

Diseño e implementación de un analizador básico de gases para emisiones vehiculares (HC, CO y CO₂), desarrollado bajo la plataforma android

Design and implementation of a basic gas analyzer for vehicle emissions (HC, CO, CO₂), developed under the android platform

Johan Julián Molina M.¹, Arcelia Gutiérrez M.² y Pablo Arturo Muñoz³

Resumen

En el presente estudio de investigación se desarrolló el diseño e implementación de un analizador básico de gases vehiculares (CO, CO₂ y HC) con comunicación inalámbrica e interpretación de mediciones en dispositivos con sistema operativo Android, cuenta con un sistema embebido que opera bajo la plataforma de Arduino capaz de llevar a cabo las diferentes tareas en el proceso de medición (Gas sensor board v2.0) y transmisión por WIFI (Wasp mote pro 1.2) de los datos entre el equipo y el dispositivo móvil del usuario.

Palabras clave: Protocolo, Transmisión inalámbrica, Equipo inteligente, Aplicación móvil, Medición.

Abstract

In This study of investigation was development to desing and implementation a basic analyzer of vehicular gases (CO, CO₂ and HC) with wirelees connection and measure interpretation on mechanism with Android, operating system and this have one system involved that operate on Arduino system be able to do differents functions in measuring process (Gas sensor board v2.0) and transmission on WIFI (Waspote pro 1.2) of the dates between equipment and mechanism mobile from the user.

Key words: Protocol, Wireless transmission, Device, Smartphone, Mobile application, Measurement.

1 Ingeniero Electrónico de la Universidad Surcolombiana, Especialista en Informática y Telemática, Máster en Desarrollo de Aplicaciones para Móviles. Docente programa de Ingeniería Electrónica de la Universidad Surcolombiana. Correo electrónico: julian.molina@usco.edu.co

2 Ingeniera de Sistemas Universidad Antonio Nariño. Especialista en Teleinformática y Magister en Telemática. Docente de la Universidad Surcolombiana. Correo electrónico: arceliagm@gmail.com

3 Estudiante Ing. Electrónica. Universidad Surcolombiana. Correo electrónico: pablo.art.munoz@gmail.com

1. Introducción

Actualmente en Colombia, el 74% de la población identifica la contaminación del aire como uno de los problemas más serios en el país. La polución excesiva es a menudo causa de políticas públicas insostenibles en sectores del transporte, la energía, la industria y la gestión de residuos, además porque afecta directamente a la población. Genera aproximadamente 7000 casos de muertes prematuras anuales, 7400 nuevos casos de bronquitis crónica, 13000 hospitalizaciones por causa de enfermedad respiratoria crónica y 255000 visitas a salas de urgencia (Acevedo, *et al.*, 2013); (Viceministerio del Medio Ambiente, 2014).

Dentro de todos los contaminantes existentes en la atmósfera, se identifican los que afectan la salud tan pronto se inhalan: monóxido de carbono (CO), dióxido de azufre (SO₂), dióxido de nitrógeno (NO₂), ozono troposférico (O₃) y compuestos volátiles orgánicos (VOC); además de éstos, se incluye al CO₂ (dióxido de carbono) (Daniels, 2007).

La Organización Mundial de la Salud (OMS) presentó las últimas estadísticas sobre contaminación, que demuestran que una de cada ocho muertes en el mundo está relacionada con la exposición a ambientes contaminados. “Las cifras son sorprendentes, son dramáticas. Es por esto que en el mundo y en Colombia ha llegado la hora de tomar conciencia del desgaste que se le ha causado al medio ambiente por las emisiones de estos gases. La normatividad de emisiones por fuentes móviles y fijas (Decreto 948 de 1995), no ha sido implementada de la mejor manera en el territorio nacional pues no se realizan controles en cortos periodos de tiempo (Ministerio del Medio Ambiente, 2014); (Ministerio de Ambiente, 2007). Dentro de las fuentes móviles se encuentra que conducir un automóvil es la actividad más contaminante que la gente realiza diariamente, los vehículos a motor de combustión liberan millones de toneladas de contaminantes a la atmósfera cada año (Suarez, 2007).

Colombia cuenta con algunas empresas especializadas, cuya misión es realizar mediciones generales por medio de equipos especializados de alto costo, hoy en día con el auge de la tecnología se encuentran sensores adaptables a aplicaciones de monitoreo específico, que van a la par con la evolución de los sistemas de comunicaciones móviles y de las redes inalámbricas avanzadas, propiciando el uso de Redes de Sensores Inalámbricos (RSI) en múltiples ámbitos de interés (Diario Santo Domingo, 2007).

Estas redes están típicamente compuestas por dispositivos inalámbricos autónomos que incorporan sensores para la recolección de datos de distinta naturaleza, se caracterizan por su escalabilidad, ausencia de cableado, pequeño tamaño, bajo consumo de energía, gran variedad de magnitudes físico/químicas medibles, lo que las hace útiles en gran variedad de escenarios, como domótica, procesos industriales, logísticas, seguridad o ciudades inteligentes, agricultura, ganadería, medio ambiente, salud y entre otros (Gascón, 2010).

La Tecnología de bolsillo o dispositivos móviles inteligentes sumergieron a la sociedad en un interés y una dependencia hacia nuevas tecnologías de usabilidad que buscan facilitar la vida cotidiana de sus usuarios, a fomentar la comunicación directa, rápida y en la mayoría de los casos a simplificar el trabajo. Cada año hay una avalancha de nuevos modelos de telefonía más pequeños y con más recursos (cámara, vídeo, internet, juegos, aplicaciones, servicios de mensajería, entre otros.), este es el mejor ejemplo para entender las dimensiones de esta utilidad y su potencial para el desarrollo global (Tomás, 2013).

El propósito de esta investigación fue diseñar e implementar un analizador básico de gases vehiculares equipado originalmente con sensores de Dióxido de carbono (CO₂), Monóxido de Carbono (CO), Compuestos Orgánicos Volátiles (VOC). Este dispositivo analizador está compuesto por sensorica de gases, una tarjeta de adquisición de datos encargada de interpretar los valores medidos por los sensores y transmisión de los mismos a través del protocolo WIFI al dispositivo móvil con sistema operativo Android (Smartphone) (Tomas, 2013). Aprovechando estas utilidades que brinda esta tecnología se desarrolló una aplicación de gran utilidad, innovadora, portátil y sencilla, cuya función es monitorear las emisiones vehiculares a las que están expuestos los seres humanos, para aportar a la protección y cuidado del medio ambiente.

En el siguiente diagrama de bloques figura 1, se identifican las etapas del sistema Analizador de gases:

2. Etapas del Proyecto

2.1 Etapa 1: Sensores

Los sensores de detección de gases y vapores son transductores que usan ciertas propiedades de los

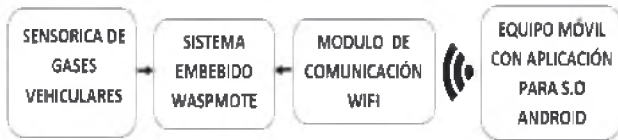


Figura 1. Sistema Analizador de Gases.

gases para la conversión en una señal eléctrica adecuada. En las décadas recientes cuatro principios de medición, se han hecho dominantes especialmente: resistivos, electroquímicos, perla catalítica y sensores infrarrojos (Draguer, 2010). Dichos sensores son de difícil consecución en nuestro país, el costo económico y de energía de la mayoría de estos sensores es muy alto, después de varios estudios se decidió adquirir la placa de gases 2.0 que brinda variedad de mediciones, bajo consumo y pequeño tamaño.

La placa de gases 2.0 implementada por la empresa española Libelium (Figura 2), fue diseñada para monitorizar parámetros ambientales como la temperatura, humedad, presión atmosférica y 14 tipos de gases diferentes.



Figura 2. Board Gases 2.0.

Permite la inclusión de 6 sensores de gases al mismo tiempo, las variables utilizadas para este proyecto son:

- Temperatura MCP9700A (Figura 3).
- Humedad 808H5V5 (Figura 4).
- Monóxido de Carbono TGS2442 (Figura 5).
- Dióxido de Carbono TGS4161 (Figura 6).
- Oxígeno Molecular SK-25 (Figura 7).

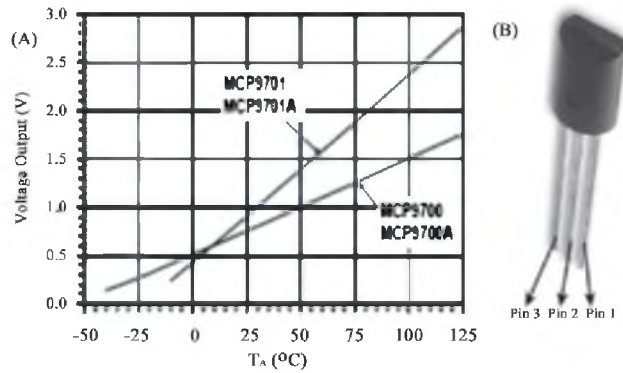


Figura 3. (A) Respuesta sensor Temperatura. (B) Sensor MCP9700A.

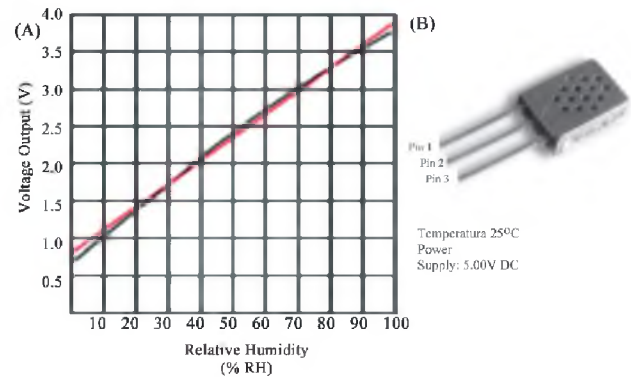


Figura 4. (A) Respuesta sensor de Humedad. (B) Sensor 808H5V5.

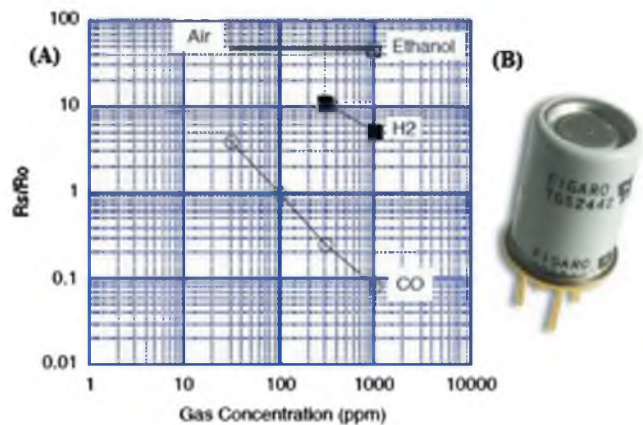


Figura 5. (A) Respuesta sensor de CO. (B) Sensor TGS2442.

- Compuestos Orgánicos Volátiles MICS-5521 (Figura 8).

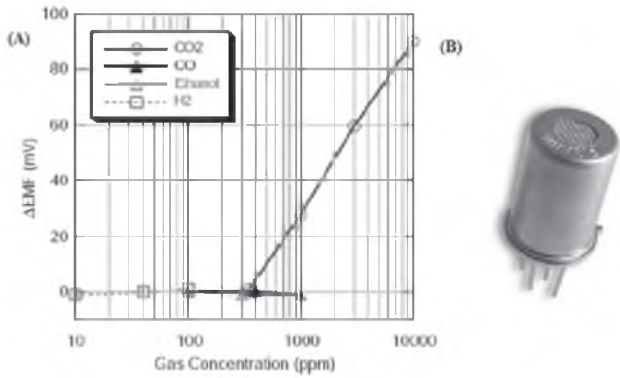


Figura 6. (A) Respuesta sensor de CO2 (B) Sensor TGS4161

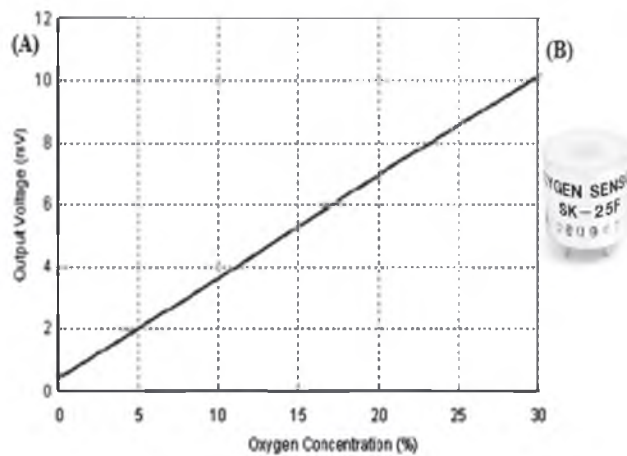


Figura 7. (A) Respuesta sensor de O2. (B) Sensor SK-25.

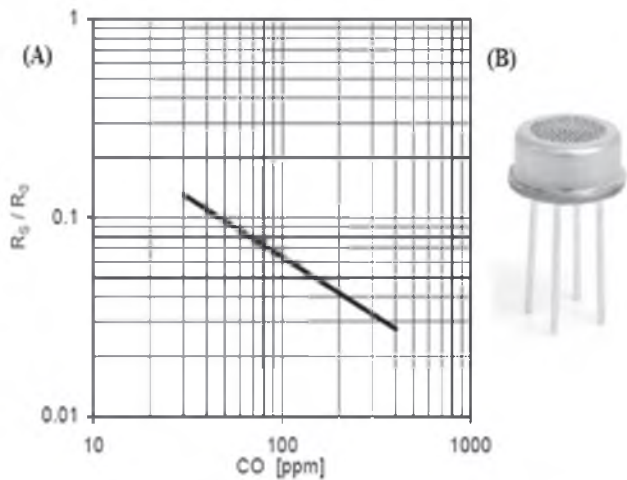


Figura 8. (A) Respuesta sensor de VOC's. (B) Sensor MICS-5521.

2.2. Etapa 2: Adquisición y Transmisión

El mercado de los microprocesadores y tarjetas de adquisición es muy amplio, el modelo que se usó para

obtener compatibilidad con la tarjeta de gases fue la Waspote (Figura 8), del mismo proveedor español Libelium, esta es una tarjeta que cuenta con un microprocesador Atmel ATmega1281, orientada al uso doméstico e industrial, también cuenta con un sistema de programación abierta con bajo consumo de energía, lo cual facilita su difusión, minimiza costos, existiendo documentación y referencia de ella en diferentes medios como revistas especializadas.

En la tabla 1 se indican las características generales del producto (Libelium, 2013).

Tabla 1. Características Waspote

Microcontrolador	ATmega1281
Frecuencia	14.7456 MHz
SRAM	8KB
EEPROM	4KB
FLASH	128KB
SD Card	2GB
Peso	20gr
Entradas/Salidas	7 Analógicas (I), 8 Digitales (I/O), 1 PWM, 2 UART, 1 I2C, 1USB, 1SPI
Dimensiones	73.5 x 51 x 13 mm
Rango de Temperatura	[-10°C, +65°C]
Reloj	RTC (32KHz)

Consumo

ON	15mA
Sleep	55µA
Deep Sleep	55µA
Hibernate	0.07µA
Operación sin carga	1 Año

Características Eléctricas

Voltaje de Batería	3.3 V - 4.2V
Carga USB	5 V - 100mA
Carga Panel Solar	6 - 12 V - 280mA

Sensores integrados en la placa

Temperatura (+/-)	-40°C, +85°C. Precisión: 0.25°C
Acelerómetro	±2g/±4g/±8g

Este dispositivo se basa en una interfaz de programación que fue desarrollada por Arduino, creando un dispositivo de bajo costo open-hardware de libre distribución. Se encarga de encontrar las concentraciones de los diferentes gases según el comportamiento dado por los sensores. Brinda diversas

maneras de conexión inalámbrica, entre estas se encuentran módulos XBee – ZigBee, WiFi (Figura .10), Bluetooth, GSM/GPRS, 3G/GPS, RFID/NTC. Se pudo comprobar que la conexión que brindó mayor fiabilidad, versatilidad y cobertura en el lugar de la medición fue dada por el protocolo WiFi con el dispositivo móvil.

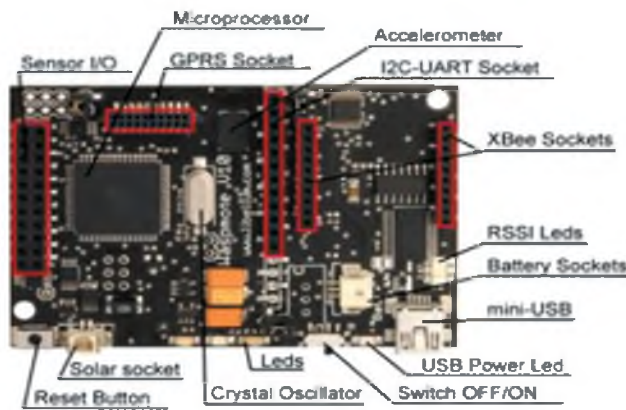


Figura 9. Waspnote

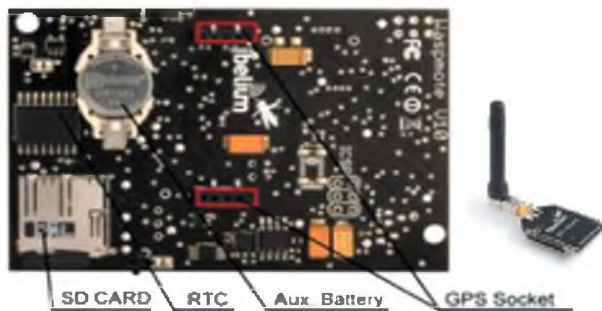


Figura 10. Módulo WiFi.

La topología de conexión Ad-hoc fue utilizada y configurada de tal forma que pudiera llevar a cabo la comunicación directa con los dispositivos Android sin necesidad de un enrutador intermediario (Waspnote, 2013).

2.3 Etapa 3: Aplicación Android

Android brinda características con ventajas especiales, siendo una plataforma abierta basada en Linux se adapta a cualquier tipo de hardware, lo que garantiza portabilidad, maneja la filosofía de dispositivos siempre conectado a internet, nivel de seguridad aceptable, óptimo por el ahorro en el consumo de potencia eléctrica y uso de poca memoria, alta calidad de gráficos

y sonido, cantidad de servicios incorporados como localización GPS, bases de datos, reconocimiento y síntesis de voz, navegador, multimedia, entre otras (Albarran, 2013).

Java, como lenguaje de programación es la base de las aplicaciones para sistemas operativos Android, por tal razón eclipse ADT como herramienta de desarrollo es recomendable, por ser libre y además esta soportada por Google. La Aplicación móvil consta principalmente de las siguientes características:

- Icono ilustrativo (Figura 11 A).
- Splash o pantallazo de presentación (Figura 11 B).
- Actividad principal que incorpora tres pestañas (datos, resultados y acerca de.).
- La Actividad Datos: recolecta la información necesaria de cada vehículo (Propietario, Placa, Marca, Cilindraje, Modelo) (Figura 12 A).
- La Actividad Resultados: nos presenta en tiempo real los datos obtenidos cada uno de los sensores de gas implementados. Tiene la opción de generar un reporte y el diagnóstico de la cantidad de gases tóxicos a la que está siendo expuesto el usuario (Figura 12 B).
- Acerca de: brinda los créditos de la aplicación.



Figura 11. (A) Icono; (B) Splash Presentación.

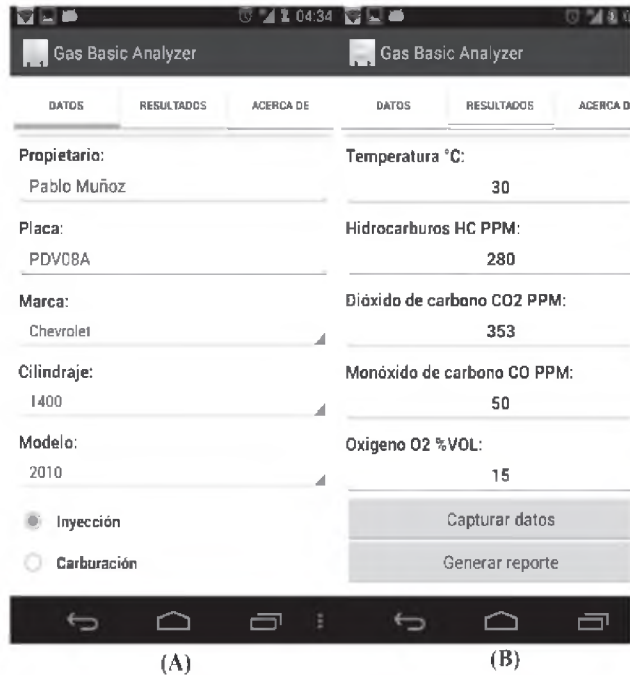


Figura 12. (A) Actividad Datos; (B) Actividad Resultados

3. Análisis de Resultados

El método de calibración utilizado en cada uno de los sensores fue el de ensayo - error teniendo como referencia cada una de las gráficas de respuesta, y en el caso de los sensores de gas, se tomó como patrón el valor mínimo de concentración en partes por millón (ppm) de cada uno de los gases en el aire normalizado.

Después de ejecutar el acople entre la placa de gases y el Waspote, se realizó la configuración de la red Ad-hoc en el móvil y la tarjeta de nombre "GasBasic Analyzer" con protocolo de seguridad WPA PSK, obteniendo un enlace estable, rápido y seguro. La aplicación en Android puede ser instalada desde la versión Gingerbread (v2.3) en adelante.

Se realizaron diferentes pruebas de funcionalidad y monitoreo en un ambiente controlado, con un tiempo para cada una de 20 minutos, la prueba demostrativa consistió en activar los dispositivos, luego realizar el enlace entre sistema embebido y dispositivo móvil por transmisión inalámbrica WI-FI, y también el enlace entre la tarjeta controladora y computador por comunicación serial USB, los primeros datos obtenidos corresponden a la concentración normal del ambiente, al cabo de tres minutos se enciende un vehículo de combustión a gasolina a velocidad de crucero durante

12 minutos, y por último el vehículo se apaga dejando otros cinco minutos de receso, obteniendo como resultado los datos ilustrados en la figura (13) (14) (15).

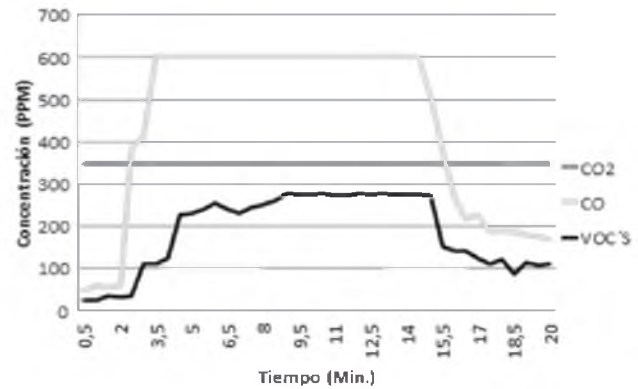


Figura 13. Resultado medición de Gases.

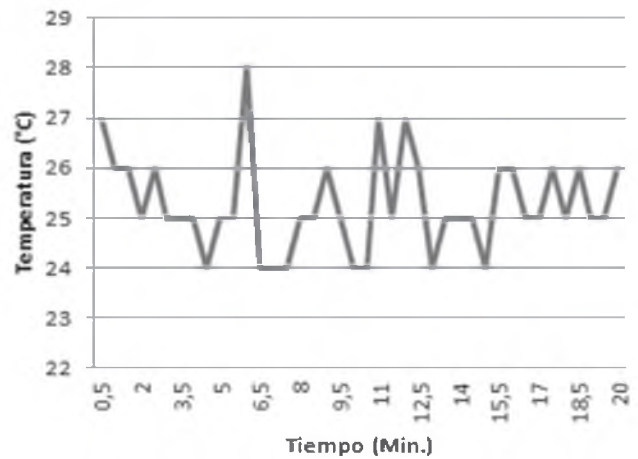


Figura 14. Resultado medición de Temperatura.

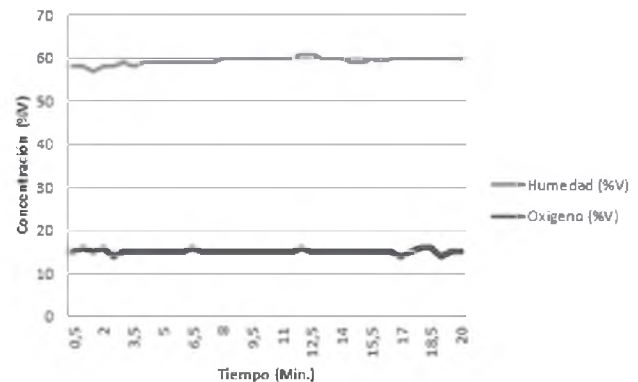


Figura 15. Resultados medición de Humedad y Oxígeno

A partir de los resultados obtenidos se infiere que el sistema funciona adecuadamente, demostrando un cambio drástico de concentración en los gases CO y VOC's (Figura 12), por ejemplo el CO nos muestra

un valor inicial inferior a 50 (ppm) normal del aire y se somete a un cambio considerable a causa de la combustión del vehículo provocando un aumento hasta 600 (ppm). Se debe tener en cuenta que el monóxido de carbono es tóxico por la inhalación y no tiene propiedades de advertencia como el olor y el sabor, el monóxido de carbono afecta la habilidad del cuerpo para transportar moléculas de oxígeno a las células, y por ello es considerado un químico asfixiante, se mezcla fácilmente con el oxígeno que lleva proteína a la sangre (hemoglobina). La exposición al monóxido de carbono por encima de 1000 (ppm) puede causar pérdida de la conciencia incluso la muerte. Los síntomas típicos de la exposición por varias horas a niveles superiores (>50ppm) a los permisibles establecidos por la Administración de la Salud y Seguridad Ocupacional (OSHA PEL) podrían incluir dolor de cabeza, náusea, vómito, mareo, debilidad, respiración acelerada, confusión mental, y un color rojizo en la piel (Ideam, 2007); (Martinez, 2007).

Se pudo observar una variación de la concentración de los compuestos orgánicos volátiles que son tóxicos, causantes de olor a combustible y producen picazón en los ojos y son grandes generadores de gases contaminantes. El Dióxido de Carbono no presentó alteraciones y se conservó en los valores normales del aire, ya que el ensayo se realizó en un ambiente controlado y sólo había un vehículo en funcionamiento.

El resto de las variables como temperatura, humedad y oxígeno molecular no presentaron alteraciones significativas ya que el ensayo fue realizado en condiciones controladas.

4. Conclusiones

Nuestro país cuenta con retos importantes en temas ambientales; como premisa se tiene que no se debe seguir contaminando el aire, los esfuerzos se deben aunar, realizando campañas de información, educación y comunicación a nivel nacional para lograr concientizar a la comunidad en general y a las empresas del daño que causan las emisiones de estos gases a la salud del ser humano y al medio ambiente, si bien se han implementado medidas para tener un control y un seguimiento más efectivo, las autoridades ambientales y los entes de control tienen barreras que frenan las medidas ambientales, entre esas el tema económico es un punto clave por esta razón hay que buscar instrumentos que se adapten a las necesidades prioritarias de los seres humanos y la sociedad, las cifras

muestran a nivel mundial que de 7 millones de personas mueren anualmente en el mundo a causa de la contaminación ambiental, lo que convierte a la polución en el principal riesgo medioambiental para la salud, el presente estudio confirma lo importante que es incentivar proyectos de investigación en esta área pues se pueden obtener enormes beneficios a más bajo costo ya que el mercado nos presenta variedad de herramientas tecnológicas con versatilidad asimismo instrumentos para este tipo de estudios como: sensores, redes de comunicación, dispositivos móviles, tarjetas entre otros.

Gracias a esas ventajas se logró llevar a cabo la presente investigación, obteniendo como resultado la elección de las herramientas que ofrece la empresa española Libelium (Gases v2.0 y Waspnote v1.2) ya que cumplen con las características para satisfacer una necesidad específica, en este caso el analizador básico de gases contaminantes, también se logró adaptar esta placa al software (Aplicación a S.O Android) de monitoreo en tiempo real a través del dispositivo móvil Smartphone, lo cual es otra de las ventajas que presenta este proyecto pues este tipo de dispositivos móviles es utilizado aproximadamente por el 75% de la población que tiene telefonía celular (Tomas, 2013).

Los resultados arrojados por el innovador analizador básico de gases portable, son confiables, estables y reproducibles porque miden cada una de las variables contaminantes a las que nosotros los seres humanos estamos expuestos a diario sin tener una percepción consciente de esto y del gran impacto ambiental.

Por inconvenientes en el acceso a un centro de diagnóstico automotriz CDA, no se hizo un comparativo de validación de resultados con los equipos de gases que ellos utilizan, aunque no es garantía suficiente ya que en la pruebas finales del analizador, se verificaron los datos obtenidos experimentalmente con los datos mostrados en las tablas de especificaciones técnicas de los sensores certificados de la empresa Libelium.

5. Referencias bibliográficas

Acevedo J., Bocarejo J. P., Tyler N., Velásquez J. M., 2013. Caracterización de la contaminación atmosférica en Colombia. University Collage London-Reino Unido, Universidad de los Andes-Colombia. Consultado el 10 de agosto del 2014. <https://prosperityfund.uniandes.edu.co/>

- Albarran, V., Propuesta de aplicación de una red de sensores en emergencias. 2013. Universidad Politécnica de Madrid.
- Colombia. Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. Resolución 0910: Reglamento de los niveles permisibles de emisión de contaminantes que deberán cumplir las fuentes móviles terrestres. [Serial on the Internet]. 05 de Junio de 2008, [citado Septiembre de 2014]: Available from: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/>
- Daniels, F., Martínez, E., Quinchia, Rigoberto., Morales, O. C., Marin, A. M., Arbelaez, M. P. Estudio de la calidad del aire en el valle de Aburra. 2007, Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.
- Gascón, D. Tecnología y Sociedad: Redes de sensores Inalambricos, la tecnología invisible. (2010, Abril-Julio), Libelium. [Serial on the Internet]. Available from: <http://www.libelium.com/libelium-downloads/libelium-bit-coit.pdf/>
- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial – MAVDT, Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales – IDEAM. Informe Anual sobre el Estado del Medio Ambiente y los Recursos Naturales Renovables en Colombia: Calidad del Aire. Bogotá: MAVDT, IDEAM, Diciembre de 2007.
- Ministerio de Medio Ambiente., 1995. Decreto 948, Reglamento de protección y control de la calidad del aire. Consultado el 10 de septiembre del 2014. Available from: <http://www.alcaldiabogota.gov.co/>
- Suárez Víctor, Gases y Automóviles. (2007, 29 de Junio), [serial on the Internet]. Diario Santo Domingo-Salud. Available from: <http://diariodesantodomingosalud.blogspot.com/>.
- Tomas, J. El gran libro de Android. 3rd ed., Alfaomega Grupo Editor, S.A de C.V., México., 2013.
- Viceministerio Del Medio Ambiente. Política de prevención y control de la contaminación del aire. [Serial on the Internet].2010 [Citado Octubre de 2014]: Available from: <https://www.minambiente.gov.co/>.
- Wasmote: Technical Guide. (2013, Junio). V4.4. Libelium Comunicaciones Distribuidas S.L. [serial on the Internet]. Available from: <http://www.libelium.com/development/wasmote/documentation/>.