Diseño e implementación de un prototipo de telemetría en la red de distribución de agua potable del Distrito Metropolitano de Quito sector sur oriental

Viteri Veloz Paulo Augusto
paulovitve@hotmail.com

Facultad de Ingeniería Electrónica, Escuela Politécnica del Ejercito
Av. El Progreso S/N, Sangolquí, Ecuador

Resumen: *El presente proyecto fue desarrollado en la Unidad de Mantenimiento Electromecánico del Departamento de Distribución (UMED), perteneciente a la Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento (EPMAPS), el cual se fundamentó en el estudio y diseño de una red de datos que permita integrar cuatro estaciones de bombeo y siete tanques de distribución ubicados en el sector sur oriental de Quito hacia el actual Sistema SCADA Alpahuasi, con el fin de brindar soluciones que permitan monitorear la red de distribución de una forma eficiente.*

Inicialmente se realizó el levantamiento de información correspondiente a cada estación (Posicionamiento geográfico, estudio de factores climáticos y estudio de nivel de ocupación del espectro radioeléctrico para cada punto).

Posteriormente se realizó el análisis, estudio y diseño de una red inalámbrica de comunicación que permita integrar las once estaciones asignadas hacia el sistema SCADA Alpahuasi, utilizando un software gratuito denominado RadioMobile, donde se determinó factibilidad de implementar el diseño de red propuesto.

Finalmente se procedió a la implementación de un prototipo de telemetría a través del enlace de dos estaciones remotas hacia la ubicación del actual servidor SCADA Alpahuasi. Se realizó la adquisición de datos correspondientes a las variables de caudal y nivel, transmitidas desde cada estación remota hacia un servidor de pruebas cuya interfaz HMI fue diseñada en la versión de prueba del software Intouch 9.5 para visualizar el valor de dichas variables.

Introducción

La EPMAPS es una entidad pública, operativa, administrativa y financiera, encargada del procesamiento, gestión y distribución de agua potable. Inició desde el año de 1913 con la construcción de una planta de tratamiento ubicada en el sector "El Placer", abasteciendo de agua a todos los pobladores que habitaban la ciudad de Quito en esa época.

Debido al incremento poblacional actual ha sido necesario integrar nuevas fuentes de agua cruda para su potabilización y sistemas electromecánicos que permitan abastecer de agua potable a poblaciones ubicadas en zonas de gran altura e incluso a parroquias cercanas a la ciudad.

Como se puede notar la red de distribución a sido ampliada de una forma muy acelerada por lo que requiere de una gestión eficiente. Por esta razón la EPMAPS ha decidido crear la Unidad de Mantenimiento Electromecánico, perteneciente al

departamento de Distribución, encargada de los mantenimientos preventivos, correctivos y emergentes de cada uno de los elementos que conforman la red de distribución y de la búsqueda de soluciones que permitan mejorar el monitoreo de los subprocesos generados en el proceso de distribución para evitar desperdicio de agua potable en la fase de abastecimiento, daños en los sistemas electromecánicos y riesgos accidentes al personal técnico.

Red de distribución de agua potable

La arquitectura de la red de distribución de agua potable está compuesta por varios elementos, los más importantes para el desarrollo este proyecto se detallan a continuación:

Líneas de transmisión.- canalizaciones edificadas bajo tierra que cumplen con la función de transportar agua potable hacia toda la ciudad de Quito y sus alrededores.

Tanques de distribución.- son estructuras civiles edificadas en zonas de gran altura, su función principal es el almacenamiento y abastecimiento directo de agua potable a poblaciones aledañas a su ubicación.

Estaciones de bombeo.- similar al anterior elemento a diferencia que cuenta con una línea salida adicional para abastecer de agua potable a los tanques de distribución ubicados en lugares de mayor altura por medio de un sistema de bombeo.

Pozos.- son excavaciones profundas generadas para extraer agua cruda desde vertientes subterráneas o acuíferos a través de procesos de bombeo.

El proceso de distribución de agua potable inicia desde el momento que el agua se encuentra potabilizada y almacenada un tanque de gran volumen ubicado en cada planta de tratamiento. El proceso de distribución se lo realiza por tres métodos, el primero denominado método de gravedad cuando una estación abastece a otra ubicada en una zona de menor altura, el método de vasos comunicantes cuando una estación abastece a otra ubicada en zonas de similar altura y el método por bombeo donde se utiliza equipo electromecánico para el abastecimientos de tanques ubicados en zonas de gran altura. La figura 1 muestra los tres métodos para abastecer de agua potable a todos los elementos que conforman la red de distribución.

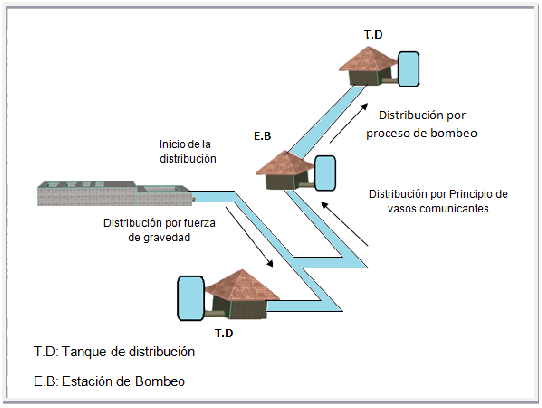


Figura 1. Proceso de distribución

Sistema SCADA

La denominación SCADA es el acrónimo derivado de Supervisory Control And Data Acquisition, (Supervisión, Control y Adquisición de Datos), es una aplicación de software que permite supervisar y controlar datos de variables que actúan en procesos remotos. Son comúnmente utilizados en industrias donde los procesos de control son complejos o se encuentran dispersos geográficamente como es el caso de las empresas encargadas del control de oleoductos, redes de distribución de agua potable, sistemas de transmisión de energía eléctrica, yacimientos de gas y petróleo, redes de distribución de gas

natural, generación energética, entre otros.
El término SCADA permite combinar la telemetría con la adquisición de datos, recolectando información generada por varias fuentes y siendo mostrada en un entorno gráfico (HMI) muy amigable para el administrador. A través del entorno gráfico se puede visualizar, analizar y controlar el comportamiento de todas las variables que actúan en los procesos generados en cada punto remoto adherido al sistema.

La estación que almacena toda la información del sistema se denomina Unidad Central o MTU (Master Terminal Unit), encargada de ejecutar las acciones de mando en lenguaje de alto nivel, además de almacenar y generar bases de datos del comportamiento de cada estación remota. En esta unidad se encuentra la interfaz de operador.

Las estaciones que forman parte de un sistema SCADA se denominan Unidades Remotas o RTU (Remote Terminal Unit) las cuales pueden estar ubicadas localmente con la unidad central o dispersas geográficamente.

En el desarrollo de este proyecto las estaciones remotas se encuentran alejadas de la ubicación de la Unidad Central, por tal razón ha sido necesario plantear un diseño de red de datos que permita integrar cada estación asignada al sistema SCADA Alpahuasi.

Estudio y diseño de red la de datos

Actualmente la UMED se encuentra a cargo del mantenimiento y control de 46 puntos remotos entre tanques de distribución y estaciones de bombeo ubicados en el sector sur oriental de la ciudad de Quito, 6 estaciones se encuentran formando el actual sistema SCADA Alpahuasi, 11 estaciones han sido seleccionadas para integrarse en un futuro a dicho sistema SCADA, cuya análisis se lo realizó en el desarrollo de este proyecto y las restantes aun se encuentran controladas de forma manual.

Las once estaciones asignadas para integrarse al actual sistema SCADA Alpahuasi son:

Tanque de distribución Chiriyacu Bajo

Estación de bombeo Chiriyacu Alto

Estación de bombeo Chiriyacu Medio

Tanque de distribución Forestal Bajo

Tanque de distribución Forestal Medio

Estación de bombeo Forestal Alto

Estación de bombeo Ferroviaria Alto

Tanque de distribución Guajaló Bajo

Tanque de distribución Guajaló Medio

Tanque de distribución Guajaló Alto

Tanque de distribución San Bartolo

Inicialmente se procedió a realizar las visitas técnicas a cada una de las estaciones asignadas con el fin de realizar el posicionamiento geográfico correspondiente a cada estación, el tipo de clima existente, el equipamiento disponible por estación y el nivel de ocupación del espectro radioeléctrico dependiendo de la ubicación de cada punto.

Para iniciar con el diseño de la red de datos fue necesario determinar el número de aplicaciones que cursarán por dicha red con el fin de garantizar QoS en cada una de ellas.

En total cursarán tres tipos de aplicaciones detalladas a continuación:
Correo electrónico.- utilizado por los operadores de cada estación, quienes lo utilizarán para enviar documentación formal requerida por las autoridades, informes de los imprevistos que se generen en el día y documentos adjuntos relacionados con el comportamiento de cada estación no integrada a un sistema SCADA.

Para determinar la capacidad requerida por esta aplicación se realizó una encuesta interna con el personal técnico y administrativo con el fin de determinar el número de correos que se transmiten por hora. Los resultados obtenidos muestran que una persona puede transmitir hasta cuatro mails por hora. Adicionalmente se estimo el tamaño máximo de un correo electrónico con el valor de 5 MB. Por lo tanto la capacidad requerida para esta aplicación es de 45 Kbps.

VoIP.- comunicación inmediata entre operadores de cada estación y autoridades, para informar acerca de inconvenientes que necesitan ser solucionados urgentemente o simples requerimientos pueden solucionarse a través de una llamada telefónica.

Si se estima utilizar el códec G711 se requiere de una ancho de banda de 64 Kbps pero como la comunicación es full dúplex el canal será doblegado en su valor, por lo tanto la capacidad requerida para esta aplicación es de 128 Kbps.

Adquisición de datos.- para determinar la capacidad requerida por esta aplicación fue necesario implementar una red de prueba, tal como se muestra en la figura 2, para transmitir señales analógicas y digitales desde un PLC hacia un ordenador que actúa como servidor SCADA. Además se ha utilizado el demo de un programa analizador de red denominado PRTG Network Monitor para verificar detalladamente el ancho de banda requerido por esta aplicación.

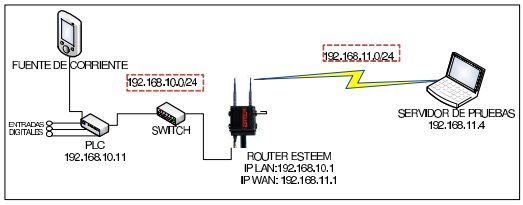


Figura 2. Red de prueba

Los valores obtenidos mostrados en la figura 3 muestran que una variable de control transmitida desde un punto remoto hacia el servidor requiere de un ancho de banda mínimo de 5 Kbps. Como se transmitieron dos señales analógicas y dos digitales la capacidad requerida para esta aplicación será de 20 Kbps.

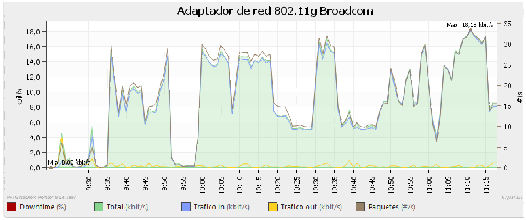


Figura 3. Resultados obtenidos

La capacidad total requerida por cada estación para soportar estas tres aplicaciones es de 308 Kbps. Realizando el análisis de escalabilidad de la red se ha estimado que un punto puede actuar como repetidor de máximo cinco estaciones, por lo tanto el ancho de banda requerido como reserva para su futura escalabilidad es de 1848 Kbps.

A través de las estimaciones realizadas en el diseño ha sido necesario especificar estos dos tipos de redes detallados a continuación:

Red de ampliación.- representa a las estaciones que comunicarán con una estación ya integrada a un SCADA para su retransmisión hasta el servidor,

operará en la banda de 2,4 o 5,8 GHz. Soporta máximo los datos de cinco estaciones.

Red de transporte.- Es la red que interconecta a las once estaciones asignadas hasta el servidor SCADA Alpahuasi y que servirá de apoyo para reenviar la información proporcionada por las estaciones aun no asignadas, operará en la banda de 2,4 GHz o 5,8 GHz dependiendo de la ubicación de cada estación.

A través de los estudios realizados en el uso de cada aplicación y el número de conexiones simultáneas se determinó que la capacidad requerida para la red de ampliación es aproximadamente de 3 Mbps y 24 Mbps para la red de transporte.

Continuando con el diseño de la red de datos que comunicará las once estaciones con el servidor SCADA Alpahuasi se procedió a realizar el estudio de radio enlaces utilizando el software de uso libre denominado Radio Mobile y considerando las siguientes condiciones de diseño:

✓ La red de transporte se conformará únicamente con enlaces punto – punto.

✓ Atenuaciones de 2.5 dB de la señal debido a desacople de impedancias y 2 dB/m debido a las impurezas existentes en el cable que conecta la antena con el dispositivo de radiocomunicación.

✓ Todo enlace deberá estar configurado en las frecuencias ISM señaladas anteriormente.

✓ Configurar estáticamente cada canal de transmisión para evitar interferencia cocanal.

✓ La separación entre antenas instaladas en una misma torre será de dos metros para evitar interferencias dispositivos de la misma red.

✓ Cumplir con la "*Norma Para la Implementación y Operación de Sistemas de Modulación Digital de Banda Ancha*" emitida por el CONATEL.

✓ El nivel de recepción será superior a 12dBi del nivel mínimo de sensibilidad del receptor con el fin de garantizar calidad en la señal de cada enlace.

Los resultados del diseño de red se muestran en la figura 4, donde se puede visualizar interconexión entre cada una de las estaciones para comunicarse con la Unidad Operativa Centro Ciudad (UOCC), lugar donde se encuentra operando el servidor SCADA Alpahuasi.

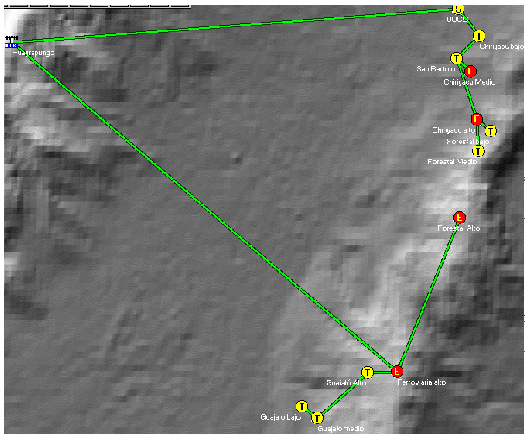


Figura 4. Diseño de red de datos.

Debido a que la red dispone de enlaces de larga distancia y garantiza escalabilidad se ha configurado esquema de red segmentado con el fin de optimizar el ancho de banda a través de la división de dominios de broadcast, garantizar QoS en las aplicaciones que la requieran y generar una administración eficiente con respecto al acceso de clientes y dispositivos a la red.

Se requiere máximo de 10 direcciones IP por red LAN (Incluido direcciones de reserva) y dos direcciones IP para la red WAN (enlaces punto - punto).

Para el direccionamiento de redes LAN se ha seleccionado la dirección de red 192.168.10.0 con una máscara de red de de 4 bits para host. Se tomo en cuenta el escalamiento de las 29 estaciones aun no asignadas, con el fin de mantener un orden en cuanto a la asignación de direccionamiento IP.

Para el direccionamiento de redes WAN se ha iniciado con la dirección de red 192.168.13.0 con una máscara de red de 2 bits para host.

Se requiere que los dispositivos de radio comunicación que conformen la red WAN soporten configuración de enrutamiento estático para la generación manual de las tablas de enrutamiento.

En el análisis económico se ha determinado tres tipos de costos de suma importancia para la implementación de este proyecto.

El primero es el costo por diseño que consiste en el costo por el levantamiento de información, estudio y diseño de la red de datos.

El segundo es el costo de equipos que consiste en determinar el valor de todos los equipos que se requieren para levantar la red de datos.

El tercero es el costo de mano de obra que se requiere para implementar la red de datos.

En la tabla 1 se aprecia el costo total del proyecto de implementación para integrar las once estaciones asignadas al sistema SCADA Alpahuasi, incluido el valor de infraestructura requerida en cada estación y el valor único de los elementos que conformarán tanto la red LAN de cada estación como la red WAN.

Tabla 1. Costos de implementación

ITEM	DETALLE	VALOR (USD)
1	Estudio y diseño de red de transporte	$ 5000,00
2	Implementación de sistema de comunicación	$ 29354,14
3	Infraestructura	$ 36500,00
4	Implementación Red LAN	$ 32532,46
	SUBTOTAL (INCLUYE INFRAESTRUCTURA)	$ 103386,60
	SUBTOTAL (NO INCLUYE INFRAESTRUCTURA)	**$ 66886,60**
	IVA 12% (INC. INFRAESTRUCTURA)	$ 12406,39
	IVA 12% (NO INC. INFRAESTRUCTURA)	$ 8026,39
	TOTAL INC. INFRAESTRUCTURA	$ 115792,99
	TOTAL NO INC. INFRAESTRUCTURA	**$ 74912,99**

En la "Justificación e importancia" para el desarrollo de este proyecto se mencionó acerca del déficit económico anual que genera el caudal de agua potable desperdiciado en el proceso de su distribución debido a posibles desbordes en los tanques de distribución, roturas de tuberías o por fallas humanas generadas en el monitoreo local de cada estación. Los estudios realizados por las consultoras demostraron que el valor de caudal desperdiciado en 100 tanques no automatizados en el proceso de distribución se aproxima a 235 l/s, si tomamos estos valores y calculamos para las once estaciones asignadas se obtiene un valor aproximado de 3 l/s, si el costo del metro cúbico de agua potable es de $0.50 visualizado para un año se obtiene un déficit de $40586.63, por lo tanto aproximadamente en un periodo de dos años se solventaría el valor de implementación de este proyecto y a partir del tercer año se obtendría ganancia neta para la empresa.

Prototipo de telemetría

Para demostrar la factibilidad del proyecto se requirió implementar un prototipo de telemetría seleccionando dos de las once estaciones asignadas y comunicándolas hacia el servidor de SCADA Alpahuasi. Cabe mencionar que la red inalámbrica implementada se ha denominado "Red de Pruebas" y se diseñado únicamente para transmitir la aplicación de adquisición de datos.

Las dos estaciones seleccionadas fueron la estación de bombeo Chiriyacu Alto y al tanque de Distribución Forestal Medio debido a que disponen de la infraestructura y los dispositivos requeridos para generar el prototipo.

En total se requirieron de dos enlaces para comunicar las dos estaciones con el servidor, tal como se muestra en la figura 5.

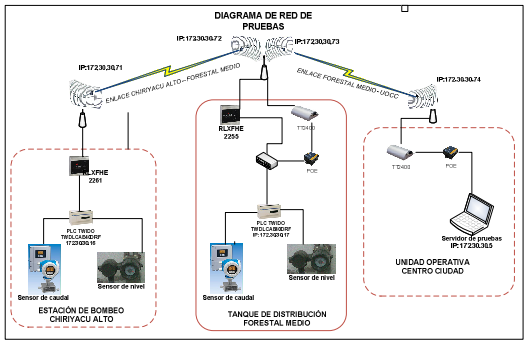


Figura 5. Diagrama de Red de Pruebas

El primer enlace interconecta a la estación de bombeo Chiriyacu Alto con el tanque de distribución Forestal Medio, donde se utilizó equipos de radio comunicación que operan en la banda de 2.4 GHz, con antenas directivas de 24 dBi de ganancia y potencia de transmisión de 23 dBm. El segundo enlace interconecta el tanque de distribución Forestal Medio con la UOCC, donde se utilizó dispositivos de radio comunicación que operan en la banda de 2.4 GHz, con antenas directivas externas de 24 dBi de ganancia y potencia máxima de transmisión equivalente a 200 mW.

Posteriormente se realizaron las respectivas pruebas de conectividad, rendimiento y capacidad de la red, obteniéndose resultados de 99.6% de disponibilidad en la red, 16ms de latencia en la transmisión de datos y $4{,}44\ x\ 10^{-4}$ de BER. A través de los resultados obtenidos se puede determinar la factibilidad de transmitir la aplicación de Adquisición de datos sobre la Red de Pruebas.

Una vez que se ha comunicado las dos estaciones mencionadas anteriormente con la UOCC se procedió con el diseño e implementación de una interfaz HMI desarrollada en la versión demo del software Intouch 9.5, con el fin de visualizar los valores de caudal, nivel y estado de alarmas correspondientes a cada estación.

Para iniciar con el desarrollo de la interfaz gráfica del servidor de pruebas se han tomado en cuenta las siguientes consideraciones de diseño:

✓ En la aplicación HMI se deberá visualizar los valores de nivel, caudal de distribución y alarmas de desborde, vaciado de tanque, y caudal mínimo, correspondientes a cada estación.

✓ Los valores de las variables de control visualizadas en la interfaz gráfica deberán ser del tipo flotante (al menos dos cifras decimales). Las unidades de medición de caudal serán en litros por segundo y metros para la medición de nivel.

✓ El diseño deberá ser comprensible gráficamente para facilitar las .gestiones de administración.

✓ La pantalla de visualización deberá mostrar el diagrama general del proceso

con el valor de las variables en tiempo real.

✓ Se utilizará el protocolo de comunicación Modbus TCP/IP en la adquisición de datos desde el punto remoto hacia el servidor.

A través de las consideraciones de diseño mencionadas anteriormente se realizó la interfaz gráfica que se muestra en la figura 6, donde se puede visualizar que los avisos de alarma se encuentran en la parte izquierda de la pantalla, los objetos que simulan al sensor de caudal se encuentran instalados en la red de distribución y en la parte interna de cada tanque se ha instalado un panel operador que permite visualizar el valor de nivel de forma gráfica y numérica.

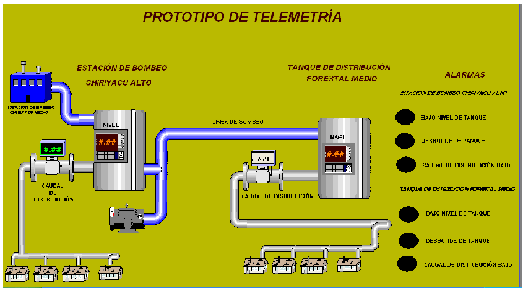


Figura 6. Diseño de interfaz gráfica

Ahora para visualizar cada variable de control en la interfaz HMI (Human Machine Interface), es necesario configurar las entradas de comunicación, crear un tagname por variable y programar gráficamente cada objeto a través de los enlaces de animación que contiene el software Intouch 9.5.

Tabla 2. Entradas de comunicación

ESTACIÓN	ACCESS	APPLICATION NAME	TOPIC NAME
CHIRIYACU ALTO	PLCCA	DASMBTCP	PLCCA
FORESTAL MEDIO	PLCFM	DASMBTCP	PLCFM

La tabla 2 muestra los campos de configuración requeridos para habilitar la comunicación entre el servidor de comunicación, los dispositivos PLC y el servidor.

Se requiere crear en total tres tags de naturaleza digital para la visualización de alarmas y dos tags de naturaleza de analógica para la adquisición de variables como caudal y nivel, en total cinco tags por estación.

Cada tag deberá apuntar a un registro interno del PLC, donde se almacenará la información de cada variable de control. Adicionalmente este tag deberá ser configurado en el respectivo objeto de la interfaz HMI con su respectivo enlace de programación.

Cabe mencionar que Intouch opera con servidores de comunicación externos, para el desarrollo de este proyecto se ha utilizado el servidor denominado DASERVER con el driver del protocolo de comunicación ModbusTCP. Dentro del servidor fue necesario configurar los campos que se muestran en la tabla 3.

Tabla 3. Servidor de comunicación

SERVIDOR DE COMUNICACIÓN	PARÁMETROS	CHIRIYACU ALTO	FORESTAL MEDIO
DASERVER MBTCP	Dirección de red	172.30.30.16	172.30.30.17
	Puerto de comunicación	502	
	Device group	PLCCA	PLCFM
	Intervalo de muestra	1000ms	

Una vez finalizado la programación y configuración en la interfaz HMI y el servidor de comunicación se procede a la instalación y configuración de los dispositivos PLC en cada estación.

El PLC deberá cumplir la función de extraer el valor de cada variable y el estado de cada alarma, almacenar esta información en palabras y bits de memoria y transmitirla hacia el servidor de pruebas.

Para el desarrollo del presente proyecto se ha utilizado dos PLC cuyo fabricante es Schneider Electric, en la serie Twido, modelo TWDLCAE40DRF el cual dispone de 20 entradas y 20 salidas digitales, puertos de comunicación RS485, Ethernet y un módulo de expansión utilizado para insertar una tarjeta de dos entradas analógicas de corriente, útiles para la conexión de los sensores de nivel y caudal.

Finalmente se ejecuto el programa y se visualizaron los valores de cada variable en la interfaz HMI del servidor de pruebas. Adicionalmente se realizaron comparaciones entre los valores mostrados en la interfaz HMI y el valor de cada variable visualizada localmente.

A través de los resultados obtenidos se puede determinar que los valores obtenidos de las variables correspondientes a cada punto remoto son verdaderos y confiables.

Conclusiones

✓ Se ha diseñado una red de telecomunicaciones inalámbricas que permita la comunicación entre las once estaciones pertenecientes a la red de distribución de agua potable de la EPMAPS, ubicadas en el sector sur oriental de la ciudad de Quito, verificando su correcto funcionamiento y operación de acuerdo a los requerimientos de la información a transmitir.

✓ Se ha levantado información referente al posicionamiento geográfico, infraestructura y facilidades que presentan las once estaciones que forman parte del sistema SCADA Alpahuasi.

✓ El estudio y diseño de la red de datos fue realizada en el software de uso gratuito denominado Radio Mobile. Los resultados obtenidos en la simulación muestran un diseño óptimo, con alto rendimiento y calidad en la conectividad.

✓ Para determinar la tecnología inalámbrica que soporte los requerimientos de diseño se realizó el estudio del análisis de tráfico correspondiente al trouhghput requerido en la red, el posicionamiento geográfico de cada punto remoto y el nivel de ocupación del espectro radioeléctrico por otros usuarios en las bandas ISM.

✓ Implementar este proyecto representa un ahorro a largo plazo con respecto al déficit obtenido anualmente por el desperdicio de agua potable que afecta tanto a la EPMAPS como al país y que se calcula en USD $ 40.586,83.

✓ Para verificar el comportamiento de la red diseñada, se implementó una red inalámbrica de pruebas asociada a un prototipo de telemetría entre la estación de bombeo Chiriyacu Alto y el tanque de distribución Forestal, obteniendo datos reales que permitieron verificar el desempeño de la Red.

✓ Se ha diseñado un prototipo de la interfaz HMI en Intouch 9,5 versión demo, para la adquisición de datos remotos, con el fin de visualizar el comportamiento de nivel, caudal y las respectivas alarmas correspondientes a las dos estaciones que conforman la Red de Pruebas.

✓

Recomendaciones

✓ A través del desarrollo de este proyecto se determinaron los beneficios que obtiene la empresa centralizando la información de los procesos generados en la red de distribución, por lo tanto se recomienda realizar el mismo estudio de

ingeniería para integrar las estaciones restantes a un sistema SCADA.

✓ Asignar un administrador de la red, que sea capaz de mantener un orden adecuado en la escalabilidad de la red, creación de subredes, asignación de direcciones IP y generación de informes que indiquen el comportamiento de las variables de control. También estará a cargo del control de mantenimientos preventivos, emergentes y correctivos de todos los dispositivos de control y radiocomunicación, con el fin de brindar soluciones a los posibles problemas que se presenten en el sistema y a la vez dar mayor vida útil a los dispositivos.

✓ Previo a la implementación de la red de datos se recomienda obtener un permiso otorgado por las respectivas autoridades de la EPMAPS, donde se permita modificar la interfaz HMI del servidor que se encuentra en operación, para visualizar datos referentes a nivel y caudal de las nuevas estaciones asignadas a integrarse al sistema SCADA Alpahuasi. Adicionalmente se requiere realizar la compra de licencias del software de programación gráfica para visualizar las variables de control en la interfaz HMI del servidor SCADA.

Referencias

[1] C. LOTTI & ASSOCIATI S,"Modelación Hidráulica de los Principales Sistemas de Distribución de Agua Potable de la Ciudad de Quito", Octubre 2007.

[2] Misión y visión de la EPMAPS, www.emaapq.gob.ec, 25 de Noviembre del 2011.

[3] C. LOTTI & ASSOCIATI S," Diseño y elaboración de bases de licitación para el suministro e instalación y servicio de mantenimiento del sistema de telemetría y telecontrol para el sistema de distribución de agua potable de Quito", Diciembre 2010.

[4] Ariza, Alfredo, Diagnóstico técnico, Taller de Agua no Contabilizada, 14 de Marzo del 2000.

[5] Peña Macanchit, Diego Hernán, Tesis, "Diseño e implementación del sistema de alarmeros inteligentes para las estaciones del Sistema Papallacta Integrado de la EMAAP-Q", Sangolquí 2007.

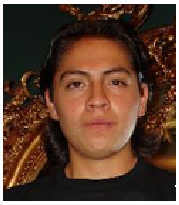
[6] Chavarría, Luis, SCADA System´s & Telemetry, 13 de Octubre del 2007.

[7] Mackay, Steve, *Practical Industrial Data Networks: Design*, Installation and Troubleshooting, primera edición, editora ELSEVIER, Gran Bretaña 2004.

[8] Parzaile, Lydia, *TCP/IP Tutorial and Technical Overview,* octava edición, IBM, United States Diciembre 2006.

[9] Wonderware Training, *Intouch HMI 9.5 Fundamentals of Application Development Course,* Training Manual, Revision E, Febrero 2006.

Biografía



Paulo Augusto Viteri Veloz nace en Quito el 5 de Enero de 1987. Realizo sus estudios primarios en la escuela Estados Unidos de N.A. Curso la secundaria en el colegio COTAC graduándose con la especialidad de Físico Matemático. Continúo el estudio superior en la Escuela Politécnica del Ejército, donde obtuvo el título de Ingeniero Electrónico especialidad en Telecomunicaciones, desarrollando como proyecto de tesis un prototipo de telemetría en la red de distribución de agua potable en el sector sur oriental de Quito.