

DISEÑO DEFINITIVO DE LA LINEA DE TRANSMISION, TANQUE DE ALMACENAMIENTO Y REDES DE CALDERON

INFORME FINAL DEFINITIVO

SEPTIEMBRE 2021



SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL – SCADA

FILOSOFÍA DE SISTEMA DE SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA)

REV.	FECHA	ELABORACIÓN		REVISIÓN	
		NOMBRE	FIRMA	NOMBRE	FIRMA
A	SEPTIEMBRE 2021	Ing. Juan Carlos Sierra.		Ing. Dustin Soria.	
❖ A : EMISION INICIAL, SEPTIEMBRE 2021					

Tabla de contenido

1. ANTECEDENTES	4
1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO.....	4
1.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO	4
1.3 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL SISTEMA ACTUAL	5
1.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TANQUES	11
1.5 DESCRIPCIÓN DE LAS LINEAS DE TRANSMISION	12
1.6 DIMENSIONAMIENTO DE LOS TANQUES DE RESERVA	13
1.7 ESTRUCTURAS DE CONTROL (EDC).....	14
1.8 MODERNIZACIÓN DE LAS CÁMARAS DE VALVULAS EXISTENTES.....	14
2. DISEÑO DEL SISTEMA SCADA.....	18
2.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO	18
2.1.1 Objetivo General.	18
2.1.2 Objetivos Específicos.	18
2.2 ALCANCE DE TRABAJOS	19
2.3 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA SCADA.....	20
2.4 FUNCIONALIDAD DE UN SISTEMA SCADA	21
2.4.1 CRITERIOS GENERALES.....	21
2.4.2 FUNCIONES ESPECÍFICAS DEL SISTEMA SCADA	22
2.5 ARQUITECTURA DEL SISTEMA SCADA DE DISTRIBUCIÓN CALDERÓN	23
2.6 CRITERIOS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA SCADA.....	25
2.6.1 NIVELES DE OPERACIÓN SISTEMA SCADA	25
2.6.2 MODOS DE FUNCIONAMIENTO	25
2.6.2.1 MANDO MANUAL.....	26
2.6.2.2 MANDO AUTOMATICO	26
2.6.2.2.1 AUTOMATICO-MANUAL	26
2.6.2.2.2 AUTOMATICO-PROGRAMADO.....	26

2.6.3	PREMISAS DE OPERACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA SCADA CALDERÓN:	26
2.6.4	FORMAS DE OPERACIÓN PREVISTAS PARA EL CONTROL DEL SISTEMA CALDERÓN	27
2.6.4.1	LÓGICA DE CONTROL O REGULACIÓN	28
2.6.4.2	POR NIVEL	28
2.6.4.3	POR CAUDAL.....	30
2.6.4.4	POR PRESIÓN.....	30
2.6.4.5	OPERACIÓN DE VALVULAS DE CONTROL DE LAS EDC.....	30
2.6.5	TANQUES DE DISTRIBUCIÓN (EDC).....	31
2.6.5.1	Los elementos de la Red LAN Industrial Ethernet son los siguientes:	31
2.6.5.2	Los elementos del Sistema de Control del Tanque de Distribución son los siguientes:.....	31
2.6.5.3	RED DE CONTROL CON LA PLANTA DE TRATAMIENTO CALDERON	35
2.7	OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN CALDERÓN.....	36
2.7.1	SECUENCIAS DE INICIO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA	36
2.7.2	SALIDA NORMAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA.	36
2.7.3	PARO DE EMERGENCIA DEL SISTEMA.....	37
2.7.4	CONFIGURACIÓN SISTEMA SCADA CALDERÓN	37
2.7.4.1	MODO LOCAL	37
2.7.4.2	OPERACIÓN LOCAL- MANUAL.....	40
2.7.4.3	OPERACIÓN LOCAL-AUTOMÁTICO	41
2.7.4.4	PARADA CIERRE FALLO	45
2.7.4.5	MONITOREO OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN	46
2.7.4.6	PARO DE LA ESTACIÓN.....	49
2.7.4.7	OPERACIÓN ESTACIÓN EN MODO REMOTO, SISTEMA SCADA	50
	Operación Modo Remoto	52
2.7.4.7.1	Operación REMOTO-MANUAL	52
2.7.4.7.2	Operación AUTO REMOTO	53
2.7.4.7.3	PARO DE LA ESTACIÓN.....	56
2.7.4.7.4	DIAGRAMAS DE FLUJO CONTROL.....	56

FILOSOFÍA DE SISTEMA DE SUPERVISIÓN, CONTROL Y ADQUISICIÓN DE DATOS (SCADA)

1. ANTECEDENTES

1.1 DESCRIPCIÓN GENERAL DEL PROYECTO

El sistema de abastecimiento para la parroquia Calderón, en una primera etapa de su desarrollo, continuará siendo alimentado de agua desde la Planta de Tratamiento de Bellavista, a través de la línea de la transmisión Bellavista - Collaloma - Carcelén y las líneas Ponceano – Arenal y Carmen Bajo – Arenal y de los tanques 4 Esquinas y San Luis.

En el año 2025, podrá incrementarse el caudal en 650 l/s, dado que entrarán a operar la línea Paluguillo – Puembo – Calderón y el primer módulo de la nueva planta de tratamiento ubicada en el extremo norte de la parroquia Calderón.

En el año 2030 se alcanzará la capacidad de diseño (1300 l/s) de la PTAP Calderón, lo que permitirá cubrir toda la demanda de la zona del proyecto.

Entre los años 2025 y 2030, la demanda del proyecto continuará incrementándose; por lo tanto, el sistema Bellavista continuará entregando caudal a ciertos tanques del sistema Calderón, hasta que sea construido el siguiente módulo de la planta de tratamiento.

1.2 LOCALIZACIÓN DEL PROYECTO

La Figura 1 se presenta el área de estudio, ubicada en el centro de la Provincia de Pichincha, al Noreste del Distrito Metropolitano de Quito, a corta distancia de la línea equinoccial.

Los límites del área de desarrollo del proyecto, que cubre una superficie del orden de las 4.608 Ha, son:

- Norte: Parroquia San Antonio
- Sur: Parroquia Llano Chico
- Este: Parroquia Guayllabamba
- Oeste: Parroquia Pomasqui y Distrito Metropolitano de Quito.

El abastecimiento de agua potable a la parroquia de Calderón actualmente se realiza mediante tres interconexiones desde la línea de transmisión Bellavista-Collaloma-Carcelén:

1. Línea de transmisión desde el tanque Collaloma Bajo No.2-211 hasta el tanque San Juan Bajo de Calderón.
2. Línea de transmisión desde la interconexión Monteserrín hacia el tanque San Luis y Cuatro Esquinas No. 2, conocida también como línea El Carmen Alto.
3. Línea de transmisión desde el tanque Ponceano que actualmente alimenta el tanque Arenal 1. El tanque Ponceano forma parte de sistema Bellavista.

En la Tabla 1 se muestra un listado de los tanques y las zonas de servicio de cada uno de ellos. En la Figura 2 se esquematiza el funcionamiento de todo el sistema bajo análisis. En la Figura 3 se muestra el perfil hidráulico del sistema actual bajo operación.

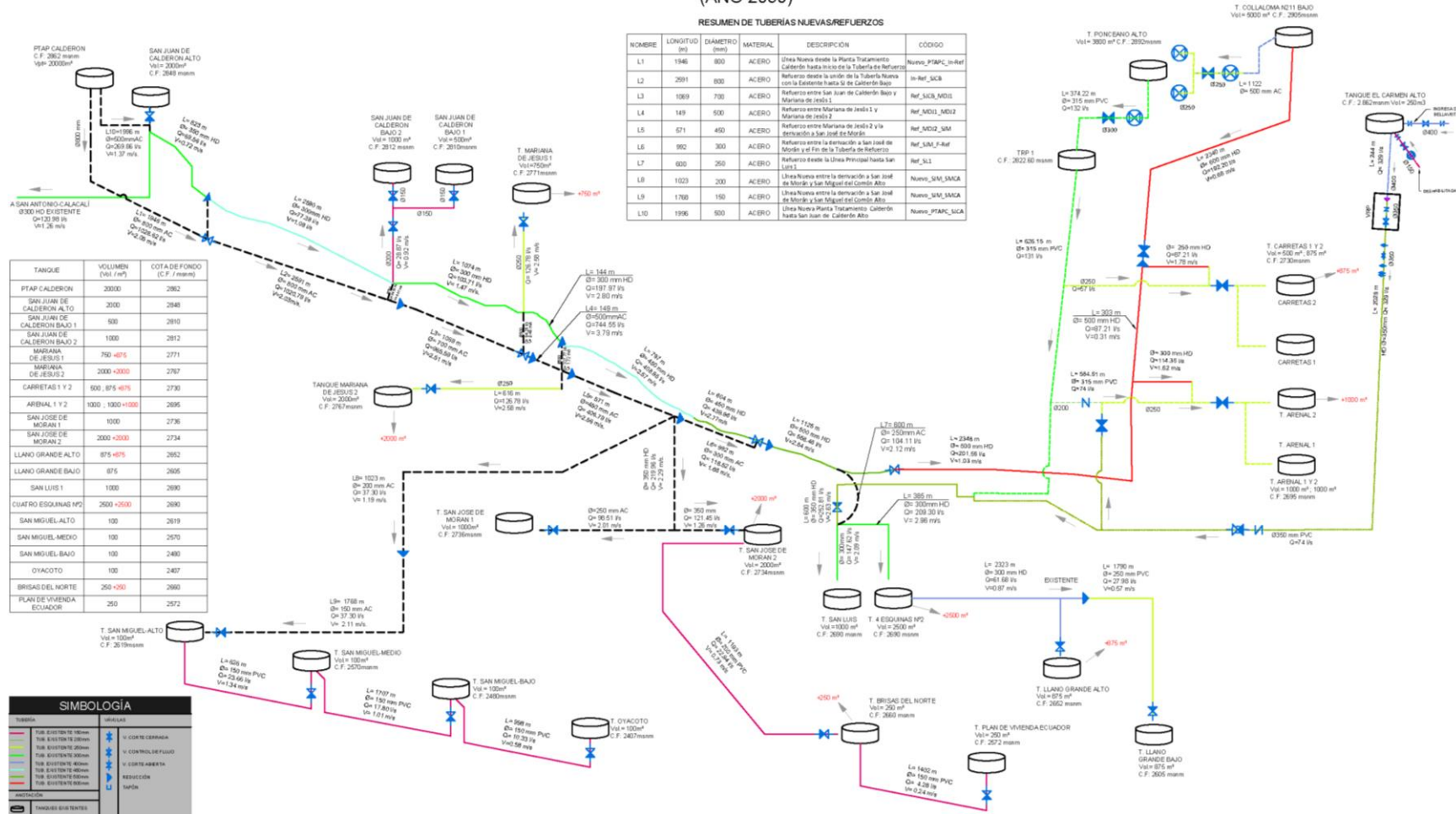
Tabla 1: Sistemas actuales de abastecimiento para Calderón

Abastecimiento	A Tanque	A Sector	
Collaloma 2-211	Arenal Nuevo (Deshabilitado)		
	Mariana de Jesús Nuevo		
	Mariana de Jesús Viejo		
	San José de Morán Nuevo		Brisas
			Plan de Vivienda Ecuador
	San José de Morán Viejo		
	San Juan de Calderón Alto		
	San Juan de Calderón Bajo Nuevo		
	San Juan de Calderón Bajo Viejo		
Ponceano/TRP	Arenal Nuevo		
	Arenal Viejo		
	Carretas Nuevo		
	Carretas Viejo		
El Carmen	Arenal Viejo		
	San Luis		
	Cuatro Esquinas 2		Llano Grande Alto
			Llano Grande Bajo
			San Miguel del Común Alto
			San Miguel del Común Medio
			San Miguel del Común Bajo
	Oyacoto		

ESQUEMA GENERAL
(AÑO 2050)

RESUMEN DE TUBERÍAS NUEVAS/REFUERZOS

NOMBRE	LONGITUD (m)	DIAMETRO (mm)	MATERIAL	DESCRIPCIÓN	CÓDIGO
L1	1946	800	ACERO	Línea Nueva desde la Planta Tratamiento Calderón hasta inicio de la Tubería de Refuerzo	Nuevo_PTAPC_in=Ref
L2	2991	800	ACERO	Refuerzo desde la Tubería de Refuerzo con la Existente hasta el de Calderón Bajo	In=Ref_SCA
L3	1069	700	ACERO	Refuerzo entre San Juan de Calderón Bajo y Mariana de Jesús 1	Ref_SAJB_MDJ1
L4	149	600	ACERO	Refuerzo entre Mariana de Jesús 1 y Mariana de Jesús 2	Ref_MDJ1_MDJ2
L5	671	450	ACERO	Refuerzo entre Mariana de Jesús 2 y la derivación a San José de Morán	Ref_MDJ2_SJM
L6	992	300	ACERO	Refuerzo entre la derivación a San José de Morán y San Miguel del Cometa Alto	Ref_SJM_SML
L7	600	250	ACERO	Refuerzo desde la Línea Principal hasta San Luis 1	Ref_SLL1
L8	1023	200	ACERO	Línea Nueva entre la derivación a San José de Morán y San Miguel del Cometa Alto	Nuevo_SAM_SACA
L9	1768	150	ACERO	Línea Nueva desde el Tratamiento Calderón hasta San Juan de Calderón Alto	Nuevo_PTAPC_SCA
L10	1996	600	ACERO		



TANQUE	VOLUMEN (m³)	COTA DE FONDO (C.F.) (m)
PTAP CALDERON	20000	2862
SAN JUAN DE CALDERON ALTO	2000	2848
SAN JUAN DE CALDERON BAJA 1	500	2810
SAN JUAN DE CALDERON BAJA 2	1000	2812
MARIANA DE JESUS 1	750 +075	2771
MARIANA DE JESUS 2	2000 +0300	2767
CARRETAS 1 Y 2	1000 +875 +075	2730
ARENAL 1 Y 2	1000 +1000 +1000	2695
SAN JOSE DE MORAN 1	1000	2736
SAN JOSE DE MORAN 2	2000 +0300	2734
LLANO GRANDE ALTO	875 +075	2652
LLANO GRANDE BAJA	875	2605
SAN LUIS 1	1000	2830
CUATRO ESQUINAS NP2	2500 +0500	2690
SAN MIGUEL ALTO	100	2619
SAN MIGUEL MEDIO	100	2570
SAN MIGUEL BAJA	100	2480
OYACOTO	100	2407
BRISAS DEL NORTE	250 +050	2660
PLAN DE VIVIENDA ECUADOR	250	2572

SIMBOLOGÍA	
Tubo existente 150mm	Existente
Tubo existente 200mm	Existente
Tubo existente 300mm	Existente
Tubo existente 400mm	Existente
Tubo existente 500mm	Existente
Tubo existente 600mm	Existente
Tubo existente 800mm	Existente
Tubo existente 1000mm	Existente
Tubo existente 1200mm	Existente
Tubo existente 1500mm	Existente
Tubo existente 2000mm	Existente
Tubo existente 2500mm	Existente
Tubo existente 3000mm	Existente
Tubo existente 3500mm	Existente
Tubo existente 4000mm	Existente
Tubo existente 4500mm	Existente
Tubo existente 5000mm	Existente
Tubo existente 6000mm	Existente
Tubo existente 7000mm	Existente
Tubo existente 8000mm	Existente
Tubo existente 9000mm	Existente
Tubo existente 10000mm	Existente
Tubo existente 12000mm	Existente
Tubo existente 15000mm	Existente
Tubo existente 20000mm	Existente
Tubo existente 25000mm	Existente
Tubo existente 30000mm	Existente
Tubo existente 35000mm	Existente
Tubo existente 40000mm	Existente
Tubo existente 45000mm	Existente
Tubo existente 50000mm	Existente
Tubo existente 60000mm	Existente
Tubo existente 70000mm	Existente
Tubo existente 80000mm	Existente
Tubo existente 90000mm	Existente
Tubo existente 100000mm	Existente
Tubo existente 120000mm	Existente
Tubo existente 150000mm	Existente
Tubo existente 200000mm	Existente
Tubo existente 250000mm	Existente
Tubo existente 300000mm	Existente
Tubo existente 350000mm	Existente
Tubo existente 400000mm	Existente
Tubo existente 450000mm	Existente
Tubo existente 500000mm	Existente
Tubo existente 600000mm	Existente
Tubo existente 700000mm	Existente
Tubo existente 800000mm	Existente
Tubo existente 900000mm	Existente
Tubo existente 1000000mm	Existente
Tubo existente 1200000mm	Existente
Tubo existente 1500000mm	Existente
Tubo existente 2000000mm	Existente
Tubo existente 2500000mm	Existente
Tubo existente 3000000mm	Existente
Tubo existente 3500000mm	Existente
Tubo existente 4000000mm	Existente
Tubo existente 4500000mm	Existente
Tubo existente 5000000mm	Existente
Tubo existente 6000000mm	Existente
Tubo existente 7000000mm	Existente
Tubo existente 8000000mm	Existente
Tubo existente 9000000mm	Existente
Tubo existente 10000000mm	Existente
Tubo existente 12000000mm	Existente
Tubo existente 15000000mm	Existente
Tubo existente 20000000mm	Existente
Tubo existente 25000000mm	Existente
Tubo existente 30000000mm	Existente
Tubo existente 35000000mm	Existente
Tubo existente 40000000mm	Existente
Tubo existente 45000000mm	Existente
Tubo existente 50000000mm	Existente
Tubo existente 60000000mm	Existente
Tubo existente 70000000mm	Existente
Tubo existente 80000000mm	Existente
Tubo existente 90000000mm	Existente
Tubo existente 100000000mm	Existente
Tubo existente 120000000mm	Existente
Tubo existente 150000000mm	Existente
Tubo existente 200000000mm	Existente
Tubo existente 250000000mm	Existente
Tubo existente 300000000mm	Existente
Tubo existente 350000000mm	Existente
Tubo existente 400000000mm	Existente
Tubo existente 450000000mm	Existente
Tubo existente 500000000mm	Existente
Tubo existente 600000000mm	Existente
Tubo existente 700000000mm	Existente
Tubo existente 800000000mm	Existente
Tubo existente 900000000mm	Existente
Tubo existente 1000000000mm	Existente
Tubo existente 1200000000mm	Existente
Tubo existente 1500000000mm	Existente
Tubo existente 2000000000mm	Existente
Tubo existente 2500000000mm	Existente
Tubo existente 3000000000mm	Existente
Tubo existente 3500000000mm	Existente
Tubo existente 4000000000mm	Existente
Tubo existente 4500000000mm	Existente
Tubo existente 5000000000mm	Existente
Tubo existente 6000000000mm	Existente
Tubo existente 7000000000mm	Existente
Tubo existente 8000000000mm	Existente
Tubo existente 9000000000mm	Existente
Tubo existente 10000000000mm	Existente
Tubo existente 12000000000mm	Existente
Tubo existente 15000000000mm	Existente
Tubo existente 20000000000mm	Existente
Tubo existente 25000000000mm	Existente
Tubo existente 30000000000mm	Existente
Tubo existente 35000000000mm	Existente
Tubo existente 40000000000mm	Existente
Tubo existente 45000000000mm	Existente
Tubo existente 50000000000mm	Existente
Tubo existente 60000000000mm	Existente
Tubo existente 70000000000mm	Existente
Tubo existente 80000000000mm	Existente
Tubo existente 90000000000mm	Existente
Tubo existente 100000000000mm	Existente
Tubo existente 120000000000mm	Existente
Tubo existente 150000000000mm	Existente
Tubo existente 200000000000mm	Existente
Tubo existente 250000000000mm	Existente
Tubo existente 300000000000mm	Existente
Tubo existente 350000000000mm	Existente
Tubo existente 400000000000mm	Existente
Tubo existente 450000000000mm	Existente
Tubo existente 500000000000mm	Existente
Tubo existente 600000000000mm	Existente
Tubo existente 700000000000mm	Existente
Tubo existente 800000000000mm	Existente
Tubo existente 900000000000mm	Existente
Tubo existente 1000000000000mm	Existente
Tubo existente 1200000000000mm	Existente
Tubo existente 1500000000000mm	Existente
Tubo existente 2000000000000mm	Existente
Tubo existente 2500000000000mm	Existente
Tubo existente 3000000000000mm	Existente
Tubo existente 3500000000000mm	Existente
Tubo existente 4000000000000mm	Existente
Tubo existente 4500000000000mm	Existente
Tubo existente 5000000000000mm	Existente
Tubo existente 6000000000000mm	Existente
Tubo existente 7000000000000mm	Existente
Tubo existente 8000000000000mm	Existente
Tubo existente 9000000000000mm	Existente
Tubo existente 10000000000000mm	Existente
Tubo existente 12000000000000mm	Existente
Tubo existente 15000000000000mm	Existente
Tubo existente 20000000000000mm	Existente
Tubo existente 25000000000000mm	Existente
Tubo existente 30000000000000mm	Existente
Tubo existente 35000000000000mm	Existente
Tubo existente 40000000000000mm	Existente
Tubo existente 45000000000000mm	Existente
Tubo existente 50000000000000mm	Existente
Tubo existente 60000000000000mm	Existente
Tubo existente 70000000000000mm	Existente
Tubo existente 80000000000000mm	Existente
Tubo existente 90000000000000mm	Existente
Tubo existente 100000000000000mm	Existente
Tubo existente 120000000000000mm	Existente
Tubo existente 150000000000000mm	Existente
Tubo existente 200000000000000mm	Existente
Tubo existente 250000000000000mm	Existente
Tubo existente 300000000000000mm	Existente
Tubo existente 350000000000000mm	Existente
Tubo existente 400000000000000mm	Existente
Tubo existente 450000000000000mm	Existente
Tubo existente 500000000000000mm	Existente
Tubo existente 600000000000000mm	Existente
Tubo existente 700000000000000mm	Existente
Tubo existente 800000000000000mm	Existente
Tubo existente 900000000000000mm	Existente
Tubo existente 1000000000000000mm	Existente
Tubo existente 1200000000000000mm	Existente
Tubo existente 1500000000000000mm	Existente
Tubo existente 2000000000000000mm	Existente
Tubo existente 2500000000000000mm	Existente
Tubo existente 3000000000000000mm	Existente
Tubo existente 3500000000000000mm	Existente
Tubo existente 4000000000000000mm	Existente
Tubo existente 4500000000000000mm	Existente
Tubo existente 5000000000000000mm	Existente
Tubo existente 6000000000000000mm	Existente
Tubo existente 7000000000000000mm	Existente
Tubo existente 8000000000000000mm	Existente
Tubo existente 9000000000000000mm	Existente
Tubo existente 10000000000000000mm	Existente
Tubo existente 12000000000000000mm	Existente
Tubo existente 15000000000000000mm	Existente
Tubo existente 20000000000000000mm	Existente
Tubo existente 25000000000000000mm	Existente
Tubo existente 30000000000000000mm	Existente
Tubo existente 35000000000000000mm	Existente
Tubo existente 40000000000000000mm	Existente
Tubo existente 45000000000000000mm	Existente
Tubo existente 50000000000000000mm	Existente
Tubo existente 60000000000000000mm	Existente
Tubo existente 70000000000000000mm	Existente
Tubo existente 80000000000000000mm	Existente
Tubo existente 90000000000000000mm	Existente
Tubo existente 100000000000000000mm	Existente
Tubo existente 120000000000000000mm	Existente
Tubo existente 150000000000000000mm	Existente
Tubo existente 200000000000000000mm	Existente
Tubo existente 250000000000000000mm	Existente
Tubo existente 300000000000000000mm	Existente
Tubo existente 350000000000000000mm	Existente
Tubo existente 400000000000000000mm	Existente
Tubo existente 450000000000000000mm	Existente
Tubo existente 500000000000000000mm	Existente
Tubo existente 600000000000000000mm	Existente
Tubo existente 700000000000000000mm	Existente
Tubo existente 800000000000000000mm	Existente
Tubo existente 900000000000000000mm	Existente
Tubo existente 1000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 1200000000000000000mm	Existente
Tubo existente 1500000000000000000mm	Existente
Tubo existente 2000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 2500000000000000000mm	Existente
Tubo existente 3000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 3500000000000000000mm	Existente
Tubo existente 4000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 4500000000000000000mm	Existente
Tubo existente 5000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 6000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 7000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 8000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 9000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 10000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 12000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 15000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 20000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 25000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 30000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 35000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 40000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 45000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 50000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 60000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 70000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 80000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 90000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 100000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 120000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 150000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 200000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 250000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 300000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 350000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 400000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 450000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 500000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 600000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 700000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 800000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 900000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 1000000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 1200000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 1500000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 2000000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 2500000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 3000000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 3500000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 4000000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 4500000000000000000000mm	Existente
Tubo existente 5000000000000000000000mm	

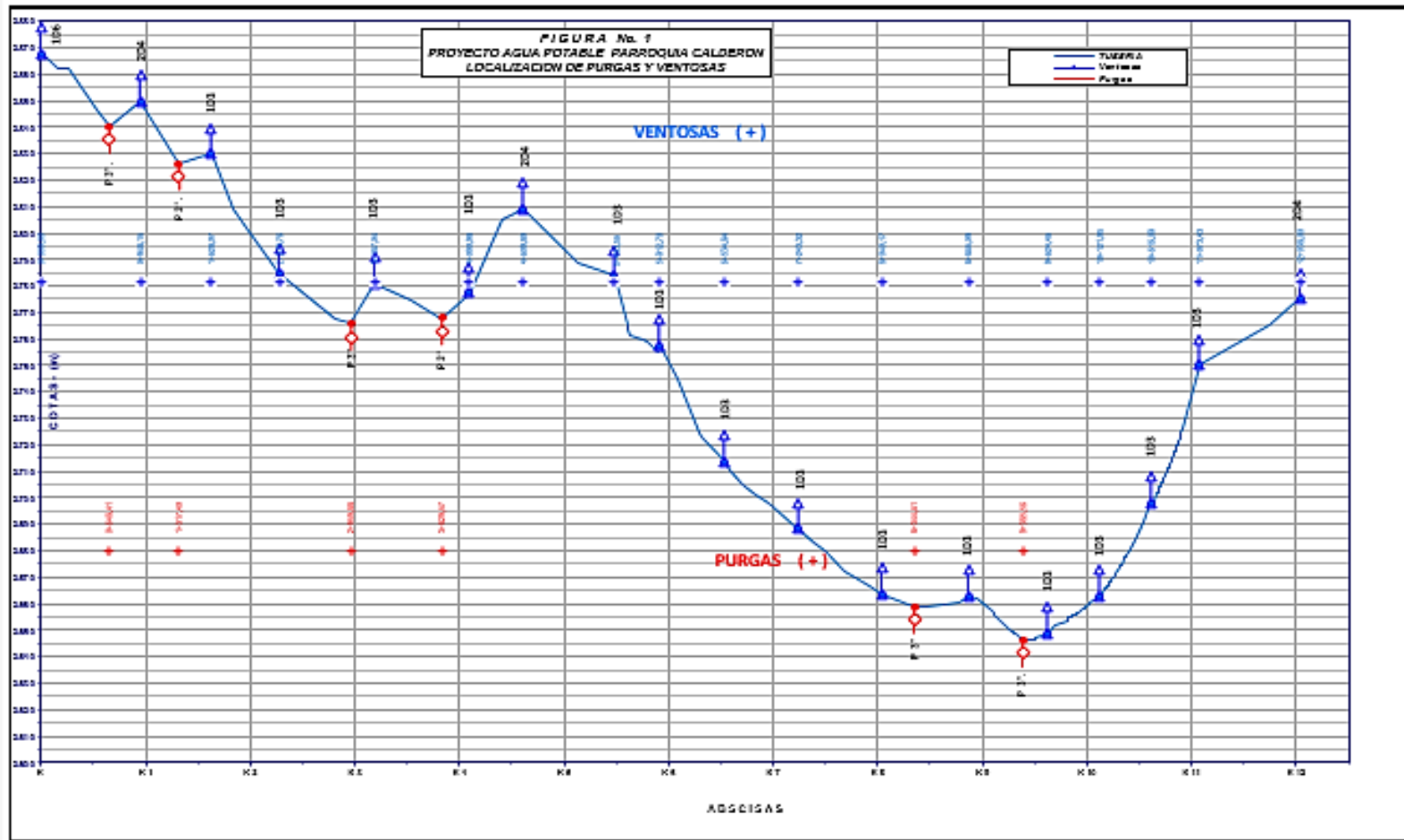


Figura 3 Perfil longitudinal de la Línea Principal con la localización de válvulas de admisión y expulsión de aire

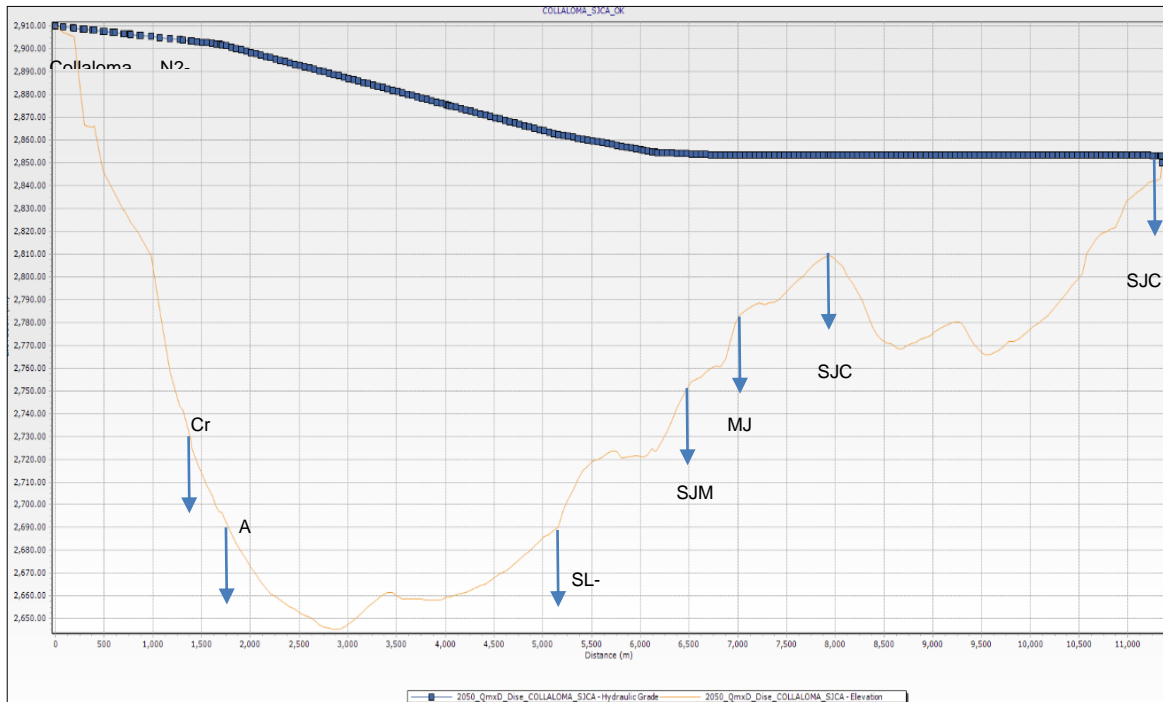


Figura 4 Perfil hidráulico del sistema actual

Una vez que se construya la PTAP Calderón, ubicada en el sector de San Juan Alto de Calderón, la conducción de agua potable a lo largo de la línea de transmisión **será en sentido inverso** al funcionamiento actual. Es decir, la conducción se inicia desde el tanque a construirse en la PTAP Calderón previo su distribución a todo el sistema Calderón (ver figura 4)

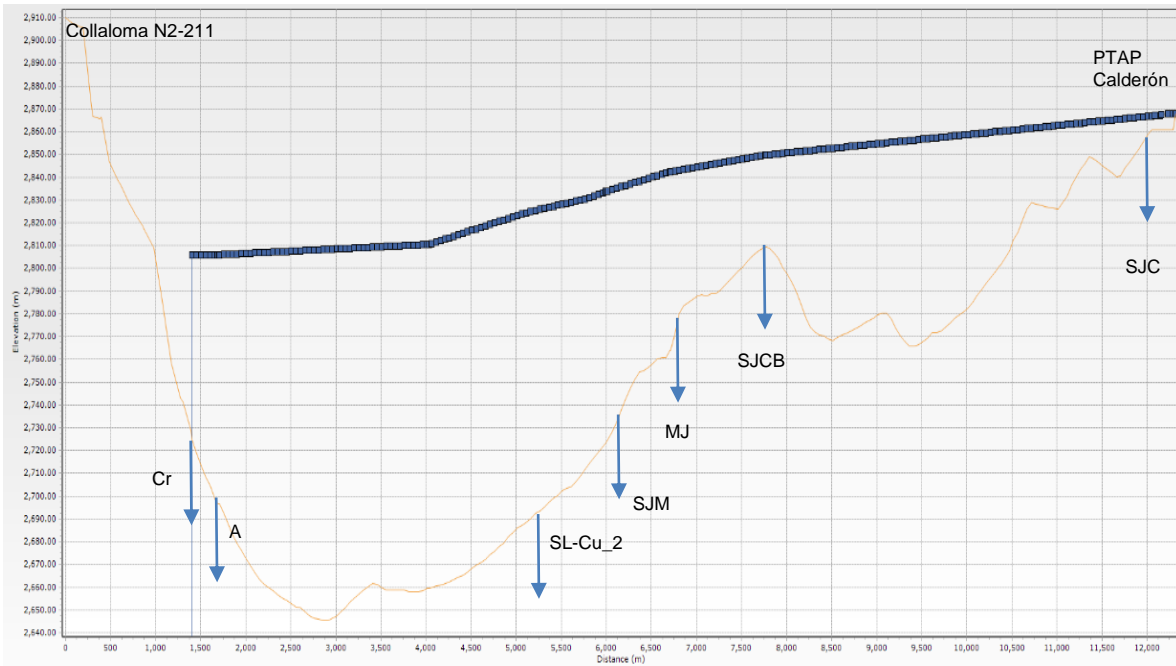


Figura 5 Perfil hidráulico del sistema con funcionamiento a futuro (abastecimiento desde PTAP Calderón)

En la presente consultoría se han diseñado las tuberías de refuerzo hidráulico necesarias para garantizar el abastecimiento al sistema en su funcionamiento como sifón, así como se ha dimensionado la infraestructura en los tanques necesaria para la automatización y el control del sistema.

Es importante indicar que, cuando funcione la PTAP Calderón, los sistemas actuales de transmisión deben mantenerse operativos, y serán sistemas redundantes, para el caso de cualquier eventualidad.

1.4 DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA DE TANQUES

Se mantiene:

- El uso de la conducción existente entre los tanques Collaloma Bajo – San Juan Alto;
- El abastecimiento a los tanques Brisas y Plan de Vivienda Ecuador, servidos desde el tanque San José de Morán 2;
- El abastecimiento a los tanques Llano Grande Alto y Llano Grande Bajo se realizará desde el tanque Cuatro Esquinas 2.
- Por otra parte, se modifica la alimentación a los tanques de San Miguel del Común y Oyacoto desde el tanque San José de Morán 2, mediante una nueva línea expresa.
- En la Tabla 2 se muestra la distribución de los sectores esquemas y estructuras de control del sistema propuesto.

Tabla 2: Configuración del sistema

N	Sector (16)	Válvula (18)	Tanque (22)	Tanque ID
1	Arenal	A1	Arenal 1	A1
			Arenal 2	A2
2	Brisas	Br	Brisas	Brisas
3	Carretas	Cr1	Carretas 1	Cr1
			Carretas 2	Cr2
4	Cuatro Esquinas No 2	Cu_E2	Cuatro Esquinas No 2	Cu_E2
5	Llano Grande Alto	LLGA	Llano Grande Alto	LLGA
6	Llano Grande Bajo	LLGB	Llano Grande Bajo	LLGB
7	Mariana de Jesús	MJ1	Mariana de Jesús 1	MJ1
		MJ2	Mariana de Jesús 2	MJ2
8	Oyacoto	Oya	Oyacoto	Oya
9	Plan de Vivienda Ecuador	PVE	PVE	PVE
10	San Juan de Calderón Alto	SJCA	SJCA	SJCA
11	San Juan de Calderón Bajo	SJC B	San Juan de Calderón Bajo 1	SJC B 1
			San Juan de Calderón Bajo 2	SJC B 2
12	San José de Morán	SJM1	SJM1	SJM1
		SJM2	SJM2	SJM2
13	San Luis	SL	SL	SL
14	San Miguel del Común Alto	SMCA	San Miguel del Común Alto 1	SMCA 1
			San Miguel del Común Alto 2	SMCA 2
15	San Miguel del Común Bajo	SMCB	San Miguel del Común Bajo	SMCB
16	San Miguel del Común Medio	SMCM	San Miguel del Común Medio	SMCM

1.5 DESCRIPCIÓN DE LAS LINEAS DE TRANSMISION

Se utiliza la tubería existente del sistema Collaloma, eliminando los sistemas menores de El Carmen Alto y Ponceano.

Los ramales de refuerzo se inician en la PTAP Calderón y terminan en el tramo de conducción hacia el tanque San Luis 1. La longitud total de las líneas de transmisión es de 25,9 Km; dato que incluye el requerimiento de 12 Km de conducciones de refuerzo (tubería en rojo en Figura 1, con tuberías de acero desde 800 mm hasta 150 mm. De estos doce kilómetros, 7.3 km se encuentran en la línea principal, 3 km corresponden a un nuevo trazado desde SJM2 hasta SMCA, y el resto se reparte en pequeños tramos de las líneas secundarias. La Figura 2 y la Tabla 2 resumen el arreglo general de las conducciones principales y las reservas.

En la Tabla 3 se detallan las características de los tramos a ser reforzados:

Tabla 3: Zonas de Refuerzo

Descripción	Material	Diámetro (mm)	Longitud (m)
Línea Nueva Planta Tratamiento Calderón hasta San Juan de Calderón Alto	acero	500	1996
Línea Nueva desde la Planta Tratamiento Calderón hasta el Inicio de la Tubería de Refuerzo	acero	800	1946
Refuerzo desde la unión de la Tubería Nueva con la Existente hasta San Juan de Calderón Bajo	acero	800	2591
Refuerzo entre San Juan de Calderón Bajo y Mariana de Jesús 1	acero	700	1069
Refuerzo entre Mariana de Jesús 1 y Mariana de Jesús 2	acero	500	149
Refuerzo entre Mariana de Jesús 2 y San José de Moran	acero	450	571
Refuerzo desde Derivación a San José de Morán hasta el Fin de la Tubería de Refuerzo	acero	300	992
Refuerzo desde la Línea Principal hasta San Luis 1	acero	250	600
Línea Nueva desde San José de Moran hasta San Miguel del Común Alto, tramo 1	acero	200	1023
Línea Nueva desde San José de Moran 2 hasta el tanque San Miguel del Común Alto, tramo 2	acero	150	1768

1.6 DIMENSIONAMIENTO DE LOS TANQUES DE RESERVA

La reserva prevista en el sistema corresponde a la implementación de una celda adicional en aquellos tanques existentes donde existe espacio para su construcción. Estas reservas se complementan con la construcción de un nuevo reservorio en la PTAP Calderón de 20 000 m³, que por su dimensión permitirá cubrir la variación de caudales de demanda a los tanques del sistema.

La reserva requerida al año 2050 es de 28 557 m³. La reserva existente al año 2019 es de 18 330 m³. La reserva total a construirse mediante las celdas adicionales previstas en los tanques existentes para esta alternativa es igual a 8.875 m³. Los sectores donde se aumenta el volumen son: Arenal, Brisas, Carretas, Cuatro Esquinas 2, Mariana de Jesús, Llano Grande Alto y San José de Morán. Se aclara que el cálculo considera que los tanques de un mismo sector se interconectan para entregar los caudales demandados por la red de distribución, y que la demanda denominada PTAP corresponde a los barrios legalizados que quedarán en el interior del Parque Metropolitano de Calderón.

1.7 ESTRUCTURAS DE CONTROL (EDC)

En las estructuras de control se disponen dos ramales iguales, equipados por una válvula reguladora de caudal, tipo anular, con actuador eléctrico, acompañada por dos válvulas de guardia manuales, tipo mariposa, especificación AWWA C504, que sirven para el mantenimiento de los accesorios de cada ramal (ver Figura 6).

Para el control del caudal se instala, un medidor electromagnético de flujo que enviará la señal al PLC local del sistema de control, creando un lazo de control para mantener los caudales que solicite el sistema SCADA.

La construcción de las EDC facilita y simplifican los trabajos de interconexión. En los tanques en los que se vayan a añadir celdas adicionales, la nueva celda y las EDC deben tener habilitadas las obras necesarias para no interrumpir el servicio.

1.8 MODERNIZACIÓN DE LAS CÁMARAS DE VALVULAS EXISTENTES

En los tanques existentes se instalan válvulas tipo mariposa, con actuadores, ubicadas en la cabecera de las conducciones hacia las redes de distribución, y en las conducciones a los tanques de los subsistemas que de ellos se derivan.

Tabla 4: Volumen de los tanques de reserva

Sector de Servicio	Área (Ha)	Pob_2050	cmd_2050	Volumen regulación	Volumen incendios	Volumen emergencia	Volumen Total	Volumen existente	Déficit	Ejecución hasta 2025
Arenal 1	275.23	34819	71	1536	590	384	2510	1000	1510	0
Arenal 2	107.59	11644	24	514	341	128	983	1000	-17.0	1000
Brisas	93.47	7581	15	334	275	84	693	250	443	250
Carretas	266.64	35435	72	1563	595	391	2549	1375	1174	875
San Luis	253.45	110649	226	4880	1052	1220	7152	1000	6152	0
Cuatro Esquinas 2	116.49	9322	19	411	305	103	819	2500	-1681	2500
Mariana de Jesús 1	821.63	98509	201	4344	993	1086	6423	750	5673	2000
Mariana de Jesús 2	18.11	4521	9	199	213	50	462	2000	-1538	2000
Ecuador	100.04	1741	4	77	132	19	228	250	-22	0
Llano Grande Alto	249.29	13693	28	604	370	151	1125	875	250	250
Llano Grande Bajo	343.66	11368	23	501	337	125	964	875	89	0
Morán 1 y 2	385.01	80056	163	3531	895	883	5308	3000	2308	2000
San Miguel -Oyacoto	606.07	14409	29	635	380	159	1174	500	674	0
San Juan de Calderón Alto	689.56	32233	66	1422	568	355	2345	2000	345	0
San Juan de Calderón Bajo	250.93	11729	24	517	342	129	989	1500	-511	0
Tanque PTAP Calderón	30.92	625	1	28	79	7	114	0	114	0
Total Calderón	4608.12	478 334	977	21 096	2 187	5 274	28 557	18 875	15 495	8875

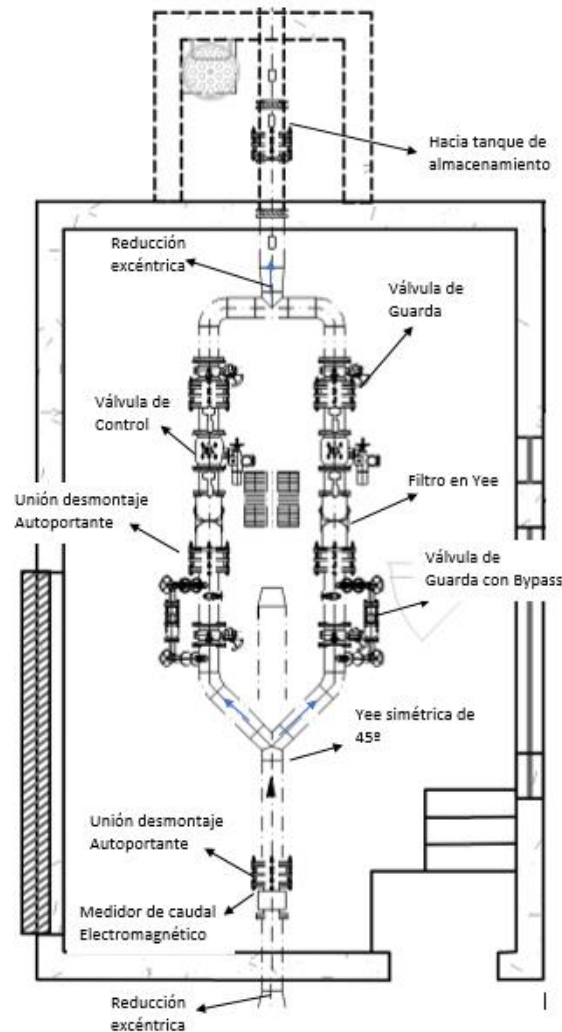


Figura 6 Vista en planta de la configuración tipo de una Estructura de Control (EDC)

También se prevé, en las cámaras grandes existentes junto a los tanques, el reemplazo de las válvulas mariposa manuales de $\frac{1}{4}$ de vuelta, así como el reemplazo de las válvulas de compuerta de las tuberías de entrada y salida a tanques por válvulas mariposa manuales con desmultiplicadores (norma AWWA C504), para facilitar la operación.

Como parte de los trabajos, se prevé el desmontaje de los ramales de bypass que existen en los tanques San José de Morán 1 y 2, Marianas 1 y 2, 4 Esquinas 1 y 2, y el desmontaje de las válvulas Monovar ubicadas en las vías de acceso a los tanques San José de Morán y Marianas. También se desmonta la válvula disipadora Singer, ubicada en el ramal de entrada a los tanques en San José de Morán.

Con el nuevo esquema se elimina adicionalmente el sistema de bombeo existente entre los tanques ubicados en Mariana de Jesús y San Juan de Calderón Bajo. Las válvulas mariposa con desmultiplicador serán reemplazadas en las cámaras de los tanques existentes. En Figura 7, se implanta la infraestructura necesaria para el desempeño del sistema.

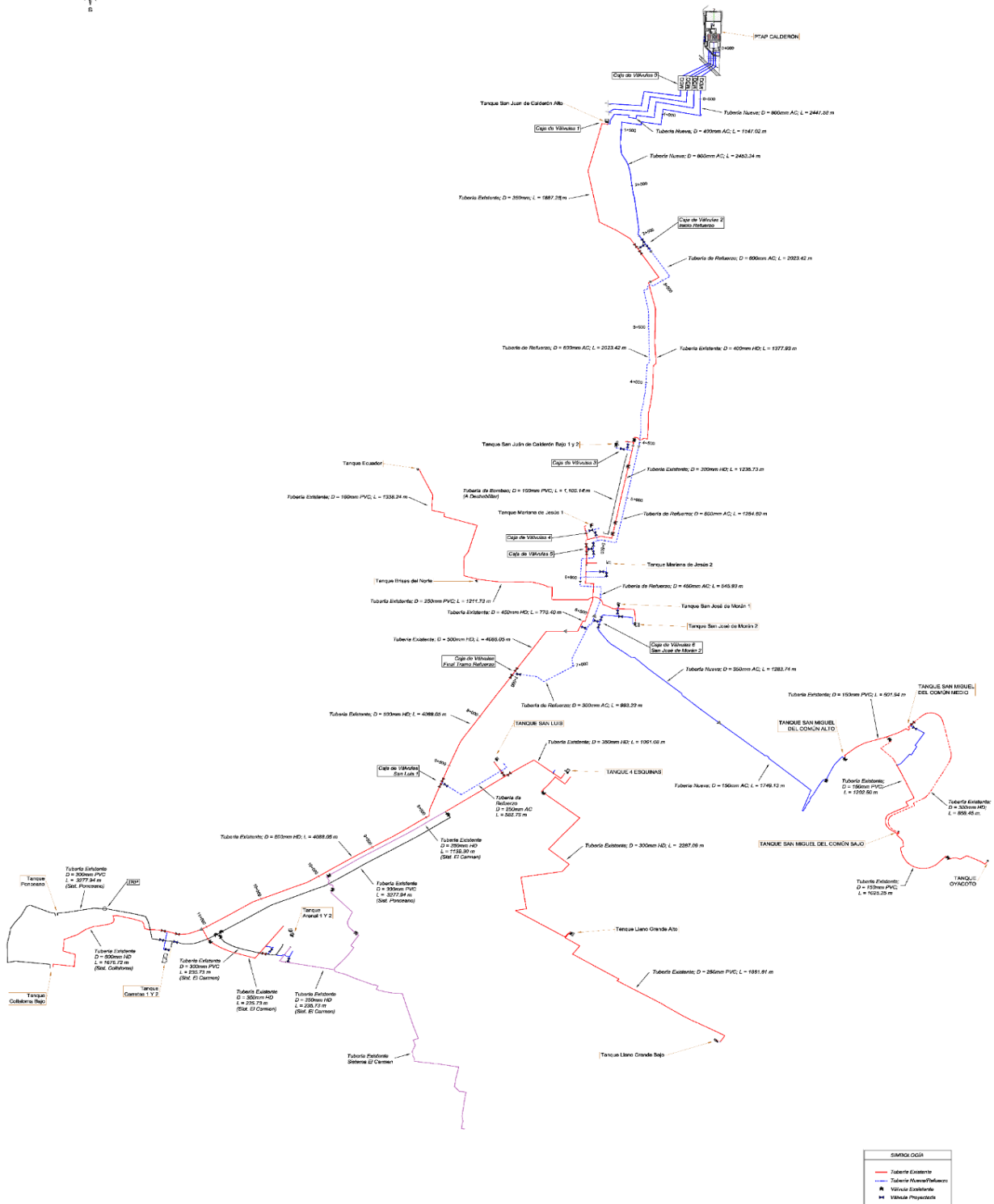


Figura 7 Implantación de la infraestructura del sistema

Principalmente en los ramales y en los tanques de reserva es donde se implementará el equipamiento para la medición y control de caudal de ingreso y/o salida, así como la instrumentación necesaria para monitorear y controlar presiones en las líneas de ingreso y niveles en los tanques.

A través de las tres variables de proceso: caudal, presión y nivel se controlará la transmisión y distribución del agua potable a través de la instrumentación en los tanques de distribución.

De manera general el control de ingreso y salida de agua de cada estación/tanque será realizado tomando en cuenta las mediciones de presión, nivel y caudal. Dependiendo de las mediciones registradas por el PLC quién enviará la señal de control a las válvulas tipo anular y mariposa para regular y controlar la posición de las válvulas, de modo que se permita el ingreso y salida adecuada de agua dependiendo de la demanda y disponibilidad de agua existente.

El sistema contempla la integración de cada una de las estaciones a través de un sistema de comunicaciones hasta el sistema SCADA mediante el cual será posible la operación, monitoreo y control remoto.

2. DISEÑO DEL SISTEMA SCADA

2.1 OBJETIVO DEL ESTUDIO

2.1.1 Objetivo General.

Desarrollar los Estudios de Diseño Definitivo del Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de (SCADA) para el Sistema de Distribución de Calderón, con la finalidad de elaborar los documentos precontractuales para la contratación que permita su construcción.

2.1.2 Objetivos Específicos.

- Este sistema permitirá realizar las acciones de supervisión y control en tiempo real, a distancia, de los diferentes equipos instalados en los tanques de distribución. Además, permitirá, que todas las informaciones relacionadas con las variables a ser monitoreadas y controladas, analógicas y/o digitales, sean recopiladas en los Centros de Control en el Distrito de Calderón y UMED.
- Desarrollar los estudios de diseño del proyecto que contengan memorias técnicas, planos, presupuesto referencial, especificaciones técnicas.
- Los estudios deben considerar la implementación de un sistema automático de monitoreo, control y comunicaciones en tiempo real (SCADA), a través de Estaciones Locales de Control en los Tanques (LAN's) que se interconectarán a los Centros de Control, mediante enlaces de comunicaciones y fibra óptica, y que conformarán una Red Ampliada de Control (WAN). Las estaciones determinadas para el sistema de control son:

Tabla 5: Listado de Tanques del Sistema Calderón

TANQUE	NUMERACION DE ESTACION
Arenal	1
Mariana de Jesús 1	2
Mariana de Jesús 2	3
San José de Morán 1	4
San José de Morán 2	5
Brisas	6
Plan de Vivienda Ecuador	7
San Juan de Calderón Alto	8
San Juan de Calderón Bajo	9
Carretas	10
San Luis	11
Cuatro Esquinas	12
Llano Grande Alto	13
Llano Grande Bajo	14
San Miguel del Común Alto	15
San Miguel del Común Medio	16
San Miguel del Común Bajo	17
Oyacoto	18

2.2 ALCANCE DE TRABAJOS

El Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) debe estar orientado a mantener un funcionamiento global y seguro de todas las instalaciones para lo cual se requerirá de equipamiento e instrumentación de última tecnología que permita la integración.

Las características principales del Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos deben ser: confiabilidad, fácil implementación y amigable uso para operación y configuración, alto desempeño, flexibilidad, seguridad, manejo en tiempo real y de bases de datos.

El equipamiento, materiales, accesorios y software que sean instalados en el Sistema SCADA deben estar a nombre de la empresa contratante.

Debe ser considerado en la provisión todo el software de los elementos de la red de control local, SCADA y comunicaciones para su correcta operación y mantenimiento.

Las principales actividades a desarrollarse para el Diseño Definitivo del sistema SCADA del Proyecto.

- Definición conceptual y configuración
- Arquitectura del Sistema SCADA.
- Definición de componentes.
- Funcionalidad del sistema SCADA (Cuadros de causa y efecto y entradas y salidas analógicas y digitales)
- Determinación de las estaciones de control y redes locales de control (LAN's) que conforman el sistema SCADA.
- Especificaciones técnicas de los equipos que forman parte del Sistema SCADA.
- Elaboración del Presupuesto Referencial del Sistema SCADA

De manera general se admitirán para la fabricación de equipos la aplicación de las normas referidas en el siguiente listado, muchas de las cuales son consideradas en las especificaciones técnicas de este proyecto y que tendrán en ese caso preferencia sobre otras posibles propuestas:

- AEIC Association of Edison Illuminating Companies
- ANSI American National Standard Institute
- ASME American Society of Mechanical Engineers
- ASS American Safety Standards
- ASTM American Society for Testing and Materials
- IEC Commission Electrotechnique International
- EEI Edison Electric Institute
- ISO International Standard Organization
- ISA Instrument Society of America
- IEEE Institute of Electrical and Electronics Engineers
- ICEA Insulated Cable Engineers Association
- NEMA National Electrical Manufacturers Association

Será presente el uso de las normas de la IEC para el material, fabricación, pruebas y montaje de los equipos.

2.3 CONFIGURACIÓN DEL SISTEMA SCADA

Un Sistema de Supervisión, Control y Adquisición de Datos (SCADA) permite supervisar y controlar instalaciones, estaciones, procesos o sistemas de características variadas a distancias grandes. La principal tarea del SCADA es la supervisión y control.

El sistema SCADA a desarrollarse para ser implementado en el Proyecto, se basará en una arquitectura de sistemas abiertos y distribuidos, para la adquisición de información y control en tiempo real.

La arquitectura abierta del sistema SCADA será tanto en hardware como en software, esto con el propósito que a futuro se pueda complementar, ampliar o actualizar por partes. Esto permitirá la posibilidad de integrar diferentes equipos de medición, protección y control de otras marcas. Se considerará para el SCADA y para el sistema de control local todas las licencias requeridas para operación y desarrollo de ingeniería.

Los campos de acción del sistema SCADA serán:

- Adquirir las señales de campo (niveles, caudales, presión, posición de válvulas automatizadas, cloro residual, posición de puertas y compuertas). Para esto es indispensable contar con los respectivos sensores y transductores instalados en los tanques de distribución con los sistemas de comunicaciones respectivos.
- Adquirir la información, controlar y supervisar los elementos más importantes del Proyecto.
- Adquirir la información, controlar, supervisar los elementos que manejan parámetros hidráulicos, eléctricos y mecánicos del sistema.
- Supervisará e intercambiará información entre los Centros de Control Distrito Calderón, UMED y Tanques de distribución.

2.4 FUNCIONALIDAD DE UN SISTEMA SCADA

2.4.1 CRITERIOS GENERALES

Los siguientes criterios generales deberán ser considerados en el software y hardware para el sistema de control SCADA.

- Disponibilidad: El porcentaje de disponibilidad 99.99 % del sistema estará en base a lo establecido en las normativas IEC y aceptación por parte del fiscalizador.
- Seguridad: La ejecución de los comandos debe incluir la verificación de los enclavamientos de seguridad de operación.
- Flexibilidad: El sistema debe poder adaptarse fácilmente a cambios funcionales, operativos, etc.
- Sistemas Abiertos: En los sistemas de control deben basarse en una arquitectura abierta.
- El software suministrado deberá cumplir con características de portabilidad, inter operatividad, escalabilidad e interconectividad. La configuración del sistema de control deberá estar basada en una arquitectura del tipo distribuida compuesta por los PLC, controladores y por las estaciones de trabajo con interfaz gráfica de usuario. El medio de interfaces de comunicación en Ethernet debe soportar este software.
- El software SCADA deberá tener la capacidad de supervisión de los sistemas Control es un estándar de comunicación con arquitectura abierta

usada en la industria de control de procesos. Está pensada para garantizar la comunicación entre dispositivos de distintos fabricantes, permitiendo la comunicación entre aplicaciones de control y de supervisión con independencia de la red en la que trabaje. El software suministrado deberá cumplir con características de portabilidad, inter operatividad, escalabilidad e interconectividad.

- Los dispositivos y subsistemas primarios nivel 0 deberán comunicarse con protocolos normalizados en bus de campo.
- La base de datos deberá ser abierta en SQL o similar, se deberá tener la capacidad para importar/exportar el modelo de la base de datos del sistema entre diferentes proveedores y programas de aplicación de otros fabricantes.
- Expansión y Mantenibilidad: El sistema de control deberá tener un alto grado de modularidad, tanto en programación (software) como en sus elementos (hardware) para permitir modificaciones, actualizaciones y expansiones.
- El sistema de control debe disponer, a nivel de hardware y software, con facilidades que permitan un diagnóstico del estado de los mismos.

2.4.2 FUNCIONES ESPECÍFICAS DEL SISTEMA SCADA

El sistema SCADA deberá ser un sistema completamente integrado, con todos los equipos y programas necesarios para mantener un funcionamiento que deberá ser aceptado por el fiscalizador y comisión técnica antes de realizarse la recepción definitiva.

- Supervisar y monitorear cada uno de los diferentes sistemas y subsistemas que conforman el Proyecto: Sistema hidráulico, Sistema electromecánico, instrumentación de campo y sistema de comunicación.
- Adquirir señales analógicas y digitales, las cuales serán entregadas de sensores, transductores y elementos de detección de estado, al respectivo PLC. Estas señales serán procesadas y registradas en las bases de datos de los Centros de Control que tendrá respaldo sincronizado.
- Supervisar las diferentes secuencias de operación (secuencias de ingreso y salida del sistema en forma local (manual y automático) y remota (manual y automático), paradas normal y de emergencia, etc.).
- Supervisar los lazos de control nivel y caudal, en los tanques de distribución considerando las condiciones de funcionamiento y lógica de control.
- Adquirir los datos de las presiones de ingreso a los tanques de distribución para la supervisión del sistema, considerando las condiciones de funcionamiento dadas en el estudio hidráulico.
- Supervisar los lazos de control secundarios de ser necesarios, considerando las condiciones de funcionamiento (diagramas de flujo) y cuadros de matrices causa y efecto.
- Supervisar los equipos (actuadores), elementos e instrumentos que tiene relación con las diferentes protecciones hidráulicas y mecánicas del proyecto.

- Generar una base de datos de tiempo real, con información verificada, que refleje la situación “instantánea” de sus instalaciones. Esta base de datos será accedida y guardada en un servidor de bases de datos, a través de la red LAN tipo Industrial ETHERNET con protocolo TCP/IP.
- Generar una base de datos histórica, en forma cronológica, de los datos y eventos producidos, con una resolución adecuada.
- La estación remota (tanques de distribución) para telecontrol y telemedición, permitirá compartir la información en tiempo real, con diferentes niveles de control, de acuerdo a niveles jerárquicos de acceso.
- Se determinará una interfaz HMI (Interface Humano-Máquina) en los Centros de Control del Distrito Calderón y UMED y en cada Tanque de distribución, con las herramientas necesarias para la gestión de explotación, mediante el empleo de sinópticos con campos dinámicos, gráficas de tendencias, almacenamiento de registros históricos y cronológicos de eventos en una base de datos de tiempo relacional, control de usuarios, etc.

2.5 ARQUITECTURA DEL SISTEMA SCADA DE DISTRIBUCIÓN CALDERÓN

El sistema SCADA en el “PROYECTO DE DISTRIBUCIÓN CALDERÓN” será desarrollado como un sistema de control distribuido, en base de controladores lógicos programables (PLC's), para cada uno de los Tanques de Distribución y que a su vez estén interrelacionados en el sistema SCADA con los Centros de Control del Distrito Calderón quién comandará la operación del sistema desde su Sala de Control ubicada en el Distrito Calderón y la Unidad de Mantenimiento Electromecánico UMED quién también realizará la supervisión del sistema desde la Sala de Control de la unidad.

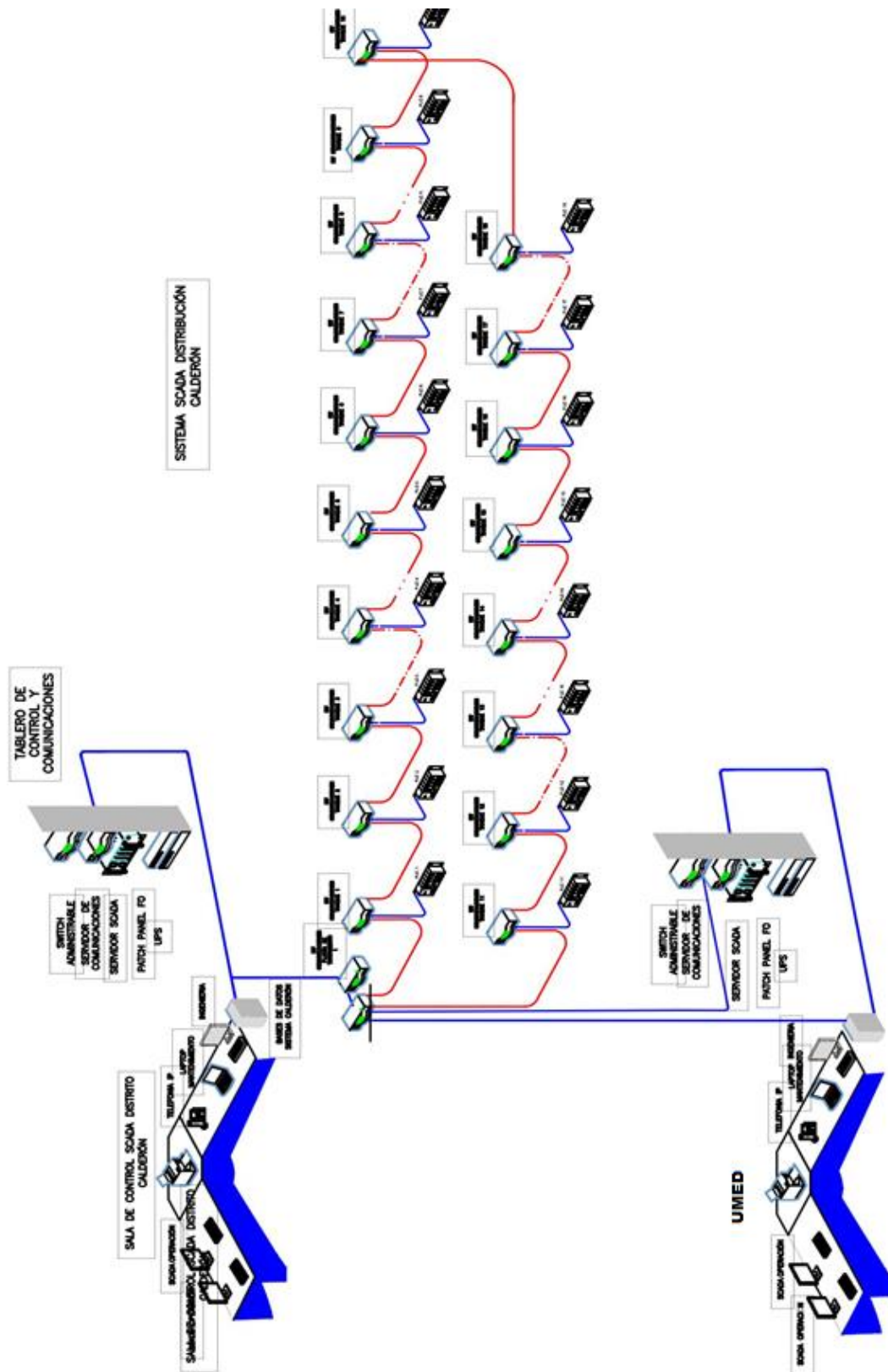


Figura 8 Diagrama de Bloques del Sistema de Control

2.6 CRITERIOS DE OPERACIÓN DEL SISTEMA SCADA

La operación de los sistemas del proyecto a través del Sistema SCADA, debe aplicarse criterios de prioridad.

Los modos de operación y mandos de control consideran los siguientes niveles:

2.6.1 NIVELES DE OPERACIÓN SISTEMA SCADA

Nivel 0: Es el nivel inferior de control de los equipos o sistemas primarios como válvulas, actuadores, etc. y será para la ejecución de pruebas individuales. Para este nivel de control se tendrá en cada equipo un selector Local-0-Remoto para las siguientes funciones:

- En Local: se darán las órdenes de puesta en servicio o fuera de servicio desde el equipo
- En 0: El control queda fuera de servicio.
- En Remoto: Se habilita el control desde los niveles superiores y, además, se habilitan algunas funciones automáticas en el tablero de control local, como pueden ser las transferencias entre equipos redundantes. La integración de los equipos a este nivel a sistemas superiores deberá ser mediante bus de campo y de protocolo abierto.

Nivel 1: Es un nivel de control de sistemas distribuidos estarán en los Tanques de Distribución. Los equipos de control deben poseer una interfaz local para realizar supervisión y control. En este nivel de control se podrá operar los diferentes automatismos siempre con una operación segura, en función de prueba, calibración y/o mantenimiento. Desde este nivel de control se dispondrá de un selector que defina: Manual (Se habilita el control desde este nivel como control distribuido) y Automático (El control se realizará por medio del PLC). La integración desde este nivel deberá ser enlace con protocolos abierto con base plataforma Ethernet.

Nivel 2: Este nivel queda operativo al tener todos los equipos en posición remota. La operación y control, se realizará desde los Centros de Control de Distrito Calderón y UMED de la Estación de operación, ingeniería y mantenimiento (HMI). La supervisión de los equipos y sistemas de la unidad siempre estarán habilitados. Los PLC y controladores distribuidos realizarán la ejecución de rutinas, secuencias y lógicas de control.

El Sistema de control del sistema, se dividirá en diferentes grupos funcionales de acuerdo a la arquitectura de control.

2.6.2 MODOS DE FUNCIONAMIENTO

El sistema podrá ingresar a operación tanto manual como automáticamente. El ingreso y salida de operación del sistema estará condicionado por los valores del nivel, caudal y presión en las los tanques y tuberías de entrada y salida. Se detalla las formas de mando para el control del sistema.

Estos pueden ser:

Mando manual.

Mando automático.

2.6.2.1 MANDO MANUAL

El operador arranca coordinando con los Centros de control. La opción o el conmutador del sistema se deben encontrar en Manual. En este modo de funcionamiento, el sistema sólo parará automáticamente por disparo de alguna de las protecciones de este. En ningún caso se producirá un ingreso a operación del sistema sin la intervención del operador con la coordinación respectiva.

2.6.2.2 MANDO AUTOMATICO

En este modo de operación el accionamiento y paro del sistema se controla por medio del PLC. La opción o conmutador del debe encontrar en Automático. El Control del sistema tendrán un conmutador Local / Remoto, permitiendo que el establecimiento de las consignas de funcionamiento u órdenes se establezcan de forma local en la Panel view en forma remota desde el SCADA de los Centro de Control, permitiendo los siguientes modos de funcionamiento: Funcionamiento Local y Funcionamiento Remoto.

En ambos casos de funcionamiento, el operador dispondrá en la interface de operación (Visualizador del e Control o Pantalla del SCADA del Centro de Control) de la información pertinente.

En ambos casos (Local/ Remoto), los modos de funcionamiento previstos son los siguientes:

2.6.2.2.1 AUTOMATICO-MANUAL

El operador de estación podrá ingresar o salir de la operación, dando las órdenes correspondientes en la interface de mando constituido por la pantalla táctil. Una vez emitida la orden, el PLC ejecutará de forma automática la secuencia de ingreso a operación o de salida de operación de éste. El PLC ejecutará de forma automática la secuencia de salida, en el caso de emergencia. En este modo de funcionamiento, no se ingresará a operación de forma automática. En caso de paro por emergencia, será necesaria la intervención del operador para volver a ponerlo en marcha.

2.6.2.2.2 AUTOMATICO-PROGRAMADO

En este modo de funcionamiento, el PLC de forma automática realizará el ingreso y salida manteniendo la consigna de funcionamiento establecida. En el caso de que se pierda la comunicación entre el Centro de control, se pasará automáticamente al funcionamiento mensaje pérdida de comunicación. Y se deberá coordinar vía radio para que ingrese el operador del tanque de Distribución al sitio.

2.6.3 PREMISAS DE OPERACIÓN Y CONTROL DEL SISTEMA SCADA CALDERÓN:

- Para la operación manual de las líneas de distribución, no se deben abrir o cerrar las derivaciones de la línea principal al mismo tiempo y se deberán considerar los tiempos de apertura y cierre de válvulas de acuerdo a lo determinado en los estudios hidráulicos al igual que las presiones y caudales máximas y mínimas para cada línea de alimentación que serán monitoreados con los caudalímetro de ingreso y salida de los tanques.

- La lógica de control del Sistema SCADA deberá considerar en forma prioritaria los rangos de caudales, niveles y presiones máximas y mínimas para cada Estructura de Control. Estas premisas serán las que determinen alarmas y prealarmas en el sistema SCADA de acuerdo al estudio hidráulico del sistema.
- Para la operación de apertura y cierre de emergencia se deberán considerar los tiempos determinados para cada válvula de control con el fin de no producir transientes hidráulicos a lo largo de la tubería principal del acueducto, estos deberán estar seteados en cada PLC's.
- Se debe considerar para toda la programación de alarmas y prealarmas los datos del estudio hidráulico: medición de caudal, medición de nivel, medición presiones, posicionamiento de las Válvulas, con el fin de mantener estable el sistema.
- Se permitirá supervisar y monitorear los sistemas de alimentación de energía y comunicaciones de cada estación.
- Se permitirá supervisar y monitorear el cloro residual del tanque y en caso de eventualidades dar una alarma.
- Incorporación de una adecuada Interfaz Humano-Máquina (HMI) que disponga de las herramientas de ayuda a la gestión de explotación como son: sinópticos con campos dinámicos, gráficas de tendencias, almacenamiento de registros históricos y cronológicos de eventos en base de datos y control de usuarios.
- Ante cualquier falla del suministro de energía eléctrica, junto al tablero de control se instalará el equipo de UPS, con un tiempo de respaldo, el cual suministrará de energía eléctrica a los elementos de control.

2.6.4 FORMAS DE OPERACIÓN PREVISTAS PARA EL CONTROL DEL SISTEMA CALDERÓN

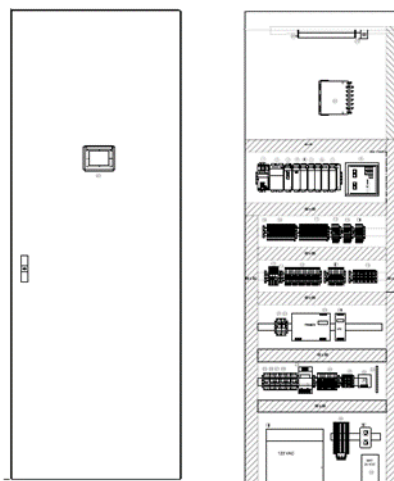


Figura 9. Modelo de tablero instalado en cada estación

2.6.4.1 LÓGICA DE CONTROL O REGULACIÓN

La lógica de control del sistema permite mantener el nivel de agua en los tanques de almacenamiento, entre los niveles operativos máximo normal de operación y mínimo normal de operación.

El nivel máximo normal de operación está ubicado 30 cm bajo el nivel del vertedero de desborde de cada tanque, para evitar el rebose y desperdicio del agua. Será el nivel sobre el cual se generarán las alertas al sistema de control para operar las válvulas de la EDC y evitar así el desperdicio de agua por desborde.

El nivel mínimo de operación normal será igual al nivel mínimo del tanque calculado para evitar el ingreso de aire a la conducción de entrega a la red de distribución. Será aquel nivel límite o inferior, por debajo del cual se generarán alertas para compensar o aumentar el caudal de entrada al tanque y evitar así su vaciado.

El rango entre los dos límites máximo y mínimo es el rango normal de operación de los tanques y el SET de Operación será el valor intermedio entre los dos valores.

2.6.4.2 POR NIVEL

Este modo de operación permite el control bajo los siguientes lineamientos principales:

Todos los tanques disponen de un conjunto de datos de nivel de consigna para operación, los mismos que variarán en diferentes períodos de tiempo, por ejemplo: hora a hora, durante las 24 horas del día.

Para lograr el valor de consigna o SET ingresado en los diferentes horarios, los caudales de operación de cada tanque serán variables para mantener el nivel del tanque en los niveles de consigna prefijado.

Los niveles de consigna fijados estarán siempre en el rango de operación normal, exceptuando las horas de la madrugada en las cuales se podrá fijar un nivel de consigna mayor, pero siempre por debajo del nivel del vertedero de rebose del tanque. De esta manera se aprovechará el volumen total del tanque para el inicio de la operación diaria.

La corrección de los caudales que demandan los tanques será tomada por el sistema de control y ejecutada mediante la operación de las válvulas reguladoras de la EDC. Los resultados son demandas variables en los tanques, que deben ser totalizadas por el sistema y transmitidas en tiempo real al Centro de Control del Distrito Calderón y UMED.

Los Centros de Control del Distrito Calderón y UMED reciben y procesan tal información y procederán a la corrección de los caudales que demanda el sistema. Adicionalmente, la planta de tratamiento tiene un tanque de 20.000 m³ que podrá tomar las variaciones horarias que pueden presentarse en ciertos períodos. Este volumen adicional entregará al sistema otra flexibilidad operativa, que le permitirá variar los caudales de procesamiento en función del nivel operativo del tanque y del caudal total.

La base de datos teórica de niveles preparada para el proyecto servirá para el inicio de la operación y debe ser ratificada o rectificadas durante los primeros meses de operación.

Luego se puede determinar la curva de consumo de cada tanque y seguirla en operación normal del sistema, con el fin de conseguir el balance del mismo.

En caso de fallas de comunicación, el PLC de cada tanque continuará trabajando regulando los niveles, respetando los valores de consigna que almacene en su memoria en forma horaria de acuerdo a la programación de ingeniería o del operador del tanque para el día.

En la Tabla 6, se muestran los Niveles y caudales de operación de los tanques.

Tabla 6: Niveles y caudales de operación de los tanques

TANQUES	Diámetro de salida (m)	QMX 2050					Nivel Mínimo de Operación (msnm)	Nivel Máximo de Operación (msnm)
		Caudal (l/s)	Velocidad (m/s)	Fr	S/D	S (m)		
Arenal 1	0.25	80.94	1.65	1.05	2.61	0.65	2695.90	2699.65
Arenal 2	0.45	236.69	1.49	0.71	1.92	0.86	2696.31	2699.65
Brisas	0.15	25.41	1.44	1.19	2.87	0.43	2660.58	2662.80
Carretas 1	0.30	14.53	0.21	0.12	1.50	0.45	2730.75	2735.10
Carretas 2	0.35	104.25	1.08	0.58	1.67	0.58	2730.93	2735.10
Cuatro Esquinas No 2	0.60	364.74	1.29	0.53	1.56	0.94	2694.54	2697.35
Llano Grande Alto	0.30	45.90	0.65	0.38	1.26	0.38	2652.68	2656.70
Llano Grande Bajo	0.30	38.11	0.54	0.31	1.13	0.34	2605.64	2609.65
Mariana de Jesús 1	0.30	80.47	1.14	0.66	1.83	0.55	2767.85	2770.90
Mariana de Jesús 2	0.60	425.83	1.51	0.62	1.74	1.05	2768.65	2770.90
Oyacoto	0.15	14.07	0.80	0.66	1.81	0.27	2407.42	2410.67
Plan de Vivienda Ecuador	0.15	5.84	0.33	0.27	1.04	0.16	2572.31	2575.05
San José de Morán 1	0.30	104.42	1.48	0.86	2.22	0.67	2736.97	2740.45
San José de Morán 2	0.60	372.77	1.32	0.54	1.59	0.95	2737.55	2740.45
San Juan de Calderón Alto	0.35	266.62	2.77	1.50	3.49	1.22	2849.57	2853.20
San Juan de Calderón Bajo 1	0.20	52.25	1.66	1.19	2.88	0.58	2809.78	2812.15
San Juan de Calderón Bajo 2	0.40	91.57	0.73	0.37	1.24	0.49	2809.89	2812.15
San Luis	0.35	37.41	0.39	0.21	1.50	0.53	2693.88	2697.35
San Miguel del Común Alto	0.15	18.58	1.05	0.87	2.23	0.34	2619.49	2621.90
San Miguel del Común Bajo	0.15	10.17	0.58	0.47	1.45	0.22	2480.37	2483.62
San Miguel del Común Medio	0.15	7.98	0.45	0.37	1.24	0.19	2570.34	2573.60

2.6.4.3 POR CAUDAL

La lógica prevé que en condiciones normales de operación se cumplan las siguientes condiciones:

El caudal de consigna es horario y diario.

Los caudales de entrega a los tanques no se modifican mientras el nivel del agua se mantenga en el rango de operación normal.

Si se alcanza el nivel mínimo de operación normal, los caudales de entrega a los tanques aumentarán en un porcentaje a ser calculado con los valores de los caudales exigidos por la red y el nivel del tanque.

El caudal será calculado para mantener, al menos, el nivel mínimo normal de operación.

Si se alcanza el nivel máximo de operación normal, los caudales de entrega a los tanques se reducirán los caudales demandados por la red y el incremento de nivel.

En caso de pérdida de fallas de comunicación, y que se necesite operar el tanque, el PLC aisladamente pasará a operar el tanque por consigna de niveles.

2.6.4.4 POR PRESIÓN

Normalmente esta lógica es de fácil aplicación en sistemas hidráulicos simples y sirve para emergencias que se presentan por fallas en los otros dos modos principales de operación.

Al respecto se debe indicar que no se juzga necesario ni se justifica establecer una lógica de operación por presiones en un sistema de conducciones ramificadas complejas, que siempre deben operar con flujo monofásico, sin permitir el ingreso de aire a las conducciones. El sistema Calderón es muy complejo al manejar más de veinte tanques de reserva acoplados a un solo ramal principal, en el cual la presión es función de los caudales de circulación de cada tramo del ramal principal y de cada derivación.

El problema se torna más complejo en el presente caso, si se toma en cuenta que el ramal común necesita ser ampliado mediante tuberías paralelas interconectadas que trabajarán en conjunto, en las cuales la repartición de caudales varía en función de los requerimientos de los tanques. En los sistemas hidráulicos simples esta variabilidad se reduce sensiblemente; e inclusive se puede obtener correlaciones entre los caudales de circulación y las presiones en determinados puntos de las conducciones principales, dando lugar a que se pueda prever modos de operación por consignas de presión, cuando los sensores de caudal o nivel no estén operativos.

2.6.4.5 OPERACIÓN DE VALVULAS DE CONTROL DE LAS EDC

La opción de manejo de operación de las válvulas reguladoras de caudal por control de apertura podrá ser ejecutada aisladamente en cualquiera de los tanques, por los operadores o personal de mayor jerarquía, que disponga de permisos, para probar el funcionamiento de las válvulas o por cualquier otra razón, siempre que se respete las siguientes condiciones:

- Se verifique previamente que el tanque de almacenamiento de la planta de tratamiento se encuentre alejado de los valores extremos de funcionamiento normal.

- La operación no se prolongue indefinidamente, a no ser que se presente emergencias operativas que requieran un nuevo análisis y redespacho de los caudales a los tanques o del agua de tratamiento de la planta
- Se debe respetar los tiempos de apertura y cierre que el estudio de transitorios hidráulicos para cada sistema.

2.6.5 TANQUES DE DISTRIBUCIÓN (EDC)

En los Tanques de Distribución para el sistema SCADA se debe desarrollar una plataforma que permita soportar los sistemas de comunicaciones en FO y Radiocomunicaciones y el Sistema de Control del Tanque.

2.6.5.1 Los elementos de la Red LAN Industrial Ethernet son los siguientes:

- a. Switch de Comunicaciones FO /Ethernet
- b. Sistemas de telefonía y cámaras de vigilancia
- c. Terminal del Operador Touch Screen (HMI)
- d. PLC

2.6.5.2 Los elementos del Sistema de Control del Tanque de Distribución son los siguientes:

El sistema de control del Tanque de Distribución se realizará por medio de un PLC local con “panel view” (“HMI”o “Panel operador del Tanque”) para el operador y una conexión al sistema de control centralizado SCADA ubicados en los Centros de Control del Distrito Calderón y UMED.

Los PLC´s de los Tanque de Distribución (EDC) deberán mantener los enlaces y funciones con los siguientes equipos:

- Instrumentación de campo, con señales analógicas, caudal (FQIT), nivel (LIT), presión (PIT) y cloro residual (AIT)
- Actuadores de válvulas para ingreso y salida (MOV)
- Señales digitales de monitoreo de inundación de cámara (LS) y monitoreo de apertura de puertas y compuertas (YS).
- Permitirá supervisar y monitorear de los diferentes parámetros eléctricos, mecánicos e hidráulicos del Sistema.
- Permitirá supervisar y monitorear los sistemas de alimentación de energía y comunicaciones de cada estación.
- Se realizará la operación de las válvulas de ingreso y salida, desde el Centro de Control o desde el HMI del tanque de distribución.
- El actuador de las válvulas de ingreso al Tanque de Distribución será operado con una señal proporcional de 4 a 20 mA, para su apertura y cierre, y el monitoreo de los parámetros de operación se realizará mediante comunicación MODBUS.

Los datos obtenidos del SCADA permitirán definir el caudal promedio consumido en el sector abastecido, el cual podrá ser entregado de manera constante al tanque, regulando la válvula de ingreso a través del PLC, mientras las condiciones sean adecuadas.

Elementos relevantes para el control del proceso es:

Ejemplo: Tanque de Distribución San Juan de Calderón Alto

FQIT-1SJCA: Medida del caudal de ingreso al Tanque de Distribución

FQIT-2SJCA: Medida del caudal de salida del Tanque de Distribución (Celda No.1)

FQIT-3SJCA: Medida del caudal de salida del Tanque de Distribución (Celda No.2)

LIT-1SJCA: Medida de los niveles del tanque (Celda No.1)

LIT-2SJCA: Medida de los niveles del tanque (Celda No.2)

LSL-1SJCA: Medida digital de nivel Bajo del tanque (Celda No.1)

LSH-1SJCA: Medida digital de nivel Alto del tanque (Celda No.1)

LSL-2SJCA: Medida digital de nivel Bajo del tanque (Celda No.2)

LSH-2SJCA: Medida digital de nivel Alto del tanque (Celda No.2)

LG-1SJCA: Medida digital de nivel del tanque (Celda No.1) (Mirilla)

LG-2SJCA: Medida digital de nivel del tanque (Celda No.2) (Mirilla)

PIT-1SJCA: Medición de Presión entrada en válvula de derivación.

PIT-2SJCA: Medición de Presión de salida en válvula de derivación.

PIT-3SJCA: Medición de Presión de salida en válvula de derivación.

PIT-4SJCA: Medición de Presión entrada en válvula de derivación.

PI-1SJCA: Manómetro medición de Presión entrada en válvula de derivación

PI-2SJCA: Manómetro medición de Presión de salida en válvula de derivación.

PI-3SJCA: Manómetro medición de Presión de salida en válvula de derivación.

PI-4SJCA: Manómetro medición de Presión de entrada en válvula de derivación.

MOV-1SJCA: Válvula anular con actuador eléctrico de ingreso al tanque, ramal 1

MOV-2SJCA: Válvula anular con actuador eléctrico de ingreso al tanque, ramal 2

MOV-3SJCA: Válvula mariposa con actuador eléctrico de salida del tanque, celda 1

MOV-4SJCA: Válvula mariposa con actuador eléctrico de salida del tanque, celda 2

YS-1SJCA: Switch de apertura de puerta de la cámara de estructura de control

YS-2SJCA: Switch de apertura de compuerta de ingreso de tanque SJCA, Celda N°1

YS-3SJCA: Switch de apertura de compuerta de ingreso de tanque SJCA, Celda N°2

YS-4SJCA: Switch de apertura de puerta de ingreso 1 a estación SJCA

YS-5SJCA: Switch de apertura de puerta de ingreso 2 a estación SJCA

LS-1SJCA: Switch de inundación del tanque.

AIT-1SJCA medida de Cloro Residual a la salida del tanque (Celda No.1)

AIT-2SJCA medida de Cloro Residual a la salida del tanque (Celda No.2)

XA-1SJCA alarma sonora

Las funciones principales que ejecutará el PLC local:

1. Adquisición de la información de la instrumentación de campo (caudalímetro, sensores de nivel, presión, medidores de cloro, etc.) y transformarla en unidades de ingeniería.
2. Cálculo del caudal de entrada al tanque, utilizando las variables de control existente (caudales de salida, nivel de entrada y área del tanque).
3. Control de cierre o apertura de las válvulas ON/OFF de salida (MOV 3 y 4) en forma independiente de acuerdo a mandos locales del panel view o recibidos desde el Centro Control SCADA.
4. Cierre de la válvula de entrada (MOV 3 y 4) en caso de topar los niveles bajos con los switches (LSL 1 y 2).
5. Control y modulación de la apertura/cierre de la válvula de entrada (MOV 1 y 2) para llegar al caudal requerido, considerando tiempos de apertura y cierre de válvula y parámetros del tanque.
6. Cierre de la válvula de entrada (MOV 1 y 2) en caso de superarse niveles altos con los switches
7. (LSH 1 y 2),
8. Cierre de la válvula de entrada (MOV 1 y 2) en caso que baje la presión de entrada (PIT 1 y 4), considerando tiempos de cierre de acuerdo a los estudios hidráulicos.
9. Envío de alarmas al centro de control en caso del nivel (LIT 1 y 2, pre-alarmas) y de los niveles mínimos o máximos (LSL 1, y 2 o LSH 1 y 2, alarmas).
10. Envío de alarmas de seguridad y de funcionamiento de la estación (suministro eléctrico, inundación (LS1,2), intrusismo (YS1,2,3,4 y 5), fallas de comunicación, etc.).
11. Envío de datos de todas las señales al Centro de Control, en caso de pérdida de comunicación con el Centro de Control el mismo almacenará la información de variación de señales analógicas ($\pm 5\%$) y cualquier evento que ocurra dentro de la estación por un periodo de 3 días.
12. Recibir del Centro de Control los set-points de operación para el tanque de nivel, caudal, presión y posición de válvulas, la entrega de caudal (se puede afinar mayormente asignando no un único valor de caudal), sino set-points de caudales, niveles, etc diferentes por rangos de horarios).
13. Para realizar la regulación por nivel, se debe contemplar recibir los set-points (4 mínimo) de operación según los horarios definidos por el supervisor o el operador del tanque.
14. Para realizar la regulación por caudal de entrada, recibir los set-points (4 mínimo) de operación según los horarios definidos por el supervisor o el operador del tanque.

15. Supervisión de los límites para alarmas y pre-alarmas, de desborde del tanque (LSH y LIT(LAH) respectivamente) y límites de tanque vacío (LSL y LIT(LAL) respectivamente).
16. Adquisición de datos de Cloro residual (AIT) del Tanque y enviar alarmas.
17. Deberá considerar la alternabilidad en la operación de las válvulas de ingreso al tanque.
18. Parámetros de funcionamiento de los actuadores de las válvulas (frecuencia y periodo de duración de apertura y cierre), además de supervisar las presiones de ingreso al tanque de distribución de acuerdo al estudio hidráulico.
19. Ejecución de mandos locales abre y cierre recibidos a través del Panel view.
20. Validación a través de una rutina de programación de la desactivación de alarmas por intrusión, inundación, así como el acceso a modificaciones de set-points del proceso desde el Panel view.

Las funciones principales que ejecutará el sistema SCADA en el Centro de Control en el Distrito Calderón y UMED son:

1. Recibir la información del PLC local ubicado en el Tanque de Distribución.
2. Almacenar la información en un archivo histórico en servidor de bases de datos.
3. Recibir las alarmas generadas en la estación remota para que los operadores realicen las acciones correctivas correspondientes.
4. Operar las válvulas de salida.
5. Operar la válvula de control ingreso en caso de emergencias.
6. Enviar y recibir los valores de set-points, según sea el caso del tipo de control, en el Tanque de Distribución.
7. Deberá configurar alarmas y prealarmas de condiciones anómalas al sistema.
8. Deberá totalizar y realizar un balance de los caudales de ingreso y salida del sistema

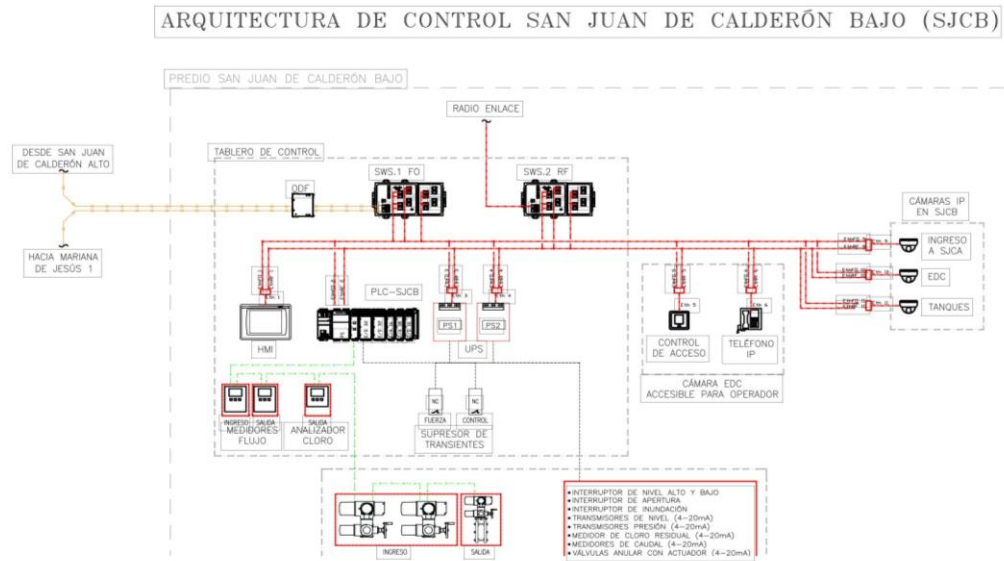


FIGURA 8: ARQUITECTURA DE CONTROL DE LOS TANQUES (EDC)

2.6.5.3 RED DE CONTROL CON LA PLANTA DE TRATAMIENTO CALDERON

- El sistema SCADA debe ser desarrollado en base a una plataforma que permita soportar e incluir enclavamientos de seguridad con una lógica básica de funcionamiento.
- El sistema SCADA de Distribución y el equipamiento de control y comunicaciones deberá ser de similares características que el Sistema SCADA de la Planta de Tratamiento, con el fin que se mantenga la confiabilidad y eficiencia del sistema.
- El PLC de Planta entregará al Sistema SCADA de Distribución la información del caudal de salida a la línea de Distribución y el nivel del tanque de reserva de la Planta.
- En la Planta se dispondrá de:
 - Switch de Comunicaciones.
 - Sistemas de Comunicaciones por Fibra óptica San Juan de Calderón Alto y Radiocomunicaciones a San Juan de Calderón Bajo.
 - La coordinación para la operación de ingreso de operación o salida de operación de la Planta de Tratamiento se realizará previo a la comunicación entre los Jefes de Distrito, Jefe de Planta de Tratamiento Calderón y operadores de los dos Sistemas SCADA's, por vía telefónica o radiocomunicaciones, con el fin de evitar daños en las líneas de distribución principales y minimizar tiempos de parada del sistema.

2.7 OPERACIÓN DE LOS SISTEMAS DE DISTRIBUCIÓN CALDERÓN

2.7.1 SECUENCIAS DE INICIO DE OPERACIÓN DEL SISTEMA

- El primer paso es verificar la existencia de las condiciones previas para puesta en marcha del sistema (Hidráulicas, mecánicas, eléctricas y de comunicaciones de todas las estaciones).
- Cumplidas las condiciones se procede a iniciar la secuencia de ingreso a operación de la Planta de Tratamiento.
- Se debe verificar niveles aceptables de la Planta de Tratamiento vía telefónica o radiocomunicaciones.
- Se supervisará y monitoreará, el caudal de salida de la Planta de Tratamiento a las líneas de distribución y se deberá monitorear las presiones, niveles y caudales de ingreso a los diferentes tanques de distribución y dependerá de la forma que se requiera ir normalizando la distribución en cada uno de los sectores.
- Las condiciones y límites de operación (caudales, niveles y presiones) estarán en los PLC's y serán enviados al Sistema SCADA Principal, aquí también se setearán prealarmas y alarmas de los límites mínimos y máximos de presiones, caudales, niveles, cloro residual, además de la lógicas operación para las válvulas de control.
- Las condiciones de proceso de la Planta de Tratamiento estarán en concordancia a la demanda de los tanques de Distribución.
- Con las válvulas de control de ingreso a los tanques se determinarán el caudal de consumo del sistema y considerando el nivel del tanque de distribución se definirá si se aumentan o se disminuyen los caudales.
- Cada derivación determinará su operación de acuerdo a la necesidad de consumo de su estación.
- El sistema debe realizar la adquisición, supervisión y control de todas las variables, con el fin de mantener la operación segura del sistema.

2.7.2 SALIDA NORMAL DE OPERACIÓN DEL SISTEMA.

- El primer paso es verificar la existencia de las condiciones previas para realizar una parada normal del sistema (Hidráulicas, mecánicas, eléctricas y de comunicaciones de todas las estaciones).
- Cumplidas las condiciones se procede a iniciar la secuencia salida de operación normal de la Planta y por ende del Sistema.
- Se debe realizar paulatinamente el cierre de válvulas de ingreso a los tanques de acuerdo a las presiones, caudales y niveles en cada tanque.
- Se debe continuar supervisando los niveles, caudales, presiones de los tanques hasta que se obtengan condiciones de paro normal del sistema de distribución.

2.7.3 PARO DE EMERGENCIA DEL SISTEMA

- En ninguna condición se debe cerrar los suministros al tanque de salida de la Planta en forma simultánea. Siempre se realizará en forma paulatina y uno después del otro.
- Al detectar pérdidas de presión del sistema las válvulas automáticas de ingreso a los Tanques de Distribución se cierran de acuerdo a los seteo de sus actuadores y considerando siempre los tiempos de cierre de las válvulas. Y de acuerdo al lugar en donde se presente la emergencia.
- En la línea principal las válvulas de desagüe serán quienes se utilizarán en caso de rotura de tubería o mantenimiento, estas deberán ser manipuladas de acuerdo al lugar en donde se presente el problema o se requiera realizar el mantenimiento.
- En cada ingreso a Tanques los transmisores de caudal serán quienes monitoreen los valores de caudales mínimos y máximos permitidos y será el sistema SCADA quién supervise estos rangos para dar alarmas y prealarmas.
- En caso de las líneas al tanque se vigilarán las presiones con los transmisores de presión a ingreso a los tanques de distribución.

2.7.4 CONFIGURACIÓN SISTEMA SCADA CALDERÓN

2.7.4.1 MODO LOCAL

En este modo de operación, es necesario que el Operador tenga acceso a las instalaciones donde se encuentra el tablero de control.

En cada estación se dispondrá de un sistema de control de accesos, para poder controlar y restringir el ingreso a la sala o cuarto de control donde se encuentra el tablero de control, el acceso para el Operador o Usuario será a través su registro.

Adicionalmente, en cada estación se dispondrá de un teléfono IP el cual servirá para que el operador pueda comunicarse con algún Supervisor en caso de producirse una situación de emergencia o sea necesaria a coordinación de alguna acción con el centro de control.

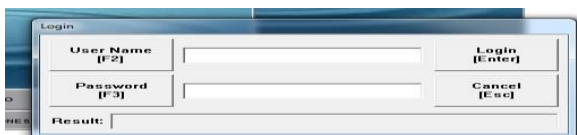
El operador de la estación debe ubicarse en el tablero de la estación y acceder al panel de operador (Panel View o Pantalla Táctil HMI) para operar la estación a través de la utilización de elementos gráficos como son: botones, dibujos de elementos y pantallas gráficas desarrolladas, que representan a los equipos e instrumentos existentes en el proceso.

La operación en MODO LOCAL se realiza de acuerdo a la siguiente secuencia:

Se debe seleccionar la opción INGRESAR en la esquina inferior derecha para registrar el usuario.

En caso de que no se registre el usuario, en el HMI solo se permite la visualización de la información generada en la estación.

Selección de registro de Usuario



Ingresar los datos de Usuario y Clave

Ingreso y registrar el Usuario

Registro de usuario y clave de acceso para acceder a la operación del sistema en modo Local.

USUARIO	CLAVE NIVELES	ACCESOS
INGENIERIA	NIVEL1 Administrador	Configuraciones nuevas del sistema y configuración de set points para cada hora del día. Selección del modo de operación: LOCAL REMOTO Operación: LOCAL-MANUAL/ LOCAL-REMOTO
OPERADOR	NIVEL 2 Operador 1 Operador 2	Selección del modo de operación: LOCAL REMOTO Operación estación en: LOCAL-MANUAL LOCAL-AUTO

En la parte inferior de la barra de herramientas se indica el nombre del Operador o Administrador que se registró en el sistema.

De acuerdo con el nivel de seguridad del Usuario registrado en el sistema, se puede tener acceso a la configuración de:

Modo de operación

Ajuste de los puntos de consigna o “set points”, como se indica en la tabla anterior o nuevas configuraciones del sistema de control.

El operador pueda acceder a la información de la estación, en la barra de herramientas debe seleccionar:

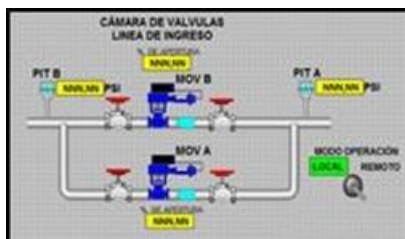
Estación/Válvula de Ingreso o

Estación/Válvula de Salida.



Selección Válvula Ingreso o Salida

Dependiendo de la selección realizada, aparecerá una de las siguientes pantallas:



Representación válvulas de la línea de ingreso



Representación válvulas de la línea de salida

Si el Usuario es OPERADOR o INGENIERÍA, en pantalla se podrá visualizar la opción para seleccionar el Modo de Operación:

- LOCAL
- REMOTO.

La operación desde el HMI debe incluir seguridades mediante pantallas de confirmación para asegurar la operación correcta del sistema.

2.7.4.2 OPERACIÓN LOCAL- MANUAL

Para registrar el usuario OPERADOR o INGENIERIA en las pantallas ESTACIÓN/VÁLV. INGRESO y ESTACIÓN/VÁLV. SALIDA se habilita y visualiza el botón CONFIGURAR.

Botón de acceso a configuración de la estación

Al presionar el botón CONFIGURAR aparece la pantalla de configuración para seleccionar el tipo de control Manual.

Para el Usuario de Ingeniería

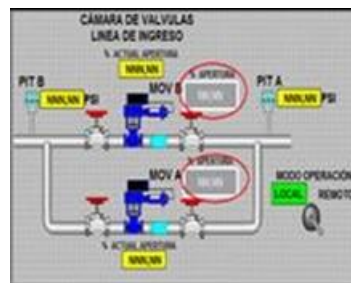
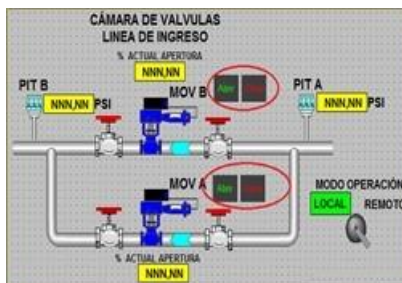


Para el Usuario de Operador



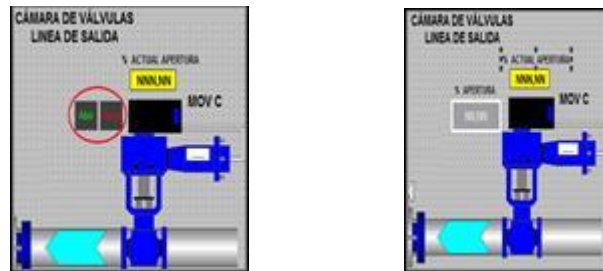
En este modo de operación el operador puede operar individualmente la apertura o cierre de las válvulas de la línea de ingreso o de la línea de salida.

Se deberá seleccionar la opción ESTACIÓN/VÁLV. INGRESO en la barra de herramientas. Si la opción es MANUAL, en la pantalla se debe seleccionar la válvula que se desea operar, y luego se habilitarán los botones para ABRIR o CERRAR la valvula. Si la selección es % MANUAL, en el HMI se debe seleccionar la válvula que se desea operar, y luego se habilita un cuadro para ingresar el porcentaje de apertura de la válvula seleccionada.



Control Manual: Abrir o Cerrar y % Apertura válvula de ingreso

1. Es igual para la operación de la válvula de la línea de salida



Control Manual: Abrir/Cerrar y % Apertura

2.7.4.3 OPERACIÓN LOCAL-AUTOMÁTICO

En la operación Local- Automático desde el Panel View, la estación opera en base a valores de variables seteados o configurados a nivel de Usuario INGENIERIA y se encuentra comandado por la lógica del proceso en el PLC de la estación.

El usuario OPERADOR o INGENIERIA debe seleccionar o verificar en la pantalla del Panel View que esté seleccionada la opción LOCAL.

En el Panel View se habilita el botón CONFIGURAR. Al presionar este botón se accede a la pantalla para seleccionar el modo de operación de las válvulas de ingreso a la estación.



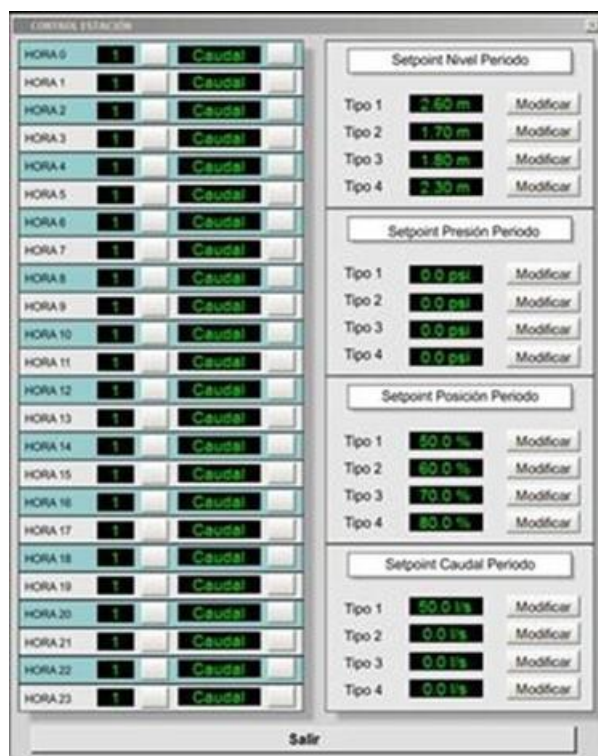
Operación Automática Línea de Ingreso

1. El usuario (OPERADOR o INGENIERIA) puede seleccionar la operación de las válvulas en modo REGULACIÓN o APERTURA/LLENADO.
2. En el tipo de control REGULACIÓN, en el Panel View habilita el botón EJECUTAR, que al ser presionado por el usuario OERADOR/INGENIERIA, se muestra la pantalla:

Se puede configurar con diferentes sets points de proceso. El control de la válvula entrada se puede realizar en base al control en forma horaria de una de las siguientes variables del proceso.

- a. Nivel, tiene 4 opciones de set points
- b. Presión, tiene 4 opciones de set points

- c. % Apertura, tiene 4 opciones de set points
- d. Caudal, tiene 4 opciones de set points



Los diferentes set point solo pueden ser cambiados/actualizados cuando el sistema registra el usuario INGENIERIA y se graban los cambios realizados al presionar el botón SALIR

Las válvulas operarán alternadamente, el sistema realiza una verificación de la última válvula que estuvo operando y habilitar la operación de la otra válvula, siempre que esté disponible para operar.

En la pantalla de las válvulas de la línea de ingreso se habilitará un selector por medio del cual el Usuario puede Arrancar o Parar la operación de las válvulas de la línea de ingreso en modo REGULACIÓN.



Arranque o Paro modo Regulación

En el tipo de control APERTURA/LLENADO, el sistema automáticamente mandará a abrir al 100% la válvula que sea seleccionada. Es necesario que el operador seleccione la válvula que debe trabajar en modo APERTURA/LLENADO y luego realizar el Arranque o Paro de la operación.



Arranque o Paro modo Apertura/Llenado

Hasta que se llegue al nivel máximo del tanque el sistema mantendrá abierta la válvula.

Cuando se detecte una condición anómala o de falla, el operador puede seleccionar la opción CIERRE FALLO ya sea en el menú de Selección Tipo de Control o en la barra de herramientas.



Barra Herramientas CIERRE FALLO



Tipo Control CIERRE FALLO

Los eventos por PARADA CIERRE FALLO se describen en el numeral correspondiente.

La operación para la válvula de salida, es muy similar a la descrita para la válvula de ingreso. Para seleccionar el Tipo de Control en modo REGULACIÓN, en el Panel View el usuario selecciona la pantalla VAL. SALIDA y escoge las opciones:
Acceso a Configuración para válvula de Salida



Selección Modo REGULACIÓN

El tipo de control REGULACIÓN, en el Panel View habilita el botón EJECUTAR, que al ser presionado por el usuario OPERADOR/INGENIERIA, se muestra la pantalla:



Configuración horaria por tipo de variable

Para el control de la válvula de la línea de salida se puede realizar en base a las siguientes variables:

- Caudal, 4 opciones de set points
- % Apertura, 4 opciones de set points

En cuadro se representa las 24 horas del día. El operador puede ingresar por cada hora un tipo de Regulación diferente y asociado a cada tipo de Regulación un valor de set point diferente.

El sistema realizará en cada hora el control de salida de agua de acuerdo

al tipo de variable y valor de set point seleccionado.

Cuando el sistema registra el usuario INGENIERIA, los set point pueden ser cambiados o actualizados y al presionar el botón SALIR se graban los cambios realizados.

En la pantalla de la válvula de salida se habilita un selector por medio del cual el Usuario puede Arrancar o Parar la operación de dicha válvula.



Arranque o Paro modo Regulación

El operador puede seleccionar la opción CIERRE FALLO ya sea en el menú de Selección Tipo de Control o en la barra de herramientas, en caso de que, detecte una condición anómala o de falla.



Selección modo CIERRE FALLO

La operación de la válvula de la línea de ingreso es completamente independiente de la operación de la válvula de la línea de salida.

2.7.4.4 PARADA CIERRE FALLO

En caso de que el Usuario OPERADOR o INGENIERÍA detecte una situación de emergencia, como puede ser:

- Desbordes del tanque durante la operación de llenado por fallas en los instrumentos de medición de nivel.
- Inundación de la cámara válvulas por rotura o fuga en la tubería.
- Problemas detectados en alguna parte de la instalación o representen peligro para personal o instalaciones.

El operador debe ubicarse en la pantalla del PANEL VIEW y seleccionar en la barra de herramientas la opción CIERRE FALLO o en el menú de la pantalla de Selección del Tipo de Control (línea de ingreso o línea de salida).



Barra de herramientas, opción CIERRE FALLO



Selección Tipo de Control: CIERRE FALLO

El Panel View despliega una pantalla donde el operador debe seleccionar la línea donde se desea realizar el proceso de cierre por fallo o emergencia.

Se debe Seleccionar el Cierre línea de ingreso o cierre línea de salida para Cierre de Emergencia

La función CIERRE FALLO, realiza la siguiente secuencia:

- Solicita confirmación del operador para realizar cierre por fallo.
- Inicia el cierre de la válvula que se encuentra en operación, de la línea que se haya seleccionado: ingreso o salida.
- El sistema de control realiza un cierre escalonado en varios pasos. Los tiempos y posición de la válvula para cada paso serán definidos y ajustados en el Panel View (Usuario: INGENIERIA).
- En el Panel View se va visualizando el estado del sistema mientras se realiza el cierre de la válvula.

2.7.4.5 MONITOREO OPERACIÓN DE LA ESTACIÓN

Para monitorear la operación y estado de las válvulas de la línea de ingreso o de la línea de salida, el operador debe ubicarse en la pantalla ESTACIÓN/VÁLV. INGRESO o ESTACIÓN/VÁLV. SALIDA y dar un clic sobre la figura que representa la válvula cuya información se desea monitorear, para que aparezca una pantalla semejante a la que se muestra a continuación:



Información para Control de la Válvula

Para visualizar gráficamente el comportamiento de las variables del proceso: caudal, presión, nivel se debe seleccionar en la barra de herramientas la opción TENDENCIAS.



Acceso a TENDENCIAS



Modelo Tendencias de Nivel

El histórico de Eventos o Alarmas que se hayan registrado en la estación pueden ser revisados por el operador, para lo cual debe seleccionar la opción EVENTOS/ALARMAS en la barra principal.



Selección opción EVENTOS/ALARMAS



Modelo de visualización de Eventos/Alarmas

En la barra de herramientas debe seleccionar la opción PARÁMETROS ELÉCTRICOS, el sistema también monitorea y visualiza información relacionada con parámetros eléctricos del sistema de control.



Visualización Parámetros Eléctricos

Para lo cual, el operador puede monitorear el estado de los contactos magnéticos que forman parte del sistema de intrusión a través de la selección de la opción ALARMA INTRUSIÓN.



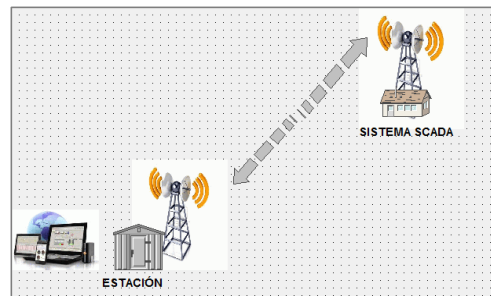
Selección opción ALARMA INTRUSIÓN



Alarma Intrusión

Cada uno de los tanques dispone de un sistema de seguridad conformado por 3 cámaras de vigilancia, ubicadas tanto en el interior (2) de la cámara de válvulas como en el exterior (1) de la misma. El registro o grabación de la información monitoreada por las cámaras de vigilancia se realizará cuando se detecta movimiento al interior o exterior de la cámara de válvulas o cuando los operadores del sistema vigilancia realiza un monitoreo del tanque requerido.

El operador también puede visualizar el estado de las comunicaciones entre la estación y el centro de control del sistema SCADA, seleccionando el botón COMUNICACIONES de la barra de herramientas.



Visualización Estado de Comunicaciones

2.7.4.6 PARO DE LA ESTACIÓN

La válvula de ingreso que se encuentra en operación, detendrá su Regulación y mantendrá la posición en la que se encuentra, parando cualquier proceso hasta que se le envíe una nueva orden.

El usuario se ubica en el PANEL VIEW. Si se requiere el paro de la válvula de la línea de ingreso debe seleccionar en la barra de herramientas la pantalla ESTACIÓN/VALV.

INGRESO, si está en modo REGULACIÓN, APERTURA LLENADO, debe pasar el selector a la posición Paro.



Paro de la estación

- Si está en modo MANUAL, % MANUAL debe solicitar al supervisor del área la información del estado en el que debe quedar configurada la línea de ingreso.
- Si está en modo APERTURA/LLENADO, debe ubicar el selector en la posición Paro.



Paro de la estación

Si se requiere el paro de la válvula de la línea de salida debe seleccionar en la barra de herramientas la pantalla ESTACION/VALV. SALIDA:

- Si está en modo REGULACIÓN debe pasar el selector a la posición Paro.
- Si está en modo MANUAL, % MANUAL debe solicitar al supervisor del área la información del estado en el que debe quedar configurada la línea de ingreso.

2.7.4.7 OPERACIÓN ESTACIÓN EN MODO REMOTO, SISTEMA SCADA

SCADA viene de las siglas: “Supervisor y Control And Data Acquisition”, es decir, hace referencia a un sistema de adquisición de datos y control supervisor.

La implementación del sistema SCADA orientado al transporte y distribución del recurso agua, permitirá principalmente:

- Establecer la continuidad de servicio de todos los elementos constitutivos del sistema para cumplir con estándares de calidad de servicio por medio de la construcción de indicadores de calidad y eficiencia.
- Cuantificar el recurso hídrico producido o disponible en la Planta de Tratamiento Calderón versus el recurso hídrico entregado a los usuarios o beneficiarios de la red de distribución, parámetro fundamental que aportará para la toma de

medidas y decisiones que permitan controlar de manera más precisa pérdidas del sistema (fugas).

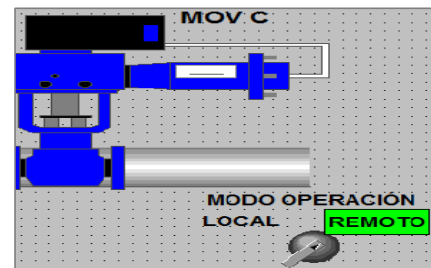
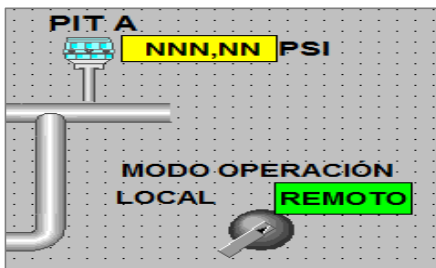
- Mantener registros de eventos e incidentes que se puedan suscitar y mejorar la eficiencia en la atención de estos eventos dentro del sistema.
- Disponer de información técnica para la elaboración de planes de contingencia y de continuidad ante posibles eventos o incidentes.

El desarrollo de las pantallas de acceso a la información del sistema SCADA estará basado en el siguiente esquema:

Página Presentación	Contiene el nombre del proyecto y la representación de la línea de transmisión y red de distribución, el enlace hacia las pantallas que representan a las estaciones remotas y conectadas al sistema SCADA.
Registro del operador y contraseña	Pantalla en la cual se debe ingresar el nombre del operador y una contraseña, la cual quedará almacenada para registro de las acciones que se han tomado.
Menú de páginas del sistema SCADA	Esta pantalla deberá aparecer siempre en la parte inferior de todas las pantallas para facilitar un rápido acceso a las pantallas que representan a las estaciones. El estado de las estaciones remotas y en particular de las alarmas será indicado a través de parpadeos y colores.
Estación "N"	En esta página se mostrará un esquemático de la estación "N" indicando el estado de operación de las válvulas de control (encendido, apagado, modo de operación, etc.).
Caudales, niveles y presiones instantáneos	Se mostrarán los valores de las variables de campo: presión, nivel, caudal, las mismas que se deberán almacenar en la base de datos.
Históricos de medidas de campo	En esta página se dibujarán con las herramientas del sistema los históricos de las variables de campo, mismas que se podrán observar por minutos, horas, días, meses y años, según el requerimiento del usuario.
Variables de set point y control	Pantallas que permiten configurar un valor de setpoint para el control remoto del proceso en la estación remota seleccionada
Diagrama de comunicaciones	Pantalla para representar el sistema de comunicaciones, en el cual se debe indicar el estado del mismo, si se encuentra activo o no, mostrando en la pantalla cualquier falla que ocurra dentro de él

Parámetros eléctricos	En esta página se debe indicar los parámetros eléctricos de cada estación (voltajes, corrientes).
Alarmas de las variables	En esta página se debe indicar una tabla en la cual aparezcan todas las alarmas detectadas por el sistema de control. Esta pantalla mímica estará disponible para indicar cualquier falla generada en el sistema

Operación Modo Remoto



Selección Modo Local – Remoto, línea ingreso salida

Selección Modo Local – Remoto, línea salida

El operador del sistema SCADA pueda cambiar a Modo REMOTO la operación de la estación. La configuración desde el sistema SCADA tendrá un nivel de mayor privilegio o preferencia sobre la configuración desde el panel de operador. Para la correcta operación del sistema, es necesaria la comunicación y coordinación entre el personal de operación del SCADA y el personal de operación de la estación. Las pantallas desarrolladas en el sistema SCADA tienen una estructura muy similar a las presentadas en la descripción de la operación Local. Es posible que el usuario ubicado en el panel de operador de la estación pueda configurar la operación a Modo REMOTO, es decir, se transfiera el control de la estación hacia el operador del sistema SCADA.

2.7.4.7.1 Operación REMOTO-MANUAL

El operador del SCADA debe seleccionar o verificar que la estación esté en modo REMOTO.

El operador debe seleccionar la válvula que va a ser configurada, ya sea de ingreso o de salida. El operador debe ubicarse en la pantalla diseñada para seleccionar el modo de operación.



Selección MANUAL línea de ingreso

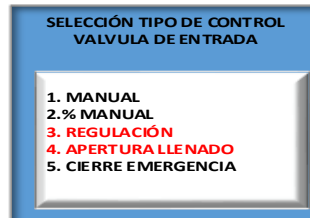


Selección MANUAL línea de salida

El modo de operación MANUAL o % MANUAL y proceder con el control de apertura/cierre de la válvula de la línea de ingreso, de acuerdo con los requerimientos del proceso.

2.7.4.7.2 Operación AUTO REMOTO

- El operador del SCADA debe seleccionar o verificar que la estación esté en modo REMOTO.
- Seleccionar el modo de operación REGULACIÓN o APERTURA LLENADO.



Modo Regulación, línea de ingreso



Modo Regulación, línea salida

- El operador elige el modo REGULACION para la válvula de la línea de ingreso, Los modos de regulación de las válvulas son:

Nivel
Presión
Apertura
Caudal

- Para el caso de la línea de salida, los modos de regulación son:

Caudal
Apertura

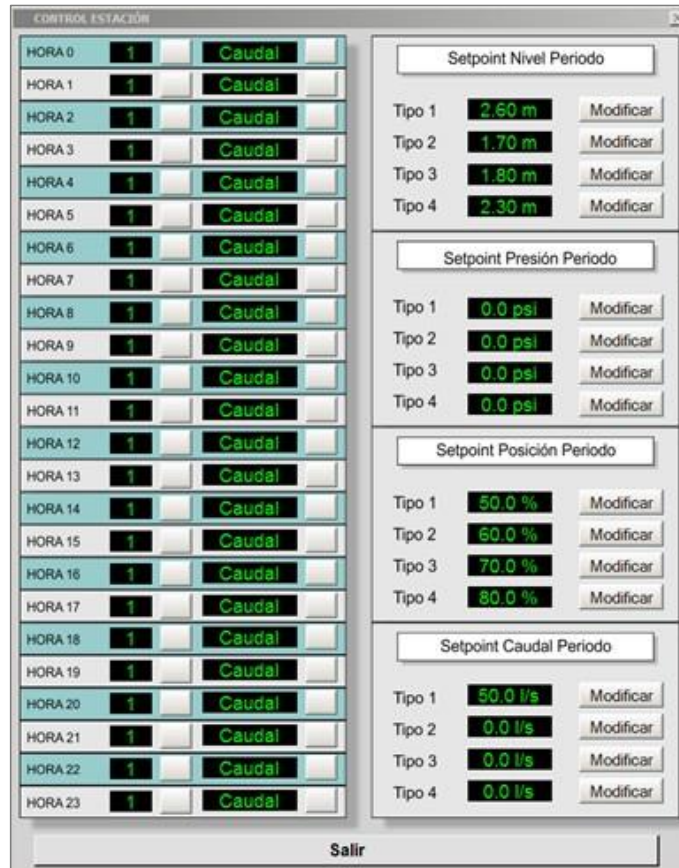


Selección válvula línea de ingreso



Selección válvula línea de salida

- La válvula operando en modo REGULACIÓN puede configurarse su operación para las 24 horas del día.

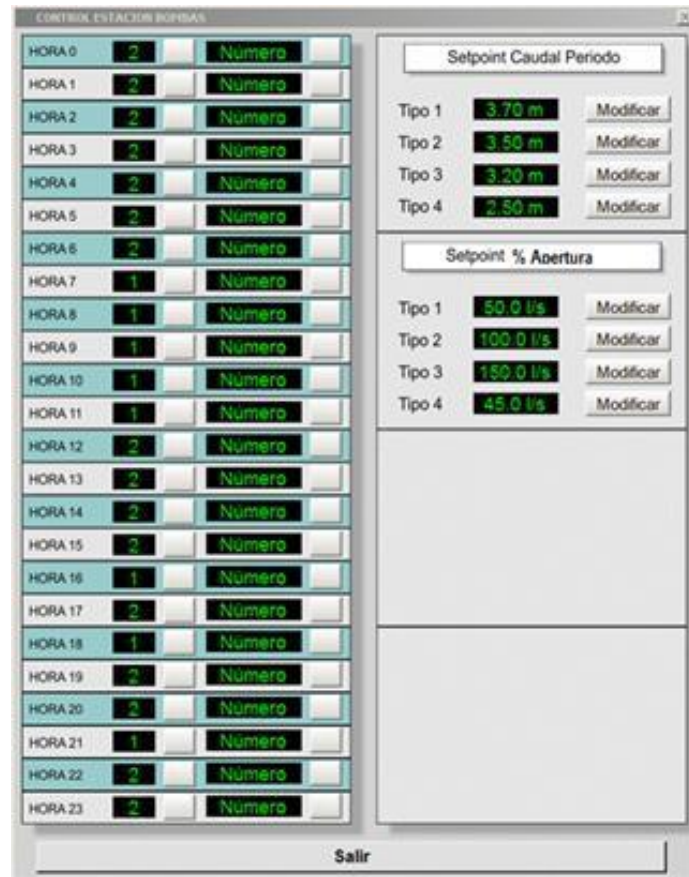


The screenshot shows a software interface titled 'CONTROL ESTACIÓN'. On the left, there is a table for configuring 24 hours (HORA 0 to HORA 23). Each row contains a '1' in a box and the word 'Caudal' in a green box. On the right, there are four sections for configuring setpoints for four different types (Tipo 1 to Tipo 4):

- Setpoint Nivel Período:** Tipo 1: 2.60 m, Tipo 2: 1.70 m, Tipo 3: 1.80 m, Tipo 4: 2.30 m.
- Setpoint Presión Período:** Tipo 1: 0.0 psi, Tipo 2: 0.0 psi, Tipo 3: 0.0 psi, Tipo 4: 0.0 psi.
- Setpoint Posición Período:** Tipo 1: 50.0 %, Tipo 2: 60.0 %, Tipo 3: 70.0 %, Tipo 4: 80.0 %.
- Setpoint Caudal Período:** Tipo 1: 50.0 l/s, Tipo 2: 0.0 l/s, Tipo 3: 0.0 l/s, Tipo 4: 0.0 l/s.

Each setpoint value is displayed in a green box with a 'Modificar' button next to it. At the bottom of the interface is a 'Salir' button.

Configuración operación válvula, línea de entrada



The screenshot shows a control interface for a pump station. On the left, there is a 24-hour cycle (HORA 0 to HORA 23) with a 'Numero' field for each hour, indicating the valve position (1 or 2). On the right, there are two sections for setpoints: 'Setpoint Caudal Periodo' and 'Setpoint % Apertura'. Each section has four types (Tipo 1 to Tipo 4) with numerical values and a 'Modificar' button. At the bottom, there is a 'Salir' button.

HORA	Numero
HORA 0	2
HORA 1	2
HORA 2	2
HORA 3	2
HORA 4	2
HORA 5	2
HORA 6	2
HORA 7	1
HORA 8	1
HORA 9	1
HORA 10	1
HORA 11	1
HORA 12	2
HORA 13	2
HORA 14	2
HORA 15	2
HORA 16	1
HORA 17	2
HORA 18	1
HORA 19	2
HORA 20	2
HORA 21	1
HORA 22	2
HORA 23	2

Setpoint Caudal Periodo	
Tipo 1	3.70 m
Tipo 2	3.50 m
Tipo 3	3.20 m
Tipo 4	2.50 m

Setpoint % Apertura	
Tipo 1	50.0 l/s
Tipo 2	100.0 l/s
Tipo 3	150.0 l/s
Tipo 4	45.0 l/s

Configuración operación válvula, línea de salida

- El operador debe Arrancar o Iniciar la operación de la estación a través de herramientas desarrolladas en el sistema SCADA. Realizada o revisada la configuración de los parámetros en modo REGULACIÓN.
- El sistema mantendrá abierta la válvula hasta que se llegue al nivel máximo del tanque. En Modo Apertura Llenado, la válvula se abre a su posición máxima para facilitar el llenado del tanque.
- El sistema SCADA debe contar con la función CIERRE FALLO, para que se realice la siguiente secuencia:
 - Se debe solicitar confirmación del operador para realizar cierre por fallo.
 - Inicia el cierre de la válvula que se encuentra en operación, de la línea que se haya seleccionado: ingreso o salida.
- Los tiempos y posición de la válvula para cada paso serán definidos y ajustados en el PANEL VIEW (Usuario: INGENIERIA). El sistema de control realiza un cierre escalonado en varios pasos.
- En el SCADA se va visualizando el estado del sistema mientras se realiza el cierre de la válvula.

2.7.4.7.3 PARO DE LA ESTACIÓN

- La válvula de ingreso que se encuentra en operación, detendrá su Regulación y mantendrá la posición en la que se encuentra, parando cualquier proceso hasta que se le envíe una nueva orden.
- Si se requiere el paro de la válvula de ingreso debe seleccionar la opción VALVULA DE INGRESO:
 - Si está en modo REGULACIÓN, APERTURA LLENADO, debe pasar el selector a la posición Paro. Si está en modo MANUAL, % MANUAL debe solicitar al supervisor del área la información del estado en el que debe quedar configurada la línea de ingreso.
- Si se requiere el paro de la válvula de salida debe seleccionar la opción VÁLVULA DE SALIDA:
 - Si está en modo REGULACIÓN debe pasar el selector a la posición Paro. Si está en modo MANUAL, % MANUAL debe solicitar al supervisor del área la información del estado en el que debe quedar configurada la línea de ingreso.

2.7.4.7.4 DIAGRAMAS DE FLUJO CONTROL

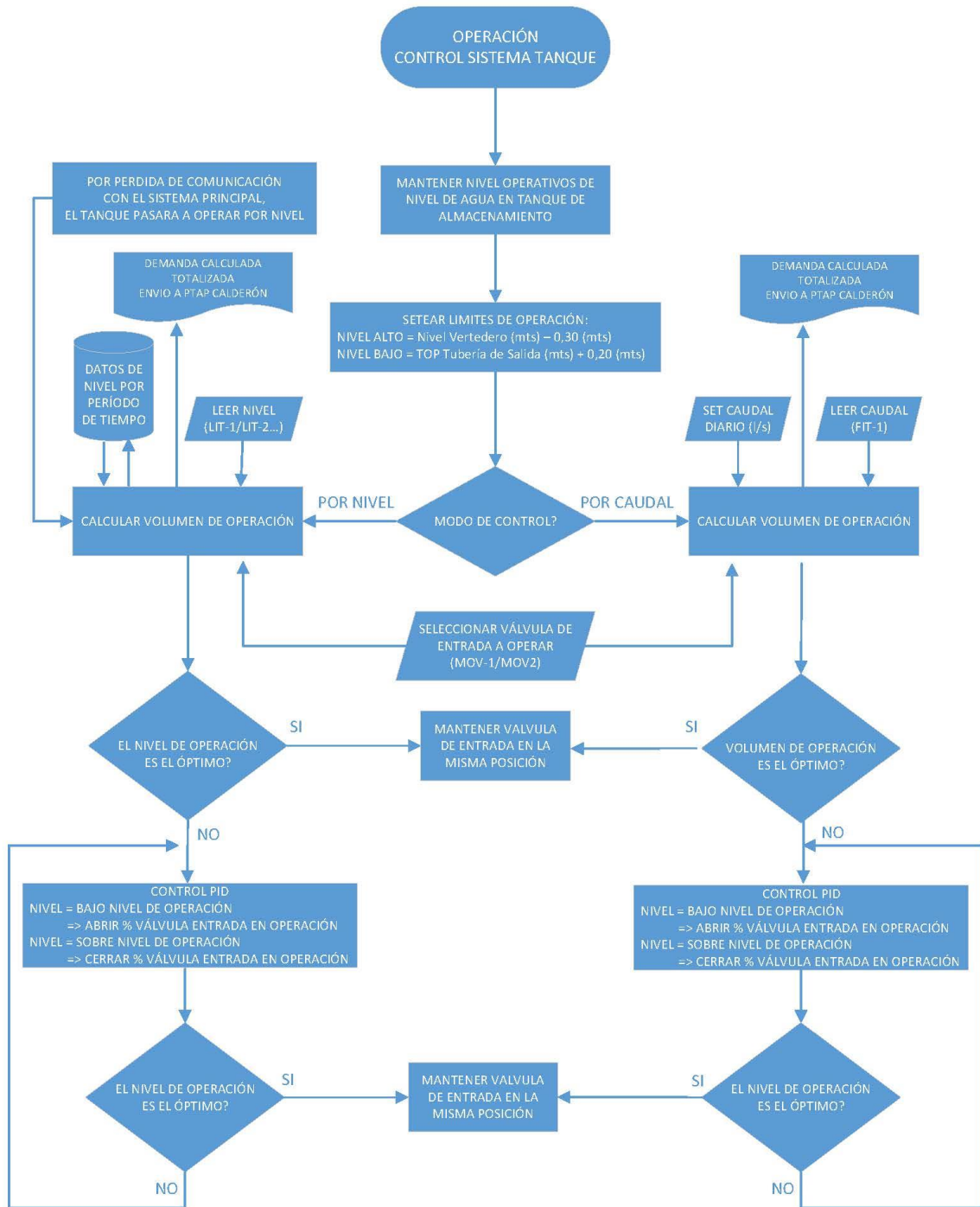


Figura 9. Diagrama de flujo de control 1/3



Figura 10. Diagrama de flujo de control 2/3

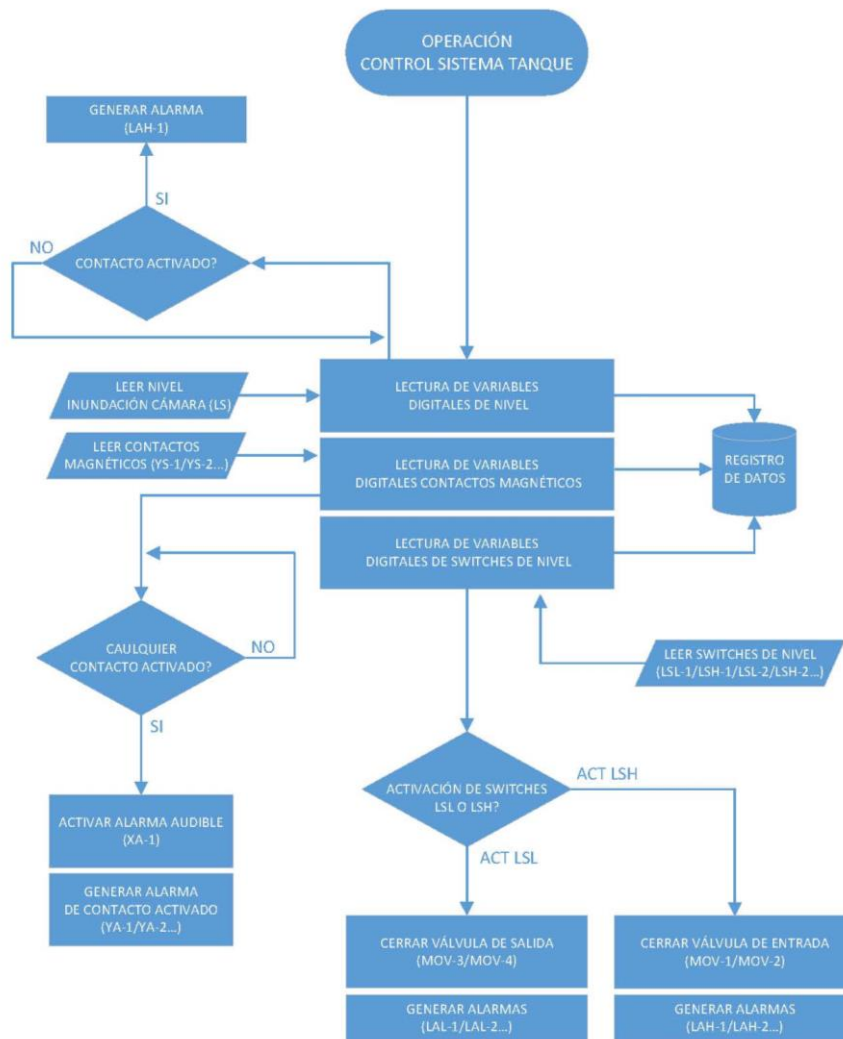


Figura 11. Diagrama de flujo de control 3/3