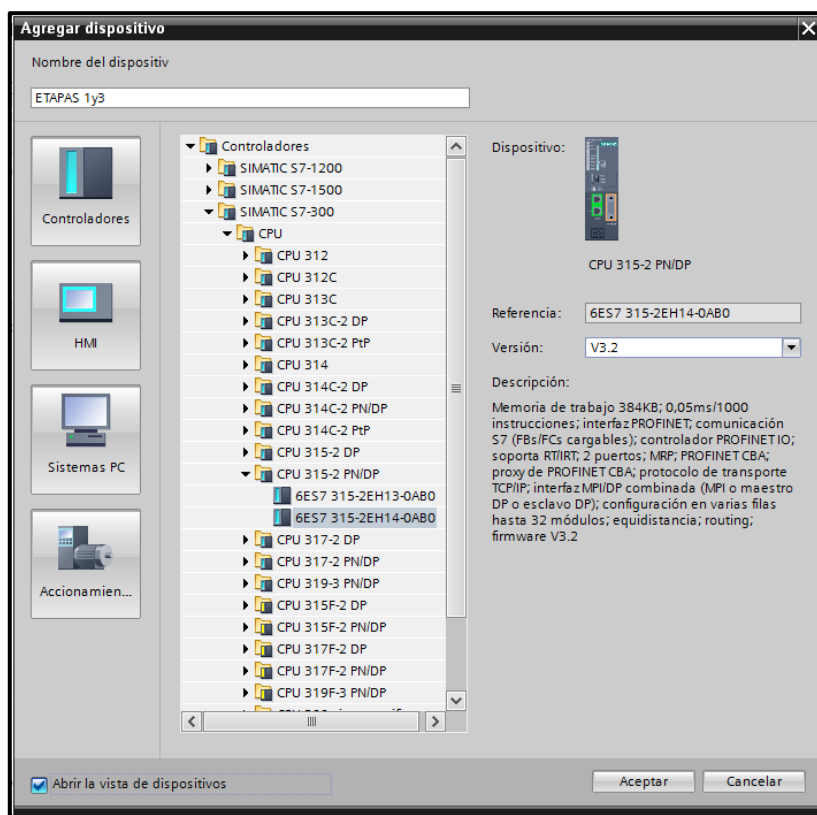


Imagen 41: Agregar Dispositivos - TIA Portal.

En la vista de redes, podemos observar todos los dispositivos agregados para el proyecto. A partir de esta vista realizaremos la configuración de las redes de control.

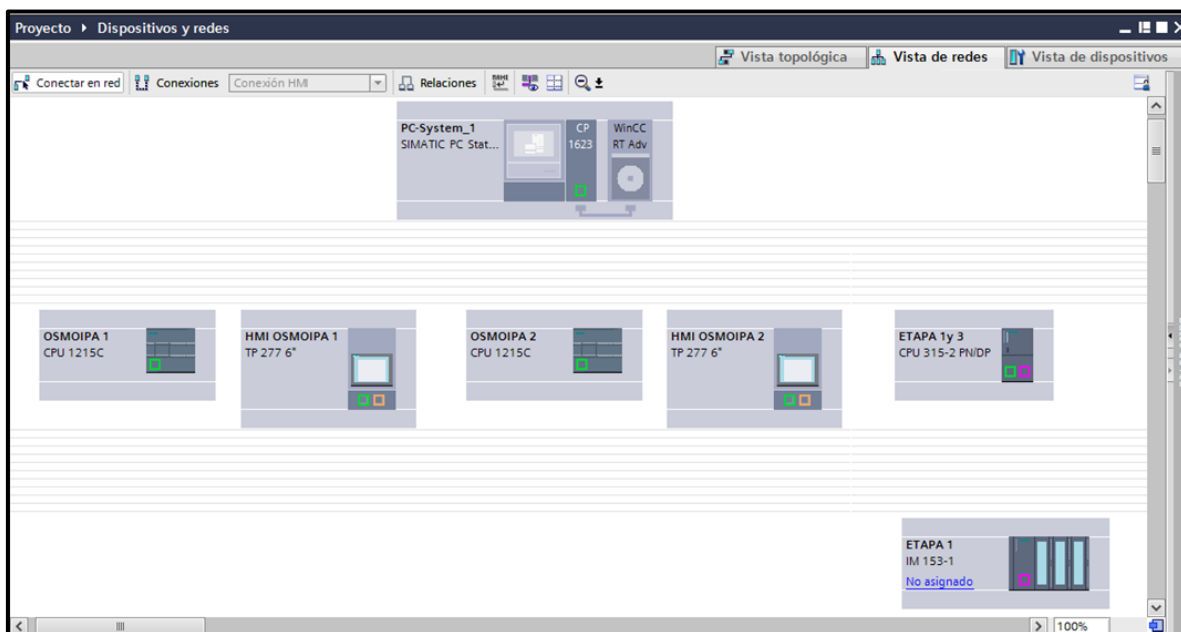


Imagen 42: Vista de Redes - TIA Portal.

Dispositivos del Proyecto			
Nombre	Dispositivo	Red/Dirección	Descripción
SCADA	CP 1623	Industrial Ethernet. IP: 192.168.0.7	Procesador de comunicaciones para la PC que contendrá el sistema SCADA basado en WinCC.
OSMOIPA 1	CPU 1215C	Industrial Ethernet. IP: 192.168.0.1	PLC del sistema de producción OSMOIPA1
HMI OSMOIPA 1	TP 277 6"	Industrial Ethernet. IP: 192.168.0.6	Panel HMI del sistema de producción OSMOIPA1
OSMOIPA 2	CPU 1215C	Industrial Ethernet. IP: 192.168.0.4	PLC del sistema de producción OSMOIPA2
HMI OSMOIPA 2	TP 277 6"	Industrial Ethernet. IP: 192.168.0.5	Panel HMI del sistema de producción OSMOIPA2
ETAPAS 1 y 3	CPU 315-2 PN/DP	Industrial Ethernet. IP: 192.168.0.3 Profibus DP. ID: 02	PLC para el control de la etapas 1 y 3 antes definidos. Tiene la función de maestro para la red Profibus DP.
ETAPA 1	IM 153-1	Profibus DP. ID: 03	Módulo de periferia distribuida de Entradas/Salidas, correspondiente al PLC de las ETAPAS 1 y 3.

3.6.1. Configuración de la Red Profibus DP.

Una vez seleccionados todos los dispositivos, procedemos a interconectar el dispositivo de la red Profibus DP. Se da clic izquierdo, en la interfaz del dispositivo esclavo (Etapa 1) y manteniéndolo pulsado se arrastra el mouse hasta interfaz del dispositivo maestro (Etapa 1 y 3). De esta manera el dispositivo “Etapa 1” queda asignado como esclavo al dispositivo “Etapa 1 y 3”.

A continuación se muestra la red Profibus DP. En la siguiente imagen se puede apreciar los dispositivos de la red así como sus respectivas direcciones.

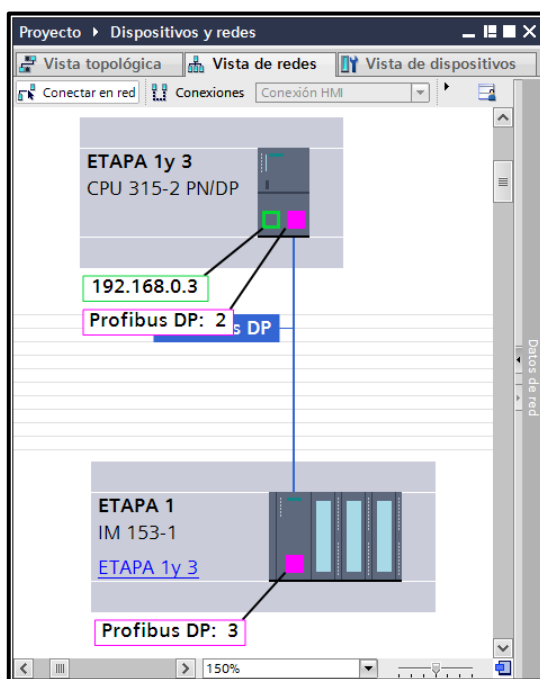


Imagen 43: Configuración de la red Profibus DP.

- **Ajustes de la Red:** Seleccionamos la red Profibus DP y en propiedades vamos a la opción de “Ajuste de Red” y realizamos los siguientes ajustes:
 - **Dirección de PROFIBUS más alta:** 126. Es la dirección máxima posible que se puede asignar a los componentes de la red.

- **Velocidad de transferencia:** 1.5Mbits/s.
- **Perfil:** DP. Según sean los tipos de dispositivos conectados y los protocolos utilizados en PROFIBUS, hay disponibles diferentes perfiles. Los perfiles se distinguen por sus opciones de ajuste y por el cálculo de los parámetros de bus.

Perfil	Descripción
"DP".	Si en la subred PROFIBUS sólo hay conectados dispositivos que cumplen con las exigencias de la norma EN 50170 Volumen 2/3, Parte 8-2 PROFIBUS. El ajuste de los parámetros de bus se ha optimizado para estos dispositivos
Estándar	Ofrece además la posibilidad de tener en cuenta para el cálculo de los parámetros de bus dispositivos de otro proyecto o dispositivos no configurados aquí. Los parámetros de bus se calcularán entonces con un algoritmo sencillo y no optimizado.
Universal (DP/FMS)	Si en la subred PROFIBUS hay dispositivos individuales que utilizan el servicio PROFIBUS FMS.
Definido por el Usuario	La subred PROFIBUS sólo funciona a la perfección si los parámetros del perfil de bus están sintonizados entre sí. Seleccione el perfil de bus "Definido por el usuario" cuando, para el funcionamiento de un dispositivo PROFIBUS, ninguno de los perfiles restantes "se ajuste" y deban adaptarse los parámetros de bus a la estructura especial.

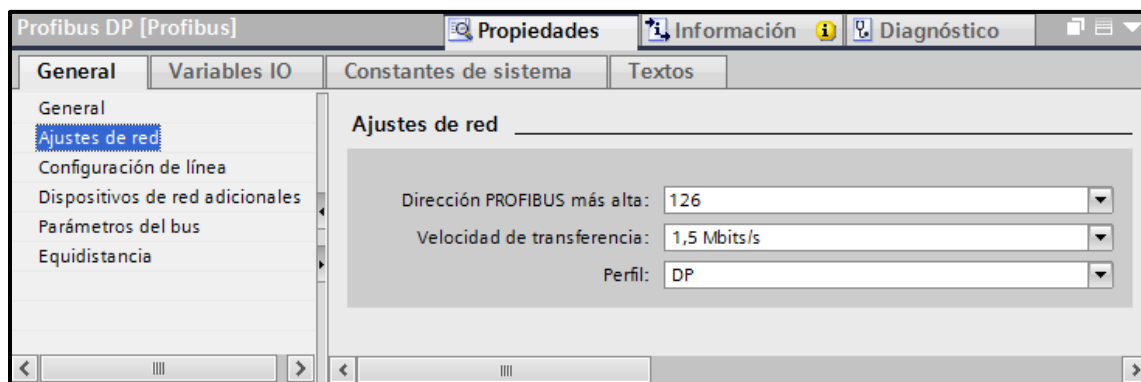


Imagen 44: Ajustes de la Red Profibus DP.

- **Parámetros de Bus:** En Profibus DP y en propiedades vamos a la opción de "Parámetros del bus" y verificamos el cálculo de los parámetros de la red que el software realiza automáticamente (Para el perfil PD, no permite modificar los parámetros).

Parámetro	Descripción
t_Bit	Es el tiempo que se tarda en transmitir un bit y equivale al inverso de la tasa de transmisión.
Tslot_Init	El tiempo de espera a recepción determina cuánto tiempo debe esperar como máximo el emisor hasta recibir una respuesta del interlocutor direccionado. Si en el grupo de parámetros "Configuración de línea" se configura la influencia de los componentes de la línea sobre los tiempos de ejecución de telegramas, deberán tenerse en cuenta también estas proporciones. La proporción se suma al Tslot_Init predefinido y el total se utiliza como Tslot.
Max. Tsdr	El tiempo máximo de procesamiento de protocolo determina el tiempo máximo al cabo del cual el nodo que responde debe haber respondido.
Min. Tsdr	El tiempo mínimo de procesamiento de protocolo determina el tiempo mínimo al cabo del cual el nodo que responde puede responder.
Tset	El tiempo de activación, es el tiempo que puede transcurrir entre la recepción de un telegrama de datos y la reacción correspondiente en el nodo.
Tqui	El tiempo de desactivación del modulador es el tiempo que requiere un nodo emisor después del fin del telegrama para conmutar de Enviar a Recibir.
Factor GAP	El factor de actualización GAP determina al cabo de cuántas rotaciones del token, puede incorporarse un nuevo nodo activo al anillo lógico.
Retry Limit	Con este parámetro se determina cuántos intentos (repeticiones del telegrama) pueden realizarse como máximo para acceder a un nodo.
Tslot	El tiempo de espera a recepción (slot time) determina cuánto tiempo debe esperar como máximo el emisor hasta recibir una respuesta del interlocutor direccionado. Si en la ficha "Líneas" se configura la influencia de los componentes físicos del bus sobre los tiempos de ejecución de telegramas, deberán tenerse en cuenta también estas proporciones. La proporción se suma al Tslot_Init predefinido y el total se utiliza como Tslot.
Tid2	El tiempo de reposo 2, determina al cabo de cuánto tiempo como mínimo un nodo emisor puede enviar el siguiente telegrama tras el envío de un telegrama no acusado.
Trdy	El tiempo de disponibilidad determina al cabo de cuánto tiempo como mínimo un nodo emisor puede recibir un telegrama de respuesta.
Tid1	El tiempo de reposo 1, determina al cabo de cuánto tiempo como mínimo un nodo emisor puede enviar el siguiente telegrama tras la recepción de una respuesta.
Ttr	El tiempo consignado de rotación del token, es el tiempo máximo disponible para una rotación del token. Durante ese tiempo, todos los nodos activos (maestros DP, etc.) reciben una vez el testigo (token). La diferencia entre el tiempo consignado de rotación del token y el tiempo real de parada del token de un nodo determina cuánto tiempo queda para que los otros nodos activos (PG, otros maestros DP, etc.) puedan enviar telegramas.
Ttr típico	El tiempo de ciclo de datos típico es el tiempo de reacción medio del bus cuando todos los esclavos configurados intercambian datos con el maestro DP. Ninguno de los esclavos notifica un diagnóstico y no se produce ningún tráfico de telegramas adicional con PGs u otros nodos activos, etc. en el bus.
Supervisión de respuesta	El tiempo de supervisión de respuesta sólo se requiere para los sistemas de bus PROFIBUS DP. Determina al cabo de cuánto tiempo como máximo el maestro DP debe activar un esclavo DP con un nuevo telegrama de datos. Si esto no ocurre, el esclavo DP presupone que el maestro DP ha fallado y resetea sus salidas a un estado seguro.

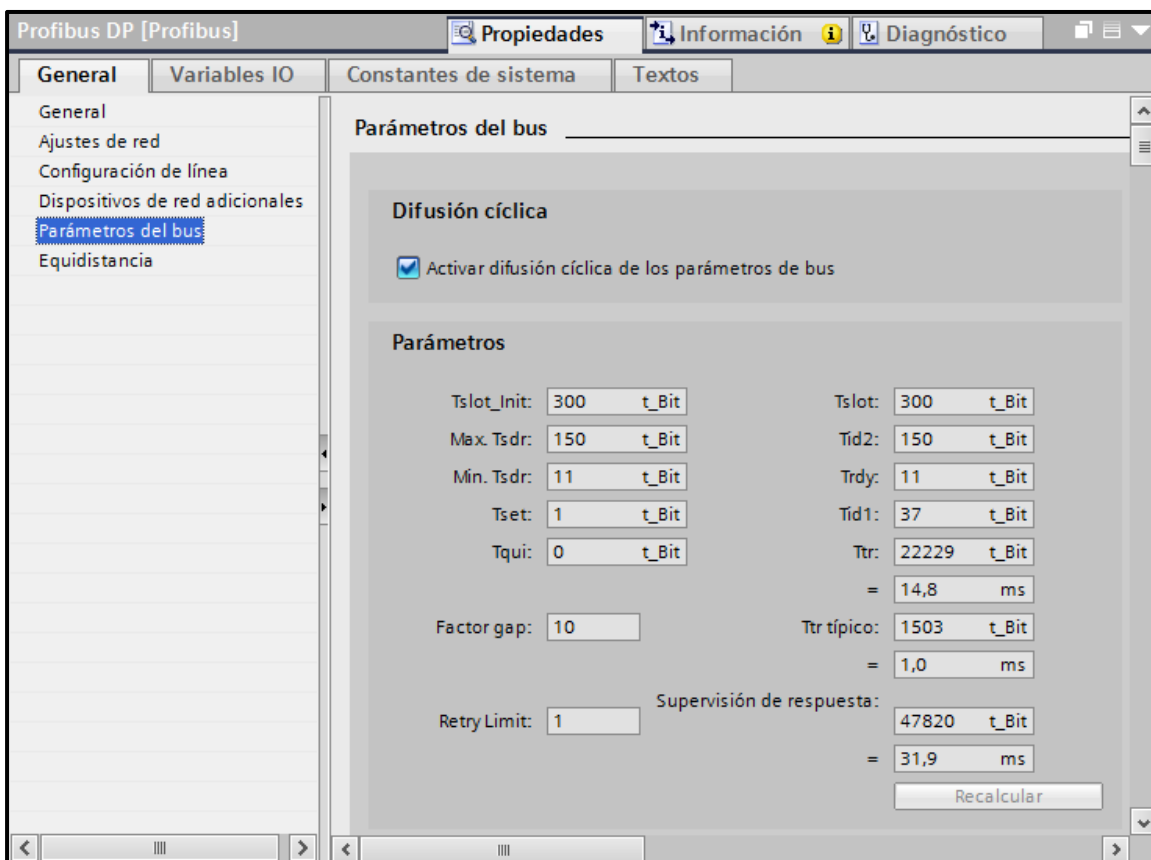


Imagen 45: Parámetros de la Red Profibus DP.

- **Tiempo de Ciclo del Bus:** 1ms. Según el artículo de la página web de Siemens “¿Cómo se puede calcular con el STEP 7 el tiempo de ciclo de PROFIBUS-DP?” [6] se tiene:
 - En el STEP 7 se puede calcular el tiempo de ciclo medio para una red PROFIBUS-DP pura. En una red de este tipo, el tiempo de ciclo de bus se puede decir que es igual al valor "**Ttr típico**".
 - El tiempo de ciclo de bus está limitado por el valor "Ttr". Si se modifica la configuración o se añade un componente, por ejemplo una PG, se modifican los valores "Ttr típico" y "Ttr".

Además una red Profibus DP pura o típica, es aquella que consta de un maestro DP y varios esclavos DP en una misma rama DP.

3.6.2. Configuración de la Red Industrial Ethernet.

A continuación se muestra la red Industrial Ethernet. En la siguiente imagen se puede apreciar en la vista de redes, los dispositivos de la red así como sus respectivas direcciones IP.

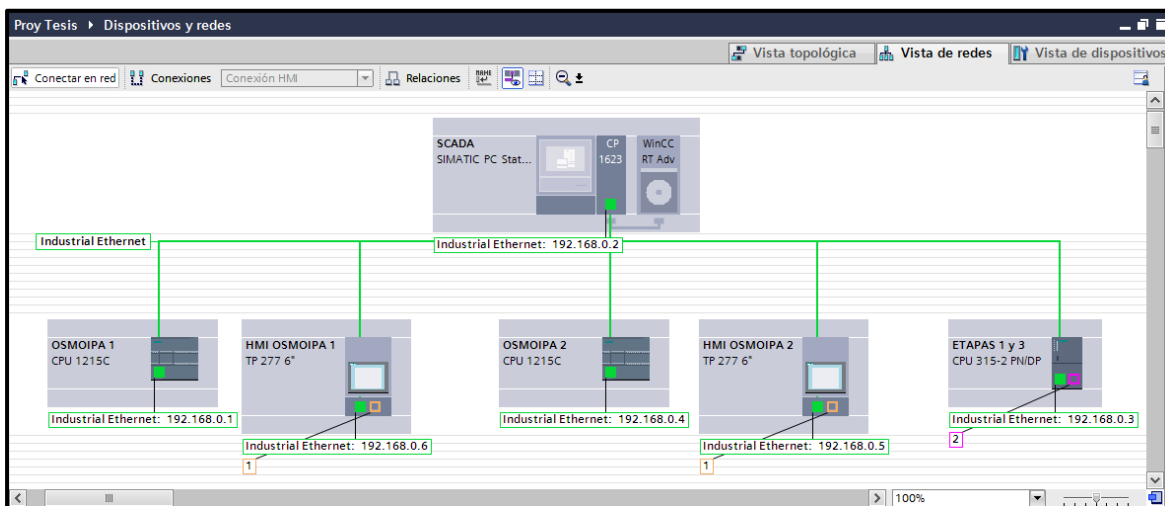


Imagen 46: Red Industrial Ethernet - TIA Portal.

- **Topología de la Red:** Seleccionamos la vista topológica, que permite verificar la conexión física entre los dispositivos y el tipo de topología que forman. Se requiere que los dispositivos intermedios del bus cuenten con una interfaz mínima de 2 puertos, para formar la topología tipo bus.

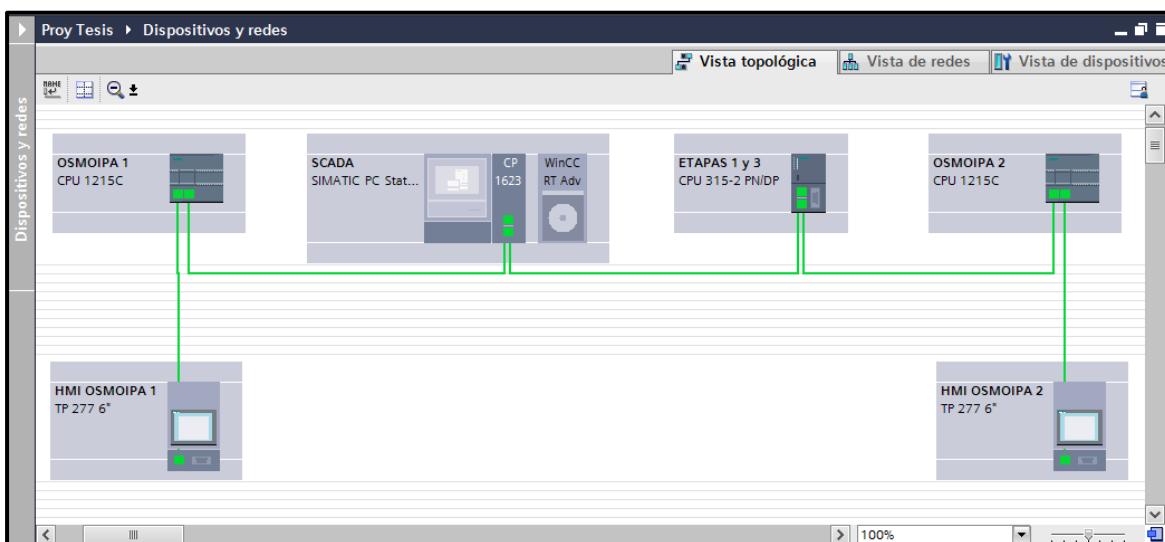






Imagen 47: Vista Topológica - TIA Portal.

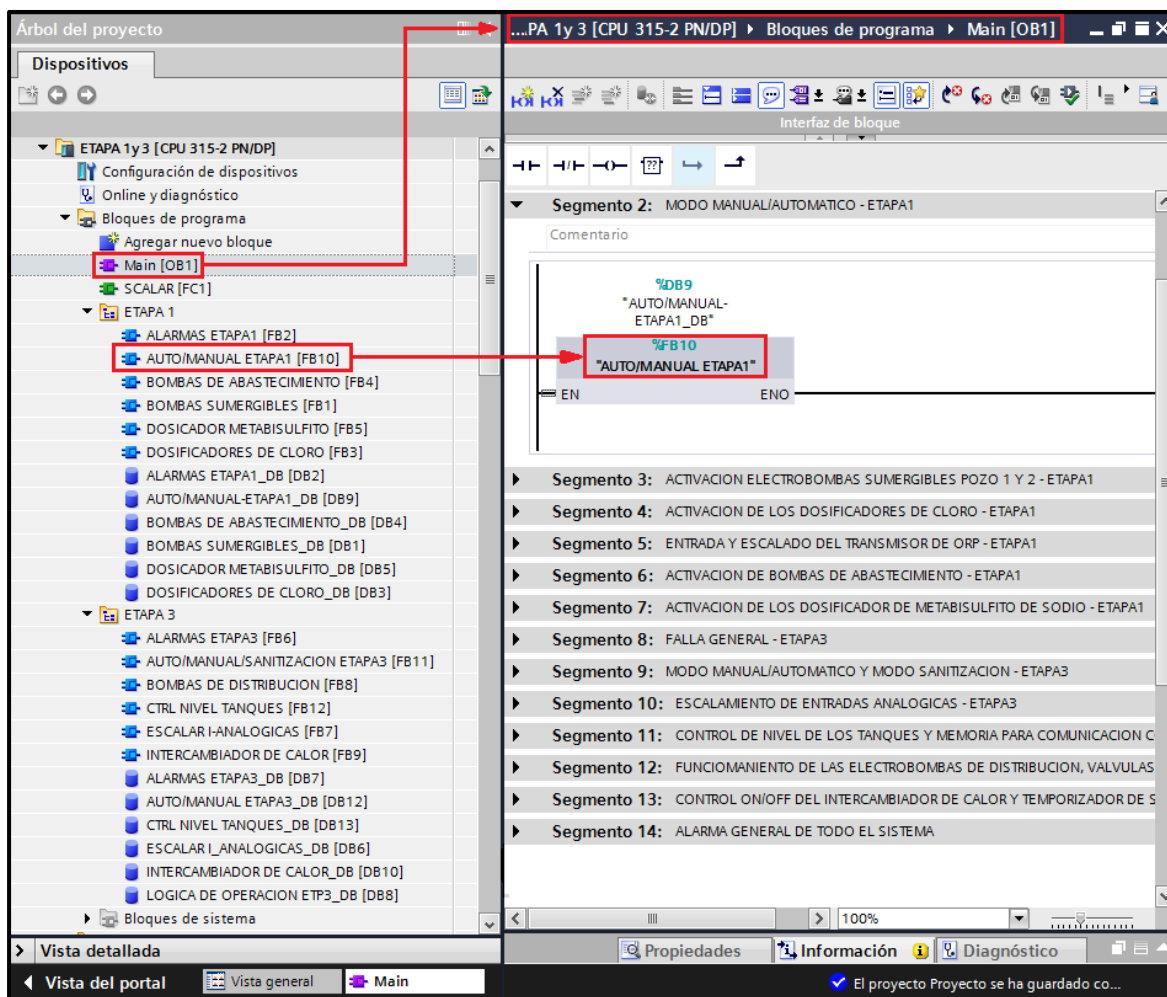
3.6.3. Programación del PLC S7-300 (ETAPA 1 Y 3).

Step 7, brinda una programación estructurada en bloques, que permiten dividir las tareas complejas de automatización, en tareas mucho más simples, facilitando el desarrollo y entendimiento de la lógica de programación.

En Step 7, existen 4 tipos de bloques o módulos de programación que se describen a continuación:

Bloque	Descripción
 Bloque de organización	Los bloques de organización (OB) controlan la ejecución del programa. Mediante OB se puede reaccionar a eventos cíclicos, eventos controlados por tiempo o eventos controlados por alarmas
 Bloque de función	Los bloques de función son bloques lógicos que depositan sus valores de forma permanente en bloques de datos de instancia, de modo que siguen estando disponibles después de procesar el bloque.
 Función	Las funciones son bloques lógicos sin memoria. Rutina de programa para funciones frecuentes.
 Bloque de datos	Los bloques de datos (DB) sirven para almacenar datos del programa.

EL PLC “ETAPA 1 y 3”, contendrá la lógica de programación de las tareas de control de las etapas 1 y 3. El programa está estructurado en una serie de bloques lógicos que son llamados desde el bloque principal “Main [OB1]”



A continuación se expone de manera breve cada uno de los bloques:

- **Main [OB1]:** Bloque de organización del programa que se ejecuta cíclicamente en la CPU del PLC. Constituyen el interfaz entre el sistema operativo y el programa de usuario.
- **SCALAR [FC1]:** Posee la lógica para el escalamiento de las variables analógicas y puede ser llamado desde cualquier bloque FB.
- **ALARMAS ETAPA1 [FB2]:** Posee la lógica para la activación de las fallas y las alarmas de la Etapa 1 (una falla detiene todo el proceso y una alarma solo detiene una tarea específica del proceso). las fallas y alarmas de la Etapa 1 son:

- Parada de emergencia.
- Falla de electrobomba sumergible 1.
- Falla de electrobomba sumergible 2.
- Falla de electrobomba de abastecimiento 1.
- Falla de electrobomba de abastecimiento 2.
- Falla de electrobomba de abastecimiento 3.
- Falla de electrobomba de abastecimiento 4.
- Alarma de nivel bajo del tanque de Cloro.
- Alarma de nivel bajo del tanque de Metabisulfito de Sodio.
- Alarma de nivel bajo del de la cisterna.
- Alarma de bajo porcentaje de Cloro libre disuelto en la cisterna.
- **AUTO/MANUAL ETAPA1 [FB10]:** Posee la lógica, que permite seleccionar los modos de operación de la etapa1. Modo manual, permite al usuario activar o desactivar cada dispositivo independientemente, y el modo automático permite ejecutar todo el proceso de manera conjunta respetando las secuencias programadas.
- **BOMBAS DE ABASTECIMIENTO [FB4]:** Permite la activación y desactivación de las electrobombas de abastecimiento 1, 2,3 y 4; tanto en modo manual como automático.
- **BOMBAS SUMERGIBLES [FB1]:** Permite la activación y desactivación de las electrobombas sumergibles 1 y 2; tanto en modo manual como automático.

- **DOSIFICADOR DE METABISULFITO [FB5]:** Permite la activación y desactivación del dosificador de metabisulfito de sodio; tanto en modo manual como automático.
- **DOSIFICADORES DE CLORO [FB3]:** Permite la activación y desactivación de los dosificadores de Cloro 1 y 2; tanto en modo manual como automático.
- **ALARMAS ETAPA3 [FB6]:** Posee la lógica para la activación de las fallas y las alarmas de la Etapa 3 (una falla detiene todo el proceso y una alarma solo detiene una tarea específica del proceso). las fallas y alarmas de la Etapa 1 son:
 - Parada de emergencia.
 - Falla de electrobomba de distribución 1.
 - Falla de electrobomba de distribución 2
 - Alarma de temperatura máxima del intercambiador de calor.
 - Alarma de alta conductividad de retorno al tanque N° 1.
 - Alarma de alta conductividad de retorno al tanque N° 2.
 - Alarma de alta conductividad de retorno al tanque N° 3.
 - Alarma de nivel bajo del tanque N° 1.
 - Alarma de nivel bajo del tanque N° 2.
 - Alarma de nivel bajo del tanque N° 3.
- **AUTO/MANUAL/SANITIZACION ETAPA3 [FB11]:** Posee la lógica, que permite seleccionar los modos de operación de la etapa 3.

- Modo Producción: dentro de este se tiene: el modo manual que permite al usuario activar o desactivar cada dispositivo independientemente y el modo automático permite ejecutar todo el proceso de manera conjunta respetando las secuencias programadas.
- Modo sanitización: permite iniciar un ciclo de sanitización de las tuberías y tanques de la etapa 3.
- **BOMBAS DE DISTRIBUCION [FB8]:** Permite la activación y desactivación de las electrobombas de distribución 1 y 2; tanto en modo manual como automático.
- **CONTROL DE NIVEL DE TANQUES [FB12]:** Permite controlar el nivel de agua de los tanques entre un nivel máximo de 97% y un nivel medio de 20%. Este control se realiza, mediante la activación/desactivación de un bit, que es leído desde los PLCs “OSMOIPA 1” y “OSMOIPA 2”.
- **ESCALAR I-ANALOGICAS [FB7]:** Permite realizar el escalamiento de las variables analógicas leídas desde los transmisores según su rango de trabajo y asignándoles sus respectivas unidades de medición.
 - Transmisores de conductividad: Rango, 0.02 a 2000 $\mu\text{S}/\text{cm}$.
 - Transmisor de Temperatura: Rango, 0 a 200 $^{\circ}\text{C}$.
 - Transmisor de Nivel: Rango de 0 a 100%.
- **INTERCAMBIADOR DE CALOR [FB9]:** Posee la lógica para control de temperatura ON/OFF del intercambiador de calor, mediante la apertura/cierre de una electroválvula de vapor. Opera en modo sanitización y mantiene la temperatura del agua entre 85 $^{\circ}\text{C}$ y 95 $^{\circ}\text{C}$.

3.6.4. Programación del PLCs S7-1200 (OSMOIPA 1 y 2).

Estos PLC cuentan con la lógica de programación, realizada por los fabricantes de los equipos OSMOIPA 1 y 2 respectivamente. Por lo tanto para estos PLCs solo nos resta agregarles en su lógica de programación, las instrucciones de comunicación, para la coordinación de las tareas del control de nivel de los tanques de almacenamiento y distribución de la Etapa 3.

La comunicación de los PLCs “OSMOIPA 1” y “OSMOIPA 2” con el PLC “ETAPA 1 y 3”, se realiza a través de la red Industrial Ethernet y mediante el protocolo “Comunicación S7”. Dicho protocolo, se gestiona en Step 7, desde las instrucciones "GET", que permite leer datos de una CPU remota y "PUT", que permite escribir datos en una CPU remota.

A continuación se describe la instrucción GET, que utilizamos en los PLCs “OSMOIPA 1” y “OSMOIPA 2”, para leer un bit de una memoria determinada del “PLC ETAPA 1 y 3”.

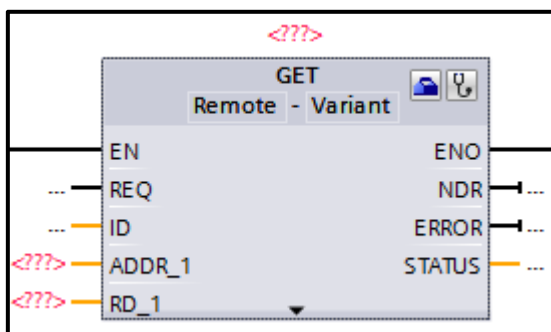


Imagen 48: Instrucción GET.

Parámetro	Tipo de Datos	Descripción
REQ	BOOL	El parámetro de control request activa el intercambio de datos con un flanco ascendente.
ID	WORD	Parámetro de direccionamiento para indicar la conexión con la CPU interlocutora.
NDR	BOOL	Parámetro de estado NDR: <ul style="list-style-type: none"> • 0: La petición aún no se ha iniciado o todavía está en curso. • 1: La petición ha finalizado correctamente.

Parámetro	Tipo de Datos	Descripción
ERROR	BOOL	Parámetros de estado ERROR y STATUS, indicación de error: • ERROR=0 STATUS tiene el valor: ○ 0000H: ni advertencia ni error ○ <> 0000H: Advertencia, STATUS devuelve información detallada. • ERROR=1 Hay un error. STATUS devuelve información detallada sobre el tipo de error.
STATUS	WORD	
ADDR_1	---	Puntero hacia las áreas de la CPU interlocutora que deben leerse. Si el puntero REMOTE accede a un DB, éste siempre debe especificarse. Ejemplo: P#DB10.DBX5.0 Byte 10.
RD_1	VARIANT	Puntero hacia las áreas de la CPU propia en las que se depositan los datos leídos.

Para establecer la Comunicación S7, en el PLC OSMOIPA 1, en Propiedades seleccionamos la opción “Protección” y habilitamos el permiso de acceso vía comunicación PUT/GET.

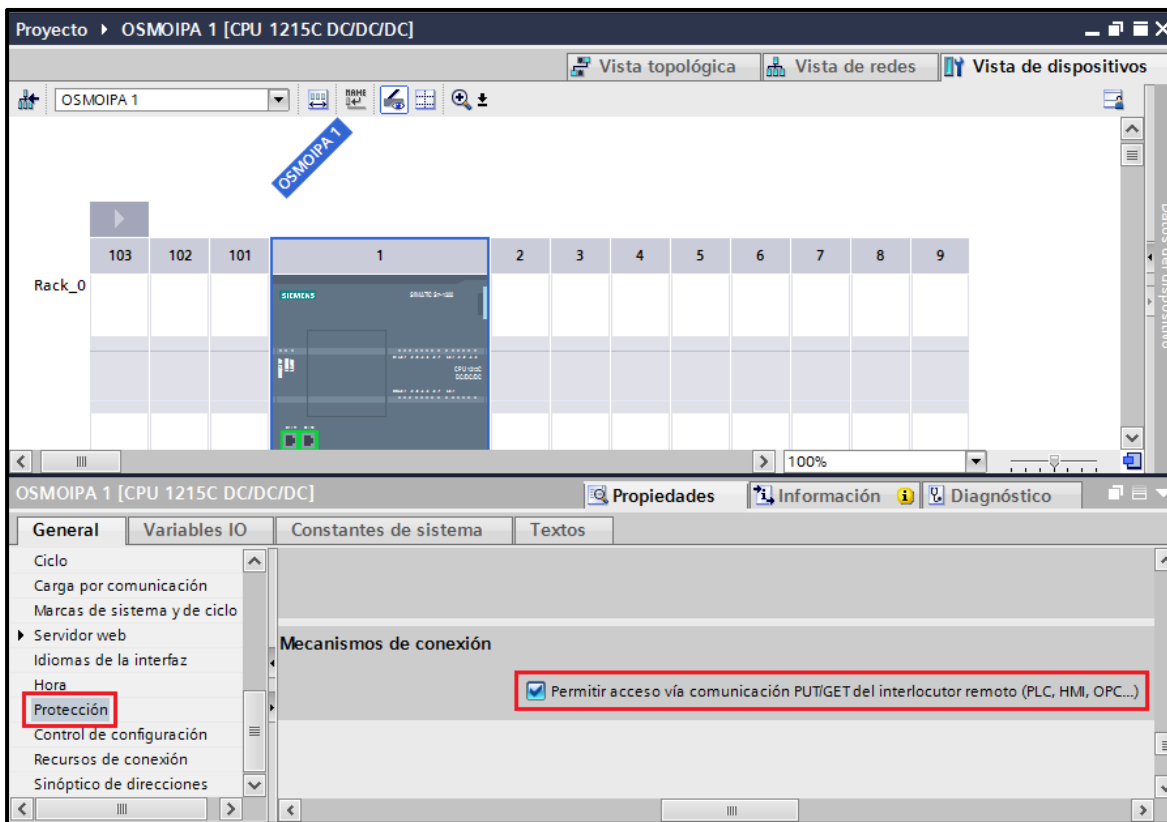


Imagen 49: Permiso para la Comunicación PUT/GET.

En el bloque de programación principal OB1 del PLC OSMOIPA 1, inicialmente y con la ayuda de Timers generamos una señal tren de pulsos de 200ms de periodo. El flanco de subida de esta señal, activará la función de lectura de datos de la instrucción GET.

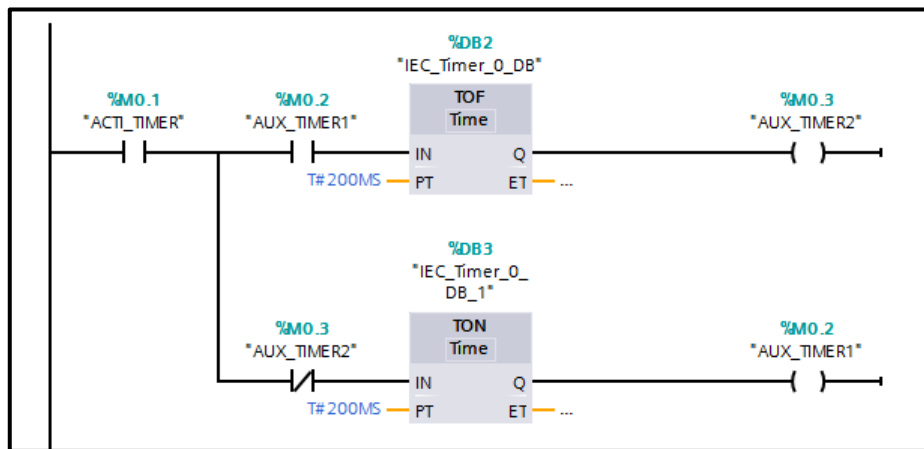


Imagen 50: Activación de la Instrucción GET.

Luego agregamos la instrucción GET y en propiedades seleccionamos el interlocutor (Dispositivo del cual se realizara la lectura de datos), para nuestro caso será el PLC “ETAPA 1 y 3”. Realizando este paso queda establecido el parámetro “ID” de la instrucción GET.

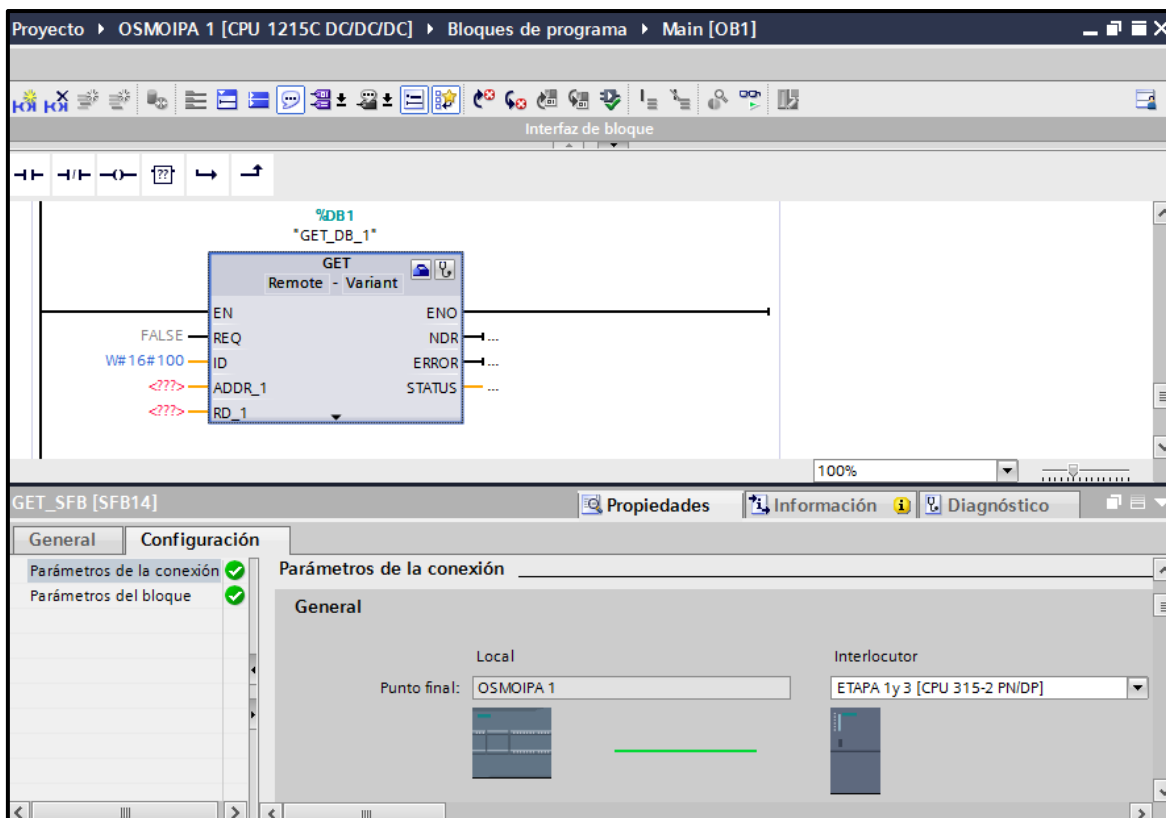


Imagen 51: Interlocutor de la Instrucción GET.

Finalmente completamos los demás parámetros de la instrucción GET como sigue:

- REQ: Dirección de la memoria del tren de pulsos, %M0.3.
- ADDR_1: Dirección del bit cuyo estado indicara si los tanques de almacenamiento de agua WFI N°1 y N°2 están llenos o requieren ser llenados. Para el OSMOIPA 1 la dirección es “P#M26.0 BOOL 1”.
- RD_1: La dirección donde se almacena el dato leído %M0.5.
- NDR: La dirección %M0.5.
- STATUS: La dirección %MW50.

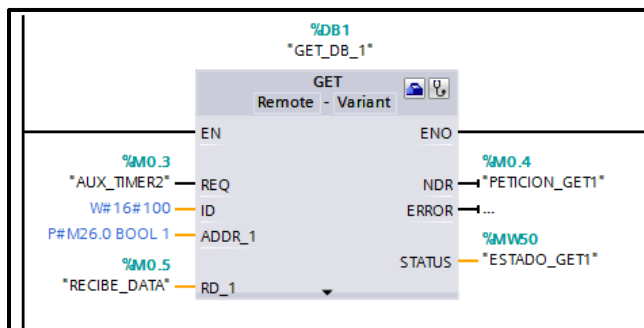


Imagen 52: Configuración de la Instrucción GET.

- Para el caso del PLC OSMOIPA 2, la lógica es la misma, solo cambia la dirección del parámetro ADDR_1 que es “P#M27.0 BOOL 1”.

3.7. EVALUACIÓN DE COSTOS PARA LAS REDES INDUSTRIALES.

DESCRIPCION	CODIGO	UND	CANT	PREC U. \$	PREC T. \$
PLC, SIMATIC S7-300 CPU 315-2 PN/DP	6ES7315-2EH14-0AB0	Pza	1	3000	3000
Modulo Entradas y Salidas Digitales; DI 16/DO 16x24VDC/0.5A_1	6ES7 323-1BL00-0AA0	Pza	2	350	700
Módulo De Entradas Analógicas; AI 8x12BIT_1	6ES7 331-7KF02-0AB0	Pza	1	500	500
FUENTE 24VDC; PS 307 2A_1	6ES7 307-1BA00-0AA0	Pza	2	220	440
Módulo de Periferia Descentralizada SIMATIC DP ET-200M / IM 153-1	6ES7 153-1AA03-0XB0	Pza	1	520	520
Módulo de Entradas y Salidas Analógicas; AI 4/AO 4x14/12BIT_1	6ES7 335-7HG02-0AB0	Pza	1	700	700
Procesador de Comunicaciones; CP1623	6GK1162-3AA00	Pza	1	1000	1000
PROFIBUS FC STANDARD CABLE GP	6XV1830-0EH10	m	100	2.5	250
IE FC TP Standard Cable GP 2 x 2	6XV1840-2AH10	m	100	4	400
Conector de Bus Profibus - RS485	6ES7972-0BA52-0XA0	Pza	3	75	225
CONECTOR IE FC RJ45 PIUG 180 (2x2)	6GK1901-1BB10-2AA0	Pza	12	39	468
Sensor de Conductividad / Resistividad para M300; THORNTON 243e227		Pza	3	500	1500
Transmisor de Conductividad / Resistividad M300, METTLER TOLEDO		Pza	3	550	1650
Analizador de Cloro; HANNA INSTRUMENTS PCA310		Pza	1	2500	2500
				TOTAL \$	13853



Capítulo IV

DISEÑO DEL SISTEMA SCADA

Capítulo IV

4.1. SELECCIÓN DE SOFTWARE SCADA

En el punto 3.2 se observa que se ha optado por trabajar con las redes Simatic Net de SIEMENS por lo que optaremos trabajar con el software SCADA SIMATIC WinCC que es propiedad de Siemens lo cual nos facilitará la programación y la comunicación con la red ya que no necesitaremos la utilización de una interfaz de comunicación OPC.

En el punto 3.6 se observa que para la programación y configuración de los componentes de la red se utilizó la plataforma de SIEMENS TIA PORTAL v13 (versión de prueba válido por 21 días), por lo cual para el diseño del SCADA optaremos por utilizar el software SCADA WinCC v13 que se encuentra incluido en el TIA PORTAL V13.

Contamos con dos tipos de software SIMATIC WinCC un software de ingeniería y un software de visualización.

4.1.1. Software de Ingeniería SIMATIC WinCC (TIA PORTAL).

Software de configuración para todos los paneles SIMATIC HMI como también para desarrollar la ingeniería de los sistemas SCADA, actualmente tenemos la versión 13 que cuenta con cuatro tipos de Licencias para configurar desde el Basic panel hasta para soluciones SCADA, de acuerdo a esto su precio varía para cada paquete, además cada Licencia de software contiene las posibilidades de configuración incluidas en los paquetes inferiores. Estas Licencias son:

- **SIMATIC WinCC Basic V13 SP1:** configuración de SIMATIC HMI Basic panels
- **SIMATIC WinCC Comfort V13 SP1:** configuración de los Basic panels, confort panels, así como de Mobile Panels, paneles de las series x70 y Multi Panels

- **SIMATIC WinCC Advanced V13 SP1:** igual que el WinCC Confort, además de la configuración de SIMATIC PC y PC estándar Monousuario que contengan WinnCC Runtime Advanced
- **SIMATIC WinCC Professional V13 SP1:** igual que el WinCC Advance , además de la configuracion de SIMATIC PC y PC estándar Multiusuario que contenga WinCC Runtime Professional.

En el siguiente cuadro se muestra los requerimientos del sistema:

	Software de Ingeniería WinCC
Tipo de procesador (recomendado)	Core i5, 3,3 GHz o equiparable
RAM (recomendada)	8 Gbytes
Memoria libre en el disco duro	2 Gbytes en la unidad de sistema "C:"
Sistemas operativos	<u>Sistemas operativos de 32 bits</u> <ul style="list-style-type: none"> • Windows 7 Home Premium SP1 (solo WinCC Basic) • Windows 7 Professional SP1 • Windows 7 Enterprise SP1 • Windows 7 Ultimate SP1 <u>Sistemas operativos de 64 bits</u> <ul style="list-style-type: none"> • Windows 7 Home Premium SP1 (solo WinCC Basic) • Windows 7 Professional SP1 • Windows 7 Enterprise SP1 • Windows 7 Ultimate SP1 • Windows 8.1 (solo WinCC Basic) • Windows 8.1 Professional • Windows 8.1 Enterprise • Windows Server 2008 R2 StdE SP1 (excepto WinCC Basic) • Windows Server 2012 R2 StdE
Resolución de pantalla	se recomienda 1 920 x 1 080
Unidad óptica	DVD-ROM

4.1.2. Software de Visualización SIMATIC WinCC Runtime

Software de visualización el cual está incluido en los paneles SIMATIC HMI y ofrece diferentes funcionalidades HMI y volúmenes, según el hardware del equipo. Para las plataformas de PC hay disponibles variantes de WinCC Runtime autónomas. Estas dos variantes son:

- **SIMATIC WinCC Runtime Advanced:** Sistema de manejo y visualización basado en PC para sistemas monopuesto a pie de máquina. SIMATIC WinCC Runtime Advanced se configura con el software de configuración SIMATIC WinCC Advanced o SIMATIC WinCC Professional.

El paquete de software SIMATIC WinCC Runtime Advanced está disponible con 128, 512, 2 048 o 4 096 PowerTags. Se denominan PowerTags las variables de proceso y punteros de área que poseen conexión con el controlador. Además de ellas se ofrecen, como prestaciones adicionales del sistema, otras variables sin conexión al proceso, límites constantes de variables, así como avisos (hasta 4 000 avisos disparados por bit). El repertorio de funciones de WinCC Runtime Advanced incluye los componentes HMI centrales para visualización y avisos y se puede ampliar con paquetes de opciones en la medida de las necesidades y las posibilidades económicas.

SIMATIC WinCC Runtime Advanced	
Tipo de procesador (mín.) ¹⁾	Intel® Atom™ 1,3 GHz o sup. u otro equiparable y todos los procesadores de los SIMATIC IPC
RAM (mín.) ²⁾	2 Gbytes
Espacio libre en disco duro ³⁾	2 Gbytes en la unidad de sistema "C:"
Sistemas operativos	Sistemas operativos de 32 bits <ul style="list-style-type: none"> • Windows 7 Professional SP1 • Windows 7 Enterprise SP1 • Windows 7 Ultimate SP1

SIMATIC WinCC Runtime Advanced	
	<p>Sistemas operativos de 64 bits</p> <ul style="list-style-type: none"> Windows 7 Professional SP1 Windows 7 Enterprise SP1 Windows 7 Ultimate SP1 Windows 8.1 Professional Windows 8.1 Enterprise Windows Server 2008 R2 StdE SP1 Windows Server 2012 R2 StdE Windows 7 Home Premium SP1 (solo WinCC Basic) Windows 7 Professional SP1 Windows 7 Enterprise SP1 Windows 7 Ultimate SP1 Windows 8.1 (solo WinCC Basic) Windows 8.1 Professional Windows 8.1 Enterprise Windows Server 2008 R2 StdE SP1 (excepto WinCC Basic) Windows Server 2012 R2 StdE
Unidad óptica	DVD-ROM

- 1) Según las opciones escogidas, pueden requerirse sistemas más potentes
- 2) La memoria RAM necesaria depende sobre todo del tamaño de los gráficos utilizados.
- 3) Sin tener en cuenta los ficheros

- **SIMATIC WinCC Runtime Professional:** Sistema de manejo y visualización basado en PC para visualizar y manejar procesos, secuencias de fabricación, máquinas y plantas en todos los sectores; la gama abarca desde simples sistemas monopuesto hasta sistemas multipuesto distribuidos y soluciones diversificadas geográficamente con clientes web.

SIMATIC WinCC Runtime Professional constituye la plataforma de intercambio de información para la integración vertical a escala corporativa. SIMATIC WinCC Runtime Professional se configura con el software de configuración SIMATIC WinCC Professional.

El paquete de software SIMATIC WinCC Runtime Professional está disponible con 128, 512, 2 048, 4 096, 8 192 o 65 536 PowerTags. Se identifican como PowerTags los puntos de datos que están conectados

con controladores u otras fuentes de datos a través de un canal WinCC Runtime Professional. Desde un punto de datos pueden derivarse hasta 32 avisos. Una prestación adicional del sistema es la disponibilidad de variables internas sin acoplamiento. Además, WinCC Runtime Professional contiene también 500 variables archivables. Para capacidades funcionales más grandes pueden adquirirse licencias de archivo adicionales.

Requisitos del Sistema	SIMATIC WinCC Runtime Professional
Tipo de procesador (mín.) ¹⁾	<ul style="list-style-type: none"> Windows 7 (32 bits): 3,5 GHz, P4 o equiparable, Dual Core Windows Server 2008: 3 GHz, P4 o equiparable, Dual/Multi Core
RAM (mín.) ²⁾	2 Gbytes
Espacio libre en disco duro ³⁾	2 Gbytes en la unidad de sistema "C:"
Sistemas operativos	Sistemas operativos de 32 bits <ul style="list-style-type: none"> Windows 7 Professional SP1 Windows 7 Enterprise SP1 Windows 7 Ultimate SP1 Sistemas operativos de 64 bits <ul style="list-style-type: none"> Windows 7 Professional SP1 Windows 7 Enterprise SP1 Windows 7 Ultimate SP1 Windows 8.1 Professional Windows 8.1 Enterprise Windows Server 2008 R2 StdE SP1 Windows Server 2012 R2 StdE
Tarjeta gráfica	32 Mbytes de RAM, profundidad de color de 24 bits
Red	Ethernet a partir de 10 Mbits/s
Unidad óptica	DVD-ROM

1) Según las opciones escogidas, pueden requerirse sistemas más potentes

2) La memoria RAM necesaria depende sobre todo del tamaño de los gráficos utilizados.

3) Sin tener en cuenta los ficheros.

El presente proyecto plantea la utilización de una sola PC estándar para supervisar las tres etapas del proceso, por lo que optaremos para el diseño del SCADA la utilización del software de ingeniería WinCC Advance V13 SP1 del TIA PORTAL V13 SP1

El software de visualización WinCC Runtime Advance que se instalara en la PC estándar (donde se supervisara todo el proceso) deberá tener la capacidad para 156 PowerTag que es lo que se requiere para el diseño, por lo que se optara por la licencia de 512 PowerTags.

4.2. DISEÑO DEL SCADA.

El presente SCADA se encargara de supervisar los procesos que se ejecuten en la interfaz de manera local es decir desde la ubicación dentro de la red del Laboratorio. Como se indicó en el CAPITULO 3, todo el sistema se ha dividido en tres etapas (etapa I, etapa II, etapa III) por lo cual el SCADA contara con una ventana general (menú principal) de la cual se pueda llamar a tres ventanas (una para cada etapa), estas a su vez pueden llamar a otras ventanas según los requerimientos de cada etapa. En siguiente figura se muestra la distribución de todas las ventanas en orden jerárquico.

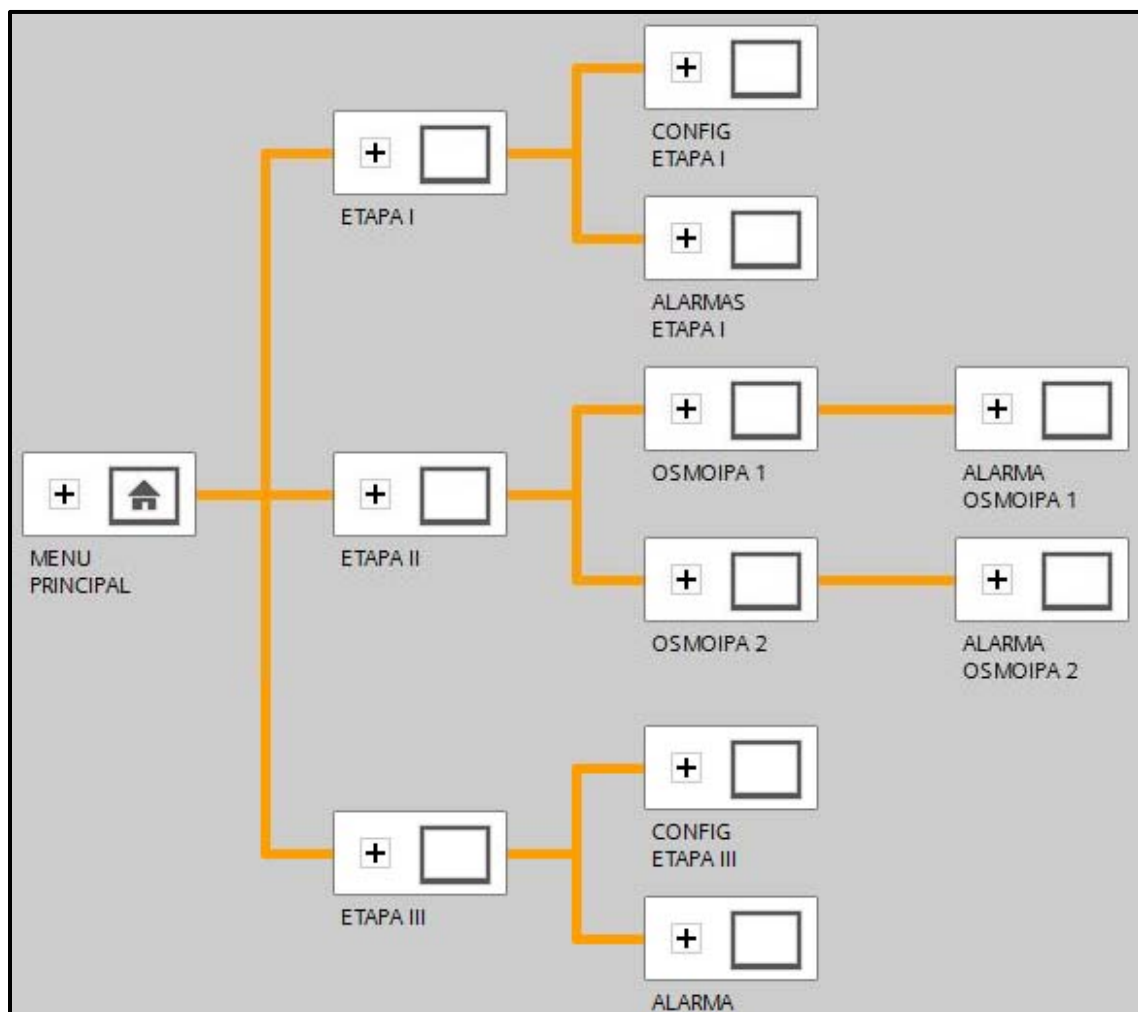


Imagen 53: Jerarquía de la Ventanas del SCADA.

El SCADA cuenta con tres grupos de usuarios (Administradores, Supervisores y Operadores) cada uno con diferentes permisos:

- **Operador:** Los usuarios tienen acceso a las ventanas de visualización de procesos y alarmas de cada una de las etapas.
- **Supervisor:** Cuentan con los accesos del operador y también a las seleccionar los modos de operación disponibles.
- **Administrador:** Es el máximo responsable de la operación, cambios y tiene acceso a todas las ventanas del sistema.

A continuación se mostrarán cada una de las ventanas elaboradas para el sistema SCADA:

4.2.1. Menú Principal.

Es esta ventana se puede observar tres pulsadores (etapa 1, etapa 2, etapa3) que nos permitira acceder a a las ventanas de cada una de las tres etapas. un boton de color rojo el cual se utilizara para salir del modo de visualizacion, tambien se muestra un pulsador de fallas y alarmas que al pulsar nos llevara a las ventanas de emergencia, en caso de existir un falla o una alarma en el sistema este icomo cambiara de color de forma intermitente.

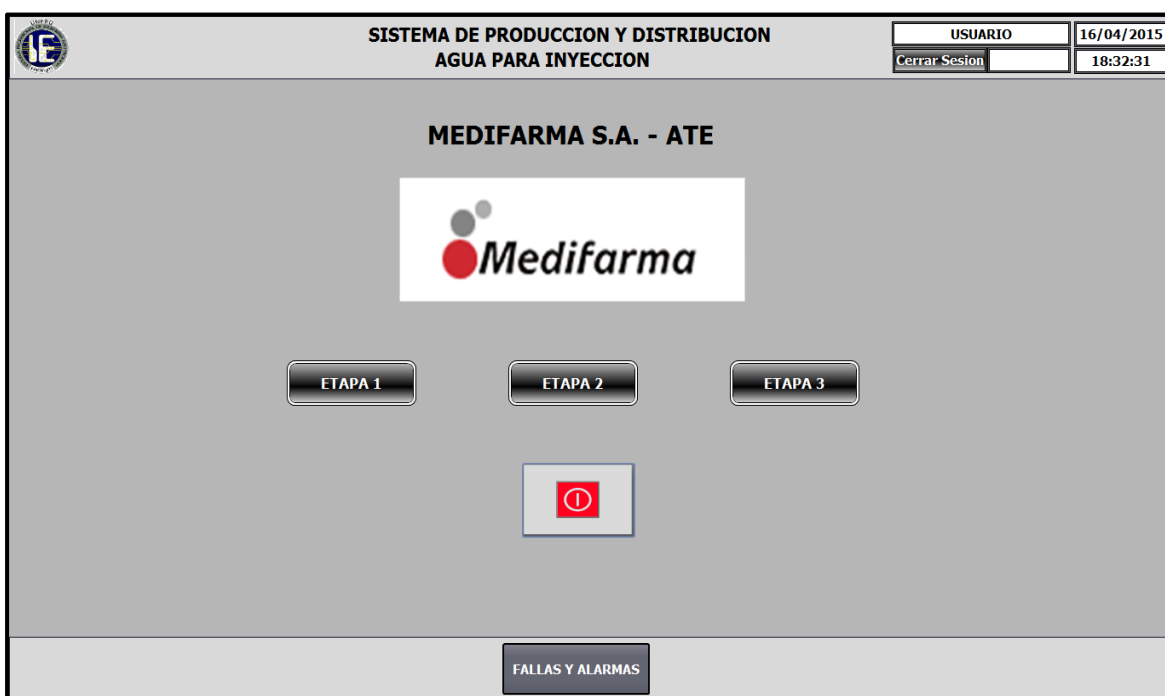


Imagen 54: Ventana del Menu Principal.

Para poder acceder cualquiera de las tres etapas el programa nos pedira que ingresemos un usuario con su respectiva contraseña, cualquier usuario que pertenesca a cualquiera de los tres grupos de usuarios podra acceder a cualquiera de las tres etapas.



Imagen 55: Ventana de Inicio de Sesión.

4.2.2. Etapa 1.

Al acceder a la Etapa 1, se mostrara una ventana, la cual nos permite visualizar el estado actual del proceso de esta etapa.

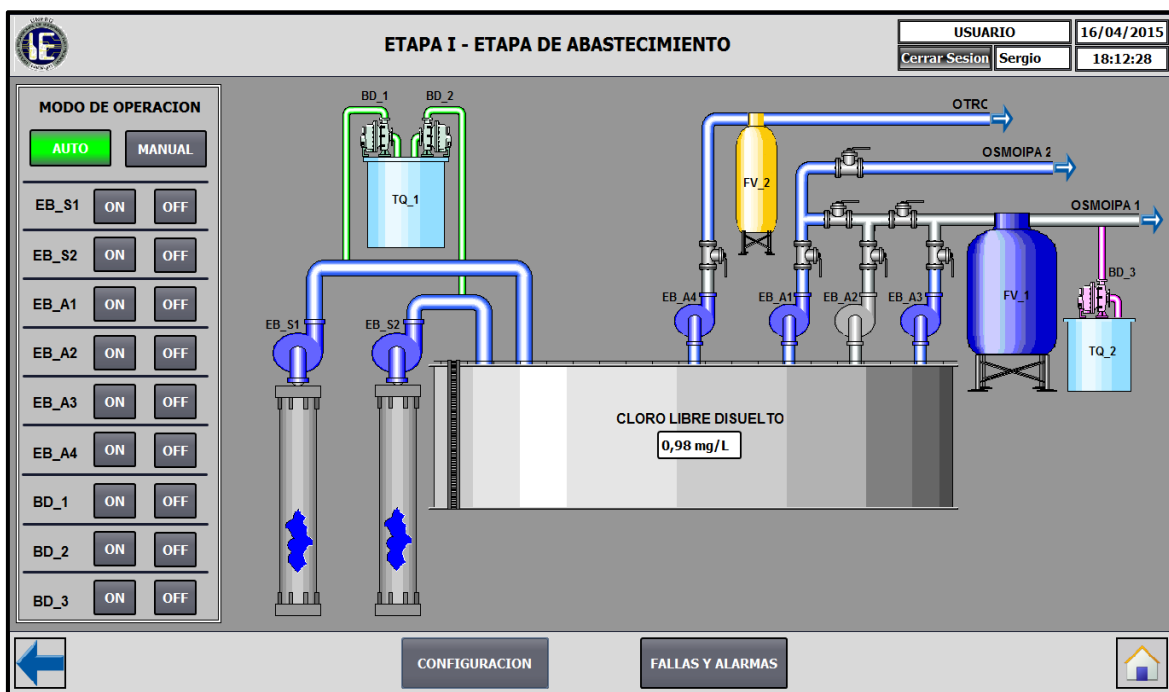


Imagen 56: Ventana Etapa 1- Modo Automático.

Esta ventana también permite seleccionar el modo de trabajo Manual/Automático. Si se desea trabajar de forma manual se tendrá que ingresar con un usuario Supervisor o Administrador, ya que solo esos dos grupos tienen permiso para trabajar de forma manual.

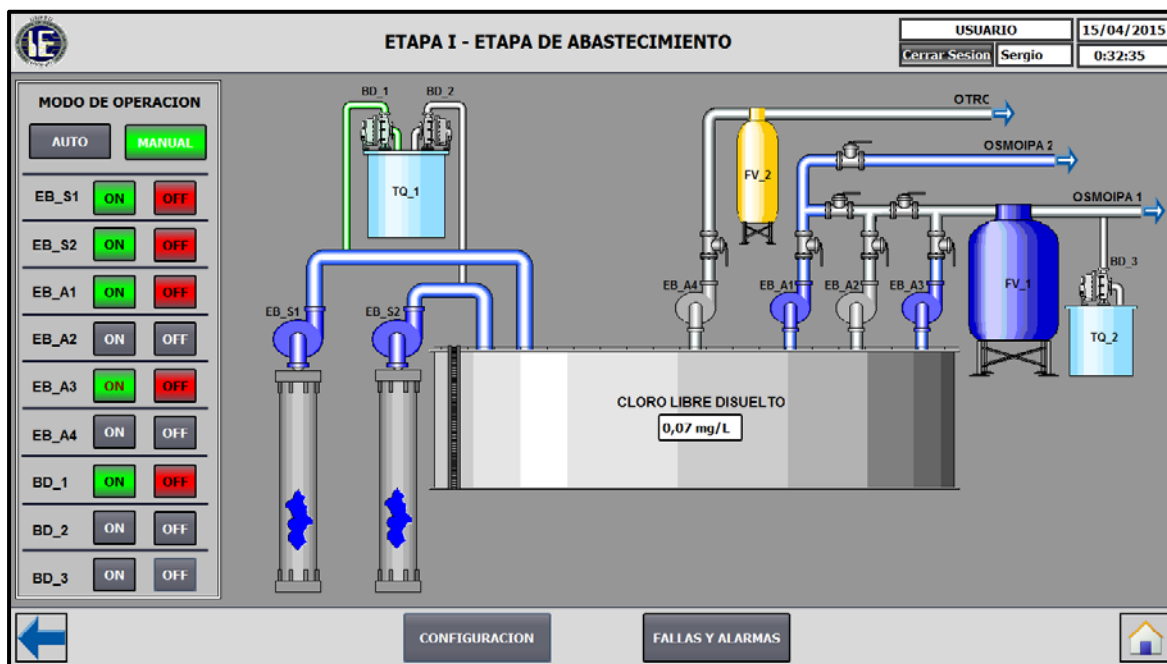


Imagen 57: Ventana Etapa 1- Modo Manual.

- **Ajustes de la Primera Etapa:** El pulsador de configuración, permite acceder a la ventana de configuración de la Etapa 1, para lo cual se deberá acceder con un usuario Administrador ya que este es el único grupo que tiene permiso para realizar cambios en la configuración. Una vez que accedamos a esta ventana se puede seleccionar las electrobombas, que van a trabajar en modo automático, así como definir el valor mínimo de cloro libre permitido y observar la curva de los valores de concentración de cloro libre de la cisterna en tiempo real.

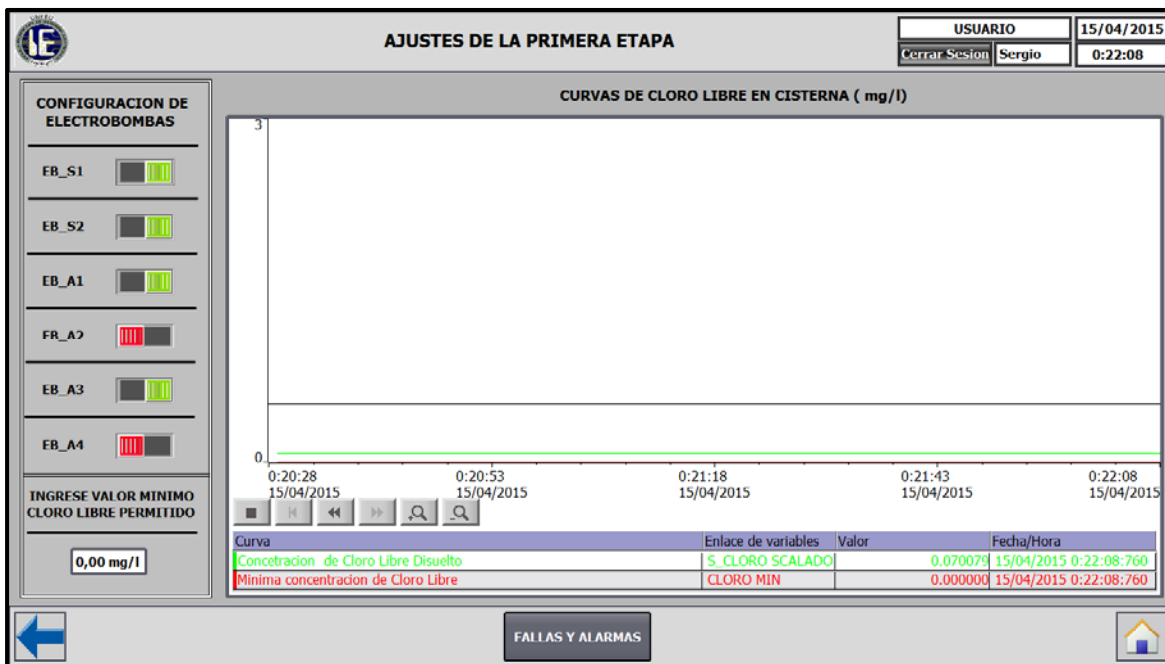


Imagen 58: Ventana de Ajustes de la Etapa 1.

4.2.3. Etapa 2.

Al acceder a la Etapa 2 se mostrara la siguiente ventana, con dos pulsadores para el acceso a las ventanas Osmoipa 1 y Osmoipa 2 respectivamente.



Imagen 59: Ventana de la Etapa 2.

- **Osmoipa 1:** Esta ventana mostrara el estado actual del proceso de la planta producción Osmoipa 1(existente actualmente).

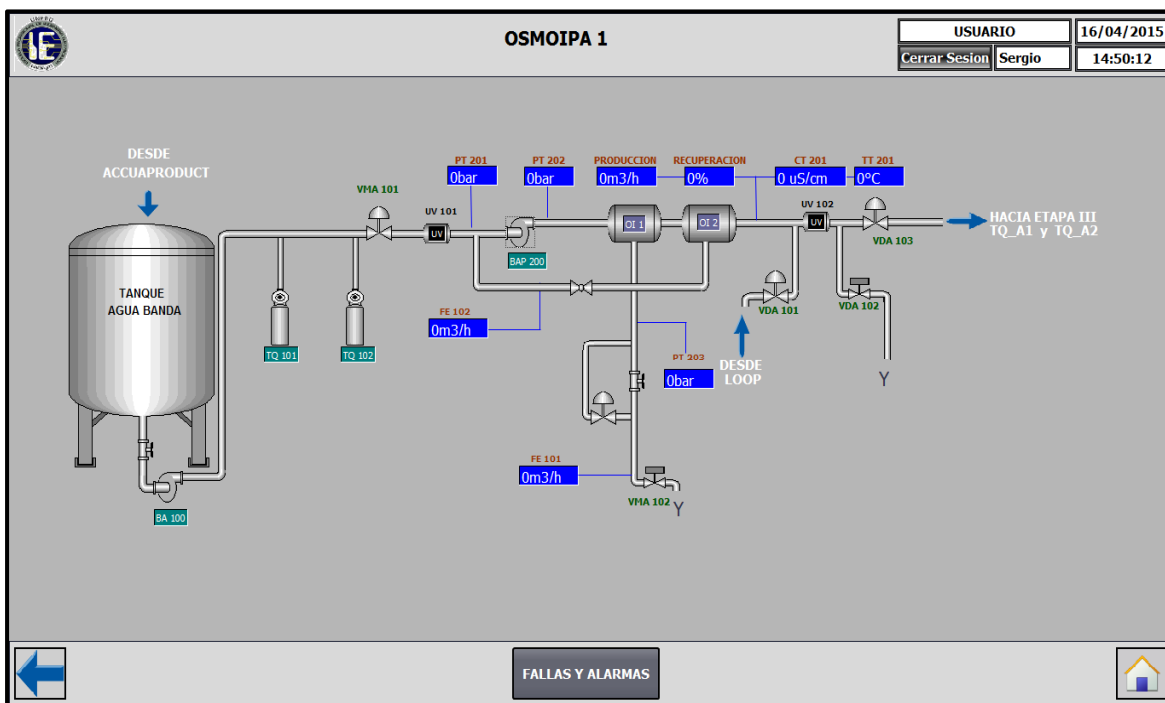


Imagen 60: Ventana Etapa2 - Osmoipa 1.

- **Osmoipa 2:** Esta ventana mostrara el estado actual del proceso de la planta producción Osmoipa 2 (existente actualmente).

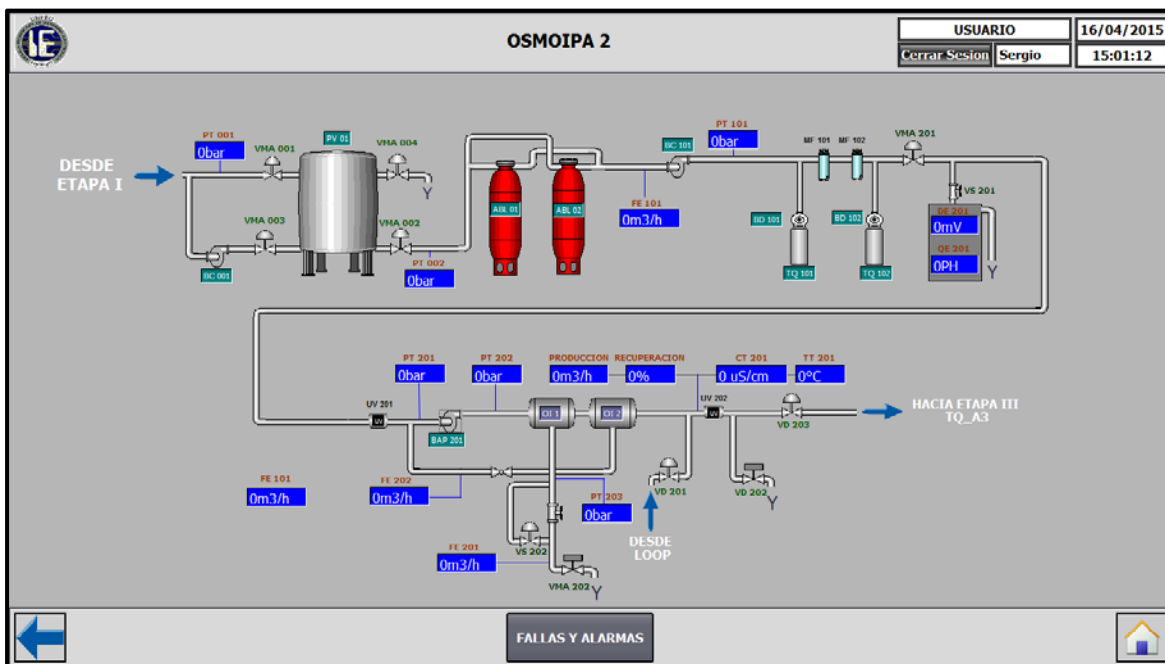


Imagen 61: Ventana Etapa2 - Osmoipa 2.

4.2.4. Etapa 3.

Al acceder a la Etapa 3 se muestra la siguiente ventana, la cual permite visualizar el estado actual del proceso, así como los valores de conductividad de retorno, porcentaje de nivel de los tanques, entre otras opciones.

Para iniciar las tareas de control y supervisión en esta etapa, activamos el pulsador “Iniciar Producción” y luego los pulsadores auto o manual, según sea el caso.

Esta ventana también permite el acceso a la ventana de Limpieza y sanitización, desde el pulsador “Sanitización” como detallaremos más adelante.

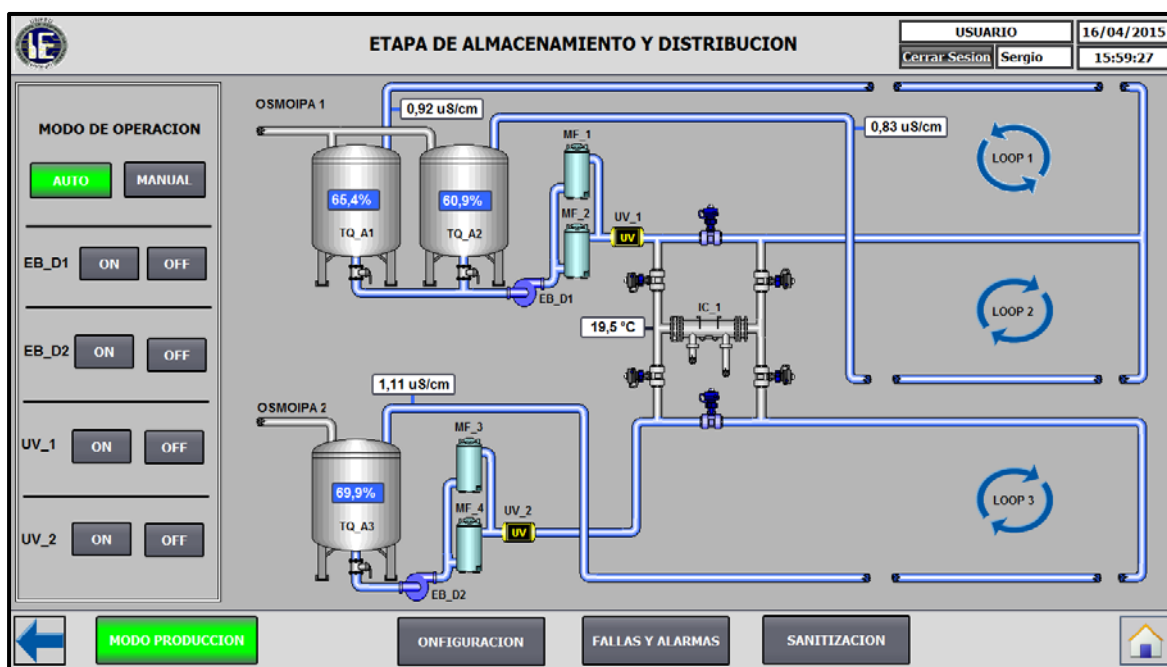


Imagen 62: Ventana de la Etapa 3 – Modo Automático.

Al igual que en la Etapa 1, esta ventana también permite seleccionar el modo de trabajo Manual/Automático. Si se desea trabajar de forma manual se tendrá que ingresar con un usuario Supervisor o Administrador, ya que solo esos dos grupos tienen permiso para trabajar de forma manual.

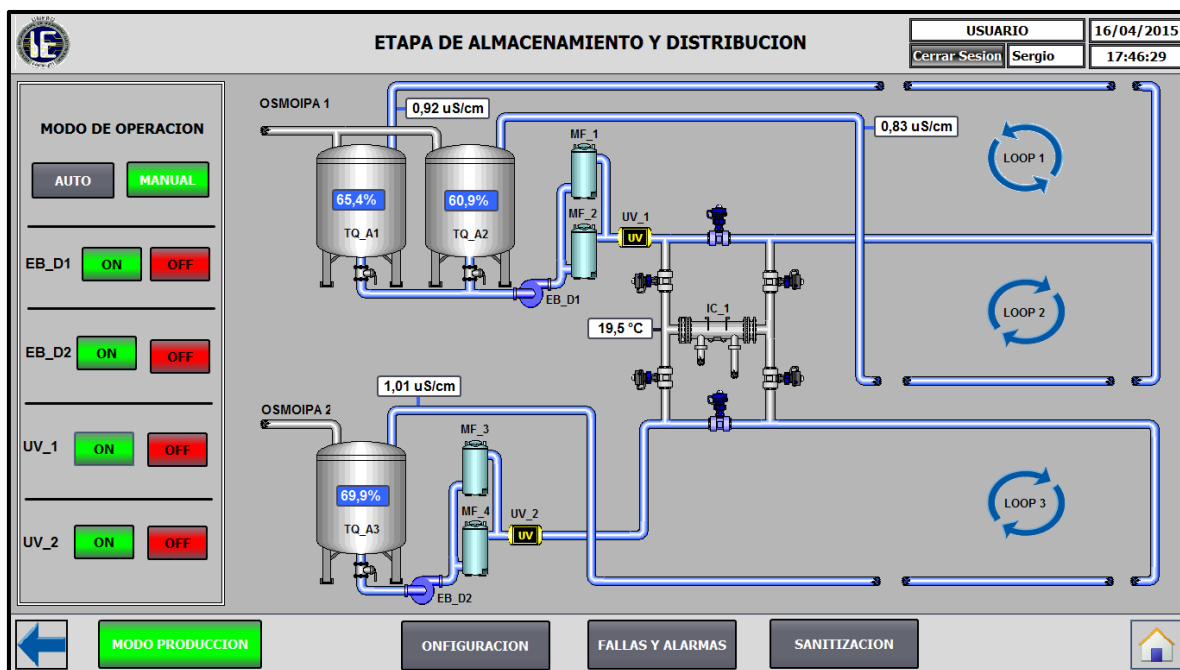


Imagen 63: Ventana de la Etapa 3 – Modo Manual.

- **Ajustes de la Tercera Etapa:** El pulsador de configuración, permite acceder a la ventana de configuración de la Etapa 3, para lo cual se deberá acceder con un usuario Administrador ya que este es el único grupo que tiene permiso para realizar cambios en la configuración. Una vez que accedamos a esta ventana se puede seleccionar las electrobombas, que van a trabajar en modo automático, así como también definir los valores máximos de la conductividad de agua WFI de retorno a los tanques de almacenamiento (TQ_A1, TQ_A2, TQ_A3); y observar la curva de los valores de conductividad en tiempo real.

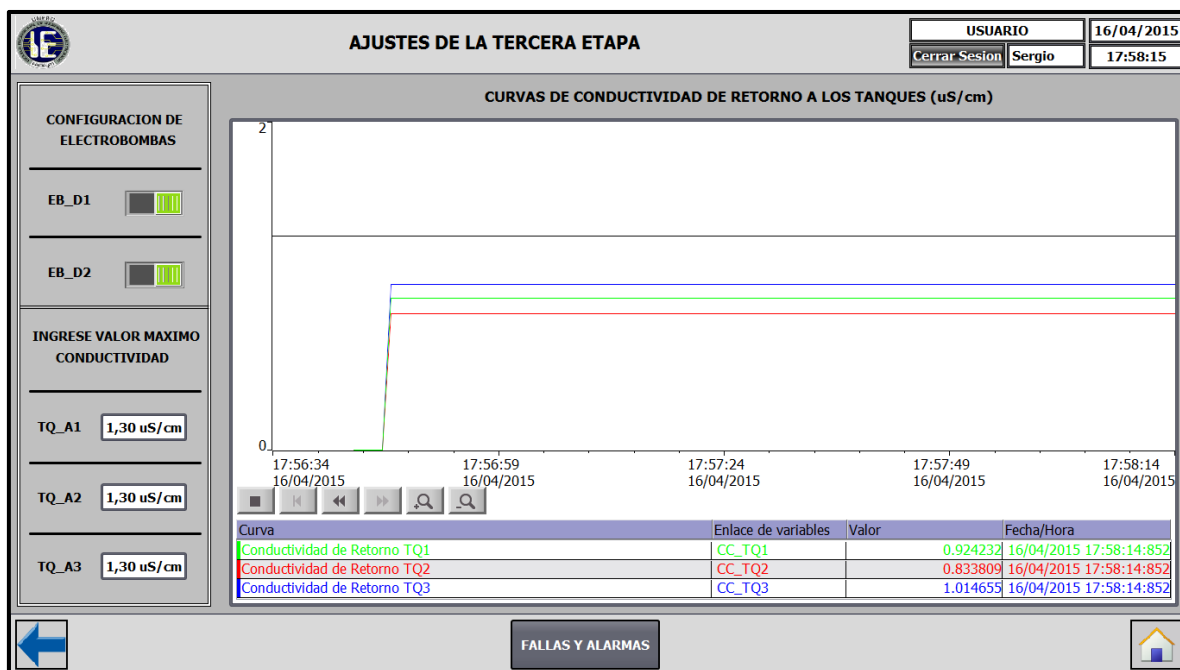


Imagen 64: Ventana de Ajustes de la Etapa 3.

- **Limpieza y Sanitización del Sistema de Distribucion:** El pulsador de Sanitización, permite acceder a esta ventana. Una vez que accedamos a esta ventana, realizamos las siguientes pasos para iniciar un ciclo de limpieza y sanitización:
 - Primero nos aseguramos que el modo producción de la Etapa 3 se encuentre desactivado y activamos el modo sanitización desde el pulsador “Iniciar Sanitización”.
 - Luego ajustamos la temperatura, tiempo y loop que se desea sanitizar.
 - Finalmente desde el pulsador “On” iniciamos el ciclo. El intercambiador de calor empieza a funcionar y una vez que la temperatura del proceso supere, al temperatura de sanitización establecida anteriormente, se activara el temporizador. Al cumplir el tiempo establecido, el sistema se desactiva automáticamente.

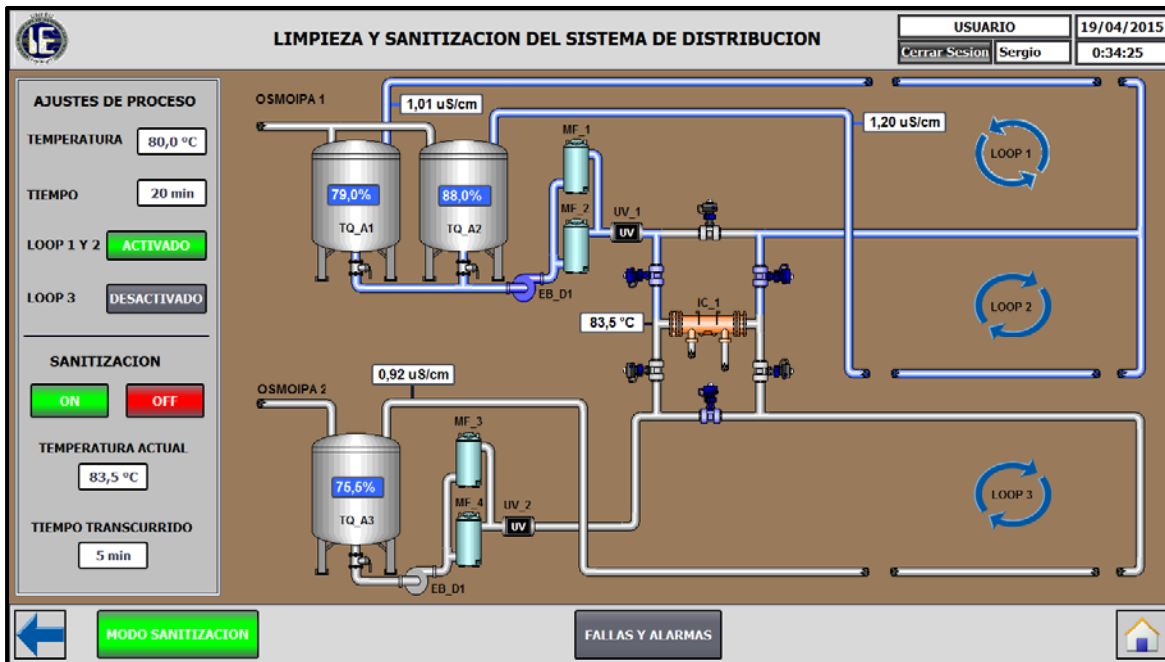


Imagen 65: Limpieza y Sanitización del Sistema de Distribución.

4.2.5. Fallas y Alarmas.

En caso sucediera una alarma o falla el pulsador de “fallas y alarmas” de cada una de las ventanas, cambiara a color rojo de forma intermitente, que al pulsarlo se muestra una pantalla emergente que me indicara en qué etapa se encuentra dicha falla, las cual se mostrara tambien de color rojo intermitente. En la siguiente imagen se muestra una alarma en la Etapa 1

- Una alarma desactiva una sub-etapa o dispositivo especifico de proceso y puede ser ocasionada por, nivel bajo de los tanques y/o cisterna, baja concentracion de cloro libre en la cisterna, alta conductividad, entre otros.
- Una falla detiene toda la etapa donde se produjo la falla y el proceso no se iniciara hasta corregir la falla, y puede ser ocasionada principalmente por sobre carga de las electrobombas.

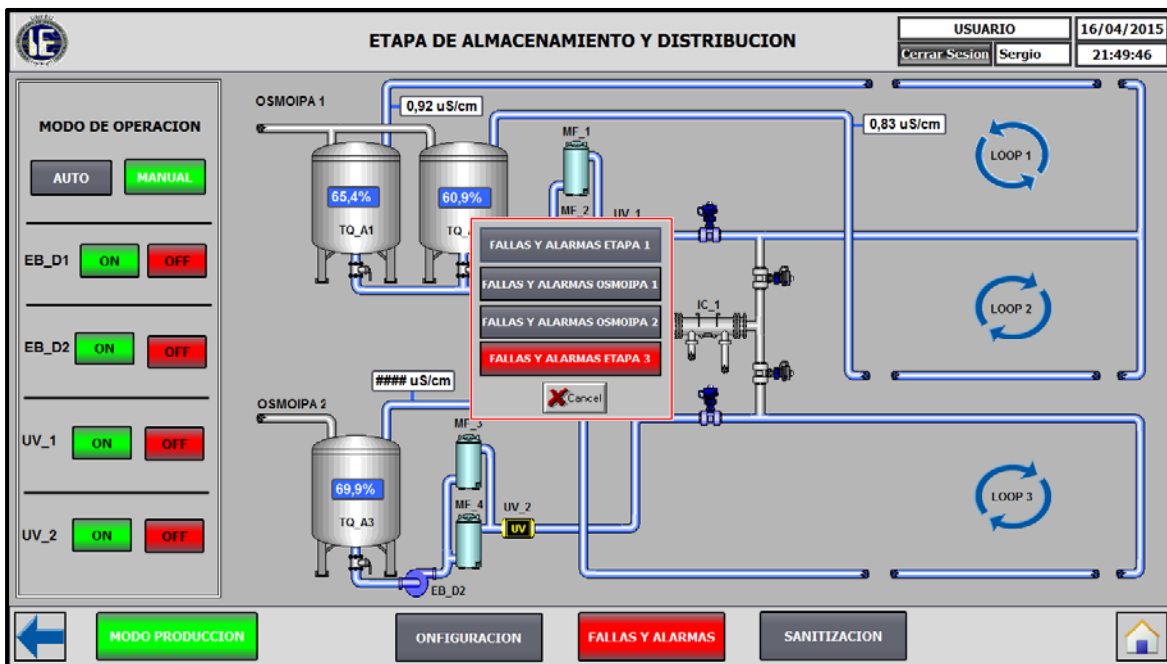


Imagen 66: Activación de Fallas y Alarmas.

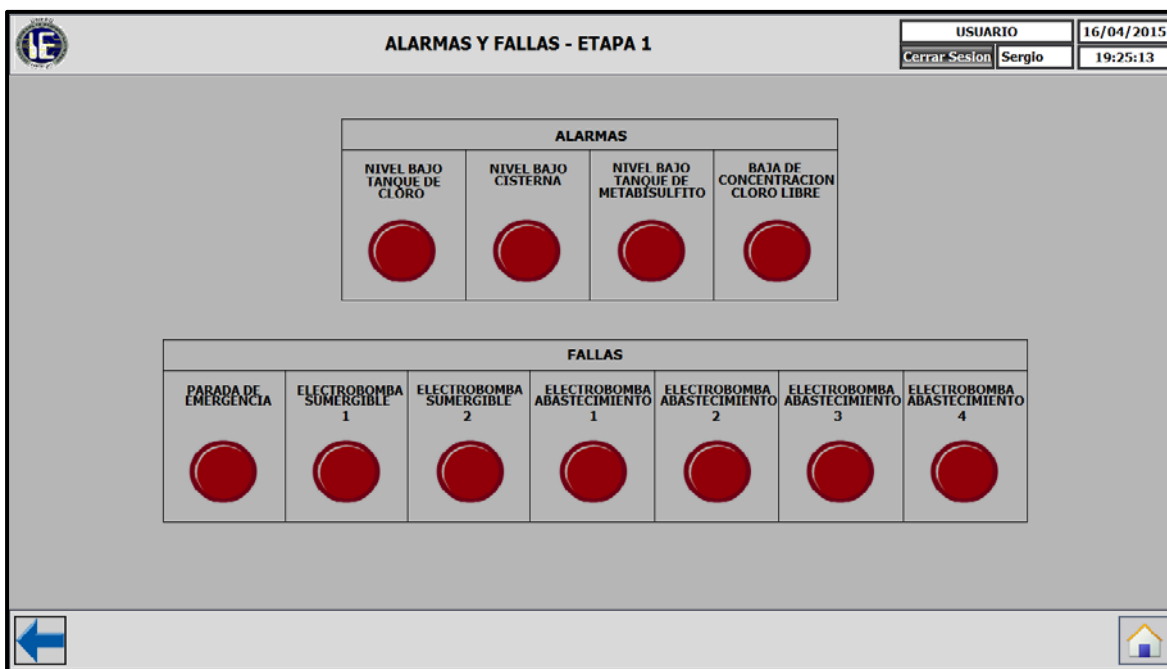


Imagen 67: Ventana de Fallas y Alarmas - Etapa 1.

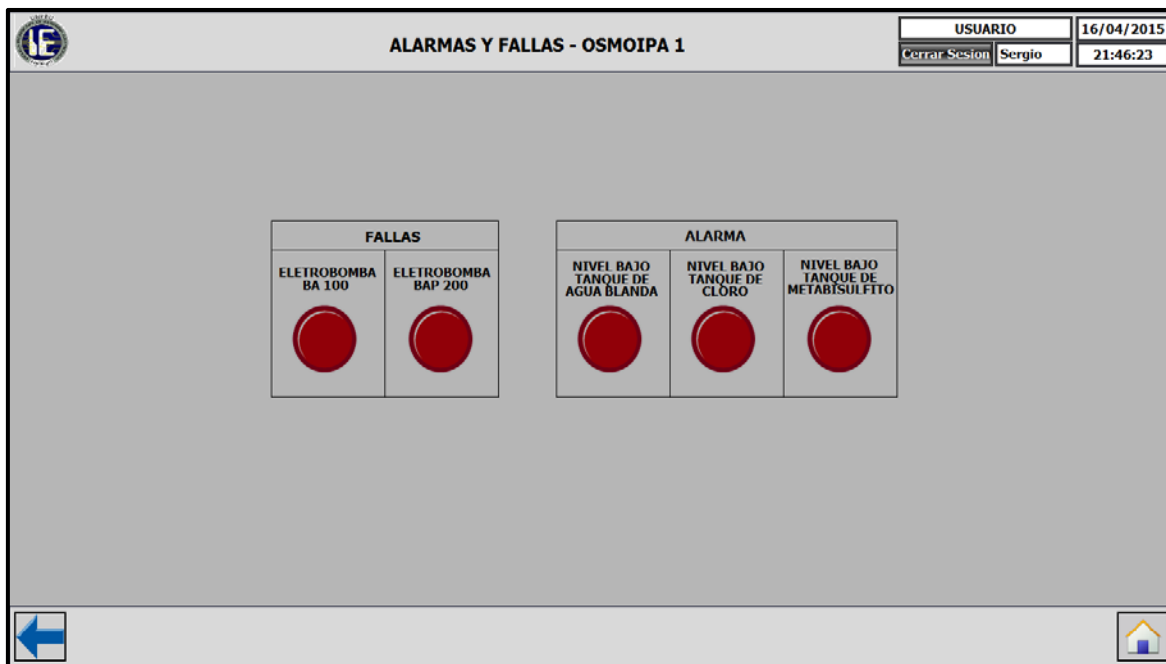


Imagen 68: Ventana de Fallas y Alarmas - Osmoipa 1.

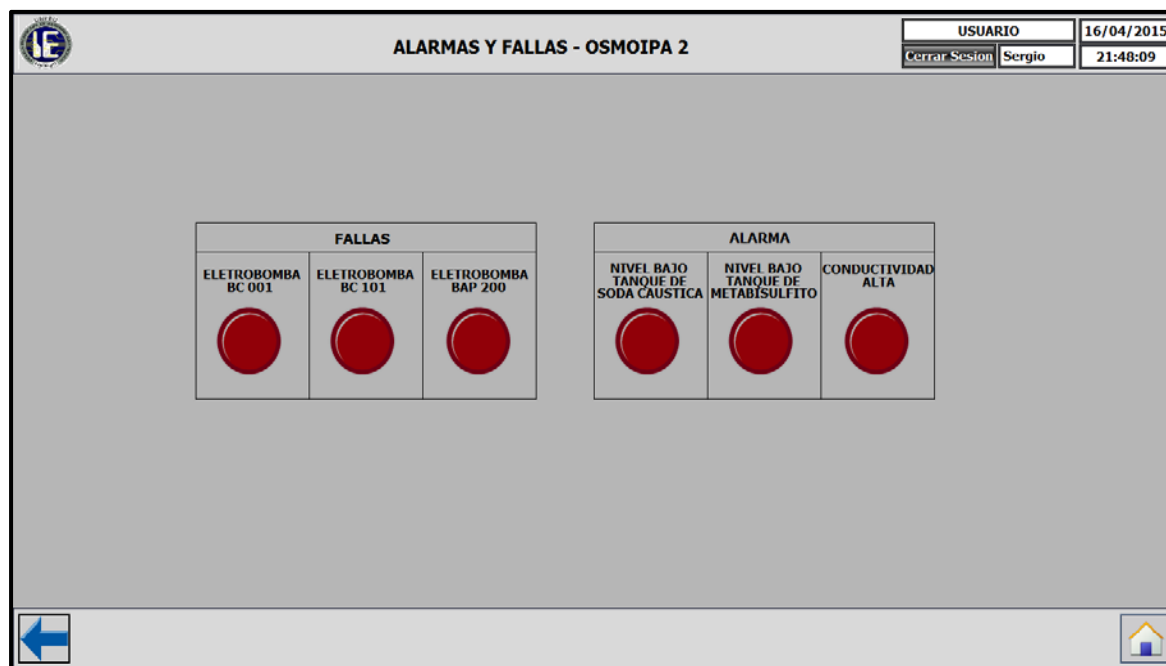


Imagen 69: Ventana de Fallas y Alarmas - Osmoipa 2.

La siguiente imagen muestra la activación de la alarma, por alta conductividad del agua WFI de retorno del tanque N°3 de la Etapa 3.

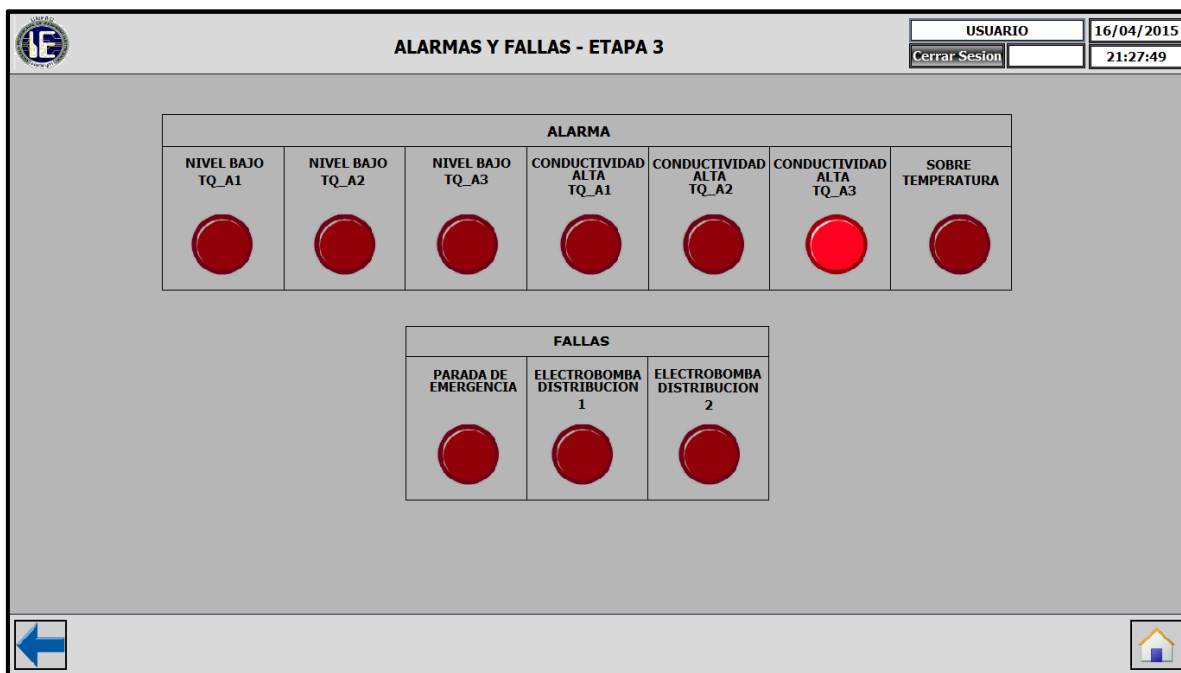


Imagen 70: Ventana de Fallas y Alarmas - Etapa 3.

4.3. EVALUACIÓN DE COSTOS PARA EL SISTEMA SCADA.

DESCRIPCION	CODIGO	UND	CANT	PREC U. \$	PREC T. \$
Software de supervisión SIMATIC WinCC Advanced Runtime 512 Power Tag	6AV2104- 0DA03-0AA0	Pza	1	1500	1500
PC estándar Intel® Atom™ 1,3 GHz		Pza	1	550	550
				TOTAL \$	2050



Capítulo V

RESULTADOS Y CONCLUSIONES

CAPITULO V

6.1. RESULTADOS DE LA INVESTIGACION.

A lo largo de toda la investigación se desarrolló el diseño de una red industrial jerárquica para integrar todas las etapas del sistema de producción y distribución de agua WFI del laboratorio Medifarma, así como también el diseño de un software SCADA como interfaz de usuario, para supervisar y/o controlar todos los dispositivos y equipos conectados a la red.

A continuación se presenta los resultados obtenidos durante la investigación, acorde con los objetivos planteados inicialmente.

6.1.1. Funcionamiento actual de los sistemas de Producción, y Distribución de Agua para Inyección del Laboratorio Farmacéutico Medifarma S.A.

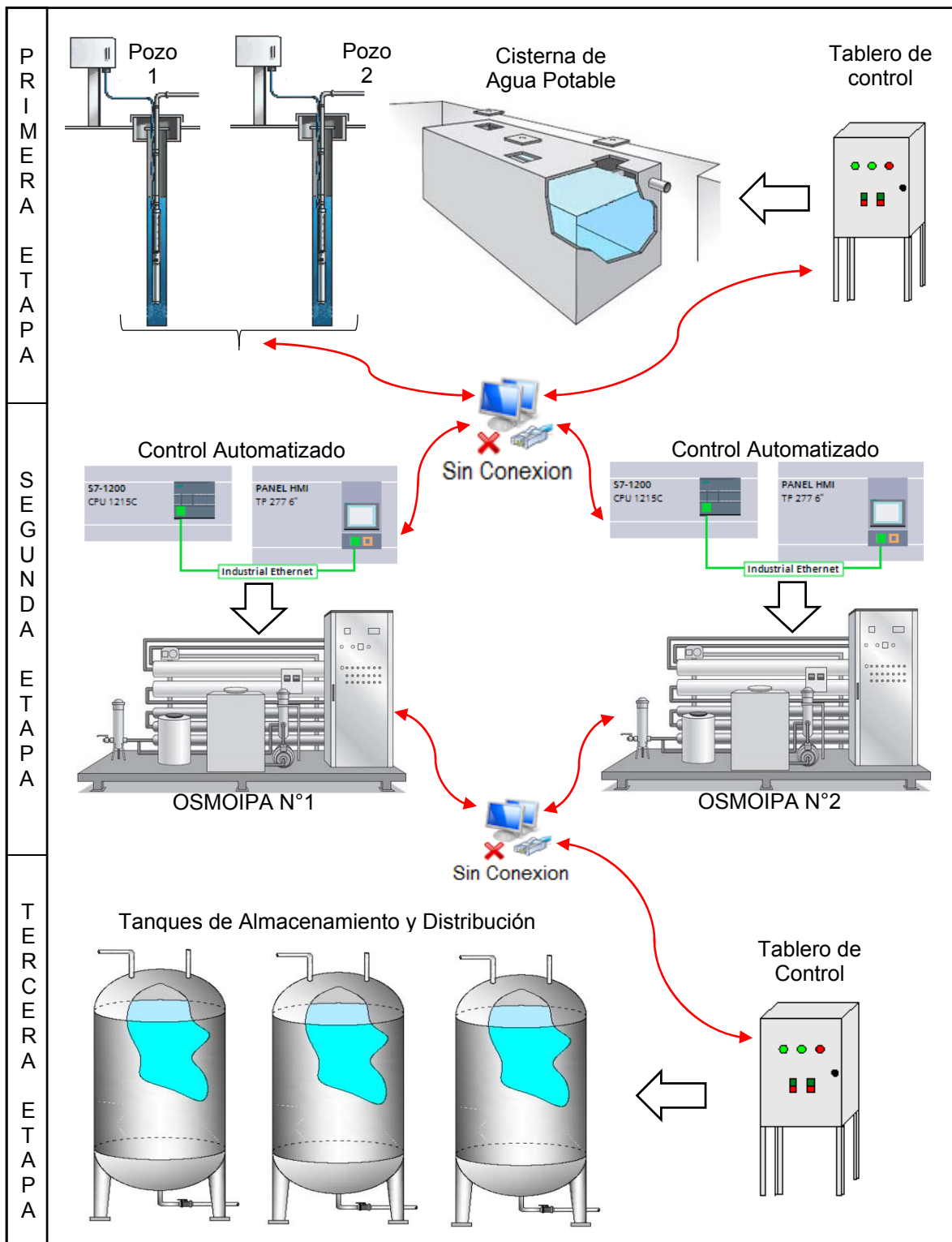


Imagen 71: Funcionamiento Actual de los Sistemas de Producción y Distribución de agua WFI.

Interpretación:

La imagen, es una síntesis del funcionamiento actual de los Sistemas de producción y distribución de agua para WFI del laboratorio Medifarma SA, que se analizó en el capítulo I.

Los resultados de la observación fueron:

- Las etapas Producción, y Distribución de Agua para Inyección (incluyendo algunas sub-etapas), están controladas por sistemas de control independientes entre sí, lo cual genera:
 - Falta de una coordinación automática entre fases. Requiere que los operadores supervisen constantemente las etapas y sub-etapas para garantizar el funcionamiento de todo el sistema.
 - Difícil identificación y aislamiento de fallas.
 - Alto costo de mantenimiento y operación.
 - Falta de un sistema de supervisión computarizado.
- En el tratamiento de agua potable. La dosificación de cloro es de manera constante sin ningún control automático, que garantice una adecuada concentración cloro (Concentración de Cloro no menor a 0.5 mg/L).
- Falta de un control y supervisión automático de los parámetros de especificación del Agua WFI en los loops de recirculación. Lo cual genera pérdidas en la producción, por Agua WFI fuera de especificación y no detectada a tiempo.

6.1.2. Red industrial, para el control, supervisión e integración de los Sistemas de Producción, y Distribución de Agua para Inyección del Laboratorio Farmacéutico Medifarma S.A.

Partiendo por el objetivo de integrar los sistemas de producción y distribución de agua WFI ya existentes, del laboratorio Medifarma. Se planteó el diseño de la red industrial bajo la tecnología Simatic Net de Siemens, dado que estos sistemas de producción y distribución de agua WFI, como el OSMOIPA1 y OSMOIPA 2 son controlados por PLCs de esta marca.

El diseño se realizó basada en información recopilada de manuales y documentación técnica de Siemens y otras fuentes.

Arquitectura de la Red

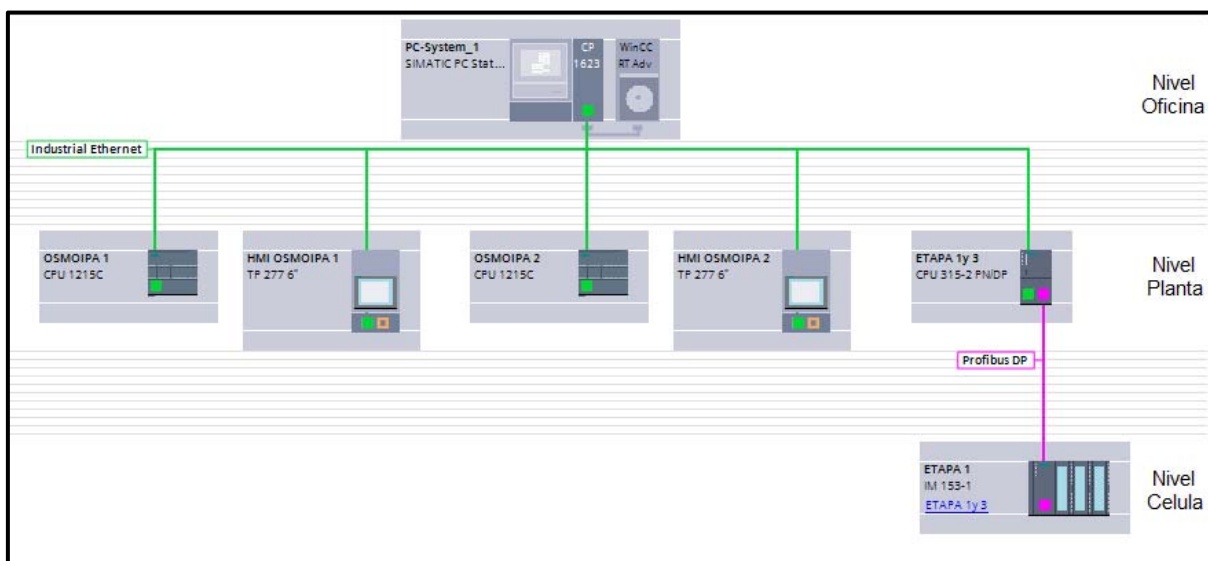


Imagen 72: Arquitectura de Red - Resultados.

Interpretación:

Se diseñó una arquitectura de red jerárquica de tres niveles, basado en dos redes industriales, Profibus DP, para el nivel de Célula e Industrial Ethernet, para los niveles de Planta y Oficina.

Red Profibus DP

Características		Descripción
Topología de la red		Bus.
Dispositivos Maestros		1 (S7-300)
Dispositivos Esclavos		1 (ET-200M)
Velocidad de Transmision		1500 kbps
Tiempo de ciclo (Formula Simplificada)		0.358 ms
Tiempo de ciclo (Calculo por software)		1 ms
Cable del Bus	Tipo	FC Standard Cable.
	Longitud	55 m.
Conectores		Tipo Sub-D
Termimador de Bus		No Aplica

Interpretación:

El cuadro presenta los resultados obtenidos durante el diseño de la red Profibus. El tiempo de ciclo fue calculado de dos formas, por formula y por software, siendo la ultima la más exacta, dadas la limitación especificadas en el punto “2.4.6” del fundamento teórico, para la formula simplificada.

Red Industrial Ethernet

Características		Descripcion
Velocidad de Transmision		Fast Ethernet 100Mbps
Topología de la red		Bus.
Dispositivos de la Red		6
Cable del Bus	Tipo	IE FC standard cable GP.
	Max. Entre Dos dispositivos	30 m.
Conectores		IE FC RJ-45 2x2

Interpretación:

El cuadro presenta los resultados obtenidos durante el diseño de la red Industrial Ethernet.

6.1.3. Sistema SCADA, como interfaz entre el usuario y los Sistemas de Producción, y Distribución de Agua para Inyección del Laboratorio Farmacéutico Medifarma SA.

- El diseño del SCADA se realizó del software de ingeniería WinCC Advance V13 SP1 del TIA PORTAL V13 SP1.
- El software de visualización para SCADA se seleccionó el WinCC Runtime Advance con licencia de 512 PowerTags.

6.1.4. Simulación del Sistema SCADA, para el control y supervisión de los sistemas de Producción y Distribución de Agua para Inyección del Laboratorio Farmacéutico Medifarma S.A.

La simulación de los de los PLC se realizó con la ayuda del software PLCSIM y la del sistema SCADA de realizo con WinCC Runtime, ambos softwares contenidos dentro de la plataforma TIA Portal de Siemens.

Los resultados de la simulación fueron:

- Simulación de las tareas de control y/o supervisión de todas las etapas del Sistema producción y distribución de agua WFI
- Se logró simular la comunicación entre PLCs, a través de la red Industrial Ethernet.
- Para un correcta simulación de todo el sistema se debe respetar las siguiente secuencia:
 - Primero: Simular los PLCs S7-1200 (correspondientes al OSMOIPA 1 y OSMOIPA2).
 - Segundo: Simular el PLC S7-300 (Correspondiente ETAPA 1 y 3)
 - Tercero: Simular el sistema SCADA.

6.1.5. Selección de los materiales e instrumentos para la implementación de la red industrial y el sistema SCADA.

	DISPOSITIVOS	ESTADO	CODIGO
Red Profibus DP	Profibus FC Standard Cable GP	Requerido por diseño	6XV1830-0EH10
	Conector de Bus Profibus - RS485	Requerido por diseño	6ES7972-0BA52-0XA0
	Módulo de Esclavo / Simatic DP ET-200M / IM 153-1	Requerido por diseño	6ES7153-1AA03-0XB0
Red Industrial Ethernet	PLC Simatic S7-300 CPU 315-2 PN/DP	Requerido por diseño	6ES7315-2EH14-0AB0
	IE FC TP Standard Cable GP 2 x 2	Requerido por diseño	Código: 6XV1840-2AH10
	Conector IE FC RJ45 Plug 180 (2x2)	Requerido por diseño	6GK1901-1BB10-2AA0
	PLC Simatic S7-1200 CPU 1215C	Actualmente Instalado	6ES7 215-1AG40-0XB0
	Touch Panel SIMATIC TP 277 6" TFT	Actualmente Instalado	6AV6643-0AA01-1AX0
Sistema SCADA	Interfaz de Comunicación para la PC / CP1623	Requerido por diseño	6GK1162-3AA00
	PC estándar Intel® Atom™ 1,3 GHz	Requerido por diseño	---

Interpretación: La selección de materiales e instrumentos se realizó acorde con los requerimientos de diseño para cada caso.

6.2. CONCLUSIONES.

- Se logró realizar un análisis del funcionamiento actual del Sistema de Producción y Distribución de agua WFI, del laboratorio farmacéutico Medifarma SA.
- Se diseñó una red industrial jerárquica, basado en las redes Profibus DP e Industrial Ethernet, para la integración de los Sistemas de producción y distribución del laboratorio Medifarma SA, utilizándose el software Setp 7 de la plataforma TIA Portal Ver.13.
- Se diseñó un sistema SCADA como la interfaz de usuario para el control y/o supervisión de los dispositivos y equipos de la red industrial, utilizando el Software WinCC Advance de la plataforma TIA Portal Ver.13.

- Se realizó la simulación de los PLCs S7-1200, S7-300 y el sistema SCADA verificando la funcionalidad de todo el Sistema de Producción y Distribución de agua WFI (red industrial y SCADA)

6.3. RECOMENDACIONES.

- Realizar un estudio minucioso, para el diseño e implementación de un sistema automático de dosificación de cloro, para la potabilización del agua en la cisterna de la etapa 1.
- Diseñar un sistema automático para el control y supervisión del sistema de pretratamiento ACCUAPRODUCT, que sea compatible con los sistemas existentes y permite integrarse a la red industrial.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] Dirección General de Salud Ambiental del Ministerio de Salud, Reglamento de la calidad del Agua para el Consumo Humano, Lima,Peru: J.B. GRAFIC E.I.R.L., 2011.
- [2] DIGEMID Misterio de Salud, «INFORME TÉCNICO N° 12-2012,» Lima, Peru, 12-2012.
- [3] PROFIBUS Nutzerorganisation e.V., «PROFIBUS Installation Guideline for Planning,» Alemania, 2009.
- [4] Siemens AG, «PROFIBUS Network Manual,» Nürnberg, Alemania, 2009.
- [5] Siemens AG, «Industrial Ethernet/Profinet,» Nürnberg, Alemania, 2/2013.
- [6] S. AG, «¿Cómo se puede calcular con el STEP 7 el tiempo de ciclo de PROFIBUS-DP?,» 06 Septiembre 2005. [En línea]. Available: <https://support.industry.siemens.com/cs/document/15121603?lc=es-ES>. [Último acceso: 5 Febrero 2015].
- [7] V. Guerrero, R. Yuste y L. Martínez, Comunicaciones Industriales, México: Alfaomega, 2009.
- [8] M. Felser, «PROFIBUS Manual,» 9 Julio 2013. [En línea]. Available: http://profibus.felser.ch/en/index.html?srd_send_and_request_data.htm. [Último acceso: 2 Febrero 2015].
- [9] Siemens AG, «SIMATIC WinCC en Totally Integrated Automation Portal,» Nürnberg Alemania, 2011.
- [10] Siemens AG, «Tecnología de automatización,» 2015. [En línea]. Available: <https://mall.industry.siemens.com/mall/es/co/Catalog/Products/10045207?tree=CatalogTree>. [Último acceso: 5 Febrero 2015].
- [11] R. A. P. Loyaza, «Análisis y Estudio de la Actualización del Sistema de Supervisión y Control SCADA en el Bloque 16 Repsol YPF,» Universidad San Francisco de Quito, Quito, Ecuador, 2010.
- [12] D. A. Zapata, «Desarrollo de un Sistema SCADA para uso nn Pequeñas Y

Medianas Empresas,» Universidad de Piura, Piura, Peru, 2013.

- [13] Siemens AG, «S7 Communication between SIMATIC S7-1200 and SIMATIC S7-300,» 2014.
- [14] Siemens AG, «Programar con STEP 7,» Nürnberg, Alemania, 2010.
- [15] J. C. M. C. REEA, «Simulador S7-1200 para TIA Portal V13,» [En línea]. Available: <http://reea-blog.blogspot.com.es/2015/01/simulador-s7-1200-para-tia-portal-v13.html>. [Último acceso: 4 Febrero 2015].
- [16] InfoPLC, «Comunicación Ethernet: intercambio de datos entre un S7-1200 y un S7-300 / 400,» 11 Diciembre 2012. [En línea]. Available: <http://www.infopl.net/descargas/103-siemens/automatas/s7-1200/1637-comunicacion-ethernet-intercambio-de-datos-entre-un-s7-1200-y-un-s7-300-400-ce-x18>. [Último acceso: 4 Febrero 2015].



Anexo - A

TÉRMINOS Y DEFINICIONES

SIMATIC: Es el amplio portafolio de productos para todos los requisitos de la automatización manufacturera, desde el nivel de campo hasta el nivel de gestión y control de la producción

CSMA (Carrier Sense Multiple Access): En castellano Acceso Multiple Sensible a la Portadora. Opera bajo el principio de escuchar antes de hablar, de manera similar a la radio de los taxis. El método CSMA está diseñado para redes que comparten el medio de transmisión. Cuando una estación quiere enviar datos, primero escucha el canal para ver si alguien está transmitiendo. Si la línea esta desocupada, la estación transmite. Si está ocupada, espera hasta que esté libre.

PG: (Programmierung Gerät / Unidad de Programación): Es típicamente un ordenador portátil con el software para programación de dispositivos Siemens.

MPI: (Interface MultiPunto): Es una de las muchas interfaces de comunicación integradas en el SIMATIC S7. Se trata de una interface de red propia y exclusiva de Siemens, diseñada para la interconexión a través de Step7 de equipos industriales tales como equipos HMI (Paneles de Operador), S7-300, M7-300, S7-400 y M7-400.

Polling: En computación hace referencia a una operación de consulta constante, generalmente hacia un dispositivo de hardware, para crear una actividad sincrónica sin el uso de interrupciones, aunque también puede suceder lo mismo para recursos de software.

Auto-MDIX: En Ethernet utilizamos 2 tipos de cables diferentes: cables derechos y cables cruzados. Para facilitar la implementación de redes Ethernet evitando el requerimiento de los 2 tipos de cables mencionados, se desarrolló Auto-MDIX. Se trata de un procedimiento desarrollado originalmente y patentado por 2 ingenieros de HP (Daniel Joseph Dove y Bruce Melvin) que fue luego incluido en el estándar de Gigabit Ethernet (1000 Base-T IEEE 802.3ab); elimina la necesidad de utilizar cables específicos para cada conexión ya que permite al receptor detectar la señal que está recibiendo y adecuarse a la misma.

WFI (Water for Injection): Agua grado farmacéutico, llamada Agua para Inyección.



Anexo - B

FOTOS DE MÁQUINAS Y EQUIPOS



Imagen 73: Tablero Eléctrico Pozo Profundo 1.



Imagen 74: Tablero Eléctrico Pozo Profundo 2.



Imagen 75: Electrobomba Sumergible - Pozo 2.



Imagen 76: Dosificadores de Hipoclorito de Sodio.



Imagen 77: Acceso a la Cisterna de Agua Potable.



Imagen 78: Sistema ACCUAPRODUCT.



Imagen 79: OSMOIPA 1.



Imagen 80: OSMOIPA 2.



Imagen 81: Tanques de Almacenamiento y Distribución.

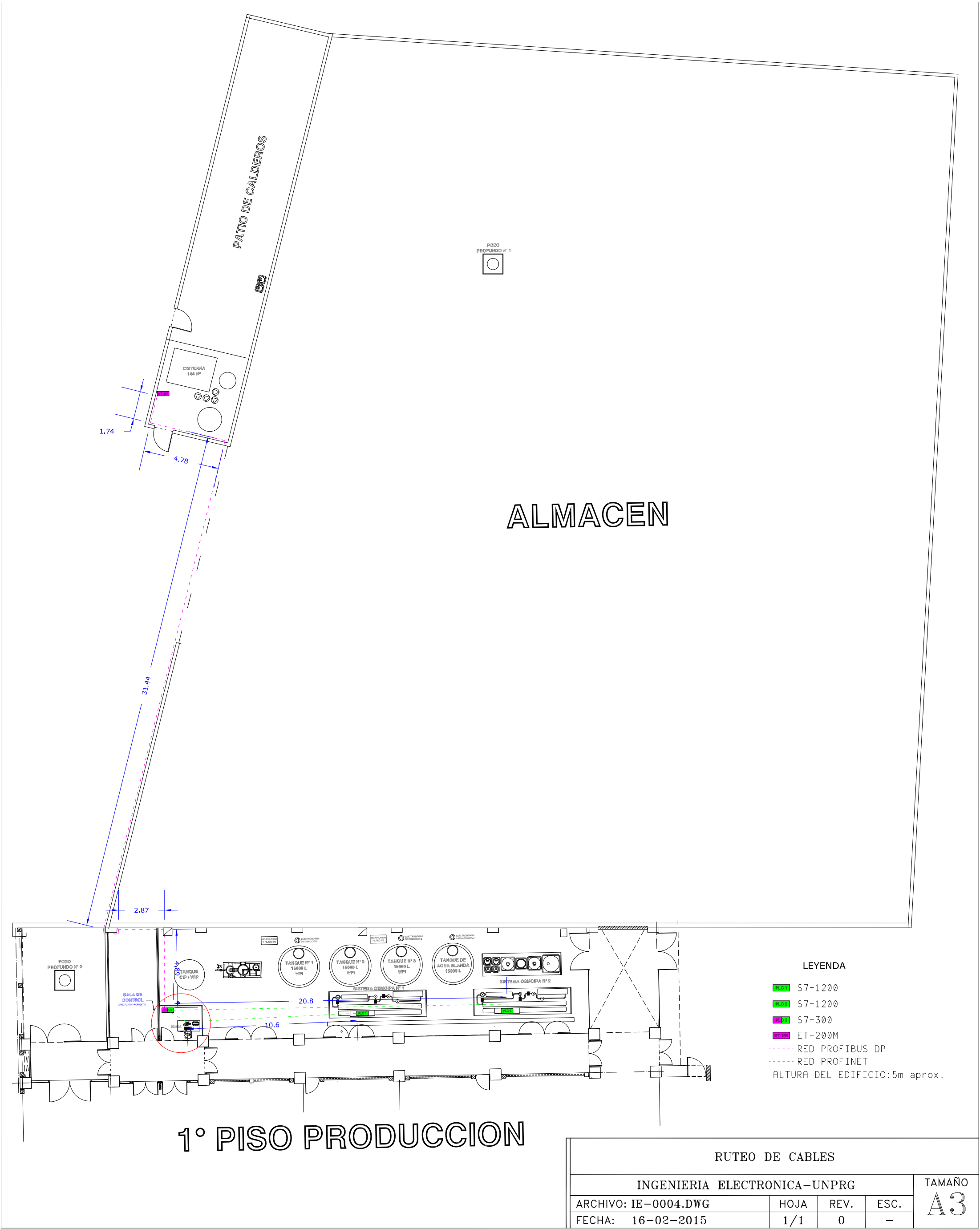


Imagen 82: Microfiltros y Filtro UV.



Anexo - C

PLANOS Y DIAGRAMAS



LEYENDA

- S7-1200
- S7-1200
- S7-300
- ET-200M
- RED PROFIBUS DP
- RED PROFINET
- ALTURA DEL EDIFICIO: 5m aprox.

RUTEO DE CABLES



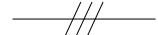

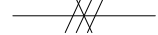

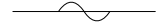



INGENIERIA ELECTRONICA-UNPRG			
ARCHIVO: IE-0004.DWG	HOJA	REV.	ESC.
FECHA: 16-02-2015	1/1	0	-

TAMAÑO
A3

ÍNDICE DE IMÁGENES

IMAGEN 1: PIRÁMIDE CIM.....	32
IMAGEN 2: MODELO OSI – RED INDUSTRIAL.....	34
IMAGEN 3: PERFILES DE LA RED PROFIBUS.....	37
IMAGEN 4: VERSIONES DE LA RED PROFIBUS DP.....	39
IMAGEN 5: ACCESO AL MEDIO PROFIBUS DP.....	40
IMAGEN 6: TRAMA FIJA SIN DATOS.....	41
IMAGEN 7: TRAMA FIJA CON DATOS.....	41
IMAGEN 8: TRAMA DE LONGITUD VARIABLE.....	42
IMAGEN 9: SERVICIO SDN.....	43
IMAGEN 10: SERVICIO SDA.....	43
IMAGEN 11: SERVICIO SDR.....	44
IMAGEN 12: CICLO DE BUS.....	45
IMAGEN 13: CURVAS DE CICLO DE BUS.....	47
IMAGEN 14: PARTES DE UN SISTEMA SCADA (UDEP 2008).....	59
IMAGEN 15: SISTEMA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE.....	63
IMAGEN 16: PRODUCCIÓN DE AGUA WFI –PLANTA N°1.....	64
IMAGEN 17: PRODUCCIÓN DE AGUA WFI. PLANTA N°2.....	65
IMAGEN 18: ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA WFI.....	66
IMAGEN 19: ARQUITECTURA DE LA RED.....	71
IMAGEN 20: TOPOLOGÍA TIPO BUS - PROFIBUSDP.....	73
IMAGEN 21: TOPOLOGÍA TIPO ÁRBOL - PROFIBUS DP.....	73
IMAGEN 22: CABLE PROFIBUS FC STANDARD.....	78
IMAGEN 23: TIPOS DE CONECTORES PROFIBUS DP.....	79
IMAGEN 24: INSTALACIÓN CONECTOR SUB D – PROFIBUS DP.....	80
IMAGEN 25: RESISTENCIA TERMINAL DEL CONECTOR SUB D - PROFIBUS DP.....	80
IMAGEN 26: TERMINALES ACTIVOS – PROFIBUS DP.....	81
IMAGEN 27: INTERFAZ ETHERNET CON SWICHT INTEGRADO.....	82
IMAGEN 28: CABLE ESTÁNDAR - INDUSTRIAL ETHERNET.....	85
IMAGEN 29: TIPOS DE CONECTORES - INDUSTRIAL ETHERNET.....	86
IMAGEN 30 : CABLE GP - PROFIBUS.....	87
IMAGEN 31: CONECTOR RS485 - PROFIBUS DP.....	88
IMAGEN 32: CABLE GP 2X2 - INDUSTRIAL ETHERNET.....	88
IMAGEN 33: CONECTOR RJ45 - INDUSTRIAL ETHERNET.....	89
IMAGEN 34: S7-1200 / CPU-1215C.....	90
IMAGEN 35: TOUCH PANEL SIMATIC TP277- 6" TFT.....	91
IMAGEN 36: S7-300 / CPU 315-2 PN/DP.....	92
IMAGEN 37: ET-200 / IM 153-1.....	93
IMAGEN 38: CP 1623 - PCI EXPRESS.....	94
IMAGEN 39: SOFTWARES DE PROGRAMACIÓN.....	94
IMAGEN 40: CREAR PROYECTO - TIA PORTAL.....	95
IMAGEN 41: AGREGAR DISPOSITIVOS - TIA PORTAL.....	95
IMAGEN 42: VISTA DE REDES - TIA PORTAL.....	96
IMAGEN 43: CONFIGURACION DE LA RED PROFIBUS DP.....	97
IMAGEN 44: AJUSTES DE LA RED PROFIBUS DP.....	98


Simbología:

	CONEXION DE PROCESO		VALVULA AUTOMATICA
	SEÑAL ELECTRICA ANALOGICA		VALVULA MANUAL
	SEÑAL ELCTRICA BINARIA		MICRO FILTRO
	SEÑAL ENCTROMAGNETICA GUIADA		DRENAJE
	ELECTROBOMBA		BOMBA DOSIFICADORA

Tags:

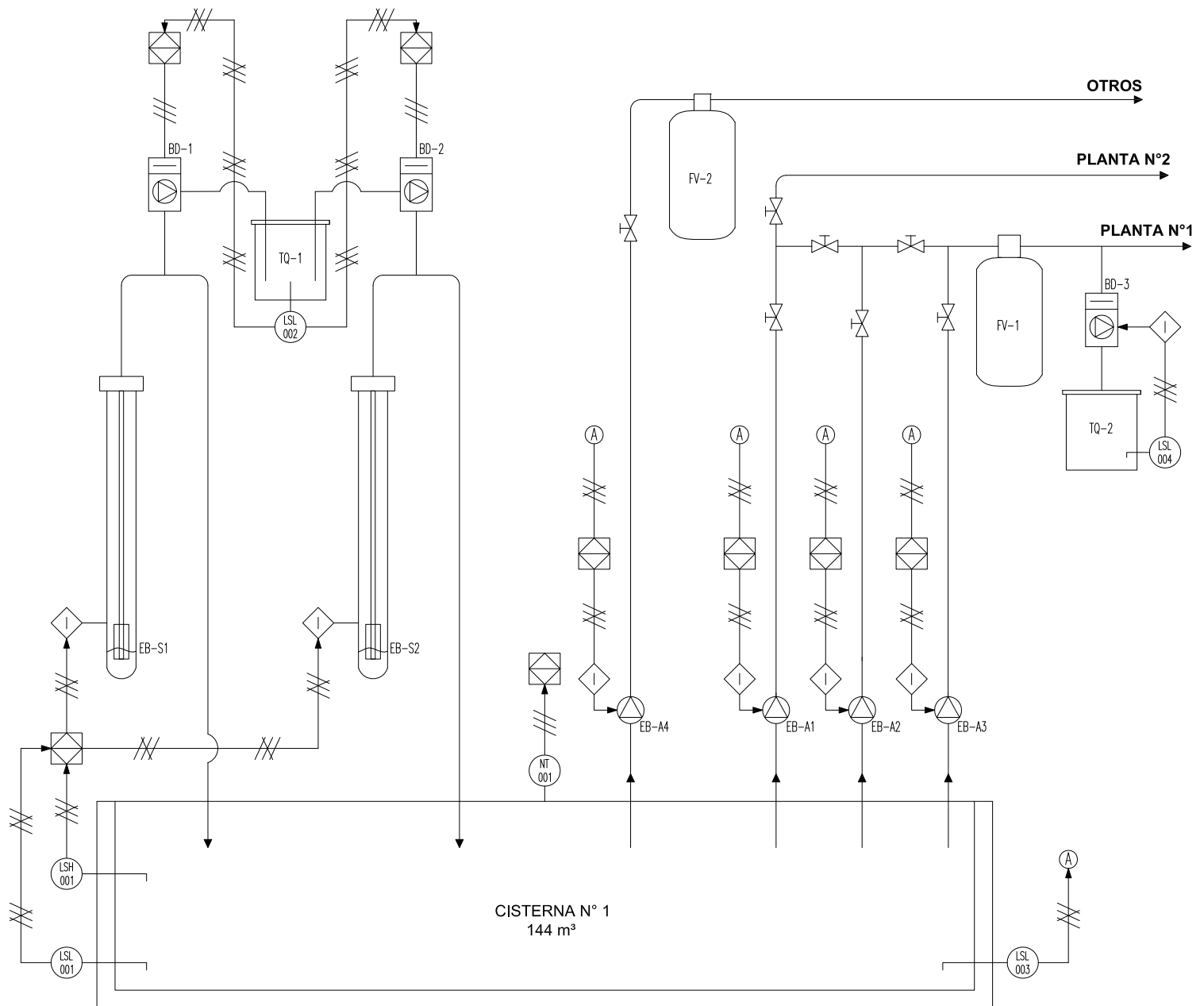
BD-X	BOMBA DOSIFICADORA	TQ-AX	TANQUE DE ALMACENAMIENTO
EB-SX	ELECTROBOMBA SUMERGIBLE	EB-DX	ELECTROBOMBA DE DSITRIBUCION
TQ-X	TANQUE DE SOLUCION	MF-X	MICRO FILTRO
EB-AX	ELECTROBOMBA DE ABASTECIMIENTO	UV-X	FILTRO ULTRA-VIOLETA
FV-X	FILTRO VORTEX (ARENA)	IC-X	INTERCAMBIADOR DE CALOR
VA-X	VALVULA AUTOMATICA		

Instrumentación:

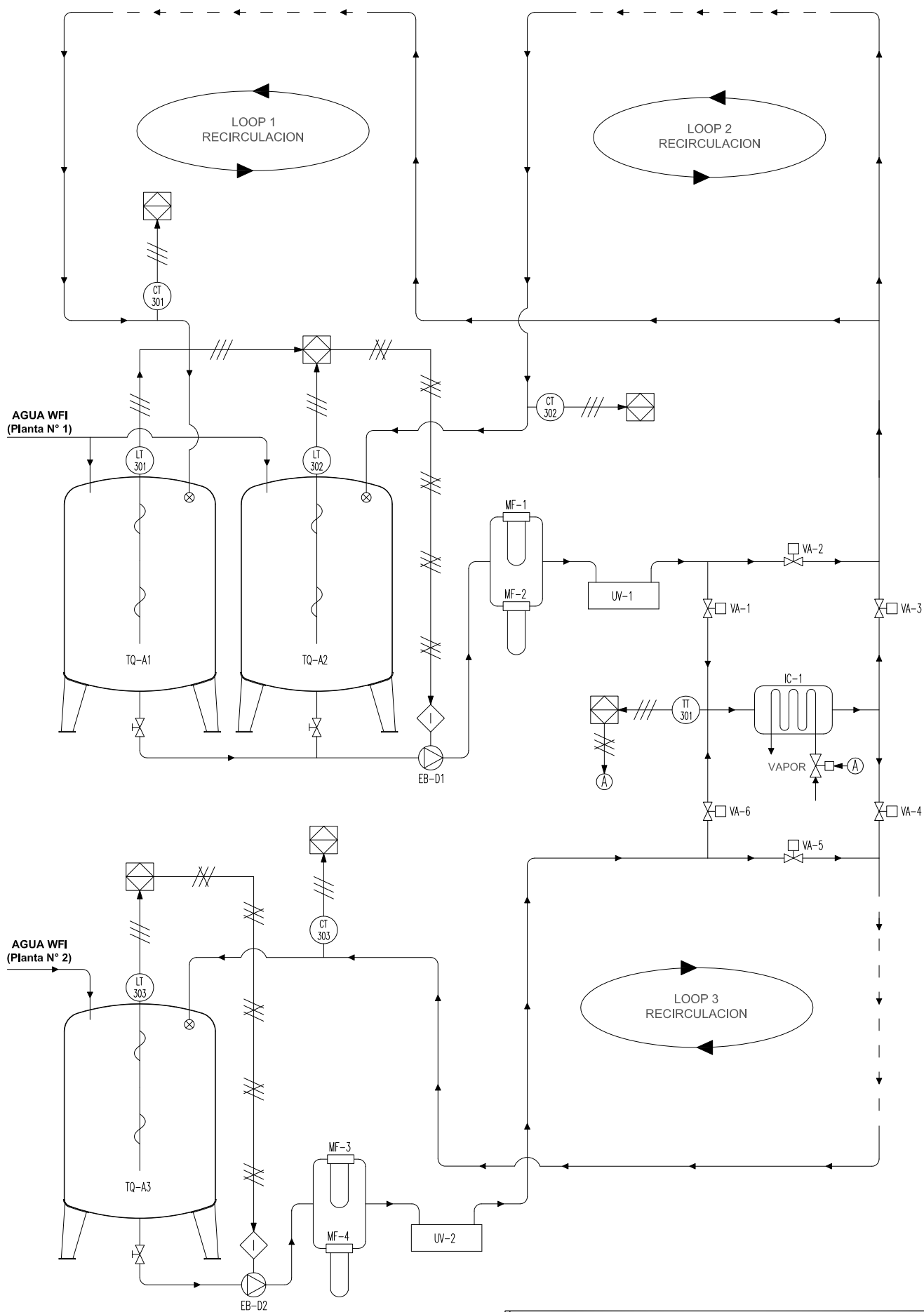
	INSTRUMENTO LOCAL		LOGICA DE CONTROL PLC
	INSTRUMENTO EN PANEL		LOGICA ELECTRICA

LETRA	PRIMERA LETRA	LETRAS SUBSIGUIENTES	
C	CONDUCTIVIDAD	---	CONTROL
H	MANUAL	---	ALTO
L	NIVEL	---	BAJO
N	CLORO LIBRE	---	---
S	VELOCIDAD	---	INTERRUPTOR
T	TEMPERATURA	TRANSMISOR	---

GLOSARIO DE SIMBOLOS				
INGENIERIA ELECTRONICA-UNPRG				TAMAÑO
ARCHIVO: IE-0001.DWG	HOJA	REV.	ESC.	A4
FECHA: 16-02-2015	1/3	0	-	



ABASTECIMIENTO DE AGUA POTABLE				
INGENIERIA ELECTRONICA-UNPRG				TAMAÑO
ARCHIVO: IE-0002.DWG	HOJA	REV.	ESC.	A4
FECHA: 14-02-2015	2/3	0	-	



ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCION DE AGUA WFI

INGENIERIA ELECTRONICA-UNPRG

ARCHIVO: IE-0003.DWG

FECHA: 14-02-2015

HOJA

3/3

REV.

0

ESC.

-

TAMAÑO

A4

IMAGEN 45: PARÁMETROS DE LA RED PROFIBUS DP.	100
IMAGEN 46: RED INDUSTRIAL ETHERNET - TIA PORTAL.....	101
IMAGEN 47: VISTA TOPOLOGICA - TIA PORTAL.....	101
IMAGEN 48: INSTRUCCIÓN GET.	107
IMAGEN 49: PERMISO PARA LA COMUNICACIÓN PUT7GET.	109
IMAGEN 50: ACTIVACIÓN DE LA INSTRUCCIÓN GET.....	109
IMAGEN 51: INTERLOCUTOR DE LA INSTRUCCIÓN GET.	110
IMAGEN 52: CONFIGURACIÓN DE LA INSTRUCCIÓN GET.....	111
IMAGEN 53: JERARQUÍA DE LA VENTANAS DEL SCADA.....	119
IMAGEN 54: VENTANA DEL MENU PRINCIPAL.	120
IMAGEN 55: VENTANA DE INICIO DE SESIÓN.	121
IMAGEN 56: VENTANA ETAPA 1- MODO AUTOMÁTICO.....	121
IMAGEN 57: VENTANA ETAPA 1- MODO MANUAL.....	122
IMAGEN 58: VENTANA DE AJUSTES DE LA ETAPA 1.	123
IMAGEN 59: VENTANA DE LA ETAPA 2.	123
IMAGEN 60: VENTANA ETAPA2 - OSMOIPA 1.....	124
IMAGEN 61: VENTANA ETAPA2 - OSMOIPA 2.....	124
IMAGEN 62: VENTANA DE LA ETAPA 3 – MODO AUTOMÁTICO.	125
IMAGEN 63: VENTANA DE LA ETAPA 3 – MODO MANUAL.	126
IMAGEN 64: VENTANA DE AJUSTES DE LA ETAPA 3.	127
IMAGEN 65: LIMPIEZA Y SANITIZACIÓN DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN.....	128
IMAGEN 66: ACTIVACIÓN DE FALLAS Y ALARMAS.....	129
IMAGEN 67: VENTANA DE FALLAS Y ALARMAS - ETAPA 1.	129
IMAGEN 68: VENTANA DE FALLAS Y ALARMAS - OSMOIPA 1.....	130
IMAGEN 69: VENTANA DE FALLAS Y ALARMAS - OSMOIPA 2.....	130
IMAGEN 70: VENTANA DE FALLAS Y ALARMAS - ETAPA 3.....	131
IMAGEN 71: FUNCIONAMIENTO ACTUAL DE LOS SISTEMAS DE PRODUCCIÓN Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA WFI.	134
IMAGEN 72: ARQUITECTURA DE RED - RESULTADOS.....	136
IMAGEN 73: TABLERO ELÉCTRICO POZO PROFUNDO 1.....	146
IMAGEN 74: TABLERO ELÉCTRICO POZO PROFUNDO 2.....	146
IMAGEN 75: ELECTROBOMBA SUMERGIBLE - POZO 2.	147
IMAGEN 76: DOSIFICADORES DE HIPOCLORITO DE SODIO.....	147
IMAGEN 77: ACCESO A LA CISTERNA DE AGUA POTABLE.....	148
IMAGEN 78: SISTEMA ACCUAPRODUCT.....	148
IMAGEN 79: OSMOIPA 1.....	149
IMAGEN 80: OSMOIPA 2.....	149
IMAGEN 81: TANQUES DE ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN.....	150
IMAGEN 82: MICROFILTROS Y FILTRO UV.....	150