

PROYECTO INTERNO

SISTEMA DE TELEMETRÍA PARA LA TRANSMISIÓN Y DESPLIEGUE
DE DATOS EN TIEMPO REAL DEL GASTO (Q) DE MEDIDORES
EN CANALES Y PRESAS

HC1412.1

COORDINACIÓN DE HIDRÁULICA

Agosto 2014

Contenido

Contenido.....	2
Lista de Figuras.....	3
Lista de Tablas.....	4
Resumen.....	5
Introducción.....	6
Objetivos	7
Revisión de los sistemas de transmisión de datos.....	7
Internet/WIFI/satelital	8
Radio Frecuencia (RF)	9
GPRS/3G	10
Satelital	12
Pruebas de transmisión de datos.....	14
Microcontrolador Arduino	14
Sistema de trasmisión y recepción de datos Río Hondo	15
Monitoreo de caudales (perfiladores laterales)	19
Microprocesador Raspberry Pi	21
Sistema de transmisión de datos de pozos del IMTA	24
Conclusiones y discusiones.....	26
Referencias.....	28

Lista de Figuras

Fig. 1. Diagrama básico de transmisión de datos por telemetría.....	6
Fig. 2. Rango de distancias típicas máximas de transmisión de punto a punto.	7
Fig. 3. Diagrama de la operación del internet satelital.....	9
Fig. 4. Diagrama esquemático de las diferentes topologías que se pueden conformar en la transmisión vía radio frecuencia (López-Antón y Gala-Trallero, 2012)	10
Fig. 5 Sistema de medición y componentes del modem GPRS.	12
Fig. 6. Diagrama de la órbita de satélites (Tomado de: www.inetdaemon.com/tutorials/satellite/orbits/).....	14
Fig. 7. Microcontrolador Arduino Mega 2560 utilizado para la transmisión vía GPRS (Tomado de: www.arduino.cc).....	15
Fig. 8. Componentes del perfilador Doppler con accesorios anclado en La Unión II (Tomado de: Sontek, 2009).	16
Fig. 9. Esquema de medición del perfilador Doppler (Tomado de: Sontek, 2009). ...	16
Fig. 10. Perfilador Doppler de 500 kHz anclado en Subteniente López, Chetumal, Q.R.	17
Fig. 11. Modbus y modem GPRS del perfilador Doppler de Subteniente López en el Río Hondo.	18
Fig. 12. Mediciones obtenidas del perfilador Doppler lateral instalado en Subteniente López, Quintana Roo.	19
Fig. 13. Página inicial del despliegue de información de los datos del perfilador Doppler en el rio hondo.	20
Fig. 14. Despliegue de la velocidad índice del sitio Subteniente López en el río Hondo, QR.	20
Fig. 15. Despliegue del gasto y nivel de la superficie libre del sitio Subteniente López en el rio Hondo, QR.....	21
Fig. 16. Microprocesador Raspberry Pi y sus diferentes componentes (tomado de: www.raspberrypi.org).	22
Fig. 17. Sistema Raspberry Pi que muestra la conexión al monitor y conexiones con el medidor y el modem 3G.	24
Fig. 18. Página de los medidores instalados en el IMTA.....	25
Fig. 19. Grafica de gasto Q (m ³ /s) medido en el pozo principal del IMTA	25
Fig. 20. Grafica del volumen acumulado del pozo principal del IMTA.	26

Lista de Tablas

Tabla 1. Protocolos de comunicación y frecuencias utilizadas.....	8
Tabla 2. Resumen de los tipos de orbitas, distancias y tiempo de línea de vista (Tomado de: www.inetdaemon.com/tutorials/satellite/orbits/).	13

Resumen

La telemetría es una herramienta muy versátil para la transmisión de información y el despliegue de datos en tiempo real. Para establecer su potencial y limitaciones se lleva a cabo una revisión de los métodos de transmisión de datos y módems que existen en el mercado. El espectro de posibilidades de transmisión de datos en tiempo real es bastante amplio, sin embargo, en algunos casos los precios se incrementan significativamente. Por lo tanto, con la finalidad de evaluar otras alternativas se llevó a cabo la integración de un modem con base al microcontrolador Arduino y otro con base al microprocesador Raspberry Pi.

El modem a base de Arduino es más laborioso en su integración de los diferentes componentes utilizados y se requirió del desarrollo de un programa ad hoc para la lectura de datos del medidor y la respectiva transmisión de datos a un servidor o base de datos. En contraste el microprocesador Raspberry Pi presenta alternativas ya incluidas que por lo que no se requiere de integración de componentes y por lo tanto solo se requiere de desarrollar programas para la transmisión de datos a un servidor. Ambas tecnologías mostraron ser robustas y son una alternativa viable y más económica en la transmisión de datos. Para hacer más útil la transmisión de datos se desarrollaron dos bases de datos y páginas de despliegue de información de medidores que se encuentran instalados en el campo midiendo variables ambientales y que son desplegados gráficamente en tiempo real.

Como parte de los desarrollos de telemetría del IMTA se llevó a cabo la implementación de 2 dispositivos (módems) de bajo costo para pruebas de telemetría. Con base a la tecnología Arduino y Raspberry Pi se mostró que se puede implementar un sistema de telemetría de datos y estos ser desplegados en una página web. Los resultados son satisfactorios y robustos y son una alternativa de solución para implementar sistemas de telemetría de bajo costo.

Introducción

La telemetría es una técnica automatizada de las comunicaciones que permite la medición remota de magnitudes físicas o simplemente en su significado literal es la medición a distancia. Aspectos generales de la telemetría se describen en múltiples trabajos tal como el de Zuñiga-López (2005). Esta técnica utiliza comúnmente transmisión inalámbrica y sirve para monitorear variables ambientales o controlar a distancia un proceso (abrir o cerrar válvulas, etc.). Por lo tanto, la telemetría simplifica y da rapidez en la adquisición de información de lugares remotos. Para llevar a cabo la telemetría se han desarrollado dispositivos conocidos como módems o UART's (por sus siglas en inglés) que se conectan con diferentes protocolos (i.e. vía RS232) a los equipos de medición para transmitir las variables que se estén midiendo. Las lecturas se envían desde cada dispositivo (modem) a otro que funciona como concentrador o servidor (Fig. 1). El concentrador puede ser una computadora personal en donde se almacena y despliega la información, la cual, si cuenta con internet esta puede ser fácilmente desplegada en una página web la cual puede ser consultada desde cualquier dispositivo que esté conectado a la red.

Para la telemetría existen un sinnúmero de herramientas (hardware) para llevarla a cabo. Sin embargo, uno de los problemas para conformar un sistema de telemetría son los protocolos de comunicación para transferir los datos del medidor al modem. El formato más común de transmisión de datos es en ASCII, sin embargo, cada medidor o instrumento puede tener diferente protocolo de comunicación el cual se requiere que sea especificado por el fabricante del equipo de medición.

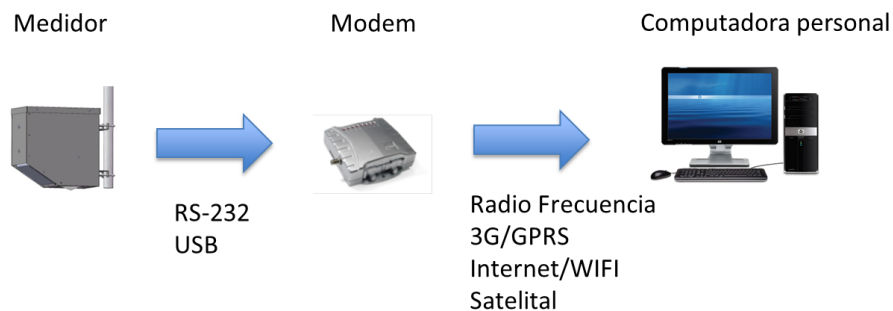


Fig. 1. Diagrama básico de transmisión de datos por telemetría.

Actualmente se ha desarrollado un sistema básico de telemetría para la transmisión de datos de un medidor de gasto tipo radar en canales. Con base a estos resultados se conformará un sistema eficiente de transmisión, recepción, despliegue de información y seguimiento en tiempo real de los resultados (Q).

Objetivos

Desarrollo de un sistema de telemetría para la transmisión de datos de aforadores en canales y presas, y despliegue de información en tiempo real.

Revisión de los sistemas de transmisión de datos.

La arquitectura de la telemetría requiere de un modem en cada uno de los extremos que emita o reciba en una frecuencia definida y una antena. Actualmente, existe en el mercado un gran número de módems que dependiendo de las necesidades o requerimientos puede transmitir vía radio frecuencia, bluetooth, celular (3G/GPRS), internet o satelital. El precio de los mismo es muy variado por lo tanto se pueden comprar desde el modem más sencillo a bajo costo hasta módems muy robustos, con amplias capacidades de almacenamiento, configuración y opciones de puertos de comunicación pero que tienen un alto costo. Por lo tanto existen un numeroso tipo de módems que aprovechan las diferentes características de la propagación de las ondas de radio y sus respectivas bandas de frecuencia. De aquí que los módems son diseñados para operar en ciertas frecuencias tal como se describe en la Tabla 1. Adicional a la frecuencia un factor adicional que se tiene que considerar en la telemetría es el rango de comunicación de los equipos (Fig. 2). La línea de vista es muy importante cuando sea posible (lo que quiere decir que una antena debe ver la otra sin ninguna obstrucción). Aunque esto no es totalmente necesario el hecho de tener línea de vista mejora el funcionamiento y rango de alcance del modem.

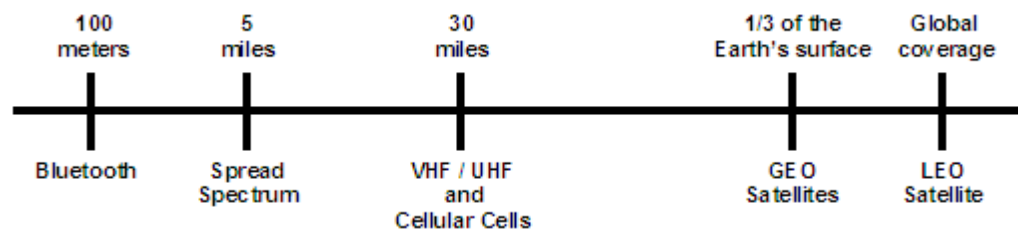


Fig. 2. Rango de distancias típicas máximas de transmisión de punto a punto.

Tabla 1. Protocolos de comunicación y frecuencias utilizadas.

Protocolo	Frecuencia
Bluetooth	2,400 - 2,483 MHz
Zigbee	868 MHz 915 MHz 2,400 MHz
Espectro esparcido (Spread Spectrum)	902 - 928 MHz, 2,400 - 2483.5 MHz
Wi-Fi (IEEE 802.11 a,b,g)	2,400 MHz & 5,800 MHz
Alta frecuencia (VHF)	30 to 300 MHz
Ultra alta frecuencia (UHF)	300 to 1,000 MHz
GSM (3G/GPRS)	1,850 - 1990 MHz 1,710 - 1840 MHz
GOES Satellite Geo-estacionario: •Uplink •Downlink	401.7010 - 402.0985 MHz 1600 MHz
LEO (ORBCOMM) Satellite: •Uplink •Downlink	148 - 150.05 MHz 137 to 138 MHz

Internet/WIFI/satelital

El internet alámbrico e inalámbrico (WIFI) es una alternativa rápida para la transmisión de datos en lugares donde se cuenta con este servicio. Para la transmisión por internet la configuración más sencilla es que el sensor o medidor tenga un puerto para conexión ethernet y que por lo tanto nos permita desde una computadora (con internet) tener acceso al medidor y recibir los datos del sistema de medición. Para sitios remotos existe la alternativa de instalar internet satelital que es una de las opciones que se está volviendo más versátil.

La transmisión de datos cada vez se ha vuelto más robusta así como los anchos de banda. Los costos varían dependiendo de su uso en la transmisión de datos. El modem satelital con antena y radio transmisor de 2 watts tiene un costo aproximado de entre \$10,000.00 a \$30,000.00, mientras que, el costo de renta mensual por la transmisión es de \$750.00 por 10GB, \$1200.00 por 15GB y \$2,050.00 por 25GB. Por lo tanto dependiendo de la cantidad de datos a transmitir dependerá el costo del servicio. El internet satelital no es una opción económica pero bastante viable para la

transmisión de datos. En la Fig. 3 se presenta un diagrama de la operación del internet satelital. El medidor o data logger se conecta directamente al modem satelital y, con la respectiva configuración, los datos son incorporados a la red (servidor) en donde son almacenados y desplegados gráficamente. A partir de ahí los datos pueden ser consultados mediante diferentes dispositivos (i.e. celular, pc, etc.). Una de las grandes ventajas de la comunicación a través de internet satelital es que la comunicación puede ser dos vías. Al estar el dispositivo conectado al modem o a la computadora este puede ser verificado y reconfigurado remotamente o en un momento dado reiniciado.

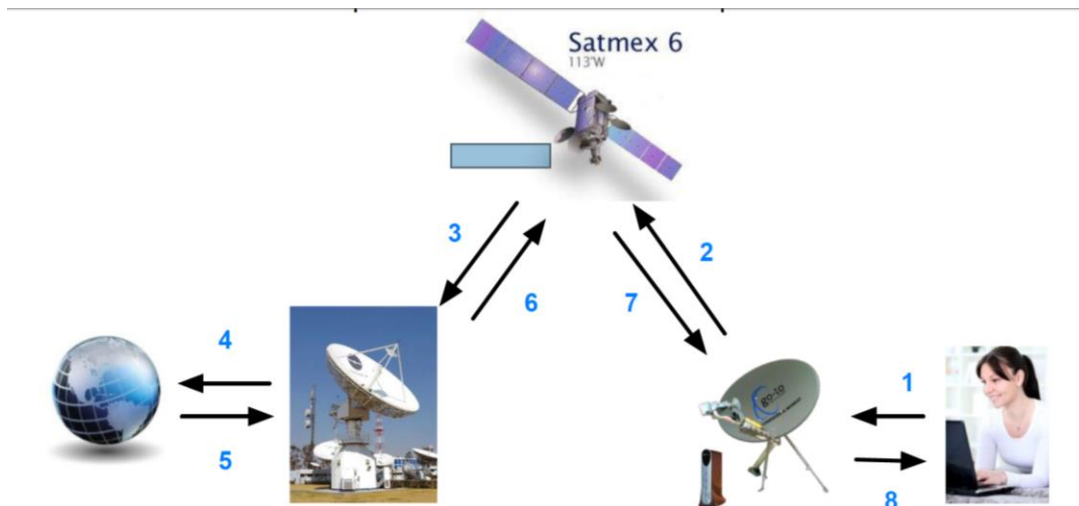


Fig. 3. Diagrama de la operación del internet satelital.

Radio Frecuencia (RF)

Muchos de los sistemas de telemetría emplean Radio Frecuencia (RF) ya que presenta ciertas características muy convenientes en ciertas aplicaciones. En el caso de la radio frecuencia la distancia a cubrir con el enlace juega un papel importante en la toma de decisión de los equipos a implementar (radio módems). Asimismo, se debe de considerar la topografía del terreno. La mayoría de los equipos indican una distancia de alcance tanto en exteriores como en interiores. Generalmente, se especifica una distancia máxima de alcance con línea de vista. Al intentar cubrir

grande distancias difícilmente se logra cubrir. Esto se puede mejorar construyendo torres con las cuales se puede dar una gran altura o emplear repetidores, sin embargo, esto incrementa los costos de la telemetría.

La topología a implementar puede ser simple donde el sensor transmite directa y únicamente a un receptor (cliente-servidor) o varios sensores pueden transmitir a un receptor como se muestra en la Fig. 4.

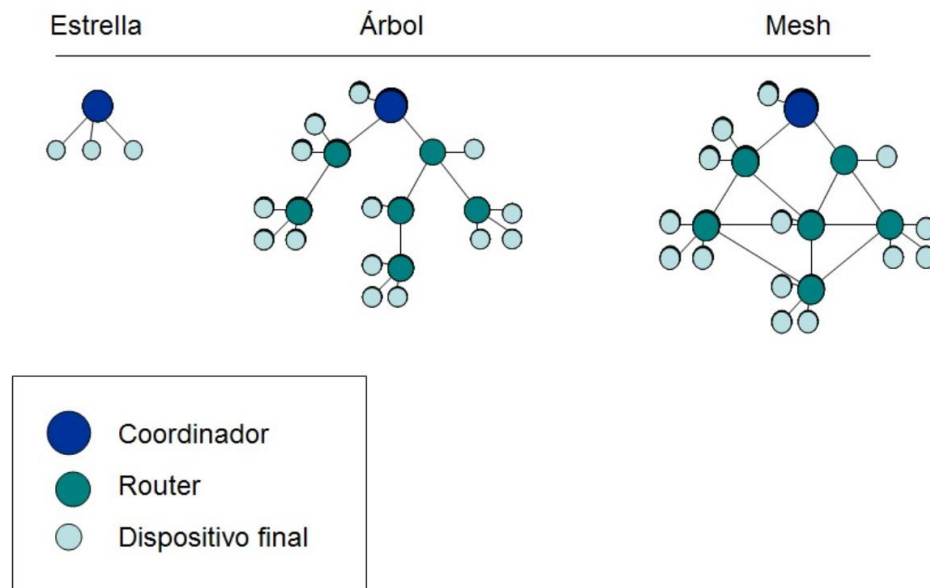


Fig. 4. Diagrama esquemático de las diferentes topologías que se pueden conformar en la transmisión vía radio frecuencia (López-Antón y Gala-Trallero, 2012)

GPRS/3G

Con la expansión y cobertura de la telefonía celular esta se ha convertido en una herramienta indispensable para la transmisión de datos. La forma más común para comunicarse es vía 3G (tecnología inalámbrica de tercera generación) o GPRS (por sus siglas en inglés). La tecnología 3G y GPRS permiten a un dispositivo estar conectado permanentemente a internet y por lo tanto pueden enviar mensajes instantáneos a un servidor. GPRS permite la transmisión de datos a través de las

redes de telefonía móvil y envía datos a una velocidad de hasta 114 Kbps, mientras que, 3G permite velocidades de conexión de hasta 2 Mbps bajo condiciones óptimas.

Para la transmisión de datos vía celular se requiere que el dispositivo de medición se conecte a un modem GPRS vía puerto RS232, USB, etc. Al modem GPRS se le inserta una tarjeta SIM la cual tiene un número de teléfono asignado. Para la transmisión de datos se puede contratar un plan de datos mensual o hacer prepagos por el uso de la transmisión de datos. En el caso de la comunicación 3G este consiste de un dispositivo que se conecta al modem vía USB. Una vez configurado el modem contara con servicio de internet y, por lo tanto, los datos pueden ser transmitidos a un servidor en la red.

En la Fig. 5 se muestra un ejemplo de un medidor y la partes de un modem GPRS que está conformado por un microcontrolador Arduino, tarjeta GSM, pantalla de datos, reloj y modulo para tarjeta de memoria. Básicamente, los datos del medidor son leídos por el modem y, mediante el celular, son enviados en tiempos definidos por el usuario a un servidor en donde son almacenados en una base de datos y disponibles en internet. Una vez en la base de datos estos pueden ser graficados y desplegados en una página web.

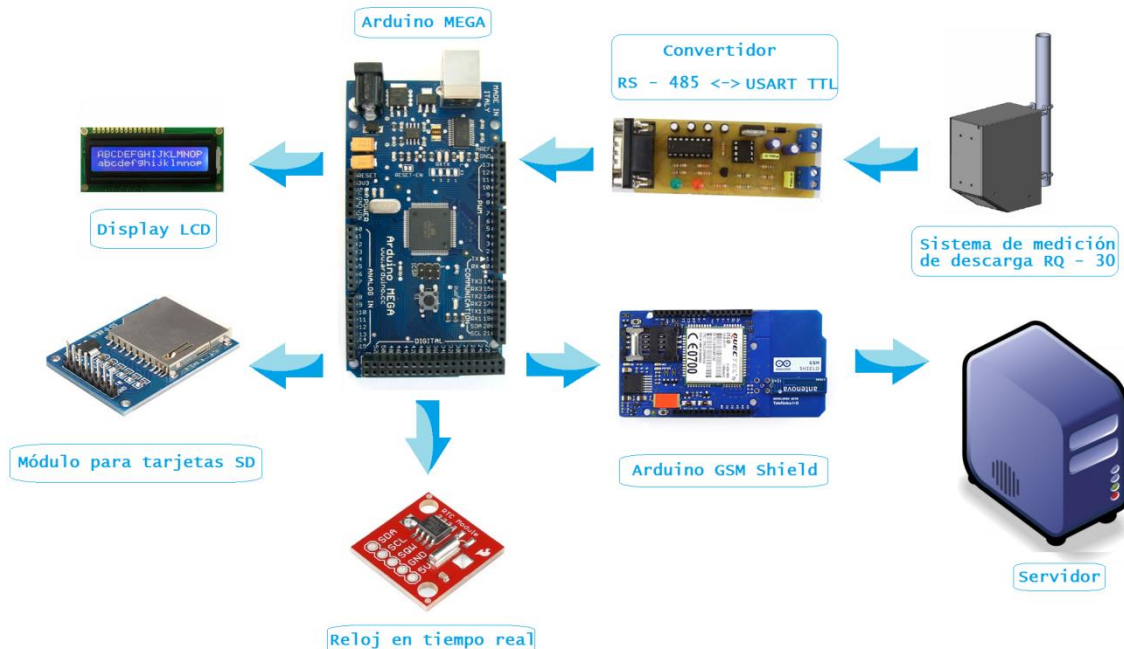


Fig. 5 Sistema de medición y componentes del modem GPRS.

El costo de un modem GPRS varía dependiendo de las características y capacidades del modem. En el caso particular del modem mostrado en la Fig. 5 este fue integrado para la transmisión de datos del medidor de nivel y velocidad (radar RQ-30). Para esto fue necesario desarrollar un programa e instalarlo en el microcontrolador que interroga y recibe los datos del medidor y posteriormente los envía a un servidor en la red. El costo de este modem es de aproximadamente \$3,500.00 ya integrado totalmente. Sin embargo, módems comerciales dependiendo de las características pueden oscilar entre los \$5,000.00 a \$20,000.00. Cabe mencionar que el envío de datos es relativamente de bajo costo. En pruebas con el radar RQ-30 enviando una cadena de 7 variables cada 10 minutos es de aproximadamente \$15.00 por un mes de envío de datos.

Satelital

Para la transmisión satelital se utilizan satélites con dos tipos de órbita que se conocen como de órbita terrestre baja (LEO por sus siglas en inglés), de órbita terrestre media (MEO) y geoestacionarios (GEO) de órbita terrestre más alta. Los satélites de órbita baja se ubican a relativamente baja altitud entre los 200 a 500 km, los de órbita media entre los 9,000 a los 19,000 km, mientras que los geoestacionarios están posicionados a aproximadamente 35,786 km sobre la superficie terrestre. Los satélites de órbita terrestre baja son generalmente utilizados para la comunicación de datos a alta velocidad, monitoreo ambiental y comunicación de dos vías. En la parte comercial ORBCOMM es uno de los principales proveedores de servicios satelitales. Cuenta con una red de 31 satélites de órbita baja y provee de comunicación de dos vías en todo el mundo. Los satélites están constantemente en movimiento alrededor de la Tierra para dar redundancia en la red y minimizar problemas de cobertura global (línea de vista) y, por lo tanto, cuentan con una cobertura global. En la Tabla 2 se presentan los tipos de órbita y ubicación de los satélites y en la Fig. 6 un diagrama esquemático de su posición con respecto a la Tierra.

La telemetría satelital es muy útil para sitios remotos en donde no se cuenta con internet o telefonía celular. Los costos de los módems y servicio mensual son accesibles. Las desventajas sería que la comunicación depende del número de satélites en su red. Por lo tanto, la línea de vista del satélite con el medidor es durante un periodo corto de tiempo (minutos) varias veces durante un día. Generalmente, la comunicación con estos satélites es de una sola vía.

Tabla 2. Resumen de los tipos de orbitas, distancias y tiempo de línea de vista (Tomado de: www.inetdaemon.com/tutorials/satellite/orbits/).

Tipo	LEO	MEO	GEO
Descripción	Órbita terrestre baja	Órbita terrestre media	Órbita terrestre geostacionaria
Altitud	200-500 km	9,600-19,000 km	35,786 km
Tiempo de línea de vista	15 min	2-4 h	24 h

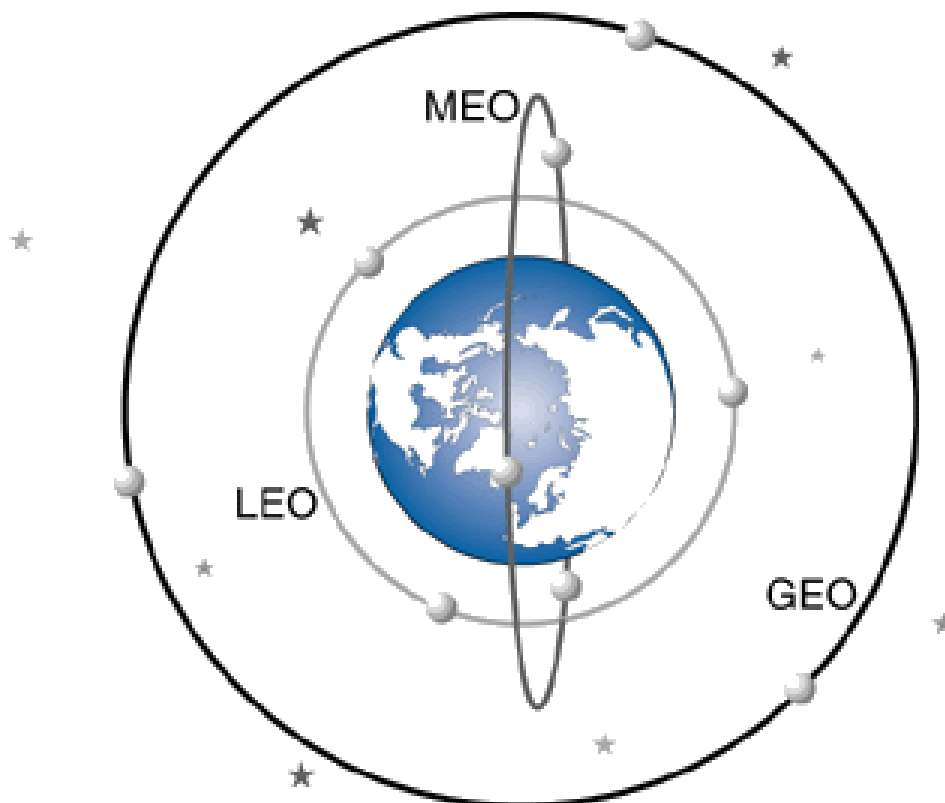


Fig. 6. Diagrama de la órbita de satélites (Tomado de: www.inetdaemon.com/tutorials/satellite/orbits/)

Pruebas de transmisión de datos

Existe un gran número de módems para la transmisión de datos con diferentes alternativas de comunicación, sin embargo para las pruebas de transmisión se desarrollaron dos dispositivos que consisten de un microcontrolador (Arduino) y microprocesador (Raspberry Pi). Ambos dispositivos se implementaron para transmitir a través de celular (3G/GPRS) y se desarrollaron programas de cómputo para leer los datos de un dispositivo o sensor para después transmitirlos a la red (base de datos). Ya en la red, los datos son desplegados en una página web y por lo tanto pueden visualizados en cualquier dispositivo que tenga acceso a internet. En las siguientes secciones se describen las características de cada uno de los dispositivos y los resultados derivados de la transmisión de datos.

Microcontrolador Arduino

Arduino Mega 2560 es un micro controlador basado en procesador ATmega2560 (Fig. 7). Para las pruebas de transmisión a la tarjeta Arduino se le incorporó una tarjeta adicional para que el envío de datos (GSM), modulo para tarjeta SD, reloj y una pantalla de despliegue. Ya con el sistema integrado y después de haber llevado a cabo pruebas de funcionamiento, se desarrolló un programa de cómputo para leer los datos del instrumento, transmitirlos a una base de datos y finalmente desplegarlos en una página web (Fig. 5).

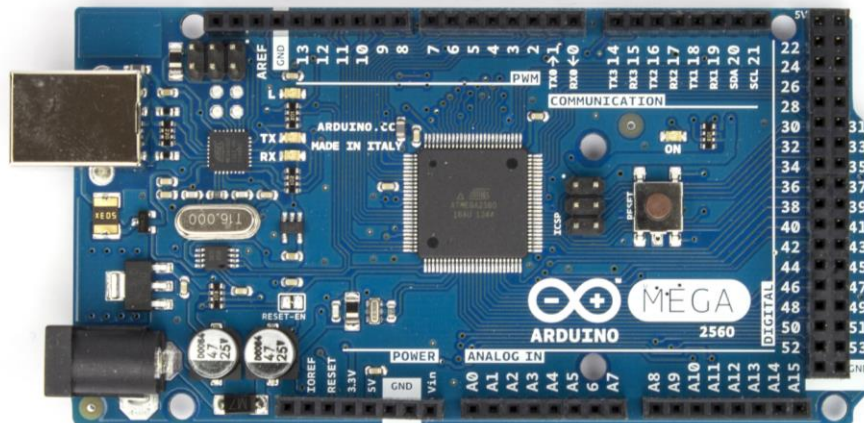


Fig. 7. Microcontrolador Arduino Mega 2560 utilizado para la transmisión vía GPRS (Tomado de: www.arduino.cc).

Las pruebas iniciales del sistema Arduino se llevaron a cabo en el laboratorio de Hidráulica del IMTA: Finalmente, se hicieron pruebas de campo y el sistema mostro ser confiable y robusto comparable a cualquier modem comercial.

Sistema de transmisión y recepción de datos Río Hondo

Para probar la transmisión de datos con el modem Arduino se instalaron 2 perfiladores Doppler laterales (SL) de la marca Sontek de 500 kHz (Sontek 2009) en el sitio de Subteniente Lopez y Juan Sarabia en el Río Hondo en Quintaba Roo. Se escogió este sitio debido a que la CONAGUA cuenta con una caseta para protección de las partes electrónicas del equipo. En la Fig. 8 se muestran los componentes del perfilador y en la Fig. 9 un esquema de funcionamiento ya anclado en un costado del río. El perfilador se conectó a su cable de comunicación y se montó en una placa sobre una base de concreto que se ancló a 1.5 m de profundidad. El cable se conectó a una unidad electrónica que despliega los datos de velocidad y gasto de la sección. El haz vertical mide el nivel y los dos haces horizontales miden la velocidad en celdas definidas por el usuario. Con base a las velocidades de las celdas se determina la velocidad media. El esquema utilizado para la medición corresponde a medir 5 minutos cada media hora. Los datos medidos durante los 5 minutos son promediados y el promedio almacenado en la memoria del instrumento. De acuerdo al esquema de medición utilizado el instrumento tiene capacidad de almacenar información hasta un periodo de 6 meses.

Finalmente, el perfilador fue configurado incorporando las características de la sección batimétrica y está operando de forma normal.



Fig. 8. Componentes del perfilador Doppler con accesorios anclado en La Unión II (Tomado de: Sontek, 2009).

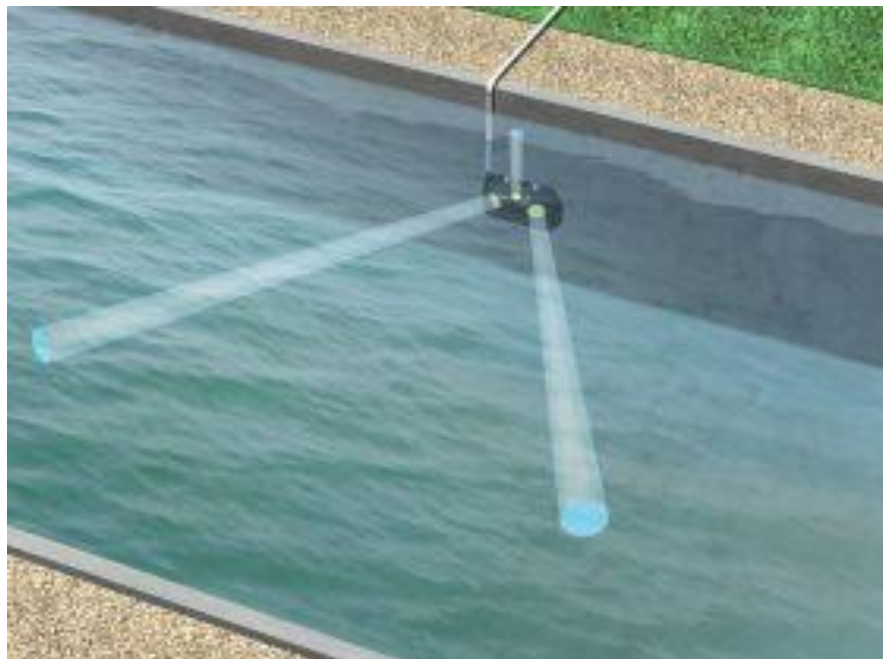


Fig. 9. Esquema de medición del perfilador Doppler (Tomado de: Sontek, 2009).

En ambos sitios el perfilador Doppler de 500 kHz (Fig. 10) se montó en una base de concreto. El perfilador Doppler cuenta con una interfase Modbus (MIM) el cual se conecta el perfilador y, asimismo, tiene una salida a un modem de celular (GPRS). El modem nos permite enviar los datos vía celular a un servidor (internet) y almacenarlos en una base de datos (Fig. 11). Asimismo, los datos se están desplegando en tiempo real. La página web donde se están desplegando los datos es:

mediciones.flowdata.com.mx

En la Fig. 12 se presentan los resultados de los datos registrados por el perfilador Doppler instalado en Subteniente López. Se presenta la velocidad de las componentes a lo largo del río. Asimismo se presenta la sección del río derivada del perfilador Doppler que permite la calibración del instrumento y consecuentemente la estimación del gasto.



Fig. 10. Perfilador Doppler de 500 kHz anclado en Subteniente López, Chetumal, Q.R.

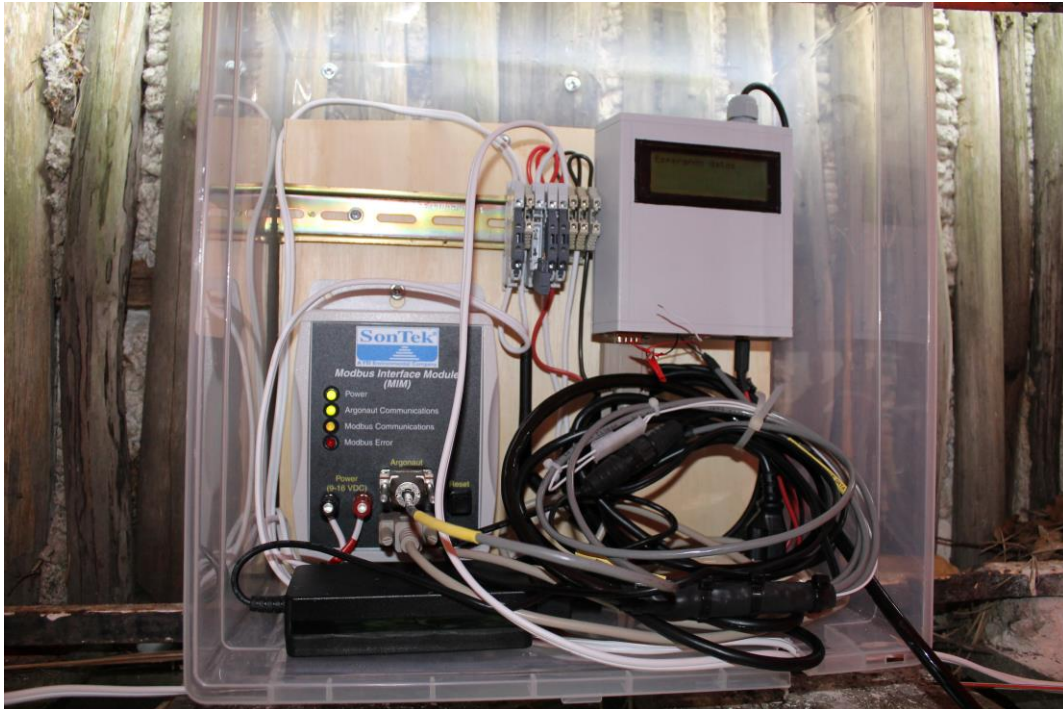


Fig. 11. Modbus y modem GPRS del perfilador Doppler de Subteniente López en el Río Hondo.

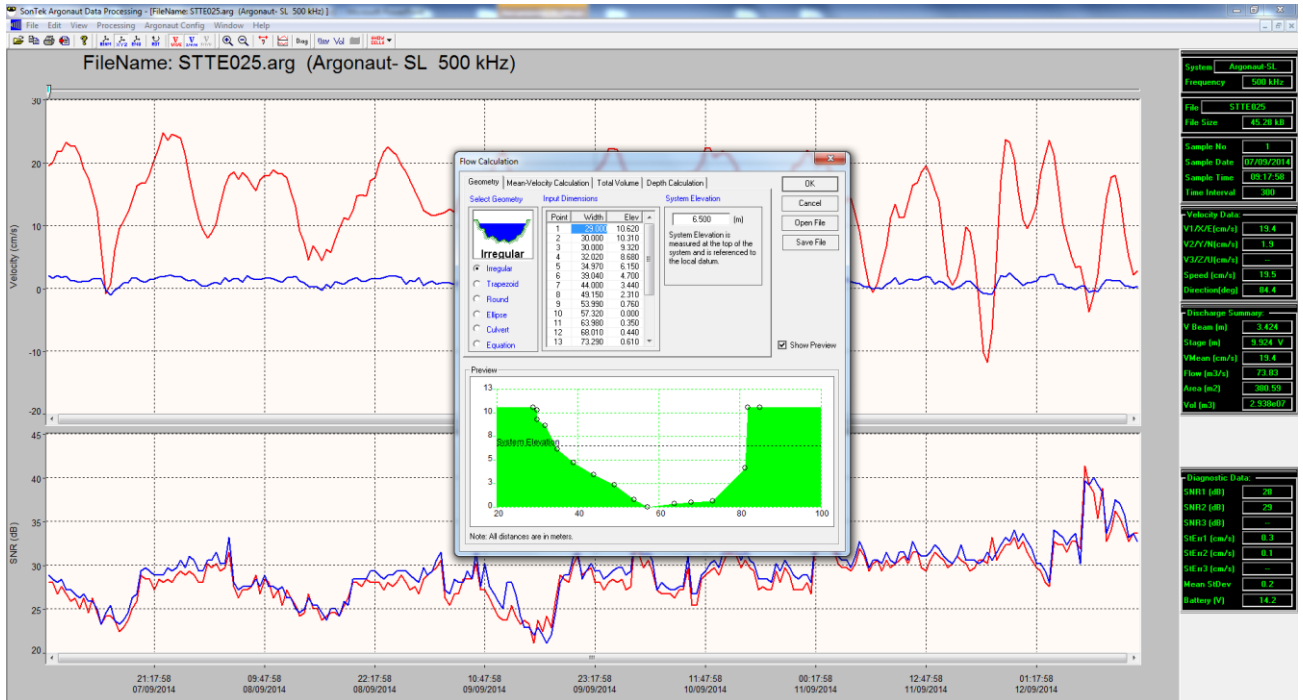


Fig. 12. Mediciones obtenidas del perfilador Doppler lateral instalado en Subteniente López, Quintana Roo.

Monitoreo de caudales (perfiladores laterales)

En la Fig. 13 se presenta la página donde se despliega la información de los sitios de medición. En la página principal se despliega información de dos sitios de medición en el Río Hondo que son Subteniente López y Juan Sarabia. En las gráficas de cada sitio se presenta la velocidad índice, el gasto, el nivel de la superficie libre y el volumen acumulado (Fig. 14 y Fig. 15).

Los resultados de las mediciones indican que la velocidad en las secciones en la desembocadura del río Hondo esta modulada por las precipitación, la marea y cambios en el nivel en la bahía inducidos por la presión atmosférica. En Subteniente López es evidente que existe periodos en donde las velocidades son negativas lo cual indica que durante periodos de baja precipitación la desembocadura del río Hondo es modulada los cambios de nivel que se presentan en la bahía de Chetumal.

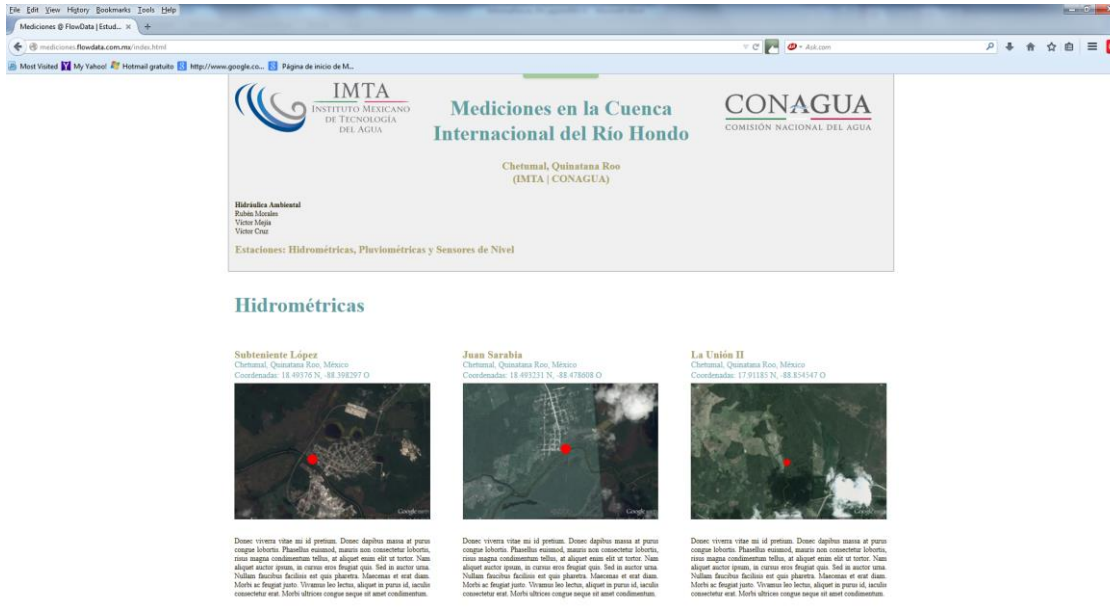


Fig. 13. Página inicial del despliegue de información de los datos del perfilador Doppler en el río hondo.

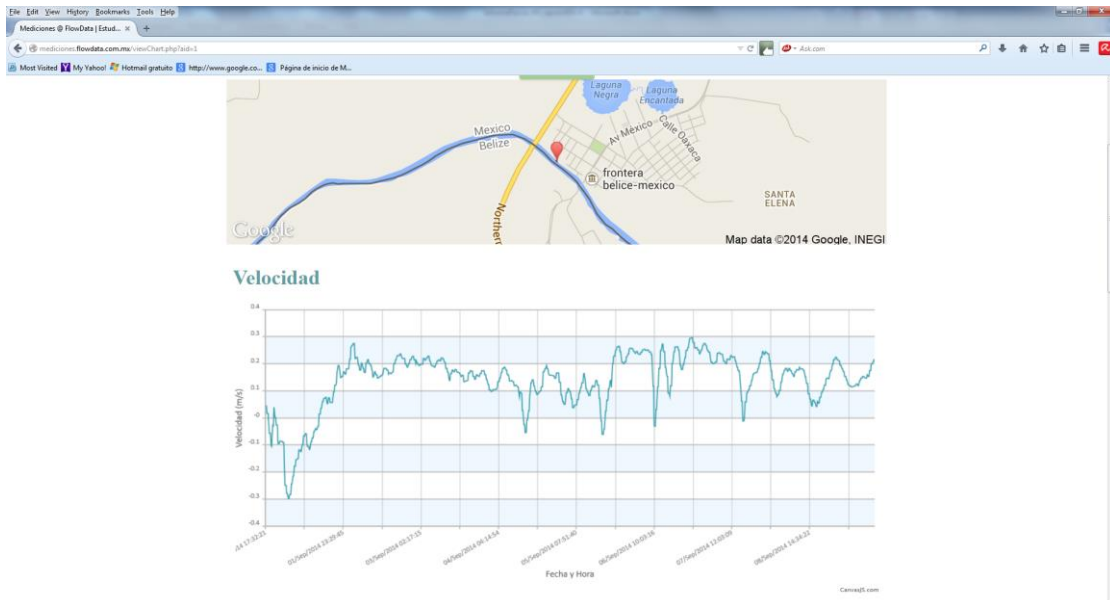


Fig. 14. Despliegue de la velocidad índice del sitio Subteniente López en el río Hondo, QR.



Fig. 15. Despliegue del gasto y nivel de la superficie libre del sitio Subteniente López en el río Hondo, QR.

El modem basado en el sistema Arduino ha mostrado ser un producto robusto que ha operado satisfactoriamente en la transmisión de datos. El costo de la transmisión mediante celular (GPRS) es de muy bajo costo. En este caso en particular el costo del envío cada 15 minutos no sobrepasa los \$20.00 (veinte pesos) mensuales. Sin embargo por el tipo de servicio el costo es de aproximadamente \$60.00 (sesenta pesos) mensuales.

Microprocesador Raspberry Pi

Como una alternativa adicional y con base a los recientes desarrollos de tecnología en micro procesadores se llevó a cabo la implementación de un modem de bajo costo con base a la tecnología Raspberry Pi. La tarjeta electrónica Raspberry Pi es un microprocesador de bajo costo desarrollada en el Reino Unido por la Fundación Raspberry Pi con el objetivo de estimular la enseñanza de ciencias de la computación en las escuelas (Fig. 16). Una de las grandes ventajas de la Raspberry Pi es que es una computadora de bajo costo (\$35.00 dólares americanos) y cuenta con mayores ventajas que el microcontrolador Arduino.

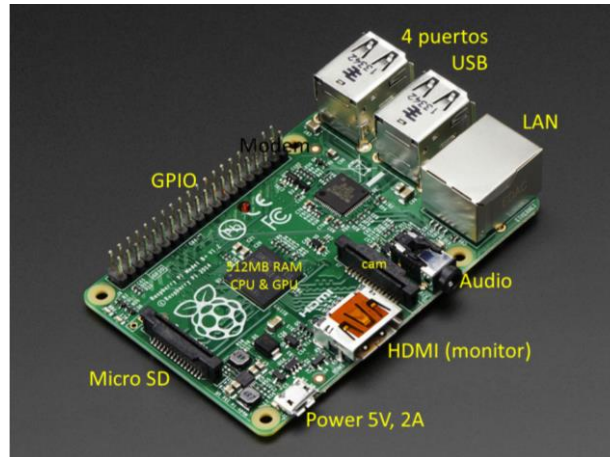


Fig. 16. Microprocesador Raspberry Pi y sus diferentes componentes (tomado de: www.raspberrypi.org).

Por lo tanto, para configurar la Raspberry Pi B+ se llevaron a cabo los siguientes pasos:

Sistema operativo:

La Raspberry no cuenta con un sistema operativo por lo que se procede a la instalación de Raspbian en la tarjeta Raspberry Pi B+. Para esto se debe descargar la imagen del Sistema Operativo Raspbian (derivado de Debian) desde el sitio en línea de Raspberry Pi. Una vez que la imagen ha sido descargada desde el sitio web de Raspberry Pi, y en un Sistema Operativo Linux, se debe ejecutar el siguiente comando que copiará los archivos de la imagen descargada hacia la tarjeta SD que se usará con la misma:

```
sudo dd bs=4M if=2014-06-20-wheezy-raspbian.img of=/dev/sdd
```

Se considera, para casos de uso, el Sistema Operativo Linux Ubuntu 12. El comando realizará entonces el copiado de los archivos y al terminar con esta tarea la tarjeta SD quedará lista para insertarse en la Raspberry Pi.

Configuración del sistema

Ya instalado el sistema operativo en la tarjeta SD se inserta en la Raspberry Pi. Para configurar la raspberry se requiere de un teclado, ratón y de un monitor los cuales se

conectan en los puertos USB y HDMI, respectivamente. Asimismo, se requiere de un cargador de 5V, 2A que se conecta a la Raspberry Pi (). Cuando se enciende la Raspberry por primera vez se tiene que configurar el sistema. Para la instalación de los módulos se debe acceder a la Raspberry PI, conectando a esta un monitor (HDMI) para apreciar la salida de pantalla.

La configuración del sistema consiste en definir básicamente el idioma, huso horario y el acceso al sistema operativo. Posterior a la configuración del sistema se procede a la actualización y escalamiento del sistema operativo. Se instala las librerías del lenguaje de programación Perl, para el uso de 3G y otras librerías.

Actualización del sistema:

```
sudo apt-get update & upgrade
```

```
sudo apt-get install libdevice-serialport-perl
```

Al terminar cuando la terminal solicite su confirmación para la instalación escriba "yes" (o "sí").

Instalando librerías de base de datos e internet:

```
sudo apt-get install libdbi-perl libdbd-mysql-perl
```

```
sudo apt-get install libwww-perl
```

Instalación de software para el uso del modem de celular 3G

```
sudo apt-get install ppp usb-modeswitch wvdial
```

```
mkdir ~/3g && cd ~/3g
```

```
wget "http://raspberrypi-at-home.com/files/sakis3g.tar.gz"
```

```
sudo tar -zxvf sakis3g.tar.gz
```

```
(opcion larga: $ gunzip -d sakis3g.tar.gz; $ tar xvf sakis3g.tar)
```

```
sudo chmod +x sakis3g
```

Ya con las librerías instaladas se procedió al desarrollo de un programa en lenguaje Perl que lee los datos del medidor. Perl es un lenguaje robusto y que cualquier sistema operativo Linux puede correr hoy en día.

El sistema propuesto depende de dos módulos que permitirán:

1. La comunicación con el dispositivo medidor conectado a la Raspberry Pi.
2. La comunicación con el servidor que captará los datos y los desplegará en gráficas.

Para verificar donde están instalados los dispositivos se utiliza el comando:

```
dmesg | grep attached
```

Debe aparecer ttyusb0 o ttsby1

Ya configurado con el sistema operativo, las librerías y con el programa instalado en la Raspberry Pi para leer los datos, en este caso en particular, de un medidor Badger instalado en los pozos del IMTA. La salida de los datos del medidor es en formato ASCII a través de un puerto RS232. Por lo tanto, para conectarlo a la Raspberry Pi se agregó una extensión DB9 a USB. El modem 3G tiene conexión USB por lo tanto este se conecta directamente a la Raspberry Pi. Se prepararon 5 sistemas similares de los cuales solo se conectaron 4. Al conectarse la Raspberry Pi automáticamente se inicia un proceso que ejecuta el programa y comienza a leer los datos del medidor. En la Fig. 17 se presenta una descripción de la configuración de la Raspberry Pi configurada para leer los datos de un medidor y transmitirlos vía 3G a una base de datos para después ser desplegados en una página

Fig. 17. Sistema Raspberry Pi que muestra la conexión al monitor y conexiones con el medidor y el modem 3G.

Sistema de transmisión de datos de pozos del IMTA

Con base a la tarjeta Raspberry Pi se configuraron 4 módems para transmitir en tiempo real el gasto y volumen acumulado de los pozos del IMTA. Asimismo, se desarrolló un programa en lenguaje Perl (Ki-Hong, 2003) para conformar la base de datos y desplegar la información recabada de los medidores.

OBJETIVOS DEL PROYECTO

DÉ CLICK EN EL POZO QUE DESEA VISUALIZAR

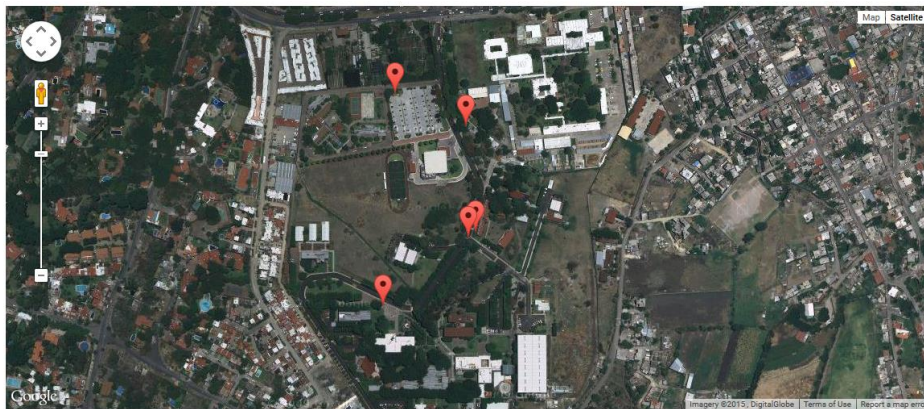


Fig. 18. Página de los medidores instalados en el IMTA.

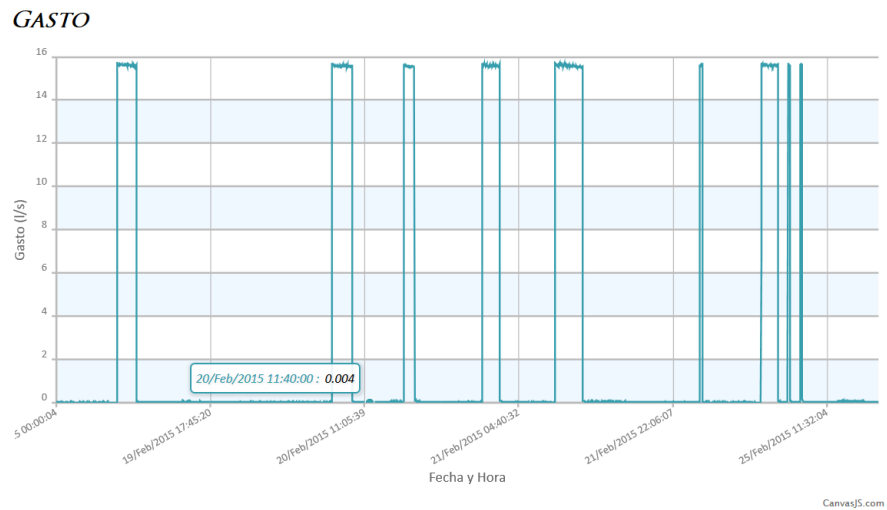


Fig. 19. Grafica de gasto Q (m³/s) medido en el pozo principal del IMTA

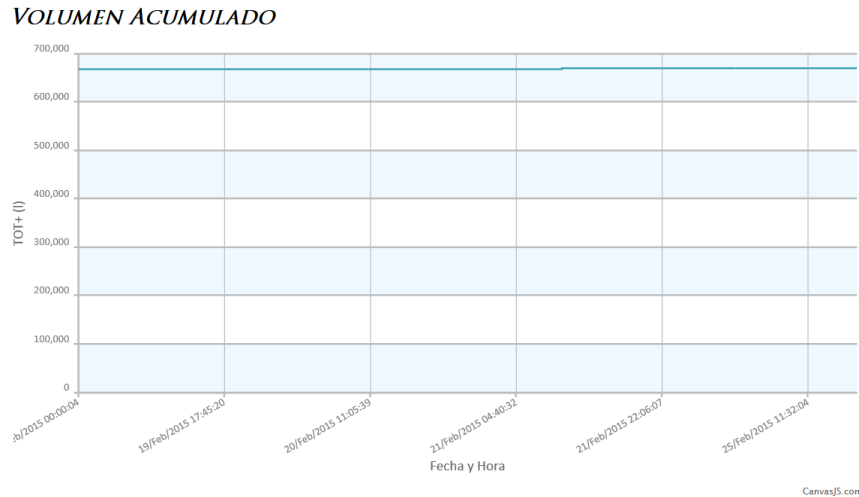


Fig. 20. Grafica del volumen acumulado del pozo principal del IMTA.

Conclusiones y discusiones

La telemetría es una herramienta que cada día se ha vuelto más común para la transmisión de datos en tiempo real. Existen diferentes opciones dependiendo de la ubicación del medidor o estación de monitoreo. Por lo tanto, si el medidor está dentro de la cobertura de internet por cable o WIFI los datos pueden ser transmitidos y enviados directamente a un servidor. Si el medidor esta fuera del alcance de la cobertura de internet por cable o WIFI la siguiente alternativa podría ser el transmitir los datos por radio frecuencia o vía celular. En el caso de la radio frecuencia el alcance del receptor/transmisor está determinado por su potencia y por la línea de vista que se tenga entre el transmisor y receptor. Con la radio frecuencia se pueden abarcar grandes distancias siempre y cuando se incluyan estaciones adicionales (routers) que permitan retransmitir la señal.

Para sitios remotos donde no se cuenta con cobertura de internet o telefonía las alternativas más viables son las satelitales. Para esto se están utilizando los satélites de órbita baja (LEO) los cuales permiten enviar datos del medidor a una estación satelital terrena y de ahí a la red. La transmisión dependerá del paso de los satélites y de que estos esten a línea de vista con la antena del modem satelital. Por lo tanto la transmisión no siempre es en tiempo real. En contraste con el internet satelital que utiliza satélites de órbita alta geoestacionarios (GEO) lo que permite que este en comunicación las 24 horas. De aquí que un sistema con internet satelital permite que la información se tenga en tiempo real además de que la comunicación es de dos vías y por lo tanto el dispositivo de medición puede ser reconfigurado o reiniciado

remotamente. Los costos de transmisión de datos en ambos casos son similares, son embargo, el potencial para otras aplicaciones es mayor con el internet satelital.

Independiente del sistema que se elija se requiere de un mantenimiento periódico de todo el sistema. Tanto de la revisión de los sensores del medidor de que esté operando normalmente así como de la de la revisión y mantenimiento del modem. Asimismo, otra de las partes importante en la telemetría es el mantenimiento de la base de datos y la revisión continua del despliegue de la información para que esté disponible a los usuarios que la requieran.

Como parte de los desarrollos de telemetría del IMTA se llevó a cabo la implementación de 2 dispositivos (módems) de bajo costo para pruebas de telemetría. Con base a la tecnología Arduino y Raspberry Pi se mostró que se puede implementar un sistema de telemetría de datos y estos ser desplegados en una página web. Los resultados son satisfactorios y robustos y son una alternativa de solución para implementar sistemas de telemetría de bajo costo.

Referencias

Ki-Hong, C.B., 2003. Perl 5 Tutorial. First Edition.

López-Antón, D. y S. Gala-Trallero, 2012. Red inalámbrica para instrumentación de procesos. Proyecto Final de Carrera. Universitat Politècnica de Catalunya.

Sontek, 2009. Argonaut-SL System Manual. Firmware Version 12.0

Zhang, Y., 2003. Internetworking and Computing over Satellite Networks. Kluwer Academic Press.

Zuñiga-López, V., 2005. Redes de Transmisión de datos. Monografía. Universidad Autónoma de Estado de Hidalgo. p86