

Registro de Ubicación de Sensores Remotos de Presión

J.I. Vega-Luna¹, G. Salgado-Guzmán¹, M.A. Lagos-Acosta¹, V.N. Tapia-Vargas¹, F.J. Sánchez-Rangel¹

Resumen— en este trabajo se presenta el diseño y construcción de un sistema de registro de ubicación de medidores remotos de presión. El objetivo principal fue diseñar y construir un sistema que indique y registre, con cierta precisión, en una computadora personal la ubicación de sensores de presión, ubicados remotamente, así como los valores de presión entregados por los sensores para poder ser reportados a autoridades certificadoras que así lo requieren.

Temas claves— Arduino, GPS, presión, sensor, ZigBee.

Abstract— this paper presents a pressure sensor location and record system design. This system record and display in a personal computer the pressure value and sensor location to generate a report to audit and environment authorities.

Keywords— Arduino, GPS, pressure, sensor, ZigBee.

I. INTRODUCCIÓN

Una de las variables que se encuentra presente en diferentes aplicaciones y procesos industriales, en laboratorio de investigación y desarrollo, e inclusive en hospitales, es la presión. En muchas de estas aplicaciones, es necesario controlar, o por lo menos monitorear los niveles de presión alcanzados, ya que si se sobrepasan ciertos niveles umbral, la presión se convierte en una variable de alto riesgo. Los sensores de presión son dispositivos que tienen la capacidad de traducir las variaciones de presión en señales eléctricas, mismas que pueden ser procesadas después por un sistema digital construido con un microprocesador o un microcontrolador.

Muchas instalaciones o industrias, además de que deben cumplir con estándares de funcionamiento, monitoreo, medición y mantenimiento, por parte de organismos gubernamentales o privados, son auditados periódicamente para poder ser certificadas. Un requisito importante, que con el avance de la tecnología se ha incorporado recientemente a estas auditorías, es que las empresas o industrias que cuentan con sistemas de medición y

monitoreo de presión de fluidos y gases, indiquen la ubicación exacta de los sensores usados en sus instalaciones mediante lecturas proporcionada usadas por Sistemas de Posicionamiento Global o GPS (Global Positioning System).

El GPS es un sistema de navegación que permite determinar en el planeta la posición de un objeto, una persona o un vehículo con una precisión hasta de centímetros. El GPS está basado fundamentalmente en una red de 24 satélites llamada NAVSTAR. Los satélites están situados en una órbita geoestacionaria a unos 20,200 Km. de la tierra y son usados por receptores GPS para determinar una posición en el planeta. La red de satélites es propiedad del Gobierno de los Estados Unidos de América y es administrada por el Departamento de Defensa (DoD). El GPS tiene básicamente tres divisiones: espacio, control y usuario. La división espacio incluye la red de satélites NAVSTAR y los cohetes Delta que lanzan los satélites desde Cabo Cañaveral, en Florida. Los satélites GPS tienen una inclinación de 55° para asegurar la cobertura de las regiones polares. La energía la proporcionan celdas solares, por lo que los satélites se orientan continuamente dirigiendo los paneles solares hacia el Sol y las antenas hacia la Tierra. Cada satélite cuenta con cuatro relojes atómicos. La división control incluye la estación de control principal en la base de la Fuerza Aérea Falcon, en Colorado Springs, y las estaciones de observación situadas en Falcon AFB, Hawaii, en la isla de Ascensión en el Atlántico, en Diego García en el océano Índico y en la isla Kwajalein en el Pacífico Sur. Las divisiones de control usan las medidas tomadas por las estaciones de observación para predecir el comportamiento de las órbitas y relojes de cada satélite. Los datos de predicción se conectan a los satélites para transmitirlos a los usuarios. La división control también se asegura que las órbitas de los satélites GPS permanezcan entre los límites y que los relojes no se alejen demasiado del comportamiento nominal. La división usuario es tal vez la más grande y diversa, ya que incluso antes de que todos los componentes de los satélites estuvieran en órbita, los investigadores utilizaban el GPS para adelantar días o semanas los métodos oficiales de investigación. Las aplicaciones del GPS son muy diversas, se utilizan en sistemas de navegación de aviones, barcos, sistemas de

¹J.I. Vega-Luna (vlji@correo.azc.uam.mx), G. Salgado-Guzmán, M.A. Lagos-Acosta, V.N. Tapia-Vargas, F.J. Sánchez-Rangel. Área de Sistemas Digitales, Departamento de Electrónica. Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco. Av. San Pablo No. 180, Col. Reynosa, Azcapotzalco, México D.F. MEXICO. Teléfono (55)-53189552.

aproximación en puertos, aeropuertos, seguimiento de flotillas de transporte de productos y personal, entre otras.

El funcionamiento básico del sistema GPS se basa en el hecho de que cada satélite usa dos tipos de datos: 1).- Las Efemérides, que son la posición exacta en el espacio y la hora atómica exacta o UTM (Universal Time Coordinated), y 2).- Los datos del Almanaque, que es la información anterior y órbitas de los otros satélites de la red, incluyendo su salud (para indicar si debe o no ser considerado para la toma de la posición). Cada satélite transmite continuamente esta información por medio de señales de radio a la Tierra. Al activarse un receptor GPS portátil, recibe las señales de los satélites, iniciando por la más fuerte, de manera que puede empezar a calcular la distancia exacta hasta ese satélite y ubicar otros satélites en el espacio. De esta forma, se obtiene la distancia entre el receptor y el satélite por medio del retardo temporal entre que el satélite envía la señal hasta que el receptor la recibe. Cada satélite tiene la ecuación de un esferoide, donde la intersección de todos estos esferoides indica la posición del usuario. Los satélites transmiten dos señales a la misma frecuencia. Estas señales son moduladas en fase (BPSK) por diferentes códigos pseudo-aleatorios y el receptor GPS calcula la correlación entre el código recibido y el código del satélite cuya señal pretende detectar. De esta forma, se pueden separar las señales de los diferentes satélites, y finalmente se obtiene el retardo temporal. Al calcular el retardo temporal entre 3 satélites y el usuario se obtiene la posición deseada (X_i, Y_i, Z_i), ya que al cortarse tres esferoides se puede definir un punto o posición, sin embargo, se usan 4 satélites para tener una precisión muy buena y una gran estabilidad de los relojes, tanto en el satélite como en el receptor. Se sincroniza el reloj del receptor GPS con el reloj atómico del satélite. Así, mediante la tri-lateración se determina la posición del receptor, tomando en cuenta las siguientes consideraciones:

- Cada satélite indica que el receptor se encuentra en un punto en la superficie de la esfera, con centro en el propio satélite y de radio la distancia total hasta el receptor.
- Obteniendo información de dos satélites se determina una circunferencia que resulta cuando se intersecan las dos esferas en algún punto de la cual se encuentra el receptor.
- Teniendo información de un cuarto satélite, se elimina el inconveniente de la falta de sincronización entre los relojes de los receptores GPS y los relojes de los satélites. Es en este momento cuando el receptor GPS puede determinar una posición 3D exacta (latitud,

longitud y altitud).

Por otra parte, existe una gran variedad de sensores de presión. La presión es una fuerza aplicada sobre un área determinada y es medida en unidades de fuerza por unidad de área [1]. Esta fuerza se puede aplicar a un punto en una superficie o distribuirse sobre la misma. Cada vez que se ejerce esta fuerza, se produce una deflexión, una distorsión o un cambio de volumen o dimensión. La medida de presión puede ser desde valores muy bajos, que se consideran un vacío, hasta miles de toneladas por unidad de área. Los principios que se aplican a la medida de presión se utilizan también para medir temperatura, flujo y nivel de líquidos. Para medir la presión se usan sensores dotados de un elemento sensible a la presión y que emiten una señal eléctrica al variar la presión. En el sistema internacional de medidas, la presión está estandarizada en Pascales y en los países de habla inglesa se utiliza PSI. Un PSI es igual a 6.895 KPascal. Existen diferentes métodos usados para medir la presión, entre los que se encuentran: la columna de líquido, el sensor diferencial y el tubo de Bourdon.

La columna de líquido

Es un manómetro en forma de "U" y un sistema de medición absoluto que no depende de calibración. La ecuación usada en este dispositivo de columnas es la siguiente: $p_1 = \rho gh + p_2$. Si la columna de fluido en el nivel superior está abierta a la atmósfera ($p_2 =$ presión barométrica) se tendrá que p_1 es una presión relativa. Si la columna es sometida a vacío (p_2 es cero absoluto), entonces p_1 es la presión absoluta (teniéndose un barómetro). Esta ventaja lo hace un artefacto muy común, pero su desventaja principal es la longitud de los tubos necesarios para una medición de presiones altas y, desde el punto de vista de la instrumentación de procesos, no es trivial transformarlo en un sistema de transmisión remota de información sobre presión. Este dispositivo mide la presión relativa a la presión atmosférica (aunque p_1 y p_2 en el manómetro en "U" podrían ser parte de un proceso). Sin embargo, en muchas aplicaciones es necesario determinar la presión relativa entre dos puntos y los dispositivos que pueden hacerlo se conocen como sensores (o manómetros) de presión diferencial.

Los tubos de Bourdon

El método más común para medir la presión es usando el barómetro de Bourdon, el cual consiste de un tubo plano de bronce o acero en forma de arco. Conforme se aplica presión al interior del tubo, éste tiende a elongarse, transmitiendo este movimiento a una caratula por medio de un mecanismo amplificador adecuado o a un sistema de

variación de resistencia o campos eléctricos o magnéticos. Los tubos de Bourdon para altas presiones se fabrican de acero. Puesto que la exactitud del aparato depende en gran parte del tubo, sólo deben emplearse tubos fabricados de acuerdo con las normas más rigurosas y envejecidos cuidadosamente por el fabricante. Los manómetros en uso continuo, y especialmente los sometidos a fluctuaciones rápidas y frecuentes de presión, deben verificarse repetidas veces. Un procedimiento cómodo para hacerlo consiste en tener un manómetro patrón exacto que pueda conectarse en cualquier punto de la tubería en la que está unido el manómetro regular y efectuar comparaciones. A intervalos regulares debe confrontarse el manómetro patrón con el manómetro de peso directo o contrapesos. El manómetro de Bourdon es completamente satisfactorio para presiones hasta de unas 2000 ATM, siempre que sea suficiente una exactitud de 2 a 3 %. El manómetro de Bourdon depende de la elasticidad de los materiales utilizados en su construcción. Hoy en día, existen diferentes fabricantes de sensores de presión, los cuales proporcionan en su salida una señal digital, lo cual, además de simplificar el desarrollo de interfaces y aplicaciones, tienen mejores tiempos de respuesta [2]. Es el caso del sensor de presión usado en este trabajo.

Por otra parte, las tecnologías inalámbricas han hecho que la forma de usar de muchos dispositivos sea más fácil, segura, cómoda y rápida. Actualmente existen tres principales tecnologías de transmisión de datos: WiFi, Bluetooth y ZigBee [3]. La tecnología WiFi es el estándar usado en el protocolo de comunicaciones en redes de computadoras WLAN y consume mucha potencia en las aplicaciones de monitoreo remoto como la realizada en el trabajo aquí presentado [4]. La tecnología Bluetooth es mejor que WiFi en lo referente a consumo de energía y distancia alcanzada, sacrificando velocidad de transmisión de datos y es limitada en términos de la cantidad de nodos que soporta. Finalmente, la tecnología ZigBee (IEEE 802.15.4, grupo de trabajo 4 del IEEE 802.15), a pesar de ser de la misma familia de Bluetooth (802.15 WPAN-Personal Area Network), es de bajo consumo de energía, relativamente sencilla de usar, alcanza distancias grandes, soporta una gran cantidad de dispositivos conectados en red, pero no alcanza grandes velocidades de transmisión. Además de leer datos desde dispositivos remotos, con este protocolo se les puede enviar también comandos a estos dispositivos para la realización de aplicaciones de automatización y monitoreo que incluyan implantar redes de hasta 65,000 dispositivos ZigBee [5]. Los transceptores ZigBee trabajan a una frecuencia de 900 MHz. a 2.4 GHz. y a una velocidad serie máxima de 250 Kbps. [6].

II. DESARROLLO

La metodología seguida en este trabajo consistió en dividir el sistema completo en dos etapas, la primera etapa fue la construcción de un módulo de medición remoto, ubicado en el proceso en el cual se realiza la medida de presión, y la segunda etapa consistió en la construcción de un módulo de registro, ubicado en una oficina central de monitoreo. El sistema se usará en principio en un centro de datos donde existe una red de tuberías que transportan el agua de los sistemas de ventilación y enfriamiento. En una primera versión del sistema se construyeron cinco módulos remotos, cada uno instalado en una ubicación geográfica diferente en la red de tuberías. Estos módulos se encargan de recibir tanto de un módulo GPS la ubicación de un sensor de presión como el valor que mide el mismo sensor. En la Figura 1 se muestra un diagrama de bloques del sistema construido y sus principales componentes cuya función se explicará a continuación.

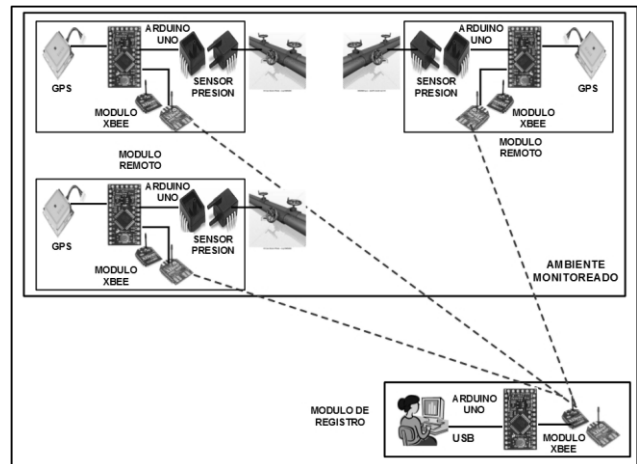


Figura 1. Diagrama de bloques del sistema

El módulo remoto

Para construir el módulo remoto en la primera fase de la metodología, se consideraron básicamente tres aspectos para seleccionar sus componentes. El primer aspecto fue que el líquido transportado en la tubería es agua, un líquido no corrosivo, y que la presión máxima alcanzada es de 2 PSI. Tomando estos parámetros como base, se seleccionó el sensor ASDXLDO, cuyas características principales se presentarán más adelante en este documento. El segundo aspecto que se consideró fue que no debería instalarse cableado adicional ya que todo el cableado en un centro de datos es estructural, el cual cumple con estándares sumamente estrictos y el modificarlo o incluir en él líneas de transmisión de datos es un proceso muy complejo, por lo que la transmisión de datos desde los módulos remotos al módulo de registro

debería ser inalámbrica. El tercer punto tomado en cuenta fue que la distancia más grande entre la estación de monitoreo y un sensor de presión es de 80 metros. Tomando en cuenta estos dos últimos requisitos, se decidió seleccionar como transmisor de RF un módulo XBee, el cual presenta además las ventajas de la tecnología ZigBee ya indicadas en la introducción de este trabajo. El último paso para diseñar el módulo remoto, fue interconectar el sensor de presión, el transmisor de RF y el receptor GPS, que proporciona las coordenadas geográficas del módulo. Para lograr esto se utilizó una tarjeta Arduino Mini, ya que es una tarjeta de código abierto, con una amplia variedad de bibliotecas y de precio accesible. La Figura 2 muestra un diagrama de bloques del módulo remoto.

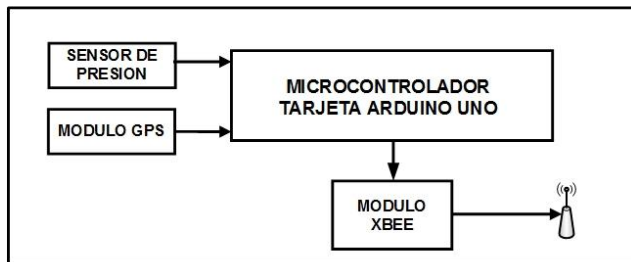


Figura 2. Diagrama de bloques del módulo remoto

A continuación se describirán las características principales de los componentes del módulo remoto para posteriormente explicar su funcionamiento.

La tarjeta Arduino Mini usada contiene un microcontrolador ATmega328 de 8 bits. Los principales recursos con los que cuenta este microcontrolador son los siguientes: 14 líneas digitales de entrada/salida, 32 KB de memoria RAM, 2 KB de memoria RAM, un puerto serie USART y un adaptador USB, suficiente para los requisitos del módulo remoto.

El sensor de presión utilizado es el modelo ASDXLDO [7]. Es un dispositivo fabricado por Honeywell. Calibrado y compensado en temperatura, es fabricado en formato DIP (Dual In-line Package) y listo para insertarse en una placa de circuito impreso. En la Figura 3 se muestra un módulo de un sensor ASDXLDO. Este sensor está diseñado para usarse con fluidos no corrosivos cumpliendo con los estándares ISO 9001. Puede medir una presión máxima de 3 PSI. Se alimenta con una fuente de 4.75 Vdc a 5.25 Vdc, consume (típicamente) 6 mA, trabaja en ambientes de -20 °C a 105 °C y su tiempo de respuesta es de 8 ms. La salida de este sensor es compatible con el protocolo I²C, lo cual le permite comunicarse de manera sencilla con un microcontrolador u otro dispositivo de

procesamiento de información, sin la necesidad de adicionar circuitería adicional. El bus I²C usa dos líneas, fue inventado en 1980 por Philips Semiconductors para ser utilizado en la comunicación entre circuitos integrados y desde entonces se ha convertido en el bus serie estándar usado por muchos fabricantes de circuitos integrados y aplicaciones. Las dos líneas del bus I²C del sensor son las siguientes: entrada de reloj serie (SCL-Serial Clock Line) y salida de datos serie (SDA-Serial Data Line). El sensor ASDXLDO proporciona la medida de presión a través de un número de 12 bits no signado por medio de su salida SDA.

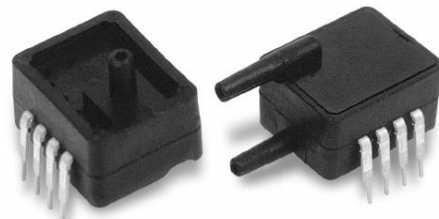


Figura 3. Sensor de presión ASDXLDO usado

El receptor GPS usado es el módulo EM-506 de USGlobalSat [8]. En la Figura 4 se muestra el receptor GPS EM-506.



Figura 4. Receptor GPS EM-506 usado

Este módulo cuenta con regulador de voltaje, memoria RAM respaldada por batería, antena integrada, indicador de led y cable de conexión de 6 terminales. El módulo GPS entrega información usando el formato estándar NMEA 2.3. Un ejemplo de una trama NMEA entregada por el receptor GPS se muestra a continuación:

```
$GPGGA,161229.487,3723.2475,N,12158.3416,W,1,0
7,1.0,9.0,M,-34.2,M,,0000*18
```

Algunos de los campos más importantes de la trama NMEA son los que se muestran en la Tabla I.

TABLA I. CAMPOS DE UNA TRAMA NMEA

Nombre	Ejemplo	Descripción
Identificador del Mensaje.	\$GPGGA	Encabezado el protocolo GGA.
Hora UTC.	161229.487	hhmmss.sss
Latitud.	3723.2475	ddmm.mmmm
Indicador N/S.	N	N=Norte o S=Sur
Longitud	12158.3416	dddmm.mmmm
Indicador W/E.	W	W=Oeste o E=Este

El transmisor RF empleado es un circuito XBee Serie 2, configurado como ruteador [9] y operando en modo AT, donde la información recibida por su línea de entrada digital serie lo envía por su antena, a través de una señal de RF. Este dispositivo es compatible con el protocolo ZigBee 802.15.2, cuenta con antena integrada que puede transmitir información inalámbrica a una distancia máxima de 300 pies en interiores, trabaja a una frecuencia de 2.4 GHz. y usa los protocolos de red y ruteo del estándar ZigBee.

La manera de cómo trabajan conjuntamente los componentes del módulo remoto es la siguiente: la terminal SCL del sensor se conectó a una línea de salida digital del microcontrolador ATmega328 de la tarjeta Arduino Mini y la terminal SDA del sensor a una línea de entrada digital del microcontrolador. La salida serie TXD del módulo GPS módulo EM-506 se conectó a una línea de entrada digital del microcontrolador. La salida serie del puerto USART del microcontrolador se conectó a la entrada serie del módulo XBee.

La programación de microcontrolador se realizó para que periódicamente se encuentre leyendo tanto el valor de presión entregado por un sensor como la posición geográfica proporcionada por el receptor GPS. El microcontrolador entrega también esta información al transmisor de RF XBee. Al final de este módulo, el transmisor de RF XBee envía inalámbricamente el valor de la presión y posición del sensor al módulo de registro [4]-[6]. Cada trama de información entregada por el receptor GPS contiene campos separados por comas y termina con un checksum. Cada uno de los campos es extraído por el microcontrolador de la tarjeta Arduino para enviarlos al transmisor RF.

El módulo de registro

La metodología usada para la construcción de este módulo fue similar a la usada en el módulo remoto, ya que se necesitaba contar con un receptor de RF que recibiera la información enviada por el transmisor de RF del módulo

remoto y que esa información fuera entregada, por un puerto USB, a la computadora personal. De esta manera, se construyó el módulo de registro usando también una tarjeta Arduino Mini, un circuito XBee Serie 2 como receptor de RF y un convertidor TTL-USB. En este módulo el receptor de RF fue configurado como coordinador y operando en modo AT (transparente).

La información que recibe el receptor de RF la entrega, por medio de la salida digital de su puerto serie, al microcontrolador ATmega328 de la tarjeta Arduino Mini. A una salida digital del microcontrolador de la tarjeta Arduino se conectó el convertidor TTL-USB. La Figura 5 muestra un diagrama de bloques del módulo de registro.

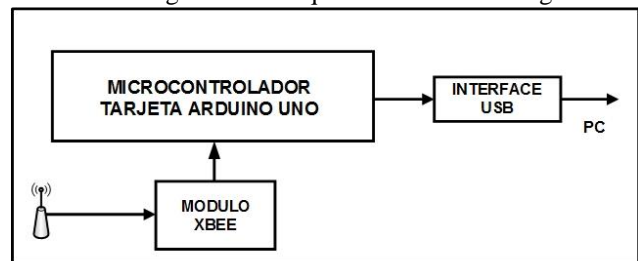


Figura 5. Diagrama de bloques del módulo de registro

La programación del microcontrolador fue realizada para que periódicamente lea la información que entrega el receptor de RF y la entregue a la computadora personal. Esta programación se implantó usando funciones de comunicación serie proporcionadas por las bibliotecas de Arduino.

La interface de usuario de la computadora personal fue realizada en lenguaje Visual C, la cual se encuentra recibiendo y registrando, en un archivo de texto generado cada día, tanto el valor de presión enviado por cada sensor como su posición geográfica. Los archivos generados, son los que la empresa entrega a las autoridades que la auditan. La velocidad entre la tarjeta Arduino y la computadora personal y velocidad usada en la transmisión inalámbrica entre los dispositivos XBee es de 9600 bps.

III. CONCLUSIONES

Antes de entrar en operación el sistema aquí desarrollado, se realizó una cantidad importante de pruebas, las cuales consistieron básicamente en ubicar los módulos remotos en distintas posiciones geográficas dentro de las instalaciones del centro de datos, así como variar la presión de las tuberías de agua monitoreadas. Estas pruebas implicaron realizar algunos ajustes menores de programación del sistema. Los resultados de las pruebas mostraron que la distancia máxima de transmisión de

información desde un módulo remoto al módulo de registro, fue aproximadamente 90 metros con línea de vista, un poco menor a la especificada por el fabricante de los dispositivos XBee. En cuanto a la velocidad de transmisión de los dispositivos XBee, los cuales pueden transmitir hasta 156 Kbps., se realizaron pruebas con velocidades de 9,600 bps. y 19,200 bps. sin presentarse ningún problema, viendo que 9600 bps. fue suficiente para esta aplicación ya que no son grandes cantidades de información a transmitir. Una alternativa que se tuvo fue usar para la transmisión inalámbrica, transceptores Bluetooth, pero su alcance es más pequeño comparados con la tecnología ZigBee, además que Bluetooth es una comunicación punto a punto.

Por otra parte, el utilizar dispositivos de tecnología ZigBee permitirá crecer mucho más la red de medidores, si es necesario en el futuro, sin que el tráfico en la red represente un problema, ya entre más dispositivos ZigBee se encuentren en la red existirán más rutas de transmisión hacia el módulo de registro.

La aplicación en este trabajo uso sensores de presión, pero se pueden emplear sensores o medidores de otro tipo de variables, sin modificar significativamente el sistema construido, cumpliéndose el principal objetivo para lo cual fue realizado: entregar la posición geográfica obtenida con un receptor GPS.

Finalmente, el resultado de este trabajo fue un sistema sencillo y compacto, pero debe considerarse que se necesitó que fuera confiable y de fácil instalación y operación. Sería recomendable como una mejora o continuación de este trabajo, adicionarle al módulo de registro un gateway XBee, con lo cual este módulo se podría conectar a un segmento de red público y que el monitoreo de la posición geográfica y medida proporcionada por los medidores de presión sea realizada desde cualquier computadora conectada a Internet.

IV. REFERENCIAS

- [1] Dan, L. y Ting, L. A. (2011) "Monolithic Piezoresistive Pressure-Flow Sensor With Integrated Signal-Conditioning Circuit" in *IEEE Sensors Journal*. (Volume: 11, Issue: 9). Page(s): 2122-2128.
- [2] Ee-Lim, T. y Pereles, B.D. (2010) "A Wireless Embedded Sensor Based on Magnetic Higher Order Harmonic Fields: Application to Liquid Pressure Monitoring" in *IEEE Sensors Journal*. (Volume: 10, Issue: 6). Page(s): 1085-1090.
- [3] Nugroho, R. y Susanto, E. (2014) "Wireless sensor network for prototype of fire detection" in *2014 2nd International Conference on Information and Communication Technology (ICoICT)*. Page(s): 469-474.
- [4] Li, J. y Zhu X. (2010) "Study on ZigBee network architecture and routing algorithm" in *2010 2nd International Conference on Signal Processing Systems (ICSPS)*. (Volume:2). 5-7 July 2010. Page(s): V2-389-V2-393 E-ISBN: 978-1-4244-6893-5 Print ISBN: 978-1-4244-6892-8.
- [5] Chen C. y Lin H. (2012) "Power management system based on ZigBee" in *2012 International Conference on Security and Identification (ASID)*. 24-26 Aug. 2012. Page(s): 1-5. ISSN: 2163-5048 E-ISBN: 978-1-4673-2143-3 Print ISBN: 978-1-4673-2144-0.
- [6] Onunka, C. y Bright, G. (2013) "Investigating the choice factors on the use of XBee/Bluetooth as the communication scheme in EEG sensor networks" in *2013 6th Robotics and Mechatronics Conference (RobMech)*. Page(s): 52-57.
- [7] Honeywell Co. (2014) *ASDXL DO Series Data Sheet*. <http://www.honeywell.com/sensing>.
- [8] Globalsat Technology Corporation. (2014) *GLOBALSAT GPS Module Hardware Data Sheet EM-506*. <http://www.globalsat.com.tw>.
- [9] Digi International Inc. (2014) *XBee®/XBee-PRO® ZB SMT RF Modules Data Sheet*. <http://www.digi.com>