

ESCUELA POLITECNICA NACIONAL

FACULTAD DE INGENIERÍA ELÉCTRICA Y ELECTRÓNICA

**ESTUDIO DISEÑO Y SIMULACIÓN DE UN SISTEMA DE
ADQUISICIÓN DE DATOS PARA EL SECTOR CARCELÉN-
ROLDÓS DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE
DE LA EMAAP-Q**

**TESIS PREVIA A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
ELECTRÓNICA Y CONTROL**

MARCO ANTONIO ZÚÑIGA TUFIÑO
mzuniga@zetaelectronic.com

DIRECTORA: ING. ANA RODAS
arodas@epn.edu.ec

Quito, marzo 2008

DECLARACIÓN

Yo Marco Antonio Zúñiga Tufiño, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito es de mi autoría; que no ha sido previamente presentada para ningún grado o calificación profesional; y, que he consultado las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento.

A través de la presente declaración cedo mis derechos de propiedad intelectual correspondientes a este trabajo, a la Escuela Politécnica Nacional, según lo establecido por la Ley de Propiedad Intelectual, por su Reglamento y por la normatividad institucional vigente.

Marco Antonio Zúñiga T.

CERTIFICACIÓN

Certifico que el presente trabajo fue desarrollado por Marco Antonio Zúñiga Tufiño, bajo mi supervisión.

**Ing. Ana Rodas
Directora del Proyecto**

AGRADECIMIENTO

A Dios por la creación y la vida. Al Papá y a la Mamá por su amor y apoyo incondicional, perdón por la demora. A Santiago por estar siempre ahí. A Fernando y a Raquel por brindarme su cobijo. A todos los verdaderos amigos quienes en esta larga etapa supieron darme una palabra de aliento.

Un agradecimiento muy especial para todos los profesores y personas de la EPN por su convivencia y amistad, en especial a la Ingeniera Ana Rodas por su soporte en la realización de este proyecto.

DEDICATORIA

A la mujer, a Gabriela, porque a pesar de yo desmayar, siempre fue la luz que nunca se apagó y me supo guiar, con amor y tenacidad me brindó la fuerza para levantarme y seguir adelante, así he aprendido a vivir diferente y entender que en el largo camino hacia un grande reto, nunca uno debe claudicar.

A alguien más, a alguien que ya no está en este mundo, en cuyas manos me hubiese gustado dejar este trabajo, a la memoria de mi abuelo Antuco.

CONTENIDO

	Página
DECLARACIÓN	II
CERTIFICACIÓN	III
AGRADECIMIENTO	IV
DEDICATORIA	V
CONTENIDO	VI
ÍNDICE DE FIGURAS	XI
ÍNDICE DE TABLAS	XIV
RESUMEN	XVI
PRESENTACIÓN	XVIII

CAPÍTULO 1

ESTUDIO Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

1.1 Introducción	1
1.1.1 La Automatización en los Organismos de Agua Potable	1
1.1.2 La Operación en las Redes de Distribución	2
1.2 Situación Actual	2
1.3 Estaciones Remotas	4
1.3.1 Tanques de Distribución	5
1.3.2 Estación de Bombeo	6
1.3.3 Plantas de Tratamiento	7
1.3.4 Líneas de Distribución	7
1.4 Diagnóstico	8
1.4.1 Carcelén JNV (Salida Roldós)	8
1.4.2 Tanque Roldós Bajo	9
1.4.3 Estación de Bombeo Roldós Medio	10
1.4.4 Tanque Cangahua Alto	12
1.4.5 Tanque Cangahua Medio	13
1.4.6 Tanque Cangahua Bajo	14
1.4.7 Tanque Parcayacu	15
1.4.8 Tanque Colinas del Norte Bajo	16
1.4.9 Tanque Colinas del Norte Medio	17
1.4.10 Tanque Colinas del Norte Alto	18
1.5 Datos Característicos	19
1.6 Diagramas de Instrumentación	19
1.6.1 Aplicación en la Industria y en Procesos	20
1.6.2 Aplicación a Clases y Funciones de Instrumentación	20
1.6.3 Símbolos y Números de Instrumentación	21
1.6.4 Números de Identificación de los Instrumentos o Números Tag	22
1.6.5 Identificación Funcional	23
1.6.6 Identificación del Lazo	25

1.6.7	Símbolos de Líneas	26
1.7	Diagramas de Instrumentación de las Estaciones	26
1.7.1	Diagrama de Instrumentación Carcelén JNV	27
1.7.2	Diagrama de Instrumentación Tanque Roldós Bajo	27
1.7.3	Diagrama de Instrumentación Estación de Bombeo Roldós Medio	28
1.7.4	Diagrama de Instrumentación Tanque Cangahua Alto	29
1.7.5	Diagrama de Instrumentación Tanque Cangahua Medio	29
1.7.6	Diagrama de Instrumentación Tanque Cangahua Bajo	30
1.7.7	Diagrama de Instrumentación Tanque Parcayacu	30
1.7.8	Diagrama de Instrumentación Tanque Colinas del Norte Bajo	31
1.7.9	Diagrama de Instrumentación Tanque Colinas del Norte Medio	31
1.7.10	Diagrama de Instrumentación Tanque Colinas del Norte Alto	32
1.8	Resumen de Diagnóstico	33

CAPÍTULO 2

DISEÑO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

2.1	Consideraciones Generales	34
2.2	Descripción de la Planta	35
2.2.1	Funciones de la Planta	36
2.2.1.1	Medición de Flujo Instantáneo y Totalización de Flujo	37
2.2.1.2	Medición de Nivel Dinámico con Detección de Nivel Máximo y Mínimo	37
2.2.1.3	Arranque Paro y Monitoreo de Equipos de Bombeo	37
2.2.1.4	Señales de Concentración de Cloro	38
2.2.1.5	Apertura y Cierre de Válvulas	38
2.2.1.6	Medición de Presión de Entrada y de Bombeo	38
2.2.1.7	Detección de Puertas Abiertas y de Movimiento y Activación de Alarmas	39
2.2.1.8	Registro Local de Mediciones	39
2.3	Adquisición de Datos	39
2.3.1	Principios de Adquisición de Datos	40
2.3.1.1	Sensores y Transductores	41
2.3.1.2	Instalaciones Eléctricas y Cableado de Comunicaciones	41
2.3.1.3	Acondicionamiento de Señales	41
2.3.1.4	Hardware de Adquisición de Datos	43
2.3.1.5	Software de Adquisición de Datos	44
2.3.1.6	Computadora Central	45
2.4	Diseño de Instrumentación	46
2.4.1	Medidor de Flujo	47
2.4.1.1	Medidor de Flujo Electromagnético	48
2.4.2	Medidor de Nivel	54
2.4.2.1	Medidor de Nivel Ultrasónico	55
2.4.3	Medidor de Presión	59
2.4.3.1	Transductor de presión de Silicio	60

2.4.4	Analizador de Cloro Residual	62
2.4.4.1	Analizador de Cloro Residual Amperométrico	63
2.4.5	Válvula de Entrada	65
2.4.6	Sensores de Seguridad o Antiatraco	69
2.5	RTU	70
2.5.1	Especificaciones Técnicas del RTU	72
2.6	Diagramas de Instrumentación del Diseño	74
2.6.1	Diseño de Instrumentación Carcelén JNV	75
2.6.2	Diseño de Instrumentación Tanque Roldós Bajo	75
2.6.3	Diseño de Instrumentación Estación de Bombeo Roldós Medio	76
2.6.4	Diseño de Instrumentación Tanque Cangahua Alto	77
2.6.5	Diseño de Instrumentación Tanque Cangahua Medio	77
2.6.6.	Diseño de Instrumentación Tanque Cangahua Bajo	78
2.6.7	Diseño de Instrumentación Tanque Parcayacu	78
2.6.8	Diseño de Instrumentación Tanque Colinas del Norte Bajo	79
2.6.9	Diseño de Instrumentación Tanque Colinas del Norte Medio	79
2.6.10	Diseño de Instrumentación Tanque Colinas del Norte Alto	80
2.7	Medios de Transmisión de Datos	81
2.7.1	Medios de Transmisión Guiados	81
2.7.2	Medios de Transmisión No Guiados (Vía Inalámbrica)	82
2.8	Sistemas de Comunicación	86
2.8.1	Fundamentos de Espectro Disperso	86
2.8.2	El Estándar IEEE 802.11	87
2.8.2.1	La Capa Física	89
2.8.3	Protocolos y Estándares	89
2.8.3.1	El Estándar VoIP - Voz Sobre IP	89
2.8.3.2	El Protocolo H 323	90
2.9	Diseño de Comunicaciones	91
2.9.1	Principio de Funcionamiento de la Red de Comunicación	91
2.9.2	Definición del Sistema de Comunicación	93
2.9.3	Descripción Técnica de la Red	94
2.9.4	Comunicación del Centro de Control	96
2.9.4.1	Descripción de Equipamiento del Centro de Control	96
2.9.4.2	Sistema de Comunicaciones del Centro de Control	97
2.9.4.3	RTU del Centro de Control	102
2.9.4.4	Sistema de Control e Instrumentación del Centro de Control	102
2.9.4.5	Sistema de Alimentación del Centro de Control	102
2.9.4.6	Sistema de Protección y Tierras del Centro de Control	102
2.9.5	Comunicación de las Estaciones Remotas	105
2.9.5.1	Descripción de Equipamiento de la Estación Remota	105
2.9.5.2	Sistema de Comunicaciones de las Estaciones Remotas	106
2.9.5.3	Sistema de Control e Instrumentación de las Estaciones Remotas	106
2.9.5.4	Sistema de Alimentación de las Estaciones Remotas	107
2.9.5.5	Sistema de Protección y Tierras de las Estaciones Remotas	107
2.9.6	Servicios de la Red de Comunicaciones	109

2.9.6.1	Servicio de Datos	109
2.9.6.2	Servicio de Voz	109
2.9.6.3	Servicio de Video	109
2.10	Especificaciones Técnicas de Equipos de Comunicación	110
2.10.1	Especificaciones Técnicas del Switch	110
2.10.2	Equipos de Microondas	111
CAPÍTULO 3		
SIMULACIÓN DEL SISTEMA Y RESULTADOS		
3.1	Simulador	113
3.1.1	Filosofía del LabVIEW	114
3.2	Descripción General de los Procesos y Subprocesos que comprende la Simulación	115
3.3	Funcionamiento de la Red	116
3.4	Acciones Básicas de Control	117
3.4.1	Controlador Automático Actuador y Sensor	117
3.4.2	Acción de Control de Dos Posiciones	118
3.4.3	Acción de Control Proporcional	119
3.4.4	Acción de Control Integral	120
3.4.5	Acción de Control Proporcional e Integral	120
3.4.6	Acción de Control Proporcional y Derivativa	121
3.4.7	Acción de Control Proporcional Integral y Derivativa	122
3.5	Algoritmo del PID	122
3.6	Software del PID	125
3.6.1	VI PID	126
3.6.2	VI LEAD-LAG	127
3.6.3	VI Ramp	128
3.7	Simulación del Sistema	128
3.7.1	Tanque de Distribución	129
3.7.1.1	Subrutina Planta	130
3.7.1.2	Subrutina Alarmas	132
3.7.1.3	Subrutina Instrumento	132
3.7.1.4	Subrutina Registro	133
3.7.1.5	Simulación de Condiciones Críticas	136
3.7.2	Estación de Bombeo	137
3.7.2.1	Subrutina Control de Bombeo	138
3.7.3	Punto de Distribución	140
3.7.4	Tablero Principal	142
3.8	Resultados de la Simulación	144
3.8.1	Resultados de la Simulación Tanque Roldós Bajo	144
3.8.2	Resultados de la Simulación Tanque Cangahua Alto	147
3.8.3	Resultados de la Simulación Tanque Cangahua Medio	149
3.8.4	Resultados de la Simulación Tanque Cangahua Bajo	151
3.8.5	Resultados de la Simulación Tanque Parcayacu	153
3.8.6	Resultados de la Simulación Tanque Colinas Bajo	155

3.8.7	Resultados de la Simulación Tanque Colinas Medio	157
3.8.9	Resultados de la Simulación Estación de Bombeo Roldós Medio	159
3.8.10	Resultados de la Simulación Tanque Colinas Alto	161
3.9	Análisis de Resultados	162

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE COSTOS

4.1	Sistema de Comunicaciones	163
4.2	Sistema de Instrumentación	164
4.3	Costos de Los Equipos	167
4.3.1	Costos RTU Tanques de Distribución	168
4.3.2	Costos RTU Estación de Bombeo - Punto de Distribución	168
4.3.3	Costos Comunicaciones	169
4.4	Costos de Equipamiento de Estaciones	169
4.4.1	Costos Carcelén JNV	169
4.4.2	Costos Roldós Bajo	170
4.4.3	Costos Roldós Medio	170
4.4.4	Costos Cangahua Alto	171
4.4.5	Costos Cangahua Medio	171
4.4.6	Costos Cangahua Bajo	172
4.4.7	Costos Parcayacu	172
4.4.8	Costos Colinas del Norte Bajo	173
4.4.9	Costos Colinas del Norte Medio	173
4.4.10	Costos Colinas del Norte Alto	174
4.4.11	Costos Centro de Control	174
4.5	Costos de Inversión	175
4.6	Evaluación Económica	176
4.7	Evaluación Financiera del Proyecto en Base a Índices Económicos	180

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1	Conclusiones	184
5.2	Recomendaciones	188

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

192

ANEXOS A

Proformas Referenciales

ANEXOS B

Características Técnicas de Equipos

ÍNDICE DE FIGURAS

	Página
Figura 1.1 Red de Distribución Carcelén-Roldós	4
Figura 1.2 Sector Norte de Quito	5
Figura 1.3 Diagrama General de un Tanque de Distribución	6
Figura 1.4 Diagrama General de una Estación de Bombeo	7
Figura 1.5 Estación Carcelén JNV	8
Figura 1.6 Tanque Roldós Bajo	10
Figura 1.7 Estación de Bombeo Roldós Medio	11
Figura 1.8 Tanque Cangahua Alto	12
Figura 1.9 Tanque Cangahua Medio	13
Figura 1.10 Tanque Cangahua Bajo	14
Figura 1.11 Tanque Parcayacu	15
Figura 1.12 Tanque Colinas del Norte Bajo	16
Figura 1.13 Tanque Colinas del Norte Medio	17
Figura 1.14 Tanque Colinas del Norte Alto	18
Figura 1.15 Diagrama de Instrumentación Carcelén JNV	27
Figura 1.16 Diagrama de Instrumentación Tanque Roldós Bajo	27
Figura 1.17 Diagrama de Instrumentación Estación de Bombeo Roldós Medio	28
Figura 1.18 Diagrama de Instrumentación Tanque Cangahua Alto	29
Figura 1.19 Diagrama de Instrumentación Tanque Cangahua Medio	29
Figura 1.20 Diagrama de Instrumentación Tanque Cangahua Bajo	30
Figura 1.21 Diagrama de Instrumentación Tanque Parcayacu	30
Figura 1.22 Diagrama de Instrumentación Tanque Colinas del Norte Bajo	31
Figura 1.23 Diagrama de Instrumentación Tanque Colinas del Norte Medio	31
Figura 1.24 Diagrama de Instrumentación Tanque Colinas del Norte Alto	32
 Figura 2.1 Esquemático de la Instrumentación de la Planta	36
Figura 2.2 Diagrama Funcional de un Sistema de Adquisición de Datos	40
Figura 2.3 Ilustración de la Ley de Faraday	49
Figura 2.4 Medidores de Flujo Electromagnéticos	50
Figura 2.5 Montaje en Tubería Siempre Llena	51
Figura 2.6 Reducción del Diámetro Nominal de la Tubería	52
Figura 2.7 Tramos Rectos de Remanso Estándar	52
Figura 2.8 Funcionamiento del Transductor de Nivel Ultrasónico	55
Figura 2.9 Medidores de Nivel Ultrasónicos	57
Figura 2.10 Montaje De Sensores Ultrasónicos	58
Figura 2.11 Funcionamiento Del Transmisor De Presión	60
Figura 2.12 Medidores de Presión	61
Figura 2.13 Válvulas Con Control De Posicionamiento Eléctrico	66
Figura 2.14 Diagrama De Funcionamiento De La Válvula	67
Figura 2.15 Modulación de la Válvula Para Control de Nivel	67
Figura 2.16 Sensores De Movimiento Y Para Puertas	69

Figura 2.17	Simbología ANSI/ISA-S5.1 Para Diagramas de Instrumentación	74
Figura 2.18	Diseño de Instrumentación Carcelén JNV	75
Figura 2.19	Diseño de Instrumentación Tanque Roldós Bajo	75
Figura 2.20	Diseño de Instrumentación Estación de Bombeo Roldós Medio	76
Figura 2.21	Diseño de Instrumentación Tanque Cangahua Alto	77
Figura 2.22	Diseño de Instrumentación Tanque Cangahua Medio	77
Figura 2.23	Diseño de Instrumentación Tanque Cangahua Bajo	78
Figura 2.24	Diseño de Instrumentación Tanque Parcayacu	78
Figura 2.25	Diseño de Instrumentación Tanque Colinas del Norte Bajo	79
Figura 2.26	Diseño de Instrumentación Tanque Colinas del Norte Medio	79
Figura 2.27	Diseño de Instrumentación Tanque Colinas del Norte Alto	80
Figura 2.28	Diagrama General de la Arquitectura de Comunicaciones	95
Figura 2.29	Diagrama de Interconexión del Centro de Control	96
Figura 2.30	Diagrama Esquemático de la Interconexión General de Equipos Para El Centro de Control	97
Figura 2.31	Arreglo Sectorizado de Antenas Tipo Panel	100
Figura 2.32	Esquema De La Torre De Comunicaciones	101
Figura 2.33	Diagrama de Los Sistemas de Protección y Tierra	104
Figura 2.34	Diagrama Esquemático de la Interconexión General de Equipos Para La Estación Remota	106
Figura 2.35	Diagrama De La Instalación Del Sistema De Tierra	107
Figura 2.36	Diagrama de Sedimentación de la Torre de Comunicaciones	108
Figura 3.1	Perfil Topográfico de la Red de Distribución Carcelén Roldós	116
Figura 3.2	Diagrama De Bloques De Un Controlador Industrial	118
Figura 3.3	Acción Integral en Función del Error	124
Figura 3.4	VI PID de Control Toolkit de LabVIEW	125
Figura 3.5	VI LEAD-LAG de Control Toolkit de LabVIEW	127
Figura 3.6	VI RAMP de Control Toolkit de LabVIEW	128
Figura 3.7	Simulación de un Tanque de Distribución	129
Figura 3.8	Diagrama de Bloques de la Simulación de un tanque de Distribución	130
Figura 3.9	Subrutina de la Simulación de la Planta	131
Figura 3.10	Diagrama de Bloques de la Simulación de la Planta	131
Figura 3.11	Subrutina Alarmas	132
Figura 3.12	Subrutina Instrumento	133
Figura 3.13	Diagrama de Bloques Subrutina Oscilador	133
Figura 3.14	Diagrama de Bloques Subrutina Registro	134
Figura 3.15	Diagrama de Bloques Subrutina Datos	134
Figura 3.16	Archivo de Registro Obtenido en Excel	135
Figura 3.17	Subrutina Alarma Presión	136
Figura 3.18	Condiciones Críticas de Operación del Setpoint	136
Figura 3.19	Simulación de una Estación de Bombeo	137
Figura 3.20	Diagrama de Bloques de la Simulación de una Estación de Bombeo	138
Figura 3.21	Diagrama de Bloques de la Subrutina Control de Bombeo	139

Figura 3.22	Simulación del Punto de Distribución Carcelén-Roldós	140
Figura 3.23	Diagrama de Bloques de la Simulación del Punto de Distribución	141
Figura 3.24	Diagrama de Bloques de la Subrutina Caudales	141
Figura 3.25	Tablero Principal	142
Figura 3.26	Diagrama de Bloques del Tablero Principal	143
Figura 3.27	Resultados en LabVIEW Simulación Tanque Roldós Bajo	144
Figura 3.28	Gráfica Obtenida a Partir de los Resultados Generados en Excel Tanque Roldós Bajo	146
Figura 3.29	Resultados en LabVIEW Simulación Tanque Cangahua Alto	147
Figura 3.30	Gráfica Obtenida a Partir de los Resultados Generados en Excel Tanque Cangahua Alto	147
Figura 3.31	Resultados en LabVIEW Simulación Tanque Cangahua Medio	149
Figura 3.32	Gráfica Obtenida a Partir de los Resultados Generados en Excel Tanque Cangahua Medio	149
Figura 3.33	Resultados en LabVIEW Simulación Tanque Cangahua Bajo	151
Figura 3.34	Gráfica Obtenida a Partir de los Resultados Generados en Excel Tanque Cangahua Bajo	151
Figura 3.35	Resultados en LabVIEW Simulación Tanque Parcayacu	153
Figura 3.36	Gráfica Obtenida a Partir de los Resultados Generados en Excel Tanque Parcayacu	153
Figura 3.37	Resultados en LabVIEW Simulación Tanque Colinas Bajo	155
Figura 3.38	Gráfica Obtenida a Partir de los Resultados Generados en Excel Tanque Colinas Bajo	155
Figura 3.39	Resultados en LabVIEW Simulación Tanque Colinas Medio	157
Figura 3.40	Gráfica Obtenida a Partir de los Resultados Generados en Excel Tanque Colinas Medio	157
Figura 3.41	Resultados en LabVIEW Simulación Estación de Bombeo Roldós Medio	159
Figura 3.42	Gráfica Obtenida a Partir de los Resultados Generados en Excel Estación Roldós Medio	160
Figura 3.43	Resultados en LabVIEW Simulación Estación Colinas del Norte Alto	161
Figura 3.44	Gráfica Obtenida a Partir de los Resultados Generados en Excel (Estación Colinas Alto)	162

ÍNDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1.1 Coordenadas Geográficas, Altitud y Capacidad	4
Tabla 1.2 Resumen de Diagnóstico Estación Carcelén JNV	9
Tabla 1.3 Resumen de Diagnóstico Tanque Roldós Bajo	9
Tabla 1.4 Resumen de Diagnóstico Estación de Bombeo Roldós Medio	11
Tabla 1.5 Resumen de Diagnóstico Tanque Cangahua Alto	12
Tabla 1.6 Resumen de Diagnóstico Tanque Cangahua Medio	13
Tabla 1.7 Resumen de Diagnóstico Tanque Cangahua Bajo	14
Tabla 1.8 Resumen de Diagnóstico Tanque Parcayacu	15
Tabla 1.9 Resumen de Diagnóstico Tanque Colinas del Norte Bajo	16
Tabla 1.10 Resumen de Diagnóstico Tanque Colinas del Norte Medio	17
Tabla 1.11 Resumen de Diagnóstico Tanque Colinas del Norte Alto	18
Tabla 1.12 Datos Característicos de Caudal y Presión de Entrada	19
Tabla 1.13 Número De Identificación De Los Instrumentos	23
Tabla 1.14 Letras De Identificación Funcional De Los Instrumentos	24
Tabla 1.15 Simbología ANSI/ISA-S5.1para Diagramas de Instrumentación	26
 Tabla 3.1 Tipo de Estación	116
Tabla 3.2 Resultados Obtenidos en Excel de la Simulación Tanque Roldós Bajo	144
Tabla 3.3 Resultados Obtenidos en Excel de la Simulación Tanque Cangahua Alto	147
Tabla 3.4 Resultados Obtenidos en Excel de la Simulación Tanque Cangahua Medio	149
Tabla 3.5 Resultados Obtenidos en Excel de la Simulación Tanque Cangahua Bajo	151
Tabla 3.6 Resultados Obtenidos en Excel de la Simulación Tanque Parcayacu	153
Tabla 3.7 Resultados Obtenidos en Excel de la Simulación Tanque Colinas Bajo	155
Tabla 3.8 Resultados Obtenidos en Excel de la Simulación Tanque Colinas Medio	157
Tabla 3.9 Resultados Obtenidos en Excel de la Simulación de la Estación Roldós Medio	159
 Tabla 4.1 Materiales Para El Sistema de Comunicaciones	163
Tabla 4.2 Materiales Para El Sistema de Instrumentación	164
Tabla 4.3 Casos Particulares Para los medidores de Flujo	165
Tabla 4.4 Entradas y Salidas Analógicas y Digitales Para los RTU	166
Tabla 4.5 Resumen de Materiales	167
Tabla 4.6 Costos RTU Tanques de Distribución	168
Tabla 4.7 Costos RTU Estación de Bombeo – Punto de Distribución	168
Tabla 4.8 Costos Comunicación	169
Tabla 4.9 Costos Carcelén JNV	169
Tabla 4.10 Costos Roldós Bajo	170
Tabla 4.11 Costos Roldós Medio	170
Tabla 4.12 Costos Cangahua Alto	171
Tabla 4.13 Costos Cangahua Medio	171
Tabla 4.14 Costos Cangahua Bajo	172

Tabla 4.15	Costos Parcayacu	172
Tabla 4.16	Costos Colinas del Norte Bajo	173
Tabla 4.17	Costos Colinas del Norte Medio	173
Tabla 4.18	Costos Colinas del Norte Alto	174
Tabla 4.19	Costos Centro de Control	174
Tabla 4.20	Costos Totales	175
Tabla 4.21	Pérdidas en la Producción de Agua Potable	176
Tabla 4.22	Indicadores Estratégicos 2002 - 2006	177
Tabla 4.23	Actual Régimen Tarifario	177
Tabla 4.24	Producción de la Red Carcelén Roldós en el año 2007	178
Tabla 4.25	Remuneraciones Mensuales de Operadores de la EMAAP-Q	179
Tabla 4.26	Evaluación Financiera del Proyecto	181

RESUMEN

La Empresa Metropolitana de Alcantarillado y Agua Potable, es la entidad cuyo objetivo fundamental es la prestación de los servicios de agua potable y alcantarillado, para preservar la salud de los habitantes y obtener una rentabilidad social en sus inversiones, así como también cuidar el entorno ecológico y contribuir al mantenimiento de las fuentes hídricas del cantón Quito e integrar los proyectos de agua potable y alcantarillado dentro de los programas de saneamiento ambiental.

A lo largo de los últimos años ha venido integrando sistemas de automatización, específicamente sistemas SCADA, que le permitan monitorear, supervisar y operar, sobretodo la captación del líquido y el manejo de plantas de tratamiento, con lo que se ha pretendido tener mayor precisión en la medición de agua producida.

Sin embargo desde el punto de vista de las redes de transmisión y de distribución, la automatización es prácticamente inexistente, salvo la excepción de estaciones de bombeo que se encuentran ya automatizadas, lo anterior ha llevado a trabajar con la consecuente pérdida de recursos en los procesos de transmisión, almacenamiento y distribución.

Por lo expuesto, crece la necesidad de automatizar el sistema de distribución, ya que en la actualidad el control se lo viene haciendo de manera manual. Por eso se propone la implementación de un sistema de adquisición de datos, que permita realizar las labores de monitoreo, control y registro de datos, de las variables involucradas en el proceso de distribución, como son el manejo de Niveles, Flujo, Presión, y Calidad del agua. El sistema está enfocado a un sector de la red de distribución, y del éxito del mismo depende la implementación hacia todo el sector en general.

Por razones económicas y de carácter administrativo, existe el inconveniente de que el proyecto no sea puesto en marcha a corto plazo. Para ello se realiza una

simulación, que proporcione la capacidad de verificar las ventajas y utilidades del sistema, mostrando datos y resultados que se aproximan a la realidad.

Es importante concluir que el sistema de adquisición de datos propuesto, permitirá a la EMAAP-Q contar con una herramienta que le ahorrará inconvenientes en el campo técnico y comercial, ya que se evitarán desbordes en los tanques de distribución y mejorará la calidad de control en lo que respecta a los volúmenes de distribución.

PRESENTACIÓN

En primer lugar se ha realizado un diagnóstico de la situación actual de la red de distribución Carcelén - Roldós, para tal efecto se realizaron visitas de campo a las diferentes estaciones remotas donde se las clasificó de acuerdo al tipo de servicio que brindan, además se tomaron datos característicos de operación, coordenadas georeferenciales, capacidades, etc. De igual manera se identificaron los equipos e instrumentos que cada estación posee, el servicio eléctrico y las características de las obras hidráulicas.

En esta etapa de diagnóstico se desarrollaron diagramas de instrumentación de cada una de las estaciones remotas, en base a estos diagramas, a los datos característicos y a los equipos que poseen, se procede a diseñar el sistema de funcionamiento de cada estación, dándose las características y especificaciones técnicas de los equipos requeridos por cada una de ellas, para elaborar cuadros de necesidades con el fin de realizar el sistema de adquisición de datos. En esta sección por último se dan ciertas consideraciones técnicas que deberían ser tomadas en la red de comunicaciones en lo que se refiere a la arquitectura de la red.

Una vez establecido el principio de funcionamiento, se ha realizado una simulación en el paquete computacional LabVIEW, a partir de los datos obtenidos en la etapa de diagnóstico y del diseño, para demostrar el comportamiento y las ventajas del sistema, en esta etapa se implementa en la simulación, un algoritmo para realizar el control de las variables que intervienen en el proceso.

Posteriormente, en base al diagnóstico, a las necesidades y al diseño se realiza un estudio del costo total de la obra, incluyendo el equipo necesario para la instalación y puesta en marcha del sistema. Y se realiza una evaluación económica que demuestra la rentabilidad del proyecto.

Por último se realizarán las conclusiones y recomendaciones necesarias de este estudio, pensando en que éste deberá eventualmente ser aplicado en todos los

tanques de reserva y estaciones de bombeo ubicados en los distritos Norte, Centro y Sur de la Red de Distribución de Agua Potable.

CAPÍTULO 1

ESTUDIO Y DIAGNÓSTICO DE LA SITUACIÓN ACTUAL

1.1 INTRODUCCIÓN

El continuo incremento poblacional combinado con la creciente escasez del agua representa para los organismos operadores de agua potable un enorme reto en el afán de ofrecer un servicio de calidad a sus usuarios.

La administración del recurso es un término común desde hace varios años dado que es claro que la cantidad de agua disponible no alcanza para mantener el servicio 24 horas al día a toda la población. Lo anterior obliga a que se tenga que realizar cortes o turnos programados entre las distintas zonas de la población a distintas horas del día.

Ante un crecimiento urbano sostenido, la automatización es el único recurso visible para observar tendencias positivas en los indicadores de calidad y continuidad en el servicio.

1.1.1 LA AUTOMATIZACIÓN EN LOS ORGANISMOS DE AGUA POTABLE

A lo largo de los últimos 20 años, los organismos de agua potable han venido integrando paulatinamente diversos niveles de automatización, iniciando invariablemente del lado de las fuentes de abastecimiento incluyendo pozos, estaciones de bombeo y tanques de almacenamiento. Originalmente, dicha automatización se centraba en el concepto del sistema de control supervisorio y de adquisición de datos (SCADA), el cual ofrece al usuario la capacidad de realizar la adquisición de los datos instrumentados en el sistema en tiempo real. El esquema se basa en una computadora central o estación maestra y un grupo de estaciones remotas enlazadas a ésta típicamente vía radio. En un sistema SCADA convencional, el concepto de automatización es prácticamente nulo, considerando que el concepto de “control supervisorio” implica que una persona tome las decisiones sobre la operación de los equipos en la red. Dicha persona es

el operador de la estación maestra quien tendrá a su disposición la información adquirida en forma automática por el sistema y contrastada también en forma automática contra una base de datos que permite al sistema identificar condiciones variantes en las variables monitoreadas, como cambios de estado o rebasamientos de límites, los cuales son anunciados al operador a través de una poderosa interfaz hombre-máquina, a través de la cual se tendrá las herramientas eficaces para el envío de comandos de control remoto a las instalaciones para mantener el sistema en control.

1.1.2 LA OPERACIÓN DE LAS REDES DE DISTRIBUCIÓN

Tratándose de fuentes de abastecimiento, el concepto técnico está razonablemente definido. Implica el proceso de extracción, ya sea de pozos u obras de toma, con equipo de bombeo y algún tipo de línea de conducción hasta tanques de regulación. En el caso de pozos urbanos, comúnmente se conectan directamente a la red de distribución contando con tanques reguladores almacenando las excedencias de la red.

La automatización en las redes de distribución es un tópico prácticamente inexistente en los organismos de agua potable. Normalmente se han manejado en forma manual con personal de supervisión física que realiza labores de apertura o cierre de válvulas principalmente, de acuerdo a una política de despacho la cual es muy particular de cada organismo. Actualmente se ha hecho más popular el empleo de válvulas reguladoras de presión (reductoras), así como de sostenedoras ya sea de presión o de gasto. Estas válvulas tienen su principio de operación en el uso de reguladores hidráulicos tipo “piloto” ajustables manualmente.

1.2 SITUACIÓN ACTUAL

En la actualidad la EMAAP-Q ha sectorizado la ciudad en tres distritos. Norte, Centro y Sur. La línea de distribución Carcelén-Roldós pertenece al distrito Norte y es abastecida desde la Planta de Bellavista por la línea Bellavista Collaloma, que llega a Carcelén a través de una tubería de 28 pulgadas a la estación

denominada Carcelén Junta Nacional de la Vivienda (JNV); en este punto la línea se divide en 4 salidas:

- Tanques Redondos JNV
- Salida a Pomásqui
- Tanque Carcelén Alto
- Salida Roldós

La línea de distribución Carcelén-Roldós, la cual es objeto de este estudio, está formada por una tubería de 16 pulgadas y tiene una longitud aproximada de 5.90 Kilómetros; se encarga de abastecer las siguientes estaciones remotas:

- Parcayacu
- Cangahua Bajo
- Cangahua Medio
- Cangahua Alto
- Roldós Bajo
- Roldós Medio
- Colinas del Norte Bajo
- Colinas del Norte Medio
- Colinas del Norte Alto
- Rancho Bajo
- Rancho Alto

En la tabla 1.1 se indica en forma detallada el tipo de estación, las coordenadas geográficas, la altura y la capacidad de las estaciones de la red de distribución Carcelén-Roldós. En éste no se incluyen las estaciones Rancho Bajo y Rancho Alto, ya que estas son proyecciones para el futuro y todavía no han sido construidas.

La estación Colinas del Norte Alto (*) en la actualidad opera como tanque de distribución y está proyectada para trabajar también como estación de bombeo en el futuro, cuando se definan los lugares de su construcción, situación que en la actualidad está en la etapa de proyecto en la EMAAP-Q.

NUM.	NOMBRE DE LA ESTACION	TIPO DE ESTACION	LATITUD GEOGRAF.	LONGITUD GEOGRAF.	ALTURA (msnm)	CAPACIDAD M3
1	CARCELEN JNV	PUNTO DE DISTRIBUCION	0° 05' 45" S	78° 28' 32" W	2892	2000
2	ROLDOS BAJO	TANQUE ALMACENAMIENTO	0° 05' 48" S	78° 30' 35" W	2840	800
3	ROLDOS MEDIO	ESTACION DE BOMBEO	0° 05' 45" S	78° 30' 37" W	2860	3000
4	CANGAHUA ALTO	TANQUE ALMACENAMIENTO	0° 05' 46" S	78° 30' 31" W	2830	500
5	CANGAHUA MEDIO	TANQUE ALMACENAMIENTO	0° 05' 48" S	78° 30' 25" W	2800	500
6	CANGAHUA BAJO	TANQUE ALMACENAMIENTO	0° 05' 37" S	78° 30' 22" W	2770	1000
7	PARCAYACU	TANQUE ALMACENAMIENTO	0° 05' 39" S	78° 30' 18" W	2740	1000
8	COLINAS DEL NORTE BAJO	TANQUE ALMACENAMIENTO	0° 05' 47" S	78° 30' 52" W	2960	1000
9	COLINAS DEL NORTE MEDIO	TANQUE ALMACENAMIENTO	0° 05' 55" S	78° 31' 08" W	3032	1000
10	COLINAS DEL NORTE ALTO *	TANQUE ALMACENAMIENTO	0° 06' 10" S	78° 31' 23" W	3070	2200

TABLA 1.1 Coordenadas Geográficas, Altitud y Capacidad

En la figura 1.1 se indica la ubicación de las estaciones remotas pertenecientes a la red de distribución Carcelén-Roldós y en la figura 1.2 se muestra la ubicación de la misma en un plano del sector norte del Distrito Metropolitano de Quito.

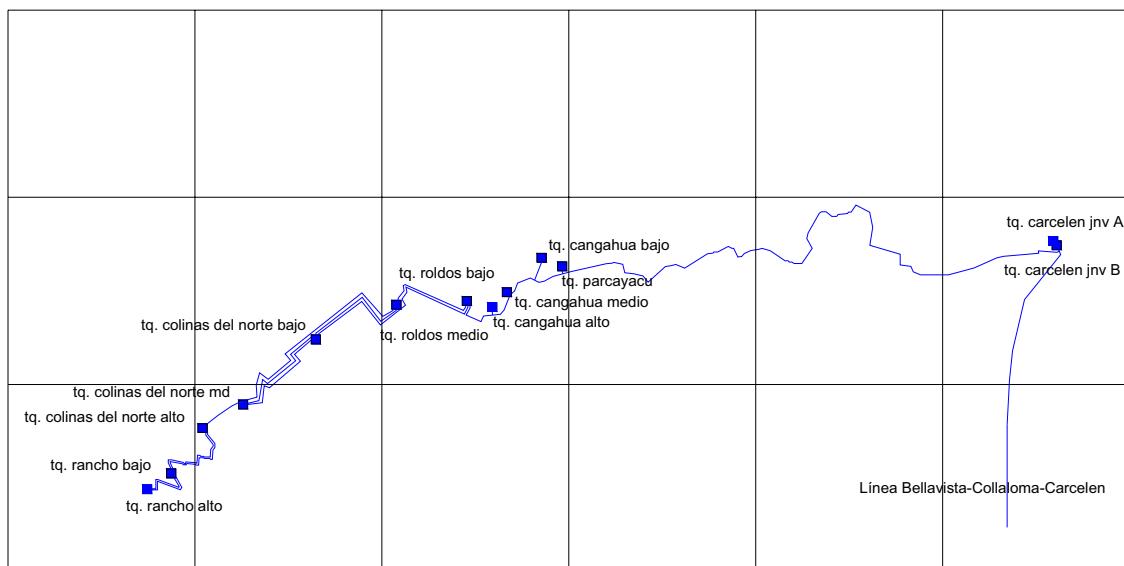


FIGURA 1.1 Red de Distribución Carcelén-Roldós

1.3 ESTACIONES REMOTAS

Una estación remota se considera como aquel punto de la red de distribución que puede ser:

- Tanques de Distribución y almacenamiento.
- Estaciones de Bombeo.
- Plantas de Tratamiento
- Líneas de Distribución

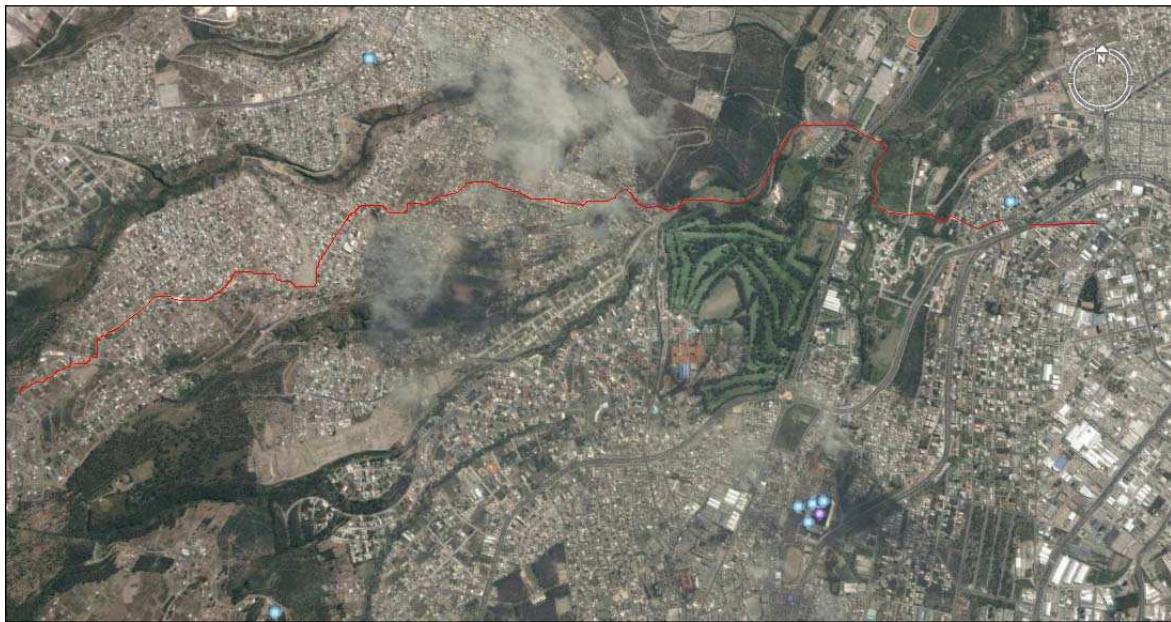


FIGURA 1.2 Sector Norte de Quito

1.3.1 TANQUES DE DISTRIBUCIÓN

Son empleados generalmente como reservorio de agua potable para abastecer a la red domiciliaria. El tanque es surtido directamente por las líneas de transmisión que vienen desde las plantas de tratamiento o por otros tanques por gravedad o por bombeo.

Un operador está bajo la responsabilidad de dos o tres estaciones remotas, y está encargado de tomar las lecturas de nivel del tanque, de caudal y las registra en un formulario dos veces por día. Si se observa que no existe suficiente caudal, se comunica al distrito y se investiga la línea de transmisión surtidora; para evitar desborde del tanque se realiza control manual o automático de las válvulas y el chequeo del cloro residual se lo hace visualmente.

La mayoría de tanques de distribución consisten en dos celdas cerradas de hormigón que cuentan con tuberías de entrada y salida, cada una de éstas posee una válvula de control manual. En la celda o celdas del tanque existen ductos de desagüe con válvulas de operación manual para casos de emergencia cuando hay desborde o para evacuar el agua para realizar mantenimiento y aseo. El tanque también tiene una válvula de control de altitud a la entrada de agua, que

controla el nivel del tanque para evitar desbordes. Estas válvulas de altitud son de reacción automática en el nivel mínimo y máximo, y pueden ser de 2 tipos: hidráulicas o eléctricas. Las válvulas de altitud eléctricas trabajan en conjunto con sensores que detectan el nivel máximo y mínimo de la celda reservorio. En la tubería de salida está instalado un medidor de flujo o caudal. En la figura 1.3 se muestra de manera general el esquema de un tanque de distribución.

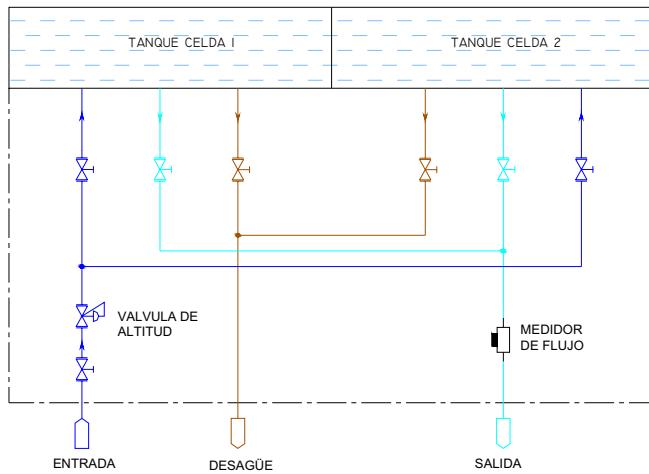


FIGURA 1.3 Diagrama General de un Tanque de Distribución

Cada estación en la mayoría de los casos cuenta con paneles metálicos en los que se encuentran los medidores visuales de los sensores de flujo, medidores de nivel de agua, también existen registradores gráficos para las variaciones del caudal y nivel en función del tiempo, además se encuentran los equipos de alimentación.

1.3.2 ESTACIÓN DE BOMBEO

Es aquella que distribuye y permite transportar el agua potable a través de bombeo, a lugares altos donde no se recibe con facilidad este líquido vital, generalmente son lugares elevados de la ciudad. El destino del agua bien puede ser a un tanque de almacenamiento o directamente a la red de distribución. Al igual que los tanques de distribución las estaciones de bombeo son abastecidas por la red de distribución o por otro tanque.

Una estación de bombeo, además de todas las características indicadas en los tanques de distribución, posee un conjunto de bombas con sus respectivos

arrancadores y medidores. En algunos casos la estación de bombeo no puede tener salida por gravedad. En la figura 1.4 se muestra de manera general el esquema de una estación de bombeo.

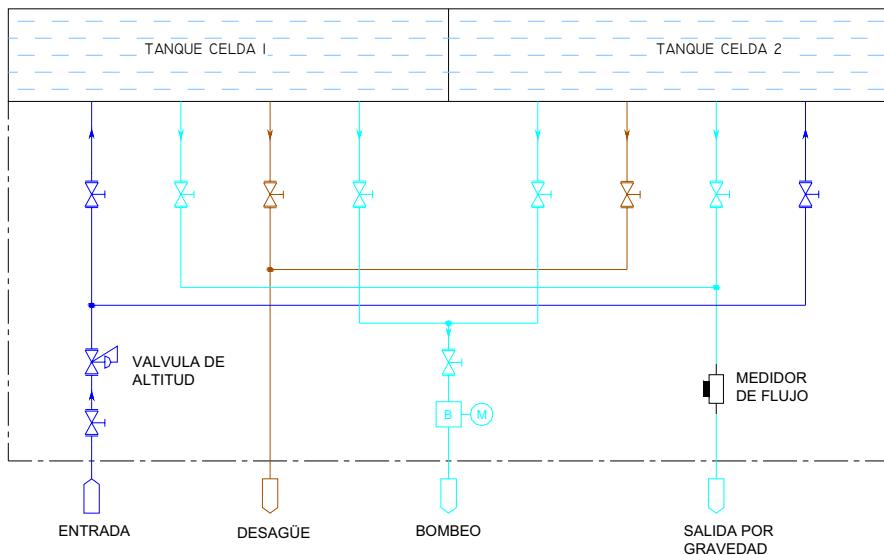


FIGURA 1.4 Diagrama General de una Estación de Bombeo

1.3.3 PLANTAS DE TRATAMIENTO

Las plantas son instalaciones civiles y mecánicas que para funciones de potabilización del agua “cruda” (sin procesar) requieren piscinas, tanques, y máquinas que cumplen diferentes etapas como: filtrado, sedimentado, bombeo.

En las plantas de tratamiento, el agua procesada es conducida por los sistemas de transmisión hacia los tanques de distribución y almacenamiento, además de las estaciones de bombeo para su posterior conducción a las redes de distribución. Las plantas de tratamiento emplean 2 sistemas de tratamiento de aguas crudas:

- Floculación, clarificación, filtración y desinfección.
- Floculación, sedimentación, filtración y desinfección.

1.3.4 LINEAS DE DISTRIBUCIÓN

Las líneas de distribución primaria son tuberías de corto diámetro de diferente material como acero y PVC. El diámetro puede ser de 1 a 44 pulgadas. Las líneas de distribución secundaria son tuberías que complementan a las primarias y su

papel es llevar el agua potable hacia destinos finales para diferentes usos como son el doméstico, comercial, empresarial, industrial u otros. La forma y estructura de esta red se ajusta al trazado urbano de la red vial de los distintos barrios de la Ciudad.

1.4 DIAGNÓSTICO

Se han identificado los equipos existentes para la medición de caudal, nivel, presión, bombas y motores, tableros de control y arranque. Para todo esto se han definido la marca, el estado y capacidades. También se ha identificado las instalaciones eléctricas y la disponibilidad de servicio eléctrico, el tipo de servicio, el voltaje, el número de fases. Por último se han identificado las obras hidráulicas por medio de los diámetros de tuberías, de válvulas y tipo de actuación.

1.4.1 CARCELÉN JNV (SALIDA ROLDÓS)

En esta estación se encuentra un punto de distribución que es alimentado directamente desde la planta Bellavista por la línea Collaloma y distribuye a Tanques Redondos Carcelén JNV, Tanque Cuadrado Carcelén Alto, Salida a Pomasqui y Salida a Roldós; siendo esta última la que alimenta a las estaciones remotas indicadas en la tabla 1.1 y a las cuales está dirigido el análisis tanto de instrumentación como mecánico de esta parte del estudio.



FIGURA 1.5 Estación Carcelén JNV

ESTACION CARCELÉN JNV					
INSTRUMENTACIÓN					
MEDIDOR DE FLUJO		MEDIDOR DE FLUJO		MEDIDOR DE FLUJO	
Tipo:	Electromagnético	Tipo:	Electromagnético	Tipo:	Electromagnético
Marca:	BROOKS	Marca:	YEW MAG	Marca:	BROOKS
Modelo:	MAG 7500	Modelo:	YM-325G-*VA1 LSA A	Modelo:	MAG 7500
Nº Serie:	9208-31016-8-3	Nº Serie:	F021KA021 122	Nº Serie:	9208-31016-8-2
Diámetro:	8"	Diámetro:	10"	Diámetro:	8"
OBS: salida Tanque cuadrado		OBS: salida Pomasqui		OBS: salida Tanques Redondos	
SERVICIO ELÉCTRICO					
# Fases:	3				
Voltaje:	110/220 V				
Medidor:					
Protección:	4 x 50 A				
OBS:					
HIDRAÚLICO					
TUBERÍAS					
POSICION	DIAMETRO ("")				
Entrada	28				
Salida T. cuadrad	8				
Salida T. redondo	8				
Salida Pomasqui	10				
Salida Roldós	8				
OBS:		OBS:		OBS:	

TABLA 1.2 Resumen de Diagnóstico Estación Carcelén JNV

1.4.2 TANQUE ROLDÓS BAJO

TANQUE ROLDÓS BAJO					
INSTRUMENTACIÓN					
MEDIDOR DE FLUJO		SERVICIO ELÉCTRICO			
Tipo:	Electromagnético	# Fases:			
Marca:	Fischer Porter	Voltaje:			
Modelo:	10DX311ADD20P1A2BA14231	Medidor:			
Nº Serie:	97W054045	Protección:			
Diámetro:	12"				
OBSERVACIONES: Instalado		OBSERVACIONES: NO DISPONE DE SERVICIO ELÉCTRICO			
HIDRAÚLICO					
VALVULA DE ALTITUD		TUBERÍAS			
Marca:	BERMAD	POSICION	DIAMETRO ("")		
Modelo:	782-PD-BXFIZ	Entrada	10		
Nº Serie:	77759102	Salida	12		
Diámetro:	10"	Desagüe	10		
OBS: Funciona		OBS:			

TABLA 1.3 Resumen de Diagnóstico Tanque Roldós Bajo



FIGURA 1.6 Tanque Roldós Bajo

1.4.3 ESTACIÓN DE BOMBEO ROLDÓS MEDIO

ESTACION DE BOMBEO ROLDÓS MEDIO					
INSTRUMENTACIÓN					
MEDIDOR DE FLUJO		MOTORES		BOMBAS	
Tipo:	Electromagnético	Cantidad:	3	Cantidad:	3
Marca:	Fischer Porter	Marca:	Baldor	Marca:	Pumperfabrik
Modelo:	DX311A0D19A1A2BA14231	Potencia	250 HP	Modelo:	124 P4 LSN
Nº Serie:	98W003568	Voltaje	460 V	Nº Serie:	S474274
Diámetro:	10"	Corriente	282 A	Caudal	250 m ³ /h
		RPM.	1769	RPM.	1760
OBS: Instalado		OBS: Funcionan		OBS: Funcionan	
CONTROLADOR DE PRESION		SENSOR DE NIVEL		INDICADOR DE NIVEL	
Cantidad:	3	Cantidad:	1	Cantidad:	1
Marca:	Allen Bradley	Tipo:	Flotador	Tipo:	Visor Plástico
Modelo:	Bulletin 836	Transmisión:	Señal eléctrica	Escala:	graduada en cm.
				Valor max:	4.00 m
OBS: Funcionan		OBS: Sin acceso		OBS: Funciona	
ARRANCIADOR DE MOTOR		SERVICIO ELÉCTRICO			
Cantidad:	3	# Fases:	3		
Tipo:	Soft starter	Voltaje:	120-480 V		
Marca:	SQUARE D	Medidor:	ABB		
Modelo:	ALTISTART	Protección:	3 x 800 A		
Voltaje:	460 V				
Corriente:	300 A				
OBS: Funcionan		OBS: Con transformador 500 KVA			

HIDRAÚLICO					
VALVULA DE ALTITUD		VALVULA DE CONTROL DE BOMBA		TUBERÍAS	
Marca:	BERMAD	Cantidad:	3	POSICION	DIAMETRO ("")
Modelo:	780-54-BXFIZ	Marca:	BERMAD	Entrada	18
Nº Serie:	77759132	Modelo:	740-QF	Salida	12
Diámetro:	18"	Nº Serie:	77763236	Bombeo	14
				Desagüe	10
OBS: Funciona		OBS: Funciona		OBS:	

TABLA 1.4 Resumen de Diagnóstico Estación de Bombeo Roldós Medio



FIGURA 1.7 Estación de Bombeo Roldós Medio

Hasta esta estación el agua llega por acción de la gravedad proveniente directamente de la línea de salida desde el punto de Distribución Carcelén JNV. Y es esta estación la que se encarga de suministrar mediante un sistema de bombeo a las estaciones Colinas del Norte Bajo, Colinas del Norte Medio y Colinas del Norte Alto, las mismas se encuentran ubicadas en una cota superior a la cota del punto de distribución Carcelén JNV, como se puede observar en la tabla 1.1. Además esta estación tiene una salida por gravedad que se encarga del suministro a una red domiciliaria del sector.

1.4.4 TANQUE CANGAHUA ALTO

TANQUE CANGAHUA ALTO					
INSTRUMENTACIÓN					
MEDIDOR DE FLUJO		SERVICIO ELÉCTRICO			
Tipo:	Electromagnético	# Fases:			
Marca:	Fischer Porter	Voltaje:			
Modelo:	10DX311ADD18P1A2BA14231	Medidor:			
Nº Serie:	97W054050	Protección:			
Diámetro:	8"				
OBSERVACIONES: Instalado		OBSERVACIONES: NO DISPONE DE SERVICIO ELÉCTRICO			
HIDRAÚLICO					
VALVULA DE ALTITUD		TUBERÍAS			
Marca:	BERMAD	POSICION	DIAMETRO ("")		
Modelo:	782-PD-BXVFIZ	Entrada	8		
Nº Serie:	77759102	Salida	8		
Diámetro:	10"	Desagüe	8		
OBS: Funciona		OBS:			

TABLA 1.5 Resumen de Diagnóstico Tanque Cangahua Alto



FIGURA 1.8 Tanque Cangahua Alto

1.4.5 TANQUE CANGAHUA MEDIO

TANQUE CANGAHUA MEDIO					
INSTRUMENTACIÓN					
MEDIDOR DE FLUJO		SERVICIO ELÉCTRICO		INDICADOR DE NIVEL	
Tipo:	Electromagnético	# Fases:		Cantidad:	1
Marca:	Fischer Porter	Voltaje:		Tipo:	Visor Plástico
Modelo:	10DX311ADD18P1A2BA14231	Medidor:		Escala:	graduada en cm.
Nº Serie:	97W054058	Protección:		Valor max:	4.00 m
Diámetro:	8"				
OBSERVACIONES: Instalado		OBSERVACIONES: NO DISPONE DE SERVICIO ELÉCTRICO			
HIDRAÚLICO					
VALVULA DE ALTITUD		TUBERÍAS			
Marca:	BERMAD	POSICION	DIAMETRO ("")		
Modelo:	782-PD-BXVFIZ	Entrada	8		
Nº Serie:	77759101	Salida	8		
Diámetro:	8"	Desagüe	8		
OBS: Funciona		OBS:			

TABLA 1.6 Resumen de Diagnóstico Tanque Cangahua Medio

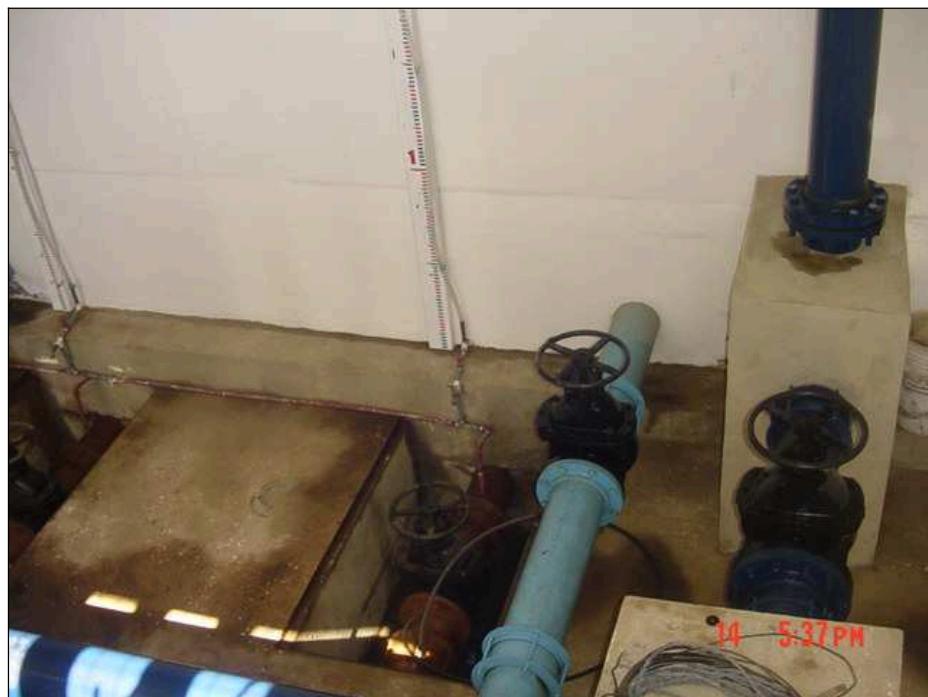


FIGURA 1.9 Tanque Cangahua Medio

1.4.6 TANQUE CANGAHUA BAJO

TANQUE CANGAHUA BAJO					
INSTRUMENTACIÓN					
MEDIDOR DE FLUJO		SERVICIO ELÉCTRICO		INDICADOR DE NIVEL	
Tipo:	Electromagnético	# Fases:		Cantidad:	2
Marca:	Fischer Porter	Voltaje:		Tipo:	Visor Plástico
Modelo:	10DX311ADD20P1A2BA14231	Medidor:		Escala:	graduada en cm.
Nº Serie:	97W060207	Protección:		Valor max:	4.00 m
Diámetro:	12"				
OBSERVACIONES: Instalado		OBSERVACIONES: NO DISPONE DE SERVICIO ELÉCTRICO			
HIDRAÚLICO					
VALVULA DE ALTITUD		TUBERÍAS			
Marca:	BERMAD	POSICION	DIAMETRO ("")		
Modelo:	782-PD-BXVFIZ	Entrada	8		
Nº Serie:	77759100	Salida	12		
Diámetro:	8"	Desagüe	10		
OBS: Funciona		OBS:			

TABLA 1.7 Resumen de Diagnóstico Tanque Cangahua Bajo



FIGURA 1.10 Tanque Cangahua Bajo

1.4.7 TANQUE PARCAYACU

TANQUE PARCAYACU					
INSTRUMENTACIÓN					
MEDIDOR DE FLUJO		SERVICIO ELÉCTRICO			
Tipo:	Electromagnético	# Fases:			
Marca:	Fischer Porter	Voltaje:			
Modelo:	10DX311ADD20P1A2BA14231	Medidor:			
Nº Serie:	97W060208	Protección:			
Diámetro:	12"				
OBSERVACIONES: Instalado		OBSERVACIONES: NO DISPONE DE SERVICIO ELÉCTRICO			
HIDRAÚLICO					
VALVULA DE ALTITUD		TUBERÍAS			
Marca:	BERMAD	POSICION	DIAMETRO ("")		
Modelo:		Entrada	10		
Nº Serie:		Salida	12		
Diámetro:		Desagüe	10		
OBS: Sin Datos de Placa. Funciona.		OBS:			

TABLA 1.8 Resumen de Diagnóstico Tanque Parcayacu



FIGURA 1.11 Tanque Parcayacu

1.4.8 TANQUE COLINAS DEL NORTE BAJO

TANQUE COLINAS DEL NORTE BAJO					
INSTRUMENTACIÓN					
MEDIDOR DE FLUJO		SERVICIO ELÉCTRICO		INDICADOR DE NIVEL	
Tipo:	Electromagnético	# Fases:		Cantidad:	2
Marca:	Fischer Porter	Voltaje:		Tipo:	Visor Plástico
Modelo:	10DX311ADD20P1A2BA14231	Medidor:		Escala:	graduada en cm.
Nº Serie:	98W003571	Protección:		Valor max:	4.00 m
Diámetro:	12"				
OBSERVACIONES: Instalado		OBSERVACIONES: NO DISPONE DE SERVICIO ELÉCTRICO			
HIDRAÚLICO					
VALVULA DE ALTITUD		TUBERÍAS			
Marca:	BERMAD	POSICION	DIAMETRO ("")		
Modelo:	780-BXVFIZ	Entrada	8		
Nº Serie:	77759114	Salida	12		
Diámetro:	8"	Desagüe	10		
OBS: Funciona.		OBS:			

TABLA 1.9 Resumen de Diagnóstico Tanque Colinas del Norte Bajo



FIGURA 1.12 Tanque Colinas del Norte Bajo

1.4.9 TANQUE COLINAS DEL NORTE MEDIO

TANQUE COLINAS DEL NORTE MEDIO					
INSTRUMENTACIÓN					
MEDIDOR DE FLUJO		SERVICIO ELÉCTRICO		INDICADOR DE NIVEL	
Tipo:	Electromagnético	# Fases:		Cantidad:	2
Marca:	Fischer Porter	Voltaje:		Tipo:	Visor Plástico
Modelo:	10DX311ADD20P1A2BA14231	Medidor:		Escala:	graduada en cm.
Nº Serie:	97W054044	Protección:		Valor max:	4.00 m
Diámetro:	12"				
OBSERVACIONES: Instalado		OBSERVACIONES: NO DISPONE DE SERVICIO ELÉCTRICO			
HIDRAÚLICO					
VALVULA DE ALTITUD		TUBERÍAS			
Marca:	BERMAD	POSICION	DIAMETRO ("")		
Modelo:	782-BXFIZ	Entrada	8		
Nº Serie:	77759113	Salida	12		
Diámetro:	8"	Salida	8		
		Desagüe	10		
OBS: Funciona.		OBS: Tiene 2 salidas			

TABLA 1.10 Resumen de Diagnóstico Tanque Colinas del Norte Medio



FIGURA 1.13 Tanque Colinas del Norte Medio

1.4.10 TANQUE COLINAS DEL NORTE ALTO

TANQUE COLINAS DEL NORTE ALTO					
INSTRUMENTACIÓN					
MEDIDOR DE FLUJO		MOTORES		BOMBAS	
Tipo:	Electromagnético	Cantidad:	2	Cantidad:	2
Marca:	Fischer Porter	Marca:	Baldor	Marca:	Pumperfabrik
Modelo:	DX311ADD18P1A2BA14231	Potencia		Modelo:	103 P4 8 ESN
Nº Serie:	97W054057	Voltaje		Nº Serie:	8 474 273-2
Diámetro:	8"	Corriente		Caudal	97,2 m ³ /h
		RPM.		RPM.	1760
OBS: Instalado		OBS: Instalados. Sin datos de placa		OBS: Instaladas	
ARRANCADOR DE MOTOR		INDICADOR DE NIVEL		SERVICIO ELÉCTRICO	
Cantidad:	2	Cantidad:	1	# Fases:	
Tipo:	Soft starter	Tipo:	Visor Plástico	Voltaje:	
Marca:	SQUARE D	Escala:	graduada en cm.	Medidor:	
Modelo:	ALTISTART	Valor max:	4.00 m	Protección:	
Voltaje:	460 V				
Corriente:	300 A				
OBS: Instalados en Roldós Medio		OBSERVACIONES: Instalado		OBSERVACIONES: NO DISPONE DE SERVICIO ELÉCTRICO	
HIDRAÚLICO					
TUBERÍAS					
POSICION	DIAMETRO ("")				
Entrada	14				
Salida	12				
Salida	8				
Bombeo	8				
Desagüe	12				
OBS: Tiene 2 salidas		OBS:		OBS:	

TABLA 1.11 Resumen de Diagnóstico Tanque Colinas del Norte Alto



FIGURA 1.14 Tanque Colinas del Norte Alto

1.5 DATOS CARACTERÍSTICOS

Para efectos de diseño es necesario determinar los valores característicos de presión y de caudal de entrada en cada estación. Estos datos fueron proporcionados por la EMAAP y se muestran en la tabla 1.12

NUM.	NOMBRE DE LA ESTACION	CAUDAL MEDIO DE SALIDA [m ³ /seg]	PRESION DE ENTRADA [psi]	ALTURA MAXIMA [m]
1	CARCELEN JNV	0,167	9,82 (salida)	-
2	ROLDOS BAJO	0,016	11,20	4,50
3	ROLDOS MEDIO (GRAVEDAD)	0,008	12,66	5,50
4	ROLDOS MEDIO (BOMBEO)	0,029	196,98 (salida)	5,50
5	CANGAHUA ALTO	0,023	9,78	4,00
6	CANGAHUA MEDIO	0,001	9,63	4,00
7	CANGAHUA BAJO	0,016	10,23	4,00
8	PARCAYACU	0,024	10,24	4,00
9	COLINAS DEL NORTE BAJO	0,016	10,52	4,00
10	COLINAS DEL NORTE MEDIO	0,015	10,43	4,00
11	COLINAS DEL NORTE ALTO	0,016	10,62	4,50

TABLA 1.12 Datos Característicos de Caudal y Presión de Entrada

1.6 DIAGRAMAS DE INSTRUMENTACIÓN

En Instrumentación y control se emplea un sistema especial de símbolos con el objeto de presentar la información de una forma más fácil y específica. Esto es indispensable en el diseño, selección, operación y mantenimiento de los sistemas de control. Para designar y representar los diferentes elementos que existen en las plantas, se adoptan las normas de la Sociedad Americana de Instrumentación (ISA), concretamente la Norma ANSI/ISA-S5.1-1984.

En todo proceso trabajan diferentes usuarios de distintas especialidades. La estandarización debe reconocer esta realidad, por lo tanto debe proporcionar métodos para una simbología alternativa. La simbología de los equipos de los procesos, no son parte de esta norma, pero se incluyen para ilustrar aplicaciones de símbolos de la instrumentación

1.6.1 APLICACIÓN EN LA INDUSTRIA Y EN PROCESOS

La norma de instrumentación es importante para diversas industrias como la química, petrolera, generación eléctrica, aire acondicionado, refinadoras de metales y otros procesos industriales. Existen otros campos que utilizan instrumentos muy especializados y diferentes a los de procesos industriales convencionales como la Astronomía, Navegación, Medicina. La Norma es conveniente emplearla cada vez que se requiera cualquier referencia, para un instrumento o para una función de control de un sistema con los propósitos de identificación y simbolización. Pueden requerirse tales referencias para los siguientes usos:

- Esquemas de diseño
- Diagramas en sistemas de instrumentación, diagramas lógicos, diagramas de lazos en procesos.
- Descripciones funcionales
- Diagramas de flujo en: Procesos, Sistemas, Elementos mecánicos, tuberías de procesos e instrumentación
- Dibujos de Construcción
- Especificaciones, órdenes de compra, manifiestos y otros listados
- Identificación (etiquetado o marcas) de instrumentos y funciones de control
- Instrucciones de mantenimiento, operación, instalación, dibujos e informes

La norma proporciona la información suficiente para habilitar a cualquiera de los documentos del proceso de medida y control, para entender los medios de medida y mando del proceso. El conocimiento detallado de un especialista en la instrumentación no es un requisito previo a esta comprensión.

1.6.2 APLICACIÓN A CLASES Y FUNCIONES DE INSTRUMENTACIÓN

El simbolismo y métodos de identificación proporcionados en esta norma son aplicables a todas las clases de medida del proceso e instrumentación de control.

Ellos no sólo son aplicables a la descripción discreta de instrumentos y sus funciones, sino también para describir las funciones análogas de sistemas que son "despliegue compartido," "control compartido", "control distribuido" y "control por computadora".

1.6.3 SÍMBOLOS Y NÚMEROS DE INSTRUMENTACIÓN

La indicación de los símbolos de varios instrumentos o funciones se aplican en las formas típicas. El uso no implica que la designación o aplicaciones de los instrumentos o funciones estén restringidas de ninguna manera. Los símbolos alternativos son mostrados sin una preferencia, la secuencia relativa de los números no implica una preferencia. La burbuja puede ser usada para etiquetar símbolos distintivos, por ejemplo para válvulas de control. En estos casos la línea que esta conectando a la burbuja con el símbolo del instrumento esta dibujado muy cerca de él, pero no llega a tocarlo. En otras situaciones la burbuja sirve para representar las propiedades del instrumento.

Los tamaños de las etiquetas de las burbujas y de los símbolos de los misceláneos son de los tamaños generalmente recomendados. Los tamaños óptimos pueden variar dependiendo en donde o no es reducido el diagrama y dependiendo el número de caracteres seleccionados apropiadamente acompañados de otros símbolos de otros equipos en un diagrama.

Las líneas de señales pueden ser dibujadas en un diagrama enteramente o dejando la parte apropiada de un símbolo en cualquier ángulo. La función de los designadores de bloque y los números de las etiquetas podrían ser siempre mostrados con una orientación horizontal. Flechas direccionales podrían ser agregadas a las líneas de las señales cuando se necesite aclarar la dirección del flujo, para aclarar la información. En general, una línea de una señal representará la interconexión entre dos instrumentos, en un diagrama de flujo siempre a través de ellos. Pueden ser conectados físicamente por más de una línea.

Cada usuario debe establecer el grado de detalle de los propósitos específicos del documento. Es común en la práctica para los diagramas de flujo de ingeniería omitir los símbolos de interconexión y los componentes de hardware que son

realmente necesarios para un sistema de trabajo, particularmente cuando la simbolización interconecta sistemas eléctricos.

Un globo o círculo simboliza a un instrumento aislado o instrumento discreto, para el caso donde el círculo esta dentro de un cuadrado, simboliza un instrumento que comparte un display o un control. Los hexágonos se usan para designar funciones de computadora. Para terminar los controles lógicos programables PLC's se simbolizan con un rombo dentro de un cuadrado.

Instrumento Discreto	
Display Compartido, Control Compartido	
Función de computadora	
Control Lógico Programable	

Los símbolos también indican la posición en que están montados los instrumentos. Los símbolos con o sin líneas nos indican esta información. Las líneas son variadas: una sola línea, doble línea o líneas punteadas. Las líneas punteadas indican que el instrumento está montado en la parte posterior del panel el cual no es accesible al operador. Una sola línea indica que el instrumento se encuentra montado en un tablero y es normalmente accesible al operador. La doble línea indica que el instrumento se encuentra en una ubicación auxiliar, y es normalmente accesible al operador.

1.6.4 NÚMERO DE IDENTIFICACIÓN DE LOS INSTRUMENTOS O NÚMEROS TAG

Cada instrumento o función a ser diseñada está designada por un código alfanumérico o etiquetas con números como se indica en la tabla 1.13.

La parte de identificación del lazo del número de etiqueta generalmente es común a todos los instrumentos o funciones del lazo. Un sufijo o prefijo puede ser agregado para completar la identificación.

NUMERO DE IDENTIFICACION TIPICO (NUMERO TAG)	
TIC 103	Identificación del instrumento o número de etiqueta
T 103	Identificación de lazo
103	Número de lazo
TIC	Identificación de funciones
T	Primera letra
IC	Letras Sucesivas

TABLA 1.13 Número De Identificación De Los Instrumentos

El número de lazo del instrumento puede incluir información codificada, tal como la designación del área de la planta que lo designa. Esto también es posible para series específicas de números para designar funciones especiales. Cada instrumento puede ser representado en diagramas por un símbolo. El símbolo puede ser acompañado por un número de etiqueta.

Para un mejor entendimiento de la norma, se tienen ciertas definiciones, las mismas que ha medida que sean utilizadas, serán explicadas en el capítulo 2 cuando se realicen los diagramas de instrumentación.

1.6.5 IDENTIFICACIÓN FUNCIONAL

La identificación funcional de un instrumento o su función equivalente consiste de letras, las cuales se muestran en la tabla 1.14 e incluyen una primera letra (designación de la medida o variable inicial) y una o más letras sucesivas (identificación de funciones).

La identificación funcional de un instrumento está hecha de acuerdo a su función y no a su construcción. Un registrador de diferencia de presión usado para medir flujo se identifica como *FR*; un indicador de presión y un switch actuado a presión conectado a la salida de un transmisor de nivel neumático están identificados por *LI* y *LS*, respectivamente.

En un lazo de instrumentos, la primera letra de una identificación funcional es seleccionada de acuerdo a la medida y a la variable inicial y no de acuerdo a la variable manipulada. Una válvula de control varía el flujo de acuerdo a lo dictaminado por un controlador de nivel, esto es una *LV*.

1 ^a Letra		2 ^a Letra		
Variable medida	Letra de Modificación	Función de lectura pasiva	Función de Salida	Letra de Modificación
A. Análisis		Alarma		
B. Llama (quemador)		Libre	Libre	Libre
C. Conductividad			Control	
D. Densidad o Peso	Diferencial			
E. Tensión (Fem.)		Elemento		
F. Caudal	Relación			
G. Calibre		Vidrio		
H. Manual				Alto
I. Corriente Eléctrica		Indicación o		
J. Potencia	Exploración			
K. Tiempo			Estación de Control	
L. Nivel		Luz Piloto		Bajo
M. Humedad				Medio o intermedio
N. Libre(1)		Libre	Libre	Libre
O. Libre(1)		Orificio		
P. Presión o vacío		Punto de prueba		
Q. Cantidad	Integración			
R. Radiactividad		Registro		
S. Velocidad o frecuencia	Seguridad		Interruptor	
T. Temperatura			Transmisión o transmisor	
U. Multivariable		Multifunción	Multifunción	Multifunción
V. Viscosidad			Válvula	
W. Peso o Fuerza		Vaina		
X. Sin clasificar		Sin clasificar	Sin clasificar	Sin clasificar
Y. Libre			Relé o Compensador	Sin clasificar
Z. Posición			Elemento final de control sin clasificar	

TABLA 1.14 Letras De Identificación Funcional De Los Instrumentos

La sucesión de letras en la identificación funcional designa una o más funciones pasivas y/o salidas de función. Una modificación de las letras puede ser usada, si se requiere, en adición a una o más letras sucesivas. Por ejemplo, *TDAL* contiene dos modificadores. La variable medida D cambia a una nueva variable T, como diferencia de temperatura. La letra L restringe la lectura de la función A, alarma, para representar solamente una alarma baja.

La secuencia de identificación de las letras llega a ser con una primera letra seleccionada de acuerdo a la tabla 1.14. Las letras de funciones pasivas o

activas siguen cualquier orden, y las letras de la salida funcional siguen a ésta en cualquier frecuencia, excepto que la salida de la letra C (control) precede la salida de la letra V (valve), por ejemplo: *PCV* (válvula controladora de presión).

Un dispositivo de función múltiple puede ser simbolizado en un diagrama por muchas burbujas como haya variables medidas, salidas y/o funciones. Un controlador de temperatura con un switch puede ser identificado por dos burbujas una con la inscripción TIC-3 y una con la inscripción TSH-3. El instrumento podría estar designado como TIC-3/TSH-3 para todos los usos y sus referencias.

El número para las letras funcionales agrupadas en un instrumento pueden mantenerse con un mínimo de acuerdo al ajuste del usuario. El número total de letras contenidas en un grupo no pueden exceder de cuatro.

1.6.6 IDENTIFICACIÓN DEL LAZO

La identificación del lazo consiste en la primera letra y un número. Cada instrumento en un lazo tiene asignado a él el mismo número de lazo y, en caso de una numeración paralela, la misma primera letra. Cada lazo de instrumentos tiene un único número de identificación de lazo. Un instrumento común a dos o más lazos podría cargar la identificación del lazo al cual se le considere predominante.

La numeración de los lazos puede ser paralela o serial. La numeración paralela involucra el inicio de una secuencia numérica para cada primera letra nueva, por ejemplo: TIC-100, FRC-100, LIC-100, AL-100, etc. La numeración serial involucra el uso de secuencias simples de números para proyectar amplias secciones. Una secuencia de numeración de un lazo puede realizarse con uno o cualquier otro número conveniente, tal como 001, 301 o 1201. El número puede incorporarse al código de operación; de cualquier manera su uso es recomendado.

Si un lazo dado tiene más de un instrumento con el mismo identificador funcional, un sufijo puede ser añadido al número del lazo, por ejemplo: FV-2A, FV-2B, FV-2C, etc., o TE-25-1, TE-25-2, etc. Esto puede ser más conveniente o lógico en un

instante dado para designar un par de transmisores de flujo, por ejemplo, como FT-2 y FT-3 en vez de FT-2A y FT-2B.

1.6.7 SÍMBOLOS DE LINEAS

La simbología de líneas representa la información única y critica de los diagramas de instrumentación y tuberías. Las líneas indican la forma en que se interconectan los diferentes instrumentos así como las tuberías dentro de un lazo de control. Las líneas pueden indicar diferentes tipos de señales como son neumáticas, eléctricas, ópticas, digitales, ondas de radio etc. Se sugieren las siguientes abreviaturas para representar el tipo de alimentación (o bien de purga de fluidos):

- AS** Alimentación de aire.
- ES** Alimentación eléctrica.
- GS** Alimentación de gas.
- HS** Alimentación hidráulica.
- NS** Alimentación de nitrógeno.
- SS** Alimentación de vapor.
- WS** Alimentación de agua.

1.7 DIAGRAMAS DE INSTRUMENTACIÓN DE LAS ESTACIONES

SIMBOLOGÍA					
	Tubería de Entrada		Bomba de caudal		Medidor de nivel
	Tubería de Salida		Motor		Construcción civil
	Tubería de Desagüe		Manómetro		Señal eléctrica
	Válvula de compuerta brida		Válvula de descarga de aire		Señal Hidráulica
	Válvula accionada por diafragma		Tubería de ventilación		Relé controlado por flotador
	Llave de agua		Unión de tuberías		Controlador de presión
	Válvula controlada por solenoide		Totalizador de Flujo		Control ON-OFF
	Válvula con Regulador de Presión		Medidor de flujo Electromagnético		Tanque de agua
	Válvula Check		Indicador de nivel		Sensor de nivel

TABLA 1.15 Simbología ANSI/ISA-S5.1para Diagramas de Instrumentación

En la tabla 1.15 se detalla la simbología empleada para desarrollar los diagramas de instrumentación en la etapa de diagnóstico.

1.7.1 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN CARCELÉN JNV

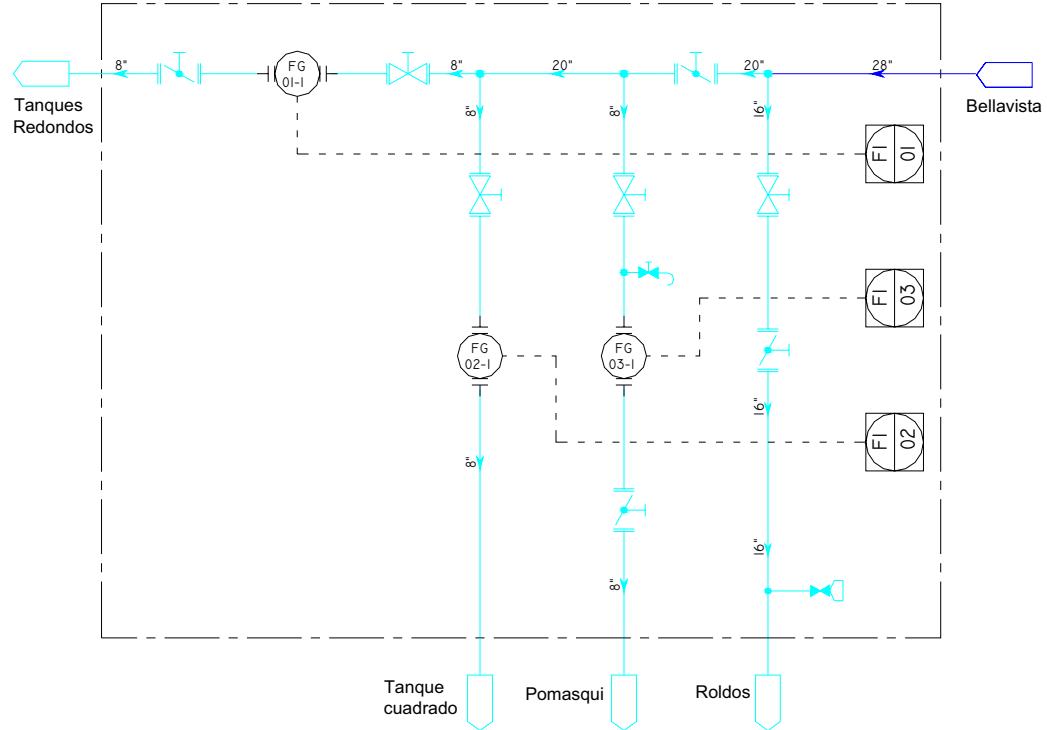


FIGURA 1.15 Diagrama de Instrumentación Carcelén JNV

1.7.2 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN TANQUE ROLDÓS BAJO

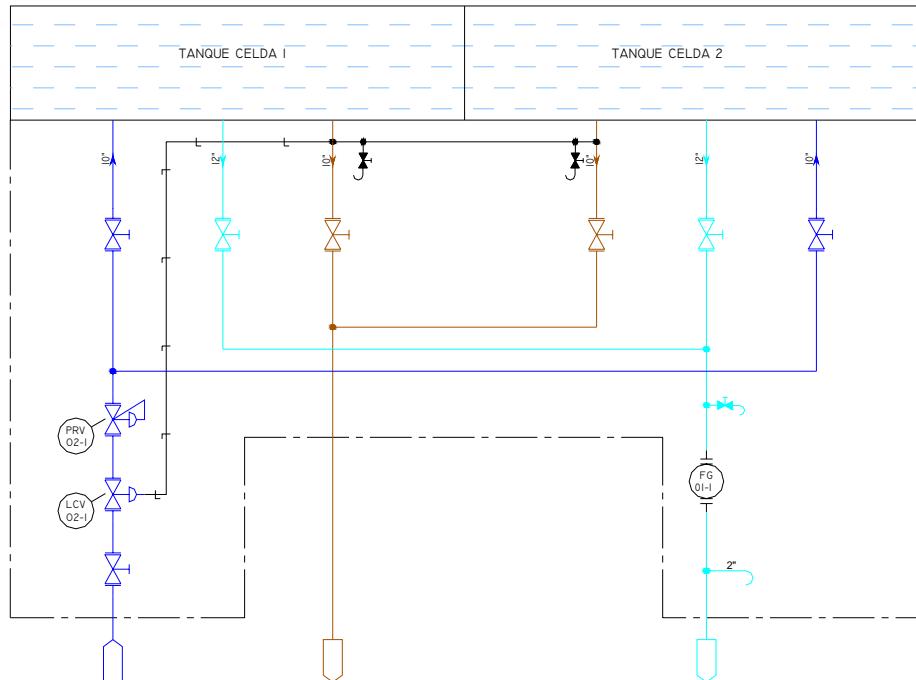


FIGURA 1.16 Diagrama de Instrumentación Tanque Roldós Bajo

1.7.3 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN ESTACIÓN ROLDÓS MEDIO

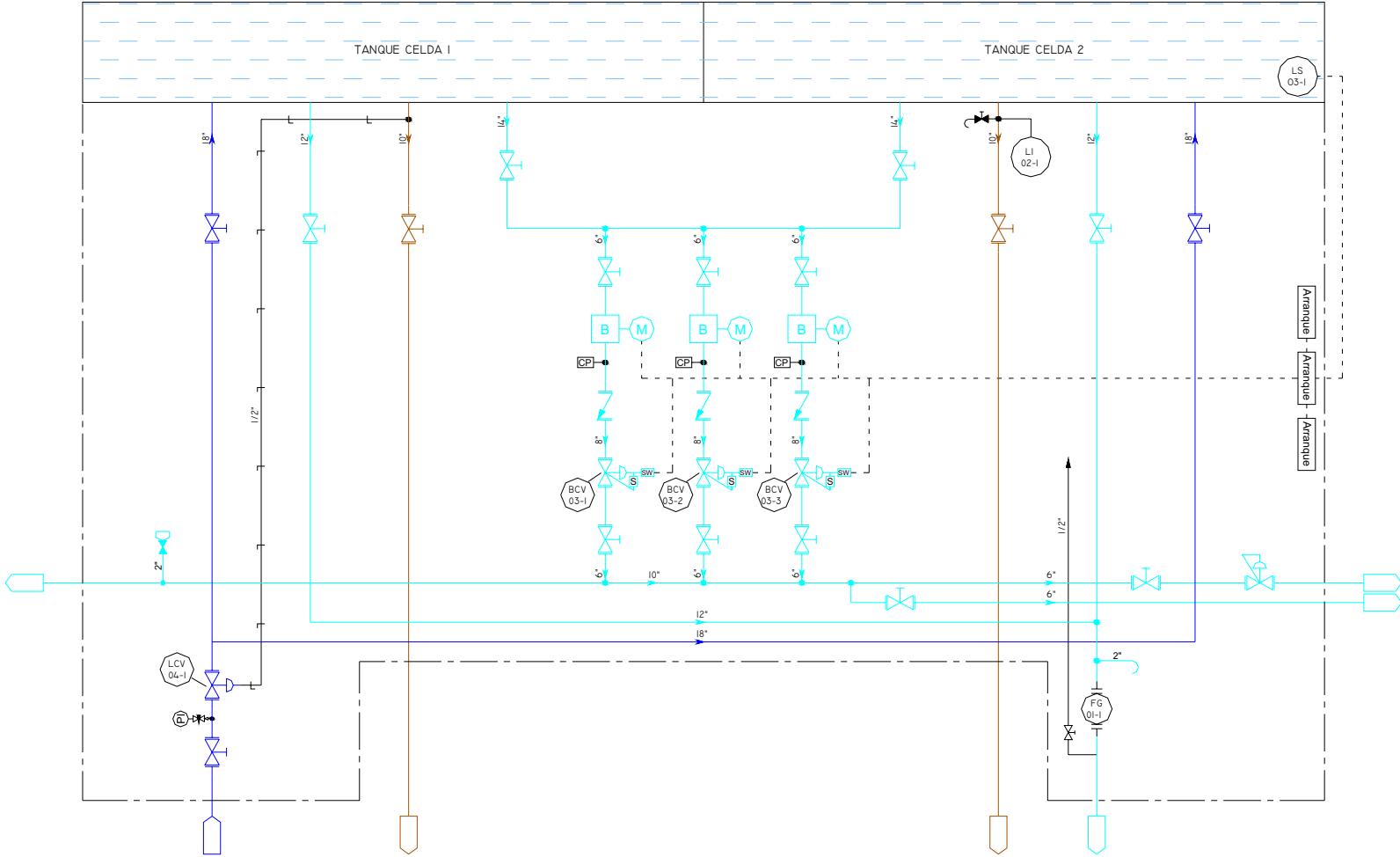


FIGURA 1.17 Diagrama de Instrumentación Estación de Bombeo Roldós Medio

1.7.4 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN TANQUE CANGAHUA ALTO

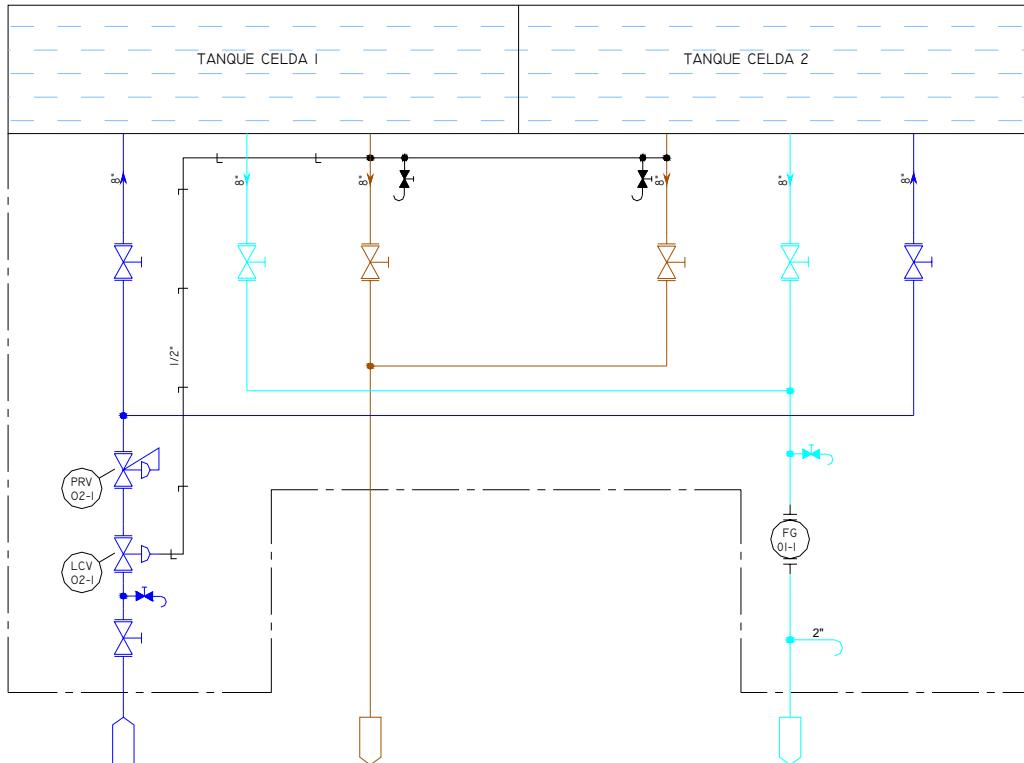


FIGURA 1.18 Diagrama de Instrumentación Tanque Cangahua Alto

1.7.5 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN TANQUE CANGAHUA MEDIO

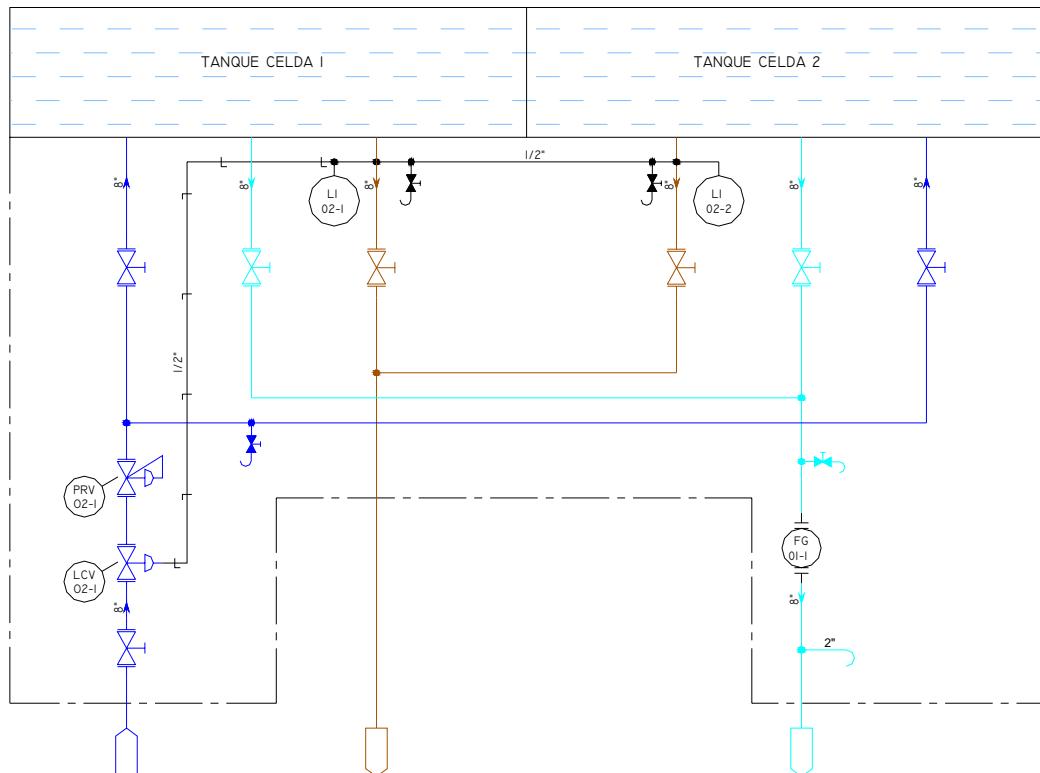


FIGURA 1.19 Diagrama de Instrumentación Tanque Cangahua Medio

1.7.6 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN TANQUE CANGAHUA BAJO

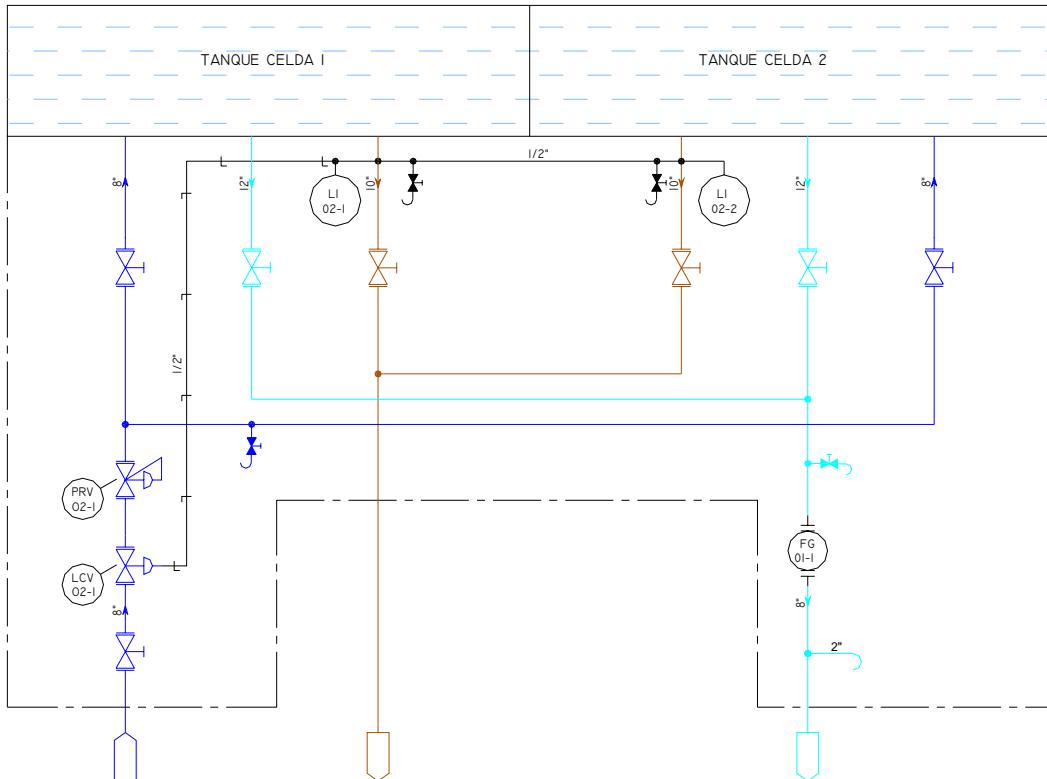


FIGURA 1.20 Diagrama De Instrumentación Tanque Cangahua Bajo

1.7.7 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN TANQUE PARCAYACU

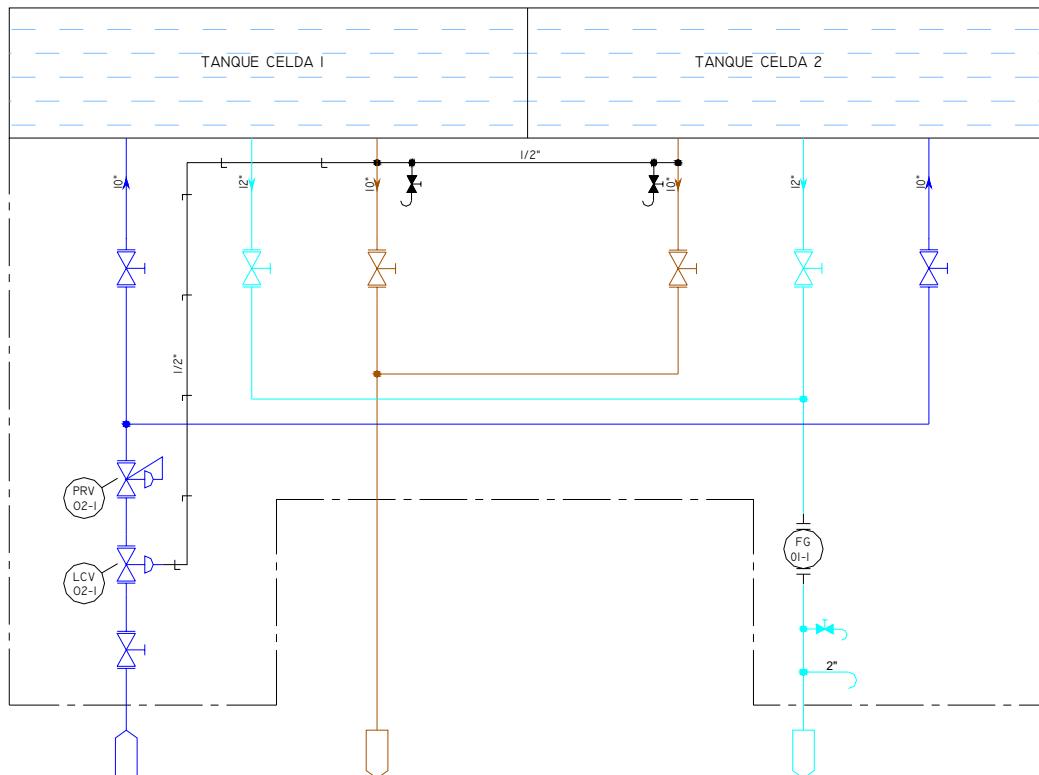


FIGURA 1.21 Diagrama de Instrumentación Tanque Parcayacu

1.7.8 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN TANQUE COLINAS BAJO

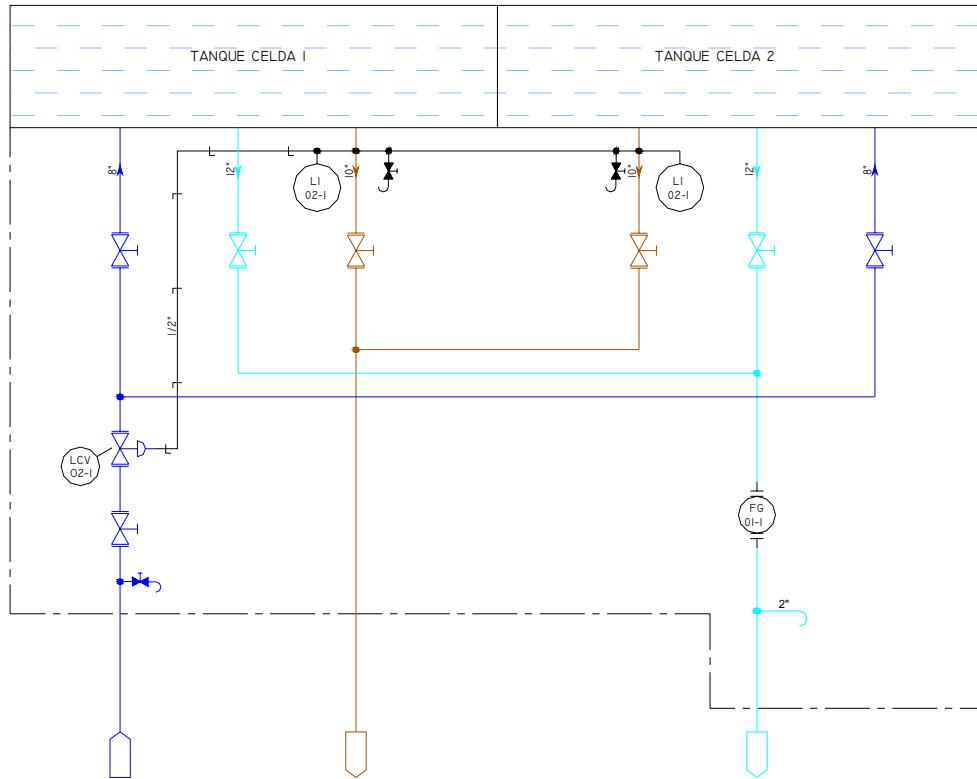


FIGURA 1.22 Diagrama de Instrumentación Tanque Colinas del Norte Bajo

1.7.9 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN TANQUE COLINAS MEDIO

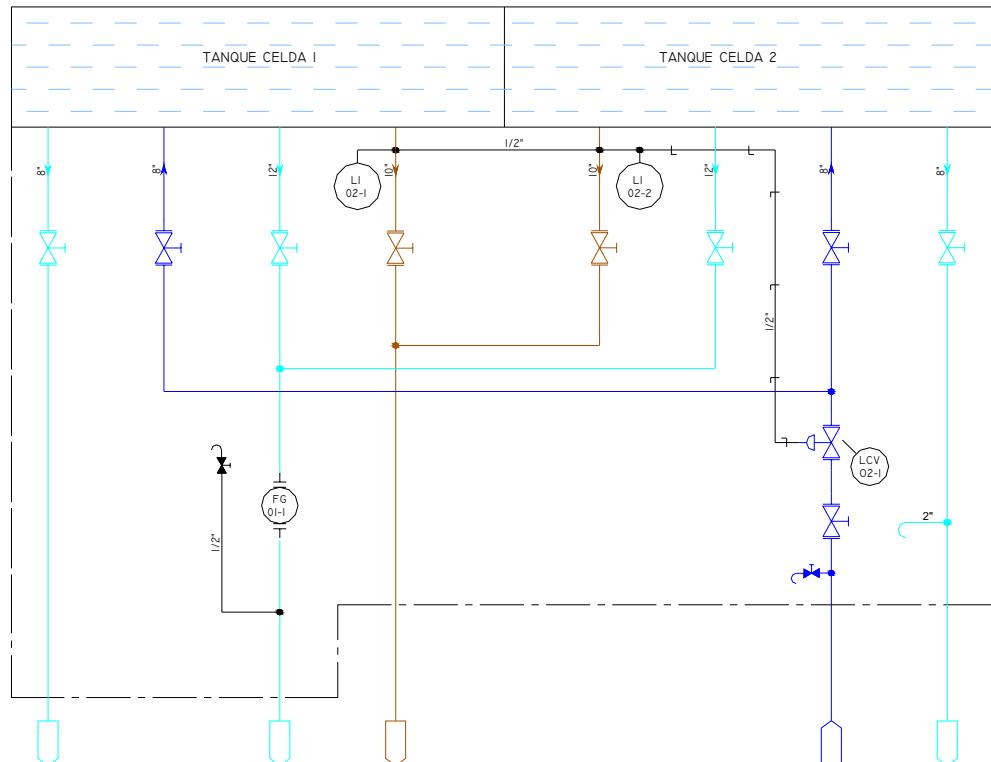


FIGURA 1.23 Diagrama de Instrumentación Tanque Colinas del Norte Medio

1.7.10 DIAGRAMA DE INSTRUMENTACIÓN TANQUE COLINAS ALTO

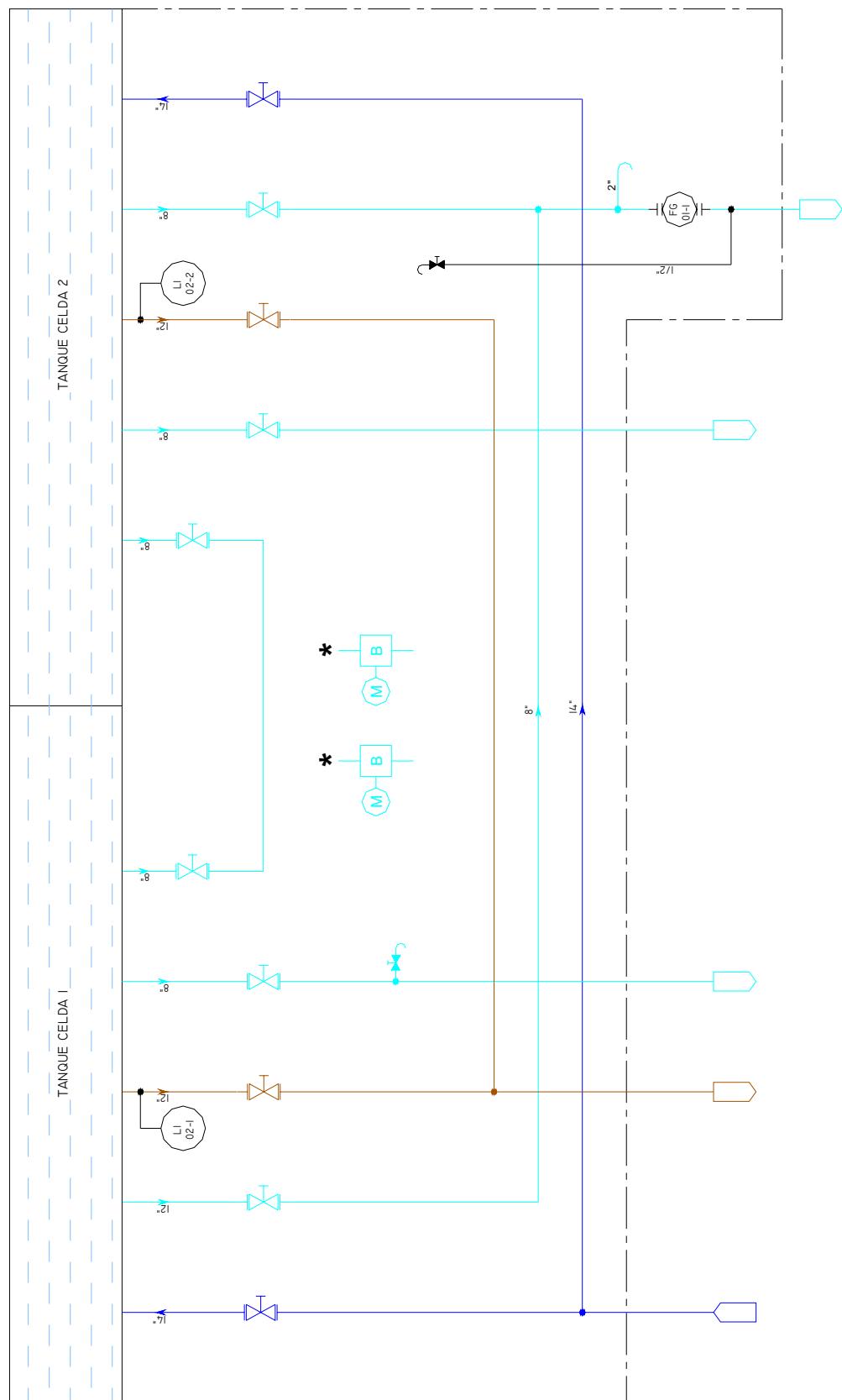


FIGURA 1.24 Diagrama de Instrumentación Tanque Colinas del Norte Alto

1.8 RESUMEN DE DIAGNÓSTICO

La Red de Distribución Carcelén Roldós, carece de un sistema de automatización, excepto en la estación de bombeo Roldós Medio donde el equipo de Bombeo trabaja automáticamente. La mayoría de estaciones no dispone de servicio eléctrico, y sus instalaciones físicas tienen deficiente mantenimiento.

Existe un alto índice de delincuencia en la zona, lo cual ha provocado pérdida de equipos por robo, la seguridad de las instalaciones es insuficiente. Existe queja de los operarios por los sistemas de control de las válvulas de altitud, el sistema funciona con un control de piloto hidráulico, sin embargo existen muchas pérdidas por desborde de líquido en los tanques.

En las tablas de resumen de diagnóstico se puede observar que en la mayoría de las estaciones, existen los medidores de flujo instalados. La examinación del nivel del tanque se la realiza de manera visual a través de unos indicadores adaptados con mangüeras plásticas.

Los reportes de nivel y de concentración de cloro se los realiza en el sitio de manera escrita.

CAPÍTULO 2

DISEÑO DEL SISTEMA DE ADQUISICIÓN DE DATOS

2.1 CONSIDERACIONES GENERALES

El objetivo general es adquirir toda la información del sistema de la red de distribución Carcelén-Roldós en tiempo real y posteriormente tener una base de datos histórica que permita visualizar en conjunto el desempeño del sistema de distribución de agua potable, intentando con esto minimizar pérdidas y tener las variables de control a registrar, como son: Flujo, Nivel, Presión y Clorificación residual actualizadas, así como establecer el control de válvulas, motores, inyectores, alarmas y sensores, a las cuales se necesite apagarlas o prenderlas remotamente.

Anteriormente y hasta ahora algunos procesos se continúan realizando de manera manual, a través de sistemas de radiocomunicación o a través de reportes escritos, donde se toman los datos y semanalmente o mensualmente se los reporta. De esta manera se sigue trabajando con la consecuente pérdida de recursos en los diferentes procesos cuyo reflejo económico no se deja esperar; con la tecnología actual se tendrían datos que podrían ser adquiridos en tiempo real, y reflejaría el proceso cada minuto, cada hora y cada día; en consecuencia se tendría un proceso controlado con precisión, cuyo resultado sería en definitiva ahorro y eficiencia que es justamente lo que se busca en todo proceso distribuido para evitar pérdidas.

Felizmente la tecnología le da una mano a este tipo de procesos, mediante una plataforma que es capaz de colectar toda la información que se necesita, empezando por el desarrollo de sensores de alta calidad que son capaces de entregar informaciones sencillas como por ejemplo un voltaje determinado o un amperaje específico, para de esta manera a través de dispositivos que procesan esta información de manera análoga o digital (RTU's) la trasladan a una red Inalámbrica de Comunicaciones hasta llegar finalmente a un centro de control que

utilizando un software adecuado y una red de área local capaz de manejar a distancia todos estos procesos y de esta forma controlar a distancia parámetros fundamentales, lo cual determinará la eficiencia referida anteriormente.

Para realizar el diseño del sistema de adquisición de datos, se van a tomar en cuenta dos aspectos fundamentales: el principio de funcionamiento de cada una de las estaciones del sistema, en lo que respecta a las variables que se van a controlar y como éstas van a estar relacionadas. En segundo lugar se darán las consideraciones de diseño y las especificaciones técnicas para la elección de los equipos que se van a utilizar, de acuerdo a la aplicación de control para sistemas de agua potable, tomando en cuenta las necesidades de la EMAAP

2.2 DESCRIPCIÓN DE LA PLANTA

La planta consta básicamente de un tanque de almacenamiento encargado de suministrar el líquido a las redes de distribución domiciliarias, y en algunos casos a un segundo tanque por medio de bombeo. En el tanque de almacenamiento se hará el control de nivel del líquido, dependiendo del set point del sistema.

La alimentación del tanque primario es directa desde la red de distribución principal a través de una válvula con control electrónico la cual permitirá el ingreso del líquido al tanque. El abastecimiento del líquido a la red de consumo se realiza por medio de suministro de flujo constante, a través del posicionamiento de una válvula de salida; en el caso de salidas de bombeo el abastecimiento al tanque secundario se realiza por medio de una electrobomba.

El manejo de las variables comprende la utilización de señales análogas y digitales en cada señal del proceso ya sea tanto en actuadores, sensores como controladores. En la figura 2.1 se muestra un esquemático de la instrumentación en las estaciones y de las variables a ser medidas y controladas.

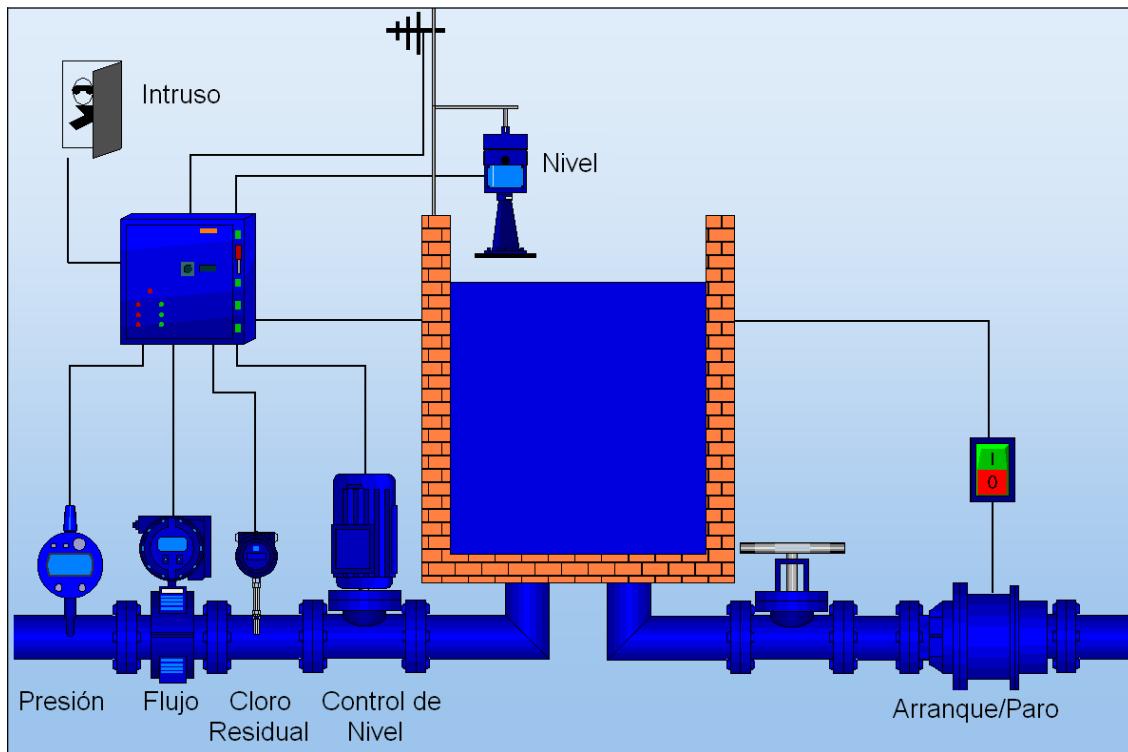


FIGURA 2.1 Esquemático de la Instrumentación de la Planta

2.2.1 FUNCIONES DE LA PLANTA

Para poder realizar el control, monitoreo y procesamiento de la información es necesario definir las funciones del sistema de control de la planta y en base a ello identificar la instrumentación necesaria. Entre las principales funciones tenemos:

1. Medición de Flujo Instantáneo y Totalización de Flujo
2. Medición de Nivel Dinámico con Detección de Nivel máximo y mínimo
3. Arranque Paro y Monitoreo de Equipos de Bombeo
4. Medición de Señales de concentración de cloro.
5. Apertura y cierre de válvulas.
6. Medición de la presión de entrada.
7. Detección de puertas abiertas y de movimiento, Activación de Alarmas
8. Registro Local de Mediciones

A continuación se detalla las funciones de manera más específica.

2.2.1.1 MEDICIÓN DE FLUJO INSTANTANEO Y TOTALIZACIÓN DE FLUJO

La función principal es la medición de flujo instantáneo y totalizador de volumen de entrada al tanque, las funciones adicionales serán:

- Protección ante flujo inverso
- Protección ante flujo cercano a 0 litros por segundo
- Protección caudal máximo y caudal mínimo.

El flujo instantáneo tiene unidades de volumen por unidad de tiempo (m^3/s), y es el volumen de agua que pasa por las tuberías de entrada por cada segundo de tiempo. Esta señal es adquirida desde los medidores de flujo y va a ser totalizada para mantener un registro del volumen total que ingresa al tanque.

2.2.1.2 MEDICIÓN DE NIVEL DINÁMICO CON DETECCIÓN DE NIVEL MÁXIMO Y MÍNIMO

Esta señal proporciona la medición continua del nivel de agua en el tanque, e informa la cantidad de agua que posee el tanque. Es la variable a ser controlada mediante una válvula modulante de entrada, tratando de mantenerla en un nivel de referencia o set point y evitando a la vez posibles desbordes.

En lo que se refiere a los niveles máximo y mínimo, son señales de tipo digital ON/OFF, se emplean como alarmas para prevenir desbordes de los tanques, ya que trabajan en conjunto con la válvula de altitud la misma que abre o cierra el paso del líquido de manera modulante. Las señales de máximo y mínimo de los niveles de los tanques por lo general son detectados con un sistema de flotadores, con topes de fin de carrera, o también pueden ser determinadas mediante software a través de la señal del nivel del tanque.

2.2.1.3 ARRANQUE PARO Y MONITOREO DE EQUIPOS DE BOMBEO

Son señales digitales de tipo ON/OFF y actúan sobre el sistema de inyección de las bombas, estas señales dependerán del número de líneas de bombeo, y serán usadas para el telecontrol pudiendo funcionar de manera automática o manual de

acuerdo a las condiciones de cada estación. Para el monitoreo de funcionamiento de las bombas, éstas señales son de tipo analógico o con visualizadores digitales. La adquisición de estos datos servirá para el cálculo de otros parámetros como potencia reactiva, activa, tiempo de arranque, etc. Todos estos resultados permitirán hacer mantenimiento preventivo y/o correctivo.

2.2.1.4 SEÑALES DE CONCENTRACIÓN DE CLORO

Esta señal permite evaluar y controlar la calidad del agua entrante en cada punto de la red. Las señales de salida dan una alarma cuando el nivel de cloro se encuentra debajo o arriba de los niveles establecidos por la EMAAP con el objeto de tomar una medida correctiva en las plantas de tratamiento.

2.2.1.5 APERTURA Y CIERRE DE VÁLVULAS

Estas señales sirven para el respectivo control remoto de válvulas ya sean automáticas o de otro tipo. El control de apertura se realizará a través de un actuador eléctrico, mediante un lazo de control para lo cual se implementará un control PID que controlará el porcentaje de apertura de la válvula de entrada con objeto de mantener el set point de nivel.

2.2.1.6 MEDICIÓN DE PRESIÓN DE ENTRADA Y DE BOMBEO

Es una señal de tipo analógica y dará una estimación del estado de bombeo de las estaciones que surten el agua para su distribución, también sirve para analizar el estado físico de las tuberías locales o de las líneas de distribución, se dará un indicativo del estado de apertura de las válvulas en los distintos puntos de la red cercana en la distribución de agua y sobretodo dará a conocer si hay que realizar o no un control de apertura o cierre de válvulas, reparaciones de tuberías o líneas de distribución y monitoreo del bombeo en las estaciones.

Presión alta y presión baja; si por un tiempo no mayor a 5 minutos la presión de la línea de bombeo experimenta una variación de +/- 20 % del valor nominal, el sistema deberá suspender la operación del equipo de bombeo, debiéndose

suspender la operación en forma programada y registrar la falla en el panel operador.

2.2.1.7 DETECCIÓN DE PUERTAS ABIERTAS Y DE MOVIMIENTO Y ACTIVACIÓN DE ALARMAS

Estas señales son de tipo digital ON/OFF y pueden ser obtenidas por medio de varios tipos de sensores, ya sea con topes magnéticos o switches, con sensores de movimiento u otros; para que cualquiera de ellos accione la alarma correspondiente.

2.2.1.8 REGISTRO LOCAL DE MEDICIONES

Se puede llevar un control y registro local del comportamiento, tendencias e históricos de las variables de caudal de entrada, nivel dinámico del tanque, presión de la red de entrada y de bombeo, histórico de cloro residual, estado de comunicaciones y aquellas necesidades determinadas en sitio. Lo que permite disponer de una gran cantidad de información registrados a intervalos programables.

Con esta capacidad, es posible obtener gráficas históricas del comportamiento del sistema, para de ésta manera realizar ajustes a los parámetros de operación para lograr una operación ajustada a las realidades de cada sitio.

2.3 ADQUISICIÓN DE DATOS

La adquisición de datos es el proceso por el cual los fenómenos físicos del mundo real se transforman en señales eléctricas que son medidas y convertidas en un formato digital para el proceso, análisis y almacenamiento mediante un computador. Es decir es el proceso por el cual se obtiene información de los equipos o sistemas ubicados a distancia. En la gran mayoría de aplicaciones el sistema de adquisición de datos es diseñado no sólo para adquirir los datos, sino también para actuar sobre el.

Definiendo los sistemas de adquisición de datos (DAQ), es útil extender esta definición para incluir los aspectos de control del sistema total. Control es el proceso por el cual las señales de control digital desde el sistema de hardware son convenidas a un formato de señal para el uso de dispositivos de control como actuadores y relés, estos dispositivos controlan entonces un sistema o proceso. Donde un sistema es referido como un Sistema de Adquisición de Datos, el cual es posible que incluya también funciones de control.

2.3.1 PRINCIPIOS DE ADQUISICIÓN DE DATOS

Un sistema de adquisición de datos y control, construido alrededor del poder y la flexibilidad de un computador personal, puede consistir en una amplia variedad de diversos bloques de hardware de diferentes fabricantes de equipos. Ésta es la tarea del sistema integrador, reunir estos componentes individuales en un sistema activo completo. Los elementos básicos de un sistema de adquisición de datos como se muestra en el diagrama funcional de la figura 2.2, son los siguientes:

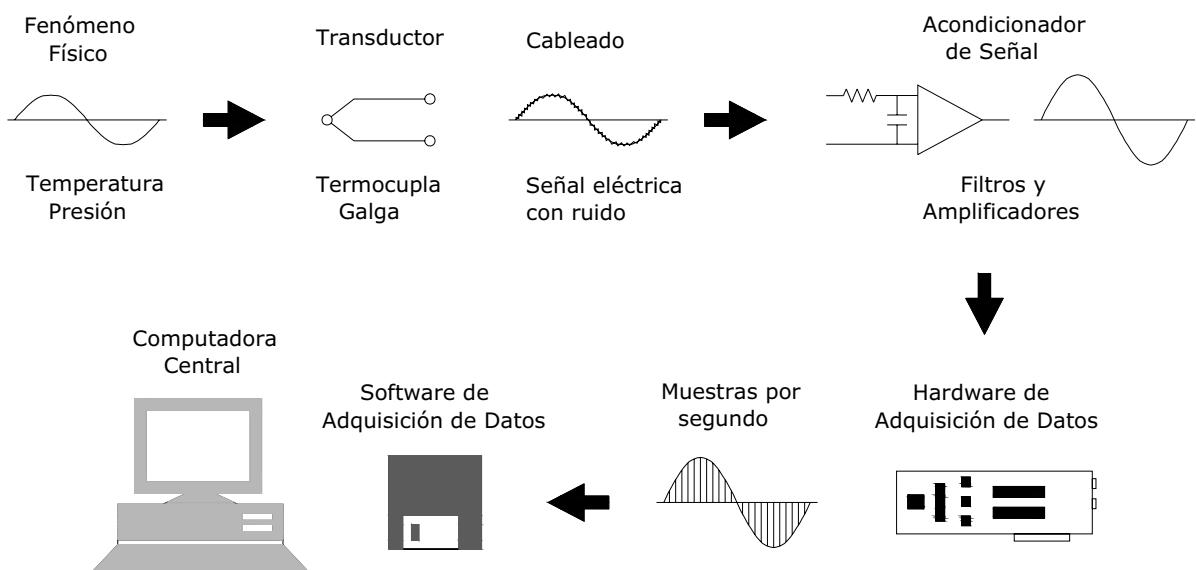


FIGURA 2.2 Diagrama Funcional de un Sistema de Adquisición de Datos

- Sensores y transductores
- Instalación eléctrica de campo
- Acondicionadores de señal

- Hardware de adquisición de datos
- Computador Personal (Sistema Operativo)
- Software de adquisición de datos

2.3.1.1 SENSORES Y TRANSDUCTORES

Los transductores sensan los fenómenos físicos y proporcionan señales eléctricas que el sistema de adquisición de datos puede medir. Por ejemplo, los termocuplas, RTDs, termistores, y circuitos integrados sensores convierten la temperatura en una señal analógica, que un conversor análogo digital puede medir.

Otros ejemplos incluyen medidores de deformación, transductores de flujo, y transductores de presión que miden fuerza, flujo medio, y presión, respectivamente. En cada caso, las señales eléctricas producidas son proporcionales a los parámetros físicos que ellos están monitoreando.

2.3.1.2 INSTALACIONES ELÉCTRICAS Y CABLEADO DE COMUNICACIONES

Las instalaciones eléctricas representan la conexión física desde los transductores hacia los acondicionadores de señal y/o hacia el hardware de adquisición de datos. El cableado de comunicaciones a menudo representa físicamente el componente más grande del sistema total, es el más perceptible a los efectos externos de ruido, sobre todo en ambientes industriales severos. El correcto aterrizaje y blindaje de las instalaciones eléctricas y cableados es de superior importancia para reducir los efectos del ruido. Este componente pasivo del sistema de adquisición de datos y control a menudo se pasa por alto como un componente integral, dando como resultado que un sistema fiable que se vuelva inexacto o inestable debido a las técnicas incorrectas de cableado.

2.3.1.3 ACONDICIONAMIENTO DE SEÑALES

Las señales eléctricas generadas por los transductores deben perfeccionarse para el rango de entrada de la tarjeta de adquisición de datos. Los accesorios

acondicionadores de señal pueden amplificar las señales de bajo nivel, y entonces las aislan y las filtran para que las medidas sean más exactas. Además, algunos transductores requieren voltajes o corrientes de excitación para generar un voltaje de salida. Las tareas principales realizadas por al acondicionamiento de señal son:

- Filtrado
- Amplificación
- Linealización
- Aislamiento
- Excitación

a) Filtrado

En ambientes ruidosos es muy dificultoso para señales muy pequeñas recibidas desde sensores como termocuplas y medidores de deformación (en el orden de los milivoltios) sobrevivir sin que los datos del sensor sean arreglados. Cuando el ruido es del mismo o más grande orden que la magnitud de la señal requerida, el ruido primero debe ser filtrado fuera. Los equipos acondicionadores de señal a menudo contienen filtros pasa bajos, diseñados para eliminar ruido de alta frecuencia que puedan llevar a datos inexactos.

b) Amplificación

La señal de bajo nivel de la termocupla, por ejemplo, debe amplificarse para aumentar la resolución y reducir el ruido. Para la exactitud más alta posible, la señal debe amplificarse para que el rango de voltaje máximo de la señal acondicionada iguale al rango de entrada máximo del conversor analógico digital (ADC). Por ejemplo, es necesario tener algunos módulos acondicionadores de señal que amplifiquen las señales de entrada. La ganancia se aplica a las señales de bajo nivel obteniendo solamente señales de alto nivel, minimizando los efectos de ruido en las lecturas.

c) Linealización

Algunos transductores como las termocuplas muestran una relación no lineal a la cantidad física que estos necesitan para medir. Un método barato, fácil y más

flexible es proporcionado por productos acondicionadores de señal que desarrollan la linealización de la señal de entrada usando software.

d) Aislamiento

Equipos acondicionadores de señal también pueden ser usados para proporcionar aislamiento de las señales de los transductores desde la computadora donde hay la posibilidad que transitorios de voltaje alto puedan ocurrir dentro del sistema siendo monitoreado o debido a descargas electrostáticas o fallas eléctricas. El aislamiento protege los equipos computacionales de daños y a los operadores de computadores de lesiones.

e) Excitación

Los productos acondicionadores de señal también proporcionan fuentes de alimentación para algunos transductores. Termistores, RTD's medidores de deformación por ejemplo requieren voltajes externos o señales de corriente de alimentación.

2.3.1.4 HARDWARE DE ADQUISICIÓN DE DATOS

El hardware de adquisición de datos y control se puede definir como el componente de un completo sistema adquisición de datos y control, que realiza alguna de las siguientes funciones:

- La entrada, proceso y conversión a un formato digital usando ADCs, del dato de una señal análoga medida desde un sistema o proceso. El dato es entonces transferido a un computador para mostrarlo, almacenarlo y analizarlo.
- La entrada de señales digitales que contienen información de un sistema o proceso.
- El proceso, conversión a un formato análogo, usando DACs, de señales digitales desde el computador. Las señales análogas de control son usadas para controlar sistemas o procesos.
- La salida de señales digitales de control.

El hardware de adquisición de datos se encuentra disponible en varias formas y de muchos fabricantes diferentes. Las tarjetas enchufables del bus de expansión que son conectadas dentro del bus de expansión del computador directamente son un artículo comúnmente utilizado como hardware de adquisición de datos. Otra forma de hardware de DAQ son los registradores autónomos inteligentes y los controladores que pueden ser monitoreados, controlados y configurados por un computador vía una interfase RS-232 y pueden salir para operar independientemente del computador.

Otro artículo comúnmente usado como hardware de DAQ, especialmente en investigación, desarrollo y en ambientes de prueba, son los instrumentos autónomos remotos que pueden ser configurados y controlados por un computador vía la interfase de comunicación IEEE-488.

2.3.1.5 SOFTWARE DE ADQUISICION DE DATOS

El Hardware de adquisición de datos no trabaja sin un software, ya que es la ejecución de éste en el computador, lo que transforma al sistema en un sistema completo de adquisición de datos, análisis, indicación visual y control.

El software de aplicación se ejecuta en el computador bajo un sistema operativo que puede ser de simple objetivo (por ej. DOS) o múltiple objetivo (Windows, Unix, OS2) permitiendo ejecutar más de una aplicación simultáneamente. El software de aplicación puede ser un panel interactivo de pantalla completa, un programa de control dedicado de entradas y salidas, un registrador de datos, un manipulador de comunicaciones o una combinación de todos los anteriores.

Existen tres opciones disponibles con respecto al software requerido para programar el sistema de hardware:

- Programar los registros del hardware de adquisición de datos directamente.
- Utilizar un software de bajo nivel, usualmente provisto con el hardware, para desarrollar un software de aplicación para las tareas específicas requeridas.

- Utilizar un software de aplicación ya fabricado. Este software de aplicación puede ser provisto con el propio hardware. Paquetes como el Labview y Labtech Notebook proveen una interfaz gráfica para la programación de las tareas requeridas de un artículo particular de hardware, como así también proporcionan las herramientas para analizar y mostrar los datos adquiridos.

2.3.1.6 COMPUTADORA CENTRAL

La computadora personal utilizada en un sistema de adquisición de datos puede afectar a la velocidad a la cual los datos pueden ser adquiridos continua y exactamente, procesados y guardados para una aplicación en particular. Cuando la adquisición de datos de alta velocidad se realiza con una tarjeta de expansión, el rendimiento proporcionado por arquitecturas de bus como el bus de expansión PCI es más alto que el entregado por los buses de expansión estándar ISA o EISA del computador.

Dependiendo de la aplicación particular, la velocidad del microprocesador, el tiempo de acceso al disco duro, la capacidad y de los tipos de transferencia de datos disponibles, pueden todos tener un impacto sobre la velocidad a la cual el computador es capaz de adquirir los datos. Todos los PC's, por ejemplo, son capaces de programar entradas y salidas e interrumpir la transferencia de datos. El uso de la Memoria de Acceso Directo (DMA), en la cual el hardware dedicado es usado para transferir datos directamente a la memoria del computador, hace que el rendimiento del sistema aumente considerablemente y deje libre al microprocesador del computador para realizar otras tareas.

Si se requiere el procesamiento de los datos adquiridos en tiempo real, el desempeño del procesador del computador es de superior importancia. Un mínimo requerimiento para señales adquiridas de alta frecuencia a altas tasas de muestreo, podría ser un procesador de 32 bits con ayuda de un coprocesador o alternativamente un procesador dedicado enchufable. Señales de baja frecuencia para las cuales solamente unos pocos muestreos son procesados cada segundo, obviamente no podrían requerir el mismo poder de procesamiento.

Un aspecto final del computador personal que debe ser considerado es el tipo de sistema operativo instalado. Este puede ser de simple objetivo (por ej. DOS) o múltiple objetivo (Windows 2002, XP). Mientras la naturaleza de múltiple objetivo de Windows proporciona algunas ventajas para un amplio rango de aplicaciones, ésta, en adquisición de datos no está bien definida. Por ejemplo, los métodos empleado por Windows pueden llevar a problemas cuando la interrupción de transferencia de datos es usada. Por tanto, una consideración cuidadosa debe ser dada al sistema operativo, su funcionamiento con relación al tipo de hardware de adquisición de datos y al método de la transferencia de datos, especialmente donde se requiere transferencia de datos a alta velocidad.

2.4 DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN

El proceso en la aplicación de control y monitoreo de un sistema de agua potable depende de varios tipos de transductores y sensores que indican condiciones tales como flujo o caudal, presión, nivel y contenido de cloro residual; así como también, de las acciones de control que se pueden ejercer sobre actuadores como válvulas, bombas, etc.

Al conectar transductores a las entradas del Hardware de Adquisición de datos, se debe tener en cuenta el tipo de señal que el transductor produce a sus salidas. Generalmente los transductores tienen dos tipos de señales: digitales y analógicas.

Señales Digitales

Se usan para indicar condiciones de encendido o apagado. Estas condiciones generalmente se indican con niveles de voltaje de corriente continua. En control industrial es común que 0 V_{CC} representen apagado y que algún voltaje positivo (generalmente 5, 12 o 24 V_{CC}) representen encendido. Sin embargo esta configuración puede ser fácilmente configurada para usar lógica invertida.

Señales Analógicas

Estas señales varían continuamente sobre un voltaje fijo o un límite de corriente. El voltaje típico de los transductores varía de 0 a 5 Vcc. La corriente comúnmente es de 4 mA. a 20 mA.

Una vez comprendido los componentes, el funcionamiento de un sistema de adquisición de datos, definidas las variables y el comportamiento de la planta, se debe determinar la instrumentación necesaria para llevar a cabo el proceso de adquisición de datos. En esta sección se indica que tipos de elementos van a ser empleados en cada una de las aplicaciones, justificando y explicando las ventajas que cada uno de ellos posee, además indicando las especificaciones técnicas que deben cumplir dichos instrumentos.

2.4.1 MEDIDOR DE FLUJO

Los transductores de flujo miden el volumen de fluido que pasa a través del transductor en un período de tiempo dado. Hay muchas clases de tecnología usadas para medir flujo, siendo las más simples y más comunes la mecánica, la de vórtice y la magnética. Cada una de estas tecnologías es descrita por orden de costo y confiabilidad, empezando por la menos cara y confiable.

Transductores de flujo mecánicos

Generalmente usan algún tipo de rotor, rueda motriz, hélice, o turbina. Cada vez que la aleta del rotor pasa por un campo magnético se genera un impulso eléctrico. Cada impulso eléctrico representa un volumen de líquido que ha pasado por el transductor. El número de pulsos generados en un período de tiempo determinado, representa la velocidad del fluido a través del transductor. Tienen la ventaja de tener una gran exactitud a bajo costo, sin embargo, son confiables siempre y cuando se usen en aplicaciones limpias, es decir en aplicaciones en donde hay poco o nada de sólidos en el fluido.

Transductores de vórtice

Los transductores de vórtice miden la frecuencia con que algún mecanismo forma remolinos en el conducto del fluido, estos transductores son simples, fuertes, precisos, no necesitan mantenimiento en aplicaciones limpias y operan en un margen amplio de temperaturas.

Transductores magnéticos

Este tipo de transductores usan inducción magnética para detectar el flujo de fluidos conductivos. Cuando el fluido pasa a través del campo magnético del transductor, un voltaje proporcional a la velocidad del fluido, se induce en el fluido, el cual es detectado por un par de electrodos. Los transductores de flujo magnéticos tienen la ventaja de que no tocan el fluido, lo cual incrementa su confiabilidad, especialmente en aplicaciones sucias, en donde el fluido contiene sólidos. A parte de esto son fáciles de instalar y no requieren mantenimiento.

Los medidores de flujo electromagnéticos son idóneos para medir el caudal de prácticamente todos los líquidos, lodos, lechadas y pastas conductores de la electricidad. El requisito es una conductividad mínima del fluido que depende del sensor empleado. La temperatura, la presión, la viscosidad y la densidad no tienen ningún efecto sobre el resultado de la medida.

2.4.1.1 MEDIDOR DE FLUJO ELECTROMAGNÉTICO

Principio de funcionamiento

El principio de operación del medidor de flujo electromagnético está basado en la Ley de Inducción Electromagnética de Faraday, la cual establece que: "Cuando un conductor se mueve en un campo magnético, una fuerza electromotriz es inducida perpendicularmente a la dirección de la velocidad del movimiento del conductor así como a la densidad de flujo magnético".

La fórmula matemática que describe la Ley de Faraday es:

$$E = B \times L \times V \quad \text{Ec. 2.1}$$

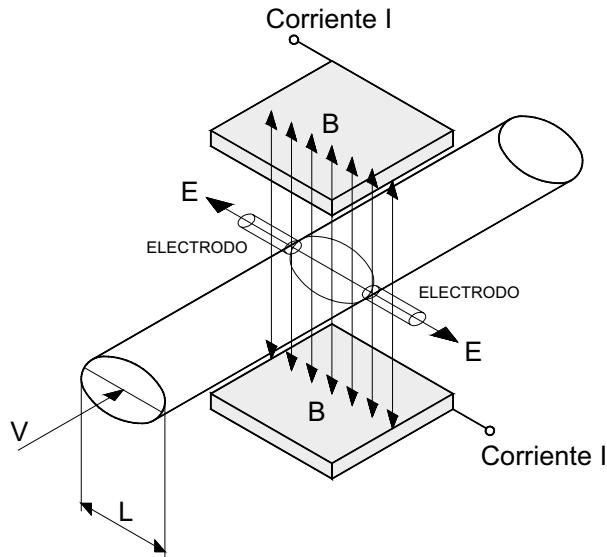


FIGURA 2.3 Ilustración de la Ley de Faraday

Donde E = Voltaje Inducido

B = Intensidad de Campo Magnético (Densidad de flujo)

L = Distancia entre los electrodos (Diámetro de tubería)

V = Velocidad de flujo promedio del líquido

En un medidor de flujo magnético, el líquido actúa como un conductor en movimiento como este fluye a través de la tubería. El voltaje inducido en el líquido es medido por dos electrodos sensibles montados opuestos cada uno en el cabezal sensible del medidor, como se ilustra en la figura 2.3.

La distancia del conductor es igual a la distancia entre los electrodos sensibles y también al diámetro interno de la tubería. La densidad de flujo es proporcional a la corriente de la bobina, I veces una constante k , la fórmula anterior se puede expresar entonces:

$$E = I \times k \times D \times V \quad \text{Ec. 2.2}$$

$$V = \frac{\text{flujo}}{\text{Área transversal}} = \frac{Q}{A} \quad \text{Ec. 2.3}$$

$$E = \frac{Q \times I \times 4 \times k}{D^2} \quad \text{Ec. 2.4}$$

Nótese que I se mantiene constante, por tanto E es proporcional al caudal Q , es decir el voltaje inducido es directamente proporcional a la tasa de flujo promedio.

Si se selecciona adecuadamente el material del revestimiento del tubo de medida así como de los electrodos, es posible también medir fluidos corrosivos y en parte abrasivos. Los sólidos arrastrados por el fluido no afectan por regla general al resultado de medida.

Aplicaciones

Los campos de aplicación preferentes de los medidores de flujo electromagnéticos se encuentran en los sectores:

- Abastecimiento, tratamiento y depuración de aguas
- Generación y distribución de energía
- Química, farmacia
- Industria alimentaria



FIGURA 2.4 Medidores de Flujo Electromagnéticos

Ventajas

Un medidor de flujo electromagnético tiene las siguientes ventajas:

- No tiene filtros que instalar o mantener.
- No tiene piezas móviles que se atascan o desgastan, lo cual alarga la vida útil del medidor.
- Cero pérdidas de presión para óptima eficiencia y menos costo del sistema.

- Costos de instalación substancialmente reducidos con requisitos mínimos de espacio y de tubería recta.

Indicaciones para el montaje

El principio de medida es independiente del perfil de flujo, siempre que a la zona de medida no lleguen turbulencias permanentes (por ejemplo tras codos de tuberías y cámaras, en caso de aplicación tangencial o si la válvula de compuerta o de mariposa está semiabierta antes del tubo de medida). En este caso es necesario tomar medidas adecuadas para estabilizar el perfil de flujo:

- Aumentar los tramos rectilíneos aguas arriba y abajo
- Utilizar rectificadores de flujo
- Reducir la sección de medida

El medidor de flujo deberá instalarse siempre de forma que durante la medida la tubería esté llena de fluido y no pueda vaciarse nunca. En caso de sospecha de que la tubería no pueda llenarse o en caso de tubería de escape libre, el tubo de medida debe instalarse en sifón (Figura 2.5)

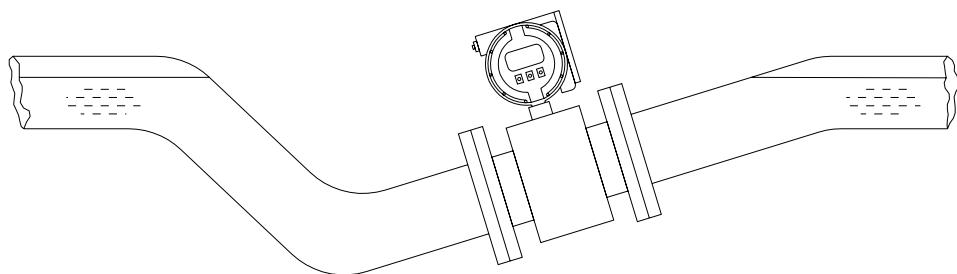


FIGURA 2.5 Montaje en Tubería Siempre Llena

Si la tubería incluye reducciones, el ángulo ideal de éstas debe ser $\leq 8^\circ$. Esto evita errores en el valor de medida y remolinos en el plano de medida. Si el ángulo es $> 8^\circ$ es necesario aumentar los tramos rectos aguas arriba y aguas abajo o utilizar rectificadores de flujo.

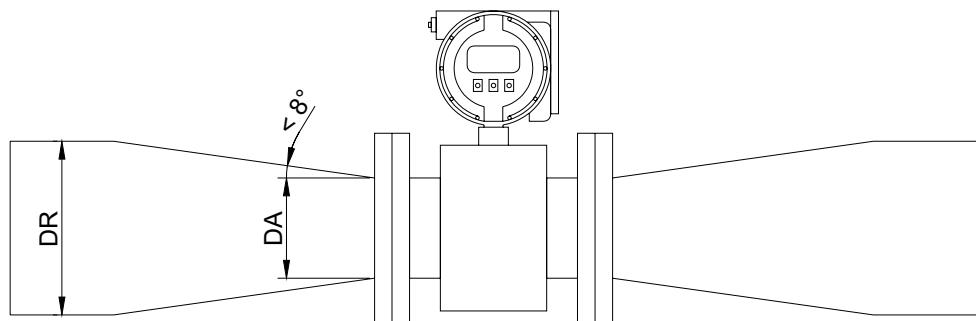


FIGURA 2.6 Reducción del Diámetro Nominal de la Tubería

Es posible incorporar elementos reductores en la tubería para poder usar el diámetro nominal de tubo de medida más económico para un determinado rango de medida. Idealmente, el ángulo de contracción de vena no deberá superar 8° . De esta forma se evitan remolinos que puedan falsear el resultado de la medida. En caso de reducción con un ángulo $\leq 8^\circ$ la contracción de la vena puede iniciarse directamente en el medidor de flujo electromagnético. Con esto se logra tener mayor velocidad de flujo, además que esto abarata costos, siempre y cuando se tenga en cuenta las pérdidas de presión especificadas por el fabricante que tienen que ver con la relación entre los diámetros de la tubería y el medidor. (Figura 2.6)

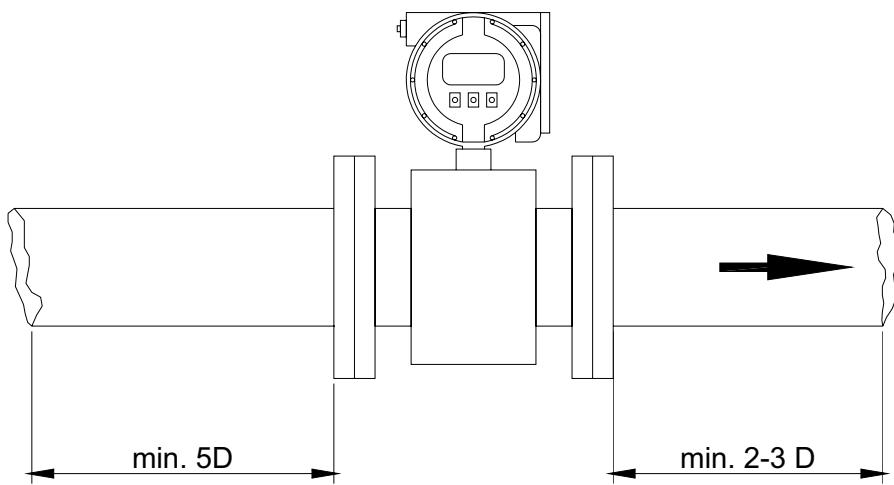


FIGURA 2.7 Tramos Rectos de Remanso Estándar

El punto de montaje ideal es una tubería que tenga suficientes tramos rectos aguas arriba y abajo del punto de medida. Generalmente se requiere un tramo aguas arriba mínimo de $5 \times D$ y un tramo aguas abajo de mín. $2-3 \times D$. Donde D es el diámetro del medidor de flujo.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Principio de medición:	Electromagnético
Alimentación:	110/220 ± 10% VAC 60 Hz 24 ± 10% VDC
Precisión:	± 0.5 % de la tasa de flujo
Diámetro:	De acuerdo a estación
Rango de flujo:	40-1250 GPM
Clase:	ANSI 150
Grado de protección:	IP67
Tipo de conexión:	bridado
Material brida:	NORMA ANSI B16,5
Material electrodos:	acero inoxidable
Número de electrodos:	cuatro
Variable a medir:	agua potable, probable presencia de cloro residual
Tipo de salida:	Análoga 4 a 20 mA con protocolo de comunicación HART, 2 salidas de relé configurables, detección de flujo inverso, detección de tubería vacía, capacidad de programación de límites de flujo
Temperatura del fluido:	5°C a 50°C (sensor-transmisor)
Conductividad:	>=5µS/cm

TRANSMISOR

Tipo:	remoto
Grado de protección:	IP67
Tensión de alimentación:	110-220 VAC
Precisión:	+/- 0,2%
Repetibilidad:	+/-0,1%
Display:	LCD cuatro líneas, 16 caracteres por línea

Totalizador de flujo

También se le conoce como Convertidor de Flujo, y consiste en un interfaz visual del medidor de flujo, este entrega señales analógicas DC (4 a 20 mA), pulsos de totalización o señales de estado por conversión de pequeños voltajes proporcionales a la tasa de flujo provenientes del medidor de flujo. Este instrumento utilizando un microprocesador, incorpora múltiples funciones tales como:

- Valor Instantáneo de Flujo: Puede ser mostrado en cualquier unidad o en porcentajes del rango.

- Totalización de volumen: El volumen totalizado puede ser mostrado en cualquier unidad, seteando un factor de totalización.
- Constante de Tiempo de muestreo: 0.1 a 100 s. (63% respuesta)
- Auto diagnóstico: Fallas del convertidor, fallas del medidor, errores, etc.

ESPECIFICACIONES

Alimentación:	80-264 VAC 60 Hz 24 ± 10% VDC
Energía máx. consumo:	28 W.
Señal de salida:	4-20 mA HART
Pulsos de salida:	Transistor contact (30 VDC, 200 mA)
Temperatura:	Temperatura ambiente –10 °C a +60 °C.
Protección:	NEMA4
Material carcasa:	Aluminio

2.4.2 MEDIDOR DE NIVEL

Transductores y switches miden el nivel de un material en un contenedor o tanque. Mientras que existen muchas tecnologías de medición de nivel, todos los aparatos usados para este propósito se pueden clasificar en dos categorías muy amplias: Switches de nivel de punto y Transductores de nivel continuo.

Switches de nivel de punto

Simplemente indican que el material medido ha llegado o está por arriba de un punto determinado. Se usan comúnmente en aplicaciones de control de bombeo para mantener el nivel del material en el tanque. Los switches más comunes están en contacto con el material que está siendo medido, y usan un flotador para controlar contactos eléctricos que pueden ser monitoreados por una entrada digital.

Transductores de nivel continuo

Como su nombre lo indica, miden constantemente el nivel del material en relación con la posición del transductor. Son útiles en aplicaciones donde se requiere saber la cantidad de material en todo momento. Los transductores de nivel más

comunes no tocan el material que está siendo monitoreado y usan energía ultrasónica para medir el nivel del material. Normalmente usan salidas de 4 a 20 mA. por la naturaleza analógica de la medida de nivel continuo.

2.4.2.1 MEDIDOR DE NIVEL ULTRASÓNICO

Durante su funcionamiento, el sensor emite impulsos acústicos en un cono ultrasónico estrecho perpendicular a la cara del sensor. El nivel del líquido es medido por impulsos acústicos que son transmitidos desde la antena ubicada en la parte superior del tanque hacia el contenido del tanque como se ilustra en la figura 2.8.

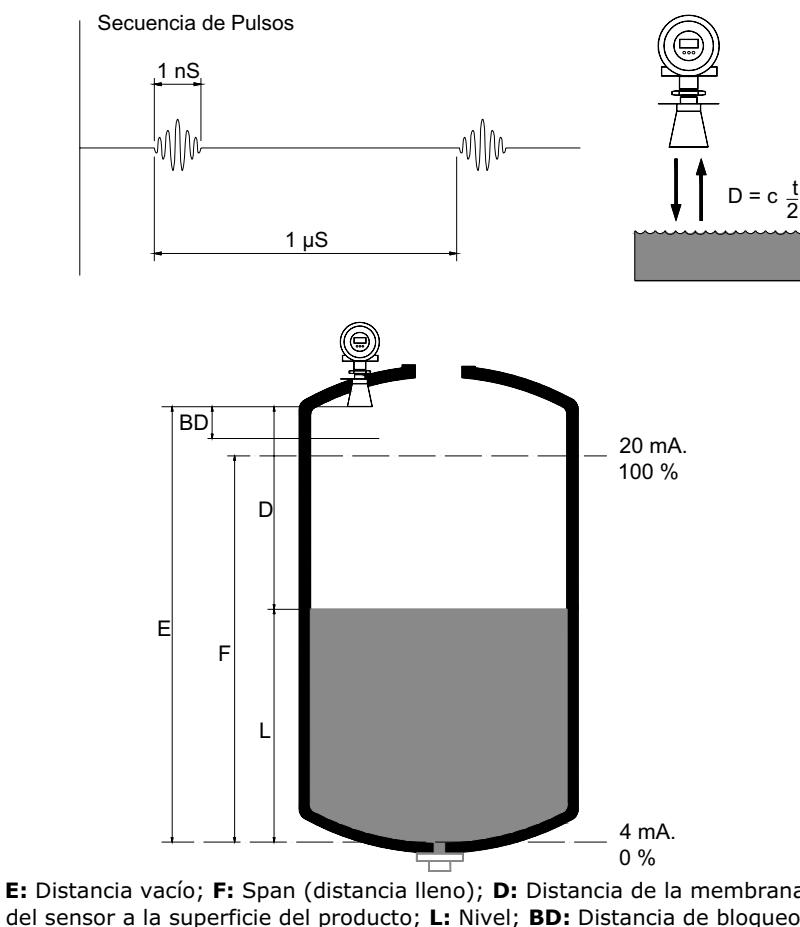


FIGURA 2.8 Funcionamiento del Transductor de Nivel Ultrasónico

El sensor transmite unos pulsos ultrasónicos hacia la superficie del producto. Al incidir sobre la superficie, se reflejan y vuelven al sensor que los capta. El transductor mide el tiempo t transcurrido entre la transmisión y la recepción de un

impulso. El instrumento utiliza este tiempo t (y la velocidad del sonido c) para calcular la distancia D entre la membrana del sensor y la superficie del producto:

$$D = c \frac{t}{2} \quad \text{Ec. 2.5}$$

Dado que el instrumento conoce la distancia vacía E , al ser ésta un dato de entrada del usuario, puede proceder a calcular el nivel a partir de:

$$L = E - D \quad \text{Ec. 2.6}$$

El medidor de nivel usa una frecuencia la cual brinda una alta inmunidad contra la condensación y la contaminación de la antena. El sensor de temperatura integrado compensa las variaciones de la velocidad del sonido causadas por los cambios en la temperatura ambiente dentro del rango de medición. La ventaja de este tipo de medidor es que no está en contacto con el agua y la antena es la única parte expuesta en el tanque, lo cual abarata los costos por mantenimiento.

Aplicaciones

Los sensores de nivel ultrasónico miden el nivel de líquidos, lechadas y además en aplicaciones estándar. Son principalmente usados en tanques sin agitadores u otras estructuras internas. Esta tecnología ofrece la más alta fiabilidad y precisión lo cual asegura que las mediciones son virtualmente no afectadas por la temperatura, presión, mezclas de vapor de gas, la densidad y otras propiedades del producto. Este tipo de sensores se usan en tanques de almacenamiento, separadores, y en áreas como:

- Industria química y petroquímica
- Plantas Farmacéuticas
- Industria alimenticia y de bebidas
- Procesos de Refinerías

Las aplicaciones también incluyen el control de nivel y medición de flujo en áreas como: Tratamiento y alcantarillado de agua, en Presas Hidroeléctricas y generadoras de energía



FIGURA 2.9 Medidores de Nivel Ultrasónicos

Ventajas

Un sensor de nivel ultrasónico tiene las siguientes ventajas:

- No tiene piezas móviles, precisa muy poco mantenimiento.
- Procedimiento de medida sin contacto, por lo que es casi independiente de las propiedades del producto.
- Instalación y mantenimiento simples

Indicaciones para el montaje

El sensor no debe instalarse en el centro del depósito (1). Se recomienda dejar una separación entre el sensor y la pared del depósito (2) igual a 1/6 del diámetro del depósito. Utilizar una cubierta protectora para proteger el equipo de los rayos solares y de la lluvia (3). Véase la figura 2.10.

Se debe evitar que se realicen medidas a través de la cortina de llenado (4) y asegurarse de que los distintos dispositivos, tales como interruptores limitadores, sensores de temperatura, etc., no se encuentren dentro del ángulo de emisión.

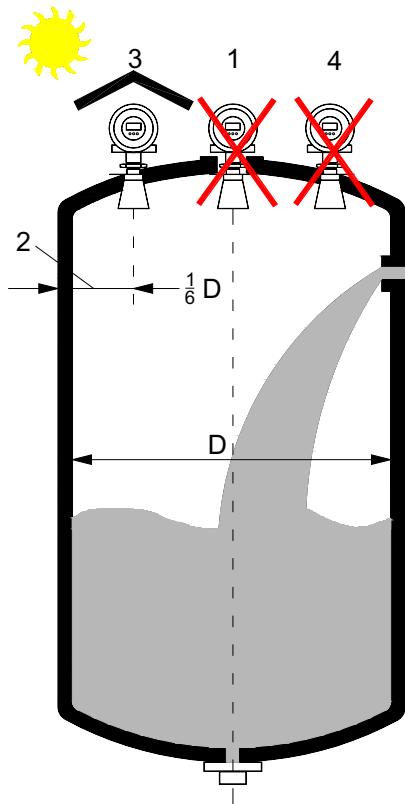


FIGURA 2.10 Montaje De Sensores Ultrasónicos

Orientar el sensor de modo que quede perpendicular a la superficie del producto. No instalar nunca dos dispositivos de medición ultrasónicos en un mismo depósito, ya que las dos señales pueden interferir mutuamente.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Principio de medición:	Tiempo de vuelo de Pulsos de ultrasonido
Rango de Medición:	0.4 A 6.0 m.
Precisión:	± 10 mm.
Fuente De Voltaje:	18-36 VDC
Señal de salida:	4-20 mA HART
Encapsulamiento:	Aluminio, diseñado para IP 67, NEMA 4
Temperatura:	Temperatura ambiente -20 °C a +70 °C.
Display:	LCD 5 dígitos
Configuración:	Directamente en el medidor usando teclas de ingreso, Software de PC para set-up, Comunicador HART.
Señales de alarma:	Tipo Relay. Alto y bajo
Repetibilidad:	Mejor a ± 10 mm.
Antena:	Tipo Cono 4", 6"
Angulo de radiación:	34° - 22°

Los datos obtenidos pueden ser desplegados en un LCD fácil de usar montado en el medidor. Debe ofrecer la configuración así como el servicio y la capacidad que incluye funciones para la presentación de los datos de la medición como: el nivel, amplitud o volumen. Se puede configurar el medidor manualmente, o vía software. La auto calibración del medidor tiene un software para manejar señales inteligentes lo cual brinda mediciones exactas y fiables.

2.4.3 MEDIDOR DE PRESIÓN

Los transductores de presión indican la diferencia de presión entre la presión medida y una presión de referencia. La mayoría de los transductores de presión usan un diafragma que se mueve con la presión que está siendo medida. Este movimiento del diafragma típicamente se detecta con un captor capacitivo o con un deformímetro convencional o de silicón.

La presión de referencia que se use determina el tipo de transductor de presión. El más común es el que mide la presión en relación con la presión atmosférica local. Los transductores de presión absolutos miden presión en relación al vacío perfecto, miden 14.7 PSI al nivel del mar. Y los transductores de presión diferenciales miden la diferencia de presión entre dos presiones dadas.

Los transductores de presión vienen con tres diferentes salidas: milivoltaje, voltaje amplificado y circuito de corriente.

Transductores de milivoltaje

Producen un pequeño voltaje compatible con un deformímetro y con un indicador de presión. Su ventaja es su bajo costo y su pequeño tamaño, sin embargo este tipo de salidas no son compatibles con las entradas de las tarjetas de adquisición de datos.

Transductores de voltaje amplificado

Producen un voltaje relativamente alto compatible con la mayoría de los procesos de control y sistemas de adquisición de datos, generalmente se usan en

aplicaciones de laboratorio y funcionan bien en ambientes eléctricos ruidosos. Voltaje amplificado en un margen de 0 a 5 V_{CC}. Es compatible con las entradas analógicas de las tarjetas de adquisición de datos.

Transductores de circuito de corriente

Producen corriente entre los 4 a 20 mA. Son ideales para las aplicaciones industriales donde se desean alta inmunidad al ruido eléctrico y largas distancias de cable. Otro beneficio es que las salidas de 4 a 20 mA, se acoplan directamente con la mayoría de los sistemas industriales de control y adquisición de datos.

2.4.3.1 TRANSDUCTOR DE PRESIÓN DE SILICIO

Principio de funcionamiento

El transductor está compuesto de una célula de medida piezoelectrónica con membrana de acero inoxidable y una placa electrónica, ambos elementos montados dentro de una carcasa de acero inoxidable. La célula de medida de silicio dispone de un puente de resistencias piezoelectricas al que se transmite la presión de servicio a través de aceite de silicona y una membrana separadora de acero inoxidable, como se indica en la figura 2.11

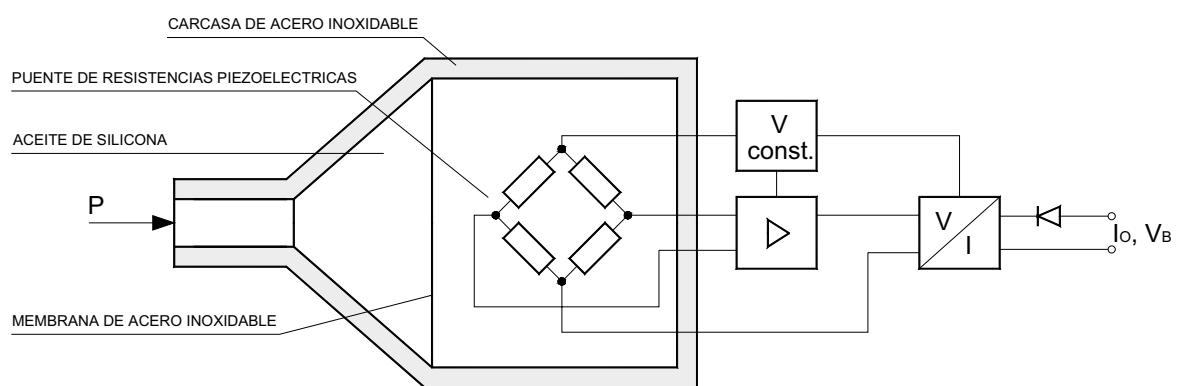


FIGURA 2.11 Funcionamiento Del Transmisor De Presión

La tensión de salida de la célula de medida se lleva a un amplificador y se transforma en una señal de salida tipo corriente de 4 a 20 mA.



FIGURA 2.12 Medidores de Presión

Aplicaciones

Este transductor de presión con sensor de silicio (figura 2.12) está diseñado para medir presiones absolutas y manométricas, de líquidos, vapores y gases en áreas riesgosas. Se aplican principalmente en la industria química, farmacéutica, alimentaria, en fabricación de maquinarias, en construcción naval, en el abastecimiento de aguas, etc. Un ejemplo típico de aplicación es para medir la presión de aire comprimido con contenido de aceite en compresores o estaciones compresoras.

Ventajas

Un sensor de presión con sensor de silicio tiene las siguientes ventajas:

- Funcionamiento seguro gracias al sensor de silicio
- Fiable
- Extremadamente estable
- Fácil de instalar.

ESPECIFICACIONES TÉCNICAS

Principio de medición:

Galga extensiométrica de película fina

Precisión:

$\leq 0,5\%$ Fondo escala

Salida

Señal de salida:	4-20 mA
Carga	(UB – 10 V) / 0,02 A
Característica	Creciente linealmente
Rango de medición:	0 – 300 PSI.
Fuente De Voltaje:	12-30 VDC
Temperatura:	Temperatura ambiente –25 °C a +70 °C.
Conexión al proceso	Rosca macho G½A Rosca hembra G1/8A
Material de piezas en contacto con el fluido	
Cubierta:	AISI 304
Diafragma	AISI 316 L
Fluido	Aceite de Silicio AK3

2.4.4 ANALIZADOR DE CLORO RESIDUAL

El cloro es el desinfectante de mayor uso debido a su bajo costo, a su fácil comercialización, y a que tiene sobre el agua un efecto residual. La reglamentación técnico-sanitaria establece que las aguas distribuidas para consumo humano deberán contener en todo momento cloro residual libre o combinado, u otros agentes desinfectantes. La presencia de cloro residual en el agua provoca, con frecuencia, un fuerte rechazo de la misma por parte del consumidor. El umbral de detección de sabor es de 0,5 ppm (partes por millón). El cloro presente en el agua no representa ningún peligro para el consumidor. El cloro no sólo es un importante desinfectante, sino que también reacciona con el amoniaco, hierro, manganeso y sustancias productoras de olores y sabores; por lo que, en general, mejora notablemente la calidad del agua.

En el proceso de cloración se obtiene varios tipos de cloro residual, el cloro libre residual, cloro molecular, ácido hipoclorito e ión hipoclorito, y el cloro combinado residual, monocloramina, dicloramina y tricloramina. El cloro residual combinado se forma cuando el agua tiene amoníaco y productos orgánicos. Esta forma de cloro es un agente oxidante más débil y su acción bactericida es más lenta.

La determinación del contenido de cloro residual, tanto libre como combinado, es de interés y debe hacerse diariamente en las aguas de distribución para consumo humano.

La determinación de cloro activo libre y combinado puede hacerse mediante:

- Clorómetros. Test rápido colorimétrico cuantitativo. Con patrones estables entre 0 y 1 ppm de cloro residual. Método de la otolidina.
- Test rápido de cloro mediante juegos de reactivos con escala de colores. Contenidos de cloro entre 0,1 y 1,5 ppm.
- Método iodométrico para la determinación del contenido de cloro activo en concentraciones elevadas, superiores a 1 mg/l.
- Determinación volumétrica mediante el reactivo N, N-dietil-p-fenilendiamonio, DPD. Adecuado para concentraciones de "cloro activo libre" entre 0,1 y 4 mg/l o ppm.
- Método colorimétrico de la ortotolidina para concentraciones entre 0,01 y 1 ppm de cloro libre residual.
- Método amperométrico.

2.4.4.1 ANALIZADOR DE CLORO RESIDUAL AMPEROMÉTRICO

La Amperometría es una técnica electroquímica que aplica un voltaje eléctrico pequeño por dos electrodos y mide el cambio de corriente que resulta de las reacciones químicas que tienen lugar. La valoración Amperométrica mide el cambio de corriente como una función de la cantidad de valorante agregado. La instrumentación de la valoración amperométrica típica incluye una sonda o célula que contiene electrodos de platino dual (biampérométrico) o dos electrodos disímiles (por ejemplo, plata/platino), un medidor de microamperaje y un dispositivo de dispensación del valorante.

En la determinación amperométrica de cloro libre, el cloro es valorado con un agente reductor normal tal como tiosulfato u óxido de fenilarsina (PAO) a un pH 7. Un pequeño potencial es aplicado por los electrodos antes de que la valoración empiece. La corriente no puede fluir entre los electrodos a menos que dos substancias estén presentes (una que pueda oxidarse en el ánodo y otra que pueda ser reducida en el cátodo). Durante el curso de la valoración, el cloro está reducido en el cátodo a cloruro (Cl^-) de la reacción con el PAO. El cual es oxidado desde el estado de oxidación +3 a la +5 en el ánodo.

Tan pronto como el oxidante (el cloro libre) está presente en la muestra de valoración, un corriente fluye a través de la célula. Cuando todo el oxidante se reacciona, la proporción del cambio de corriente es cero, señalando el punto final de la valoración. Después de que el punto final se alcanza, la solución no puede conducir la corriente aunque un exceso de PAO sea agregado. La cantidad de PAO usado al punto final de la valoración es proporcional a la concentración del cloro en la muestra.

Utilizando la universalmente aceptada y probada tecnología de medición amperométrica, el analizador usa una innovadora celda de 3 electrodos que proporciona una medición directa del cloro residual con una sensibilidad de + / - 1 PPM (0.001mg/L). Al contrario de algunas tecnologías de medición indirectas como ORP, la medida amperométrica proporciona una salida exacta y un funcionamiento estable sin tener en cuenta las condiciones cambiantes del agua.

Con este diseño de electrodo descubierto, el Analizador no es susceptible a las típicas fallas de los analizadores de prueba de membrana, causadas por las bacterias, grasa o turbiedad. También, los diferentes analizadores de sonda de membrana, miden todas las especies de residuos del Cloro incluso la dicloramina.

La célula de 3 electrodos elimina la necesidad del típico ajuste de cero constante de otros analizadores. Se mejoran fiabilidad y estabilidad inmensamente mientras el mantenimiento es drásticamente reducido. La calibración y exactitud del analizador no son afectadas por los cambios en turbiedad o conductibilidad los que pueden ser un problema con algunos otros analizadores.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Operacionales

Uso:	Medida de cloro residual (libre y total) en tanques de distribución.
Principio de medición:	Amperométrico
Tipo de medición:	Continua
Parámetros de medición:	Cloro residual
Rango de medición:	Mínimo 0-2 mg/l
Resolución:	0.01 mg/l ó mejor

Display:	LCD preferentemente
Salidas:	a) 0/4 – 20mA b) Tipo relé
Alarmas:	Alto y bajo cloro libre residual
Encapsulamiento transmisor:	Nema 4x (equivalente IP) ó mejor
Energía de alimentación:	110/220 V _{AC} , 60 Hz
Temperatura ambiental:	Mínimo de 0 a 40 °C
Programación:	Mediante Teclado
Electrodos:	Materiales: oro y cobre o aleación de estos elementos
Encapsulamiento sensor:	Mínimo IP65 ó su equivalente Nema
Limpieza del electrodo:	Mediante un sistema de auto-limpieza y evitar que se produzcan distorsiones de la señal. Indicar tipo.

SISTEMA

Precisión:	Mínimo \pm 5% del rango máximo
Sensibilidad:	0.01 mg/l ó mejor
Repetibilidad:	Mínimo 1 % de la escala

MUESTRA

Temperatura del agua:	Compensación automática; mín. entre de 0 a 40°C
Suministro de la muestra:	Continuo a presión y caudal Constante
Caudal de muestra agua:	Menor o igual 12600 ml/min
Rango de Ph del agua:	Mínimo 6 a 9
Límite de turbiedad:	Menor a 5 NTU
Tiempo de respuesta:	Menor a 2 minutos

El equipo deberá incluir:

- a) Sistema de corrección de Ph con CO₂ o buffer
- b) Solución buffer para 2 meses de operación (tipo no caducable)
- c) 1 Cilindro contenido CO₂ con su respectiva válvula reguladora de presión, rotámetro o dispositivo de regulación
- d) 2 bombas: una en operación y otra en stand-by para suministro de agua de muestra al analizador (considerar agua con 1.5 ppm de cloro residual). Incluir tablero de arranque y protecciones, tubería ó manguera necesaria, filtro y energía de alimentación: 110/220 V_{AC}, 60Hz.

2.4.5 VÁLVULA DE ENTRADA

La válvula de entrada es una válvula con Control de Posicionamiento Eléctrico, es una válvula de control automática diseñada para abrirse o cerrarse en respuesta a una señal eléctrica suministrada a una o dos válvulas piloto solenoides eléctricas.

En la figura 2.13 se indica una ilustración de esta válvula. Se trata de una válvula hidráulica de diafragma controlada por piloto, bien en diseño oblicuo (Y) o angular.

La válvula trabaja independientemente de la presión diferencial existente. El diafragma de cámara doble siempre dispone de presión diferencial suficiente para desarrollar la máxima potencia y proporcionar una respuesta inmediata. Activando la válvula solenoide de 2 vías de aguas arriba y desactivando la de aguas abajo, aplica la presión de aguas arriba a la cámara superior de control lo que determina el cierre de la válvula principal. Desactivando la válvula solenoide de dos vías de aguas arriba, y activando la de aguas abajo, se alivia la cámara superior de control haciendo que la válvula principal se abra. Desactivando ambos solenoides se queda la válvula principal en posición intermedia.



FIGURA 2.13 Válvulas Con Control De Posicionamiento Eléctrico

Accionador

El accionador será de doble cámara con pieza separadora entre la parte inferior del diafragma y el cuerpo. El accionador estará compuesto por: disco de cierre, eje de válvula y rodamiento, conjunto del diafragma, separador y la tapa superior. Todo el conjunto se podrá desmontar de la válvula como una sola unidad. La cámara inferior entre el diafragma y el separador podrá ser abierta, o aislada de la presión interna del cuerpo. El eje de acero inoxidable deberá ser guiado en su carrera por un casquillo instalado en el separador. El cierre elástico reemplazable será de forma rectangular en su sección transversal y contenido en tres lados y medio. El disco de cierre tendrá una lengüeta en la parte externa del borde para fijar el cierre en su sitio. En el accionador podrá instalarse un cierre en forma de

“Uves” simplemente atornillándolo al disco de cierre.

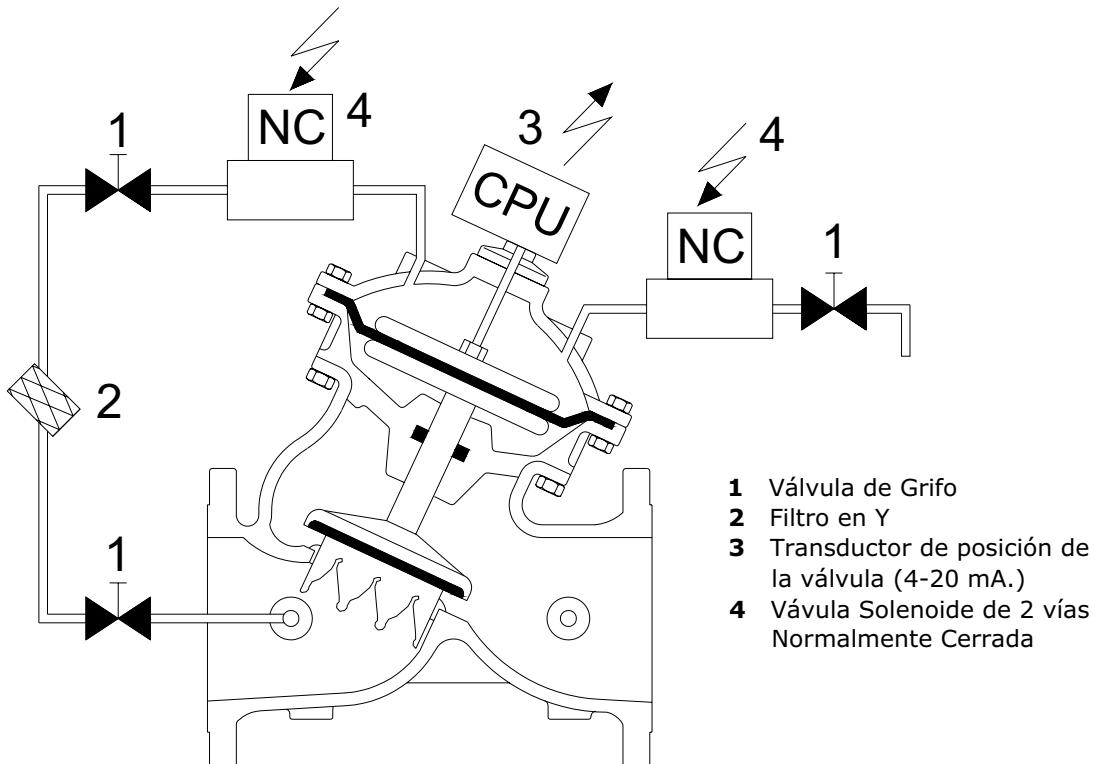


FIGURA 2.14 Diagrama De Funcionamiento De La Válvula

Circuito de control

La válvula de control remoto eléctrico deberá tener solenoides de dos vías con un sistema de anulación manual para permitir que la válvula sea operada manualmente cuando se interrumpe la corriente eléctrica. El líquido que pasa por el circuito será filtrado y habrá una válvula manual para aislarlo. Las válvulas piloto solenoide de 2 vías pueden ser suministradas en varios voltajes y clasificaciones NEMA.

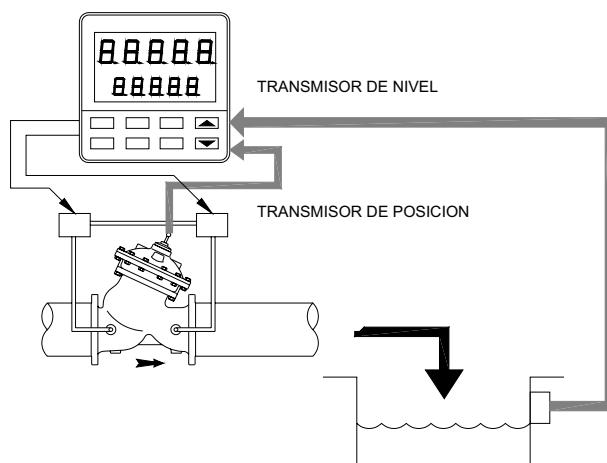


FIGURA 2.15 Modulación de la Válvula Para Control de Nivel

Se puede acoplar un controlador electrónico, configurado convenientemente de manera que reciba información de las variables a controlar, en forma de una señal analógica de 4 a 20 mA., y active consecuentemente los solenoides, la interacción entre ellos determina la posición de apertura requerida de manera que se mantengan las consignas preestablecidas; este modelo puede controlar presiones, niveles y caudales.

El controlador electrónico puede ser programado para mantener un control preciso de cualquier proceso, cada circuito de salida tiene una banda proporcional programable independientemente, y un tiempo de ciclo de cada solenoide, ajustando en combinación estos algoritmos de control, la respuesta de tiempo puede variar sobre un amplio rango.

Para la modulación de Control de Nivel, el controlador acepta la señal proveniente del transmisor de nivel del tanque como el setpoint remoto. Esta señal entonces es comparada con la señal generada por el transmisor de posición de la válvula para ajustar la válvula proporcionalmente al rango del transmisor de nivel.

Montaje

1. Dejar suficiente espacio alrededor de la válvula para cualquier trabajo futuro de reparación y mantenimiento.
2. Limpiar cuidadosamente la conducción donde se instalará la válvula, para extraer cualquier suciedad, residuos, cascarillas, etc. No llevar a cabo esta operación puede implicar que la válvula no funcione.
3. Las válvulas de aislamiento se instalarán aguas arriba y aguas abajo de la válvula principal para permitir futuras operaciones de mantenimiento.
4. Instalar la válvula en la tubería con la flecha indicadora de flujo, que se localiza en el cuerpo, en la dirección correcta. Use la argolla ubicada en la cubierta de la válvula principal para levantarla o bajarla. Para un mejor funcionamiento de la

válvula instálela en posición horizontal con la cubierta hacia arriba. Asegurarse de que la válvula sea colocada de tal forma que el accionador pueda quitarse con facilidad para su mantenimiento futuro.

5. Después de la instalación, inspeccionar y corregir con cuidado cualquier accesorio, tubería o conexión dañada.

ESPECIFICACIONES

La válvula principal deberá ser una válvula hidráulica activada por un diafragma guiado centralmente, ya sea con cuerpo oblicuo (Tipo Y) o de diseño angular. El cuerpo y la cubierta serán de hierro fundido, ASTM A - 126 Clase B, con asiento de bronce. Las superficies externas e internas de la válvula estarán revestidas por recubrimientos aplicados por fusión (EPOXI). Las conexiones deberán cumplir con las normas ANSI, ISO, DIN, JIS o cualquier otra estándar internacionalmente reconocida. El cuerpo deberá tener un anillo de asiento no roscado que sea reemplazable y que se sujeté en su posición mediante tornillos que se enrosquen al cuerpo. Este asiento deberá ser accesible y de fácil manejo sin desmontar la válvula de la tubería. El área del asiento deberá estar completamente libre, sin correctores de flujo, rodamientos o nervaduras de soporte.

2.4.6 SENSORES DE SEGURIDAD O ANTIATRACO



FIGURA 2.16 Sensores De Movimiento Y Para Puertas

El Sensor de movimiento detecta el movimiento de intrusos mediante un sistema Infrarrojo PIR dual y envía una señal de RF en el orden de los 450 MHz. codificada. Dispone de un sistema de ajuste de la sensibilidad de dos posiciones que permite ajustar el sistema para evitar que las pequeñas mascotas puedan disparar la alarma. El sensor dispone de un ángulo de “visión” de 90º y una longitud de visión de 12 m. Pudiendo situarse a una distancia de hasta 30 m. de la consola. La utilización de pilas alcalinas le da una autonomía media de 1 año.

CATÁCTERÍSTICAS

Alimentación:	4 pilas tipo AAA.
Alcance del IR:	12 m. a 0º; 5 m a 45º, Selector sensibilidad 2 posiciones.
Transmisión Señal:	433,92 MHz. Codificación RF 16 bit (65536 Códigos diferentes).
Potencia de salida:	5.833 µV./m . Alcance en campo abierto 30 m.
 Temperatura ambiente:	
De operación	- 10 °C. a +30 °C.
De almacenaje	- 20 °C. a +70 °C .
Acorde a Normas:	Radio I-ETS 300220
Homologación:	Marca CE

2.5 RTU

El RTU (siglas en inglés de Remote Terminal Unit) Unidad Terminal Remota, constituye el interfaz para el sistema de adquisición de datos, la cual se ubicará en la localidad a ser automatizada, sus funciones son las de adquisición de datos y la ejecución de comandos de operación. Además el RTU puede realizar labores de procesamiento de datos y control local de acuerdo a su grado de sofisticación. Los comandos de operación serán ejecutados en el Centro de Control (CC) o generados localmente, la información es captada y luego de ser procesada es enviada hacia el CC en forma cíclica, cuando se lo solicite o haya ocurrido algún evento.

El RTU está constituido por los siguientes 3 módulos principales:

- De soporte (puerto de comunicaciones, fuente, CPU, memoria.)
- Digitales (entradas y salidas digitales, entradas de pulsos de señal on-off.)
- Analógicos (entradas y salidas analógicas 0 – 5 VDC o 4 – 20 mA).

Y además las funciones principales que deberá tener el RTU son:

- Adquisición de señales de estado.
- Adquisición de valores medidos.
- Adquisición de valores de contador de impulsos.
- Monitoreo de valores límite y señales de estado.
- Transferencia de información con el CC.
- Salida de comandos de operación y regulación.
- Visualización de variables y mantenimiento de la base de datos.
- Facilidades de diagnóstico remoto.

Los RTU deberán cumplir con ciertas características generales que son:

- Estructura modular estandarizada y de fácil fijación para expansión.
- Conexión al campo mediante borneras.
- Capacidad suficiente de resolución para tomar las señales de todos los valores a medir.
- Suficiente cantidad de memoria (40 GBytes) para soportar una base de datos en caso de fallos del sistema de comunicaciones.
- Puertos de comunicaciones RS-232 C (normas V.24 y V.28) y ETHERNET para comunicación mediante modem para radio o mediante cable, y un puerto para comunicación digital mediante microondas. Además pudiendo conectarse un PC portátil para diagnósticos, configuraciones o descargas locales y remotas.
- Entradas Analógicas, digitales y salidas digitales, de acuerdo a las señales necesarias en cada uno de los puntos de la red de distribución.

2.5.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL RTU

El RTU deberá ser un Controlador de Automatización Programable (PAC) diseñado para aplicaciones de control industrial de avanzado funcionamiento de control embebido, registro de datos, funcionamiento acéfalo, y conectividad Ethernet. Este combinará el empaquetamiento, las especificaciones, y la fiabilidad de un PLC con el software, flexibilidad, la conectividad, y la funcionalidad de un PC. El RTU será robusto y de una plataforma fiable y estará diseñado para ambientes industriales y móviles con alto impacto, vibración, y temperaturas extremas.

El RTU en conjunto con su software de operación, proporcionarán la funcionalidad, conectividad, y la flexibilidad del software sobre una pequeña, robusta plataforma industrial. La arquitectura modular de entradas y salidas (I/O) con acondicionadores y aisladores de señal incorporados, proporcionan la conectividad directa a los sensores industriales como el voltaje analógico, corrientes de 4 a 20 mA., presión, tensión, flujo, modulación por ancho del pulso (PWM), y entradas y salidas digitales de 24 V.

Este tiene aplicaciones que requieren confiabilidad de grado industrial, como procesos y sistemas de control discreto, para abrir y cerrar válvulas, ejecutar lazos de control, registrar datos, realizar simulaciones y análisis en tiempo real, y comunicaciones seriales, por teléfono, y Ethernet.

Software Altamente Productivo

Cuando una aplicación requiere funcionalidad poderosa y rápido desarrollo, la llave es el software flexible que se integra transparentemente con el hardware. El software deberá ser un estándar industrial con ambiente de desarrollo gráfico que proporciona todas las herramientas necesarias para crear avanzadas aplicaciones de medición y control. El software hará fácil de construir aplicaciones simples o complejas que usan una paleta extensa de funciones y herramientas desde un simple lazo de control PID sistemas de control híbridos que combinan ambos componentes analógicos y digitales.

Sistema Modular

El RTU caracterizará una innovativa arquitectura que modulariza las comunicaciones, funciones de entradas y salidas, y terminales de señal. Por tanto se puede escoger independientemente el controlador, Entadas y Salidas, Placas de apoyo, Terminales de señal, que encajan de mejor manera a una aplicación particular.

Módulos Del Controlador

Este provee el hardware de control embebido, la capacidad de inscripción de datos, y la conectividad Ethernet. Los módulos de red se comunican con los módulos I/O vía un bus local de alta velocidad en la placa de apoyo. Existirán varias opciones para los módulos de red.

Módulos I/O

El RTU incluirá una amplia variedad de módulos de entrada y salida de 8 y 16 canales para las especificaciones del sistema del control. Los módulos I/O proveen entradas y salidas análogas y digitales aisladas para una amplia variedad de señales y tipos de sensores.

Bloques de Conexión

El RTU ofrece una variedad de opciones para los terminales de señal. Se pueden seleccionar bloques de conexión integrados para un diseño compacto. Los bloques de conexión se montan sobre un riel DIN externa, para un fácil cableado y pruebas dentro de una cabina industrial.

CARACTERÍSTICAS TÉCNICAS

Interface de Red 10BaseT and 100BaseTX Ethernet

Compatibilidad IEEE 802.3

Tasas de Comunicación 10 Mb/s, 100 Mb/s, auto negociado

Distancia máxima de cableado 100 m/segmento

Máxima energía para módulos E/S conectados. 9 W
 Máximo número de bancos Determinado por la topología de la red
 Capacidad de ampliar módulos de entrada y salida, digitales y análogas.
 Capacidad para agregar módulos de comunicación de acuerdo a requerimiento.
 Reserva de 6 entradas y 6 salidas digitales.
 Reserva de 2 entradas y 2 salida análogas.
 Puertos de comunicación RS232/RS485, 1 puerto Ethernet
 Protocolo: Ethernet
 Lenguaje de programación: gráfico, escalera, instrucciones
 Reloj en tiempo real y módulo de memoria
 1 Módulo de comunicación Ethernet
 Capacidad de memoria mínima: 20 K
 Temperatura de operación 0° a 60° C
 Incluye cable, accesorios y elementos de protección Radio-PLC, fuente de alimentación, protección de transientes.
 Compatibilidad con panel operador

2.6 DIAGRAMAS DE INSTRUMENTACIÓN DEL DISEÑO

En base al principio de operación de la planta a continuación se indican los diagramas de instrumentación realizados para la etapa de diseño, en los cuales se incluye la simbología indicada en la figura 2.17.

SIMBOLOGÍA					
	Tubería de Entrada		Bomba de caudal		Medidor de nivel
	Tubería de Salida		Motor		Construcción civil
	Tubería de Desagüe		Sensor de Presión		Señal eléctrica
	Válvula de compuerta bridada		Válvula de descarga de aire		Señal Hidráulica
	Válvula de control de nivel		Tubería de ventilación		Arrancador de Motor
	Llave de agua		Unión de tuberías		Controlador de presión
	Válvula controlada por solenoide		Totalizador de Flujo		Control ON-OFF
	Válvula con Regulador de Presión		Medidor de flujo Electromagnético		Tanque de agua
	Válvula Check		Indicador de nivel		Sensor de nivel continuo
	Conexión a tierra		R TU		Medidor de Voltaje y Corriente
	Sensor de Movimiento		Analizador de Cloro Residual		Actuador Eléctrico Posicionador

FIGURA 2.17 Simbología ANSI/ISA-S5.1 Para Diagramas de Instrumentación

2.6.1 DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN CARCELÉN JNV

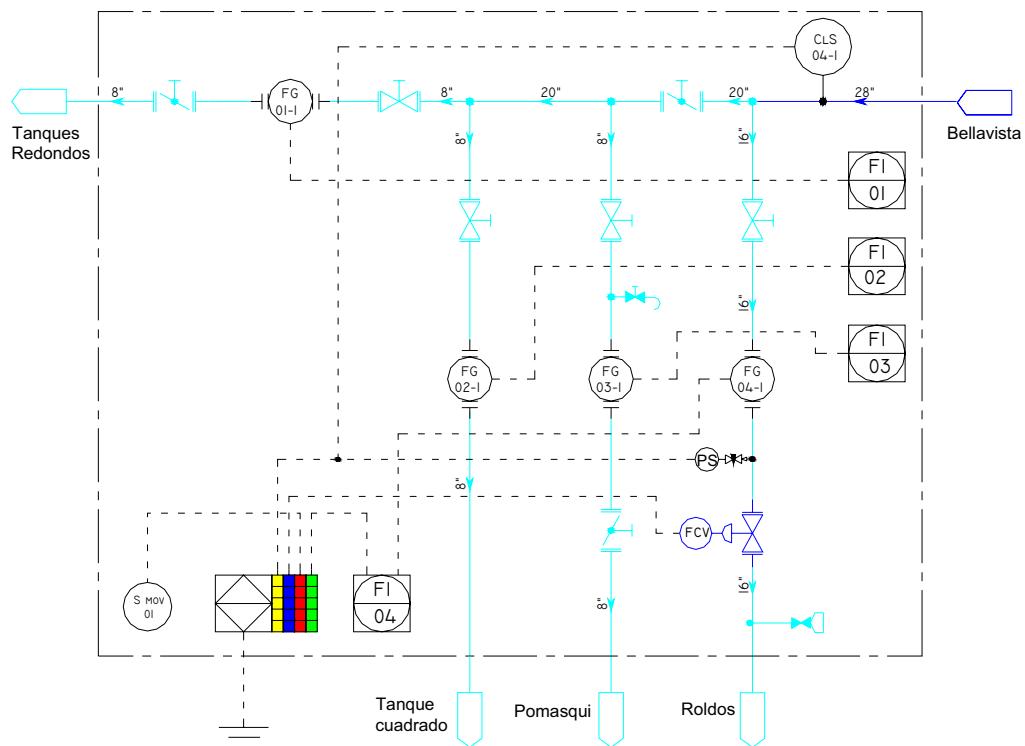


FIGURA 2.18 Diseño de Instrumentación Carcelén JNV

2.6.2 DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN ESTACIÓN ROLDÓS BAJO

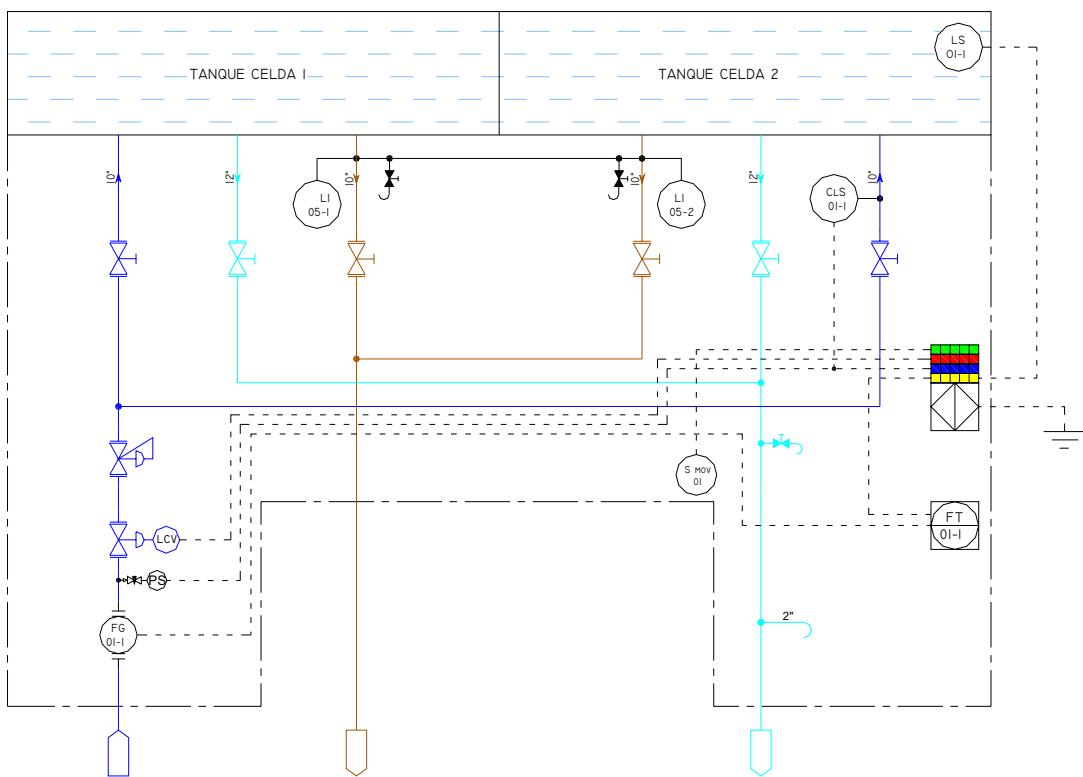


FIGURA 2.19 Diseño de Instrumentación Roldós Bajo

2.6.3 DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN ESTACIÓN ROLEDÓS MEDIO

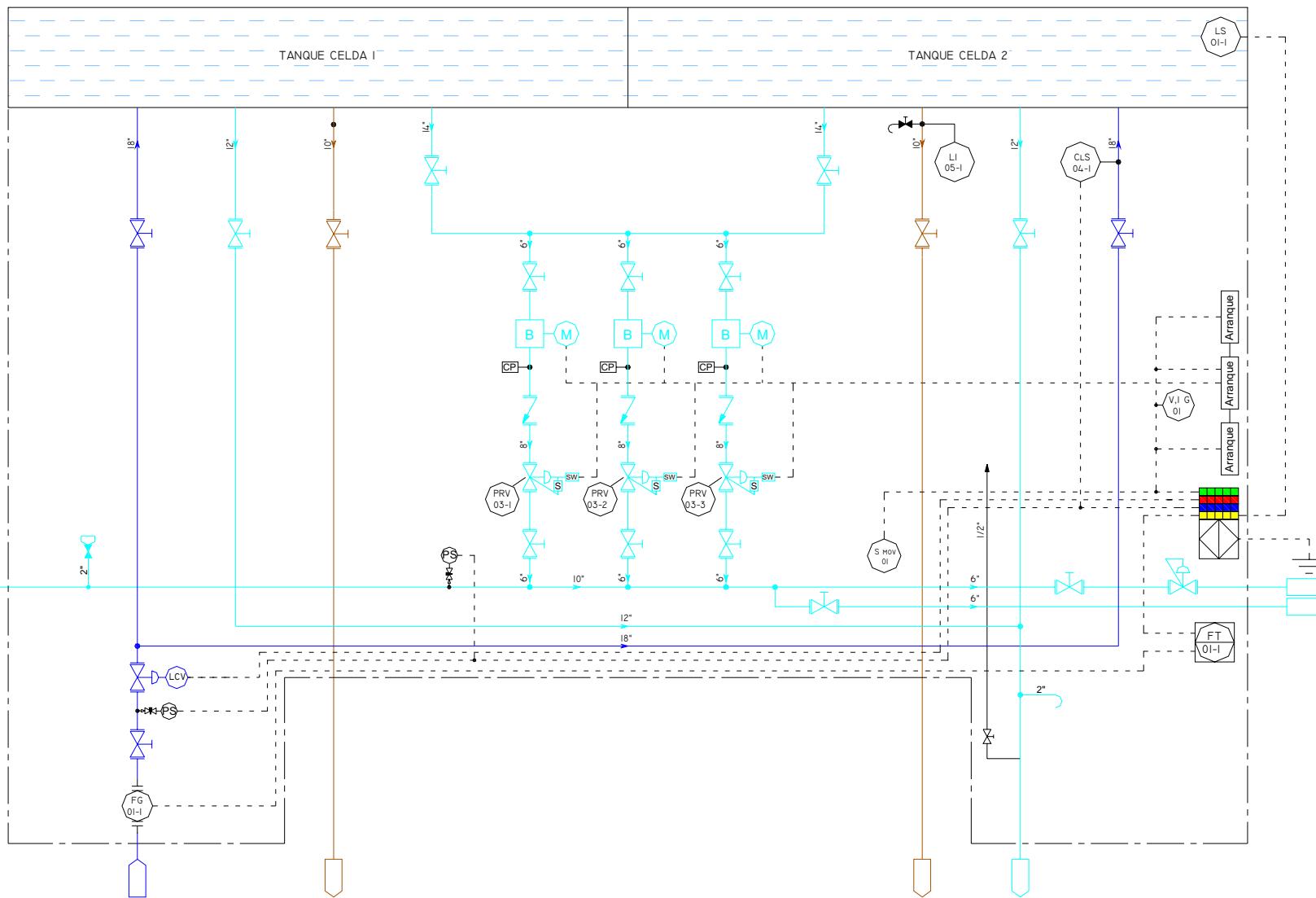


FIGURA 2.20 Diseño de Instrumentación Estación de Bombeo Roldós Medio

2.6.4 DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN ESTACIÓN CANGAHUA ALTO

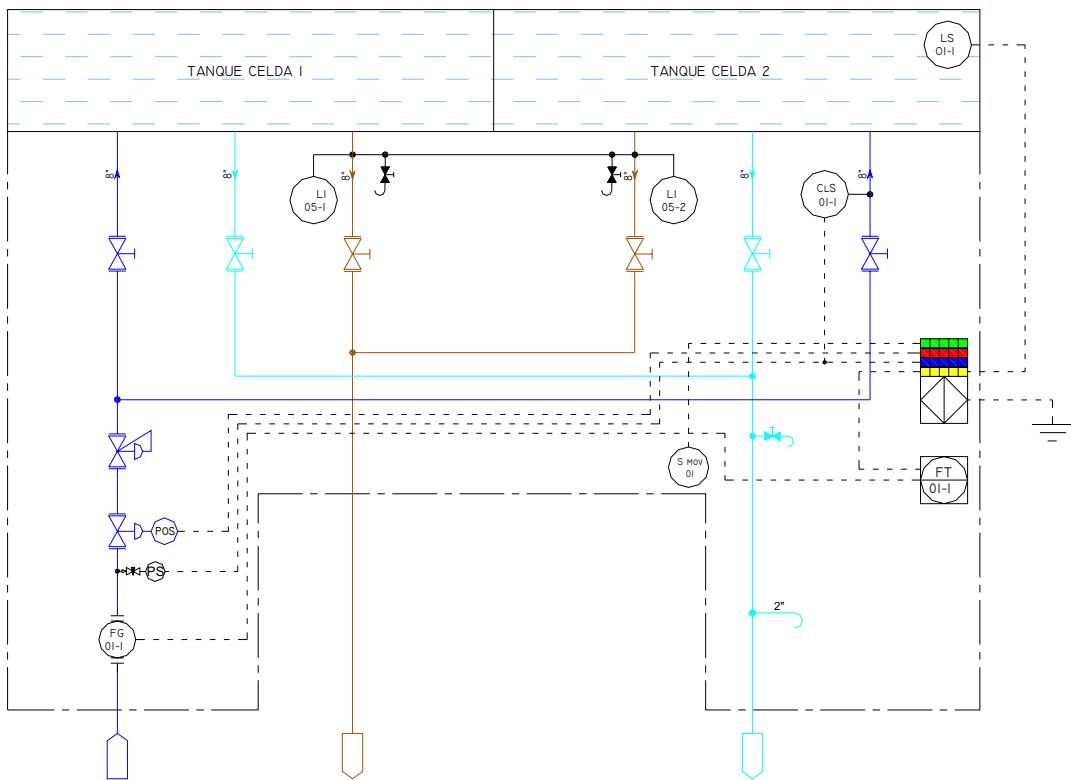


FIGURA 2.21 Diseño de Instrumentación Estación Cangahua Alto

2.6.5 DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN ESTACIÓN CANGAHUA MEDIO

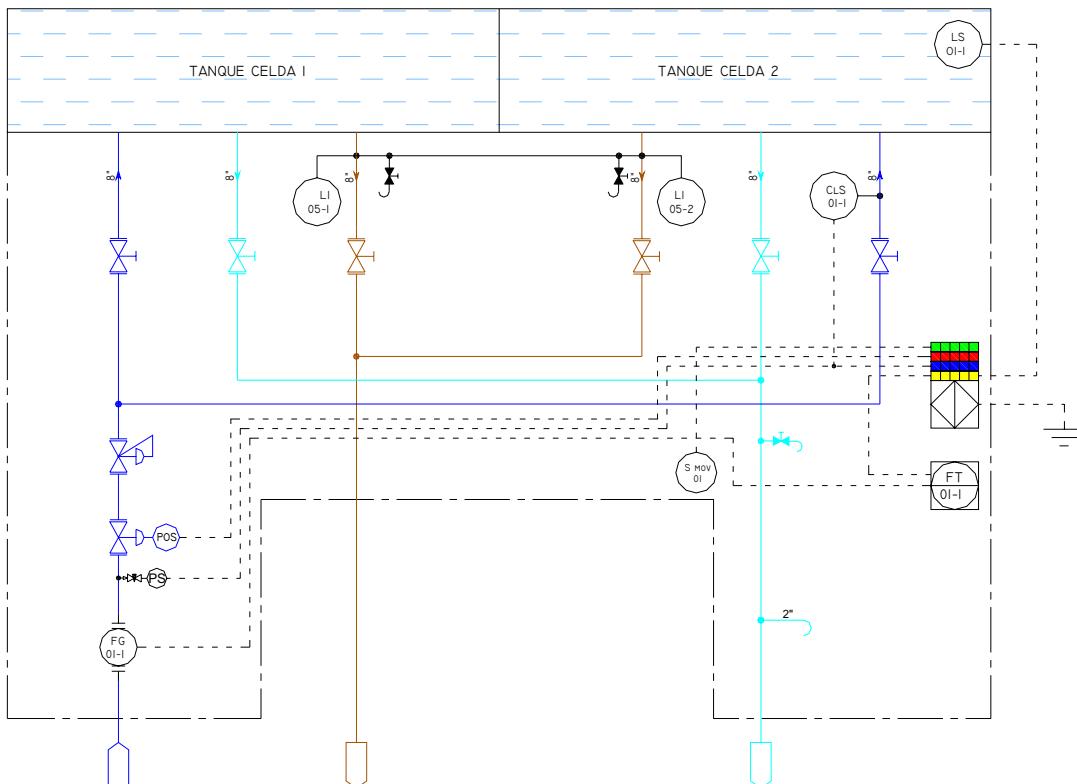


FIGURA 2.22 Diseño de Instrumentación Estación Cangahua Medio

2.6.6 DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN ESTACIÓN CANGAHUA BAJO

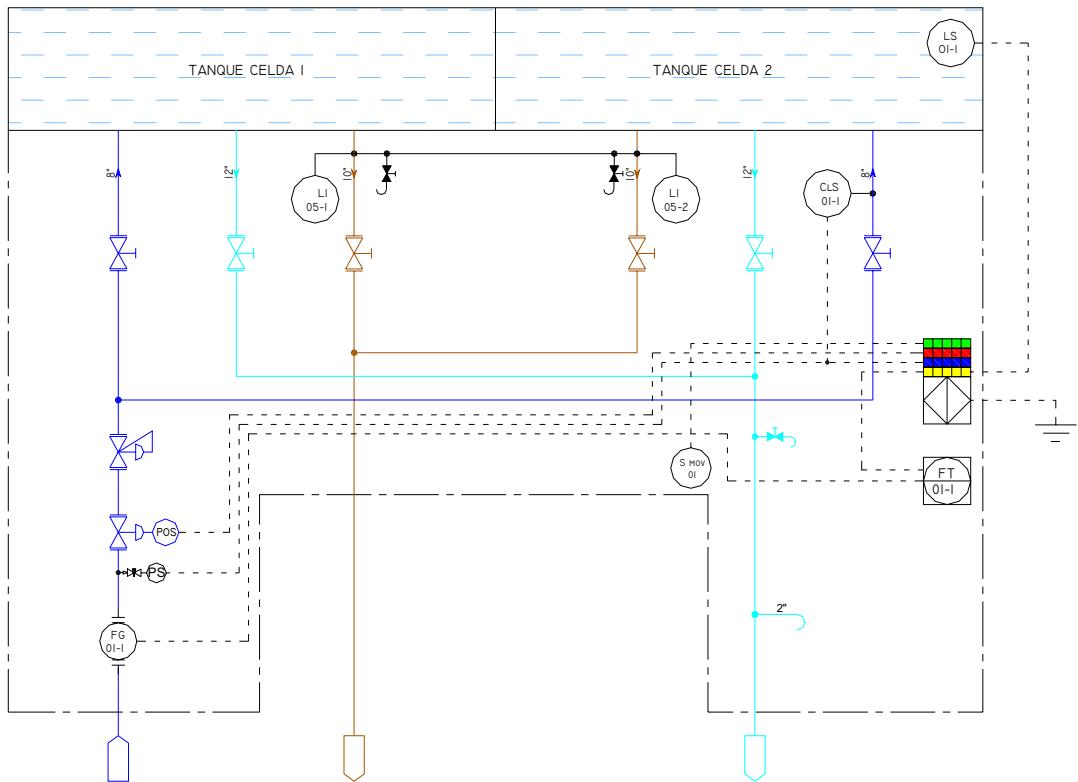


FIGURA 2.23 Diseño de Instrumentación Estación Cangahua Bajo

2.6.7 DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN ESTACIÓN PARCAYACU

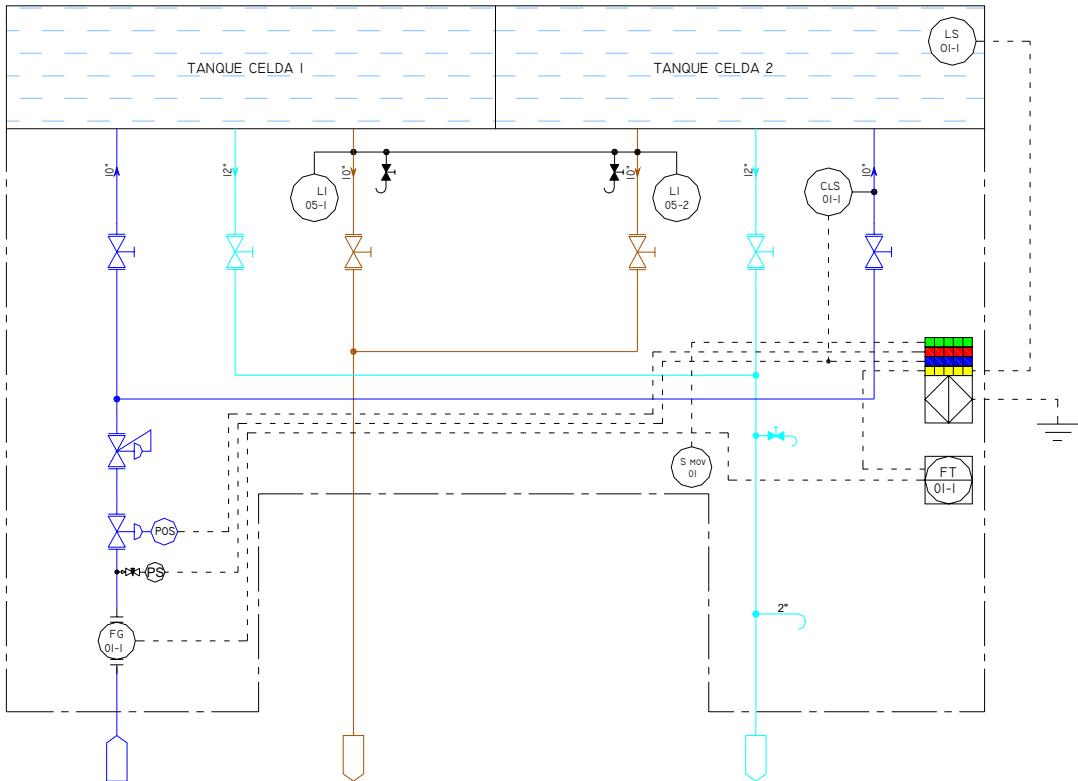


FIGURA 2.24 Diseño de Instrumentación Estación Parcayacu

2.6.8 DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN ESTACIÓN COLINAS BAJO

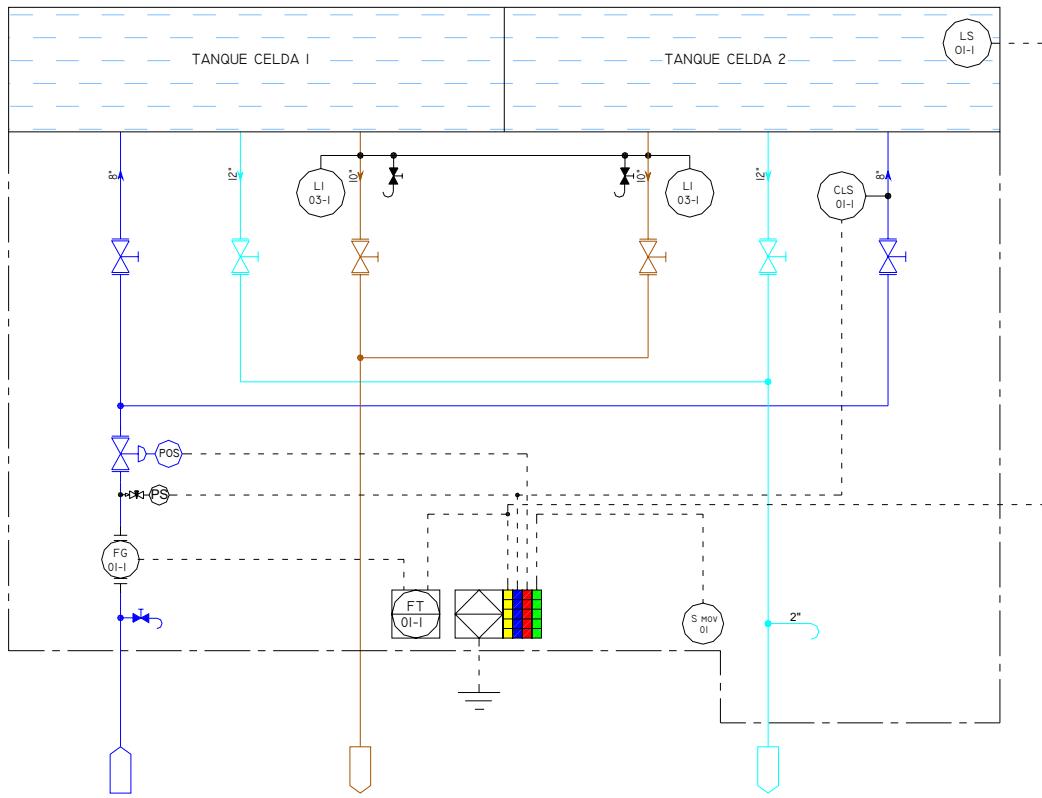


FIGURA 2.25 Diseño de Instrumentación Estación Colinas Bajo

2.6.9 DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN ESTACIÓN COLINAS MEDIO

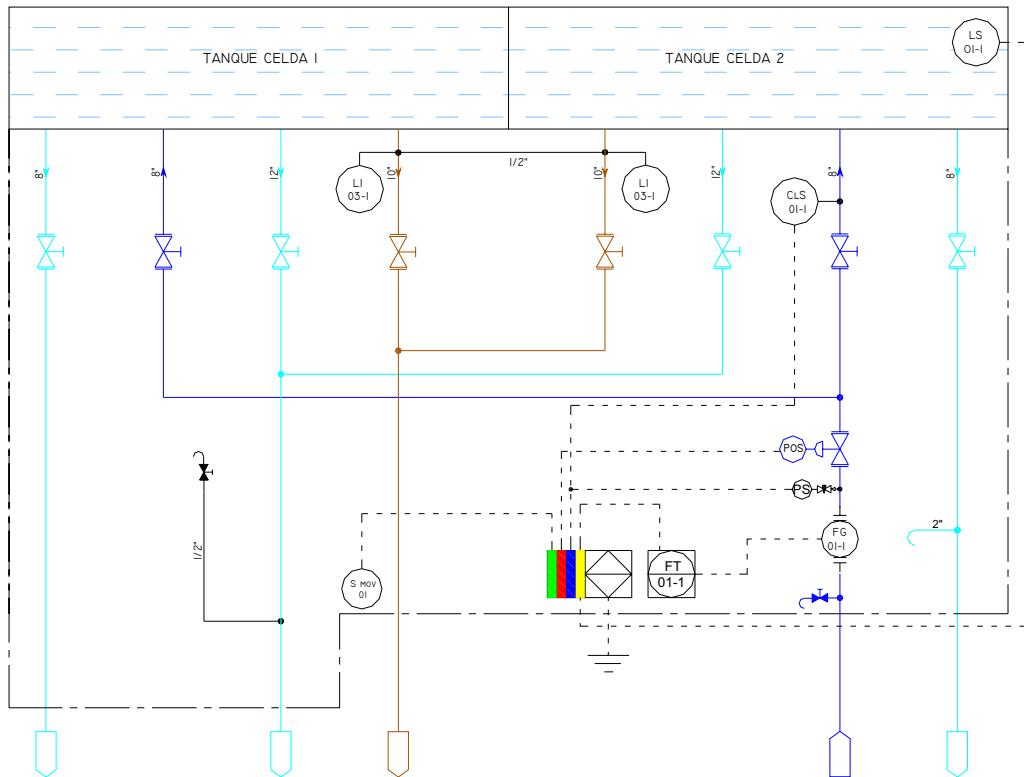
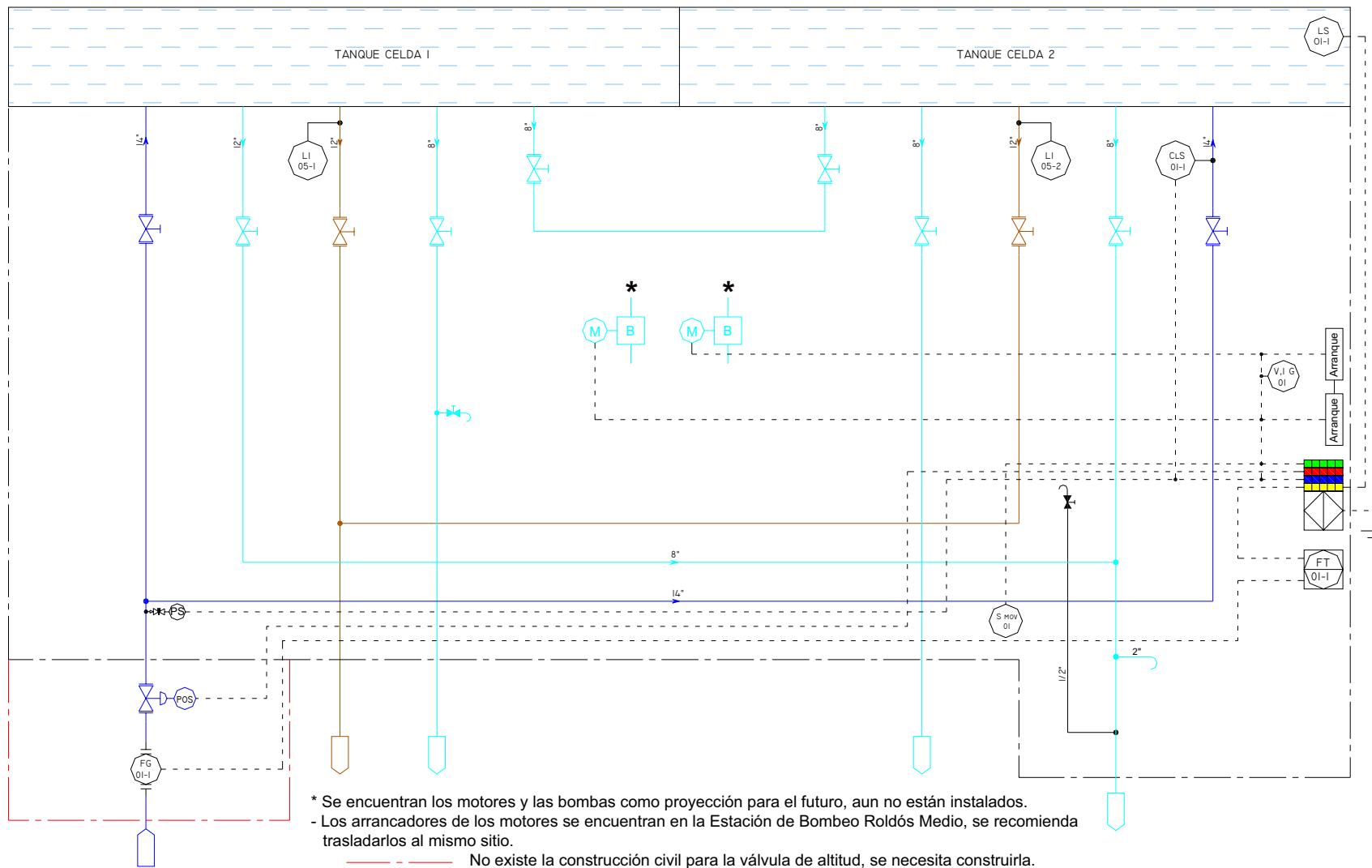


FIGURA 2.26 Diseño de Instrumentación Estación Colinas Medio

2.6.10 DISEÑO DE INSTRUMENTACIÓN ESTACIÓN COLINAS ALTO



2.7 MEDIOS DE TRANSMISIÓN DE DATOS

Para redes de comunicaciones las alternativas de medio de transmisión son:

- Sistemas guiados (vía cable)
- Sistemas no guiados (vía inalámbrica aire o vacío).

Dentro de los medios de transmisión guiados se tienen:

- Par trenzado
- Cable coaxial
- Fibra óptica
- Par telefónico

2.7.1 MEDIOS DE TRANSMISIÓN GUIADOS

a) Par trenzado

Existen 2 tipos de pares trenzados que son el UTP y el STP. El cable UTP constituye un cable no blindado de bajo costo y el cable STP es blindado, trabaja a altas velocidades, es inmune al ruido y tiene un alto costo. Las aplicaciones del par trenzado son para Líneas Telefónicas conmutadas y dedicadas.

b) Cable coaxial

En general presenta un mejor blindaje que el par trenzado y puede alcanzar distancias mayores, tiene elevado ancho de banda el cual depende de su longitud y excelente inmunidad al ruido.

Existen 2 tipos de cable coaxial: de banda base y de banda ancha. El cable coaxial de Banda Base: puede llegar a una velocidad de 1 a 2Gbps en 1 Km. de distancia, se podría usarlo a mayores alcances con velocidades más bajas y regeneradores periódicos, sus aplicaciones principales son la televisión por cable y redes de área local. El cable coaxial de banda ancha: puede llegar a tener una frecuencia de operación de hasta 450 MHz y tener alcances de hasta 100 a.m., tiene una velocidad de transmisión de 2 – 30 Mbps, no requiere de permiso de uso de frecuencias y su ancho de banda va de 0.1 MHz – 1 GHz. A diferencia del

cable de banda base, cubre un área mayor y necesita de amplificadores analógicos para reforzar la señal.

c) Fibra óptica

Existen 2 tipos de fibra óptica: monomodo y multimodo. Sus aplicaciones son para redes de transporte, acceso e interconexión que pueden transportar datos, voz, video, Internet, etc. siempre para volúmenes grandes de información.

Entre las principales ventajas de la fibra se tienen:

- Tiene un gran ancho de banda.
- Casi total inmunidad al ruido.
- Inmunidad a la interferencia y atenuación casi nula.
- Se usan para grandes y pequeñas distancias.
- Tienen una gran velocidad de transmisión.

Mientras que sus desventajas son:

- Costos elevados en equipos y cableado de fibra, así también para el tendido, instalación, adecuación y perforación de canaletas para encaminar los enlaces de fibra.
- Complejidad de instalación debido a la geografía de los sitios remotos.
- Son muy vulnerables a robos, rompimientos, excavaciones, terremotos, etc., que produciría perdida del enlace y pérdida económica.
- Necesita de obras civiles complementarias para su funcionamiento.

2.7.2 MEDIOS DE TRANSMISIÓN NO GUIADOS (VIA INALÁMBRICA)

Los medios de transmisión usados son:

- El aire
- El vacío o espacio.

Entre los sistemas que usan como medio de transmisión el aire son:

- Enlaces de radio
- Enlaces de microondas.

Y los sistemas que usan el vacío como medio de transmisión son los enlaces satelitales.

a) Enlaces de radio

Sus propiedades dependen de la frecuencia, así, a bajas frecuencias las ondas de radio cruzan bien los obstáculos, pero la potencia se reduce drásticamente con la distancia a la fuente. Pero a frecuencias altas las ondas de radio tienden a viajar en línea recta y a rebotar en los obstáculos y son absorbidas en el espacio libre. Las bandas HF, VHF y UHF son las más usadas por su ancho de banda, mejor directividad que las otras bandas y por que permiten mejores velocidades de transmisión.

Para realizar un estudio y diseño de sistemas con enlaces de radio, se necesita desarrollar un estudio de propagación el cual consiste de enlazar las estaciones de manera tal que exista un criterio de despeje mínimo y bajo características de banda de frecuencia a usarse, alta confiabilidad, mínimo margen de desvanecimiento de la señal, tipo de aplicación a usarse, ancho de banda, velocidad de transmisión, modulación, cobertura, alcance de la señal, etc. Además se necesita un criterio para optimizar las rutas de enlace, los materiales, equipos y costos, el desempeño, las configuraciones y la arquitectura de la red.

b) Enlaces de Microondas

Las microondas no atraviesan bien los edificios, además cuando las ondas de recepción llegan desfasadas al receptor, se pueden cancelar las señales recibidas por el efecto del desvanecimiento por trayecto múltiple. También hay que tomar en cuenta, que a frecuencias mayores de 8 GHz existe el problema de la absorción que se hace mas critico al aumentar la frecuencia.

Para el uso de enlaces de microondas se necesita el permiso para uso de frecuencias y el respectivo estudio y planificación estratégica de las bandas de frecuencias a usarse, además del respectivo pago por uso del espectro radioeléctrico.

Generalmente las aplicaciones para este tipo de enlaces y sus consecuentes usos de espectro radioeléctrico está reservado mas para comunicación telefónica de larga distancia, enlaces de la red celular, distribución de televisión, voz, datos a baja y alta capacidad, para interconexión de redes, redes de acceso, redes de transporte, y redes de datos para corta y larga distancia, con aplicaciones punto a punto y excepcionalmente Multipunto para los servicios rurales de WLL (Círculo Cerrado local), también para sistema de Espectro Ensanchado, no está Considerado ni legal ni técnicamente el uso de este segmento para Telemetría y Telecontrol, sin embargo señalamos sus Ventajas y Desventajas. Las ventajas son:

- El costo es bajo con relación a la fibra óptica y cable coaxial, par trenzado, en cuanto a instalación, equipos, alquiler de espacio o terrenos y mantenimiento.
- Permite tener aplicaciones de baja y alta capacidad para voz, datos y video.
- Se tiene una alta calidad para los enlaces diseñados de acuerdo al equipo.
- La implementación es más sencilla que otros medios de transmisión.
- No es vulnerable a robos, pirateo o corte del enlace debido a factores humanos.

Las desventajas son:

- Por la naturaleza directiva del haz de microondas, se necesita tener una buena exactitud para alinear las antenas del transmisor y receptor del enlace.
- El estudio, diseño y replanteo es medianamente complejo debido a que se necesitan herramientas suficientes para realizarlo en el menor tiempo posible.
- A altas frecuencias, es vulnerable la absorción de energía debido a las lluvias, reflexiones en el terreno, fenómeno de trayectorias múltiples y distancias muy grandes mayores a 50 Km.
- Al tenerse bastantes enlaces a la vez, el costo resulta más alto que tener un sistema punto multipunto como los enlaces UHF, VHF con varios receptores a la vez.
- Debido a la alta directividad de los enlaces de microonda, estos tienen un tipo de distribución Generalmente punto a punto y no punto multipunto.

- Sobredimensionamiento del sistema para el uso que se le daría y su consecuente subutilización para un número considerable de estaciones remotas.

c) Redes celulares

Para la transmisión de datos se puede usar la tecnología CDPD (Celular Digital Paquet Data), el cual transporta datos bajo determinados protocolos y señalizaciones independientes de la transmisión de voz e Internet que se tenga en las redes. Si se quiere usar la infraestructura de una de las operadoras existentes de telefonía celular, habría que alquilar y pagar por el uso del CDPD y la cobertura celular, pero hay el inconveniente que la infraestructura no es propia y se está sujeto a cambios que se den por medio de la operadora que alquila el servicio, teniéndose una limitación en flexibilidad para la infraestructura la cual puede estar sometida a variaciones. Las aplicaciones principales de estas redes son para telefonía, voz, datos, video e Internet.

d) Enlaces satelitales

En estos sistemas se requiere un desempeño con funcionamiento mucho mayor a la de un sistema inalámbrico terrestre, tiene capacidades de banda angosta y banda ancha, en cientos de Mbp. Existe una mayor atenuación que en los sistemas terrestres vía radio y además las bandas de trabajo son por lo general en microondas mayor a 1 GHz.

Sus principales aplicaciones son para voz, datos, video, telefonía, Internet, datos militares, movimientos estratégicos de servicios especiales, climatología, radares espaciales, televisión por cable, interconexión de redes, etc.

Una de las redes satelitales más usadas para redes de datos, voz y video han sido las llamadas redes VSAT, las cuales se pueden configurar con enlaces de 3 a 30 GHz, pueden configurarse con cualquier satélite operador existente como INMARSAT, INTELSAT, por ejemplo, su diseño, costos e implementación son fáciles de realizar, pero se tiene la desventaja de que el costo de los equipos del segmento terrestre es alto, y el costo de alquiler del segmento satelital por las

aplicaciones requeridas serían altos también. Una segunda alternativa sería contratar el servicio satelital a un operador local autorizado, el cual se encargaría del segmento satelital y únicamente se adquiriría los terminales VSAT.

2.8 SISTEMAS DE COMUNICACIÓN

2.8.1 FUNDAMENTOS DE ESPECTRO DISPERSO

Espectro Disperso es un método de transmisión en la cual la señal de transmisión ocupa un ancho de banda mucho más grande que el mínimo requerido para enviar información. La Dispersión del Espectro se produce antes de la transmisión mediante el uso de un código de dispersión independiente de la secuencia de datos. El mismo código se usa en el receptor (sincronizado con transmisor) para descomprimir la señal recibida de tal forma que la señal original se pueda recuperar.

Estos sistemas esencialmente intercambian un mayor ancho de banda de transmisión con una densidad espectral de potencia más baja y un mayor rechazo de las señales interferentes que se dan en la misma banda de frecuencias. Ofrecen por tanto la posibilidad de compartir el espectro con sistemas de banda estrecha convencionales debido a la posibilidad de transmitir una potencia inferior en la banda de paso de los receptores de banda estrecha.

El receptor de espectro disperso no ve las señales de banda estrecha, pues está escuchando de un ancho de banda mucho más amplio con una secuencia de código ordenada.

Aunque en principio el ancho de banda que se requiere es grande, el espectro disperso (SS) tiene una capacidad inherente de reducción de interferencia que permite a un número considerable de usuarios compartir la misma banda. Existen varias técnicas de espectro disperso (SS), pero las más comúnmente usadas son:

- Secuencia Directa (Direct-Sequence)
- Salto de Frecuencia (Frequency – Hopping)

Las dos técnicas Utilizadas: modulación por secuencia directa (DS) y por salto de frecuencia (FH), descansan en la disponibilidad de un código de banda ancha de aspecto ruidoso llamados secuencias seudo aleatorias o seudo-ruidosas (PN pseudo-random-noise). El método se basa en introducir un componente seudo aleatorio tal que la señal resultante tenga un espectro mucho más ancho que el de la señal original y que aparentemente la señal sea un ruido de bajo nivel.

Dispersar el espectro produce beneficios simultáneamente entre los cuales tenemos:

- Anti-jamming
- Anti-interferencia
- Baja probabilidad de intercepción (LPI)
- Comunicaciones de acceso aleatorio de múltiples usuarios con capacidad de direccionamiento selectivo.
- Protección multirayectoria
- Comunicación segura.

Los sistemas basados en espectro disperso (SS) que tienen vigencia son:

- Interfaz de aire sistemas móviles de tercera generación 3G (CDMA2000)
- Interfaz de radio estándar BLUETOOTH (Ericsson)
- Sistemas de posicionamiento global (GPS)
- Acceso Múltiple Satelital

Hasta hace poco tiempo no existía unanimidad sobre si espectro disperso (SS) era superior a los métodos convencionales para canales multiusuario (Acceso múltiple). Sin embargo, la práctica ha mostrado que las técnicas de acceso basadas en SS han tenido gran acogida en la formulación de nuevos estándares.

2.8.2 EL ESTANDAR IEEE 802.11.

La IEEE 802.11 define la primera capa y la mitad de la segunda del modelo ISO/OSI, por consiguiente se ha trabajado, tan solo en las dos primeras capas de las siete, del modelo de referencia ISO/OSI, la capa física en cualquier red define

el tipo de modulación y características para la transmisión de datos, y se tiene mayor hincapié en la subcapa MAC* y no en la subcapa LLC* que forman la capa enlace.

En cuanto a la capa física aparecen tres opciones básicas: infrarrojos (que funciona en banca base), DSSS y FHSS, estas dos últimas en la banda de 5.8 GHz. Las tres permiten velocidades de 1 y 2 Mbps.

Por lo que se refiere a la capa MAC, se definen como mecanismos de acceso la red de “Infraestructura” y la red “ad hoc”.

La primera establece mecanismos de comunicación entre el entorno inalámbrico y los recursos de la red cableada en la que se enmarca la WLAN “la red convencional” mediante equipos conocidos como puntos de acceso o AP.

Estos puntos de acceso, que definen el área de cobertura, no sólo proporcionan el transporte de información entre la WLAN y la red cableada si no que también controlan el tráfico inalámbrico en su propio entorno.

La red Ad Hoc es la propia red inalámbrica y proporciona comunicaciones peer-to-peer entre sus usuarios sin necesidad de troncal.

Cada símbolo OFDM está constituido por 52 subportadoras, de las que 48 transportan datos y las cuatro restantes sirven de pilotos de referencia de fase. Por otra parte, las especificaciones de la capa física abarcan un intervalo de velocidades de transmisión de datos comprendido entre 6 y 54 Mbits/s, con un espaciado de 20 Mhz entre canales adyacentes.

Todas las implementaciones deben soportar 6, 12 y 24 Mbits/s y existen extensiones opcionales para 9, 18, 36, 48 y 54 Mbits/s. El margen de velocidades de transmisión de datos es suficiente para la adaptación del amplio rango de características de canales de radio a entornos interiores y exteriores.

La modulación empleada en 802.11b es CCK (Complementary Code Keying), que proviene de la tecnología de espectro ensanchado por secuencia directa (DSSS).

El mecanismo de multiplicidad de velocidades de MAC garantiza que el funcionamiento a 11 Mbps permita conmutación de retorno a 5,5 Mbps si el canal de radio está por debajo del valor requerido a causa de la distancia entre estaciones o interferencias.

2.8.2.1 LA CAPA FÍSICA

La capa física es la que está en contacto con el medio de transmisión, gracias al interfaz físico, es la responsable de depositar en el medio de transmisión las tramas que recibe de la capa enlace y hace la adaptación con el medio de transmisión convirtiéndolas en bits y en el otro lado recibir del medio de transmisión los bits de datos, como el medio de transmisión es un medio no guiado, necesariamente se debe realizar la modulación de las señales a transmitirse, por otro lado el medio de transmisión hace que la señal transmitida llegue atenuada al receptor y con ciertas señales no deseadas, el estándar IEEE 802.11 especifica tres tipos de técnicas.

- Secuencia Directa
- Salto de Frecuencia
- Infrarrojos

2.8.3 PROTOCOLOS Y ESTÁNDARES

2.8.3.1 EL ESTANDAR VoIP – VOZ SOBRE IP.

El tráfico de voz sobre IP es uno de los más estándares más prometedores y aunque existen ya varias aplicaciones comerciales, aún se encuentra en desarrollo. Al uso de Internet para conversaciones telefónicas se le conoce como Telefonía en Internet o Voz sobre IP (VoIP) y está revolucionando las telecomunicaciones no sólo por la gran oportunidad que representa para varias compañías de brindar el servicio de voz, sino que también será a precios extremadamente competitivos que beneficiarán a los usuarios.

Entre las ventajas de utilizar la red de datos para transmitir voz y video como datos, tenemos:

- Ahorro de costos en las comunicaciones, ya que las llamadas para la empresa serán gratis.
- Integración de Servicios
- Unificación de estructuras

La transmisión de paquetes de voz según la forma expuesta, es similar a la transmisión de un correo electrónico desde el origen hasta el destino.

VoIP es una tecnología que permite comprimir el sonido, empaquetarlo y transmitirlo sobre la red IP. IP ha tenido su origen en transmisión de datos y no está demasiado adaptado a la transmisión de voz e imágenes. IP es un protocolo que solamente ofrece un tipo de QoS basado en proporcionar el mejor rendimiento posible en el enlace disponible.

2.8.3.2 EL PROTOCOLO H. 323.

El Protocolo H. 323. es una estructura de estándares que define como los servicios de voz, datos y video pueden ser transportados sobre redes IP. Como parte de toda la estructura de H. 323, el protocolo RTP y el protocolo RTCP definen como el tráfico sensible al retardo (voz y video) tiene una prioridad especial, para asegurar las comunicaciones en tiempo real.

H.323 describe terminales, equipos y servicios para comunicaciones multimedia por redes LAN que proporcionan una calidad de servicio no garantizada. Los terminales y equipos H.323 pueden transportar voz en tiempo real, datos y video o cualquier combinación de los mismos incluyendo la videotelefonía. H.323 conjuntamente abarca los requisitos técnicos de los servicios de video telefonía en banda estrecha, describe terminales, equipos y servicios para comunicaciones multimedia a través de redes LAN que proporcionan una QoS no garantizada, los terminales H.323 pueden ser implementados en dispositivos independientes o estar integrados en computadoras personales.

En el caso de transmisión de voz, es necesario asegurar unos parámetros mínimos para que una conversación pueda tener lugar. Los parámetros más influyentes en el comportamiento de una transmisión de voz son los siguientes:

- Retardos de los paquetes, una red IP no asegura el retardo de un paquete.
- Jitter, muy dependiente del retardo de los paquetes. Consiste en el tiempo de variación en la llegada de paquetes.
- Pérdida de paquetes, al estar basado en una transmisión no fiable, las pérdidas de paquetes, en caso de que exista congestión o problemas en la transmisión, pueden llegar a ser importantes.

2.9 DISEÑO DE COMUNICACIONES

Una vez definido el sistema de adquisición de datos, es necesario establecer en donde se desea controlar el proceso a través de sitios remotos, necesariamente se debe concentrar toda la información en un solo lugar para de esta manera tener en un solo sitio la información que deberá estar disponible en todo momento, para esto inicialmente desde el punto de vista físico, se debe pensar en un sitio que reúna ciertas condiciones que permitan trabajar adecuadamente y que sea viable en ese lugar la instalación de toda la plataforma tecnológica e informática que permita a los operadores y encargados visualizar toda la información colectada para tener bajo control todo el proceso y así tomar decisiones, es decir, es necesario determinar el Centro de Control responsable de toda la operación.

2.9.1 PRINCIPIO DE FUNCIONAMIENTO DE LA RED DE COMUNICACIÓN

La estación base o centro de control dispondrá del equipamiento necesario para controlar, recibir y administrar los datos de los RTU's. Cada uno de los RTU's envía los datos al centro de control con intervalos preestablecidos de tiempo. El centro de control por medio de su computadora central, interroga a cada RTU particularmente. Para esto, cada estación remota, dispone de una única dirección

conocida por la computadora central. Así, la Red de Comunicaciones funcionará de la siguiente manera:

En el Centro de Control las señales provenientes del RTU local, se desplazarán mediante interfaz Ethernet hacia el switch Ethernet el cual distribuirá esta información. Esta información es llevada mediante interfaces Ethernet hacia el o los equipos de microondas para de ahí mediante los cables coaxiales y antenas directivas de microondas enlazarse con las estaciones remotas. Además esta información del RTU también al pasar por el switch es dirigida hacia el PC local mediante interfaz Ethernet, para objetivos de telemetría, monitoreo y telecontrol.

Las señales provenientes de las estaciones remotas van a las antenas sectorizadas que a través de los cables coaxiales se dirigen hacia el equipo de microondas PMP, que luego a través de interfaces Ethernet la información es dirigida hacia el switch Ethernet, y este switch lo encamina al PC. Una vez en el PC toda esta información es supervisada y monitoreada por el centro de control.

En las Estaciones Remotas la información que el RTU local recolecta viajará a través de interfaces Ethernet hacia los equipos de microonda PMP, el cual mediante cable coaxial y antena directiva llevará esta información hacia el CC. Para la información que llega desde otra Estación remota enlazada a la local, esta es receptada por una antena directiva el cual mediante cable coaxial va a los equipos de microonda PoP que mediante interfaces Ethernet enrutan su información hacia el switch y de ahí llegará hasta el equipo de microondas PMP el cual se comunicará con el CC.

Cabe recalcar que todos estos funcionamientos estarán basados en la Técnica FHSS (Espectro Disperso por Salto de Frecuencia), y que las señales de datos del RTU, de voz a través de un teléfono y las señales de video a través de una cámara alcanzarán una velocidad de transmisión no mayor a 3 Mbps, y que su funcionamiento se basa en los protocolos IP y H.323 respectivamente para voz, datos y video.

2.9.2 DEFINICIÓN DEL SISTEMA DE COMUNICACIONES

Se debe tener en cuenta antes de definir el sistema de comunicaciones, que la configuración de la red será de tipo maestro/esclavo, por principio de operación de un sistema de control y adquisición de datos. El momento en que el centro de control requiera los datos de las estaciones remotas, sean estos reportes automáticos o especiales, hará una petición de transmisión a cada una, de tal modo que las estaciones transmitirán bajo pedido del centro de control. Cuando es el Centro de Control el que desea transmitir datos, éste solicita a la estación remota la transmisión antes de enviar sus datos.

El sistema de comunicaciones puede construirse con diferentes alternativas, tomando en cuenta varios factores como: distancia entre los puntos de la red, la velocidad de transmisión a usarse, el ancho de banda suficiente, el tiempo de retardo involucrado en las tareas asignadas en la red, el número de puntos de la red, los costos de los medios de transmisión y de los equipos correspondientes para la implementación de la red.

Por lo tanto debido a consideraciones de seguridad para los equipos de transmisión, facilidades de instalación, requerimientos de ancho de banda, necesidad de repetidores, niveles de señal para las distancias de separación entre los puntos de la red, velocidad de transmisión, volúmenes de información a transmitirse; el medio de transmisión más óptimo es el guiado y el no guiado pero bajo las siguientes consideraciones:

- El medio guiado se lo instalará únicamente en los puntos que se encuentren físicamente cercanos (menor a 100 m) o sean parte de una instalación mayor.
- El equipamiento para el medio no guiado se instalará en los puntos que posean espacio físico suficiente para instalación de antenas y ofrezcan seguridad aceptable, y estén físicamente alejados (mayores a 200 m). Por lo tanto el medio guiado será a través de cables UTP y el medio no guiado será el aire a través de Comunicación por microondas punto multipunto para enlazar las estaciones remotas con el centro de control.

Esta opción se eligió debido a muchas ventajas como:

- Presentan las mejores características ya que el costo de equipos, instalación y alquiler de frecuencias es bajo respecto a las demás alternativas; además de que es una comunicación punto multipunto, lo cual facilita la comunicación entre cada estación remota y subcentro de control.
- Los equipos para estas bandas presentan gran flexibilidad, capacidad, compatibilidad, facilidad de operación y las aplicaciones son exactas para los objetivos del presente proyecto, pues inclusive el mercado internacional mayormente lo usa.
- Además que la banda a la cual trabaja es fácilmente operable, tramitable para su uso y altamente confiable, aunque el estudio de propagación e instalación debe ser lo más preciso para garantizar las comunicaciones requeridas.
- Los enlaces de otros sistemas de comunicación pertenecientes a la EMAAP se realizan a esta frecuencia.

La comunicación vía microondas punto multipunto Spread Spectrum con la técnica de Salto de Frecuencia, se usará para conectar las RTU's hacia el centro de control y se enlazarán a una frecuencia en la banda de los 5800 MHz, tomando en cuenta la disponibilidad de frecuencias de operación de acuerdo al plan nacional de frecuencias. Para cada uno de estos enlaces los equipos a usarse son de última tecnología para la transmisión de voz, datos y video sobre redes de banda ancha y ofrecen una buena capacidad de transmisión, cobertura a grandes distancias de hasta 20 Km, existiendo las condiciones necesarias de línea de vista para estas señales.

Para estos enlaces también se tomó en cuenta las condiciones necesarias de línea de vista y capacidad para la transmisión de las señales.

2.9.3 DESCRIPCIÓN TÉCNICA DE LA RED

Para la arquitectura de comunicaciones, se considera que el mejor medio de transmisión es la comunicación vía microondas punto multipunto desde el centro

de control hacia las estaciones remotas (Red Punto Multipunto). La red como se muestra en la figura 2.28 estará compuesta por:

- 1 Centro de Control
- 9 Estaciones Remotas.

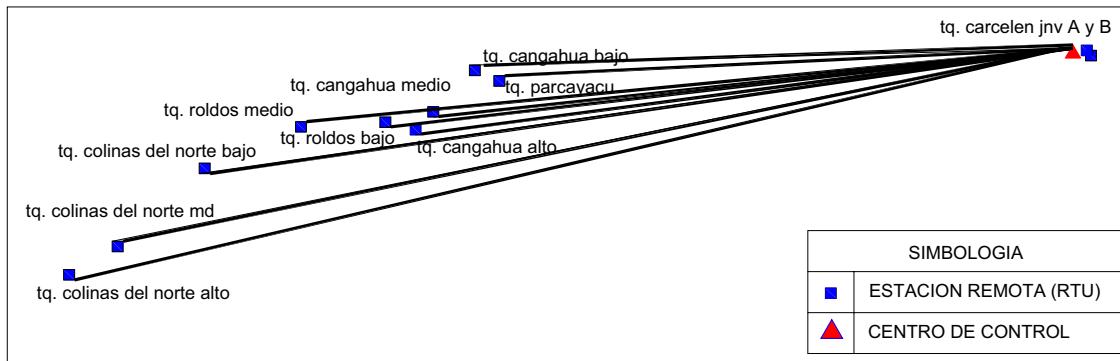


FIGURA 2.28 Diagrama General de la Arquitectura de Comunicaciones

Los criterios para el diseño de la arquitectura y la red de comunicaciones serán:

- Cercanías entre las RTU's y el centro de control
- Mejor medio de comunicación elegido el aire a través de enlaces de microondas.
- Criterios de propagación y ruta óptima entre terminales de comunicación.
- Ubicación estratégica de acuerdo a la topografía y altitudes del terreno.

Dentro de los criterios de propagación que serán usados para todos los enlaces de comunicación vía microondas se tienen:

- Línea de vista directa entre 2 puntos de comunicación remotos con un factor de curvatura (radio ficticio de la Tierra) correspondiente a $K = 4/3$ y un despeje mínimo del 100% (para los enlaces de microonda) del radio de la primera zona de Fresnel.
- Margen de Desvanecimiento mínimo ($\geq 30\text{dB}$) y una confiabilidad mayor o igual al de las recomendaciones dadas por la UIT-R (Unión Internacional de Telecomunicaciones Sección Radio) correspondientes al desempeño de los enlaces en la parte de cálculos. Así para los enlaces de microondas se tendrá una confiabilidad mínima del 99.999 %.

- Optimización de materiales tales como antenas, cables, líneas de transmisión usando el criterio de menores pérdidas y mayores ganancias para los cálculos de enlace.

Estos criterios deberán ser tomados en cuenta no solo para la arquitectura de comunicaciones sino también para la realización de los perfiles topográficos y los cálculos de cada uno de los enlaces de la red.

2.9.4 COMUNICACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL

El centro de control CC estará comunicado con las RTU's correspondientes a la red de distribución para recibir datos y enviar telecomandos; este proceso zonal será comandado en la jefatura del Distrito Norte ubicado en la Estación Carcelén JNV. Este Centro de Control será un local que sirva de enlace entre las informaciones que recibe desde las RTU de campo de su respectiva zona de Influencia, pero también cumple otra función, pues mientras sirve de enlace también recoge información de su misma ubicación a través de un RTU.

2.9.4.1 DESCRIPCIÓN DE EQUIPAMIENTO DEL CENTRO DE CONTROL

La interconectividad general del Centro de Control será de acuerdo al diagrama de la figura 2.29 y estará constituido por:

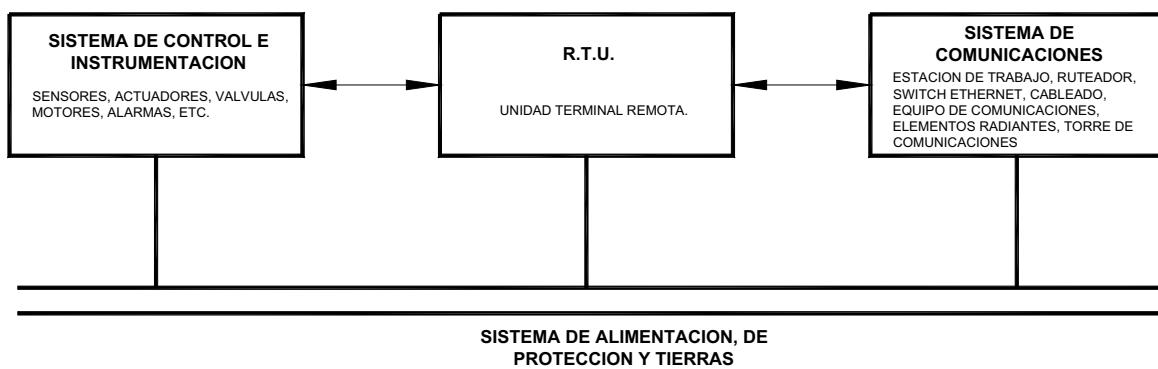


FIGURA 2.29 Diagrama de Interconexión del Centro de Control

- Sistema de Comunicaciones
- RTU

- Sistema de control e Instrumentación
- Sistema de Alimentación
- Sistema de Protección y Tierras

2.9.4.2 SISTEMA DE COMUNICACIONES DEL CENTRO DE CONTROL

El Sistema de Comunicaciones del Centro de Control estará constituido por los siguientes elementos (ver figura 2.30):

- Una estación de trabajo
- Un switch Ethernet de alta velocidad
- Cableado
- Equipos de comunicaciones
- Elementos Radiantes
- Torre de Comunicaciones

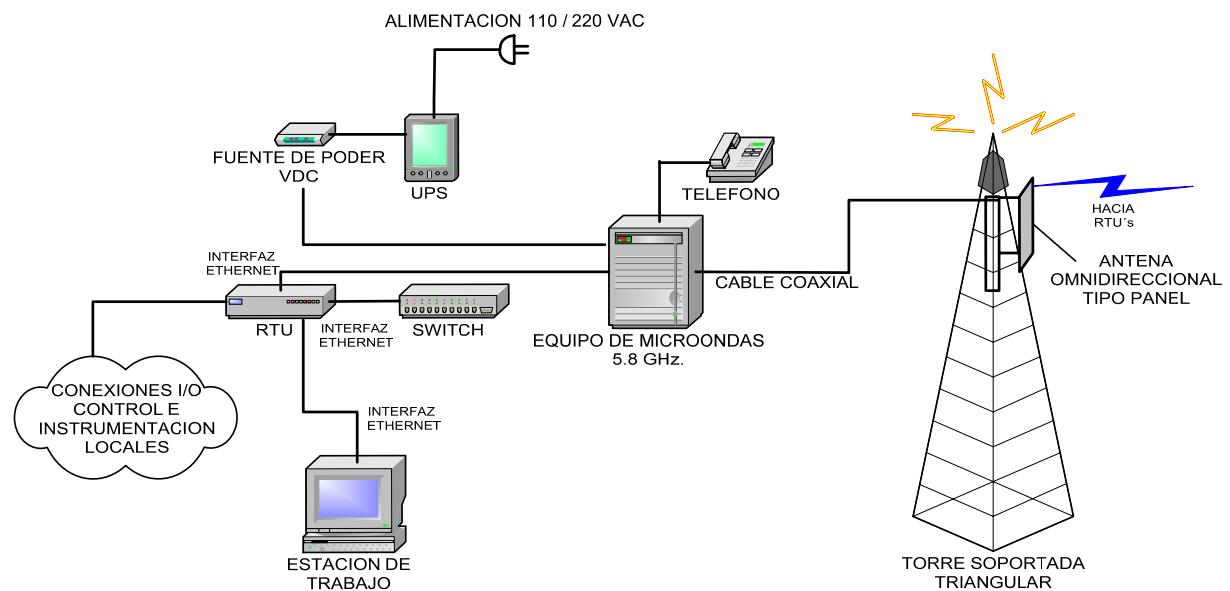


FIGURA 2.30 Diagrama Esquemático de la Interconexión General de Equipos Para El Centro de Control

a) Estación de Trabajo

Consistirá de un PC que estará en capacidad de monitorear y tener información todo el tiempo de todas las variables de las estaciones remotas de su zona, y también podrá realizar telecontrol de las mismas. Este PC estará conectado a un

puerto del Switch a través de la interfaz Ethernet. Tendrá las siguientes características:

- Procesador INTEL (de preferencia) mínimo Pentium 4 de 2.8 GHz. o Superior
- Memoria caché entre 1 y 2 Mb.
- Memoria RAM Mínimo de 1Gb. Expandible a 2 Gb.
- Motherboard INTEL
- Tarjeta de video de 64 Bits
- Tarjeta de Sonido de 64 Bits
- Bus de 1066 MHz.
- Puertos USB
- Disco Duro de 80 Gb. de 7 mil a 8 mil RPM.
- Tarjeta de Red 10/100
- Fax Modem de 56 Kbps.
- Unidad DVD CD –Writer de 52x 24x 52x
- Teclado Multimedia
- Monitor flat panel LCD de 19 “
- Ratón Óptico o de Tecnología Superior

b) Switch Ethernet de Alta Velocidad

Servirá para conectar y enrutar la información proveniente de la RTU local, del equipo de comunicaciones dirigida hacia las estaciones remotas, de la estación de trabajo y del router; para poder enviar y recoger la información entre cualquiera de los dispositivos mencionados anteriormente. Usará 3 puertos.

Un primer puerto que se conectará a la RTU local a través de interfaces Ethernet, el cual recogerá la información de la misma y la enviará hacia los equipos de comunicación y la estación de trabajo. Un segundo puerto que se conectará a la estación de trabajo a través de interfaces Ethernet, el cual recogerá la información de Telecontrol o Telemedida del PC para enviarla a la RTU y hacia el equipo de comunicaciones dirigido a las estaciones remotas locales. Un tercer puerto que se conectará al equipo de comunicaciones dirigido a los RTU's locales, a través de

interfaces Ethernet , el cual recogerá información de las mismas para enrutarla al equipo de comunicaciones dirigido a la estación de trabajo .

c) Equipos de comunicaciones

Estará compuesto por 1 equipo de microonda que es un radio master de microondas punto multipunto (unidad de acceso) en la banda de 5.8 GHz, que esta apuntado hacia las estaciones remotas, que además maneja protocolo IP y que tiene un Interfaz Ethernet para redes, este será el encargado de recibir la información, de los diferentes estaciones remotas, con los cuales mantendrá una Conexión Full Duplex , que permitirá en cualquier momento recibir datos de status y demás parámetros sensibles de tele medición y Control.

Este equipo estará conectado a:

- Al switch a través de interfaces Ethernet, el cual distribuirá información proveniente de las estaciones remotas locales.
- A un arreglo sectorizado de antenas panel, a través de cable coaxial, el cual recogerá y enviará toda la información proveniente del switch y de las estaciones remotas locales.
- Un teléfono para el servicio de voz.

Estos equipos, manejan protocolos IP, interfaces Ethernet, configuración Full Duplex análogo al equipo de microondas PMP (Punto multipunto) de 5.8 GHz. De esta forma este Centro de Control tendrá en tiempo real controlada su Zona de Influencia. A más de tener un enlace full duplex y una disponibilidad de capacidad digital, este centro será capaz de manejar Voz (voz sobre IP), datos sincrónicos e imagen cuando así se lo requiera.

d) Elementos Radiantes

Se constituirán por las antenas, cables coaxiales y conectores.

1. Arreglo Sectorizado de antenas panel: Se constituirán por un arreglo de 3 antenas panel verticales sectorizadas y ubicadas entre sí a 120° para efectos de cobertura omnidireccional, sectorización y para tener un respaldo en caso de fallo de los equipos de transmisión como se muestra en la figura 2.30. Cabe mencionar

que el equipo de comunicaciones de 5.8 GHz PMP, tendrá un arreglo de 3 transmisores, los cuales controlan un sector cada uno y están dirigidos al arreglo sectorizado de antenas panel.

Estas antenas serán colocadas a 10 m de altura sobre el nivel del piso y serán dirigidas hacia las estaciones remotas locales. Obteniéndose ventajas muy importantes como son: la de conseguir una cobertura omnidireccional y la de tener un respaldo en caso de que si falla uno de los transmisores, fallará un sector y sus RTU's correspondientes, pero no fallará todos los sectores ni todos los RTU's locales.

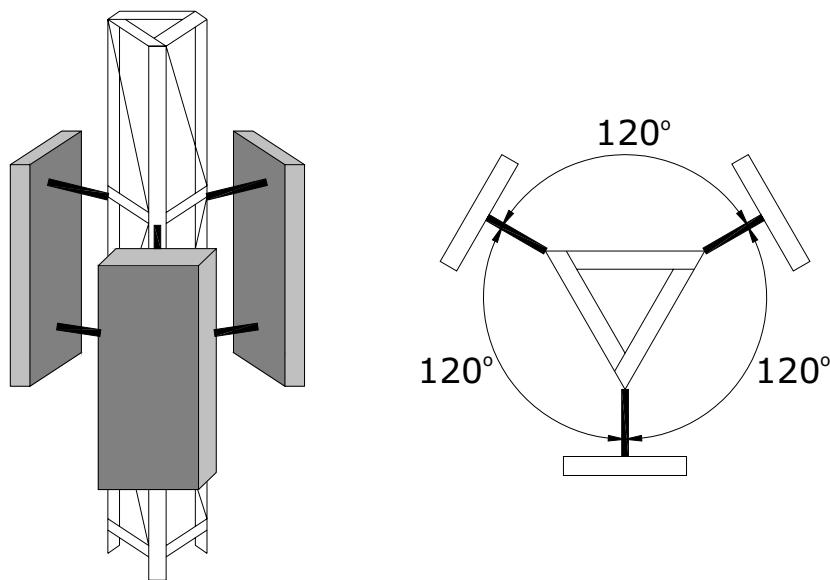


Figura 2.31 Arreglo Sectorizado de Antenas Tipo Panel

2. Cables coaxiales de IF: serán de bajas pérdidas por unidad de longitud, y estarán conectados entre el equipo de comunicaciones y las antenas a través de los conectores. Estarán interconectados entre el equipo de microondas PMP de 5.8 GHz y las antenas tipo panel.
3. Conectores: Serán de tipo N hembras, los cuales se ubicarán entre los terminales de las antenas y los equipos de comunicación.

e) Torre de Comunicaciones

Se instalará una torre de acuerdo a la altura requerida correspondiente a 12 m sobre el nivel del piso, a un costado del CC, esta torre será tipo tubular riostrada, con tensores y de base triangular. En esta torre se instalarán todas las antenas de microondas con sus respectivos cables , conectores y demás accesorios para la sujeción y fijación de las mismas, la figura 2.32 indica un esquema.

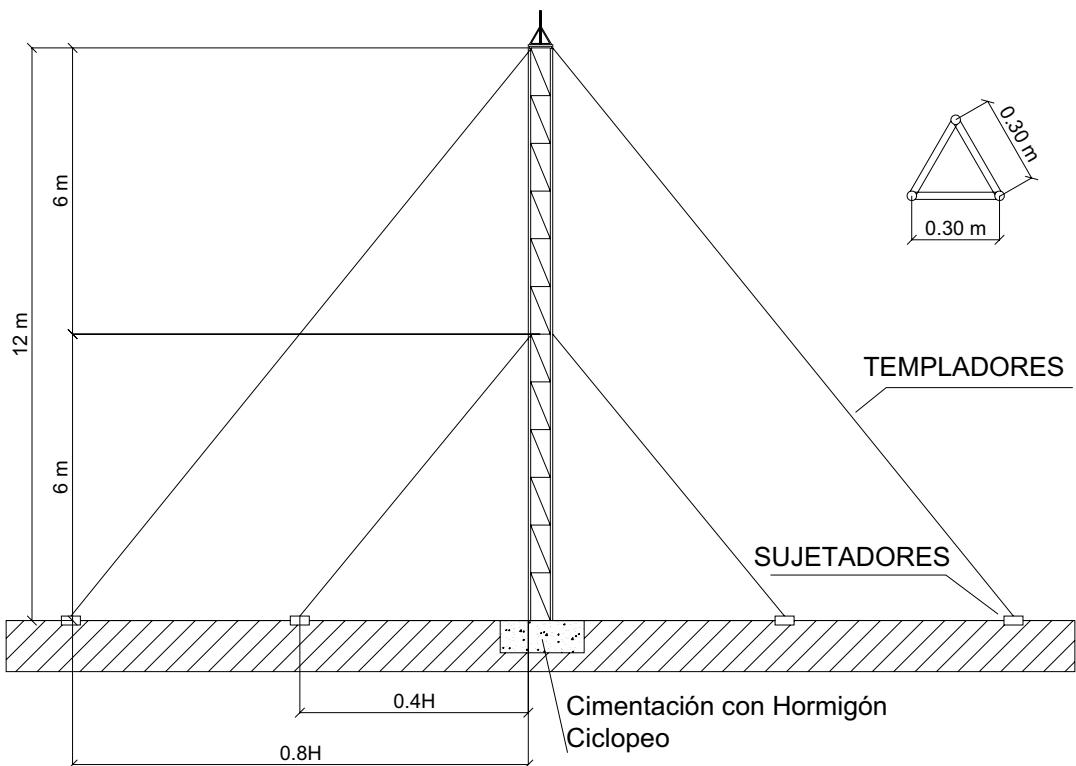


FIGURA 2.32 Esquema De La Torre De Comunicaciones

Tendrá las siguientes características:

- Tramos modulares de 3 metros.
- Soportada con templadores.
- Triangular lados A, B y C.
- Construida bajo Norma EIA RS 222 C.
- Sección triangular de 30 cm. de cara.
- Vértices tubulares ASTM 2” .
- Tortillería SAE Grado 2 Galvanizada.
- Elementos estructurales galvanizados bajo Norma ASTM A – 123 Clase B.

2.9.4.3 RTU DEL CENTRO DE CONTROL

Servirá para procesar y manejar la información de todos los sensores, elementos mecánicos, de instrumentación y control propios del SCC, además de enlutar toda la información proveniente del switch hacia los elementos respectivos que necesitan telemetría o telecontrol. Tendrá las siguientes interconexiones:

- Un puerto Ethernet hacia el switch, que manejará la información proveniente de aquel para su respectivo envío.
- Varios slots dirigidos hacia los elementos de control e instrumentación como son: sensores, medidores, válvulas, motores, alarmas, etc.; que manejará todas las señales analógicas y digitales que se enviarán hacia y desde el CC, dirigido hacia o desde los RTU's.

2.9.4.4 SISTEMA DE CONTROL E INSTRUMENTACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL

Estará compuesto por los diferentes sensores, actuadores, medidores, alarmas, y demás elementos que formen parte del CC local. Estos se interconectarán vía cable hacia la RTU, el cual manejará la información de todos estos elementos, para la Telemetría y Telecontrol respectiva por parte del propio CC. El detalle de las conexiones de Entrada y Salida de Control e Instrumentación, se puede ver en la sección 2.6 en los diagramas de instrumentación.

2.9.4.5 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DEL CENTRO DE CONTROL

Estará compuesta por la alimentación de 110/220 VAC de la red de la Empresa eléctrica la cual irá conectada al UPS, estos estarán interconectados de tal forma que al presentarse un fallo de la red; la alimentación se commute al UPS. Existirán también fuentes de alimentación tipo DC para alimentar a los equipos de instrumentación y control, de comunicación de microondas, y demás elementos.

2.9.4.6 SISTEMA DE PROTECCION Y TIERRAS DEL CENTRO DE CONTROL

El sistema de protección interna que estará constituido por un equipo UPS con una reserva de energía para un tiempo aproximado de media hora con los voltajes

de entrada y salida necesarios para alimentar a los equipos de comunicaciones, fuentes de alimentación, etc. Tendrá las siguientes características:

- Tipo: On line
- Capacidad: 1.5 KVA
- Voltaje entrada: 120 Vac/ 220 Vac
- Voltaje salida: 120/220 Vac
- Frecuencia 60 Hz
- Distorsión de corriente entrada: 4%
- Regulación de voltaje: +/- 2%
- Forma de onda: onda completa
- Eficiencia mínima: 87%
- Tiempo de transferencia: 0 seg
- Disponibilidad de leds indicadores de estado
- Puerto de comunicación: RS 232
- Temperatura de operación: 0 – 60°C
- Tiempo de reserva de baterías a plena carga, mínima: 60 min, a plena carga

El sistema de protección externo el cual será instalado en la torre de comunicaciones y se formará por un pararrayos colocado que se prolongará bajo tierra, el cual protegerá los equipos y elementos existentes como se ilustra en la figura 2.33. Para la conformación del sistema de puesta a tierra puede utilizarse varillas copperweld o electrodo activo en forma triangular de 2.5 m de lado para el pararrayo, con conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección y en forma cuadrangular de 2.5 m de lado para el tablero de protección y equipos electrónicos con conductor de cobre desnudo de 50 mm² de sección, los empalmes se deberá realizar con soldadura exotérmica, conectadas a una regleta de cobre. Esta placa de cobre contiene perforaciones para la instalación de tierra hacia los equipos de comunicaciones, la RTU y el sistema de alimentación. La placa de cobre será fijada a la pared mediante pernos galvanizados de 3/16".

En cualquier caso para la unión de los elementos para la conformación del sistema de puesta a tierra deberá utilizarse cable de cobre desnudo de un calibre mínimo de 50 mm². El valor de resistencia del sistema de tierra no podrá ser

mayor a 1 Ohmios. Para el caso de instalación de cables horizontales debe ser realizada a una profundidad de 50 cm de la superficie del suelo como valores mínimos.

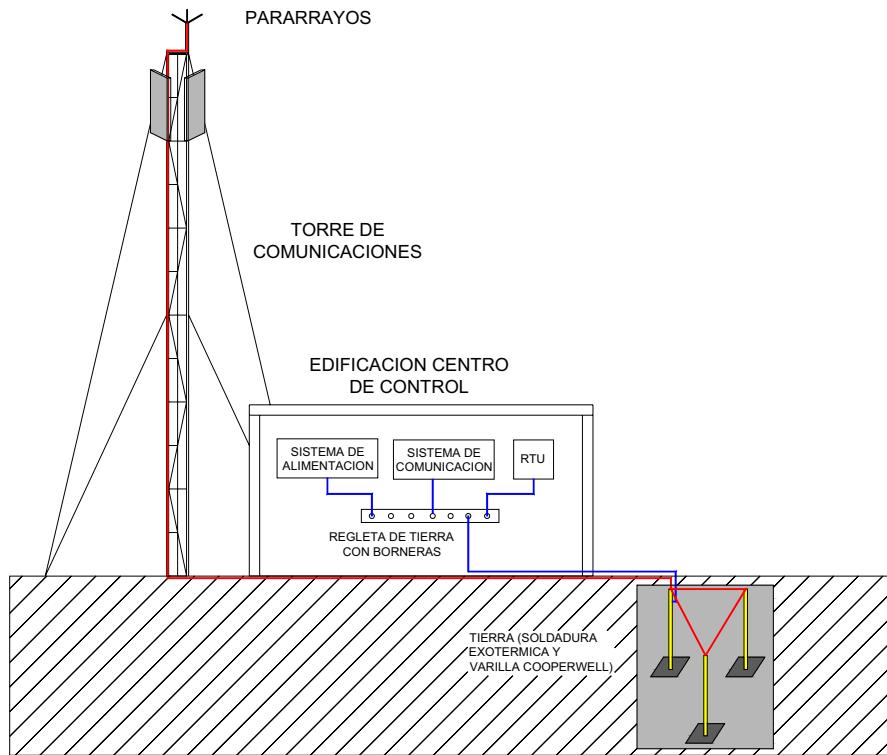


FIGURA 2.33 Diagrama de Los Sistemas de Protección y Tierra

Características del sistema de pararrayos:

- Capacidad para proteger un área con radio de cobertura de 70 metros, para un nivel máximo de protección, se deberá instalar en las torres de comunicaciones.
- Tipo ionizante con doble dispositivo de cebado, sin partes electrónicas.
- El cabezal captor con capacidad de emitir impulsos de alta tensión asegurando la formación anticipada del trazador ascendente, ampliando el radio de cobertura.
- Cumplir con la norma UNE 21186-96 proyectada para los niveles de protección, debiéndose especificar para nivel de máxima seguridad, esto es para zonas alejadas y alto número de impactos de rayo/año.
- Debe ser capaz de soportar un frente de onda de alta energía de una relación voltaje corriente de 10/350 microsegundos.
- La resistencia de la malla de puesta a tierra para conexión de pararrayo debe

ser menor a 1 (uno) ohmios.

- El conductor eléctrico para la descarga del rayo debe asegurar la corriente de conducción hasta el sistema de puesta a tierra y de un calibre mínimo de 50 mm².
- El sistema debe disponer de un contador de descargas atmosféricas para poder determinar las incidencias soportadas por el sistema de protección, con un grado de protección IP68.

2.9.5 COMUNICACIÓN DE LAS ESTACIONES REMOTAS

Las Estaciones remotas a través de las RTU's forman parte del sistema por medio de la adquisición de datos a través de los sensores conectados a ellas, los cuales serán capaces de realizar tareas de control y transmitirán los datos recolectados hacia el SC en forma de reportes cada período de tiempo, además se puede guardar los datos que se recolectan temporalmente mientras que a la vez este los reporta al SC.

Estas estaciones se encuentran alejadas una cierta distancia del centro de control respectivo. Las estaciones remotas se comunicarán con el centro de control a través de una cobertura punto multipunto y a una frecuencia de operación correspondiente a los 5800 MHz, y las señales de telecontrol serán recibidas por las RTU's provenientes del centro de control.

2.9.5.1 DESCRIPCIÓN DE EQUIPAMIENTO DE LA ESTACIÓN REMOTA

Cada estación remota sea tanque de almacenamiento o distribución, estaciones de bombeo o plantas de tratamiento; como se muestra en la figura 2.34, tendrán los siguientes sistemas constitutivos:

- Sistema de comunicaciones
- Sistema de Control e Instrumentación
- Sistema de Computadoras (opcional)
- Sistema de alimentación

- Sistema de protección y tierras

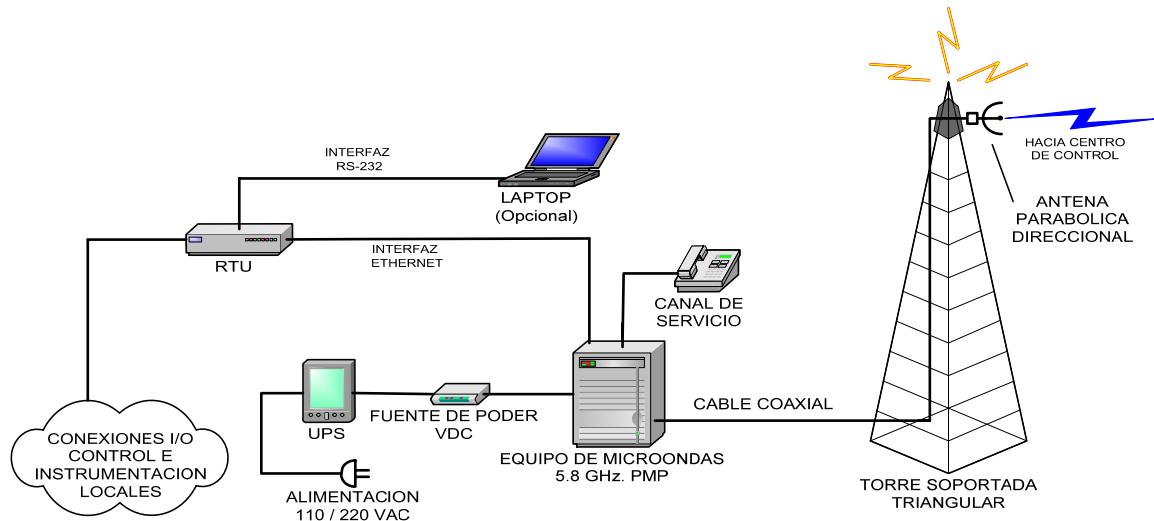


FIGURA 2.34 Diagrama Esquemático de la Interconexión General de Equipos Para La Estación Remota

2.9.5.2 SISTEMA DE COMUNICACIONES DE LAS ESTACIONES REMOTAS

El sistema de comunicaciones constará del equipo de comunicaciones, los elementos radiantes, los interfaces de comunicación y torre de comunicaciones. El equipo de comunicaciones lo constituirán las microondas a 5800 MHz las cuales se interconectarán con los elementos radiantes como son los cables coaxiales, conectores, antenas parabólicas direccionales, esta antena será colocada en la torre de comunicaciones a determinada altura, para finalmente transmitir la información a través del aire y mandarlo al CC respectivo.

Los interfaces de comunicación serán Ethernet; los cuales serán usados por el equipo de microondas para conectarse a la RTU. El canal de servicio para diagnóstico será también incluido para conectarse en el equipo de radio.

2.9.5.3 SISTEMA DE CONTROL E INSTRUMENTACIÓN DE LAS ESTACIONES REMOTAS

El sistema de control e instrumentación estará constituido por el RTU y las conexiones de entrada y salida hacia los equipos e instrumentos para la Telemetría y telecontrol como son bombas, tanques, válvulas, inyectores, etc. La

RTU estará conectada mediante interfaz Ethernet hacia el equipo de microondas, y con par trenzado se conectarán mediante sus entradas y salidas analógicas y digitales a los distintos dispositivos locales de la estación remota.

El diagnóstico y monitoreo local se lo hará por medio de una computadora personal o portátil, la cual podrá realizar descargas e información local o configurar parámetros del sistema. Esta computadora se conectará mediante interfaz serial RS-232 al RTU. El detalle de las conexiones de Entrada y Salida de Control e Instrumentación, se lo puede ver en la sección 2.6 en los diagramas de instrumentación.

2.9.5.4 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN DE LAS ESTACIONES REMOTAS

Estará compuesta por la alimentación de 110/220 VAC de la red de la Empresa eléctrica la cual irá conectada al UPS, estos estarán interconectados de tal forma que al presentarse un fallo de la red; la alimentación se commute al UPS. Existirán también fuentes de alimentación tipo DC para alimentar a los equipos de comunicación de microondas, y demás elementos como switch, router, etc .

2.9.5.5 SISTEMA DE PROTECCIÓN Y TIERRAS DE LAS ESTACIONES REMOTAS

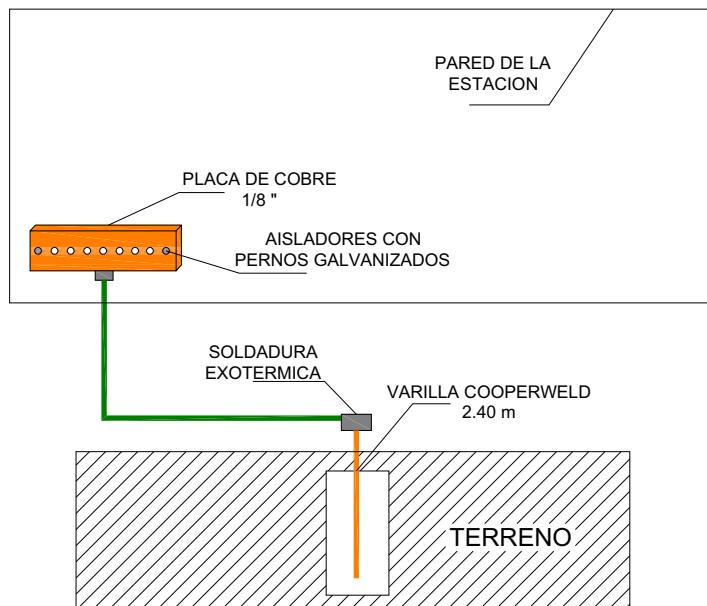


FIGURA 2.35 Diagrama De La Instalación Del Sistema De Tierra

Se constituirá por un sistema de protección interno y otro externo de iguales características a las especificadas en la sección 2.9 para el caso del Centro de Control. En la figura 2.35 se muestra un diagrama de la instalación del sistema de tierra para la protección de equipos de comunicación e instrumentación.

Procedimiento de cimentación para la base de la torre

Se procede a la excavación de un hueco $1,20 \times 1,20 \times 1,20$ m; luego se coloca en el centro de este una columna de acero tipo canastilla de diámetro 20 mm, y amores hechos estribos a 10 cm, y en la base de la columna debe existir un dobles de 20 cm (pata de 20).

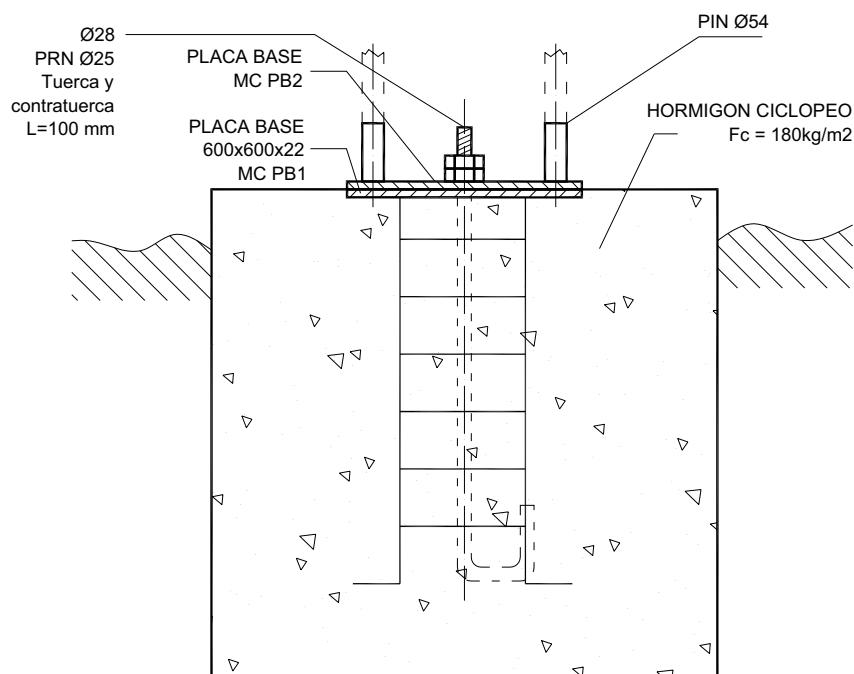


FIGURA 2.36 Diagrama de Sedimentación de la Torre de Comunicaciones

En el centro de la columna se encuentra un perno de diámetro 32" x 1200 mm hecho rosca en la punta de 10 cm de longitud sobresaliente (varilla colgada), toda la columna con el eje principal (perno) deben estar centrados y nivelados Ni 0+00.

En la parte inferior de la rosca debe existir una placa base de 600 x 600 x 22 mm. que sujeta tanto la columna como el eje principal y este a su vez con una tuerca y contratuerca. Luego de este procedimiento se realiza el llenado del hueco con hormigón ciclopéreo con una resistencia $f'_c = 180$ Kg / cm^2 .

2.9.6 SERVICIOS DE LA RED DE COMUNICACIONES

Atendiendo a la demanda del personal Técnico, de Ingeniería y Mantenimiento y desde el punto de vista técnico y operacional, los servicios a ofrecerse para el proyecto de control y de adquisición de datos para la red de cobertura PMP, son:

- Servicio de datos
- Servicio de voz
- Servicio de video

2.9.6.1 SERVICIO DE DATOS

Este servicio será proveído para las aplicaciones propias de telemetría y telecontrol del sistema pues se proveerá de una capacidad mínima de 3 Mbps. Se transmitirán todo tipo de información de cada uno de los elementos de instrumentación correspondiente a cada tanque o estación de la red de distribución, registros históricos y todo tipo de señal analógica o digital de cada forma de mandos de control o medición todo esto a través del RTU, además manejará información proveniente de las estación de trabajo del centro de control, que se enviará entre el CC o hacia las estaciones remotas.

2.9.6.2 SERVICIO DE VOZ

Este servicio será proveído a través de los protocolos referentes a Voz sobre IP, mediante el protocolo H-323 y los interfaces requeridos FXS/FXO o E&M mediante una velocidad de tx dentro de los 11 Mbps y bajo una determinada calidad de servicio QoS, y tendrá la finalidad de dar telefonía a cada una de las estaciones remotas y el centro de control, para facilidades de mantenimiento, seguridad y comunicación interna.

2.9.6.3 SERVICIO DE VIDEO

Este servicio será permitido a través de la comunicación por imágenes secuenciales, usando una capacidad de 2 Mbps para su transmisión. Este servicio

se aplicará para objetivos de seguridad y de mantenimiento en el centro de control y las estaciones remotas.

2.10 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DE EQUIPOS DE COMUNICACIÓN

2.10.1 ESPECIFICACIONES TÉCNICAS DEL SWITCH

Se sugiere usar switch Ethernet de Alta Velocidad con posibilidad de migración a redes de 100 Mbps de velocidad, este equipo provee velocidades para las aplicaciones de red conservando espacio en escritorio de trabajo. Este dispositivo se puede aplicar para las redes 10BaseT ya que la eficiencia del tráfico de datos que tiene mejorara el tiempo de trabajo, además permite conexiones a servidores con póticos de 10/100 Mbps, trabaja en modo full duplex con asignación de ancho de banda hasta llegar a una velocidad de 200 Mbps en este modo de transmisión. Este switch tiene métodos avanzados de detección y corrección de errores, para una comunicación total.

Tiene otras características como:

- Auto partición
- Control de adquisición de datos.
- Regeneración de señal
- Minimización de pérdidas y retardo de trama en ambientes de tráfico pesado de datos.
- Expansión fácil y rápida.

Las principales características son:

- Integración sencilla para redes con hardware compatible 10 BaseT y 100 Base T.
- Alimentación de entrada 110 Vac
- Velocidad de operación: 10/100 Mbps en configuración full-dúplex con asignación fija de ancho de banda.
- Norma de operación: 802.11bb ó 802.11 g
- Protocolos: TCP/IP

- Conector de puerto: RJ45
- Numero de puertos: 24
- Compatibilidad normas: IEEE 802

2.10.2 EQUIPOS DE MICROONDAS

Los equipos que se deberán usar serán de tecnología de banda ancha y de fácil gestión para el uso de bandas de frecuencia, además deberá permitir servicios tales como datos, voz, fax, video, e Internet, teniéndose en cuenta que la base del proyecto es un sistema de adquisición y control de datos remotos.

Se recomienda que estos equipos consecuentemente serán de tecnología Spread Spectrum por Salto de Frecuencia, operables en las bandas ISM sin licencia de uso como de 5.8 GHz, ya que las bandas de 900 MHz, y de 5.4 GHz no se encuentran disponibles para esta aplicación ya que son ocupadas por otras operadoras de servicios de telecomunicaciones.

Estos equipos deberán ser de tecnología de punta con tendencia a migrar a las redes actuales llamadas Redes de Próxima Generación (NGN). Los equipos deberán cubrir la demanda de tráfico tanto de datos como de voz, pudiendo competir con redes físicas modernas tales como ISDN, xDSL y módems de cable, deberá tener una conectividad especial en lo posible “Siempre en línea” similar a las líneas dedicadas, pudiendo beneficiarse tanto las pequeñas empresas como los negocios comerciales medianos y grandes y operadores y proveedores de servicios de telecomunicaciones. También estos equipos deberán ser de bajo costo, infraestructura que tienda las redes modernas basadas en commutación de paquetes, deberá ofrecer una amplia cobertura, alta capacidad, alta velocidad en la transferencia de datos, voz, video y otros servicios basados en tecnología IP y con calidad de servicio incluida.

Las características principales que los equipos de microonda deberán tener son.

- Frecuencia: 5.8 GHz
- Método de acceso: TDD

- Canal: 10 MHz
- Resolución de frecuencia central: 5 MHz
- Potencia de salida en puerto de antena: -10 dBm A 21 dBm en pasos de 1dBm
- Potencia de entrada máxima en puerto de antena: -48 dBm
- Esquema adoptivo de modulación: OFDM, BPSK, QPSK, 16 QAM, 64 QAM
- Antena: 50 Ohmios
- Sector y ganancia de antena: 10,5^a HORIZONTAL/VERTICAL 21 dBi
- Soporte VLAN: IEEE 802.1q
- Priorización de trafico capa 2: IEEE802.1p
- Priorización de trafico capa 3: IP ToS DE ACUERDO A RFC 791
- Security: WEP 128 CON ATENUACION
- Administración Local y remota: Monitoreo vía Telnet, SNMP; carga y descarga de la configuración.
- Protección de acceso: Claves multinivel
- Velocidad: 54 Mbps
- Alcance mínimo: 5 Km
- Conector: 10/100 BASE T RJ45
- Provisto de supresor de transientes.

CAPÍTULO 3

SIMULACIÓN DEL SISTEMA Y RESULTADOS

En base al diseño propuesto y a los datos reales de funcionamiento se pretende realizar una simulación del comportamiento del sistema en LabVIEW que demuestre las ventajas del mismo produciendo datos que se acerquen a la realidad, con el propósito de garantizar el funcionamiento y operación del diseño presentado, ya que el mismo no será implementado a corto plazo.

3.1 SIMULADOR

LabVIEW es una herramienta diseñada especialmente para monitorizar, controlar, automatizar y realizar cálculos complejos de señales analógicas y digitales capturadas a través de tarjetas de adquisición de datos, puertos serie y GPIBs (Buses de Intercambio de Propósito General).

Es un lenguaje de programación de propósito general, como es el Lenguaje C o Basic, pero con la característica que es totalmente gráfico, facilitando de esta manera el entendimiento y manejo de dicho lenguaje para el diseñador y programador de aplicaciones tipo SCADA.

Incluye librerías para la adquisición, análisis, presentación y almacenamiento de datos, GPIB y puertos serie. Además de otras prestaciones, como la conectividad con otros programas, por ejemplo de cálculo, y en especial MatLab.

Está basado en la programación modular, lo que permite crear tareas muy complicadas a partir de módulos o sub-módulos mucho más sencillos. Además estos módulos pueden ser usados en otras tareas, con lo cual permite una programación más rápida y provechosa.

También ofrece la ventaja de “debugging” en cualquier punto de la aplicación. Permite la posibilidad de poner “break points”, ejecución paso a paso, ejecución hasta un punto determinado y se puede observar como los datos van tomando

valores a medida que se va ejecutando la aplicación. Además también lleva incorporado generadores de señales para poder hacer un simulador.

3.1.1 FILOSOFÍA DEL LABVIEW

LabVIEW es un lenguaje completamente gráfico, y el resultado de ello es que es totalmente parecido a un instrumento, por ello a todos los módulos creados con LabVIEW se les llama VI (Instrumento Virtual).

Existen dos conceptos básicos en LabVIEW: el Front Panel (Panel Frontal) y el Block Diagram (Diagrama de Bloque). El Panel Frontal es el interfaz que el usuario está viendo y puede ser totalmente parecido al instrumento del cual se están recogiendo los datos, de esta manera el usuario sabe de manera precisa cual es el estado actual de dicho instrumento y los valores de las señales que se están midiendo. El diagrama de bloques es el conexionado de todos los controles y variables, que tendría cierto parecido al diagrama del esquema eléctrico del instrumento.

LabVIEW tiene la característica de descomposición modular ya que cualquier VI que se ha diseñado puede convertirse fácilmente en un módulo que puede ser usado como una sub-unidad dentro de otro VI. Esta peculiaridad podría compararse a la característica de procedimiento en los lenguajes de programación estructurada.

Es un sistema abierto, en cuanto a que cualquier fabricante de tarjetas de adquisición de datos o instrumentos en general puede proporcionar el driver de su producto en forma de VI dentro del entorno de LabVIEW. También es posible programar módulos para LabVIEW en lenguajes como C y C++, estos módulos son conocidos como Sub-VIs y no se difieren a los VI creados con LabVIEW salvo por el interfaz del lenguaje en el que han sido programados. Además estos Sub-VIs son muy útiles por ejemplo en el campo de cálculos numéricos complejos que no se encuentran incluidos en las librerías de LabVIEW.

3.2 DESCRIPCIÓN GENERAL DE LOS PROCESOS Y SUBPROCESOS QUE COMPRENDE LA SIMULACIÓN

La finalidad del proceso que se va a simular es tener un control total sobre el caudal de agua proveniente de la red de distribución Carcelén Roldós hacia las estaciones remotas y en cada una de ellas realizar el control y el monitoreo de las variables de Nivel, Flujo de entrada, Presión de entrada, Cloro Residual y señales antiatraco.

El sistema será capaz de mantener un continuo abastecimiento de agua en toda la red de distribución, para lo cual en cada estación se implementará un control de nivel del líquido mediante un controlador PID que controle la apertura de la válvula de entrada hasta alcanzar el nivel deseado (setpoint). Con lo que trata de prevenir desbordes en los tanques de reserva y evitar la suspensión en la distribución de agua potable.

En las estaciones de bombeo, según sea el caso, las bombas de servicio funcionarán intermitentemente de acuerdo a los niveles del depósito de agua hacia donde se bombea, operando cuando se alcance el mínimo y parándolas en el máximo.

Adicionalmente se pretende obtener información en la estación central mediante adquisición de datos vía radio de:

- Registro de datos
- Detección de valores fuera de rango
- Presentación de gráficas de tendencia
- Envío de controles para arranque o paro remotos.
- Reportes de: Flujo, Presión, Cloro residual.

De la misma manera cada estación informará a la estación central los datos de:

- Mediciones: Presión, Flujo, Cloro residual
- Detección de intruso
- Equipo de bombeo: Operando, Falla, Modo Manual, Modo Automático.

3.3 FUNCIONAMIENTO DE LA RED

La red de distribución Carcelén Roldós distribuye el agua por gravedad desde el tanque Carcelén JNV a los tanques: Parcayacu, Cangahua bajo, Cangahua medio, Cangahua alto, Roldós bajo y Roldós medio; ésta última es una estación de bombeo y es la encargada de suministrar el líquido mediante un sistema de bombeo al tanque Colina del Norte alto; y éste, por gravedad distribuye a los tanques Colinas del Norte medio y bajo. En la figura 3.1 se observa una ilustración del perfil de esta red de distribución.

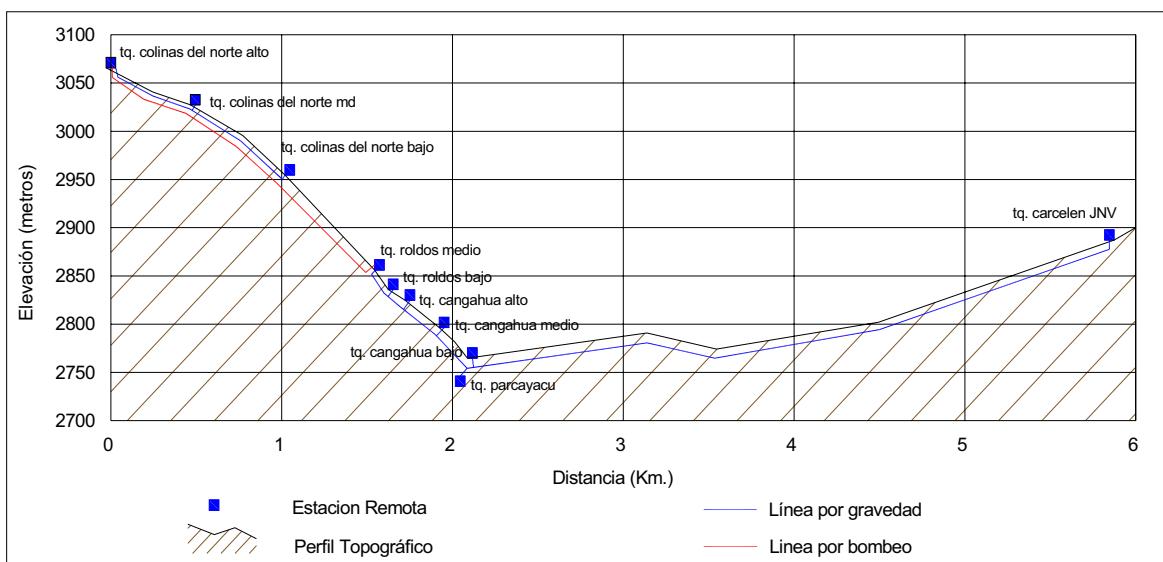


FIGURA 3.1 Perfil Topográfico de la Red de Distribución Carcelén Roldós

A partir de este análisis y de acuerdo a su función y principio de operación dentro de la red se va a distribuir a las estaciones en tres grupos para efectos de realizar la simulación.

NUM.	NOMBRE DE LA ESTACION	TIPO DE ESTACION
1	CARCELEN JNV	PUNTO DE DISTRIBUCION
2	ROLDOS BAJO	TANQUE ALMACENAMIENTO
3	ROLDOS MEDIO	ESTACION DE BOMBEO
4	CANGAHUA ALTO	TANQUE ALMACENAMIENTO
5	CANGAHUA MEDIO	TANQUE ALMACENAMIENTO
6	CANGAHUA BAJO	TANQUE ALMACENAMIENTO
7	PARCAYACU	TANQUE ALMACENAMIENTO
8	COLINAS DEL NORTE BAJO	TANQUE ALMACENAMIENTO
9	COLINAS DEL NORTE MEDIO	TANQUE ALMACENAMIENTO
10	COLINAS DEL NORTE ALTO *	TANQUE ALIMENTADO POR BOMBEO

TABLA 3.1 Tipo de Estación

3.4 ACCIONES BÁSICAS DE CONTROL

Un controlador automático compara el valor real de la salida de una planta con la entrada de referencia (valor deseado o set point), determina el error, y produce una señal de control que reducirá el error a cero, o a un valor muy pequeño. La forma como el controlador automático produce la señal de control, se denomina acción de control.

Los controladores industriales analógicos, se pueden clasificar de acuerdo con sus acciones de control, de la siguiente forma:

- Controlador de dos posiciones, o intermitentes (on-off)
- Controladores proporcionales
- Controladores integrales
- Controladores proporcional-integral
- Controladores tipo proporcional-derivativo
- Controladores tipo proporcional-integral-derivativo

3.4.1 CONTROLADOR AUTOMÁTICO ACTUADOR Y SENSOR

La figura 3.2 muestra un diagrama de bloques de un sistema de control industrial que consiste en un controlador automático, un actuador o accionador, una planta y un sensor (elemento de medición). El controlador detecta la señal de error, que suele estar a un nivel de potencia muy bajo, y la amplifica a un nivel suficientemente alto.

El controlador automático se constituye por un detector de error y un amplificador. También suele haber un circuito de retroalimentación adecuado junto con el amplificador, que se utiliza para alterar la señal de error, amplificándola y a veces diferenciándola y/o integrándola, para producir una mejor señal de control. El actuador es un dispositivo de potencia que produce la entrada a la planta, de acuerdo con la señal de control de modo que la señal de retroalimentación corresponda a la señal de entrada de referencia.

La salida de un controlador automático alimenta a un actuador o accionador, que bien pueden ser un motor o una válvula neumática o un motor eléctrico.

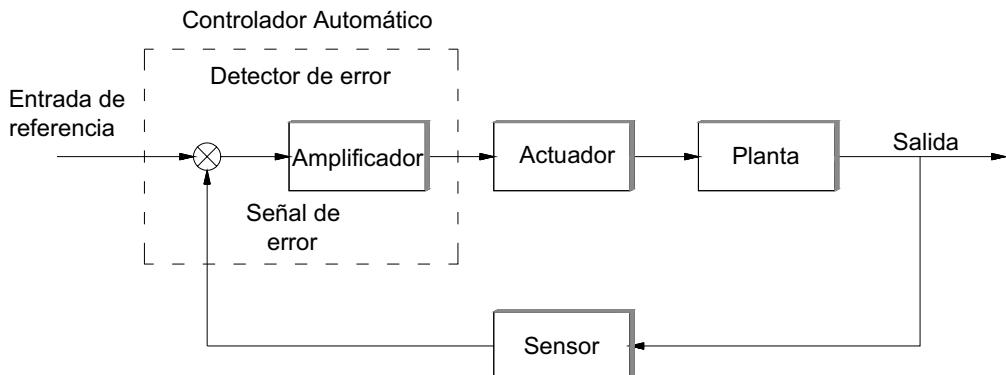


FIGURA 3.2 Diagrama De Bloques De Un Controlador Industrial

El sensor o elemento de medición es un dispositivo que convierte la variable de salida en otra variable adecuada, como un desplazamiento, presión o voltaje, que se utilizan para comparar la salida con la señal de entrada de referencia. Este elemento es el camino de retroalimentación en el sistema de lazo cerrado.

El punto de ajuste del controlador debe convertirse en una entrada de referencia con las mismas unidades de la señal de retroalimentación del sensor o elemento de medición

3.4.2 ACCIÓN DE CONTROL DE DOS POSICIONES

Este tipo de controlador aporta únicamente dos posibles estados totalmente opuestos y que generalmente vienen representados por 0% y 100%. Si el error que presenta el controlador es $e(t)$, y la señal de control que proporciona es $m(t)$, el controlador de dos posiciones se representa por:

$$m(t) = \begin{cases} M_1 & \text{para } e(t) > 0 \\ M_2 & \text{para } e(t) < 0 \end{cases}$$

El uso práctico de este controlador suele exigir que el error tenga un cierto rango antes de la comutación, para impedir que oscile con una frecuencia demasiado alta. Se define una zona neutra o banda diferencial, en la que el elemento final de control permanece en su última posición para valores de la variable comprendidos dentro de esa zona. Este control funciona correctamente si el proceso tiene una velocidad de reacción lenta, y posee un tiempo de retardo mínimo.

3.4.3 ACCIÓN DE CONTROL PROPORCIONAL

En los casos en que se requiera una acción de control más suave, puede utilizarse un controlador proporcional, que proporciona una señal de control proporcional al error. Consiste en generar una acción de control directamente proporcional al error. Actúa como un amplificador de ganancia K_p . Su acción se representa por:

$$m(t) = K_p \cdot e(t) + m_o$$

donde m_o es la salida del controlador cuando el error es cero. La salida de un controlador se expresa a menudo como un porcentaje del rango completo de posibles valores:

$$\text{Salida}(\%) = \frac{\text{Salida} - \text{mínimo}}{\text{Máximo} - \text{mínimo}} \cdot 100$$

Así, el 0% representa la salida mínima del controlador, y el 100% la máxima. De igual forma, el error también se expresa como un porcentaje:

$$\text{Error}(\%) = \frac{\text{Medida} - \text{mínimo}}{\text{Máximo} - \text{mínimo}} \cdot 100$$

Como se puede observar las características más importantes de un controlador Proporcional son:

- **Ganancia (K_p)** que es la cantidad por la que se multiplica la señal de error para obtener la señal de salida.
- **Banda proporcional** que es el porcentaje de variación de la variable controlada necesario para provocar que el elemento final de control recorra sus dos valores extremos. Bandas proporcionales "anchas" implican una lenta aproximación al punto de consigna y bandas relativamente estrechas implican un comportamiento inestable del controlador consecuencia de la celeridad de su respuesta frente a la inercia de los sistemas.

La acción proporcional presenta este serio inconveniente, denominado *error de offset*, consistente en la desviación permanente de la variable controlada respecto a su consigna al alcanzar el estado estacionario.

3.4.4 ACCIÓN DE CONTROL INTEGRAL

En un controlador que emplea una acción de control integral, la señal de control se modifica a una velocidad proporcional a la señal de error. Es decir, si la señal de error es grande, la señal de control se incrementa con gran rapidez; si es pequeña, la señal de control se incrementa con lentitud. Este proceso puede representarse por:

$$\frac{dm(t)}{dt} = K_I \cdot e(t)$$

o lo que es lo mismo:

$$m(t) = \int_0^t K_I \cdot e(t) + m_o$$

Por la propia definición de integral, son sistemas con "memoria", ya que la salida en un instante, dependerá del comportamiento anterior desde 0 hasta t.

3.4.5 ACCIÓN DE CONTROL PROPORCIONAL E INTEGRAL

Una acción de control proporcional generará siempre un desplazamiento respecto al estado estacionario, error de offset, de forma que la variable deseada no alcanzará el valor deseado y por esta razón se utiliza una acción integral, que consiste en evaluar, en el transcurso de tiempo, el área comprendida entre las curvas valor real/valor deseado, generándose una acción proporcional y de sentido contrario a la magnitud de ese área, corrigiéndose el offset. Viene dada por:

$$m(t) = K_P \cdot e(t) + \frac{K_P}{T_I} \int_0^t e(t) + m_o$$

T_I se conoce como *tiempo de acción integral* el cual regula la ganancia del integrador, y K_P ajusta el integrador y la ganancia proporcional. El tiempo de

acción integral son los segundos que deben transcurrir para repetir el cambio inicial de acción proporcional en la salida de control. Una acción integral corta implica que el controlador tratará de corregir relativamente pronto la desviación entre la consigna y el valor real. En un proceso con inercia, podría causar una oscilación inestable del sistema. Sin embargo, una acción integral relativamente larga es más segura pero implica una situación poco estable por la lentitud de la respuesta.

3.4.6 ACCIÓN DE CONTROL PROPORCIONAL Y DERIVATIVA

La acción de control derivativo proporciona una señal de control proporcional a la velocidad de cambio de la señal de error. Como se ha indicado anteriormente, puesto que el controlador no genera ninguna salida a menos que el error cambie, no se suele utilizar como acción única. Se combina con una acción Proporcional (Controlador P-D) para eliminar los errores constantes. Resulta una señal de control de tipo:

$$m(t) = K_P \cdot e(t) + K_P \cdot T_d \cdot \frac{de(t)}{dt} + m_0$$

La salida del controlador puede variar cuando hay un error cambiando constantemente. Hay un cambio inicial rápido en la salida del controlador a causa de la acción derivativa seguida de un cambio gradual debido a la acción proporcional. El principal parámetro que caracteriza a la acción derivativa es el *tiempo de acción derivativa*, expresada en segundos de anticipo. Representa el tiempo con que la acción derivativa se anticipa al efecto de la acción proporcional sobre el elemento final de control. Cuando se dispone de valores excesivamente estrechos de la acción derivativa, es decir, pocos segundos de anticipo en la acción de control, no hay posibilidad de una buena predicción de hacia donde se dirige el proceso y no se eliminan las oscilaciones residuales. Por el contrario, cuando se trabaja con valores excesivamente altos de la acción derivativa, puede provocarse una gran inestabilidad en el sistema. Dado que, principalmente se utiliza este parámetro para estabilizar el estado estacionario, un valor adecuado al mismo será (en segundos) del orden de 1/10 el periodo de oscilación del sistema

controlado. Este controlador presenta el problema de que un cambio de carga requiere un error de desplazamiento (offset), debido a la acción proporcional.

3.4.7 ACCIÓN DE CONTROL PROPORCIONAL-INTEGRAL-DERIVATIVA

Si se combinan las tres acciones de control aparece el controlador P-I-D que no presenta error de desplazamiento y reduce la tendencia a las oscilaciones. Se representa por la siguiente ecuación:

$$m(t) = K_p \cdot e(t) + \frac{K_p}{T_I} \int_0^t e(t) dt + K_d \cdot T_d \cdot \frac{de(t)}{dt} + m_o$$

Este control es el más general, y con toda probabilidad es el tipo de controlador más utilizado, ya que permite una óptima explotación de las características de los tres tipos de control. Se crea una respuesta de salida que sigue estrechamente la señal de entrada, sin intervalos o retardos en procesos lentos y rápidos, incluyendo aquellos en los que la carga varía constantemente. Se puede considerar como un controlador proporcional, que dispone de un control integral para eliminar el error de desplazamiento y un control derivativo para reducir retardos de tiempo.

Se ha escogido un controlador PID para el control de nivel en la simulación, debido a que son los más ampliamente utilizados, por su facilidad de ajuste, con resultados muy satisfactorios.

3.5 ALGORITMO DEL PID

En el controlador PID, el setpoint (SP) es comparado con la variable de proceso (PV) para obtener el error:

$$e = SP - PV$$

Teóricamente se puede calcular la acción del controlador como:

$$u(t) = K_C \left(e + \frac{1}{T_I} \int_0^t e dt + T_d \frac{de}{dt} \right)$$

Donde K_C es la ganancia del controlador. Si el error y la salida del controlador tienen el mismo rango que es -100% a 100%, la ganancia del controlador es el recíproco de la banda proporcional. T_i es el tiempo integral en minutos (también llamado tiempo de reajuste), y T_d es el tiempo derivativo en minutos. La acción proporcional es:

$$u_P(t) = K_C e$$

La acción integral es:

$$u_I(t) = K_C \frac{1}{T_i} \int_0^t e dt$$

Y la acción derivativa es:

$$u_D(t) = K_C T_d \frac{de}{dt}$$

El VI del PID implementa el algoritmo posicional como se describe a continuación. Los subVIs usados en estos VIs son etiquetados de modo que se puedan modificar cualquiera de estos rasgos como sea necesario.

Filtrado de VP. El filtrado de la variable de proceso minimiza los efectos del ruido.

$$PV_f = 0.5PV + 0.25PV(k-1) + 0.175PV(k-2) + 0.075PV(k-3)$$

Cálculo del error. El error actual usado en el cálculo de la acción integral y de la acción derivativa es:

$$e(k) = (SP - PV_f)(L + (1-L) * \frac{|SP - PV_f|}{SP_{mg}})$$

El error para el cálculo de la acción proporcional es:

$$eb(k) = (\beta * SP - PV_f)(L + (1-L) * \frac{|SP - PV_f|}{SP_{mg}})$$

Donde SP_{mg} es el rango del setpoint, β es el factor del setpoint (para el cual Dos grados de libertad del algoritmo del PID se describen bajo la acción proporcional), y L es el factor de linealidad que produce un período de tiempo de ganancia no lineal en el cual la ganancia del controlador incrementa con la magnitud del error. Si L es 1, el controlador es lineal. Un valor de 0.1 hace mínima la ganancia del controlador al 10% K_C .

Acción Proporcional. En aplicaciones, los cambios del setpoint son normalmente más grandes y rápidos que las perturbaciones de la carga, mientras que las perturbaciones de la carga aparecen como una pequeña salida de la variable controlada desde el setpoint. Al sintonizar el PID para una buena respuesta de las perturbaciones de carga, se producen resultados en la respuesta del setpoint con una inaceptable oscilación. Por otro lado al sintonizar para buenas respuestas del setpoint se producen rendimientos lentos en la respuesta a las perturbaciones de carga. Cuando se ajusta el factor β a un valor menor a 1, se reduce la respuesta del setpoint, sin afectar a la respuesta a las perturbaciones de carga. Esto se refiere como los dos grados de libertad del algoritmo del PID. Intuitivamente, β es un índice de la importancia de la respuesta del setpoint, en un valor entre 0 y 1.

Integración Trapezoidal. La integración trapezoidal es utilizada para evitar cambios marcados en la acción integral cuando hay un salto del setpoint o de la variable de proceso; el ajuste no lineal de la acción integral contrarresta el sobre impulso. Mientras más grande sea el error, menor será la acción integral como se indica en la siguiente ecuación y en la figura 3.3.

$$u_I(k) = \frac{K_C}{T_i} \sum_{i=1}^k \left[\frac{e(i) + e(i-1)}{2} \right] \Delta t \left[\frac{1}{1 + \frac{10 * e(i)^2}{SP_{mg}^2}} \right]$$

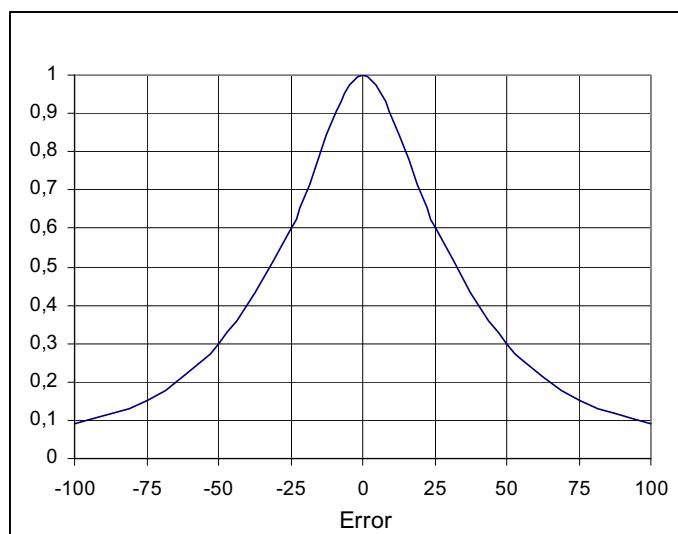


FIGURA 3.3 Acción Integral en Función del Error

Acción Parcial Derivativa. Debido a los cambios bruscos en el setpoint se aplica solamente una acción derivativa a la variable de proceso (no al error) para evitar el impulso derivativo.

$$u_D(k) = -K_C \frac{T_d}{\Delta_t} (PV_f(k) - PV_f(k-1))$$

Salida del Controlador. La salida del controlador es la suma de las acciones proporcional, integral y derivativa.

$$u(k) = u_p(k) + u_i(k) + u_D(k)$$

En la siguiente sección se van a describir los VIs del LabVIEW que pertenecen al PID Control Toolkit.

3.6 SOFTWARE DEL VI PID

El VI del PID tiene entradas para el set point, la variable de proceso, control manual y los parámetros del PID. Los parámetros del PID es un cluster con los tres valores de las ganancias proporcional, integral y derivativa. Se pueden especificar otras opciones, como rangos para el set point y el controlador de salida, estos tienen valores por defecto, sin embargo se pueden variar estos rangos a valores apropiados de acuerdo al sistema a controlar.

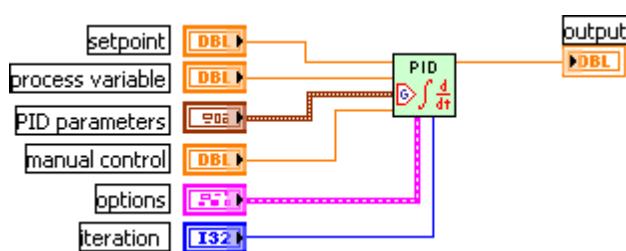


FIGURA 3.4 VI PID de Control Toolkit de LabVIEW

3.6.1 VI PID

Calcula un valor análogo basado en el valor actual de la variable de proceso y del setpoint usando el algoritmo del PID.

-  **setpoint** es el valor deseado para la variable de proceso
-  **process variable** es el valor del lazo de realimentación de control
-  **PID parameters** es un cluster de los parámetros de la ganancia proporcional y de los tiempos integral y derivativo
 -  **Kc** es la ganancia proporcional
 -  **Ti** es el tiempo integral en minutos. Un valor de 0 desabilita la acción integral
 -  **Td** es el tiempo derivativo en minutos. Un valor de 0 desabilita la acción derivativa
-  **manual control** es un control relativo para el valor de salida
-  **options** es un cluster de 11 elementos especificando parámetros opcionales para el algoritmo del PID
 -  **sp low** es el mínimo valor para la variable del proceso y el setpoint. El valor por defecto es 0
 -  **sp high** es el máximo valor para la variable de proceso y el setpoint. El valor por defecto es 100
 -  **out low** es el mínimo valor para la salida del controlador. El valor por defecto es -100
 -  **out high** es el máximo valor para la salida del controlador. El valor por defecto es 100
 -  **hold (F)** cuando es verdadero, coloca el controlador en modo hold.
 -  **auto (T)** si es verdadero (T), selecciona el control automático y pone el controlador en modo manual cuando es falso.
 -  **pro.band (F)** selecciona si el valor proporcional de los parámetros de entrada del PID es ganancia proporcional o banda proporcional. Cuando es F especifica ganancia proporcional.
 -  **reverse acting (T)** si es verdadero selecciona acción inversa (aumento-decremento) la salida disminuye si la entrada es mas grande que el setpoint.
 -  **beta** es la énfasis relativa al rechazo de perturbaciones en el seguimiento del setpoint. El valor por defecto es 1 para la mayoría de aplicaciones.
 -  **linearity** establece la linealidad de la respuesta del error, su rango está entre 0 y 1.
 -  **dt (s)** es el intervalo en segundos al cual este VI es llamado.
 -  **iteration** es el número de iteración en el lazo de control.
 -  **output** es la salida del algoritmo de control

3.6.2 VI LEAD-LAG

Calcula el compensador dinámico en esquemas de control retroalimentados.

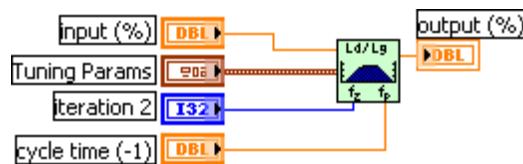


FIGURA 3.5 VI LEAD-LAG de Control Toolkit de LabVIEW

La función general de transferencia para este bloque es la siguiente

$$\text{output} = \left(\frac{T_{\text{lead}} s + 1}{T_{\text{lag}} s + 1} \right) \text{input}$$

Donde T_{lead} es el tiempo de avance, T_{lag} es el tiempo de retraso, y s la frecuencia Laplaciana del operador.

Al igual que el VI PID, se puede llamar este VI desde el interior de un lazo “While” con un tiempo de ciclo fijo.



input está expresada en porcentaje. El rango es de 0 a 100 %. La entrada por defecto es cero.



tuning params es un cluster que contiene los siguientes parámetros:



gain está expresado en porcentaje. El rango está entre $-\infty$ a ∞ .



lag time está expresado en minutos. El rango está entre 0 a ∞ . Por defecto es 0.01



lead time está expresado en minutos. El rango es de 0 a ∞ . Por defecto es 0



cycle time es frecuentemente suministrado, expresado en segundos. Valores menores o iguales a cero forzan al VI a usar internamente un timer.



output está expresado en porcentaje. El rango es de -100 a 200 %.

3.6.3 VI RAMP

Genera una rampa del setpoint

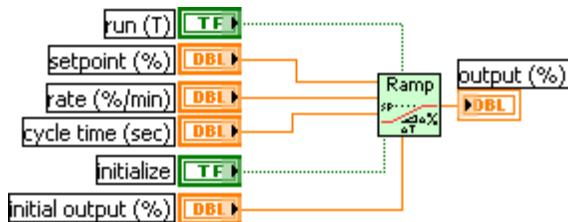


FIGURA 3.6 VI RAMP de Control Toolkit de LabVIEW

Al igual que el VI PID, se puede llamar este VI desde el interior de un lazo “While” con un tiempo de ciclo fijo.

- run** determina si se ejecuta la rampa. Si es verdadero, el VI ejecuta la rampa. Si es Falso, el VI suspende la ejecución y no retorna a un nuevo valor.
- setpoint** Es el valor deseado para la variable de proceso, expresado en porcentaje. El rango es de 0 a 100 %.
- rate** es la pendiente de la rampa en porcentaje por minuto. Valores positivos hacen incrementar la rampa con el tiempo.
- cycle time** es el intervalo de tiempo entre las llamadas a este VI, expresado en segundos.
- initialize** determina si se fuerza la salida a una salida inicial. Si es Verdadero, el VI fuerza a la salida a un valor inicial. Si es Falso el VI mantiene la acción de la rampa normalmente.
- initial output** es el valor que el VI copia la salida cuando initialize es Verdadero, está expresado en porcentaje.
- output** está expresado en porcentaje. El rango es de 0 a 100 %.

3.7 SIMULACIÓN DEL SISTEMA

La simulación del sistema consiste en agrupar los diferentes subprocessos que comprende el sistema de adquisición de datos, el monitoreo, el control, la generación de reportes y alarmas, dentro de un proceso global, con el propósito de obtener una aplicación que se aproxime de manera práctica, a los datos obtenidos en la realidad. Para ello se utilizan algunos módulos y librerías propios de LabVIEW y se generan subrutinas y variables globales.

3.7.1 TANQUE DE DISTRIBUCION

El tanque de distribución es un proceso simple de simulación para controlar el nivel de un tanque. Un controlador de nivel ajusta el flujo de entrada al tanque. Para representar un cambio en la carga del proceso, se puede variar la posición de la válvula de salida que sirve como un desfogue de líquido. El nivel del tanque es la variable del proceso, el mismo que puede funcionar en dos modos de operación:

- Operación Automática-Remota, el sistema puede ser controlado en forma remota, mediante el sistema de comunicaciones.
- Operación Manual, el sistema debe trabajar de acuerdo a los requerimientos en sitio, esta condición de trabajo está considerada ante una falla del RTU o del sistema de comunicaciones, debiendo actuar de acuerdo a las condiciones de todas las protecciones del sistema.

En la figura 3.7 se muestra un diagrama del panel de un tanque de distribución.

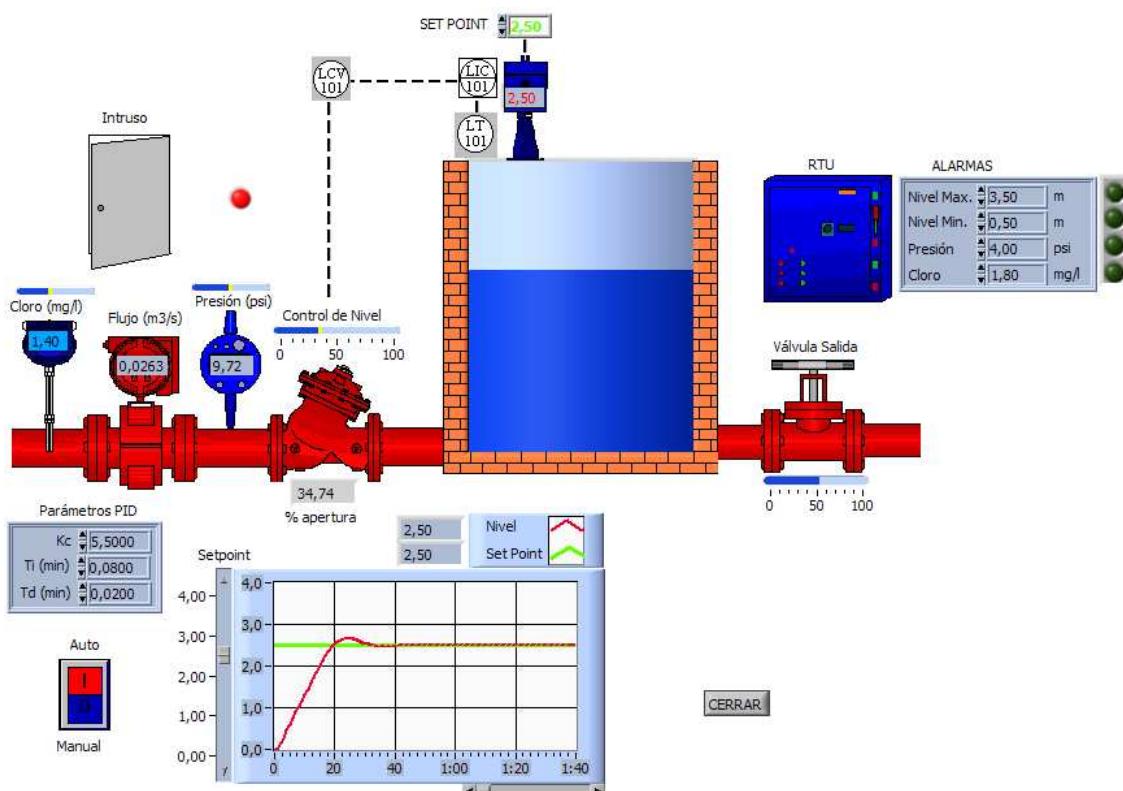


FIGURA 3.7 Simulación de un Tanque de Distribución

La simulación controla la variable de proceso, mediante el PID ajustando la posición de la válvula de entrada, siendo ésta la variable manipulada en la planta, para ello se utiliza un proceso de integración que añade ruido, banda muerta de la banda, retardos, y tiempo muerto, en la subrutina Planta.

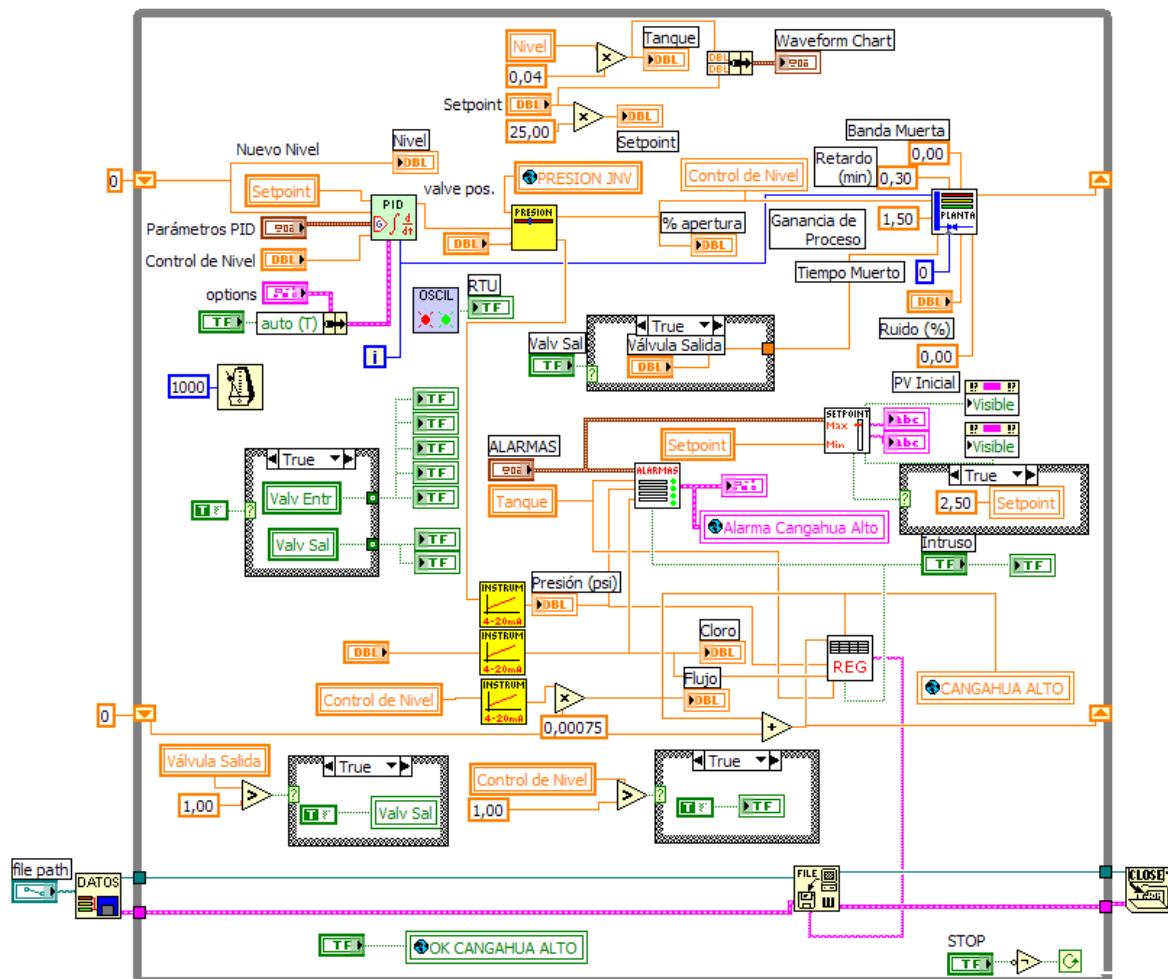


FIGURA 3.8 Diagrama de Bloques de la Simulación de un tanque de Distribución

En la figura 3.8 se indica el diagrama de Bloques del control de nivel del tanque, en las siguientes secciones se explica el funcionamiento y comportamiento, de cada uno de los procesos que este comprende.

3.7.1.1 SUBRUTINA PLANTA

La subrutina Planta, la cual simula este proceso, lee y retarda la posición previa de la válvula y la escala de acuerdo a la ganancia del proceso. La ganancia representa cuán rápido se llena el tanque en comparación a la posición de la

válvula. El valor de la carga del proceso depende del estado de la válvula de entrada y de la válvula de salida. Cuando se abre la válvula de salida. El nivel del tanque disminuye. Simula la respuesta de una planta física; para usar con un control de lazo retroalimentado.

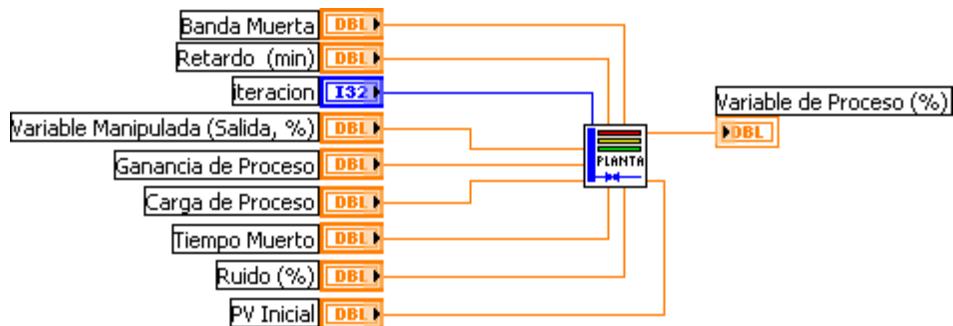


FIGURA 3.9 Subrutina de la Simulación de la Planta

Todos los factores de escalas están en porcentaje. El tiempo de retardo está en minutos. El tiempo muerto del proceso es un tiempo muerto real, medido como un múltiplo del tiempo de ciclo del lazo. Este tiempo muerto es dependiente del intervalo al cual es este VI es llamado. Se puede modificar el algoritmo usado en esta planta para simular casi todos los procesos.

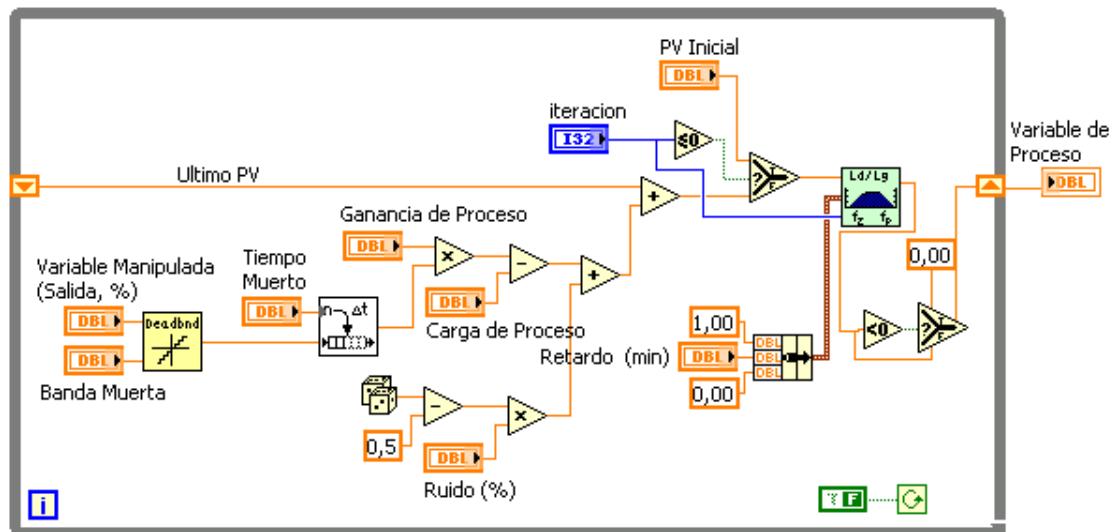


FIGURA 3.10 Diagrama de Bloques de la Simulación de la Planta

Si más de una planta necesitan ser simuladas simultáneamente, se debe grabar múltiples copias de este VI con diferentes nombres.

3.7.1.2 SUBRUTINA ALARMAS

Esta subrutina es empleada en todas las estaciones y tanques de distribución, pues es la encargada de dar señales de alarmas cuando las variables de proceso exceden o disminuyen, con respecto a ciertos valores configurados en cada estación para la operación de proceso, como son valores de niveles máximos y mínimos, presión de entrada y cloro residual.

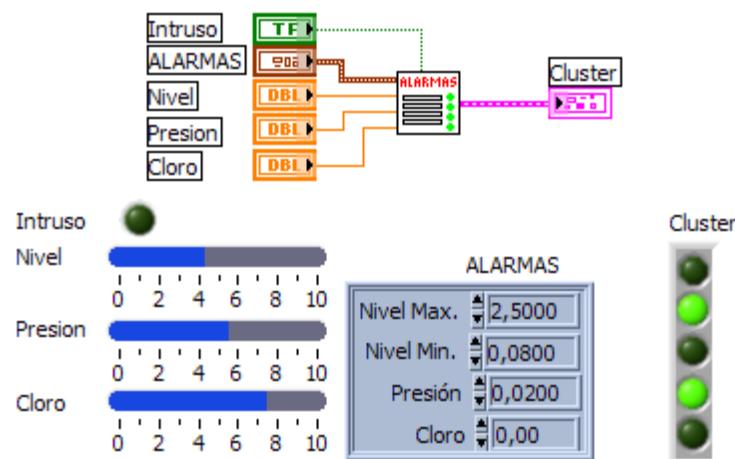


FIGURA 3.11 Subrutina Alarmas

Como entradas tiene un arreglo que incluye los valores críticos de operación, además de los valores de operación de nivel, presión y cloro, además el estado de seguridad de la estación; como salida se tiene un cluster con señales lumínicas que indican condiciones de fuera de rango. En cada estación remota, con el objeto de desplegar las alarmas en el tablero de control del sistema de distribución se crea una variable global del cluster.

3.7.1.3 SUBRUTINA INSTRUMENTO

Las señales de los instrumentos para la medida de presión, flujo y cloro, son del tipo analógicas de 4 a 20 mA. En la simulación, las variables del proceso son obtenidas mediante la subrutina Instrumento, la misma que tiene por entrada un potenciómetro con rangos determinados de operación, y muestra a la salida un valor que varía con un nivel de ruido.

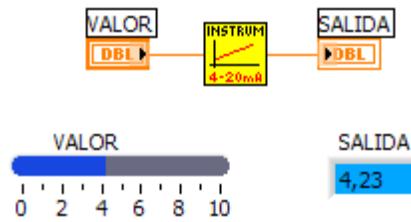


FIGURA 3.12 Subrutina Instrumento

Para simular una condición crítica, se puede variar el valor deseado en el arreglo de la subrutina alarmas o a la vez variar el valor característico de operación.

En algunas aplicaciones se incluye la subrutina llamada Oscilador que es la encargada de convertir las señales luminosas en intermitentes, y consiste simplemente en un comparador del estado de una salida de verdadero o falso, para cambiar el estado de la misma al estado opuesto, dando el efecto de cambio.

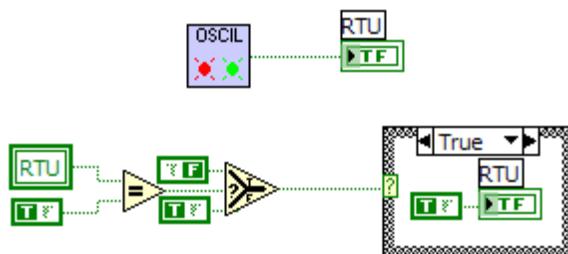


FIGURA 3.13 Diagrama de Bloques Subrutina Oscilador

3.7.1.4 SUBRUTINA REGISTRO

En cada estación es necesario obtener un registro histórico de las variables del proceso, como son: Nivel, Flujo, Volumen, Presión y Cloro Residual, además de la seguridad de la estación. Para ello se ha implementado la subrutina Registro, que genera los valores y guarda en una hoja de cálculo dicha información.

Como se indica en la figura 3.14, se crea un arreglo de caracteres que incluyen: el día, la fecha y la hora, y los valores de las variables arriba mencionados. Esta subrutina se encuentra dentro del lazo por lo que irá registrando los valores en cada iteración.

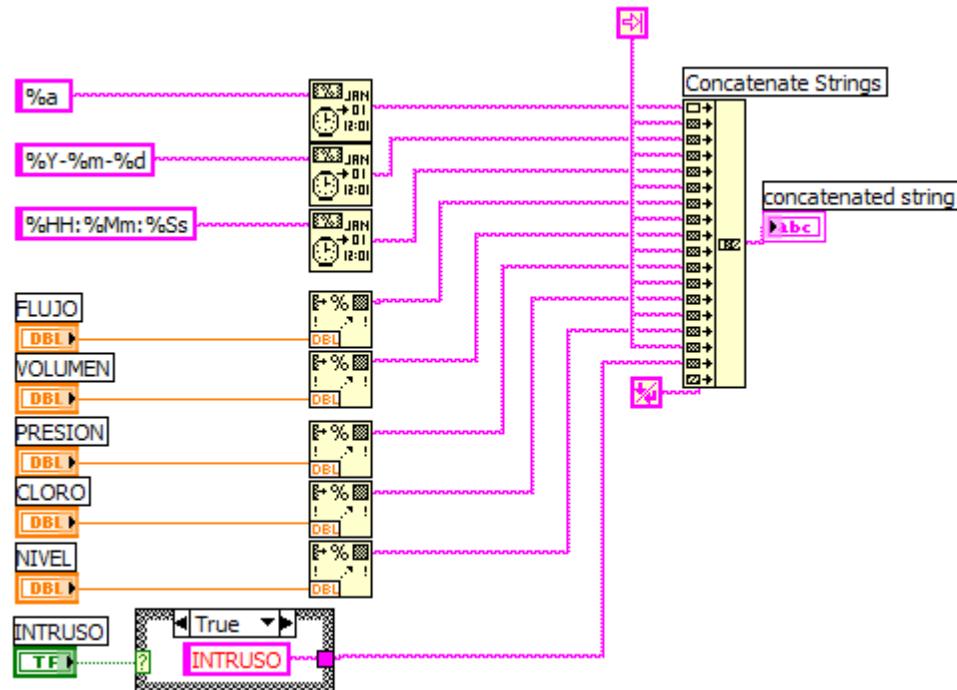


FIGURA 3.14 Diagrama de Bloques Subrutina Registro

Para poder guardar los datos en un archivo, se ha creado otra subrutina llamada Datos, esta subrutina se encuentra fuera del lazo y cada vez el programa se ejecute, este creará o pedirá reemplazar el archivo con extensión xls de Microsoft Office Excel con el nombre propio de cada estación. Para ello previamente se debe especificar la ubicación donde se desea guardar el archivo, en el path file, por ejemplo en este caso sería C:\Registro\Cangagua Alto.xls

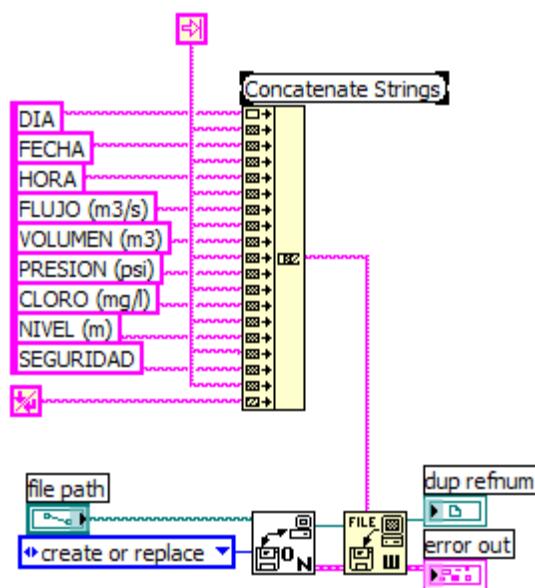


FIGURA 3.15 Diagrama de Bloques Subrutina Datos

La subrutina crea un encabezado de la tabla de registro con las constantes indicadas en la figura 3.15, a continuación crea o reemplaza el archivo, escribe los datos en el archivo. Estos datos ingresan en el lazo y se van guardando en el mismo archivo con los datos obtenidos en la subrutina registro.

En la figura 3.16 se muestra como se generan los datos y como son desplegados en un archivo de Excel. Los datos son generados con un intervalo de un segundo.

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J
1	DIA	FECHA	HORA	FLUJO (m3/s)	VOLUMEN (m3)	PRESION (psi)	CLORO (mg/l)	NIVEL (m)	SEGURIDAD	
2	Mié	30/01/2008	14H:46m:10s	0,030528	0,030528	9,691773	1,85278	2,64631	NORMAL	
3	Mié	30/01/2008	14H:46m:11s	0,075184	0,105711	9,747069	1,699385	0	NORMAL	
4	Mié	30/01/2008	14H:46m:12s	0,075278	0,18099	9,63081	1,742957	0	NORMAL	
5	Mié	30/01/2008	14H:46m:13s	0,07526	0,256249	9,642907	1,973278	0,03407	NORMAL	
6	Mié	30/01/2008	14H:46m:14s	0,069573	0,325822	9,820262	1,806614	0,240149	NORMAL	
7	Mié	30/01/2008	14H:46m:15s	0,06571	0,391532	9,95953	1,718889	0,422101	NORMAL	
8	Mié	30/01/2008	14H:46m:16s	0,062843	0,454375	9,820328	1,844591	0,588258	INTRUSO	
9	Mié	30/01/2008	14H:46m:17s	0,060554	0,514929	9,656043	1,958448	0,742728	INTRUSO	
10	Mié	30/01/2008	14H:46m:18s	0,059312	0,574241	9,827328	1,713498	0,887513	INTRUSO	
11	Mié	30/01/2008	14H:46m:19s	0,058619	0,63286	9,773204	0,629617	1,026857	INTRUSO	
12	Mié	30/01/2008	14H:46m:20s	0,05841	0,69127	10,025506	0,58718	1,16327	INTRUSO	
13	Mié	30/01/2008	14H:46m:21s	0,058611	0,749882	18,935629	0,718528	1,298827	INTRUSO	
14	Mié	30/01/2008	14H:46m:22s	0,058821	0,808703	19,168837	0,549025	1,434817	INTRUSO	
15	Mié	30/01/2008	14H:46m:23s	0,059045	0,867748	19,138633	0,502577	1,571766	INTRUSO	
16	Mié	30/01/2008	14H:46m:24s	0,058841	0,926589	19,061413	0,538888	1,709501	INTRUSO	
17	Mié	30/01/2008	14H:46m:25s	0,058486	0,985075	19,145158	0,54186	1,847118	INTRUSO	
18	Mié	30/01/2008	14H:46m:26s	0,057478	1,042553	19,195136	0,717492	1,98296	INTRUSO	
19	Mié	30/01/2008	14H:46m:27s	0,055703	1,098256	10,175283	0,518939	2,1146	INTRUSO	
20	Mié	30/01/2008	14H:46m:28s	0,053352	1,151608	10,155232	0,505223	2,238918	INTRUSO	
21	Mié	30/01/2008	14H:46m:29s	0,049807	1,201415	10,294319	1,469492	2,352337	INTRUSO	
22	Mié	30/01/2008	14H:46m:30s	0,045561	1,246976	10,400522	1,657895	2,451275	NORMAL	
23	Mié	30/01/2008	14H:46m:31s	0,040889	1,287865	10,310811	1,751656	2,532739	NORMAL	
24	Mié	30/01/2008	14H:46m:32s	0,036254	1,324119	10,183543	1,670419	2,594883	NORMAL	
25	Mié	30/01/2008	14H:46m:33s	0,031753	1,355872	10,192778	1,556862	2,637318	NORMAL	
26	Mié	30/01/2008	14H:46m:34s	0,02808	1,383952	10,216026	1,515406	2,661111	NORMAL	
27	Mié	30/01/2008	14H:46m:35s	0,024855	1,408807	10,163953	1,734664	2,668499	NORMAL	
28	Mié	30/01/2008	14H:46m:36s	0,022433	1,431239	10,4356	1,748994	2,662483	NORMAL	
29	Mié	30/01/2008	14H:46m:37s	0,020813	1,452052	10,428786	1,61489	2,646408	NORMAL	
30	Mié	30/01/2008	14H:46m:38s	0,019863	1,471915	10,198222	1,810118	2,623619	NORMAL	
31	Mié	30/01/2008	14H:46m:39s	0,019721	1,491636	10,345098	1,828109	2,597212	NORMAL	
32	Miér	30/01/2008	14H:46m:40s	0,010915	1,511591	10,315212	1,660969	2,56996	NORMAL	

FIGURA 3.16 Archivo de Registro Obtenido en Excel

3.7.1.5 SIMULACIÓN DE CONDICIONES CRÍTICAS

En la práctica se pueden dar casos reales en los cuales el desabastecimiento de líquido implicaría una baja en la presión de operación, ya sea en la red de distribución o en una estación en particular por diversos factores. Para representar estas condiciones en la simulación, se crea la subrutina Alarma Presión, la cual permite obtener un valor de flujo de entrada igual a cero, con la consecuente suspensión de alimentación del líquido, en el caso cuando la presión de la red de distribución en la Estación Carcelén JNV, o cuando la presión de entrada en cada estación, disminuyen hasta cero.

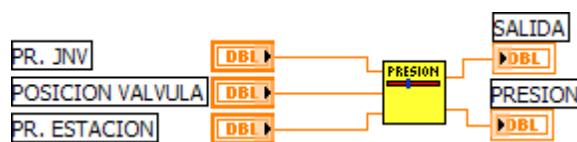


FIGURA 3.17 Subrutina Alarma Presión

Otra condición crítica se da cuando el set point es fijado por encima o por debajo del nivel máximo o del nivel mínimo, respectivamente establecidos en cada estación; ya que debido al amortiguamiento por las oscilaciones del controlador PID hasta alcanzar la estabilización del nivel deseado, se podría incurrir en el error de obtener un desborde en el tanque, o un nivel cero lo cual implicaría desabastecimiento. Para evitar lo mencionado se crea la subrutina Alarma Set Point, la misma que restablece el Set point al valor por defecto de cada estación, cuando excede o desciende de los límites establecidos, adicionalmente muestra un mensaje de advertencia según sea el caso, como se indica en la figura 3.18.

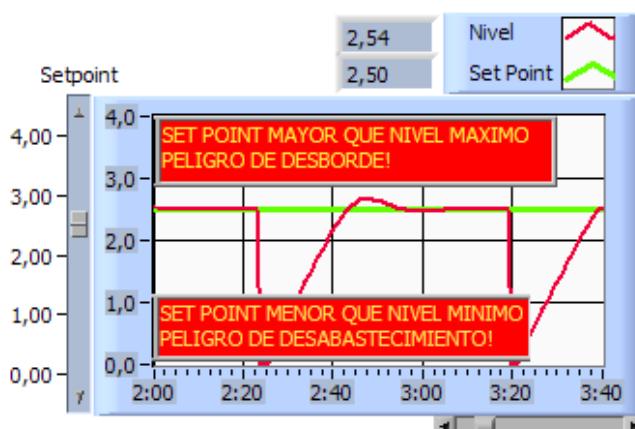


FIGURA 3.18 Condiciones Críticas de Operación del Setpoint

3.7.2 ESTACIÓN DE BOMBEO

El proceso de simulación es un proceso similar al del tanque de almacenamiento, con la diferencia que en este caso, la carga de proceso varía por una salida de bombeo existente la misma que opera dependiendo de los niveles de la propia estación y del tanque de almacenamiento al cual abastece. En la figura 3.19 se muestra el panel de la Estación de Bombeo, donde se incluye la instrumentación necesaria para realizar el monitoreo y control del equipo de bombeo.

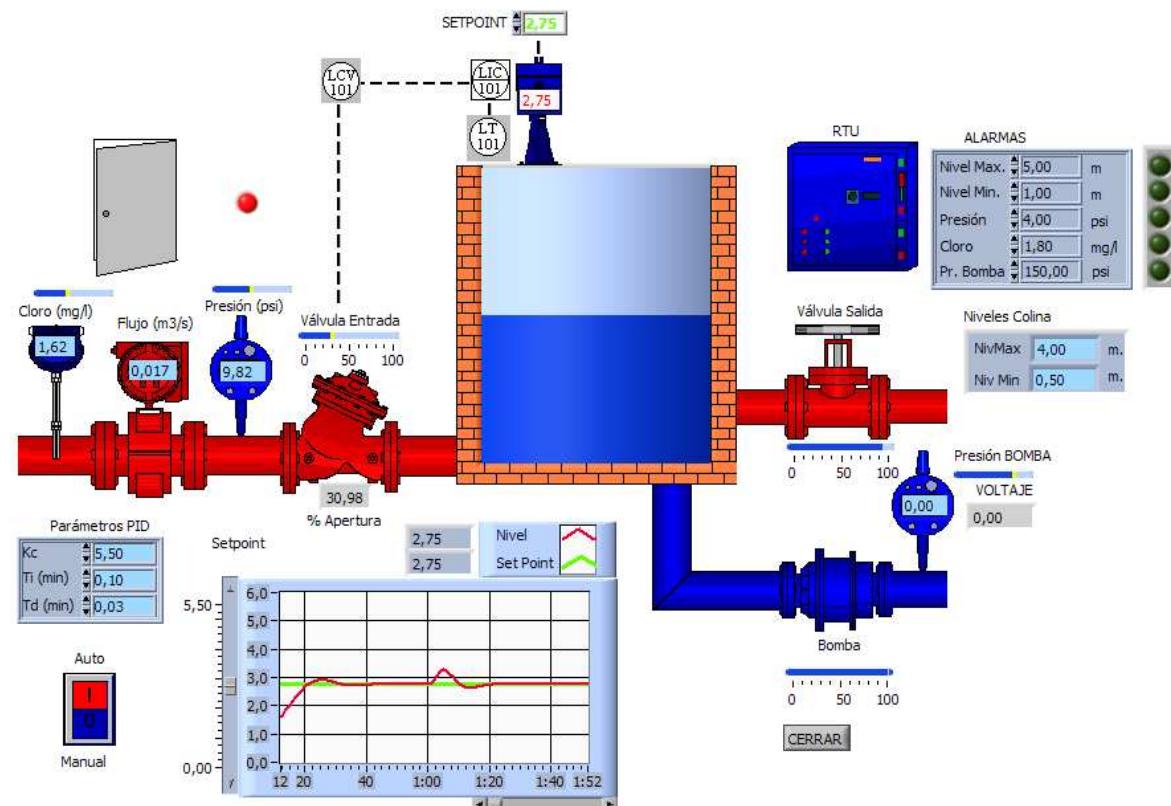


FIGURA 3.19 Simulación de una Estación de Bombeo

Se emplean las mismas subrutinas que en el tanque de distribución, por tanto el diagrama de bloques es similar, se emplea el control PID y la misma planta para simular el proceso, como se explicó anteriormente la carga del proceso varía cuando se varía la posición de la válvula de salida o cuando se activa la bomba.

Las subrutinas de reporte de alarmas y de generación de registro de datos, tienen algunas modificatorias, ya que en el primer caso se genera una alarma cuando la presión de la bomba desciende por debajo de un valor medio.

Para el caso de los históricos en la estación de bombeo, a más de las variables registradas en el tanque de distribución, es necesario llevar un registro del estado de la bomba, del voltaje de operación y de la presión de bombeo.

En la figura 3.20 se muestra el diagrama de bloques de la simulación de la estación de bombeo.

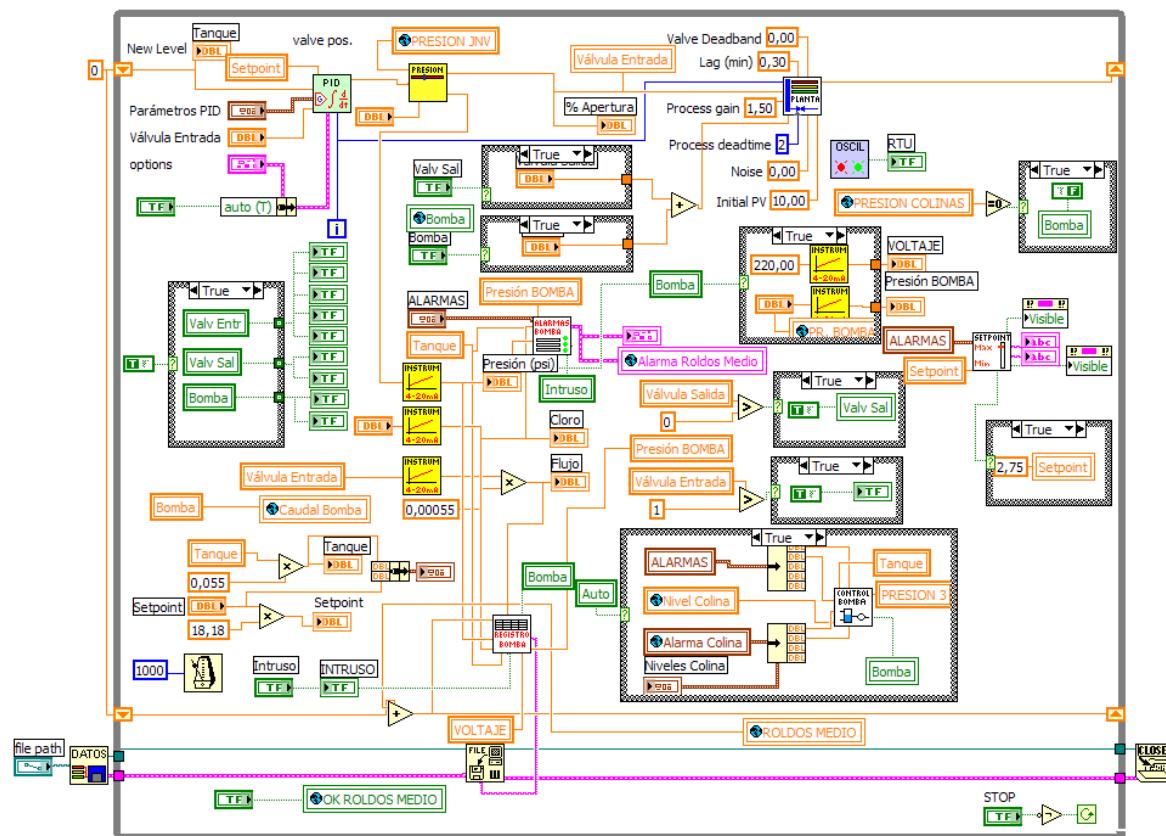


FIGURA 3.20 Diagrama de Bloques de la Simulación de una Estación de Bombeo

3.7.2.1 SUBRUTINA CONTROL DE BOMBEO

La operación del equipo de bombeo está controlada por el nivel del tanque de la estación de bombeo, y por el nivel del tanque de la estación Colinas del Norte Alto, para ello se utiliza la subrutina Control de Bombeo. Esta subrutina realiza automáticamente el encendido y el apagado de la bomba, siendo la lógica de operación la siguiente:

Se debe suspender la operación del equipo de bombeo, cuando el nivel del tanque de la estación de bombeo esté por debajo de un nivel mínimo, protegiendo de este modo al equipo de trabajar en condiciones de vacío. También se suspende la operación cuando el nivel del tanque Colinas Alto alcanza un nivel máximo, evitando el desborde del líquido en esta estación. Adicionalmente se suspende la operación cuando la presión de bombeo desciende por debajo de un cierto rango de su valor nominal.

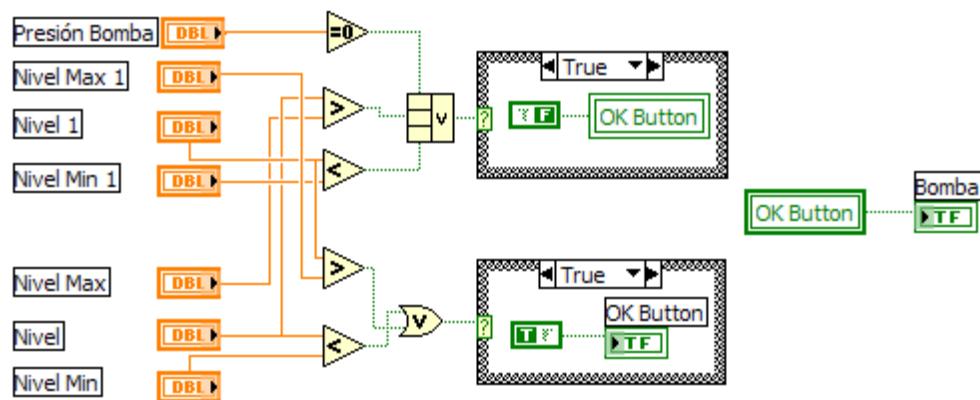


FIGURA 3.21 Diagrama de Bloques de la Subrutina Control de Bombeo

La operación del equipo de bombeo se da cuando el nivel del tanque de la estación de bombeo alcanza un nivel máximo, esta condición indica que la estación cuenta con un volumen suficiente de líquido para suministrar a la estación Colinas Alto. De igual manera cuando el nivel del tanque Colinas Alto se encuentra por debajo del nivel mínimo, la bomba se enciende garantizando de este modo el continuo abastecimiento de líquido. Para poder realizar el control de bombeo, es necesario disponer en el diagrama de bloques los valores de los niveles actual, máximo y mínimo del tanque de la estación Colinas Alto, estos se obtienen a partir de variables globales creadas en dicha estación.

De acuerdo a la lógica de control del equipo de bombeo, se observa que el tipo de control implementado en el tanque de la estación Colinas Alto, es del tipo ON/OFF, ya que la válvula de entrada permite el paso cuando el nivel del tanque es inferior a un valor mínimo, y se suspende cuando alcanza un valor máximo. Esta es la única estación que no utiliza el controlador PID, sin embargo emplea el mismo sistema de alarmas y registros.

3.7.3 PUNTO DE DISTRIBUCIÓN

Para realizar la simulación del punto de distribución, que corresponde a la estación Carcelén JNV, solamente se considera la salida a la línea de distribución Roldós, ya que ésta es el motivo de este estudio y análisis.

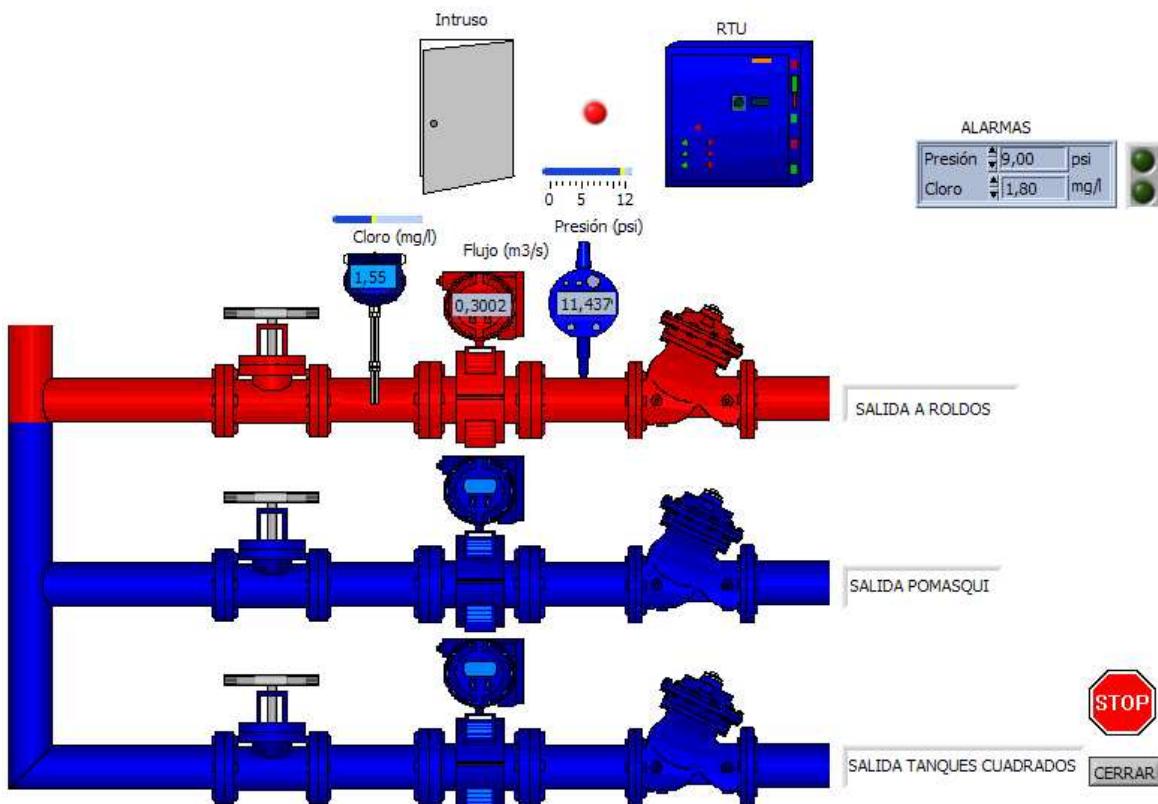


FIGURA 3.22 Simulación del Punto de Distribución Carcelén-Roldós

En este punto el flujo total de salida es igual a la suma de los flujos de entrada de todas las estaciones pertenecientes a la red de distribución Carcelén – Roldós, para ello se implementa la subrutina Caudales, la misma que realiza la acción de sumar los caudales de flujo instantáneos en la entrada de cada estación.

De igual forma que en las estaciones anteriores, se realiza el registro histórico de la presión, del contenido de cloro residual, del flujo, volumen total y del estado de seguridad de la estación, efectuando ciertas variaciones para las subrutinas que efectúan tal acción, ya que en este punto no se considera ningún tanque y se omite el nivel del líquido.

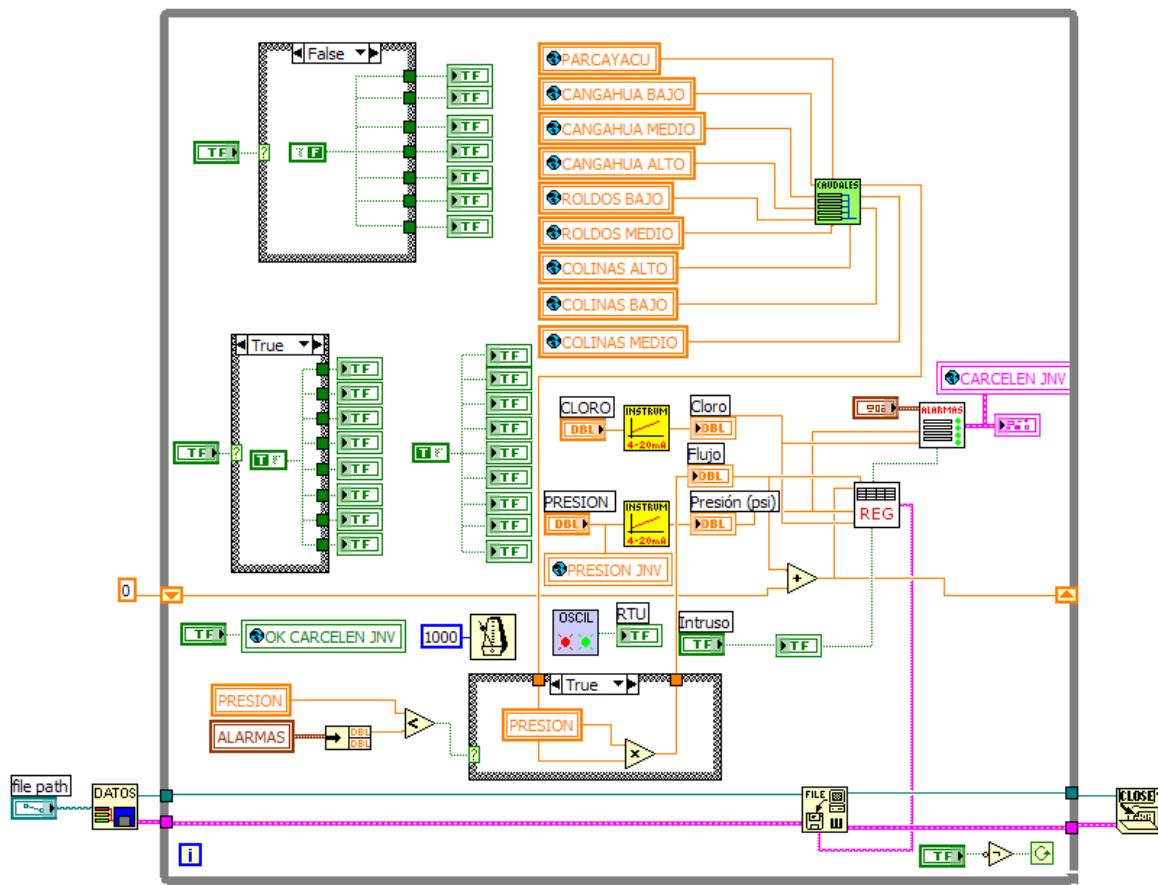


FIGURA 3.23 Diagrama de Bloques de la Simulación del Punto de Distribución

La subrutina Caudales como se muestra en la figura 3.24 realiza la suma de los caudales de todas las estaciones, con la implementación de comparadores, para evitar valor menores a cero.

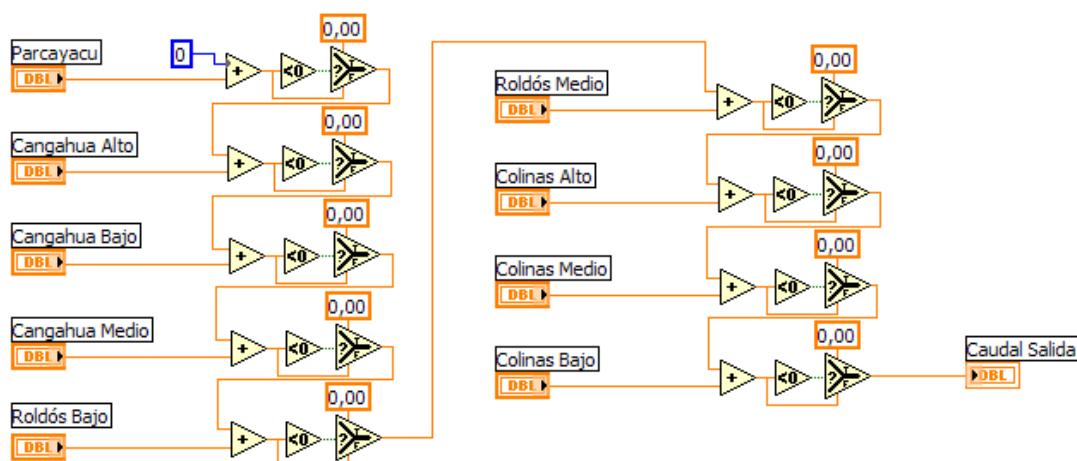


FIGURA 3.24 Diagrama de Bloques de la Subrutina Caudales

3.7.4 TABLERO PRINCIPAL

En el tablero principal se visualiza como está conformada la red de distribución de agua potable Carcelén – Roldós, y a la vez se visualizan las alarmas de cada una de las estaciones que conforman dicha red.



FIGURA 3.25 Tablero Principal

Desde aquí se puede tener acceso a cada una de las estaciones, con tan solo dar un click en el botón correspondiente, y para volver al tablero principal basta con dar un click en el botón cerrar de cada estación.

El proceso de simulación es simple, cada vez que este VI se ejecute, automáticamente se ejecutan todas las estaciones que comprenden dicho sistema ya que estas se encuentran fuera del lazo, por tanto automáticamente se crearán

los archivos de registro indicados en la sección 3.7.1. En caso de existir los archivos, el programa preguntará si desea reemplazar los mismos, en este caso es aconsejable realizar una copia de respaldo de los archivos anteriores en una carpeta específica que contenga la fecha del registro.

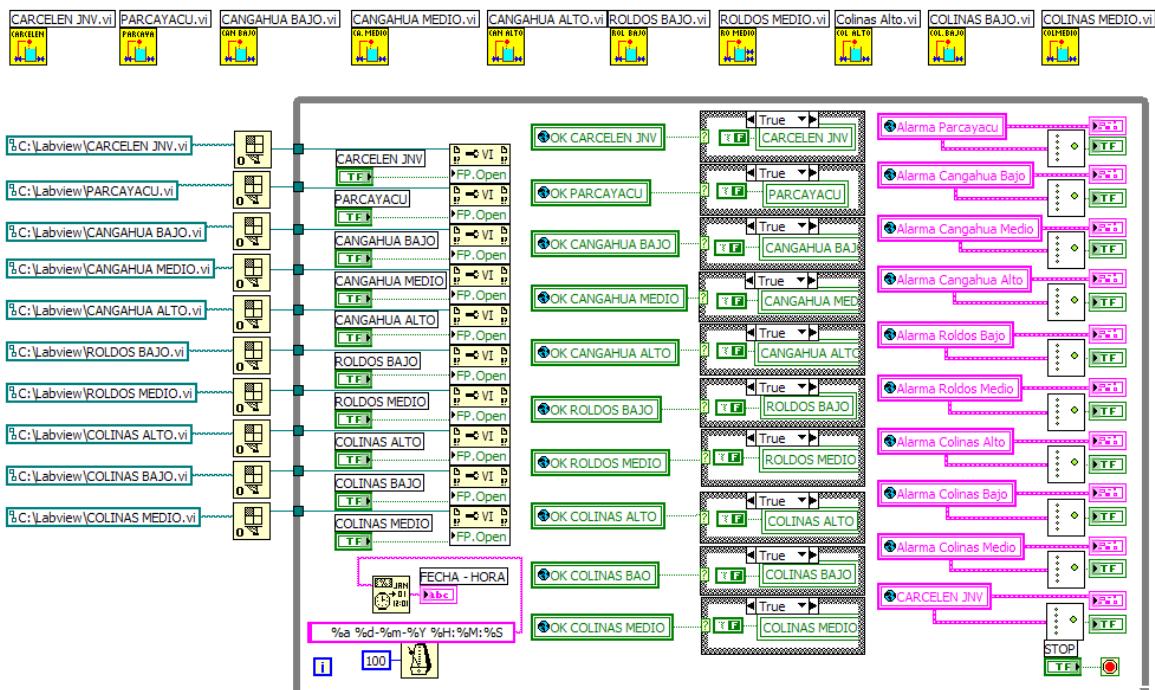


FIGURA 3.26 Diagrama de Bloques del Tablero Principal

Para llamar a cada una de las estaciones se utiliza el utilitario “Open VI Reference” el mismo que llama el archivo correspondiente a cada estación mediante un path y a través de un botón utilizando una propiedad de nodo se despliega el panel frontal de la respectiva estación, para cerrar el mismo se usa una variable global del botón cerrar, para poner un falso en el botón que abre el panel principal.

Para visualizar las condiciones de alarmas de cada estación, se crean variables globales de los clusters de las alarmas en cada uno de los diagramas de bloques, y se los ejecuta en el del tablero principal conectándolos a otro cluster de visualización. En caso de existir una alarma de fuera de rango, basta con abrir el respectivo panel frontal para tomar la acción correspondiente de monitoreo o de control.

3.8 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN

En esta sección se indican los resultados obtenidos en la simulación. Ya que el principio de operación es el mismo para 7 estaciones tipo tanque de distribución, se realiza la simulación en cada una de ella, para diferentes valores de las constantes del PID, con el objeto de observar la respuesta y en base a los resultados, definir las mejores condiciones para la operación. Se incluye también los resultados obtenidos en la estación de bombeo Roldós Medio, y en el caso particular que se realiza el control ON/OFF en la estación Colinas del Norte Alto.

3.8.1 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN TANQUE ROLDOS BAJO

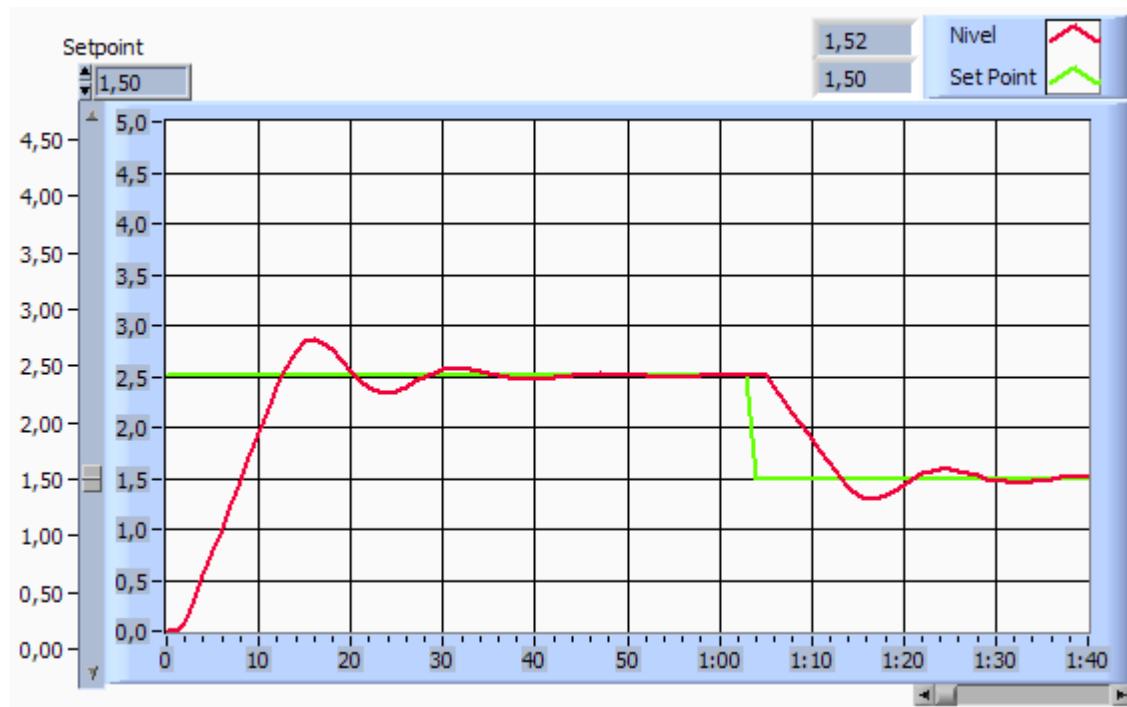


FIGURA 3.27 Resultados en LabVIEW Simulación Tanque Roldós Bajo

En la figura 3.27 se observa, el resultado del comportamiento del nivel del tanque Roldós Bajo obtenido en LabVIEW, el setpoint corresponde a un valor de 2.5 m. y está representado en línea verde, mientras que la respuesta del nivel del tanque se representa en línea roja y se puede ver la respuesta para los valores de las ganancias iguales a: $K_c = 7.00$, $T_i = 0.05$ y $T_d = 0.01$. Una vez que se estabiliza el sistema se realiza una variación del setpoint para observar la respuesta del controlador.

DIA	FECHA	HORA	FLUJO (m ³ /s)	VOLUMEN (m ³)	PRESION (psi)	CLORO (mg/l)	NIVEL (m)	SEGURIDAD
Mar	29/01/2008	16H:48m:25s	0,000173	0,000173	9,871531	1,422556	0	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:25s	0,050173	0,050346	9,841019	1,293444	0	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:26s	0,050144	0,10049	9,76467	1,391079	0	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:27s	0,050157	0,150647	9,861814	1,516679	0,025716	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:28s	0,050114	0,200761	9,671411	1,524543	0,231794	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:29s	0,050114	0,250875	9,771287	1,25967	0,407345	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:30s	0,050195	0,30107	9,790305	1,39091	0,571974	INTRUSO
Mar	29/01/2008	16H:48m:31s	0,050138	0,351208	9,901627	1,387957	0,724547	INTRUSO
Mar	29/01/2008	16H:48m:32s	0,050092	0,4013	9,938513	1,394451	0,868097	INTRUSO
Mar	29/01/2008	16H:48m:33s	0,05013	0,45143	9,774598	1,435751	1,006644	INTRUSO
Mar	29/01/2008	16H:48m:34s	0,050187	0,501617	9,882666	1,619183	1,142404	INTRUSO
Mar	29/01/2008	16H:48m:35s	0,050113	0,55173	9,886587	1,482647	1,277481	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:36s	0,049361	0,601091	9,863041	1,659891	1,413098	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:37s	0,045667	0,646758	9,911558	2,871954	1,549794	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:38s	0,039105	0,685863	9,973137	3,005281	1,687439	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:39s	0,03034	0,716204	9,872895	3,046648	1,8252	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:40s	0,021068	0,737271	9,828476	2,887524	1,961515	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:41s	0,012787	0,750058	9,799473	2,830176	2,094063	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:42s	0,006796	0,756854	9,82427	2,89715	2,219816	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:43s	0,003283	0,760136	10,047794	2,771616	2,335243	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:44s	0,002695	0,762832	9,943036	2,757419	2,436724	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:45s	0,004354	0,767186	0,301627	2,941374	2,521133	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:46s	0,007774	0,77496	0,252969	2,868885	2,586413	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:47s	0,011939	0,7869	0,199584	2,90311	2,631939	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:48s	0,016409	0,803308	0,182631	2,922781	2,65856	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:49s	0,020056	0,823364	0,281153	2,975584	2,668357	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:50s	0,022668	0,846032	0,344175	2,873571	2,664237	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:51s	0,024102	0,870134	0,264978	2,718938	2,64952	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:52s	0,024196	0,89433	0,112615	2,87985	2,62757	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:53s	0,023367	0,917697	0,031083	2,977127	2,601536	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:54s	0,021581	0,939278	0,320368	3,085914	2,574167	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:55s	0,019574	0,958852	0,189936	2,975394	2,547713	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:56s	0,017696	0,976549	0,02102	2,943929	2,523873	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:57s	0,015953	0,992501	0,103208	2,890267	2,503796	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:58s	0,014921	1,007422	0,172839	2,852721	2,488115	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:48m:59s	0,014334	1,021756	0,213566	2,817947	2,47701	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:49m:00s	0,014445	1,036201	7,205991	2,856003	2,47029	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:49m:01s	0,014973	1,051174	6,996565	3,03753	2,467489	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:49m:02s	0,015872	1,067046	7,209897	1,458636	2,467956	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:49m:03s	0,000173	0,000173	6,938274	1,422736	2,470945	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:49m:04s	0,050173	0,050346	7,076484	1,519447	2,475689	NORMAL

TABLA 3.2 Resultados Obtenidos en Excel de la Simulación Tanque Roldós Bajo

En la tabla 3.2 se muestran los valores obtenidos en el archivo generado en Excel, estos datos corresponden a las primeras 40 iteraciones, para efectos de la demostración y poder visualizar los resultados, se han realizado pruebas variando las condiciones de operación de las variables, en rojo se muestra como varía los datos de presión, en verde los de cloro y en azul el estado de seguridad de la estación. En la figura 3.28 se indica una gráfica obtenida en Excel a partir de los datos mencionados.

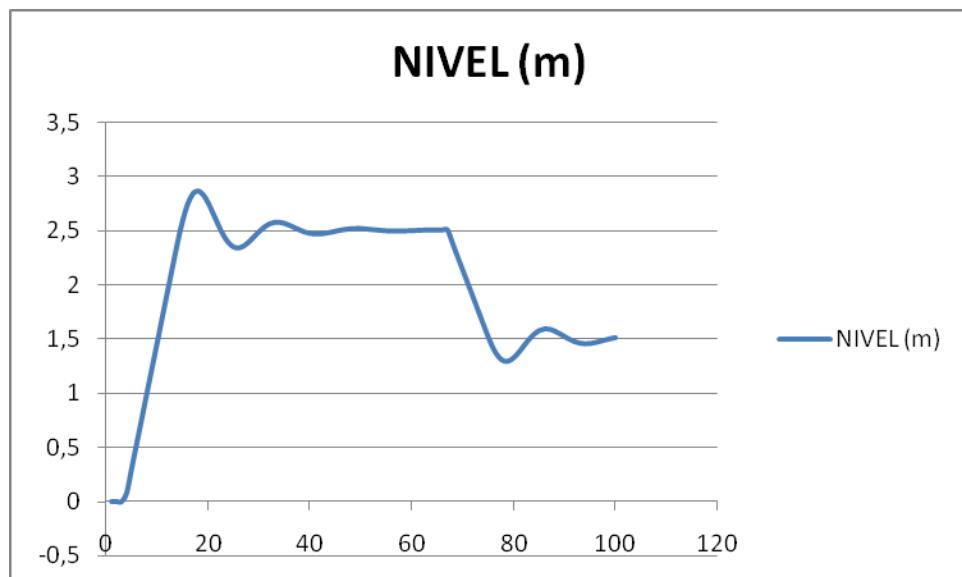


FIGURA 3.28 Gráfica Obtenida a Partir de los Resultados Generados en Excel Tanque Roldós Bajo

El tamaño del archivo obtenido para 86400 muestras equivalentes a un día de operación, es alrededor de los 6.8 MBytes. Esto nos da una referencia de la capacidad de almacenamiento de datos que puede tener el computador del Centro de Control.

A continuación se muestran, los resultados obtenidos en todas las estaciones, de igual modo, como se explicó, se varían los valores de las constantes del PID y las condiciones de operación.

3.8.2 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN TANQUE CANGAHUA ALTO

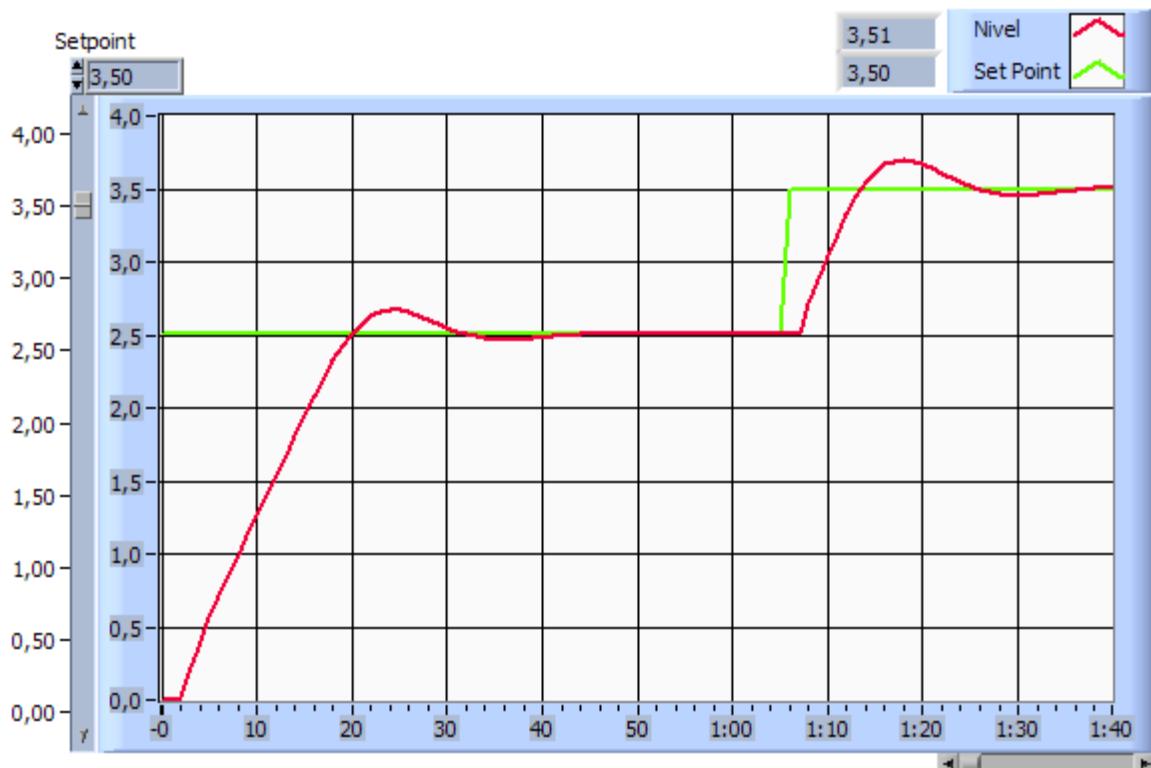


FIGURA 3.29 Resultados en LabVIEW Simulación Tanque Cangahua Alto

$$K_c = 5.00 \quad T_i = 0.08 \quad T_d = 0.02$$

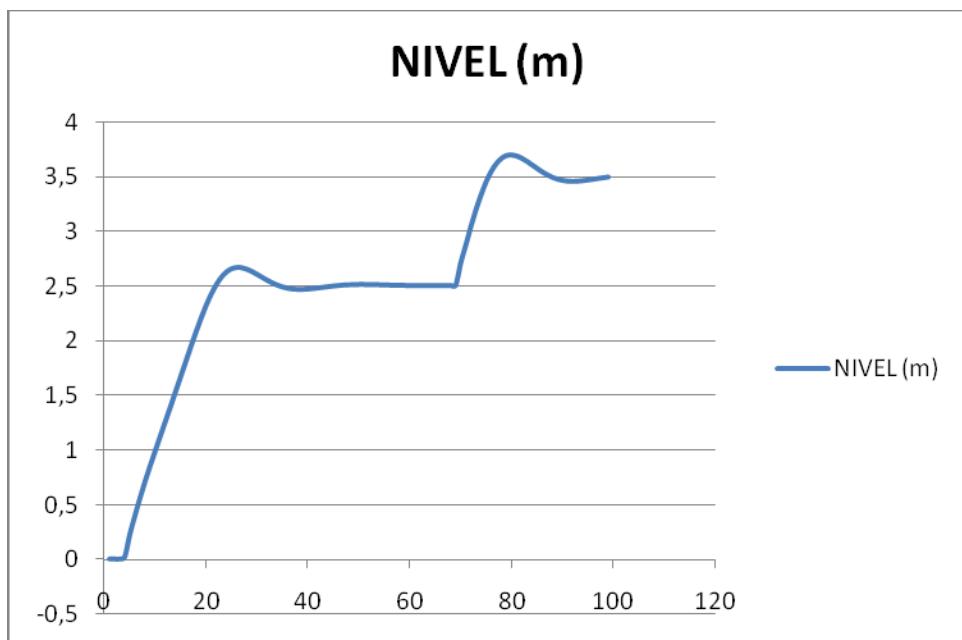


FIGURA 3.30 Gráfica Obtenida a Partir de los Resultados Generados en Excel Tanque Cangahua Alto

DIA	FECHA	HORA	FLUJO (m ³ /s)	VOLUMEN (m ³)	PRESION (psi)	CLORO (mg/l)	NIVEL (m)	SEGURIDAD
Mar	29/01/2008	16H:52m:28s	0,000104	0,000104	0,271626	3,095459	0	INTRUSO
Mar	29/01/2008	16H:52m:29s	0,075193	0,075297	0,219665	3,29025	0	INTRUSO
Mar	29/01/2008	16H:52m:30s	0,075194	0,150491	0,437744	3,383904	0	INTRUSO
Mar	29/01/2008	16H:52m:31s	0,075184	0,225675	0,351776	3,229289	0,01948	INTRUSO
Mar	29/01/2008	16H:52m:32s	0,06678	0,292455	0,115586	3,266255	0,225559	INTRUSO
Mar	29/01/2008	16H:52m:33s	0,065122	0,357576	0,45538	3,160285	0,396332	INTRUSO
Mar	29/01/2008	16H:52m:34s	0,062195	0,419771	0,031134	3,182546	0,55982	INTRUSO
Mar	29/01/2008	16H:52m:35s	0,060009	0,479779	0,042501	3,472452	0,710978	INTRUSO
Mar	29/01/2008	16H:52m:36s	0,058914	0,538693	0,399946	3,123363	0,853607	INTRUSO
Mar	29/01/2008	16H:52m:37s	0,058262	0,596956	0,409785	3,054625	0,991558	INTRUSO
Mar	29/01/2008	16H:52m:38s	0,058161	0,655117	0,369825	3,228787	1,12683	INTRUSO
Mar	29/01/2008	16H:52m:39s	0,058296	0,713414	0,194035	3,152621	1,261547	INTRUSO
Mar	29/01/2008	16H:52m:40s	0,058673	0,772086	0,297431	3,213064	1,396878	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:41s	0,05881	0,830896	0,060292	3,348745	1,533373	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:42s	0,059067	0,889963	0,119292	3,421241	1,670933	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:43s	0,05862	0,948583	0,12978	3,289713	1,808773	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:44s	0,057711	1,006294	10,767577	3,169971	1,945402	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:45s	0,056515	1,062809	10,766049	1,333939	2,07858	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:46s	0,054104	1,116913	10,731128	1,210989	2,205349	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:47s	0,050774	1,167687	10,470444	1,560626	2,322219	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:48s	0,046758	1,214445	10,680026	1,297317	2,425552	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:49s	0,042209	1,256654	10,48319	1,476299	2,512132	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:50s	0,037541	1,294195	10,624338	1,292518	2,579749	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:51s	0,033051	1,327245	10,550506	1,3401	2,627603	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:52s	0,02898	1,356225	10,53512	1,528985	2,656376	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:53s	0,025573	1,381798	10,585708	1,45555	2,668023	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:54s	0,022963	1,404761	10,588503	1,390629	2,665378	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:55s	0,021079	1,42584	10,591587	1,391697	2,651732	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:56s	0,020263	1,446103	10,527342	1,303736	2,630461	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:57s	0,019719	1,465822	10,73013	1,377891	2,604752	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:58s	0,019758	1,48558	10,722948	1,41974	2,577407	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:52m:59s	0,020524	1,506104	10,853799	1,524904	2,55074	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:53m:00s	0,021254	1,527358	10,621265	1,502748	2,526516	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:53m:01s	0,022386	1,549744	10,84672	1,300371	2,505947	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:53m:02s	0,023412	1,573156	10,768686	1,297128	2,489726	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:53m:03s	0,024608	1,597765	10,66772	1,304791	2,47808	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:53m:04s	0,025486	1,623251	10,698624	1,487613	2,470861	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:53m:05s	0,026216	1,649467	10,635253	1,53554	2,467627	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:53m:06s	0,026903	1,67637	10,808399	1,418641	2,467746	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:53m:07s	0,027252	1,703622	10,630857	1,254967	2,470478	NORMAL
Mar	29/01/2008	16H:53m:08s	0,027519	1,731141	10,665299	1,427493	2,475055	NORMAL

TABLA 3.3 Resultados Obtenidos en Excel de la Simulación Tanque Cangahua Alto

3.8.3 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN TANQUE CANGAHUA MEDIO



FIGURA 3.31 Resultados en LabVIEW Simulación Tanque Cangahua Medio

$$K_c = 5.00 \quad T_i = 0.08 \quad T_d = 0.02$$

En este caso la variación de la variable de proceso se debe a que se cierra totalmente la válvula de salida.

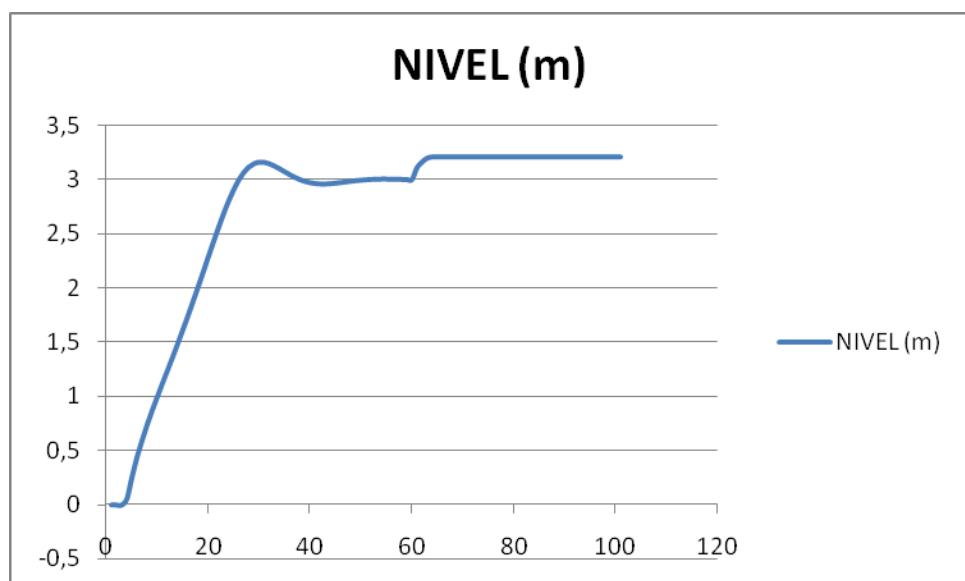


FIGURA 3.32 Gráfica Obtenida a Partir de los Resultados Generados en Excel Tanque Cangahua Medio

DIA	FECHA	HORA	FLUJO (m ³ /s)	VOLUMEN (m ³)	PRESION (psi)	CLORO (mg/l)	NIVEL (m)	SEGURIDAD
Mar	29/01/2008	17H:06m:59s	0,000087	0,000087	10,039331	1,383141	0	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:00s	0,040123	0,04021	9,847278	1,55269	0	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:01s	0,040083	0,080294	9,849885	1,501429	0	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:02s	0,038819	0,119113	9,891493	1,564063	0,054272	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:03s	0,037656	0,156768	9,855311	1,326571	0,250412	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:04s	0,033803	0,190572	10,029996	1,540833	0,437088	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:05s	0,032372	0,222944	10,016212	1,561987	0,593978	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:07m:06s	0,030803	0,253747	9,823024	1,514724	0,738971	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:07m:07s	0,029841	0,283588	9,913339	1,383408	0,871781	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:07m:08s	0,029549	0,313137	9,886086	0,218274	0,997448	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:07m:09s	0,029336	0,342473	9,742479	0,190623	1,119524	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:07m:10s	0,029393	0,371866	9,778379	0,073521	1,240362	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:07m:11s	0,029643	0,401509	9,955896	3,335903	1,361938	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:07m:12s	0,0299	0,431409	9,978525	3,248993	1,485461	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:07m:13s	0,030292	0,4617	0,373448	3,272664	1,611683	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:07m:14s	0,030738	0,492438	0,099341	3,23489	1,740955	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:07m:15s	0,03108	0,523518	0,323832	3,419768	1,873275	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:07m:16s	0,031333	0,554851	0,045869	3,363724	2,008312	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:07m:17s	0,031459	0,58631	0,209129	3,077666	2,14537	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:07m:18s	0,031384	0,617694	9,686391	3,216264	2,283314	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:07m:19s	0,030948	0,648642	9,817254	3,262672	2,42047	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:07m:20s	0,030254	0,678896	10,011838	1,829407	2,554538	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:21s	0,028984	0,70788	9,944689	1,689265	2,682563	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:22s	0,027308	0,735188	9,730237	1,609148	2,801068	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:23s	0,025293	0,76048	9,894094	1,854487	2,906395	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:24s	0,02284	0,78332	9,826191	1,761657	2,995244	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:25s	0,020432	0,803752	9,844892	1,738282	3,065267	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:26s	0,017949	0,821701	9,921213	1,740695	3,115491	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:27s	0,015674	0,837375	9,892036	1,814284	3,146441	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:28s	0,013829	0,851204	9,840652	1,624056	3,159948	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:29s	0,012441	0,863645	9,926473	1,756384	3,158776	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:30s	0,011352	0,874997	9,769221	1,739631	3,14619	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:31s	0,010795	0,885792	9,714654	1,648595	3,125582	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:32s	0,010607	0,896398	9,935454	1,663774	3,100176	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:33s	0,010542	0,90694	9,8158	1,905225	3,072835	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:34s	0,010867	0,917806	9,907867	1,632201	3,045933	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:35s	0,011257	0,929063	9,918155	1,820489	3,021306	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:36s	0,011812	0,940875	9,919495	1,855832	3,00023	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:37s	0,012448	0,953323	9,874269	1,8001	2,983456	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:38s	0,013025	0,966348	9,885797	1,806043	2,971263	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:07m:39s	0,013587	0,979935	9,721422	1,831753	2,963539	NORMAL

TABLA 3.4 Resultados Obtenidos en Excel de la Simulación Tanque Cangahua Medio

3.8.4 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN TANQUE CANGAHUA BAJO



FIGURA 3.33 Resultados en LabVIEW Simulación Tanque Cangahua Bajo

$$K_c = 3.50 \quad T_i = 0.10 \quad T_d = 0.04$$

En este caso la variación de la variable de proceso se debe a que se abre totalmente la válvula de salida.

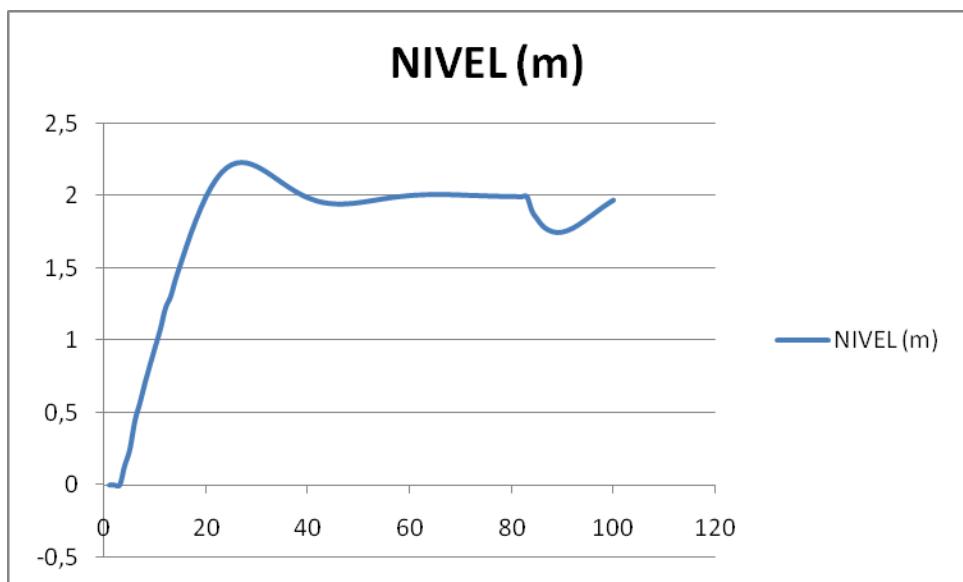


FIGURA 3.34 Gráfica Obtenida a Partir de los Resultados Generados en Excel Tanque Cangahua Bajo

DIA	FECHA	HORA	FLUJO (m ³ /s)	VOLUMEN (m ³)	PRESION (psi)	CLORO (mg/l)	NIVEL (m)	SEGURIDAD
Mar	29/01/2008	17H:30m:25s	0,000119	0,000119	9,766738	1,479044	0	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:26s	0,055067	0,055186	9,95316	1,640439	0	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:27s	0,055184	0,11037	9,78856	1,451919	0	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:28s	0,038578	0,148947	9,965051	1,39835	0,134235	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:29s	0,054523	0,203471	9,868002	1,482553	0,246847	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:30s	0,041313	0,244784	10,007702	1,314447	0,445494	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:31s	0,043235	0,288019	9,767833	1,416866	0,571968	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:32s	0,041329	0,329348	10,004386	1,263518	0,70995	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:33s	0,040546	0,369894	9,744496	1,382916	0,837171	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:34s	0,04024	0,410134	9,82461	1,369386	0,959568	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:35s	0,041874	0,452008	9,766846	1,448943	1,079964	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:36s	0,035038	0,487046	9,812997	1,365723	1,225115	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:37s	0,040693	0,527739	9,727768	1,514948	1,304947	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:38s	0,037747	0,565486	9,951174	1,307536	1,427849	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:39s	0,037918	0,603404	9,927746	1,422883	1,534704	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:40s	0,036907	0,640311	9,877772	1,548462	1,641988	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:41s	0,035642	0,675954	9,743502	1,688518	1,74287	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:42s	0,03431	0,710263	9,850427	1,392717	1,83693	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:43s	0,032483	0,742747	10,017833	1,597459	1,923	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:44s	0,030751	0,773498	9,692394	1,518814	1,999493	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:45s	0,028749	0,802247	9,829374	1,539772	2,065549	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:46s	0,026863	0,82911	9,966939	1,615481	2,120488	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:47s	0,024887	0,853996	9,939097	1,637081	2,164117	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:48s	0,023018	0,877014	9,66732	1,504351	2,196652	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:49s	0,021487	0,898501	9,696076	1,379798	2,218657	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:50s	0,019898	0,918399	9,975293	1,242014	2,230979	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:51s	0,018616	0,937016	9,789167	1,569095	2,234652	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:52s	0,017478	0,954493	9,97692	1,445927	2,230825	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:53s	0,016648	0,971141	9,799034	1,633274	2,220698	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:54s	0,015887	0,987028	9,947418	1,303064	2,205473	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:55s	0,015369	1,002397	9,96209	1,467728	2,186322	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:56s	0,015216	1,017613	9,908078	1,526208	2,164357	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:57s	0,014979	1,032592	9,788872	1,484325	2,140611	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:58s	0,014948	1,04754	9,863704	1,457581	2,116028	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:30m:59s	0,015114	1,062654	9,704805	1,550379	2,091445	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:31m:00s	0,015403	1,078057	9,905156	1,522148	2,067589	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:31m:01s	0,015613	1,09367	9,890553	1,50828	2,045069	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:31m:02s	0,016125	1,109795	9,941696	1,297655	2,024372	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:31m:03s	0,016498	1,126293	9,924123	1,220871	2,005867	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:31m:04s	0,016877	1,14317	9,852694	1,273238	1,989806	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:31m:05s	0,017431	1,160601	9,732814	1,517005	1,976332	NORMAL

TABLA 3.5 Resultados Obtenidos en Excel de la Simulación Tanque Cangahua Bajo

3.8.5 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN TANQUE PARCAYACU



FIGURA 3.35 Resultados en LabVIEW Simulación Tanque Parcayacu

$K_c = 6.00$ $T_i = 0.08$ $T_d = 0.01$

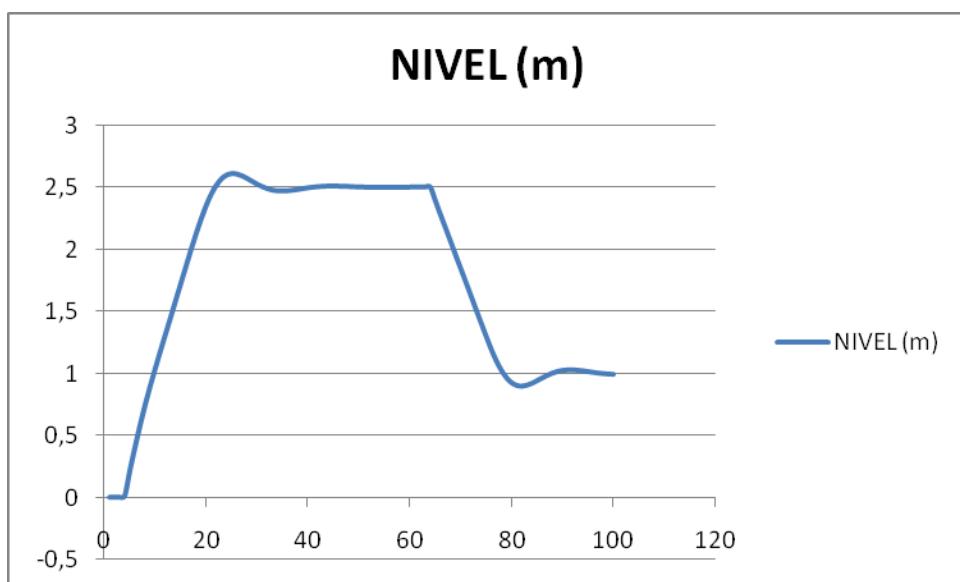


FIGURA 3.36 Gráfica Obtenida a Partir de los Resultados Generados en Excel Tanque Parcayacu

DIA	FECHA	HORA	FLUJO (m ³ /s)	VOLUMEN (m ³)	PRESION (psi)	CLORO (mg/l)	NIVEL (m)	SEGURIDAD
Mar	29/01/2008	17H:43m:08s	0,03982	0,03982	9,755151	1,577095	0	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:08s	0,046074	0,085894	9,711942	1,435557	0	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:09s	0,046112	0,132006	9,825776	1,505508	0	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:10s	0,046213	0,178219	9,791803	1,461639	0,011495	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:11s	0,043377	0,221596	9,8823	1,421366	0,214252	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:12s	0,042094	0,26369	9,820839	1,42997	0,401618	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:13s	0,040129	0,303819	9,81649	1,415524	0,580223	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:43m:14s	0,038374	0,342193	9,808308	1,469041	0,745313	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:43m:15s	0,036996	0,379189	0,172692	1,320386	0,897873	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:43m:16s	0,0363	0,415489	0,173814	1,382041	1,041831	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:43m:17s	0,035893	0,451382	0,384792	1,338497	1,180249	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:43m:18s	0,03583	0,487211	0,442237	1,473728	1,316128	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:43m:19s	0,035971	0,523182	0,075282	1,431344	1,451579	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:43m:20s	0,036052	0,559234	0,041427	1,608626	1,587708	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:43m:21s	0,036123	0,595356	8,638209	1,464952	1,724626	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:43m:22s	0,035702	0,631058	8,826224	3,377092	1,861414	INTRUSO
Mar	29/01/2008	17H:43m:23s	0,03496	0,666018	8,545554	3,074406	1,996147	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:24s	0,033698	0,699716	8,627074	3,340755	2,125945	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:25s	0,031908	0,731624	8,565484	3,285842	2,24713	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:26s	0,029489	0,761113	8,871333	1,559995	2,355597	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:27s	0,026577	0,78769	8,623005	1,801028	2,447422	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:28s	0,023537	0,811227	8,627894	1,781845	2,519606	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:29s	0,020541	0,831768	8,673071	1,740663	2,570713	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:30s	0,017834	0,849602	8,829226	1,62483	2,601163	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:31s	0,01563	0,865232	8,64679	1,681185	2,613106	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:32s	0,01413	0,879363	8,672648	1,633821	2,609969	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:33s	0,013093	0,892456	8,58416	1,634934	2,595867	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:34s	0,012617	0,905073	8,66708	1,609053	2,575029	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:35s	0,012645	0,917718	8,700586	1,503493	2,551345	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:36s	0,013189	0,930907	8,532745	1,772648	2,528048	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:37s	0,013731	0,944638	8,634874	1,654748	2,507548	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:38s	0,014499	0,959137	8,655214	1,741859	2,491379	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:39s	0,015146	0,974282	8,57986	1,707575	2,48025	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:40s	0,015853	0,990136	8,639945	1,648021	2,474169	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:41s	0,01638	1,006515	8,692798	1,566074	2,472604	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:42s	0,016815	1,02333	8,726592	1,784742	2,474672	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:43s	0,016968	1,040298	8,61721	1,665002	2,479312	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:44s	0,01716	1,057458	8,832736	1,754841	2,48544	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:45s	0,016964	1,074422	8,870218	1,635213	2,492071	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:46s	0,016924	1,091346	8,683816	1,741737	2,498393	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:43m:47s	0,016739	1,108085	8,713986	1,676536	2,503821	NORMAL

TABLA 3.6 Resultados Obtenidos en Excel de la Simulación Tanque Parcayacu

3.8.6 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN TANQUE COLINAS BAJO

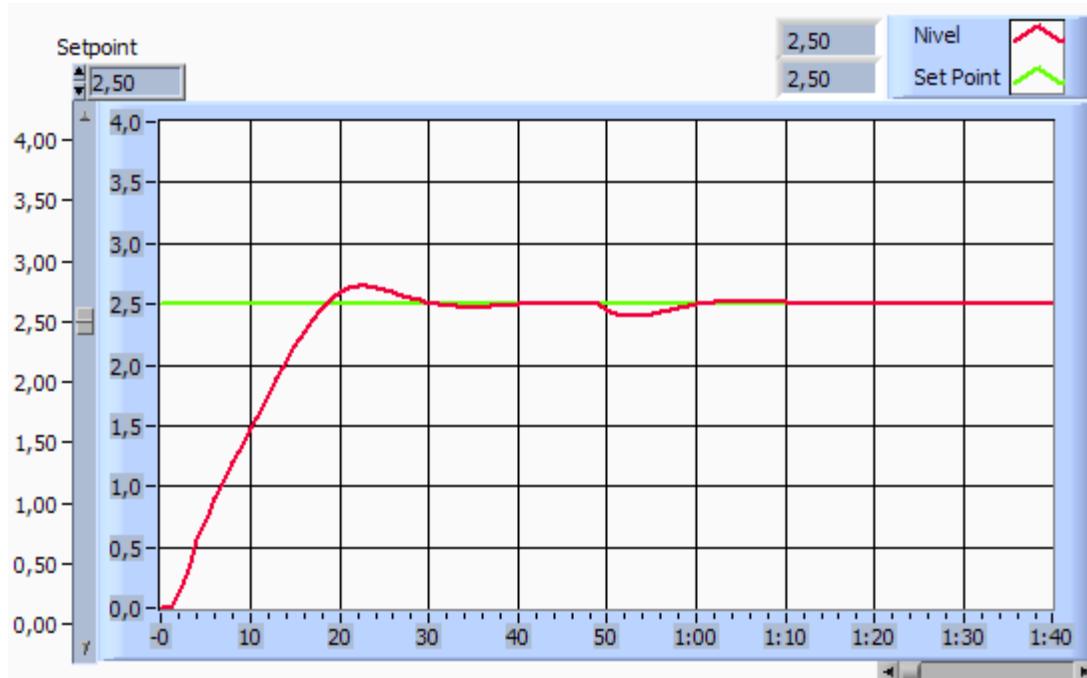


FIGURA 3.37 Resultados en LabVIEW Simulación Tanque Colinas Bajo

$$K_c = 6.00 \quad T_i = 0.08 \quad T_d = 0.02$$

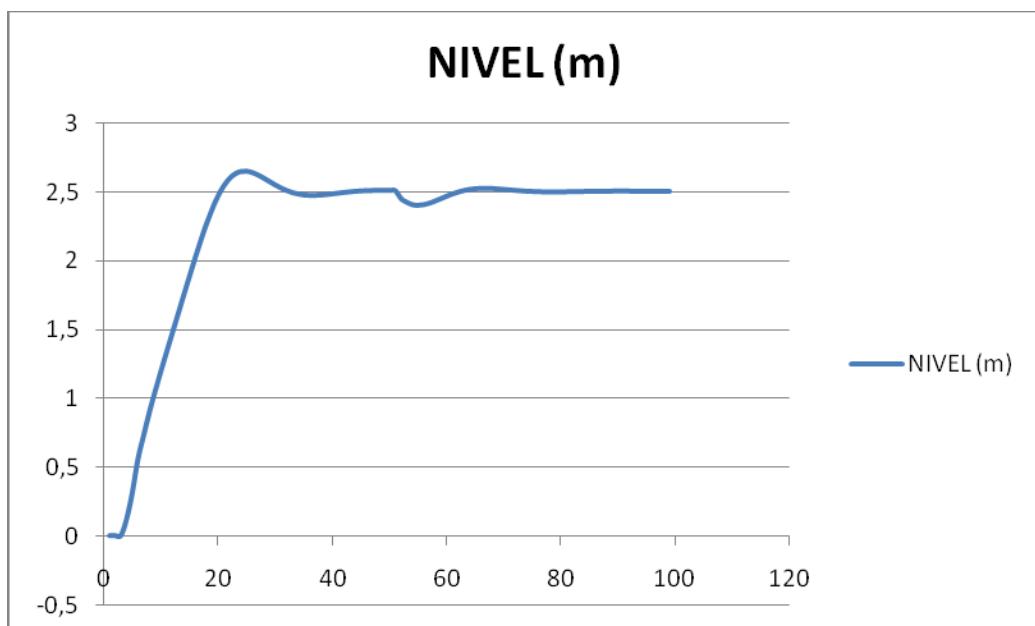


FIGURA 3.38 Gráfica Obtenida a Partir de los Resultados Generados en Excel Tanque Colinas Bajo

DIA	FECHA	HORA	FLUJO (m ³ /s)	VOLUMEN (m ³)	PRESION (psi)	CLORO (mg/l)	NIVEL (m)	SEGURIDAD
Mar	29/01/2008	17H:57m:12s	0,007652	0,007652	9,844286	1,567259	0	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:13s	0,055014	0,062666	9,851011	1,457698	0	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:14s	0,055126	0,117792	9,872449	1,453404	0	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:15s	0,042315	0,160108	9,81067	1,37093	0,121648	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:16s	0,051755	0,211862	9,745018	1,365468	0,313584	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:17s	0,038814	0,250677	10,056107	1,359308	0,559345	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:18s	0,038368	0,289045	9,681583	1,492839	0,731557	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:19s	0,035455	0,3245	9,929887	1,427444	0,900342	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:20s	0,033857	0,358357	9,916295	1,411163	1,0525	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:21s	0,033311	0,391668	9,764219	1,334032	1,195924	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:22s	0,032955	0,424623	9,95373	1,510276	1,335948	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:23s	0,032914	0,457536	9,877893	1,421325	1,473926	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:24s	0,032969	0,490506	9,918811	1,465465	1,611775	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:25s	0,032634	0,52314	9,866445	1,374911	1,749546	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:26s	0,032281	0,555421	9,807134	1,324186	1,886442	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:27s	0,031398	0,586819	9,866294	1,415673	2,020694	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:28s	0,029829	0,616648	9,80337	1,600198	2,149624	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:29s	0,027683	0,644331	9,977179	1,630532	2,269865	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:30s	0,024922	0,669253	9,842512	1,480035	2,377712	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:31s	0,021818	0,691071	10,019789	1,349078	2,469688	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:32s	0,018335	0,709407	10,025601	1,392266	2,543184	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:33s	0,014903	0,724309	9,803474	1,571431	2,596965	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:34s	0,011871	0,736181	9,958634	1,412723	2,631357	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:35s	0,009191	0,745372	9,708826	1,248622	2,648093	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:36s	0,007224	0,752596	9,702897	1,340936	2,649926	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:37s	0,005716	0,758312	9,945154	1,419618	2,64017	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:38s	0,004828	0,76314	9,783316	1,309793	2,62228	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:39s	0,00452	0,76766	9,844522	1,345558	2,599532	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:40s	0,004774	0,772434	9,862454	1,387791	2,574804	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:41s	0,005023	0,777457	9,874793	1,276446	2,550449	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:42s	0,005695	0,783153	9,807449	1,480748	2,528247	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:43s	0,006342	0,789495	10,004661	1,540315	2,509398	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:44s	0,007117	0,796612	10,052673	1,247182	2,494568	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:45s	0,007798	0,80441	10,049689	1,503185	2,483961	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:46s	0,008369	0,81278	9,812506	1,486119	2,477405	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:47s	0,008834	0,821614	9,96441	1,642187	2,474457	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:48s	0,009238	0,830851	9,859956	1,53031	2,474498	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:49s	0,009566	0,840417	9,849863	1,424947	2,476821	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:50s	0,009662	0,850079	9,710211	1,492317	2,480711	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:51s	0,009762	0,859841	9,660334	1,663011	2,485498	NORMAL
Mar	29/01/2008	17H:57m:52s	0,009835	0,869676	9,761616	1,547726	2,490599	NORMAL

TABLA 3.7 Resultados Obtenidos en Excel de la Simulación Tanque Colinas Bajo

3.8.7 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN TANQUE COLINAS MEDIO

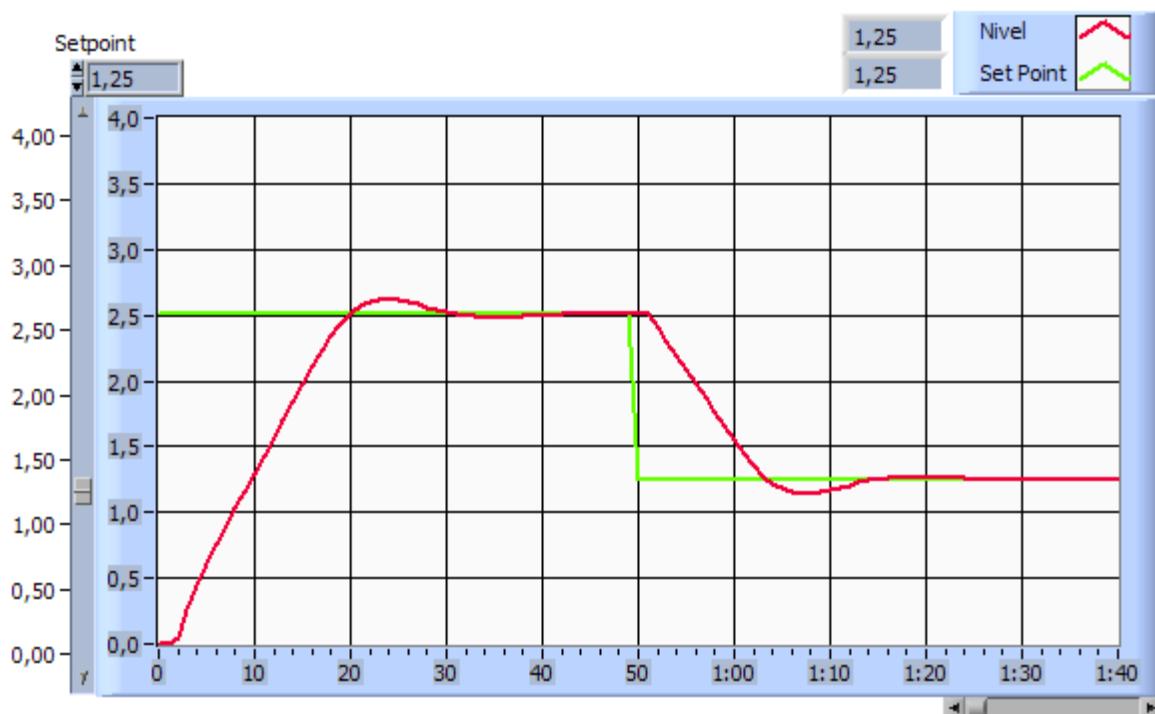


FIGURA 3.39 Resultados en LabVIEW Simulación Tanque Colinas Medio

$K_c = 7.00$ $T_i = 0.08$ $T_d = 0.01$

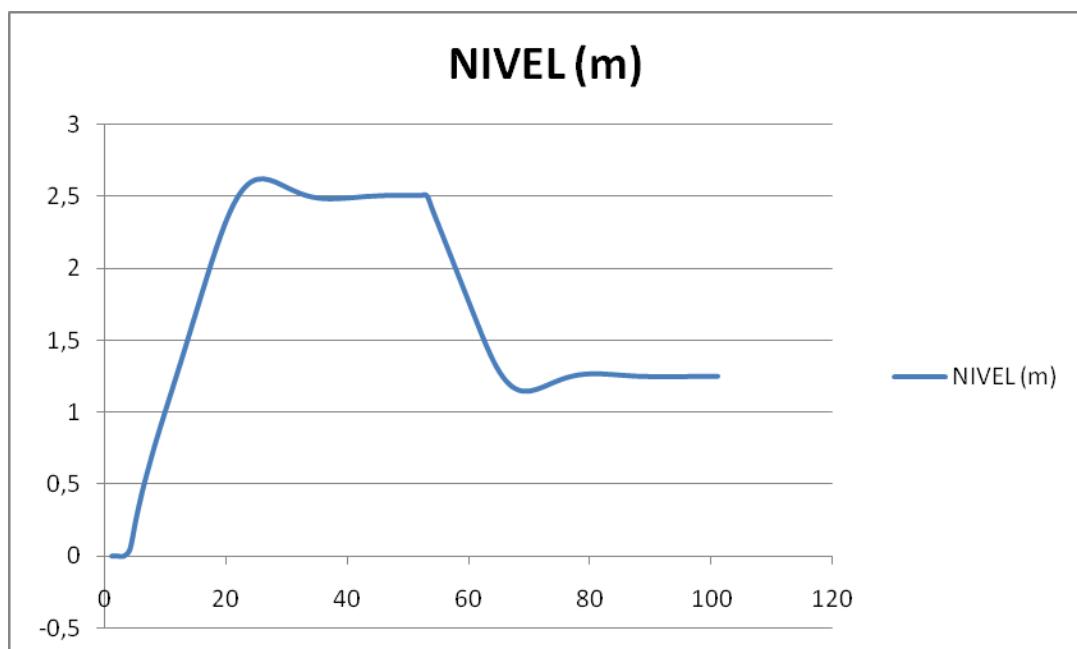


FIGURA 3.40 Gráfica Obtenida a Partir de los Resultados Generados en Excel Colinas Medio

DIA	FECHA	HORA	FLUJO (m ³ /s)	VOLUMEN (m ³)	PRESION (psi)	CLORO (mg/l)	NIVEL (m)	SEGURIDAD
Mar	29/01/2008	18H:04m:00s	0,007635	0,007635	9,654696	1,457194	0	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:01s	0,050242	0,057877	9,981139	1,410127	0	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:02s	0,050109	0,107987	9,649354	1,446214	0	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:03s	0,050082	0,158068	9,850275	1,54452	0,045372	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:04s	0,046721	0,204789	9,661681	1,495208	0,254416	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:05s	0,042674	0,247464	9,807723	1,349868	0,442014	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:06s	0,040812	0,288276	9,945035	1,312579	0,603475	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:07s	0,039076	0,327351	9,994186	1,496324	0,753983	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:08s	0,038382	0,365733	9,835698	1,453975	0,893693	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:09s	0,038172	0,403905	9,795594	1,336382	1,028861	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:10s	0,038186	0,442091	9,868931	1,504205	1,162274	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:11s	0,038421	0,480512	9,695979	1,376804	1,296003	INTRUSO
Mar	29/01/2008	18H:04m:12s	0,038629	0,519141	9,721187	1,348074	1,431223	INTRUSO
Mar	29/01/2008	18H:04m:13s	0,038969	0,55811	9,726874	1,674326	1,568117	INTRUSO
Mar	29/01/2008	18H:04m:14s	0,038836	0,596946	9,777519	1,51208	1,706164	INTRUSO
Mar	29/01/2008	18H:04m:15s	0,03852	0,635466	9,799414	1,350756	1,844062	INTRUSO
Mar	29/01/2008	18H:04m:16s	0,037668	0,673133	9,860228	1,497054	1,979742	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:17s	0,036321	0,709454	9,8236	1,598496	2,110363	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:18s	0,034396	0,74385	0,295439	1,311796	2,232429	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:19s	0,03181	0,775661	0,252592	1,371624	2,34211	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:20s	0,028925	0,804586	0,159267	1,313815	2,435807	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:21s	0,025715	0,830301	11,060094	1,55547	2,510828	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:22s	0,022547	0,852847	10,965133	1,447113	2,56594	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:23s	0,019916	0,872764	10,882269	1,305672	2,60158	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:24s	0,017556	0,890319	11,107254	1,315563	2,619676	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:25s	0,015872	0,906192	11,173105	1,384007	2,623207	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:26s	0,014662	0,920853	11,05857	1,47234	2,615678	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:27s	0,014073	0,934926	10,980194	1,542043	2,600648	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:28s	0,013714	0,94864	10,998398	1,39791	2,581387	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:29s	0,013913	0,962553	11,00923	1,456255	2,560664	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:30s	0,014167	0,97672	11,184777	1,62538	2,540636	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:31s	0,014644	0,991364	11,120422	1,427681	2,522829	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:32s	0,015285	1,006649	10,945884	1,335407	2,508177	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:33s	0,015894	1,022543	11,191492	1,605289	2,497095	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:34s	0,016362	1,038905	11,067427	1,516658	2,489582	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:35s	0,016783	1,055687	10,984638	1,221809	2,485332	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:36s	0,017133	1,07282	11,059055	1,513382	2,483839	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:37s	0,017437	1,090257	11,133502	1,454298	2,484494	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:38s	0,017529	1,107786	11,080028	1,510495	2,486664	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:39s	0,01761	1,125395	10,858239	1,314001	2,489758	NORMAL
Mar	29/01/2008	18H:04m:40s	0,017589	1,142984	11,281251	1,420331	2,493261	NORMAL

TABLA 3.8 Resultados Obtenidos en Excel de la Simulación Tanque Colinas Medio

3.8.8 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN ESTACIÓN DE BOMBEO ROLDÓS MEDIO

La estación de bombeo corresponde a la estación Roldós Medio y como se explico anteriormente, el control de bombeo depende del nivel de esta estación y del nivel del tanque Colinas Alto al cual realiza es abastecimiento. En la figura 3.41 se observa el resultado de la simulación, se puede ver en la respuesta que el nivel representado en rojo sufre variaciones, cuando el equipo de bombeo empieza a operar (8 seg.) y cuando deja de hacerlo (1 min. 4 seg.), y para efectos de la demostración cuando se varía el set point del sistema, el que está representado en verde.



3.41 Resultados en LabVIEW Simulación Estación de Bombeo Roldós Medio

En la tabla 3.9, se observa una parte del archivo creado en Excel de la simulación de la Estación Roldós Medio, y los datos desplegados.

De igual manera que en el tanque de distribución, se pueden obtener los datos obtenidos en el archivo generado en Excel, para generar gráficas de las tendencias de las variables del proceso, como se muestra en la figura 3.42, en la

que se indica el comportamiento de los registros del nivel del tanque y de cloro residual.

DIA	FECHA	HORA	FLUJO (m ³ /s)	VOL (m ³)	PRESION (psi)	CLORO (mg/l)	NIVEL (m)	SEGU- RIDAD	BOMBA	VOLT. (V)	PR. BOMB. (psi)
Mar	29/01/2008	17H:38m:26s	0,0551	0,0997	9,7559	1,3535	0,0000	NORMAL	APAGADO	0,000	0,000
Mar	29/01/2008	17H:38m:27s	0,0075	0,1072	9,8113	1,3047	0,5500	NORMAL	APAGADO	0,000	0,000
Mar	29/01/2008	17H:38m:28s	0,0551	0,1623	9,8662	1,5734	0,5503	NORMAL	APAGADO	0,000	0,000
Mar	29/01/2008	17H:38m:29s	0,0456	0,2079	9,6087	1,4241	0,8496	NORMAL	APAGADO	0,000	0,000
Mar	29/01/2008	17H:38m:30s	0,0552	0,2631	9,9292	1,5030	0,7730	NORMAL	APAGADO	0,000	0,000
Mar	29/01/2008	17H:38m:31s	0,0385	0,3016	9,8723	1,4265	1,0727	NORMAL	APAGADO	0,000	0,000
Mar	29/01/2008	17H:38m:32s	0,0376	0,3392	9,9949	1,4130	1,2979	NORMAL	APAGADO	0,000	0,000
Mar	29/01/2008	17H:38m:33s	0,0278	0,3669	9,9090	1,4060	1,5976	NORMAL	ENCENDIDO	0,000	0,000
Mar	29/01/2008	17H:38m:34s	0,0300	0,3969	9,9374	1,5624	1,7662	NORMAL	ENCENDIDO	220,16	240,32
Mar	29/01/2008	17H:38m:35s	0,0404	0,4373	9,8713	1,5442	1,7763	NORMAL	ENCENDIDO	220,42	240,24
Mar	29/01/2008	17H:38m:36s	0,0524	0,4897	9,7868	1,3396	1,7092	NORMAL	ENCENDIDO	220,12	240,44
Mar	29/01/2008	17H:38m:37s	0,0552	0,5449	10,0243	1,4538	1,6600	NORMAL	ENCENDIDO	220,21	240,06
Mar	29/01/2008	17H:38m:38s	0,0552	0,6001	9,7689	1,5847	1,6930	NORMAL	ENCENDIDO	220,39	240,24
Mar	29/01/2008	17H:38m:39s	0,0548	0,6549	9,9873	1,5581	1,8197	NORMAL	ENCENDIDO	220,10	240,21

TABLA 3.9 Resultados Obtenidos en Excel de la Simulación de la Estación Roldós Medio

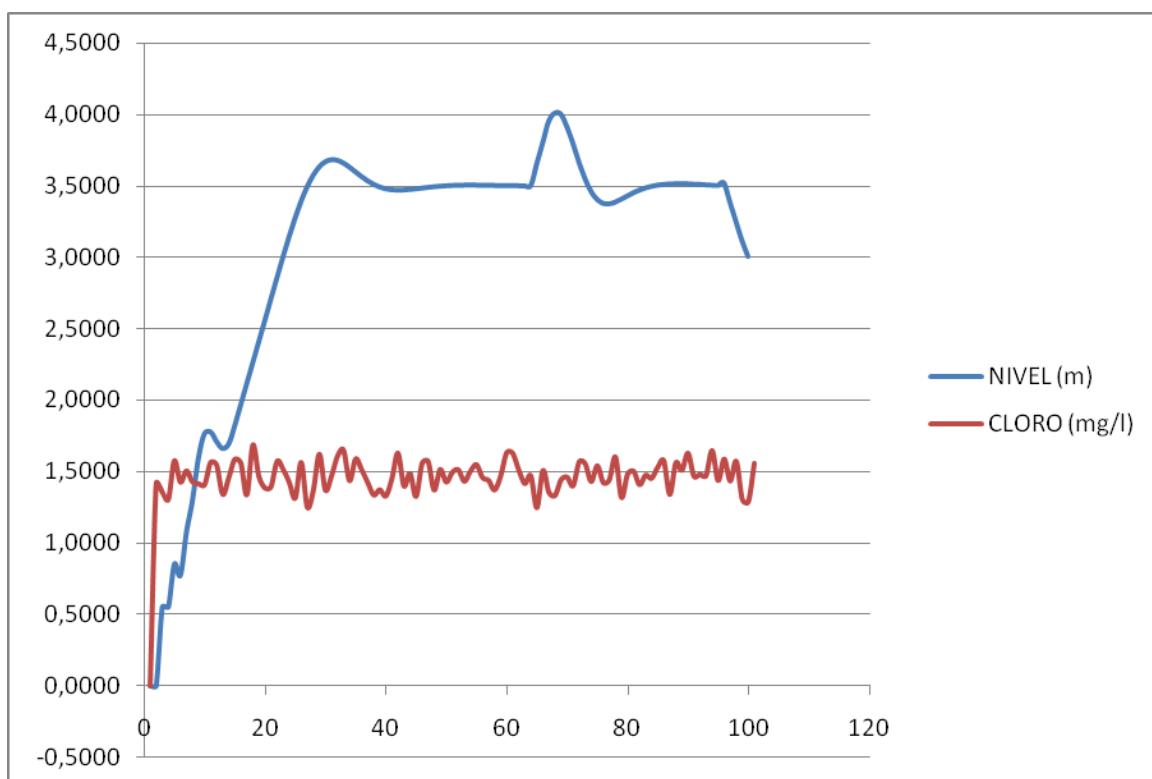
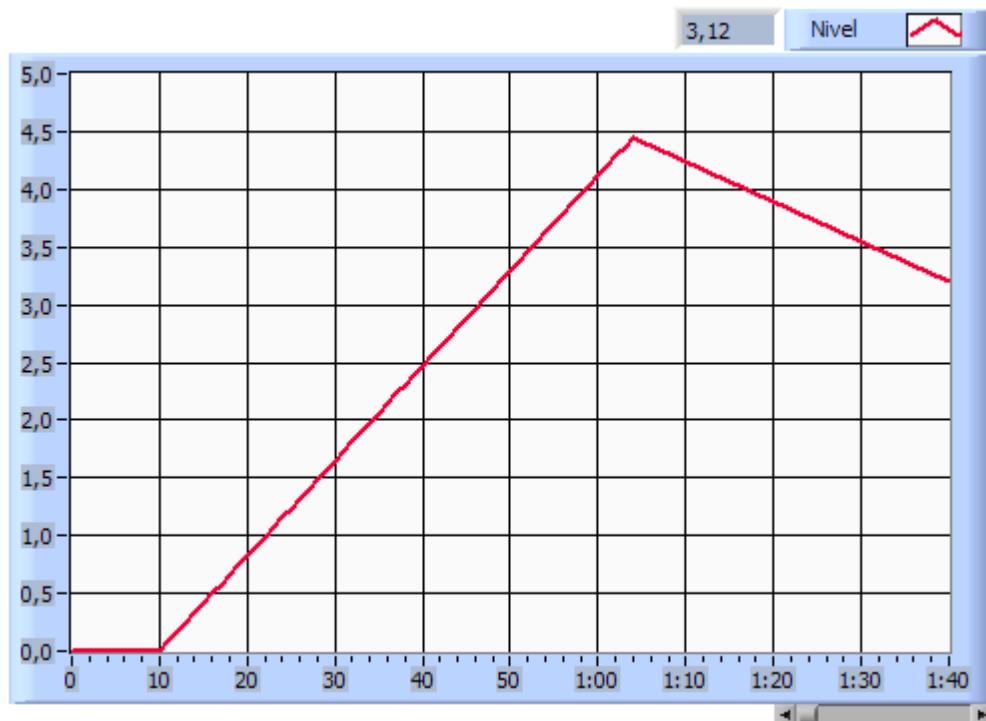


FIGURA 3.42 Gráfica Obtenida a Partir de los Resultados Generados en Excel Estación Roldós Medio

3.8.9 RESULTADOS DE LA SIMULACIÓN TANQUE COLINAS ALTO

La estación de Bombeo Roldós Medio es la encargada de abastecer de líquido a la estación Colinas del Norte Alto, y precisamente de los niveles del tanque de esta estación, depende la operación del equipo de bombeo.



3.43 Resultados en LabVIEW Simulación Estación Colinas del Norte Alto

La simulación de esta estación difiere del resto de estaciones, ya que no se realiza el control de nivel con el PID, sino un control ON/OFF. En la figura 3.43 se indica el comportamiento del nivel del líquido, se puede observar que este varía entre los niveles mínimo y máximo y al realizar una comparación con la figura 3.41, coinciden con las variaciones en la operación del equipo de bombeo.

En la figura 3.44 se muestra el comportamiento a partir de los datos obtenidos en Excel.

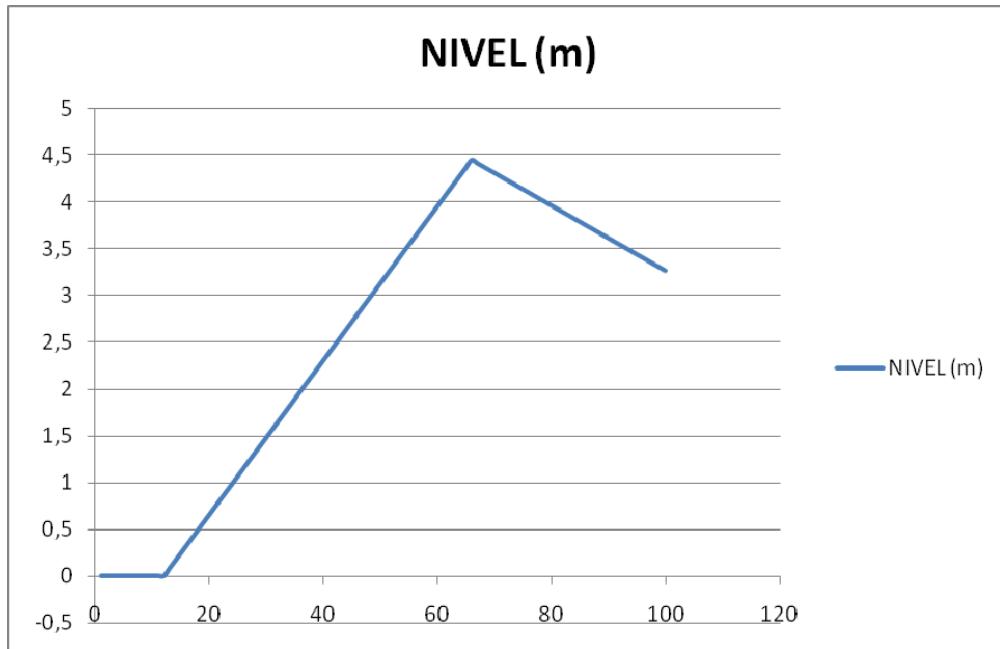


FIGURA 3.44 Gráfica Obtenida a Partir de los Resultados Generados en Excel (Estación Colinas Alto)

3.9 ANÁLISIS DE LOS RESULTADOS

Hay que indicar que la simulación de control de nivel responde a un modelo matemático teórico, presentando la práctica real alguna diferencia, se debe estar conscientes de que la regulación depende en gran medida de las características del proceso concreto y por lo tanto es importante la experiencia que se tenga sobre el mismo.

Por otra parte, la acción de control de un regulador nunca puede ser la solución óptima de control, sencillamente porque su respuesta solo depende del error (diferencia entre setpoint y realimentación), sin conocer en absoluto cómo responderá el proceso, las desviaciones deben corregirse antes de que se manifiesten o de lo contrario será demasiado tarde y aparecerán oscilaciones.

Cada regulador se caracteriza por determinados parámetros ajustables cuyos valores óptimos se pueden determinar por diversos procedimientos, que van desde la simple prueba y error hasta la sintonía analítica, pasando por otros procedimientos con dificultad progresiva. En el ajuste de los parámetros tiene un papel importante la experiencia sobre el proceso que se deba regular.

CAPÍTULO 4

ANÁLISIS DE COSTOS

Para realizar el análisis de costos es necesario identificar las necesidades del proyecto en que se va a invertir, así como los beneficios tanto empresariales como económicos que se obtendrían con la implementación del mismo. Algunos de los costos o elementos de los mismos son aproximados, por lo que el estudio económico no representa datos exactos, los mismos que se podrían obtener en el momento mismo de realizar la adquisición y la instalación, en el caso de tomar una decisión de poner en marcha el estudio propuesto.

En este capítulo se muestran los costos de equipamiento, materiales e instalación en base al diagnóstico y al diseño del proyecto. Los valores se encuentran en dólares americanos, y se los ha obtenido de diferentes proveedores de las marcas más prestigiosas y conocidas que se encuentran en el mercado local.

4.1 SISTEMA DE COMUNICACIONES

ESTACIONES	MICROONDAS 5800MHz CPE	CABLE COAXIAL IF (m)	ANT. PARABOL. 2 PIES/4 PIES(*) / 6PIES(**)	TORRE (m)
CARCELEN JNV	1	29	1	EXISTE
ROLDOS BAJO	1	29	1	12
ROLDOS MEDIO	1	44	1	12
CANGAHUA ALTO	1	28	1	12
CANGAHUA MEDIO	1	27	1	12
CANGAHUA BAJO	1	28	1	12
PARCAYACU	1	25	1	12
COLINAS BAJO	1	28	1	12
COLINAS MEDIO	1	26	1	12
COLINAS ALTO	1	69	1	12

TABLA 4.1 Materiales Para El Sistema de Comunicaciones

Para determinar las necesidades de materiales a emplear, se debe considerar tanto el sistema de comunicaciones como el de instrumentación, adicionalmente

la implementación de una estación de control; y en base a ello, realizar una lista general de materiales.

En la tabla 4.1 se indican las cantidades de materiales concernientes al sistema de comunicaciones, incluyendo los sistemas de microondas, el cable coaxial necesario con sus respectivos conectores, las antenas de comunicación y las torres necesarias para su instalación.

4.2 SISTEMA DE INSTRUMENTACIÓN

EQUIPOS DE INSTRUMENTACION														
Nº	ESTACIÓN	Medidor de nivel (NIVEL CONTINUO)	Medidor de Flujo (FLUJO ENTRADA)	Totalizador de Flujo (FLUJO ENTRADA)	Medidor de presión (PRESIÓN ENTRADA)	Medidor de presión (PRESIÓN BOMBEO)	Sensor de Cloro Residual (Cl. RESIDUAL)	Arrancador de Motor (ESTADO BOMBA)	Medidor de Voltaje y Corriente Motor	Válvula de altitud (Actuador eléctrico)	Válvula de salida	Sensor de movimiento (SEGURIDAD)	RTU (Completo) **	Tablero de protección de instrumentación
1	CARCELEN JNV	D	B*	A	A	D	A	D	D	D	A	A	A	A
2	ROLDOS BAJO	A	B*	A	A	D	A	D	D	C	A	A	A	A
3	ROLDOS MEDIO (EST. DE BOMBEO)	A	B*	A	A	A	A	B	B	C	B	A	A	A
4	CANGAHUA ALTO	A	B*	A	A	D	A	D	D	C	A	A	A	A
5	CANGAHUA MEDIO	A	B*	A	A	D	A	D	D	C	A	A	A	A
6	CANGAHUA BAJO	A	B*	A	A	D	A	D	D	C	A	A	A	A
7	PARCAYACU	A	B*	A	A	D	A	D	D	C	A	A	A	A
8	COLINAS DEL NORTE BAJO	A	B*	A	A	D	A	D	D	C	A	A	A	A
9	COLINAS DEL NORTE MEDIO	A	B*	A	A	D	A	D	D	C	A	A	A	A
10	COLINAS DEL NORTE ALTO	A	B*	A	A	A	A	B*	B*	A	B	A	A	A

A=	No dispone	C=	Se sugiere cambiar	** Consta de: Radio módem, Fuente de Poder, Módulos I/O, Caja NEMA 4, Fuente de Energía Alterna
B=	Existe	D=	No necesario	

TABLA 4.2 Materiales Para El Sistema de Instrumentación

En la tabla 4.2 constan todos los equipos de instrumentación necesarios para realizar la adquisición de datos y dependiendo de cada estación se indican las

diferentes necesidades, de acuerdo a 4 criterios, que han sido denominados por los índices: A, B, C y D.

A: La estación no dispone del equipo indicado

B: La estación dispone del equipo indicado. (Esto se basa en la tabla de resumen de estaciones remotas, donde se indica las características de cada elemento y su estado).

C: La estación dispone del equipo indicado, pero se sugiere realizar un cambio del equipo, debido a diferentes causas, entre ellas: el mismo se encuentra fuera de funcionamiento, el equipo no es apto para realizar el propósito del proyecto.

D: La estación no necesita el equipo indicado.

* Casos Particulares

En la siguiente tabla (4.3) se indican casos particulares para los medidores de flujo, ya que como se indicó en los capítulos anteriores, existen los medidores de flujo a la salida de los tanques de distribución, sin embargo de acuerdo a los requerimientos se necesita que éstos se encuentren a la entrada de los mismos.

Nº	ESTACIÓN	OBSERVACIONES
1	CARCELÉN JNV	* Medidores de flujo en salidas Pomasqui y tanque cuadrado. Salida a Roldós no tiene. Nuevo 16"
2	ROLDÓS BAJO	* Realizar el cambio del medidor de flujo existente en la salida, a la entrada. Tienen el mismo diámetro
3	ROLDÓS MEDIO (EST. DE BOMBEO)	* Cambiar por medidor de Flujo nuevo 18 "
4	CANGAHUA ALTO	* Realizar el cambio del medidor de flujo existente en la salida, a la entrada. Tienen el mismo diámetro
5	CANGAHUA MEDIO	* Realizar el cambio del medidor de flujo existente en la salida, a la entrada. Tienen el mismo diámetro
6	CANGAHUA BAJO	* Medidor de Flujo nuevo 12 "
7	PARCAYACU	* Medidor de Flujo nuevo 10 "
8	COLINAS DEL NORTE BAJO	* Medidor de Flujo nuevo 8 "
9	COLINAS DEL NORTE MEDIO	* Medidor de Flujo nuevo 8 "
10	COLINAS DEL NORTE ALTO	* Medidor de Flujo nuevo 14 "

TABLA 4.3 Casos Particulares Para los medidores de Flujo

Por tanto con el objeto de minimizar gastos y optimizar los recursos ya existentes, se propone realizar los cambios, adaptaciones o sugerencias indicados en la columna de observaciones de la tabla anterior.

Para dimensionar los RTU, es necesario conocer el número de entradas y salidas, tanto análogas como digitales que cada estación necesita. Por lo analizado anteriormente, un tanque de distribución y almacenamiento, necesitará para su respectivo RTU las siguientes entradas y salidas: 4 entradas analógicas para las señales de Nivel del tanque, Caudal de entrada, Presión de entrada y Concentración de cloro residual. 2 entradas digitales para las señales de seguridad como son el sensor de movimiento y el sensor magnético para puertas. 1 salida analógica para el controlador de la válvula de altitud. 1 salida digital para la alarma de seguridad.

Nº	ESTACIÓN	ENTRADAS		SALIDAS	
		ANALOGICAS	DIGITALES	ANALOGICAS	DIGITALES
1	CARCELEN JNV	12	4	1	2
2	ROLDOS BAJO	6	4	1	2
3	ROLDOS MEDIO (EST. DE BOMBEO)	13	4	1	8
4	CANGAHUA ALTO	6	4	1	2
5	CANGAHUA MEDIO	6	4	1	2
6	CANGAHUA BAJO	6	4	1	2
7	PARCAYACU	6	4	1	2
8	COLINAS DEL NORTE BAJO	6	4	1	2
9	COLINAS DEL NORTE MEDIO	6	4	1	2
10	COLINAS DEL NORTE ALTO	6	4	1	2

TABLA 4.4 Entradas y Salidas Analógicas y Digitales Para los RTU

Para el caso de una Estación de Bombeo, a más de las señales de un tanque de almacenamiento adicionalmente se requieren 3 entradas analógicas por cada bomba para las señales de Presión de bombeo, Voltaje y Corriente de la bomba. 1 entrada digital por cada bomba que indica el estado de la bomba, 2 salidas digitales para el encendido y apagado de las bombas.

En la tabla 4.5 se muestra de manera detallada para cada estación, la cantidad de equipos y materiales que en estas se necesitan.

Nº	ESTACIÓN	Medidor de nivel	Medidor de Flujo	Totalizador de Flujo	Medidor de presión Ent.	Medidor de presión Bom	Sensor de Cloro	Actuador eléctrico	Sensor de mov.	RTU	Tablero de protección	Microondas 5800 MHz	Cable coaxial	Antena Parabólica	Torre 12 m	Sistema de tierras	Pararrayos
1	CARCELÉN JNV	-	1	1	1	-	1	-	1	1	1	1	29	1	1	1	1
2	ROLDÓS BAJO	1	-	1	1	-	1	1	1	1	1	1	29	1	1	1	1
3	ROLDÓS MEDIO (EST. DE BOMBEO)	1	1	1	1	3	1	1	1	1	1	1	44	1	1	1	1
4	CANGAHUA ALTO	1	-	1	1	-	1	1	1	1	1	1	28	1	1	1	1
5	CANGAHUA MEDIO	1	-	1	1	-	1	1	1	1	1	1	27	1	1	1	1
6	CANGAHUA BAJO	1	-	1	1	-	1	1	1	1	1	1	28	1	1	1	1
7	PARCAYACU	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	25	1	1	1	1
8	COLINAS DEL NORTE BAJO	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	28	1	1	1	1
9	COLINAS DEL NORTE MEDIO	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	26	1	1	1	1
10	COLINAS DEL NORTE ALTO	1	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	69	1	1	1	1

TABLA 4.5 Resumen de Materiales

4.3 COSTOS DE LOS EQUIPOS

Una vez obtenidas las necesidades de los equipos es necesario determinar los costos de los equipos, para ello en la siguiente sección se hará un análisis detallado por cada estación y en base a este análisis, obtener un costo total del sistema.

Para resumir en tablas los costos de las diferentes estaciones, ya que en la mayoría de ellas se necesitan los mismos equipos, se va a subdividir y agrupar los costos en: Costos RTU y Costos Comunicaciones. Para el análisis de costos en lo que se refiere a la instrumentación, se lo hará de acuerdo a los requerimientos en cada estación.

4.3.1 COSTOS RTU TANQUES DE DISTRIBUCIÓN

A partir de la tabla 4.4, se observa que los tanques de distribución tienen igual número de entradas y salidas, analógicas y digitales, por tanto requieren el mismo equipamiento. En la tabla 4.6 se muestran los costos de este rubro.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO USD	TOTAL USD
1	Compact Field Point 2100	u	1	1794,00	1794,00
2	Módulo Entradas Analógicas 8 canales	u	1	660,00	660,00
3	Módulo Salidas Analógicas 8 canales	u	1	762,00	762,00
4	Módulo de Entradas/Salidas Digitales	u	1	396,00	396,00
5	Conector de Bloques	u	1	210,00	210,00
6	Panel de Montaje	u	1	540,00	540,00
7	Slot Backplane	u	1	18,00	18,00
8	DIN Rail Clip	u	1	18,00	18,00
9	Fuente de Poder PS-5 24 VDC 5 A	u	1	330,00	330,00
				SUBTOTAL	4728,00

TABLA 4.6 Costos RTU Tanques de Distribución

4.3.2 COSTOS RTU ESTACIÓN DE BOMBEO – PUNTO DE DISTRIBUCIÓN

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO USD	TOTAL USD
1	Compact Field Point 2100	u	1	1794,00	1794,00
2	Módulo Entradas Analógicas 16 canales	u	1	828,00	828,00
3	Módulo Salidas Analógicas 8 canales	u	1	762,00	762,00
4	Módulo de Entradas/Salidas Digitales	u	1	396,00	396,00
5	Conector de Bloques	u	3	210,00	630,00
6	Panel de Montaje	u	1	540,00	540,00
7	Slot Backplane	u	1	18,00	18,00
8	DIN Rail Clip	u	1	18,00	18,00
9	Fuente de Poder PS-5 24 VDC 5 A	u	1	330,00	330,00
				SUBTOTAL	5316,00

TABLA 4.7 Costos RTU Estación de Bombeo – Punto de Distribución

De igual forma, tanto en la estación de bombeo Roldós Medio como en el punto de distribución Carcelén JNV, los módulos de entrada y salidas, coinciden en sus especificaciones de acuerdo a la aplicación en cada una de ellas. Los costos se detallan en la tabla 4.7

4.3.3 COSTOS COMUNICACIONES

Para el sistema de comunicaciones se agrupa todos aquellos equipos que son comunes en todas las estaciones y que tienen las mismas especificaciones. El detalle se muestra en la tabla 4.8

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO USD	TOTAL USD
1	Switch Industrial 24 Puertos	u	1	897,22	897,22
2	UPS Interactivo	u	1	1370,00	1370,00
3	Radio Ethernet 5.8 GHZ	u	1	1551,33	1551,33
4	Sistema de Malla a Tierra	u	1	2500,00	2500,00
5	Sistema de Pararrayos	u	1	2071,43	2071,43
6	Instalación Pararrayos	u	1	400,00	400,00
7	Armario Caja Metálica 60 x 40 x 20 cm.	u	1	168,00	168,00
SUBTOTAL					8957,98

TABLA 4.8 Costos Comunicación

4.4 COSTOS DE EQUIPAMIENTO DE ESTACIONES

4.4.1 COSTOS CARCELÉN JNV

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO USD	TOTAL USD
1	Costos RTU	u	1	5316,00	5316,00
2	Medidor de Flujo Electromagnético 16"	u	1	10065,83	10065,83
3	Medidor de Presión Analógico 290 psi	u	4	675,67	2702,68
4	Analizador de Cloro Residual Libre	u	1	5457,46	5457,46
5	Protección Para Alimentación Instrumentación	u	1	112,70	112,70
6	Protección Para Salidas 4-20 mA.	u	1	82,96	82,96
7	Controlador de Válvula de Altitud	u	1	2213,19	2213,19
8	Costos Comunicaciones	u	1	8957,98	8957,98
9	Detector de Movimiento y Puerta	u	1	18,00	18,00
10	Cable Coaxial IF	m	29	2,50	72,50
SUBTOTAL					34999,30

TABLA 4.9 Costos Carcelén JNV

4.4.2 COSTOS ROLDÓS BAJO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO USD	TOTAL USD
1	Costos RTU	u	1	5148,00	5148,00
2	Medidor de Presión Analógico 290 psi	u	1	675,67	675,67
3	Medidor de Nivel Ultrasónico	u	1	1634,06	1634,06
4	Analizador de Cloro Residual Libre	u	1	5457,46	5457,46
5	Protección Para Alimentación Instrumentación	u	1	112,70	112,70
6	Protección Para Salidas 4-20 mA.	u	1	82,96	82,96
7	Controlador de Válvula de Altitud	u	1	2213,19	2213,19
8	Costos Comunicaciones	u	1	8957,98	8957,98
9	Torre de Base Triangular Autosoprtada	u	1	1670,05	1670,05
10	Detector de Movimiento y Puerta	u	1	18,00	18,00
11	Cable Coaxial IF	m	29	2,50	72,50
				SUBTOTAL	26042,57

TABLA 4.10 Costos Roldós Bajo

4.4.3 COSTOS ROLDÓS MEDIO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO USD	TOTAL USD
1	Costos RTU	u	1	5316,00	5316,00
2	Medidor de Flujo Electromagnético 16"	u	1	10065,83	10065,83
3	Medidor de Presión Analógico 290 psi	u	4	675,67	2702,68
4	Medidor de Nivel Ultrasónico	u	1	1634,06	1634,06
5	Analizador de Cloro Residual Libre	u	1	5457,46	5457,46
6	Protección Para Alimentación Instrumentación	u	1	112,70	112,70
7	Protección Para Salidas 4-20 mA	u	1	82,96	82,96
8	Controlador de Válvula de Altitud	u	1	2213,19	2213,19
9	Costos Comunicaciones	u	1	8957,98	8957,98
10	Torre de Base Triangular Autosoprtada	u	1	1670,05	1670,05
11	Detector de Movimiento y Puerta	u	1	18,00	18,00
12	Cable Coaxial IF	m	44	2,50	110,00
				SUBTOTAL	38340,91

TABLA 4.11 Costos Roldós Medio

4.4.4 COSTOS CANGAHUA ALTO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO USD	TOTAL USD
1	Costos RTU	u	1	5148,00	5148,00
2	Medidor de Presión Analógico 290 psi	u	1	675,67	675,67
3	Medidor de Nivel Ultrasónico	u	1	1634,06	1634,06
4	Analizador de Cloro Residual Libre	u	1	5457,46	5457,46
5	Protección Para Alimentación Instrumentación	u	1	112,70	112,70
6	Protección Para Salidas 4-20 mA.	u	1	82,96	82,96
7	Controlador de Válvula de Altitud	u	1	2213,19	2213,19
8	Costos Comunicaciones	u	1	8957,98	8957,98
9	Torre de Base Triangular Autosoprtada	u	1	1670,05	1670,05
10	Detector de Movimiento y Puerta	u	1	18,00	18,00
11	Cable Coaxial IF	m	28	2,50	70,00
				SUBTOTAL	26040,07

TABLA 4.12 Costos Cangahua Alto

4.4.5 COSTOS CANGAHUA MEDIO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO USD	TOTAL USD
1	Costos RTU	u	1	5148,00	5148,00
2	Medidor de Presión Analógico 290 psi	u	1	675,67	675,67
3	Medidor de Nivel Ultrasónico	u	1	1634,06	1634,06
4	Analizador de Cloro Residual Libre	u	1	5457,46	5457,46
5	Protección Para Alimentación Instrumentación	u	1	112,70	112,70
6	Protección Para Salidas 4-20 mA.	u	1	82,96	82,96
7	Controlador de Válvula de Altitud	u	1	2213,19	2213,19
8	Costos Comunicaciones	u	1	8957,98	8957,98
9	Torre de Base Triangular Autosoprtada	u	1	1670,05	1670,05
10	Detector de Movimiento y Puerta	u	1	18,00	18,00
11	Cable Coaxial IF	m	27	2,50	67,50
				SUBTOTAL	26037,57

TABLA 4.13 Costos Cangahua Medio

4.4.6 COSTOS CANGAHUA BAJO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO USD	TOTAL USD
1	Costos RTU	u	1	5148,00	5148,00
2	Medidor de Flujo Electromagnético 10"	u	1	5197,50	5197,50
3	Medidor de Presión Analógico 290 psi	u	1	675,67	675,67
4	Medidor de Nivel Ultrasónico	u	1	1634,06	1634,06
5	Analizador de Cloro Residual Libre	u	1	5457,46	5457,46
6	Protección Para Alimentación Instrumentación	u	1	112,70	112,70
7	Protección Para Salidas 4-20 mA	u	1	82,96	82,96
8	Controlador de Válvula de Altitud	u	1	2213,19	2213,19
9	Costos Comunicaciones	u	1	8957,98	8957,98
10	Torre de Base Triangular Autosoprtada	u	1	1670,05	1670,05
11	Detector de Movimiento y Puerta	u	1	18,00	18,00
12	Cable Coaxial IF	m	28	2,50	70,00
				SUBTOTAL	31237,57

TABLA 4.14 Costos Cangahua Bajo

4.4.7 COSTOS PARCAYACU

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO USD	TOTAL USD
1	Costos RTU	u	1	5148,00	5148,00
2	Medidor de Flujo Electromagnético 10"	u	1	5197,50	5197,50
3	Medidor de Presión Analógico 290 psi	u	1	675,67	675,67
4	Medidor de Nivel Ultrasónico	u	1	1634,06	1634,06
5	Analizador de Cloro Residual Libre	u	1	5457,46	5457,46
6	Protección Para Alimentación Instrumentación	u	1	112,70	112,70
7	Protección Para Salidas 4-20 mA	u	1	82,96	82,96
8	Controlador de Válvula de Altitud	u	1	2213,19	2213,19
9	Costos Comunicaciones	u	1	8957,98	8957,98
10	Torre de Base Triangular Autosoprtada	u	1	1670,05	1670,05
11	Detector de Movimiento y Puerta	u	1	18,00	18,00
12	Cable Coaxial IF	m	25	2,50	62,50
				SUBTOTAL	31230,07

TABLA 4.15 Costos Parcayacu

4.4.8 COSTOS COLINAS DEL NORTE BAJO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO USD	TOTAL USD
1	Costos RTU	u	1	5148,00	5148,00
2	Medidor de Flujo Electromagnético 8"	u	1	4196,12	4196,12
3	Medidor de Presión Analógico 290 psi	u	1	675,67	675,67
4	Medidor de Nivel Ultrasónico	u	1	1634,06	1634,06
5	Analizador de Cloro Residual Libre	u	1	5457,46	5457,46
6	Protección Para Alimentación Instrumentación	u	1	112,70	112,70
7	Protección Para Salidas 4-20 mA.	u	1	82,96	82,96
8	Controlador de Válvula de Altitud	u	1	2213,19	2213,19
9	Costos Comunicaciones	u	1	8957,98	8957,98
10	Torre de Base Triangular Autosoprtada	u	1	1670,05	1670,05
11	Detector de Movimiento y Puerta	u	1	18,00	18,00
12	Cable Coaxial IF	m	28	2,50	70,00
				SUBTOTAL	30236,19

TABLA 4.16 Costos Colinas del Norte Bajo

4.4.9 COSTOS COLINAS DEL NORTE MEDIO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO USD	TOTAL USD
1	Costos RTU	u	1	5148,00	5148,00
2	Medidor de Flujo Electromagnético 8"	u	1	4196,12	4196,12
3	Medidor de Presión Analógico 290 psi	u	1	675,67	675,67
4	Medidor de Nivel Ultrasónico	u	1	1634,06	1634,06
5	Analizador de Cloro Residual Libre	u	1	5457,46	5457,46
6	Protección Para Alimentación Instrumentación	u	1	112,70	112,70
7	Protección Para Salidas 4-20 mA.	u	1	82,96	82,96
8	Controlador de Válvula de Altitud	u	1	2213,19	2213,19
9	Costos Comunicaciones	u	1	8957,98	8957,98
10	Torre de Base Triangular Autosoprtada	u	1	1670,05	1670,05
11	Detector de Movimiento y Puerta	u	1	18,00	18,00
12	Cable Coaxial IF	m	26	2,50	65,00
				SUBTOTAL	30231,19

TABLA 4.17 Costos Colinas del Norte Medio

4.4.10 COSTOS COLINAS DEL NORTE ALTO

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO USD	TOTAL USD
1	Costos RTU	u	1	5148,00	5148,00
2	Medidor de Flujo Electromagnético 14"	u	1	8316,00	8316,00
3	Medidor de Presión Analógico 290 psi	u	1	675,67	675,67
4	Medidor de Nivel Ultrasónico	u	1	1634,06	1634,06
5	Analizador de Cloro Residual Libre	u	1	5457,46	5457,46
6	Protección Para Alimentación Instrumentación	u	1	112,70	112,70
7	Protección Para Salidas 4-20 mA	u	1	82,96	82,96
8	Controlador de Válvula de Altitud	u	1	2213,19	2213,19
9	Costos Comunicaciones	u	1	8957,98	8957,98
10	Torre de Base Triangular Autosoprtada	u	1	1670,05	1670,05
11	Detector de Movimiento y Puerta	u	1	18,00	18,00
12	Cable Coaxial IF	m	69	2,50	172,50
				SUBTOTAL	34458,57

TABLA 4.18 Costos Colinas del Norte Alto

4.4.11 COSTOS CENTRO DE CONTROL

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO USD	TOTAL USD
1	Computador Full Intel Core 2 Duo	u	1	878,00	878,00
2	LabVIEW PDS NI Developer Suite	u	1	5940,00	5940,00
3	LabVIEW Real Time Module	u	1	3432,00	3432,00
4	LabVIEW Datalogging and Supervisory Module	u	1	1980,00	1980,00
5	Mesa de Trabajo Para Servidor con Pasacable	u	1	135,00	135,00
6	Silla Ergonómica Giratoria	u	1	58,00	58,00
				SUBTOTAL	12230,00

TABLA 4.19 Costos Centro de Control

El Centro de Control estará ubicado en la Jefatura del Distrito Norte de la EMAAP-Q, aprovechando las instalaciones físicas que esta dispone, buscando un lugar de trabajo que cumpla con las condiciones ergonómicas que permitan cumplir con las tareas de supervisión de manera efectiva, logrando un equilibrio óptimo Hombre-Tarea en la sala de Control.

Los Costos que incluye son los del Software, la estación de trabajo y el inmobiliario necesario.

4.5 COSTOS DE INVERSIÓN

En la tabla 4.16 se muestra los costos totales de inversión del proyecto, donde se incluyen los costos directos de adquisición, montaje e instalación de los equipos. Los costos de ingeniería que comprenden los costos de programación, administración y pruebas para la puesta en marcha del sistema. Además de los costos por imprevistos, que incluye los costos necesarios de realizar y que no pueden ser determinados previamente y están expresados como un porcentaje de los costos directos y de ingeniería.

ITEM	DESCRIPCIÓN	UNIDAD	CANTIDAD	PRECIO USD	TOTAL USD
1	Carcelen JNV	u	1	34.999,30	34.999,30
2	Roldos Bajo	u	1	26.042,57	26.042,57
3	Roldos Medio	u	1	38.340,91	38.340,91
4	Cangahua Alto	u	1	26.040,07	26.040,07
5	Cangahua Medio	u	1	26.037,57	26.037,57
6	Cangahua Bajo	u	1	31.237,57	31.237,57
7	Parcayacu	u	1	31.230,07	31.230,07
8	Colinas del Norte Bajo	u	1	30.236,19	30.236,19
9	Colinas del Norte Medio	u	1	30.231,19	30.231,19
10	Colinas del Norte Alto	u	1	34.458,57	34.458,57
11	Cento de Control	u	1	12.230,00	12.230,00
12	Mano de Obra Instalación Elementos de Control	u	10	1.900,00	19.000,00
13	Ingeniería Programación y Puesta en Marcha	u	10	2.050,00	20.500,00
14	Costo de Desarrollo de Software	u	1	3.000,00	3.000,00
15	Imprevistos	u	1	16.054,20	16.054,20
				SUBTOTAL	379.638,21

TABLA 4.20 Costos Totales

4.6 EVALUACIÓN ECONOMICA

Se aprecia la intención de EMAAP-Q en lograr mayor precisión en las mediciones de la captación de agua superficial y lograr una más eficiente utilización del recurso disponible; la instalación de un sistema SCADA en Bella Vista y el inicio de instalación en Puengasí, El Troje y El Placer son evidencias de tal hecho, como lo es también la preocupación por el mejoramiento de los controles de agua no contabilizada.

Uno de los principales parámetros de eficiencia de los prestadores de servicio de agua potable es el índice de agua no contabilizada (IANC), el cual se define como el porcentaje del volumen de agua no facturada con relación al volumen entregado por las plantas de tratamiento al sistema de acueductos (producción neta). El IANC incluye la pérdida técnica, la pérdida no-técnica y el consumo legal no-facturado. La suma de estos dos últimos componentes se constituye la llamada pérdida comercial. Para determinar el nivel de eficiencia de los prestadores con relación a las pérdidas de agua es necesario clasificarlas adecuadamente, de modo a definir exactamente que pérdidas están fuera del control del prestador y cuales son resultado de la gestión de la empresa.

Producción Neta	Consumo Legal	Consumo Legal Facturado	Consumo Facturado Medido	Pérdida Comercial	Agua Facturada
			Consumo Facturado No Medido		
Pérdidas de Agua	Consumo Legal No Facturado		Consumo No Facturado Medido	Pérdida Técnica	Agua No Facturada
			Consumo No Facturado No Medido		
Pérdidas de Agua	Pérdida No Técnica		Consumo Ilegal	Pérdida Técnica	Agua No Facturada
			Errores Medición y Facturación		
	Pérdida Técnica		Fugas Transmisión y Distribución		
			Vertimientos Tanques Almacenamiento		
			Fugas Conexiones a Medidores Clientes		

TABLA 4.21 Pérdidas en la Producción de Agua Potable

El control del agua no contabilizada es una actividad que desarrolla la Empresa como actividad continua y desde un área específica, lo que hace evidente que el tema ha sido ubicado en lugar importante de la gestión de la Empresa. Y resulta relevante que así sea al tomar en cuenta que, conforme al costo unitario del agua producida, por vía de agua no comercializada se afronta un costo no recuperado del orden de los US\$ 26 millones anuales, poco menos de la mitad de lo facturado por el servicio de agua potable y superior a lo facturado por servicios de alcantarillado. Este cálculo surge de considerar el costo operativo del agua, de USD 46.157.136, lo que significa USD 0,32 por m³ de agua facturada, y un

volumen de agua no comercializada de 82.089.025 m³, inferior al agua no contabilizada por el uso en plantas, entre otros factores. El porcentaje de agua no contabilizada en EMAAP-Q está próximo al de la media de empresas similares de la Región y deberían intensificarse los esfuerzos de control tanto en lo que hace a las pérdidas físicas como comerciales.

INDICADORES DE GESTIÓN UTILIZADOS	R E S U L T A D O S				
	2002	2003	2004	2005	2006
Índice de Agua no Contabilizada 1 - $\frac{m^3 \text{ de AP facturada}}{m^3 \text{ de AP distribuida}}$	38,32%	37,62%	38,69%	36,95%	36,66%

TABLA 4.22 Indicadores Estratégicos 2002 - 2006

En la tabla 4.22 se observa el Índice de Agua no Contabilizada en el período 2002-2006, datos tomados de la Auditoria de Gestión y Tarifas de la EMAAP-Q, periodo 2006. Para la evaluación del presente proyecto, y con la implementación del mismo, la meta fijada sería alcanzar un índice del 15%.

La facturación promedio por m³ de agua potable asciende a U\$S 0,40/m³, ya que la facturación anual por servicios de agua potable fue de U\$S 57.888.351 durante 2006 y los metros cúbicos facturados 143.892.229.

En conclusión, en el sistema hay una brecha entre los costos reales de Operación y Mantenimiento, y las tarifas pagadas. La recaudación es baja, por un lado por las bajas tarifas y por otro lado por la morosidad en el pago (por no querer o no poder).

Clase de usuario	Rango de consumo m ³ /mes	Tarifa básica (US\$ /mes)	Tarifa adicional (US\$ /m3)	Cargo fijo (US\$ /mes)
Residencial	0 a 19	0	0,291	2,10
	20 a 24	5,580	0,417	2,10
	más de 25	9,500	0,697	2,10
Comercial e industrial		0	0,697	2,10

TABLA 4.23 Actual Régimen Tarifario

Según el régimen tarifario actual hay 5 clases de usuarios: doméstico, oficial, municipal, industrial y comercial. Para fines tarifarios se agrupan en la categoría I a los usuarios domésticos, oficiales y municipales, y en la categoría II a los industriales y comerciales. La factura mensual comprende un cargo fijo mensual por conexión, igual para todas las categorías de usuarios, y tarifas crecientes por bloques para los usuarios domésticos, oficiales y municipales, mientras que los usuarios comerciales e industriales no tienen discriminación de tarifa por nivel de consumo.

Una de las deficiencias de la EMAAP-Q se encuentra en el hecho que no tienen un control total de pérdidas, desconocen por sectores específicos la cantidad distribuida y la cantidad contabilizada. Como se indicó el índice de agua no contabilizada se encuentra alrededor de 36.66%, y existe un 2% de porcentaje de pérdidas técnicas en la distribución de agua potable.

En conclusión a más de las ventajas técnicas que presenta el proyecto, la proyección con la implementación del mismo, es reducir el índice de agua no contabilizada a un 15% y las pérdidas técnicas por distribución y desbordamientos en los tanques de distribución a un 0%.

Para cuantificar las pérdidas económicas es necesario conocer la capacidad o volumen de distribución de la red, para ello en la tabla 4.24 se muestra los volúmenes de distribución mensual en el último año.

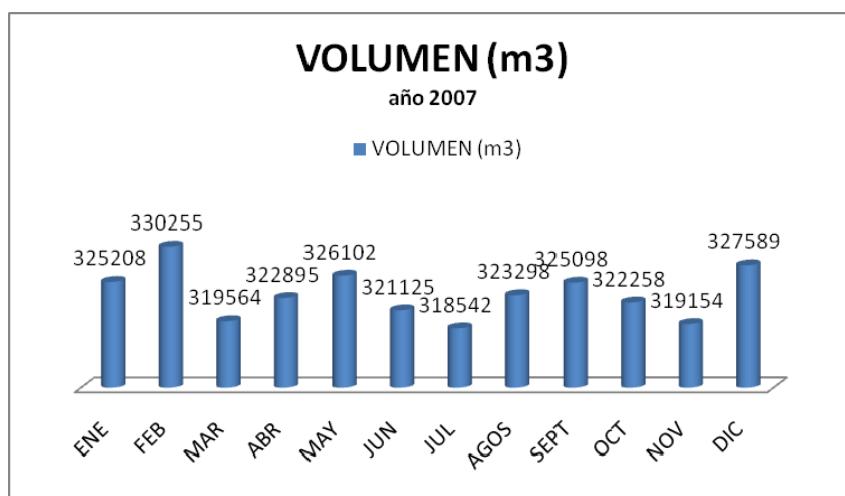


TABLA 4.24 Producción de la Red Carcelén Roldós en el año 2007

Este volumen se cuantifica parcialmente, de acuerdo a un análisis de todos los posibles factores que los puedan conformar, como por ejemplo: riegos públicos, rebalse de estanques, procesos de facturación, calidad de macro y micromedición, fugas en la red de distribución, etc. Luego de esta cuantificación dada la magnitud del volumen de fugas en la red de distribución, desarrolla una metodología de detección que, aplicada al sistema de la comuna permite dejarla en una situación normal al respecto.

En la actualidad en la red de distribución operan 10 estaciones, estando al cargo un operador por cada 2 estaciones, con la implementación del sistema de adquisición de datos y automatización, algunas tareas disminuirían al no haber la necesidad de acciones de control, toma de reportes y vigilancia por parte de los operadores, la proyección al inicio es que un operador se encuentre a cargo de 3 estaciones, esto representa un beneficio para la Empresa, ya que con la automatización, se pretende disminuir el costo humano, al disminuir las tareas. En la tabla 4.25 se indica las remuneraciones percibidas por los diferentes tipos de operadores según la estructura remunerativa de la EMAAP-Q.

PUESTO	ESCALAFON	SUELDO (USD)
GUARDIAN	A04	367,36
CONTROL AGUA NO CONTABILIZADA	B08	584,88
OPERADOR	B08	584,88
OPER. TANQUE Y REDES	B09	606,91

TABLA 4.25 Remuneraciones Mensuales de Operadores de la EMAAP-Q

En lo que respecta al análisis de los costos de mantenimiento, se debe hacer una inversión en el mantenimiento preventivo frecuentemente, tanto en equipos de instrumentación como mecánicos, con el fin de disminuir gastos en mantenimiento correctivo y en reposición de equipos.

En lo referente al consumo de energía se prevé que estos aumentarán, ya que en la actualidad, la mayoría de las estaciones no dispone de servicio eléctrico, pero con la implementación de este servicio, se revertirán los costos en beneficios, con

las ventajas de obtener el control y monitoreo del proceso, y sobre todo un control en la seguridad de las estaciones.

4.7 EVALUACIÓN FINANCIERA DEL PROYECTO EN BASE A ÍNDICES ECONÓMICOS

En la tabla 4.26 se presenta la evaluación financiera del proyecto, donde se representan los flujos de costos y beneficios. Todas las consideraciones mencionadas en la sección anterior, están enfocadas plenamente en la disminución de pérdidas de agua potable, tanto en distribución como en pérdidas técnicas en los tanques. Para obtener un valor aproximado de los beneficios que se obtendrían, se parte de la producción de la línea de distribución y de los índices de gestión de la EMAAP-Q y de los índices que se quieren alcanzar con la eventual puesta en marcha del proyecto. Es así que al disminuir en alrededor de 21 puntos el índice de agua no facturada, se obtiene un beneficio por Pérdidas de Agua No Facturada.

Del mismo modo al disminuir el desperdicio en los tanques de distribución, al realizar el control de nivel de los tanques, se obtiene un beneficio por Perdidas Técnicas en Transmisión y Distribución.

Además un beneficio adicional con la reducción de personal por la disminución de tareas con la implantación de un sistema de automatización. El análisis se realiza en periodos mensuales de tiempo, ya que se tienen registros de producción mensual.

En lo que se refiere a egresos constan los costos de mantenimiento y de consumo de energía eléctrica, son costos que se incrementan pero con el beneficio que tiene de conservar y aumentar la vida útil de los equipos, seguridad de las estaciones y sobre todo el control y monitoreo de la red de distribución.

Se realiza un contraste entre los beneficios y los costos para obtener un flujo de caja actual y un acumulado en todos los períodos, durante 24 meses.

EVALUACION FINANCIERA																	EVALUACION FINANCIERA															
INGRESOS	Ene-08	Feb-08	Mar-08	Abr-08	May-08	Jun-08	Jul-08	Ago-08	Sep-08	Oct-08	Nov-08	Dic-08	Ene-09	Feb-09	Mar-09	Abr-09	May-09	Jun-09	Jul-09	Ago-09	Sep-09	Oct-09	Nov-09	Dic-09								
Ingresos por Facturación																																
Costo de producción del metro cúbico de agua	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23	\$ 0,23			
Precio promedio de Venta del metro cúbico	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291	\$ 0,291			
Volumen producido por la red (m3)	325.208	330.255	319.564	322.895	326.102	321.125	318.542	323.298	325.098	322.258	319.154	327.589	322.178	321.986	321.794	321.602	321.411	321.219	321.027	320.835	320.644	320.452	320.260	320.068								
Volumen Distribuido por Estaciones (m3)	318.492	323.435	312.965	316.227	319.368	314.493	311.964	316.621	318.384	315.603	312.563	320.824	315.524	315.336	315.149	314.961	314.773	314.586	314.397	314.210	314.022	313.834	313.646	313.459								
Fugas en Transmision y Distribución	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%	2,0%		
Indice de Agua no Contabilizada	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%	36,66%		
Volumen de Agua no Contabilizada (m3)	116.759	118.571	114.733	115.929	117.080	115.293	114.366	116.073	116.720	115.700	114.586	117.614	115.671	115.602	115.533	115.465	115.327	115.258	115.189	115.120	115.052	114.983	114.914									
Volumen de Agua no Contabilizada (USD)	\$ 33.976,92	\$ 34.504,22	\$ 33.387,25	\$ 33.735,26	\$ 34.070,32	\$ 33.550,34	\$ 33.280,47	\$ 33.777,37	\$ 33.965,43	\$ 33.668,71	\$ 33.344,41	\$ 34.225,68	\$ 33.660,31	\$ 33.640,28	\$ 33.620,25	\$ 33.600,21	\$ 33.580,18	\$ 33.540,11	\$ 33.520,08	\$ 33.500,05	\$ 33.480,01	\$ 33.459,98	\$ 33.439,95									
Pérdida por Fugas en Transmisión y Distrubución	\$ 1.477,52	\$ 1.500,45	\$ 1.451,88	\$ 1.467,01	\$ 1.481,58	\$ 1.458,97	\$ 1.447,23	\$ 1.468,84	\$ 1.477,02	\$ 1.464,12	\$ 1.450,01	\$ 1.488,34	\$ 1.463,75	\$ 1.462,88	\$ 1.462,01	\$ 1.461,14	\$ 1.458,53	\$ 1.457,65	\$ 1.456,78	\$ 1.455,91	\$ 1.455,04	\$ 1.454,17										
Indice de Agua no Contabilizada OBJETIVO	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%	15,00%			
Fugas en Transmision y Distribución OBJETIVO	48,781	49,538	47,035	48,434	48,015	47,781	48,169	48,495	48,765	48,339	49,138	48,327	48,208	48,240	48,212	48,183	48,154	48,125	48,097	48,068	48,039	48,010										
Volumen de Agua no Contabilizada OBJETIVO (m3)	\$ 14.195,33	\$ 14.415,63	\$ 13.948,97	\$ 14.094,37	\$ 14.234,35	\$ 14.017,11	\$ 13.904,36	\$ 14.111,96	\$ 14.190,53	\$ 14.064,56	\$ 14.036,05	\$ 14.046,68	\$ 14.031,07	\$ 14.249,26	\$ 14.063,05	\$ 14.043,94	\$ 14.046,31	\$ 14.037,94	\$ 14.029,57	\$ 14.021,20	\$ 14.012,83	\$ 14.004,47	\$ 13.996,10	\$ 13.987,73	\$ 13.979,46	\$ 13.970,99						
Pérdida por Fugas en Transm. y Distrib OBJETIVO (USD)	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -	\$ -			
Mayor Facturación o Ahorro en Agua No Contabilizada (USD)	\$ 19.781,59	\$ 20.088,54	\$ 19.438,28	\$ 19.640,89	\$ 19.835,97	\$ 19.533,23	\$ 19.376,11	\$ 19.665,41	\$ 19.774,90	\$ 19.602,15	\$ 19.413,34	\$ 19.926,42	\$ 19.597,26	\$ 19.585,60	\$ 19.573,93	\$ 19.562,27	\$ 19.550,60	\$ 19.538,94	\$ 19.527,28	\$ 19.515,61	\$ 19.503,92	\$ 19.492,29	\$ 19.480,62	\$ 19.468,96								
Ahorro por Fugas en Transmisión y Distribución (USD)	\$ 1.477,52	\$ 1.500,45	\$ 1.451,88	\$ 1.467,01	\$ 1.481,58	\$ 1.458,97	\$ 1.447,23	\$ 1.468,84	\$ 1.477,02	\$ 1.464,12	\$ 1.450,01	\$ 1.488,34	\$ 1.463,75	\$ 1.462,88	\$ 1.462,01	\$ 1.461,14	\$ 1.458,53	\$ 1.457,65	\$ 1.456,78	\$ 1.455,91	\$ 1.455,04	\$ 1.454,17										
Impago por Fugas	21.259,11	21.589,03	20.890,16	21.107,91	21.317,55	20.992,20	20.823,35	21.134,25	21.251,92	21.066,26	21.014,76	20.863,35	21.011,01	21.024,48	21.023,41	21.010,67	20.998,34	20.985,80	20.973,77	20.960,73	20.958,46	20.952,13										
Reducción de Personal																																
No de Estaciones	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00	10,00			
Situación Actual: 1 operador por cada 2 estaciones	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55	3.034,55				
OBJETIVO: 1 operador para cada 3 estaciones	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03	2.023,03				
Reducción de Personal	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52	1.011,52				
EGRESOS																																
Mantenimiento de Hardware y Software	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00	-1.000,00				
Energía Eléctrica en Equipos	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47	-511,47				
Egresos por Operación	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47	-1.511,47				
FLUJO DE CAJA	20.759,16	21.089,08	20.390,20	20.607,95	20.816,70	20.492,45	20.233,39	20.634,30	20.719,96	20.561,31	20.914,80	20.535,99	20.561,06	20.535,99	20.523,45	20.510,92	20.486,88	20.465,85	20.437,31	20.406,78	20.448,27	20.435,71	20.423,18									
Riesgo País	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%	10,50%			
Tasa Renta Fija	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%	4,00%		
Tasa de Recuperación de una Inversión	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%	14,50%			
Tasa Mensual	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%	1,21%			
Factor de Valor actual (mensual)	0,9880093	0,97624402	0,96609714	0,953092183	0,94713148	0,93046997	0,919351025	0,908384709	0,89733441	0,886823655</td																						

Al final de este tiempo se obtiene un valor actualizado de los costos totales. Al comparar con los costos totales de inversión se obtiene el Valor Actual Neto. Se obtiene también en el recuadro inferior, el valor de índices o indicadores económicos como son: el TIR, Relación Costo Beneficio y el Período de Recuperación del Proyecto, cuyo significado y resultados se explican a continuación.

El VAN (Valor Actual Neto) representa la diferencia aritmética entre el valor actual de flujo y los costos de la inversión. Dentro de período analizado si la diferencia es positiva significa que el proyecto es atractivo, mientras más alto sea su valor, más rentable se vuelve un proyecto. Para este caso en el período de dos años se tiene un valor positivo de USD 46.224,20

El TIR (Tasa Interna de Retorno) es un indicador de la rentabilidad o no que tiene el proyecto, está expresado en porcentaje y equivale la tasa de interés, a la cual se permite que el Valor Actual de Flujo sea igual al valor del Costo de la Inversión. Es decir la tasa de interés a la cual el VAN es igual a cero. El proyecto será rentable si el TIR es mayor que la tasa de descuento utilizada en la inversión.

La tasa utilizada en la inversión, es la tasa de interés mínima para la cual el inversionista necesita recuperar su inversión, y es igual a la suma del Riesgo País más la Tasa de Renta Fija, en este caso por ser períodos mensuales, el total se divide para 12.

La Relación Beneficio/Costo (B/C) se obtiene de la división entre el Valor Actual de Flujo y los Costos Totales de la Inversión. El resultado obtenido puede ser mayor que uno, igual a uno o menor a uno.

Un resultado mayor a uno implica que el proyecto es atractivo, ya que demuestra que los beneficios son mayores que los costos. Un resultado menor a uno implica lo contrario, por tanto el proyecto no resulta rentable y no es conveniente su ejecución. Por último un resultado igual a uno, significa que los beneficios son iguales a los costos, sugiriendo que el proyecto no es bueno ni malo.

De todo lo señalado anteriormente se puede concluir que el proyecto planteado es factible y rentable, pues se obtiene un VAN positivo, el TIR es mayor que la tasa de descuento empleada y el B/C es mayor que uno. Adicionalmente se observa que el período de recuperación del capital invertido es alrededor de 21 meses.

CAPÍTULO 5

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1 CONCLUSIONES

El objetivo general y los objetivos específicos del proyecto han sido cumplidos, puesto que a partir del diagnóstico realizado, se pudo percibir la situación actual del Sistema de Distribución de Agua Potable en el sector Carcelén-Roldós. En base a los datos obtenidos en esta etapa se procedió a realizar el diseño del Sistema de Adquisición de Datos, considerando principalmente el sistema de instrumentación, dando criterios y especificaciones técnicas de los equipos sugeridos para ser empleados, y a la vez tomando en cuenta los requerimientos de la EMAAP-Q; paralelamente se han dado las bases para el diseño de la arquitectura del sistema de comunicaciones.

De acuerdo a las visitas de campo realizadas y evaluado el sistema de distribución de manera general, se observó que la operación del mismo se la realiza de manera manual en la mayoría de los casos, por lo que se concluye que un sistema de adquisición de datos y de automatización, es necesario y urgente con el fin de optimizar las operaciones de distribución.

La EMAAP-Q en la actualidad cuenta con sistemas SCADA principalmente en las Plantas de Tratamiento, como son: Bellavista, El Placer, El Troje y Puengasí, y en el embalse de Papallacta, sin embargo en lo que respecta a la automatización en el sistema de distribución de agua potable, hasta el presente no cuenta con ningún medio. Aquí radica la importancia de crear la necesidad a la EMAAP-Q con el fin de demostrar que la automatización y la gestión eficiente de los recursos son fundamentales para optimizar los recursos de agua, que cada vez son más escasos.

La importancia de la Simulación del Sistema realizada, en conjunto con los resultados obtenidos, muestran que si se realiza el sistema de adquisición eficaz de datos con los dispositivos de campo, el sistema en conjunto mostrará las

siguientes características: Generación de históricos cuya información se consolida en reportes estadísticos, Control remoto de procesos, Manejo y Gestión de Alarmas, Manejo de tareas de supervisión para toma de decisiones. Además por su arquitectura abierta, es fácilmente adaptable a nuevas necesidades de monitoreo.

La implementación del sistema eliminaría la necesidad de inspecciones de campo continuas o para cambiar parámetros en las estaciones remotas de forma manual, evitando así procesos lentos y complicados, además que agilitaría la toma de decisiones.

La ausencia de recursos económicos, han provocado que la gran mayoría de los organismos operadores de agua en el país, presenten deficiencias en el cumplimiento de sus objetivos, tales como: la cobertura de servicios, la eficiencia física y comercial, así como la falta de autonomía financiera.

El atraso tecnológico y deficiente manejo operativo es debido entre otras razones, a la baja disposición de pago de los usuarios, a un endeudamiento excesivo de algunos organismos, a una rigidez en los esquemas de autorización de tarifas y a un bajo nivel tarifario. Se han hecho esfuerzos por evitar pérdidas excesivas y aumentar el tiempo de vida media de los elementos de la red sin mucho éxito.

En algunas redes para la solución eficaz de conflictos sólo se cuenta con la experiencia del personal que ha operado la red durante años. Existen pérdidas de volumen por: fugas de agua en almacenamiento, mal estado de las tuberías, ausencia de infraestructura en sistemas de monitoreo y control de presiones, falta de estrategias de operación automatizadas, ausencia de catastros confiables, falta de herramientas que permitan analizar y/o predecir el comportamiento de la red en tiempo real.

Consecuentemente por todo lo anterior, se requiere cubrir urgentemente la necesidad de cumplir con el objetivo de brindar a los usuarios un servicio eficiente

al optimizar la calidad, continuidad y confiabilidad con un menor precio de operación. Proporcionar agua potable a los diferentes sectores productivos, con niveles satisfactorios de caudal y presión.

La automatización y la gestión eficiente de los recursos hídricos permiten contribuir en el uso sostenible de los mismos, la mejora en el abastecimiento de agua potable a los consumidores con niveles de calidad y presión adecuados, detectando y minimizando las fugas de las redes de distribución de agua potable. El creciente uso de la automatización para gestionar eficientemente estos sistemas contribuye, en gran medida, a poder alcanzar objetivos de tipo medioambiental, económico y social.

En general, la propuesta se basa en que las redes de agua potable se puedan gestionar a través de sistemas de telemetría y telecontrol, permitiendo conocer, en tiempo real, el estado en cantidad (presión, caudal, etc.) y calidad, y a partir de la predicción de las demandas y de las restricciones de funcionamiento, gestionar de forma óptima los elementos fundamentales de control.

El sistema propuesto comprende tan solo un sector del sistema total de distribución de agua potable del Distrito Metropolitano, por tal razón se lo puede considerar como un sistema piloto, que al ser implementado y demostrar su ventajas, incentivaría al directorio de la EMAAP-Q para tomar la decisión, de aplicar el sistema en todos los tanques y estaciones de bombeo de los distritos Norte, Centro y Sur del sistema de distribución.

Para el sistema de control e instrumentación, su dimensionamiento se ha realizado de acuerdo a las necesidades operativas y de expansión futura, mediante los siguientes elementos: válvulas, medidores, actuadores y otros elementos necesarios para la Telemetría y Telecontrol de las estaciones.

Para el sistema de adquisición de datos, un sistema convencional de banda estrecha sería suficiente para evaluar las variables que exige el proyecto común Flujo, Nivel, Presión y cloro residual, sin embargo dándole un impulso tecnológico

moderno y con proyección a futuro se decidió diseñar y establecer una red Inalámbrica de banda ancha que soporte el sistema de telemetría y telecontrol con servicios de valor agregado como voz y video.

Considerando el equipamiento de la EMAAP-Q, el sistema de Telecomunicaciones que se sugiere para la implementación del proyecto es con tecnología Spread Spectrum.

Para la red Inalámbrica que soporte el sistema, es necesario evaluar la banda de frecuencia más adecuada en la que funcionará, y se concluyó que lo más adecuado sería las bandas de microonda en 5.8 GHz, en razón que estas bandas son de libre uso y por su uso no es necesaria una concesión especial y por la diversidad de fabricantes de equipos en estas bandas.

La tecnología de los radios permite trabajar en FHSS (espectro disperso por salto de frecuencia), logrando obtener de este modo un altísimo rendimiento en el caso de presentarse interferencias, lo que lo convierte en ideal para este tipo de trabajo. Todos los equipos a emplearse, utilizarán interfase Ethernet lo que permitirá manejar protocolo IP sobre toda la red, convirtiendo al proyecto en una nube IP de característica WAN, permitiéndolo trabajar de forma más rápida y eficiente.

La arquitectura de comunicaciones que se eligió de acuerdo al estudio de alternativas de medios de transmisión, es una arquitectura tipo estrella punto multipunto para la comunicación entre el centro de control y las estaciones remotas por razones técnicas, económicas y funcionales, como por ejemplo: La cercanías entre estaciones, menor costo que la topología punto a punto, optimización en la cobertura conjunta y en caso de fallo de los equipos, flexibilidad en caso de expansión y cambio de tecnología.

Para la elaboración del análisis de costos se han considerado las proformas de aquellos proveedores que incluyen las características técnicas de los equipos, que se acoplen a los requerimientos del proyecto.

De acuerdo a los resultados de la evaluación financiera, en base a los índices económicos, se concluye que el proyecto planteado es factible y rentable, pues se obtiene un VAN positivo, el TIR es mayor que la tasa de descuento empleada y el B/C es mayor que uno. Adicionalmente se observa que el período de recuperación del capital invertido es alrededor de 21 meses.

5.2 RECOMENDACIONES

De acuerdo a la etapa de diagnóstico se pudo observar que las instalaciones de las estaciones remotas, no se encuentran en perfectas condiciones, por lo que se recomienda realizar un mantenimiento, especialmente en lo que respecta a la seguridad en los accesos con el fin de evitar actos delincuenciales que ocasionen pérdidas por robos.

Como punto de partida, conocedores de las buenas relaciones existentes entre la EMAAP-Q y La Empresa Eléctrica Quito, se recomienda gestionar la implementación del servicio eléctrico en todas las estaciones remotas que carecen del mismo.

En la realización de este estudio, especialmente en la etapa de diseño, no se ha considerado de manera particular fabricantes o proveedores específicos, sino que más bien a partir de la tecnología ya existente y de acuerdo a los requerimientos de operación de la EMAAP-Q y desde su punto de vista técnico, se ha sugerido ciertas especificaciones técnicas que los equipos deben cumplir, y a la vez ciertos estándares y protocolos. Pero es recomendable que éstos sean tomados en cuenta, sin dejar a un lado la posibilidad de considerar otras tecnologías y estándares que cualquier proveedor pueda ofrecer.

De lo anterior mencionado, con el objeto de minimizar costos y optimizar recursos existentes, se recomienda en el caso de los medidores de flujo, cuando existe la posibilidad de utilizar los existentes, cambiarlos de posición, de acuerdo a la

nueva topología propuesta. De igual manera en el caso de las válvulas de control de nivel, se sugiere mantener las mismas válvulas, efectuando tan solo el cambio en el tipo del actuador.

Para el desarrollo de la simulación del proceso se empleó el programa LabVIEW, por tanto en el diseño de los RTU, se sugiere emplear los Compact FieldPoint de National Instruments, que es un controlador de automatización programable (PAC) altamente expandible y fácil de usar compuesto de módulos E/S robustos así como con interfases de comunicación inteligentes. En el cual se puede descargar la aplicación de LabVIEW al controlador integrado para una operación más confiable y conectar los sensores directamente a módulos E/S análogos y discretos para aumentar exactitud. De igual manera, se deja abierta la posibilidad de implementar, cualquier otro software con plataforma para sistemas SCADA que realice el control y monitoreo, y a la vez utilizar RTU's de otros fabricantes.

Es recomendable que los RTU's no estén en la parte exterior de cada tanque o estación de bombeo por razones de seguridad, se cree conveniente y así se ha dimensionado para usar un rack de pared en el interior, de este modo no se ocupa espacio y se está más cerca de los sensores.

El Cableado Estructural se recomienda que sea de categoría 5, una mayor categoría sería costoso e innecesario. Se recomienda ejecutar el proyecto por etapas para tener la posibilidad de ir evaluando cada etapa , el sistema diseñado es flexible y al ser una red que puede manejar Protocolos IP puede agregarse usuarios o suscriptores de manera fácil.

En lo que respecta a la parte de las telecomunicaciones, es necesario desarrollar los cálculos de propagación del Centro de Control, y de las unidades terminales remotas, así como también el volumen de información tanto del sistema de control y de adquisición de datos, como de los servicios agregados el proyecto.

Para los enlaces de la red de comunicaciones se debe tener en cuenta la existencia de línea de vista, que consiste en que no debe existir en lo posible

obstrucción física en el trayecto sobre el cual se ubica el enlace, para que la señal llegue sin ningún tipo de pérdida que derive en datos transmitidos erróneamente. Para poder establecer si existe línea de vista para los diferentes enlaces que se ha planteado, es necesario trazar los perfiles topográficos en los lugares de interés, ubicando dichos sitios en cartas topográficas de acuerdo a sus coordenadas geográficas.

Recordando que estas señales transportarán voz y datos principalmente, lo que quiere decir que transportan información digitalizada, entonces estas señales deben llegar en las mejores condiciones a sus destinos, sin obstrucción o pérdidas debidas a la distancia.

Una vez que se ha comprobado la existencia de línea de vista a través de los trazados de los perfiles topográficos entre cada estación remota y el centro de control, se sugiere realizar los cálculos de enlace para poder obtener una buena calidad en las señales que se transportarán a través de los enlaces vía microondas Punto a Punto en la banda de los 5.8 GHz

Los Cálculos de Enlace, son cálculos de Ingeniería que consideran la potencia de los transmisores, la sensibilidad de los receptores, pérdidas en los cables, pérdidas en los conectores, pérdida en el espacio libre, ganancia de las antenas, distancia del enlace, etc.; para poder establecer la calidad del enlace y así deducir la confiabilidad del mismo.

Ya que el presente estudio está dedicado a un sector de la red de distribución, se recomienda que el mismo sea implementado como piloto, para que en lo posterior se realicen los estudios tanto en el campo de instrumentación como en el de las telecomunicaciones, de un proyecto que abarque toda la red de distribución de agua potable de la EMAAP-Q, incluyendo las plantas de tratamiento ubicadas en los tres distritos de la misma. Dicho proyecto se lo implementaría en diferentes etapas debido a la magnitud del mismo.

Para la evaluación económica se han planteado ciertos objetivos específicos, como la disminución de los índices de agua no contabilizada, para su consecución a más de las ventajas técnicas que el proyecto presenta, es recomendable reforzar la gestión actual y emprender políticas de control de pérdidas, a nivel de macro y micro medición al igual que en el aspecto de tarifas y facturación.

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

MACKAY S. G. PARK J. M. Practical Data Acquisition Using Personal Computers and Stand Alone Part 1. IDC Technologies

OGATA Katsuhiko. Ingeniería de Control Moderna. 2^a Edición. Prentice-Hall Hispanoamericana S.A. México. 1993

NICOLA Gerardo. Los Pequeños Sistemas de Agua Potable. Consultora Ambiental Ficoa.

Instrumentación de Campo Para la Automatización de Procesos. Catálogo FI 01 · 2003 © Siemens AG 2003

Measurement and Automation Catalog 2006. National Instruments

PID Control Toolkit for G Referente Manual. BridgeVIEW and LabVIEW. National Instruments Corporation. 1998

Bermad Waterworks Hydraulic Control Valves 700 Series Catalogue. 2004

Current Technology of Chlorine Analysis for Water and Wastewater Technical Information Series — Booklet No.17 by Daniel L. Harp

UNIVERSIDAD TECNICA FEDERICO SANTA MARIA. NORMAS ANSI / ISA S 5.1- 1984 (R1992) Adaptación y traducción Prof. Ing. José S López Díaz. 2003

REYES M. OBREGON E. Diseño de la plataforma de comunicaciones para el sistema de adquisición de datos y control de los puntos que constituyen la red de distribución de agua potable de la EMAAP-Q, en la ciudad de Quito. EPN. Quito. 2001

<http://plantasquimicas.iespana.es/Control/dstep.htm>
Copyright © 2006 by Luis Moncada Albitres M.Sc. All rights reserved.

<http://www.cloro.info/index.asp?page=587>
ANE: Asociación Nacional de Productores de Cloro

ANONIMO <http://www.icsh.com.mx/>

ANONIMO <http://www.emaapq.com.ec>

Gabriel Baca Urbina. Evaluación de Proyectos. EDITORIAL Mc Graw Hill. Año publicación 2001.

JVP Consultores S.A. RESUMEN EJECUTIVO DEL ESTUDIO "AUDITORÍA DE GESTIÓN Y TARIFAS EMAAP-Q PERÍODO 2006"

ANEXOS A

PROFORMAS REFERENCIALES

ASTAP



www.astap.com

Telf: 2262-154 - Fax: 2462-160 - astap@astap.com
Naciones Unidas 1084 y Amazonas - Quito, Ecuador

Proforma No.

603 - 0002

Cliente: **EMAAPQ**

Fecha: 07-Mar-08

Atención: Ing. Marco Zúñiga

Su referencia: Analizador de cloro residual

Fax / Telf: mzuniga@zetaelectronic.com

Validez: 30 días

Tenemos el agrado de cotizar a ustedes los siguientes materiales fabricados por Severn Trent Serviecs que es nuestro representado exclusivo en Ecuador.

Item	Un.	Descripción	Cant.	P. Unitario	P. Total
1	u	Analizador de cloro residual libre. Marca Severn Trent Services. Transmisor modelo Microchem2. Sensor modelo KC4000. Incluye sistema de regulación de presión y caudal, rotámetro, filtro, manómetro.	1	\$4,207.46	\$4,207.46
2	u	2 Bombas autocebantes con canastilla, potencia: 0.5 Hp. Incluye el respectivo tablero de control.	1	\$1,250.00	\$1,250.00
TOTAL					\$5,457.46

Términos de negociación:

Son: Cinco mil cuatrocientos cincuenta y siete 46/100 dólares de USA.

Entrega: 75 días luego de la recepción del pago del anticipo.

Forma de pago: 50% de anticipo y 50% contra entrega de los equipos.

Tipo de oferta: Entregado en bodegas de ASTAP en la ciudad de Quito.

Notas:

- 1.- Esta oferta se rige por los Términos De Venta Generales de ASTAP, a menos que se lo especifique de alguna manera en esta propuesta
- 2.- La oferta NO INCLUYE EL COSTO DE INSTALACIÓN Y PUESTA EN MARCHA DE LOS EQUIPOS.

Preparado por: Ing. José Costa V.

Gerente General

Aceptacion cliente



Vasco de Contreras No.35-251 y Mañosca
Teléfonos: (593-2) 22456510 - 2245241
Fax: (593-2) 2455698
Quito - Ecuador

Cliente / Dirección

ZETA ELECTRONIC
Telf: 022396435
Ing. Marco Zuñiga
mzuniga@zetaelectronic.com

Cotización

Fecha : 05/03/2008

No. : EST08_126

Tiempo de Entrega	Validez	Garantía	Rep.	Forma de Pago	Proyecto
8 - 9 Semanas	05/05/2008	1 año contra defectos de fabr	XT	50% Anticipo -...	
Referencia		Descripción	Cant.	V. Unitario	Total
AXF200G-E1AL1S-CA11-21B/D...		<p>**TRANSMISOR INTEGRAL DE FLUJO (8 PULGADAS)** MODEL YOKOGAWA: AXF200G-E1AL1S-CA11-21B/ DOC-TC AXF200 MAGNETIC FLOWMETER - SIZE 200 MM (8.0 IN.) G USE - GENERAL PURPOSE USE -E CONVERTER OUTPUT SIGNAL AND COMMUNICATION - INTEGRAL FLOWMETER WITH 4 TO 20 MA DC OUTPUT AND HART COMMUNICATION 1 POWER SUPPLY - INTEGRAL FLOWMETER, 100 V TO 240 V AC OR 100 TO 120 V DC A LINING - FLUOROCARBON PFA L ELECTRODE MATERIAL - JIS SUS316L (AISI 316L SS/EN 1.4404 EQUIVALENT) 1 ELECTRODE STRUCTURE - NON REPLACEMENT S GROUNDING RING AND GROUNDING ELECTRODE MATERIAL - JIS SUS316 (AISI 316 L SS/EN 1.4404 OR EQUIVALENT) -CA1 PROCESS CONNECTION - ANSI CLASS 150 FLANGE (CARBON STEEL) 1 LAY LENGTH - STANDARD -2 ELECTRICAL CONNECTION - ANSI 1/2 NPT FEMALE 1 INDICATOR - INTEGRAL FLOWMETER WITH INDICATOR (HORIZONTAL) B CALIBRATION - STANDARD /DOC-TC CALIBRATION CERTIFICATE **TRANSMISOR INTEGRAL DE FLUJO (10 PULGADAS)**</p>	6	4.196,12	25.176,72T
				Subtotal	
				IVA (12,0%)	
				Total	



elsystec s.a.

Electricidad Sistemas y Tecnología

Vasco de Contreras No.35-251 y Mañosca
Teléfonos: (593-2) 22456510 - 2245241
Fax: (593-2) 2455698
Quito - Ecuador

Cliente / Dirección

ZETA ELECTRONIC
Telf: 022396435
Ing. Marco Zuñiga
mzuniga@zetaelectronic.com

Cotización

Fecha : 05/03/2008

No. : EST08_126

Tiempo de Entrega	Validez	Garantía	Rep.	Forma de Pago	Proyecto				
8 - 9 Semanas	05/05/2008	1 año contra defectos de fabr	XT	50% Anticipo -...					
Referencia	Descripción			Cant.	V. Unitario	Total			
AXF250G-E1AL1S-CA11-21B/D...	MODEL YOKOGAWA: AXF250G-E1AL1S-CA11-21B/ DOC-TC AXF250 MAGNETIC FLOWMETER - SIZE 250 MM (10.0 IN.) G USE - GENERAL PURPOSE USE -E CONVERTER OUTPUT SIGNAL AND COMMUNICATION - INTEGRAL FLOWMETER WITH 4 TO 20 MA DC OUTPUT AND HART COMMUNICATION 1 POWER SUPPLY - INTEGRAL FLOWMETER, 100 V TO 240 V AC OR 100 TO 120 V DC A LINING - FLUOROCARBON PFA L ELECTRODE MATERIAL - JIS SUS316L (AISI 316L SS/EN 1.4404 EQUIVALENT) 1 ELECTRODE STRUCTURE - NON REPLACEMENT S GROUNDING RING AND GROUNDING ELECTRODE MATERIAL - JIS SUS316 (AISI 316 L SS/EN 1.4404 OR EQUIVALENT) -CA1 PROCESS CONNECTION - ANSI CLASS 150 FLANGE (CARBON STEEL) 1 LAY LENGTH - STANDARD -2 ELECTRICAL CONNECTION - ANSI 1/2 NPT FEMALE 1 INDICATOR - INTEGRAL FLOWMETER WITH INDICATOR (HORIZONTAL) B CALIBRATION – STANDARD /DOC-TC CALIBRATION CERTIFICATE **TRANSMISOR INTEGRAL DE FLUJO (14 PULGADAS)**			2	5.197,50	10.395,00T			
					Subtotal				
					IVA (12,0%)				
					Total				



elsystec s.a.

Electricidad Sistemas y Tecnología

Vasco de Contreras No.35-251 y Mañosca
Teléfonos: (593-2) 22456510 - 2245241
Fax: (593-2) 2455698
Quito - Ecuador

Cliente / Dirección

ZETA ELECTRONIC
Telf: 022396435
Ing. Marco Zuñiga
mzuniga@zetaelectronic.com

Cotización

Fecha : 05/03/2008

No. : EST08_126

Tiempo de Entrega	Validez	Garantía	Rep.	Forma de Pago	Proyecto				
8 - 9 Semanas	05/05/2008	1 año contra defectos de fabr	XT	50% Anticipo -...					
Referencia	Descripción			Cant.	V. Unitario	Total			
AXF350G-E1AL1S-CA11-21B/D...	MODEL YOKOGAWA: AXF350G-E1AL1S-CA11-21B/ DOC-TC AXF350 MAGNETIC FLOWMETER - SIZE 350 MM (14.0 IN.) G USE - GENERAL PURPOSE USE -E CONVERTER OUTPUT SIGNAL AND COMMUNICATION - INTEGRAL FLOWMETER WITH 4 TO 20 MA DC OUTPUT AND HART COMMUNICATION 1 POWER SUPPLY - INTEGRAL FLOWMETER, 100 V TO 240 V AC OR 100 TO 120 V DC A LINING - FLUOROCARBON PFA L ELECTRODE MATERIAL - JIS SUS316L (AISI 316L SS/EN 1.4404 EQUIVALENT) 1 ELECTRODE STRUCTURE - NON REPLACEMENT S GROUNDING RING AND GROUNDING ELECTRODE MATERIAL - JIS SUS316 (AISI 316 L SS/EN 1.4404 OR EQUIVALENT) -CA1 PROCESS CONNECTION - ANSI CLASS 150 FLANGE (CARBON STEEL) 1 LAY LENGTH - STANDARD -2 ELECTRICAL CONNECTION - ANSI 1/2 NPT FEMALE 1 INDICATOR - INTEGRAL FLOWMETER WITH INDICATOR (HORIZONTAL) B CALIBRATION – STANDARD /DOC-TC CALIBRATION CERTIFICATE **TRANSMISOR INTEGRAL DE FLUJO (16 PULGADAS) EN REEMPLAZO DEL TRANSMISOR DE 18 PULGADAS**			1	8.316,00	8.316,00T			
					Subtotal				
					IVA (12,0%)				
					Total				



elsystec s.a.

Electricidad Sistemas y Tecnología

Vasco de Contreras No.35-251 y Mañosca
Teléfonos: (593-2) 22456510 - 2245241
Fax: (593-2) 2455698
Quito - Ecuador

Cliente / Dirección

ZETA ELECTRONIC
Telf: 022396435
Ing. Marco Zuñiga
mzuniga@zetaelectronic.com

Cotización

Fecha : 05/03/2008

No. : EST08_126

Tiempo de Entrega	Validez	Garantía	Rep.	Forma de Pago	Proyecto	
8 - 9 Semanas	05/05/2008	1 año contra defectos de fabr	XT	50% Anticipo -...		
Referencia	Descripción			Cant.	V. Unitario	Total
AXF400G-E1AL1S-CA11-21B/D...	MODEL YOKOGAWA: AXF400G-E1AL1S-CA11-21B/ DOC-TC AXF400 MAGNETIC FLOWMETER - SIZE 400 MM (16.0 IN.) G USE - GENERAL PURPOSE USE -E CONVERTER OUTPUT SIGNAL AND COMMUNICATION - INTEGRAL FLOWMETER WITH 4 TO 20 MA DC OUTPUT AND HART COMMUNICATION 1 POWER SUPPLY - INTEGRAL FLOWMETER, 100 V TO 240 V AC OR 100 TO 120 V DC A LINING - FLUOROCARBON PFA L ELECTRODE MATERIAL - JIS SUS316L (AISI 316L SS/EN 1.4404 EQUIVALENT) 1 ELECTRODE STRUCTURE - NON REPLACEMENT S GROUNDING RING AND GROUNDING ELECTRODE MATERIAL - JIS SUS316 (AISI 316 L SS/EN 1.4404 OR EQUIVALENT) -CA1 PROCESS CONNECTION - ANSI CLASS 150 FLANGE (CARBON STEEL) 1 LAY LENGTH - STANDARD -2 ELECTRICAL CONNECTION - ANSI 1/2 NPT FEMALE 1 INDICATOR - INTEGRAL FLOWMETER WITH INDICATOR (HORIZONTAL) B CALIBRATION – STANDARD /DOC-TC CALIBRATION CERTIFICATE SUBTOTAL **TRANSMISOR DE PRESIÓN**			1	10.065,83	10.065,83T
						53.953,55
						Subtotal
						IVA (12,0%)
						Total



elsystec s.a.

Electricidad Sistemas y Tecnología

Vasco de Contreras No.35-251 y Mañosca
Teléfonos: (593-2) 22456510 - 2245241
Fax: (593-2) 2455698
Quito - Ecuador

Cliente / Dirección

ZETA ELECTRONIC
Telf: 022396435
Ing. Marco Zuñiga
mzuniga@zetaelectronic.com

Cotización

Fecha : 05/03/2008

No. : EST08_126

Tiempo de Entrega	Validez	Garantía	Rep.	Forma de Pago	Proyecto
8 - 9 Semanas	05/05/2008	1 año contra defectos de fabr	XT	50% Anticipo -...	
Referencia		Descripción	Cant.	V. Unitario	Total
EJX530A-EBS7N-012DN		<p>MODEL YOKOGAWA: EJX530A-EBS7N-012DN EJX530A GAUGE PRESSURE TRANSMITTER -E OUTPUT SIGNAL 4 TO 20 MA DC OUTPUT WITH DIGITAL COMMUNICATION (HART PROTOCOL) B MEASUREMENT SPAN 0.04 TO 2 MPa (5.8 TO 290 PSI) S MATERIAL PROCESS CONNECTION 316L SST DIAPHRAGM HASTELLOY C-276 7 PROCESS CONNECTIONS 1/2 NPT MALE N ALWAYS -0 ALWAYS 1 CAST ALLUMINUM ALLOY 2 ELECTRICAL CONNECTION 1/2 NPT FEMALE, TWO ELECTRICAL CONNECTIONS WITHOUT BLIND PLUGS D DIGITAL INDICATOR N MOUNTING BRACKET NONE</p> <p>SUBTOTAL</p> <p>SUBTOTAL</p> <p>CONDICIONES COMERCIALES:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. El precio esta dado en Dólares Americanos (USD) 2. Validez de la oferta: 60 días calendario 3. Tiempo de entrega: 8-9 Semanas 4. Forma de pago: 50% Anticipo y 50% Contra entrega de los bienes 5. Garantía: 1 años contra defectos de fabricación 	13	675,67	8.783,71T
					8.783,71
					62.737,26
					Subtotal \$62.737,26
					IVA (12,0%) \$7.528,47
					Total \$70.265,73



elsystec s.a.

Electricidad Sistemas y Tecnología

Vasco de Contreras No.35-251 y Mañosca
Teléfonos: (593-2) 22456510 - 2245241
Fax: (593-2) 2455698
Quito - Ecuador

Cliente / Dirección

ZETA ELECTRONIC
Telf: 022396435
Ing. Marco Zuñiga
mzuniga@zetaelectronic.com

Cotización

Fecha : 07/03/2008

No. : EST08_138

Tiempo de Entrega	Validez	Garantía	Rep.	Forma de Pago	Proyecto
8 Semanas	07/05/2008	1 año contra defectos de fabr	XT	50% Anticipo -...	
Referencia		Descripción	Cant.	V. Unitario	Total
US-11		** TRANSMISOR DE NIVEL ULTRASONICO INTEGRAL ** USONIC SERIES ULTRASONIC LEVEL TRANSMITTER US : USONIC CONTINUOUS TWO-WIRE ULTRASONIC TRANSMITTER 1 : HOUSING PBT, NEMA 4X WITH DISPLAY / KEYPAD 1 : MOUNTING 2" NPT WITH 1/2 " ELCETRICAL CONECTIONS - APROVALS: FM,CSA,IEXEC,CEPEL,GOST SUBTOTAL	9	1.113,00	10.017,00T
USR-1111-0025-0000		USR - USONIC-R CONTINUOUS LINE-POWERED ULTRASONIC LEVEL MEASUREMENT SYSTEM 1 POWER 120 VAC, 24 VDC 1 ANALOG 4-20 MA OUTPUTS WITH MODBUS 1 APPROVALS FM, CSA, TEST SAFE, CEPEL, GOST - CLASS 1, DIV. 2 1 ONE SENSOR 3/4" / 2" NPT - 0025 SENSOR #1 CABLE LENGTH 25 FT. CONTINUOUS RUN - STANDARD - 0000 SENSOR #1 CABLE LENGTH WITHOUT SUBTOTAL SUBTOTAL	9	1.634,06	14.706,54T
		CONDICIONES COMERCIALES: 1. El precio esta dado en Dólares Americanos (USD) 2. Validez de la oferta: 60 dias calendario 3. Tiempo de entrega: 8 Semanas 4. Forma de pago: 50% Anticipo y 50% Contra entrega de los bienes 5. Garantía: 1 años contra defectos de fabricación			14.706,54
					24.723,54
					Subtotal \$24.723,54
					IVA (12,0%) \$2.966,82
					Total \$27.690,36

Autorización



elsystec s.a.

Electricidad Sistemas y Tecnología

Vasco de Contreras No.35-251 y Mañosca
Teléfonos: (593-2) 22456510 - 2245241
Fax: (593-2) 2455698
Quito - Ecuador

Cliente / Dirección

ZETA ELECTRONIC
Telf: 022396435
Ing. Marco Zuñiga
mzuniga@zetaelectronic.com

Cotización

Fecha : 07/03/2008

No. : EST08_139

Tiempo de Entrega	Validez	Garantía	Rep.	Forma de Pago	Proyecto
	07/04/2008	1 año contra defectos de fabr	XT	50% Anticipo -...	
Referencia		Descripción	Cant.	V. Unitario	Total
8860340000		** PROTECCIÓN PARA ALIMENTACIÓN ** PU III R 120V/6kV OVERVOLTAGE PROTECTION FOR ENERGY DISTRIBUTION SYSTEM (*) SUBTOTAL	10	112,70	1.127,00T
8448960000		** PROTECCIÓN PARA SALIDA 4-20 mA ** MCZ OVP CL 24Vuc 1.25A (*) SUBTOTAL SUBTOTAL	10	82,96	829,60T
		CONDICIONES COMERCIALES: 1. El precio esta dado en Dólares Americanos (USD) 2. Validez de la oferta: 30 días calendario 3. Tiempo de entrega: (*) INMEDIATA salvo venta previa 4. Forma de pago: 50% Anticipo y 50% Contra entrega de los bienes 5. Garantía: 1 años contra defectos de fabricación			829,60
					1.956,60
				Subtotal	\$1.956,60
				IVA (12,0%)	\$234,79
				Total	\$2.191,39

Autorización

DINFORSYSMEGA S.A.

INFORMATICA Y SISTEMAS DIGITALES



DELL™

IBM

OKI



Microsoft®

AV. REPUBLICA E INGLATERRA
TELEF.: 2450438 - 2450465 - 2255919 - 098041000
FAX: 2255919
EMAIL: dinfor@dinforsysmega.com
EMAIL: mctorres@dinforsysmega.com
QUITO - ECUADOR

PROFORMA DE EQUIPOS No. 74883

CLIENTE: MARCO ZUÑIGA – PROYECTO EMAAP-Q		CANTIDADES Y PRECIOS		Telef. 2396435 Fecha: 07 / 03 / 2008
ITEM		Cantidad Total	Precio Unitario US\$	Precio Total US\$
1	COMPUTADOR FULL INTEL CORE 2 DUO	1	878,00	878,00
SUBTOTAL ACUMULADO				878,00
IVA 12%				105.36
TOTAL (Incluyendo IVA)				983.36

MARCA Y MODELO	COMPUTADORES FULL INTEL CORE 2 DUO
PROCESADOR	PROCESADOR INTEL CORE 2 DUO DE 2.2 GHZ.
BUS FRONTAL	1066 MHZ / 2 MB CACHE
MOTHERBOARD	MOTHERBOARD INTEL® DG31PR 533 / 800 / 1066 MHZ
MEMORIA RAM	2048 MB DDR2 667 MHZ KINGSTON O CORSAIRE ; EXPANDIBLE A 4 GB
PUERTOS	<ul style="list-style-type: none"> • 6 USB 2.0 PORTS • 4 SERIAL ATA IDE INTERFACES • 1 DISKETTE DRIVE INTERFACE
TARJETA DE VIDEO	TARJETA DE 256 MB PCI EXPRESS
SONIDO	6-CANALES (5.1) AUDIO SUBSYSTEM USING THE REALTEK® ALC888 AUDIO ODEC
TARJETA DE RED	RED GIGABIT (10/100/1000 MBITS/SEC) INCORPORADA
MODEM	FAX MODEM INTERNO PCII D-LINK
DISCO DURO	250 GB SERIAL ATA (7200RPM), SAMSUNG, SEAGATE O MAXTOR
UNIDAD OPTICA	DVD WRITER
FLOPPY	FLOPPY DISK DRIVE DE 1.44 MB
MONITOR	FLAT PANEL DE 19" LCD LG, SAMSUNG 6 DELL
TECLADO	EN ESPAÑOL MULTIMEDIA
PARLANTES	PARLANTES EXTERNOS ESTEREO
MOUSE	SCROLL MOUSE, MOUSE PAD + COBERTORES
GARANTÍA	3 AÑOS EN PARTES INTEL, Y MONITOR 1 AÑO EN PARTES Y PIEZAS

TIEMPO DE ENTREGA: INMEDIATA SEGÚN CONFIRMACION DE STOCK

VALIDEZ DE LA OFERTA: 30 Días

Cordialmente,

MARIA TORRES C.
DINFORSYSMEGA S.A.



HidroPLASTRO
SISTEMAS HIDRÁULICOS Y PLÁSTICOS
CON TECNOLOGÍA ISRARIEGO

Quito. Av. De la Prensa 2423. Telfs: 5932 468769-770-771 / 240637 / 094020052/53. Fax: 433123. E-mail: israriego@israriego.com.ec
Cuenca. Telfs: (593-2) 822541 / 822994 / 822995 / 09-4020051. Fax: 593-2820316. E-mail: enver@israriego.com.ec

PROFORMA:

IsHp016

CLIENTE:

Ing. Marco Zúñiga

ATENCION:

Proyecto de investigación

REFERENCIA:

091 317229

TELEFONO / FAX:

Marco 2008

FECHA:

ITEM	Código Viejo	Código Plastro	NOMBRE DEL ARTICULO	PRECIO PÚBLICO	CANTIDAD U	TOTAL USD
	09620-0011		FUENTE SWITCHING 110-220 VAC X 24 VDC 1.2 AMP MONO DIN RAIL	170.00	1.00	170.00
	09110-0017		RELE 24 VAC SIMPLE CON CONECTOR	32.87	3.00	98.61
	09109-0003		PLC OP-7200 19ED/8SD/8EA TECLADO + DISPLAY 9-40AC/DC ETHERNE	1,600.00	1.00	1,600.00
	09610-0003		ARMARIO (CAJA) METALICA 60 x 40 x 20 CM	168.00	1.00	168.00
						0.00
	07250-0016		PILOTO FLOTADOR 4-VIAS #66 BERMAD	1,100.00	1.00	1,100.00
	09332-0019		SOLENOIDE 2-VIAS NC 24 VDC 10W 30BAR/450PSI 2.4 MM 1/4" NPT	72.07	2.00	144.14
	07010-0019		VALVULA ESFERICA 1/4" M/H SAGIV (MANIJA CORTA)	8.96	1.00	8.96
	07256-0015		VALVULA AGUJA 1/4" CASEGURO BERMAD CINETICA	83.03	3.00	249.09
			COMMUTADOR DE SEÑAL 66-200	329.00	1.00	329.00
			CONEXIONES VARIAS INSTALACIÓN	168.00	1.00	168.00
			INDICADOR DE POSICION	214.00	1.00	214.00

SON:

Subtotal	\$4,249.80
Descuento	0.00%
	\$0.00
	\$4,249.80
Descuento	0.00%
	\$0.00
	\$4,249.80
IVA	12.00%
	\$509.98
Total	\$4,759.78

CONDICIONES DE PAGO:

CONTRA ENTREGA

TIEMPO DE ENTREGA:

INMEDIATA SALVO VENTA PREVIA

LUGAR DE ENTREGA:

INSTALADO EN TANQUE ITCHIMBIA ALTO

VALIDEZ DE LA OFERTA:

15 DIAS

Atentamente,

ISRARIEGO-HIDROPLASTRO

APRUEBA

Ing. Jaime Cano Andrade

ISRARIEGO - HIDROPLASTRO

CLIENTE

NOTA: EL PLC PROPUESTO VIENE CON DISPLAY, TECLADO, ETHERNET Y PROGRAMADO.



COTIZACION #: 1501M00608

SEÑORES: EMAAAP-Q
 ATENCION: Sr. MARCO ZUÑIGA
 REFERENCIA: MEDIDORES DE FLUJO
 FECHA: QUITO, 04 DE MARZO DEL 2008

"LA LLAVE S.A." se complace en presentar la siguiente oferta, según su requerimiento:

ITEM	CANT	UNID	DESCRIPCIÓN	P. UNIT. US\$	P. TOTAL US\$
1	1	u	EQUIPO MEDIDOR DE FLUJO	7.350,00	7350,00
			MARCA: BADGE METER		
			PROCEDENCIA: USA		
			DIAMETRO: 8"		
			TIPO: BRIDADO		
2	1	u	EQUIPO MEDIDOR DE FLUJO	8.210,00	8210,00
			MARCA: BADGE METER		
			PROCEDENCIA: USA		
			DIAMETRO: 10"		
			TIPO: BRIDADO		
3	1	u	VISUALIZADOR DE 4 A 20ma	250,00	250,00

SUBTOTAL: \$ 15.810,00
 IVA \$ 1.897,20
 TOTAL \$ 17.707,20

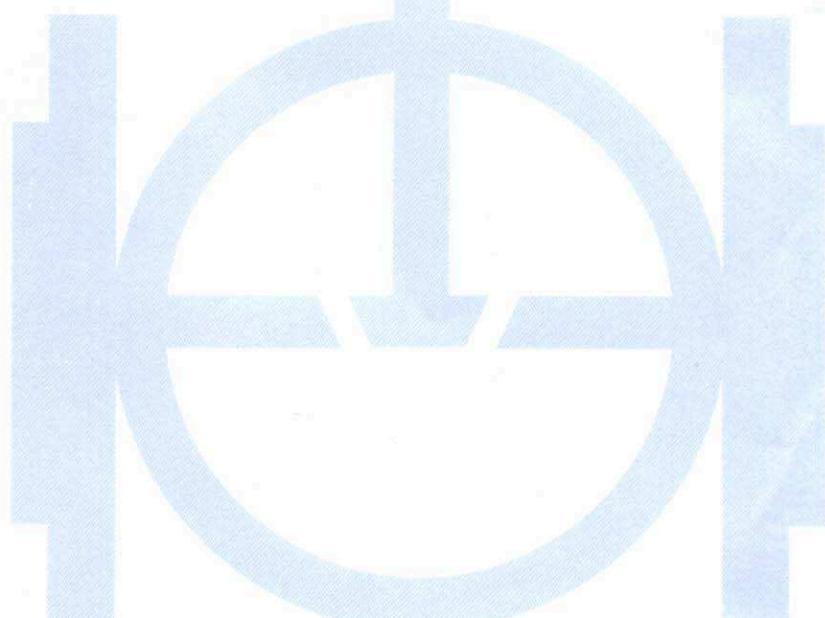
NOT: Si algún producto de la presente cotización es de Importación
 NO está sujeto a cancelación ni a devolución.

CONDICIONES DE LA OFERTA

VALIDEZ DE LA OFERTA:	30 DIAS
TIEMPO DE ENTREGA:	10 A 12 SEMANAS
FORMA DE PAGO:	50% ANTICIPO 50% CONTRA ENTREGA

Atentamente,

ING. LUIS GONZALO MACHADO VALLEJO
 GERENTE DE CUENTAS
 CEL: 099442036 TELF: 2468654
 email: gmachado@la-llave.com



NI-120 - 08

Cuenca, 29 de febrero de 2008
Sres. Zeta Electronic
Atn. Ing. Marco Zúñiga T.
Referencia: Proyecto EMAAP-Q
E-Mail. Marco Antonio Zúñiga [mzuniga@zetaelectronic.com]
Cuenca

ANTECEDENTES

Se requiere ofertar un sistema para monitoreo de estaciones de bombeo y tanques de presión de agua potable para la EMAAP-Q. El sistema recomendado es Compact FieldPoint de tiempo real, que permite crear los programas en LabVIEW y descargarlos al módulo de red, que se conecta con el sistema de información a través de un puerto Ethernet con protocolo TCP/IP, compatible con OPC.


PROPIUESTA ECONOMICA: HARDWARE

CANTIDAD	TIPO	ENTRADAS		SALIDAS	
		ANALOG	DIGIT	ANALOG	DIGIT
1	PTO. DISTRIB	12	4	1	2

p/n	descripción	p.u.	cant	p.t.
777317-2100	cFP-2100 LabVIEW Real-Time/Ethernet Network Controller, 1 serial port, Extended Memory (64 MB)	1,794.00	1	1,794.00
777318-111	cFP-AI-111 16 ch, 16-Bit Analog Input Module (mA)	828.00	1	828.00
777318-200	cFP-AO-200 8 ch, 12-Bit Analog Output Module (mA), external power supply required.	762.00	1	762.00
777318-550	cFP-DIO-550, Digital Input/Output Module (AC-DC sink/DC source) 8 channel AC or DC Sinking Digital Input 8 channel DC Sourcing Digital Output	396.00	1	396.00
778618-01	cFP-CB-1 Connector Block	210.00	3	630.00
778617-04	cFP-BP-4 4-Slot Backplane	540.00	1	540.00
778625-01	Blank Slot Cover for Compact Fieldpoint	18.00	1	18.00
778614-	DIN Rail Clip for Compact Fieldpoint	18.00	1	18.00



High Lights

www.highlights.com.ec



www.ni.com

Av. Paucarbamba 1-160 y Manuel J. Calle
Tel. (07) 288 2288 Fax. (07) 281 7800
hl-ni@etapaonline.net.ec Casilla 01.05.1879
CUENCA - ECUADOR

01					
778805-90	PS-5 Power Supply, 24 VDC, 5 A, Universal Power Input Easy way to distribute power from one power supply to up to 8 devices with replacable blade fuses.		330.00	1	330.00
		Subtotal:			5,316.00
		IVA	12%		637.92
		TOTAL			5,953.92

CANTIDAD	TIPO	ENTRADAS		SALIDAS	
		ANALOG	DIGIT	ANALOG	DIGIT
8	EST. REMOTA	6	4	1	2

*Presupuesto por cada Estación Remota

p/n	descripción	p.u.	cant	p.t.
777317-2100	cFP-2100 LabVIEW Real-Time/Ethernet Network Controller, 1 serial port, Extended Memory (64 MB)	1,794.00	1	1,794.00
777318-110	cFP-AI-110 8 ch, 16-Bit Analog Input Module (mA, mV, V)	660.00	1	660.00
777318-200	cFP-AO-200 8 ch, 12-Bit Analog Output Module (mA), external power supply required.	762.00	1	762.00
777318-550	cFP-DIO-550, Digital Input/Output Module (AC-DC sink/DC source) 8 channel AC or DC Sinking Digital Input 8 channel DC Sourcing Digital Output	396.00	1	396.00
778618-01	cFP-CB-1 Connector Block	210.00	3	630.00
778617-04	cFP-BP-4 4-Slot Backplane	540.00	1	540.00
778625-01	Blank Slot Cover for Compact Fieldpoint	18.00	1	18.00
778614-01	DIN Rail Clip for Compact Fieldpoint	18.00	1	18.00
778805-90	PS-5 Power Supply, 24 VDC, 5 A, Universal Power Input Easy way to distribute power from one power supply to up to 8 devices with replacable blade fuses.	330.00	1	330.00
	Subtotal:			5,148.00
	IVA	12%		617.76
	TOTAL			5,765.76

Presupuesto para 8 estaciones remotas:

P.U. por Estacion	20,879.92
# Estaciones	8
Subtotal	167,039.33
IVA 12%	20,044.72
TOTAL	40,924.64

CANTIDAD	TIPO	ENTRADAS		SALIDAS	
		ANALOG	DIGIT	ANALOG	DIGIT
1	EST. BOMBEO	13	4	1	8

p/n	descripción	p.u.	cant	p.t.
777317-2100	cFP-2100 LabVIEW Real-Time/Ethernet Network Controller, 1 serial port, Extended Memory (64 MB)	1,794.00	1	1,794.00
777318-111	cFP-AI-111 16 ch, 16-Bit Analog Input Module (mA)	828.00	1	828.00
777318-200	cFP-AO-200 8 ch, 12-Bit Analog Output Module (mA), external power supply required.	762.00	1	762.00



High Lights

www.highlights.com.ec



www.ni.com

Av. Paucarbamba 1-160 y Manuel J. Calle
Tel. (07) 288 2288 Fax. (07) 281 7800
hl-ni@etapaonline.net.ec Casilla 01.05.1879
CUENCA - ECUADOR

777318-550	cFP-DIO-550, Digital Input/Output Module (AC-DC sink/DC source) 8 channel AC or DC Sinking Digital Input 8 channel DC Sourcing Digital Output	396.00	1	396.00
778618-01	cFP-CB-1 Connector Block	210.00	3	630.00
778617-04	cFP-BP-4 4-Slot Backplane	540.00	1	540.00
778625-01	Blank Slot Cover for Compact Fieldpoint	18.00	1	18.00
778614-01	DIN Rail Clip for Compact Fieldpoint	18.00	1	18.00
778805-90	PS-5 Power Supply, 24 VDC, 5 A, Universal Power Input Easy way to distribute power from one power supply to up to 8 devices with replacable blade fuses.	330.00	1	330.00
		Subtotal:		5,316.00
		IVA 12%		637.92
		TOTAL		5,953.92

Siendo los módulos de salidas discretas tipo DO 30V, se recomienda utilizar relés electromecánicos o de estado sólido para comandar cargas de voltajes mayores a 30 VDC/AC

PROPIUESTA ECONOMICA: SOFTWARE

p/n	descripción	p.u.	cant	p.t.
779601H-03	NI Developer Suite, English Includes LabVIEW PDS, LabWindows/CVI, Measurement Studio, SignalExpress, and LabVIEW and LabWindows/CVI add-on tools	5,940.00	1	5,940.00
779734H-03	Real-Time Deployment Option for NI Developer Suite Adds the LabVIEW Real-Time Module to deploy LabVIEW code and dedicated real-time hardware	3,432.00	1	3,432.00
779604H-03	Industrial Monitoring Option for NI Developer Suite Adds the LabVIEW Datalogging and Supervisory Control Module	1,980.00	1	1,980.00
		Subtotal:		11,352.00
		IVA 12%		1,362.24
		TOTAL		12,714.24

CONDICIONES COMERCIALES:

Tiempo de entrega: 45 días

Forma de pago: 70% al pedido, 30% contra entrega

Validez de la oferta: 30 días.

Garantía: 1 año contra defectos de fabricación.

Esta cotización está sujeta a términos y condiciones publicados en <http://www.ni.com/legal/termsofsale/us>.

Los tiempos de entrega están sujetos a disponibilidad del producto. La fecha exacta de entrega se conoce al momento de colocar la orden. Para colocar la orden de compra incluya el número de esta cotización, nombre al cual saldrá la factura, número de RUC y dirección de envío.

Atentamente,

Santiago Orellana V.
Ingeniero de Aplicación

INGELECTRO

INGENIERIA ELECTROMECANICA

COTIZACIÓN: QJC043-08

ATENCIÓN: ING. MARCO ZUÑIGA
REFERENCIA: UPS
FECHA: QUITO, MARZO 08 DE 2008

Tenemos el agrado de ofertar los siguientes equipos de acuerdo con su requerimiento:

ITEM	CANT.	DESCRIPCIÓN	P. UNIT. US\$	P. TOTAL US\$
------	-------	-------------	---------------	---------------

1 1 UPS-300VA 1.370,00

** UPS **
UPS-300VA UPS ON-LINE
CAPACIDAD: 3KVA
PROTECCIÓN MÁXIMA PARA SISTEMAS CRÍTICOS: SERVIDORES, CENTROS DE DATOS, LABORATORIOS, ETC.
MONTAJE: RACK
VOLTAJE DE ENTRADA: 208-220-240 / 120 VOLTIOS AC
VOLTAJE DE SALIDA: 208-220-240 / 115-120 VOLTIOS AC
FRECUENCIA: ENTRADA: 60 HZ +/- 3%; SALIDA: 60 HZ +/- 5%
TIEMPO DE RESPALDO: 30 MINUTOS A PLENA CARGA
BATERÍAS: SECAS, SELLADAS, LIBRES DE MANTENIMIENTO

PRECIO TOTAL \$ 1.370,00
IVA 12% \$ 164,40
TOTAL \$ 1.534,40

CONDICIONES DE LA OFERTA

VALIDEZ DE LA OFERTA:

30 Días a partir de la presente fecha

TIEMPO DE ENTREGA:

6 a 7 Semanas contadas a partir de la recepción del anticipo.

FORMA DE PAGO:

50% de anticipo, saldo previa entrega

GARANTÍA:

1 Año a partir de la puesta en marcha realizada por ASSISTECH.

Atentamente,

ING. JORGE CARRION
ASSISTECH
TELFF.: (593) 2 444216 / 096029183
E-MAIL: jcarrion@assistech.com.ec

Antonio Arcos y Carlos
Bustamante Casa F2
Telefax: (593-2) 2417535





COTIZACION

Fecha 12-Mar-08

CENTRO COMERCIAL LAS VITRINAS LOCAL 43

Telefono 229-3343 229-6055

e-mail : Web Site :

R.U.C.. 0992136529001

Enviar a:	V002 VARIOS CLIENTES	Observaciones:	ATTN: ING. MARCO ZUÑIGA
-----------	-------------------------	----------------	-------------------------

Teléfono :	
Fax :	

Número	Id. cliente	Vendedor	Fecha	Vence	Forma de envío
1557	V002	MONICA RUEDA C.	12-Mar-08	27-Mar-08	

Id. de producto	Nombre de producto	Marca de producto	QTY	Precio por unidad	Precio con descuento
	Tipo de producto				
AURORA	DETECTOR DE MOVIMIENTO/COMPENSACION TEMPERATUR DETECTORES DE MOVIMIENTO	HONEYWELL	10	\$ 13,00	\$ 130,00
SM-216GY	CONTACTO PARA PUERTA DE HIERRO CONTACTOS MAGNETICOS	SECO-LARM	10	\$ 5,00	\$ 50,00

Condiciones Generales :

Total: \$ 180,00

Estos Precios no Incluyen I.V.A.

La garantía es de 1 año(s) contra defectos de fabricación.

Tiempo de Entrega : Inmediata

Forma de Pago : Contado

Esta oferta es válida por : 15 días.

SYSTESEG

ACEPTADO POR
EL CLIENTE

ANEXOS B

CARACTERISTICAS TECNICAS DE EQUIPOS



— MODEL —
131
631

Electronic Control Valves



Schematic Diagram

Item	Description
1	Hytrol (Main Valve)
2	CS2 Solenoid Control
3	CK2 Cock (Solenoid By-pass)

Optional Features

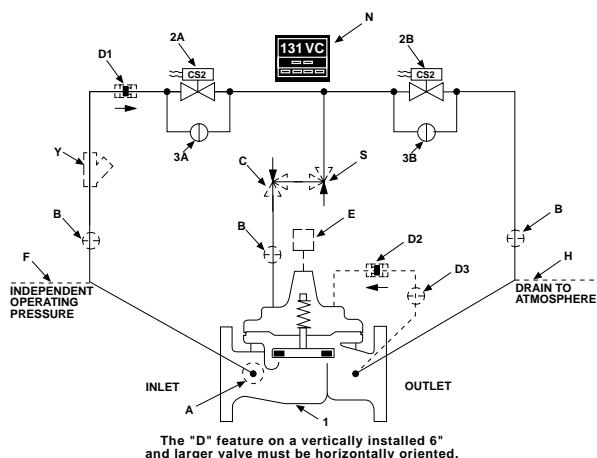
Item	Description
A	X46A Flow Clean Strainer
B	CK2 Cock (Isolation Valve)
C	CV Flow Control (Closing)
D	Check Valves With Cock
E	X117C Position Transmitter
F	Independent Operating Pressure
H	Atmospheric Drain
N	Electronic Controller
S	CV Flow Control (Opening)
Y	X43 "Y" Strainer

- Simple Proven Design
- Quality Solenoid Pilot Controls
- Ideal For SCADA Systems
- Multi-Function Capability; Hydraulic Backup
- Easy To Maintain

The Cla-Val Series 131/631 Electronic Control Valves are designed specifically for applications where control of the valve with electrical signals is preferred. It is a hydraulically operated, pilot controlled, diaphragm valve. The solenoid pilot controls are actuated by electrical signals from the optional 131VC Electronic Valve Controller. The solenoid pilots either add or relieve line pressure from the cover chamber of the valve, causing it to open or close as directed by the electronic controller.

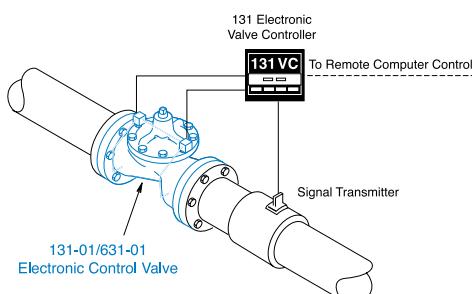
Series 131/631 valves can be configured to perform a wide range of functions, such as; pressure reducing, pressure sustaining, flow control, or level control. The electric controls can also be combined with hydraulic controls to create dual function, or fail-safe capability.

The basic 131-01/631-01 Electronic Control Valve (Schematic shown below) includes the main valve and dual solenoid pilot controls. Optional features include the 131VC Electronic Valve Controller and the X117C Valve Position Transmitter. If the check feature option is added, and a pressure reversal occurs, the downstream pressure is admitted into the cover, closing the valve.



Typical Applications

The Model 131-01/631-01 Electronic Control Valve is typically installed in a pipeline with an electronic signal transmitter and the Model 131VC Electronic Valve Controller. This system can be designed to control flow, pressure, tank level or valve position. The 131VC Electronic Valve Controller enables remote computer control over valve operations.



131-02/631-02

Electronic Control Valve, Powertrol Type

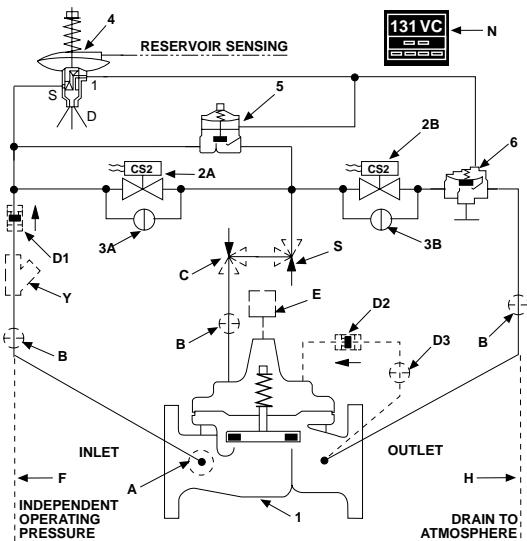
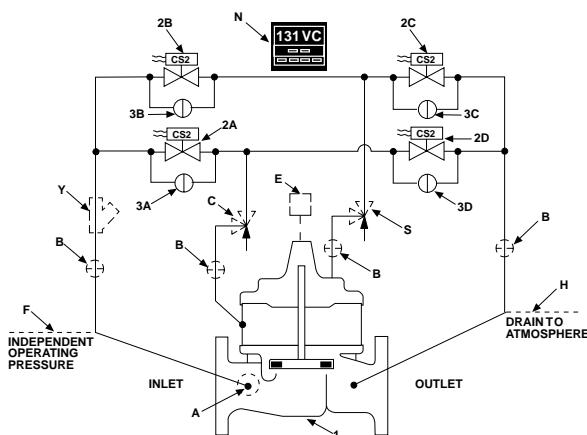
The electronically controlled Powertrol valve is well suited for applications where the line pressure is low and precise control is required. It is also ideal where independent operating pressure is to be used for operating the valve. The pilot system includes four solenoid controls which apply or relieve hydraulic pressure to either side of the diaphragm, causing the valve to open or close as desired. The optional electronic controller modulates the valve to control flow, pressure, tank level or valve position.

Schematic Diagram

Item	Description
1	Powertrol (Main Valve)
2	CS2 Solenoid Control
3	CK2 Cock (Solenoid By-pass)

Optional Features

Item	Description
A	X46A Flow Clean Strainer
B	CK2 Cock (Isolation Valve)
C	CV Flow Control (Closing)
E	X117C Position Transmitter
F	Independent Operating Pressure
H	Drain To Atmosphere
N	Electronic Controller
S	CV Flow Control (Opening)
Y	X43 "Y" Strainer



Schematic Diagram

Item Description

1	Hydrol (Main Valve)
2	CS2 Solenoid Control
3	CK2 Cock (Solenoid By-pass)
4	CDS5 Altitude Control
5	100-02 Powertrol (Reverse Flow)
6	100-01 Hydrol (Reverse Flow)

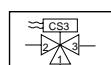
Optional Features

Item	Description
A	X46A Flow Clean Strainer
B	CK2 Cock (Isolation Valve)
C	CV Flow Control (Closing)
D	Check Valves With Cock
E	X117C Position Transmitter
F	Independent Operating Pressure
H	Atmospheric Drain
N	Electronic Controller
S	CV Flow Control (Opening)
Y	X43 "Y" Strainer

131-06/631-06

Combination Electronic Control And High Level Shut-Off Valve

This valve is used in reservoir applications where the filling or draining rate is controlled and modulated by the electronic controller. Should the liquid in the reservoir reach a high level, the hydraulic altitude control automatically overrides the electronic control and closes the valve. The altitude control can be adjusted to close the valve over a wide range of settings. The optional check feature will close the valve if there is a pressure reversal in the line.



Schematic Diagram

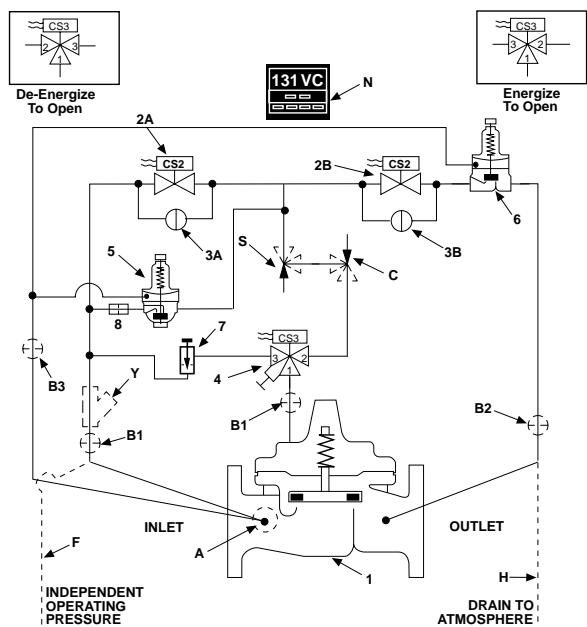
Item Description

1	Hydrol (Main Valve)
2	CS2 Solenoid Control
3	CK2 Cock (Solenoid By-pass)
4	CS3M Solenoid Control
5	CRA Pressure Reducing Control
6	CRL Pressure Relief Control
7	CNA Angle Needle Valve
8	X58 Restriction Assembly

Optional Features

Item Description

A	X46A Flow Clean Strainer
B	CK2 Cock (Isolation Valve)
C	CV Flow Control (Closing)
F	Independent Operating Pressure
H	Atmospheric Drain
N	Electronic Controller (Single)
S	CV Flow Control (Opening)
Y	X43 "Y" Strainer



Model 131-04/631-04 Electronic Interface Control with Back Pressure Sustaining and Solenoid Shutoff

(4" and smaller valves - Model 131-04/631-04)
(6" and larger valves - Model 131-16/631-16)

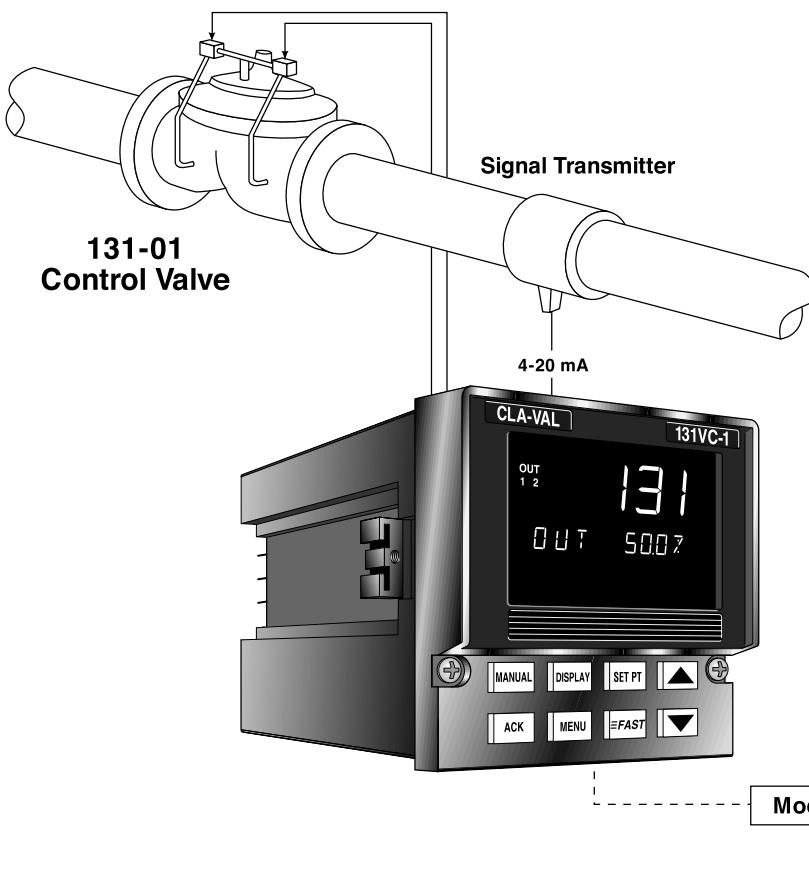
Flow through this valve is normally controlled and modulated by the electronic controller. Should the upstream line pressure fall below a pre-set level, the hydraulic pilot controls will override the electronic controller and throttle the valve. In this manner the valve will automatically close as needed to maintain a minimum line pressure. The solenoid shut-off feature overrides all other controls and will immediately close the valve when activated. It can also be set-up to close the valve on power failure, flow, pressure, tank level or valve position.





— SERIES — **131VC**

Electronic Control Systems



- Electronic control of hydraulic Cla-Val valves.
- Programmable monitoring and control of flow, pressure, delta P, level or valve position.
- Accurate control of valve speed and response.
- Remote set-point control.
- Control backup systems in the event of an emergency.

The Cla-Val 131VC-1 Electronic Control System is designed to achieve unprecedented valve control accuracy and stability. Ideal for remote valve control, the 131VC-1 Electronic Control System provides the interface between SCADA system computers and hydraulic control valves sites.

Electronic Control of Hydraulic Valves

The 131VC-1 Electronic Control System is designed to work in conjunction with Cla-Val 131 Series hydraulic control valves—a combination that takes advantage of the simplicity of hydraulic valve operation and the control possibilities available with electronics.

The 131VC-1 Electronic Control System receives transmitted signals and activates dual solenoid pilots on the hydraulic control valve. These pilots direct hydraulic pressure within the system to position and regulate the valve. By continuously comparing system conditions to the programmed set-point, the system is automatically maintained at the desired value.

Additional important control features, unique to this type of valve control, are offered as standard. They are designed for user friendly operation and system safety and are addressed in this brochure.

Key Advantages

- Proven reliable hydraulic control valve.
- Low electric power requirement.
- Solid state electronic components.
- No motors, bearings, bushings or packings to wear out or leak.

**We Not Only Sell Valves—
We Provide Solutions**

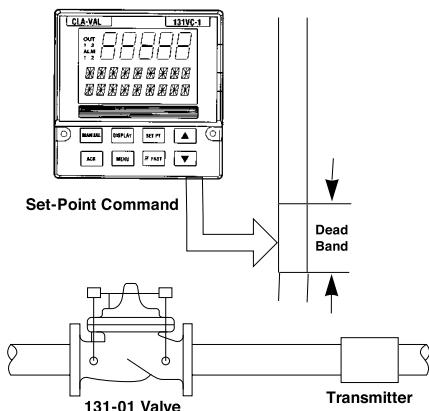




How it Works

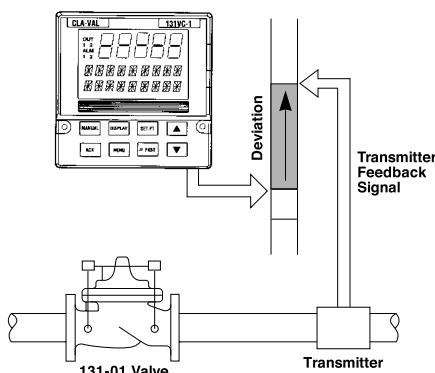
1. Set-Point Command

Set-point command is received from a remote location or entered via the key pad into the Electronic Valve Controller.



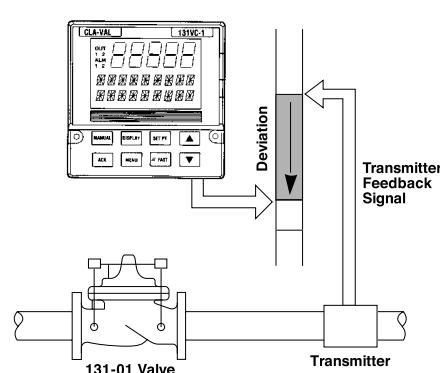
2. Feedback and Comparison

The Electronic Valve Controller compares the feedback signal from the transmitter to the set-point. If the deviation exceeds the deadband, the valve control system is activated.



3. Valve Actuation

The Electronic Valve Controller actuates the solenoid controls, causing the valve to modulate as needed to regain the set-point condition.



Keypad & Display

Display

The 131VC-1 has been engineered to be the industry's most user-friendly controller. With three digital displays areas - two offering up to 9 characters of true alphanumeric - the 131VC-1 effectively eliminates cryptic messages and sub-routines & loops that could confuse even the most experienced operator. The bright, crisp display is vacuum fluorescent, and offers much better readability than any other display technology. Additional operator-friendly features include: custom programmable alarm messages, illuminated keys, and an easy-to-use menu system.

Status Indicators - Four status indicators show the controller's operating status at all times:

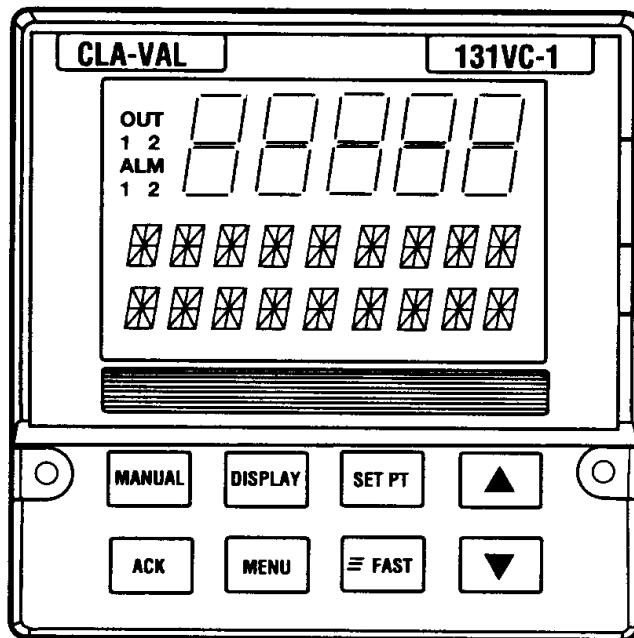
Manual Key Light: For manual control.

Set-point Key Light: For indication of remote control.

Output Indicator - "OUT" and indicator lights illuminate when either output 1 or 2 are on.

Alarm Indicator - "ALM" and indicator lights illuminate when either output 1 or 2 are on.

Keys Pads All menu entry, configuration, tuning and set-point control are entered through rugged backlit rubber keys. A simple menu system prompts the operator, step by step, through all procedures. Security system prevents unauthorized changes to all values.





USonic-R™ Series Ultrasonic Level Measurement System



2-Channel USonic-R can be used in a variety of Level and Open Channel Flow applications.

- Level
- Distance
- Open Channel Flow rate
- Totalization
- Pump Alternation - up to 6 pumps
- Differential Level (Bar Screen)
- Submerged Flow
- 4-20mA Signal Outputs w/ Modbus RTU
- 6 SPDT relays for control or alarm
- Programmable Batch Sampler Activation
- Data Logger - 1 to 24 Month

Easy Set-Up

Via Menu driven configuration via local display with environmentally sealed keypad

User Friendly

Set the measurement range directly in inches, feet, millimeters, centimeters, or meters via the display with environmentally sealed keypad. The display is menu driven and can easily be configured without detailed procedures: no cryptic codes, no problems.

The USonic-R Continuous Ultrasonic Level Series is a versatile package available with analog outputs, and 6 SPDT relays.

This multifunctional system can be used in a wide variety of applications ranging from simple indication of level as well as open channel flow rate and totalization to more demanding two channel inputs such as differential level and submerged flow.

When relay outputs are required, (6) SPDT relays rated at 5A @ 250VAC allows additional features such as alarm or control functions plus Batch Sample Activation and Pump Alternation of up to 6 pumps.

The USonic-R continuous ultrasonic level system features a full, 7-digit, Back-Lit, LCD, display. The large display can be viewed easily from a distance or when process lighting conditions are dim.

The USonic-R is preprogrammed with common tank shapes and Open Channel Flume and Weir characterizations. The menu driven software additionally offers a 21-point strapping table for non-linear inputs in level, volume or open channel flumes and weirs.

Continuous Level Measurement



Continuous Level Measurement

USonic-R™ Level Measurement System

Specifications

Input Power	Temperature Compensation
120 VAC & 24 VDC	Built-in, Automatic and readable from display.
240 VAC & 24 VDC	
Output signal options	Fail-Safe
(2) Active 4-20mA with Modbus RTU	3.7 and 22 mA error signals – user selectable for Lost Echo and Near Zone violations.
Maximum Loop Resistance	Configuration
1000 ohms	Local Display with Keypad, password protected
Output Mode	Signal Damping
Level, Distance, Flow, Volume	User programmable from 0 – 99 seconds.
Display Indications	Relays:
Level, Distance, Flow Rate, Volume, Totalization, Temperature, Signal Strength, Milliamp. User selectable, multiple selections can be scrolled automatically.	(6) SPDT @ 5A 250VAC with 10 user defined trip points.
Range	SmartGain™
1 to 30 ft. (0.3 to 9.1m).	Standard feature on every system
Near Zone	Sensor
12 inches (305 mm).	6" CPVC, rated -40°F to +158°F at 50 psig. (-40°C to +70°C at 3.4 bar)
Minimum span	Remote Sensor Cable Length
3 inches (76 mm).	Max. cable length to 1200 ft. (365 m) Max. cable length factory supplied, 300 ft. (91 m)
Maximum Span	Sensing element connection
30 ft. (9.1 m).	2-inch & ¾" NPT/BSP fitting, CPVC Flange mounting (via threaded flanges)
Display	Frequency
2-line, backlit LCD, UV protected. Top line, 10 characters 9.8 mm tall. Second line, 7 characters 15.5 mm tall.	50KHz
Accuracy	Beam Angle
+/- 0.15% or 0.2 inch (5 mm) of sensor range, which ever is greater.	Conical, 10° @ 3db down
Repeatability	Enclosures
< 0.12 inch (3 mm)	Electronics: Fiberglass reinforced Polyester (FRP) to NEMA 4X (IP-66)
Resolution	Sensor: CPVC rated NEMA 6 (IP-68)
< 0.12 inch (3 mm)	
Response Time	Approvals
Less than 1 second	Electronics: Class I, Div. 2, Zone 2 hazardous locations.
Ambient Temperature Limits	Sensors: Class I, Div. 1, Zone 0, Zone 1 FM, CSA, ATEX / CE
-40°F to 158° (-40°C to 70°C).	
Data Logger - 1 to 24 Month	
Maximum time period dependant on sample rate Optional RS232 to DB9 cable (#380-5000-100) is required to download Datalogger to PC. 16 ft. (5 m)	

* Specifications subject to change without notice

MicroChem®2 Series 4000

- **Series 4000 Transmitter Analyzer Controller**
- **Series CL4000 Chlorine Probes used with MicroChem®2**
- **Series KC4000 - Chlorine, Chlorine Dioxide, Bromine, Ozone and Iodine**
- **Series EC4000 Conductivity Probes**
- **Series DO4000 - DO Probe**
- **Series F4000 - Fluoride Panel and Immersion Probes**
- **Series PH4000 - pH Probes**
- **Series RX4000 - ORP Probes**



Series 4000 Transmitter,
CL4000 and pH Probes
on Flow Control Panel



Series 4000 Transmitter and
CL4000 Probe



Series F4000
Sensing Panel



Series KC4000



Series EC4000
Conductivity Probes



Series F4000, DO4000,
PH4000 and RX4000
Immersion Probe



Series KC4000 Measuring Cell

The MicroChem®2 measuring cell Series KC4000, in conjunction with the microprocessor based MicroChem®2 transmitter/controller, forms a simple and reliable system for measuring residual chlorine (free and total), chlorine dioxide, iodine, bromine, ozone and temperature. Optional pH and ORP measurements are also available.

The system is primarily used for measuring chlorine, chlorine dioxide or ozone in clean water, such as in swimming pools, drinking water treatment plants and cooling systems, but can be also used in wastewater treatment plant applications when provided with the suitable filters (y strainer).

An amperometric cell composed of two concentric electrodes performs the analysis. The sensitivity of the cell is kept constant through the gritting action of a measured amount of Corundum sand placed in the electrode chamber at start up. The amperometric cell is furnished in a plexiglass body internally shaped as a reverse cone.

The cell body can be mounted with the following optional electrodes:

- ORP electrode
- pH electrode
- Conductivity electrode
- Combination of any two

The flow regulator to which the KC cell is mounted maintains a constant flow at the inlet without any valves for samples with pressure varying inside the limits 3 - 60 PSI.

The cell provides a PVC housing suitable to fit a pH, conductivity and ORP electrode (optional) and a temperature sensor (included) of standard dimensions. This system is specially designed for swimming pool applications. Under normal circumstances, pH correction is not usually required. The correction is only needed when measuring free chlorine in a sample with pH higher than 7.5 or highly variable.

Technical Data - Series KC4000 Measuring Cell

- Residual Chlorine (Free & Total), Chlorine Dioxide, Iodine, Bromine, Ozone and Temperature
- Self cleaning electrodes
- Temperature Compensation
- Swimming Pools
- Wastewater Treatment Applications
- Potable water

Electrodes: gold measuring electrode, copper counter electrode

Type of measurements: free chlorine, total chlorine (with sample conditioning system), chlorine dioxide, iodine, ozone, pH and ORP, temperature

Temperature compensation: standard, Pt 100 temperature element

Accuracy: chlorine/chlorine dioxide/bromine/iodine/ozone: $\pm 5\%$ of f.s.

pH: 0.4 % f.s.; for pH higher than 12 accuracy decreases (alkaline error)

Sample inlet pressure: 3 - 60 PSI (0.2 - 4 bar).

Sample temperature: temperature compensation from 36°F to 122°F (2°C to 50°C)

Limit of Detection: 10 ppb

Material of construction:

Electrodes: copper/gold

Cell: plexiglass

Pressure regulator: PVC

Reagent Feed Options:

- Peristaltic Pump
- 120/240 Volts specified at time of order
- 30-liter reagent bottle(s)
 - one bottle shipped for free chlorine applications
 - two bottles shipped for total chlorine applications
- Reagent consumption - 10 liters/month
- Dimensions (reagent panel) 13.28" x 12.00" (337mm x 305mm)

pH: no pH correction needed when pH is inside the limits 4-7.5. The higher the pH the smaller the fluctuations allowed. The cell can be supplied with a complete reagent addition system.

Sample flow: 16 GPH (60 l/h)

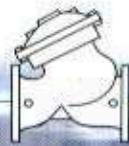
Outline and mounting dimensions:

12.6" (h) x 7.9" (l) x 5.9" (d)
(320mm x 200mm x 150mm)

Weight: 6.6 lbs (3 Kg)

Measuring Ranges:

Chlorine	0 - 10 ppm
Chlorine Dioxide	0 - 10 ppm
Iodine	0 - 35 ppm
Ozone	0 - 10 ppm
pH	0 - 14
ORP (mV)	-1500/+1500
Temperature	0 - +100°C



Electronic-Control Valve

- Pressure control
- Flow control
- Leakage control
- Level control
- Temperature control
- Mixture control at mixing junction

The Model 718-03 Electronic-Control Valve combines the advantages of an excellent modulating, line-pressure driven, hydraulic control valve with the advantages of electronic control. This valve responds to signals from the electronic controller BERMAD BE (optional) according to the set values programmed into the controller.

For very low pressure applications, refer to the full-powered opening & closing – 718-03-B



Features and Benefits

- Line-pressure driven – independent operation
- Solenoid-controlled
 - Low power consumption
 - Wide ranges of pressures and voltages
 - Normally Open, Normally Closed or Last Position
- Electronic Controller compatible
 - Local & remote modification of set values
 - Suitable for conventional PLC methods
 - Data logging
- In-line serviceable – easy maintenance
- Double chamber
 - Full-powered opening (option "B") & closing
 - Non-slam closing characteristic
 - Protected diaphragm
- Semi-straight flow – smooth flow characteristics
- St. Steel raised seat – cavitation damage resistant
- V-Port Throttling Plug – low-flow stability
- Flexible design – easy addition of features

Major Additional Features

- Full-powered opening & closing – 718-03-B
- Downstream over-pressure guard – 718-03-48
- Relief override – 718-03-3Q
- Check feature – 718-03-20
- Flow over-the-seat (fail-safe close) – 718-03-O

See relevant BERMAD publications

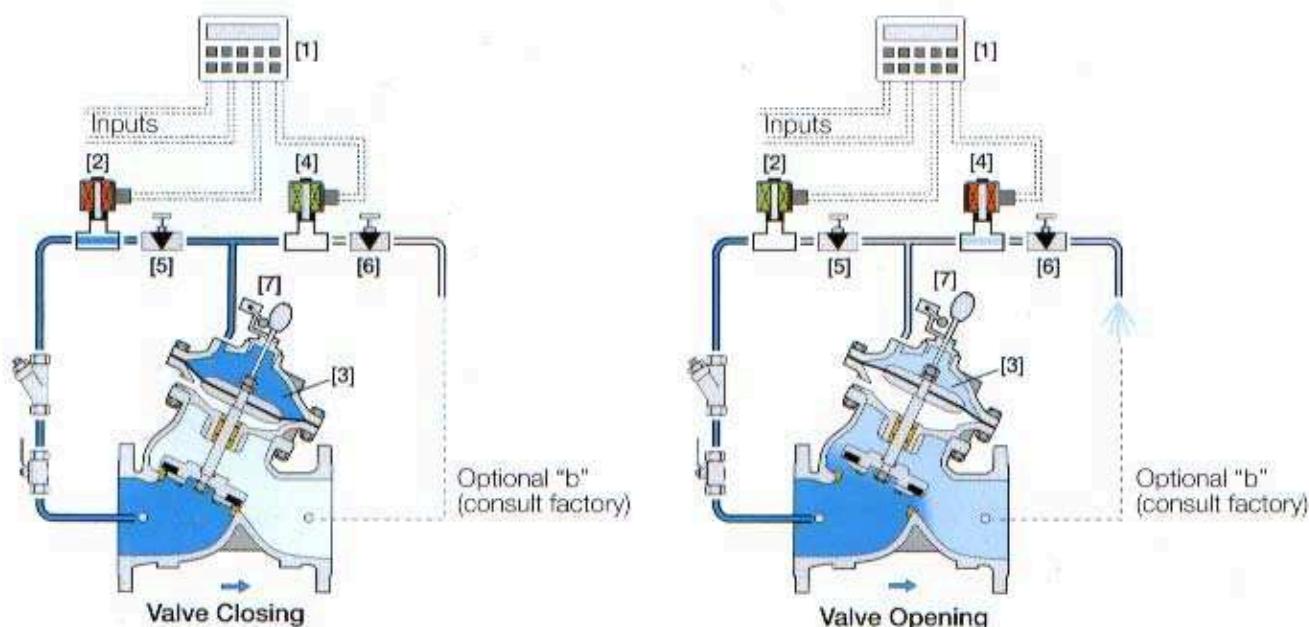


Operation

The Model 718-03 is a electronic-controll valve equipped with two 2-way solenoid pilots.

The interaction between the two solenoids determines the required opening position as signaled by the dedicated electronic controller (optional BERMAD BE) [1]. The upstream solenoid [2] applies pressure to the upper control-chamber [3] harnessing valve differential pressure to power the diaphragm-actuator to a more closed position. The downstream solenoid [4] vents upper control-chamber pressure resulting in a more open main valve. Needle valves [5] & [6] control the closing and opening speed of the valve. Valve position can be provided by either an optional limit switch [7], or an analog transducer.

In cases where pipeline water is contaminated (corrosive, debris laden) external control fluid is often used.



Tender Specifications

The Electronic-Control Valve shall respond to electric commands by changing its opening position to control a measurable characteristic (pressure, flow, level, salinity, temperature and others).

Main Valve: The main valve shall be a center-guided, diaphragm-actuated globe valve of either oblique (Y) or angle pattern design. The body shall have a replaceable, raised, non-threaded, stainless steel seat ring. The valve shall have an unobstructed flow-path, with no stem guides, bearings or supporting ribs. The body and cover shall be ductile iron. All external bolts, nuts, and studs shall be Duplex® coated. All valve components shall be accessible and serviceable without removing the valve from the pipeline.

Actuator: The actuator assembly shall be double-chambered with an inherent separating partition between the lower surface of the diaphragm and the main valve. The actuator assembly shall not consist of any closing spring nor spring-like. The entire actuator assembly (seal disk to top cover) shall be removable from the valve as an integral unit. The stainless steel valve-shaft shall be centrally guided by a bearing in the separating partition. The replaceable radial seal disk shall include a resilient seal and shall be capable of accepting a V-Port Throttling Plug by bolting.

Control System: The control system shall consist of two 2-way solenoid pilot valves, isolating cock valves, two needle valves and a filter. All fittings shall be forged brass or stainless steel.

The assembled valve shall be hydraulically tested to customer requirements.

Quality Assurance: The valve manufacturer shall be certified according to the ISO 9001 Quality Assurance Standard. The valve shall be certified as a complete drinking water valve according to the standards of NSF, WRAS and others.

5 GHz Solid Dish Parabolic Antennas

These antennas are specifically designed for high performance long distance backhaul applications. The mounting bracket is a super heavy duty solid dish bracket type which provides for leadscrew tilt adjustment and accommodates poles up to 3 inches diameter.

A unique polarization adjustment makes changing from Horizontal to Vertical polarization very easy and can be done on the tower without antenna disassembly. The antenna is easy to aim by removing the dipole feed and pointing thru the dipole feed hole. The antennas come with an integrated N Female connector.



5 GHz Operation, features

- High Gain 28 dBi - 29 dBi Antenna
- Adjustable tilt pole mount
- Vertical or Horizontal Polarization
- Type N Female Connector
- DC Grounded for lightning protection
- Rugged, Lightweight and Waterproof

Applications

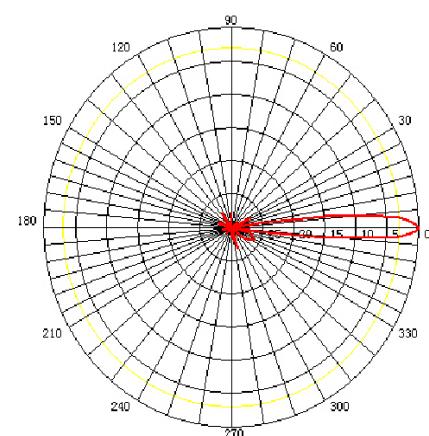
- 5.5GHz UNII Band Applications
- Long Distance Backhaul Data Links
- Point to Point Data Links
- Building to Building High Speed Links

Description

The Parabolic Dish Antenna systems offered by Witelcom are constructed of an aluminum alloy dish with powder coat paint finish for excellent mechanical, electrical and environmental performance. The parabolic reflector is made with a special one-step molding technology which achieves excellent consistency and long term stability. They come complete with universal galvanized steel, powder coat paint mounting system for pole mount applications. Because of its' superb electrical performance and mechanical stability, the parabolic dish antenna can be used in a wide variety of high performance 5GHz wireless applications. An optional Fiberglass Radome is available for added environmental protection.

Specifications

Frequency Range	DA58 5150 5850 5350 MHz 28 dBi
Input Return Loss	-14 dB
VSWR	1.5:1
3db Beam Angle	6 Deg
Cross Pole	-32 dB
Front to Back	25 dB
Side Lobe	-28 dB
Impedance	50 OHM
Input Power	100 W
Pole Diameter	1.5 (38) 3.0 (76) Inch (mm)
Operating Temperature	-40 +70 Deg C
Rated Wind Velocity	125 mph
Focal Length	10 (254) Inch (mm)
Weight	11 (5) Lbs (Kg)
Dimensions (Dia)	25.5 (648) Inch (mm)



Compact FieldPoint LabVIEW Real-Time Controllers with Ethernet

NI cFP-21xx NEW!

- Rugged LabVIEW Real-Time controller
 - 188 MHz processor and up to 128 MB of SDRAM
 - Up to 128 MB of nonvolatile storage and 512 MB removable CompactFlash
- Ethernet communication for distributed real-time systems
- Dual redundant 11 to 30 VDC power supply inputs, low power
- Up to 4 serial ports (3 RS232 and 1 RS485) for communication
- Industrial certifications, Class I, Div 2, and -40 to 70 °C

Operating Systems

- Windows XP/2000/NT
- LabVIEW Real-Time

Recommended Software

- LabVIEW
- LabVIEW Real-Time Module
- LabVIEW Datalogging and Supervisory Control Module

Driver Software (included)

- Measurement & Automation Explorer
- OPC server (2.0 compliant)



Controller	SDRAM Memory (MB)	Internal Nonvolatile Storage (MB)	Removable CompactFlash	Ethernet Ports	RS232 Ports	RS485 Ports
cFP-2120	128	128	✓	1	3	1
cFP-2110	128	64	—	1	2	0
cFP-2100	64	64	—	1	1	0

Table 1. cFP-21xx Selection Guide

Overview

National Instruments Compact FieldPoint is a programmable automation controller (PAC) designed for industrial control applications performing advanced embedded control, data logging, and network connectivity. It combines the packaging, specifications, and reliability of a PLC with the software, flexibility, connectivity, and functionality of a PC. Compact FieldPoint is a reliable platform designed for rugged industrial environments with shock, vibration, and temperature extremes.

National Instruments cFP-21xx controllers run LabVIEW Real-Time, providing the functionality, connectivity, and flexibility of NI LabVIEW software on a small industrial platform. The modular I/O architecture with built-in signal conditioning and isolation provides direct connectivity to industrial sensors such as analog voltage, 4 to 20 mA current, thermocouples, RTDs, pressure, strain, flow, pulse-width modulation (PWM), and 24 V digital I/O. You can use NI cFP-21xx controllers in intelligent distributed applications requiring industrial-grade reliability – such as process and discrete control systems – to open and close valves, run control loops, log data on a centralized or local level, perform real-time simulation and analysis, and communicate over serial and Ethernet networks.

System Basics

A single cFP-21xx controller manages a bank of up to eight Compact FieldPoint I/O modules. The controller mounts securely on a metal backplane that provides the communication bus as well as a solid surface for the Compact FieldPoint I/O modules and controller. The system is modular; select the I/O modules and connector blocks or cabling options best suited for your application. Compact FieldPoint I/O banks have a number of features for industrial operation, including 2,300 V transient overvoltage protection, a wide temperature range for operation in extreme environments, backup power supply connections to protect against primary power failure, and hot-swappable modules to simplify maintenance and minimize downtime. cFP-21xx controllers feature an industrial 188 MHz x86 processor that reliably and deterministically executes your LabVIEW Real-Time applications.

Choose from thousands of built-in LabVIEW functions to build your multithreaded embedded system for real-time control, analysis, data logging, and communication. cFP-21xx controllers also offer up to 128 MB of 100 MHz SDRAM and 128 MB of internal nonvolatile storage and a removable CompactFlash slot. All cFP-21xx controllers feature a 10/100 Mb/s Ethernet port for communication over the network (including e-mail) and built-in Web (HTTP) and file servers (FTP). Using the LabVIEW Remote Panel feature, you can automatically publish the front panel graphical user interface (GUI) for your embedded application so that multiple clients can monitor or control it remotely using a Web browser.

Compact FieldPoint LabVIEW Real-Time Controllers with Ethernet

Software

NI LabVIEW is a graphical development environment that delivers unparalleled flexibility and ease of use in demanding industrial measurement, automation, and control applications. With LabVIEW, you quickly create user interfaces for interactive software system control. LabVIEW makes it easy to construct simple or complex applications using an extensive palette of functions and tools – from simple analog PID process control loops to high-channel-count hybrid control systems. Each LabVIEW Real-Time hardware target, including Compact FieldPoint embedded controllers, has a dedicated processor running a real-time OS for reliability, stability, and determinism. Use the LabVIEW platform for your industrial measurement, automation, and control applications by following these three steps:

- Choose your I/O – LabVIEW delivers access to the widest selection of I/O, from data acquisition, motion control, and vision integration to machine vision and custom-designed I/O from a single environment.
- Choose your analysis or control methods – With more than 450 LabVIEW analysis and control functions, you define your system to meet your specific requirements.
- Choose your real-time deployment platform – Once you create your LabVIEW application, deploy it to run deterministically on the hardware platform you choose.

LabVIEW 8 Project and FieldPoint Programming

Drag-and-Drop Programming

With the new LabVIEW 8 Project, programming is simplified with drag-and-drop functionality. You can add local or distributed I/O from any Compact FieldPoint bank simply by dragging I/O from a LabVIEW Project to the VI where you want to read/write to that FieldPoint tag. Figure 1 shows I/O from a cFP-AI-102 module on a cFP-2120 bank being added to a new VI. LabVIEW automatically creates the FieldPoint tag and appropriate FieldPoint Read/Write VI when you drag an item from the LabVIEW Project Explorer.

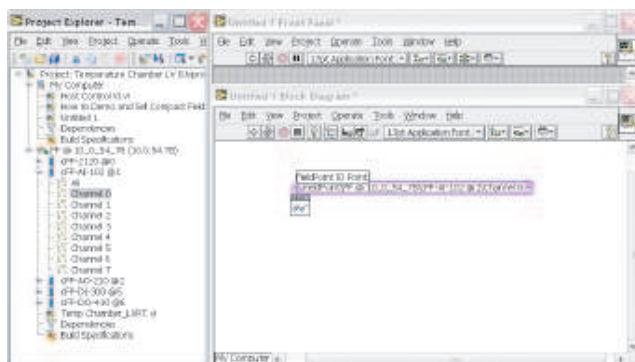


Figure 1. A LabVIEW Project provides easy access to Compact FieldPoint I/O.

LabVIEW Shared Variable

cFP-21xx controllers are compatible with the new LabVIEW shared variable that simplifies communication between distributed PAC systems. To create a shared variable within a LabVIEW Project, right-click on the location that will host the shared variable, either the Windows system or a cFP-21xx real-time controller. Then create a shared variable, or choose to bind the variable to an I/O source such as a FieldPoint I/O tag on a FieldPoint controller on the network. Figure 2 shows a LabVIEW Project with a cFP-2120 target that is hosting shared variables for the PID Setpoint, dt, and Process Variable. When this code is deployed to the cFP-2120 real-time controller, the shared variable configuration is deployed. The cFP-2120 real-time controller updates values for these shared variables independently from the Windows system.

Note: cFP-21xx controllers are recommended if you want to host shared variables on the real-time controller. Hosting shared variables requires the shared variable engine to be installed to the embedded target.

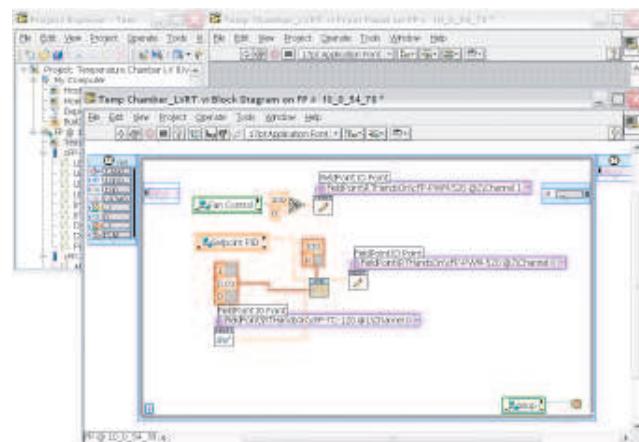


Figure 2. The cFP-2120 real-time controller hosts LabVIEW shared variables.

Expansion I/O with NI cFP-1808

For systems that require more than eight Compact FieldPoint modules, the new National Instruments cFP-1808 network interface provides an easy way to add expansion I/O over Ethernet or serial. A single cFP-21xx controller can connect to as many additional NI cFP-1808 network interface systems as the Ethernet network allows. With LabVIEW 8, the I/O from an expansion system appears in the LabVIEW Project and is easy to program using the FieldPoint API by simply dragging a tag from the cFP-1808 bank to a VI.

Compact FieldPoint LabVIEW Real-Time Controllers with Ethernet

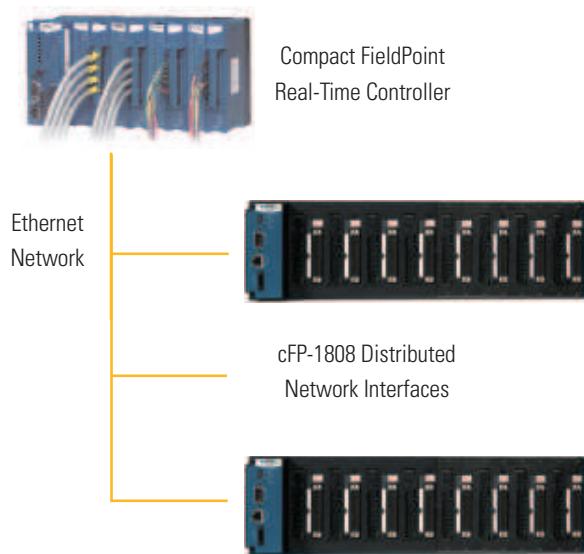


Figure 3. Expansion I/O for cFP-21xx Controllers with NI cFP-1808 Network Interface

Embedded Data Logging

The cFP-2120 features 128 MB of nonvolatile removable CompactFlash storage for data logging or additional storage capacity. You can store the data in standard format, including CSV and XML. Once you store the data, you can easily transfer it to a PC using the embedded FTP server on the cFP-21xx. LabVIEW Real-Time expands the functionality beyond the typical data logger because you can make additional calculations and decisions to eliminate logging unneeded data and to perform onboard real-time calculations. Compact FieldPoint combines data logging, data reduction, control algorithms, a Web-based human machine interface (HMI), and the ability to communicate with other nodes on the network.

Communication

A cFP-21xx controller connects directly to your network through the built-in Ethernet port. The Ethernet port serves as a high-speed link for downloading application code, performing run-time debugging and probing, and transmitting control and indicator values with a GUI running on a networked PC. You also can use the Ethernet port for programmatic network communication using standard protocols such as TCP, UDP, FTP, HTTP, and DataSocket. Once deployed, the controller can communicate with any Ethernet-enabled device on the network. In addition, a cFP-21xx can communicate with a Windows computer running LabVIEW or any third-party HMI/SCADA software compatible with OPC. By using LabVIEW libraries and industrial gateways, you can add a Compact FieldPoint bank to any existing setup and communicate with industrial devices through standard communication protocols such as Modbus TCP and PROFIBUS.

Serial Connectivity

cFP-21xx controllers have up to three RS232 serial ports and one RS485 port (cFP-2120) to communicate programmatically with other serial devices such as remote FieldPoint banks, LCD display/keypad units, bar code readers, or phone and radio modems.

Power Supply Backup and Regulation

cFP-21xx controllers require an 11 to 30 VDC power supply. An extra set of screw terminals is available on the network controllers for a backup UPS or battery. The controller filters and regulates the power input, redistributing power to all the I/O modules in the node through the backplane bus. Refer to Ordering Information for suitable power supplies.

Ordering Information

NI cFP-2120	777317-2120
NI cFP-2110	777317-2110
NI cFP-2100	777317-2100

Recommended Compact FieldPoint System Products

NI cFP-BP-4 (4-slot backplane)	778617-04
NI cFP-BP-8 (8-slot backplane)	778617-08
NI cFP-CB-1 (internal connector block)	778618-01
NI cFP-CB-3 (isothermal connector block)	778618-03
NI PS-5 Power Supply	778805-90

BUY NOW!

For complete product specifications, pricing, and accessory information, call 800 813 3693 (U.S.) or go to ni.com/fieldpoint.

BUY ONLINE at ni.com or CALL 800 813 3693 (U.S.)

Compact FieldPoint LabVIEW Real-Time Controllers with Ethernet

Specifications

Network

Network interface.....	10BaseT and 100BaseTX Ethernet
Compatibility.....	IEEE802.3
Communication rates.....	10 Mb/s, 100 Mb/s, autonegotiated
Maximum cabling distance	100 m/segment
Maximum number of banks.....	Determined by network topology

Memory

cFP-2100.....	64 MB nonvolatile; 64 MB DRAM
cFP-2110.....	64 MB nonvolatile; 128 MB DRAM
cFP-2120.....	128 MB nonvolatile; 128 MB DRAM
Memory lifetime (nonvolatile).....	300,000 writes per sector

For information about the memory used by the LabVIEW Real-Time Module and the OS, go to [ni.com/info](#) and enter **rdfpec**.

Serial Ports

cFP-2100.....	1 RS232
cFP-2110.....	2 RS232
cFP-2120.....	3 RS232; 1 RS485

RS232 (DTE) Ports

Baud rate.....	110 to 115,200 b/s
Data bits.....	5, 6, 7, 8
Stop bits.....	1, 1.5, 2
Parity	Odd, even, mark, space
Flow control	RTS/CTS, XON/XOFF, DTR/DSR

RS485 (DTE) Port

Baud rate.....	110 to 115,200 b/s
Data bits.....	5, 6, 7, 8
Stop bits.....	1, 1.5, 2
Parity	Odd, even, mark, space
Flow control	XON/XOFF
Mode.....	4-wire
Maximum continuous	
Isolation voltage.....	100 V _{rms}
Dielectric withstand	740 V _{rms} , 1 minute

Power Requirement

Power supply range	11 to 30 VDC
Recommended power supply	
cFP-BP-4 system	15 W
cFP-BP-8 system	20 W
Power consumption	6.1 W + 1.1(I/O module power requirements)
Maximum power to connected I/O modules.....	9 W

Physical Characteristics

Screw-terminal wiring	16 to 26 AWG copper conductor wire with 7 mm (0.28 in.) of insulation stripped from the end
Torque for screw terminals.....	0.5 to 0.6 N•m (4.4 to 5.3 lb•in.)
Weight.....	278 g (9.8 oz)

Compact FieldPoint LabVIEW Real-Time Controllers with Ethernet

Environmental

FieldPoint modules are intended for indoor use only. For outdoor use, they must be installed in a suitable sealed enclosure.

Operating temperature	-40 to 70 °C
Storage temperature.....	-55 to 85 °C
Relative humidity	10 to 90%, noncondensing
Maximum altitude.....	2,000 m; at higher altitudes the isolation voltage ratings must be lowered
Pollution degree.....	2

Shock and Vibration

Operating vibration

Random (IEC 60068-2-64).....	10 to 500 Hz, 5 g _{rms}
Sinusoidal (IEC 60068-2-6).....	10 to 500 Hz, 5 g

Operating shock

(IEC 60068-2-27)	50 g, 3 ms half sine, 18 shocks at 6 orientations; 30 g, 11 ms half sine, 18 shocks at 6 orientations
------------------------	--

Safety

This product is designed to meet the requirements of the following standards of safety for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 61010-1, CSA 61010-1

Note: For UL and other safety certifications, refer to the product label or visit [ni.com/certification](#), search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Electromagnetic Compatibility

This product is designed to meet the requirements of the following standards of EMC for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- EN 61326 EMC requirements; Industrial Immunity
- EN 55011 Emissions; Group 1, Class A
- CE, C-Tick, ICES, and FCC Part 15 Emissions; Class A

Note: For EMC compliance, operate this device according to product documentation.

CE Compliance

This product meets the essential requirements of applicable European Directives, as amended for CE marking, as follows: Low-Voltage Directive (safety)

- 73/23/EEC; Low-Voltage Directive (safety)
- 89/336/EEC; Electromagnetic Compatibility Directive (EMC)

Note: Refer to the Declaration of Conformity (DoC) for this product for any additional regulatory compliance information. To obtain the DoC for this product, visit [ni.com/certification](#), search by model number or product line, and click the appropriate link in the Certification column.

Waste Electrical and Electronic Equipment (WEEE)

EU Customers: At the end of their life cycle, all products must be sent to a WEEE recycling center. For more information about WEEE recycling centers and National Instruments WEEE initiatives, visit [ni.com/environment/weee.htm](#).

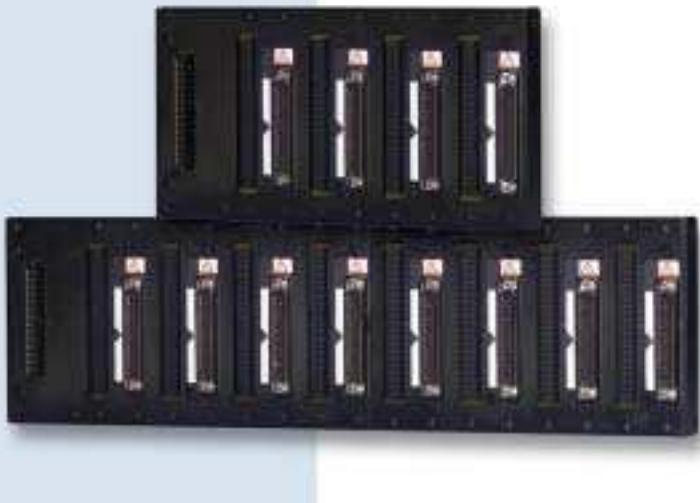
BUY ONLINE at [ni.com](#) or CALL 800 813 3693 (U.S.)

Compact FieldPoint Backplanes

NI cFP-BP-4, NI cFP-BP-8

- 4 and 8-slot backplanes
- Solid metal construction for rugged installations
- Panel, DIN rail, and 19 in. rack mounting
- Local bus for communications and module power
- Secure screw mounting for I/O and control modules
- -25 to 60 °C operating range

NEW



Back Plane	I/O Module Slots	Standard Mounting Hardware
cFP-BP-4	4	cFP-PM-H horizontal panel mounting bracket
cFP-BP-8	8	cFP-PM-H horizontal panel mounting bracket

Overview

National Instruments offers two backplanes for mounting Compact FieldPoint modules – the cFP-BP-4 (4 slots) and the cFP-BP-8 (8 slots). Both backplanes, which are constructed of extruded metal with grounding lugs on the bottom, feature screw-down connections for a controller module, four or eight I/O modules, and 37 pin D-Sub connectors for I/O connections. The backplanes all come with a cFP-PM-H horizontal mounting bracket, which provides mounting holes on either side of the backplane so you can mount it to a panel. For other mounting options, you can purchase a vertical panel mount, a DIN rail mount, or a 19 in. rack mount separately.

Compact FieldPoint and FieldPoint

These backplanes are used with Compact FieldPoint only. Compact FieldPoint is designed for industrial control applications that perform advanced embedded control, data logging, headless operation, and Ethernet connectivity. Compact FieldPoint is our most rugged and reliable platform and is designed for industrial and mobile environments with high shock, vibration, and temperature extremes. FieldPoint is a lower-cost distributed I/O system with a variety of communication options besides Ethernet. It is designed to mount on DIN rails in static applications where the FieldPoint bank is connected to a PC for data collection, analysis, display, and storage.

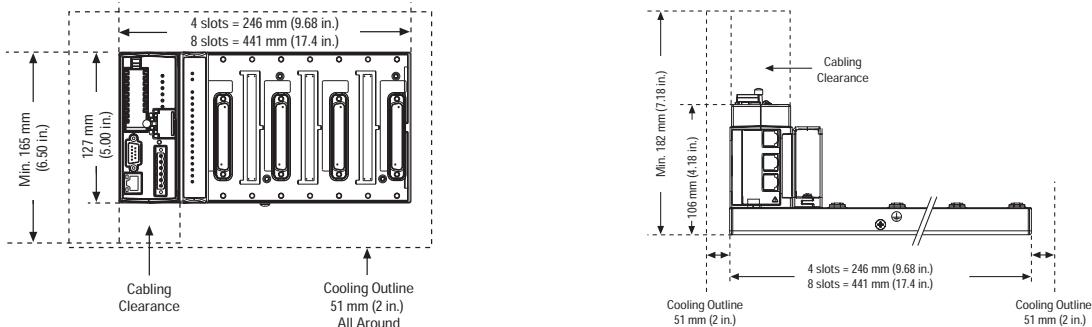


Figure 1. Dimensions of the Compact FieldPoint systems with the cFP-BP-4 and cFP-BP-8 backplanes.

Compact FieldPoint Backplanes

High Shock and Vibration

To withstand high levels of shock and vibration, Compact FieldPoint backplanes are made of extruded metal and provide a rigid mounting surface for the Compact FieldPoint modules. The backplane also provides screw-down connections for the controller module, I/O modules, and connector blocks.

Mounting

NI offers four mounting options for Compact FieldPoint backplanes including panel mounting, DIN-rail mounting, and 19 in. rack mounting.

Mounting Option	Description	Number Needed to Mount cFP-BP-4	Number Needed to Mount cFP-BP-8
cFP-PM-H	Panel mount with bolt holes at the sides of the backplane. (included with all backplane)	1	1
cFP-PM-V	Panel mount with bolt holes at the top and bottom of the backplane	1	1
cFP-RM-8	19 in. rack mount. Features captive screws for easy mounting and cutouts for running grounding cables	1	1
DIN rail mounting clip	DIN rail clip for cFP-BP-4	1	2*

* DIN rail mounting is not recommended for the cFP-BP-8

Compact FieldPoint System Configuration

Compact FieldPoint I/O modules mount on either the cFP-BP-4 or cFP-BP-8 backplane. The backplane also contains a controller module, which runs embedded LabVIEW Real-Time and can connect over Ethernet to a PC, to other FieldPoint banks, to Web browsers, or to other Ethernet devices. The Compact FieldPoint backplane also provides a 37-pin D-Sub connector to connect your field signal wiring for each I/O module. You have three options to connect field wiring to this 37-pin D-Sub connector:

1. Using an integrated connector block such as the cFP-CB-1 or cFP-CB-11;
2. Using a cable to an external connector block mounted on a DIN rail;
3. Making your own custom cable.

For more details on configuring your Compact FieldPoint system, please see 517.

Ordering Information

NI cFP-BP-4	778617-04
NI cFP-BP-8	778617-08

Recommended Compact FieldPoint System Products

NI cFP-2020	777317-2020
NI cFP-CB-1	778618-01
NI PS-5 Power Supply	778805-90
NI Developer Suite Professional Control Edition.....	777906-03

BUY ONLINE!

Visit ni.com/info and enter cfppb4, and/or cfppb8.

Digital Output Modules for Compact FieldPoint and FieldPoint

**NI [c]FP-DO-400, NI [c]FP-DO-401,
NI [c]FP-DO-403, NI [c]FP-DO-410**

NEW

- 8 or 16 digital outputs
 - 5 VDC
 - 12 VDC
 - 24 VDC
- Fused outputs for short circuit protection (DO-410)
- 2,300 V_{rms} bank isolation for transient overvoltage protection
- Hot swappable with autoconfiguration
- -40 to 70 °C operating range



Module	Output Channels	Output Ranges	Output Current Rating (see Specifications for More Details)	Compatibility Examples	Electronically Fused Outputs	All Channel Update Rate
[c]FP-DO-400	8	10 to 30 VDC, sourcing	2 A	12 and 24 VDC	–	20 kHz
[c]FP-DO-401	16	10 to 30 VDC, sourcing	2 A	12 and 24 VDC	–	20 kHz
[c]FP-DO-403	16	5 to 30 VDC, sinking	2 A	5, 12, and 24 VDC	–	20 kHz
[c]FP-DO-410	8	5 to 30 VDC, sourcing	1 A	5, 12, and 24 VDC	✓	20 kHz

Overview

The National Instruments [c]FP-DO-4xx devices are versatile digital output modules for Compact FieldPoint and FieldPoint that can be used to control digital signals ranging from 5 to 30 volts. These modules are commonly used to control indicator lights, external relays, and CMOS and TTL devices. All the modules include onboard diagnostics to ensure trouble-free installation and maintenance.

Digital Output Modules

The DO-4xx modules provide built-in module-to-module isolation to protect your FieldPoint system and controller or communication interface from high voltage levels. All the digital output modules use a common ground plane for the digital output channels.

The DO-400 and DO-401 modules are sourcing digital output modules capable of providing up to 2 A per channel, with a maximum power limit across the entire module as explained in the specifications section.

The DO-403 modules are sinking digital output modules capable of providing up to 2 A per channel, with a maximum power limit across the entire module as explained in the specifications section.

The DO-410 modules are sourcing digital output modules capable of providing up to 1 A per channel. They also feature an electronic fuse that will prevent damage to the module due to short circuits or other overcurrent situations. The fuses automatically reset when the output returns to a normal state. An LED indicates an overcurrent fault.

All the channels on the DO-4xx modules feature LEDs that indicate the output state of each channel. The modules all feature an all channel update rate of 20 kHz. Overall data throughput depends on software loop speeds and network speeds.

Isolation

The DO-4xx modules feature optical bank isolation with 2,300 V_{rms} of breakdown isolation. These Compact FieldPoint and FieldPoint modules do not have channel-to-channel isolation.

Digital Output Modules for Compact FieldPoint and FieldPoint

Field I/O Connections

The Compact FieldPoint and FieldPoint modules include a built-in power distribution bus that provides multiple power connections on the module. A field-wired power supply connected to the voltage (V) and common (C) terminals is internally connected to a power distribution bus that provides additional breakout terminals for voltage supply (V_{SUP}) and common (COM). These terminals provide a convenient way to distribute power to field devices that require external power.

The DO-400 and DO-410 each have:

- 8 digital output terminals (V_{OUT})
 - 16 common terminals (COM)
 - 8 power connections to power field devices (V_{SUP})
- The DO-401 and DO-403 each have:
- 16 digital output terminals (V_{OUT})
 - 8 common terminals (COM)
 - 8 power connections to power field devices (V_{SUP})

Ordering Information

Compact FieldPoint

NI cFP-DO-400	777318-400
NI cFP-DO-401	777318-401
NI cFP-DO-403	777318-403
NI cFP-DO-410	777318-410

Recommended Compact FieldPoint System Products

NI cFP-2020	777317-2020
NI cFP-BP-4	778617-04
NI cFP-CB-1	778618-01
NI PS-4 Power Supply	778805-90
NI Developer Suite Professional Control Edition	777906-03

FieldPoint

NI FP-DO-400	777518-400
NI FP-DO-401	777518-401
NI FP-DO-403	777518-403
NI FP-DO-410	777518-410

Recommended FieldPoint System Products

NI FP-1601	777792-01
NI FP-TB-1	777519-01
NI PS-4 Power Supply	778586-90
NI Developer Suite Standard Control Edition	777905-03

BUY ONLINE!

Visit ni.com/info and enter cfpdo400, cfpdo401, cfpdo403, cfpdo410, fpdo400, fpdo401, fpdo403, and/or fpdo410.

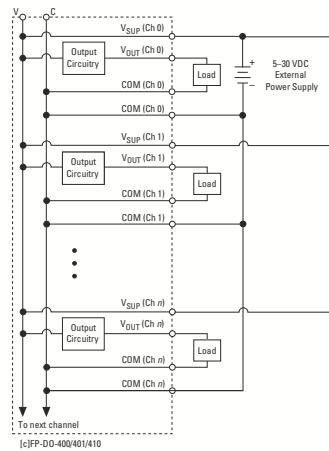
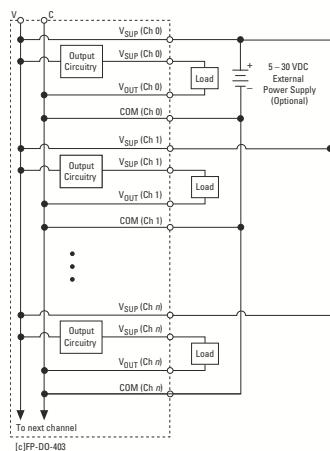


Figure 1. Wiring Schematics for DO Modules

Digital Output Modules for Compact FieldPoint and FieldPoint

Specifications

Typical for -40 to 70 °C unless otherwise noted.

Digital Output Channels

Number of output channels	
[c]FP-DO-400, [c]FP-DO-410	8
[c]FP-DO-401, [c]FP-DO-403	16
Voltage range	5-30 VDC
Output impedance at 10-30 V	0.3 Ω (0.3 V drop at 1 A)
[c]FP-DO-403	0.12 Ω
Output impedance at 5 to 10 V	2 Ω
Maximum output current per channel at 10 to 30 V range	
[c]FP-DO-400, [c]FP-DO-403	2.0 A
[c]FP-DO-401	1.5 A
[c]FP-DO-410	1 A
Maximum output current on all channels	
[c]FP-DO-400	8 A ²
[c]FP-DO-401	8 A ²
FP-DO-403	16 A ²
cFP-DO-403	16 A ² at -40 to 60 °C 12 A ² at 60 to 70 °C
[c]FP-DO-410	8 A
Maximum output current at 5 to 10 V range	
Per channel	0.67 A
All channels, [c]FP-DO-400*	1.35 A ²
All channels, [c]FP-DO-401*	1.2 A ²
Output delay time	
Turn ON	20 μs
Turn OFF	50 μs
Protection	
All modules	Flyback diode to COM for inductive loads
FP-DO-410	Electronic fuses for overcurrent protection
Leakage, overcurrent condition	
(FP-DO-410 only)	1 mA
Power-on state	Off, until set to power-on state stored in local network module

*The sum of the squares of the output currents on every channel must be less than or equal to this value.

Power Requirements

Power from network module

[c]FP-DO-400	300 mW
[c]FP-DO-401 and FP-DO-403	600 mW
[c]FP-DO-410	400 mW

Isolation Voltage

Channel-to-channel isolation	No isolation between channels
Transient overvoltage	2,300 V _{rms}

Physical Characteristics

LED indicators	
POWER (green)	Power on and self-test passed
READY (green)	Module configured and ready
<0...15> or <0...7> (green)	On/off state of each channel
<0...7> (red) (FP-DO-410 only)	Overcurrent condition
Dimensions (including terminal base)	10.7 by 10.9 by 9.1 cm (4.2 by 4.3 by 3.6 in.)
Weight	136 g (4.8 oz)

Environment

Operating temperature	-40 to 70 °C
Storage temperature	-55 to 85 °C
Relative humidity	10% to 90%, noncondensing

Shock and Vibration

These specifications apply only to Compact FieldPoint. NI recommends Compact FieldPoint if your application is subject to shock and vibration.

Operating vibration, random	
(IEC 60068-2-64)	10 to 500 Hz, 5 g _{rms}
Operating vibration, sinusoidal	
(IEC 60068-2-6)	10 to 500 Hz, 5 g
Operating shock	
(IEC 60068-2-27)	50 g, 3 ms half sine, 18 shocks at 6 orientations; 30 g, 11 ms half sine, 18 shocks at 6 orientations

Safety

This product is designed to meet the requirements of the following standards of safety for electrical equipment for measurement, control, and laboratory use:

- IEC 61010-1, EN 61010-1
- UL 3121-1, UL 61010C-1
- CAN/CSA C22.2 No. 1010.1

For UL, hazardous location, and other safety certifications, refer to the product label or to ni.com

Electromagnetic Compatibility

CE, C-Tick, and FCC Part 15 (Class A) Compliant	
Emissions	EN 55011 Class A at 10 m FCC Part 15A above 1 GHz
Immunity	EN 61326:1997 + A2:2001, Table 1

For EMC compliance, operate this device with shielded cabling.

CE Compliance

This product meets the essential requirements of applicable European Directives, as amended for CE Marking, as follows:

Low-Voltage Directive (safety)	73/23/EEC
Electromagnetic Compatibility	

Directive (EMC)	89/336/EEC
-----------------------	------------

Refer to the Declaration of Conformity (DoC) for this product for any additional regulatory compliance information. To obtain the DoC for this product, visit ni.com/hardref.nsf/ and search by model number or product line.