

DISEÑO DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA INALÁMBRICO PARA AUTOMATIZAR LA LECTURA DE CONSUMOS EN LOS MEDIDORES DE AGUA



AUTOR

Edinson Ballesteros Corzo
Ingeniero Electrónico
Investigador del grupo CEMOS UIS
edinball@hotmail.com
COLOMBIA

AUTOR

Carlos Rodrigo Correa Cely, PhD
Doctor en ciencias en polímeros e Ingeniería y
Postdoctor
Profesor titular de la Universidad Industrial de
Santander
Director del grupo CEMOS (Control electrónico
Modelado y Simulación - UIS
crcorrea@uis.edu.co
COLOMBIA

AUTOR

Lisa Saavedra Moreno
Ingeniera Electrónica
MI(C). Maestría en Ingeniería, área Electrónica
Investigador del grupo CEMOS (Control
electrónico Modelado y Simulación - UIS
lisaasaavedra@hotmail.com
COLOMBIA

AUTOR

Oscar M. Reyes Torres
Ingeniero Electrónico y Magíster en Ingeniería,
Área Electrónica
Profesor Asistente
Omreyes@uis.edu.co
COLOMBIA

Fecha de Recepción del Artículo: Abril 24 de 2007
Artículo Tipo 1

Fecha de Aceptación del Artículo: Junio 15 de 2007

RESUMEN.

Este artículo presenta los resultados del diseño y desarrollo de un sistema de telemetría, que envía de forma inalámbrica la lectura de los consumos de los medidores de agua (datos simulados) a través de la red Global System for Mobile communications/General Packet Radio Service (GSM/GPRS), implementada por los tres operadores celulares existentes en Colombia: Tigo, Movistar y Comcel. Este servicio ofrecido tiene la particularidad de hacer uso de Internet en donde por medio de un servidor se implementa una serie de aplicaciones que permiten recibir, almacenar y procesar la información en una base de datos, que pueda ser vista desde cualquier parte del mundo mediante una página Web.

Este trabajo se centra sólo en la etapa de transmisión/recepción de datos que hace parte del proyecto de maestría "DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE UN SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA AUTOMATIZAR LOS PROCESOS DE LECTURA EN LOS MEDIDORES DE AGUA CON TRANSMISIÓN MAGNÉTICA", por lo cual no se realiza la digitalización de los medidores mecánicos (analógicos) existentes.

Adicionalmente como verificación al buen funcionamiento del diseño de este sistema se presentan los resultados obtenidos de las pruebas realizadas con este tipo de transmisión, haciendo uso de un Modem y realizando envíos de información simulada hasta el elemento de visualización final como lo es la página de Internet.

PALABRAS CLAVE

Red celular
Telemetría
MODEM
GSM/GPRS
Servidor
Base de Datos

ABSTRACT

This article presents experimental results related to the design and development of a telemetry system, that sends the reading of the consumptions of water measures (simulated data) through the Global network for System communications/General Mobile Packet Radio Service (GSM/GPRS), implemented by the three existing cellular

operators in Colombia: Tigo, Movistar and Comcel. This service has the particularity to make use of Internet where by means of a series of applications allows to receive, store and process the information in a data base. This information can be seen from any part of the world through a Web Page.

This work is centered only in the stage of transmission/reception of data that is part of a master project "DESIGN and CONSTRUCTION OF A TELEMETRY SYSTEM TO AUTOMATE the PROCESSES OF READING IN THE WATER MEASURES WITH MAGNETIC TRANSMISSION", thus digitalization of the mechanical measurers (analogical) is not considered.

Additionally, as a verification of operation, results obtained with this type of transmission using a modem and sending simulated information to the webpage, are presented.

KEYWORDS

Cellular Network
Telemetry
MODEM
GSM/GPRS
Server
Data base

INTRODUCCIÓN

En los últimos años, los sistemas inalámbricos se han desarrollado ampliamente en todo el mundo y con ello el negocio de las comunicaciones se ha vuelto cada vez más rentable; esto ha hecho que los diseñadores consideren diversas alternativas en la automatización de procesos industriales o empresariales haciendo uso de ellas.

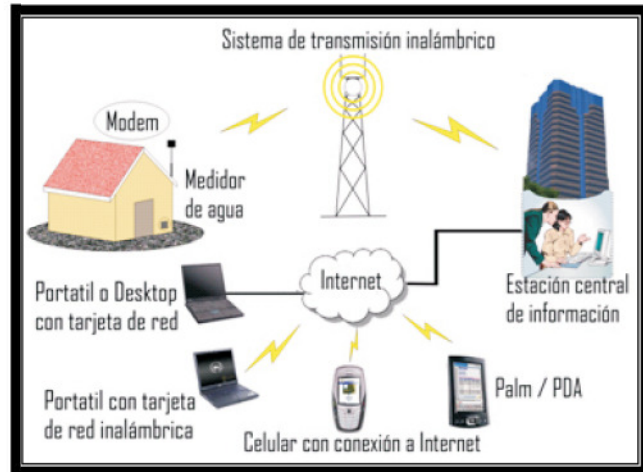
La telemetría inalámbrica consiste en la recolección y transmisión, de las mediciones de algún proceso, hasta una central de información en donde los datos son analizados, almacenados, procesados y visualizados. Estos sistemas ofrecen una alternativa disponible para la automatización de los procesos de medición en entornos poco accesibles o en los que la toma de datos se torne difícil, lo cual incrementa los costos económicos para la empresa. Entre los ejemplos más comunes de telemetría están el sensado y envío de las mediciones de temperatura de una caldera industrial o también para la ubicación de camiones, entre otras.

Actualmente en Colombia, la recolección de las lecturas en los medidores de agua se hace de forma manual por parte de uno o dos empleados, que van casa por casa anotando estos datos, para luego llevarlos a una estación central de información; este procedimiento puede ser engorroso, lento y con errores humanos, que pueden acarrear pérdidas para la empresa prestadora del servicio o para los usuarios, lo cual genera la necesidad de crear un sistema que automatice dicho proceso.

El problema expuesto, ha creado la iniciativa de diseñar un sistema de telemetría automatizado, que garantiza la entrega de la información con el mínimo de errores y de manera rápida, el cual permite transmitir los datos (simulados) de

forma inalámbrica hasta una estación central de información, en donde estos son almacenados, procesados y visualizados en una base de datos, que puede ser vista en una página Web desde la Internet, como se puede observar en la Figura 1.

Figura 1. Esquema general del sistema de Telemetría



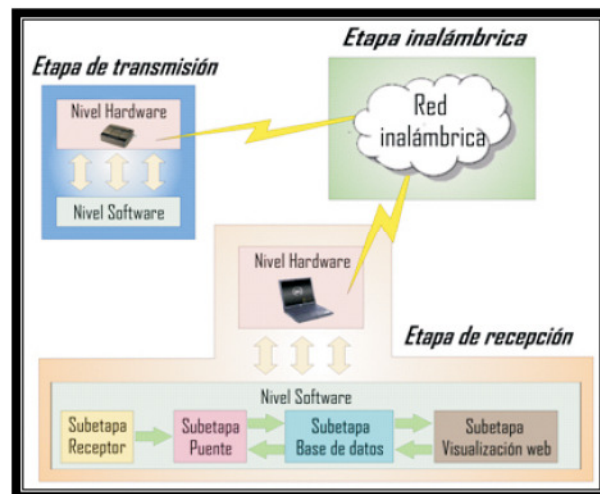
Fuente: Autores

Este artículo se divide en tres etapas, en la primera se presentan las variables seleccionadas del sistema para la elaboración de un modelo final; En la segunda, los resultados obtenidos del sistema diseñado que es implementado y finalmente se entregan las conclusiones a las que se llegaron con este diseño.

1. DISEÑO DEL SISTEMA

En la caracterización del modelo de transmisión y recepción, se definen un conjunto de etapas, subetapas, niveles y variables. En la Figura 2 se presenta el esquema general del sistema de telemetría, con sus tres etapas principales: transmisión, medio inalámbrico y recepción.

Figura 2. Esquema general por etapas del sistema de telemetría



Fuente: Autores

1.1 ETAPA INALÁMBRICA.

En ésta los datos son enviados desde la Etapa de transmisión hasta la Etapa de recepción, en ella se definen las variables, infraestructura de transmisión y tecnología inalámbrica.

1.1.1 Infraestructura de transmisión

Es el conjunto de dispositivos que dan soporte físico al proceso de comunicación entre los diversos puntos.

Después de analizar varias alternativas, se observó que la Red GSM/GPRS presenta numerosas ventajas que automatizan totalmente el proceso de medición de los consumos, presenta alta cobertura, los costos de implementación son menores ya que en Colombia esta red ya opera, los datos pueden ser enviados a cualquier lugar del mundo para su respectivo procesamiento. Otra ventaja es el hecho de que el cobro por usar esta tecnología se hace por el volumen de datos enviados y no por el tiempo de conexión, como lo hace GSM, reduciendo considerablemente los costos en la transmisión. Por lo tanto la red GSM/GPRS existente se usó como la infraestructura de transmisión.

1.1.2 Tecnología inalámbrica

Son los estándares y protocolos usados en el proceso de comunicación. Se elige GPRS como la tecnología inalámbrica en este proyecto, tomando en cuenta el modelo escogido para la infraestructura de transmisión (Red GSM/GPRS existente).

1.2 ETAPA DE TRANSMISIÓN.

En ésta se transmiten los datos provenientes de las mediciones de los medidores de agua hasta la etapa inalámbrica. Se divide en dos niveles: hardware y software.

1.2.1 Nivel hardware

Se escoge el dispositivo encargado de transmitir los datos desde la residencia del usuario hasta la red inalámbrica, haciendo necesario definir y escoger un Modem de transmisión.

Después del análisis de un conjunto de dispositivos, el módulo GM 28 de la empresa Sony Ericsson se elige como Modem para este proyecto, ya que presenta conectividad GSM/GPRS y se acopla a las necesidades del mismo.

1.2.2 Nivel Software

Es el programa y el conjunto de instrucciones a ser usado por el Modem para realizar la transmisión de los datos. Una vez elegido el Modem (GM 28), el lenguaje de programación del mismo queda determinado por las especificaciones del módulo. Por lo tanto los COMANDOS AT son el lenguaje de programación usado por el Modem en este proyecto.

1.3 ETAPA DE RECEPCIÓN.

En esta etapa los datos son recibidos, procesados, almacenados y puestos luego al alcance de los usuarios a

través de Internet. Se divide en dos niveles: hardware y software.

1.3.1 Nivel hardware

Se elige el dispositivo encargado de recibir los datos que van llegando a la Etapa de recepción.

Al escoger GPRS [4] como tecnología inalámbrica de transmisión, los datos pasan de la red de telefonía celular a la red de Internet, por lo cual se hace necesario en la estación central de información el uso de un PC que pueda ir almacenándolos a medida que estos van llegando.

1.3.2 Nivel software

Son los programas necesarios para el correcto funcionamiento de los equipos encargados de la recepción de los datos. Para mejor comprensión de esta etapa se han definido las siguientes subetapas: receptor, puente, base de datos y visualización Web.

1.3.3 Subetapa receptor

En ésta se diseña e implementa un programa en el hardware receptor que pueda recibir los datos provenientes de la etapa inalámbrica y enviarlos a la Subetapa Puente, haciendo necesario definir y escoger un lenguaje de programación que realice dichas funciones.

Se analizan varias alternativas, de las cuales la más acorde a las necesidades del proyecto es JAVA, debido a que es un lenguaje potente, robusto, versátil, fiable, seguro y en el cual se pueden hacer uso de comandos que implementan funciones con sockets (Cliente-Servidor), que trabajan con comunicaciones TCP/IP sobre Internet, así como también posee comandos que se pueden usar para interactuar con bases de datos.

1.3.4 Subetapa Puente

Se diseña e implementa con un programa en el hardware receptor que pueda transferir correctamente los datos que van llegando de la Subetapa receptor, a la de base de datos, haciendo necesario definir y escoger el lenguaje de programación Puente entre estas dos subetapas.

Para lo anterior se analizan varias alternativas, y se elige Java como el lenguaje de programación, ya que es el que mejor se acopla al diseño del sistema, porque presenta un API (JDBC) que implementa la interconexión y el acceso a cualquier motor de base de datos de forma directa.

1.3.5 Subetapa base de datos

Envía la información simulada de los medidores, a través de la red GSM/GPRS e Internet, llega a la Etapa de recepción y la almacena, para una mejor organización y posterior análisis y facturación.

En esta subetapa se diseña e implementa un programa en el hardware receptor con la capacidad para insertar y almacenar la información proveniente de la Subetapa puente,

permitiendo la creación de una base de datos, para esto se hace necesario definir y escoger el Motor [1][9] para hacerlo, para lo cual se elige MySQL [5], porque permite interactuar con Internet, es gratuito y fácil de usar, y aunque no es tan robusto como otros (ORACLE), cumple todos los requerimientos necesarios para el desarrollo de este proyecto.

1.3.6 Subetapa visualización Web

Son los programas en el hardware receptor, que se diseñaron e implementaron para poder visualizar la información almacenada en la Subetapa base de datos, en una página Web en Internet. Para esto fué necesario definir el servidor y el lenguaje de programación para visualizar la base de datos en la Web.

Servidor Web: programa que implementa el Protocolo de Transferencia de Hipertexto (Hypertext Transfer Protocol, HTTP), para responder las peticiones de un usuario (cliente) a través de Internet.

Entre las alternativas posibles, se escoge Apache [6] como servidor Web, porque es gratuito, seguro y se acopla a las aplicaciones de bases de datos que utiliza MySQL, además es muy conocido comercialmente en Internet con toda la documentación que orienta sobre la forma correcta de implementarlo. Lenguaje de programación para visualizar la base de datos en la Web: es usado en la creación de una página Web con posibilidad de interactuar con la base de datos. Se analizan seis posibles alternativas: PHP[3] HTML[8], ASP, Perl, JSP y Servlets.

De las alternativas anteriores, se escogen dos lenguajes que interactúan entre si. Estos lenguajes son:

PHP: por ser un software gratuito, comercial, fácil manejar y permite trabajar adecuadamente con el servidor Web Apache y el motor de bases de datos MySQL, escogidos anteriormente. Además éste puede interactuar con HTML, lo cual genera un entorno de desarrollo útil y versátil.

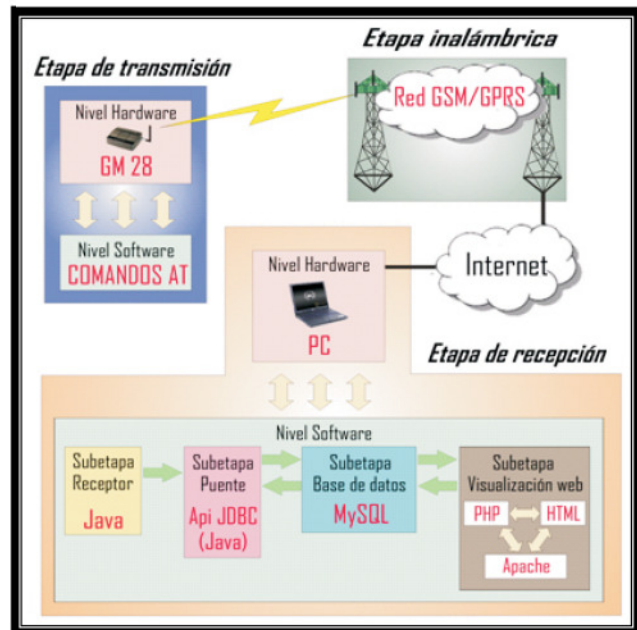
HTML: al igual que el anterior también es un software gratuito, se usa para programar páginas Web y puede interactuar fácilmente con PHP.

El esquema del diseño final, se presenta en la siguiente Figura 3.

2. RESULTADOS OBTENIDOS

Para verificar la funcionalidad del sistema diseñado se realizan pruebas con los equipos ubicados en las diversas etapas con el propósito de observar el rendimiento y estabilidad de los programas diseñados e implementados en el sistema. Después de correr todas las aplicaciones del servidor en la etapa de recepción y de haber programado el Modem en la etapa de transmisión, se abrió un canal de comunicaciones entre el PC y el Modem.

Figura 3. Diseño final del sistema de telemetría



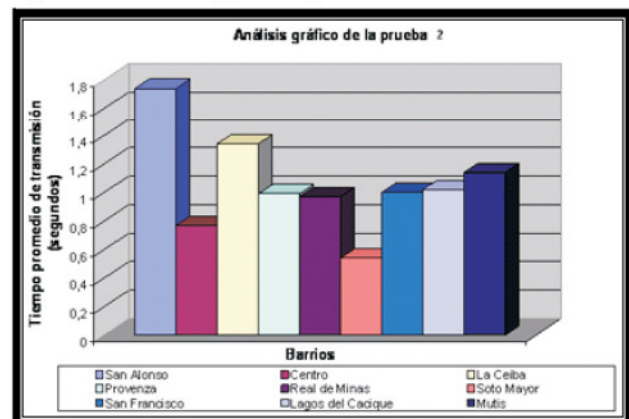
Fuente: Autores

2.1 PRUEBA 1: ENVÍO DE DATOS DESDE BARRIOS EN BUCARAMANGA

En esta prueba se envían varios datos desde el Modem (cliente) ubicado en diferentes lugares de Bucaramanga hasta el PC (servidor), esto con el fin de simular la transmisión de los datos desde diversos sitios de la ciudad, y de esta forma observar la velocidad de transmisión, la cantidad de datos erróneos y la cobertura del sistema. Se analizaron en total nueve barrios del área metropolitana de Bucaramanga, seleccionados estratégicamente para cubrir gran parte de la ciudad y evaluar la cobertura del sistema de forma global; desde cada barrio se enviaron 10 datos hasta la estación central de información, obteniendo un total de 90 datos enviados desde todos los barrios.

A continuación se muestra la Figura 4 con los tiempos promedios de transmisión en cada barrio de donde se enviaron los datos.

Figura 4. Análisis gráfico prueba 1



Fuente: Autores

Evaluando los resultados se pudo observar que todos los datos llegaron a su destino satisfactoriamente y sin errores; también se observó que los tiempos promedios de transmisión oscilan entre 0,54 y 1,74 segundos, haciendo al sistema confiable y eficiente. Por otro lado se comprobó la alta cobertura del sistema, o la capacidad de realizar el envío de los datos desde una gran cantidad de lugares de la ciudad.

2.2 PRUEBA 2: CREACIÓN E INSERCIÓN DE INFORMACIÓN EN LA BASE DE DATOS.

Esta se hizo de manera directa con el software que se tiene en el hardware receptor, donde se pudo observar la inserción consecutiva y la llegada de la información a la base de datos, en la ventana de consola de MySQL [6], tal como se aprecia en la Figura 5.

Figura 5. Creación e inserción de información en la base de datos

```
mysql> select * from info order by id;
```

| id | host_remoto | ip_remota | dato | hora | fecha |
|----|--------------|--------------|---------|----------|------------|
| 1 | localhost | 127.0.0.1 | dato 1 | 14:40:44 | 2007-01-23 |
| 2 | localhost | 127.0.0.1 | dato 2 | 14:41:36 | 2007-01-23 |
| 3 | localhost | 127.0.0.1 | dato 3 | 14:42:12 | 2007-01-23 |
| 4 | 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 1222222 | 15:45:55 | 2007-01-03 |
| 5 | 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 3333333 | 15:45:59 | 2007-01-03 |
| 6 | 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 4444444 | 15:46:03 | 2007-01-03 |
| 7 | 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 1222222 | 15:46:46 | 2007-01-03 |
| 8 | 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 3333333 | 15:46:51 | 2007-01-03 |
| 9 | 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 5555555 | 15:46:56 | 2007-01-03 |
| 10 | 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 1234567 | 15:47:03 | 2007-01-03 |
| 11 | 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 3210123 | 15:47:11 | 2007-01-03 |
| 12 | 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 0000000 | 15:48:01 | 2007-01-03 |
| 13 | 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 1230007 | 15:48:00 | 2007-01-03 |
| 14 | 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 9874561 | 15:48:14 | 2007-01-03 |
| 15 | 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 4568745 | 15:48:56 | 2007-01-03 |
| 16 | 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 1342222 | 15:49:02 | 2007-01-03 |

16 rows in set (0.00 sec)

Fuente: Autores

En MySQL la capacidad de almacenamiento es de hasta 50000000 registros, la cual es suficiente para albergar los consumos de aproximadamente 195000 contadores de agua existentes en Bucaramanga.

2.3 PRUEBA 3: VISUALIZACIÓN DE LA PÁGINA WEB.

En esta prueba se analizan los resultados del sitio Web diseñado, en el cual se pueden observar los datos almacenados, buscar y/o borrar registros específicos, o formular dudas e inquietudes. Esta página puede ser vista a través de Internet desde cualquier parte del mundo. A continuación se muestra su distribución espacial de la misma, (ver Figura 6)

Como se puede observar de la figura 6, en la parte izquierda de la página Web se encuentra un menú, con cuatro vínculos: Mediciones del consumo en el tiempo, Buscar registro, Borrar registro, y Contáctenos.

Al hacer clic sobre cualquier vínculo, se despliega la información respectiva, en la parte central de la página Web;

en el caso particular mostrado, se ha seleccionado la opción Mediciones del consumo en el tiempo.

Figura 6. Visualización de la página Web

BASE DE DATOS CON LAS MEDICIONES DE LOS CONTADORES DE AGUA

Fecha consulta se realizó el día 3, del mes 1, del 2007
Hora de consulta: 15:49:07

| ID HOST REMOTO | IP REMOTA | MEDICION | HORA | FECHA |
|-----------------|--------------|----------|----------|------------|
| 1 localhost | 127.0.0.1 | dato 1 | 14:40:44 | 2007-01-23 |
| 2 localhost | 127.0.0.1 | dato 2 | 14:41:36 | 2007-01-23 |
| 3 localhost | 127.0.0.1 | dato 3 | 14:42:12 | 2007-01-23 |
| 4 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 1222222 | 15:45:55 | 2007-01-03 |
| 5 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 3333333 | 15:45:59 | 2007-01-03 |
| 6 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 4444444 | 15:46:03 | 2007-01-03 |
| 7 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 1222222 | 15:46:46 | 2007-01-03 |
| 8 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 3333333 | 15:46:51 | 2007-01-03 |
| 9 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 5555555 | 15:46:56 | 2007-01-03 |
| 10 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 1234567 | 15:47:03 | 2007-01-03 |
| 11 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 3210123 | 15:47:11 | 2007-01-03 |
| 12 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 0000000 | 15:48:01 | 2007-01-03 |
| 13 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 1230007 | 15:48:00 | 2007-01-03 |
| 14 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 9874561 | 15:48:14 | 2007-01-03 |
| 15 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 4568745 | 15:48:56 | 2007-01-03 |
| 16 192.52.1.120 | 192.52.1.120 | 1342222 | 15:49:02 | 2007-01-03 |

Fuente: Autores

3. CONCLUSIONES

Con este proyecto se logró diseñar e implementar un sistema que permite realizar la transmisión de las mediciones desde los contadores de agua -de forma inalámbrica- hasta una estación central de información, utilizando una de las tecnologías de vanguardia existentes en Colombia, como lo es la red GSM/GPRS, cuya infraestructura es ofrecida por cualquiera de los operadores celulares más importantes del país (Tigo, Movistar¹ o Comcel). Estos datos son almacenados y procesados, para luego ser visualizados desde cualquier lugar del mundo usando Internet. Este modelo puede ser utilizado también para enviar la información de consumo de los medidores de gas, electricidad o cualquier otra variable.

Como la plataforma GSM/GPRS ya está implementada actualmente en Bucaramanga y Colombia por los operadores celulares, no se hace necesario comprar la "infraestructura de transmisión", ni la programación de equipos para el enrutamiento de los datos hasta la estación central de información, lo cual representa una ventaja económica en el momento de implementar este sistema comercialmente. Además los costos generados por usar la red son realmente bajos, debido básicamente a que:

- La tecnología GPRS realiza el cobro sólo por la cantidad de paquetes que se envían o reciben y no por el tiempo de conexión a la red.
- La cantidad de bytes necesarios para representar la información de consumo de un usuario (siete números

(1)En este proyecto las diferentes pruebas se realizaron utilizando la infraestructura de red ofrecida por Movistar.

(2)Infraestructura de transmisión comprende la etapa entre el Modem y la estación central de información o viceversa.

que representan la cantidad de agua utilizada), junto con las cabeceras necesarias para la transmisión de paquetes es "pequeña", alrededor de 62 bytes.

Según las observaciones realizadas con Ethereal³, en 62 bytes es posible empaquetar la información de consumo de un mes (de un usuario), y tomando como referencia el precio de \$ 7/kByte, asignado actualmente por Movistar para la transmisión de paquetes a través de la red GSM/GPRS en Colombia, se puede estimar que el costo por enviar los datos de consumo de un cliente es de \$ 0,434.

Actualmente en Bucaramanga existen alrededor de 195.000 contadores de agua el AMB (Acueducto Metropolitano de Bucaramanga), por lo que los gastos generados al transmitir todos los datos de consumo de la ciudad serían de aproximadamente \$ 84.630, lo cual es un costo realmente bajo. Cabe señalar que estos cálculos se realizan sin tener en cuenta la transmisión de las confirmaciones de llegada y las posibles retransmisiones y acuses implementados por TCP (para mantener la confiabilidad del sistema), pero teniendo en cuenta lo anteriormente descrito queda claro que las ventajas económicas por implementación y transmisión son notorias.

De acuerdo a las pruebas realizadas se pudo verificar que el sistema diseñado, transmite los datos de las mediciones con el mínimo de errores, garantizando en lo posible la entrega de la información a través de la confirmación de llegada y de forma rápida, con un tiempo promedio de transmisión de 1 segundo. En teoría GPRS puede alcanzar tasas de transferencia de hasta 144 kbit/s, y aunque otras tecnologías como Wi-Fi (11 Mbit/s) o Bluetooth (720 kbit/s) presentan mayor capacidad, para esta aplicación funciona adecuadamente a las necesidades de este proyecto.

Adicionalmente a la tecnología utilizada, se pudo determinar que los programas (software) utilizados como Java corroboraron ser muy versátiles, al lograr establecer comunicaciones entre un cliente y un servidor usando sockets. El API JDBC de Java permitió realizar conexiones y ejecutar sentencias SQL en una base de datos, a la cual se le van insertando las mediciones que van llegando a través del socket implementado en el PC de la estación central de información.

Todo lo anterior permite concluir satisfactoriamente que se cumplieron con los objetivos propuestos, al diseñar un sistema que permitiera transmitir en forma inalámbrica, los datos leídos desde un medidor de agua hasta una central de procesamiento.

Entre algunos de los puntos a mejorar este sistema están: configuración del Modem en modo espera, establecimiento de parámetros de seguridad en la transmisión de la información, optimización por consumo de potencia, el mejoramiento en los tiempos de conexión, transmisión y desconexión, lo cual sirve como punto de partida a otros proyectos basados en sistemas de telemetría.

Adicionalmente, en este artículo se presentan los resultados a las mejoras propuestas en el diseño de un sistema de telemetría prototipo para automatizar la lectura del consumo en los medidores de agua, haciendo uso de la red telefónica [2] que fue publicado en una edición anterior [9].

4. REFERENCIAS

- [1]BOBADILLA Jesús, SANCHO Adela: Comunicaciones y bases de datos con Java a través de ejemplos. Editorial: Alfaomega Ra-ma Mexico D.F.
- [2]CUESTA VELÁSQUEZ, Andrés Jaime y SAAVEDRA MORENO, Lisa. Diseño y Construcción de un Sistema de Telemetría para Automatizar los Procesos de Facturación en la Compañía de Acueducto Metropolitano de Bucaramanga (CAMB). Trabajo de pregrado (Ingenieros Electrónicos). Universidad del Valle y Universitaria de Investigación y Desarrollo (UDI). Facultad de Ingeniería Electrónica. Área de telecomunicaciones.
- [3]GUTIERREZ Abraham: PHP5 a través de ejemplos.. Editorial: Alfaomega Ra-ma Mexico D.F.
- [4]Heine, Gunnar. Sagkob, Holger. "GPRS : Gateway to Third Generation Mobile Networks (Second Edition)." 2003 (Artech House mobile communications series). Norwood, MA, USA.
- [5]HOULETTE Forrest: Fundamentos de SQL. Editorial McGraw-Hill interamericana editores s.a Mexico D.F.
- [6]MySQL (online). Usar MySQL con Apache (revisión: 429 2007-04-03), <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/es/apache.html>
- [7]MySQL (online). MySQL 5.0 Reference Manual (revisión:429 2007-04-03), <http://dev.mysql.com/doc/refman/5.0/es/index.html>
- [8]MORRISON Michael: Diseño en HTML y XML. Editorial: McGraw-Hill interamerica de España.
- [9]Saavedra Moreno, Lisa. Reyes Torres, Oscar Mauricio. Diseño y Construcción de un Sistema de Telemetría para Automatizar la Lectura de Consumos en los Medidores de Agua. Artículo, Revista de Gerencia Tecnológica Informática GTI, número 11, volumen 5, 24 de abril de 2006. Bucaramanga, Universidad Industrial de Santander.
- [10]SILBERCHATZ Abraham, KORTH Henry: Fundamentos de bases de datos. Editorial: McGraw-Hill.

(3)Ethereal es un software que permite realizar diversas mediciones de tráfico en la red.