

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

INFORME FINAL DEFINITIVO

SEPTIEMBRE 2021



VOLUMEN 11B: SISTEMA DE AUTOMATIZACIÓN Y CONTROL – SCADA

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

INDICE

1. OBJETIVO	4
2. ALCANCE	4
3. DESARROLLO	4
3.1 DIAGRAMA P&ID.....	4
3.2 DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DE CONTROL	6
3.3 INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS DEL PROCESO	7
3.3.1 Medidor de flujo/caudal	7
3.3.2 Medidor/Indicador de Nivel.....	9
3.3.3 Medidor de Cloro Residual.....	11
3.3.4 Sensor de Nivel (Detección de inundación)	12
3.3.5 Indicador de Presión	13
3.3.6 Medidor/Transmisor de presión.....	14
3.3.7 Contacto Magnético	14
3.3.8 Actuador eléctrico, motorizado	15
3.4 SISTEMA DE CONTROL, MONITOREO Y SUPERVISIÓN.....	16
3.5 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA	19
3.6 Estimación de Carga para cada Estación	20

ÍNDICE DE FIGURAS

FIGURA 1: PRINCIPIO DE OPERACIÓN CAUDALÍMETRO ELECTROMAGNÉTICO	8
FIGURA 2: MONTAJE DE LOS SWITCHS DE NIVEL	11
FIGURA 3: ESQUEMA PARA LA PROGRAMACIÓN HMI	19

ÍNDICE DE TABLAS

TABLA 1: LISTADO DE ENTRADAS DIGITALES	16
TABLA 2: LISTADO DE SALIDAS DIGITALES	17
TABLA 3: LISTADO DE ENTRADAS ANALÓGICAS	17
TABLA 4: LISTADO DE SALIDAS ANALÓGICAS	18
TABLA 5: LISTADO DE CARGAS ELÉCTRICAS A 24 VDC	21
TABLA 6: LISTADO DE CARGAS ELÉCTRICAS A 110 VAC	21

1. OBJETIVO

Describir técnicamente el sistema de automatización y control (SCADA) y los componentes que han sido seleccionados para su operación; y garantizar que a través de estos se realice una operación confiable, continua y segura de la línea de transmisión, el sistema de almacenamiento y distribución de las redes de Calderón, cumpliendo los requerimientos y especificaciones técnicas definidas por la EPMAPS y las normativas técnicas aplicables.

2. ALCANCE

La presente memoria técnica del sistema de automatización y control (SCADA), se aplica de manera general a cada uno de los tanques que conforman el proyecto “Diseño Definitivo de la Línea de Transmisión, Tanque de Almacenamiento y Redes de Calderón”, sin embargo, debe aclararse que se han considerado las características particulares de cada tanque.

La información detallada en este documento se complementa con la información contenida en la especificación de comunicaciones del Sistema SCADA y la planimetría de cada tanque.

3. DESARROLLO

El diseño del sistema de automatización y control de cada uno de los tanques que conforman el proyecto “Diseño Definitivo de la Línea de Transmisión, Tanque de Almacenamiento y Redes de Calderón” contempla la siguiente estructura:

1. Diagrama P&ID
2. Diseño de la Arquitectura de Control
3. Instrumentación del proceso
4. Sistema de Control, Monitoreo y Supervisión
5. Sistema de alimentación eléctrica
6. Anexos: Planos eléctricos

3.1 DIAGRAMA P&ID

El Diagrama de Instrumentación y Tuberías P&ID (Piping and Instrument Diagram), es una herramienta de ingeniería que sirve de soporte en el diseño, construcción, mantenimiento y/o manejo de la infraestructura relacionada con la operación de una estación o planta de proceso; en el presente diseño es aplicable a las estaciones de los tanques de almacenamiento pertenecientes a las redes de distribución de agua de Calderón.

El P&ID es la representación del proceso de la estación o planta donde se muestra información importante como es: tuberías, equipos, instrumentación, flujo del proceso, entre lo principal; y para su elaboración se han considerado los lineamientos establecidos en la normativa ANSI/ISA-5.1-2009 “Instrumentation Symbols and Identification”.

Cabe indicar que este tipo de diagrama no necesariamente refleja la distribución física de la planta o proceso.

El Diagrama de Tuberías e Instrumentación (P&ID) de cada estación de tanque almacenamiento muestra los siguientes equipos e instrumentos:

En la tubería de entrada al tanque se tiene un medidor de flujo (FIT-1XX), el cual medirá el caudal que entra al tanque; antes de entrar la tubería al tanque se divide en dos ramales que están controlados, para cierre y apertura con válvulas anulares, las cuales están comandadas con actuadores motorizados tipo Modulante (MOV-1XX / MOV-2XX), cada ramal está monitoreado con sensores/transmisores de presión (PIT-1XX / PIT-2XX y PIT-2XX / PIT-4XX respectivamente), para protección de la línea; adicionalmente tiene filtros y válvulas manuales para bloque de línea para realizar mantenimiento.

En el P&ID están indicadas las dimensiones y volumen de cada tanque, considerando si el tanque tiene una o dos celdas. En cada celda se medirá el nivel de llenado a través de un transmisor de nivel (LIT-1XX), si es el caso de tener dos celdas, se tendrá uno por cada celda (LIT-1XX / LIT-2XX). Adicionalmente, se tiene switches de nivel en alto y bajo (LSH-1 / LSL-1 para una celda y LSH-2 / LSL-2 para la segunda celda en caso de que el tanque tenga dos celdas). Estos switches de nivel serán de protección a través del sistema de control de monitoreo. El switch LSH indicará el llenado del tanque por debajo del nivel de desborde para evitar un desborde total del tanque y el switch LSL indicará si el tanque está vacío, por encima del TOP de la línea de salida, para evitar que entre aire a la línea de descarga del tanque.

A la salida del tanque se tiene medición de caudal (FIT-2XX) y un medidor de cloro residual (AIT-1XX), en caso de tener una segunda salida se tendrá también medición de caudal (FIT-3XX) y medición de cloro residual (AIT-2XX).

Adicionalmente, en cada cámara de válvulas y medición se tiene sensores de nivel (LS-1XX y LS-2XX) para monitorear posibles inundaciones de las cámaras, los cuales enviarán una alarma en caso de tener un derrame de agua dentro de la cámara y su consecuente inundación.

Las puertas principales de entrada a la estación, la puerta de entrada a la cámara de válvulas y medición, y la o las tapas de entrada a las celdas del tanque tendrán un switch de contacto, (YS-1XX, YS-2XX, YS-3XX, etc., dependiendo de la cantidad de puertas de entrada a cámaras de válvulas que tenga la estación) para indicar si las puertas o las tapas se abrieron.

Los diagramas de Tuberías e Instrumentación de cada una de las estaciones se encuentran en los planos:

**DIAGRAMAS DE TUBERÍAS E
INSTRUMENTACIÓN**

NOMBRE DE TANQUES

LTR-F2-CON-INS-P-P-1008-D	Tanque San Juan de Calderón Alto
LTR-F2-CON-INS-P-P-1108-D	Tanque San Juan de Calderón Bajo 1
LTR-F2-CON-INS-P-P-1109-D	Tanque San Juan de Calderón Bajo 2
LTR-F2-CON-INS-P-P-1208-D	Tanque Plan de Vivienda Ecuador
LTR-F2-CON-INS-P-P-1308-D	Tanque Mariana de Jesús 1
LTR-F2-CON-INS-P-P-1408-D	Tanque Mariana de Jesús 2
LTR-F2-CON-INS-P-P-1508-D	Tanque Brisas del Norte
LTR-F2-CON-INS-P-P-1608-D	Tanque San José de Morán 1
LTR-F2-CON-INS-P-P-1708-D	Tanque San José de Morán 2
LTR-F2-CON-INS-P-P-1808-D	Tanque San Miguel del Común Medio
LTR-F2-CON-INS-P-P-1908-D	Tanque San Miguel del Común Alto
LTR-F2-CON-INS-P-P-2008-D	Tanque San Luis
LTR-F2-CON-INS-P-P-2108-D	Tanque Cuatro Esquinas

LTR-F2-CON-INS-P-P-2208-D	Tanque San Miguel del Común Bajo
LTR-F2-CON-INS-P-P-2308-D	Tanque Oyacoto
LTR-F2-CON-INS-P-P-2508-D	Tanque Arenal 1 y 2
LTR-F2-CON-INS-P-P-2608-D	Tanque Llano Grande Alto
LTR-F2-CON-INS-P-P-2708-D	Tanque Carretas 1 y 2
LTR-F2-CON-INS-P-P-2908-D	Tanque Llano Grande Bajo

3.2 DISEÑO DE LA ARQUITECTURA DE CONTROL

La Arquitectura de Control, muestra uno o más sistemas donde el proceso puede ser gestionado directamente mediante un único elemento de control (PLC) encargado de realizar todas las tareas del proceso de producción y que puede incluir un sistema de monitoreo y supervisión (SCADA). De esta manera se evita que el operador encargado de supervisar y garantizar el funcionamiento continuo de una línea de producción, tenga que estar recorriendo todas las áreas donde se controlan los procesos, sino que el sistema hace que la información llegue a un punto central. Básicamente un sistema de control industrial centralizado se compone de 3 módulos que se describirán a continuación:

Autómata programable (Controlador Lógico Programable PLC): El PLC es la parte del sistema de control donde llegan las señales eléctricas de monitoreo (discretas y analógicas) desde los equipos e instrumentos instalados en el proceso, se realiza el procesamiento de dichos datos y se generan señales eléctricas de salida para controlar el proceso de acuerdo con sus especificaciones operativas y de seguridad.

Interfaz Hombre – Máquina (HMI): representa la interacción entre el proceso y el usuario, lo que le permite al operador interactuar con el sistema, monitorear el estado actual de la estación o línea de transmisión.

Sensores/Transmisores (Digitales y Analógicos): otra parte importante del sistema tiene que ver con coleccionar los datos de los puntos estratégicos de la planta. Los instrumentos, son los encargados de adquirir las diferentes variables de proceso (presión, temperatura, flujo, nivel, variables especiales) y de enviarlas hacia el Controlador (PLC) de la estación.

Conforme a lo indicado en estos conceptos, se ha especificado la arquitectura de control de cada una de las estaciones de Tanque de almacenamiento.

Cada estación contará con un Controlador Lógico Programable (PLC) asociado a dos redes Ethernet TCP/IP, en configuración 1 + 1, que tienen un switch de comunicación, cada red, como elemento concentrador.

El primer switch está conectado a una red externa de comunicaciones por fibra óptica, en las estaciones en donde se tenga disponibilidad de fibra óptica, y el segundo switch está conectado a un sistema de radiocomunicaciones como back de la primera red. En las estaciones en donde no se disponga de fibra óptica, el segundo switch se conectará a un segundo sistema de radiofrecuencia.

A cada red Ethernet están conectados, el controlador (PLC), la interfase hombre-máquina (HMI), las fuentes de poder (UPS), el sistema de control de accesos, el teléfono IP y las cámaras de video vigilancia.

Las señales de campo, tales como presión, nivel, caudal, medición de cloro residual, nivel de inundación, sensores de apertura de puertas, llegan al controlador por señales analógicas o digitales.

El control de las válvulas motorizadas se realizará con señales digitales para las válvulas

ON-OFF y señales analógicas para las válvulas Modulantes. Adicionalmente, para monitoreo de las mismas se tiene una red Modbus RTU RS-485, asociada al PLC. De la misma forma los medidores de flujo y cloro residual están asociados a la red Modbus RTU, para poder recibir toda la información de los mismos.

3.3 INSTRUMENTACIÓN Y EQUIPOS DEL PROCESO

El control del proceso está basado en la medición y monitoreo de variables de presión, nivel, caudal y cloro residual por lo que resulta importante disponer de los instrumentos que se ajusten a los requerimientos del proceso, así como los requerimientos y estándares establecidos por la EPMAPS.

Los instrumentos de campo como son medidores de presión, nivel porcentual, caudal y cloro residual deberán tener una salida de 4-20 mA, los mismos que serán conectados a la tarjeta de entradas análogas del PLC para poder acceder a las variables del instrumento de medición.

Los instrumentos de campo como switches de nivel, switches de posición, switches de detección de inundación, serán con señal digital ON/OFF.

Para el control del proceso a través de las variables se dispondrá de válvulas anulares y mariposa, las mismas que dispondrán de actuadores eléctricos tipo modulante y ON/OFF respectivamente, que a través de un motor DC se realiza el cierre y la apertura de las mismas. Dispondrán además de protocolo de comunicación Modbus RTU, para poder recibir los comandos desde el PLC.

3.3.1 Medidor de flujo/caudal

El flujo (denominado caudal en dinámica de fluidos) se define como la relación de volumen por unidad de tiempo. Tiempo en el cual un fluido viaja a través de una sección de tubería o canal dada a ciertas condiciones de temperatura y presión.

Para medir el flujo/caudal existen diferentes tipos de instrumentos de medición y su selección depende de las características del fluido (densidad, viscosidad, conductividad, etc.), perfil del flujo (laminar, turbulento, etc.), condiciones de proceso (rango del flujo, precisión en la medición, efectos de la presión, temperatura), y otras condiciones para el monitoreo del caudal como el tipo de alimentación eléctrica, tipo de conexión al proceso, tipo de señal de salida (corriente, voltaje, pulsos), protocolos de comunicación.

Para la selección del medidor de caudal a utilizar, tanto en la línea de ingreso de agua al tanque, como en la línea de salida del tanque se han considerado los siguientes criterios:

- a. Las características del fluido (agua potable) y condiciones del proceso.
- b. El criterio y recomendaciones de la EPMAPS, sobre la base de su experiencia en la medición de flujo en sistemas semejantes al que se quiere implementar con el presente proyecto.

Con la información de las características del fluido, las condiciones del proceso, información técnica de fabricantes de medidores de flujo (Alemania, Japón, USA), se determinó que el tipo de medidor más recomendable es el medidor de flujo electromagnético, el mismo que está diseñado para la medición del flujo de líquidos con una conductividad $\square \square 500 \square S/m$

(conductividad del agua potable: 0.005 – 0.05 S/m)¹.

Adicionalmente, se confirma que el equipo identificado luego del análisis coincide con el tipo de medidor utilizado por la EPMAPS en varios de sus sistemas.

En la siguiente figura se muestra el principio de operación de un medidor de caudal electromagnético.

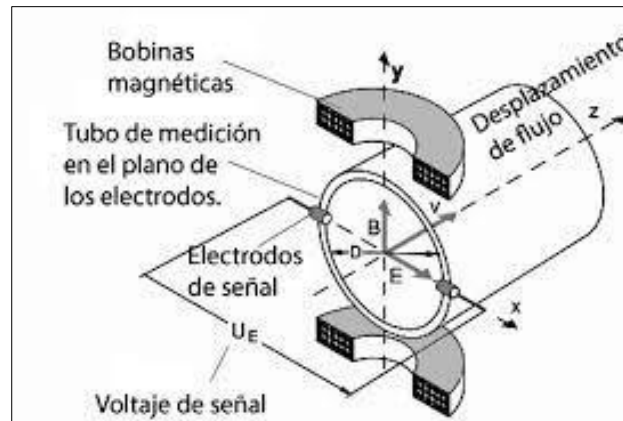


Figura 1: Principio de Operación Caudalímetro electromagnético

El caudalímetro electromagnético está basado en la Ley de Inducción Electromagnética de Faraday. Si un conductor eléctrico se mueve en un campo magnético, se produce una corriente eléctrica inducida en el conductor que es perpendicular tanto a la dirección del movimiento como a la inducción magnética y cuya magnitud es proporcional a la intensidad de campo magnético y a la velocidad del movimiento.

El tipo de medidor de flujo seleccionado presenta ventajas especiales como son:

- Al no tener partes móviles en su sistema de medición, tiene un bajo de nivel de mantenimiento y además un mayor tiempo de vida útil.

Los medidores de flujo electromagnético tendrán las siguientes características:

- Tipo de medición: Electromagnética con electrodos
- Precisión: +/- 0,5 %
- Transmisor: Integral Field Mounted
- Rango de medición: 100 m3/seg
- Señal: 4 – 20 mA
- Comunicación: Modbus RS-485
- Alimentación: 24 Vdc
- Consumo de Corriente: ≤ 50 [mA]
- Material de carcasa: Aluminio
- Material del sello: FKM Viton
- Material Electrodo: 316 L Stainless Steel
- Conexión eléctrica: Roscada NPT 1/2"
- Pantalla: LCD
- Unidades Medición: l/s - m3/s

¹ <https://www.lennotech.es/aplicaciones/ultrapura/conductividad/conductividad-agua.htm>

- Configuración: Mediante software compatible con Windows 8
- Temp. Trabajo: $-10 [^{\circ}\text{C}]$ a $+ 40 [^{\circ}\text{C}]$
- Grado Protección: IP68 o equivalente
- Conexión proceso: en línea mediante bridas
- Material de las bridas: Slip-On, Raised –Face, Carbon Steel
- Rating de las bridas: ASME B15.5, Clase de acuerdo al LISTADO DE INSTRUMENTOS

Rango: Los rangos de medición serán designados de acuerdo a lo indicado en la LISTA DE INSTRUMENTOS.

Calibración: Todos los equipos deberán tener su respectiva hoja de calibración.

Garantía: Todos los equipos deberán tener la garantía y autenticidad emitida por la fábrica a través del representante local.

Certificaciones FM, UL, CSA o equivalente.

La marca de los instrumentos deberá ser una marca relevante en el mercado local y estar como marca reconocida en la EPMAPS.

3.3.2 Medidor/Indicador de Nivel

Para medir el nivel también existen diferentes tipos de instrumentos de medición y su selección, al igual que los instrumentos de flujo, depende de las características del fluido (densidad, viscosidad, conductividad, etc.), precisión en la medición y otras condiciones para el monitoreo del nivel como el tipo de alimentación eléctrica, tipo de conexión al proceso, tipo de señal de salida (corriente, voltaje, pulsos), protocolos de comunicación.

Para la medición y monitores del nivel en las celdas de los tanques de almacenamiento se ha considerado tres tipos de instrumentos, un medidor para medición continua tipo diferencial de presión o por columna hidrostática, dos sensores de nivel tipo interruptor y un indicador de nivel local.

Para la selección del medidor a utilizar en la medición continua se han considerado los siguientes criterios:

- a. Análisis de las características y requerimientos del proceso.
- b. Criterios basados en la experiencia de la EPMAPS en medición de nivel de agua potable en sistemas semejantes.

Del análisis de la información del proceso, así como la información disponible en manuales de fabricantes de medidores de nivel (Alemania, Japón, USA), se determina que el sensor de nivel por diferencial de presión o por columna hidrostática, es la mejor opción a utilizarse para la medición de nivel en cada una de las celdas que conforman los tanques de almacenamiento de agua, ya que cumplen con los requerimientos de precisión, operación en las condiciones del proceso, confiabilidad e integración al sistema de control.

Los transmisores de nivel con principio de medición diferencial de presión o por columna hidrostática, se utilizan para el registro continuo del nivel de líquidos, en base a la presión estática del volumen de agua contenido en el tanque. El montaje de los sensores de nivel se efectúa en la tubería de desagüe de cada tanque.

La presión actúa directamente sobre el diafragma del sensor de medición. Cualquier cambio en la presión, realiza un cambio en la capacitancia del sensor, causado por el movimiento del diafragma de aislamiento del proceso y es a su vez es medido en los electrodos del sensor.

La electrónica luego convierte estos cambios en una señal eléctrica (4 – 20 mA), que es proporcional a la presión y lineal al nivel del agua en el tanque.

Las características y requerimientos para los medidores y sensores son las siguientes:

Medidor/Transmisor de Nivel

- Tipo de medición: Presión diferencial o columna hidrostática
- Rango de medición: 0 – 5 m H₂O
- Precisión: +/- 0,2 % del rango
- Material Sellos: Viton
- Pantalla: Transmisor con LCD
- Configuración: Mediante software compatible con Windows.
- Señal de salida: corriente de 4 - 20 mA
- Conexión eléctrica: NPT ½"
- Conexión a Proceso: ¼" - ½" NPT
- Alimentación: 24 VDC (10 a 30 VDC) en loop
- Grado de protección: IP 65 o equivalente
- Temperatura de operación: 0°C – 60°C

Indicador de Nivel / Switch de Nivel

- Indicador Tipo: Magnético / Conductivo
- Visualizador: Banderas giratorias o seguidor magnético
- Switches: Nivel alto / nivel bajo
- Rango de medición: 0 – 5 m
- Precisión: +/- 0,5% del rango
- Escala: centímetros / metros
- Switches Tipo: magnético /conductivo
- Salida: Contactos NO/NC de los switches
- Conexión eléctrica: NPT ½"
- Grado de protección: IP 65 o equivalente
- Conexión a Proceso: cámara externa (Cage) 2" diámetro mínimo
- Visualizador: Banderas giratorias o seguidor magnético
- Material Cage: Plástico (CPVC)
- Vent/Drain: ½" NPT con Plug
- Temperatura de trabajo: -10 [°C] a + 40 [°C]

Rango: Los rangos de medición serán designados de acuerdo a lo indicado en la LISTA DE INSTRUMENTOS.

Calibración: Todos los equipos deberán tener su respectiva hoja de calibración.

Garantía: Todos los equipos deberán tener la garantía y autenticidad emitida por la fábrica a través del representante local.

Certificaciones FM, UL, CSA o equivalente.

La marca de los instrumentos deberá ser una marca relevante en el mercado local y estar como marca reconocida en la EPMAPS.

En la figura siguiente se indica la forma de montaje de los switches de nivel en el indicador de nivel, el cual a su vez por la parte inferior se conectará a la tubería de desagüe para tomar la referencia de nivel.

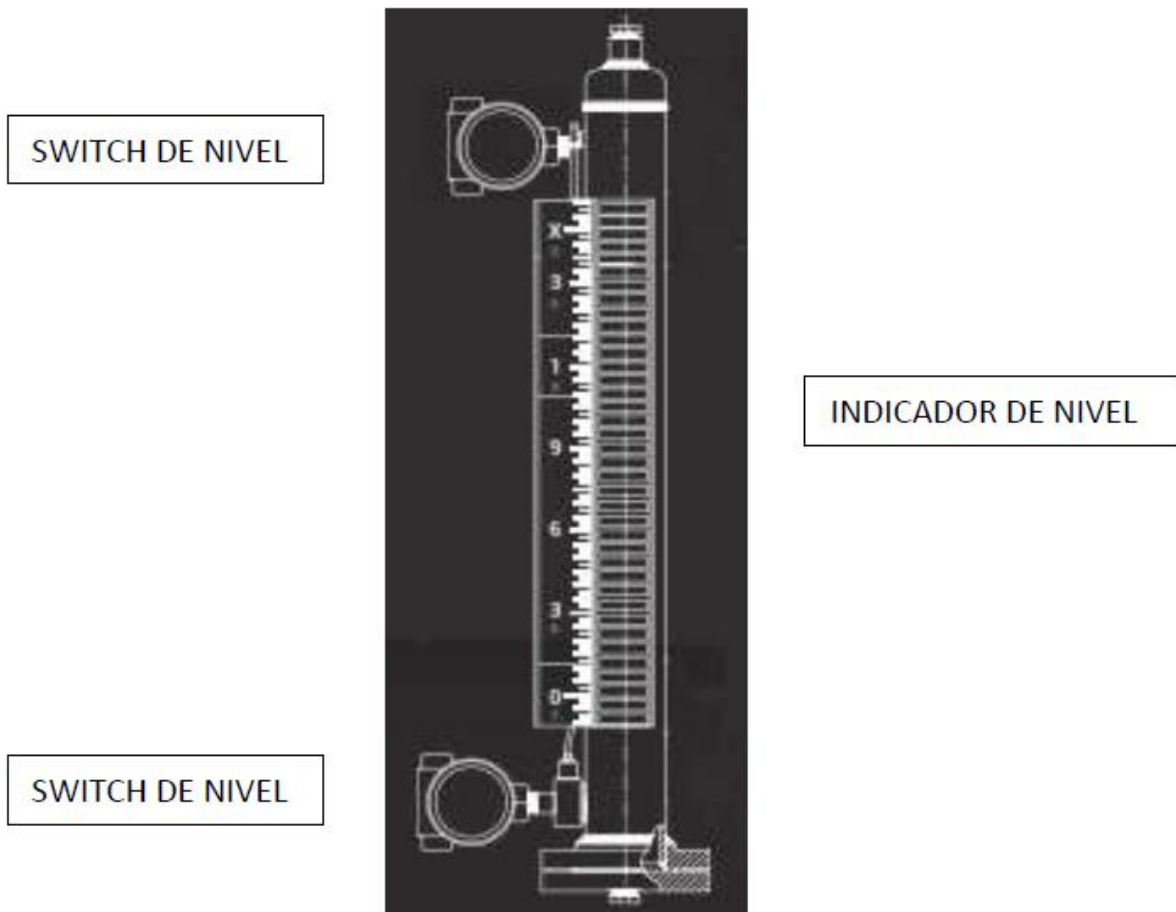


Figura 2: Montaje de los Switchs de nivel

- Ubicación del sensor (switch) de nivel alto LSH: Estará ubicado a una altura que corresponda a 20 cm en tanques pequeños, o 30 cm en tanques grandes, bajo el nivel del vertedero de desborde de cada celda para evitar el rebose y desperdicio de agua.
- Ubicación del sensor (switch) de nivel bajo LSL: Estará ubicado a una altura que corresponda a 0,2 m sobre el TOP de la línea de salida a la red de distribución (tubería de salida a la red), para evitar el ingreso de aire a la tubería de conducción.

3.3.3 Medidor de Cloro Residual

El cloro es el desinfectante de mayor uso debido a su bajo coste, a su fácil comercialización, y a que tiene sobre el agua efecto residual.

La reglamentación técnico-sanitaria ecuatoriana establece que las aguas distribuidas para consumo humano deberán contener en todo momento cloro residual libre o combinado, u otros agentes desinfectantes.

La presencia de cloro residual en el agua provoca, con frecuencia, un fuerte rechazo de la misma por parte del consumidor. El umbral de detección de sabor es de 0,5 ppm. El cloro presente en el agua no representa ningún peligro para el consumidor.

El cloro no sólo es un importante desinfectante, sino que también reacciona con el amoníaco, hierro, manganeso y sustancias productoras de olores y sabores; por lo que, en general, mejora notablemente la calidad del agua.

El cloro residual combinado se forma cuando el agua tiene amoníaco y productos orgánicos. Esta forma de cloro es un agente oxidante más débil y su acción bactericida es más lenta.

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

Los métodos utilizados para determinar el cloro residual son, mediante Química Colorimétrica o por medición amperométrica, que se aplicará a la salida de cada tanque de distribución.

Los medidores de cloro residual tendrán las siguientes características:

Sonda

- Tipo: Química colorimétrica o medición amperométrica
- Rango medición: 0 – 10 mg/l (10 PPM)
- Precisión: +/- 5%
- Resolución: 0,04 mg/l
- Equipo: Incluye acondicionador de muestra

Módulo controlador

- Salida: 4 – 20 mA
- Comunicación: Modbus RS-485
- Alimentación: 110 Vac
- Conexión eléctrica: NPT ½"
- Inlet Pressure: 5 – 150 psi
- Grado protección: IP66 o equivalente
- Temperatura: 0 [°C] a + 40 [°C]
- Pantalla: Transmisor con LCD
- Calibración: Todos los equipos deberán tener su respectiva hoja de calibración.

El equipo debe tener un acondicionador de muestra, elementos de sujeción y accesorios. Garantía: Todos los equipos deberán tener la garantía y autenticidad emitida por la fábrica a través del representante local.

Certificaciones FM, UL, CSA o equivalente.

La marca de los instrumentos deberá ser una marca relevante en el mercado local y estar como marca reconocida en la EPMAPS.

3.3.4 Sensor de Nivel (Detección de inundación)

El proceso de almacenamiento y distribución de agua potable en cada una de las estaciones/tanques, tiene el riesgo (con una baja probabilidad de ocurrencia) que puedan producirse inundaciones/derrames dentro de las instalaciones donde se encuentren instalados los equipos e instrumentos de control, por lo que se considera necesario colocar sensores para verificar la presencia de agua a una altura mayor o igual a 10 cm desde el nivel del piso. Estos sensores de nivel generarán señales de alarma para alertar al personal operativo y se tomen las acciones pertinentes.

Los requerimientos y especificación para los interruptores de detección de inundación son:

- Tipo: Flotador para montaje en pared
- Altura de detección: superior a 0,05 m
- Precisión: +/- 50 mm
- Contactos: contactos NO/NC
- Máximo voltaje en contacto: 250 [Vac], 200 [Vdc] contacto seco
- Corriente de operación: hasta 1 Amp
- Material Partes metálicas: SS AISI 316
- Material de la parte flotante: Plástico resistente al agua potable
- Compatibilidad con el fluido: uso para agua potable
- Instalación: en interior de caja para inundación
- Temperatura operación: 0°C – 40°C
- Humedad relativa: Hasta 95%
- Grado de protección: IP 68, diseñado para trabajar sumergido en agua en caso de riesgo de inundación
- Calibración: Todos los equipos deberán tener su respectiva hoja de calibración.
- Garantía: Todos los equipos deberán tener la garantía y autenticidad emitida por la fábrica a través del representante local.

La marca de los instrumentos deberá ser una marca relevante en el mercado local y estar como marca reconocida en la EPMAPS.

Tomando como referencia la información disponible en manuales de fabricantes de interruptores de nivel (USA) se establece como alternativa el uso de un interruptor de nivel tipo flotador, compatible para estar sumergido en agua, con cable de señal incorporado.

3.3.5 Indicador de Presión

Para la medición e indicación local de la presión a la entrada de agua de cada uno de los tanques, se emplearán manómetros instalados en los ramales de la EDC (Estructura de Control) ubicada en las líneas de entrada de agua.

Cada ramal dispondrá de dos indicadores de presión, uno ubicado antes de la válvula de control tipo anular y otro ubicado luego de dicha válvula.

Los requerimientos del proceso para los medidores de presión son:

- Indicador tipo: Bourdon
- Exactitud: 2,5
- Material de Carcaza: caja fenólica
- Material de pantalla: Plástico transparente
- Unidades: BAR y PSI
-
- Instalación: directa sobre la línea de conducción
- Conexión proceso: NPT ½"
- Temperatura operación: 0°C – 40°C
- Homologación: 4MS
- Calibración: Todos los equipos deberán tener su respectiva hoja de calibración.
- Garantía: Todos los equipos deberán tener la garantía y autenticidad emitida por la fábrica a través del representante local.

- Rango: Los rangos de medición serán designados de acuerdo a lo indicado en la LISTA DE INSTRUMENTOS
- Certificaciones FM, UL, CSA o equivalente.
- La marca de los instrumentos deberá ser una marca relevante en el mercado local y estar como marca reconocida en la EPMAPS.

3.3.6 Medidor/Transmisor de presión

Para la medición de la presión a la entrada de agua de cada uno de los tanques, se emplearán transductores instalados en los ramales de la EDC (Estructura de Control) ubicada en la entrada de agua.

Una función adicional importante, de los medidores de presión, es que pueden permitir la detección de fugas en la línea que conduce el fluido.

Cada ramal dispondrá de dos transmisores de presión, uno ubicado antes de la válvula de control tipo anular y otro ubicado luego de dicha válvula.

Los requerimientos del proceso para los medidores de presión son:

- Transmisor tipo: Celda capacitiva
- Precisión: +/- 1%
- Señal de salida: 4 - 20 mA
- Alimentación: 24 Vdc (por lazo)
- Carcaza: Aluminio
- Material del sello: FKM Viton
- Pantalla LCD: con unidades en BAR y PSI
- Compatibilidad: uso para agua potable
- Instalación: directa sobre la línea de conducción
- Conexión eléctrica: NPT 1/2"
- Conexión proceso: NPT 1/2"
- Temperatura operación: 0°C – 40°C
- Grado de protección: IP 68 o equivalente
- Accesibilidad para revisión y mantenimiento
- Calibración: Todos los equipos deberán tener su respectiva hoja de calibración.
- Garantía: Todos los equipos deberán tener la garantía y autenticidad emitida por la fábrica a través del representante local.
- Rango: Los rangos de medición serán designados de acuerdo a lo indicado en la LISTA DE INSTRUMENTOS
- Certificaciones FM, UL, CSA o equivalente.
- La marca de los instrumentos deberá ser una marca relevante en el mercado local y estar como marca reconocida en la EPMAPS.

3.3.7 Contacto Magnético

Los contactos magnéticos servirán para monitorear la apertura de las puertas de ingreso a la estación y puerta de ingreso a las cámaras de válvulas y control.

De la misma manera se instalarán para monitorear la apertura de las compuertas de acceso a los tanques.

Estos contactos serán de las siguientes características:

- Tipo: Imán AlNiCo500
- Conexión de salida: Cable PVC
- Distancia de montaje: Axial al imán, máximo 15 mm
- Carcasa: Plástica
- Grado de Protección: IP67
- Temperatura operación: -40 [°C] a +70 [°C]
- Máximo voltaje de switcheo: 110 Vdc
- Corriente máxima de Switcheo: 0,1 A
- Potencia máxima de Switcheo: 5 W

3.3.8 Actuador eléctrico, motorizado

La regulación del caudal de entrada y salida de agua en cada uno de los tanques, se realiza por medio de válvulas de tipo anular, para el caso de la línea de ingreso (EDC, Estructura de Control); mientras que en la línea de salida se realiza por medio de una válvula tipo mariposa. El control de estas válvulas lo realiza el controlador programable (PLC) a través de actuadores eléctricos, en base a la información del proceso (presión, nivel, caudal).

Las válvulas anulares y mariposa disponen de actuadores eléctricos tipo modulante y On/OFF, respectivamente, que a través de un motor DC se realiza el cierre y la apertura de las mismas.

Para la selección del tipo y características del actuador apropiados, se tomó como referencia los lineamientos establecidos en la norma americana ANSI/AWWA C542-16 "Electric Motor Actuators for Valves and Slide Gates".

Con las especificaciones establecidas a partir de la norma C542-16, para las válvulas anulares y mariposas se determina el modelo del actuador.

Uno de los principales requerimientos, es que el actuador debe disponer de un sistema de comunicación con protocolo Modbus RTU, que permitirá implementar una red de comunicación con el controlador programable (PLC).

A través de esta red, se puede tener acceso a los datos de cada actuador relacionado con cada una de las válvulas, tales como:

- Posición, porcentaje de apertura.
- Estado de la válvula: en operación, en fallo, en reposo.
- Estado de mando: Local, apagado, remoto.
- Registro de fallas

El Actuador Eléctrico deberá cumplir con las siguientes especificaciones:

- Accionamiento:
- Local – Manual para emergencia
- Tiempo de Ciclo de apertura – cierre: 110 seg. a 10 min
- Entrada de Control: 4 a 20 mA para actuadores modulantes
- Señal digital (Open/Close) para actuadores de corte ON/OFF
- Alimentación: 24 Vdc
- Comunicación: Modbus RS-485

- Material de Carcaza: Aluminio o similar
- Protección Térmica: Integrada
- Posicionador: Limitadores de posición abierto/cerrado
- Pantalla: Pantalla LCD de indicación
- Temperatura de trabajo: 0 [°C] a + 40 [°C]
- Conexión eléctrica: NPT 1/2"
- Grado de Protección: IP65 o equivalente
- Calibración: Todos los equipos deberán tener su respectiva hoja de calibración.
- Garantía: Todos los equipos deberán tener la garantía y autenticidad emitida por la fábrica a través del representante local.
- Certificaciones FM, UL, CSA o equivalente.
- La marca de los instrumentos deberá ser una marca relevante en el mercado local y estar como marca reconocida en la EPMAPS.

3.4 SISTEMA DE CONTROL, MONITOREO Y SUPERVISIÓN

El sistema de control está basado en un Controlador Lógico Programable (PLC), el cual se requiere cumpla de las siguientes especificaciones principales:

- Voltaje de operación a 24 VDC.
- Sistema modular para las señales de Entrada/Salida
- Procesamiento de la aplicación en forma de tareas: continua, periódica o por eventos.
- Puerto de comunicación para programación
- Puerto de comunicación a red Ethernet (al menos 1 puerto)
- Capacidad de integrar/manejar una red de comunicación tipo Modbus RTU
- Capacidad de memoria para programa datos, de acuerdo al número de entradas/salidas
- Capacidad de respaldo del programa y datos en una memoria externa.
- Seguridad para protección de acceso a programas
- Lenguajes de programación: Escalera, Bloques de Función, Texto Estructurado, Funciones Secuenciales
- Software de programación para ambiente Windows
- Certificaciones CE, UL, RCM

A continuación, se muestra el listado de entradas y salidas, promedio por estación, tanto discretas como analógicas de cada una de las estaciones de Tanques de Almacenamiento.

Tabla 1: Listado de Entradas Digitales

ENTRADAS DIGITALES				
ÍTEM	DIRECCIÓN			DESCRIPCIÓN
1	DI	S3	0	Interruptor de nivel Alto, tanque celda 1
2	DI	S3	1	Interruptor de nivel Bajo, tanque celda 1
3	DI	S3	2	Interruptor de nivel Alto, tanque celda 2
4	DI	S3	3	Interruptor de nivel Bajo, tanque celda 2
5	DI	S3	4	Interruptor de nivel inundación cámara válvulas
6	DI	S3	5	Interruptor de nivel inundación cámara válvulas
7	DI	S3	6	Switch de contacto – entrada principal a estación
8	DI	S3	7	Switch de contacto – entrada peatonal a estación
9	DI	S3	8	Switch de contacto – entrada a cámara principal de estación (EDC)
10	DI	S3	9	Switch de contacto – entrada a celda No 1 de tanque de almacenamiento

ENTRADAS DIGITALES				
ÍTEM	DIRECCIÓN			DESCRIPCIÓN
11	DI	S3	10	Switch de contacto – entrada a celda No 2 de tanque de almacenamiento
12	DI	S3	11	Señal de falla de UPS 1
13	DI	S3	12	Señal de falla de UPS 2
14	DI	S3	13	Señal de estado de supresor de transientes del sistema de fuerza
15	DI	S3	14	Señal de estado de supresor de transientes del sistema de control
16	DI	S3	15	Señal de estado de fuentes DC del sistema de control
17	DI	S3	16	Señal de estado de fuentes del PLC
18	DI	S3	17	Señal de estado del switch de comunicaciones de fibra óptica
19	DI	S3	18	Señal de estado del switch de comunicaciones de radio frecuencia
20	DI	S4	0	Señal de alarma del dispositivo de protección de descargas
21	DI	S4	1	Señal de estado del breaker principal de tablero
22	DI	S4	2	Señal de alarma del breaker principal de tablero
23	DI	S4	3	Reserva
24	DI	S4	4	Reserva
25	DI	S4	5	Reserva
26	DI	S4	6	Reserva

Tabla 2: Listado de Salidas Digitales

SALIDAS DIGITALES				
ÍTEM	DIRECCIÓN			DESCRIPCIÓN
1	DO	S7	0	Activación sirena alarma
2	DO	S7	1	Abrir válvula mariposa MOV-3SJCA
3	DO	S7	2	Cerrar válvula mariposa MOV-3SJCA
4	DO	S7	3	Abrir válvula mariposa MOV-4SJCA
5	DO	S7	4	Cerrar válvula mariposa MOV-4SJCA
6	DO	S7	5	Abrir válvula mariposa MOV-5SJCA
7	DO	S7	6	Cerrar válvula mariposa MOV-6SJCA
8	DO	S7	7	Reserva
9	DO	S7	8	Reserva
10	DO	S7	9	Reserva
11	DO	S7	10	Reserva
12	DO	S7	11	Reserva
13	DO	S7	12	Reserva
14	DO	S7	13	Reserva
15	DO	S7	14	Reserva
16	DO	S7	15	Reserva

Tabla 3: Listado de Entradas Analógicas

ENTRADAS ANALÓGICAS				
ÍTEM	DIRECCIÓN			DESCRIPCIÓN
1	AI	S5	0	Transmisor presión aguas arriba válvula anular MOV-1SJCA
2	AI	S5	1	Transmisor presión aguas abajo válvula anular MOV-1SJCA
3	AI	S5	2	Transmisor presión aguas arriba válvula anular MOV-2SJCA
4	AI	S5	3	Transmisor presión aguas abajo válvula anular MOV-2SJCA
5	AI	S5	4	Transmisor nivel tanque celda 1
6	AI	S5	5	Transmisor nivel tanque celda 2
7	AI	S5	6	Medidor de flujo/caudal línea ingreso a tanque FQIT-1SJCA
8	AI	S5	7	Medidor de flujo/caudal línea salida celda No 1 tanque FQIT-2SJCA

ENTRADAS ANALÓGICAS				
ÍTEM	DIRECCIÓN		DESCRIPCIÓN	
9	AI	S5	8	Medidor de flujo/caudal línea salida celda No 1 tanque FQIT-3SJCA
10	AI	S5	9	Analizador de cloro residual línea salida celda No 1 tanque AIT-1SJCA
11	AI	S5	10	Analizador de cloro residual línea salida celda No 2 tanque AIT-2SJCA
12	AI	S5	11	Reserva
12	AI	S5	12	Reserva
14	AI	S5	13	Reserva
15	AI	S5	14	Reserva
16	AI	S5	15	Reserva

Tabla 4: Listado de Salidas Analógicas

SALIDAS ANALÓGICAS				
ÍTEM	DIRECCIÓN		DESCRIPCIÓN	
1	AO	S6	0	Control – válvula anular MOV-1SJCA
2	AO	S6	1	Control - válvula anular MOV-2SJCA
3	AO	S6	2	Reserva
4	AO	S6	3	Reserva
5	AO	S6	5	Reserva
6	AO	S6	6	Reserva

El sistema de control debe incluir una Interfaz Hombre Máquina (HMI). La HMI es la principal forma de enlace entre el operador y el sistema automático, ya que proporciona información y control sobre el proceso.

La operación local de cualquiera de los tanques, requiere que el operador tenga la capacidad de visualizar las condiciones operativas del mismo: presión en la línea de entrada de agua, nivel en las celdas de almacenamiento, flujo/caudal de ingreso, flujo/caudal de salida, estado de los actuadores eléctricos, alarmas activadas durante la operación del sistema, estado de las comunicaciones con el centro de control, etc., así como, configurar o re-configurar las condiciones de operación cuando así lo requiera el proceso siempre y cuando se cuente con las autorizaciones respectivas o se disponga del nivel de acceso apropiado. Para el diseño y desarrollo del HMI se considera como referencia el estándar ANSI/ISA- 101.01-20152. El propósito del estándar ANSI/ISA-101 es considerar la filosofía, el diseño, la implementación, la operación y el mantenimiento de los HMI para los sistemas de automatización de procesos.

En la figura a continuación se muestra el esquema para el desarrollo/programación y operación del HMI:

² ANSI ANSI/ISA-101.01-2015 Human Machine Interfaces for Process Automation Systems

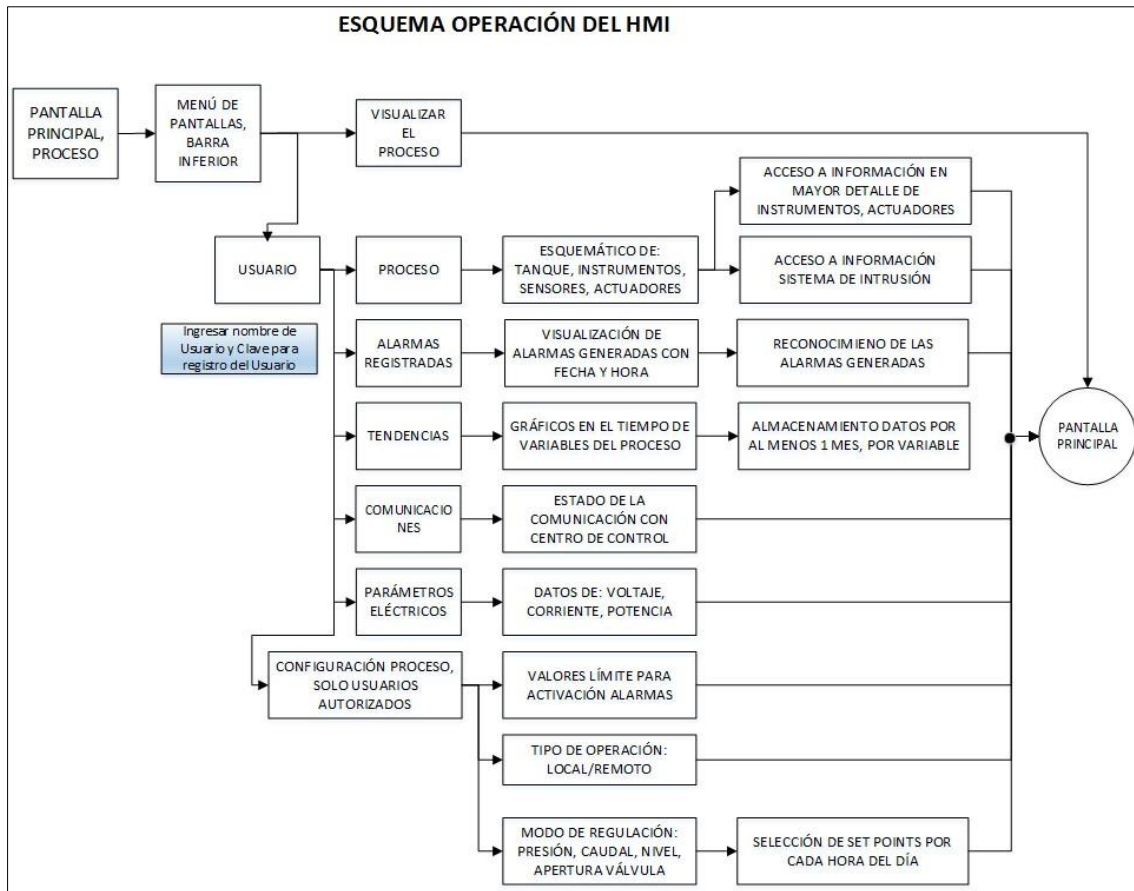


Figura 3: Esquema para la programación HMI

3.5 SISTEMA DE ALIMENTACIÓN ELÉCTRICA

Por requerimiento de la EPMAPS para estandarizar los niveles de tensión eléctrica para sistemas de control en instalaciones de este tipo, se debe utilizar un sistema de alimentación eléctrica de corriente continua (DC) con un valor de 24 voltios, por lo cual, todos los instrumentos o equipos a instalarse en cada uno de los tanques deben cumplir esta especificación en cuanto al tipo y nivel de tensión.

El sistema de alimentación eléctrica de corriente continua (DC), será alimentado a través de un breaker de protección de la caja eléctrica de distribución de 120 V corriente alterna, que a su vez está alimentado desde la línea de la empresa eléctrica.

Con el fin de garantizar la operación ininterrumpida de cualquiera de los tanques debido a la suspensión del servicio de energía eléctrica por parte de la Empresa Eléctrica Quito S.A., se considera la instalación de un sistema de alimentación ininterrumpida (SAI), que de acuerdo a requerimiento de EPMAPS, debe cumplir un tiempo de autonomía de alrededor de 8 horas.

Con estos antecedentes, se realizó la evaluación de carga eléctrica requerida en cada uno de los tanques, y posteriormente con la ayuda de una herramienta gráfica desarrollada por un fabricante de sistemas SAI (Alemania) se determina las características eléctricas de dicho sistema.

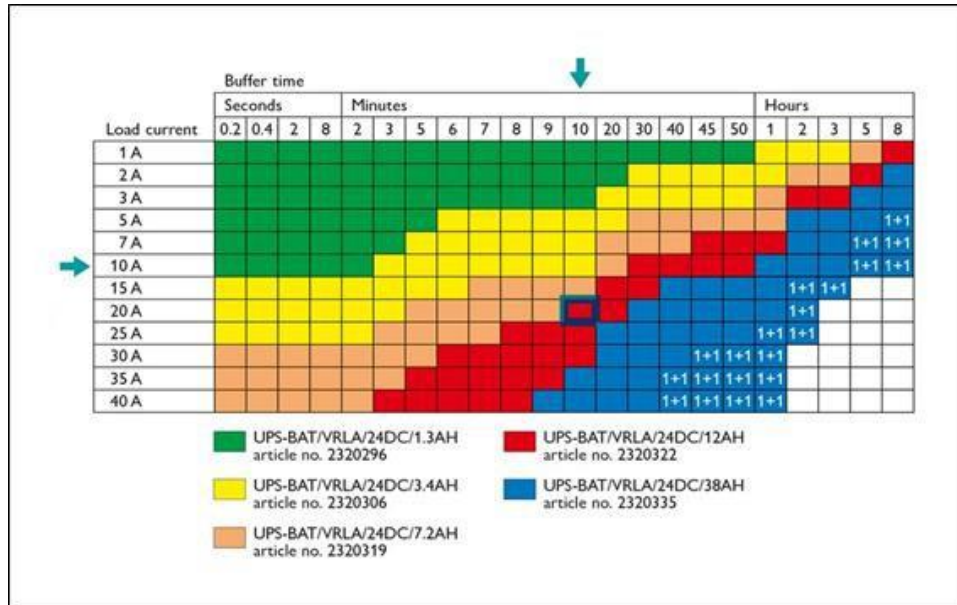


Figura 4: Herramienta grafica para dimensionar SAI

De acuerdo con el fabricante, si el resultado es “1+1” significa que se necesitará dos bancos de acumuladores de energía con la misma capacidad.

Para la aplicación de la herramienta gráfica se requiere como información: a) la carga eléctrica, b) las horas de autonomía/respaldo eléctrica; por tal razón se ha dividido la carga eléctrica en dos partes, de aproximadamente 10 A cada una.

Como se puede observar para una corriente de carga de 10 A y un tiempo de respaldo de 8 horas se requiere de un UPS a 24 VDC en combinación con un banco de dos baterías de 38 A-h de capacidad, cada una, tipo VRLA (Valve Regulated Lead Acid 3), selladas, libres de mantenimiento.

3.6 Estimación de Carga para cada Estación

Se ha estimado las cargas, considerando una estación tipo en la cual tenemos la mayor cantidad de cargas:

³ Batería plomo-ácido regulada por válvula

Tabla 5: Listado de Cargas Eléctricas a 24 VDC

ESTIMACIÓN CARGA ELÉCTRICA DC - PARTE I

Estimación consumo de corriente/potencia de equipo a 24 VDC						
DESCRIPCION	Cant	P (W)	I (A)	I SUBTOT (A)	Tiempo Uso	I TOTAL (A)
Controlador lógico programable PLC	1		2	2	100%	2
Fuente PLC	1		2	2	100%	2
Módulo de entradas digitales 32 CANALES	2		1,5	3	100%	3
Módulo de salidas digitales 16 CANALES	1		2	2	100%	2
Módulo de entradas analógicas 16 CANALES	1		0,5	0,5	100%	0,5
Módulo de salidas analógicas 8 CANALES	1		0,5	0,5	100%	0,5
Módulo de comunicación Modbus TCP/IP	1		0,5	0,5	100%	0,5
Módulo de comunicación Modbus RS 485	1		0,5	0,5	100%	0,5
					100%	0
Interface Hombre Maquina - HMI a color, touch screen	1		1	1	10%	0,1
Sensor de presión válvula control: PIT	2		0,025	0,05	100%	0,05
Sensor de nivel por presión diferencial	2		0,25	0,5	100%	0,5
Interruptor de nivel: LSH, LSL	4		0,05	0,2	100%	0,2
Medidor flujo/caudal, línea de salida: FQIT	1	20	0,83	0,83	100%	0,833
Medidor flujo/caudal, línea de entrada: FQIT	1	20	0,83	0,83	100%	0,833
Interruptor de nivel inundación: LSH	1		0,05	0,05	100%	0,05
Interruptor de contacto compuertas	5		0,05	0,25	100%	0,25
Switch de comunicaciones administrable	2	170	7,08	14,17	50%	7,083
Control de acceso	1		0,5	0,50	100%	0,5
Actuador eléctrico válvula anular	2		8	16,00	80%	12,8
Actuador eléctrico válvula mariposa	8		6	48,00	20%	9,6
TOTAL CORRIENTE:						43,8 A
VOLTAJE:						24 VDC
POTENCIA (W):						1051 W
RESERVA DEL 15%:						157,7 W
POTENCIA TOTAL: (VA)						1209 W

Tabla 6: Listado de Cargas Eléctricas a 110 VAC

ELÉCTRICA AC - PARTE II

ESTIMACIÓN DEMANDA ELÉCTRICA INSTRUMENTACIÓN Y CONTROL a 110 VAC				
Ítem	Descripción	Cant	P (W)	P TOT (W)
1	Fuente DC (1200 W) - UPS, voltaje entrada 120 VAC/8 Amp, voltaje salida 24 VDC/50 Amp, Instrumentación y Control	1	1200	1200
2	Fuente DC (960 W) - UPS, voltaje entrada 120 VAC/8 Amp, voltaje salida 24 VDC/40 Amp, Stand By	1	0	0
3	Lámpara tablero control Tipo LED	1	7	7
4	Tomacorriente en tablero	1	200	200
5	Calefacción tablero	1	50	50
6	Analizador de Cloro	1	10	10
				1467
		15%		220,05
				1687,05
		0,85		
				1984,76

Se recomienda un sistema conformado por los siguientes equipos:

- Fuente de alimentación 120 VAC/24 VDC, compatible con UPS
- UPS de 110 VAC, compatible con la fuente de alimentación, con capacidad automática para suministrar energía a las cargas desde la fuente de alimentación o desde baterías, sistema de control para cargar las baterías, sistema de señales de alarma para monitorear la operación del equipo.
- Banco de baterías para suministro de ocho horas continuas de descarga.

El diseño del equipamiento eléctrico para el sistema de control y automatización para la operación de cada uno de los tanques que conforman el proyecto "Diseño definitivo de la línea de transmisión, tanque de almacenamiento y redes de Calderón" incluye la determinación del o los tableros eléctricos, que alojarán los equipos y elementos eléctricos, en condiciones seguras tanto para los operarios/usuarios como para los equipos, para asegurar la operación confiable y continua del sistema de control.

El tablero principal eléctrico consta de dos cuerpos internos, en uno de los cuales está instalado el sistema de control y sus dimensiones se han determinado en base al espacio requerido para el montaje de los equipos, elementos, sistemas de cableado y demás accesorios.

El cuerpo correspondiente al sistema de control está conformado principalmente por:

- Controlador Lógico Programable (PLC) que incluye: módulo de fuente de poder, procesador con puerto de comunicación para programación, módulo de comunicación con puerto Ethernet dual, módulos de entrada/salida discretas, módulos de entrada/salida análogas, módulo de comunicación Modbus RTU / RS-485.
- Panel de operador: que es una Interfase Hombre - Máquina (HMI) con pantalla a color, tipo touch screen, con puerto de comunicación Ethernet.
- Switches de comunicación Ethernet, dos unidades para disponer de un sistema redundante de comunicación (fibra óptica FO y radio

frecuencia RF) administrable, físicamente a través de los cuales se realizará la integración de cada uno de los tanques al sistema centralizado de control.

- Sistema de suministro y respaldo de energía a 24 VDC, que incluye: fuente de poder de 24 VDC redundante, supresor de transientes.
- Elementos de protección: interruptores termomagnéticos, fusibles, supresores de transientes para el sistema de control.
- Elementos de conexión.
- Cableado eléctrico para interconexión de los equipos y elementos del sistema de control instalados tanto en el mismo tablero, como los equipos e instrumentos instalados en el proceso.
- Protecciones eléctricas para cargas AC del sistema de fuerza.
- Cableado eléctrico del sistema de fuerza.
- Sistema de control de temperatura en el interior del tablero, para evitar la condensación debido a variaciones de temperatura ambiente.
- Iluminación interior activada con la apertura de las puertas.
- Tomacorrientes a 110 VAC para conexión de equipos especiales de manera muy esporádica (ejemplo, PC de programación).

Debe cumplir con las siguientes características:

- Grado de protección IP-65.
- Identificación impresa en acrílico ubicada en las puertas.
- Sistema de apertura con mecanismo de seguridad (llave única).
- El montaje de los equipos dentro del tablero debe permitir las labores de mantenimiento y reparación, sin tener la necesidad de desmontar o desconectar equipos instalados.
- El ingreso de cables al tablero debe realizarse con conectores a prueba de polvo y agua tipo prensa estopa metálico no corrosivo fabricado en acero galvanizado con sello a prueba de ingreso de agua, grado de protección IP68/Nema 3R.
- Toda la infraestructura metálica instalada, deberá estar rígidamente conectada al sistema de puesta a tierra.

El tendido del cableado del sistema de control desde el tablero de control (PLC) hacia los equipos e instrumentos instalados en el proceso se realizará a través de bandeja metálica tipo y/o tubería rígida metálica de tipo IMC roscable, de dimensiones apropiadas, dependiendo del número y tipo de cable a emplearse en la instalación de los equipos.

El ingreso de cables a los instrumentos, equipos debe realizarse con conectores a prueba de polvo y agua tipo prensa estopa metálico no corrosivo fabricado en acero galvanizado con sello a prueba de ingreso de agua, a fin de garantizar la hermeticidad dentro de los equipos.

La tubería y/o canaleta metálica deberá fijarse a la losa, piso y/o pared, utilizando accesorios apropiados para este fin, como pueden ser: canal troquelado, abrazaderas ajustables o pernos. En ningún caso se puede fijar tubería o canaleta a la pared del tanque. Toda la infraestructura metálica utilizada para la instalación de bandejas y/o tuberías, deberá estar conectada al sistema de puesta a tierra.