



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMAS SCADA PARA EL MONITOREO DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA EP-EMAPAR

FÁTIMA DE LOS ÁNGELES QUISHPE ESTRADA

Trabajo de Titulación modalidad: Proyectos de Investigación y Desarrollo, presentado ante el Instituto de Posgrado y Educación Continua de la ESPOCH, como requisito parcial para la obtención del grado de:

**MAGISTER EN SISTEMAS DE CONTROL Y AUTOMATIZACIÓN
INDUSTRIAL**

Riobamba – Ecuador

Agosto 2017



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

CERTIFICACIÓN

EL TRIBUNAL DEL TRABAJO DE TITULACIÓN CERTIFICA QUE:

El Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, denominado: “**DISEÑO DE UN PROTOTIPO DE SISTEMAS SCADA PARA EL MONITOREO DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA EP-EMAPAR**”, de responsabilidad de la Ing. Fátima de los Ángeles Quishpe Estrada, ha sido prolijamente revisado y se autoriza su presentación.

Ing. Oswaldo Martínez Guashima M.Sc.

PRESIDENTE

FIRMA

Ing. Miguel Pérez Bayas M. Sc.

DIRECTOR DE TESIS

FIRMA

Ing. Víctor Asanza Armijos M. Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

FIRMA

Ing. Javier Gavilánez Carrión M. Sc.

MIEMBRO DEL TRIBUNAL

FIRMA

Riobamba, Agosto 2017

DERECHOS INTELECTUALES

Yo, Fátima de los Ángeles Quishpe Estrada, soy responsable de las ideas, doctrinas y resultados expuestos en este Trabajo de Titulación modalidad Proyectos de Investigación y Desarrollo, y que el patrimonio intelectual del mismo pertenece exclusivamente a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

FÁTIMA DE LOS ANGELES QUISHPE ESTRADA
N° Cédula: 0603184813

DEDICATORIA

Dedico este trabajo, a Dios por haberme dado vida y por permitirme llegar a culminar esta fase de mi vida; a mis padres por toda la ayuda incondicional que me han brindado desde el momento que inicié mis estudios Universitarios.

Fátima de los Ángeles

AGRADECIMIENTO

Una de las cualidades más esenciales del ser humano es el ser agradecido, por eso en este momento mi agradecimiento a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, al Instituto de Posgrado IPEC; a los profesores que con sus conocimientos han contribuido a que culmine con éxito esta nueva etapa de mi vida...

Fátima de los Ángeles

TABLA DE CONTENIDOS

RESUMEN.....	xii
SUMMARY	xiv
CAPITULO I	
1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	1
1.1. Planteamiento del problema.....	1
1.2. Formulación del problema	2
1.3. Sistematización del problema	2
1.4. Justificación de la investigación.....	2
1.5. Objetivos de la investigación	4
1.5.1. <i>Objetivo general</i>	4
1.5.2. <i>Objetivos específicos</i>	4
1.6. Hipótesis.....	5
CAPITULO II	
2. ESTADO DEL ARTE.....	6
2.1. Antecedentes de investigación	6
2.2. Definiciones	8
2.3. Sistemas de comunicación	10
2.4. Sistemas de control y adquisición de datos	13
CAPITULO III	
3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN.....	19
3.1. Métodos de Investigación	19

3.2.	Diseño del Proyecto	19
3.2.1.	<i>Análisis situacional del sistema de distribución de agua de la desviación Yaruquíes</i>	20
3.2.1.1.	<i>Análisis situacional del proceso de Captación</i>	21
3.2.1.2.	<i>Análisis situacional del proceso de Almacenamiento</i>	23
3.2.1.3.	<i>Análisis situacional del proceso de Distribución</i>	24
3.2.2.	<i>Propuesta de solución</i>	24

CAPITULO IV

4.	PROPUESTA.....	26
4.1.	Título.....	26
4.2.	Beneficiarios	26
4.3.	Desarrollo del proyecto	26
4.3.1.	<i>Requerimientos del proyecto</i>	26
4.3.1.1.	<i>Centro de control de operaciones</i>	26
4.3.1.2.	<i>Requerimientos de hardware y software</i>	26
4.3.2.	<i>Desarrollo del programa de aplicación</i>	27
4.3.2.1.	<i>Definiciones del sistema</i>	27
4.3.3.	<i>Desarrollo del sistema</i>	28
4.3.3.1.	<i>Esquematización del sistema</i>	28
4.3.3.2.	<i>Instalación de Sensores y Transmisores de señal</i>	29
4.3.3.3.	<i>Desarrollo de la interfaz</i>	30
4.3.3.4.	<i>Instalación y configuración del sistema operativo</i>	32
4.3.4.	<i>Diseño del prototipo del sistema SCADA</i>	34
4.3.4.1.	<i>Captación e impulsión</i>	35
4.3.4.2.	<i>Almacenamiento</i>	38
4.3.4.3.	<i>Distribución</i>	39
4.3.5.	<i>Dispositivos requeridos para el monitoreo del sistema de distribución de agua</i>	40
4.3.6.	<i>Implementación del Tablero de Control</i>	40

4.3.7.	<i>Gestión de datos</i>	41
4.3.7.1.	<i>Captura de datos (datos de entrada)</i>	42
4.3.7.2.	<i>Datos de configuración del sistema</i>	44
4.3.7.3.	<i>Datos del estado general del sistema</i>	44
4.3.7.4.	<i>Datos de telemetría</i>	44
4.3.7.5.	<i>Datos de alarmas</i>	45
4.3.7.6.	<i>Datos de referencias operativas</i>	47
4.3.7.7.	<i>Archivo de datos (datos generados por el sistema)</i>	47
4.3.7.8.	<i>Utilización de datos por el usuario</i>	52
4.4.	Resultados de Investigación.....	54
4.4.1.	Pruebas de Funcionamiento del Prototipo del Sistema SCADA.....	54
4.4.2.	Monitoreo por GSM.....	58
4.4.3.	<i>Control del sistema</i>	61
4.4.3.1.	<i>Acciones de control</i>	61
4.4.3.2.	<i>Solución de problemas</i>	62
4.4.4.	Costos del Prototipo de Sistema SCADA	62
4.4.5.	Costo económico para la implementación del Sistema SCADA en la derivación Yaruquíes, EP – EMAPAR.....	63
4.4.6.	Comprobación de Hipótesis	64
	CONCLUSIONES:	65
	RECOMENDACIONES:	66
	BIBLIOGRAFÍA	
	ANEXOS	

LISTA DE TABLAS

Tabla 1-2. Tecnologías de Comunicación inalámbrica.....	12
Tabla 2-2. Características de los Sistemas Operativos Windows y Linux.....	16
Tabla 1-3. Fuentes de abastecimiento.....	20
Tabla 2-3. Caudales aprovechables por capacidad.....	20
Tabla 1-4. Dispositivos requeridos.....	40
Tabla 2-4. Generación de reportes de alarmas (6:45 a.m.).....	48
Tabla 3-4. Generación de reportes de alarmas (2:40 p.m.).....	49
Tabla 4-4. Generación de reportes de alarmas (7:16 p.m.).....	50
Tabla 5-4. Costos del Prototipo del Sistema SCADA.....	62
Tabla 6-4. Costos del Sistema SCADA.....	63

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-2. Programador Lógico Programable	18
Figura 1-4. Esquematación del sistema SCADA	29
Figura 2-4. Interfaz Gráfica del sistema.....	31
Figura 3-4. Particiones del disco duro.....	33
Figura 4-4. Medidor de presión y caudalímetro.....	36
Figura 5-4. Monitoreo del proceso de captación.....	36
Figura 6-4. Válvula con motoreductor	37
Figura 7-4. Monitoreo del proceso de almacenamiento	38
Figura 8-4. Monitoreo del proceso de distribución	39
Figura 9-4. Tablero de Control incorporado	40
Figura 10-4. Captura de Datos	43
Figura 11-4. Adquisición de datos de presión y caudal en el.....	44
Figura 12-4. Adquisición de datos en el proceso de Almacenamiento	45
Figura 13-4. Adquisición de datos en el proceso de Distribución.....	45
Figura 14-4. Establecimiento de setpoints y señales de alarma	46
Figura 15-4. Activación de alarmas	47
Figura 16-4. Monitoreo de referencias operativas	47
Figura 17-4. Generación de reportes de alarmas (6:45 a.m.)	48
Figura 18-4. Generación de reportes de alarmas (2:40 p.m.)	49
Figura 19-4. Generación de reportes de alarmas (7:16 p.m.).....	50
Figura 20-4. Generación de reportes y base de datos.....	51
Figura 21-4. Alarmas de diferencias	53
Figura 22-4. Señales emitidas entre el PLC y el variador de frecuencia.....	56
Figura 23-4. Protocolo de comunicación profinet.....	57
Figura 24-4. Bloque de substracción.....	58
Figura 25-4. Bloque de Comparación	59

Figura 26-4. Bloque de Comunicación TC_CON.....	59
Figura 27-4. Bloque de datos_2.....	60
Figura 28-4. Bloque de envío TC-SEND.....	60
Figura 29-4. Bloque de datos_3.....	61

LISTA DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1-3. Válvulas de extracción.....	21
Fotografía 2-3. Generador de energía.....	22
Fotografía 3-3. Tablero de Control.....	22
Fotografía 4-3. Tanque de reservorio.....	23
Fotografía 5-3. Válvulas para control de ingreso y salida de agua.....	24
Fotografía 1-4. Válvulas del proceso de captación.....	37
Fotografía 2-4. Maqueta del sistema de distribución de Agua Potable.....	54
Fotografía 3-4. Maqueta del proceso de Captación.....	55
Fotografía 4-4. Tablero de Control.....	56
Fotografía 5-4. Maqueta del tanque Reservorio.....	57
Fotografía 6-4. Prototipo del sistema SCADA.....	58

INDICE DE ANEXOS

ANEXO A: COTIZACIÓN SENSOR DE PRESIÓN

ANEXO B: OFERTA TÉCNICA DE MEDIDOR DE FLUJO

ANEXO C: ARTÍCULO CIENTÍFICO

RESUMEN

Se diseñó un prototipo de sistema SCADA, para realizar el monitoreo de los procesos de captación, almacenamiento y distribución de agua potable para la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (EP EMAPAR), que precisa de un sistema SCADA web, en la derivación Yaruquies, para el monitoreo de los procesos de captación, almacenamiento y distribución de la derivación, a fin de orientar la toma de decisiones y la ejecución de acciones técnicas, que permitan gestionar de manera adecuada y eficiente el recurso hídrico, a fin de minimizar desperdicios y fugas, reducir costos de operación, garantizar la repartición equitativa y oportuna del líquido vital y elevar la imagen institucional. Se obtuvieron datos de las variables, por medio de sensores y transductores, que a su vez transmiten señales al Controlador Lógico Programable (PLC). Mediante una Interfaz Hombre Máquina (HMI) se muestra la información al operador del sistema. Se programa el PLC con el software TIA Portal, en la visualización y almacenamiento de datos y el procesamiento de señales de alarma se emplea LabVIEW. Las pruebas de funcionamiento del sistema dieron como resultado señales de alarmas siempre que se presenta una diferencia entre los datos adquiridos de las variables y los estándares establecidos. Como resultado se obtuvo que la supervisión y control automatizados de los procesos y la disminución de los costos de operación, incrementando el volumen de producción y satisfaciendo a los usuarios del servicio. Se concluye que el control oportuno de los fallos del sistema garantiza que no se produzcan desabastecimientos ni pérdidas del líquido vital, disminuyendo los costos de operación, incrementando el volumen de producción y satisfaciendo a los usuarios del servicio. Este trabajo de investigación, se constituye en el punto de partida para el desarrollo de futuras investigaciones, como por ejemplo la creación de un sistema de mantenimiento preventivo en la red de alimentación de agua potable.

Palabras clave: <TECNOLOGÍA Y CIENCIAS DE LA INGENIERÍA>. <CONTROL AUTOMÁTICO>, <PROTOTIPO>, <SISTEMA SCADA>, <WEB (HERRAMIENTA)>, <CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMABLE (PLC)>, <INTERFAZ HOMBRE MÁQUINA (HMI)>, <TIA PORTAL (SOFTWARE)>.

SUMMARY

A prototype SCADA system was designed to monitor the collection, storage and distribution of potable water for the Municipal water and Sewage Company (EMAPAR), which requires a web SCADA system, in the Yaruquies derivation, For the monitoring of the processes of training, storage and distribution of the derivation, in order to orient the decision making and the execution of technical actions, that allow to manage of adequate and efficient way the water resource, in order to minimize waste and Leakage, reduce operating costs, ensure equitable and timely distribution of vital liquid and raise the institutional image. Data were obtained from the variables, by means of transducer sensors, which in turn transmit signals to the programmable Logic Controller (PLC). A machine Man Interface (HMI) displays the information to the system operator. The PLC is programmed with the TIA portal software, in the visualization and data storage and the signal processing of alarm is used LabVIEW, System performance tests resulted in alarm signals whenever there is a difference between the data acquired from the variables and the established standards. It was obtained that the automated monitoring and control of the processes and the decrease of the operating costs, increasing the volume of production and satisfying the users of the service. It is concluded that timely control of system failures ensures that there is no shortage or loss of vital liquid, reducing operating costs, increasing production volume and satisfying service users. This research work constitutes the starting point for the development of future research, such as the creation of a preventive maintenance system in the potable water supply network.

Keywords: TECHNOLOGY AND ENGINEERING SCIENCES. AUTOMATIC CONTROL. PROTOTYPE. SCADA SYSTEM. WEB (TOOL). PROGRAMMABLE LOGIC CONTROLLER (PLC). MAN MACHINE INTERFACE (HMI). TIA PORTAL (SOFTWARE).

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del problema

De acuerdo con las perspectivas del medio ambiente a nivel mundial, el aumento de la eficiencia en el uso del agua en todos los sectores es vital para garantizar recursos hídricos sostenibles para todos los usos.

En la Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Riobamba (EP-EMAPAR), hasta el momento se lleva un registro manual para la verificación de datos in situ de los procesos de captación, almacenamiento y distribución de agua para el consumo humano; siendo necesaria la designación y traslado de personal para las tareas de recolección de información, tanto en el pozo de captación, el tanque de reserva y en las redes de distribución. A lo largo del recorrido de las tuberías conductoras del líquido vital existen pérdidas ya sea por fisuras en las mismas tuberías o por la acción de personas que extraen el agua de manera clandestina.

Estas acciones causan pérdidas incalculables, altos costos de operación, paralización del suministro de agua a los usuarios, retrasos tanto en los tiempos de ejecución como en la aplicación de acciones correctivas cuando se presentan anomalías en el sistema.

Las aplicaciones web han proporcionado eficiencia a las actividades industriales y en el caso específico de los sistemas de agua potable, de acuerdo a los antecedentes de investigación realizados, han permitido la optimización de los procesos de captación, almacenamiento y distribución. Por tal razón se considera que el diseño de un prototipo de sistema SCADA, para el monitoreo automático de dichos procesos, proporciona a la empresa EP-EMAPAR información veraz y oportuna sobre el estado general del sistema a fin de generar reportes que ayuden en la toma de decisiones y en la ejecución de acciones técnicas, que permitan gestionar de manera adecuada y eficiente el recurso hídrico, a fin de minimizar desperdicios y fugas, reducir costos de operación, garantizar la repartición equitativa y oportuna del líquido vital y elevar la imagen institucional.

1.2. Formulación del problema

¿Qué mecanismos deben implementarse para realizar el monitoreo automático de los procesos de captación, almacenamiento y distribución de agua potable, en la EP-EMAPAR?

Se pretende hacer uso de los sistemas SCADA, para llevar información en tiempo real sobre el estado de los procesos de captación, almacenamiento y distribución de agua potable en la derivación Yaruquies, de la EP-EMAPAR, a fin de optimizar las respuestas de dichos procesos y lograr su automatización. Esta implementación es un aporte tecnológico a favor de la empresa, pues se trata de una herramienta amigable que les permite realizar actividades de monitoreo y control de forma eficiente.

1.3. Sistematización del problema

- ❖ ¿Cómo se ejecutan y cuáles son los inconvenientes existentes en los procesos de captación, almacenamiento y distribución de agua, en las derivaciones de la empresa EP-EMAPAR?
- ❖ ¿De qué manera se puede acceder al estado de las variables de los procesos de captación, almacenamiento y distribución de agua, por otro lado, cómo debe realizarse el monitoreo y control de las mismas?
- ❖ ¿De qué forma pueden mostrarse los datos adquiridos dentro de los procesos de captación, almacenamiento y distribución, en tiempo real a los usuarios del sistema y posibilitar su acceso para el control de variables?

1.4. Justificación de la investigación

Según datos recabados durante el (Foro Mundial del Agua, 2012), en América Latina y el Caribe, 580 millones de habitantes, es decir el 20% no tienen acceso a agua potable y 34 de cada 1.000 niños mueren cada año por enfermedades asociadas al agua. Se estima que una cuarta parte de la población de América Latina y el Caribe (más de 100 millones de personas), vive en zonas de escasez de agua. A esta circunstancia se suma que en las Américas se estarían presentando dificultades para el abastecimiento del agua en vista de la alegada contaminación progresiva de las fuentes y el intenso proceso de urbanización en las últimas décadas (RIAC, 2010). Además del impacto de las actividades de las industrias extractivas y el uso de los agroquímicos. Asimismo, la Comisión del Agua recibió información relativa a situaciones de discriminación y falta de igualdad con respecto al acceso al agua

en las Américas, lo cual afectaría desproporcionadamente a las personas que viven en situación de pobreza, comunidades rurales, afrodescendientes, campesinados y otros grupos históricamente discriminados.

El séptimo objetivo del milenio, garantizar la sostenibilidad del medio ambiente, invita a que los países incorporen los principios de desarrollo sostenible en sus políticas y programas, y, a que busquen estrategias para reducir la pérdida de recursos del medio ambiente a fin de garantizar el acceso al agua (ONU, 2000).

El Ecuador, en la Constitución Política, reconoce que el agua constituye un patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida, y, por lo cual en el Plan Nacional del Buen Vivir se garantizan los derechos de la naturaleza y se promueve la sostenibilidad ambiental, territorial y global. Para solucionar la problemática en torno al tema hídrico, el sector público, los diferentes niveles de gobierno y los actores sociales y comunitarios, tienen un papel fundamental, para la protección, optimización y rescate de los recursos hídricos.

La administración de la EP- EMAPAR, se encuentra interesada en la adquisición de un sistema, que le permita realizar el monitoreo automatizado de los procesos de captación, almacenamiento y distribución de agua de la derivación Yaruquíes, mismo que le proporcione información veraz y en tiempo real sobre el funcionamiento general del sistema y las fallas que se puedan presentar, a fin de tomar decisiones y ejecutar acciones técnicas que permitan evitar desperdicios del líquido vital, así como reducir costos de operación y garantizar una repartición equitativa y oportuna del agua de consumo humano.

Se considera entonces que mediante un sistema de comunicación móvil GSM se puede realizar eficazmente el control y monitoreo remoto de un prototipo de sistema SCADA, permitiendo a cualquier “usuario autorizado” acceder a la información, gracias al manejo de datos en tiempo real y al uso de señales de alarma que alerten a los responsables de posibles accesos clandestinos o fallos en el sistema, facilitando de esta manera la gestión automatizada del recurso hídrico. Por tal razón la EP-EMAPAR apoya la realización de este estudio que aporta con la actualización y automatización de los procesos de captación, almacenamiento y distribución que garanticen el uso sostenible del agua potable.

Para lograr este propósito, en un primer momento se realiza un análisis situacional de los procesos de captación, almacenamiento y distribución de agua de la derivación Yaruquíes, posteriormente se diseña un tablero de control para el prototipo de sistema SCADA, luego se desarrolla una interfaz gráfica para el monitoreo y envío de señales de control, conjuntamente con la adquisición de datos de las variables presión, nivel y caudal. Finalmente se permite el acceso del “usuario autorizado” al PLC mediante el navegador, para que éste pueda efectuar las tareas de monitoreo y control de las variables involucradas.

Cabe recalcar que la presente investigación encuentra su justificación teórica, metodológica y empírica en el levantamiento de bases teóricas, que integran conocimientos científicos y tecnológicos que al ser apoyados en el método científico, orienta el trabajo de campo y permite el diseño de un prototipo de sistema SCADA, con la finalidad de contribuir con aportes que mejoren el sistema de suministro de agua potable en la derivación Yaruquíes, ciudad de Riobamba, provincia de Chimborazo y por ende garantizar el acceso al agua para todas y todos los beneficiarios del sector, derecho que está contemplado en la constitución ecuatoriana. Se espera también que esta experiencia pueda ser replicada en todas derivaciones similares de la empresa EP-EMAPAR y en otros sectores de la provincia.

1.5. Objetivos de la investigación

1.5.1. Objetivo general

Diseñar un prototipo de sistema SCADA, para realizar el monitoreo de los procesos de captación, almacenamiento y distribución de agua potable para la EP-EMAPAR.

1.5.2. Objetivos específicos

- ❖ Realizar la adquisición de datos de los procesos e identificar las variables a monitorear y controlar, por medio de un PLC.
- ❖ Diseñar el prototipo para el proceso de captación de agua por medio de una bomba para realizar la medición del caudal y la presión.
- ❖ Diseñar el prototipo para el proceso de almacenamiento de agua con la ayuda de sensores de nivel y caudal e instrumentación industrial para el control de dichas variables.

- ❖ Diseñar el prototipo para el proceso de distribución con el apoyo de un sistema de seguridad en la red de derivaciones para conocer si existe alguna pérdida.
- ❖ Diseñar el sistema SCADA para mostrar los datos adquiridos dentro de cada uno de los procesos de captación, almacenamiento y distribución, a fin de direccionar las decisiones y acciones necesarias para corregir posibles incursiones y/o fallos del sistema.

1.6. Hipótesis

El prototipo de sistema SCADA, permite realizar el monitoreo automatizado de los procesos captación, almacenamiento y distribución de agua potable, en una de las derivaciones de la EP-EMAPAR.

CAPÍTULO II

2. ESTADO DEL ARTE

2.1. Antecedentes de investigación

Actualmente las grandes empresas a nivel mundial utilizan plataformas SCADA para monitorear y controlar el estado operativo de diversos procesos, pues estos sistemas son eficaces en cuanto a la adquisición de datos y la supervisión. Varias son las investigaciones realizadas para la implementación de sistemas SCADA en las diferentes actividades humanas, a continuación se muestra un resumen de varios estudios que se han realizado sobre el tema.

El estudio: SCADA DEL SISTEMA DE DISTRIBUCIÓN DE AGUA DE LA EMPRESA PÚBLICA METROPOLITANA DE AGUA POTABLE Y SANEAMIENTO, desarrollado por Rosario Rosero Castillo, Maestrante de la Escuela Politécnica Nacional. Establece como conclusión que la implementación total del proyecto de Telemetría y Telecontrol se manifestará principalmente en un importante ahorro de agua, ahorro que se obtiene sobre la base de dos factores principales: la eliminación de los desbordes en los tanques debido a la regulación del caudal de ingreso y la reducción de las pérdidas en la red debido a presiones bajas en el horario nocturno. Además se argumenta que la elaboración de balances hídricos al interior de los sectores y subsectores, significará la posibilidad de controlar y alcanzar la reducción de las pérdidas comerciales, se optimizará el personal operativo y de mantenimiento con manejo automatizado a través del SCADA.

La investigación: SISTEMA INALÁMBRICO PARA CONTROL Y MONITOREO DE LA PLANTA DE TRATAMIENTO DE AGUA POTABLE DEL CANTÓN BAÑOS, realizado por Luis Enrique Chico Analuisa, de la Universidad Técnica de Ambato. Concluye que después de examinar varias alternativas para dar una solución eficiente al problema planteado, se determinó que un sistema SCADA cumple las especificaciones técnicas requeridas, ya que permite monitorear en tiempo real el proceso a través de un sistema de comunicación inalámbrico y a su vez controla dispositivos locales por medio de equipos PLC, con interfaz HMI. Además se argumenta que gracias al diseño y posterior implementación del sistema SCADA, mejoró substancialmente el proceso de tratamiento del agua, al

tener valores de caudal, turbidez y nivel de todas las etapas, permitiendo a los operadores optimizar el recurso hídrico y mejorar la calidad de agua que se abastece a la población.

El trabajo investigativo: DISEÑO E IMPLEMENTACIÓN DEL SISTEMA DE CONTROL AUTOMÁTICO DE LA ESTACIÓN DE BOMBEO DE AGUA POTABLE COLINAS ALTO DE LA EMAAP-Q, realizado por Esteban Javier Moromenacho Oña, estudiante de la Escuela Politécnica del Ejército; concluye que la implementación del sistema de control automatizado, permite realizar rutinas de diagnóstico y mantenimiento preventivo; tomar decisiones y darles seguimiento; realizar pruebas de funcionamiento en tiempo real y dar cumplimiento a la normatividad vigente en cuanto a seguridad industrial, control de calidad. Con estos sistemas se logra una óptima eficiencia mediante el control de pérdidas y la conservación de las características naturales del líquido.

La investigación: DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN PROTOTIPO DE SISTEMA DE RIEGO AUTOMATIZADO PARA LA GRANJA EXPERIMENTAL MONO DE LA UDLA, efectuada por Edison Davis Alomoto Barahona y Jhony Fernando Ramírez Encalada, Egresados de la Universidad de Las Américas. Concluye haciendo énfasis en que la microcomputadora Raspberry es un dispositivo práctico que tiene ventajas sobre PLC y Arduino, ya que además de su costo accesible, tamaño y prestaciones, no requiere que se aprenda un lenguaje de programación exclusivo, como es el caso del PLC y Arduino.

Por su parte, el INFORME DE AVANCES DEL PROGRAMA DE MANEJO, USO Y REUSO DEL AGUA DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL AUTÓNOMA DE MÉXICO, establece que la implementación del sistema SCADA ha permitido llevar a cabo un monitoreo del suministro de agua de manera más expedita en la UNAM, e integrar una base de datos que contiene información referente a las condiciones físicas y de operación de los equipos instalados, así como disponer de alarmas de existencia de fugas, fechas de mantenimiento a medidores, responsables de las instalaciones, etc. Por otro lado, permite ejercer un control operativo sobre elementos del sistema de agua potable y se efectuará un monitoreo en línea de la calidad del agua que se extrae de las fuentes de abastecimiento y del agua que se distribuye por la red.

El trabajo de investigación, DISEÑO DE UN SISTEMA SCADA BASADO EN LABVIEW, IMPLEMENTANDO EL PROTOCOLO DE COMUNICACIÓN INALÁMBRICA ZIGBEE, desarrollada por Carlos Robles Algarín , Roger Caputo Llanos y Alfredo Sánchez Hernández. Establece como conclusiones que con la implementación del sistema SCADA: a) la respuesta del

sistema a los eventos fue muy buena, desempeñándose óptimamente en la ejecución automática de los procesos y cuándo debía procesar las órdenes que se ingresaban manualmente, como el cambio de la velocidad del motor floculador, la dosificación de una cantidad específica de coagulante o la orden para el muestreo de las variables; b) las alertas y notificaciones se dan en los momentos indicados y con precisión; c) en general el sistema permitió el monitoreo deseado de los procesos de Coagulación y de Floculación obteniéndose información importante del estado del agua en tiempo real, constituyéndose en una base para que el personal de laboratorio de una planta de tratamiento pueda tomar decisiones que modifiquen, cuando sea necesario, las condiciones de los procesos; y, d) con la aplicación de herramientas adicionales de LabVIEW, se genera un mayor impacto en la funcionalidad del sistema, empleando por ejemplo registros exportables en tiempo real para el salvaguardado de la información de las variables, eventos y alertas, para su posterior análisis.

El estudio: SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRAL PARA EMPRESAS DE ABASTECIMIENTO DE AGUA, elaborado por Pablo Espín Leal, egresado de la Universidad Politécnica de Cartagena, concluye que la implementación de un sistema SCADA en un sistema de distribución de agua: a) muestra mejoras en la eficiencia de la red y reducción de los niveles de fugas; optimización del rendimiento y del valor del ciclo de vida de los activos gracias a la optimización de los tiempos de renovación y rehabilitación; b) mejora en el seguimiento y gestión de los activos al igual que en la gestión de los recursos humanos; c) permite obtener un gran volumen de información de los componentes de la red al igual que su representación georreferenciada, lo que facilita tanto las consultas como la toma de decisiones; d) provee excelencia en el servicio al cliente, lo que conlleva a un mayor grado de satisfacción de los mismos; e) mejora de la información recibida y en la gestión de la red (detección de fugas, fallos de calidad, etc.); y, f) reduce costes operativos y de servicio.

2.2. Definiciones

2.2.1. Agua potable

De acuerdo con (Córdova, 2008):

El agua potable al agua dulce que tras ser sometida a un proceso de potabilización se convierte en agua potable, quedando así lista para el consumo humano como consecuencia del equilibrado valor que le imprimen sus materiales; de esta manera, el agua de este tipo, podrá ser consumida sin ningún tipo de restricción. La potabilización es un proceso que se lleva a cabo sobre cualquier agua para

transformarla en agua potable y absolutamente apta para el consumo humano. La mayoría de estos procesos se los realiza sobre aguas originales de manantiales.

2.2.2. *Medición y control del suministro de agua*

Para los autores (Escalona, Espitia, & García, 2009):

La medición del suministro y el consumo, se realiza a través de los niveles micro y macro. La macro medición se realiza en los caudales conducidos, necesaria para la planificación, construcción, mantenimiento, operación, entre otros, de las empresas hidrológicas. La micro medición se aplica para los consumidores individuales obteniendo ventajas de ahorro en el consumo, genera información sobre el comportamiento de la demanda, reduce los costes de operación de las empresas permitiendo un monitoreo sobre las fugas, sin embargo, es alto el coste de instalación y mantenimiento.

2.2.3. *Proceso de distribución del agua*

Según la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA, 2003):

Los sistemas para abastecimiento de agua potable constan de diversos componentes para la captación, conducción, potabilización, desinfección, regulación y distribución. La captación se refiere a la toma del agua en las posibles fuentes; la conducción al transporte del recurso hasta el punto de entrega para su disposición posterior; la regulación tiene por objeto transformar el régimen de suministro del agua proveniente de la fuente, que generalmente es constante, en régimen de demanda variable que requiere la población, y el objetivo de la distribución es servirla en el domicilio de los usuarios, con las presiones adecuadas para los usos residenciales, comerciales e industriales normales, además de la reserva necesaria para la protección contra incendios en la zona de demanda urbana o rural.

Dentro de un sistema de abastecimiento de agua potable, se llama línea de conducción al conjunto integrado de tuberías, estaciones de bombeo y dispositivos de control, que permiten el transporte del agua desde una sola fuente de abastecimiento, hasta un solo sitio donde sea distribuida en condiciones adecuadas de calidad, cantidad y presión. Las conducciones deben entregar el agua a un tanque de regulación y a facilitar el procedimiento del diseño hidráulico de los sistemas de agua potable, tener un mejor control en la operación de los mismos y asegurar un funcionamiento óptimo de los equipos de bombeo (Fragoso, Ruiz, & Juárez, 2013).

2.2.4. Sistema de distribución

De acuerdo con (Arregui, Cobacho, Cabrera, & Espert, 2011), un sistema principal de distribución de agua potable debe poseer:

- ❖ Reservorios principales de almacenamiento de agua tratada.
- ❖ Redes principales.
- ❖ Estaciones principales de bombeo

“Su control requiere la elección de materiales adecuados, un buen programa de monitoreo y mantenimiento y la modificación de las características químicas del agua”. (Trujillo, Martínez, & Flores, 2008).

2.2.5. Red de distribución

“Es el conjunto de tuberías, accesorios y estructuras que conducen el agua desde tanques de servicios o de distribución hasta los usuarios para consumo doméstico, público, industrial, comercial y para otras condiciones como incendios entre otras”. (Fragoso, Ruiz, & Juárez, 2013).

2.3. Sistemas de comunicación

El sistema de comunicación está integrado por un transmisor, un medio de transmisión y un receptor. El transmisor es un conjunto de uno o más dispositivos o circuitos electrónicos que convierte la información de la fuente original en una señal que se presta más a su transmisión a través de determinado medio de transmisión. El medio de transmisión transporta las señales desde el transmisor hacia el receptor. El receptor es un conjunto de dispositivos y circuitos electrónicos que acepta del medio de transmisión las señales transmitidas. (Tomassi, 2005).

2.3.1. Comunicación Inalámbrica

De acuerdo con (Roldan, 2005), “la comunicación inalámbrica se caracterizan por el empleo del aire y ondas de radio como soporte de la comunicación. A diferencia de lo que ocurre con sus homólogas cableadas, no requieren de un medio físico, como un cable de cobre o una fibra óptica, para el establecimiento de la comunicación. En efecto, la idea que subyace a toda red radio es la conectividad

total, tanto temporal como espacial”. Dentro de las ventajas de la utilización de redes inalámbricas podemos mencionar las siguientes:

- ❖ Flexibilidad en la comunicación.
- ❖ No requiere mayor planificación.
- ❖ A pesar de que su implementación supone un costo mayor y existe la desventaja de un mayor porcentaje de errores de transmisión, las redes inalámbricas son más resistentes ante eventos inesperados como desastres naturales, etc.

2.3.1.1. Tecnologías de Comunicación inalámbrica

Las tecnologías inalámbricas son aquellas que dependen para su funcionamiento de ondas de radio, de microondas y pulsos de luz infrarroja para transportar las comunicaciones digitales sin cables entre dispositivos de comunicación. En cuanto a su alcance se pueden distinguir los siguientes tipos de red.

Tabla 1-2. Tecnologías de Comunicación inalámbrica

3G y emergentes	WIFI	WIMAX	BLUETOOTH	ZIGBEE	Otras Tecnologías inalámbricas: RFID	Tecnologías
	<p>La tecnología Wi-Fi (Wireless Fidelity), basada en el estándar IEEE 802.11. Se trata de una tecnología de acceso inalámbrico a redes de comunicaciones de área local, o WLAN (Wireless Local Area Networks). Tecnología predominante en el acceso inalámbrico de banda ancha a Internet.</p>	<p>WIMAX (Worldwide <i>Interoperability for Microwave - Interoperabilidad por Microondas</i>). Es una norma de transmisión por ondas de radio de última generación que permite la recepción de datos por microondas y retransmisión por ondas de radio. Definido bajo la norma 802.16 MAN.</p>	<p>Bluetooth es una especificación industrial: IEEE 802.15.1, para redes inalámbricas de área personal (WPAN), cuyo propósito es la conexión, intercambio de información y transmisión de voz entre dispositivos móviles, a través de una conexión de radio segura y de corto alcance.</p>	<p>La principal característica del estándar Zigbee es la flexibilidad de la red, el bajo coste, el bajo consumo y la baja tasa de datos. Posee la capacidad de crear redes Ad-Hoc o autoorganizadas, a las que se pueden interconectar una gran cantidad de dispositivos tanto fijos como móviles.</p>	<p>RFID (Radio Frequency Identification). Es un sistema de almacenamiento y recuperación de datos remotos que usa dispositivos denominados etiquetas, transpondedores o tags RFID. El propósito fundamental de la tecnología RFID es transmitir la identidad de un objeto mediante ondas de radio.</p>	<p>Definición</p>
	<ul style="list-style-type: none"> * Productos y sistemas fiables y accesibles en el mercado. * Capacidad para ofrecer acceso a banda ancha en múltiples entornos a precios asequibles. * Mecanismos de seguridad incorporados. 	<ul style="list-style-type: none"> * Múltiples comunicaciones de voz a su ancho de banda. * Mecanismos de seguridad incorporados. * Independencia del protocolo. * Transmisión de servicios en tiempo real, incluye medidas para privacidad y criptografía inherentes en el protocolo. * Soporta algoritmos AES. 	<ul style="list-style-type: none"> * Establece una comunicación inalámbrica entre varios dispositivos cercanos. Se basa en una conexión de radio de corto alcance. * Los dispositivos Bluetooth se conectan entre sí formando una piconet en la que debe existir un dispositivo maestro que es el que controla la comunicación con los demás dispositivos. 	<ul style="list-style-type: none"> * Permite el control y monitorización de larga duración en entornos industriales. * Los sensores y los dispositivos de control no necesitan grandes anchos de banda pero, sin embargo, necesitan una baja latencia y un consumo muy bajo para lograr una larga duración de las baterías. * Las aplicaciones a las que va enfocada esta tecnología son automatización del hogar, sensores inalámbricos, control remoto, etc. 	<ul style="list-style-type: none"> * Su funcionamiento es simple. La etiqueta RFID, genera una señal de radiofrecuencia con datos. Esta señal es captada por un lector RFID, el cual lee la información y la pasa a formato digital. * Consta de: Etiqueta RFID o transpondedor, un lector de RFID o transceptor y un subsistema de procesamiento de datos: 	<p>Características</p>

Fuente: Investigación bibliográfica

2.4. Sistemas de control y adquisición de datos

Los sistemas SCADA (Supervisory Control And Data Acquisition) son aplicaciones de Software diseñadas con la finalidad de controlar y supervisar procesos a distancia que permiten el acceso a datos remotos, utilizando las herramientas de comunicación con los dispositivos de campo (transductores, sensores, actuadores, válvulas, etc.) necesarias en cada caso y controlando el proceso de forma automática desde un computador u otro dispositivo. (Rodríguez, 2013).

Este tipo de sistema, proporciona comunicación con los dispositivos de campo y controla los procesos de forma automática desde un computador. Otro de los beneficios es que envía la información generada a diversos usuarios, facilitando las tareas de control, supervisión, mantenimiento, entre otras, facilitando de esta manera las actividades industriales.

De acuerdo con la finalidad de uso, existen diversos tipos de sistemas SCADA, por ello en esta investigación en específico, se verifica que el sistema que se pretende implementar, permita la adquisición automatizada de datos del estado de las variables y la interacción del usuario con la máquina y la generación de reportes como de bases de datos que permitan retroalimentar al sistema.

2.4.1. Elementos de un sistema de control

Todo sistema de adquisición y control de datos requiere de dos elementos principales software y hardware. Donde el software “es el soporte lógico del sistema, se ejecuta en un terminal gráfico o en un ordenador en donde por medio de programas específicos se comunica con los dispositivos de control de planta y los elementos de gestión”. Y el hardware es el elemento físico del sistema, el cual permite a un elemento asumir las funciones de otro de forma transparente para el sistema. (Rodríguez, 2013)

2.4.1.1. Unidad Terminal maestra

Constituye el elemento central de control de un sistema de adquisición de datos y control supervisorio, mismo que adquiere y envía datos desde y hacia las unidades terminales remotas (RUT), permitiendo al usuario ejecutar acciones de control remoto. Permite además el almacenamiento de datos históricos, programación, despacho y ejecución de tareas específicas.

2.4.1.2. Unidad Terminal Remota

Dispositivo ubicado de forma remota cuya función es la obtención de datos, se encarga de leer los estados de las variables y de enviar señales de control. Requiere de sensores, controladores, comunicadores, transductores, actuadores y una aplicación web.

- ❖ **Sensores.** “Dispositivos eléctricos y/o mecánicos que convierte una magnitud física o química llamadas variables de instrumentación (caudal, nivel, presión, temperatura, distancia, fuerza, luz, etc.) en una señal eléctrica. El sensor capta un fenómeno físico y muestra en su salida una señal eléctrica”. (Transductores, sensores y captadores, 2010).
- ❖ **Controlador.** El controlador es aquel que compara el valor medido con el valor requerido, en base a esta comparación se determina un error (diferencia entre valor medido y valor requerido), con el fin de corregir este error el instrumento controlador emite una señal la cual permite que la variable controlada corresponda a la señal de referencia (Mendiburu, 2010). Dentro de los controladores más usados tenemos a los PLC, un dispositivo electrónico que nos permite almacenar instrucciones a manera de algoritmos para obtener una secuencia lógica de un determinado proceso, que además por medio de interfaces maneja un gran número de entradas y salidas”. (Rodríguez, 2013)
- ❖ **Transductor.** Dispositivo con capacidad para transformar un determinado tipo de energía de entrada, en otra de diferente de salida.
- ❖ **Actuador.** “Elemento final de control que regula la variable controlada y ejecuta la acción de control existen de tres tipos: eléctricos, neumáticos e hidráulicos” (Mendiburu, 2006). Los actuadores eléctricos posicionan dispositivos de movimiento lineal o rotacional, los actuadores neumáticos realizan una acción mecánica por medio de una señal de presión y los actuadores hidráulicos trabajan de manera similar a los actuadores neumáticos, pero son utilizados para trabajos de mayor fuerza.
- ❖ **Aplicación Web.** Consiste en un software basado en internet, en el cual una población extensa de usuarios, por medio de un navegador, hacen peticiones remotas y esperan una respuesta que puede implicar una mezcla de publicación impresa y desarrollo de software, de mercadeo e informática, de comunicaciones internas y relaciones externas, y de arte y tecnología. Una aplicación web se distingue por utilizar hipermedia para presentar al usuario el contenido de textos, gráficos, sonido y video, por su actualización constante, por su inmediatez y por la capacidad de interactuar con otros elementos de internet o efectuar transacciones automáticas con otros portales de internet (Mendoza & Barrios, 2004).

Cabe mencionar que una página web puede contener elementos que permiten una comunicación activa entre el usuario y la información, a fin de que el usuario acceda a gestores de base de datos de todo tipo. (González, 2012).

2.4.1.3. Human Machine Interface (HMI).

La Interfaz Humano/Máquina (HMI), “es un programa que permite establecer la comunicación entre los PLC’s y el usuario, para de esta manera controlar los diferentes dispositivos del proceso”. (Chavarría, 2012). Los parámetros de funcionamiento de los procesos son ingresados por los usuarios a las maquinas o procesos a través de paneles de operador que no son otra cosa que entornos gráficos diseñados para realizar actividades de control y monitoreo.

La ISO 9241-110, define el término interfaz de usuario como "todas las partes de un sistema interactivo (software o hardware) que proporcionan la información y el control necesarios para que el usuario lleve a cabo una tarea con el sistema interactivo".

Una HMI requiere de dos elementos principales, en primer lugar una entrada y una salida de datos. Para lo cual capta rápidamente la situación actual del proceso, crea condiciones para la acertada toma de decisiones, contribuye a la optimización de los equipos, garantiza la confiabilidad de la información y modifica los niveles de actividades del operador para facilitar las operaciones de monitoreo y control.

2.4.1.4. Sistema Operativo

Un sistema operativo es un asignador de recursos. Un sistema de computación tienen muchos recursos (hardware y software) que pueden ser necesarios para resolver un problema: tiempo de CPU, espacio de memoria, espacio para almacenamiento de archivos, dispositivos de E/S y demás. El sistema operativo actúa como gestor de dichos recursos y los asigna a programas y usuarios específicos según los necesiten para sus tareas (Silberschatz, Galvin, & Gagne, 2013). Los sistemas operativos más utilizados en la actualidad son Windows y Linux.

Tabla 2.2. Características de los Sistemas Operativos Windows y Linux

Sistema Operativo	Definición	Características
Windows 8	<p>Conjunto de programas y archivos auxiliares desarrollados por Microsoft Corporation, que permiten la interactividad entre el usuario y la computadora. Se encarga de la administración de los dispositivos, así como la carga y ejecución de aplicaciones.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Accesibilidad ❖ Narrador ❖ Dispositivos táctiles ❖ Lupa para convertir el texto en la pantalla a un tamaño mayor o inferior ❖ Facilidad de acceso ❖ Escuchar texto leído en voz alta con el Narrador ❖ Nuevos gestos táctiles ❖ Nueva combinaciones de teclas ❖ Creación de azulejos para sus personas y lugares favoritos ❖ Agregar aplicaciones, sitios web, y mucho más a Inicio ❖ Conectar varios monitores a su PC 50 Conectar otra pantalla para su PC ❖ Configurar sus pantallas ❖ Atajos de teclado

<p>Linux es un Unix libre. Posee todas las prestaciones de un Unix moderno y completamente desarrollado: multitarea real, memoria virtual, bibliotecas compartidas, carga de sistemas a-demanda, compartimiento, manejo de debido de la memoria y soporte de redes TCP/IP. Corre principalmente en PCs basados en procesadores 386/486/586.</p> <p>A pesar de que tiene registro de Copyright, y no es estrictamente de dominio público, su licencia asegura gratuito y estándar a la vez.</p>	<ul style="list-style-type: none"> ❖ Compatibilidad con variantes de los sistemas operativos UNIX. ❖ Permite a más de un usuario utilizar los recursos del sistema. ❖ Admite realizar varias tareas al mismo tiempo. ❖ Es portable y utilizado en plataformas Intel x86, PowerPC, Macintosh, Amiga, Atari, DEC Alpha, Sun Sparc, ARM y otras más. ❖ Permite el desarrollo de aplicaciones y la experimentación de nuevos lenguajes. ❖ Puede trabajar por largos periodos de tiempo sin necesidad de apagarlo o reiniciarlo. ❖ Posee gran velocidad y administra eficientemente la memoria, poder de CPU y espacio en disco. ❖ Emplea librerías dinámicas compartidas. ❖ Permite que varias tareas pueden compartir la misma área de memoria, dando como resultado un uso eficiente de memoria RAM. ❖ Tiene diferentes sistemas de archivos logrando un uso óptimo del espacio en el disco duro y eficiencia en velocidad e integridad de la información. ❖ Puede ser compilado con los drivers en forma de módulos los cuales pueden ser incluidos y se acoplan al sistema operativo.
--	--

Fuente: Investigación bibliográfica

2.4.1.5. Controlador Lógico Programable (PLC)

Un PLC permite controlar distintos dispositivos para una gama de aplicaciones relacionadas con las tareas de automatización de procesos. Es capaz de gestionar señales del tipo digital y analógico de entrada y salida, para lo cual precisa de un microprocesador, CPU, que permita vigilar y controlar los dispositivos incorporados en el proceso y el manejo interno de datos. Los más utilizados en la industria son los PLCs Siemens.



**Figura 1-2. Programador Lógico Programable
Siemens S7 – 1200**

Fuente: <https://www.siemens.com/products/automation/systems/industrial/plc.html>

CAPÍTULO III

3. DISEÑO DE INVESTIGACIÓN

3.1. Métodos de Investigación

Dentro de los métodos empleados durante el proceso investigativo se pueden mencionar a métodos:

- ❖ **Método Científico.** Pues se han empleado procedimientos científicos que permiten establecer la situación actual de la derivación de agua potable San Gabriel de Yaruquíes a partir de lo cual se proponen lineamientos para su automatización y control.
- ❖ **Método Experimental.** El presente trabajo investigativo se ha desarrollado analizando y poniendo en práctica, diversas aplicaciones tecnológicas con el propósito de seleccionar las necesarias para el diseño de un prototipo de sistema SCADA, para realizar el monitoreo y control de los procesos de captación, almacenamiento y distribución de agua potable en la derivación de agua potable San Gabriel de Yaruquíes.

3.2. Diseño del Proyecto

La derivación de agua potable San Gabriel de Yaruquíes cuenta con un sistema de captación, almacenamiento y distribución de agua para consumo humano, actualmente el monitoreo y control de estos procesos se realiza en forma manual, por tal razón con la presente investigación se pretende efectuar un análisis del estado actual de cada uno de los procesos y a partir de ello identificar un sistema automatizado capaz de monitorearlos y controlarlos en función de los requerimientos de los usuarios del sistema. Para el desarrollo del sistema SCADA se procede de acuerdo con las siguientes fases:

- Fase 1.** Análisis de la situación actual del sistema, en cuanto al funcionamiento y vida útil del equipamiento tecnológico, tuberías de conducción de agua, tanque reservorio, etc.
- Fase 2.** Investigación de los requerimientos del proyecto.
- Fase 3.** Definición de los dispositivos de monitoreo a incorporarse a lo largo del sistema de distribución de agua potable de la derivación Yaruquíes, EMAPAR – EP.

Fase 4. Investigación del funcionamiento y estructura de un sistema de comunicaciones GSM.

Fase 5. Análisis de los módulos HMI y PLC, que se utiliza en la implementación del sistema SCADA.

Fase 6. Programación de los PLC's (Controlador Lógico Programable) y los módulos HMI (Interfaz Hombre - Máquina).

Fase 7. Pruebas de funcionamiento del prototipo de sistema SCADA.

3.2.1. *Análisis situacional del sistema de distribución de agua de la desviación Yaruquíes*

Tabla 1-3. Fuentes de abastecimiento

Fuente	Tipo	Caudal	Observaciones
San Gabriel y Yaruquíes	Subterránea	15.00	Sirve a la población del mismo nombre
Llio	Pozos	253.68	Cuenta con siete pozos
San Pablo	Superficial	256.00	Vertiente

Fuente: Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Riobamba (EP-EMAPAR)

Tabla 2-3. Caudales aprovechables por capacidad

Fuente	Caudal
San Gabriel y Yaruquíes	15.00
Llio P1	20.06
Llio P2	44.94
Llio P3	33.40
Llio P4	62.52
Llio P5	35.01
Llio P6	18.11
Llio P7	39.64
San Pablo	256.00
Total	524.68

Fuente: Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Riobamba (EP-EMAPAR)

De las observaciones directas realizadas en la derivación Yaruquíes, se ha podido determinar que al momento se lleva una verificación de datos in situ de los procesos de captación, almacenamiento y distribución, así como un control manual del equipamiento implementado en cada uno de los procesos, siendo necesaria la designación y traslado de personal para las tareas de monitoreo y control

del sistema. Cabe recalcar que no existe una base de datos de los registros de los valores de las variables caudal, nivel y presión de cada uno de los procesos.

La derivación Yaruquíes cuenta con un encargado de la supervisión del funcionamiento del sistema, quien tiene la tarea de registrar diariamente las lecturas de nivel, presión y caudal de la captación, del tanque de reserva y de la distribución; tarea que se cumple parcialmente, pues se cuentan con notas de cuaderno que no son ingresadas al sistema computarizado de la EP-EMAPAR. El operador requiere de un ayudante para realizar manualmente el cierre y apertura de las válvulas ubicadas al ingreso y a la salida de la reserva, con la finalidad de evitar el desbordamiento o vaciado total del tanque reservorio. En cuanto a la captación la maniobra de las válvulas requiere de una sola persona.

Se observó también, que a lo largo del sistema existen pérdidas de agua potable, ya sea por fisuras en las tuberías o por la acción de personas que extraen el agua de las instalaciones principales de manera clandestina. Esta situación causa pérdidas económicas para la empresa EP - EMAPAR, desperdicios del líquido vital, altos costos de operación y desabastecimiento a los usuarios del servicio. En cuanto al estado actual de la instrumentación instalada en cada uno de los procesos antes mencionados está se observa que se encuentra en buen estado.

3.2.1.1. Análisis situacional del proceso de Captación

El proceso de captación de agua potable, en la desviación Yaruquíes, como ya se ha mencionado en el párrafo precedente, se realiza a través de válvulas que se operan manualmente para captar el agua de las vertientes de San Gabriel y Yaruquíes, para posteriormente ser conducida hacia el tanque reservorio de la localidad, a fin de abastecer a los usuarios de las poblaciones del mismo nombre.



Fotografía 1-3. Válvulas de extracción

Fuente: Red Yaruquíes - Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Riobamba (EP-EMAPAR)

Para captar el agua potable desde el pozo profundo, se utiliza una bomba sumergible que se encuentra en el fondo del pozo y está en permanente funcionamiento, cuenta con un generador de energía con control de encendido automático, mismo que en casos de existir averías en el sistema eléctrico, permitiendo que el suministro de agua potable se realice con normalidad.



Fotografía 2-3. Generador de energía

Fuente: Red Yaruquies - Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Riobamba (EP-EMAPAR)

Se dispone además de dos tableros de control. En el tablero principal se sitúa un variador de frecuencia que opera el funcionamiento del proceso de extracción. El tablero secundario controla el encendido y apagado automático del generador, lo cual permite que no se requiera de la presencia física de un operario y que la extracción del líquido vital no se paralice por fallas en el suministro eléctrico.



Fotografía 3-3. Tablero de Control

Fuente: Red Yaruquies - Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Riobamba (EP-EMAPAR)

En el trayecto de la línea de transporte del líquido vital desde la captación hasta el almacenamiento, se encuentran incorporados un baipás, válvulas de compuerta, purgadores de aire, manómetros de presión, caudalímetro para la operación.

3.2.1.2. Análisis situacional del proceso de Almacenamiento

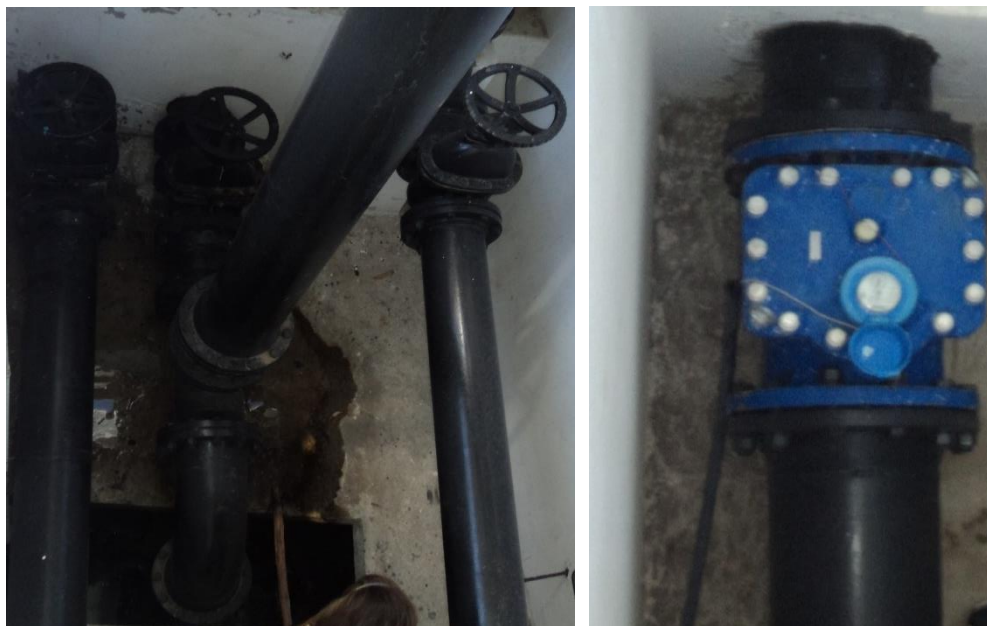
El tanque reservorio consiste en una celda cerrada de fabricación de hormigón armado, mismo que muestra tuberías de entrada y salida, cada una de éstas con una válvula de control manual, además existen ductos de desfogue también con válvulas de operación manual, que se abren en caso de desborde o cuando se desea realizar el mantenimiento y/o aseo del tanque. Adicionalmente se observa que el reservorio posee una válvula de control por flotador que controla el nivel de agua en el tanque, estas válvulas son automáticas y funcionan de forma hidráulica para los niveles mínimo y máximo.



Fotografía 4-3. Tanque de reservorio

Fuente: Red Yaruqués - Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Riobamba (EP-EMAPAR)

En la tubería de ingreso se encuentra instalado un caudalímetro con lectura analógica y para valores instantáneos, el cual controla la entrada de flujo hacia el tanque de almacenamiento de agua. En la tubería de salida se dispone de un medidor de presión.



Fotografía 5-3. Válvulas para control de ingreso y salida de agua, desde y hacia el reservorio

Fuente: Red Yaruquíes - Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Riobamba (EP-EMAPAR)

3.2.1.3. Análisis situacional del proceso de Distribución

El sistema de distribución se realiza a través de líneas de distribución primaria y secundaria. La primaria emplea tuberías de PVC de corto diámetro que varían entre 4 y 5 pulgadas y, la secundaria utiliza tuberías cuyo diámetro es inferior al de las primarias, cuyo propósito es llevar el agua para consumo humano a los sectores doméstico, comercial, empresarial, industrial, etc. Cabe recalcar que la forma y estructura de la derivación Yaruquíes es similar a la de las demás derivaciones de la EP - EMAPAR.

3.2.2. Propuesta de solución

Al constatar que en la derivación Yaruquíes se emplea método de adquisición de datos y control manual, lo cual limita el óptimo funcionamiento del sistema, se considera que es necesaria la actualización y automatización de los procesos de captación, almacenamiento y distribución de agua potable con el propósito de facilitar el monitoreo y control. Además, tomando como referencia los resultados de investigación anteriores relacionadas con la problemática estudiada, los cuales reiteradamente enfatizan que “la implementación de un sistema SCADA en redes de distribución de

agua proporciona eficiencia en el funcionamiento de la red, reduce de los niveles de fugas, optimiza el rendimiento y el ciclo de vida del equipamiento, la gestión de talento humano; proporciona gran volumen de información suficiente y pertinente para la adecuada toma de decisiones, eleva el grado de satisfacción del cliente y, disminuye notablemente los costos de operación y mantenimiento del sistema”. Se propone la implementación de un prototipo de sistema SCADA, para realizar el monitoreo automatizado de los procesos de captación, almacenamiento y distribución de agua potable, para la EP-EMAPAR, cuyo detalle se integra en el capítulo IV.

CAPÍTULO IV

4. PROPUESTA

4.1. Título

PROTOTIPO DE SISTEMA SCADA PARA EL MONITOREO DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN DE AGUA POTABLE PARA LA EP-EMAPAR.

4.2. Beneficiarios

- ❖ **Directos.** La Empresa Pública Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Riobamba EP-EMAPAR.
- ❖ **Indirectos.** Los usuarios del servicio de agua potable pertenecientes a la desviación de la EP-EMAPAR objeto de estudio.

4.3. Desarrollo del proyecto

4.3.1. *Requerimientos del proyecto*

4.3.1.1. *Centro de control de operaciones*

El control de las operaciones se lleva a cabo desde las oficinas de la Empresa de Agua Potable y Alcantarillado Riobamba (EP-EMAPAR)

4.3.1.2. *Requerimientos de hardware y software*

- ❖ Sensores
- ❖ Transmisores de señal
- ❖ Computador compatible
- ❖ PLC
- ❖ HMI

Dimensiones del sistema SCADA requeridas para el proyecto

- ❖ Envío de comandos por parte de usuario.
- ❖ Transmisión de hasta 100 señales de alarma.
- ❖ Operación de hasta 100 señales digitales.
- ❖ Manejo de hasta 100 señales analógicas.
- ❖ Generación de reportes completos y resumidos.
- ❖ Despliegue de pantallas de monitoreo general de la red de agua para el consumo humano, considerando las etapas de capitación, almacenamiento y distribución.
- ❖ Creación de base de datos con lecturas de telemetría, alarmas y puntos de referencia.

4.3.2. Desarrollo del programa de aplicación

4.3.2.1. Definiciones del sistema

a) Sistema operativo

Windows 8, fue seleccionado como el sistema operativo que presta los mejores beneficios para el proyecto que se pretende diseñar.

b) Sistema de archivos

Este sistema proporciona una visión lógica única de la información almacenada e integra tanto archivos como carpetas.

c) Navegador WEB

Esta aplicación permite visualizar documentos de hipertexto desde un servidor Web. El navegador empleado para el proyecto es el Mozilla o Firefox por las bondades que ofrece y que se mencionan a continuación:

- ❖ **Protección antiphishing.** Firefox advierte la presencia de páginas web sospechosas y ofrece una página de búsqueda para encontrar la página web correcta.

- ❖ **Bloqueador de ventanas emergentes.** Ofrece control sobre las páginas, bloqueando ventanas emergentes molestas.
- ❖ **Búsqueda integrada.** Permite encontrar cualquier información buscada con respuesta inmediata. Su barra de búsqueda integra motores de búsqueda de Google, Yahoo!, eBay, Diccionario RAE, Wikipedia y Creative Commons cargados por defecto. Permite además seleccionar un nuevo motor de búsqueda y añadir motores de búsqueda a webs favoritas.
- ❖ **Restaurar sesión.** En caso de reinicio de la máquina o cierre del sistema, las ventanas y pestañas que se estuvieren usando, son restauradas.
- ❖ **Marcadores dinámicos.** Permiten ver los canales web, noticias o titulares de un blog desde la barra de marcadores o desde el menú, sin necesidad de ir directamente a los artículos.
- ❖ **Navegación con pestañas mejorada.** Abre nuevas páginas web en pestañas. Cada una de esas pestañas tiene su propio botón de cerrado. Las pestañas abiertas se ajustan con facilidad a una sola ventana, con fechas de desplazamiento a cada lado.
- ❖ **Corrector ortográfico.** Posee un corrector ortográfico integrado para evitar errores en las entradas.
- ❖ **Sugerencias de búsqueda.** Aparece con comenzar a escribir en la barra de búsqueda.
- ❖ **Protección contra programas espías.** No permite que una página web descargue, instale, o ejecute programas en el ordenador sin consentimiento del usuario.

d) Inicialización del proceso

Para la inicialización del proceso se precisa de una contraseña de acceso a disposición solo de personal autorizado para realizar actividades de monitoreo y control del sistema de distribución de agua potable Yaruquíes.

4.3.3. Desarrollo del sistema

4.3.3.1. Esquematización del sistema

En un primer plano se identifican los procesos objetos de control (captación, almacenamiento y distribución de agua potable), luego se incorporan sensores y transmisores de señal, se realiza la programación del PLC, se permite el acceso al usuario mediante una HMI para el monitoreo de las variables de cada uno de los procesos identificados.

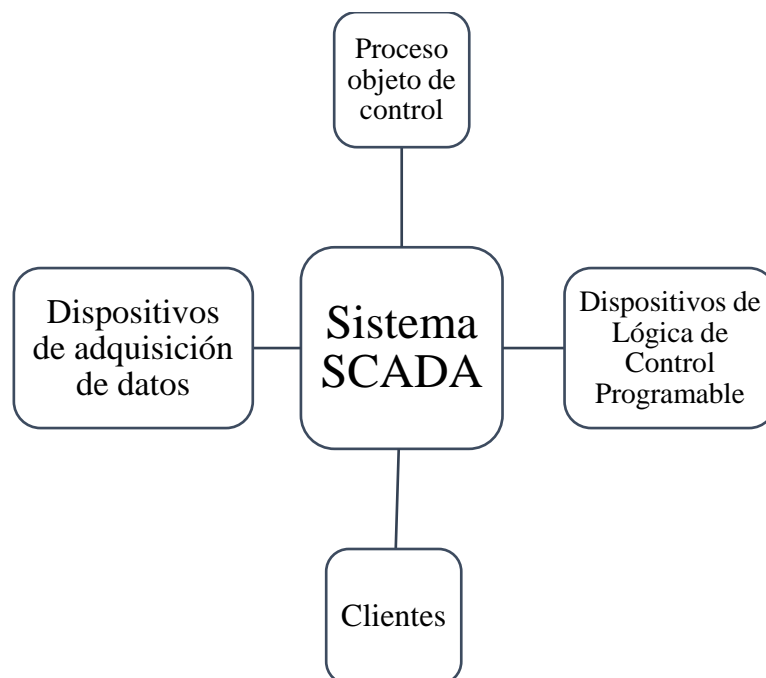


Figura 1-4. Esquematización del sistema SCADA

Donde:

- ❖ **Procesos objeto de control:** Captación, almacenamiento y distribución de la derivación Yaruquíes de la EP-EMAPAR.
- ❖ **Dispositivos de adquisición de datos / Dispositivos de Lógica de Control Programable:** Conjunto de instrumentos que poseen una interfaz de comunicación que permite su interconexión.
- ❖ **SCADA:** Sistema supervisor que permite la adquisición y control de datos, mediante la combinación de hardware y software.
- ❖ **Clientes:** Aplicaciones o personas que utilizan los datos obtenidos por el sistema SCADA

4.3.3.2. Instalación de Sensores y Transmisores de señal

Los sensores tienen la tarea de leer los datos del estado de las variables presión, caudal y nivel a lo largo del sistema de distribución de agua potable. Por medio del sistema de comunicación los transmisores envían señales de alarma para que se realicen las acciones correctivas necesarias. Es decir estos dispositivos permiten leer datos digitales y analógicos en relación al estado de las variables

sujetas a monitoreo y control, estas a su vez envían comandos digitales de salida o puntos de ajuste analógicos, según el caso.

4.3.3.3. Desarrollo de la interfaz

En este apartado se procede a diseñar la Interfaz de Usuario, empleando para el efecto un conjunto de elementos hardware y software, con el propósito de presentar información al usuario y permitir su interacción a través de la computadora. Con el presente diseño se pretende dar respuesta a los requerimientos del “usuario autorizado” del sistema.

a) Análisis del perfil de usuario

Se ha tomado como referencia la forma de trabajo del responsable del control y monitoreo de los procesos de captación, almacenamiento y distribución de agua potable de la derivación Yaruquies de la EP - EMAPAR, a la par se han aplicado test de uso del sistema y se han recabado las sugerencias del personal técnico de la empresa, a fin de conjugar las necesidades del usuario, los materiales tecnológicos disponibles y la habilidad de la investigadora para el diseño de una interfaz amigable y de fácil manejo.

b) Diseño de la interfaz

Para la presentación de la interfaz, se han empleado figuras, textos y colores básicos para no distraer la atención del usuario. En base a varias pantallas como son:

- ❖ **Pantallas de Proceso.** Revelan el estado de los equipos y del proceso en general.
- ❖ **Pantallas de Comandos.** Permiten al operador realizar acciones de monitoreo y control.
- ❖ **Pantallas de Configuración.** Permiten al operador establecer los parámetros de configuración del sistema.
- ❖ **Pantallas de tendencias.** Muestran los valores de las variables del proceso en el tiempo.
- ❖ **Pantallas de alarmas.** Indican al usuario posibles fallos en el sistema.

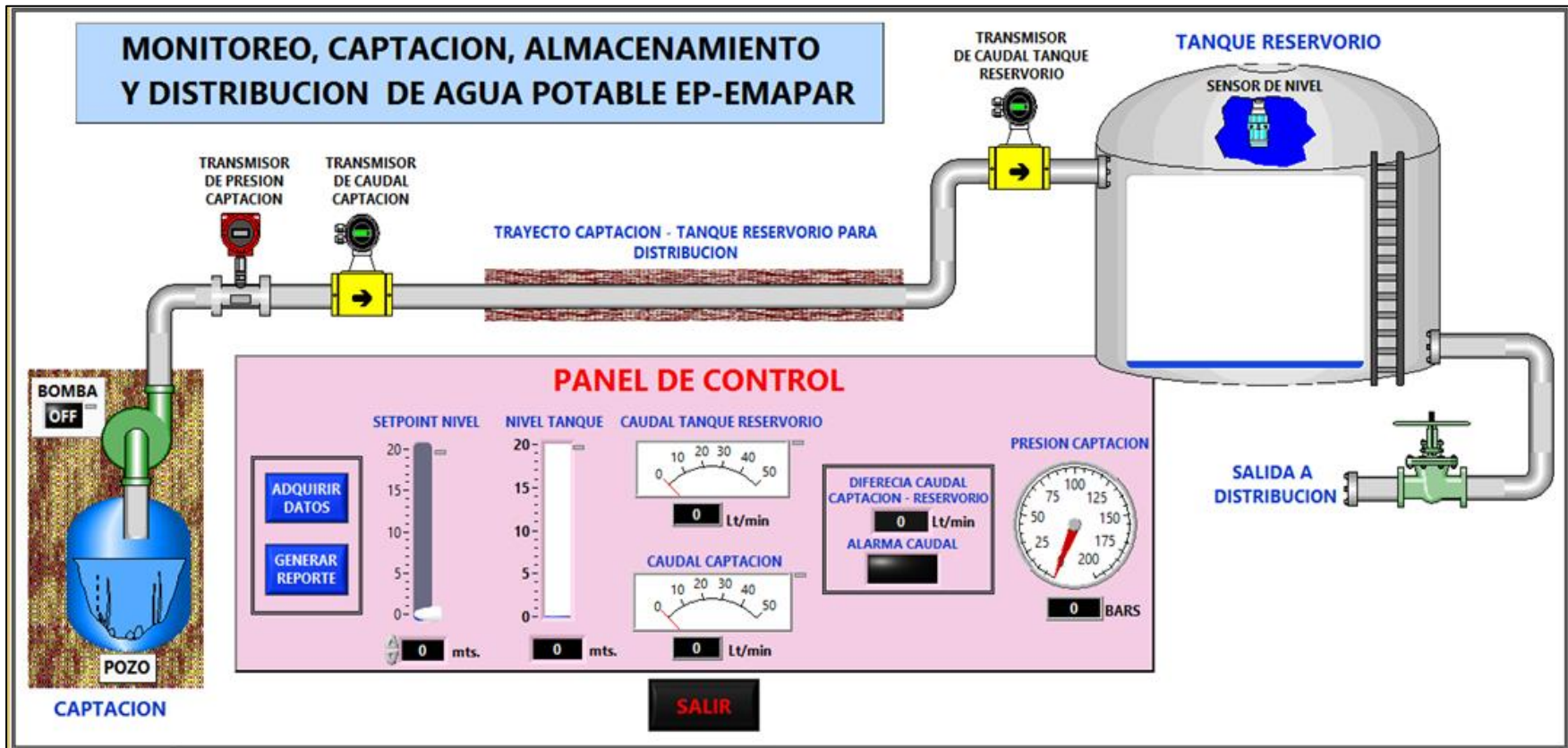


Figura 2-4. Interfaz Gráfica del sistema

Fuente: Captura de pantalla de sistema SCADA

4.3.3.4. *Instalación y configuración del sistema operativo*

Para realizar la instalación del sistema operativo, se requiere contar con:

Equipo de computación:

- ❖ Fuente de poder de 300W reales
- ❖ Tarjeta madre frecuencia 1333 ATX con un mínimo de tres puertos PCI express
- ❖ Procesador Core i7 de tercera generación
- ❖ Memoria RAM de 8Gb frecuencia 1333 Hz
- ❖ Disco Duro de 500 Gb
- ❖ Tarjeta de red externa 10/100 Mb
- ❖ Quemador DVD
- ❖ Pantalla monitor LED de 18.5"
- ❖ Case completo
- ❖ Sistema operativo Windows 10

El proceso de instalación incluye:

a) Configuración del dispositivo de arranque en la BIOS

Una vez encendido el computador la primera pantalla que se despliega es generada por la BIOS, mima que informa sobre las características del chipset y la versión de la BIOS instalada. Se muestra además el tipo de microprocesador, bajo el cual se inicia una fase de sondeo de la memoria del sistema. A la par se solicita pulsar una determinada tecla para acceder a los menús de configuración de la BIOS, en la que es posible modificar los parámetros que afectan directamente al funcionamiento del hardware a fin de que este trabaje eficientemente.

b) Creación de las particiones en el disco duro

La partición del disco duro constituye la creación de divisiones lógicas, con lo cual el sistema operativo considera cada una de estas divisiones como un disco independiente. Dentro las ventajas de realizar esta partición se encuentran las siguientes:

- ❖ Organización
- ❖ Seguridad y flexibilidad para realizar modificaciones en el sistema sin pérdida indeseada de datos.
- ❖ Manejo de múltiples sistemas operativos. En nuestro caso se instala WINDOWS y LINUX.

Se emplea un tipo de partición primaria o extendida, y se crearan tres particiones del disco duro para las aplicaciones que se muestran en la figura 3-4.

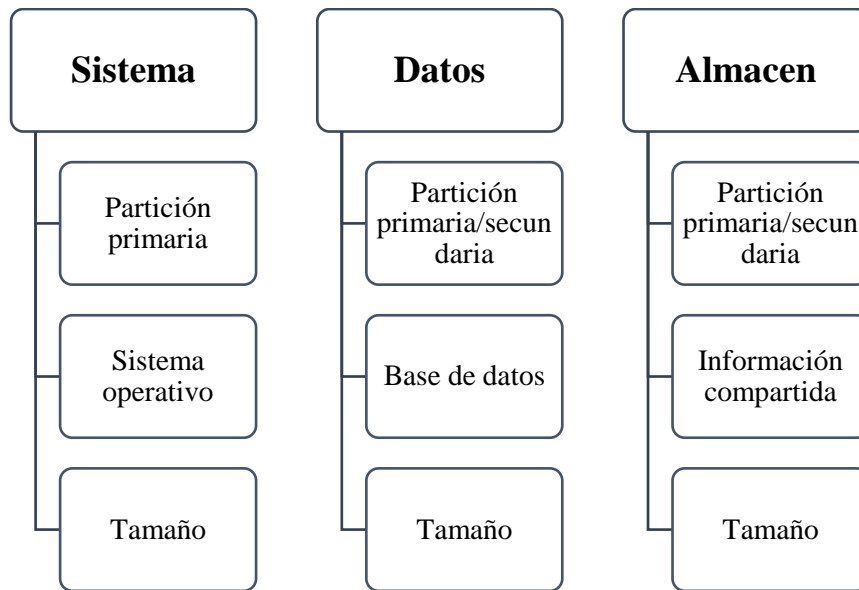


Figura 3-4. Particiones del disco duro

Realizado por: Fátima Quishpe

c) Protección del sistema

La seguridad del sistema considera cinco pilares fundamentales:

- ❖ **Actualización permanente del software.** Configurando a Windows update para que dicha actualización se efectúe automáticamente.
- ❖ **Instalación de programas de seguridad (firewall y antivirus).** Los firewalls se encargan de analizar el tráfico de la conexión de red y bloquear el tráfico no deseado. El antivirus realiza rutinas de escaneo y limpieza bajo demanda, comprueba el sistema de archivos y la memoria, monitorea el sistema y se actualiza frecuentemente. Entre los antivirus que cumplen estos

requisitos están: Avast, AVG, CA eTrust, ESET NOD32, eScan, iolo, Kaspersky AV, McAfee, Norton, Panda, Sophos. En este caso en específico se ha considerado el AVG 17.4.3014.

- ❖ **Instalación de Anti-spyware.** Debe poseer las mismas propiedades mencionadas para el antivirus.
- ❖ **Copias de seguridad.** Esta operación debe realizarse de forma periódica en una nueva ubicación, se prevé realizar una copia de seguridad completa de forma semanal y una incremental diaria. Windows incorpora una herramienta (MS-Backup) que permite realizar copias de seguridad, posibilitando la configuración de tareas periódicas automáticas que realicen las copias de seguridad.
- ❖ **Defragmentación.** Actualmente Windows incorpora una herramienta para realizar esta labor.

d) Instalación del navegador web

Se procede a la instalación del navegador web seleccionado que para el proyecto se ha considerado a Mozilla o Firefox como el más idóneo.

4.3.4. *Diseño del prototipo del sistema SCADA*

La alternativa de solución propuesta es la automatización del sistema de agua potable de la Red Yaruquies, de la EP-EMAPAR, que en términos generales contempla la implementación de una estación remota, donde se implementa el sistema SCADA, considerando las necesidades de monitoreo que actualmente se presentan en mencionada derivación.

Cabe recalcar que esta red de distribución es relativamente nueva y posee una vida útil superior a quince años, entonces, lo que se pretende con la implementación de la propuesta, es la optimización de las capacidades del servicio, para lograr la ampliación de la cobertura del suministro de agua potable a los sectores aledaños.

Para la implementación del sistema SCADA, se precisa de un tablero de control, mismo que consta de elementos que facilitan la comunicación remota y que contribuyen a la correcta adquisición de datos sobre las variables de estudio y sobre el funcionamiento general del sistema, datos que son

transmitidos al PLC. Se dispone además de una interfaz hombre/máquina HMI, con acceso solo a personal autorizado para realizar actividades de monitoreo, mantenimiento y control.

En cuanto a la adquisición de datos, su recepción se realiza en forma de códigos desde los dispositivos (sensores y transductores), incorporados a lo largo de la red de distribución de agua potable hacia el PLC, encargado de descodificarlos y mostrarlos al usuario a través de la HMI, para generar reportes sobre el funcionamiento del sistema y en el caso de presentarse alarmas, tomar las acciones correctivas del caso.

4.3.4.1. Captación e impulsión

Se prevé la conservación de la actual estación de bombeo, pues el año 2016 se reemplazó la tubería existente por una nueva, a fin de eliminar posibles filtraciones que pudieran relacionarse con el mal estado de la tubería. El equipamiento instalado en la estación tiene un tiempo de funcionamiento no mayor a tres años. Sin embargo este sistema no ha sido optimizado al máximo pues actualmente no está funcionando a su máxima capacidad, ya que la producción actual de agua es suficiente para abastecer al sector.

En el proceso de captación se realiza un monitoreo permanente de las variables presión y caudal, para lo cual se incorporan medidores para cada una de las variables definidas, además de establecen rangos de aceptabilidad del comportamiento de cada una de ellas. Para medir el caudal se instala un caudalímetro electromagnético de acero inoxidable con bridas, empleando para su ajuste tornillos de apriete o conexiones roscadas; el transmisor de caudal se instala sobre el sensor.

Para medir la presión se utiliza un transmisor de presión, mismo que envía una señal eléctrica a PLC, permitiendo conocer el valor de la presión. Además, se dispone alarmas que alerten sobre la variación del comportamiento de cada una de las variables, a fin de establecer mecanismos de control y restauración del proceso.



Figura 5-4. Medidor de presión y caudalímetro

Fuente: <https://www.caudalímetros.com/products/automation/systems/industrial>

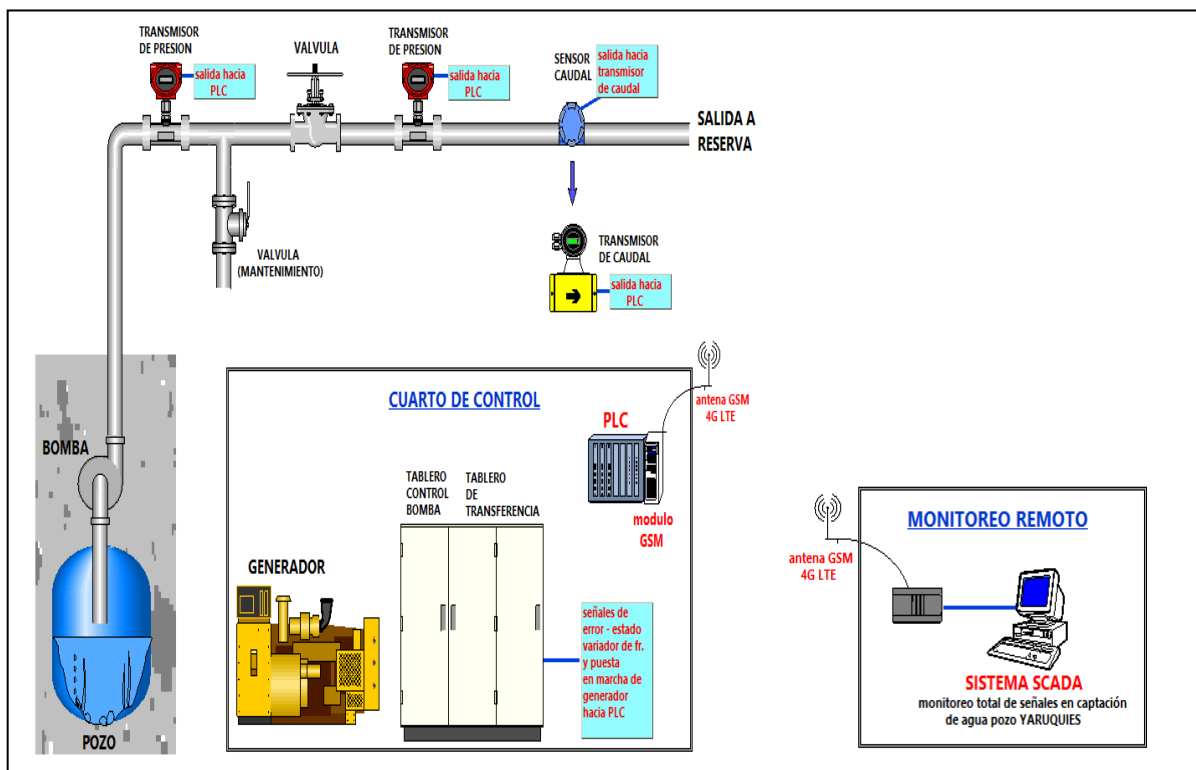


Figura 11. Monitoreo del proceso de captación

Fuente: Captura de pantalla

Cabe recalcar que la bomba empleada en el proceso de captación, tiene una capacidad de extracción de 30 litros por segundo, sin embargo actualmente solo produce un promedio de 14 litros por segundo, esto debido a que dicha producción es suficiente para abastecer el suministro de agua potable local.

Las modificaciones en los parámetros de producción, pueden ser realizadas a través del panel de control.

En cuanto a la apertura y cierre de válvulas, el sistema de captación cuenta con dos válvulas. La una permite el paso de agua extraída del pozo hacia la tubería de conducción que traslada el líquido vital hasta el tanque reservorio, y, la otra sirve para desfogar en casos de identificar presencia excesiva de sedimentos en el agua extraída o para actividades de mantenimiento (véase figura 1-4).



Fotografía 1-4. Válvulas del proceso de captación

Fuente: Red Yaruquíes - Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Riobamba (EP-EMAPAR)

Con la ayuda de un motoreductor regido por un controlador, se prevé realizar la apertura y cierre de válvulas de forma mecánica, por ello se ha identificado la velocidad necesaria para vencer la resistencia del eje del volante.



Figura 6-4. Válvula con motoreductor

Fuente: <https://domlab.net/motorector.com>

4.3.4.2. Almacenamiento

Considerando el uso del tanque reservorio existente, cuya construcción presta las garantías necesarias para un normal funcionamiento, el desarrollo del proyecto puede permanecer sin alteraciones en infraestructura física.

En cuanto a este proceso, al ingreso del reservorio se implementan medidores de caudal y presión, mismos que emite señales hacia el PLC, mediante lo cual se identifican pérdidas del agua durante su recorrido desde la captación hasta el reservorio. El nivel del tanque de reserva es monitoreado por un sensor de nivel cuya señal también es enviada al PLC.

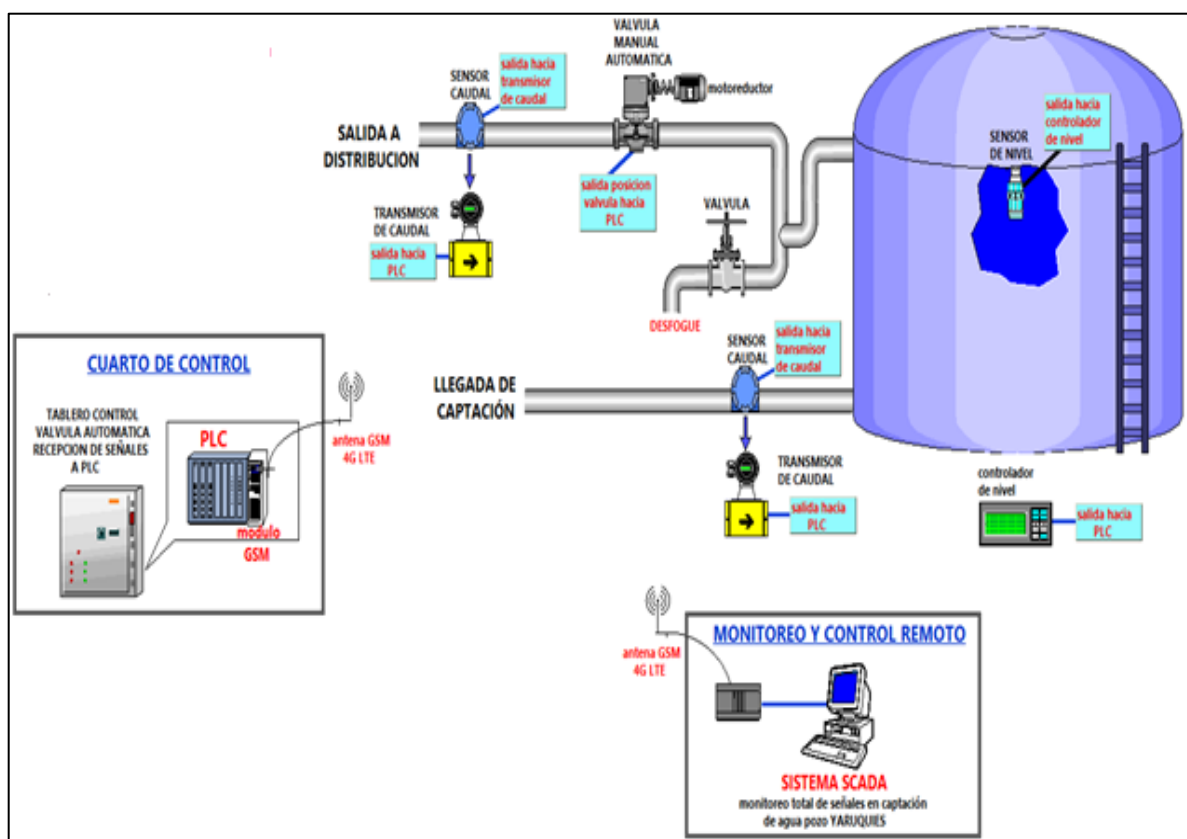


Figura 7-4. Monitoreo del proceso de almacenamiento

Fuente: Red Yaruques - Empresa Municipal de Agua Potable y Alcantarillado Riobamba (EP-EMAPAR)

Al igual que el proceso de captación la apertura y cierre de válvulas se efectúa de forma mecánica. Incorporando un motoreductor tanto a la válvula de ingreso como a la válvula de salida del reservorio.

4.3.4.3. Distribución

La red de distribución de agua potable en el sector de Yaruquíes presenta varias mejoras incorporadas en el año 2015 y 2016, mismas que proporcionan condiciones técnicamente adecuadas para la operación, mantenimiento y optimización del sistema. Desde esta perspectiva, con la automatización del sistema SCADA es posible ampliar la red de distribución a sectores aledaños.

El control de la válvula de distribución que en la actualidad es manual puede convertirse en automático, con el acoplamiento de un motoreductor a la válvula, que es controlado con un variador de frecuencia. Las señales del posicionamiento de la válvula son enviadas al PLC, lo cual permite controlar el nivel del tanque reservorio.

Por otra parte, a la salida del tanque reservorio hacia la distribución se instala un caudalímetro para conocer el caudal con que inicia el proceso de distribución. Las señales emitidas desde y hacia el PLC se gestionan adecuadamente para que mediante el módulo de comunicación GSM sean enviadas de forma remota hacia la estación de monitoreo.

Para controlar la pérdida de presión en las válvulas se incorporan transmisores de presión antes y después de cada una de estas, mismas que sirvan de alerta ante cualquier anomalía. Por otro lado se dispone de un sistema de seguridad para evitar la apertura no autorizada de las compuertas de acceso a las válvulas, localizadas antes de la distribución domiciliaria.

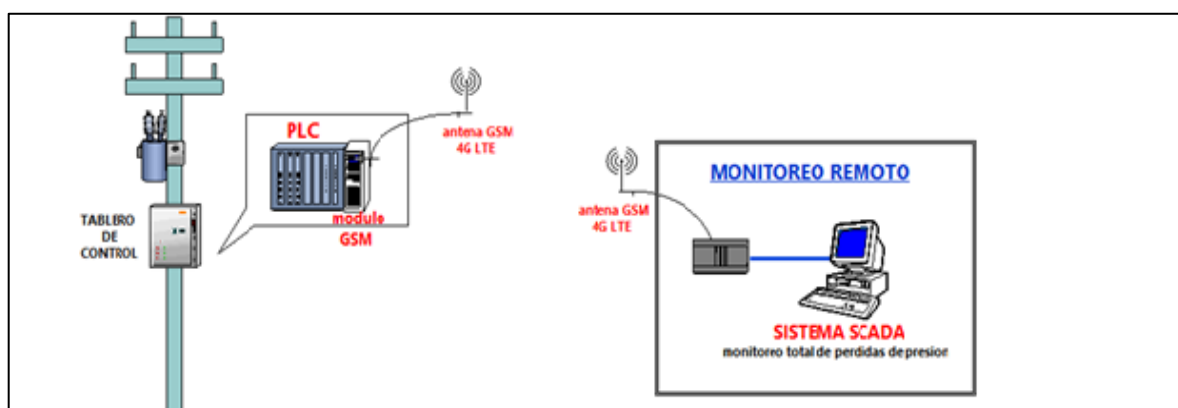


Figura 8-4. Monitoreo del proceso de distribución

Realizado por: Fátima Quishpe

También para la distribución la apertura y cierre de válvulas se efectúa de forma mecánica., bajo el mismo principio explicado en la captación.

4.3.5. Dispositivos requeridos para el monitoreo del sistema de distribución de agua

Tabla 1-4. Dispositivos requeridos

ITEM	COMPONENTE	CANT	APLICACIÓN
1	Tablero de Distribución 220V	1	Alimentación de 220V al sistema
2	Tablero de Control, con PLC	1	Control del sistema del sistema en general
3	Módulo GSM	1	Gestión de datos
4	Antena GSM 4G LTE	1	Transmisión de datos
5	Telecontrol por GSM/GPRS compatible con 4G LTE	1	Manejo de datos en forma remota
6	Motoreductores	5	Apertura y cierre de válvulas
7	Sensor de nivel	1	Medir nivel del reservorio
8	Controlador de nivel	1	Control del nivel del reservorio
9	Medidor de Caudal electromagnético	3	Medir el caudal en línea de aducción
10	Transmisor de caudal	3	Transmitir las medidas de caudal al PLC
11	Transmisor de presión	2	Transmitir las medidas de presión al PLC

Fuente: Investigación de campo

Realizado por: Fátima Quishpe

4.3.6. Implementación del Tablero de Control



Figura 9-4. Tablero de Control incorporado

Realizado por: Fátima Quishpe

En el presente proyecto se emplea el PLC Siemens S7 1200, que ofrece la flexibilidad y capacidad de controlar una gran variedad de dispositivos para las distintas tareas de automatización, además se encuentra disponible en el mercado. Dentro de sus principales características podemos mencionar:

- ❖ Alta capacidad de procesamiento.
- ❖ Interfaz Ethernet / PROFINET integrado.
- ❖ Entradas analógicas integradas.
- ❖ Bloques de función para control de ejes conforme a PLC open.
- ❖ Programación mediante la herramienta de software STEP 7 Basic v13 para la configuración y programación no sólo del S7-1200, sino de manera integrada los paneles de la gama Simatic Basic Panels.

Para programar el PLC se emplea el software Totally Integrated Automation Portal, en adelante (TIA Portal), un software actual que contribuye a la gestión conjunta de datos y es de fácil edición. Además permite configurar tanto el control como la visualización. Debido a la sencillez de sus funciones y su facilidad de uso. Este software incorpora las últimas versiones de SIMATIC STEP 7, WinCC y Startdrive para la planificación, programación y diagnóstico de todos los controladores SIMATIC, pantallas de visualización y accionamientos SINAMICS de última generación.

Con el propósito de monitorear y enlazar las variables con el PLC, se utiliza Labew, un lenguaje de programación gráfico, diseñado para desarrollar aplicaciones de control, pruebas y medidas. Armoniza la programación gráfica con el hardware para simplificar y acelerar el desarrollo de diseños. Permite adquirir, visualizar y almacenar datos, así como procesar señales de alarma y generar reportes. La razón primordial para su aplicación en este proyecto se debe a que su licencia es de fácil acceso y a la sencillez de su programación en contraposición a la complejidad de los entornos de desarrollo tradicionales..

4.3.7. Gestión de datos

La información fluye en el sistema de la siguiente manera: los datos de telemetría (presión, caudal y nivel de los procesos de captación, almacenamiento y distribución), son captados por el transductor, mismo que emite una señal eléctrica al transmisor y a su vez esta entrega una señal análoga hacia el PLC. Los datos obtenidos son almacenados en el ordenador a fin de generar bases de datos y reportes.

Paralelamente, mediante una HMI se muestra la información al operador del sistema como parte de la supervisión y control, con el propósito de orientar la toma de decisiones respecto del proceso o procesos supervisados. Las decisiones son enviadas al sistema mediante el ingreso de comandos por el ordenador, mismo que ejecuta la orden enviando señales a los actuadores lo cual permite entre otras: cerrar o abrir válvulas, arrancar o detener motores, etc. Además es posible ingresar valores análogos para nivelar la presión, caudal y nivel.

4.3.7.1. Captura de datos (datos de entrada)

Este procedimiento permite receptar los datos del proceso a través de la gestión efectuada por el sistema de comunicaciones. Los datos obtenidos son agrupados y acondicionados para ser utilizados por los demás módulos del sistema. La capacidad del sistema SCADA para monitorear las variables: caudal, presión y nivel depende de los transductores o sensores incorporados a lo largo de todo el sistema de distribución de agua potable y la capacidad del sistema de comunicación para transmitir señales.

4.3.7.2. Datos de configuración del sistema

Los datos de configuración del sistema como fecha y hora son establecidos en un inicio por quien diseña el sistema, un reloj digital mantiene estos datos permanentemente actualizados.

4.3.7.3. Datos del estado general del sistema

Se emplean dispositivos que se encargan de leer el estado del equipamiento, herramientas y funcionamiento del sistema de distribución de agua potable de la derivación San Gabriel – Yaruquies, a fin de identificar fallos, desviaciones, interrupciones, etc., mismos que orientan la toma de decisiones para un control efectivo a fin de garantizar el adecuado funcionamiento del sistema.

4.3.7.4. Datos de telemetría

a) Niveles de caudal y presión en el proceso de captación

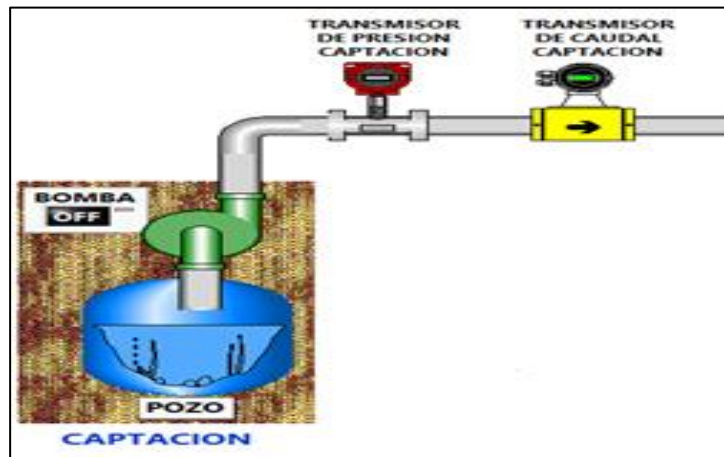


Figura 11-4. Adquisición de datos de presión y caudal en el proceso de Captación

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

Arduino Uno permite la adquisición de los datos emitidos por los sensores de caudal y nivel de agua, incorporados en la tubería de proceso de Captación. Se ha empleado este dispositivo debido a que se trata de un microcontrolador que tiene la capacidad de recibir señales digitales de hasta 5V y que se conecta mediante puerto serial a la HMI del tablero de control.

b) Niveles de los tanques de almacenamiento

Se emplean sensores de nivel en cada una de las celdas de reserva agua.



Figura 12-4. Adquisición de datos en el proceso de Almacenamiento

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

c) Niveles de caudal y presión en el proceso de la distribución

Son medidos a través de sensores de caudal y presión de agua en las salidas de cada reserva

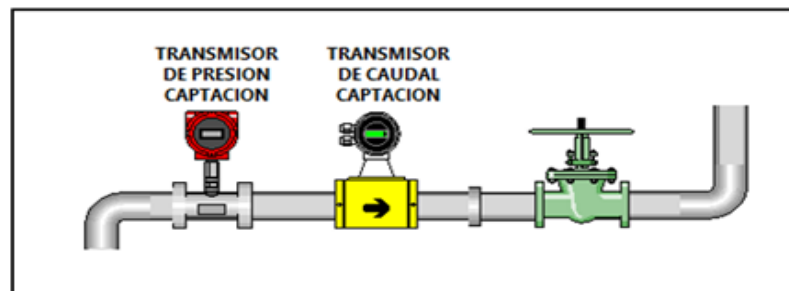


Figura 13-4. Adquisición de datos en el proceso de Distribución

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

4.3.7.5. Datos de alarmas

Cuando existe una diferencia entre los datos adquiridos de las variables, caudal, presión y nivel y los estándares establecidos para cada una de estas variables se activa una alarma que advierte al usuario la presencia de dicha diferencia.

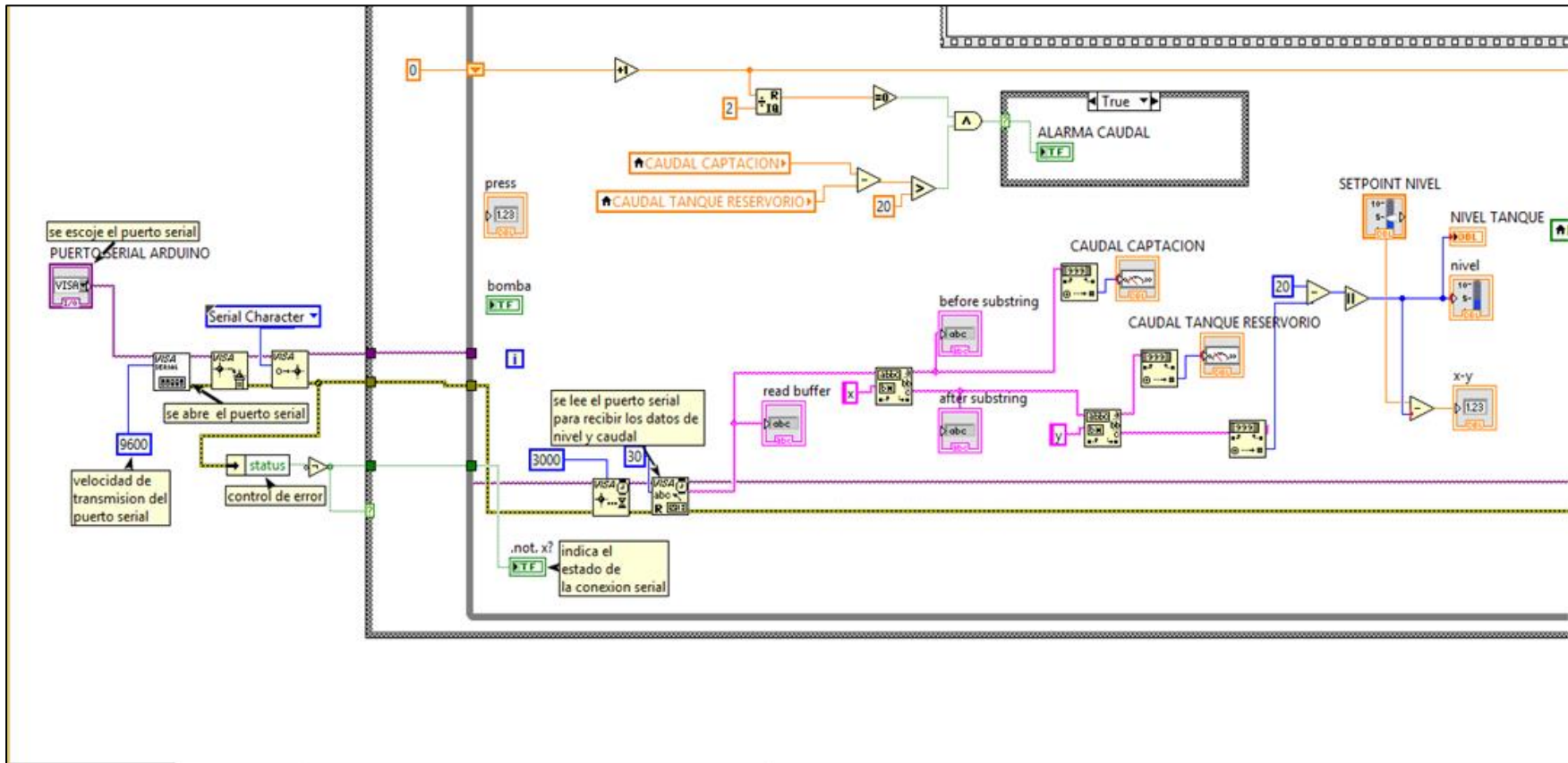


Figura 14-4. Establecimiento de setpoints y señales de alarma

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

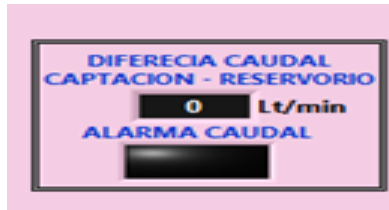


Figura 15-4. Activación de alarmas

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

4.3.7.6. Datos de referencias operativas

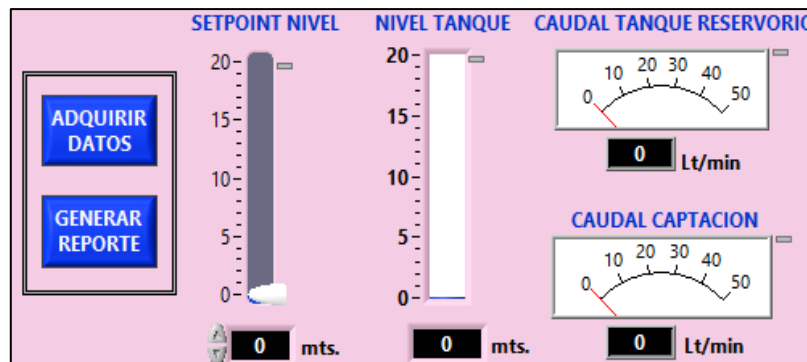


Figura 16-4. Monitoreo de referencias operativas

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

4.3.7.7. Archivo de datos (datos generados por el sistema)

La datos de telemetría, referencias operativas y alarmas son integradas en una base de datos que permite generar reportes y estadísticas del comportamiento de las variables nivel, presión y caudal, así como del comportamiento del sistema de distribución de agua potable Yaruquies en general.

Con el propósito de obtener una base de datos de los resultados del monitoreo realizado al comportamiento de las variables de los procesos de captación, almacenamiento y distribución se generan reportes periódicos, estableciendo previamente valores referenciales o setpoints para cada una de las variables monitoreadas. A partir de los cual se genera un archivo con extensión .xls en la carpeta REPORTES del sistema, mismo que muestra la información obtenida del comportamiento de las variables en un tiempo determinado.

Tabla 2-4. Generación de reportes de alarmas (6:45 a.m.)

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

MONITOREO CAPTACIÓN ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN YARUQUES



EP EMAPAR
AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

DATOS ADQUIRIDOS			
TIEMPO	SETPPOINT NIVEL	NIVEL REAL	DIFERENCIAS
06:45:23	20	12	0
06:45:28	20	12	0
06:45:33	20	13	0
06:45:38	20	12	0
06:45:43	20	13	0
06:45:48	20	14	0
06:45:53	20	14	0
06:45:58	20	14	0

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

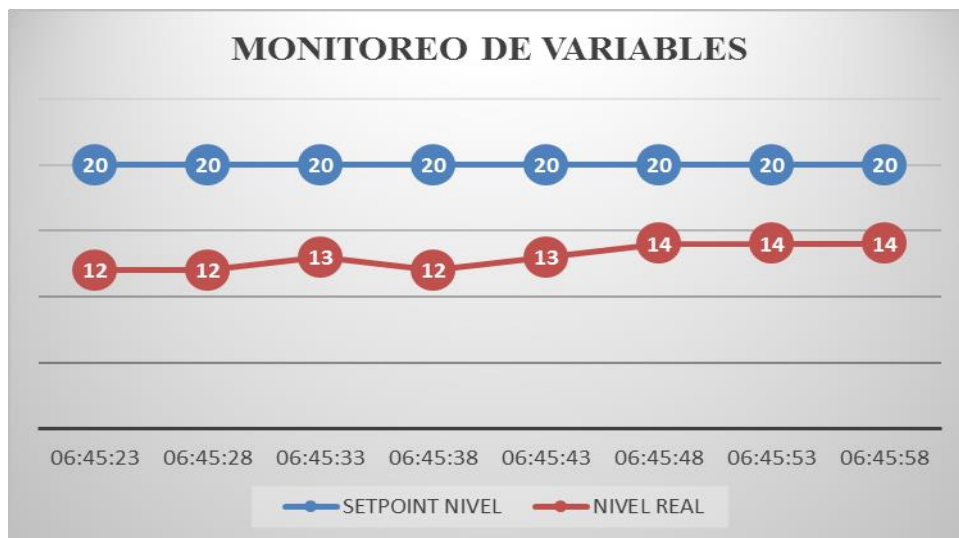


Figura 17-4. Generación de reportes de alarmas (6:45 a.m.)

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

Tabla 3-4. Generación de reportes de alarmas (2:40 p.m.)

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

MONITOREO CAPTACIÓN ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN YARUQUES



EP EMAPAR
AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

DATOS ADQUIRIDOS			
TIEMPO	SETPPOINT NIVEL	NIVEL REAL	DIFERENCIAS
14:40:44	14.64	15	1
14:40:46	14.64	15	1
14:40:48	14.64	15	1
14:40:52	14.64	15	0
14:40:57	14.64	15	1
14:41:02	14.64	15	0
14:41:07	14.64	14	0
14:41:10	14.64	15	1

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

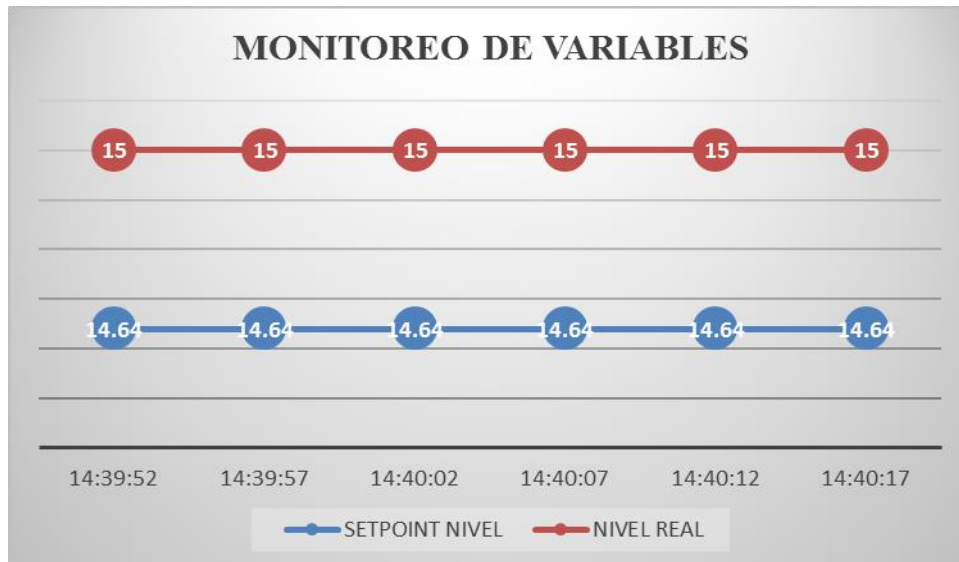


Figura 18-4. Generación de reportes de alarmas (2:40 p.m.)

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

Tabla 4-4. Generación de reportes de alarmas (7:16 p.m.)

ESCUELA SUPERIOR POLITECNICA DE CHIMBORAZO

MONITOREO CAPTACIÓN ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN YARUQUES



EP EMAPAR

AGUA POTABLE Y ALCANTARILLADO

DATOS ADQUIRIDOS			
TIEMPO	SETPPOINT NIVEL	NIVEL REAL	DIFERENCIAS
19:16:32	17.26	20	0
19:16:37	17.26	21	0
19:16:42	17.26	20	0
19:16:48	17.26	21	2
19:16:53	17.26	21	2
19:16:58	17.26	21	2
19:17:03	17.26	20	0
19:17:08	17.26	20	2
19:17:14	17.26	19	0
19:17:19	15	19	2
19:17:24	15	19	2
19:17:30	15	19	0
19:17:35	15	18	2
19:17:40	15	18	0

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

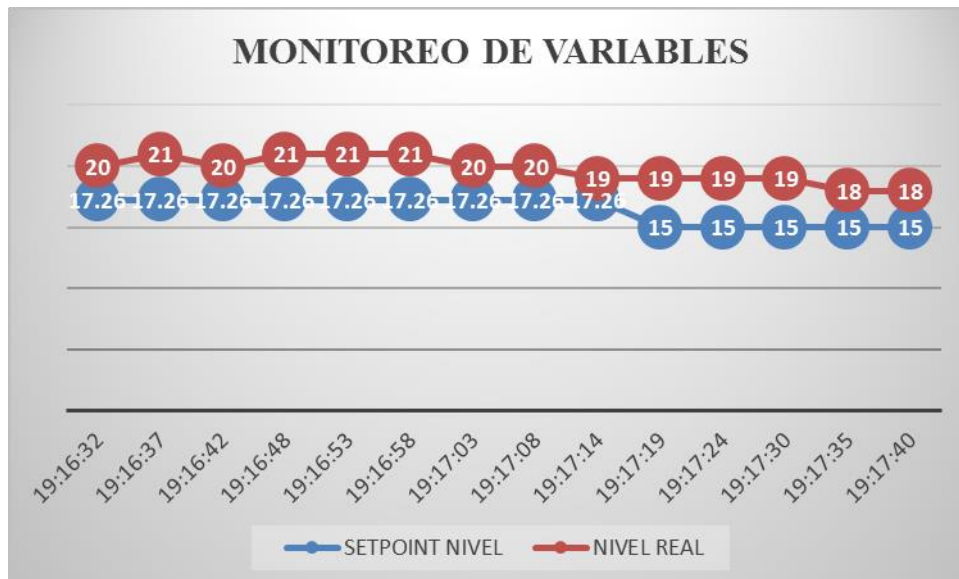


Figura 19-4. Generación de reportes de alarmas (7:16 p.m.)

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

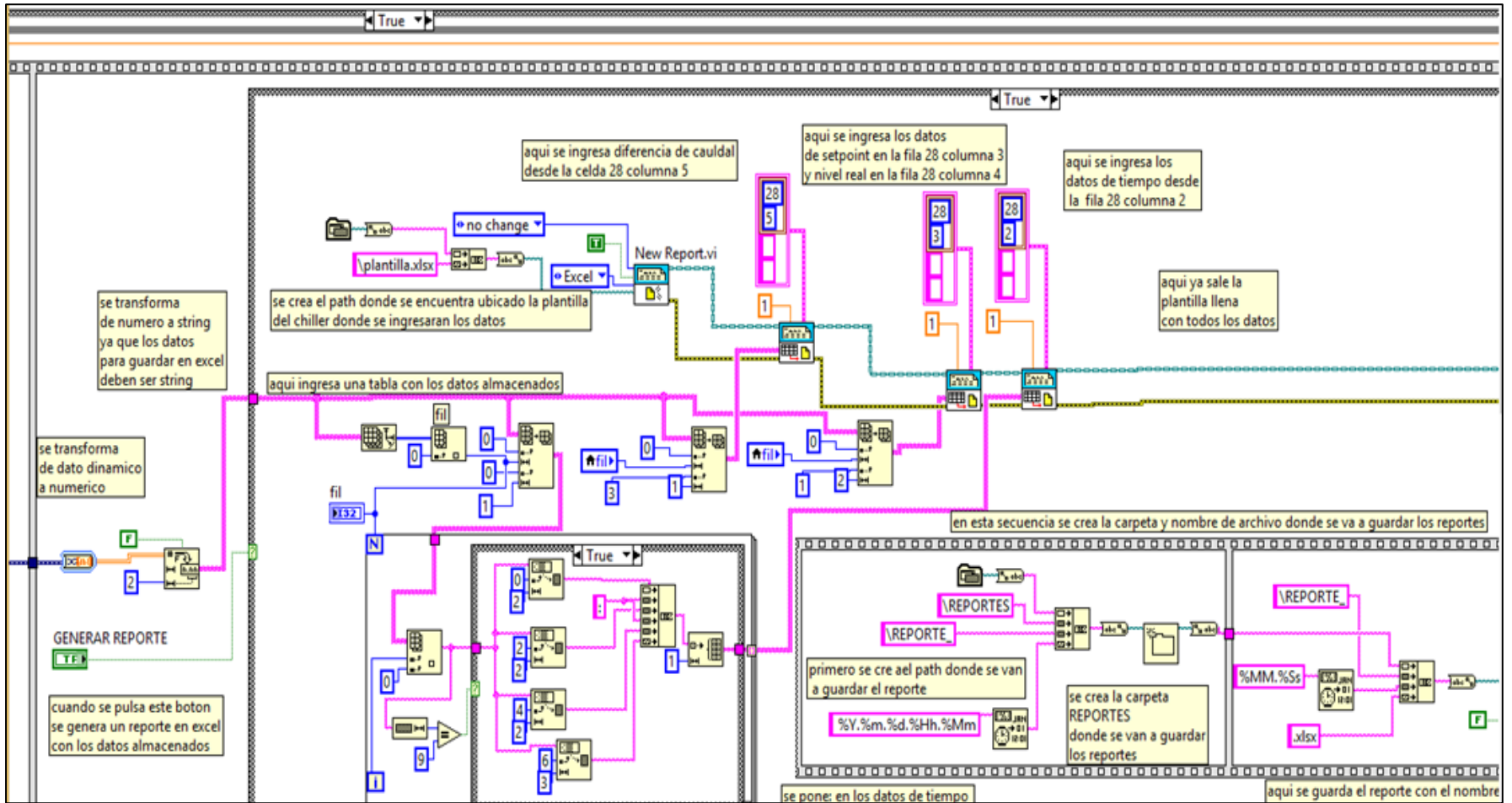


Figura 20-4. Generación de reportes y base de datos

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

4.3.7.8. Utilización de datos por el usuario

Permite al usuario desplegar el comportamiento de los procesos de captación, almacenamiento y distribución del agua, mediante gráficos de tenencia o mensajes textuales. Se pueden obtener reportes individuales y generales de la telemetría, alarmas activadas, tendencias operativas y mensajes de error.

- a) Gráficos
- b) Texto
- c) Ventanas secundarias
 - Telemetría
 - Tendencias operativas
 - Alarmas activas
 - Mensajes de error
- d) Generación de reportes

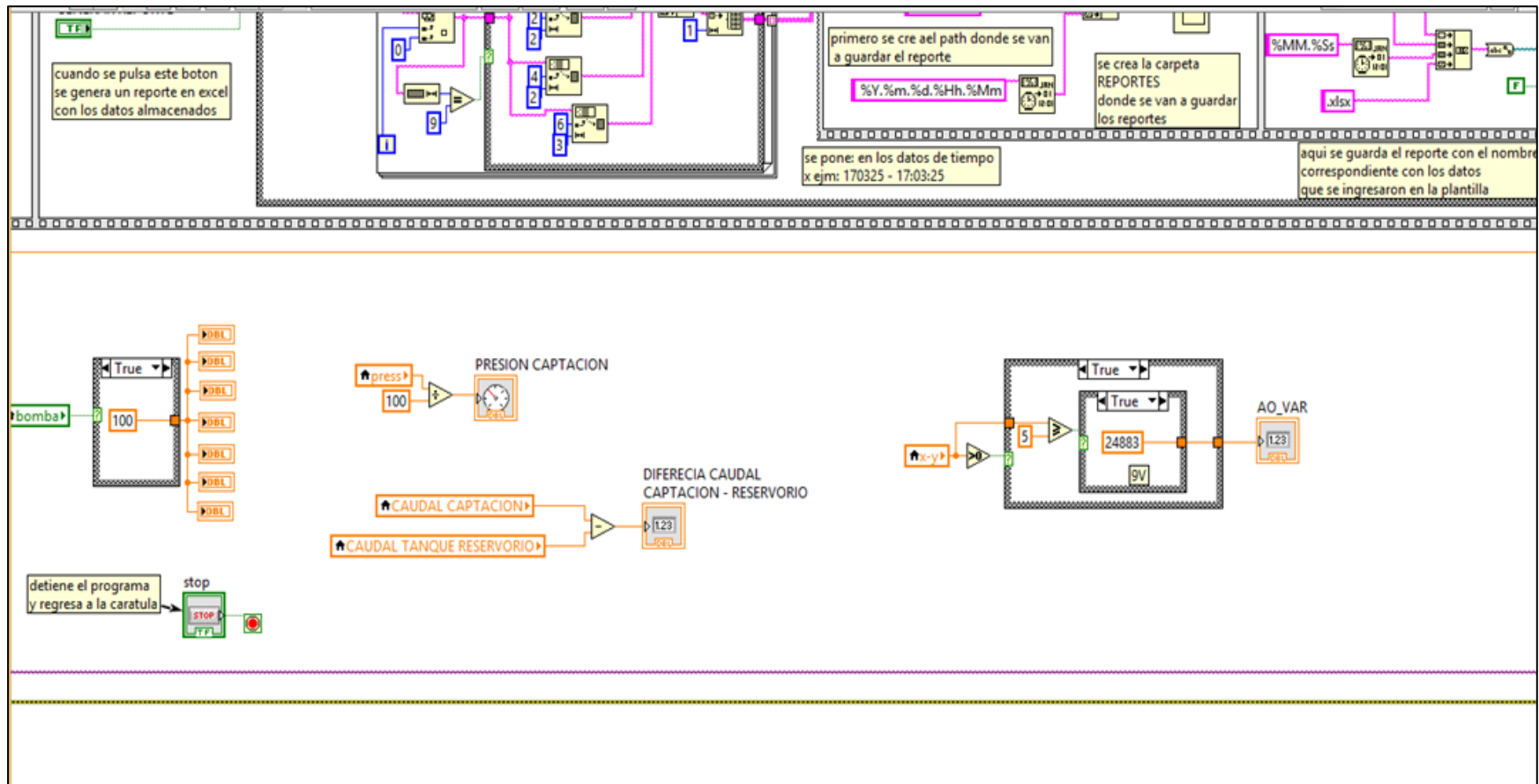


Figura 21-4. Alarmas de diferencias

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

4.4. Resultados de Investigación

4.4.1. Pruebas de Funcionamiento del Prototipo del Sistema SCADA

Con el propósito de realizar pruebas de funcionamiento al sistema SCADA propuesto para el monitoreo del sistema de distribución de agua potable de la EP- EMAPAR, derivación Yaruqués, se procede a construir una maqueta que representa el sistema de distribución objeto de estudio.



Fotografía 2-4. Maqueta del sistema de distribución de Agua Potable

Fuente: Prototipo del Sistema SCADA

Como se observa en la maqueta, el proceso de captación de agua potable, se realiza a través de una bomba de succión, para posteriormente ser conducida por tuberías hacia el tanque reservorio.



Fotografía 3-4. Maqueta del proceso de Captación

Fuente: Prototipo del Sistema SCADA

Para controlar el funcionamiento de la bomba de extracción de agua del proceso de captación, se utiliza un variador de frecuencia WEG que es controlado por el PLC, mismo que determina el incremento o disminución de frecuencia de acuerdo con los requerimientos de nivel de agua requeridos por los procesos de almacenamiento y distribución.

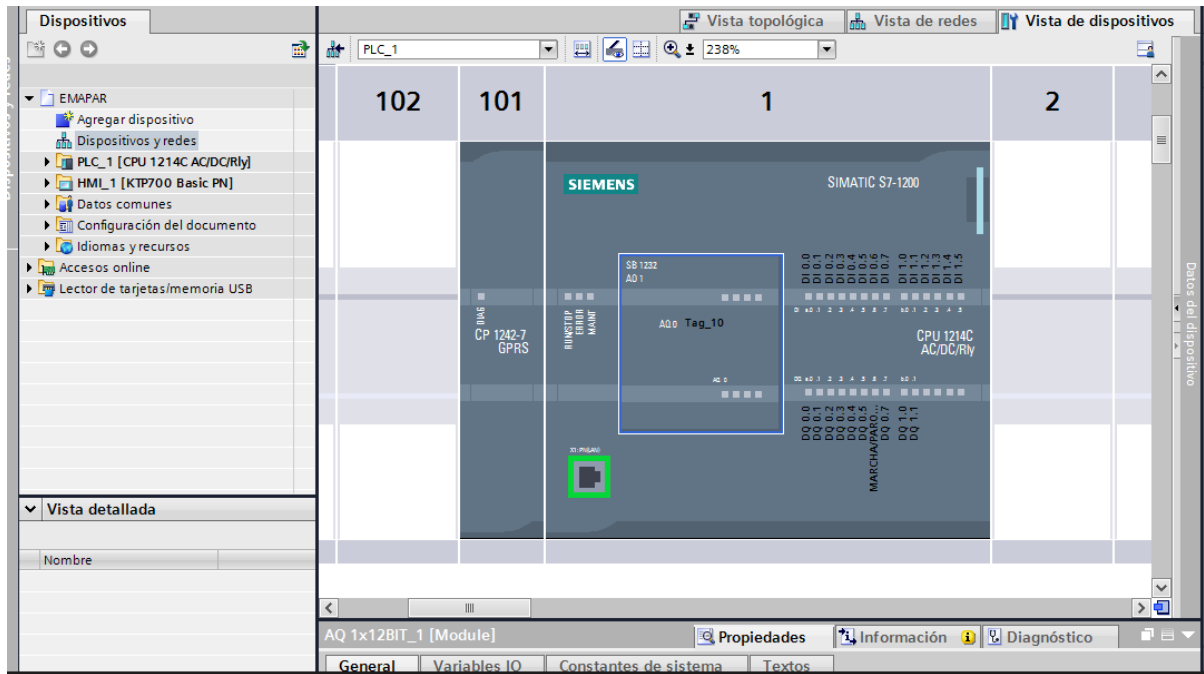


Figura 22-4. Señales emitidas entre el PLC y el variador de frecuencia

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

En el trayecto de la línea de transporte del líquido vital desde la captación hasta el almacenamiento, se encuentran incorporados un baipás, válvulas, medidores de presión y caudal requeridos para la operación.



Fotografía 4-4. Tablero de Control

Fuente: Prototipo del Sistema SCADA

La maqueta tiene incorporado un tablero de control, el cual dispone de PLC, variador de frecuencia, interruptor, canaletas, antenas y caja eléctrica, como se observa en la figura 32. La comunicación entre el PLC y el tablero de control se realiza mediante un protocolo de comunicación profinet, direccionamiento TCP/IP versión 4.0, grado de protección seis, como se muestra a continuación.

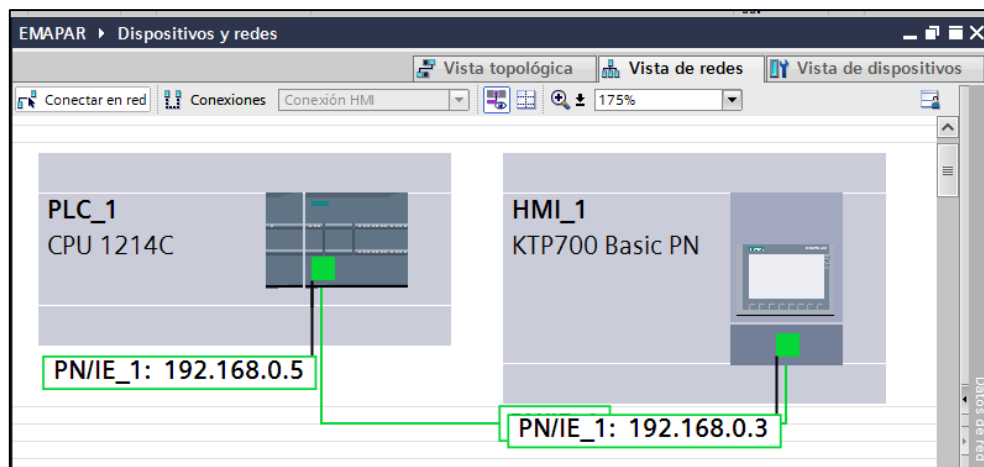
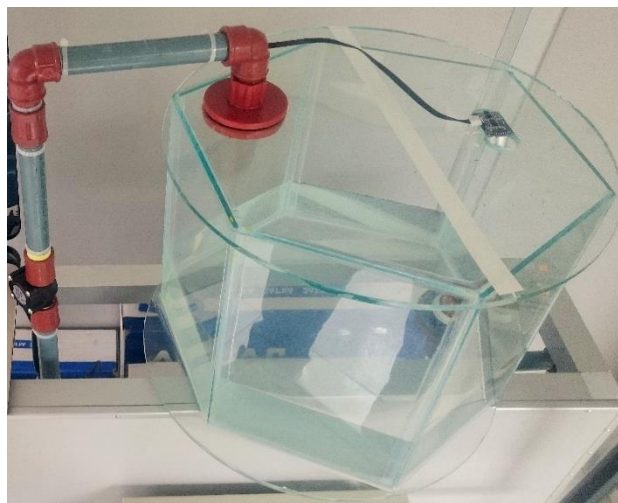


Figura 22-4. Protocolo de comunicación profinet

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA



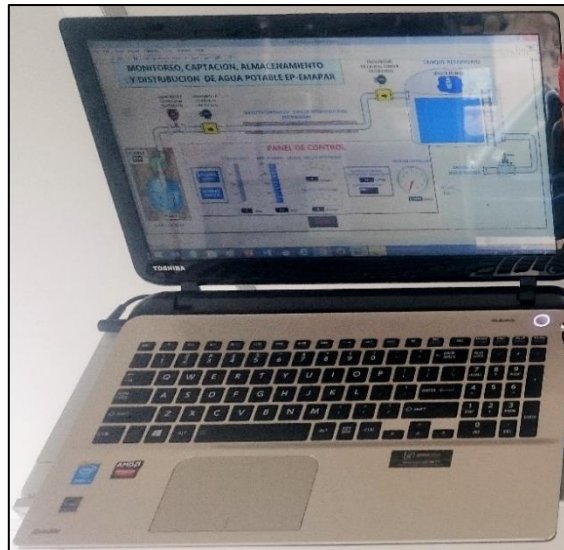
Fotografía 5-4. Maqueta del tanque Reservorio

Fuente: Prototipo del Sistema SCADA

Al ingreso al tanque reservorio, según se muestra en a figura 5-4, se instala un caudalímetro, el cual controla la entrada de flujo hacia el tanque de almacenamiento y un sensor de ultrasonido de nivel.

4.4.2. Monitoreo por GSM

Con la ayuda de un computador se analiza y comprueba el funcionamiento del prototipo implementado.



Fotografía 6-4. Prototipo del sistema SCADA

Fuente: Prototipo del Sistema SCADA

Una vez puesto en funcionamiento el sistema de monitoreo, se observa que cuando se produce un fallo en el sistema, mediante SMS se transmite una “**alerta**” por la detección de variación o diferencia excesiva de caudal, como se muestra en el bloque de sustracción.

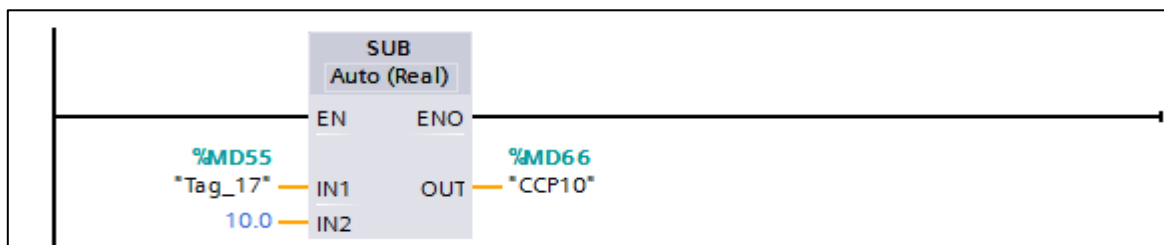


Figura 24-4. Bloque de sustracción

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

En la figura 24-4, se muestran los siguientes datos:

- ❖ Memoria “**Tag_17**”. Hace referencia al dato de caudal del proceso de Captación.

- ❖ Memoria “Tag_18”. Corresponde al dato de caudal al ingreso del Reservorio

Cuando el sistema identifica que la diferencia de caudal es elevada, inmediatamente emite una alerta que notifica esta diferencia al usuario por medio de un mensaje de texto. Se precisa de un bloque de substracción para obtener la variable **CCP10** que representa a (“Tag_17” - 10).

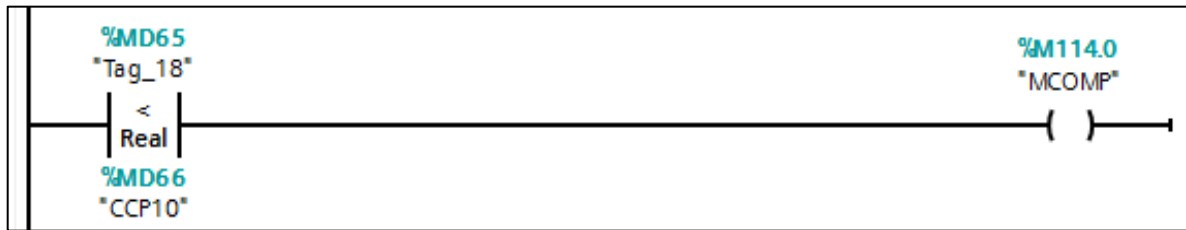


Figura 25-4. Bloque de Comparación

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

Según se observa en la figura 25-4, cada vez que el sistema identifique que la lectura del caudal de ingreso al Reservorio es menor a la lectura del caudal de Captación menos 10, activa la memoria **MCOMP**.

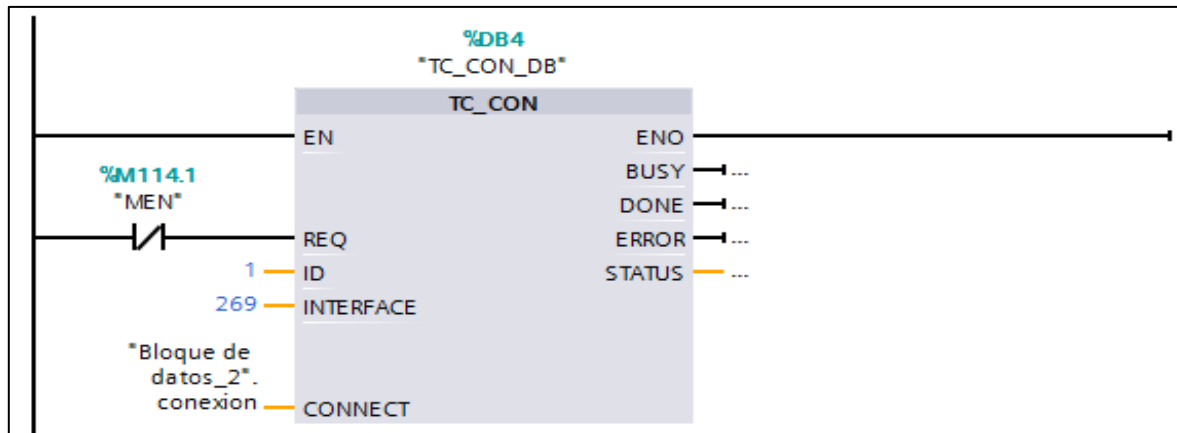


Figura 26-4. Bloque de Comunicación TC_CON

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

La figura 26-4, expone los siguientes datos:

- ❖ **MEN**: Conectado directamente a la alimentación (siempre activo)
- ❖ **REQ**: Conectado a un contacto normalmente cerrado de una memoria (siempre activo)

- ❖ **ID:** 1
- ❖ **INTERFACE:** 269
- ❖ **CONNECT:** “Bloque de datos_2”.conexion

Bloque de datos_2		
	Nombre	Tipo de datos
1	Static	
2	conexion	TCON_Phone

Figura 27-4. Bloque de datos_2

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

Variable **conexión** con tipo de dato TCON_Phone

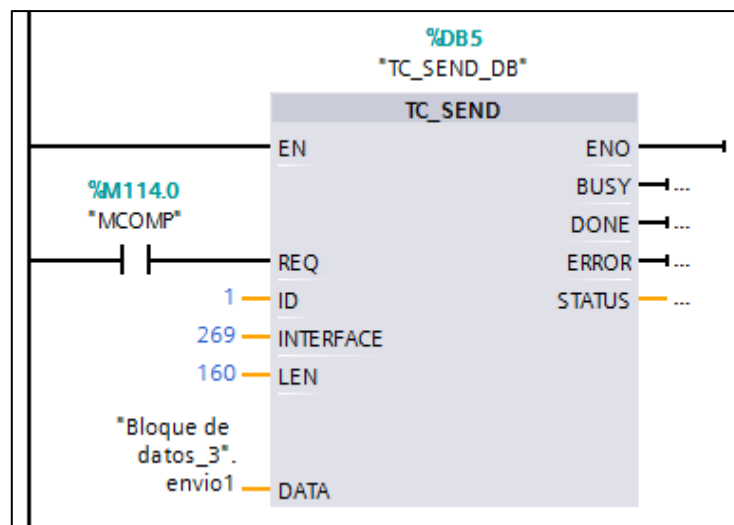


Figura 28-4. Bloque de envío TC-SEND

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

De acuerdo con la figura 28-4, se muestran los siguientes datos:

- ❖ **EN.** Conectado directamente a la alimentación (siempre activo)
- ❖ **REQ.** Conectado a un contacto normalmente cerrado de una memoria (siempre activo)
- ❖ **ID.** 1
- ❖ **INTERFACE.** 269
- ❖ **LEN.** 160

❖ **DATA.** “Bloque de datos_3”.envio1

Bloque de datos_3			
	Nombre	Tipo de datos	Valor de arranque
1	Static		
2	envio1	String	'Perdida en el sistema '

Figura 29-4. Bloque de datos_3

Fuente: Captura de pantalla del sistema SCADA

Cuando el TC_CON se abre envía una señal al TC_SEND, comunicando mediante mensaje GSM, que existe una diferencia entre los valores estándar y los valores reales de la variable caudal. La diferencia es enviada al operador de campo bajo la denominación **envio1**, con tipo de dato String y con valor de arranque *'Perdida en el sistema'*.

4.4.3. Control del sistema

4.4.3.1. Acciones de control

El proceso se controla mediante un sistema de lazo cerrado comandado por el PLC. En el proceso de Captación el control se realiza mediante el encendido y apagado de la bomba sumergible; la apertura y cierre de las válvulas, que permiten el paso del agua a la tubería de conducción que llega al reservorio y el control de la válvula de desfogue es manual.

En el proceso de Almacenamiento para el control de nivel del tanque se dispone de un sensor de distancia de ultrasonido, para evitar el vaciado o el desbordamiento del tanque. La válvula de desfogue empleada para la limpieza del tanque y las válvulas de distribución tienen cierre y apertura manual.

Cabe recalcar que se realiza un control permanente de las variables presión y caudal en las tuberías de conducción de líquido con el propósito de detectar alguna lectura anómala, misma que es notificada mediante SMS. Como ya se ha mencionado el monitoreo de las variables se puede visualizar en pantalla a través de la interfaz de usuario.

4.4.3.2. Solución de problemas

Una vez solucionado el problema se confirma el normal funcionamiento del sistema y se generan los reportes respectivos de la problemática identificada y las medidas de solución que se toman, recalando las más efectivas en caso de haberse aplicado varias.

4.4.4. Costos del Prototipo de Sistema SCADA

Tabla 5-4. Costos del Prototipo del Sistema SCADA

CANT	CONCEPTO	PVP
1	CPU 1214C AC/DC/RELE S71200 6ES7214-1BG31-0XB0 / 6ES7214-1BG40-0XB0	824.23
1	KTP700 COLOR PANTALLA 7" 6AV2123-2GB03-0AX0	1,556.11
1	VARIADOR DE VELOCIDAD 220V/1HP CFW100073 S 2024 SSZ	235.98
1	FUENTE DE PODER LOGO 2.5A 120-230V-24VDC, 6EP1 332-1SH43	131.11
1	ANTENA ANT794-4MR PARA REDES SLTE(H6),UMTS (36) Y GSM (26) 6NH9860-1AA00	108.31
1	MODULO GSM CP1242-7	1,130.88
1	BREAKER SCHEINDER 2 POLOS 4A	13.68
1	ARDUINO UNO	16.00
1	ROUTER D-LINK DES 1008A	20.52
1	BOMBA TRIFASICA WEG 0.5 HP	456.00
1	CANALETA RANURADA 25X40	6.05
2	CABLE DE RED	5.70
1	CAJA BEAUCOP 30X40X20	31.70
10m	CABLE FLEXIBLE #18AWG	2.28
2	SENSOR ULTRASÓNICO	27.36
1	TANQUE DE VIDRIO	114.00
1	TRANSMISOR DE PRESION	210.00
1	MATERIALES VIDRIO	118.50
1	MATERIALES FERRETERÍA	75.06
1	NOVOKOR	32.49
	MANO DE OBRA	1,200.00
	TOTAL	6,315.98

Realizado por: Fátima Quishpe

4.4.5. Costo económico para la implementación del Sistema SCADA en la derivación Yaruquíes, EP – EMAPAR.

De acuerdo con el estudio de campo y la investigación de los costos de instrumentación realizada, se puede establecer el costo económico para la implementación del Sistema SCADA en la derivación Yaruquíes, EP – EMAPAR.

Tabla 6-4. Costos del Sistema SCADA

PROFORMA				
ANÁLISIS, DISEÑO Y PROGRAMACIÓN DE SISTEMA SCADA EN LA DERIVACIÓN YARUQUÍES, EP - EMAPAR				
SRES: EP - EMAPAR				
DIRECCIÓN: Av. Félix Proaño y Chile				
FECHA: 16 de febrero de 2017				
CANT	DESCRIPCION	DETALLE	V. UNITARIO	V. TOTAL
1	Desarrollo del software y programación de equipos (adquisición de datos de los procesos de captación, almacenamiento y distribución)	ANTENA 4G LTE CAUDALÍMETROS MODULO SERIAL RS232 MÓDULOS DE COMUNICACIÓN MÓDULOS DE SEÑALES PANEL DE OPERADOR HMI PLC SENSORES DE NIVEL (ULTRASÓNICO) SWITCH PROFINET INDUSTRIAL TABLERO DE CONTROL TERMINAL GSM GPRS TRANSMISORES DE PRESIÓN DIGIT AL MATERIAL ELÉCTRICO MATERIAL FUNGIBLE ACOPLER DE TUBERÍAS DESARROLLO DE SOFTWARE DISEÑO MECÁNICO ENLACE DE VARIABLES DE TELECONTROL INSTALACIÓN INSTRUMENTAL INSTALACIÓN MECÁNICA MANO DE OBRA PROGRAMACIÓN EQUIPOS	83,878.93	83,878.94
* COTIZACIÓN REALIZADA PARA LAS CONDICIONES DE LA ESTACIÓN DE CAPTACIÓN, ALMACENAMIENTO Y DISTRIBUCIÓN.			SUBTOTAL	83,878.94
* TIEMPO DE ENTREGA (7 MESES)			IVA 12%	10,065.47
			TOTAL	93,944.41
FIRMA AUTORIZADA		FIRMA CLIENTE		

Realizado por: Fátima Quishpe

4.4.6. Comprobación de Hipótesis

Según la hipótesis planteada al inicio del presente trabajo de investigación: “*El prototipo de sistema SCADA, permite realizar el monitoreo automatizado de los procesos captación, almacenamiento y distribución de agua potable, en una de las derivaciones de la EP-EMAPAR*”, se establece lo siguiente:

El sistema SCADA permite comunicarse con los dispositivos de campo incorporados en toda la red de distribución de agua potable de la derivación Yaruquíes. El control se realiza de forma automática desde la pantalla del ordenador comandada por el usuario. Además del usuario principal, otros usuarios son beneficiados con la información que se genera en los procesos de captación, almacenamiento y distribución de agua mediante la generación de reportes sobre el funcionamiento general del sistema.

La adquisición de datos y la transferencia de los mismos se realiza por medio de dispositivos que emiten señales analógicas y digitales al PLC, mismo que descodifica las señales convirtiéndolas en información comprensible para el usuario y información que se muestra a través de la pantalla del ordenador, permitiendo que el operador ejecute acciones de control supervisadas en tiempo real.

Lo que resulta esencialmente útil para la EP-EMAPAR, es la supervisión automática, pues cada uno de los procesos han venido supervisándose mediante vigilancia in-situ, para garantizar la calidad y eficiencia en la dotación de agua potable a la población beneficiaria. Con la implementación del sistema SCADA no es necesaria la presencia física de personal técnico para el monitoreo de los procesos, ya que este se realiza a través de la interfaz HMI, ofreciendo además la generación de alarmas cuando se presenta alguna anomalía y permitiendo mediante la pantalla realizar acciones de control para mitigar el problema.

CONCLUSIONES:

- ❖ La red de distribución de agua potable San Gabriel de Yaruquíes de la empresa EP- EMAPAR, a nivel general se encuentra en buen estado; las instalaciones físicas, tuberías de transporte del líquido vital, tanque reservorio y equipamiento disponible funcionan adecuadamente. La implementación del prototipo de sistema SCADA implica la conservación y optimización de los recursos disponibles.
- ❖ El monitoreo, se realiza de forma manual, mediante visitas in-situ. Con la implementación del PLC y equipamiento técnico adicional, se automatiza la captación de los valores de las variables presión, caudal y nivel de los procesos de captación, almacenamiento y distribución; con lo cual se logra un monitoreo automatizado y además se disminuyen los costos de personal para la supervisión in-situ
- ❖ La información obtenida del monitoreo, a través de la HMI se muestra en la pantalla al operador con lo cual se direccionan acciones correctivas oportunas para superar los inconvenientes que se presentan en el sistema. Con ello se provee información en tiempo real a los usuarios del sistema y se posibilita su acceso oportuno para el control de variables de cada proceso.
- ❖ No se guardan registros estadísticos del funcionamiento de los procesos de captación, almacenamiento y distribución. Los reportes generados por el sistema SCADA permiten generar una base de datos sobre los problemas más recurrentes, las acciones implementadas en cada caso y los resultados obtenidos.
- ❖ El control oportuno de los fallos del sistema garantiza que no se produzcan desabastecimientos ni pérdidas del líquido vital, disminuyendo los costos de operación, incrementando el volumen de producción y satisfaciendo a los usuarios del servicio.
- ❖ La realización de pruebas de funcionamiento del Prototipo del Sistema SCADA propuesto, demostró que se ejecutan adecuadamente las alarmas cuando existe una diferencia entre los datos adquiridos de las variables y los estándares establecidos para cada una de estas, permitiendo al usuario la oportuna toma de decisiones. Se logra además la generación reportes de manera efectiva y la creación de bases de datos para la retroalimentación del sistema.

RECOMENDACIONES:

- ❖ Es pertinente la conservación y optimización de los recursos disponibles en la red de distribución de agua potable San Gabriel de Yaruquíes de la empresa EP- EMAPAR, pues se ha comprobado su adecuado funcionamiento y vida útil.
- ❖ Es necesario que se implemente el PLC para la recolección automatizada de datos de las variables presión, caudal y nivel de los procesos de captación, almacenamiento y distribución de agua, con el propósito de garantizar la obtención de información oportuna y disminuir los costos de personal. Para un mejor control del nivel de agua del tanque reservorio es conveniente utilizar un sensor ultrasónico.
- ❖ La implementación de la HMI es indispensable para la obtención de información en tiempo real sobre el estado general del sistema y el acceso oportuno para el control de variables.
- ❖ Es preciso generar una base de datos a partir de los reportes generados por el sistema SCADA a fin de tener un referente de problemas similares, así como de las acciones ejecutadas y sus resultados.
- ❖ Para garantizar que no se produzcan desabastecimientos ni pérdidas del líquido vital, así como para disminuir los costos de operación, incrementar la producción y satisfacer a los usuarios, es imprescindible el control adecuado y oportuno del sistema de distribución de agua de consumo humano.
- ❖ De acuerdo con los resultados de investigación se recomienda la implementación del Sistema SCADA propuesto, en la derivación Yaruquíes y otras similares, debido a que éste permite el adecuado monitoreo y control de los procesos; logrando que se tomen decisiones y se ejecuten operaciones técnicas oportunas para gestionar de manera adecuada y eficiente el recurso hídrico, minimizando desperdicios y fugas, reduciendo costos de operación, garantizando la repartición equitativa y oportuna del líquido vital y generando confianza en los usuarios respecto al servicio prestado por la EP-EMAPAR.
- ❖ Finalmente, este trabajo de investigación, se constituye en el punto de partida para el desarrollo de futuras investigaciones, como por ejemplo la creación de un sistema de mantenimiento preventivo en la red de alimentación de agua potable.

BIBLIOGRAFÍA

- Arregui, F., Cobacho, R., Cabrera, J., & Espert, V. (2011). Gestión Del Agua Urbana. *Journal of Water Resources Planning and Management*. ISSN: 0733-9496, 24-26.
- Bonilla, A. (2003). *Guía Tecnopyme. Fase II. Herramientas de Diseño e Ingeniería*. Zamudio.
- Chavarría, L. (2012). *Scada Systems & Telemetry*. México Distrito Federal: Atalantic International University.
- Comisión Nacional del Agua (CONAGUA), C. N. (2003). *Potabilización del Agua*. México Distrito Federal.
- Córdova, J. (23 de 03 de 2008). *Manual Técnico De Agua*. Recuperado el 01 de 06 de 2016, de <http://www.elaguapotable.com/Tratamiento%20de%20potabilizacion%20del%20agua%20%28Grupo%20TAR%29.pdf>
- Escalona, L., Espitia, M., & García, L. (2009). Descripción y Caracterización Del Sector De Agua Potable. *Revista Cayapa*. ISSN 1317-5734, 145-160.
- Foro Mundial del Agua. (2012). *Agenda del Agua de las Américas: Metas, soluciones y rutas para mejorar la gestión de los recursos hídricos*. Sexto Foro Mundial de Agua.
- Fragoso, L., Ruiz, J., & Juárez, A. (2013). Sistema para control y gestión de redes de agua potable de dos localidades de México. *Revista CIH*. ISSN 1680-0338, 112-116.
- González, J. (11 de 01 de 2012). *Guía en el Desarrollo de Sitios y Aplicaciones Web Dinámicas*. Recuperado el 02 de 06 de 2016, de <http://javiergs.dgproject.com/>
- Infante, J., & Ortiz, U. (2004). *Metodología científica*. México Distrito Federal: Compañía Editorial Continental.
- Kawasaki, R. (23 de 05 de 2016). *Kawasaki Robotics Home*. Recuperado el 23 de 05 de 2016, de <https://robotics.kawasaki.com/en1/products/robots/small-medium-payloads/RS003N/>
- Lallave. (23 de 05 de 2016). *www.lallave.com*. Recuperado el 23 de 05 de 2016, de <http://www.lallave.com/ec/linea/automatizacion-variadores-de-velocidad-y-control-electrico.html>





- MathWorks. (23 de 05 de 2016). *Accelerating the pace of engineering and science*. Recuperado el 23 de 05 de 2016, de <http://www.mathworks.com/company/newsletters/articles/modeling-complex-mechanical-structures-with-simmechanics.html>
- Matlab. (23 de 05 de 2016). *Math Works*. Recuperado el 23 de 05 de 2016, de <http://es.mathworks.com/products/matlab/>
- Mendiburu, H. (2006). *Instrumentación Virtual Industrial*. Lima: INDECOPI.
- Mendiburu, H. (2010). *Instrumentación Virtual Industrial*. Lima: Indecopi.
- Mendoza, M., & Barrios, J. (2004). Propuestas metodológicas para el desarrollo de aplicaciones Web. *Revista Ciencia e Ingeniería*. ISSN 1316-7081.
- Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2000). *Objetivos del Milenio*. New York: Organización de las Naciones Unidas.
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (PNUMA). (2012). *Perpectivas del Medio Ambiente Muncial GEO5. Medio ambiente para el futuro que queremos*. Panamá: Novo Art S.A.
- Rodríguez, A. (20 de 10 de 2013). www.books.google.com.ec. Recuperado el 01 de 06 de 2016, de Status Enterprise. Sistemas SCADA: http://www.books.google.com.ec/books/about/Subastas_de_m%c3%BBAltiples
- Roldan, D. (2005). *Comunicaciones Inalámbricas*. México Distrito Federal: Alfaomega.
- Secretaría de Planificación y Desarrollo (Semplades). (2013). *Plan Nacional del Buen Vivir 2013-2017*. Quito.
- Siemens. (2014). S7-1200 MANUAL DEL SISTEMA. A5E02486683-AG, 23-34. Recuperado el 06 de 2016
- Silberschatz, A., Galvin, P., & Gagne, G. (2013). *Operating Sistem Concepts. 9na Ed.* New York: Pearson.
- Tomassi, W. (2005). *Sistemas de Comunicaciones Inalámbricas*. México Distrito Federal: Alfaomega.

Transductores, sensores y captadores. (13 de 05 de 2010). Recuperado el 01 de 06 de 2016, de <http://www.juanteandalucia.es/TRANSDUCTORES,%20SENSORES%20Y%20CAPATADORES.pdf>.

Trujillo, E., Martínez, V., & Flores, N. (2008). Ajuste del Equilibrio Químico del Agua Potable con Tendencia Corrosiva por Dióxido de Carbono. *Información Tecnológica*, 89-91.

ANEXOS

ANEXO A: COTIZACIÓN SENSOR DE PRESIÓN

		Departamento de Ventas							
Solution Partner Automatismos				www.inaselecuador.com					
Jorge Juan N32-24 y Av. Mariana de Jesús Teléfonos: 2504423 / 2905464 / 2565487 Fax: 2565468 Quito -Ecuador				<table border="1"> <tr> <td>FECHA:</td> <td>01/08/2017</td> </tr> <tr> <td>OFERTA No:</td> <td>1420FA</td> </tr> </table>		FECHA:	01/08/2017	OFERTA No:	1420FA
FECHA:	01/08/2017								
OFERTA No:	1420FA								
COTIZACIÓN									
Cliente:									
Atención:			RUC:						
Dirección:			e-mail:						
A continuación nos es grato presentarle nuestra mejor propuesta para el suministro de los siguientes materiales									
ITEM	CANT	DESCRIPCIÓN	PRECIO	DESC.	TOTAL				
1	1	SENSOR DE PRESION 0-10 BAR P T-010-0EG14-A-ZVG/UB/ /W	298,00	20%	238,40				
2	1	CABLE CONECTOR HEMBRA 75506 - 5 302/040-050 M12 4POLOS SMT	43,00	20%	34,40				
									
TIEMPO DE ENTREGA:		24 HORAS PREVIA ORDEN DE COMPRA		SUBTOTAL					
				272,80					
				IVA 14%					
				38,19					
FORMA DE PAGO:		CONTADO		TOTAL					
				310,99					
VIGENCIA DE LA OFERTA:		15 DIAS							
NOTAS			Realizado por:						
1 El tiempo de entrega ofertado se hace efectivo a partir de la fecha de recibida la orden de compra.			Fernando Ayala						
2 No incluye instalación, cableado en sitio o acometidas no indicadas			Asesor Técnico Comercial						
3 Se recomienda la instalación de las protecciones adecuadas para el equipo.			ventas@inaselecuador.com						
4 La funcionalidad y alcances del programa de control deben quedar definidos			Cel: 0994592969 Claro						

ANEXO B: OFERTA TÉCNICA DE MEDIDOR DE FLUJO

FOR ALL KINDS OF INDUSTRIAL & SPECIAL OILFIELD PROJECTS

Mayra_Siza@energypetrol.net

CLIENTE:

DEP/ATT:

DIRECCION: QUITO

TELFAX:

REF: FLUJOMETRO ELECTROMAGNETICO

OFERTA

OF-16-084 A

TECNICA

ITEM	DESCRIPCION	P/N	UNID.	CANT.	TIEMPO DE ENTREGA	MARCA ORIGEN
1	<p>SITRANS F M MAG 3100 Diameter : DN200, 8 Inch Flange norm / Pressure rating: ANSI B16.5, Class 300 Flange Material and Coating :Carbon steel flanges ASTM A 105, 150micron coating. Liner Material : EPDM. Electrode Material: AISI316 TI. Transmitter: MAG 6000 Industry std., die cast aluminium enclosure, painted 18 - 90V DC, 115 - 230V AC. Communication: HART. Cable gland/ Terminal Box: 1/2 Inch NPT Polyamid Terminal or 6000 I compact. Pressure testing certificate PED: 97/23/EC. 5-point calibration (20%, 40%, 60%, 80%, 100% of factory Qmax) , for DN15 - DN200</p>	7ME6310-4PK12-1CB2-ZC01+D01+Y17	EA	1	12 SEMANAS	SIEMENS FR
2	<p>SITRANS F M MAG 3100 Diameter : DN250, 10 Inch Flange norm / Pressure rating: ANSI B16.5, Class 300 Flange Material and Coating :Carbon steel flanges ASTM A 105, 150micron coating. Liner Material : EPDM. Electrode Material: AISI316 TI. Transmitter: MAG 6000 Industry std., die cast aluminium enclosure, painted 18 - 90V DC, 115 - 230V AC. Communication: HART. Cable gland/ Terminal Box: 1/2 Inch NPT Polyamid Terminal or 6000 I compact. Pressure testing certificate PED: 97/23/EC. 5-point calibration (20%, 40%, 60%, 80%, 100% of factory Qmax) , for DN15 - DN200</p>	7ME6310-4VK12-1CB2-ZC01+D02+Y17	EA	1	12 SEMANAS	SIEMENS FR

NOTAS:

EN CASO DE ADJUDICACION PARCIAL ENERGYPETROL SE RESERVA EL DERECHO DE ACTUALIZAR LA OFERTA.

ANEXO C: ARTÍCULO CIENTÍFICO