



UNIVERSIDAD TÉCNICA DE AMBATO
FACULTAD DE INGENIERÍA EN SISTEMAS
ELECTRÓNICA E INDUSTRIAL
CARRERA DE INGENIERÍA EN ELECTRÓNICA Y COMUNICACIONES

TEMA:

SISTEMA INALÁMBRICO PARA CONTROL Y MONITOREO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN BAÑOS.

Proyecto de Trabajo de Graduación. Modalidad: TEMI, presentado previo la obtención del título de Ingeniero en Electrónica y Comunicaciones.

SUBLÍNEA DE INVESTIGACIÓN: Comunicaciones Inalámbricas

AUTOR: Luis Enrique Chico Analuisa

PROFESOR REVISOR: Ing. Mg. Santiago Altamirano Meléndez

Ambato - Ecuador

Enero 2015

Aprobación del Tutor

En calidad de Tutor del trabajo de investigación sobre el tema:

“SISTEMA INALÁMBRICO PARA CONTROL Y MONITOREO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTON BAÑOS”, del Señor Luis Enrique Chico Analuisa, estudiante de la Carrera de Ingeniería en Electrónica y Comunicaciones, de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, considero que el informe investigativo reúne los requisitos y méritos suficientes para ser sometidos a la evaluación del Tribunal de Grado, que el Honorable Consejo directivo designe, para su correspondiente estudio y calificación.

Ambato, Enero del 2015

EL TUTOR

Ing. Mg. Santiago Altamirano Meléndez

Autoría

El presente trabajo de investigación titulado “SISTEMA INALÁMBRICO PARA CONTROL Y MONITOREO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTON BAÑOS”. Es absolutamente original, auténtico y personal, en tal virtud, el contenido, efectos legales y académicos que se desprenden del mismo son de exclusiva responsabilidad del autor.

Ambato, Enero del 2015

Luis Enrique Chico Analuisa

C.C. 1803835220

Aprobación de la Comisión de Calificadores

La Comisión Calificadora del presente trabajo conformada por los señores docentes Ing. M.Sc. Vicente Morales Lozada, Ing. Mg. Freddy Robalino Peña e Ing. Santiago Álvarez Tobar, reviso y aprobó el Informe final del trabajo titulado “Sistema Inalámbrico para Control y Monitoreo de la Planta de Tratamiento de Agua Potable del Cantón Baños”, presentado por el señor Luis Enrique Chico Analuisa de acuerdo al Art. 17 del Reglamento de Graduación para obtener el título Terminal de tercer nivel de la Universidad Técnica de Ambato.

Ing. M.Sc. Vicente Morales Lozada

Presidente del Tribunal de defensa

Ing. Mg. Freddy Robalino Peña

Miembro del Tribunal de defensa

Ing. Santiago Álvarez Tobar

Miembro del Tribunal de defensa

DEDICATORIA

A Dios por ser mi guía interior y llenarme de bendiciones en todo momento de mi vida.

A mi Madre Esther Analuisa que con sacrificio me brindó su apoyo total e incondicional en el cumplimiento de mis sueños.

A mi Padre Ángel Chico que con sabiduría supo inculcarme valores y guiarme por el sendero del bien.

A mi esposa Andrea y a mi hija Doménica que con Amor fueron mi motivación y fortaleza en toda etapa de mi vida estudiantil, brindándome la confianza necesaria para nunca decaer en mis anhelos.

A toda mi familia y en especial a mis hermanos Ángel, Alicia y Renato que siempre confiaron en mí, levantándose en los tropiezos que tuve durante este largo trajinar.

Luis Enrique Chico Analuisa

AGRADECIMIENTO

A Dios por brindarme salud y esperanza en la culminación de mis estudios.

A toda mi familia que son los responsables de este logro, ya que con su apoyo y consejos supieron guiarme durante esta dura etapa.

Al Dr. Mario Inca y a la Sra. Rosaura Viteri por el ejemplo que me brindan, motivándome siempre a ser una mejor persona y un excelente profesional.

Al Ingeniero Santiago Altamirano docente de la facultad, que gracias a su conocimiento me guio en la realización de este proyecto.

A la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial y a la Universidad Técnica de Ambato, por la formación académica y personal adquirida en estos años de estudio.

A mis amigos y compañeros por los buenos momentos que compartimos, ayudándonos mutuamente en nuestra formación académica.

Finalmente al Municipio de Baños de Agua Santa y a la empresa SCADA, por darme la oportunidad de desarrollar este proyecto.

Luis Enrique Chico Analuisa

ÍNDICE

Preliminares

Carátula	i
Aprobación del tutor	ii
Autoría	iii
Aprobación de la Comisión de Calificadores	iv
Dedicatoria	v
Agradecimiento	vi
Índice de Preliminares	vii
Índice de contenidos	viii
Índice de Figuras	xiv
Índice de Tablas	xix
Resumen	xxi
ABSTRACT	xxii
Glosario de Términos	xxiii
Introducción	xxv

Índice de Contenidos	Página
CAPITULO I	1
EL PROBLEMA	1
1.1 Tema	1
1.2 Planteamiento del problema	1
1.2.1 Delimitación del problema	1
1.3 Justificación	3
1.4 Objetivos	5
1.4.1 Objetivo General	5
1.4.2 Objetivos Específicos	5
CAPITULO II	6
MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes investigativos	6
2.2 Fundamentación teórica	7
2.2.1 Sistema de Comunicación	7
2.2.2 Comunicación Inalámbrica	8
2.2.2.1 Tecnologías de Comunicación Inalámbrica	9
2.2.3 Sistema de Control	9
2.2.4 Sistema de Control y Adquisición de Datos	10
2.2.5 Componentes de un Sistema de Control	11
2.3 Sistema de Tratamiento de Agua	14

2.3.1 Proceso de Tratamiento de Agua	14
2.3.2 Planta de Tratamiento de Agua	15
2.4 Propuesta de solución	15
CAPITULO III	16
METODOLOGÍA	16
3.1 Metodología de investigación	16
3.1.1 Proyecto de investigación Aplicada (I)	16
3.2 Recolección de la información	16
3.3 procesamiento y Análisis de datos	17
3.4 Análisis de Resultados	17
3.5 Desarrollo del Proyecto	17
CAPITULO IV	19
DESARROLLO DE LA PROPUESTA	19
4.1 Análisis de la situación actual del Sistema de Tratamiento de Agua	19
4.1.1 Situación actual de la Captación	20
4.1.2 Situación actual de la Planta de Tratamiento	21
4.1.3 Situación actual de los Tanques de distribución de agua	23
4.1.3.1 Tanque El Panecillo	23
4.1.3.2 Tanques El Raposal y Los Pinos	23
4.2 Funcionamiento y Estructura de un Sistema de Control Inalámbrico	25
4.2.1 Sistema SCADA	25
4.2.2 Elementos de un Sistema de Control	26
4.2.2.1 Controlador	26

4.2.2.2 PLC	26
4.2.2.3 HMI	27
4.2.2.4 Actuadores	27
4.2.2.5 Válvula Motorizada	28
4.2.2.6 Relé	29
4.2.2.7 Sensores	29
4.2.3 Sistema de Comunicación Inalámbrica	30
4.2.3.1 Antena	31
4.3 Ubicación y Características de los equipos de Comunicación	32
4.3.1 Ubicación equipos de Comunicación	32
4.3.1.1 Ubicación en el Mapa	33
4.3.2 Características de los equipos de Comunicación	36
4.3.2.1 Enlaces Punto – Punto	36
4.3.2.2 Perfil de elevación de Radioenlaces	37
4.3.2.3 Antenas Parabólicas	43
4.3.2.4 Ganancia de una Antena	44
4.3.2.5 Directividad de un Antena	44
4.3.2.6 Polarización de una Antena	44
4.3.2.7 Matriz de elección de las Antenas que se utilizarán en el proyecto	44
4.3.2.8 Switch de comunicación	45
4.4 Simulaciones y Cálculos del Sistema de Comunicación	46
4.4.1 Simulación Radioenlaces	46
4.4.1.1 Enlace Captación – repetidora San Pablo	49

4.4.1.2 Enlace repetidora San Pablo – Planta de Tratamiento	50
4.4.1.3 Enlace Planta de Tratamiento – repetidora El Tablón	52
4.4.1.4 Enlace repetidora El Tablón – Tanque El Panecillo	53
4.4.1.5 Enlace repetidora El Tablón – Tanque El Raposal	55
4.4.1.6 Enlace repetidora El Tablón – Tanque Los Pinos	56
4.4.1.7 Enlace repetidora El Tablón – Municipio	58
4.5 Análisis del tipo de PLC's y módulos HMI a utilizar en el Sistema de Tratamiento	60
4.5.1 Requerimientos técnicos del Sistema de Tratamiento de Agua	60
4.5.2 Captación	62
4.5.3 Planta de Tratamiento	65
4.5.4 Tanque El Panecillo	72
4.5.5 Tanque El Raposal	75
4.5.6 Tanque Los Pinos	77
4.5.7 Características del PLC para el sistema de tratamiento	80
4.5.8 PLCs V570 y V1210	82
4.5.9 Módulos que se utilizarán en la implementación del sistema	85
4.5.9.1 Módulo V200-18-E3XB	85
4.5.9.2 Módulo EX-A2X	86
4.5.9.3 Módulo EX-D16A3-TO16	87
4.5.9.4 Módulo EX-RC1	88
4.5.9.5 Módulo IO-D16A3-RO16	89
4.5.9.6 Módulo IO-DI16	90

4.5.9.7 Módulo IO-RO16	91
4.5.9.8 Módulo IO-AI8	91
4.5.9.9 Módulo IO-AO6X	92
4.5.9.10 Módulo IO-AI4-AO2	93
4.5.10 Asignación de los equipos para cada etapa del sistema	93
4.6 Implementación de tableros eléctricos, conexión a válvulas, sensores y PLC's	95
4.6.1 Modos de funcionamiento	95
4.6.1.1 Modo local	95
4.6.1.2 Modo remoto	95
4.6.1.3 Modo manual	96
4.6.1.4 Modo automático	96
4.6.2 Que es un Diagrama P&ID	96
4.6.2.1 Representación de líneas e instrumentos	97
4.6.3 Diagramas P&ID	98
4.6.4 Diagramas Eléctricos	106
4.6.5 Implementación de tableros de control y Cableado de dispositivos	123
4.6.5.1 Diseño interno y externo de tableros de Captación y tanques de Distribución	125
4.6.5.2 Diseño interno y externo de tablero de Planta de Tratamiento	127
4.6.5.3 Proceso de implementación de tableros	129
4.6.5.4 Cableado de válvulas y sensores	135
4.7 Implementación del Sistema de Comunicaciones	139
4.7.1 Direccionamiento IP	139
4.7.2 Configuración de Radioenlaces	140

4.7.3 Ubicación de torres, antenas y tableros de comunicación	149
4.8 Programación de PLC's y pantallas HMI	152
4.8.1 Visilogic	153
4.8.2 Proceso para configuración y programación de PLC's	154
4.8.3 Diseño de Pantallas HMI	164
4.9 Presupuesto de gastos	169
CAPITULO V	170
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	170
5.1 CONCLUSIONES	170
5.2 RECOMENDACIONES	171
Bibliografía	172
ANEXOS	174
Anexo 1	175
Anexo 2	176
Anexo 3	177
Anexo 4	179
Anexo 5	181
Anexo 6	183
Anexo 7	184
Anexo 8	186
Anexo 9	187
Anexo 10	189
Anexo 11	190

Anexo 12	191
Anexo 13	192
Anexo 14	193
Anexo 15	194
Anexo 16	196

Índice de figuras

Figura 2.1: Diagrama de bloques simplificado de un Sistema de Comunicación	8
Figura 2.2: Componentes de un sistema de control	10
Figura 2.3: Sistema de Control y Adquisición de datos	11
Figura 2.4: Sistema de Redundancia	12
Figura 2.5: Arquitectura general de una Unidad terminal Remota	13
Figura 4.1 Planta de Tratamiento	24
Figura 4.2 Sistema SCADA	25
Figura 4.3 PLC con HMI	27
Figura 4.4 Válvula Motorizada	28
Figura 4.5 Partes de un relé	29
Figura 4.6 Sensores de Nivel	30
Figura 4.7 Sistema de Comunicación Inalámbrica	31
Figura 4.8 Antena Parabólica	31
Figura 4.9 Ubicación en el Mapa	33
Figura 4.10 Vista El Tablón – Baños de Agua Santa	34
Figura 4.11 Vista El Tablón – Planta de Tratamiento	34

Figura 4.12 Vista Baños de Agua Santa – El Tablón	35
Figura 4.13 Vista Planta de Tratamiento – El Tablón	35
Figura 4.14 Enlace punto a punto	36
Figura 4.15 Perfil de elevación Captación – repetidora San Pablo	38
Figura 4.16 Perfil de elevación repetidora San Pablo – Planta de Tratamiento	38
Figura 4.17 Perfil de elevación Planta de Tratamiento – repetidora El Tablón	39
Figura 4.18 Perfil de elevación repetidora San Pablo – tanque El Panecillo	40
Figura 4.19 Perfil de elevación repetidora San Pablo – tanque El Raposal	40
Figura 4.20 Perfil de elevación repetidora San Pablo – tanque Los Pinos	41
Figura 4.21 Perfil de elevación repetidora San Pablo – Municipio	42
Figura 4.22 Patrón de radiación Parabólico	43
Figura 4.23 Switch	45
Figura 4.24 Puntos a enlazar	47
Figura 4.25 Diagrama de Red Planta de Tratamiento	48
Figura 4.26 Enlace simulado Captación – repetidora San Pablo	50
Figura 4.27 Enlace simulado repetidora San Pablo – Planta de Tratamiento	51
Figura 4.28 Enlace simulado Planta de Tratamiento – repetidora El Tablón	53
Figura 4.29 Enlace simulado repetidora El Tablón – Tanque El Panecillo	54
Figura 4.30 Enlace simulado repetidora El Tablón – Tanque El Raposal	56
Figura 4.31 Enlace simulado repetidora El Tablón – Tanque Los Pinos	57
Figura 4.32 Enlace simulado repetidora El Tablón – Municipio	59
Figura 4.33 Colocación de válvulas Captación	63
Figura 4.34 Lazo de control Captación	64

Figura 4.35 Lazo de control filtros Ascendentes	71
Figura 4.36 Sensores de nivel tanques ciclónicos	71
Figura 4.37 Lazo de control Tanque El Panecillo	74
Figura 4.38 Sensor de nivel tanque El Panecillo	74
Figura 4.39 Lazo de control Tanque El Raposal	76
Figura 4.40 Válvula de Salida tanque El Raposal	77
Figura 4.41 Lazo de control tanque Los Pinos	79
Figura 4.42 Válvula de salida Tanque Los Pinos	79
Figura 4.43 PLC V570	83
Figura 4.44 PLC V1210	83
Figura 4.45 Módulo V200-18-E3XB	85
Figura 4.46 Módulo EX-A2X	86
Figura 4.47 Módulo EX-D16A3-TO16	87
Figura 4.48 Módulo EX-RC1	88
Figura 4.49 módulo IO-D16A3-RO16	90
Figura 4.50 Módulo IO-DI16	90
Figura 4.51 Módulo IO-RO16	91
Figura 4.52 Módulo IO-AI8	92
Figura 4.53 Módulo IO-AO6X	92
Figura 4.54 Módulo IO-AI4-AO2	93
Figura 4.55 Gabinete de control	129
Figura 4.56 Relés	130
Figura 4.57 Fuentes de alimentación	130

Figura 4.58 Breakers	131
Figura 4.59 Tipos de Cables	131
Figura 4.60 Actuador de válvula Belimo	132
Figura 4.61 Sensor de Caudal	132
Figura 4.62 Colocación de riel DIN y canaleta	133
Figura 4.63 Colocación de elementos externos	133
Figura 4.64 Alimentación tablero el Panecillo	134
Figura 4.65 Cableado del circuito de control	134
Figura 4.66 Tablero Planta de Tratamiento	135
Figura 4.67 Cableado Planta de Tratamiento 1	136
Figura 4.68 Cableado Planta de Tratamiento 2	136
Figura 4.69 Conexión de válvula	137
Figura 4.70 Válvula coagulante	137
Figura 4.71 Caja de paso elementos de entrada Planta de Tratamiento	138
Figura 4.72 Sensor de caudal Captación	138
Figura 4.73 Enlace punto a punto	141
Figura 4.74 Adaptador antena NB-5G25	142
Figura 4.75 Configuración de propiedades TCP/IP	142
Figura 4.76 Ingreso a página de configuración NB-5G25	143
Figura 4.77 Configuración parámetros de red Captación	144
Figura 4.78 Configuración parámetros de Wireless Captación	145
Figura 4.79 Configuración de red repetidora San Pablo	146
Figura 4.80 Configuración parámetros de Wireless San Pablo	147

Figura 4.81 Intensidad de señal enlace Captación – repetidora San Pablo	148
Figura 4.82 Prueba de conexión del enlace	148
Figura 4.83 Colocación torre Captación	149
Figura 4.84 Ensamblaje de antenas	150
Figura 4.85 Colocación de antenas repetidora El Tablón	151
Figura 4.86 Tablero de Comunicación repartidora El Tablón	152
Figura 4.87 Elección de controlador V570	154
Figura 4.88 Elección módulo de entradas y salidas	155
Figura 4.89 Módulos conectados a PLC V1210 mediante puerto de expansión	159
Figura 4.90 Módulos conectados a PLC V1210 mediante puerto CANbus	159
Figura 4.91 Inicialización PLC Planta de Tratamiento	160
Figura 4.92 Programación válvula V1	161
Figura 4.93 Programación VP6 filtros ciclónicos	162
Figura 4.94 Programación VP6 filtros ciclónicos	162
Figura 4.95 Programación control local/remoto tanque El Panecillo	163
Figura 4.96 Programación paro de emergencia y luces piloto tanque Los Pinos	163
Figura 4.97 Creación de un botón de para HMI	164
Figura 4.98 Pantalla principal HMI de Planta de Tratamiento	165
Figura 4.99 Pantalla HMI filtros ascendentes 1 y 2	166
Figura 4.100 Pantalla HMI control de válvulas tanque El Raposal	166
Figura 4.101 Pantalla HMI control de estado Captación	167
Figura 4.102 Tablero del tanque El Panecillo	168
Figura 4.103 Tablero de Captación	168

Índice de Tablas

Tabla 2.1 Características de tecnologías Inalámbricas	9
Tabla 4.1 Elementos existentes en la Captación	21
Tabla 4.2 Elementos existentes en la Planta de Tratamiento	21
Tabla 4.3 Elementos existentes en Tanque El Panecillo	23
Tabla 4.4 Ubicación Geográfica	32
Tabla 4.5 Radioenlaces Sistema de Tratamiento	37
Tabla 4.6 Distancia de Radioenlaces	42
Tabla 4.7 Marcas de antenas con sus características	45
Tabla 4.8 Características Ubiquiti NB – 5G25	46
Tabla 4.9 Elementos Captación	63
Tabla 4.10 Asignación de Entradas y Salidas Captación	64
Tabla 4.11 Elementos Planta de Tratamiento	65
Tabla 4.12 Asignación de entradas y salidas Planta de Tratamiento	68
Tabla 4.13 Elementos Tanque El Panecillo	72
Tabla 4.14 Asignación de entradas y salidas Tanque El Panecillo	73
Tabla 4.15 Elementos tanque El Raposal	75
Tabla 4.16 Asignación de entradas y salidas tanque El Raposal	76
Tabla 4.17 Elementos Tanque Los Pinos	78
Tabla 4.18 Asignación de entradas y salidas tanque Los Pinos	78
Tabla 4.19 Número Total de entradas y salidas	80
Tabla 4.20 Matriz elección PLC	81

Tabla 4.21 Características de los PLC's	84
Tabla 4.22 Entradas y Salidas del módulo V200-18-E3XB	86
Tabla 4.23 Entradas y Salidas del módulo EX-D16A3-TO16	87
Tabla 4.24 Descripción Conector CANbus	89
Tabla 4.25 Distribución de entradas y salidas de módulo IO-D16A3-RO16	89
Tabla 4.26 Asignación de Equipos	94
Tabla 4.27 Definición de letras basado en la norma ISA S5.1	97
Tabla 4.28 Representación de líneas e instrumentos	98
Tabla 4.29 Denominación de Instrumentos	106
Tabla 4.30 Elementos de Operación de tableros	107
Tabla 4.31 Símbolos diagrama Unifilar	108
Tabla 4.32 Símbolos de diagrama unifilar de la Planta de Tratamiento	108
Tabla 4.33 Componentes de tableros	123
Tabla 4.34 Direccionamiento IP	140
Tabla 4.35 Asignación de entradas y salidas Captación – Tanques de Distribución	156
Tabla 4.36 Asignación de entradas y salidas Planta de Tratamiento	156

Resumen

El presente proyecto se enfoca en el diseño e implementación de un sistema de control y monitoreo inalámbrico para la Planta de Tratamiento de agua potable del cantón Baños, en el desarrollo de la investigación se propuso un sistema SCADA como solución al problema planteado.

El proceso consta de tres etapas que son: Captación, Tratamiento y Distribución del agua, cada etapa es controlada por un PLC el mismo que recibe información de parámetros como nivel, caudal y turbidez del agua, desde sensores colocados en todo el sistema.

Dependiendo del valor de estos parámetros el PLC envía información hacia electroválvulas colocadas en cada etapa, las mismas que se abrirán o cerraran en relación a las condiciones inicialmente establecidas.

Este proceso se puede realizar local o remotamente, ya que los PLCs se comunican permanentemente por intermedio de un sistema de Radioenlaces, que permite monitorear en tiempo real todas las etapas del sistema de tratamiento.

Cada PLC está conectado a una pantalla HMI, la misma que detalla el estado del sistema, de la comunicación, la posición de electroválvulas y sensores. Lo que permite a los operadores distribuir el agua desde un HMI de una manera eficiente.

ABSTRACT

This project focuses on the design and implementation of a control system and wireless monitoring for Treatment Plant water the Canton Baños, in the development of research SCADA system was proposed as a solution to the problem.

The process consists of three stages: collection, treatment and distribution of water, each stage is controlled by a PLC receive the same information parameters such as level, flow and turbidity from sensors placed throughout the system.

Depending on the value of these parameters, the PLC sends information to solenoid valves on each stage, the same to be opened or closed in relation to the initially established conditions.

This process can be done locally or remotely, since the PLCs is permanently connected by way of a radio link system, which allows monitoring in real time all stages of the treatment system.

Each PLC is connected to an HMI screen, thereof detailing the status of the system, communication, the position of valves and sensors. This allows operators to distribute water from an HMI in the Municipality of Baños efficiently.

Glosario de Términos y Acrónimos

PLC	<i>Programmable Logic Controller</i> – Controlador Lógico programable
SCADA	Supervisión, Control y Adquisición de Datos
HMI	<i>Human Machine Interface</i> – Interfaz Hombre Máquina
GPS	<i>Global Positioning System</i> – Sistema de Posicionamiento Global
PID	Proporcional Integral Derivativo
MAC	<i>Media Access Control</i> – Control de Acceso al Medio
P&ID	<i>Piping and Instrumentation Diagram</i> – Diagrama de Tuberías e Instrumentación
NA	Normalmente Abierto
NC	Normalmente Cerrado
V#	Número de Válvula
VP#	Número de Válvula proporcional
NTU	Unidad Nefelométrica de turbidez
ISA	<i>Industry Standard Architecture</i> – Arquitectura Estándar de la Industria
CANbus	<i>Control Area Network</i> – Red de Buses de Datos de Control
ITM	<i>Irregular Terrain Model</i> – Modelo para Terrenos Irregulares
LAN	<i>Local Area Network</i> – Red de Área Local
OSI	<i>Open System Interconnection</i> – Interconexión de Sistemas Abiertos
IP	<i>Internet Protocol</i> – Protocolo de Internet

TCP	<i>Transmission Control Protocol</i> – Protocolo de Control de Transmisión
FTP	<i>File Transfer Protocol</i> – Protocolo de Transferencia de Archivos
WAP	<i>Wireless Protected Access</i> – Protección de Acceso Inalámbrico
SSID	<i>Service Set Identifier</i> – Nombre de Red
WDS	<i>Wireless Distribution System</i> – Sistema de Distribución Inalámbrica
AP	<i>Access Point</i> – Punto de Acceso
POE	<i>Power Over Ethernet</i> – Alimentación a través de Ethernet

Introducción

Los sistemas de control automático actualmente son muy comunes ya que nos permiten dar soluciones tecnológicas a diferentes procesos, como el tratamiento de agua potable. El proyecto que se detalla en este documento tiene como finalidad realizar un Sistema de control y monitoreo Inalámbrico para la Planta de Tratamiento de agua del cantón Baños, que permita captar, tratar y distribuir el agua de una forma eficiente. A continuación se detalla el desarrollo de cada uno de los capítulos que comprenden este proyecto:

Capítulo I, contiene el análisis y planteamiento del problema, la delimitación en espacio y tiempo de la investigación, posteriormente se justifica y plantea los objetivos que guíen el desarrollo del proyecto.

Capítulo II, se analiza los Sistemas de Control inalámbrico como parte de la fundamentación teórica, para luego dar una propuesta de solución al problema planteado.

Capítulo III, indica la metodología que se utilizó para la investigación, detallando técnicas e instrumentos como: modalidades de investigación, recolección, procesamiento y análisis de datos, además se describe los pasos que se siguieron en el desarrollo del proyecto.

Capítulo IV, describe la propuesta de un Sistema de Control Inalámbrico, su estructura y las principales características, además de indicar detalladamente los procedimientos que se hicieron para la implementación del sistema.

Capítulo V, señala las Conclusiones y Recomendaciones resultado de la investigación realizada.

CAPÍTULO I

EL PROBLEMA

1.1 Tema

SISTEMA INALÁMBRICO PARA CONTROL Y MONITOREO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN BAÑOS.

1.2 Planteamiento del problema

Con el transcurso del tiempo y el avance tecnológico la sociedad va cambiando su manera de obtener los recursos para subsistir, es por ello que en la actualidad es necesario tener soluciones que optimicen y mejoren la calidad de los productos que se consumen a diario.

En este sentido la electrónica ha sido un eje fundamental en la optimización de los procesos para obtener dichos recursos, por lo que gobiernos, instituciones, empresas y diversos ejes sociales han optado por automatizar sus sistemas.

Conforme el pasar de los años la tecnología avanza a pasos agigantados, desde primitivas computadoras que cumplían con limitadas tareas, hasta los sofisticados sistemas que tenemos en la actualidad los cuales facilitan el trabajo del hombre.

A nivel mundial los sistemas electrónicos mejoran la forma de obtener los recursos, en especial cuando se trata de la conservación de la naturaleza. Y las comunicaciones a través de redes son una parte vital en el desempeño de las

actividades diarias del ser humano, las cuales en ciertos casos nos sirven para atender de manera eficiente a miles de personas.

A nivel de nuestro país el avance tecnológico ha sido fundamental para el desarrollo de empresas tanto públicas como privadas, ya que por medio de sistemas de comunicación y automatización se está optimizando recursos, logrando de esta manera un menor impacto ambiental para la conservación de nuestra flora y fauna.

Es por esto que diversas instituciones ya cuentan con sistemas inalámbricos para obtener un control y monitoreo, que garantice la comunicación, optimización y confiabilidad del sistema logrando así tener un servicio de calidad para sus respectivos usuarios. En el caso del cantón Baños, no se cuenta con un sistema que permita controlar la captación, tratamiento y posterior distribución del sistema de agua potable provenientes del río Cristal. Debido al crecimiento de la población cantonal es prioritario optimizar la distribución, ya que en época de sequía se tendría un desabastecimiento del líquido vital generando malestar y problemas a la población.

Factor importante es que no se monitorea y controla la captación de agua, se perjudicaría a la flora y fauna del sector ya que se obtendría un porcentaje mayor del caudal del río en época de sequías.

Para el municipio del cantón Baños es de suma importancia contar con un sistema que controle la distribución, el nivel de captaciones, conducciones, tratamiento y reservas, y a la vez aplicar criterios vigentes de protección y conservación del recurso del agua, en la actualidad el proceso se realiza manualmente generando problemas debido al difícil acceso de los puntos de captación, tratamiento y distribución, así como la inversión en personal que ejecute y realice el mantenimiento tanto preventivo como correctivo debido a que la planta no optimiza la distribución del agua necesaria para abastecer a la población.

1.2.1 Delimitación del problema

Área Académica: Comunicaciones

Línea de Investigación: Tecnologías De Comunicación.

Sublínea de Investigación: Comunicaciones Inalámbricas.

Espacial: Cantón Baños de Agua Santa

Temporal: El tiempo estimado para la realización del proyecto de investigación tendrá un periodo de duración de 6 meses luego de la aprobación por parte del Honorable Consejo Directivo de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial.

1.3 Justificación

Los sistemas inalámbricos de control, son un requerimiento muy importante hoy en día debido a las altas prestaciones y la optimización de recursos que representa su implementación, es por ello que la planta de tratamiento de agua del Cantón Baños requiere un sistema con estas características, ya que captará, conducirá, y tratará exclusivamente la cantidad de agua que las redes de distribución y conexiones domiciliarias demanden, además que no existirán caudales de desborde en los tanques de reserva, debido a que estarán controladas a través de un PLC (controlador lógico programable).

Es así que la implementación del sistema es necesaria, ya que por medio de este se da una solución tecnológica, eficiente, eficaz, y que brindará una disponibilidad continua del suministro de agua potable respondiendo a la necesidad poblacional y ofreciendo un servicio de calidad, el cual además atiende a las peticiones de los habitantes del cantón.

En la actualidad no existe ningún sistema que controle la planta de tratamiento de agua, el cual permita dar las soluciones antes mencionados y por esto se pretende desarrollar el proyecto y así cubrir las necesidades que requiere la población, beneficiando al desarrollo cantonal y provincial por medio de soluciones tecnológicas que si bien representan una inversión alta en sus inicios, a largo plazo

representará un ahorro y un mejor manejo de los recursos, debido al tiempo de vida del sistema a implementarse.

Para concluir, el proyecto a implementarse es innovador y representa grandes beneficios y ventajas, por lo que servirá como iniciativa para que otras instituciones opten por implementar soluciones tecnológicas similares al momento de aprovechar los recursos naturales, conservando de esta manera la flora y fauna del país.

1.4 Objetivos

1.4.1 Objetivo General

Implementar un sistema inalámbrico que controle y monitoree la planta de tratamiento de agua del cantón Baños de la provincia de Tungurahua.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Analizar la situación actual de la planta de tratamiento de agua del cantón Baños.
- Definir requerimientos técnicos del sistema inalámbrico para control y monitoreo de la planta de tratamiento de agua del cantón Baños.
- Diseñar un sistema inalámbrico para automatizar la captación, tratamiento y distribución de agua en el cantón Baños.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes investigativos

Mediante la investigación realizada en los archivos de la Facultad de Ingeniería en Sistemas, Electrónica e Industrial de la Universidad Técnica de Ambato, no se encontró trabajos similares al de la investigación que se está realizando.

En el repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Ejército se obtuvo como resultado el siguiente trabajo investigativo “DESARROLLO DE UN PROTOTIPO DE RED INALÁMBRICA SENSORIAL IMPLEMENTADA CON LA TECNOLOGÍA ZIGBEE PARA MONITORIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA.” Desarrollado por las señoritas Ana Belén Albarracín y Daysi Ximena Contero en el año 2012, se realizó con el propósito de monitorear la calidad del agua de la planta de tratamiento de aguas residuales del Instituto Tecnológico de Monterrey, y consta de tres etapas la instrumentación, creación de la red inalámbrica, y la interfaz con el usuario; la primera radica en la construcción de los circuitos de acondicionamiento de señal, posteriormente se desarrolló la red utilizando el kit Xbee Znet 2.5 y finalmente la interfaz de usuario se desarrolló en Labview para la visualización de datos. [1]

En el repositorio de la Escuela Superior Politécnica del Litoral se obtuvo como resultado el siguiente trabajo investigativo “DISEÑO IMPLEMENTACION Y

MONITOREO DE UN SISTEMA DIDACTICO BASADO EN EL CONTROL DE NIVEL DE UN TANQUE VIA RF, UTILIZANDO EL SCADA INTOUCH Y RSLOGIXSOO CON EL PLC MICRILOGIX 1200 DE ALAN BRADLEY” Desarrollado por los señores Juan Carlos Ortega y Byron Antonio Rivera en el año 2010, se realizó para controlar el nivel de un tanque, para la comunicación RF se va utilizar el PIC 16f877 y las antenas HM:TR / 232, el control a través del PLC Allen Bradley y el sistema scada intouch utilizando Rslinx para la implementación del sistema didáctico. [2]

2.2 Fundamentación teórica

2.2.1 Sistema de Comunicación

Un sistema de comunicación comprende de un transmisor, un medio de transmisión y un receptor. En donde un transmisor es un conjunto de uno o más dispositivos o circuitos electrónicos que convierte la información de la fuente original en una señal que se presta más a su transmisión a través de determinado medio de transmisión como se muestra en la figura 2.1. El medio de transmisión transporta las señales desde el transmisor hacia el receptor, y puede ser tan sencillo como un par de conductores de cobre que propaguen las señales en forma de flujo de corriente eléctrica, también se puede convertir la información ondas electromagnéticas de radio, fuentes luminosas que envíen la información por fibra óptica. Un receptor es un conjunto de dispositivos y circuitos electrónicos que acepta del medio de transmisión las señales transmitidas. [3]

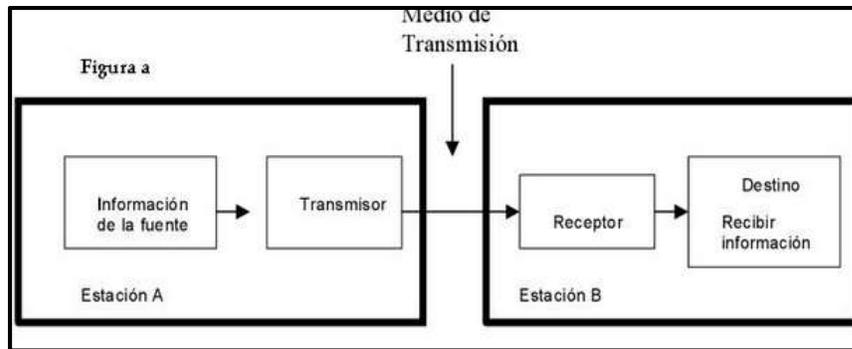


Figura 2.1: Diagrama de bloques simplificado de un Sistema de Comunicación

Fuente: Sistema de Comunicaciones Electrónicas – Wayne Tomassi

2.2.2 Comunicación Inalámbrica

Las comunicaciones radioeléctricas se caracterizan por el empleo del aire y las ondas de radio como soporte de la comunicación. A diferencia de lo que ocurre con sus homólogas cableadas, no requieren de un medio físico, como un cable de cobre o una fibra óptica, para el establecimiento de la comunicación. En efecto, la idea que subyace a toda red radio es la conectividad total, tanto temporal (conexión disponible en cualquier momento) como espacial (conexión disponible en cualquier lugar). [4]

En si la redes inalámbricas consisten en la disponibilidad de recursos, y su objetivo es que todos los programas, datos y equipos estén disponibles para cualquiera de la red que así lo solicite, sin importar la localización del recurso y el usuario; entre las principales ventajas que tenemos de las redes inalámbricas son:

- Flexibilidad ya que dentro de la zona de cobertura los nodos se podrán comunicar libremente sin la necesidad de cables.
- Poca planificación ya que en las redes inalámbricas solo tenemos que preocuparnos que el equipo este dentro de la zona de cobertura.
- Si bien representa un mayor costo y un porcentaje mayor de errores de transmisión, su robustez en caso de eventos inesperados (terremotos, que un

usuario tropiece con un cable, etc.) en estos casos, las redes inalámbricas sobreviven mejor a este tipo de percances.

2.2.2.1 Tecnologías de Comunicación Inalámbrica

Un sistema de Comunicación inalámbrica es la solución más apropiada con respecto a enlazar sitios apartados y de difícil acceso, en la tabla 2.1 se muestra algunas de estas tecnologías y sus características.

Tabla 2.1 Características tecnologías Inalámbricas

Tecnología	Wi-Fi	Wi-Max	GPRS	3G
Estándares	802.11	802.16	GPRS	ITM2000
Radio de celda	0.01-0.1Km	1-15Km	30Km	
Banda de Transmisión	2.4 GHz 5GHz	2.3 GHz 3.5 GHz	800MHz 1800MHz 1900MHz	1900 MHz 2100MHz
BW del canal	20 MHz	1.25-20MHz	200KHz	5MHz
Encriptación	WPA, WEP	x.509 con DES en modo CBC	GEA	
Modulación	PSK, QPSK	OFDM	GMSK	QPSK,16QAM

Fuente: <http://rcientificas.uninorte.edu.co/index.php/ingenieria/article/viewFile>

2.2.3 Sistema de Control

Un sistema de control está definido como un conjunto de componentes que pueden regular su propia conducta o la de otro sistema con el fin de lograr un funcionamiento predeterminado, de modo que se reduzcan las posibilidades de fallos y se obtengan los resultados buscados como se muestra en la figura 2.2.

Los sistemas de control más modernos en ingeniería automatizan procesos en base a muchos parámetros y reciben el nombre de Controladores de Automatización Programables (PAC). [5]

Los sistemas de control han desempeñado un papel vital en el avance de la ingeniería y la ciencia. Además de su gran importancia en los sistemas de control y monitoreo, en los sistemas robóticos y analógicos, vehículos espaciales, el control automático se ha convertido en una parte integral e importante de los procesos modernos industriales y de fábrica, el control automático es esencial en las operaciones industriales como el control de presión, caudal humedad, temperatura entre otras.



Figura 2.2: Componentes de un sistema de control

Fuente: El Investigador

2.2.4 Sistema de Control y Adquisición de Datos

Los sistemas de control y adquisición de datos son aplicaciones de software especialmente diseñados para funcionar sobre ordenadores, en el control de producción proporcionando comunicación con los dispositivos de campo y controlando de forma automática desde la pantalla de un ordenador. Este también provee de toda la información que se genera en el proceso productivo a diversos usuarios, tanto del mismo nivel como de otros supervisores dentro de la empresa como se muestra en la figura 2.3.

Comprende todas aquellas soluciones de aplicación para referirse a la captura de datos de un proceso o planta industrial, aunque no sea absolutamente necesario que pertenezca a este ámbito, para que con esta información sea posible realizar una

serie de análisis de datos, o estudios con los que se puede obtener valiosos indicadores que permitan una retroalimentación sobre un operador o sobre el propio proceso.

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. [6]

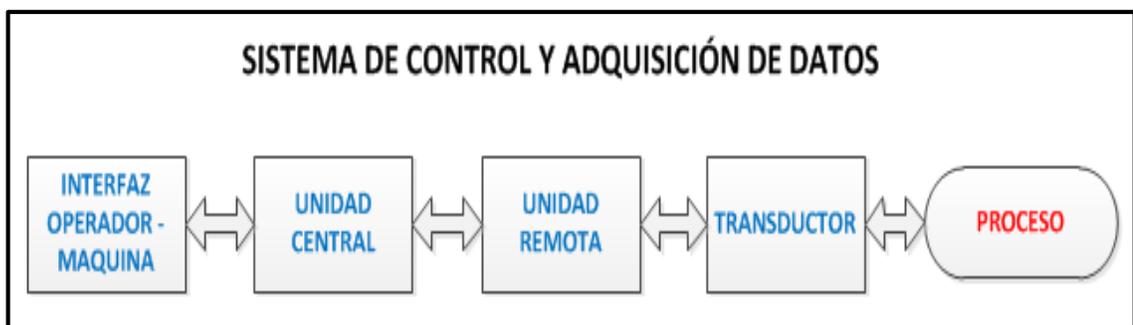


Figura 2.3: Sistema de Control y Adquisición de datos

Fuente: El Investigador.

2.2.5 Componentes de un Sistema de Control y Adquisición de Datos.

Generalmente un sistema de control y adquisición de datos incluye un Hardware de señal de entrada y salida, controladores, interfaz hombre – máquina (HMI), redes, comunicaciones, base de datos y software.

Los sistemas de control y adquisición de datos están compuestos por dos partes importantes:

- HARDWARE
- SOFTWARE

Hardware

El hardware es el elemento físico del sistema y generalmente es usado en el concepto de redundancia, el cual permite a un elemento asumir las funciones de otro de forma transparente para el sistema. Este principio deberá aplicarse a todos los niveles, desde componentes individuales hasta sistemas enteros, lo que permitirá que el sistema siga trabajando aun cuando una parte del mismo falle como se muestra en la figura 2.4. [8]

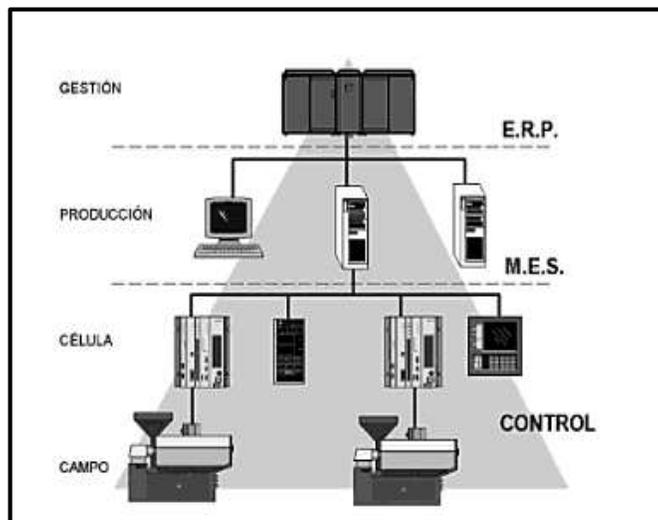


Figura 2.4: Sistema de Redundancia

Fuente: Sistemas Scada

Componentes de Hardware de un sistema de control y adquisición de datos:

- **Unidad Terminal maestra**

Son servidores que a través de software comunican el equipo de campo que puede ser una Unidad Terminal Remota (UTR), por un Controlador Lógico Programable (PLC), y actualmente por un Controlador Automático Programable (PAC), en estos se tiene el software de interfaz hombre – máquina (HMI) el cual permitirá el control para cada estación de trabajo dentro del sistema.

En un sistema de control pequeño, la estación maestra puede estar en un solo computador, A gran escala, en los sistemas de control y adquisición de datos la

estación maestra puede incluir muchos servidores, aplicaciones de software distribuido, y sitios de recuperación de desastres. [8]

- **Unidad Terminal Remota**

Es un dispositivo instalado remotamente que obtiene datos y se conecta al equipo físicamente, se encarga de leer los estados de válvulas e interruptores de los cuales obtiene valores de variables como: presión, flujo, voltaje, corriente entre otros.

Es este dispositivo el que se encarga de enviar señales de control como: abrir cerrar, intercambiar una válvula, configurar la velocidad de una bomba, poner en marcha o parar la misma, debido a que esta puede leer el estado de los datos digitales o medidas de datos analógicos y envía comandos digitales de salida o puntos de ajuste analógicos. En la figura 2.5 se muestra el funcionamiento de una Unidad Terminal Remota. [8]

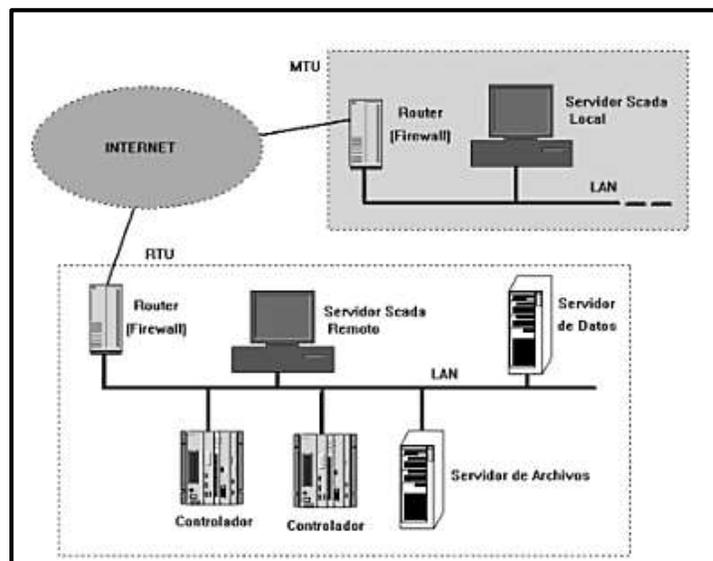


Figura 2.5: Arquitectura general de una Unidad terminal Remota

Fuente: Sistemas SCADA.

- **Transductor**

Es un dispositivo capaz de transformar o convertir un determinado tipo de energía de entrada, en otra de diferente de salida. El nombre del transductor ya

nos indica cual es la transformación que realiza, aunque no necesariamente la dirección de la misma. [8]

Software

Es el soporte lógico del sistema, se ejecuta en un terminal gráfico o en un ordenador en donde por medio de programas específicos se comunica con los dispositivos de control de planta y los elementos de gestión. [8]

2.3 Sistema de Tratamiento de agua

Hoy en día es importante transformar el agua procedente de embalses y captaciones en agua apta para el consumo humano, cumpliendo con los requerimientos y criterios establecidos para este tipo de procesos.

Para tratar el agua es necesaria una serie de procesos encadenados que dependen de las características del agua a tratar. [7]

2.3.1 Proceso de Tratamiento de Agua

La secuencia más habitual para tratar el agua es la siguiente:

- Preoxidación: introducción de un agente químico oxidante en el agua, capaz de eliminar cualquier tipo de materia orgánica e inorgánica que pueda oxidarse
- Coagulación: mediante este proceso, se facilita la agrupación de las partículas responsables del color y la turbidez del agua
- Decantación: con el agua casi en reposo y a través de la acción de la gravedad se depositan en el fondo las partículas formadas en el proceso anterior, formando un fango que se extrae posteriormente.
- Filtración: retención de las partículas que no pudieron ser extraídas en el proceso anterior haciendo pasar el agua por unos filtros.
- Neutralización: ajuste de la acidez del agua mediante reactivos químicos para evitar que corra las tuberías.

- **Desinfección Final:** con la adición de reactivos, normalmente cloro y amoniaco para formar cloraminas, se consigue eliminar los microorganismos que hayan podido sobrevivir en los procesos anteriores, y se garantiza la calidad del agua durante toda la red de distribución. [7]

2.3.2 Planta de Tratamiento de Agua

Las Plantas de Tratamiento de Agua son indispensables para la población, ya que las mismas garantizan la calidad del líquido que se abastece mejorando así la salud de la ciudadanía.

Generalmente una planta de tratamiento se encuentra cerca de una vertiente natural, y alejada de la población, ya que la intervención del hombre tiene mucha influencia en la contaminación de la naturaleza, para la construcción de una Planta de Tratamiento se toma en cuenta muchos datos estadísticos acerca del consumo del agua y del crecimiento de la población que abastecerá la planta.

Se debe realizar proyecciones de crecimiento poblacional, ya que una obra de esa clase son construidas para que tengan una vida útil de 40 a 50 años, que justifiquen la intervención de la naturaleza y garanticen la conservación del ecosistema, y al mismo tiempo cubra las necesidades de la población que será servida. [9]

2.4 Propuesta de solución

Implementar un Sistema de Comunicación Inalámbrica para controlar y monitorear la captación, planta de tratamiento y tanques de distribución de agua del cantón Baños de Agua Santa.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1 Modalidad de la investigación

3.1.1 Proyecto de Investigación Aplicada (I)

La modalidad a emplearse en el presente proyecto será de tipo aplicada, ya que por medio de esta se dará una solución real, práctica y tecnológica al problema planteado, la cual brindara un servicio de calidad y con altas prestaciones para los usuarios del cantón Baños, logrando una correcta distribución del agua por medio del sistema inalámbrico de control.

3.2 Recolección de la información

Para alcanzar los objetivos del proyecto se emplearán las siguientes técnicas para la recolección de la información:

- **Revisión de Textos:** Esta técnica permitirá revisar documentos bibliográficos importantes, ya que los mismos servirán para aclarar conceptos importantes con respecto al desarrollo del proyecto, así como también para la toma de decisiones de la tecnología a utilizarse en el mismo.
- **La entrevista:** Esta técnica permitirá obtener de forma detallada la información, ya que por medio de la misma se trata directamente a las personas relacionadas al proyecto, lo cual servirá para cubrir todas las inquietudes respecto al mismo y así contribuir al desarrollo de la investigación.

- **La guía de Observación:** Esta técnica será de gran ayuda ya que se observará el lugar de desarrollo del proyecto y así obtener la información requerida, para dar la mejor solución tecnológica, para nuestro caso la guía de observación se realizara en las instalaciones de la planta de tratamiento de agua del cantón Baños.

3.3 Procesamiento y análisis de datos

Después de obtener toda la información requerida para el desarrollo del proyecto se procederá a realizar un análisis estadístico que consta de los siguientes pasos.

- Revisión de la información.
- Interpretación de la información.
- Tabulación de datos.
- Estudio estadístico de la información recolectada.
- Procesamiento de la información

Lo que permitirá presentar la información en forma ordenada, con representaciones gráficas y en datos porcentuales.

3.4 Análisis de resultados

Este punto servirá para analizar la información procesada para que de esta manera en base a los criterios expuestos en el marco teórico, los objetivos propuestos en la investigación, y la propuesta de solución obtener las conclusiones y recomendaciones respecto al proyecto a desarrollar.

3.5 Desarrollo del proyecto

Actualmente la planta de tratamiento de agua del cantón Baños cuenta con un sistema de captación, tratamiento y distribución manual del agua, por lo que se realizará un estudio de la estructura de un sistema inalámbrico para controlar y monitorear dicha planta, en función de los requerimientos que tienen los usuarios del servicio.

De acuerdo al estudio realizado se procederá a la implementación del sistema apropiado para cubrir las necesidades que requiere la planta de tratamiento, para lo

cual se tendrá una serie de etapas ordenadas que conlleven a la conclusión del proyecto el cual deberá cumplir con las expectativas que se tiene en el mismo.

- 1.- Análisis de la situación actual del sistema de tratamiento.
- 2.- Investigación del funcionamiento y estructura de un sistema de control inalámbrico para la planta de tratamiento de agua del cantón Baños.
- 3.- Análisis del sitio adecuado para la ubicación de antenas y las características que deben tener estas.
- 4.- Realización de simulaciones y cálculos del sistema de comunicaciones, tomando en cuenta parámetros de propagación como atenuaciones, zonas de Fresnel, ganancias de transmisión y recepción.
- 5.- Análisis del tipo de módulos HMI (Interfaz Hombre – máquina), PLC (Controlador Lógico Programable), que se utilizarán en la implementación del sistema
- 6.- Simulación del sistema de control e implementación los tableros eléctricos y electrónicos con sus respectivas conexiones a las electroválvulas y sensores.
- 7.- Implementación y pruebas del sistema de comunicación, así como también colocación de torres, antenas, radios, switch, etc.
- 8.- Programación e Implementación de los PLC's (Controlador Lógico Programable), los módulos HMI (Interfaz Hombre - Máquina).

CAPÍTULO IV

DESARROLLO DE LA PROPUESTA

Implementar un Sistema de Comunicación Inalámbrica para controlar y monitorear la captación, planta de tratamiento y tanques de distribución de agua del cantón Baños de Agua Santa.

4.1 Análisis de la situación actual del Sistema de Tratamiento de Agua

En este capítulo se analizó la información de acuerdo a la observación que se hizo a la planta de tratamiento, captación y tanques de distribución de agua del cantón Baños de Agua Santa. Donde se constató que el sistema es manual lo que genera que su funcionamiento no sea el óptimo, causando un tratamiento del agua ineficiente, por lo que es necesario automatizarla, y de esta manera facilitar, simplificar y disminuir los costos de operación y mantenimiento del sistema.

Se tomó como base el estudio hecho por el Departamento de Saneamiento Ambiental del GADBAS, donde se tomó en cuenta nuevos factores y criterios como la sentencia del uso de concesión uso y aprovechamiento de aguas, del Consejo Nacional de Recursos Hídricos, agencia de Ambato el 9 de Abril del 2008, en la que se concede a favor del GADBAS, 56.45 l/s del Río Valencia y 56.45 l/s del Río Cristal. [9]

En este estudio también consta el análisis de todas las posibles fuentes de agua: Ríos Cristal Valencia, San Pablo y quebrada Santa Rosa y se concluyó que las dos primeras alternativas

son aptas como afluentes para el proyecto; además de establecer que en el Río Cristal se puede captar de 0 – 100 l/s, esto en función de la calidad y cantidad de agua existentes en cada río, caudal que debe satisfacer a la población a servirse en tiempo real. [9]

Por lo mencionado es necesario implementar un sistema SCADA que simplifique disminuya y facilite los costos de operación y mantenimiento del sistema, y optimicen el uso del agua en función de las demandas reales de la población servida y de la calidad del agua captada en el río Cristal. [9]

Este sistema se alimentará con datos provenientes de:

Sensores de turbidez y/o color del agua a la salida de la Captación así como en la entrada y salida de la Planta de Tratamiento, que proporcionen la información de la calidad del agua disponible.

Sensores de caudal de agua en la Captación, y en las salidas de cada reserva con lo que se podrá llevar un control del consumo creciente del agua en el cantón.

Sensores de nivel en cada una de las reservas de las redes baja, media y central, que indirectamente medirán los consumos de agua de la población.

El criterio seguido para desarrollar los presentes ajustes de estudio, se sustenta sobre la base de las Normas de Estudio y Diseño para Sistemas de Agua Potable para poblaciones mayores a 1.000 habitantes, Código Ecuatoriano de la Construcción, parte IX Obras Sanitarias, CO 10.07. 601 [9]

4.1.1 Situación actual de la Captación

La captación se da a través de válvulas manuales que se detallan en la tabla 4.1, estas operan para para captar el agua del río Cristal ubicado en el caserío Valencia del cantón Baños de Agua Santa, para posteriormente ser conducida hacia la planta de tratamiento.[9]

Tabla 4.1 Elementos existentes en la captación

CAPTACIÓN		
ELEMENTO	FUNCIÓN	TIPO DE ACCIONAMIENTO
Válvula (250mm)	Conducción	Manual
Válvula(250mm)	Desagüé	Manual

Fuente: El Investigador

4.1.2 Situación actual de la Planta de Tratamiento

La planta de tratamiento se encuentra en el sector de San Pablo vía Ulba - Vizcaya, y es abastecida de agua a través de una tubería de 300 mm que viene desde la captación para alimentar a los tanques de los diferentes procesos que se dan en el tratamiento del agua, como filtros ciclónicos, filtros ascendentes, filtros descendentes.

Los procesos son manuales y se accionan a través de válvulas las cuales se detallan en la tabla 4.2, una vez procesada el agua es conducida hacia los tanques de distribución ubicados en la ciudad de Baños de Agua Santa. [9]

Tabla 4.2 Elementos existentes en la Planta de Tratamiento

PLANTA DE TRATAMIENTO		
ELEMENTO	FUNCIÓN	TIPO DE ACCIONAMIENTO
Válvula (100mm)	Entrada filtro ciclónico 1	Manual
Válvula (100mm)	Entrada filtro ciclónico 2	Manual
Válvula (100mm)	Entrada filtro ciclónico 3	Manual
Válvula (100mm)	Entrada filtro ciclónico 4	Manual
Válvula (100mm)	Entrada filtro ciclónico 5	Manual
Válvula (100mm)	Entrada filtro ciclónico 6	Manual
Válvula (150mm)	Entrada filtro ascendente 1	Manual
Válvula (150mm)	Entrada filtro ascendente 2	Manual
Válvula (150mm)	Entrada filtro ascendente 3	Manual
Válvula (150mm)	Entrada filtro ascendente 4	Manual
Válvula (150mm)	Entrada filtro ascendente 5	Manual
Válvula (150mm)	Entrada filtro ascendente 6	Manual
Válvula (150mm)	Salida filtro descendente 1	Manual
Válvula (150mm)	Salida filtro descendente 2	Manual

Válvula (150mm)	Salida filtro descendente 3	Manual
Válvula (150mm)	Salida filtro descendente 4	Manual
Válvula (150mm)	Salida filtro descendente 5	Manual
Válvula (150mm)	Salida filtro descendente 6	Manual
Válvula (300mm)	Retro lavado filtro ascendente 1	Manual
Válvula (300mm)	Retro lavado filtro ascendente 2	Manual
Válvula (300mm)	Retro lavado filtro ascendente 3	Manual
Válvula (300mm)	Retro lavado filtro ascendente 4	Manual
Válvula (300mm)	Retro lavado filtro ascendente 5	Manual
Válvula (300mm)	Retro lavado filtro ascendente 6	Manual
Válvula (300mm)	Retro lavado filtro descendente 1	Manual
Válvula (300mm)	Retro lavado filtro descendente 2	Manual
Válvula (300mm)	Retro lavado filtro descendente 3	Manual
Válvula (300mm)	Retro lavado filtro descendente 4	Manual
Válvula (300mm)	Retro lavado filtro descendente 5	Manual
Válvula (300mm)	Retro lavado filtro descendente 6	Manual
Válvula (300mm)	Desagüe filtro ascendente 1	Manual
Válvula (300mm)	Desagüe filtro ascendente 2	Manual
Válvula (300mm)	Desagüe filtro ascendente 3	Manual
Válvula (300mm)	Desagüe filtro ascendente 4	Manual
Válvula (300mm)	Desagüe filtro ascendente 5	Manual
Válvula (300mm)	Desagüe filtro ascendente 6	Manual
Válvula (300mm)	Desagüe filtro descendente 1	Manual
Válvula (300mm)	Desagüe filtro descendente 2	Manual
Válvula (300mm)	Desagüe filtro descendente 3	Manual
Válvula (300mm)	Desagüe filtro descendente 4	Manual
Válvula (300mm)	Desagüe filtro descendente 5	Manual
Válvula (300mm)	Desagüe filtro descendente 6	Manual
Válvula (300mm)	Desagüe desborde filtro ascendente 1	Manual
Válvula (300mm)	Desagüe desborde filtro ascendente 2	Manual
Válvula (300mm)	Desagüe desborde filtro ascendente 3	Manual
Válvula (300mm)	Desagüe desborde filtro ascendente 4	Manual
Válvula (300mm)	Desagüe desborde filtro ascendente 5	Manual
Válvula (300mm)	Desagüe desborde filtro ascendente 6	Manual

Fuente: El Investigador

4.1.3 Situación actual de los Tanques de distribución de Agua

Los tanques de distribución de Agua se encuentran estratégicamente situados en la ciudad, de esta manera el abastecimiento a la población será el más óptimo, tratando de cubrir a la demanda del líquido vital en el cantón.

Actualmente existen tres tanques de distribución: El Panecillo, El Raposal, Los Pinos. De los cuales El Panecillo es el único que está operativo ya que los dos restantes están en su fase final de construcción. [9]

4.1.3.1 Tanque El Panecillo

Este tanque es el que actualmente distribuye el agua para la ciudad de Baños de Agua Santa, su funcionamiento es manual y cuenta con los elementos detallados en la tabla 4.3

Tabla 4.3 Elementos existentes en Tanque El Panecillo

TANQUE EL PANECILO		
ELEMENTO	FUNCIÓN	TIPO DE ACCIONAMIENTO
Válvula (300mm)	Entrada	Manual
Válvula(300mm)	Salida	Manual
Tanque 1 (50 m3)	Reserva	
Tanque 2 (50m3)	Reserva	
Tanque 3 (50m3)	Reserva	
Tanque 4 (50m3)	Reserva	
Tanque 5 (200m3)	Reserva	

Fuente: El Investigador

4.1.3.2 Tanques El Raposal y Los Pinos

Estos tanques se encuentran en una fase final de construcción, y dotarán de una reserva de 500m3 de agua para la ciudad de Baños de Agua Santa, lo que garantizará el abastecimiento del líquido vital a futuro. [9]

En la figura 4.1 se muestra la planta de tratamiento con la cubierta de estructura metálica que se colocó para protección de los equipos y del proceso de tratamiento del agua.

Adicionalmente se debe mencionar que se debe realizar trabajos de la parte civil como: Cámaras para las válvulas de entrada y salida de la planta, bases para los tableros eléctricos y electrónicos, zanjas para colocar la tubería para los cables, lo que facilitará la ejecución de automatización de la planta.



Figura 4.1 Planta de Tratamiento

Fuente: El Investigador

4.2 Funcionamiento y Estructura de un Sistema de Control Inalámbrico

En función de los requerimientos del sistema de optimizar el uso del agua a nivel de captaciones, conducciones, tratamiento y reservas, y a la vez aplicar criterios actualmente vigentes de protección y conservación del agua; es necesaria la implementación de un sistema SCADA que nos permita cumplir lo mencionado anteriormente.

4.2.1 Sistema SCADA

Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Adquisition) son aplicaciones de Software diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia que permiten el acceso a datos remotos, utilizando las herramientas de comunicación con los dispositivos de campo (transductores, sensores, actuadores, válvulas, etc.) necesarias en cada caso y controlando el proceso de forma automática desde un computador u otro dispositivo. [8] La figura 4.2 muestra un diagrama del funcionamiento de un sistema SCADA.

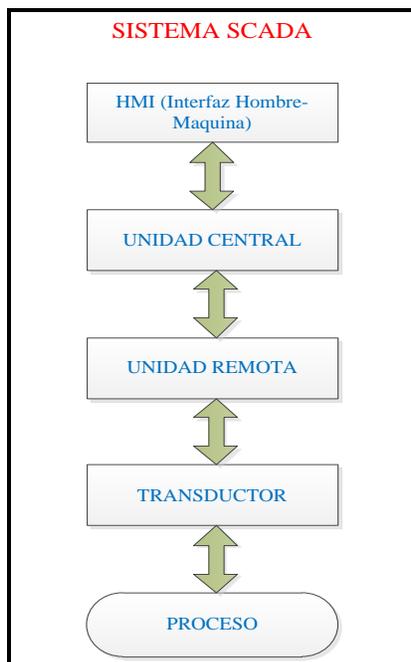


Figura 4.2 Sistema SCADA

Fuente: El Investigador

El sistema SCADA permitirá que un operador interprete el comportamiento de las variables a controlar como caudal, nivel, turbidez; y en función de los valores que tengan estas, abrir y cerrar Electroválvulas para captar, tratar y distribuir de forma optimizada el agua. A través de módulos HMI dar instrucciones al sistema que mediante comunicación inalámbrica accionara cada etapa del proceso de tratamiento.

4.2.2 Elementos de un Sistema de Control

Un sistema de control está compuesto por varios componentes y determina cuál es el mejor valor para las variables a controlar.

4.2.2.1 Controlador

El controlador es aquel que compara el valor medido con el valor requerido, en base a esta comparación se determina un error (diferencia entre valor medido y valor requerido), con el fin de corregir este error el instrumento controlador emite una señal la cual permitirá que la variable controlada corresponda a la señal de referencia. Dentro de los controladores más usados tenemos a los PLC, PDA, Microcontroladores, etc. [6]

4.2.2.2 PLC

El PLC (Controlador Lógico Programable) es un dispositivo electrónico que nos permite almacenar instrucciones a manera de algoritmos para obtener una secuencia lógica de un determinado proceso, que además por medio de interfaces maneja un gran número de entradas y salidas. En la figura 4.3 se muestra un PLC que tiene incorporado un módulo HMI. [8]

El sistema de tratamiento de agua que se está implementando utilizará diversos PLC's que permitan el control de cada uno de los dispositivos que conforman el sistema como sensores, electroválvulas, módulos electrónicos, módulos HMI, etc.

4.2.2.3 HMI

La Interfaz Hombre – Máquina (HMI) es el entorno visual por el cual el operador se adapta al proceso que se desarrolla en el sistema, y permite la interacción del ser humano con los medios tecnológicos.

El HMI es un programa que permite establecer la comunicación entre los PLC's y el usuario para de esta manera controlar los diferentes dispositivos del proceso; este tipo de programas se pueden desarrollar en software como INGNITION, INTOUCH, labVIEW. [10]



Figura 4.3 PLC con HMI

Fuente: www.unitronics.com

4.2.2.4 Actuadores

El actuador o elemento final de control es aquel que regula la variable controlada y ejecuta la acción de control existen de tres tipos:

- **Eléctricos:** Son aquellos que posicionan dispositivos de movimiento lineal o rotacional. Ejemplo: motores, electroválvulas, relés, etc.

- **Neumáticos:** Son aquellos que realizan una acción mecánica por medio de una señal de presión. Ejemplo: pistones, bombas, válvulas, etc.
- **Hidráulicos:** Trabajan de manera similar a los actuadores neumáticos, pero son utilizados para trabajos de mayor fuerza. Ejemplo: grúas, elevadores, compuertas, etc.

En la automatización del sistema de la planta de tratamiento se utilizará actuadores eléctricos como electroválvulas, y relés, que serán accionadas dependiendo del proceso a realizarse como medir el nivel de los tanques, el caudal del agua, o la turbidez de la misma. [6]

4.2.2.5 Válvula Motorizada

La válvula motorizada es aquella que tiene generalmente un motor monofásico de corriente alterna, el cual está conectado específicamente para proveer de un torque que generará el movimiento de una mariposa u otro dispositivo adaptado al actuador, tiene sensores de limite los cuales se activan cuando la posición de final de carrera se ha alcanzado, en la figura 4.4 se muestra el actuador de una válvula motorizada. [11]



Figura 4.4 Válvula Motorizada

Fuente: <http://www.cla-valo.es/>

4.2.2.6 Relé

Un relé es un dispositivo electromecánico que funciona como un interruptor, es controlado a través de un circuito eléctrico independiente, consta de una bobina un contacto común y contactos normalmente abierto (NA) y cerrado (NC). Cuando circula corriente por la bobina del relé un contacto normalmente abierto se cierra, y de igual manera el contacto normalmente cerrado se abre. En la figura 4.5 se muestran las partes de un relé. [12]

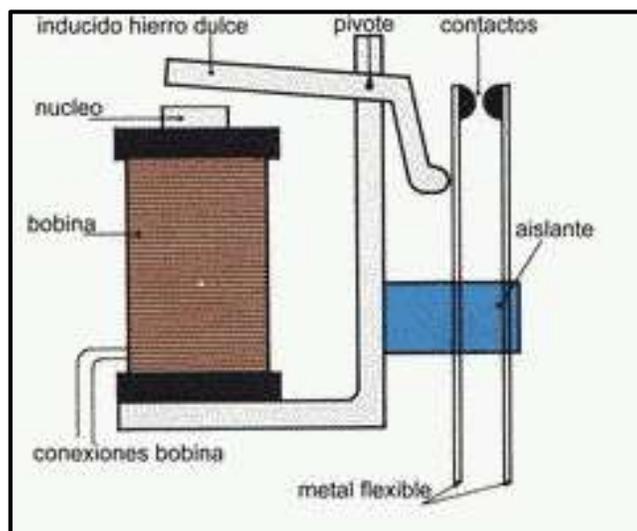


Figura 4.5 Partes de un relé

Fuente: <http://es.pixsys.net/productos/solid-state-relay>

4.2.2.7 Sensores

Un sensor es un dispositivo eléctrico y/o mecánico que convierte una magnitud física o química llamadas variables de instrumentación (caudal, nivel, presión, temperatura, distancia, fuerza, luz, etc.) en una señal eléctrica. El sensor capta un fenómeno físico y muestra en su salida una señal eléctrica dependiente de la variable física. En la figura 4.6 se muestra varios sensores de nivel de líquidos. [12]

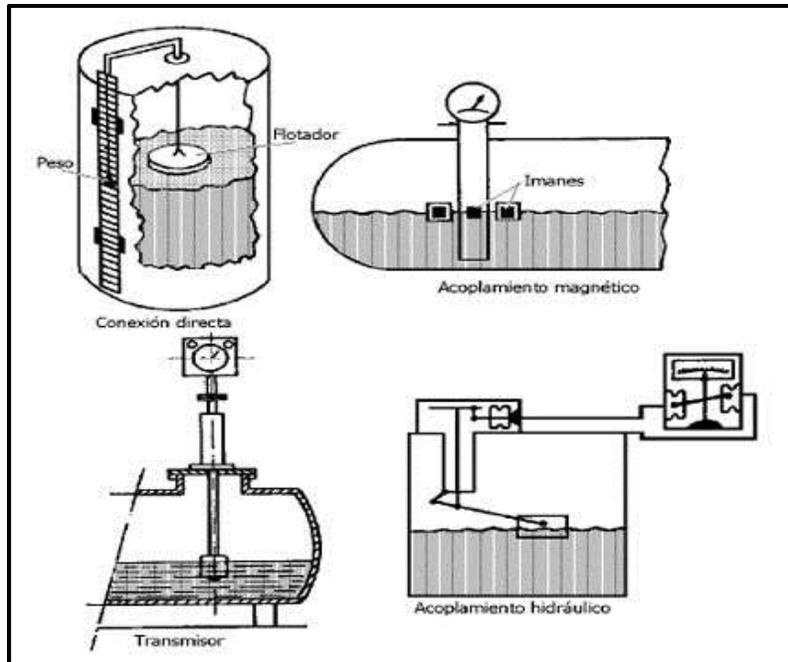


Figura 4.6 Sensores de Nivel

Fuente: <http://www.tecnoficio.com/docs/doc60.php>

4.2.3 Sistema de Comunicación Inalámbrica

Un sistema de comunicación inalámbrica comprende un transmisor, un medio que es el empleo del aire y las ondas de radio como soporte de la comunicación y un receptor; donde el transmisor es un conjunto de uno o más dispositivos electrónicos que convierten la información eléctrica en ondas electromagnéticas, que se propagan en el espacio hasta el receptor el cual está compuesto por diversos dispositivos electrónicos que convierten las ondas electromagnéticas en información eléctrica. En la figura 4.7 se muestra el funcionamiento de un sistema de comunicación inalámbrica. [3]

Las ondas electromagnéticas son omnidireccionales, por lo que es necesario el uso de antenas para direccionar este tipo de ondas y establecer una comunicación que brinde total cobertura y confiabilidad al sistema.

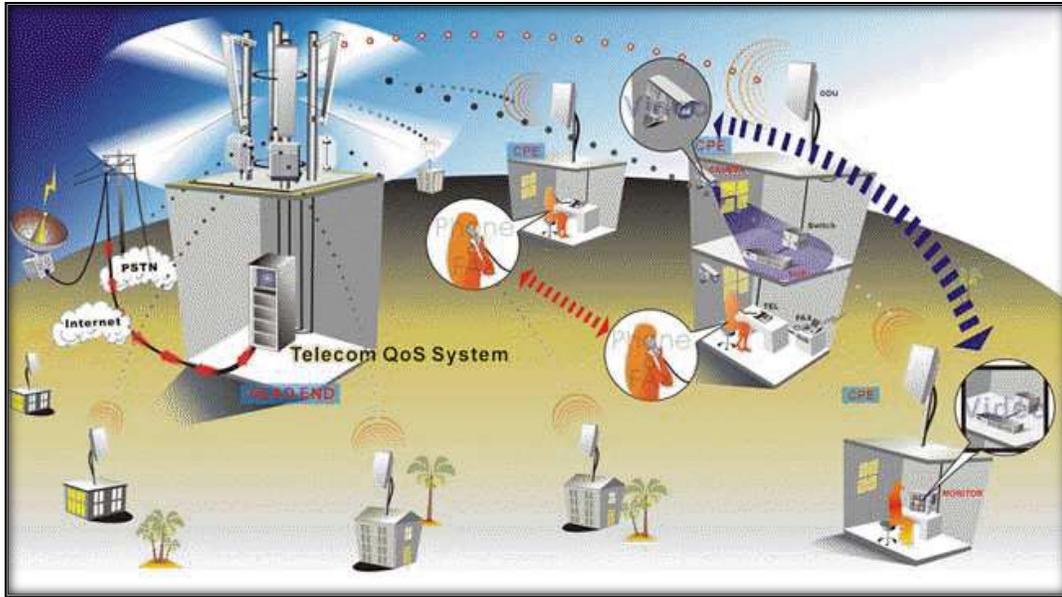


Figura 4.7 Sistema de Comunicación Inalámbrica

Fuente: http://redesbest.blogspot.com/2010_11_28_archive.html

4.2.3.1 Antena

Es un dispositivo diseñado con el objetivo de emitir o recibir ondas electromagnéticas hacia el espacio libre, las características de las antenas dependen de la relación entre sus dimensiones y la longitud de onda de la señal de radiofrecuencia transmitida o recibida. En la figura 4.8 se muestra una antena parabólica. [3]



Figura 4.8 Antena Parabólica

Fuente: <http://es.wikipedia.org/wiki/Antena>

4.3 Ubicación y Características de los equipos de Comunicación

4.3.1 Ubicación equipos de comunicación

La ubicación de los equipos de comunicación deben ser estratégicos, ya que de esto dependerá el correcto funcionamiento de nuestro sistema; después de realizar una inspección a los sitios donde se encuentra la Captación, Planta de Tratamiento, y Tanques de distribución.

Mediante esto se notó que por la ubicación geográfica de los sitios, es necesario el uso de repetidoras para lograr comunicar de forma inalámbrica todos los lugares; por lo que se determinó que para enlazar la Captación con la Planta de Tratamiento y la Planta de Tratamiento con los Tanques de Distribución se colocará repetidoras en los sectores de San Pablo y El Tablón, así como también en el municipio de Baños de Agua Santa para efectos de control y monitoreo del sistema de tratamiento de agua; de la misma manera se procedió a tomar mediante un GPS la posición geográfica de estos sitios, lo que se detalla en la tabla 4.4.

Tabla 4.4 Ubicación Geográfica

UBICACIÓN GEOGRÁFICA		
SITIO	LATITUD	LONGITUD
Captación	1°21'37.86"S	78°23'59.98"O
Planta de Tratamiento	1°21'57.22"S	78°24'21.18"O
Tanque El Panecillo	1°23'56.53"S	78°25'38.14"O
Tanque El Raposal	1°24'0.33"S	78°25'28.20"O
Tanque Los Pinos	1°23'30.80"S	78°24'56.64"O
Repetidora San Pablo	1°21'48.00"S	78°24'24.72"O
Repetidora El Tablón	1°22'44.07"S	78°24'30.52"O
Municipio GADBAS	1°23'52.76"S	78°25'22.76"O

Fuente: El Investigador

4.3.1.1 Ubicación en el Mapa

En la figura 4.9 se muestra la ubicación en el mapa de la Captación, Planta de Tratamiento, Tanques de distribución, Repetidoras y Municipio. En donde se nota la importancia de las repetidoras ya que al no tener estas es imposible realizar la comunicación mediante radioenlaces.

Se puede apreciar que la repetidora El Tablón es muy importante para establecer comunicación entre la planta de tratamiento y la ciudad de Baños de Agua Santa.

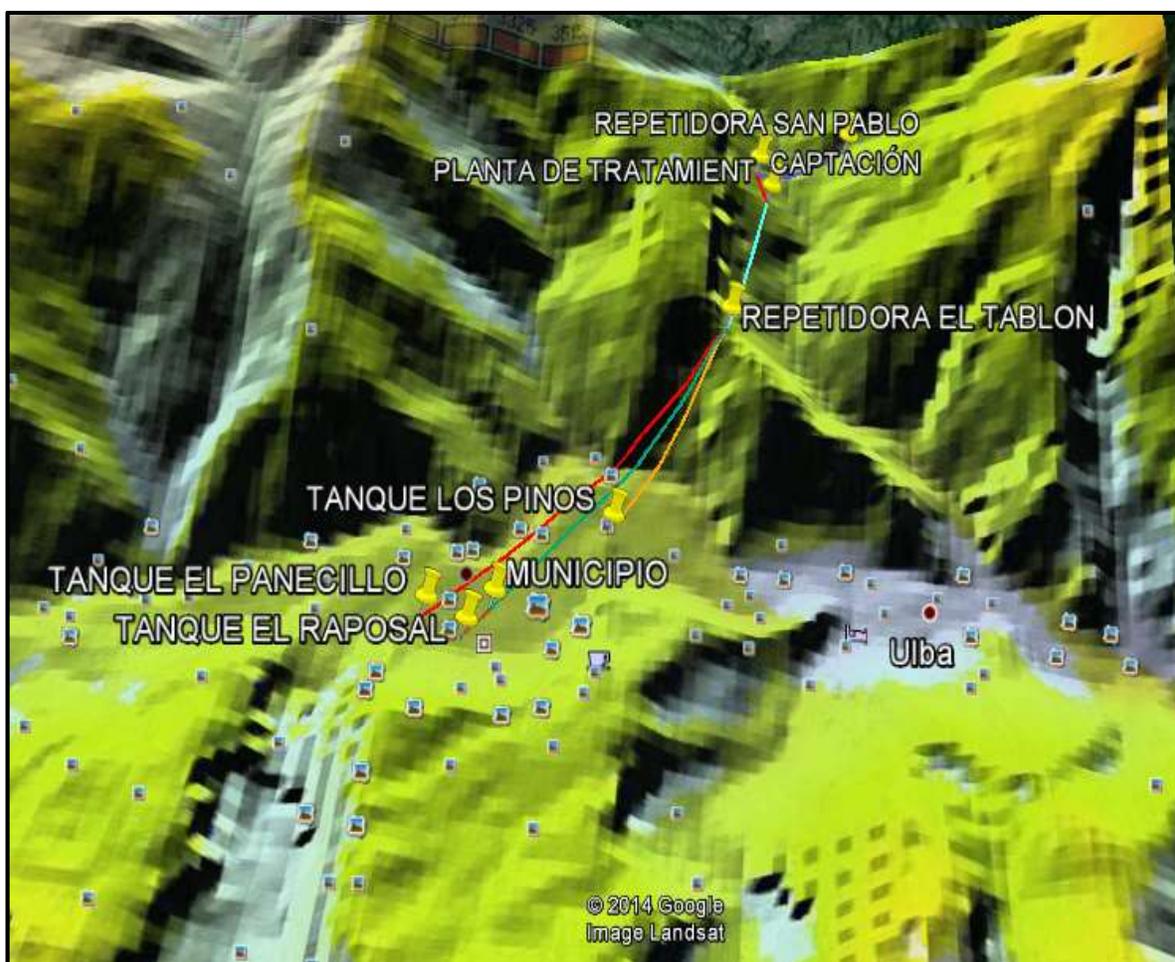


Figura 4.9 Ubicación en el Mapa

Elaborado por: El Investigador

Fuente: Google Earth

Figura 4.10 sitio donde se colocará la Repetidora El Tablón donde se observa en la parte del fondo la ciudad de Baños de Agua Santa.



Figura 4.10 Vista El Tablón – Baños de Agua Santa

Fuente: El Investigador

Figura 4.11 sitio donde se colocará la Repetidora El Tablón donde se observa en la parte del fondo la planta de tratamiento.



Figura 4.11 Vista El Tablón – Planta de Tratamiento

Fuente: El Investigador

Figura 4.12 donde se aprecia desde la ciudad Baños de Agua Santa al sector de El Tablón donde se colocará una Repetidora.



Figura 4.12 Vista Baños de Agua Santa – El Tablón
Fuente: El Investigador

Figura 4.13 muestra el sector de El Tablón desde la Planta de Tratamiento.

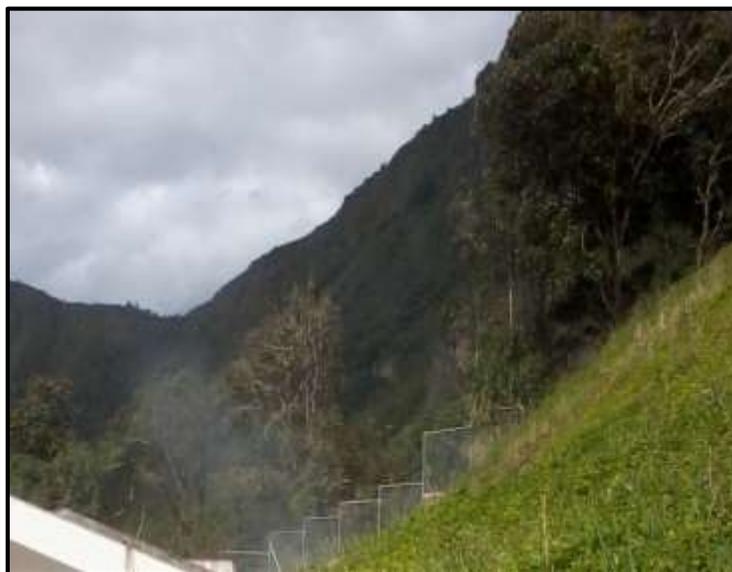


Figura 4.13 Vista Planta de Tratamiento – El Tablón
Fuente: El Investigador

Para captar, tratar y distribuir el agua, y controlar remotamente estos procesos es necesario tener una comunicación constante entre todos los equipos como PLCs, Sensores, Electroválvulas, Módulos de control, y los operadores del sistema.

A continuación se detalla las características que tendrá el Sistema de Comunicación Inalámbrica para el control y monitoreo en la planta de tratamiento.

4.3.2 Características de los Equipos de Comunicación

Existe una gran variedad de antenas, en unos casos deben expandir en lo posible la potencia radiada como las estaciones radiales o de telefonía móvil (GSM) para dar cobertura a todos los dispositivos; y en otras ocasiones deben canalizar la potencia en una sola dirección para enlazar dos dispositivos que tienen línea de vista entre sí, en razón de esto se tomara en cuenta el tipo de antenas a utilizarse en el sistema.

4.3.2.1 Enlaces Punto a Punto

Entre las diferentes topologías de red se tiene los enlaces punto a punto, y son aquellos en el cual toda la comunicación se produce entre dos puntos como se detalla en la figura 4.14, este tipo de enlaces se puede dar con todos los modos de transmisión como simplex, semidúplex, dúplex, dúplex total. [3]

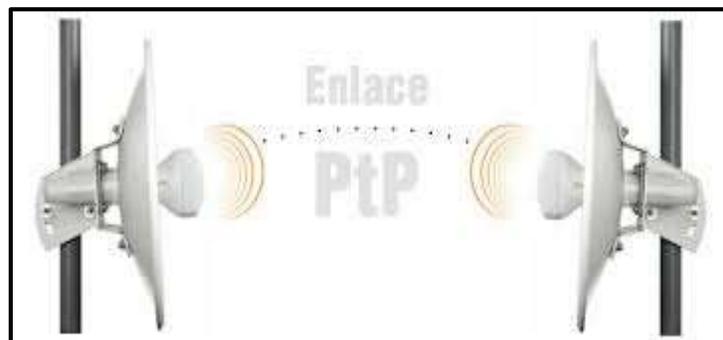


Figura 4.14 Enlace Punto a punto

Fuente: <http://www.laufquen.com.ar/consejos-enlaces-punto-a-punto>

Para el sistema de tratamiento se tendrá diversos enlaces punto a punto los cuales se detallan en la Tabla 4.5, además que el modo de transmisión será dúplex, donde una estación puede recibir y transmitir en forma simultánea.

Tabla 4.5 Radioenlaces Sistema de Tratamiento

RADIOENLACES SISTEMA DE TRATAMIENTO		
NUMERO DE ENLACE	SITIO 1	SITIO 2
1	CAPTACIÓN	REPETIDORA SAN PABLO
2	REPETIDORA SAN PABLO	PLANTA DE TRATAMIENTO
3	PLANTA DE TRATAMIENTO	REPETIDORA EL TABLÓN
4	REPETIDORA EL TABLÓN	TANQUE EL PANECILLO
5	REPETIDORA EL TABLÓN	TANQUE EL RAPOSAL
6	REPETIDORA EL TABLÓN	TANQUE LOS PINOS
7	REPETIDORA EL TABLÓN	MUNICIPIO GADBAS

Fuente: El investigador

4.3.2.2 Perfil de Elevación Radioenlaces

Como se detalló en la tabla 4.5 se tendrá siete radioenlaces, para verificar que exista línea de vista y por ende comunicación entre los puntos a enlazar se utilizó una herramienta del software Google Earth, que nos permite ver el perfil de elevación entre los futuros enlaces introduciendo las coordenadas geográficas de cada punto como se detalla en la tabla 4.4.

- En la figura 4.15 se muestra el perfil de elevación entre la Captación y la repetidora San Pablo, donde se observa que existe línea de vista por lo que es posible realizar el enlace, y que la distancia entre dos puntos es 851 metros.

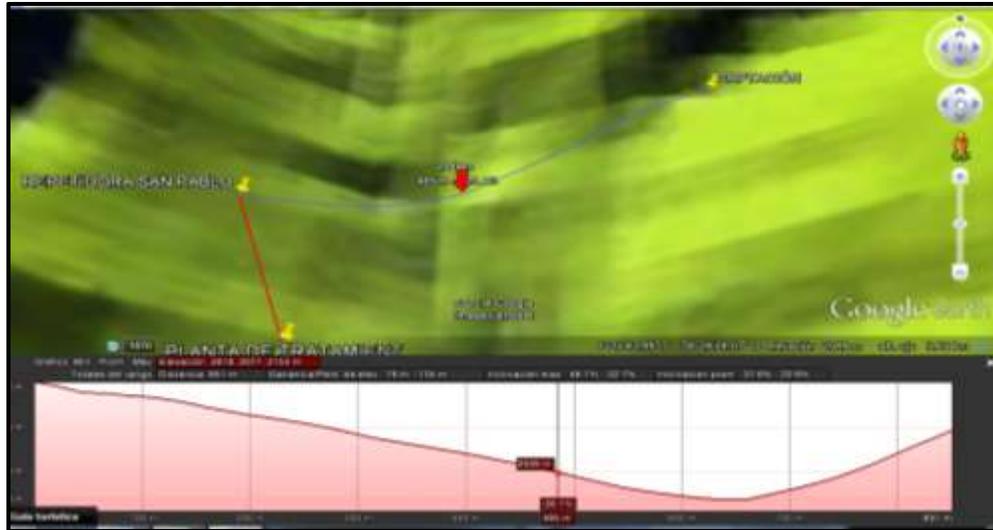


Figura 4.15 Perfil de elevación Captación – repetidora San Pablo

Elaborado por: El investigador

Fuente: Google Earth

- En la figura 4.16 se muestra el perfil de elevación entre la repetidora San Pablo y la Planta de Tratamiento, donde se observa que existe línea de vista por lo que es posible realizar el enlace, y la distancia entre dos puntos es 334 metros.

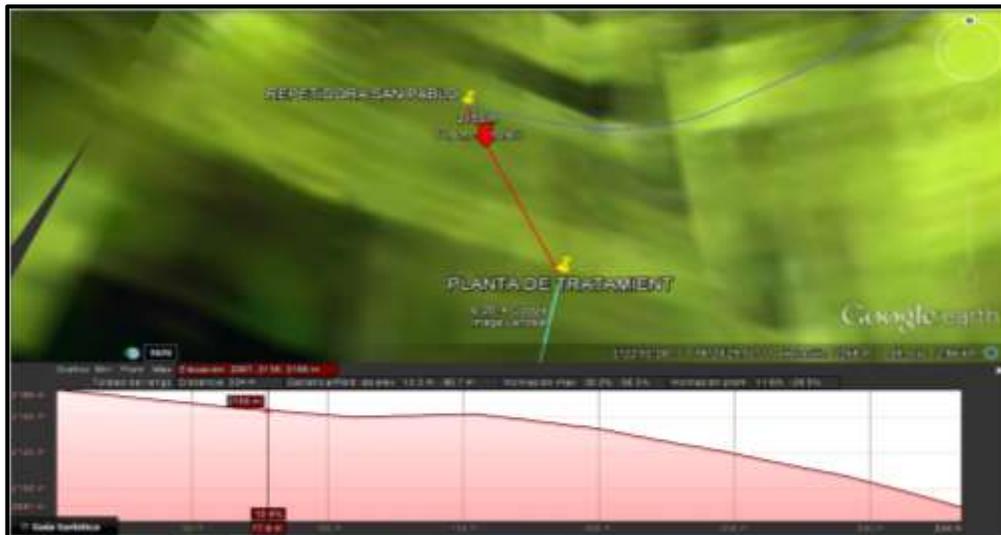


Figura 4.16 Perfil de elevación repetidora San Pablo – Planta de Tratamiento

Elaborado por: El investigador

Fuente: Google Earth

- En la figura 4.17 se muestra el perfil de elevación entre la Planta de Tratamiento y la repetidora El Tablón, donde se observa que existe línea de vista por lo que es posible realizar el enlace, y la distancia entre dos puntos es 1560 metros.



Figura 4.17 Perfil de elevación Planta de Tratamiento – repetidora El Tablón

Elaborado por: El investigador

Fuente: Google Earth

- En la figura 4.18 se muestra el perfil de elevación entre la repetidora El Tablón y el tanque El Panecillo, donde se observa que existe línea de vista por lo que es posible realizar el enlace, y la distancia entre dos puntos es 3270 metros.

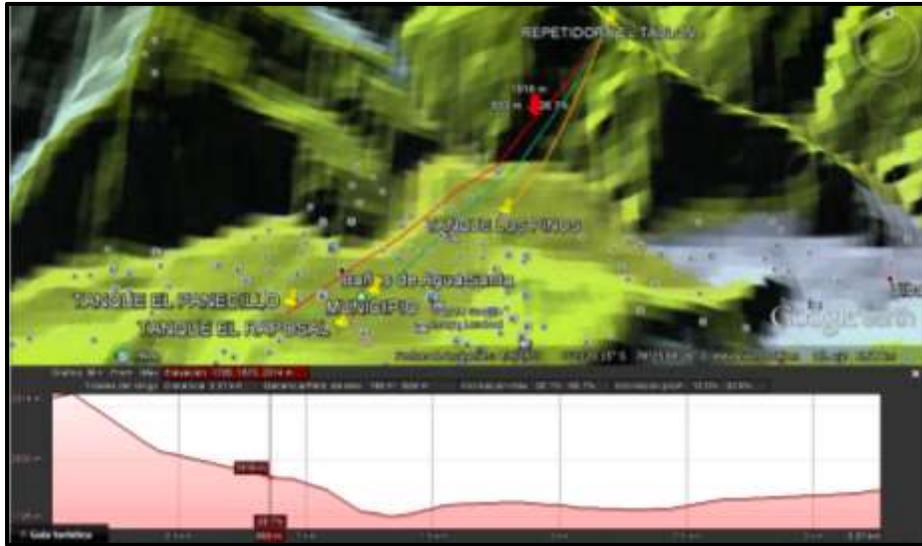


Figura 4.18 Perfil de elevación repetidora El Tablón – tanque El Panecillo

Elaborado por: El investigador

Fuente: Google Earth

- En la figura 4.19 se muestra el perfil de elevación entre la repetidora El Tablón y el tanque El Raposal, donde se observa que existe línea de vista por lo que es posible realizar el enlace, y la distancia entre dos puntos es 3140 metros.

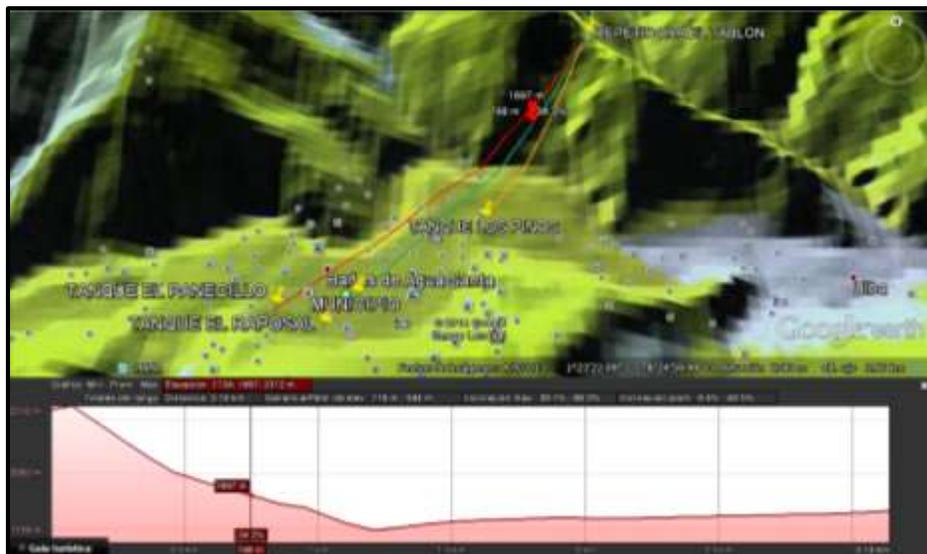


Figura 4.19 Perfil de elevación repetidora El Tablón – tanque El Raposal

Elaborado por: El investigador

Fuente: Google Earth

- En la figura 4.20 se muestra el perfil de elevación entre la repetidora El Tablón y el tanque Los Pinos, donde se observa que existe línea de vista por lo que es posible realizar el enlace, y la distancia entre dos puntos es 1850 metros.

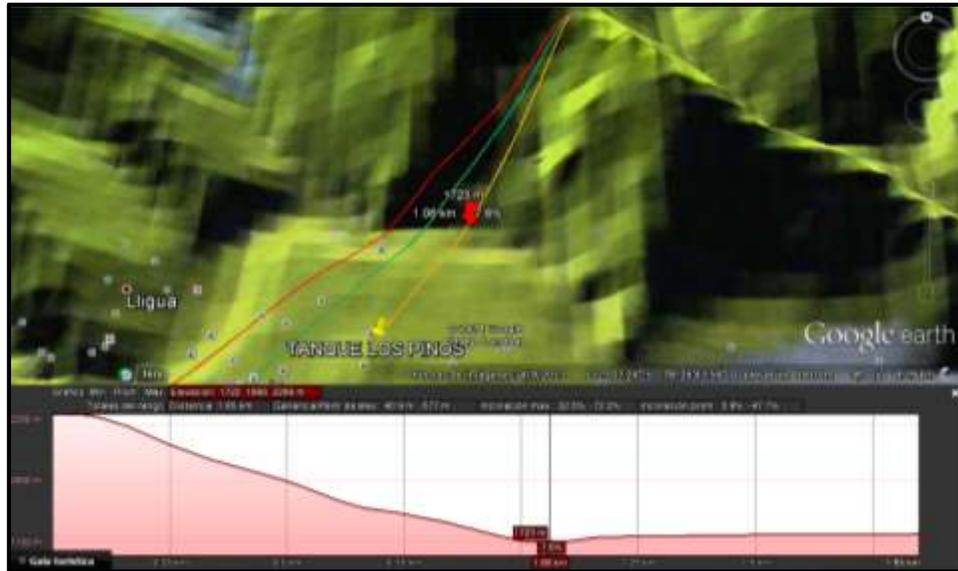


Figura 4.20 Perfil de elevación repetidora El Tablón – tanque Los Pinos

Elaborado por: El investigador

Fuente: Google Earth

- En la figura 4.21 se muestra el perfil de elevación entre la repetidora El Tablón y el Municipio, donde se observa que existe línea de vista por lo que es posible realizar el enlace, y la distancia entre dos puntos es 2850 metros.

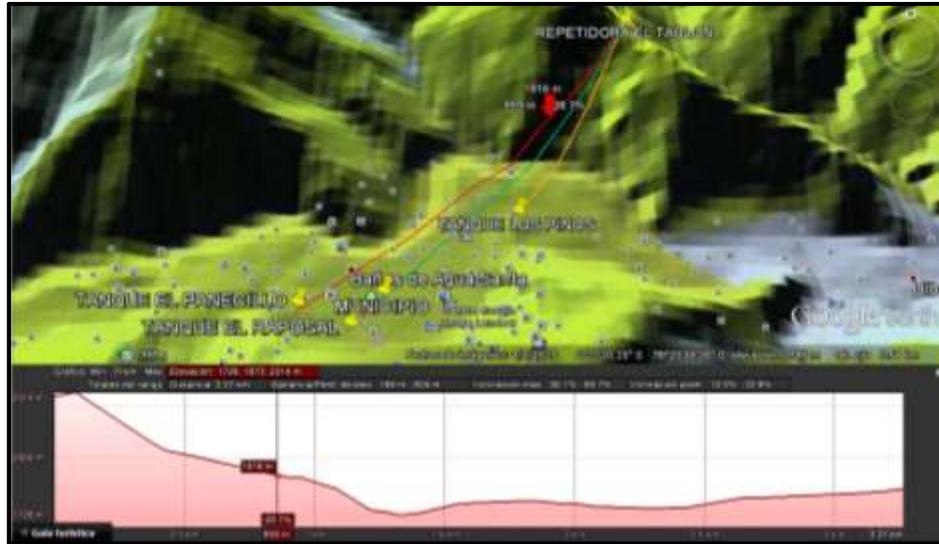


Figura 4.21 Perfil de elevación repetidora El Tablón – Municipio

Elaborado por: El investigador

Fuente: Google Earth

En la tabla 4. 6 se muestra las distancias que existe entre los puntos a enlazar, cuyos datos serán importantes al momento de seleccionar las antenas a usar en el proyecto.

Tabla 4.6 Distancia de Radioenlaces

RADIOENLACES SISTEMA DE TRATAMIENTO			
NUMERO DE ENLACE	SITIO 1	SITIO 2	DISTANCIA (m)
1	CAPTACIÓN	REPETIDORA SAN PABLO	851
2	REPETIDORA SAN PABLO	PLANTA DE TRATAMIENTO	334
3	PLANTA DE TRATAMIENTO	REPETIDORA EL TABLÓN	1560
4	REPETIDORA EL TABLÓN	TANQUE EL PANECILLO	3270
5	REPETIDORA EL TABLÓN	TANQUE EL RAPOSAL	3140
6	REPETIDORA EL TABLÓN	TANQUE LOS PINOS	1850
7	REPETIDORA EL TABLÓN	MUNICIPIO GADBAS	2850

Fuente: El Investigador

Después de terminar que los enlaces se los puede realizar al tener línea vista, se determinó que el tipo de antenas a utilizar en el proyecto son parabólicas, ya que tienen alta ganancia y direccionalidad que es un punto fundamental en los enlaces punto a punto.

4.3.2.3 Antenas Parabólicas

Las antenas parabólicas son aquellas que usan características físicas así como elementos múltiples para alcanzar muy alta ganancia y direccionalidad; estas tipo de antenas usan una plato reflector de forma parabólica que enfoca las ondas de radio recibidas por la antena a un punto focal. La parábola también funciona para capturar la energía radiada por la antena y enfocarla en un haz estrecho al transmitir. En la figura 4.22 se observa que la antena parabólica es muy direccional, ya que concentra toda la potencia que llega a la antena y la enfoca en una sola dirección, por lo que provee muy alta ganancia. [3]

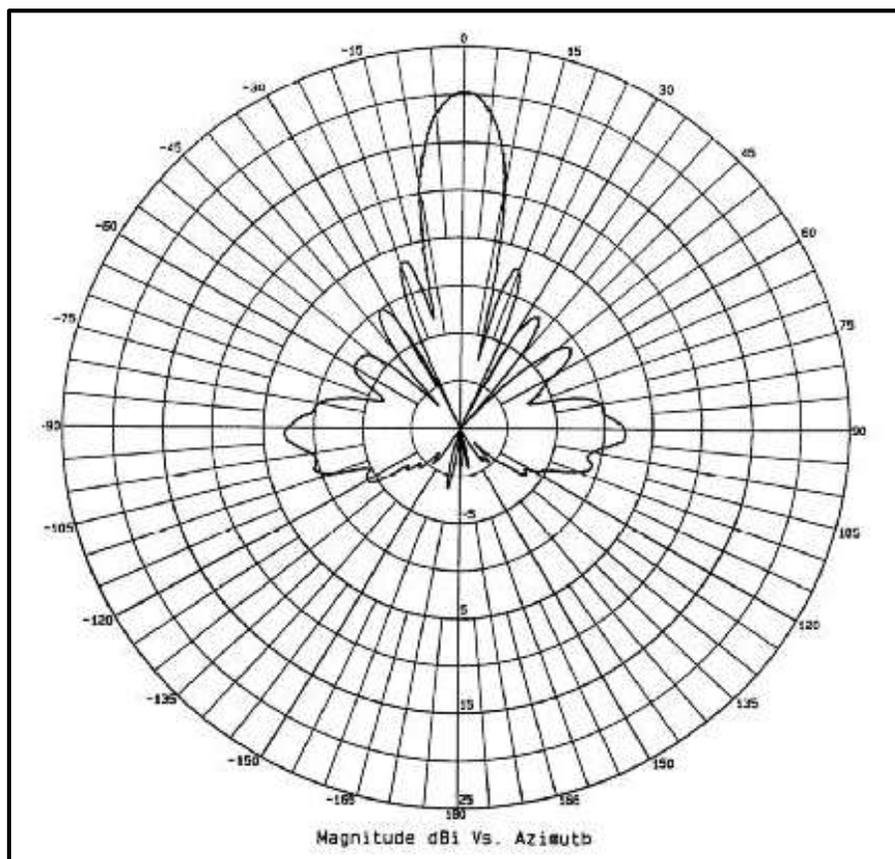


Figura 4.22 Patrón de radiación Parabólico

Fuente: <http://www.wni.mx/index.php>

4.3.2.4 Ganancia de una Antena

La ganancia de una antena está dada por la relación entre la potencia que entra y la potencia que sale, comúnmente la ganancia esta expresada en dBi's, y hace relación a la energía que sale de la antena con la que saldría de una antena isotrópica cuyo patrón de radiación es esférico perfecto y con ganancia lineal unitaria. [3]

4.3.2.5 Directividad de una Antena

La Directividad es una medida de la concentración de la potencia radiada en una dirección particular, es usualmente una relación de intensidad de radiación en una dirección particular en comparación a la intensidad promedio isotrópica. [3]

4.3.2.6 Polarización de una Antena

La polarización es la orientación de las ondas electromagnéticas al salir de la antena, las antenas tienen dos tipos básicos de polarización que son

- **Lineal:** vertical, horizontal y oblicua
- **Circular:** circular derecha e izquierda, elíptica derecha e izquierda.[3]

4.3.3 Matriz de elección de las Antenas que se utilizarán en el proyecto

Para este punto se tomará en cuenta todos los parámetros que ya se mencionaron anteriormente, el tipo de antena que se eligió es la parabólica por su alta ganancia y direccionalidad, además se tomará en cuenta la distancia que existe entre los enlaces como se detalla en la tabla 4.6, la frecuencia de operación de las antenas debe ser de uso libre y estar acorde al plan nacional de frecuencias como se detalla en el Anexo 1, las antenas que se elijan deben brindar todas las seguridades correspondientes a enlaces inalámbricos.

Tabla 4.7 Detalla algunas marcas de antenas con sus características.

MATRIZ ELECCION ANTENAS						
Marca	Modelo	Tipo	Frecuencia	Ganancia	Alcance	Precio
Ubiquiti	NB - 5G25	Parabólica	5 GHz	25dbi	10 Km	\$ 182
Nexxt	AAOPLPA1	Semiparabólica	2.4 GHz	24dbi	10km	\$120
Alfa	AWUS036H	Parabólica	5 GHz	24dbi	15Km	\$195

Fuente: El Investigador

En base a las características técnicas y el precio que tiene cada antena, se decidió realizar los enlaces con el equipo Ubiquiti NB – 5G25 ya que cumple con todas las especificaciones que requiere el sistema de comunicaciones. En el Anexo 2 se muestra la hoja de datos del equipo NB – 5 G25.

4.3.2.8 Switch de comunicación

El switch es un dispositivo de propósito especial que opera en la capa 2 del modelo OSI, reenvía los paquetes en base a la dirección MAC y se encarga de segmentar la red dentro de pequeños dominios de colisiones, obteniendo un gran ancho de banda en cada estación final. [4] En la figura 4.23 se muestra un switch básico Cisco.



Figura 4.23 Switch

Fuente: <http://www.cisco.com/c/en/us/products/switches/product-listing.html>

4.4 Simulaciones y cálculos del Sistema de Comunicaciones

Una vez que se ha determinado el número de enlaces, el tipo de Antenas, y la estructura del sistema de comunicaciones se procederá a realizar los cálculos del sistema donde se tomará en cuenta parámetros como atenuaciones, zonas de Fresnel, potencia de recepción y confiabilidad.

Para realizar las simulaciones de los radioenlaces se utilizará el software RADIO MOBILE que es de uso libre, y se configurará este con los parámetros del equipo Ubiquiti NB – 5G25 que se detalla en la tabla 4.8. [13]

Tabla 4.8 Características del equipo Ubiquiti NB – 5G25

CARACTERISTICAS ANTENA UBIQUITI NB - 5G25	
Potencia de Transmisión	23dBm
Sensibilidad	-96dBi
Frecuencia Operación	5800 MHz
Ganancia de la antena	25dBi
tolerancia	+/- 2dB

Fuente: El Investigador

4.4.1. Simulación Radioenlaces

Para realizar las simulaciones se configurará a un punto como maestro y al otro como esclavo, además se establece que los puntos donde existe equipos terminales se configure como esclavo y las repetidoras como maestro.

El software Radio Mobile nos permite simular enlaces de hasta 50km además que toma en cuenta parámetros como tipo de antena, ganancia, pérdidas en línea, pérdidas en el espacio libre, zonas de Fresnel, alturas de las antenas entre otros. Utiliza el modelo ITM para los cálculos virtuales. [13]

En la figura 4.24 se muestra todos los puntos a enlazar en el software Radio Mobile [13]

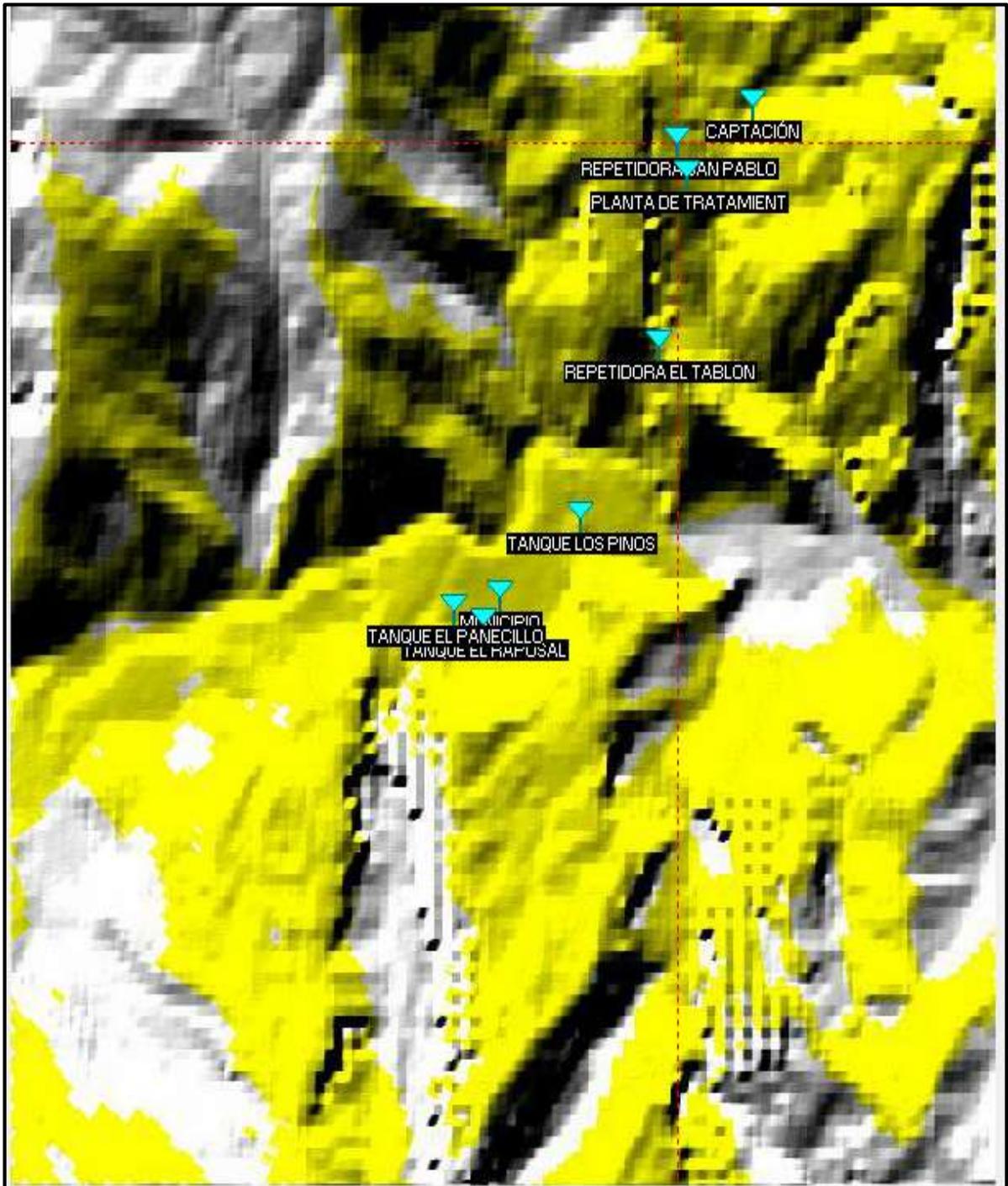


Figura 4.24 Puntos a enlazar

Elaborado por: El Investigador

Fuente: Radio Mobile

En la figura 4.25 se observa el diagrama de red que se propone para el sistema.

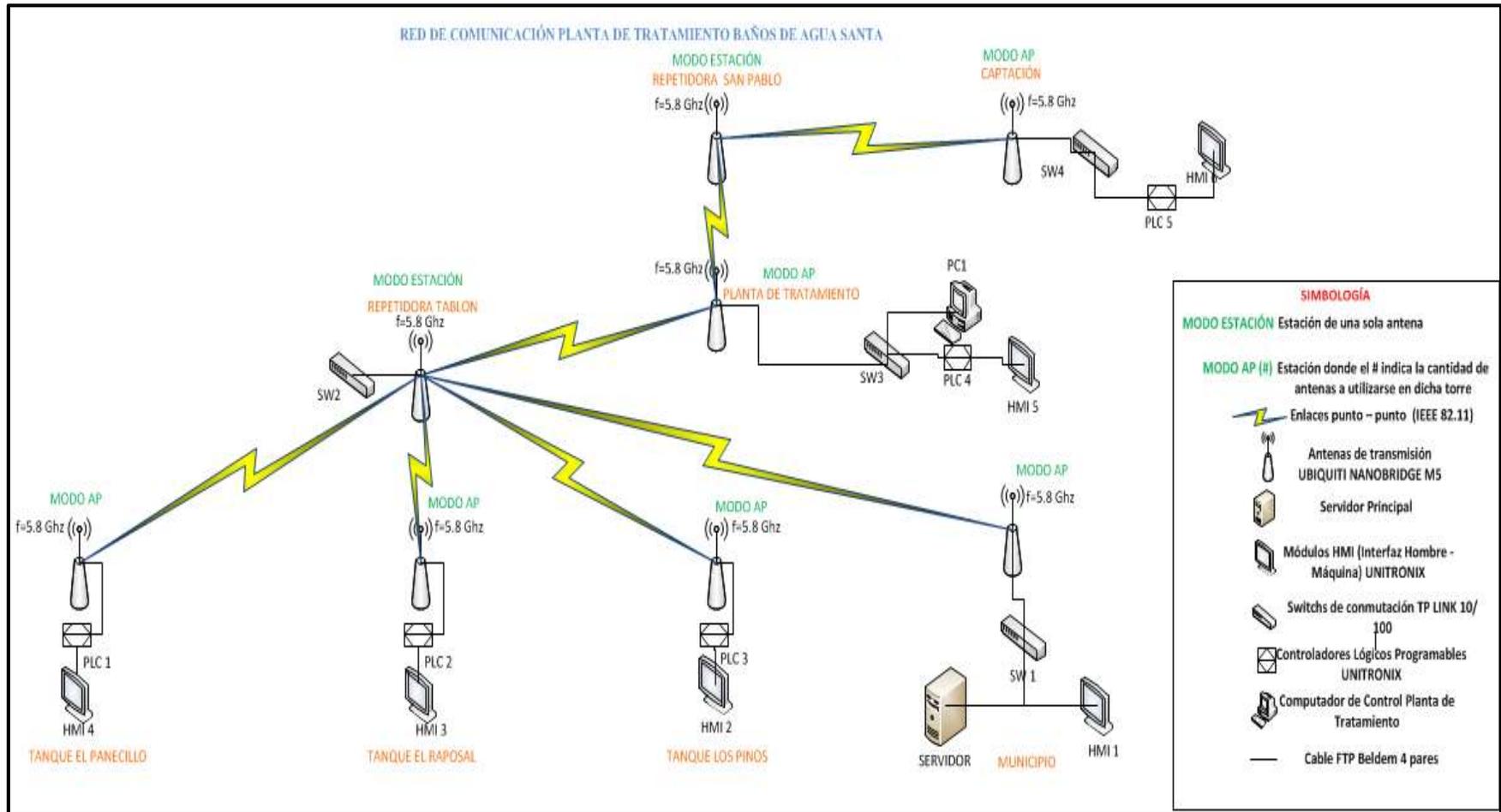


Figura 4.25 Diagrama de Red Planta de Tratamiento

Fuente: El Investigador

Para realizar los enlaces se tomará en cuenta los parámetros de la tabla 4.8 y se obtendrá la atenuación en el espacio libre, de igual forma se observará la primera zona de Fresnel en el software.

4.4.1.1 Enlace Captación – Repetidora San Pablo

En la figura 4.26 se muestra el enlace simulado en Radio Mobile. [13]

Datos:

Frecuencia $f = 5.8$ MHz

Ganancia $G = 25$ dBi

Distancia $D = 0.851$ Km

Potencia de Transmisión $P_{TX} = 23$ dBm

Atenuación por Branching $AB_{TX} = AB_{TX} = 0$

Atenuación por cable de baja pérdida $AL_{TX} = AL_{RX} = 2$ dB

- **Atenuación en el espacio libre**

$$A_0 = 92.4 + 20 \log f (GHz) + 20 \log D (Km)$$

$$A_0 = 92.4 + 20 \log 5.8 + 20 \log 0.851$$

$$A_0 = 106.28dB$$

- **Potencia de recepción**

$$P_{RX} = P_{TX} - AB_{TX} - AL_{TX} + G_{TX} - A_0 + G_{RX} - AL_{RX} - AB_{RX}$$

$$P_{RX} = 23 - 2 - 0 + 25 - 106.28 + 25 - 2 - 0$$

$$P_{RX} = -37.28dBm$$

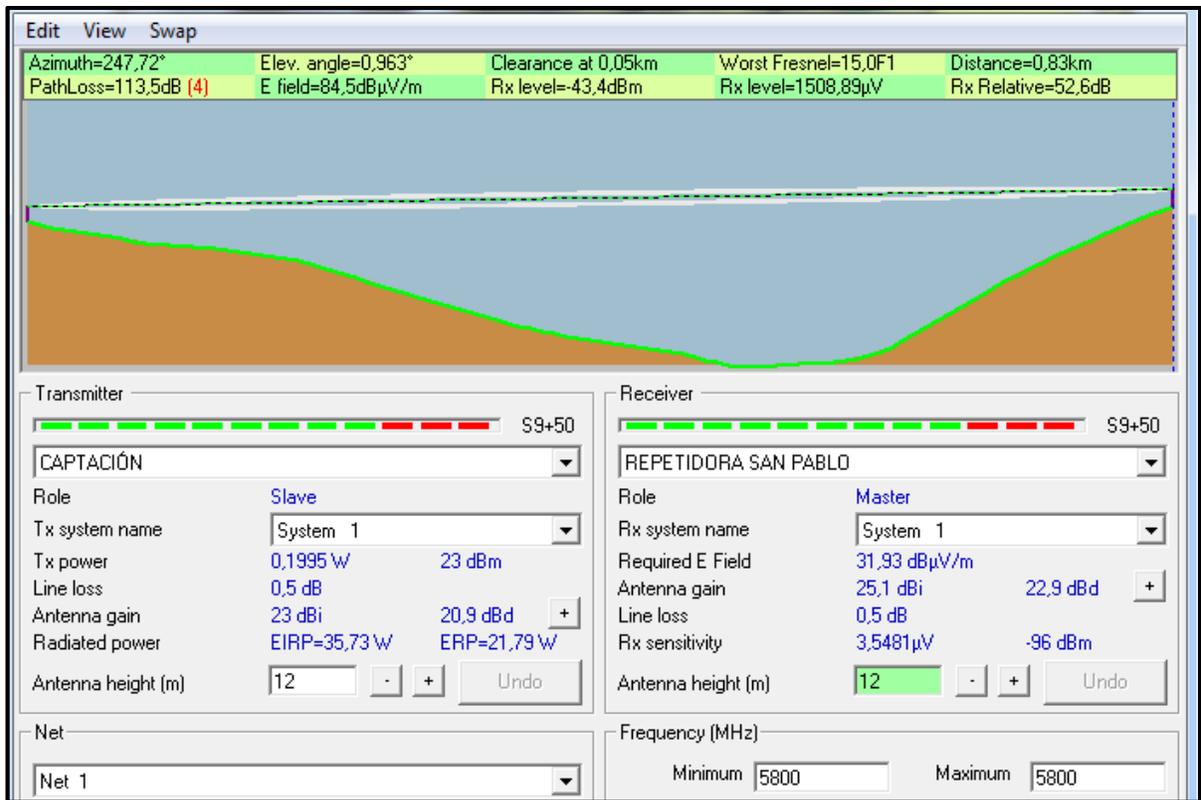


Figura 4.26 Enlace simulado Captación – repetidora San Pablo

Elaborado por: El Investigador

Fuente: Radio Mobile

4.4.1.2 Enlace repetidora San Pablo – Planta de Tratamiento

En la figura 4.27 se muestra el enlace simulado en Radio Mobile. [13]

Datos:

Frecuencia $f = 5.8$ MHz

Ganancia $G = 25$ dBi

Distancia $D = 0.334$ Km

Potencia de Transmisión $P_{tx} = 23$ dBm

Atenuación por Branching $AB_{TX} = AB_{TX} = 0$

Atenuación por cable de baja pérdida $AL_{TX} = AL_{RX} = 2$ dB

- **Atenuación en el espacio libre**

$$A_0 = 92.4 + 20 \log f(GHz) + 20 \log D(Km)$$

$$A_0 = 92.4 + 20 \log 5.8 + 20 \log 0.334$$

$$A_0 = 98.15dB$$

- **Potencia de recepción**

$$P_{RX} = P_{TX} - AB_{TX} - AL_{TX} + G_{TX} - A_0 + G_{RX} - AL_{RX} - AB_{RX}$$

$$P_{RX} = 23 - 2 - 0 + 25 - 98.15 + 25 - 2 - 0$$

$$P_{RX} = -29.15dBm$$

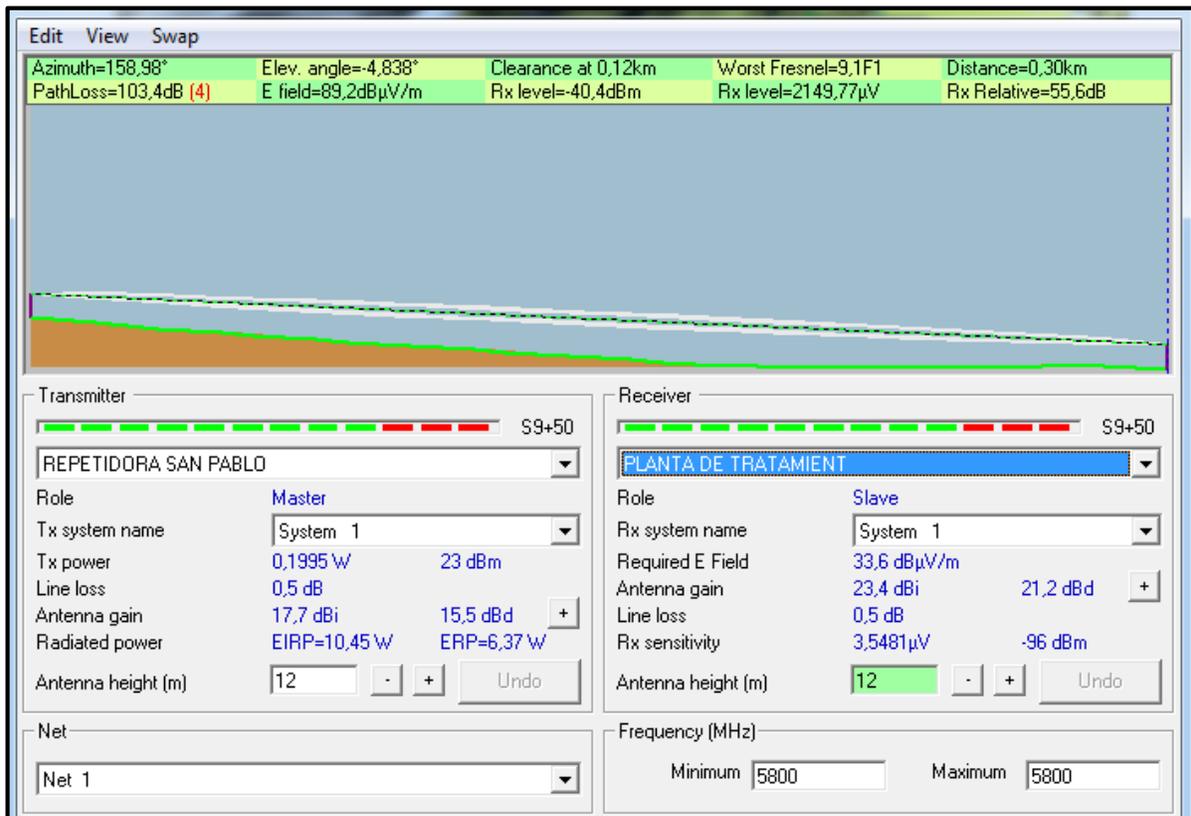


Figura 4.27 Enlace simulado repetidora San Pablo – Planta de Tratamiento

Elaborado por: El Investigador

Fuente: Radio Mobile

4.4.1.3 Enlace Planta de Tratamiento – repetidora El Tablón

En la figura 4.28 se muestra el enlace simulado en Radio Mobile. [13]

Datos:

Frecuencia $f = 5.8$ MHz

Ganancia $G = 25$ dBi

Distancia $D = 3.140$ Km

Potencia de Transmisión $P_{TX} = 23$ dBm

Atenuación por Branching $AB_{TX} = AB_{TX} = 0$

Atenuación por cable de baja pérdida $AL_{TX} = AL_{RX} = 2$ dB

- **Atenuación en el espacio libre**

$$A_0 = 92.4 + 20 \log f(GHz) + 20 \log D(Km)$$

$$A_0 = 92.4 + 20 \log 5.8 + 20 \log 1.560$$

$$A_0 = 111.53dB$$

- **Potencia de recepción**

$$P_{RX} = P_{TX} - AB_{TX} - AL_{TX} + G_{TX} - A_0 + G_{RX} - AL_{RX} - AB_{RX}$$

$$P_{RX} = 23 - 2 - 0 + 25 - 111.53 + 25 - 2 - 0$$

$$P_{RX} = -42.53dBm$$

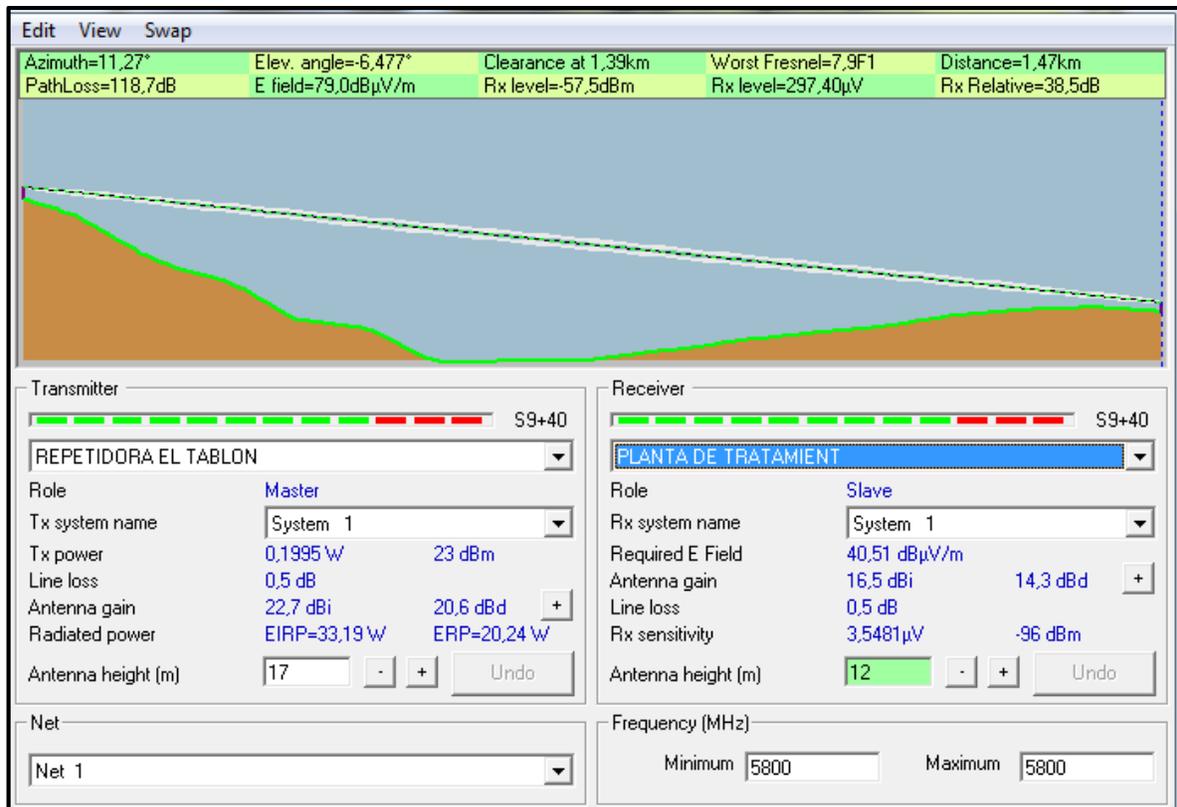


Figura 4.28 Enlace simulado Planta de Tratamiento – repetidora El Tablón

Elaborado por: El Investigador

Fuente: Radio Mobile

4.4.1.4 Enlace repetidora El Tablón – Tanque El Panecillo

En la figura 4.29 se muestra el enlace simulado en Radio Mobile. [13]

Datos:

Frecuencia $f = 5.8 \text{ MHz}$

Ganancia $G = 25 \text{ dBi}$

Distancia $D = 3.270 \text{ Km}$

Potencia de Transmisión $P_{tx} = 23 \text{ dBm}$

Atenuación por Branching $AB_{TX} = AB_{TX} = 0$

Atenuación por cable de baja pérdida $AL_{TX} = AL_{RX} = 2 \text{ dB}$

- **Atenuación en el espacio libre**

$$A_0 = 92.4 + 20 \log f (GHz) + 20 \log D (Km)$$

$$A_0 = 92.4 + 20 \log 5.8 + 20 \log 3.270$$

$$A_0 = 117.95dB$$

- **Potencia de recepción**

$$P_{RX} = P_{TX} - AB_{TX} - AL_{TX} + G_{TX} - A_0 + G_{RX} - AL_{RX} - AB_{RX}$$

$$P_{RX} = 23 - 2 - 0 + 25 - 117.95 + 25 - 2 - 0$$

$$P_{RX} = -48.95dBm$$

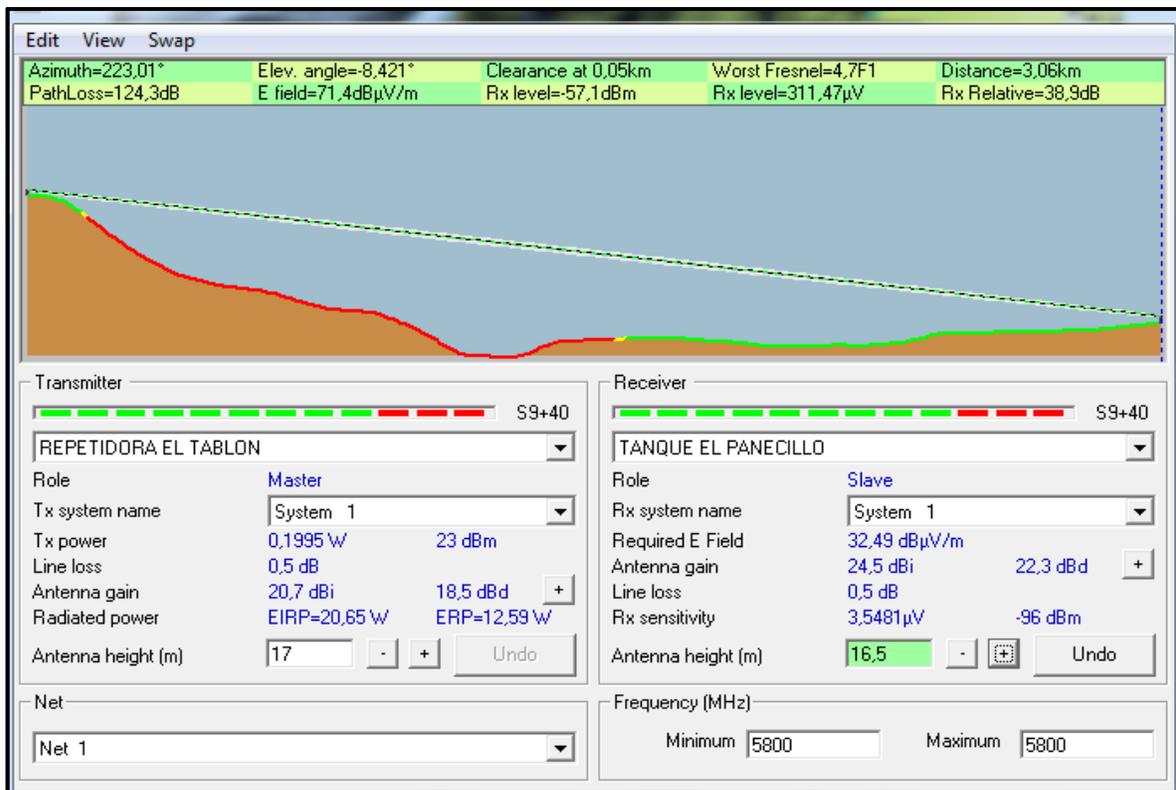


Figura 4.29 Enlace simulado repetidora El Tablón – Tanque El panecillo

Elaborado por: El Investigador

Fuente: Radio Mobile

4.4.1.5 Enlace repetidora El Tablón – Tanque El Raposal

En la figura 4.30 se muestra el enlace simulado en Radio Mobile. [13]

Datos:

Frecuencia $f = 5.8$ MHz

Ganancia $G = 25$ dBi

Distancia $D = 3.140$ Km

Potencia de Transmisión $P_{TX} = 23$ dBm

Atenuación por Branching $AB_{TX} = AB_{TX} = 0$

Atenuación por cable de baja pérdida $AL_{TX} = AL_{RX} = 2$ dB

- **Atenuación en el espacio libre**

$$A_0 = 92.4 + 20 \log f(\text{GHz}) + 20 \log D(\text{Km})$$

$$A_0 = 92.4 + 20 \log 5.8 + 20 \log 3.140$$

$$A_0 = 117.60\text{dB}$$

- **Potencia de recepción**

$$P_{RX} = P_{TX} - AB_{TX} - AL_{TX} + G_{TX} - A_0 + G_{RX} - AL_{RX} - AB_{RX}$$

$$P_{RX} = 23 - 2 - 0 + 25 - 117.60 + 25 - 2 - 0$$

$$P_{RX} = -48.60\text{dBm}$$

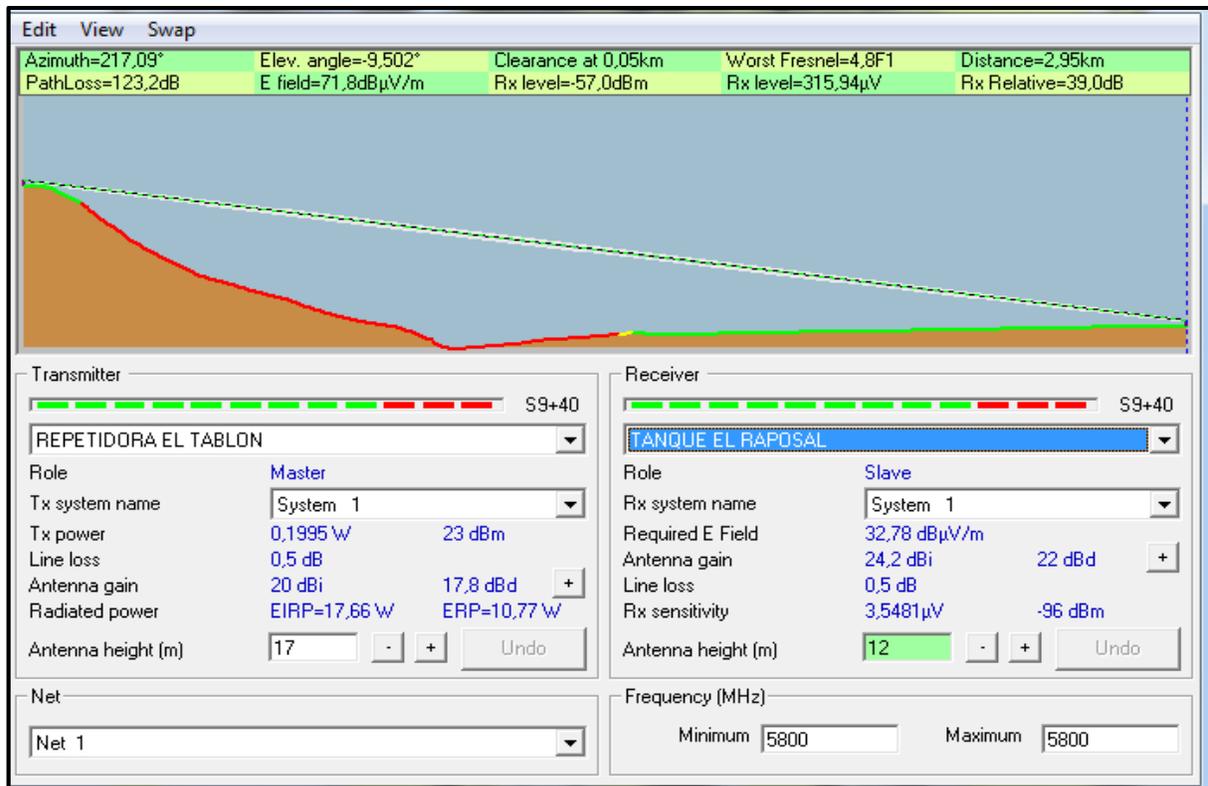


Figura 4.30 Enlace simulado repetidora El Tablón – Tanque El Raposal

Elaborado por: El Investigador

Fuente: Radio Mobile

4.4.1.6 Enlace repetidora El Tablón – Tanque Los Pinos

En la figura 4.31 se muestra el enlace simulado en Radio Mobile. [13]

Datos:

Frecuencia $f = 5.8$ MHz

Ganancia $G = 25$ dBi

Distancia $D = 1.850$ Km

Potencia de Transmisión $P_{tx} = 23$ dBm

Atenuación por Branching $AB_{TX} = AB_{TX} = 0$

Atenuación por cable de baja pérdida $AL_{TX} = AL_{RX} = 2$ dB

- **Atenuación en el espacio libre**

$$A_0 = 92.4 + 20 \log f(GHz) + 20 \log D (Km)$$

$$A_0 = 92.4 + 20 \log 5.8 + 20 \log 1.850$$

$$A_0 = 113.01dB$$

- **Potencia de recepción**

$$P_{RX} = P_{TX} - AB_{TX} - AL_{TX} + G_{TX} - A_0 + G_{RX} - AL_{RX} - AB_{RX}$$

$$P_{RX} = 23 - 2 - 0 + 25 - 113.01 + 25 - 2 - 0$$

$$P_{RX} = -44.01dBm$$

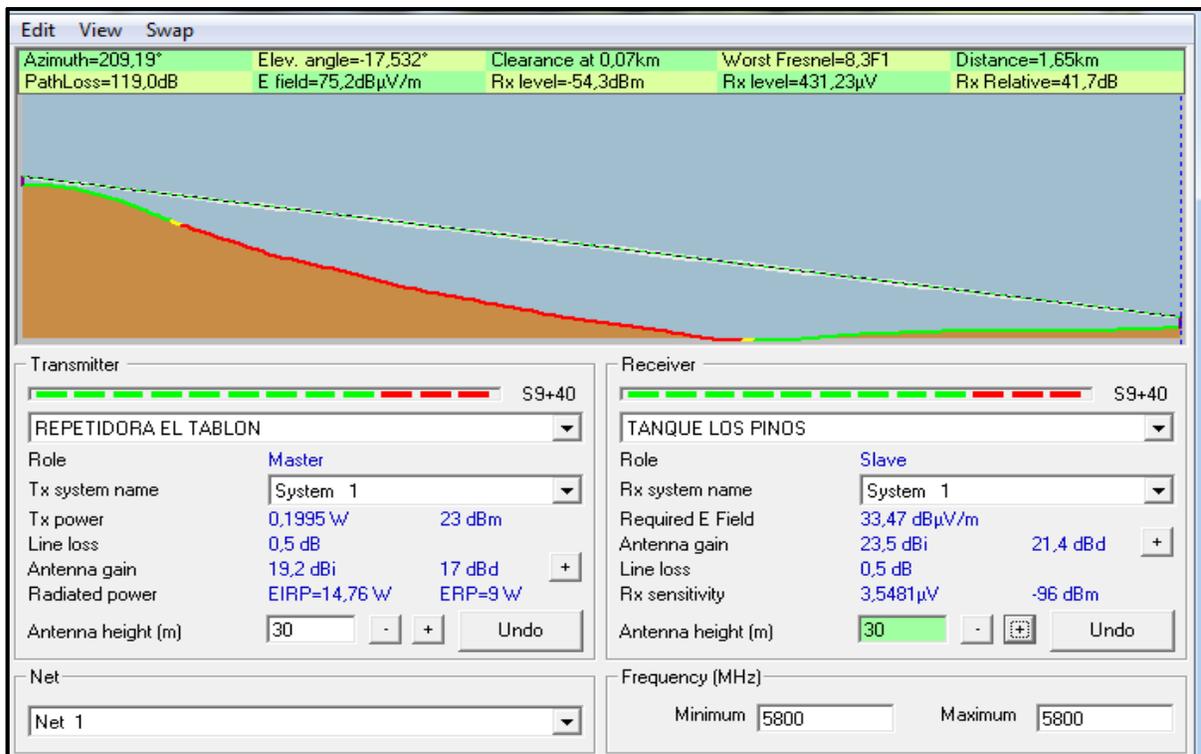


Figura 4.31 Enlace simulado repetidora El Tablón – Tanque Los Pinos

Elaborado por: El Investigador

Fuente: Radio Mobile

4.4.1.7 Enlace repetidora El Tablón – Municipio

En la figura 4.32 se muestra el enlace simulado en Radio Mobile. [13]

Datos:

Frecuencia $f = 5.8$ MHz

Ganancia $G = 25$ dBi

Distancia $D = 2.850$ Km

Potencia de Transmisión $P_{TX} = 23$ dBm

Atenuación por Branching $AB_{TX} = AB_{TX} = 0$

Atenuación por cable de baja pérdida $AL_{TX} = AL_{RX} = 2$ dB

- **Atenuación en el espacio libre**

$$A_0 = 92.4 + 20 \log f(\text{GHz}) + 20 \log D (\text{Km})$$

$$A_0 = 92.4 + 20 \log 5.8 + 20 \log 2.850$$

$$A_0 = 116.76 \text{dB}$$

- **Potencia de recepción**

$$P_{RX} = P_{TX} - AB_{TX} - AL_{TX} + G_{TX} - A_0 + G_{RX} - AL_{RX} - AB_{RX}$$

$$P_{RX} = 23 - 2 - 0 + 25 - 116.76 + 25 - 2 - 0$$

$$P_{RX} = -47.76 \text{dBm}$$

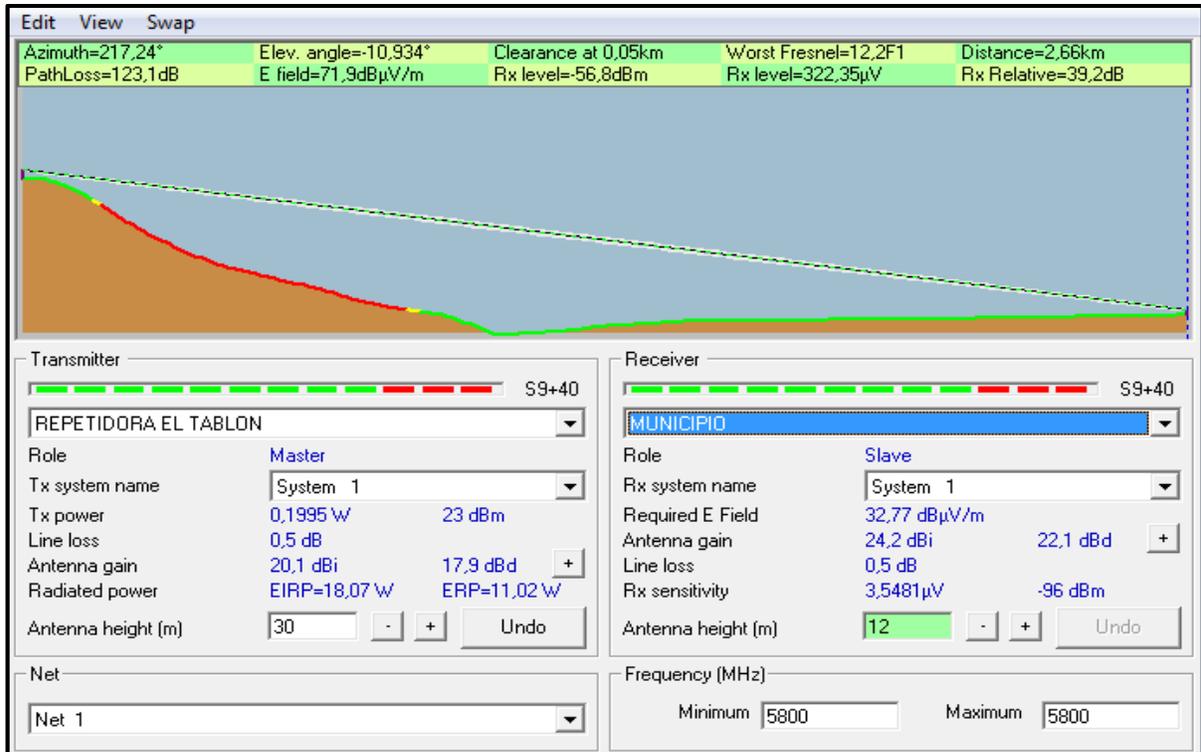


Figura 4.32 Enlace simulado repetidora El Tablón – Municipio

Elaborado por: El Investigador

Fuente: Radio Mobile

A continuación se calculará la altura mínima a la que se deben colocar las antenas, la misma que están en función de la longitud onda por lo que se realiza un cálculo para todos los enlaces ya que se configurará a una frecuencia de 5.8 GHz.

- **Altura mínima de las antenas**

$$hc = 30\lambda^{2/3}$$

$$\lambda = \frac{c}{f}$$

$$hc = 30(0.0517)^{2/3}$$

$$\lambda = \frac{3 \cdot 10^8 \text{ m/s}}{5.8 \cdot 10^9 \text{ 1/s}}$$

$$hc = 4.1716 \text{ m}$$

$$\lambda = 0.0517 \text{ m}$$

4.5 Análisis del tipo de PLC's y módulos HMI a utilizar en el Sistema de Tratamiento

Como se analizó anteriormente el sistema de tratamiento es manual, por lo que en este punto se detallará las válvulas, sensores, PLC's, HMI y módulos que se utilizarán para la automatización del sistema.

Es importante determinar el número de entradas y salidas tanto digitales como analógicas que se necesitará para controlar y monitorear los procesos, así como también proponer soluciones que cubran las necesidades del sistema, para que este opere de forma automática.

En función de todos los requerimientos se elegirá que tipo de controlador e interfaz con el usuario es el más óptimo para el sistema, por lo que primero se realizará el análisis que se mencionó anteriormente.

4.5.1 Requerimientos Técnicos del Sistema de Tratamiento de Agua

Como se analizó en el punto 4.1 se tendrá sensores de nivel, caudal y turbidez, además de instalar electroválvulas en lugar de las válvulas manuales que se tiene en cada etapa del proceso, a continuación se detalla las características que deben tener los elementos a instalar en función de los requerimientos del sistema:

Sensores de nivel

- Rango de medida de entre 0 y 5 metros, en función de la altura de los diferentes tanques.
- Sistema de medición de todo el rango de operación.
- Alto grado de resistencia al agua y a la humedad.
- Resolución de por lo menos 5mm, que nos permita tener la información exacta de la cantidad de agua que hay en cada tanque.
- Alimentación de 24VDC y salida de 4 – 20 mA que nos permitirá linealizar y optimizar mejor los procesos.

- Indicadores de pantalla, que ayuden a los operadores a monitorear localmente los procesos.[9]

Sensores de caudal

- Rango de medida de entre 0 y 350 l/s, ya que se ira captando el agua en función de las necesidades de la población y al ser un proyecto a largo plazo esto ira aumentando progresivamente.
- Permitir instalar en tuberías de PVC y metálica, ya que son del tipo que se utiliza en la conducción del agua.
- Permitir instalar en tuberías de 8 a 12 pulgadas, ya que los sensores se ubicarán en tubos de estas medidas.
- Alimentación de 24VDC y salida de 4 – 20 mA con acondicionador de señal que optimice la medición.
- Alto grado de resistencia al agua y la humedad.
- Medir aguas no tratadas, ya que el sistema permitirá tratar hasta con un 70 % de turbidez. [9]

Sensor de turbidez

- Rango de medida de entre 0 – 50 NTU, que es un valor promedio de turbidez que manejan los filtros de la planta.
- Sistema de medición mediante emisor de luz, que permita obtener valores correctos de turbidez, para establecer que el agua es apta o no para el consumo humano.
- Alimentación de 24VDC y salida de 4 – 20 mA
- Alto grado de resistencia al agua y a la humedad.
- Permitir acoplar sistemas de medición precisa, ya que a la salida de la planta y de los tanques de distribución se monitorea más minuciosamente la calidad del agua.[9]

Electroválvulas

- Alta resistencia al agua y a la humedad, ya que estarán en contacto con estos parámetros constantemente.
- Bajo consumo de energía.
- Tener un tiempo de respuesta prolongado, ya que esto reducirá los efectos del golpe de ariete mediante la formación de burbujas de aire.
- Permitir control mediante corriente y voltaje.
- Facilitar la instalación y mantenimiento.
- Poseer señal de retorno ya que esto permitirá al operador saber si físicamente actuaron las válvulas.
- Para el caso de la Planta de Tratamiento se debe manejar válvulas proporcionales y On/Off, y el tipo dependerá de la etapa donde vaya a ser instalada.
- Poseer un sistema de accionamiento mecánico que permita operar en caso de falta de fluido eléctrico.

A continuación se detalla el tipo de válvulas y sensores que se instalarán en la Captación, Planta de Tratamiento, y Tanques de distribución para automatizar estos procesos.

4.5.2 Captación

Para automatizar la Captación es necesario cambiar las válvulas manuales instaladas que se detalla en la tabla 4.1 por válvulas electrónicas que nos permitan controlar el flujo de agua hacia la planta de tratamiento, además es necesario monitorear el caudal y la turbidez del agua que se capta ya que de esto dependerá el funcionamiento de las válvulas electrónicas.

De acuerdo a los estudios hídricos se necesita captar un caudal de 100 litros por segundo y el agua debe tener una turbidez inferior a 5 NTU, rangos que se tomarán en cuenta al momento de elegir los sensores. En la tabla 4.9 se detalla las válvulas y sensores que se utilizarán en la captación. [9]

Tabla 4.9 Elementos Captación

ELEMENTOS CAPTACIÓN						
ELEMENTO	MARCA	MODELO	APLICACIÓN	TIPO	RANGO	VARIABLE ELECTRICA
Válvula	Belimo	SY3 - 120 MFT	Conducción	Proporcional	Hasta 255mm	2 - 10 (VDC)
Válvula	Belimo	SY3 - 110	desagüe	on / off	Hasta 255 mm	110(VAC)
Sensor	Badger Meter	SERIES 200	Conducción	Caudal	11 - 325 l/s	4 - 20 (mA)
Sensor	Desin	SWL -50	Captación	Turbidez	0 - 50 NTU	4 - 20 (mA)

Fuente: El Investigador

En la figura 4.33 se muestra la colocación de las electroválvulas en la Captación



Figura 4.33 Colocación de válvulas Captación

Fuente: El Investigador

Una vez que se determinó los elementos que se utilizarán en la Captación se establecerá el número de entradas y salidas que se necesita para controlar la misma, en la tabla 4.10 se detalla las entradas y salidas que se utilizarán. Cabe mencionar que en el caso de los sensores se trabajará con señal de corriente y las válvulas con señal de voltaje, dato que se tendrá en cuenta al momento de elegir los PLCs y módulos de control.

Tabla 4.10 Asignación de Entradas y Salidas Captación

ASIGNACION DE ENTRADAS Y SALIDAS CAPTACIÓN				
Elemento	Entrada Analógica	Salida Analógica	Entrada Digital	Salida Digital
Válvula Proporcional	1	1		
Válvula On/off			2	2
Turbidímetro	1			
Caudalímetro	1			

Fuente: El Investigador

Control On/Off en Captación

El control On/Off es aquel en el cual la salida del controlador va de un extremo al otro cuando el valor de la variable controlada se desvía de la variable deseada.

En el proceso de tratamiento mediante el control On/Off se compara la medida del Turbidímetro con la señal de referencia establecida en el lazo de control, dependiendo del error que se obtiene se accionara o no la válvula de desagüe. En la figura 4.34 se tiene el lazo de control de este proceso. [14]

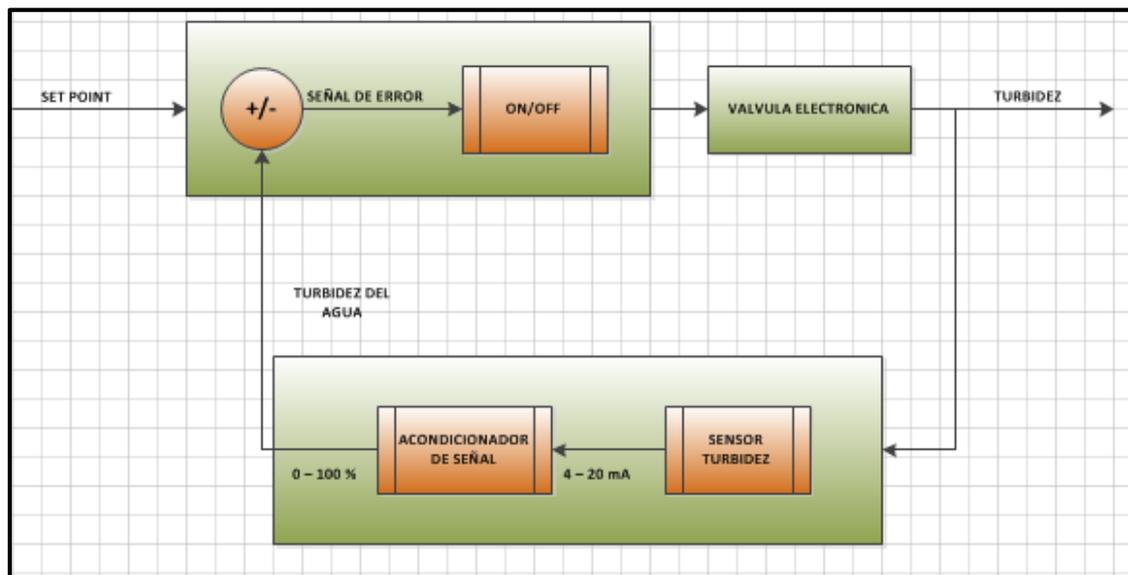


Figura 4.34 Lazo de control Captación

Fuente: El Investigador

4.5.3 Planta de Tratamiento

Para automatizar la Planta de Tratamiento es necesario cambiar las válvulas manuales instaladas que se detallan en la tabla 4.2 por válvulas electrónicas que nos permitan controlar los diferentes filtrados del agua al momento de tratarla, y su posterior conducción hacia los tanques de distribución.

De la misma manera se tendrá que monitorear el caudal y la turbidez a la entrada y salida de la planta, logrando así determinar las diferencias entre el agua cruda y el agua tratada, también se deberá monitorear el nivel de agua en los tanques de los filtros ciclónicos, ascendentes y descendentes para que el operador determine si aumentar o disminuir el porcentaje de apertura de las válvulas en relación al requerimiento de tratado y distribución de agua.

Se determinó que con apertura total de la válvula de entrada a la planta se tenga un caudal máximo de 100 litros por segundo y valores de turbidez inferiores a 5 NTU. En la tabla 4.11 se detalla los elementos que se instalarán en la planta de tratamiento.

Tabla 4.11 Elementos Planta de Tratamiento [9]

ELEMENTOS PLANTA DE TRATAMIENTO						
ELEMENTO	MARCA	MODELO	APLICACIÓN	TIPO	RANGO	V. ELÉCTRICA
Válvula	Belimo	DRCX24-3T-N4	Filtro ciclónico	on/off	100 - 150 mm	24 (VDC)
Válvula	Belimo	DRCX24-3T-N4	Filtro ciclónico	on/off	100 - 150 mm	24 (VDC)
Válvula	Belimo	DRCX24-3T-N4	Filtro ciclónico	on/off	100 - 150 mm	24 (VDC)
Válvula	Belimo	DRCX24-3T-N4	Filtro ciclónico	on/off	100 - 150 mm	24 (VDC)
Válvula	Belimo	DRCX24-3T-N4	Filtro ciclónico	on/off	100 - 150 mm	24 (VDC)
Válvula	Belimo	DRCX24-3T-N4	Filtro ciclónico	on/off	100 - 150 mm	24 (VDC)
Válvula	Belimo	SR24 -SR-T	coagulante	proporcional	12.5 - 50 mm	2 -10 (VDC)
Válvula	Belimo	SR24 -SR-T	coagulante	proporcional	12.5 - 50 mm	2 -10 (VDC)
Válvula	Belimo	SR24 -SR-T	coagulante	proporcional	12.5 - 50 mm	2 -10 (VDC)
Válvula	Belimo	SR24 -SR-T	coagulante	proporcional	12.5 - 50 mm	2 -10 (VDC)
Válvula	Belimo	SR24 -SR-T	coagulante	proporcional	12.5 - 50 mm	2 -10 (VDC)
Válvula	Belimo	SR24 -SR-T	coagulante	proporcional	12.5 - 50 mm	2 -10 (VDC)
Válvula	Belimo	DHX24-MFT-T	filtro ascendente	proporcional	100 - 150mm	2 -10 (VDC)
Válvula	Belimo	DHX24-MFT-T	filtro ascendente	proporcional	100 - 150mm	2 -10 (VDC)
Válvula	Belimo	DHX24-MFT-T	filtro ascendente	proporcional	100 - 150mm	2 -10 (VDC)

Válvula	Belimo	DHX24-MFT-T	filtro ascendente	proporcional	100 - 150mm	2 -10 (VDC)
Válvula	Belimo	DHX24-MFT-T	filtro ascendente	proporcional	100 - 150mm	2 -10 (VDC)
Válvula	Belimo	DHX24-MFT-T	filtro ascendente	proporcional	100 - 150mm	2 -10 (VDC)
Válvula	Belimo	SY4-110	desagüe	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	desagüe	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	desagüe	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	desagüe	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	desagüe	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	desagüe	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	desagüe	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	desagüe	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	desagüe	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	desagüe	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	desagüe	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	retrolavado	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	retrolavado	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	retrolavado	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	retrolavado	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	retrolavado	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	retrolavado	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	retrolavado	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	retrolavado	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	retrolavado	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	retrolavado	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	retrolavado	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	retrolavado	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	desborde	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	desborde	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	desborde	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	desborde	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	desborde	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	SY4-110	desborde	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	DRCX24-3T-N4	filtro descendente	on/off	100 - 150 mm	24(VDC)
Válvula	Belimo	DRCX24-3T-N4	filtro descendente	on/off	101 - 150 mm	24(VDC)
Válvula	Belimo	DRCX24-3T-N4	filtro descendente	on/off	102 - 150 mm	24(VDC)
Válvula	Belimo	DRCX24-3T-N4	filtro descendente	on/off	103 - 150 mm	24(VDC)
Válvula	Belimo	DRCX24-3T-N4	filtro descendente	on/off	104 - 150 mm	24(VDC)
Válvula	Belimo	DRCX24-3T-N4	filtro descendente	on/off	105 - 150 mm	24(VDC)

Válvula	Belimo	SY4-110	entrada	on/off	hasta 315mm	110(VAC)
Válvula	Belimo	Sy4-120MFT	Salida	proporcional	hasta 315mm	2 - 10(VDC)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque ciclónico	nivel	0.35 - 6 m	4 -20(mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque ciclónico	nivel	0.35 - 6 m	4 -20(mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque ciclónico	nivel	0.35 - 6 m	4 -20(mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque ciclónico	nivel	0.35 - 6 m	4-20(mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque ciclónico	nivel	0.35 - 6 m	4 -20(mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque ciclónico	nivel	0.35 - 6 m	4 -20(mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque filtro	nivel	0.35 - 6 m	4 -20(mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque filtro	nivel	0.35 - 6 m	4 -20(mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque filtro	nivel	0.35 - 6 m	4 -20(mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque filtro	nivel	0.35 - 6 m	4 -20(mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque filtro	nivel	0.35 - 6 m	4 -20(mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque filtro	nivel	0.35 - 6 m	4 -20(mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque filtro	nivel	0.35 - 6 m	4 -20(mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque filtro	nivel	0.35 - 6 m	4 -20(mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque filtro	nivel	0.35 - 6 m	4 -20(mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque filtro	nivel	0.35 - 6 m	4 -20(mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque filtro	nivel	0.35 - 6 m	4 -20(mA)
Sensor	Badger Meter	SERIES 200	entrada	Caudal	11 - 325 l/s	4 -20(mA)
Sensor	Desin	SWL -50	entrada	Turbidez	0 - 50 NTU	4 -20(mA)
Sensor	Badger Meter	SERIES 200	Salida	Caudal	11 - 325 l/s	4 -20(mA)
Sensor	Desin	SWL -50	Salida	Turbidez	0 - 50 NTU	4 -20(mA)

Fuente: El Investigador

Una vez que ya se determinó los elementos que se utilizarán en la planta de tratamiento se establecerá el número de entradas y salidas que se necesita para controlar cada elemento. En la tabla 4.12 se detalla la distribución de entradas y salidas.

Es importante mencionar que tanto las válvulas de entrada a los filtros ciclónicos y las de salida de los filtros descendentes son on/off pero se les hará funcionar de manera proporcional debido a que se necesita controlar de forma porcentual la apertura y cierre de las mismas, es por esto que se les asignó entradas y salidas análogas.

Caudalímetro salida	1			
Turbidímetro entrada	1			
Turbidímetro salida	1			

Fuente: El Investigador

En el caso de la planta de tratamiento a la salida se tiene una válvula proporcional a la salida, ya que esto permitirá que el operador elija en que porcentaje abrir la válvula dependiendo del caudal que se necesite.

A futuro se tendrá que implementar un control proporcional ya que la planta debe operar un tiempo para mediante estudios lograr establecer cuál es el caudal mínimo que debe fluir hacia los tanques de distribución, y con esto poder implementar un control PID (Proporcional Integral Derivativo) que accionará la válvula de salida en función del caudal y la turbidez del agua.

Control PID en Planta de Tratamiento

El control PID (Proporcional Integral Derivativo) es aquel que mediante retroalimentación calcula el error entre un valor medido y el valor que se quiere obtener, para aplicar una acción correctora que ajuste el proceso, en donde el proporcional determina la acción del error, el integral genera una corrección proporcional al error, y el derivativo determina el tiempo en el que el error se produce.

En cuanto a los tanques de los filtros ascendentes se realizará un control PID en el cual se compara la medida del sensor de nivel con la señal de referencia que establece en el lazo de control, así se determina cuanto se abrirán las válvulas en función al nivel que tengan los tanques. En la figura 4.35 se muestra el lazo de control de este proceso.

En la Planta se tiene 6 tanques de filtros ciclónicos los cuales tienen un altura de 3.50 metros, 6 tanques de filtros ascendentes con una altura de 2.75 metros, y 6 tanques de filtros descendentes con una altura de 2.50 metros; en cada uno de estos se colocará un sensor de nivel lo que permitirá a los operadores observar mediante los módulos HMI en

qué nivel se encuentran los tanques para dar el porcentaje adecuado de apertura de válvulas. En la figura 4.36 se observa los sensores de nivel colocados en los tanques ciclónicos. [14]

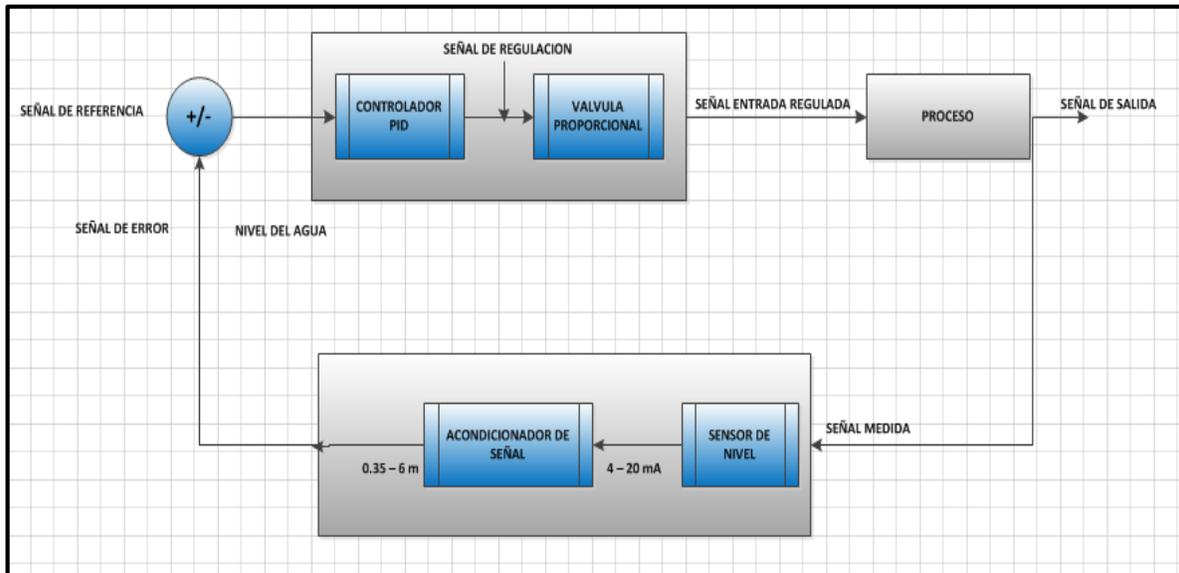


Figura 4.35 Lazo de control filtros Ascendentes en Planta de Tratamiento

Fuente: El Investigador



Figura 4.36 Sensores de nivel tanques ciclónicos

Fuente: El Investigador

4.5.4 Tanque El Panecillo

El panecillo es el tanque que actualmente está operativo y distribuye agua a la ciudad de baños de Agua Santa, ya que es suministrado por otro sistema de captación, funciona con válvulas manuales como se detalla en la tabla 4.3, por lo que es necesario el cambio por válvulas electrónicas para poder realizar el control.

Es importante mencionar que la válvula de entrada al tanque será colocada con conexión a la tubería de conducción que viene desde la Planta de Tratamiento, ya que la válvula de entrada manual que viene desde la otra captación no será controlada desde nuestro sistema, por lo que este tanque contará con dos fuentes de suministro de agua.

Además se colocará un sensor de nivel en cada tanque de reserva lo que permitirá que los operadores puedan abrir o cerrar la válvula de entrada, en caso de que los sensores tengan un nivel bajo, o a su vez remotamente aumentar el caudal que viene desde la planta de tratamiento. En la tabla 4.13 se detalla los elementos que se instalarán en el tanque El Panecillo.

Tabla 4.13 Elementos Tanque El Panecillo [9]

ELEMENTOS TANQUE EL PANECILLO						
ELEMENTO	MARCA	MODELO	APLICACIÓN	TIPO	RANGO	V. ELECTRICA
Válvula	Belimo	SY4 - 120 MFT	Entrada	Proporcional	315mm	2 - 10 (VDC)
Válvula	Belimo	SY4 - 110	Salida	on / off	315mm	110(VAC)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque reserva 1	Nivel	0.35 - 6 m	4 - 20 (mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque reserva 2	Nivel	0.35 - 6 m	4 - 20 (mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque reserva 3	Nivel	0.35 - 6 m	4 - 20 (mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque reserva 4	Nivel	0.35 - 6 m	4 - 20 (mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque reserva 5	Nivel	0.35 - 6 m	4 - 20 (mA)
Sensor	Badger Meter	SERIES 200	Salida	Caudal	11 - 325 l/s	4 - 20 (mA)

Fuente: El Investigador

Una vez que se determinó los elementos del tanque El Panecillo se establecerá el número de entradas y salidas que se necesita para controlar cada elemento. En la tabla 4.14 se detalla la distribución de entradas y salidas para cada elemento.

Tabla 4.14 Asignación de entradas y salidas Tanque El Panecillo

ASIGNACION DE ENTRADAS Y SALIDAS TANQUE EL PANECILLO				
Elemento	E. Analógica	S. Analógica	E. Digital	S. Digital
Válvula Proporcional	1	1		
Válvula On/off			2	2
sensor de nivel	1			
sensor de nivel	1			
sensor de nivel	1			
sensor de nivel	1			
sensor de nivel	1			
Caudalímetro	1			

Fuente: El Investigador.

Control ON/ OFF en tanque El Panecillo

En el panecillo se implementará un control on/off, donde se comparará la señal de referencia con la señal de nivel de los tanques, de esta manera se puede cerrar o abrir la válvula de entrada. En la figura 4. 37 se muestra el lazo de control del Tanque El Panecillo.

Así también el operador del sistema podrá visualizar alarmas del estado de los tanques desde el computador que tiene el sistema SCADA, para manipular el accionamiento de las válvulas de entrada y salida, además de en función del caudal que se requiera abrir porcentualmente la válvula de salida. [14]

En la figura 4.38 se muestra un sensor de nivel colocado en uno de los tanques de reserva de El Panecillo

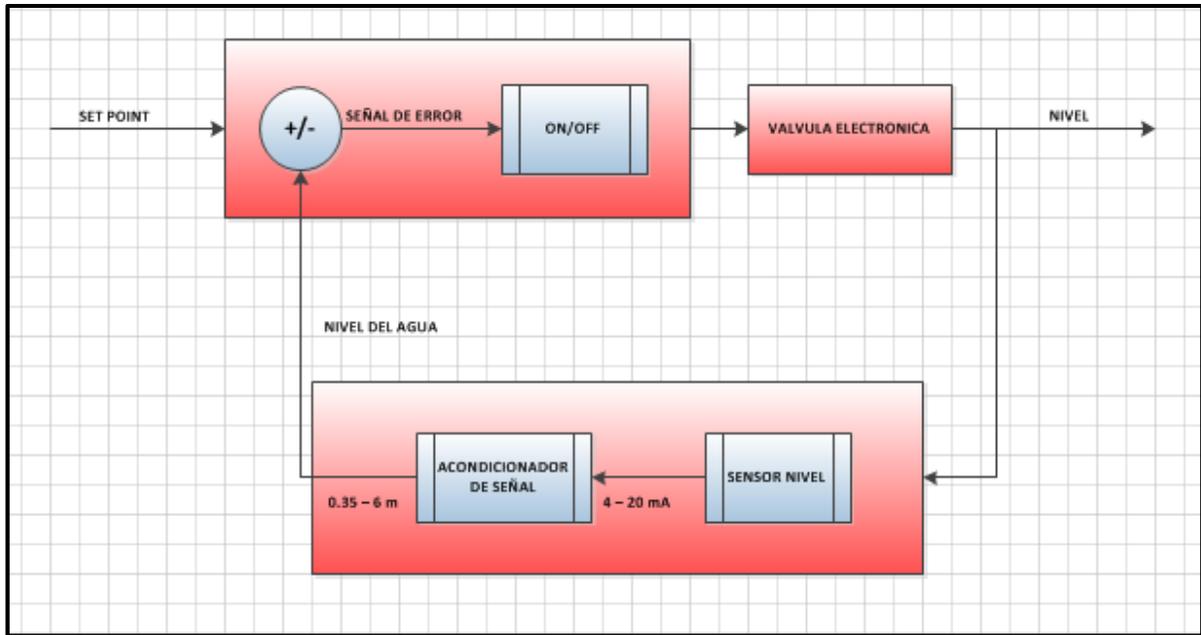


Figura 4.37 Lazo de control Tanque El Panecillo
Fuente: El Investigador



Figura 4.38 Sensor de nivel tanque El Panecillo
Fuente: El Investigador

4.5.5 Tanque El Raposal

Este tanque al ser recientemente construido no tiene instalado ningún dispositivo, por lo que se instalarán las válvulas electrónicas y los diferentes sensores para control y monitoreo.

Cuenta con dos tanques de reserva de $250m^3$, donde se instalaran sensores de nivel, de caudal, una válvula on/off en la tubería que viene desde la planta de tratamiento, y una válvula proporcional a la salida de los tanques para distribuir de forma porcentual el agua hacia la población. En la tabla 4.15 se detalla los elementos que se colocarán en El Raposal.

Tabla 4.15 Elementos tanque El Raposal [9]

ELEMENTOS TANQUE EL RAPOSAL						
ELEMENTO	MARCA	MODELO	APLICACIÓN	TIPO	RANGO	V. ELECTRICA
Válvula	Belimo	SY3 - 120 MFT	entrada	Proporcional	255mm	2 - 10 (VDC)
Válvula	Belimo	SY3 - 110	salida	on / off	255 mm	110(VAC)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque reserva 1	Nivel	0.35 - 6 m	4 - 20 (mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque reserva 2	Nivel	0.35 - 6 m	4 - 20 (mA)
Sensor	Badger Meter	SERIES 200	salida	Caudal	11 - 325 l/S	4 - 20 (mA)

Fuente: El Investigador

Una vez que se determinó los elementos del tanque El raposal se detalla en la tabla 4.16 el número de entradas y salidas que se necesita para controlar cada elemento.

Es importante mencionar que tanto la válvula de entrada como la de salida tienen indicadores de la posición en que se encuentran, aspecto importante al momento del monitoreo ya que este tanque y el de Los Pinos serán controlados remotamente la mayor parte del tiempo.

Tabla 4.16 Asignación de entradas y salidas tanque El Raposal

ASIGNACION DE ENTRADAS Y SALIDAS TANQUE EL RAPOSAL				
Elemento	E. Analógica	S. Analógica	E. Digital	S. Digital
Válvula Proporcional	1	1		
Válvula On/off			2	2
sensor de nivel	1			
sensor de nivel	1			
sensor de caudal	1			

Fuente: El Investigador

Control On/Off en tanque El Raposal

En El Raposal se implementará un control on/off, donde dependiendo de la señal de error que se obtenga al comparar la señal de referencia y la señal de medición del nivel de los tanques de reserva, se procederá abrir o cerrar la válvula de entrada. En la figura 4.39 se muestra el lazo de control del tanque El Raposal. [14]

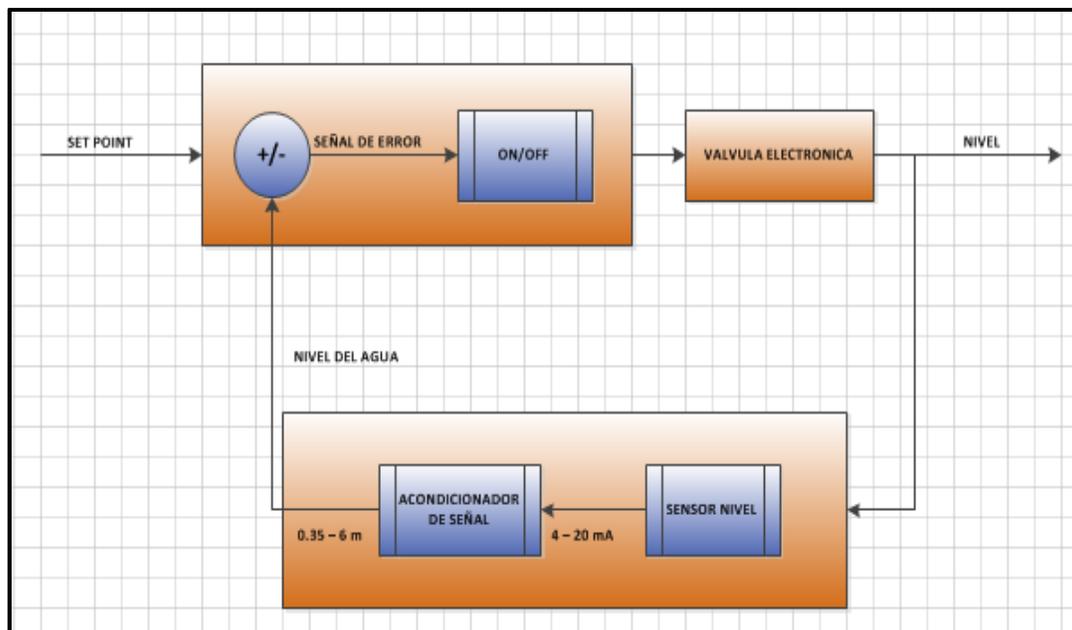


Figura 4.39 Lazo de control Tanque El Raposal

Fuente: El Investigador



Figura 4.40 Válvula de Salida tanque El Raposal

Fuente: El Investigador

4.5.6 Tanque Los Pinos

Este tanque al igual que el tanque El Raposal fue construido recientemente por lo que no tiene instalado ningún dispositivo, se instalarán válvulas electrónicas y sensores para control y monitoreo.

Cuenta con dos tanques de reserva de $250m^3$, donde se instalaran sensores de nivel, de caudal, una válvula on/off en la tubería que viene desde la planta de tratamiento, y una válvula proporcional a la salida de los tanques para distribuir de forma porcentual el agua hacia la población. En la tabla 4.17 se detalla los elementos que se instalarán en el tanque Los Pinos.

Tabla 4.17 Elementos Tanque Los Pinos [9]

ELEMENTOS TANQUE LOS PINOS						
ELEMENTO	MARCA	MODELO	APLICACIÓN	TIPO	RANGO	V. ELECTRICA
Válvula	Belimo	SY3 - 120 MFT	entrada	Proporcional	255mm	2 - 10 (VDC)
Válvula	Belimo	SY3 - 110	salida	on / off	255 mm	110 (VAC)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque reserva 1	Nivel	0.35 - 6 m	4 - 20 (mA)
Sensor	Hurricane	TDO200T-09	tanque reserva 2	Nivel	0.35 - 6 m	4 - 20 (mA)
Sensor	Badger Meter	SERIES 200	salida	Caudal	11 - 325 l/s	4 - 20 (mA)

Fuente: El Investigador

Una vez que se determinó los elementos que se instalarán en el tanque Los Pinos, en la tabla 4.18 se detalla el número de entradas y salidas que se necesita para controlar cada elemento.

Tabla 4.18 Asignación de entradas y salidas tanque Los Pinos

ASIGNACION DE ENTRADAS Y SALIDAS TANQUE LOS PINOS				
Elemento	E. Analógica	S. Analógica	E. Digital	S. Digital
Válvula Proporcional	1	1		
Válvula On/off			2	2
sensor de nivel	1			
sensor de nivel	1			
sensor de caudal	1			

Fuente: El Investigador

Control On/Off en tanque Los Pinos

En Los Pinos al igual que en El Raposal se implementará un control on/off, donde dependiendo de la señal de error que se tenga al comparar la señal de referencia y la señal de medición del nivel de los tanques de reserva, se procederá abrir o cerrar la válvula de entrada. En la figura 4.41 se muestra el lazo de control del tanque Los Pinos [14]

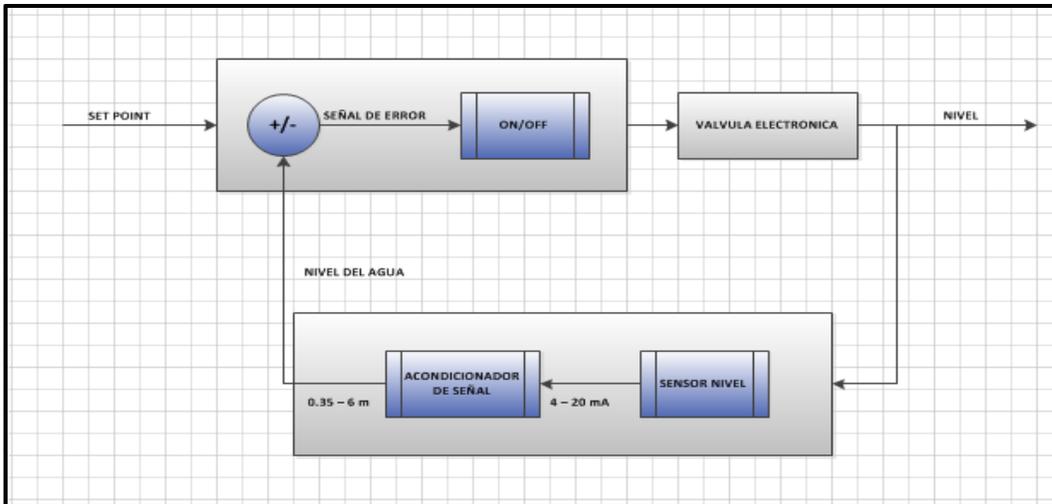


Figura 4.41 Lazo de control tanque Los Pinos

Fuente: El Investigador.

En la figura 4.42 se muestra la instalación de muestra la instalación de la válvula de salida en el tanque Los Pinos.



Figura 4.42 Válvula de salida Tanque Los Pinos

Fuente: El Investigador

Una vez que se determinó los elementos, el número de entradas, salidas, y el tipo de control que se implementará en la Captación, Planta de Tratamiento y tanques de Distribución se realizará la elección del tipo de PLC y módulos HMI que se utilizará para el control de cada etapa del sistema de tratamiento, por lo que se detalla en la tabla 4.19 un resumen del total de las entradas y salidas en cada etapa.

Es necesario mencionar que en la tabla 4.19 aún no se toma en cuenta otros elementos como selectores, luces indicadores, botones de paro de emergencia, etc. Lo que se indicará al momento de detallar la implementación de los tableros, además que no se incluye al municipio ya que en este sitio no se instalará ni válvulas electrónicas ni sensores.

Tabla 4.19 Número Total de entradas y salidas

NÚMERO TOTAL DE ENTRADAS Y SALIDAS				
Etapa	E. Analógica	S. Analógica	E. Digital	S. Digital
Captación	3	1	2	2
Planta de Tratamiento	47	25	62	62
Tanque El Panecillo	6	1	2	2
Tanque El Raposal	4	1	2	2
Tanque Los Pinos	4	1	2	2

Fuente: El Investigador

Después de realizar el análisis de los elementos es importante elegir el equipo controlador que mejor se adapte al proceso, por lo que el PLC que se elija debe poseer características específicas que nos brinden un óptimo funcionamiento.

4.5.7 Características del PLC para el sistema de Tratamiento.

- Manejar un gran número de variables, ya que como se observa en la tabla 4.19 en la Planta de Tratamiento se controla muchos elementos.
- Trabajar con comunicación Ethernet ya que las antenas operan en esta interfaz.
- Tener la capacidad de controlar equipos a 110 (VAC) y 24 (VDC) debido al tipo de válvulas electrónicas que se instalarán.

- Operar con señales de corriente 4 – 20 mA, para monitorear los diferentes tipos de sensores.
- Brindar facilidades al momento de realizar implementaciones o dar mantenimiento preventivo y correctivo.
- Poseer capacidad de memoria que permitan respaldar el código, manejar tablas de datos y alarmas del sistema.
- Trabajar bajo licencias de software libre o gratuito.

Bajo estos criterios en la tabla 4.20 se detalla una tabla comparativa entre diferentes marcas de PLCs.

Tabla 4.20 Matriz elección PLC

MATRIZ ELECCION DE PLC					
Equipos	Número E/S	Número módulos conectables	Puertos de Comunicación	Licencia	Costo
PLC + HMI V570 /V1210 UNITRONICS	SNAP I/O V200 -18- E3XB 18 DI 24VDC 15 TIPO RELÉ 2 DO 4AI 4AO	8 MÓDULOS DE EXPANSIÓN	PUERTO RS232 PUERTO RS485 USB PROGRAMING PUERTO CANbus RANURA PARA PUERTO ETHERNET	VISILOGIC V9.7.9	\$ 4300
PLC S7-1200 + HMI 6AV3525 SIEMENS	14 DI 24VDC 12 DI 24VDC	8 MÓDULOS DE EXPANSIÓN	PROFINET INDUSTRIAL ETHERNET RJ45 10/100 MBPS	STEP 7 TIA PORTAL V11.0	\$ 6342
PLC 1500 + HMI 2711- B6C211 ALLEN BRADLEY	12DI 24 VDC 12 TIPO RELÉ	16 MÓDULOS DE EXPANSIÓN	PUERTO RS-232 RED DH-485 DEVICENET CONEXIÓN A ETHERNET	RSLOGIX 500	\$ 4711

Fuente: El Investigador

Después del análisis se tomó la decisión de implementar el sistema con los PLC's de UNITRONICS, ya que son los que poseen las características que requiere el sistema, y es mucho más barato en comparación con las otras marcas al tener integrado el PLC y HMI en un solo equipo.

En la Captación, Tanques de El Panecillo, El Raposal y los Pinos se realizará la implementación con el PLC V570; mientras que en la Planta de Tratamiento se utilizará el PLC V1210 debido a que posee una pantalla más grande que permitirá visualizar de mejor manera el HMI por el mayor número de elementos que se controla en este sitio, de igual manera en el Municipio ya que es de donde se controlará todo el sistema.

4.5.8 PLCs V570 y V1210

Este tipo de Controladores Lógicos Programables son muy versátiles y fáciles de usar tienen incorporado una pantalla táctil, que permite que el operador introduzca datos mediante un teclado virtual, logrando que la interface sea fácil y segura.

Permite monitorear de forma gráfica el estado de actuadores, sensores, válvulas, equipos de comunicación y otros dispositivos que están siendo controlados a través del PLC, tiene un alto grado de resistencia a la temperatura y humedad. En el Anexo 3 y 4 se muestran las hojas de datos de los PLCs V570 y V1210 respectivamente.

Otro de los aspectos importantes es que trabaja con un software de libre distribución como VisiLogic, donde se programa la lógica con que funcionará el sistema así como el diseño de las pantallas HMI, este software viene con el PLC o se lo puede descargar libremente de la página de Unitronics.

Estos PLC's cuentan con un puerto CANbus, que permite conectar hasta 60 adaptadores cada uno con 8 módulos adicionales, permitiendo así controlar muchos dispositivos.[15]

En la figura 4.43 se muestra el PLC V570



Figura 4.43 PLC V570

Fuente: El Investigador

En la figura 4.44 se muestra el PLC V1210



Figura 4.44 PLC V1210

Fuente: www.unitronics.com

Tabla 4.21 muestra las características de los PLC's que se van usar en el sistema. [15]

CARACTERISTICAS PLC's		
Características	V570	V1210
E/S	Depende del módulo SNAP I/O. Soporta hasta 512 digitales de alta velocidad y entradas y salidas analógicas	Depende del módulo SNAP I/O. Soporta hasta 1024 digitales de alta velocidad y entradas y salidas analógicas
Comunicaciones	RS232 RS485 USB PROGRAMING PUERTO CANbus RANURA PARA PUERTO ETHERNET BLOQUES DE FUNCION: SMS GPRS MODBUS SERIAL/IP	RS232 RS485 USB PROGRAMING PUERTO CANbus RANURA PARA PUERTO ETHERNET BLOQUES DE FUNCION: SMS GPRS MODBUS SERIAL/
Software	VisiLogic	VisiLogic
Pantalla	5.7"	12.1"
Memoria	2MB 120k RAM	2MB 120k RAM 32MB para imagen
Ambientales	IP 65	IP66
Dimensiones	7.75"*5.77"*2.7"	12.32"*9.62"*2.32"
Alimentación	12 o 24 (VDC)	12 o 24 (VDC)
Ranuras	SD	Micro SD

Fuente: El Investigador

4.5.9 Módulos que se utilizarán en la implementación del sistema.

Una vez que se determinó los elementos y el tipo de PLC con los que se va a controlar la Captación, Tanques de Distribución, Planta de Tratamiento y el Municipio, se procederá a asignar los módulos dependiendo del número total de entradas y salidas que requiere cada etapa como se muestra en la tabla 4.19.

4.5.9.1 Módulo V200-18-E3XB

El módulo para entradas y salidas que se eligió fue el V200-18-E3XB, se acopla en la parte posterior del PLC y es muy funcional por todas las características que tiene. En la figura 4.45 se muestra el módulo y en el Anexo 5 se muestra la hoja de datos de este módulo. [15]



Figura 4.45 Módulo V200-18-E3XB

Fuente: El Investigador

En la tabla 4.22 se detalla la distribución de entradas y salidas de este módulo que por sus características será utilizado para todos los PLC's que se utilicen.

Tabla 4.22 Entradas y Salidas del módulo V200-18-E3XB

ENTRADAS Y SALIDAS DEL MÓDULO V200-18-E3XB			
E. Analógica	S. Analógica	E. Digital	S. Digital
4 entradas analógicas de corriente/ PT100/ Tc	4 salidas analógicas	18 Entradas Digitales Incluido 2 Entradas de alta velocidad	15 Salidas a relé 2 salidas a transistor npn/pnp de alta velocidad

Fuente: El Investigador

4.5.9.2 Módulo EX-A2X

Este módulo es un adaptador de expansión y permite conectar al PLC hasta 8 módulos extras ya sea de entrada o salida, cuando la aplicación así lo requiere con lo que se puede controlar o monitorear más dispositivos. En la figura 4.46 se muestra el módulo EX-A2X y en el Anexo 6 se muestra la hoja de datos de este módulo. [15]



Figura 4.46 Módulo EX-A2X

Fuente: El Investigador

4.5.9.3 Módulo EX-D16A3-TO16

Este módulo es un adaptador de expansión, que además de que permite conectar 7 módulos de entradas y salidas extras tiene incorporado una sección donde se puede conectar dispositivos. En la figura 4.47 se observa el modulo EX-D16A3-TO16 y en el Anexo 7 se muestra la hoja de datos de este módulo. [15]

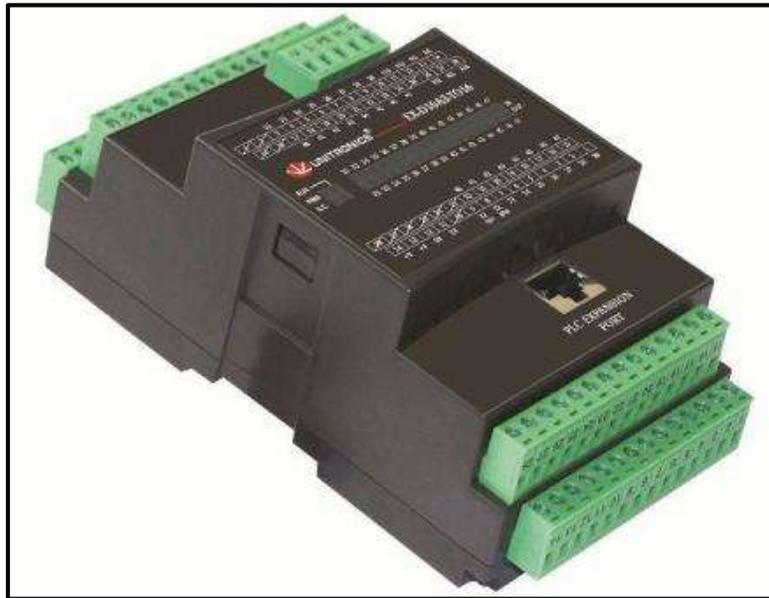


Figura 4.47 Módulo EX-D16A3-TO16

Fuente: El Investigador

Tabla 4.23 Entradas y Salidas del módulo EX-D16A3-TO16

ENTRADAS Y SALIDAS DEL MÓDULO EX-D16A3-TO16		
E. Analógica	E. Digital	S. Digital
3 entradas analógicas	16 Entradas Digitales	16 Salidas Digitales de transistor

Fuente: El Investigador

4.5.9.4 Módulo EX-RC1

Este módulo es un adaptador que realiza una conexión entre esclavos, por medio de operandos del sistema, se conecta con el PLC por medio del puerto CANbus.

- **CANbus**

Es un protocolo de red que cubre las dos primeras capas del modelo OSI, la comunicación que se da es de tipo serial, donde cualquier nodo de la red puede transmitir o recibir mensajes.

Bajo este protocolo Unitronics desarrollo ISC CANbus que habilita el intercambio de datos entre el PLC y hasta 64 adaptadores donde cada uno puede leer la información de hasta 8 módulos extras. En la figura 4.48 se muestra el módulo EX-RC1 y en el Anexo 8 se muestra la hoja de datos de este módulo. [15]



Figura 4.48 Módulo EX-RC1

Fuente: El Investigador

Para conectar el PLC y el módulo EX-RC1 es necesario la utilización de un cable especial, para esto en la tabla 4.24 se detalla los pines del conector para el puerto CANbus, además se detalla la forma de conexión.

Tabla 4.24 Descripción Conector CANbus

DESCRIPCIÓN CONECTOR CANbus		
PIN	DESCRIPCIÓN	LETRA CONECTOR
1	24 VDC	+V
2	CAN high	H
3	TIERRA	PE
4	CAN low	L
5	0VDC	-V

Fuente: El investigador

Es importante mencionar que entre los pines H y L se debe conectar una resistencia de 121 ohmios de ¼ W, la cual viene entre los componentes del PLC.

4.5.9.5 Módulo IO-D16A3-RO16

Este es un módulo de entradas y salidas digitales, se comunica con el PLC a través de un adaptador de expansión, y además proporciona energía a los demás módulos del sistema.

Tabla 4.25 se detalla la distribución de entradas y salidas de módulo IO-D16A3-RO16 y en el Anexo 9 se muestra la hoja de datos de este módulo. [15]

ENTRADAS Y SALIDAS DEL MÓDULO IO-D16A3-RO16		
E. Analógica	E. Digital	S. Digital
3 entradas analógicas	16 Entradas Digitales Incluye 2 de alta velocidad	16 Salidas Digitales a relé

Fuente: El Investigador

En la figura 4.49 se muestra el módulo IO-D16A3-RO16.



Figura 4.49 Módulo IO-D16A3-RO16

Fuente: El Investigador

4.5.9.6 Módulo IO-DI16

Este es un módulo de 16 entradas digitales distribuidas en 2 grupos tipo npn o pnp, se comunica con el PLC a través de un adaptador de expansión, posee un conector que le permite comunicarse entre módulos. En la figura 4.50 se muestra el módulo IO-DI16 y en el Anexo 10 se muestra la hoja de datos de este módulo. [15]



Figura 4.50 Módulo IO-DI16

Fuente: El Investigador

4.5.9.7 Módulo IO-RO16

Este es un módulo de 16 salidas a relé distribuidas en 2 grupos de 8 donde cada grupo puede controlar a elementos de AC o DC, se comunica con el PLC a través de un adaptador de expansión, posee un conector que le permite comunicarse entre módulos. En la figura 4.51 se muestra el módulo IO-RO16 y en el Anexo 11 se muestra la hoja de datos de este módulo. [15]



Figura 4.51 Módulo IO-RO16

Fuente: El Investigador

4.5.9.8 Módulo IO-AI8

Este es un módulo de 8 entradas analógicas, estas pueden ser de voltaje (0-10V) o corriente (0-20mA o 4-20mA) y para establecer esto es necesario ajustar los JUMPERS de acuerdo al manual del equipo, se comunica con el PLC mediante un adaptador de expansión, tiene un punto común cada dos entradas el cual debe estar conectado a la misma señal de 0V del adaptador, donde todos los puntos comunes son un cortocircuito interno. En la figura 4.52 se muestra el módulo IO-AI8 y en el Anexo 12 se muestra la hoja de datos de este módulo [15]



Figura 4.52 Módulo IO-AI8

Fuente: El Investigador

4.5.9.9 Módulo IO-AO6X

Este es un módulo de 6 salidas analógicas, pueden ser de voltaje (0-10V) o corriente (0-20mA o 4-20mA) dependiendo del tipo de elemento que se va a controlar se realiza la conexión, el común a la señal de 0V del adaptador y mediante un adaptador de expansión se conecta con el PLC. En la figura 4.53 se muestra el módulo IO-AO6X y en el Anexo 13 se muestra la hoja de datos de este módulo. [15]



Figura 4.53 Módulo IO-AO6X

Fuente: El Investigador

4.5.9.10 Módulo IO-AI4-AO2

Este es un módulo de 4 entradas analógicas y 2 salidas analógicas, pueden ser de voltaje (0-10V) o corriente (0-20mA o 4-20mA), dependiendo del dispositivo a controlar se realizará el cableado, se conecta al PLC mediante un adaptador de expansión. En la figura 4.54 se muestra el módulo IO-AI4-AO2, en el anexo 14 se muestra la hoja de datos de este módulo [15]



Figura 4.54 Módulo IO-AI4-AO2

Fuente: El Investigador

4.5.10 Asignación de los equipos para cada etapa del sistema

Una vez que se tiene los PLC's, módulos, y equipos de comunicación que se van a utilizar para realizar el control y monitoreo de las válvulas electrónicas y diferentes sensores que intervienen en el proceso de tratamiento del agua, como captar, tratar y distribuir. Se procede a asignar los equipos adecuados para cumplir con el proceso que cada etapa requiere.

En las tablas 4.9, 4.11, 4.13, 4.15, 4.17 se detalla los elementos que se instalaran en cada etapa; y en la tabla 4.19 el número de entradas y salidas necesarias para controlar y monitorear a estos elementos.

En base a este análisis en la tabla 4.26 se tiene la asignación de los equipos para cada etapa incluyendo el equipo de comunicación cuyas características se detallan en la tabla 4.8, información que servirá para la implementación de los tableros de cada sitio.

Tabla 4.26 Asignación de Equipos

ASIGNACION DE EQUIPOS							
Etapa	E. Analógica	S. Analógica	E. Digital	S. Digital	PLC	Módulos (#)	E. Comunicación
Captación	3	1	2	2	V570	V200-18-E3XB (1)	NB-5G25
Planta de Tratamiento	47	25	62	62	V1210	V200-18-E3XB (1) EX-D16A3-TO16 (1) EX-RC1 (1) IO-D16A3-RO16 (1) IO-DI16 (1) IO-RO16 (1) IO-A06X (4) IO-AI8 (5)	NB-5G25
Tanque El Panecillo	6	1	2	2	V570	V200-18-E3XB (1) EX-A2X (1) IO-A14-AO2 (1)	NB-5G25
Tanque El Raposal	4	1	2	2	V570	V200-18-E3XB (1)	NB-5G25
Tanque Los Pinos	4	1	2	2	V570	V200-18-E3XB (1)	NB-5G25
Municipio	0	0	0	0	V1210	V200-18-E3XB (1)	NB-5G25

Fuente: El Investigador

En la tabla 4.26 no se detalla las entradas y salidas que se utilizarán para elementos como selectores, luces piloto, botoneras, ya que esto se detalla en la implementación de los tableros que se trata en el siguiente capítulo.

Esta tabla se utilizará en la realización de los diagramas de control de las etapas del proceso.

4.6 Implementación de los tableros eléctricos con conexión a Válvulas electrónicas, Sensores, y PLC's.

En este punto se detalla la implementación de los tableros eléctricos, con las respectivas conexiones a válvulas, sensores y demás dispositivos que se utilizarán para el correcto funcionamiento del sistema.

Atraves de un análisis se determinó que el sistema tendrá varios modos de funcionamiento, lo primero en establecer es si el control es local o remoto, para después determinar si se desea que el sistema funcione de forma manual o automática, a continuación se detalla los modos de funcionamiento del sistema.

4.6.1 Modos de funcionamiento

4.6.1.1 Modo Local

El modo local permite controlar el sistema desde el módulo HMI que se instala en cada tablero, generalmente este modo es usado para mantenimiento y ajustes, donde el PLC no procesa las instrucciones que son transmitidas desde el computador principal lo que brinda seguridad al operador para manipular diferentes elementos.

4.6.1.2 Modo Remoto

El modo remoto permite controlar el sistema desde el computador principal o a su vez desde el PLC que se instalará en el municipio, de esta forma se podrá monitorear los sensores y manipular las válvulas de cada etapa, es importante operar de este modo la Captación por su lejanía además de los tanques de El Raposal y Los Pinos ya que al ser de reserva no tendrán operadores locales.

4.6.1.3 Modo Manual

El modo manual permite controlar el sistema desde el módulo HMI, donde el operador manipula las válvulas dependiendo de los parámetros y las necesidades que tenga el sistema, y de esta forma lograr captar, tratar y distribuir correctamente el agua.

4.6.1.4 Modo Automático

El modo automático controla el sistema en función del estado de las variables relacionadas a los sensores de nivel, caudal, turbidez; donde mediante un monitoreo los PLC's actúan sobre las válvulas para que las variables lleguen al valor deseado.

En función de esto se establecerán los diagramas P&ID (Piping and Instrumentation Diagram) basado en la norma ANSI/ISA S5.1 – S5.3, donde se establece la forma de conexión que tendrán los elementos que se instalaron en cada etapa y utilizando los tipos de control que se menciona en el punto 4.5 controlar de forma adecuada el sistema.

4.6.2 Que es un diagrama P&ID

Los diagramas P&ID es un sistema normalizado de representación de instrumentos formados por ordenadores, controladores programables, miniordenadores y sistemas a microprocesadores que disponen de control compartido, visualización compartida y otras características de interface. [16]

Donde el objetivo principal es la interconexión de los elementos a través de una simbología especial, que permita entender y satisfacer los requerimientos necesarios para la representación simbólica de las funciones de una forma clara que facilite el entendimiento de los sistemas de control. [16]

Tabla 4.27 se detalla la definición de letras que se emplean en la identificación funcional de nuestro sistema basado en la norma ISA S5.1 [16]

DEFINICIÓN DE LETRAS EMPLEADAS EN IDENTIFICACIÓN DE UN INSTRUMENTO					
LETRA	1° LETRA	2° LETRA	3° LETRA	4° LETRA	5° LETRA
	Variable o medida de inicio de información	Letra modificante	Función de lectura pasiva	Función de salida	Letra modificante
A	Análisis		Alarma		
E	Voltaje		Elemento primario (sensor)		
F	Flujo	razón o fracción			
I	Corriente		Indicación		
L	Nivel		Luz piloto		Bajo
Y	Libre			Relé, conversor, computador	
Z	Posición			Actuar Operar Elemento final de control	

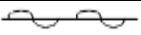
Fuente: El Investigador

Se debe considerar que todas las letras deben ser mayúsculas, y que un instrumento ocupa de 2 a 5 letras.

4.6.2.1 Representación de líneas e Instrumentos

Según la normativa ISA S5.1 se representa líneas de conexión y los instrumentos según indica la tabla 4.28.

Tabla 4.28 Representación de líneas e instrumentos [16]

REPRESENTACIÓN DE LINEAS E INSTRUMENTOS	
Descripción	Símbolo
Tubería de proceso (Línea de Proceso)	
Señal neumática	
Señal Eléctrica	
Señal Hidráulica	
Señal Acústica	
Instrumento descrito por Hardware	
Función realizada por software en dispositivo inteligente	
Lógica de trabajo relativa al instrumento	

Fuente: El Investigador

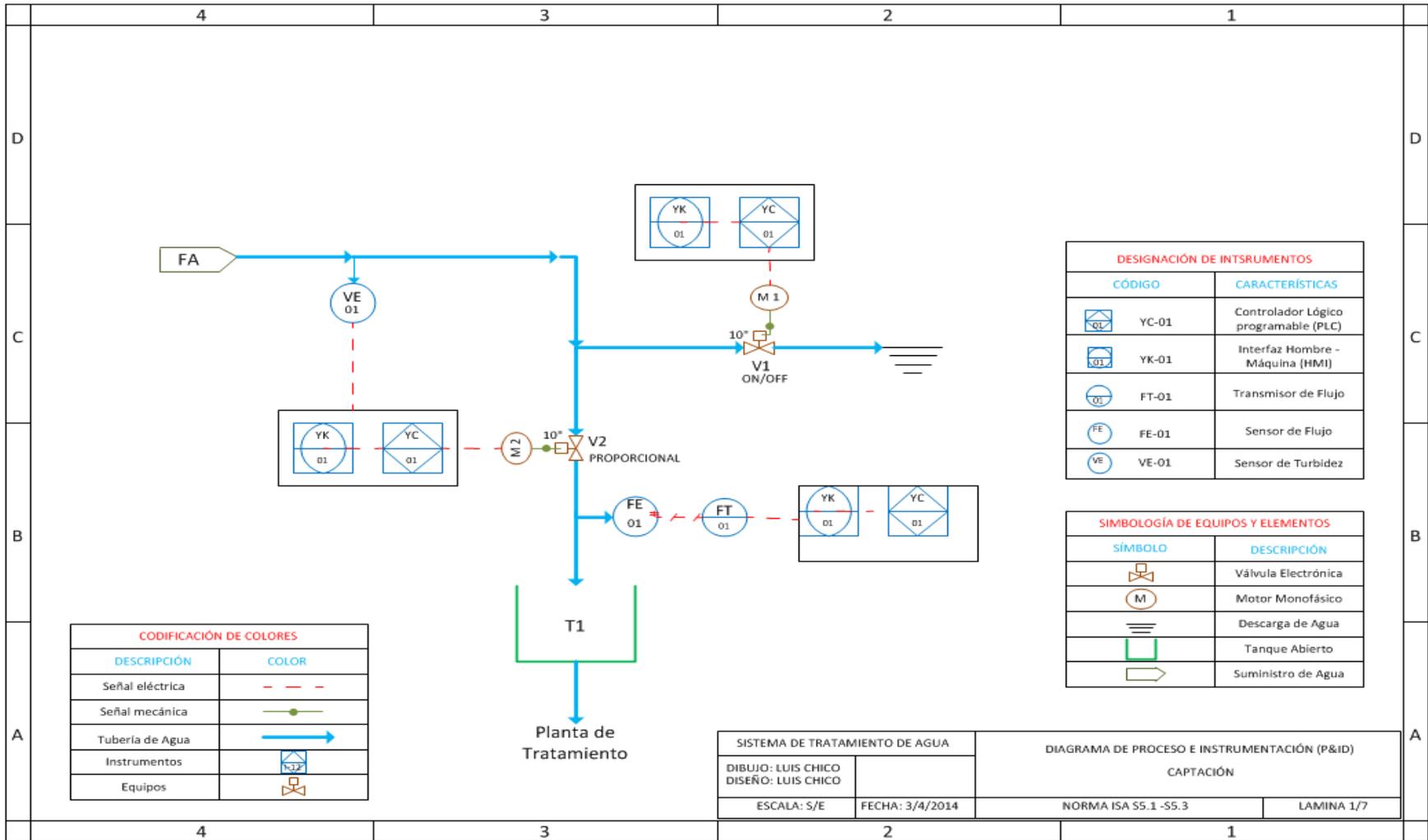
Una vez que se determinó la forma de nombrar e identificar a los elementos, y la representación de las líneas que unen los instrumentos, se detalla una nomenclatura basada en gráficos y colores que facilitarán la interpretación de los diagramas correspondientes a cada etapa del proceso.

4.6.3 Diagramas P&ID

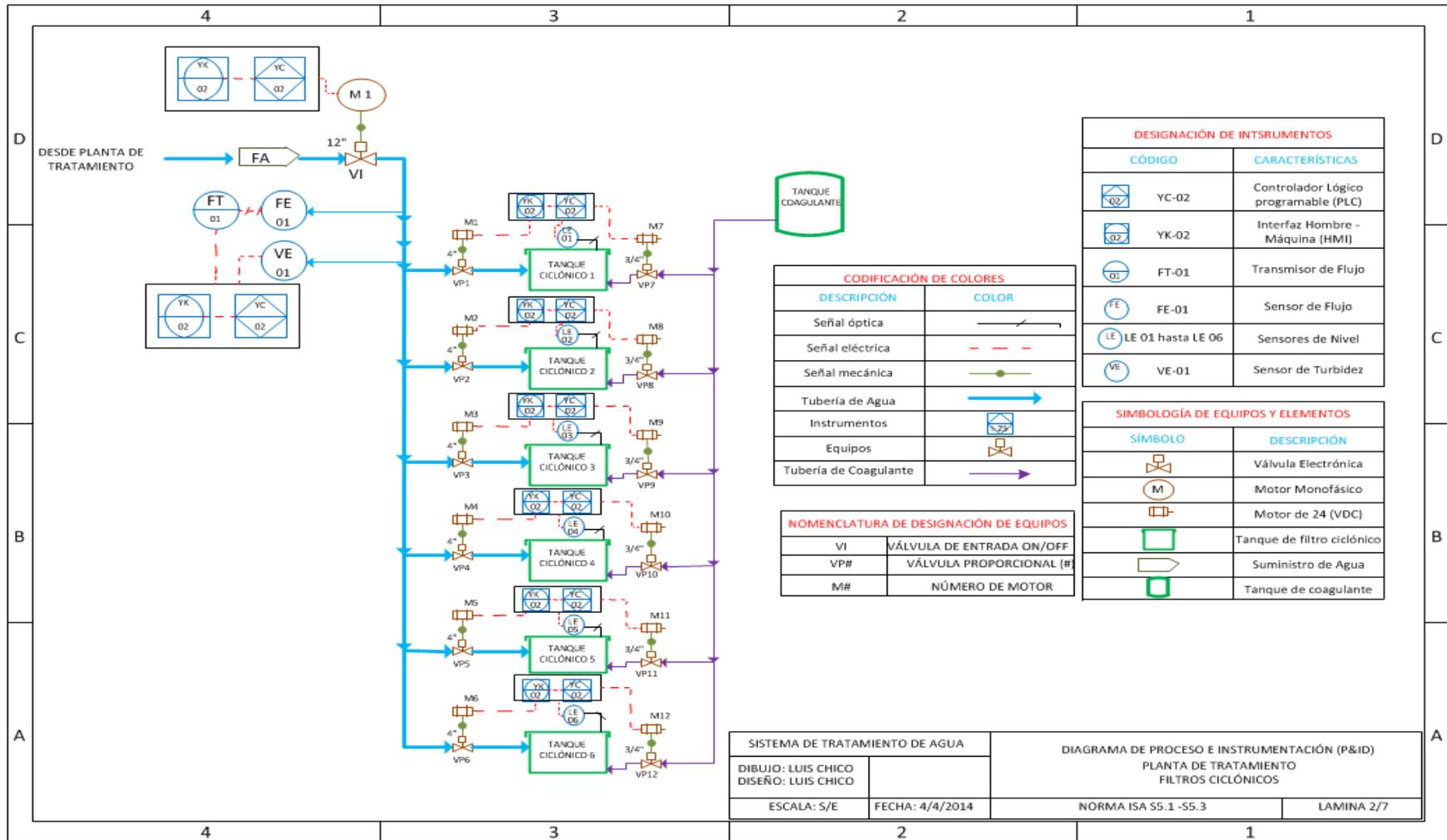
Se realizará los diagramas P&ID, donde se representa los instrumentos, equipos, y elementos que intervienen para controlar cada etapa, además se muestra la forma de conexión y la función que cumplen en el proceso.

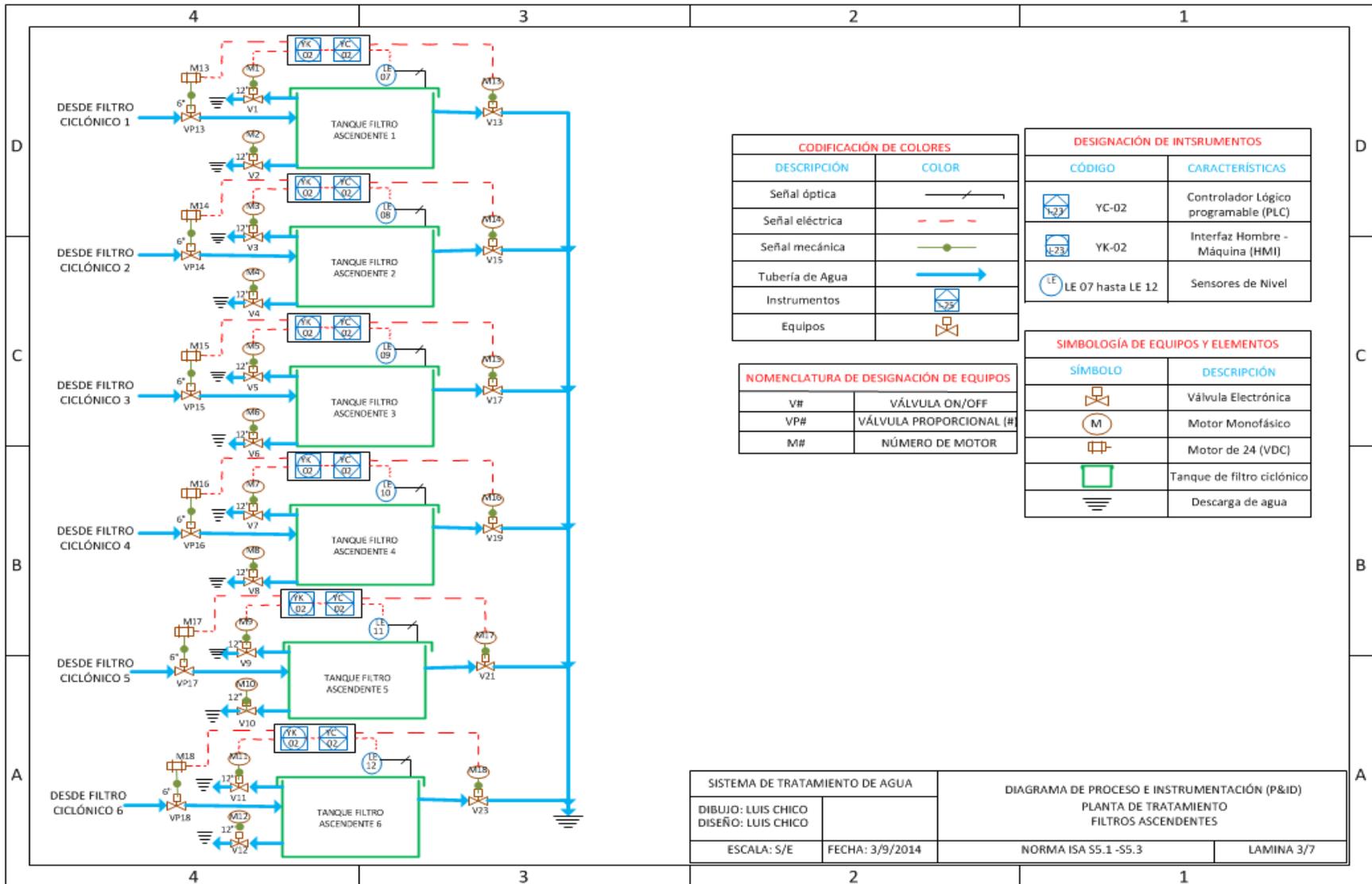
Adicionalmente en cada lámina se detallará la nomenclatura para designar a cada instrumento, la simbología para identificación de equipos y elementos.

Diagrama P&ID Captación



Diagramas P&ID Planta de Tratamiento





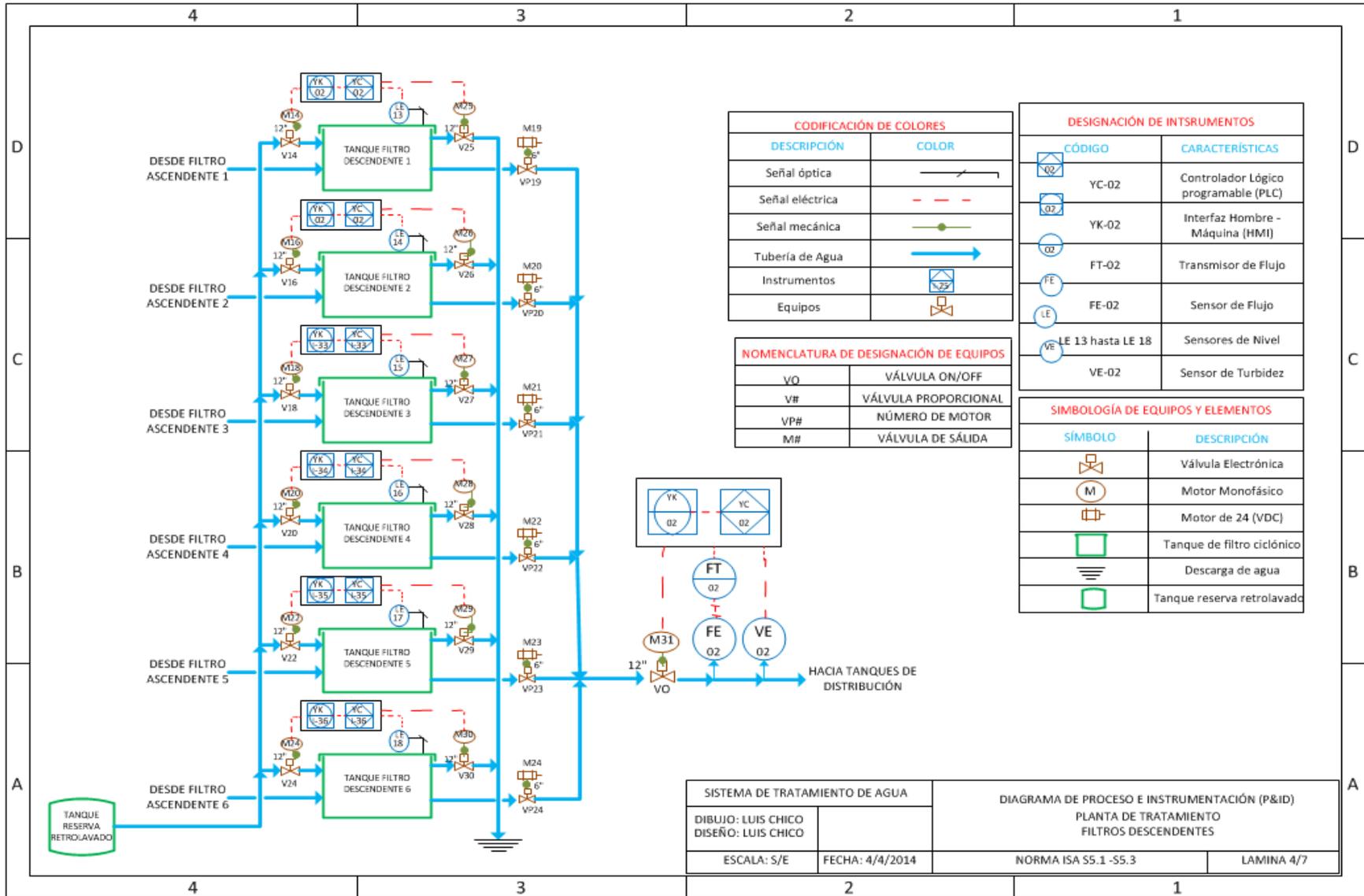


Diagrama P&ID Tanque El Panecillo

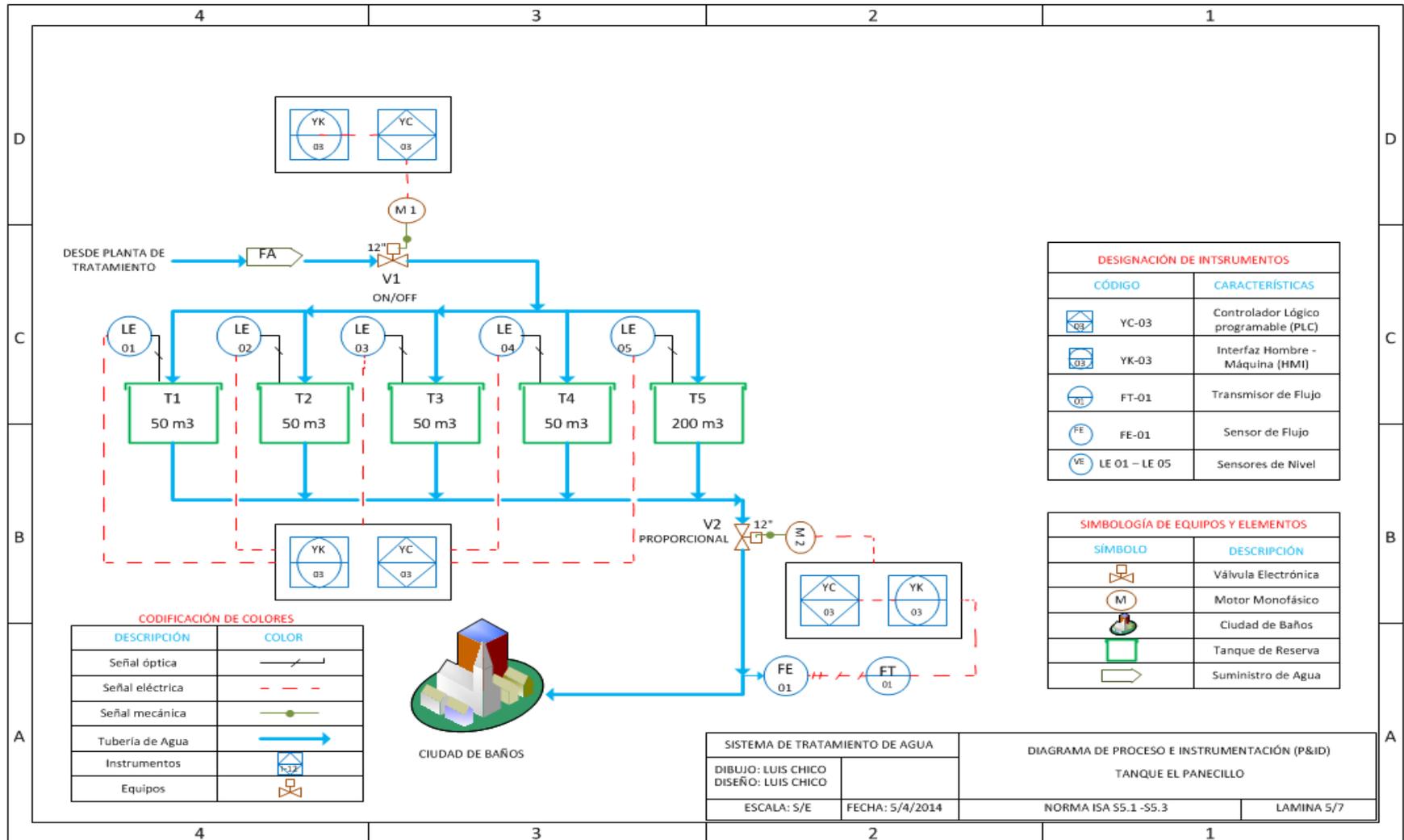


Diagrama P&ID Tanque El Raposal

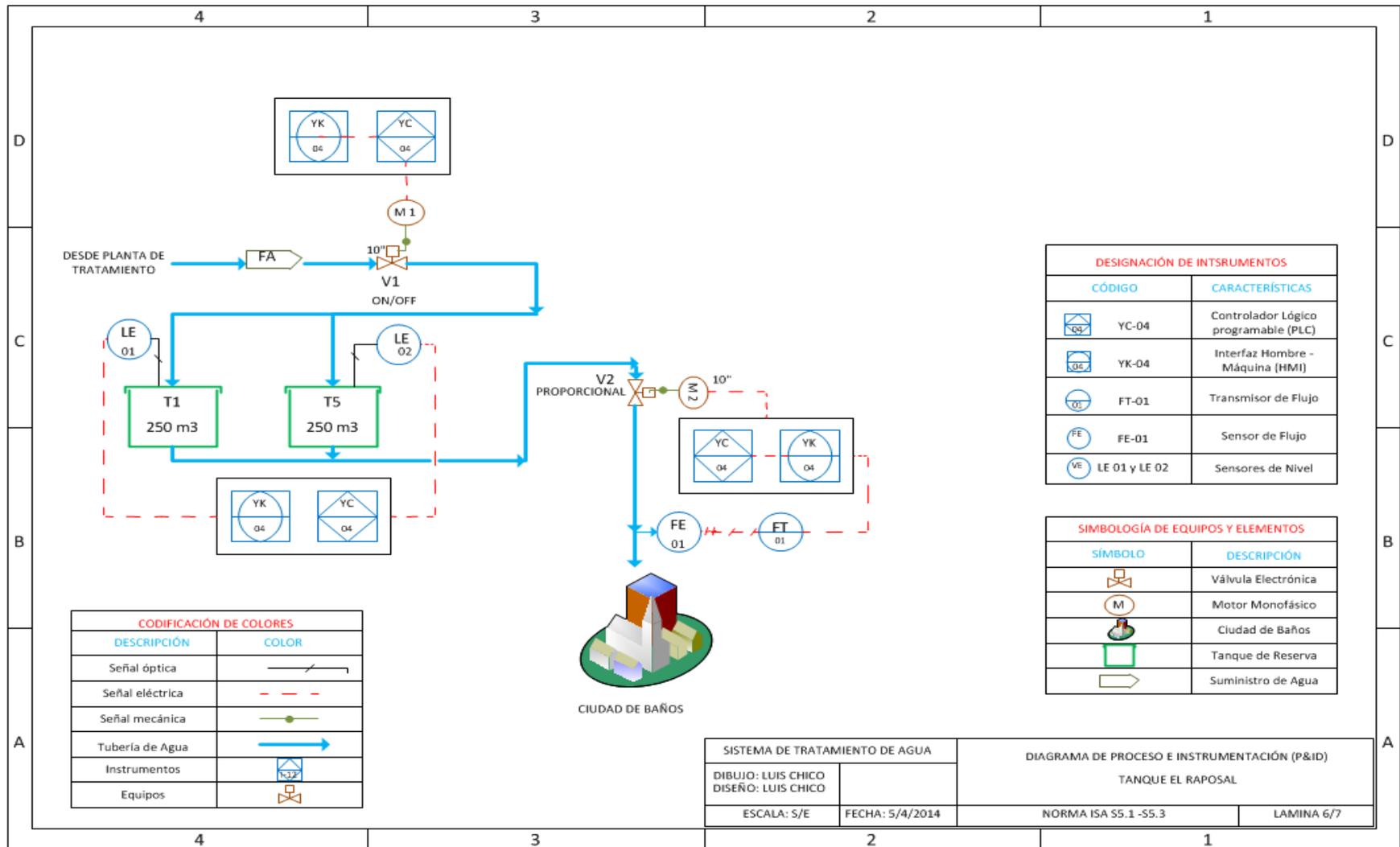
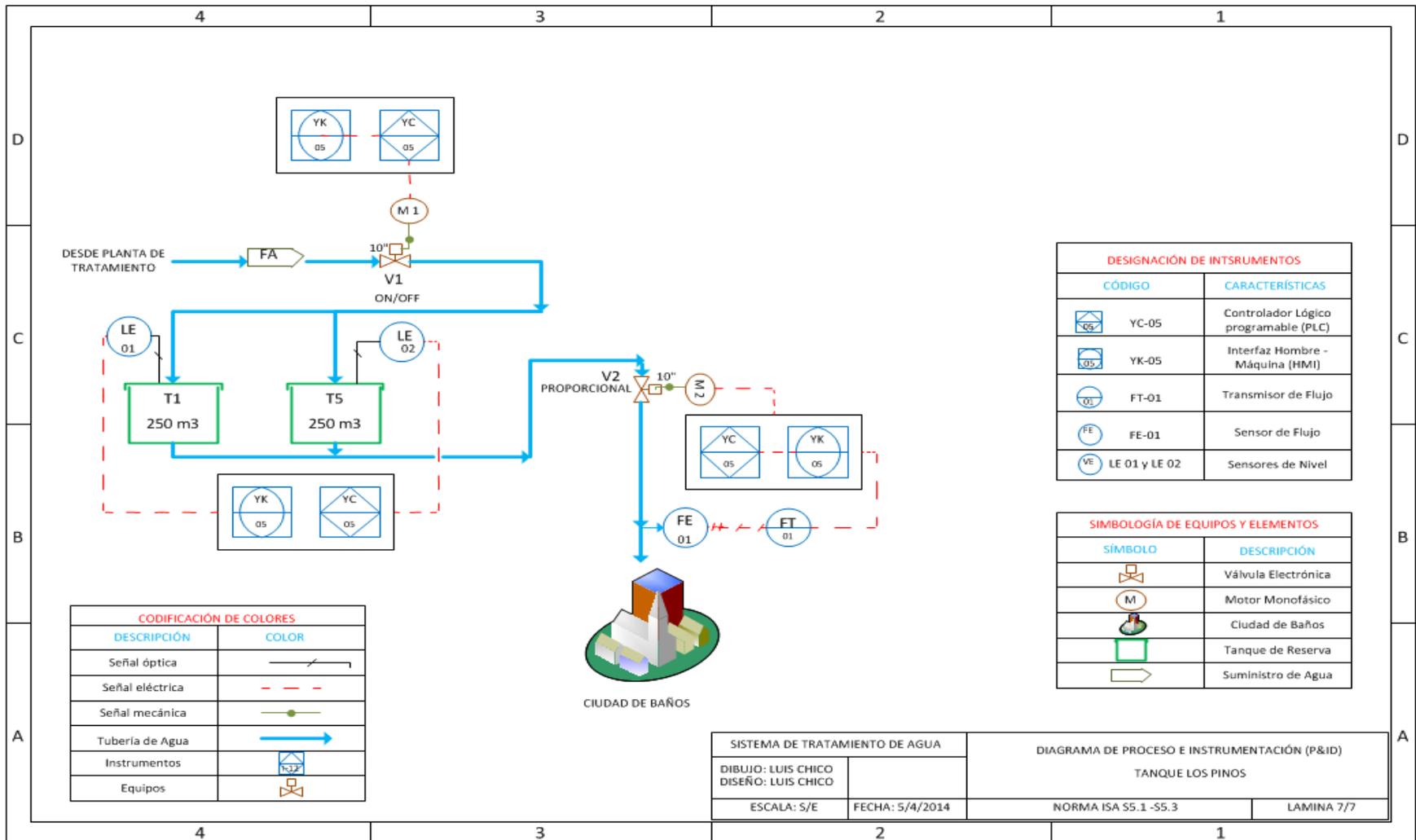


Diagrama P&ID Tanque Los Pinos



En base a la designación de instrumentos que se detallan en las láminas de los diagramas P&ID, se realizó la tabla 4.29 con la denominación que se les dio a los PLCs y HMI de cada etapa del proceso de tratamiento, se incluye al Municipio ya que será de donde remotamente se controla el sistema aunque localmente no controla ningún dispositivo.

Tabla 4.29 Denominación de Instrumentos

DENOMINACIÓN DE INSTRUMENTOS		
ETAPA	PLC	HMI
Captación	YC-01	YK-01
Planta de Tratamiento	YC-02	YK-02
Tanque El Panecillo	YC-03	YK-03
Tanque El Raposal	YC-04	YK-04
Tanque Los Pinos	YC-05	YK-05
Municipio	YC-06	YK-06

Fuente: El Investigador

4.6.4 Diagramas Eléctricos

En este punto se realizará los diagramas eléctricos donde se detalla circuitos de control, protecciones y alimentación, para los tableros de control de la Captación, Planta de Tratamiento, Tanque El Panecillo, El Raposal y Los Pinos.

Además se realizará el diseño de los tableros intermedios que distribuyen los cables de voltaje y de control a cada sección de la planta, logrando ordenar por el tipo de filtros y por tanques el cableado.

Antes de realizar los diagramas es necesario establecer otros componentes que no se tomó en cuenta, en la distribución de entradas y salidas que indica la tabla 4.19, para la operación de los tableros se tendrá selectores, luces piloto y paro de emergencia, lo que ayudará al operador a controlar de mejor manera el sistema.

En la tabla 4.30 se detalla la distribución de entradas y salidas correspondientes a cada elemento para operar los tableros de la Captación, Tanques y Municipio. No se establece en esta lista la Planta de Tratamiento ya que el control se dará por botones virtuales en la pantalla HMI del PLC V1210.

Tabla 4.30 Elementos de Operación de tableros

ELEMENTOS DE OPERACIÓN DE TABLEROS			
ELEMENTO	FUNCIÓN	E. DIGITAL	S.DIGITAL
Selector 3 posiciones	Permite elegir si el control es local o remoto	2	
Selector 2 posiciones	Permite elegir si se controla manual o automático	1	
Selector 2 posiciones	Permite activar o desactivar el sistema	1	
Luz indicadora	Se enciende cuando el sistema está en modo local		1
Luz indicadora	Se enciende cuando el sistema está en modo remoto		1
Paro de emergencia	Desactiva el sistema	1	

Fuente: El Investigador

En los diagramas unifilares se detallan los diferentes elementos que se utilizan para protección, en la tabla 4.31 se indica la descripción de los elementos de los tableros de la Captación, Municipio y Tanques de distribución.

Tabla 4.31 Símbolos diagrama Unifilar

SIMBOLOS DIAGRAMA UNIFILAR	
SIMBOLOS	DESCRIPCION
CB1	breaker para línea de la EEASA
CB2	breaker principal del tablero
CB3	breaker alimentación válvula de entrada
CB4	breaker alimentación válvula de salida
E1	Fusible protección para Fase
E2	Fusible protección para neutro
E3	Fusible protección para 24VDC
E4	Fusible protección para 0VDC
FA	Fuente de alimentación

Fuente: El Investigador

Tabla 4.32 Símbolos de diagrama unifilar de la Planta de Tratamiento

SIMBOLOS DIAGRAMA UNIFILAR	
SIMBOLOS	DESCRIPCION
CB1	breaker para fase 1 de la EEASA
CB2	breaker para fase 2 de la EEASA
CB3	breaker principal
CB4 – CB7	Breakers de alimentación de válvulas y sensores
E1	Fusible protección para Fase
E2	Fusible protección para neutro
E3	Fusible protección para 24VDC
E4	Fusible protección para 0VDC
FA	Fuente de alimentación

Fuente: El Investigador

Diagrama Eléctrico Unifilar para Captación y Tanques de distribución.

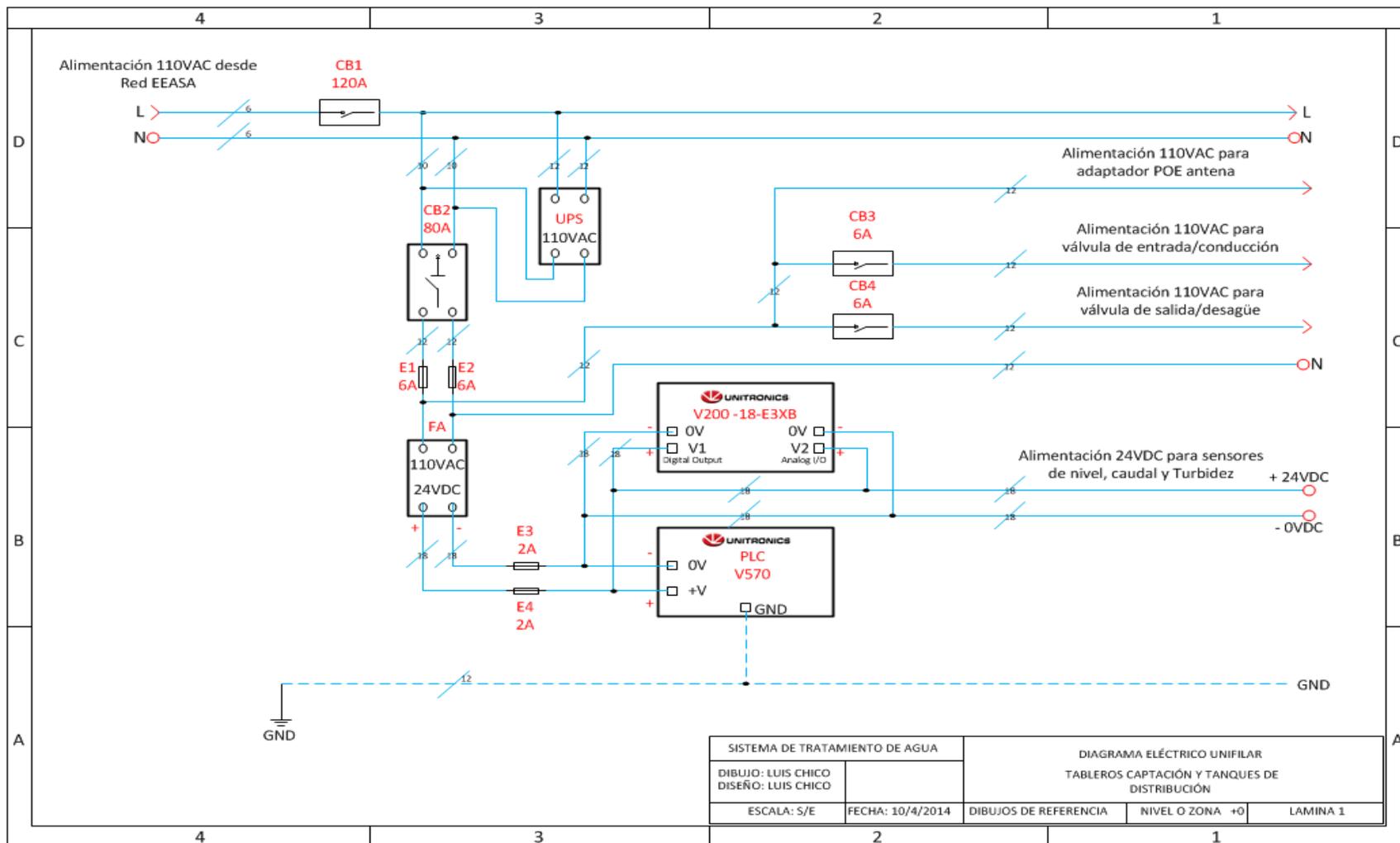


Diagrama Eléctrico Unifilar Planta de Tratamiento

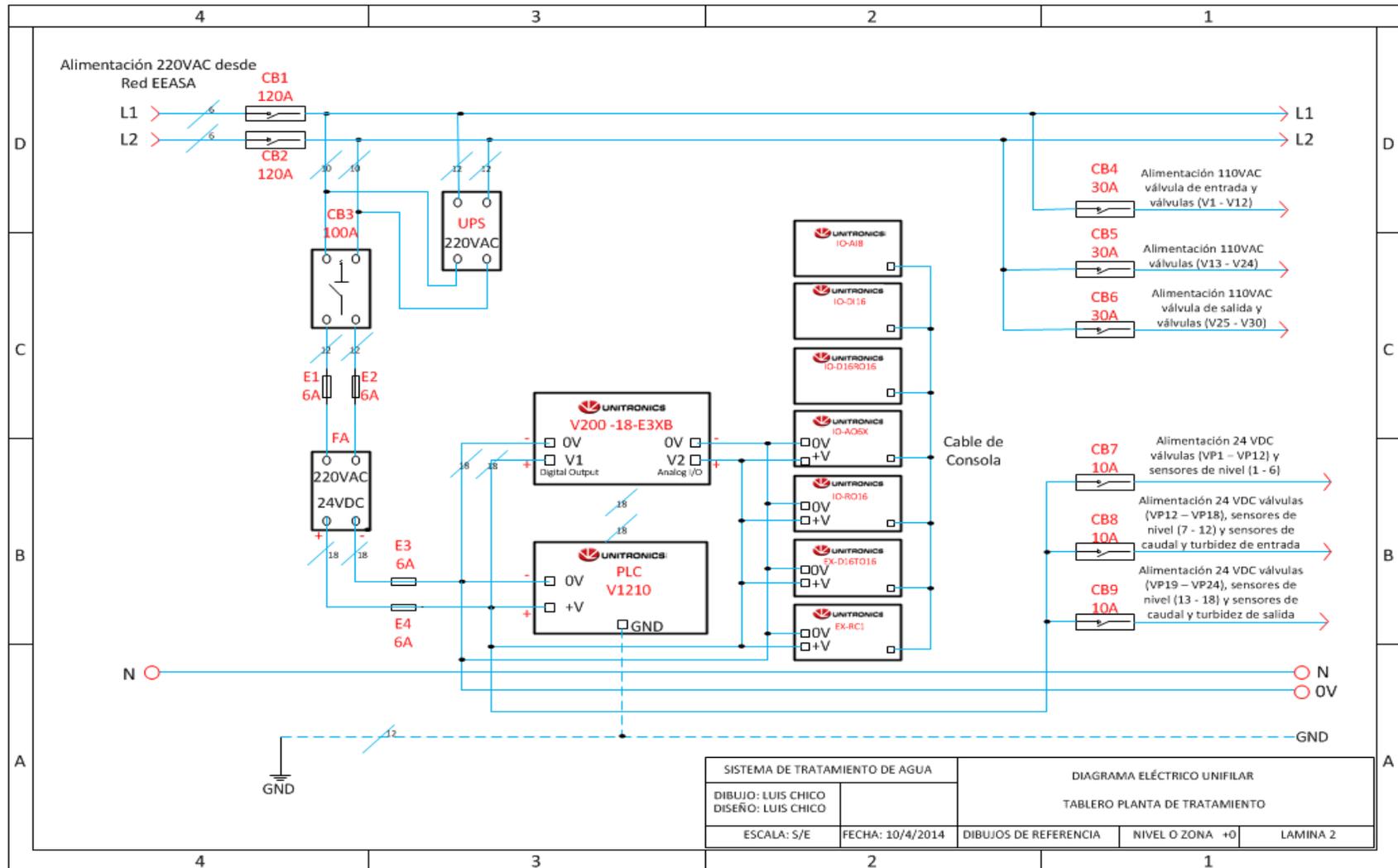


Diagrama Eléctrico de control de la Captación

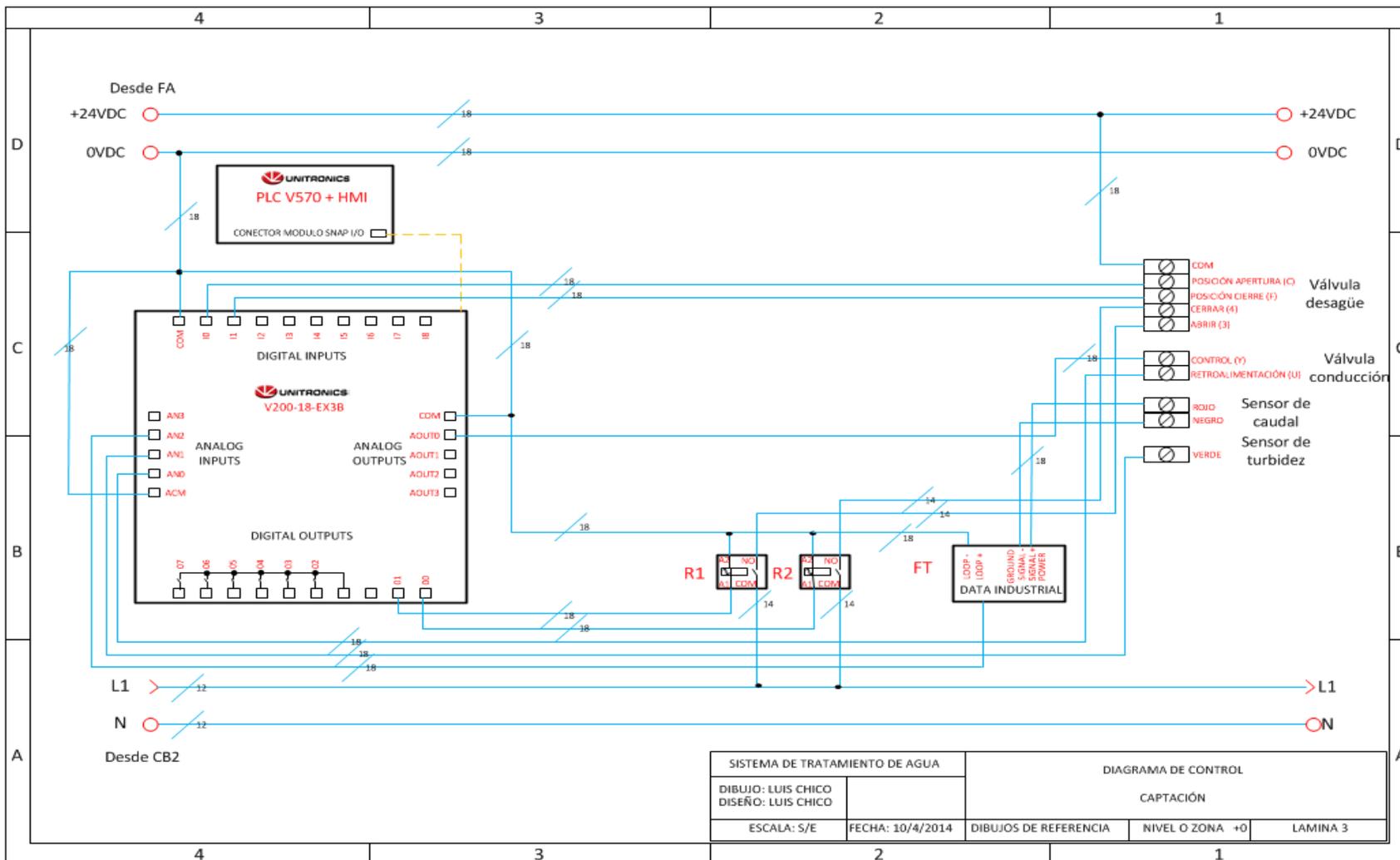


Diagrama Eléctrico de control de los tanques El Raposal y los Pinos

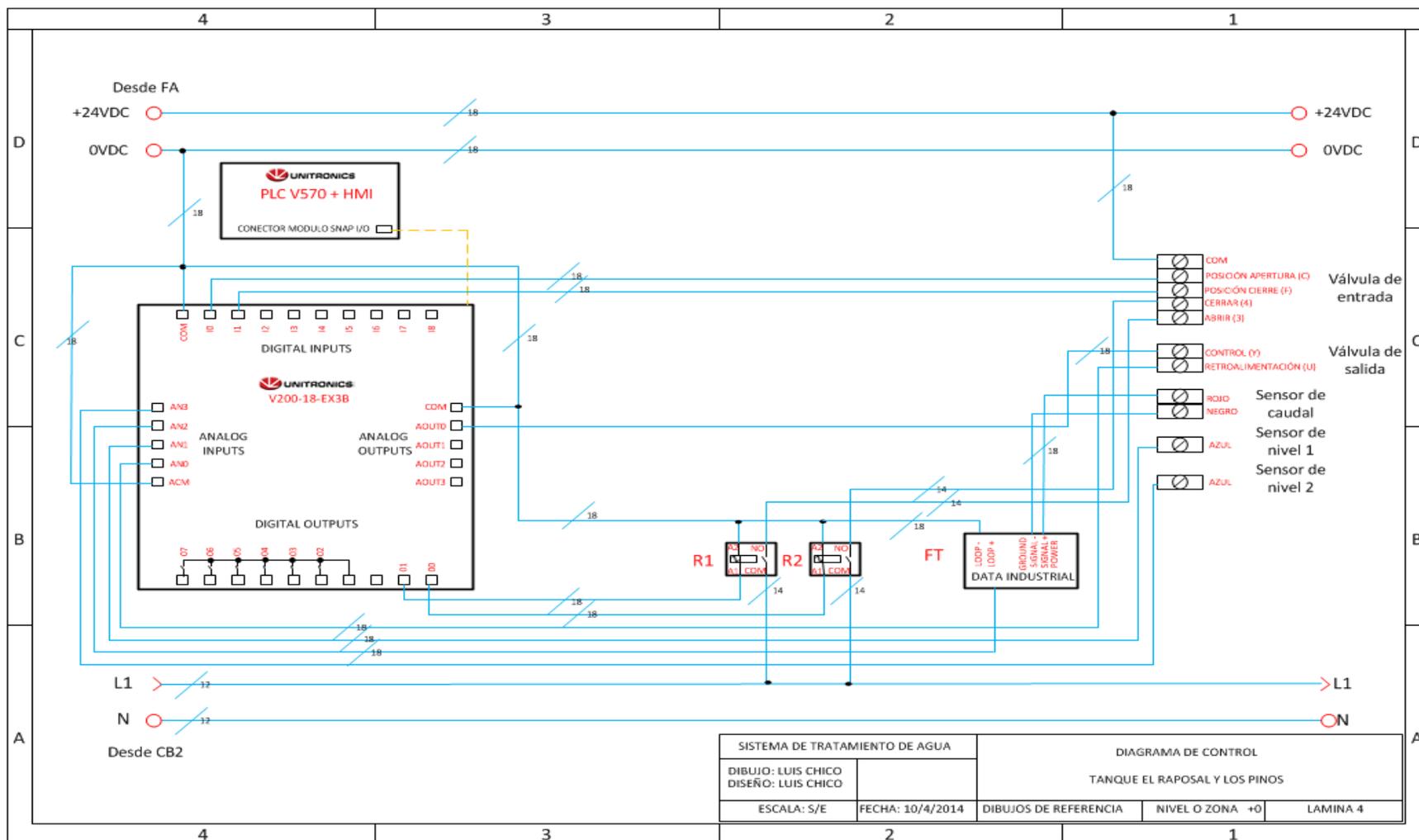


Diagrama Eléctrico de control del tanque El Panecillo

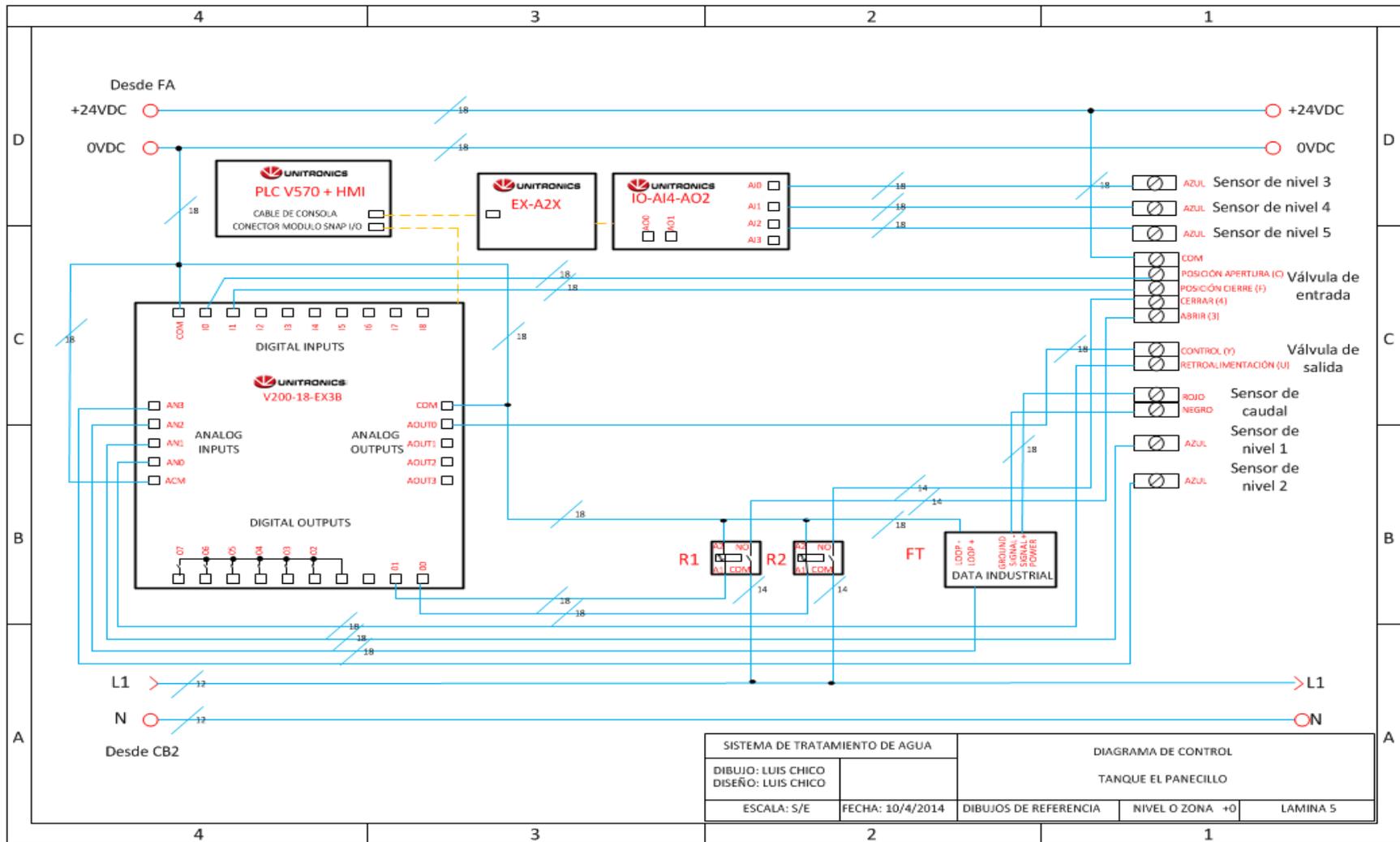


Diagrama Eléctrico de control válvulas (V18 – V25) de Planta de Tratamiento

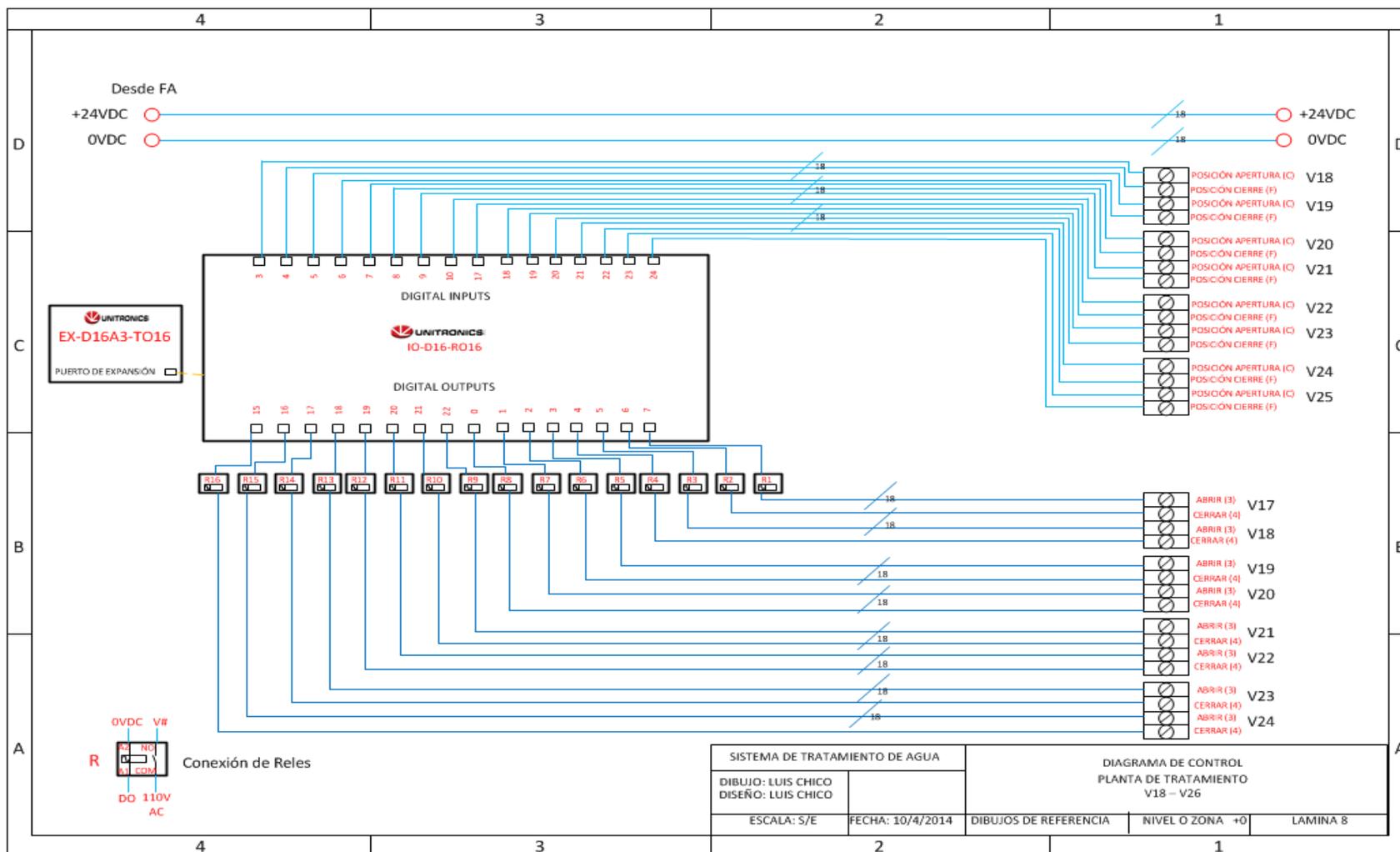


Diagrama Eléctrico de control válvulas (V26 – V30) de Planta de Tratamiento

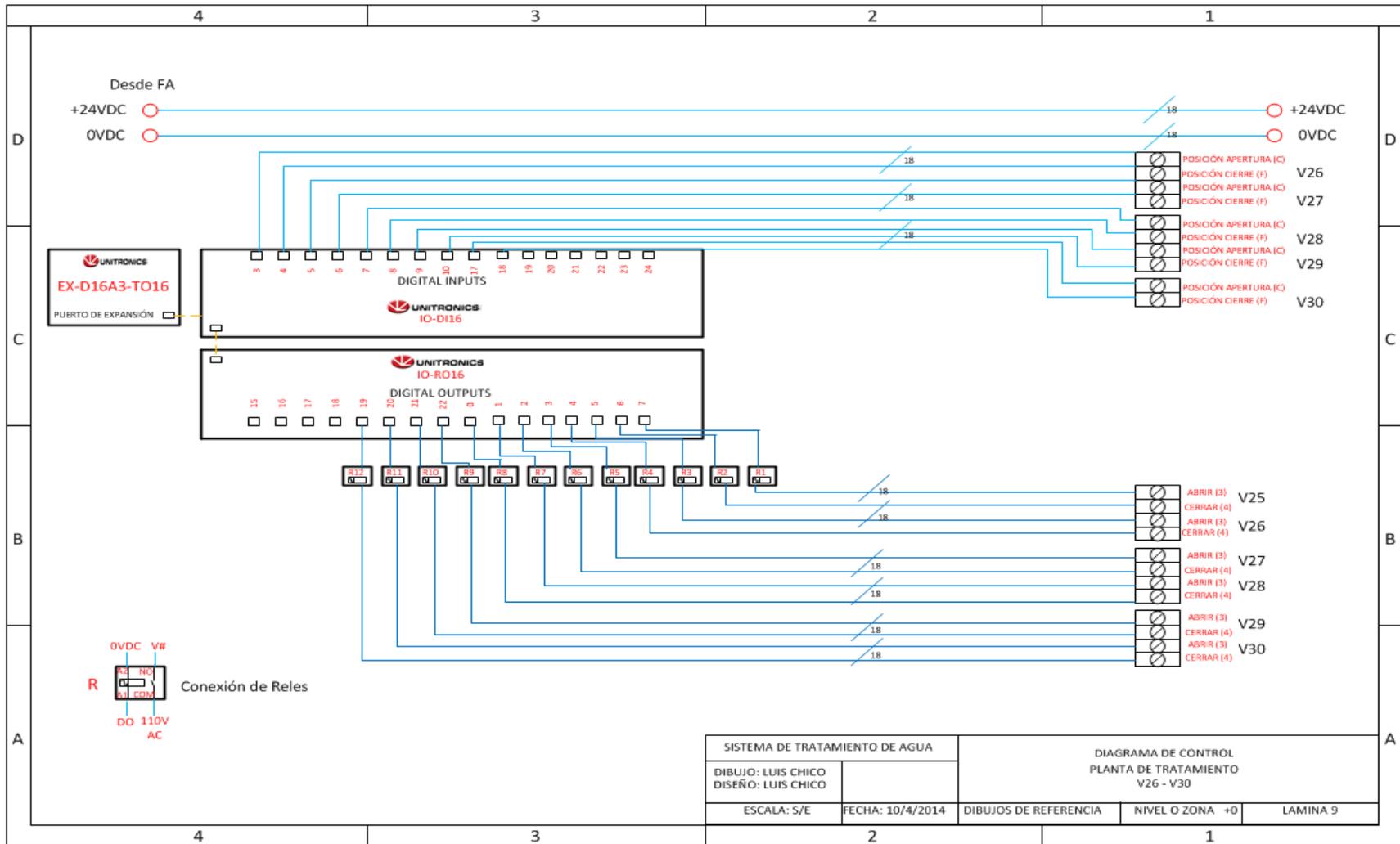


Diagrama Eléctrico de control válvulas (VP1 – VP12) de Planta de Tratamiento

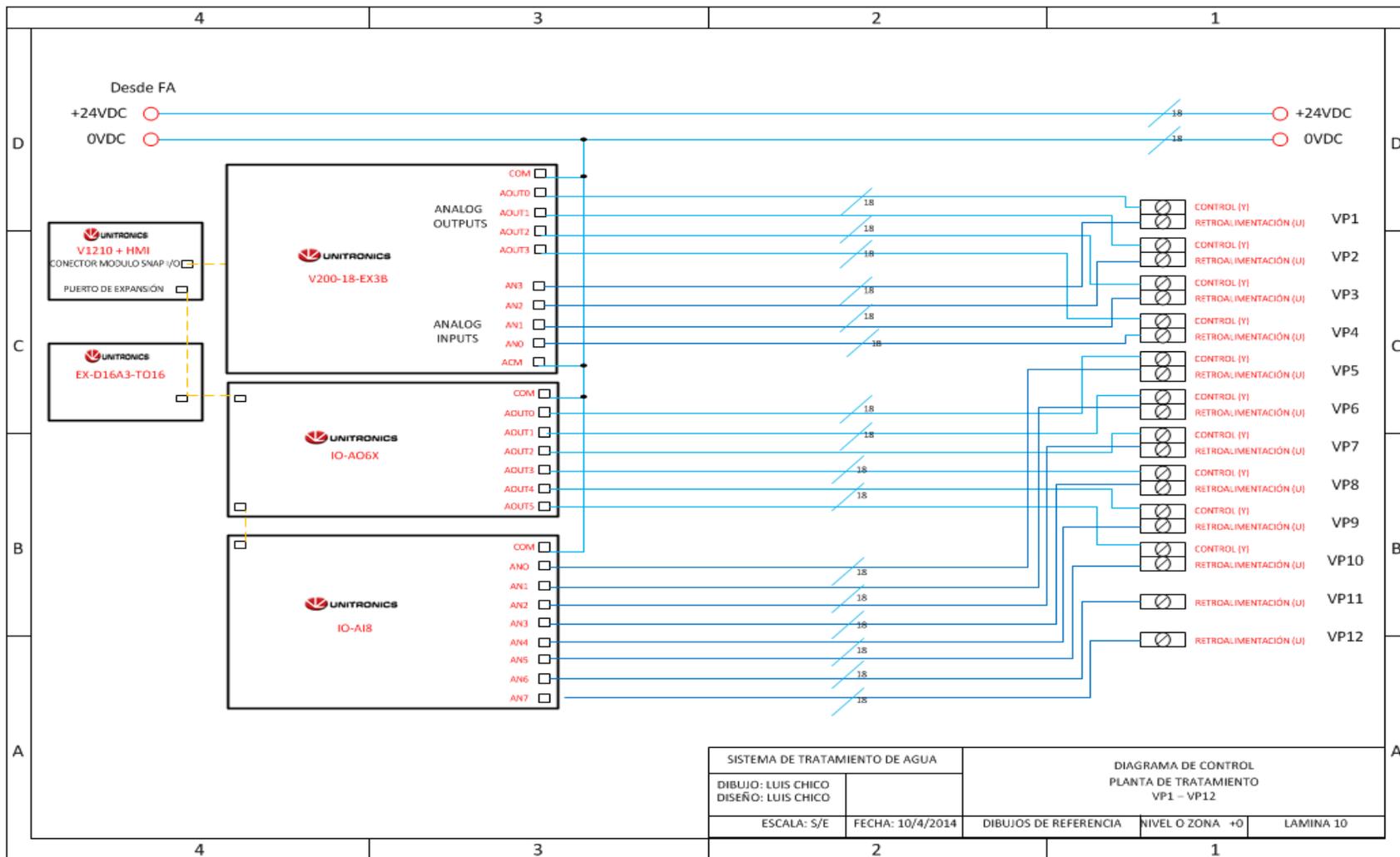


Diagrama Eléctrico de control válvulas (VP11 – VP20) de Planta de Tratamiento

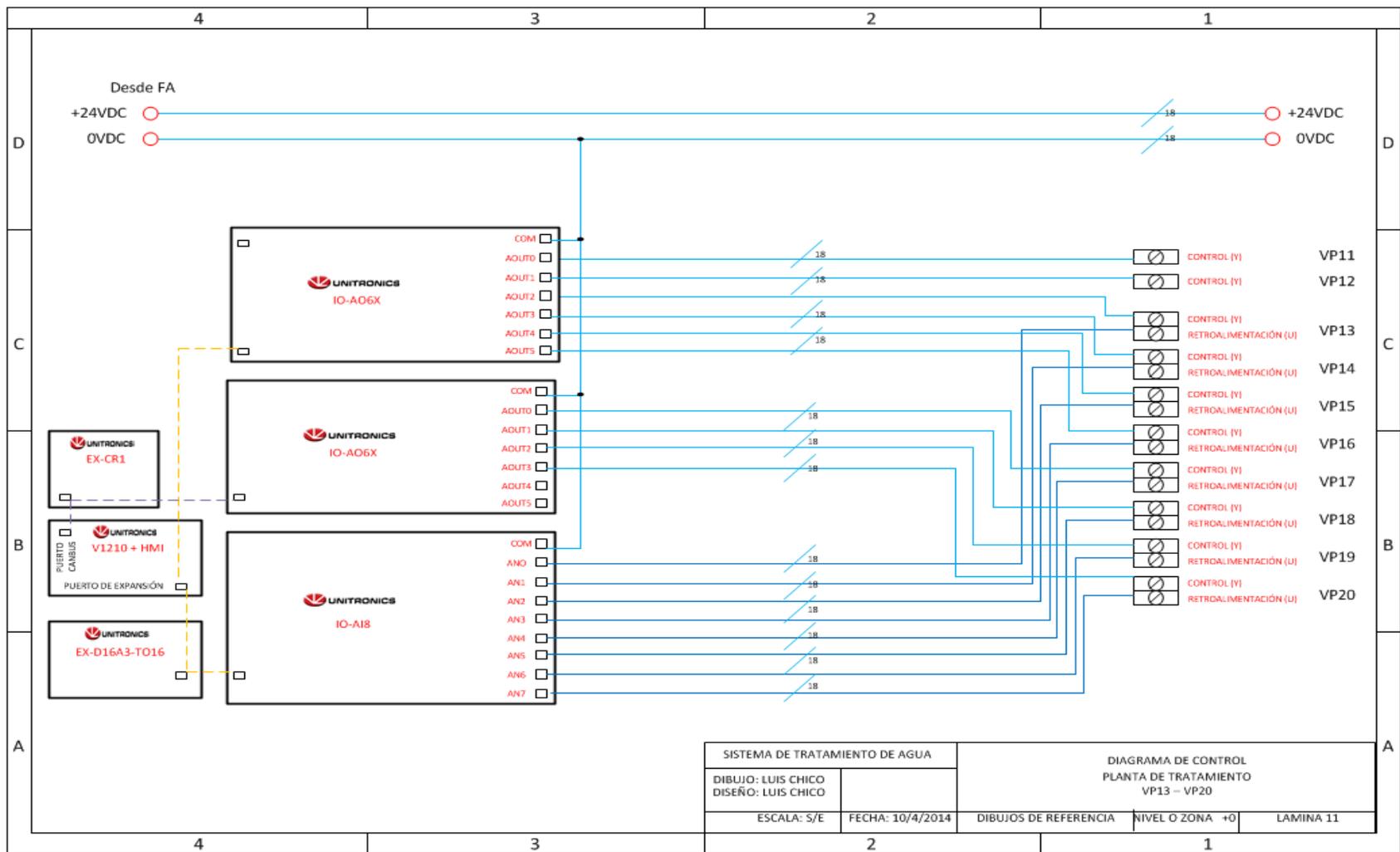


Diagrama Eléctrico de control válvulas (VP21 – VP24) de Planta de Tratamiento

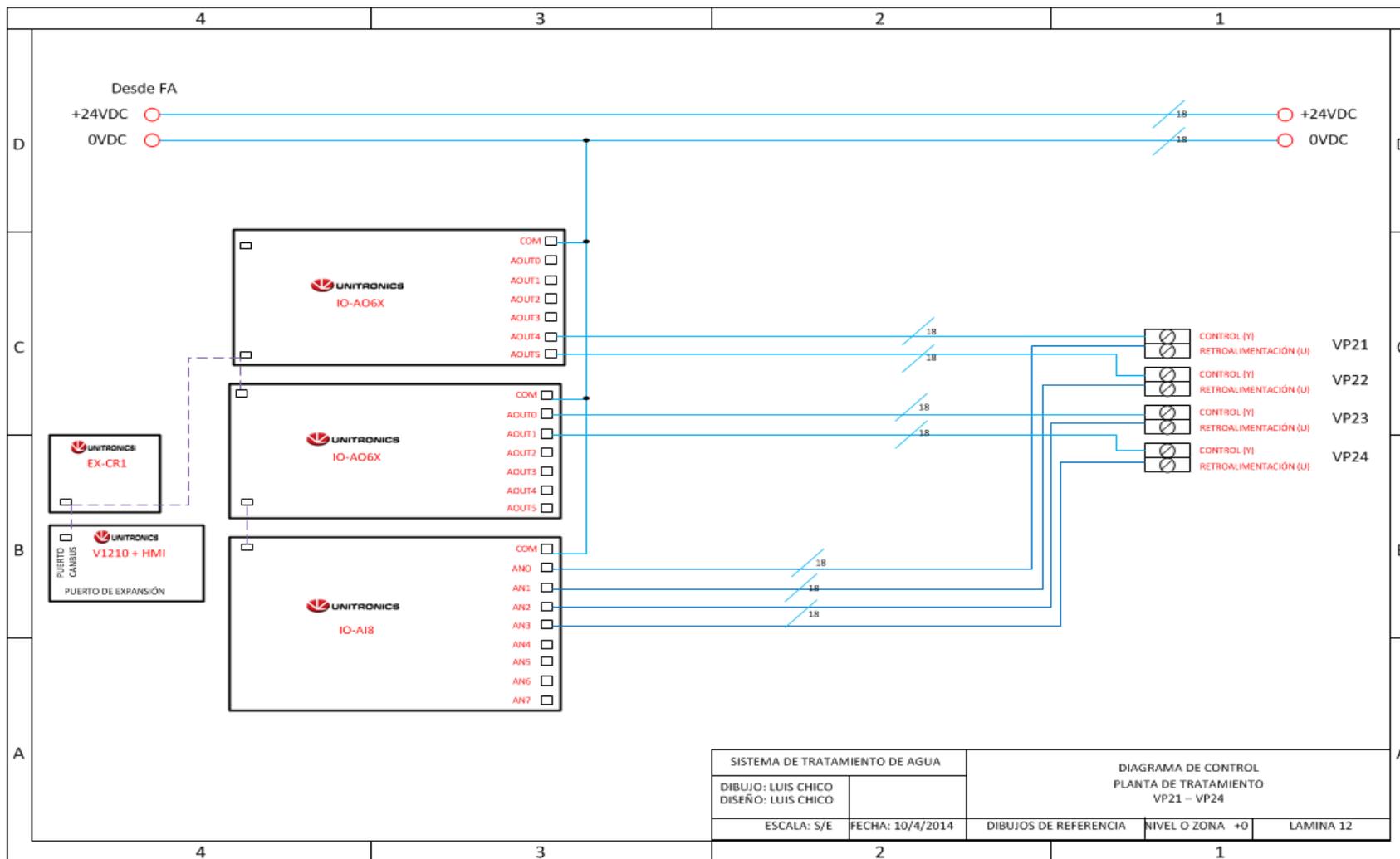


Diagrama Eléctrico de control sensores de nivel Planta de Tratamiento

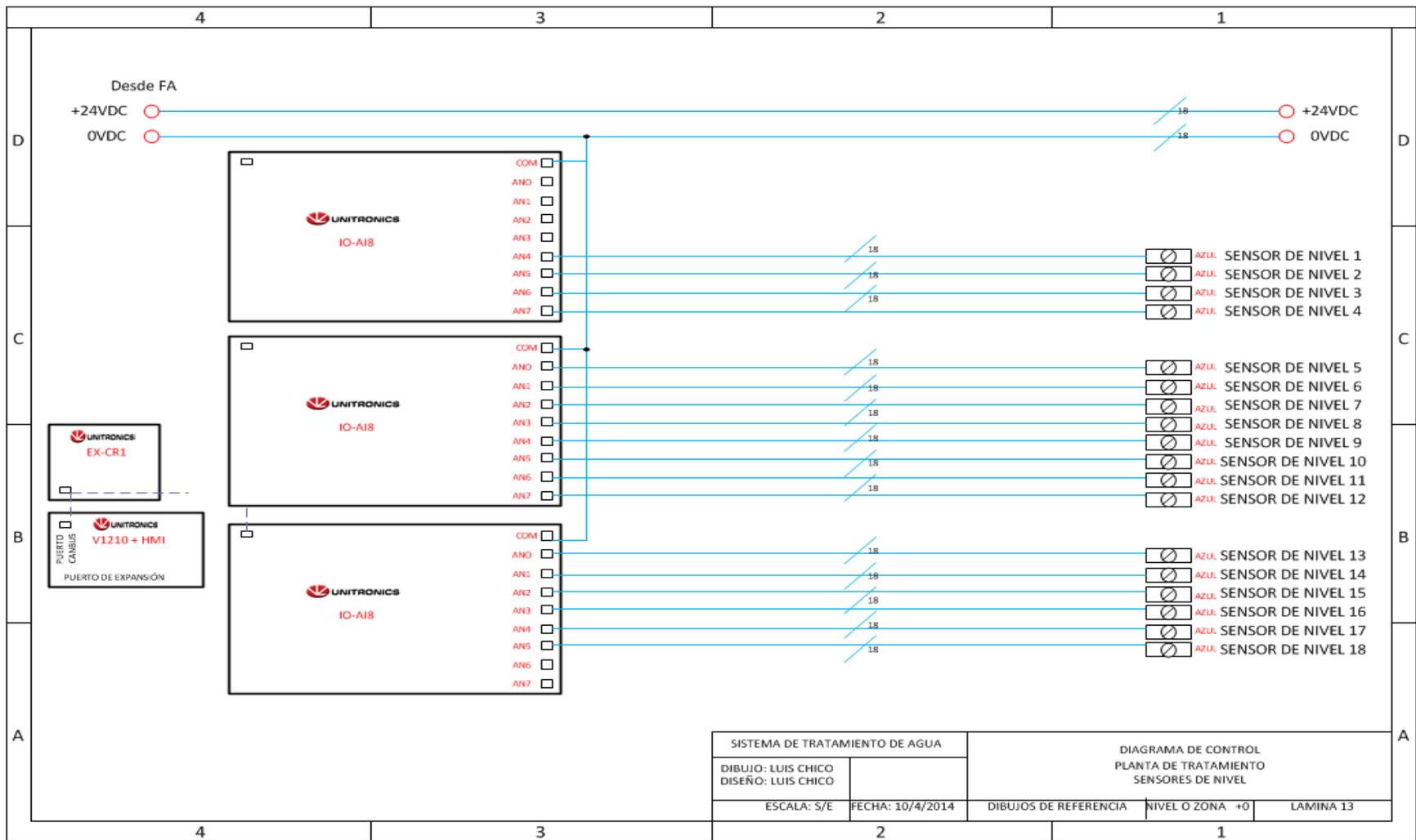
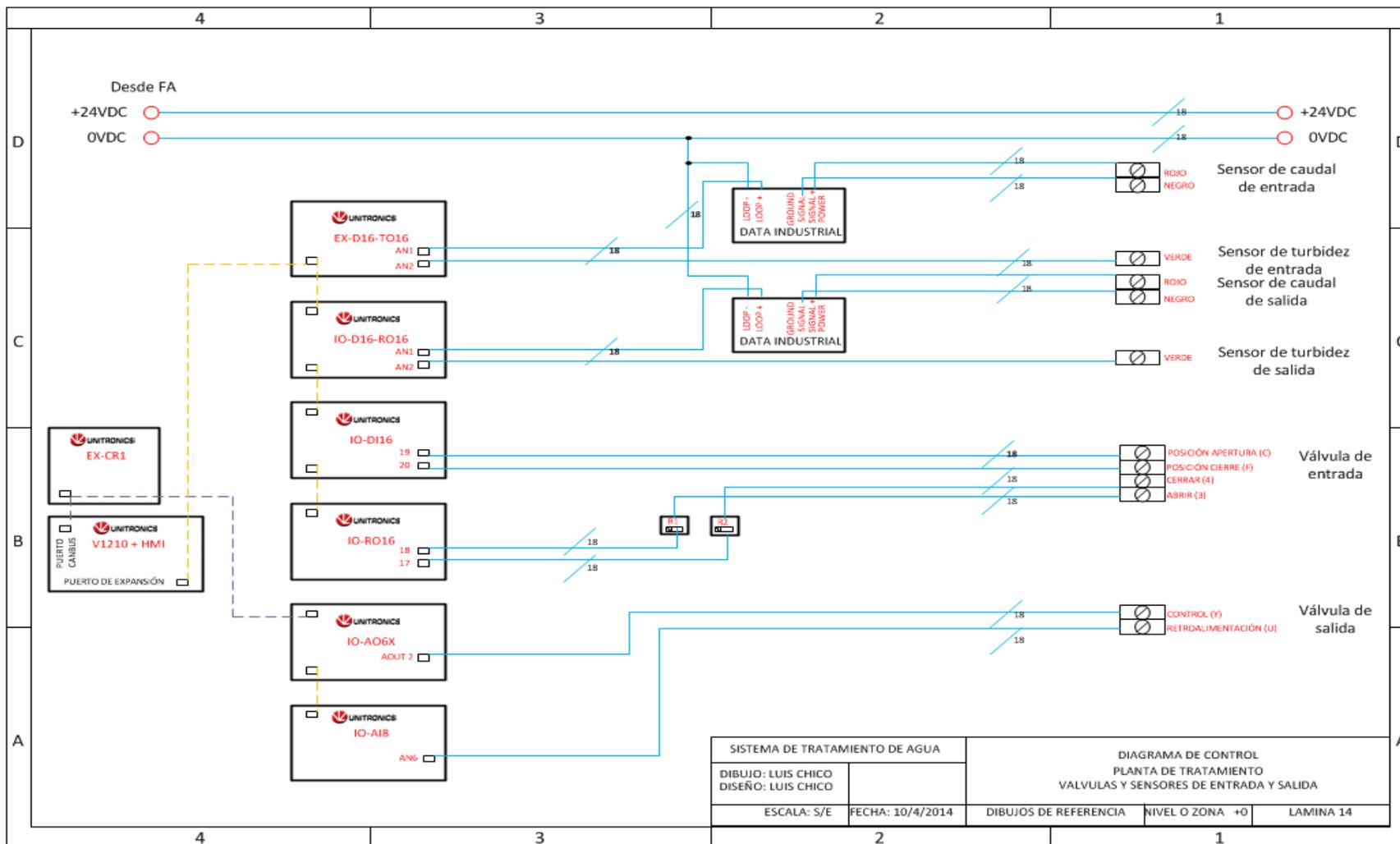


Diagrama Eléctrico de control válvulas y sensores de entrada – salida de Planta de Tratamiento



4.6.5 Implementación de Tableros y Cableado de dispositivos

Una vez que se diseñaron los diagramas P&ID y eléctricos de las etapas que controlan el proceso de tratamiento del agua, se realizará la implementación de los tableros, en la tabla 4.33 se detalla los elementos que componen cada uno de ellos.

Tabla 4.33 Componentes de tableros

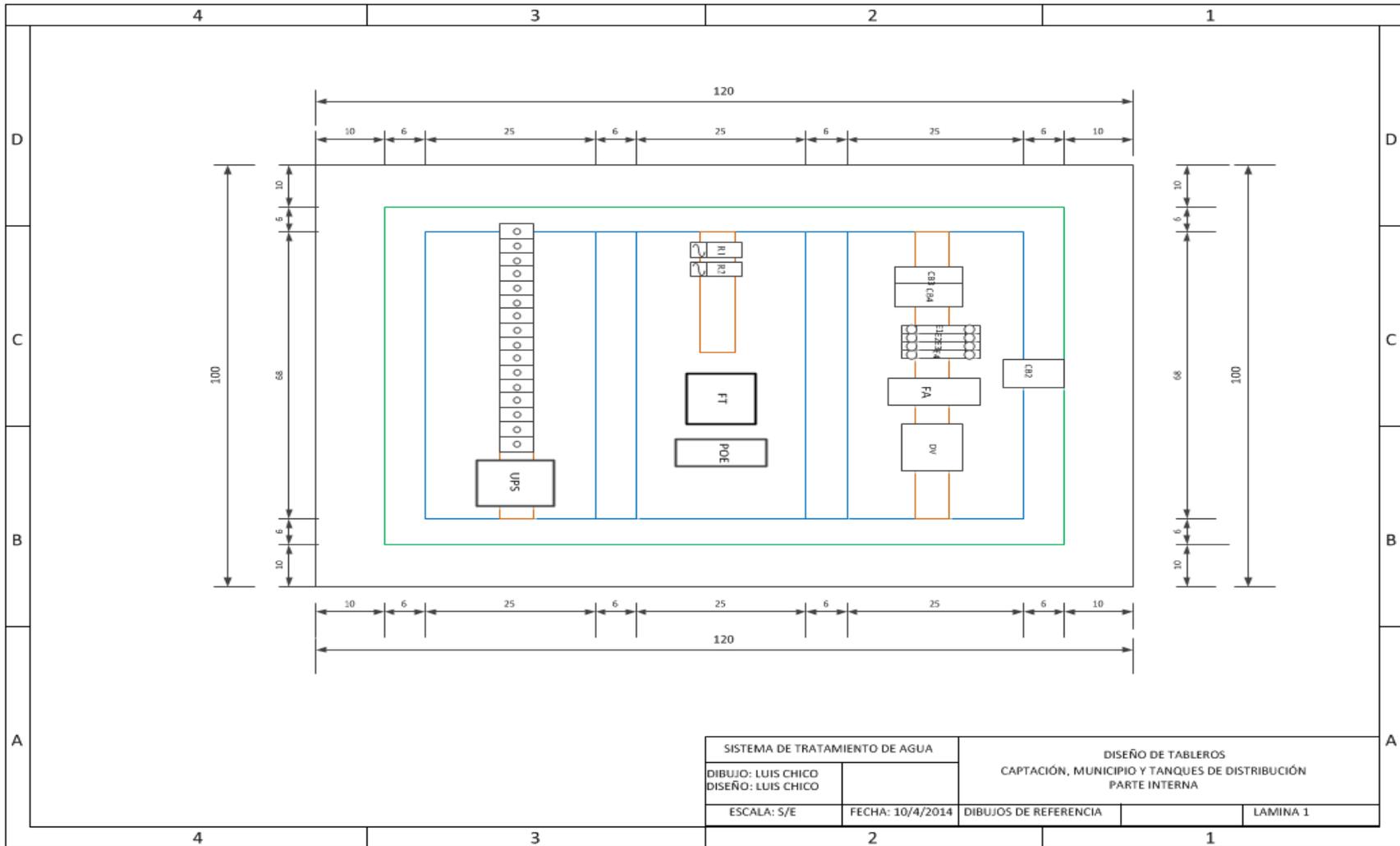
COMPONENTES DE TABLEROS							
Etapa	Relés	Fuente y UPS	Breaker y fusibles	Cables y Borneras	PLC	Módulos (#)	E. Comunicación
Captación	2 (24VDC a 110VDC)	1 fuente de 110VAC – 24VDC 1 UPS	1 Breaker 2P 3 Breaker 1P 4 fusibles	Cable #6 Cable #10 Cable #12 Cable #18 Cable Sucre # 2*14 y # 2*16 Cable de Instrumentación # 2*14 Cable # 4*18 Cable FTP Categoría 6 Borneras	V570	V200-18-E3XB (1)	NB-5G25
Planta de Tratamiento	62 (24VDC a 110VDC)	1 fuente de 110VAC – 24VDC de dos salidas 1 UPS	1 Breaker 2P 8 Breaker 1P 4 fusibles	Cable #6 Cable #10 Cable #12 Cable #18 Cable Sucre # 2*14 y # 2*16 Cable de Instrumentación # 2*14 Cable # 4*18 Cable FTP Categoría 6 Borneras	V1210	V200-18-E3XB (1) EX-D16A3-TO16 (1) EX-RC1 (1) IO-D16A3-RO16 (1) IO-DI16 (1) IO-RO16 (1) IO-A06X (4) IO-AI8 (5)	NB-5G25 SWITCH 8 PUERTOS
Tanque El Panecillo	2 (24VDC a 110VDC)	1 fuente de 110VAC – 24VDC 1 UPS	1 Breaker 2P 3 Breaker 1P 4 fusibles	Cable #6 Cable #10 Cable #12 Cable #18 Cable Sucre # 2*14 y # 2*16 Cable de Instrumentación # 2*14 Cable # 4*18 Cable FTP Categoría 6 Borneras	V570	V200-18-E3XB (1) EX-A2X (1) IO-A14-AO2 (1)	NB-5G25

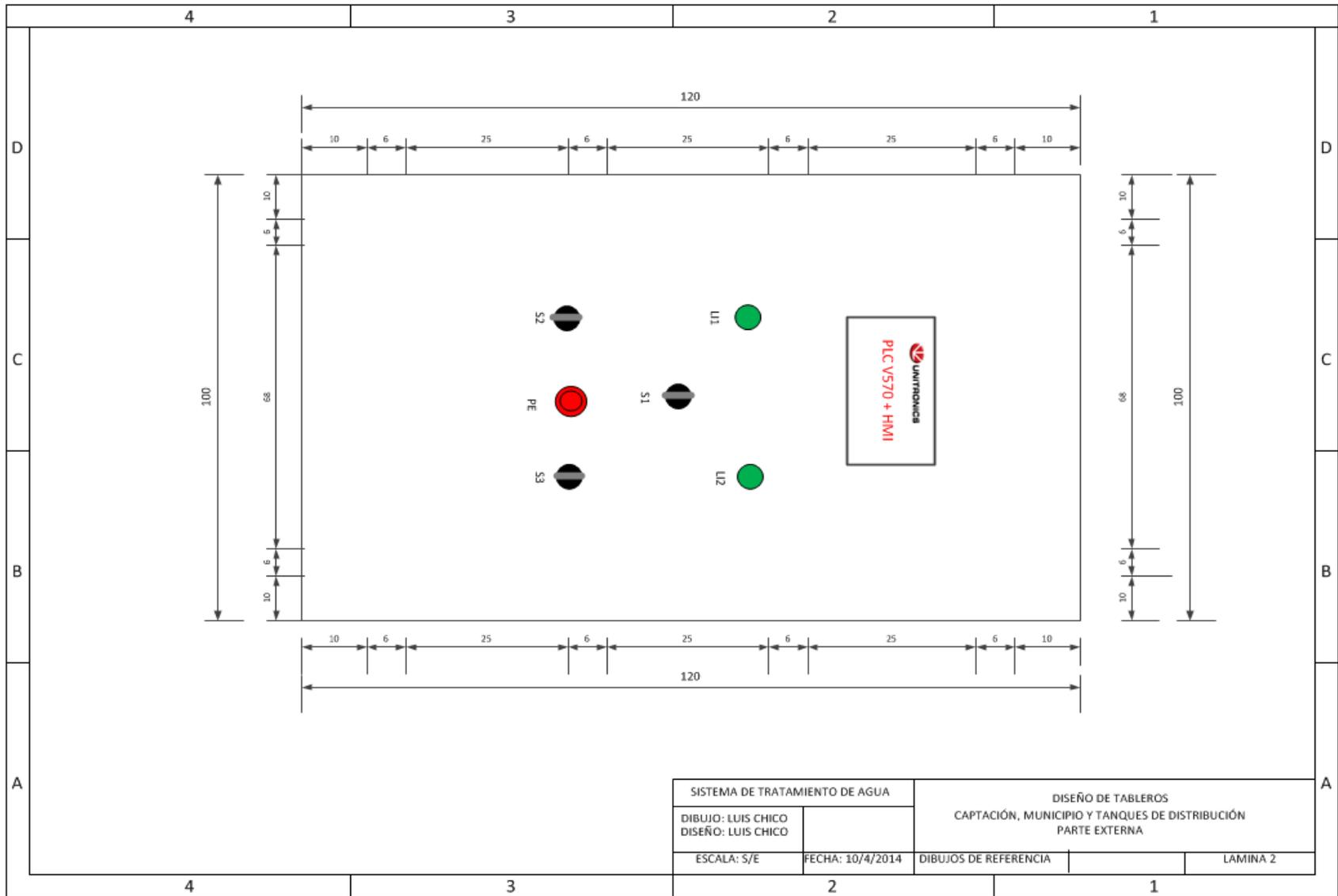
Tanque El Raposal	2 (24VDC a 110VDC)	1 fuente de 110VAC – 24VDC 1 UPS	1 Breaker 2P 3 Breaker 1P 4 fusibles	Cable #6 Cable #10 Cable #12 Cable #18 Cable Sucre # 2*14 y # 2*16 Cable de Instrumentación # 2*14 Cable # 4*18 Cable FTP Categoría 6 Borneras	V570	V200-18-E3XB (1)	NB-5G25
Tanque Los Pinos	2 (24VDC a 110VDC)	1 fuente de 110VAC – 24VDC 1 UPS	1 Breaker 2P 3 Breaker 1P 4 fusibles	Cable #6 Cable #10 Cable #12 Cable #18 Cable Sucre # 2*14 y # 2*16 Cable de Instrumentación # 2*14 Cable # 4*18 Cable FTP Categoría 6 Borneras	V570	V200-18-E3XB (1)	NB-5G25
Municipio	0	1 fuente de 110VAC – 24VDC 1 UPS	1 Breaker 2P 1 Breaker 1P 4 fusibles	Cable #6 Cable #10 Cable #12 Cable #18 Cable Sucre # 2*14 y # 2*16 Cable de Instrumentación # 2*14 Cable # 4*18 Cable FTP Categoría 6 Borneras	V1210	V200-18-E3XB (1)	NB-5G25

Fuente: El Investigador

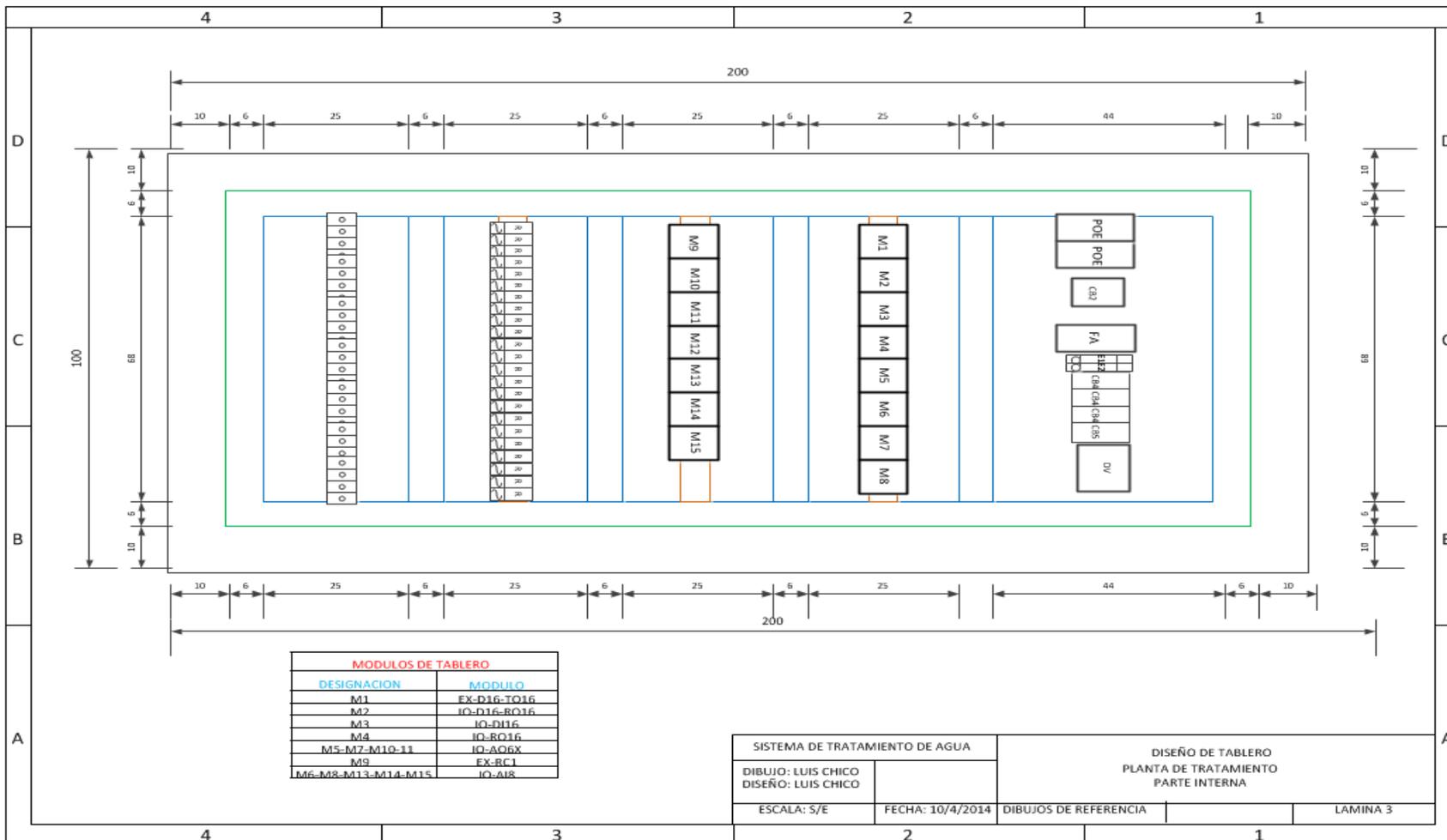
A continuación se muestra el diseño que tendrán los tableros, se presenta una vista interna y externa, donde se aprecia la distribución y el orden que deben tener los elementos.

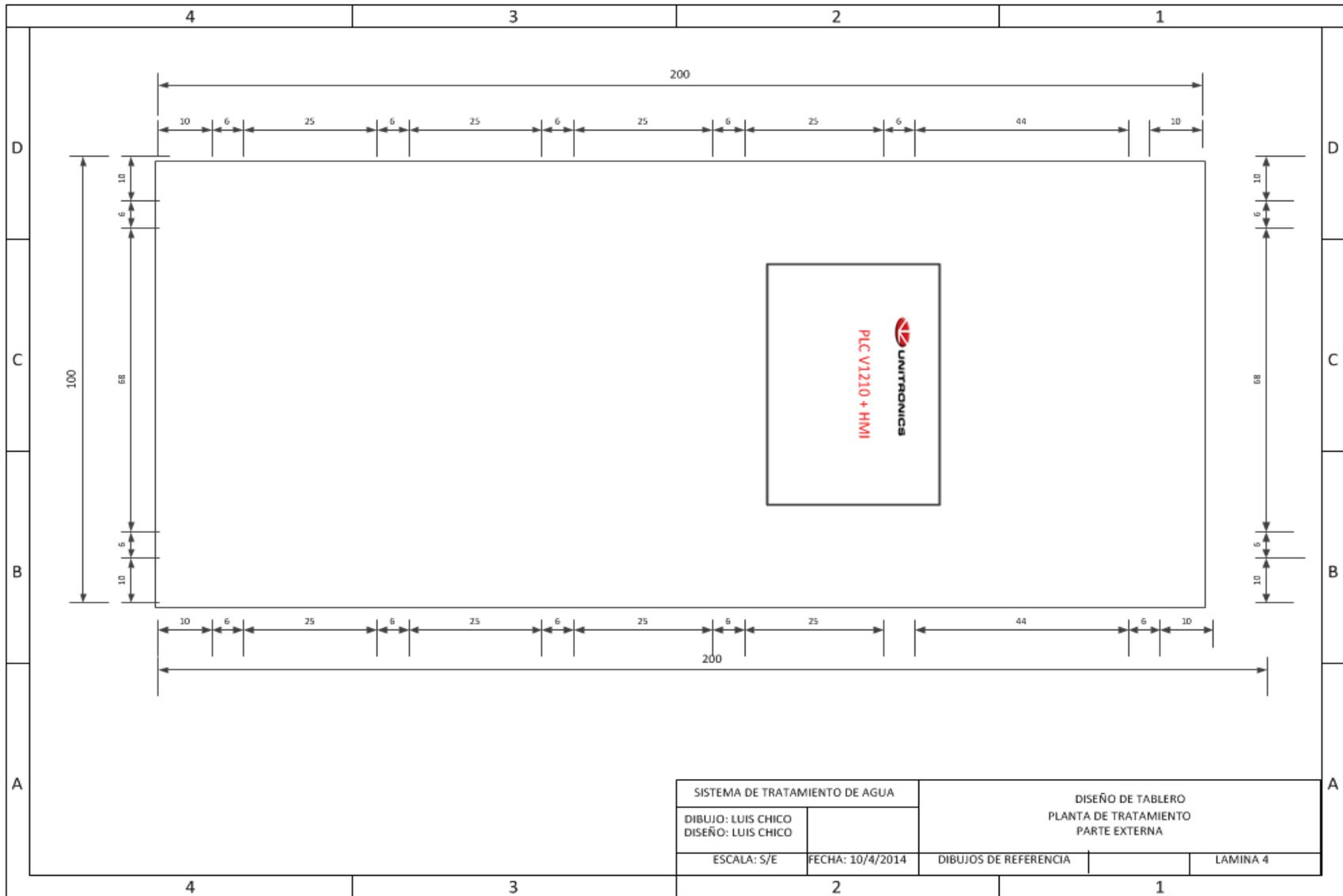
4.6.5.1 Diseño interno y externo de tableros de Captación y Tanques de Distribución





4.6.5.2 Diseño interno y externo de tablero de Planta de Tratamiento





En base a la tabla 4.33 y el diseño se implementará los tableros por etapa, así también se realizará la conexión a los dispositivos de control como válvulas y sensores, a continuación se explica el proceso a seguir para la implementación.

4.6.5.3 Proceso de Implementación de Tableros

Descripción de elementos de tableros

Dar una breve descripción de los principales los elementos que se utilizarán:

- Gabinete de acero inoxidable para tableros, serán de este material ya que por las condiciones de humedad y agua al que están expuestos deben ser muy resistentes y brindar todas las seguridades del caso. En la figura 4.55 se muestra el gabinete que se utilizará en la planta de tratamiento.



Figura 4.55 Gabinete de control

Fuente: El investigador

- Relé, este dispositivo se utilizará para el control de válvulas grandes que funcionan con un motor de 110VAC, optimizando el uso de salidas de 24 VDC. En la figura 4.56 se muestra el relé que se utiliza en nuestro sistema.



Figura 4.56 Relés

Fuente: El Investigador

- Fuente de alimentación, se utilizará para energizar el PLC, válvulas y sensores que operan con 24VDC. Se utilizará de dos tipos una para la Planta de Tratamiento debido al número de elementos y otra para las etapas restantes. En la figura 4.57 se muestra el tipo de fuentes que se usaran.



Figura 4.57 Fuentes de alimentación

Fuente: El Investigador

- Breakers y Fusibles se utilizarán para protección y activación del sistema. En la figura 4.58 se muestra diferentes tipos de breakers.



Figura 4.58 Breakers

Fuente: El investigador

- Cable, en la tabla 4.33 se detalla todos los tipos de cables que se utilizarán. En la figura 4.59 se muestra los diversos tipos de cables.



Figura 4.59 Tipos de Cables

Fuente: El Investigador

- Válvulas, mediante estas se controlará las diferentes etapas y filtros que se tienen en el proceso, en el Anexo 15 se detalla la hoja de datos de los actuadores. En la figura 4.60 se muestra un actuador de válvula.



Figura 4.60 Actuador de válvula Belimo

Fuente: El Investigador

- Sensores, se utilizarán de nivel, caudal y turbidez, su propósito es medir y proporcionar datos hacia el PLC para que mediante una lógica de programación actúen los elementos de control. En el Anexo 16 se muestra la hoja de datos de estos sensores. En la figura 4.61 se muestra el sensor de caudal.



Figura 4.61 Sensor de Caudal

Fuente: El Investigador

Colocación de riel y canaleta

Colocar riel DIN y canaleta en los tableros para poder colocar módulos, fuentes borneras y demás accesorios para después realizar el cableado según los planos. En la figura 4.62 se muestra este proceso en el tablero del tanque Los Pinos.



Figura 4.62 Colocación de riel DIN y canaleta

Fuente: El Investigador

Colocación de elementos externos

Empotrar el PLC y los elementos de la parte externa como selectores, luces indicadoras y paro de emergencia en el tablero de control. En la figura 4. 63 se muestra la colocación del PLC y los selectores en el tablero de la Captación



Figura 4.63 Colocación de elementos externos

Fuente: El Investigador

Cableado de circuito de alimentación

Cablear primero los circuitos de alimentación y protección del tablero, para después ir conectando del distribuidor de voltaje hacia el PLC y demás dispositivos. En la figura 4.64 se muestra este proceso en el tablero del Tanque El Panecillo.



Figura 4.64 Alimentación tablero el Panecillo

Fuente: El Investigador

Cableado de circuito de control

Cablear el circuito de control desde el módulo SNAP I/O hacia las borneras, que están interconectados con válvulas, sensores, selectores y luces indicadoras. En la figura 4.65 se muestra este proceso en el tablero del tanque El Raposal.

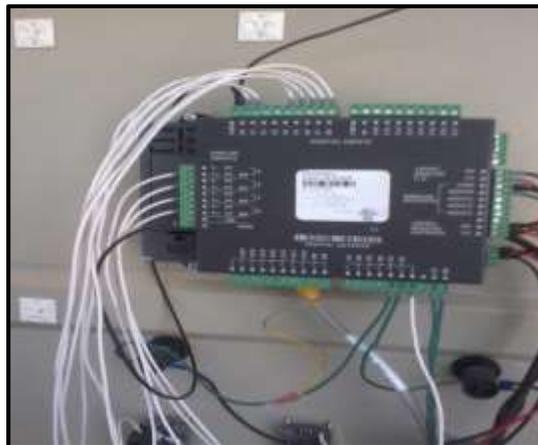


Figura 4.65 Cableado del circuito de control

Fuente: El Investigador

Colocación de tapas protectoras y etiquetación de cables

Ordenar los cables y colocar marcuillas de identificación en cada uno de estos, para finalmente asegurar las tapas de las canaletas verificando que ningún cable se remuerda ni quede desconectado, evitando cortocircuitos y mal funcionamiento del sistema. En la figura 4.66 se muestra el tablero de la Planta de Tratamiento una vez que se terminó el tablero.



Figura 4.66 Tablero Planta de Tratamiento

Fuente: El Investigador

4.6.5.4 Cableado de Válvulas y Sensores

Para realizar el cableado desde los tableros hasta el lugar donde se encuentran los sensores y actuadores, se colocó canaleta metálica en la Planta de Tratamiento lo que garantiza que los cables estén ordenados y se pueda a futuro realizar un mantenimiento del sistema, así también en los tanques se utilizó manguera de tipo BX que garantiza protección para los

cables ya que esta es propicia para ambientes húmedos. La figura 4.67 y 4.68 detalla el cableado que se realizó desde los cuartos de control hasta los tanques de la Planta de Tratamiento.

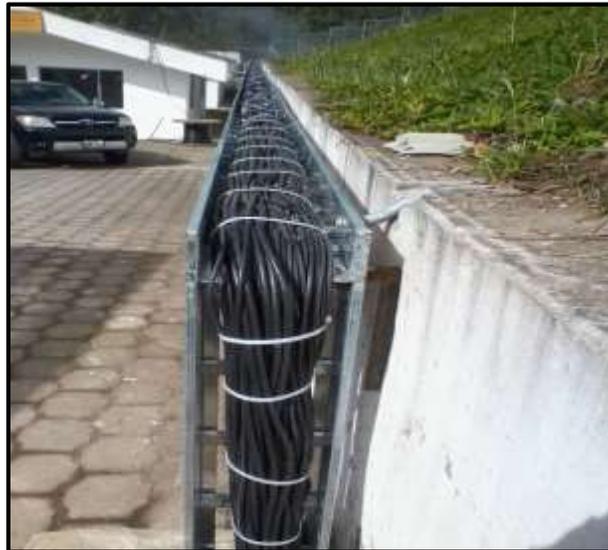


Figura 4.67 Cableado Planta de Tratamiento 1

Fuente: El Investigador



Figura 4.68 Cableado Planta de Tratamiento 2

Fuente: El investigador

Se conectó los actuadores de acuerdo al Anexo 15, en la figura 4.69 se muestra la conexión de una válvula de un filtro ascendente donde se utilizó un cable sucre 4*18.



Figura 4.69 Conexión de válvula

Fuente: El Investigador

Figura 4.70 conexión de válvula de filtro ciclónico para coagulante donde se utiliza una caja de paso y un cable sucre 4*18

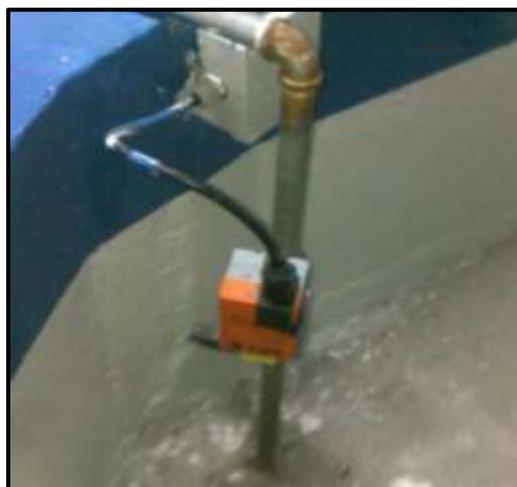


Figura 4.70 Válvula coagulante

Fuente: El Investigador.

Figura 4.71 se detalla caja de paso de válvula y sensores de entrada de Planta de Tratamiento con conexiones como se indica en los planos de control.

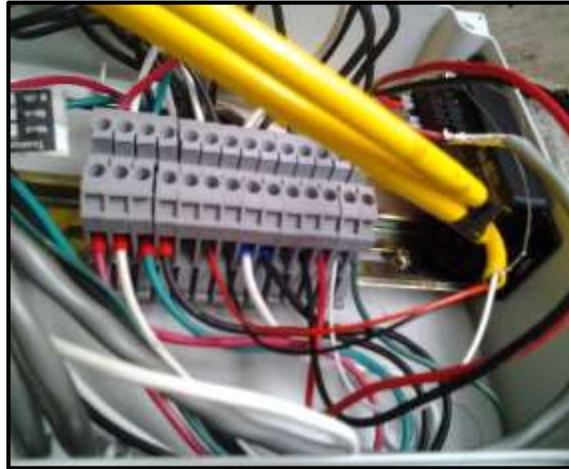


Figura 4.71 Caja de paso elementos de entrada Planta de Tratamiento

Fuente: El Investigador

Figura 4.72 colocación de sensor de caudal en la captación donde se observa que los cables de conexión están protegidos con una manguera BX, la conexión del sensor se realizó en función del Anexo 16.



Figura 4.72 Sensor de caudal Captación

Fuente: El Investigador

4.7 Implementación del Sistema de Comunicaciones

En este punto se detalla lo referente a la implementación del sistema de comunicaciones, como antecedentes se tiene el análisis que se hizo en el punto 4.4 donde se simuló y se realizó cálculos del sistema.

Otro aspecto importante son los equipos que se eligieron para realizar los radioenlaces, que después del análisis que se realizó en la tabla 4.7 se eligió el equipo NG-5G25 cuyas características constan en el Anexo 2.

En la figura 4.24 se detalla la estructura que tendrá el sistema de comunicaciones, y mediante el software Radiomobile se simuló cada uno de los 7 enlaces como se detalla en la tabla 4.6 donde consta las distancias lo que se pudo calcular al ingresar las coordenadas de cada punto en el software Google Earth.

4.7.1 Direccionamiento IP

Una dirección IP es un número único e irrepetible que identifican de manera lógica y jerárquica a un dispositivo dentro de una red, opera mediante el protocolo de internet del nivel de red del modelo OSI. Para el caso de IPv4 el IP estará compuesto por 4 octetos que representan un número binario de 32 bits. [4]

En base a estos conceptos se asignó una IP para cada antena y PLC, además se denominó la máscara de red con la que se configuraran los equipos. En la tabla 4.34 se detalla el direccionamiento IP de la Red del sistema de tratamiento.

Lo que permitirá controlar y monitorear en tiempo real todos los PLC que a su vez estarán controlando localmente a sensores y válvulas de cada etapa.

Tabla 4.34 Direccionamiento IP

EQUIPO	DIRECCION IP	MASCARA
COMPUTADOR PRINCIPAL	192.168.1.1	255.255.255.0
ANTENA MUNICIPIO	192.168.1.2	255.255.255.0
PLC MUNICIPIO	192.168.1.3	255.255.255.0
ANTENA LOS PINOS	192.168.1.5	255.255.255.0
PLC LOS PINOS	192.168.1.6	255.255.255.0
ANTENA EL RAPOSAL	192.168.1.10	255.255.255.0
PLC EL RAPOSAL	192.168.1.11	255.255.255.0
ANTENA EL PANECILLO	192.168.1.15	255.255.255.0
PLC EL PANECILLO	192.168.1.16	255.255.255.0
ANTENA REPETIDORA EL TABLON 1	192.168.1.20	255.255.255.0
ANTENA REPETIDORA EL TABLON 2	192.168.1.21	255.255.255.0
ANTENA REPETIDORA EL TABLON 3	192.168.1.22	255.255.255.0
ANTENA REPETIDORA EL TABLON 4	192.168.1.23	255.255.255.0
ANTENA REPETIDORA EL TABLON 5	192.168.1.24	255.255.255.0
ANTENA PLANTA DE TRATAMIENTO 1	192.168.1.30	255.255.255.0
ANTENA PLANTA DE TRATAMIENTO 2	192.168.1.31	255.255.255.0
PLC PLANTA DE TRATAMIENTO	192.168.1.32	255.255.255.0
ANTENA REPETIDORA SAN PABLO 1	192.168.1.35	255.255.255.0
ANTENA REPETIDORA SAN PABLO 2	192.168.1.36	255.255.255.0
ANTENA CAPTACION	192.168.1.40	255.255.255.0
PLC CAPTACION	192.168.1.41	255.255.255.0

Fuente: El Investigador

4.7.2 Configuración de Radioenlaces

Como se detalla en la tabla 4.6 existen 7 radioenlaces incluyendo las 2 repetidoras que se colocaran debido a la situación geográfica de los sitios que se necesita comunicar. A continuación se indica el proceso para configurar dos dispositivos NB-5G25 para establecer un enlace punto a punto.

Investigar los modos de operación de los equipos

Establecer el tipo de configuración con la que se realizará los enlaces punto a punto, con el equipo NB-5G25 hay dos posibilidades:

- Arquitectura cliente – servidor (cliente - AP)
- Punto de acceso WDS contra estación WDS

Es importante mencionar que estos escenarios son válidos siempre que exista línea de vista entre los dos puntos a enlazar, el tipo de configuración que se eligió es el de punto de acceso WDS contra estación WDS. [17]

Tipo de configuración que se implementará

Determinar la configuración que se hará en cada equipo para esto se tomará como puntos a enlazar la Captación y la repetidora San Pablo. En la figura 4.73 se detalla el esquema de este enlace. [17]

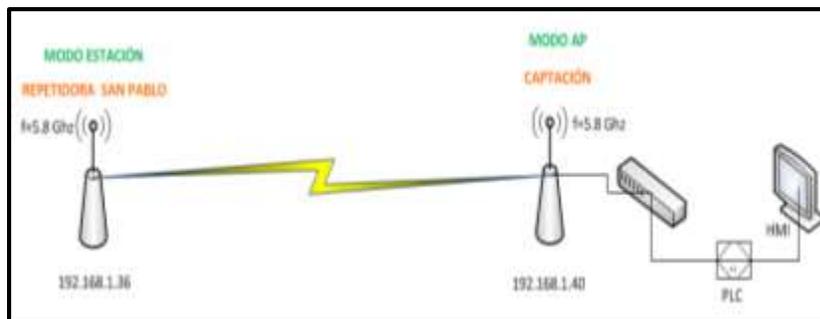


Figura 4.73 Enlace punto a punto

Fuente: El Investigador

Designación de modos de operación de cada equipo

Designar como punto de acceso a los radios que tienen equipos terminales como en nuestro caso donde la Captación tiene un PLC.

Para acceder a la configuración del equipo se debe conectar un computador con el radio de la antena mediante su adaptador y utilizando un par de cables patch cord. En la figura 4.74 se muestra el adaptador de la antena, donde se distingue dos conectores, uno es del LAN que conectaremos al computador y el otro es el POE que se conecta al radio de la antena. [17]



Figura 4.74 Adaptador antena NB-5G25

Fuente: El Investigador

Configuración de adaptador de red del computador

Configurar el computador para establecer conexión con el radio, para lo cual debemos asignar una IP fija al computador en las propiedades de conexión de área local, correspondiente a IPv4 como muestra la figura 4.75 donde se asigna la IP 192.168.1.100.

[17]

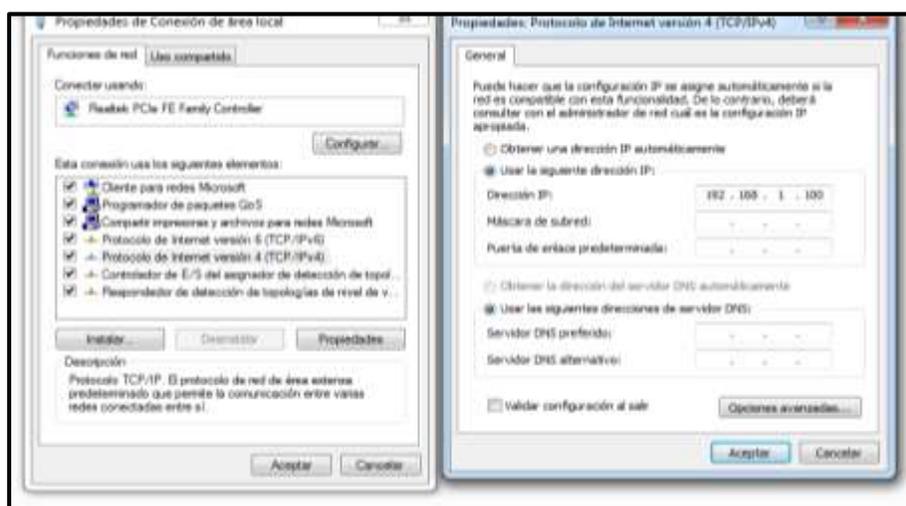


Figura 4.75 Configuración de propiedades TCP/IP

Fuente: El Investigador

Acceso a página de configuración de NB-5G25

Ingresar a un navegador y en la dirección colocamos la IP **192.168.1.20** que es la dirección que viene por defecto en los equipos NB-5G25, una vez que se carga la página de configuración colocamos como idioma Español y en la opción de país Ecuador. Finalmente ingresamos con **ubnt** como usuario y contraseña. En la figura 4.76 se muestra este ingreso. [17]

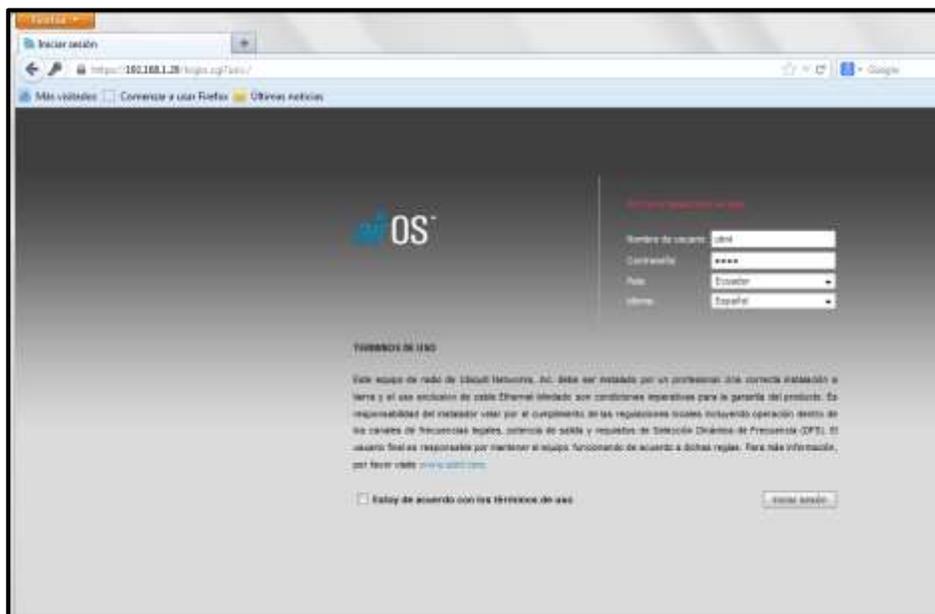


Figura 4.76 Ingreso a página de configuración NB-5G25

Fuente: El Investigador

Configuración de parámetros de red en equipo AP

Configurar los parámetros de red como dirección IP, máscara de red, y puerta de enlace, en el caso de la Captación se tiene como parámetros de acuerdo a la tabla 4.34:

- IP 192.168.1.40
- Máscara 255.255.255.0
- Gateway 192.168.1.1

En la figura 4.77 se muestra esta configuración, siempre que se realiza un cambio hay que aplicar los mismos. [17]

Figura 4.77 Configuración parámetros de red Captación

Fuente: El Investigador

Configuración de parámetros inalámbricos en equipo AP

Una vez que se configuro los parámetros de red, pasamos a la opción Wireless donde se especifica los siguientes parámetros:

- Modo inalámbrico – punto de acceso
- SSID – scada
- Código de país – Ecuador
- Modo IEEE 802.11 – A/N Mixed
- Ancho del canal – 20 MHz
- Frecuencia MHz – automática
- Extensión de canal – ninguna
- Lista de frecuencias MHz – deshabilitadas
- Seguridad – WPA2-AES
- Potencia de Salida – alinear antena

En la figura 4.78 se muestra la configuración de estos parámetros. [17]

The screenshot displays a web-based configuration interface for wireless settings. At the top, a blue banner reads "La configuración tiene cambios. ¿Desea aplicar dichos cambios?" with buttons for "Probar", "Aplicar", and "Rechazar". Below this, the "Configuración Inalámbrica Básica" section includes: "Modo inalámbrico" set to "Punto de Acceso"; "WDS (Modo Puente Transparente)" with "Habilitar" unchecked; "SSID" set to "scada" and "Ocultar SSID" checked; "Código de País" set to "Ecuador"; "Modo IEEE 802.11" set to "A/N mbssid"; "Ancho del canal" set to "20 MHz"; "Movimiento de canal" set to "Desactivar"; "Frecuencia, MHz" set to "Automático"; "Extensión de Canal" set to "Ninguna"; "Lista de Frecuencias, MHz" with "Habilitar" unchecked; "Ajustar automáticamente el límite de EIRP" with "Habilitar" checked; "Antena" set to "Not specified"; "Potencia de salida" set to "18 dBm"; "Data Rate Module" set to "Default"; and "Máxima Tasa de Transmisión (Tx), Mbps" set to "MCS 15 - 130" with "Automático" checked. The "Seguridad Inalámbrica" section includes: "Seguridad" set to "WPA2-AES"; "Autenticación WPA" set to "PSK"; "Clave pre-compartida WPA" shown as a series of asterisks with "Mostrar" checked; and "ACL de MAC" with "Habilitar" unchecked. A "Cambiar" button is located at the bottom right.

Figura 4.78 Configuración parámetros de Wireless Captación

Fuente: El Investigador

Configuración de parámetros de red en equipo Estación

Configurar los parámetros de red de la repetidora San Pablo, de acuerdo a la tabla 4.34:

- IP 192.168.1.36
- Máscara 255.255.255.0
- Gateway 192.168.1.1

En la figura 4.79 se muestra la configuración de red del radio de la repetidora San Pablo.

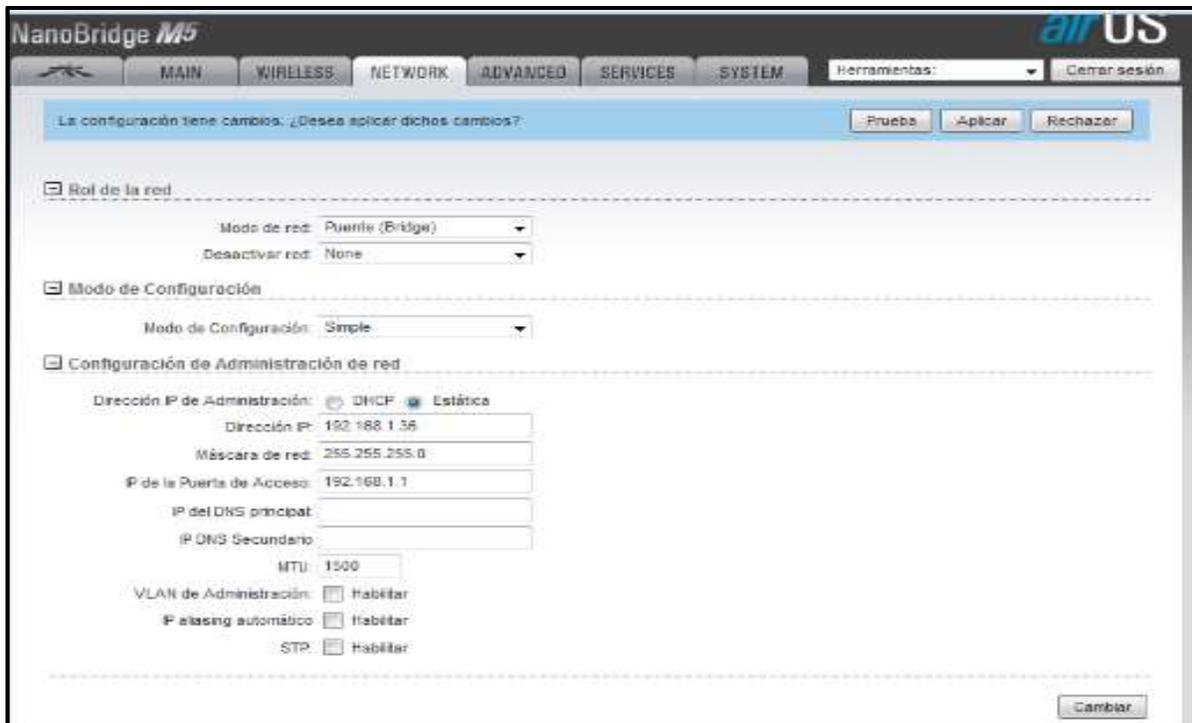


Figura 4.79 Configuración de red repetidora San Pablo

Fuente: El Investigador

Configuración de parámetros inalámbricos en equipo Estación

Una vez que se configuro los parámetros de red, pasamos a la opción Wireless donde se especifica los siguientes parámetros:

- Modo inalámbrico – estación WDS
- SSID – scada
- Código de país – Ecuador
- Modo IEEE 802.11 – A/N Mixed
- Ancho del canal – 20 MHz
- Frecuencia MHz – automática
- Extensión de canal – ninguna
- Lista de frecuencias MHz – deshabilitadas
- Seguridad – WPA2-AES
- Potencia de Salida – alinear antena

En la figura 4.80 se muestra la configuración de estos parámetros. [17]

The screenshot displays the configuration page for a NanoBridge M5 device running airOS. The interface includes a navigation menu with tabs for MAIN, WIRELESS, NETWORK, ADVANCED, SERVICES, and SYSTEM. A notification bar at the top indicates that the configuration has been changed and offers options to 'Prueba', 'Aplicar', or 'Rechazar'. The main section is titled 'Configuración Inalámbrica Básica' and contains the following settings:

- Modo inalámbrico: Estación
- WDS (Modo Puente Transparente): Habilitar
- SSID: scada
- Fijar a la MAC del Punto de Acceso: [Empty field]
- Código de País: Ecuador
- Modo IEEE 802.11: A/N mixed
- Ancho del canal: 20 MHz
- Movimiento de canal: Desactivar
- Lista de Frecuencias a escanear, MHz: Habilitar
- Ajustar automáticamente el límite de EIRP: Habilitar
- Antena: Not specified
- Potencia de salida: 23 dBm
- Data Rate Module: Default
- Máxima Tasa de Transmisión (Tx), Mbps: MCS 15 - 130
- Automático:

The 'Seguridad Inalámbrica' section is partially visible at the bottom, showing:

- Seguridad: WPA2-AES
- Autenticación WPA: PSK

Figura 4.80 Configuración parámetros de Wireless San Pablo

Fuente: El Investigador

Alineación de antenas

Una vez que se configuraron los dos dispositivos hay que comprobar que se hayan enlazado y alinear los dispositivos para un óptimo funcionamiento, por lo que se accede a la pestaña Main del NB-5G25 que se configuro como estación WDS, donde se observa los valores de intensidad de señal. En la figura 4.81 se muestra la intensidad de señal de nuestro enlace.

Los valores para establecer un enlace operativo son de entre -85 dBm y -65 dBm, donde los valores inferiores a -85dBm causan un posible corte de la señal y los valores superiores a -65dBm indican un exceso de señal y causan un comportamiento anómalo en el dispositivo, es posible corregir estos valores ajustando el valor de la potencia de salida. [17]

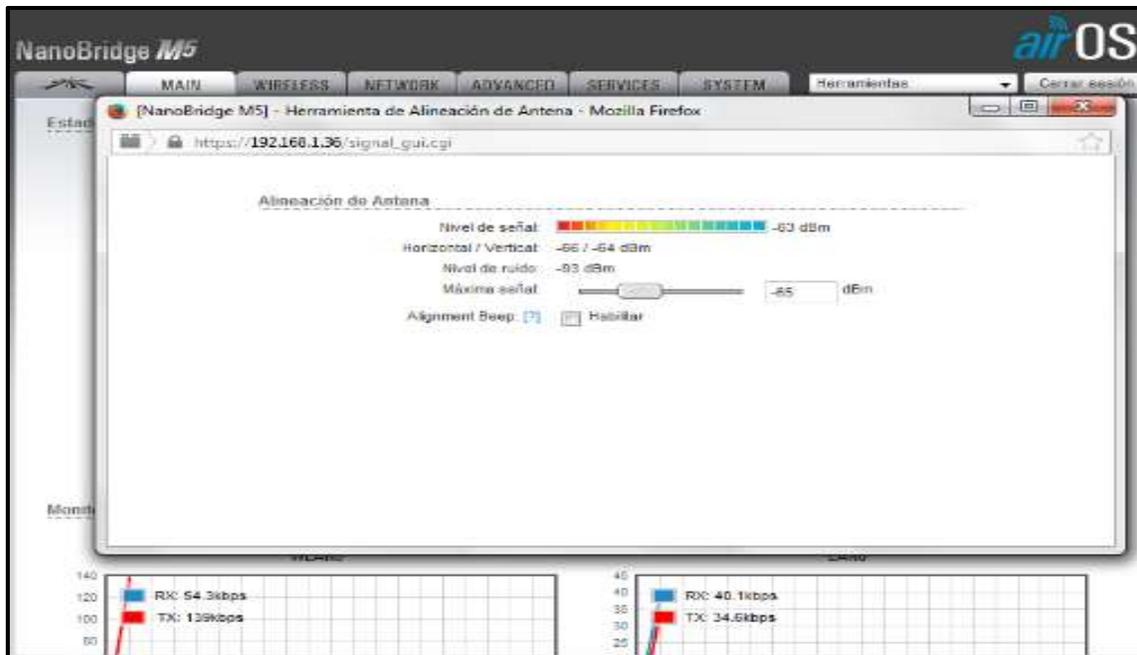


Figura 4.81 Intensidad de señal enlace Captación – repetidora San Pablo

Fuente: El Investigador

Pruebas de conexión

Finalmente se realiza una prueba de conexión al establecer un ping desde el símbolo del sistema del computador. Figura 4.82 se muestra prueba de conexión del enlace. [17]

```

C:\Windows\system32\cmd.exe
Respuesta desde 192.168.1.36: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.36: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.36: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.1.36:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 50ms, Media = 13ms

C:\Users\Luis>ping 192.168.1.40

Haciendo ping a 192.168.1.40 con 32 bytes de datos:
Respuesta desde 192.168.1.40: bytes=32 tiempo=3ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.40: bytes=32 tiempo=1ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.40: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64
Respuesta desde 192.168.1.40: bytes=32 tiempo=2ms TTL=64

Estadísticas de ping para 192.168.1.40:
    Paquetes: enviados = 4, recibidos = 4, perdidos = 0
    (0% perdidos),
    Tiempos aproximados de ida y vuelta en milisegundos:
        Mínimo = 1ms, Máximo = 3ms, Media = 2ms

C:\Users\Luis>

```

Figura 4.82 Prueba de conexión del enlace

Fuente: El Investigador

Para configurar los demás enlaces se sigue el mismo proceso que se explicó tomando en cuenta la tabla 4.34 del direccionamiento IP y la tabla 4.6 de la distancia entre puntos a enlazar, así como la configuración de punto de acceso a los dispositivos con equipos terminales.

4.7.3 Ubicación de Torres, Antenas y Tableros de Comunicación

Después que se configuro todos los radioenlaces se ubicarán las torres para las antenas, las mismas que están en los puntos que inicialmente se tomaron con el GPS y constan en la tabla 4.4.

Las torres son de 12 metros de altura y estarán aseguradas con 6 tensores que se fijaran a bases de hormigón, además que cuentan con un pararrayo en el extremo superior para posibles descargas eléctricas, estas serán instaladas en la Captación, Repetidoras, Planta de Tratamiento y Tanques de distribución.

No se instalará una torre en el municipio ya que cuenta con un sitio para ubicar los equipos En la figura 4.83 se muestra la colocación de la torre en la Captación.



Figura 4.83 Colocación torre Captación

Fuente: El investigador

Una vez que se ubicaron y se aseguraron las torres metálicas cuya altura es de 12 metros parámetro que se calculó en la simulación de los radioenlaces en el punto 4.4, el siguiente proceso es la colocación de antenas, las mismas que están conectadas a los tableros por medio de un cable FTP y conectores RJ45 Categoría 6, que garantiza un óptimo funcionamiento en las condiciones adversas de clima que se presentan en el sector durante gran parte del año.

Las antenas se ensamblaron previamente, donde se conectó los radios, se colocó cable con su respectiva reserva y finalmente se puso los seguros que sirven para acoplar a una de las bases de las torres.

Figura 4.84 muestra un grupo de antenas ensambladas y configuradas que se colocarán en la repetidora El Tablón.



Figura 4.84 Ensamblaje de antenas

Fuente: El Investigador

En la figura 4.85 se muestra la colocación de las antenas en la repetidora El Tablón



Figura 4.85 Colocación de antenas repetidora El Tablón

Fuente: El Investigador

Finalmente en el lugar donde existen repetidoras se colocó tableros exclusivos para la comunicación, los cuales tienen un Switch que interconectan los enlaces que servirán en el futuro para realizar mantenimiento al permitir conectar un computador u otro dispositivo a la red.

En estos tableros se colocó un UPS que garantiza la comunicación en caso de fallas en el suministro de energía eléctrica. En la figura 4.86 se muestra el tablero de comunicación para la repetidora el tablón.



Figura 4.86 Tablero de Comunicación repartidora El Tablón

Fuente: El Investigador

4.8 Programación de PLC's y pantallas HMI

En este punto se explicará cada paso para programar los PLC's, como se detalla en la tabla 4.26 estos fueron asignados para cada etapa por las prestaciones que brindan al sistema, en la tabla 4.20 detalla los parámetros que se tomó en cuenta como el número de variables, que puertos maneja para comunicación, la licencia de programación, el número de módulos de expansión y el costo.

Para este proyecto se eligió dos tipos de PLC's:

- V570
- V1210

Los mismos que ya fueron asignados a su respectiva etapa, y se encuentran implementados en los diferentes tableros de control de acuerdo a lo planificación eléctrica que se detallara en el punto 4.6, con estos antecedentes se explicará el proceso que se siguió en la programación.

4.8.1 Visilogic

Es un software desarrollado por Unitronics para crear proyectos de automatización para los controladores Vision. Es de gran ayuda ya que después de diseñar la tarea de control, usando Visilogic se puede escribir, depurar y descargar el control PLC y las aplicaciones HMI en el controlador.

La aplicación del PLC es su control o aplicación automatizada y se escribe usando el editor ladder, mientras que la aplicación HMI configura la función del panel operativo, usando el editor HMI se crea las pantallas que se muestran en la pantalla del controlador.

Una pantalla puede contener texto e imágenes, lo que es de suma importancia ya que brinda al operador una interface muy dinámica donde se puede registrar con una contraseña, indicar que ha surgido un problema en el sistema, mostrar alarmas y estados de las variables que se están controlando, etc.

Para este proyecto se utiliza dos controladores Vision el V570 y el V1210, por lo que es necesario instalar Visilogic, para realizar la programación, este software es de libre distribución y se puede descargar gratuitamente de la página de Unitronics.

Para nuestro caso se descargó la versión Visilogic 9.7 que es la última y por ende la más actualizada en cuanto a nuevos aplicativos.

Una vez que se instala el software se creara una carpeta en la lista de programas con el nombre de Unitronics, donde además del Visilogic se instala una carpeta con herramientas propias del software que nos ayudan al desarrollar aplicaciones de control, en el escritorio de nuestro computador se crea el icono del software y es necesario ejecutarle como administrador para que funcione en óptimas condiciones.

Visilogic maneja diferentes tipos de variables entre las importantes se tiene los MI (posiciones de memoria enteras), MB (posiciones de memoria binarias), entre otras. [18]

4.8.2 Proceso para configuración y programación del PLC

Elección el tipo de controlador

Ejecutar el software Visilogic y seleccionar el modelo de autómatas que se desea utilizar, para este proyecto se puede elegir el controlador V570 o V1210 y se pulsa Ok como muestra la figura 4.87. [18]



Figura 4.87 Elección de controlador V570

Fuente: El Investigador

Asignación de entradas y salidas

Como siguiente paso se tiene la asignación de entradas y salidas, este proceso se puede realizar de dos maneras, la primera accediendo al icono HW Configuration, y la segunda es por medio del botón que representa a esta opción en la barra de menú.

Se elige el tipo de módulo de entradas y salidas que se va a utilizar, que para nuestro caso es el Snap I/O V200-18-E3XB como se detalla en la tabla 4.26. En la figura 4.88 se muestra la elección de este módulo. [18]

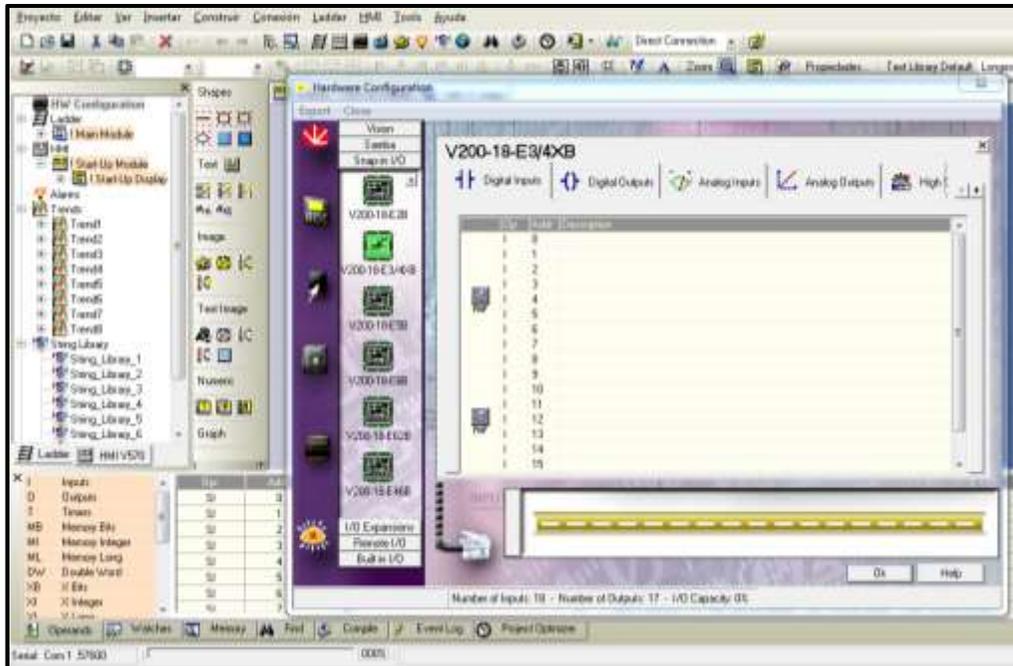


Figura 4.88 Elección módulo de entradas y salidas

Fuente: El Investigador

Se observa el número de entradas y salidas que posee el módulo, en nuestro caso al tener varios PLC's se asignó las entradas y salidas de acuerdo a la tabla 4.35 que contiene la distribución de la captación, municipio y tanques por manejar un similar número de variables; y la tabla 4.36 que contiene la asignación entradas y salidas de la Planta de Tratamiento.

En la tabla 4.35 se incluirá a los elementos de control de la parte externa de los tableros, además al tener en el tanque El Panecillo un mayor número de sensores la tabla incluye más variables en este caso se está usando el módulo de expansión de IO-AI4-A02.

En el caso del Municipio solo se colocó un paro de emergencia por lo que en ese PLC solo se conecta la entrada asignada a este elemento.

Tabla 4.35 Asignación de entradas y salidas Captación – Tanques de Distribución

ASIGNACION DE ENTRADAS Y SALIDAS CAPATACIÓN - TANQUES DE DISTRIBUCION				
Elemento	E. Analógicas	S. Analógicas	E. Digitales	S. Digitales
Válvula Proporcional salida/conducción	U0	Y0		
Válvula On/off entrada/desagüe			I0 - I1	O0 - O1
Sensor turbidez/nivel/caudal	U1			
Sensor turbidez/nivel/caudal	U2			
Sensor turbidez/nivel/caudal	U3			
Sensor turbidez/nivel/caudal	U4			
Sensor turbidez/nivel/caudal	U5			
Sensor turbidez/nivel/caudal	U6			
Sensor turbidez/nivel/caudal	U7			
Selector 3 posiciones			I4 - I5	
Selector 2 posiciones			I6	
Selector 2 posiciones			I7	
Paro de Emergencia			I8	
Luz Indicadora 1				O2
Luz Indicadora 2				O3

Fuente: El Investigador

Tabla 4.36 Asignación de entradas y salidas Planta de Tratamiento

ASIGNACION DE ENTRADAS Y SALIDAS PLANTA DE TRATAMIENTO				
Elemento	E. Analógicas	S. Analógicas	E. Digitales	S. Digitales
VP1	U0	Y0		
VP2	U1	Y1		
VP3	U2	Y2		
VP4	U3	Y3		
VP5	U4	Y4		
VP6	U5	Y5		
VP7	U6	Y6		
VP8	U7	Y7		
VP9	U8	Y8		
VP10	U9	Y9		
VP11	U10	Y10		
VP12	U11	Y11		
V1			I0 - I1	O0 - O1
V2			I2 - I3	O2 - O3

V3			I4 - I5	O4 - O5
V4			I6 - I7	O6 - O7
V5			I9 - I10	O8 - O9
V6			I11 - I12	O10 - O11
V7			I13 - I14	O12 - O13
V8			I15 - I16	O14 - O15
V9			I17 - I18	O16 - O17
V10			I19 - I20	O19 - O20
V11			I21 - I22	O21 - O22
V12			I23 - I24	O23 - O24
V13			I25 - I26	O25 - O26
V14			I27 - I28	O27 - O28
V15			I29 - I30	O29 - O30
V16			I31 - I32	O31 - O32
V17			I33 - I34	O33 - O34
V18			I35 - I36	O35 - O36
V19			I37 - I38	O37 - O38
V20			I39 - I40	O39 - O40
V21			I41 - I42	O41 - O42
V22			I43 - I44	O43 - O44
V23			I45 - I46	O45 - O46
V24			I47 - I48	O47 - O48
V25			I49 - I50	O49 - O50
V26			I51 - I52	O51 - O52
V27			I53 - I54	O53 - O54
V28			I55 - I56	O55 - O56
V29			I57 - I58	O57 - O58
V30			I59 - I60	O59 - O60
Válvula de entrada			I61 - I62	O61 - O62
Válvula de salida	U24	Y24		
VP13	U12	Y12		
VP14	U13	Y13		
VP15	U14	Y14		
VP16	U15	Y15		
VP17	U16	Y16		
VP18	U17	Y17		
VP19	U18	Y18		
VP20	U19	Y19		
VP21	U20	Y20		
VP22	U21	Y21		
VP23	U22	Y22		

VP24	U23	Y23		
sensor de nivel 1	U25			
sensor de nivel 2	U26			
sensor de nivel 3	U27			
sensor de nivel 4	U28			
sensor de nivel 5	U29			
sensor de nivel 6	U30			
sensor de nivel 7	U31			
sensor de nivel 8	U32			
sensor de nivel 9	U33			
sensor de nivel 10	U34			
sensor de nivel 11	U35			
sensor de nivel 12	U36			
sensor de nivel 13	U37			
sensor de nivel 14	U38			
sensor de nivel 15	U39			
sensor de nivel 16	U40			
sensor de nivel 17	U41			
sensor de nivel 18	U42			
Caudalímetro entrada	U43			
Caudalímetro salida	U44			
Turbidímetro entrada	U45			
Turbidímetro salida	U46			

Fuente: El investigador

Los PLC's que se están utilizando permiten hasta 8 módulos de expansión de entradas y salidas como muestra la figura 4.89, en el caso de la Planta de Tratamiento al requerir 15 módulos para poder controlar, se utiliza el puerto CANbus donde se conectará el PLC a través del adaptador de expansión EX-RC1 con los módulos restantes como muestra la figura 4.90, con lo que se puede controlar el número de elementos que se menciona en la tabla 4.36.

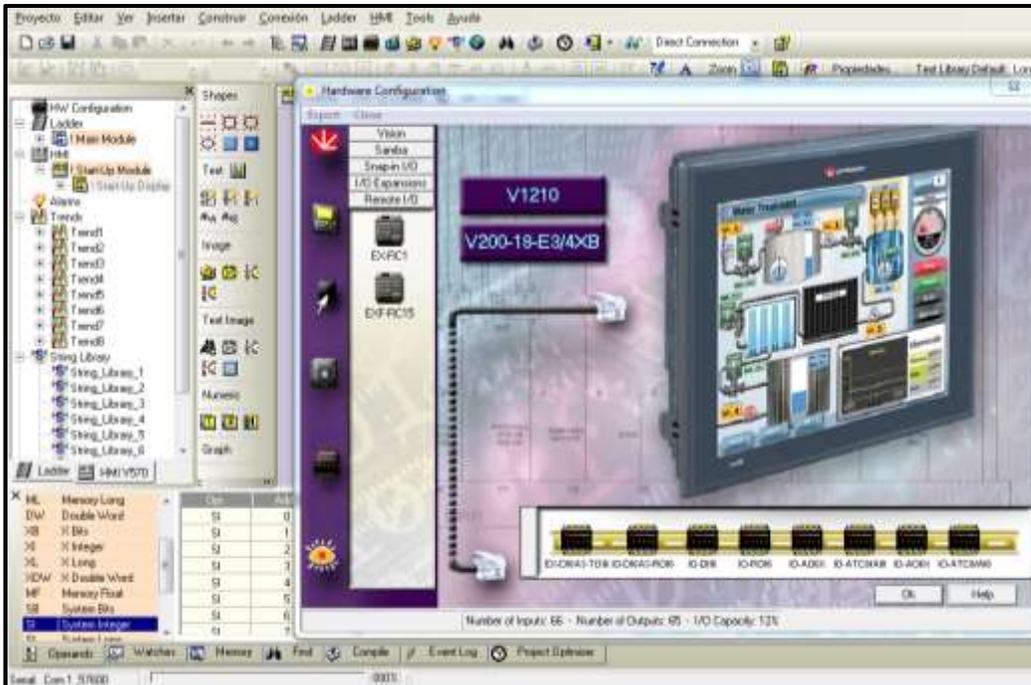


Figura 4.89 Módulos conectados a PLC V1210 mediante puerto de expansión

Fuente: El Investigador

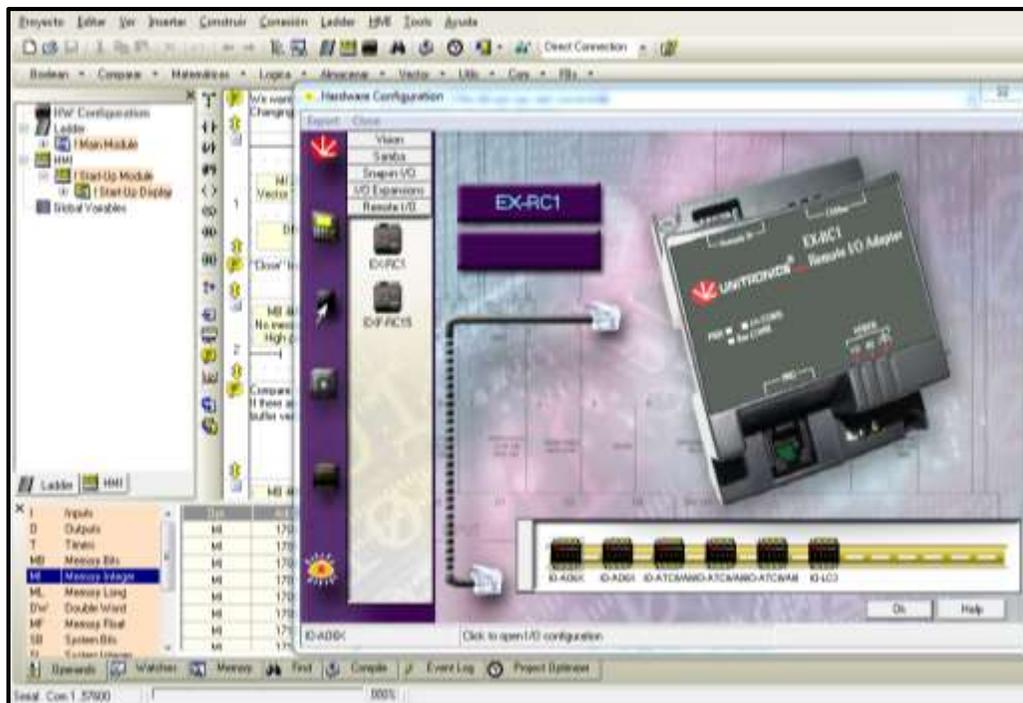


Figura 4.90 Módulos conectados a PLC V1210 mediante puerto CANbus

Fuente: El Investigador

Inicialización de controladores

Una vez que se asignó los módulos de entrada y salida se procede a inicializar al PLC este proceso se hará por sub-rutinas para evitar confusión en la ejecución de la programación, en el software posee tres editores de programas:

- Ladder, donde se realiza la lógica del programa
- HMI, donde se realiza los diseños para el display
- Trends, donde se ejecutan alarmas y librerías

En la parte de Ladder es donde se inicializará el PLC de la Planta de Tratamiento, con los datos que se muestran en la figura 4.91, donde además se aprecia los tres editores que tiene el software con la sub-rutina main module que contiene la inicialización. [18]

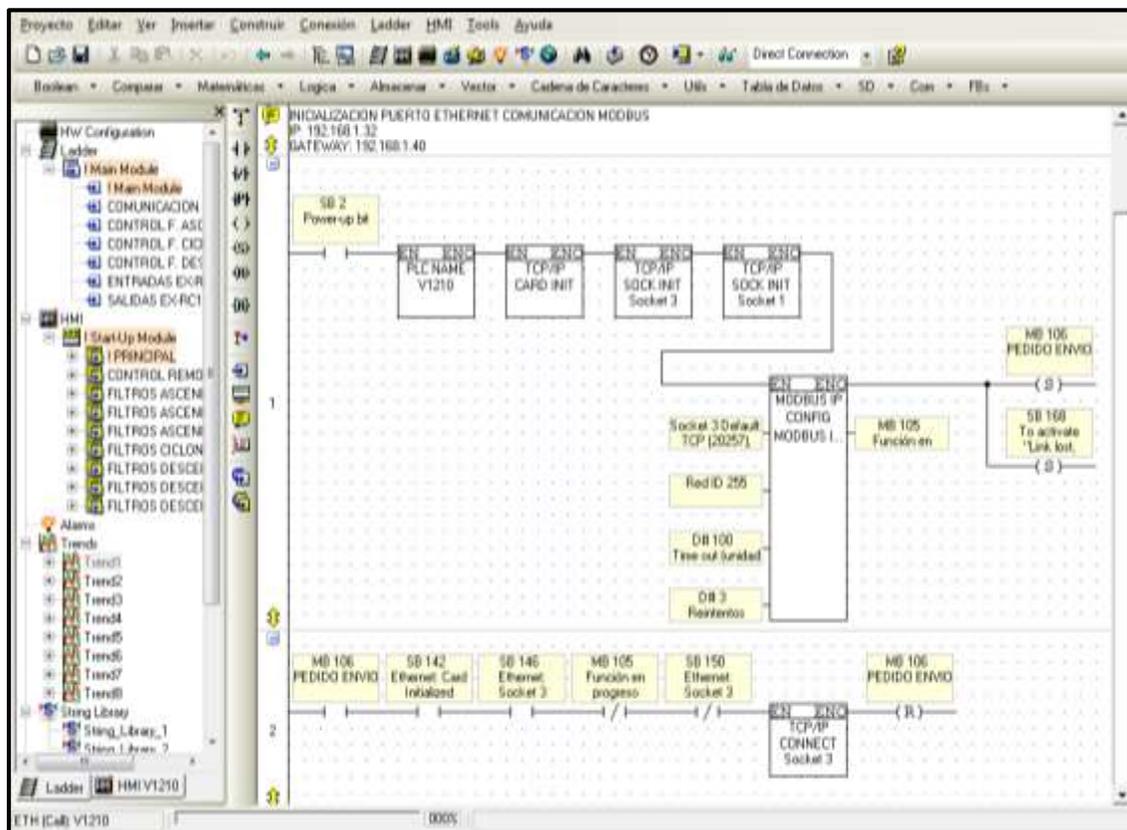


Figura 4.91 Inicialización PLC Planta de Tratamiento

Fuente: El Investigador

Programación de controladores

Para realizar la programación de dispositivos se tiene diferente tipo de variables y según la aplicación que se tenga se utilizaran estas se encuentran en la barra de menú, de igual forma se tiene contactos en la parte izquierda del compilador donde se puede direccionar hacia las variables para obtener el control de del dispositivo asignado a dicha variable. [18]

Se realizó la lógica de programación mediante sub-rutinas que en el caso de la Planta de Tratamiento están clasificadas por el tipo de filtros como: ciclónicos, ascendentes, descendentes, además de las comunicaciones.

En la figura 4.92 se muestra la programación de la V1 correspondiente a los filtros ascendentes.

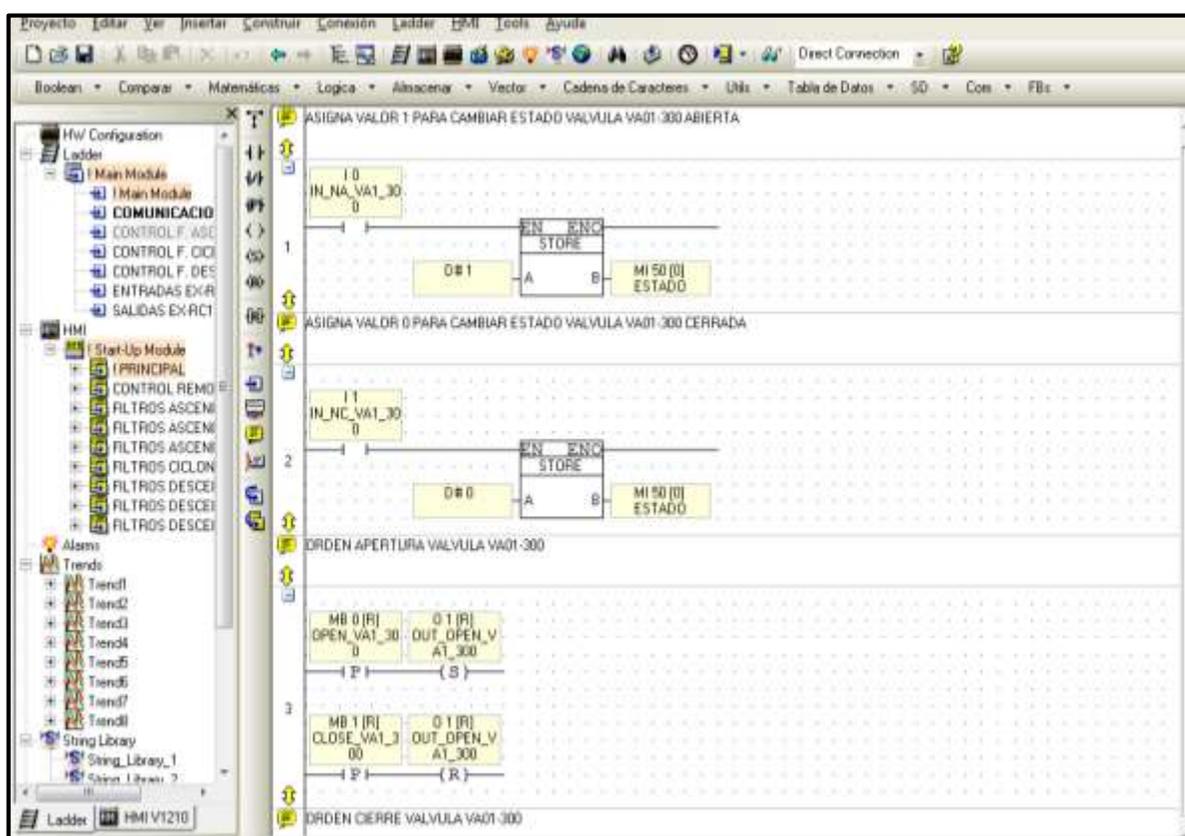


Figura 4.92 Programación válvula V1

Fuente: El Investigador

En la figura 4.93 se muestra la programación de la VP6 correspondiente a los filtros ciclónicos

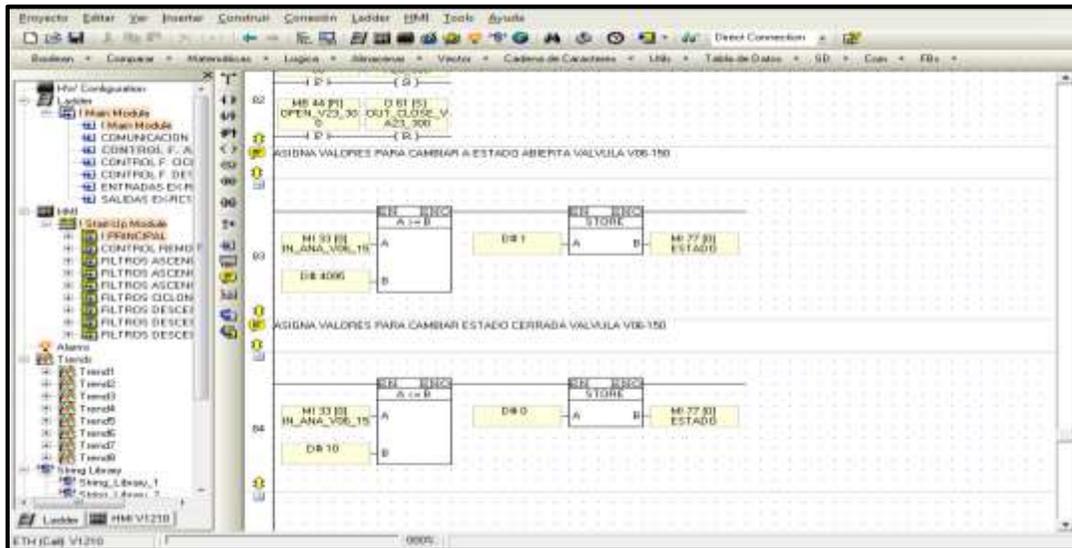


Figura 4.93 Programación VP6 filtros ciclónicos

Fuente: El Investigador

En la figura 4.94 se muestra la programación de la V25 correspondiente a los filtros descendentes.

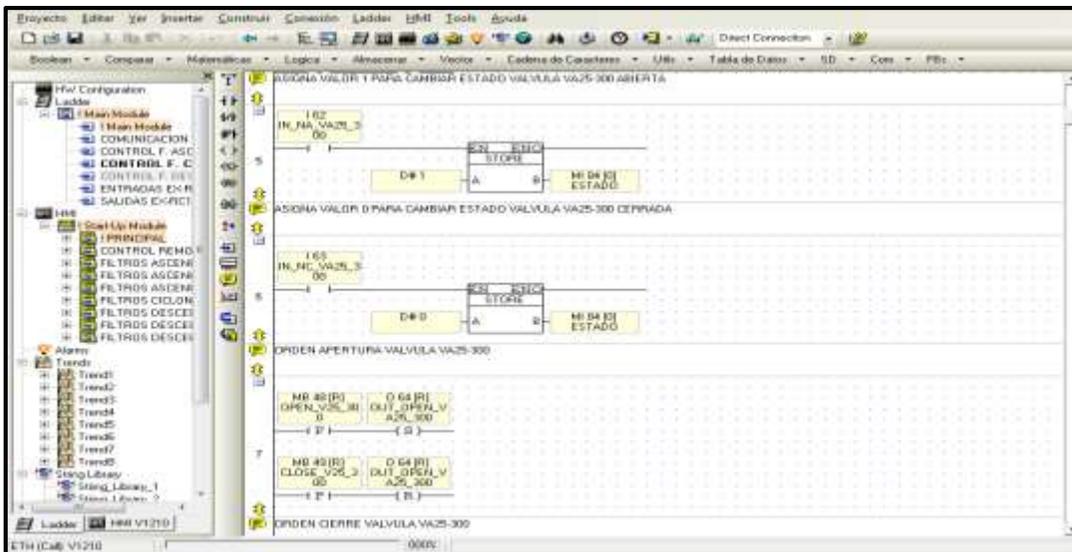


Figura 4.94 Programación VP6 filtros ciclónicos

Fuente: El Investigador

En la figura 4.95 se muestra la programación del control local/ remoto correspondiente al tanque El Panecillo

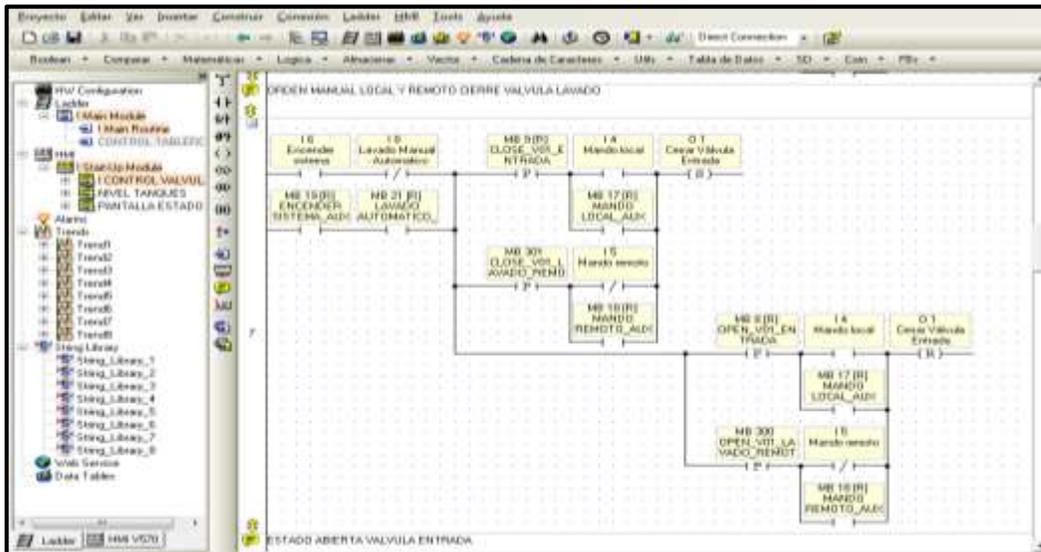


Figura 4.95 Programación control local/remoto tanque El Panecillo

Fuente: El Investigador

En la figura 4.96 se muestra la programación de elementos de control externos en tablero correspondiente al tanque Los Pinos

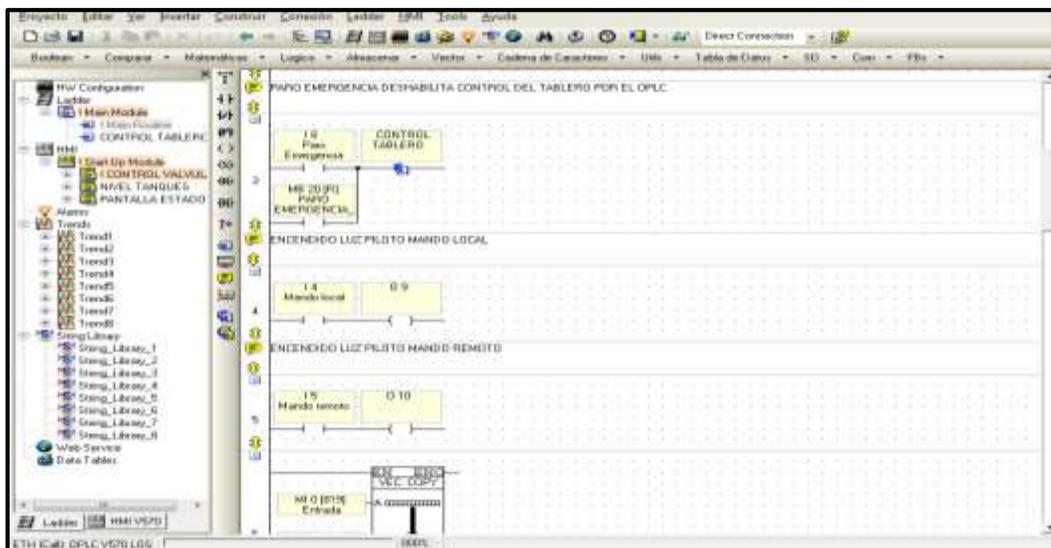


Figura 4.96 Programación paro de emergencia y luces piloto tanque Los Pinos

Fuente: El Investigador

4.8.3 Diseño de Pantallas HMI

Después de realizar la parte lógica del programa, se procede a diseñar las pantallas HMI para la operación del sistema. De igual forma que en la sección de Ladder los HMI se programaron por medio de subrutinas que en el caso de la Planta de Tratamiento se clasifican por el tipo de filtros, y en las otras etapas se clasifican por pantallas de estados, control de válvulas y menú principal. [18]

Para diseñar los HMI a la izquierda de la sección para el diseño se tiene diferentes herramientas para poner texto, imágenes, graficas, líneas, rectángulos, etc. una vez que se diseña la parte grafica al dar doble clic sobre la misma se puede direccionar hacia la variable asignada al elemento que va a controlar el botón en la pantalla.

En la figura 4.97 se muestra la pantalla de configuración del botón que se diseñó donde se puede cambiar el color, el tamaño, y a que variable se relacionará.

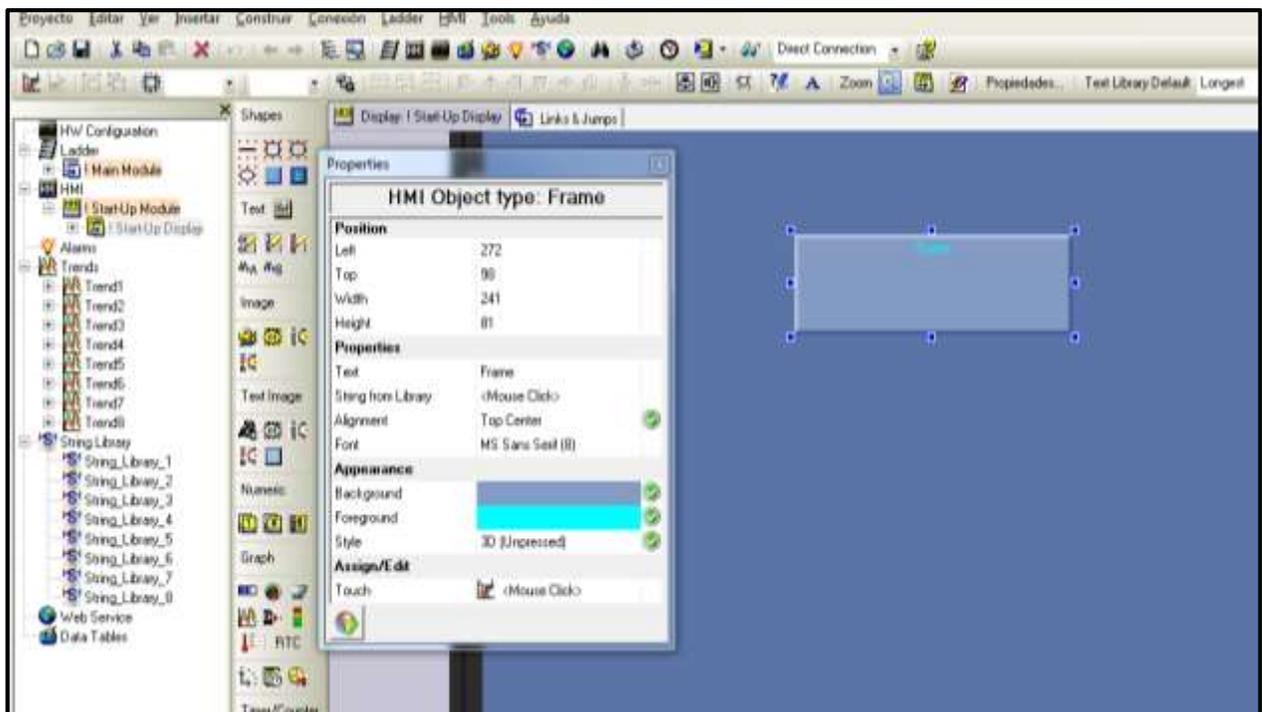


Figura 4.97 Creación de un botón de para HMI

Fuente: El Investigador.

Programación de pantallas HMI

En este punto se realizará las pantallas HMI para las etapas del sistema de tratamiento de agua, las mismas que deben estar en concordancia con los planos P&ID que se detalla en el punto 4.6.

Para diseñar las pantallas se debe tomara en cuenta los siguientes criterios:

- Tener las seguridades correspondientes
- Ser fácil de operar
- Tener una buena señalética
- Los botones deben estar relacionado al elemento que se hace referencia
- Las gráficas deben ser proporcionales a los elementos reales
- Los diseños deben estar en relación a la ubicación de los dispositivos

Con estos criterios se desarrolló las pantallas HMI como se puede apreciar en la figura 4.98 la pantalla principal de la Planta de Tratamiento.



Figura 4.98 Pantalla principal HMI de Planta de Tratamiento

Fuente: El Investigador.

En la figura 4.99 se muestra la pantalla HMI los filtros ascendentes 1 y 2.

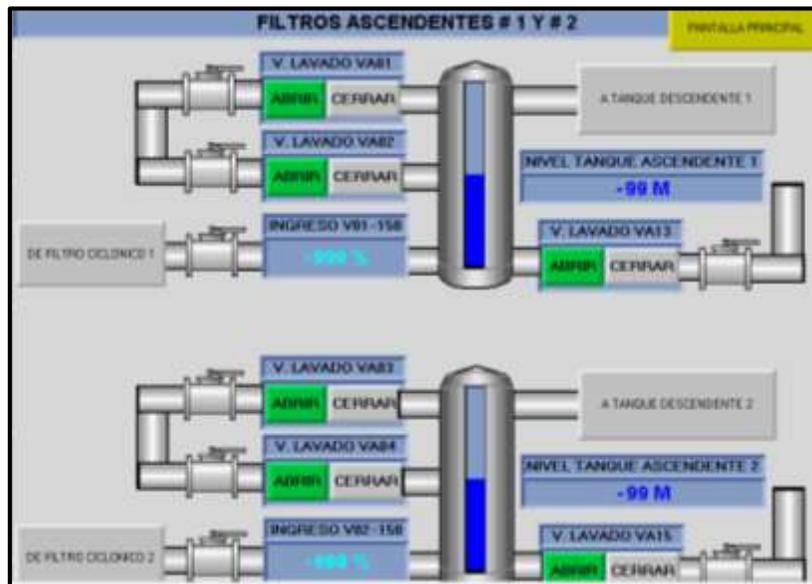


Figura 4.99 Pantalla HMI filtros ascendentes 1 y 2

Fuente: El Investigador.

En la figura 4.100 se muestra la pantalla HMI del control de válvulas del tanque El Raposal.

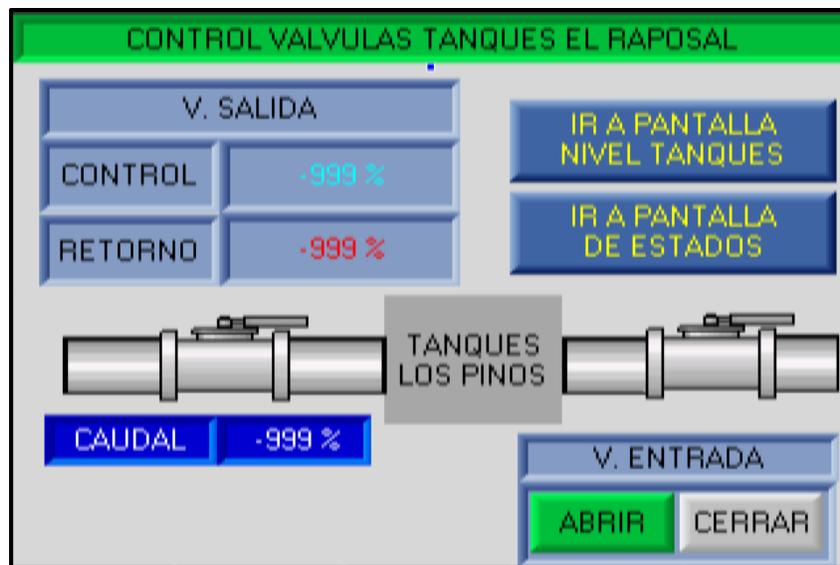


Figura 4.100 Pantalla HMI control de válvulas tanque El Raposal

Fuente: El Investigador.

En la figura 4.101 se muestra la pantalla HMI del control de estados de la Captación.



Figura 4.101 Pantalla HMI control de estado Captación

Fuente: El Investigador.

El proceso de programación de PLC's y diseño de pantallas HMI se realizó en todas las etapas del Sistema Inalámbrico para Control y Monitoreo de la Planta de Tratamiento del Cantón Baños.

Con esto se procedió a realizar pruebas del funcionamiento de todos los equipos que se instalaron como:

- Equipos de Comunicación
- Equipos de Control
- Sensores
- Actuadores

Una vez que se realizó las pruebas se procedió a la recopilación de datos antes de que la Planta entre en funcionamiento al cien por ciento

En la figura 4.102 se muestra el tablero del tanque El Panecillo en funcionamiento



Figura 4.102 Tablero del tanque El Panecillo

Fuente: El Investigador.

En la figura 4.103 se muestra el tablero de la Captación en funcionamiento



Figura 4.103 Tablero de Captación

Fuente: El Investigador.

4.9 Presupuesto de Gastos

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	PRECIO UNITARIO	VALOR TOTAL
1	5	Suministro e instalación de N.A. Proporcional $\phi = 250$ y 300	5704,2	28521
2	5	Suministro e instalación de N.C. On/Off $\phi = 250$ y 300	3582	17910
3	30	Suministro e instalación de Actuador SY4-110	1668	50040
4	12	Suministro e instalación de válvulas DRCX24-3T-N4	680	8160
5	6	Suministro e instalación de válvulas DHX24-MFT-T	856	5136
6	6	Suministro e instalación de válvulas SR24 -SR-T	160	960
7	6	Controladores V570 y V1210: incluye módulos de entrada, salida y Ethernet	5026	30156
8	27	Sensor + transmisor de nivel ultrasónico 0.2 -7.5 metros	856	23112
9	6	Sensor + transmisor de caudal para tubería de 3/4" - 12"	1035	6210
10	3	Sensor + transmisor de turbidez SWL50	3450	10350
11	14	Antenas Ubiquiti NB-5G25	235	3290
12	14	Conexión radio - antenas incluye: cable FTP cat6 y conectores	80	1120
13	70	Acometidas: incluye cables de control, borneras y accesorios varios	300	21000
14	7	Estructura metálica de 12 metros + accesorios	1187	8309
15	5	Tableros de acero inoxidable de 800*600*250	132	660
16	1	Tablero de acero inoxidable de 1200*800*400	233	233
17	2	tableros doble fondo 500*500*250	60	120
18	1	Switch de comunicación Cisco	120	120
19	17	Selectores	20,2	343,4
20	10	luces indicadoras	2,3	23
21	8	UPS para cada tablero de control	65	520
22	6	Breaker de 2 polos de caja moldeada	12,23	73,38
23	20	Breaker de 1 polo para riel DIN	6,18	123,6
25	6	Fuentes de 110VAC/24VDC	100	600
26	72	Relés	24	1728
			TOTAL	218818,38

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

- Analizando las condiciones con las que el GABAS realiza el tratamiento y distribución del agua que se capta del río Cristal, se concluyó que es necesario implementar un sistema automático que permita controlar y monitorear este proceso.
- Después de examinar varias alternativas para dar una solución eficiente al problema planteado, se determinó que un sistema SCADA cumple las especificaciones técnicas requeridas, ya que permite monitorear en tiempo real el proceso a través de un sistema de comunicación inalámbrico (Radioenlaces), y a su vez controla dispositivos locales por medio de equipos PLCs con interfaz HMI.
- El diseño y posterior implementación del sistema SCADA mejoró substancialmente el proceso de tratamiento del agua, al tener valores de caudal, turbidez y nivel de todas las etapas, permitiendo a los operadores optimizar el recurso hídrico y mejorar la calidad de agua que se abastece a la población.
- Al automatizar la Planta de Tratamiento se mejoró los procesos de filtrado del agua, controlando los niveles y el caudal que ingresa a cada tanque, además por medio

de los sensores de turbidez el operador puede realizar un análisis del nivel de impurezas existentes en el agua, y accionar vía local o remota electroválvulas en función de la calidad de tratamiento.

- El uso de antenas parabólicas en la implementación del sistema de comunicaciones brinda una cobertura total, debido a su alta ganancia, direccionalidad y al enfoque de la onda radiada en una sola dirección, lo que hace que sea óptima para las condiciones climáticas del lugar.

5.2 RECOMENDACIONES

- Para el GADBAS la implementación del sistema cambió los procesos manuales por soluciones tecnológicas que optimizan y ahorran recursos, por lo que se recomienda capacitar al personal para que opere de manera correcta el proceso de tratamiento de agua.
- Realizar un monitoreo permanente de los dispositivos de comunicación instalados, verificando que brinden cobertura permanente al proceso que se da en cada etapa, evitando así datos erróneos que pueden causar un funcionamiento incorrecto del sistema.
- Para optimizar la distribución de agua, el operador deberá obtener lecturas periódicas del caudal y el nivel en los tanques de distribución, para de esta manera dotar a la población de la cantidad requerida de agua, almacenando el resto para situaciones de emergencia.
- Realizar un mantenimiento periódico de los filtros de la Planta de Tratamiento, esto evitará la acumulación de desperdicios en las válvulas de retrolavado y de desagüe, y a su vez lecturas incorrectas de los sensores.
- Alinear de manera permanente las antenas, ya que la potencia de transmisión depende de las condiciones climáticas donde se instalaron los equipos.

Bibliografía

- [1] A.B. Albarracín y D.x.C., <<Repositorio ESPE,>> 2012.[En Línea]. Avaliable: <http://repositorio.espe.edu.ec/bitstream/21000/5881/1/T-ESPE-033914.pdf>. [Ultimo acceso: 20 de Octubre de 2013]
- [2] J.C. Ortega y B.A.R., <<Repositorio Espol, >>2010.[En Línea]. Avaliable: <http://www.dspace.espol.edu.ec/>. [Ultimo acceso: 15 de Octubre 2013].
- [3] W. Tomassi, Sistemas de Comunicaciones Inalámbricas, México: Alfaomega, 2005.Cap.1 Pág. 1
- [4] D. Roldan, Comunicaciones Inalámbricas, México: Alfaomega, 2005. Cap. 1 Pág. 1
- [5] B.C. Kuo, Sistemas de Control Automático, México: Naomi Goldman, 1996. Cap. 1 Pág. 3
- [6] H.A. Mendiburu Díaz, Instrumentación Virtual Industrial, Perú: Indecopi, 2006. Pág. 19
- [7] Canal de Isabel II gestión, Tratamiento de agua potable, Madrid: Estograf, 2012. Pág. 6, 7
<http://www.canaleduca.com/documents/10157/19805/Tratamiento+de+agua+potable>
e
- [8] A. Rodríguez Penín, <<Sistemas SCADA, >> [En Línea]. Available: http://www.books.google.com.ec/books/about/Subastas_de_m%c3%BBAltiples-obk¿jetos.html. [Ultimo acceso: 20 de Octubre 2013]. Cap.1 Pág. 3,9
- [9] Departamento de Saneamiento Ambiental GADBAS, Ajustes al diseño del sistema de agua potable, Ecuador: 2011. Pág. 19,24,29,31,32
- [10] Chavarría Meza, Luis Eduardo.2007, Scada Systems & Telemetry, México, Atalantic International University.
- [11] S/A (Marzo de 2013), Válvula Motorizada. Recuperado el 15 de Enero de 2014 de:<http://www.pehuenargentina.com.ar/danfoss2/ReguladoresdePresion/RD4AI205.pdf>

- [12] S/A (13 de Mayo de 2010), TRANSDUCTORES, SENSORES Y CAPTADORES. Recuperado el 20 de Enero de 2014, de:
<http://www.juantadeandalucia.es/TRANSDUCTORES,%20SENSORES%20Y%20CAPATADORES.pdf>.
- [13] S/A (Febrero de 2007), Tutorial de Radiomobile. Recuperado el 20 de febrero de 2014, de:
<http://www3.fi.mdp.edu.ar/electronica/catedras/mediosdetransmision/files/ManualRadioMobile.pdf>
- [14] Lucelly, R. (5 de Enero de 2014). Viewport. Obtenido de:
física.udea.edu.co/~lab-gicm/Instrumentacion/2014_Control.Pdf
- [15] S/A, Página oficial de Unitronics. <http://www.unitronics.com/support/technical-library>
- [16] Oscar Páez Rivera (10 de Abril de 2013), Normas ISA, recuperado el 5 de Abril de 2014, de:
http://www.automaticausach.cl/asignaturas/controlautind/304_Norma_ISA_PID.pdf
- [17] S/A, Introducción a AIROS V5, recuperado 10 de mayo de 2014 de:
http://wiki.ubnt.com/AirOS_5_Spanish
- [18] S/A, Tutorial de ayuda del software Visilogic, recuperado 20 de Mayo de 2014 de: <http://www.unitronics.com/support/downloads>

ANEXOS

Anexo 1

Plan Nacional de Frecuencias para Radioenlace Inalámbricos Aficionados

REGIÓN 2	ECUADOR	
Banda MHz	Banda MHz	Rango MHz Nota EQA (resumen): Servicio (Sistema/Uso)
5570 - 5650 RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA MÓVIL salvo móvil aeronáutico MOD 5.446A 5.450A RADIOLOCALIZACIÓN 5.450B 5.452	5570 - 5650 RADIONAVEGACIÓN MARÍTIMA MÓVIL salvo móvil aeronáutico MOD 5.446A 5.450A RADIOLOCALIZACIÓN 5.450B 5.452	5570-5650 EQA.90: (MDBA y Enlaces radioeléctricos de radiodifusión sonora que utilizan técnicas MDBA)
5650 - 5725 RADIOLOCALIZACIÓN MÓVIL salvo móvil aeronáutico MOD 5.446A 5.450A Aficionados Investigación espacial (espacio lejano) 5.282 5.455	5650 - 5725 RADIOLOCALIZACIÓN MÓVIL salvo móvil aeronáutico MOD 5.446A 5.450A Aficionados Investigación espacial (espacio lejano) 5.282	5650-5725 EQA.90: (MDBA y Enlaces radioeléctricos de radiodifusión sonora que utilizan técnicas MDBA)
5725 - 5830 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.150 5.455	5725 - 5830 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados 5.150 5.455	5725-5830 EQA.90: (MDBA y Enlaces radioeléctricos de radiodifusión sonora que utilizan técnicas MDBA)
5830 - 5850 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados Aficionados por satélite (espacio-Tierra) 5.150 5.455	5830 - 5850 RADIOLOCALIZACIÓN Aficionados Aficionados por satélite (espacio-Tierra) 5.150 5.455	5830-5850 EQA.90: (MDBA y Enlaces radioeléctricos de radiodifusión sonora que utilizan técnicas MDBA)
5850 - 5925 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) MÓVIL Aficionados Radiolocalización 5.150	5850 - 5925 FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.150	5850-5925 EQA.105: FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)
5925 - 6700 FIJO ADD 5.A120 FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.457A MOD 5.457B MÓVIL 5.457C 5.149 5.440 5.458	5925 - 6700 FIJO FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 5.457A 5.149 5.440 5.458	5925-6425 EQA.50: FIJO; FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio) 6425-6700 EQA.110: FIJO (enlaces radioeléctricos con emisiones de televisión); FIJO POR SATÉLITE (Tierra-espacio)

Anexo 2

Características Técnicas equipo Ubiquiti NB – 5G25

Models



NanoBridge M9

Model	Frequency	Gain
NBM9	900 MHz	10.6 - 11.3 dBi



**NanoBridge M2
NanoBridge M5**

Model	Frequency	Gain
NB-2G18	2.4 GHz	18 dBi
NB-5G22	5 GHz	22 dBi
NB-5G25	5 GHz	25 dBi



**NanoBridge M3
NanoBridge M365**

Model	Frequency	Gain
NBM3	3.3 - 3.7 GHz	21.5 - 22.5 dBi
NBM365	3.65 - 3.675 GHz	21.5 - 22.5 dBi

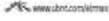
Specifications

System Information			
Model	NBM9	NB-2G18/NB-5G22/NB-5G25	NBM3/NBM365
Processor Specs	Atheros MIPS 24Kc, 400 MHz	Atheros MIPS 24Kc, 400 MHz	Atheros MIPS 24Kc, 400 MHz
Memory	64 MB SDRAM, 8 MB Flash	32 MB SDRAM, 8 MB Flash	32 MB SDRAM, 8 MB Flash
Networking Interface	(1) 10/100 Ethernet Port	(1) 10/100 Ethernet Port	(2) 10/100 Ethernet Ports

Regulatory/Compliance Information			
Model	NBM9	NB-2G18/NB-5G22/ NB-5G25	NBM3 NBM365
Wireless Approvals	FCC, IC	FCC, IC, CE	- FCC
RoHS Compliance	Yes		

Physical/Electrical/Environmental			
Model	NBM9	NB-2G18/NB-5G22/NB-5G25	NBM3/NBM365
Dimensions (mm)	543 x 440 x 725	NB-2G18: 400 diameter NB-5G22: 326 mm diameter NB-5G25: 400 mm diameter	492 x 440 x 705
Weight (Dish and Mount Included)	5.098 kg	NB-2G18: 2.346 kg NB-5G22: 1.904 kg NB-5G25: 2.304 kg	NBM3: 4.656 kg NBM365: 4.660 kg
Power Supply	24V, 1A PoE	24V, 0.5A PoE	24V, 0.5A PoE
Power Method	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)	Passive PoE (Pairs 4, 5+; 7, 8 Return)
Max. Power Consumption	6.5 W	5.5 W	8 W
Gain	10.6 - 11.3 dBi	NB-2G18: 18 dBi NB-5G22: 22 dBi NB-5G25: 25 dBi	21.5 - 22.5 dBi
LEDs	(1) Power, (1) LAN, (4) WLAN	(1) Power, (1) LAN, (4) WLAN	(1) Power, (2) LAN, (4) WLAN
Wind Loading	105 lbf @ 125 mph	NB-2G18: 77 lbf @ 125 mph NB-5G22: 45 lbf @ 125 mph NB-5G25: 77 lbf @ 125 mph	105 lbf @ 125 mph
Wind Survivability	125 mph		
LEDs	(1) Power, (1) LAN, (4) WLAN		
Signal Strength LEDs	Software-Adjustable to Correspond to Custom RSSI Levels		
Enclosure	Outdoor UV-Stabilized Plastic		
Mounting	Pole-Mount Kit Included		
Operating Temperature	-30 to 75°C		
Operating Humidity	5 to 99% Non-Condensing		
Shock & Vibration	ETSI300-010-14		

Operating Frequency Summary (MHz)					
Model	NBM9	NB-2G18	NBM3	NBM365	NB-5G22/NB-5G25
Worldwide					5170 - 5875
USA	902 - 928	2402 - 2462	3370 - 3730	3650 - 3675	5725 - 5850


www.ubnt.com/latam


www.ubnt.com/latam

Anexo 3

Hoja de Datos PLC V570

Vision™ OPLC™		Technical Specifications	
		Models V570-57-C30B, V570-57-T40B	
<p>This guide provides specifications for Unitronics' color touchscreen controllers V570-57-C30B and V570-57-T40B. You can find additional documentation on the Unitronics' Setup CD and in the Technical Library at www.unitronics.com.</p>			
Technical Specifications			
Power Supply			
Input voltage	24VDC		
Permissible range	20.4 VDC to 28.8VDC with less than 10% ripple		
Max. current consumption	320mA@24V		
Typical power consumption	6.5W		
Battery			
Back-up	7 years typical at 25°C, battery back-up for RTC and system data, including variable data.		
Replaceable	Yes, without opening the controller.		
Graphic Display Screen			
LCD Type	V570-57-C30B	V570-57-T40B	
	CSTN	TFT	
Illumination backlight	CCFL fluorescent lamp		
Display resolution, pixels	320x240 (QVGA)		
Viewing area	5.7"		
Colors	256		
Touchscreen	Resistive, analog		
Touch' indication	Via buzzer		
Screen contrast	Via software (Store value to SI 7). See Note 1.		
Screen brightness	Via software (Store value to SI 9).		
Keypad	Displays virtual keyboard when the application requires data entry.		
Notes:			
1. CSTN screens support both contrast and brightness. TFT screens support brightness only.			
Program			
Application memory	2MB		
Operand type	Quantity	Symbol	Value
Memory Bits	8192	MB	Bit (coil)
Memory Integers	4096	MI	16-bit
Long Integers	512	ML	32-bit
Double Word	256	DW	32-bit unsigned
Memory Floats	64	MF	32-bit
Timers	384	T	32-bit
Counters	32	C	16-bit
Data Tables	120K (dynamic)/ 192K (static)		
HMI displays	Up to 1024		
Program scan time	9 µsec per 1K of typical application		
Unitronics			
1			

Removable Memory**SD card**

File system User must format via Unitronics SD tools utility. See Note 2

Notes:

2. The SD memory card slot uses the PC-compatible FAT32 file system. User can store data logs, alarm history, data tables, backup ladder, HMI, and OS.

Communication**Serial ports**

2. See Note 3

RS232

Galvanic isolation Yes
Voltage limits ±20V
Baud rate range 300 to 115200 bps
Cable length Up to 15m (50')

RS485

Galvanic isolation Yes
Voltage limits -7 to +12V
Baud rate range 300 to 115200 bps
Nodes Up to 32
Cable type Shielded twisted pair, in compliance with EIA RS485
Cable length Up to 1200m (4000')

CANbus port

1

Nodes

CANopen	Unitronics' CANbus protocols
127	60

Power requirements 24VDC (±4%), 40mA max. per unit

Galvanic isolation Yes, between CANbus and controller

Cable length/ baud rate		
25 m	1 Mbit/s	
100 m	500 Kbit/s	
250 m	250 Kbit/s	
500 m	125 Kbit/s	
500 m	100 Kbit/s	
1000 m*	50 Kbit/s	* If you require cable lengths over 500 meters, contact technical support.
1000 m*	20 Kbit/s	

Optional port

User may install a single Ethernet port, or an RS232/RS485 port. Available by separate order.

Notes:

3. The standard for each port is set to either RS232/RS485 according to DIP switch settings. Refer to the Installation Guide.

I/Os

Number of I/Os and types vary according to module. Supports up to 512 digital, high-speed, and analog I/Os.

**Snap-in I/O modules
Expansion modules**

Plugs into rear port to create self-contained PLC with up to 43 I/Os. Local adapter, via I/O Expansion Port. Integrate up to 8 I/O Expansion Modules comprising up to 128 additional I/Os. Remote adapter, via CANbus port. Connect up to 60 adapters; connect up to 8 I/O expansion modules to each adapter.

Exp. port isolation

Galvanic

Anexo 4

Hoja de Datos PLC V1210

Vision™ OPLC™		Technical Specifications	
		V1210-T20BJ	
<p>V1210 OPLCs are programmable logic controllers that comprise a built-in operating panel containing a 12.1" Color Touchscreen. You can find additional documentation on the Unitronics' Setup CD and in the Technical Library at www.unitronics.com.</p>			
Technical Specifications			
Power Supply			
Input voltage	12 or 24VDC		
Permissible range	10.2-28.6VDC		
Max. current consumption	1A@12V 0.5A@24V		
Battery			
Back-up	7 years typical at 25°C, battery back-up for RTC and system data, including variable data.		
Replaceable	Yes, without opening the controller.		
Graphic Display Screen			
LCD Type	See Note 1		
Illumination backlight	TFT		
Display resolution, pixels	White LED		
Viewing area	800x600 (SVGA)		
Colors	12.1"		
Touchscreen	65,536 (16-bit)		
'Touch' indication	Resistive, analog		
Screen brightness	Via software (Store value to SI 9).		
Keypad	Displays virtual keyboard when the application requires data entry.		
Notes:			
1. Note that the LCD screen may have a single pixel that is permanently either black or white.			
Program			
Memory size	Application Logic – 2MB, Images – 32MB, Fonts – 1MB		
Operand type	Quantity	Symbol	Value
Memory Bits	8192	MB	Bit (coil)
Memory Integers	4096	MI	16-bit
Long Integers	512	ML	32-bit
Double Word	256	DW	32-bit unsigned
Memory Floats	64	MF	32-bit
Timers	384	T	32-bit
Counters	32	C	16-bit
Data Tables	120K dynamic RAM data (recipe parameters, datalogs, etc.) Up to 256K Flash data		
HMI displays	Up to 1024		
Program scan time	9 µsec per 1K of typical application		

Removable Memory

Micro-SD card Compatible with fast micro-SD cards; store datalogs, Alarms, Trends, Data Tables, backup Ladder, HMI, and OS. See Note 2

Notes:

2. User must format via Unitronics SD tools utility.

Communication

Serial ports 2. See Note 3

RS232

Galvanic isolation Yes
Voltage limits ± 20 VDC absolute maximum
Baud rate range 300 to 115200 bps
Cable length Up to 15m (50')

RS485

Galvanic isolation Yes
Voltage limits -7 to +12VDC differential maximum
Baud rate range 300 to 115200 bps
Nodes Up to 32
Cable type Shielded twisted pair, in compliance with EIA RS485
Cable length 1200m maximum (4000')

USB

Port type Mini-B
Galvanic isolation No
Specification USB 2.0 compliant; full speed
Baud rate range 300 to 115200 bps
Cable USB 2.0 compliant; up to 3m

CANbus port

1

Nodes

CANopen	Unitronics' CANbus protocols
127	60

Power requirements 24VDC ($\pm 4\%$), 40mA max. per unit. See Note 5

Galvanic isolation Yes, between CANbus and controller

Cable length/ baud rate
See Note 5

25 m	1 Mbit/s	
100 m	500 Kbit/s	
250 m	250 Kbit/s	
500 m	125 Kbit/s	
500 m	100 Kbit/s	
1000 m*	50 Kbit/s	* If you require cable lengths over 500 meters, contact technical support.
1000 m*	20 Kbit/s	

Optional port

User may install a single Ethernet port, or an RS232/RS485 port. Available by separate order.

Notes:

3. The standard for each port is set to either RS232/RS485 according to DIP switch settings. Refer to the Installation Guide.
4. The USB port may be used for programming, OS download, and PC access. Note that COM port 1 function is suspended when this port is physically connected to a PC.
5. Supports both 12 and 24VDC CANbus power supply, ($\pm 4\%$), 40mA maximum per unit. Note that if 12 VDC is used, the maximum cable length is 150 meters.

Anexo 5

Hoja de Datos Módulo V200-18-E3XB

V200-18-E3XB Technical Specifications

Digital Inputs

Number of Inputs	18 (In two groups)
Input type	pnp (source) or npn (sink)
Galvanic Isolation	
Digital Inputs to bus	Yes
Digital Inputs to digital Inputs In same group	No
Group to group, digital inputs	Yes
Nominal input voltage	24VDC
Input voltage	
pnp (source)	0-5VDC for Logic '0' 17-28.8VDC for Logic '1'
npn (sink)	17-28.8VDC for Logic '0' 0-5VDC for Logic '1'
Input current	6mA@24VDC for inputs #4 to #17 8.8mA@24VDC for inputs #0 to #3
Response time	10mSec typical
High speed inputs	Specifications below apply when these inputs are wired for use as a high-speed counter input/shaft encoder. See Notes 1 and 2.
Resolution	32-bit
Frequency	10kHz maximum
Minimum pulse width	40µs

Notes:

1. Inputs #0 and #2 can each function as either high-speed counter or as part of a shaft encoder. In each case, high-speed input specifications apply. When used as a normal digital input, normal input specifications apply.
2. Inputs #1 and #3 can each function as either counter reset, or as a normal digital input; in either case, its specifications are those of a normal digital input. These inputs may also be used as part of a shaft encoder. In this case, high-speed input specifications apply.

Digital Outputs

Digital Output's Power Supply

Nominal operating voltage	24VDC
Operating voltage	20.4 to 28.8VDC
Quiescent current	20mA@24VDC.
Max. current consumption	85mA@24VDC. See Note 3.
Galvanic isolation	
Digital power supply to bus	Yes
Digital power supply to relay outputs	Yes
Digital power supply to transistor outputs	No

Notes:

3. Maximum current consumption does not provide for PNP output requirements. The additional current requirement of PNP outputs must be added.

Relay Outputs

Number of outputs	15 relays (In two groups). See Note 4.
Output type	SPST-NO (Form A)
Isolation	By relay
Type of relay	Tyco PCN-124D3MHZ or compatible
Outputs' power supply	See Digital Output's Power Supply above
Galvanic Isolation	
Relay outputs to bus	Yes
Group to group, relay outputs	Yes
Relay to transistor outputs	Yes
Output current	3A maximum per output (resistive load) 8A maximum total for common (resistive load)
Rate voltage	250VAC / 30VDC
Minimum load	1mA@5VDC
Life expectancy	100k operations at maximum load
Response time	10mS (typical)
Contact protection	External precautions required (see Increasing Contact Life Span, p.4)

Notes:

4. Outputs #2,3,4,5,6 and 7 share a common signal. Outputs #8,9,10,11,12,13,14,15 and 16 share a common signal

Transistor Outputs

Number of outputs	2, high-speed. Each can be individually set as pnp (source) or npn (sink) via wiring and jumper settings. See Note 5.
Output type	pnp: P-MOSFET (open drain) npr: N-MOSFET (open drain)
Galvanic Isolation	
Transistor outputs to bus	Yes
Transistor outputs to transistor outputs	No
Transistor outputs to relay outputs	Yes
Output current	pnp: 0.5A maximum per output npr: 50mA maximum per output
Maximum frequency	<u>Resistive load</u> pnp: 2kHz npr: 50kHz <u>Inductive load</u> 0.5Hz
ON voltage drop	pnp: 0.5VDC maximum npr: 0.4VDC maximum
Short circuit protection	Yes (pnp only)
pnp (source) power supply	See Digital Output's Power Supply above
npr (sink) power supply operating voltage	3.5V to 28.8VDC, unrelated to the voltage of either the I/O module or the controller

Notes:

5. Both transistor outputs may be used as high-speed outputs.

Anexo 6

Hoja de Datos Módulo EX-A2X

EX-A2X Technical Specifications	
I/O module capacity	Up to 8 I/O modules can be connected to a single adapter.
Power supply	12VDC or 24VDC
Permissible range	10.2 to 28.8VDC
Max. current consumption	650mA @ 12VDC; 350mA @ 24VDC
Typical power consumption	4W
Current supply for I/O modules	1A max. from 5V (see Note 1)
Galvanic isolation	
EX-A2X power supply to:	
OPLC port	Yes
Expansion module port	No
Status indicators	
(PWR)	Green LED—Lit when power is supplied.
(COMM.)	Green LED—Lit when communication is established.
Environmental	IP20/NEMA 1
Operating temperature	0° to 50° C (32 to 122°F)
Storage temperature	-20° to 60° C (-4 to 140°F)
Relative Humidity (RH)	10% to 85% (non-condensing)
Dimensions (WxHxD)	80mm x 93mm x 60mm (3.15" x 3.66" x 2.362")
Weight	125g (4.3oz.)
Mounting	Either onto a 35mm DIN-rail or screw-mounted.
Unitronics	5

Anexo 7

Hoja de Datos Módulo EX-D16A3-TO16

EX-D16A3-TO16	XL I/O Expansion Module (Built-in Adapter) Technical Specifications
<p>The Untronics® EX-D16A3-TO16 is an XL I/O expansion module for use in conjunction with specific Untronics controllers. XL modules comprise enhanced I/O configurations and detachable I/O connectors. In addition, this module comprises a built-in adapter for communicating with the PLC and providing power to the other expansion modules in the system.</p> <p>This module provides:</p> <ul style="list-style-type: none"> • 16 digital inputs, includes 1 HSC • 3 analog inputs • 16 transistor outputs, includes 1 HSO <p>For additional information and wiring diagrams, visit the Technical Library at www.untronics.com.</p>	
Technical Specifications	
General	
I/O module capacity	Up to 7 I/O expansion modules can be connected to this module. This number may vary according to the modules used.
Status Indicators	
RUN: Green LED	<ul style="list-style-type: none"> • Lights when a communication link is established between the module and the PLC • Blinks when the communication link fails
PWR: Green LED	<ul style="list-style-type: none"> • Lights when power is supplied
Power Supply	
Input voltage	24VDC
Permissible range	20.4 to 28.8VDC, ripple < 10%
Maximum current consumption	90mA @ 24VDC – EX-D16A3-TO16 alone 220mA @ 24VDC – maximum load on the 5VDC supply when the EX-D16A3-TO16 powers seven additional I/O expansion modules
Current for additional modules	500mA maximum from 5VDC, see note 1
Notes:	
1. For example, 2 IO-D18-TO8 modules consume a maximum of 140mA of the adapter's 5VDC supply.	
Digital Inputs	
Number of inputs	16 (in a single group)
Input mode	npn (positive logic) or npn (negative logic) – configurable by hard-wiring
Galvanic Isolation	None
Status Indicators	
IN: Green LEDs	<ul style="list-style-type: none"> • One green LED for each input: Lights when the input is active, see note 2
Nominal input voltage	24VDC
Input voltage	
nnp (positive logic)	0–5VDC for logic state 0 17–28.8VDC for logic state 1
nnp (negative logic)	17–28.8VDC for logic state 0 0–5VDC for logic state 1
Input current	3.7mA @ 24VDC
Input impedance	6.5kΩ
Response time	10ms typical
High-speed input	The specifications in this section apply when an input is configured as a high-speed counter or frequency measurer. If configured as a general purpose digital input, the specification is as above. See notes 3, 4, and 5.
Resolution	16-bit or 32-bit, depending on the PLC
Frequency	30kHz maximum (at 24VDC ±10%)
Minimum pulse width	14µs
Notes:	
2. If the input is active but there is no communication with the PLC (RUN blinks), the status LED does not light.	
3. Input 36 can function either as a high-speed counter, frequency measurer, or general purpose digital input.	
4. Input 37 can function either as a counter reset input or general purpose digital input. In both cases, the specifications of this input are those of a general purpose digital input.	
5. If input 36 is set as a high-speed counter and no reset input is configured, input 37 functions as a general purpose digital input.	

Analog Inputs

Number of inputs	3
Input type	0–20mA or 4–20mA
Input impedance	191Ω
Maximum input rating	28mA, 5.3VDC
Galvanic isolation	None
Cable type	Shielded twisted-pair
Conversion method	Successive approximation
Resolution (0–20mA)	10-bit (1024 units)
Resolution (4–20mA)	204 to 1023 (820 units)
Conversion time	Each configured input is sampled once per 1.67ms. For example, if 3 inputs are configured, it takes $3 \times 1.67 = 5\text{ms}$ to sample all the analog inputs. See note 6.
Accuracy	±0.9% of full scale
Status indication	In software: If a specific input value is 1024, a single analog input deviates above the permissible range. If all the input values are 1024, either all the inputs deviate above the permissible range or the RG signal is not connected.

Notes:

6. The conversion time does not include communication time with the PLC and PLC scan time.

Digital Outputs

Number of outputs	16 transistors																		
Output type	Output 32: Either pnp: P-MOSFET (open drain) or npn: N-MOSFET (open drain) Outputs 33–47: pnp: P-MOSFET (open drain) Refer to notes 10 and 11																		
Galvanic isolation	None																		
Status indicators	<ul style="list-style-type: none"> • One red LED for each output: Lights when the corresponding output is active • Lights when a pnp output transistor load causes a short-circuit, see note 12 																		
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>pnp</th> <th>nnp</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>0.5A per output, 4A total</td> <td>50mA</td> </tr> <tr> <td>0.6A peak, once every 2 seconds, for a duration of 10ms per output, not simultaneously</td> <td>N/A</td> </tr> <tr> <td>1ms</td> <td>1μs</td> </tr> <tr> <td>0.15ms</td> <td>10μs</td> </tr> <tr> <td>1Hz–500Hz (at max. load resistance of 470kΩ)</td> <td>1Hz–32kHz (at max. load resistance of 1.5kΩ)</td> </tr> <tr> <td>0.5VDC</td> <td>0.4VDC</td> </tr> <tr> <td>Yes</td> <td>No</td> </tr> <tr> <td>Digital output power supply</td> <td>3.5VDC to 28.8VDC, unrelated to the voltage of either the I/O module or the controller</td> </tr> </tbody> </table>	pnp	nnp	0.5A per output, 4A total	50mA	0.6A peak, once every 2 seconds, for a duration of 10ms per output, not simultaneously	N/A	1ms	1μs	0.15ms	10μs	1Hz–500Hz (at max. load resistance of 470kΩ)	1Hz–32kHz (at max. load resistance of 1.5kΩ)	0.5VDC	0.4VDC	Yes	No	Digital output power supply	3.5VDC to 28.8VDC, unrelated to the voltage of either the I/O module or the controller
pnp	nnp																		
0.5A per output, 4A total	50mA																		
0.6A peak, once every 2 seconds, for a duration of 10ms per output, not simultaneously	N/A																		
1ms	1μs																		
0.15ms	10μs																		
1Hz–500Hz (at max. load resistance of 470kΩ)	1Hz–32kHz (at max. load resistance of 1.5kΩ)																		
0.5VDC	0.4VDC																		
Yes	No																		
Digital output power supply	3.5VDC to 28.8VDC, unrelated to the voltage of either the I/O module or the controller																		
Maximum output current																			
Maximum surge current																			
Maximum delay OFF to ON																			
Maximum delay ON to OFF																			
HGO freq. range with resistive load																			
Maximum ON voltage drop																			
Short circuit protection																			
Voltage Reference																			
Output power supply																			
Nominal operating voltage	24VDC																		
Operating voltage	20.4VDC to 28.8VDC																		

Notes:

10. Output 32 can be wired either as pnp (source) or npn (sink). pnp and npn can be wired simultaneously.
11. Output 32 can be used as a high speed output.
12. When an output load causes a short-circuit, the system disconnects that output and lights the S.C. LED on the module's front panel. The short circuit is also identified by the PLC software. For example, in the Vision OPLC, SB 5 turns on and BOW 5, containing a bitmap, indicates which module has caused the short-circuit. For more information, refer to the PLC online help.

Dimensions

Size (W x H x D)	80 x 135 x 60mm (3.15 x 5.31 x 2.36"). For exact dimensions, refer to the product installation guide.
Weight (approximate)	393g (13.8oz)

Environmental

Operating temperature	0° to 50°C (32° to 122°F)
Storage temperature	–20° to 60°C (–4° to 140°F)
Relative Humidity (RH)	10% to 95% (non-condensing)
Mounting	Snap-mounted on 35mm DIN-rail (IP20/NEMA1)

The information in this document reflects products at the time of printing. Yokogawa reserves the right, subject to applicable laws, if any time, to its sole discretion, and without notice, to discontinue or change the features, design, hardware, and other specifications of its products, and to alter permanently or temporarily without any of the foregoing from the market. All information in this document is provided "as is" without warranty of any kind, either expressed or implied, including but not limited to any implied warranties of merchantability, fitness for a particular purpose, or non-infringement. Yokogawa assumes no responsibility for errors or omissions in the information presented in this document, or in event that Yokogawa be liable for any special, incidental, indirect or consequential damages of any kind, or any damages whatsoever arising out of or in connection with the use or performance of this information. The trademarks, trade names, logos and service marks presented in this document, including their design, are the property of Yokogawa (YOKOGAWA) or other third parties and you are not permitted to use them without the prior written consent of Yokogawa or such third party as may own them.

DTS-KLEX-D16T18 03-09

Anexo 8

Hoja de Datos Módulo EX-RC1

EX-RC1 Remote I/O Adapter		2/12																					
EX-RC1 Technical Specifications																							
I/O module capacity	Up to 8 I/O modules can be connected to a single adapter. The number of I/Os may vary according to module.																						
Power supply	12VDC or 24VDC																						
Permissible range	10.2 to 28.8VDC																						
Quiescent current	90mA@12VDC; 50mA@24VDC																						
Max. current consumption	650mA @ 12VDC; 350mA @ 24VDC																						
Current supply for I/O modules	800mA maximum from 5V. See Note 1																						
Status Indicators																							
(PWR)	Green LED—	Lit when power is supplied.																					
(I/O COMM.)	Green LED—	Lit when communication is established between the adapter to the other units. Blinks 0.5sec ON 0.5sec OFF when adapter is in Stop mode.																					
(Bus COMM.)	Green LED—	Lit when communication is established between the adapter and the OPLC.																					
Notes																							
1.	Example: 2 IO-D18-TO8 units consume a maximum of 140mA of the 5VDC supplied by the adapter.																						
Communication																							
RS232 port	1																						
Galvanic Isolation	No																						
Voltage limits	±20V																						
Cable length	Up to 15m (50')																						
CANbus port	1																						
Nodes	60																						
Power requirements	24VDC (±4%), 40mA max. per unit																						
Galvanic Isolation	Yes, between CANbus and adapter																						
Cable type	Twisted-pair; DeviceNet® thick shielded twisted pair cable is recommended.																						
Cable length/ baud rate	<table border="0"> <tr> <td>25 m</td> <td>1 Mbit/s</td> <td></td> </tr> <tr> <td>100 m</td> <td>500 Kbit/s</td> <td></td> </tr> <tr> <td>250 m</td> <td>250 Kbit/s</td> <td></td> </tr> <tr> <td>500 m</td> <td>125 Kbit/s</td> <td></td> </tr> <tr> <td>500 m</td> <td>100 Kbit/s</td> <td></td> </tr> <tr> <td>1000 m*</td> <td>50 Kbit/s</td> <td>* If you require cable lengths over 500 meters, contact technical support.</td> </tr> <tr> <td>1000 m*</td> <td>20 Kbit/s</td> <td></td> </tr> </table>		25 m	1 Mbit/s		100 m	500 Kbit/s		250 m	250 Kbit/s		500 m	125 Kbit/s		500 m	100 Kbit/s		1000 m*	50 Kbit/s	* If you require cable lengths over 500 meters, contact technical support.	1000 m*	20 Kbit/s	
25 m	1 Mbit/s																						
100 m	500 Kbit/s																						
250 m	250 Kbit/s																						
500 m	125 Kbit/s																						
500 m	100 Kbit/s																						
1000 m*	50 Kbit/s	* If you require cable lengths over 500 meters, contact technical support.																					
1000 m*	20 Kbit/s																						
Environmental																							
Operating temperature	0° to 50°C (32 to 122°F)																						
Storage temperature	-20° to 60°C (-4 to 140°F)																						
Relative Humidity (RH)	5% to 95% (non-condensing)																						
Dimensions (WxHxD)	80mm x 93mm x 60mm (3.15" x 3.66" x 2.36")																						
Weight	135g (4.76 oz.)																						
Mounting	Either onto a 35mm DIN-rail or screw-mounted.																						
<p>The information in this document reflects products at the date of printing. Unitronics reserves the right, subject to all applicable laws, at any time, at its sole discretion, and without notice, to discontinue or change the features, designs, materials and other specifications of its products, and to either permanently or temporarily withdraw any of the foregoing from the market. All information in this document is provided "as is" without warranty of any kind, either expressed or implied, including but not limited to any implied warranties of merchantability, fitness for a particular purpose, or non-infringement. Unitronics assumes no responsibility for errors or omissions in the information presented in this document. In no event shall Unitronics be liable for any special, incidental, indirect or consequential damages of any kind, or any damages whatsoever arising out of or in connection with the use or performance of this information.</p> <p>The trademarks, trademarks, logos and service marks presented in this document, including their design, are the property of Unitronics (1999) (P)C Ltd. or other third parties and you are not permitted to use them without the prior written consent of Unitronics or such third party as may own them.</p>																							
		DSP-EXP-EX-RC1 05/08																					
8	Unitronics																						

Anexo 9

Hoja de Datos Módulo IO-D16A3-RO16

IO-D16A3-RO16		XL I/O Expansion Module Technical Specifications	
<p>The Unitronics® IO-D16A3-RO16 is an XL I/O expansion module for use in conjunction with specific Unitronics controllers. XL modules comprise enhanced I/O configurations and detachable I/O connectors. A local or remote I/O adapter module is required to interface between the expansion module and the PLC controller and provide power to the expansion modules in the system.</p> <p>The I/O expansion module provides:</p> <ul style="list-style-type: none">• 16 digital inputs, includes 2 HSC• 3 analog inputs• 16 relay outputs <p>For additional information and wiring diagrams, visit the Technical Library at www.unitronics.com.</p>			
Technical Specifications			
General			
Maximum current consumption	70mA (provided by the adapter 5VDC supply for I/O modules)		
Status indicator	RUN: Green LED		
	<ul style="list-style-type: none">• Lights when a communication link is established between the module and the PLC or remote I/O adapter• Blinks when the communication link fails		
Digital Inputs			
Number of inputs	16 (in a single group)		
Input mode	pnp (positive logic) or npn (negative logic) – configurable by hard-wiring		
Galvanic isolation	None		
Status indicators	IN: Green LEDs		
	<ul style="list-style-type: none">• One green LED for each input: Lights when the input is active, see note 1		
Nominal input voltage	24VDC		
Input voltage			
pnp (positive logic)	0–5VDC for logic state 0 17–28.8VDC for logic state 1		
npn (negative logic)	17–28.8VDC for logic state 0 0–5VDC for logic state 1		
Input current	3.7mA @ 24VDC		
Input impedance	8.5kΩ		
Response time	10ms typical		
High-speed inputs	The specifications in this section apply when inputs are configured as high-speed counters or frequency measurers. If they are configured as general purpose digital inputs, the specification is as above. See notes 2, 3, and 4.		
Resolution	16-bit or 32-bit, depending on the PLC or remote I/O adapter		
Frequency	30kHz maximum (at 24VDC ±10%)		
Minimum pulse width	14μs		
Notes:			
1. If the input is active but there is no communication with the PLC or the remote I/O adapter (RUN blinks), the status LED does not light.			
2. Inputs 4 and 6 can function either as high-speed counters, frequency measurers, or general purpose digital inputs.			
3. Inputs 5 and 7 can function either as counter reset inputs or general purpose digital inputs. In both cases, the specifications of these inputs are those of a general purpose digital input.			
4. If input 4 or 6 is set as a high-speed counter and no reset input is configured, input 5 or 7 functions as a general purpose digital input.			

Analog Inputs

Number of inputs	3
Input type	0–20mA or 4–20mA
Input impedance	191Ω
Maximum input rating	28mA, 5.3VDC
Galvanic isolation	None
Cable type	Shielded twisted-pair
Conversion method	Successive approximation
Resolution (0–20mA)	10-bit (1024 units)
Resolution (4–20mA)	204 to 1023 (820 units)
Conversion time	Each configured input is sampled once per 1.67ms. For example, if 3 inputs are configured, it takes 3*1.67 = 5ms to sample all the analog inputs. See note 5.
Accuracy	±0.9% of full scale
Status indication	In software: If a specific input value is 1024, a single analog input deviates above the permissible range. If all the input values are 1024, either all the inputs deviate above the permissible range or the RG signal is not connected.

Notes:

5. The conversion time does not include communication time with the PLC and PLC scan time.

Digital Outputs

Number of outputs	16 relays, see note 6
Output type	SPST-NO (Form A)
Isolation	By relay
Status Indicators	
OUT: Red LEDs	▪ One red LED for each output: Lights when the corresponding output is active
Type of relay	Tyco PCN-124D3MHz or compatible
Maximum output current	3A per output (resistive load) 8A total for common (resistive load), see note 6
Rated voltage	250VAC / 30VDC
Minimum load	1mA, 5VDC
Life expectancy	100k operations at maximum load
Response time	10ms (typical)
Contact protection	External precautions required (see <i>Increasing Contact Life Span</i> in the Installation Guide)
Output power supply	
Nominal operating voltage	24VDC
Operating voltage	20.4 to 28.8VDC
Maximum current consumption	80mA @ 24VDC

Notes:

6. Outputs 0–7 share the common signal C0 and outputs 8–15 share the common signal C1.

Dimensions

Size (W x H x D)	80 x 135 x 60mm (3.15 x 5.31 x 2.36"). For exact dimensions, refer to the product installation guide.
Weight (approximate)	394g (13.9oz)

Environmental

Operating temperature	0° to 50°C (32° to 122°F)
Storage temperature	–20° to 60°C (–4° to 140°F)
Relative Humidity (RH)	10% to 95% (non-condensing)
Mounting	Snap-mounted on 35mm DIN-rail (IP20/NEMA1)

Anexo 10

Hoja de Datos Módulo IO-DI16

IO-DI16, IO-DI16-L I/O Expansion Modules		7/03
IO-DI16, IO-DI16-L Technical Specifications		
Max. current consumption	75mA maximum from the adapter's 5VDC	
Typical power consumption	0.2W @ 5VDC	
Status Indicator (RUN)	Green LED: —Lit when a communication link is established between module and OPLC. —Blinks when the communication link fails.	
Inputs		
Number of Inputs	16 (in two groups)	
Input type	pnp (source) or npn (sink)	
Galvanic isolation	None	
Status Indicators (IN)	Green LEDs—Lit when the corresponding input is active. See Note 1	
Nominal input voltage	24VDC for IO-DI16, 12VDC for IO-DI16-L	
Input voltage	IO-DI16	IO-DI16-L
pnp (source)	0-5VDC for Logic '0' 17-28.8VDC for Logic '1'	0-3VDC for Logic '0' 8-15.6VDC for Logic '1'
nnp (sink), voltage/current	17-28.8VDC/<1.1 mA for Logic '0' 0-5VDC/>4.3mA for Logic '1'	8-15.6VDC/<1.1 mA for Logic '0' 0-3VDC/>4.3mA for Logic '1'
Input current	6mA@24VDC	6mA@12VDC
Response time	10mSec typical	
Input #15	The specifications below apply when this input is wired for use as a high-speed counter input/frequency measurer. See Notes 2 and 3.	
Resolution	16-bit	
Frequency	5kHz maximum	
Minimum pulse width	80µs	
Environmental		
Operating temperature	0° to 50°C (32° to 122°F)	
Storage temperature	-20° to 60° C (-4° to 140°F)	
Relative Humidity (RH)	5% to 95% (non-condensing)	
Dimensions (WxHxD)	80mm x 93mm x 60mm (3.15" x 3.66" x 2.362")	
Weight	141g (4.9oz.)	
Mounting	Either onto a 35mm DIN-rail or screw-mounted.	
Notes:		
1. The inputs' LEDs light up only when communication link is established between module and OPLC.		
2. Input #15 can function either as a high-speed counter, a frequency measurer, or as a normal digital input. When input #15 is used as a normal digital input, normal input specifications apply.		
3. Input #14 can function either as the counter's reset, or as a normal digital input; in either case, its specifications are those of a normal digital input.		

Anexo 11

Hoja de Datos Módulo IO-RO16

IO-RO16, IO-RO16-L I/O Expansion Modules		5/03
IO-RO16, IO-RO16-L Technical Specifications		
Max. current consumption	60mA maximum from the adapter's 5VDC	
Typical power consumption	0.18W @ 5VDC	
Status Indicator (RUN)	Green LED —Lit when a communication link is established between module and OPLC. —Flashes when the communication link fails.	
Outputs		
Number of outputs	16 relay (in two groups)	
Output type	SPST-NO relay; 230VAC / 12/24 VDC	
Type of relay	Fujitsu (Takamisawa) NY-24W-K or NA1S (Mitsubishi) PA1a-24V	
IO-RO16	Fujitsu (Takamisawa) NY-12W-K or NA1S (Mitsubishi) PA1a-12V	
IO-RO16L	By relay	
Isolation	Red LEDs—Lit when the corresponding output is active.	
Status Indicators (O0 to O15)		
Output current	Resistive Load 3A maximum per output 8A maximum total for common. See Note 1. Inductive Load 1A maximum per output 4A maximum total for common. See Note 1	
Maximum frequency	10Hz	
Contact protection	External precautions required (see above: Increasing Contact Life Span)	
Outputs' power supply: IO-RO16		
Nominal operating voltage	24VDC	
Operating voltage	20.4 to 28.8VDC	
Maximum current consumption	132mA@24VDC	
Outputs' power supply: IO-RO16L		
Nominal operating voltage	12VDC	
Operating voltage	10.2 to 15.6VDC	
Maximum current consumption	176mA@12VDC	
Notes:		
1. Each group of 8 outputs share a common signal.		
Environmental		
Operating temperature	0° to 50°C (32° to 122°F)	
Storage temperature	-20° to 60° C (-4° to 140°F)	
Relative Humidity (RH)	5% to 95% (non-condensing)	
Dimensions (WxHxD)	80mm x 93mm x 60mm (3.15" x 3.66" x 2.362")	
Weight	125g (4.25 oz.)	
Mounting	Either onto a 35mm DIN-rail or screw-mounted.	

Anexo 12

Hoja de Datos Módulo IO-AI8

1/11	IO-AI8 I/O Expansion Module	
IO-AI8 Technical Specifications		
Max. current consumption	40mA maximum from the adapter's 5VDC	
Typical power consumption	0.2W@5VDC	
Status indicator (RUN)	Green LED: —Lit when a communication link is established between module and OPLC. —Blinks when the communication link fails.	
Analog Inputs		
Number of inputs	8 (single-ended) See Note 1.	
Input range	0-10V, 0-20mA, 4-20mA. See Note 1.	
Input type	Either Normal or Fast mode, according to the filter type selected in software settings	
Conversion method	Voltage to frequency	
Normal mode		
Resolution at 0-10V, 0-20mA	14-bit (16384 units)	
Resolution at 4-20mA	3277 to 16383 (13107 units)	
Conversion time	100mSec minimum per input	
Fast mode		
Resolution at 0-10V, 0-20mA	12-bit (4096 units)	
Resolution at 4-20mA	819 to 4095 (3277 units)	
Conversion time	25mSec minimum per input	
Input impedance	>400K Ω —voltage 500 Ω —current	
Isolation	None	
Absolute maximum rating	± 15 V—voltage ± 30 mA—current	
Linearity error	0.04% max of full scale	
Error limits	0.4% of input value	
Status indicators (OUT OF RANGE)	Red LEDs—Lit when the corresponding input is receiving current or voltage in excess of the input range. See Note 5.	
Environmental		
Operating temperature	0° to 50°C (32 to 122° F)	
Storage temperature	-20° to 60°C (-4 to 140° F)	
Relative Humidity (RH)	5% to 95% (non-condensing)	
Dimensions (WxHxD)	80mm x 93mm x 60mm (3.15 x 3.66 x 2.362")	
Weight	150g (5.3 oz)	
Mounting	Either onto a 35mm DIN-rail or screw-mounted.	
Notes:		
1.	Each input may be set as either voltage (0-10V), or current (0-20mA, 4-20mA) via wiring, jumper and software settings.	
2.	The voltage or current value of analog inputs can also indicate faults, as shown in the table below.	
Value: 12-bit (Fast mode)	Value: 14-bit (Normal mode)	Input Value Deviates:
-1	-1	Slightly below the input range.
4096	16384	Slightly above the input range.
32767	32767	Greatly above or below the input range.
Unitronics		7

Anexo 13

Hoja de Datos Módulo IO-AO6X

IO-AO6X I/O Expansion Module		5/03
IO-AO6X Technical Specifications		
Max. current consumption	32mA maximum from the adapter's 5VDC	
Typical power consumption	29mA @ 5VDC	
Status Indicator (RUN)	Green LED: —Lit when a communication link is established between module and OPLC. —Blinks when the communication link falls.	
Isolated power Indicator (ISO. PWR)	Green LED: —Lit when the isolated power supply is on.	
Isolation		
Channel to bus	Yes	
Channel to power supply	Yes	
Channel to channel	No	
<hr/>		
Analog Outputs		
Number of outputs	6 (single-ended)	
Output range	0-10V, 0-20mA, 4-20mA. See Note 1.	
Resolution (except at 4-20mA)	12-bit (4096 units)	
Resolution at 4-20mA	619 to 4095 (3277 units)	
Load Impedance	1k Ω minimum—voltage 500 Ω maximum—current. See Note 2.	
Conversion time	2 mSec, synchronized to expansion communication.	
Linearity error	\pm 0.1%	
Operational error limits	\pm 0.2%	
<hr/>		
Analog Power Supply		
Permissible range	24VDC	
Max. current consumption	20.4 to 28.8VDC 170mA@24VDC	
<hr/>		
Environmental		
Operating temperature	IP20 / NEMA1 0° to 50°C (32 to 122° F)	
Storage temperature	-20° to 60°C (-4 to 140° F)	
Relative Humidity (RH)	5% to 95% (non-condensing)	
Dimensions (WxHxD)	80mm x 93mm x 60mm (3.15 x 3.66 x 2.362")	
Weight	159g (5.6oz.)	
Mounting	Either onto a 35mm DIN-rail or screw-mounted.	
<hr/>		
Notes:		
1.	Note that the range of each I/O is defined both by wiring and within the controller's software.	
2.	When an analog output is set to use current, the output must be connected before the power is turned on.	

Anexo 14

Hoja de Datos Módulo IO-AI4-AO2

6/03	IO-AI4-AO2 I/O Expansion Module
IO-AI4-AO2 Technical Specifications	
Max. current consumption	30mA maximum from the adapter's 5VDC
Typical power consumption	0.1W @ 5VDC
Status Indicator (RUN)	Green LED: —Lit when a communication link is established between module and OPLC. —Blinks when the communication link falls.
Analog Inputs	
Number of inputs	4 (single-ended)
Input range	0-10V, 0-20mA, 4-20mA. See Note 1.
Conversion method	Successive approximation
Resolution (except at 4-20mA)	12-bit (4096 units)
Resolution at 4-20mA	819 to 4095 (3277 units)
Conversion time	20msec
Input impedance	1M Ω —voltage 121.5 Ω —current
Galvanic Isolation	None
Absolute maximum rating	\pm 20V—voltage \pm 40mA—current
Full-scale error	\pm 4 LSB (0.1%)
Linearity error	\pm 1 LSB (0.025%)
Operational error limits	\pm 0.4%
Status Indicators (OUT OF RANGE)	Red LEDs—Lit when the corresponding input is receiving current or voltage in excess of the input range. See Note 2.
Analog Outputs	
Number of outputs	2 (single-ended)
Output range	\pm 10V, 0-20mA, 4-20mA. See Note 1.
Resolution (except at 4-20mA)	12-bit (4096 units) + sign
Resolution at 4-20mA	819 to 4095 (3277 units)
Load Impedance	1k Ω minimum—voltage 500 Ω maximum—current
Galvanic Isolation	None
Conversion time	5msec
Linearity error	\pm 0.1%
Operational error limits	\pm 0.2%
Status Indicators (SHORT CIRCUIT)	Red LED—Lit when an output wired to deliver a positive voltage is short-circuited. See Note 3.
Analog Power Supply	
Permissible range	24VDC
Max. current consumption	20.4 to 26.6VDC 75mA@24VDC
Environmental	
Operating temperature	IP20/NEMA1 0° to 50°C (32 to 122° F)
Storage temperature	-20° to 60°C (-4 to 140° F)
Relative Humidity (RH)	5% to 95% (non-condensing)
Dimensions (WxHxD)	80mm x 93mm x 60mm (3.15 x 3.66 x 2.362")
Weight	146.3g (5.15oz.)
Mounting	Either onto a 35mm DIN-rail or screw-mounted.
Unitronics Industrial Automation	
7	

Anexo 15

Hoja de Datos Válvulas



SY...120 Series Non-Spring Return Actuator

Technical Data - 120 VAC



Application:

The SY actuators are NEMA 4, 4x rated and designed to meet the needs of HVAC and Commercial applications. Offered on the HSU and HS butterfly valve series, these actuators are available for on/off and modulating applications. Depending on the application, they are available in 24 VAC, 120 VAC and 230 VAC.

Technical Data

Electrical Connection	1/2" conduit connector, screw terminals
Overload Protection	thermally protected 135°C out-out
Motor Protection	H Class Insulation (SY-1), F Class (SY-2...12)
Gear train	high alloy steel gear sets, self locking
Operating Range	(SY...110) on/off, floating point (SY...120SR) 2-10 vdc (SY...120MFT) 2-10 vdc, 4-20mA, 0-10 VDC
Sensitivity	(SY...120SR/MFT) 0.4mA/200mV
Reversal Hysteresis	(SY...120SR/MFT) 1.0mA/500mV
Feedback	(SY...120SR/MFT) 2-10 vdc
Angle of Rotation	90°
Direction of Rotation	reversible
Position Indication	top mounted domed indicator
Internal Humidity Control	resistive heating element
Auxiliary Switches	(2) SPDT, 5A 250 VAC factory set for 5° and 85° change of state
Ambient Temperature	-22°F to +150°F [-30°C to +65°C]
Humidity Range	up to 95%
Housing Type	IP67, NEMA 4, 4X
Housing Material	die cast aluminum alloy
Agency Listings	ISO, CE, cCSAus

Power Supply 120 VAC 50/60Hz, single phase

Model	Torque	Speed 60Hz	Speed 50Hz	Power Consumption	Override	Weight
SY1-110(F)	35Nm/310 in-lbs	12s	13s	0.5A	8mm Wrench	2.0kg/4.5 lb.
SY2-120(SR/MFT)	90Nm/801 in-lbs	15s	17s	1.0A	Hand Wheel	11kg/24.5 lb.
SY3-120(SR/MFT)	150Nm/1335 in-lbs	22s	26s	1.0A	Hand Wheel	11kg/24.5 lb.
SY4-120(SR/MFT)	400Nm/3560 in-lbs	16s	18s	1.3A	Hand Wheel	22kg/48.5 lb.
SY5-120(SR/MFT)	500Nm/4450 in-lbs	22s	25s	1.5A	Hand Wheel	22kg/48.5 lb.
SY6-120(SR/MFT)	650Nm/5785 in-lbs	28s	31s	1.6A	Hand Wheel	22kg/48.5 lb.
SY7-120(SR/MFT)	1000Nm/8900 in-lbs	46s	55s	3.2A	Hand Wheel	36kg/79.5 lb.
SY8-120(SR/MFT)	1500Nm/13350 in-lbs	46s	55s	4.0A	Hand Wheel	36kg/79.5 lb.
SY9-120(SR/MFT)	2000Nm/17800 in-lbs	56s	70s	3.2A	Hand Wheel	56kg/123.5 lb.
SY10-120(SR/MFT)	2500Nm/22250 in-lbs	56s	70s	4.0A	Hand Wheel	56kg/123.5 lb.
SY11-120(SR/MFT)	3000Nm/26700 in-lbs	56s	70s	3.0A	Hand Wheel	56kg/123.5 lb.
SY12-120(SR/MFT)	3500Nm/31150 in-lbs	56s	70s	4.0A	Hand Wheel	56kg/123.5 lb.

800-543-4038 USA

866-805-7889 CANADA

202-791-8206 LATIN AMERICA

K120028-06/06 - Subject to change © Belimo Aircontrols (USA), Inc.

PRODUCT RANGE & TECHNICAL SPECIFICATIONS				
Product Range	DRCX24-3-T	DRCX24-3-T N4	DRX24-MFT-T DRCX24-MFT-T	DRX24-MFT-T N4 DRCX24-MFT-T N4
Control	0 i/Off, Floating Point	0 i/Off, Floating Point	Multi-Functional Technology	Multi-Functional Technology
Power Supply	24VAC ±20% 50/60 Hz, 24 VDC, +20/-10%	24VAC ±20% 50/60 Hz, 24 VDC, +20/- 10%	24VAC ±20% 50/60 Hz, 24 VDC, +20/-10%	24VAC ±20% 50/60 Hz, 24 VDC, +20/-10%
Transformer Sizing	12VA	12VA	12VA	12VA
Power Consumption (Holding)	9 W (2.0 W)	9 W (2.0 W)	9 W (2.0 W)	9 W (2.0 W)
Angle of Rotation	90°			
Torque / Force	800 in-lb	800 in-lb	800 in-lb	800 lbf
Running Time	35 seconds	35 seconds	150 seconds [35 seconds for DRCX]	150 seconds [35 seconds for DRCX]
Operating Temperature	-22°F to +122°F (-30 to 50°C)			
Housing	NEMA 2	NEMA 4	NEMA 2	NEMA 4
PRODUCT RANGE & TECHNICAL SPECIFICATIONS				
Product Range	DKRE24-3-T	DKRE24-3-T N4	DKRX24-MFT-T	DKRX24-MFT-T N4
Control	0 i/Off, Floating Point	0 i/Off, Floating Point	Multi-Functional Technology	Multi-Functional Technology
Power Supply	24VAC ±20% 50/60 Hz, 24 VDC, +20/-10%	24VAC ±20% 50/60 Hz, 24 VDC, +20/- 10%	24VAC ±20% 50/60 Hz, 24 VDC, +20/-10%	24VAC ±20% 50/60 Hz, 24 VDC, +20/-10%
Transformer Sizing	21VA	21VA	21VA	21VA
Power Consumption (Holding)	12W (3.0 W)	12W (3.0 W)	12W (3.0 W)	12W (3.0 W)
Angle of Rotation	90°			
Torque / Force	800 in-lb	800 in-lb	800 in-lb	800 lbf
Running Time	150 seconds	150 seconds	150 seconds [90-150 seconds]	150 seconds [90-150 seconds]
Signal – Actuator Not Charged	Continuous Yellow LED	Continuous Yellow LED	Continuous Yellow LED	Continuous Yellow LED
Fail-Safe Run Time	35 seconds			
Manually Set Fail-Safe Position	10° increments (0° to 100°)			
Operating Temperature	-22°F to +122°F (-30 to 50°C)			
Housing	NEMA 2	NEMA 4	NEMA 2	NEMA 4

Anexo 16

Características Técnicas Sensores

Sensor de Nivel

la función	Todo-en-uno de tipo de tipo
rango de medida	0.2 - 6 m
de resolución	1mm
tiempo de respuesta	& #& 200ms
de la pantalla	led
lanzamiento de ángulo del haz	20& deg;
salida analógica	4~20ma/500& omega; de carga
de salida del interruptor	Relé de de cc 30v/5a,/pnp npn(opcional)
de la comunicación	Protocolo de 482/232
el suministro de energía	La configuración estándar: vdc 24 9 vdcor 12 vdc es opcional
medio ambiente temperatura	-20~+60& deg; c,
nivel de protección	ip65
tamaño de la instalación	M56*2

Sensor de Caudal

SPECIFICATIONS

Wetted Materials for all sensors
 • (See ordering matrix)

Sensor Sleeve and Hex Adapter for 220 BR
 • Sleeve: Admiralty Brass, UNS C44300;
 Hex Adapter: Valve Bronze, UNS C83600

Sensor Sleeve and Hex Adapter for 220 SS
 • 316 Series Stainless Steel

Temperature Ratings

- Standard Version:
221°F (105°C) continuous service
- Irrigation Version:
150°F (66°C) continuous service
- PVC Version:
140°F (60°C) continuous service

Pressure Ratings

Metallic Sensor $\Delta \pm 100^\circ\text{F}$
 220BR 400 psi
 220SS 400 psi

Plastic Sensor $\Delta \pm 100^\circ\text{F}$
 220PVS 100 psi

Recommended Design Flow Range

- 0.5 to 30 ft/sec
- Initial detection below 0.3 ft/sec

Accuracy

- $\pm 1.0\%$ of full scale over recommended design flow range
- $\pm 4.0\%$ of reading within calibration range

Repeatability

- $\pm 0.3\%$ of full scale over recommended design flow range

Linearity

- $\pm 0.2\%$ of full scale over recommended design flow range

Transducer Excitation

- Quiescent current 600uA @ 5VDC to 35VDC max.
- Quiescent voltage (V_{exc})
Supply Voltage $\sim (600\text{uA} \times \text{Supply Impedance})$
- 0 W State (V_{exc}) Max. 1.2VDC @ 40mA current limit (15W @ 0.7VDC)

Output Frequency

- 3.2 Hz to 200 Hz

Output Pulse Width

- 5 msec $\pm 25\%$

Part Number	Material	Temp. Rating	Pressure Rating	Flow Range	Accuracy	Repeatability	Linearity	Excitation	Output	Pulse Width
220BR	Admiralty Brass	221°F	400 psi	0.5 to 30 ft/sec	$\pm 1.0\%$	$\pm 0.3\%$	$\pm 0.2\%$	600uA @ 5VDC	3.2 Hz to 200 Hz	5 msec $\pm 25\%$
220SS	316 Series Stainless Steel	221°F	400 psi	0.5 to 30 ft/sec	$\pm 1.0\%$	$\pm 0.3\%$	$\pm 0.2\%$	600uA @ 5VDC	3.2 Hz to 200 Hz	5 msec $\pm 25\%$
220PVS	PVC	140°F	100 psi	0.5 to 30 ft/sec	$\pm 1.0\%$	$\pm 0.3\%$	$\pm 0.2\%$	600uA @ 5VDC	3.2 Hz to 200 Hz	5 msec $\pm 25\%$

Section 220 Sensor Specifications (please refer to spec)

Beotrical Cable for Standard Sensor Beotronics
 • 20 feet of 2-conductor AWG 20 with AWG 22 drain wire shielded U.L. type PTLC wire provided for connection to display or transmitter unit. Rated to 105°C. May be extended to a maximum of 2000 feet with similar cable and insulation appropriate for application.

Beotrical Cable for IR Sensor Beotronics
 • 48 inches of U.L. Style 116665 copper solid AWG 18 wire w/ direct burial insulation. Rated to 105°C.

Badger® and Data Industrial® is a registered trademark of Badger Meter, Inc.
 Chromac® is a registered trademark of Greene Tweed of Delaware, Inc.
 Parflo® is a registered trademark of Dixon Corporation.
 Haskelly® is a registered trademark of The Haynes Stainless Company.
 Monel® is a registered trademark of Inco Alloys International, Inc.
 Kalrez®, Viton®, Teflon®, and Tefzel® are a registered trademarks of E.I. DuPont de Nemours and Company.
 Threadal® is a registered trademark of Bonney Forge & Tool Works Corporation.



Please see our website at www.badgermeter.com
for specific contacts.

Copyright © Badger Meter, Inc. 2000. All Rights Reserved.



BadgerMeter, Inc.
 P.O. Box 391290, Tulsa, Oklahoma 74139
 (918) 525-3411 / Fax: (918) 522-0952
www.badgermeter.com

Sensor de Turbidez

Range	Sensor=0-50 NTU and 0-1000 NTU; Meter=0-50 NTU or 0-1000 NTU selectable
Accuracy	± 1% of full scale
Meter Resolution	12 bit
Output	4-20mA (Sensor, both ranges), LED screen (Meter)
Method	Nephelometer with correction
Operating Voltage	10-36 VDC @ 40 MS (Sensor); Internal 9VDC battery (Meter)
Current Draw	30 mA plus sensor output (Sensor)
Warm-up Time	5 seconds minimum (Sensor)
Operating Temperature	14 to 122°F (-10 to +50°C) (Sensor); 32 to 122°F (0 to +50°C) (Meter)
Materials	306 stainless steel, delrin, polyether jacketed cable.
Maximum Pressure	30 psi
Light Source	Infrared LED, (880nm)
Cable Length	Sensor=25 ft standard (optional to 500 ft)
Size	Body= 1 1/2 x 8.5 inches (3.8 x 21.6 cm) (Dia x Length)
Weight	1lb (454 g) (Sensor); 2 lbs (907 g) (Meter+sensor)