

Prototipo para el monitoreo de gases contaminantes en lugares residenciales utilizando Android y Arduino

Diego Raúl Ortega, Martha Cecilia Paredes, *Escuela Politécnica Nacional*
Quito, Ecuador

Abstract—Actualmente, las tareas de monitoreo ambiental resultan de gran importancia sobre todo cuando se relacionan con aspectos de la salud y éstas se benefician del desarrollo de las tecnologías de telecomunicaciones. En este contexto, en este artículo se detalla la implementación de un prototipo para el monitoreo de los gases monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄) en lugares residenciales utilizando la plataforma Arduino. Los resultados del monitoreo se muestran en una aplicación desarrollada para teléfonos celulares con sistema operativo Android. La comunicación entre el prototipo de monitoreo y el celular es a través de las tecnologías de comunicación inalámbrica Bluetooth y GSM/GPRS (*Global System for Mobile communications /General Packet Radio Service*). Como sistema de alerta, el prototipo es capaz de enviar un SMS (*Short Message Service*) y efectuar una llamada perdida a un número telefónico registrado previamente cuando los niveles de contaminación de los gases están por arriba del umbral permitido. Además, para mitigar los efectos de la contaminación de los gases en el ser humano, el prototipo cuenta con un mecanismo de ventilación para disipar el gas contaminado en el ambiente.

Index Terms— App Inventor, Arduino UNO, Bluetooth, CO₂, CH₄, CO.

I. INTRODUCCION

EL desarrollo tecnológico que se está dando en las últimas décadas ha revolucionado al mundo entero, por lo que las personas se han visto obligadas a adaptarse a los cambios rápidos y constantes que se dan en la actualidad.

Muchos campos de la tecnología han evolucionado, uno de ellos ha sido la telefonía celular que ha permitido a las personas comunicarse desde cualquier parte del planeta, informarse de los últimos acontecimientos que se dan en el día a día e interactuar con personas vía mensajes, es decir, hay un sinnúmero de aplicaciones que se pueden realizar, hasta llegar al punto de saber el mínimo detalle de cualquier suceso que se presenta en tiempo real, todo esto gracias a un pequeño dispositivo llamado teléfono celular.

Por otro lado, la contaminación ambiental es un problema global que afecta a la salud de las personas y al ambiente, esta ha ido incrementando con el pasar de los años debido al desarrollo tecnológico que se ha presentado en el mundo y/o por el aumento en el consumo de combustibles por parte de las industrias [1]. Existen varios tipos de contaminantes, de los cuales afectan a la salud del ser como monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂) y metano (CH₄). La inhalación de estos gases puede afectar seriamente a la salud o producir una muerte silenciosa por inhalación sobre todo en lugares cerrados y sin ventilación. Por lo que prevenir que estos gases sobre pasen los niveles que la OMS (Organización Mundial de la Salud) considera aceptables es de gran importancia para prevenir efectos nocivos en la salud de las personas.

En este contexto, este trabajo aprovecha los beneficios que el avance de las comunicaciones inalámbricas proporciona para desarrollar un prototipo de monitoreo de los gases CO, CO₂ y CH₄ en lugares residenciales, con el objetivo principalmente para prevenir muertes por la inhalación de cierto gas, evitar explosiones debido a posibles fugas y medir el nivel de confort de una persona en un lugar determinado.

El resto de este artículo se organiza de la siguiente manera. En la sección II se presenta una revisión breve de la contaminación y los efectos en la salud. En la sección III se describen las tecnologías habilitantes para desarrollar el prototipo. En la sección IV se presentan los pasos a seguir para la implementación del prototipo. Mientras que en la sección V se detallan las pruebas de funcionamiento del prototipo. Finalmente, las conclusiones se presentan en la sección VI.

II. CONTAMINACIÓN Y SUS TIPOS DE EN LUGARES RESIDENCIALES

La NECA [2] define a la contaminación como: “La presencia de sustancias en la atmósfera, que resultan de actividades humanas o de procesos naturales, presentes en concentración suficiente, por un tiempo suficiente y bajo circunstancias tales que interfieren con el confort, la salud o el bienestar de los seres humanos o del ambiente”.

D. O. Ortega, Escuela Politécnica Nacional (e-mail: diegor112_@hotmail.com).

M. C. Paredes, Escuela Politécnica Nacional (e-mail: cecilia.paredes@epn.edu.ec).

A continuación, más detalles de los gases seleccionados para el monitoreo.

A. Monóxido de Carbono (CO)

El CO es un gas que no posee olor ni color, pero es muy tóxico, este gas no irrita los ojos ni la nariz, pero puede causar la muerte si se inhala en niveles elevados debido a que no es detectable con los sentidos, además es el contaminante del aire más abundante en las grandes ciudades [3].

El CO se produce por la mala combustión de los automóviles, cocinas y hornos a gas, sistemas de calefacción, carbón, entre otros y se acumula en lugares donde no existe ventilación o circulación de aire fresco, por lo que una persona puede envenenarse al respirar. El CO se lo puede detectar en zonas residenciales por la mala combustión de cocinas y hornos a gas, sistemas de calefacción sobre todo en temporada de invierno y vehículos en lugares cerrados donde el aire no fluye. La inhalación de este gas puede producir una muerte silenciosa, entre las causas principales en las que se origina el CO en los artefactos que funcionan a gas están:

- Poca ventilación en lugares cerrados donde se produce la combustión
- Se instalan los artefactos en lugares inapropiados
- Mal estado y falta de mantenimiento de los conductos de evacuación de los gases
- Exceso de hollín en el quemador

B. Dióxido de Carbono (CO₂)

El dióxido de carbono es un gas incoloro, inodoro y es muy importante para que exista vida en el planeta tierra. El CO₂ proviene de fuentes naturales como aguas subterráneas (debido a que el CO₂ es más soluble en el agua), volcanes, aguas termales orgánicas, al respirar, incendios forestales naturales y en fuentes antrópicas como son: deforestación, quema de combustibles fósiles como carbón, gas natural, productos del petróleo [4].

El CO₂ es un gas de efecto invernadero que influye en el cambio climático, es el principal responsable del calentamiento global que se está dando desde las últimas décadas [4]. Las personas son fuentes emisoras de CO₂ al expulsar el aire que respiran. Un ejemplo claro es en aulas mal ventiladas, oficinas cerradas y salas de conferencia donde el aire no fluye con facilidad. Cuando existen eventos en donde implica la agrupación de varias personas en un mismo sitio se tiene la presencia de CO₂. Los efectos que produce el CO₂ a ciertos niveles de concentración producen disminución de la concentración y de rendimiento de las personas.

C. Metano (CH₄)

Es un gas inodoro, incoloro e insoluble que está presente en la naturaleza y también puede ser generado por el ser humano, no es tóxico para las personas a no ser que el nivel de concentración sea extremadamente alto, pero es altamente inflamable [5]. Las principales fuentes generadoras de metano son: combustibles fósiles, crianza de animales y vertederos.

El gas natural está conformado por más del 90% de metano y es utilizado como combustible en los hogares en estufas, hornos, calentadores de agua, lavadoras, calefones entre otros. La fuga de este gas a ciertos niveles de concentración durante un periodo de tiempo prolongado puede generar explosiones y ocasionar muertes [6].

Cada uno de los gases descritos anteriormente tienen niveles máximos permitidos en el ambiente y si sobrepasan cierto valor umbral, se debe tomar los correctivos necesarios. Para ello los organismos nacionales e internacionales emiten ciertas normas en las cuales indican el valor óptimo en el ambiente y desde que nivel de concentración afecta en la salud de las personas.

A continuación, en las Tablas I, II y III se visualizan los valores de concentración en el ambiente establecidos por los organismos internacionales para el CO₂, CH₄ y CO, respectivamente, así mismo en la Tabla IV se observa el valor máximo recomendado por los organismos internacionales en un ambiente cerrado durante un periodo de exposición de 8 horas diarias.

TABLA I EFECTOS DEL CO₂ EN LA SALUD DE LAS PERSONAS

Nivel de CO ₂ [ppm]	Resultado en Humanos
350 - 450	Concentración atmosférica típica
600 - 800	Calidad del aire interno aceptable
1000	Calidad del aire interno tolerable
5000	Límite promedio de exposición en un periodo de ocho horas
6000 - 30000	Preocupación, solo exposición breve
3 - 8%	Incremento de la frecuencia respiratoria, dolor de cabeza
> 10%	Náuseas, vómitos, pérdida de conocimiento
> 20%	Pérdida de conocimiento repentina, muerte

TABLA II EFECTOS DEL CH₄ EN LA SALUD DE LAS PERSONAS

Nivel de CH ₄ [ppm]	Efectos o resultados
1000	El valor límite umbral (TLV) que una persona puede ser sometida al gas antes de que empiece a sentir síntomas en su salud.
50000 - 150000	Potencialmente explosivo
500000	Asfixia

TABLA III EFECTOS DEL CO EN LA SALUD DE LAS PERSONAS

Nivel de CO [ppm]	Resultado en humanos
50	Nivel de exposición admisible para 8 horas (OSHA)
200	Posible dolor de cabeza frontal leve en 2 a 3 horas.
400	Dolor de cabeza frontal y náuseas después de 1 a 2 horas. Occipital después de 2-1/2 a 3-1/2 horas.
800	Dolor de cabeza, mareos y náuseas en 45 minutos. Descompensación y posible muerte en 2 horas
1600	Dolor de cabeza, mareos y náuseas en 20 minutos. Descompensación y posible muerte en 1 hora.
3200	Dolor de cabeza y mareos en 5 a 10 minutos. Pérdida de la conciencia y peligro de muerte en 30 minutos.
6400	Dolor de cabeza y mareos en 1 a 2 minutos. Pérdida de la conciencia y peligro de muerte en 10 a 15 minutos
12800	Efectos inmediatos, pérdida de la conciencia. Peligro de muerte en 1 a 3 minutos

TABLA IV VALOR RECOMENDADO EN UN AMBIENTE CERRADO

Gas	Exposición [ppm]
CO	50 (cocinas)
CO ₂	1500 (salas de reuniones y aulas de clases)
CH ₄	1000 (Edificios que están cerca de vertederos)

Ecuador no cuenta con muchos estudios en lo que se refiere a la calidad del aire en los ambientes cerrados, por lo que este proyecto puede ser una pequeña guía de referencia para futuras investigaciones y puedan normar las concentraciones de gases presentes en el ambiente cerrado como son edificios, casas, salas de reuniones, entre otros, esto con el fin de preservar la salud de las personas y mejorar el rendimiento laboral y bienestar de las personas [7].

III. TECNOLOGÍAS HABILITANTES

Las comunicaciones inalámbricas han revolucionado al mundo entero ya que se han abierto nuevos campos en la tecnología que aún no estaban descubiertas. Es así que, La aparición de la tecnología celular ha originado que las personas puedan comunicarse desde cualquier parte del mundo con otra persona, el envío de mensajes de texto ha sido factible, con el transcurso de los años se han implementado muchas aplicaciones que hoy en día resultan muy útiles para la sociedad.

Otra tecnología inalámbrica que se puede mencionar es Bluetooth, que permite el intercambio de información a corta distancia, eliminando el uso de cables al momento de la transmisión de los datos.

Con el uso de estas tecnologías inalámbricas y su interacción con otras áreas del conocimiento, actualmente se puede brindar un sin número de aplicaciones a los usuarios. Así, por ejemplo, en el presente trabajo se construye un prototipo para el monitoreo de las concentraciones de CO, CO₂ y CH₄ aceptables para la salud humana y a través de las tecnologías inalámbricas como Bluetooth y celulares se da una solución a dicho problema mediante la recepción de alertas cuando se sobrepasen ciertos umbrales establecidos por organismos internacionales.

A. Bluetooth

Conocido también como estándar IEEE 802.15.1 [8], está basado en un sistema de radio inalámbrico diseñado especialmente para corto alcance cuyo objetivo es eliminar el uso de cualquier infraestructura cableada existente en los periféricos del computador y facilidad de intercambio de información entre equipos móviles y fijos [9].

En el año 1994, la empresa Ericsson inició sus investigaciones con el fin de crear un interfaz a través de ondas de radio que permita la interconexión de equipos a corto alcance y se elimine el uso de cables en los dispositivos, esto llamó mucho la atención a otras empresas como son: Ericsson, Nokia, IBM, Toshiba e Intel y deseaban implementar esta tecnología de forma masiva en dispositivos de diferentes fabricantes [9].

Bluetooth opera en la banda ISM (*Industrial Scientific and Medical*), la cual se utiliza libremente sin la necesidad de licencia y acatando las regulaciones de los niveles de potencia transmitida establecida por la Unión Internacional de Telecomunicaciones (UIT). Usa una frecuencia de 2,4 GHz, esta banda de frecuencia es utilizada en teléfonos inalámbricos de los hogares, mouse inalámbrico, hornos microondas, ZigBee, entre otras y tiene ciertas restricciones en países como España, Francia y Japón [9].

La primera versión del estándar IEEE 802.15.1 fue publicado en el año 1999, entre sus principales características se tiene:

TABLA IV CARACTERÍSTICAS DE LA TECNOLOGÍA BLUETOOTH

Parámetro	Característica
Bluetooth	IEEE 802.15.1
Banda de frecuencia	2,4 GHz
Velocidad de señal máxima	1 Mb/s
Alcance	10 m
Potencia de transmisión nominal	0 - 10 dBm
Ancho de banda del canal	1 MHz
Tipo de modulación	GFSK
Spreading	FHSS
Celda básica	Piconet
Extensión de la celda básica	Scatternet
Número de nodos celulares	8
Protección de datos	CRC de 16 bits

Bluetooth utiliza la técnica de espectro expandido por salto de frecuencia FHSS (*Frequency-Hopping Spread Spectrum*) que realiza 1600 saltos por segundo. Con este sistema se divide la banda de frecuencia en varios canales de salto y los transeptores, durante la conexión, van saltando de un canal a otro de manera pseudoaleatoria [9]. La conexión Bluetooth mediante el modelo maestro/esclavo, un dispositivo maestro decide el canal a utilizar para transmitir información y puede comunicarse hasta con siete esclavos de forma simultánea.

Con el propósito reducir el consumo de potencia y mejorar la duración de la batería de los dispositivos durante una conexión, Bluetooth puede estar en diferentes estados como son: *sniff, hold y park* [9, 10].

La tecnología Bluetooth ha evolucionado con el pasar de los años y se ha clasificado en dos tipos, el clásico BR/EDR (*Basic Rate/ Enhanced Data Rate*) y BLE (*Bluetooth Low Energy*). Cada una de estas dos clases se encuentra en diferentes versiones que se ha publicado, entre sus principales mejoras que se han implementado están:

- Incremento notable en la velocidad de transmisión
- Incremento en la resistencia a las interferencias
- Seguridad de datos
- Mecanismos de ahorro de energía, principalmente para el uso de Bluetooth con el Internet de las Cosas (IoT)

Todas las versiones de Bluetooth que se han publicado son compatibles con las versiones anteriores y esto han facilitado la expansión de esta tecnología a nivel mundial y la elaboración de dispositivos de diferentes fabricantes.

B. Tecnología Celular

La tecnología celular ha permitido la comunicación a larga distancia entre las personas desde cualquier parte del mundo. Desde sus inicios en los años 70, esta tecnología tuvo gran aceptación y su desarrollo en el transcurso de los años ha sido acelerado [11]. Estos avances tecnológicos han permitido tener dispositivos muchos más sofisticados desde su invención.

En el año 1971 Finlandia lanzó la red pública de telefonía móvil vista en la historia como la generación cero (0G) de la telefonía celular [11] y con el pasar de los años se fueron publicando nuevas generaciones celulares, actualmente ya se encuentra operando la cuarta generación celular y se espera una quinta generación para el año 2020. En la Fig. 1 se observa en forma general un resumen de la evolución de la tecnología celular con el pasar de los años hasta la actualidad y las características técnicas que se han ido adicionando como son: velocidad de subida y bajada, ancho de banda, navegación a internet, entre otras.

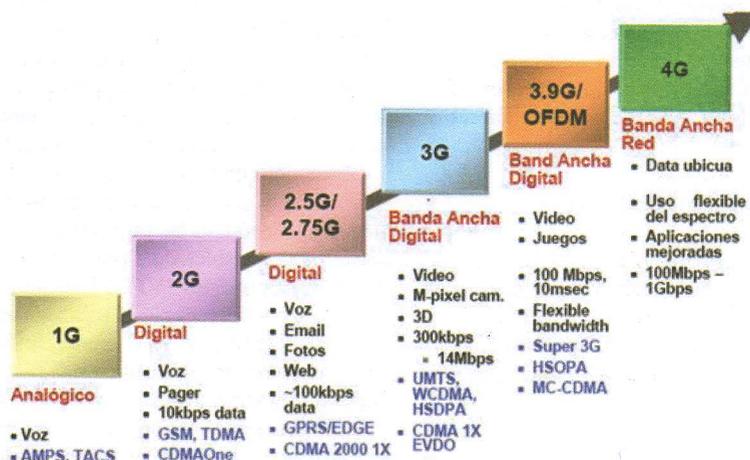


Fig. 1. Evolución tecnológica de la telefonía celular

IV. IMPLEMENTACIÓN DEL PROTOTIPO

Para la elaboración del prototipo de monitoreo se ha utilizado varias herramientas de software, así como también elementos de hardware. Entre los dispositivos electrónicos

utilizados están: la placa Arduino, módulo Bluetooth HC-05, módulo SIM 900, los sensores para los gases a ser monitoreados y algunos otros elementos complementarios.

El dispositivo SIM900 utiliza una tecnología GSM/ GPRS que son tecnologías de segunda generación y el módulo HC -05 utiliza la versión Bluetooth 2.1. Un esquema general del prototipo se puede apreciar en la Fig. 2.



Fig. 4. Esquema general del prototipo de monitoreo

A. Plataforma Arduino

Arduino [14] es un lenguaje de programación para la plataforma hardware de Arduino, el lenguaje que opera dentro de Arduino se llama *Wiring* basado en la plataforma *Processing* y primordialmente en el lenguaje de programación C/C++ que es un lenguaje de alto nivel. Es de código abierto y está conformada por una placa con entradas y salidas ya sean analógicas o digitales. La programación en Arduino está enfocada para un fácil aprendizaje de las personas.

B. App Inventor

Es una herramienta de programación que permite desarrollar aplicaciones para teléfonos con el sistema operativo Android. App Inventor es de uso gratuito y ha sido una de las grandes innovaciones realizadas por Google con el fin de ser un lenguaje de programación educativo para las personas. Esta herramienta de programación permite crear aplicaciones de acuerdo a las necesidades de las personas que estén involucradas en el mundo de la electrónica.

C. Unificación del prototipo

Para la implementación del prototipo se debe tener mucho cuidado en las conexiones de los sensores, módulos Bluetooth y GPRS y la placa Arduino debido a que algunos dispositivos trabajan a 3,3V y otros a 5V.

Con respecto al módulo GPRS es necesario tener un plan de datos en cualquier operadora celular para que los mensajes puedan ser enviados a los diferentes destinatarios.

Una consideración muy importante para la instalación de los sensores de gases es que se los debe ubicar en pequeñas cajas lo más herméticas posibles para una mejor detección de gas presente en el ambiente.

Una vez comprobado el correcto funcionamiento de los sensores, se procede a elaborar y realizar toda la circuitería en cajas plásticas para que sea fácil de probar y transportar el

sistema, el esquema final se la puede observar en la Figura 5 en donde se encuentran todos los elementos mencionados al inicio de este capítulo.



Fig. 5. Prototipo unificado

La unificación total del prototipo de monitoreo se complementa con la recepción de alertas en la aplicación desarrollada en App Inventor cuando existen altos niveles del gas contaminante y el monitoreo constante de los valores que varían en el tiempo. En la figura 6 se observa la recepción de los valores monitoreados en el tiempo y la generación de alertas en la aplicación desarrollada, en este caso solo se genera una alerta por parte del gas CO₂ debido a que sobrepasa el valor tolerable en el ambiente, pero bien puede ser alertas de CO y CH₄. Cuando la cantidad de concentración de un gas sobrepasa cierto valor tolerable en el ambiente se produce el envío de un mensaje de texto con el valor actual que ocasionó la alerta y se realiza una llamada perdida hacia los celulares registrados con el fin de informar sobre este evento y se tome las medidas necesarias, lo mencionado anteriormente se observa en la figura 6.

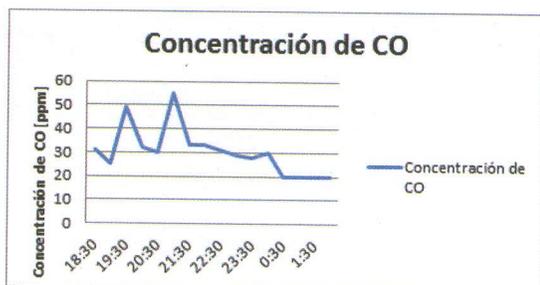
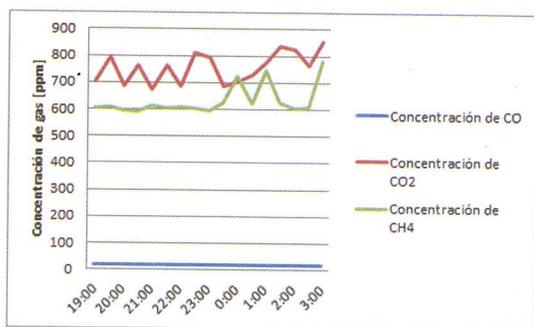


Fig. 8. Concentración de CO en la cocina de una casa

C. Dormitorio de una casa

En la Fig. 9 se observa los resultados obtenidos en el monitoreo, las concentraciones de CO₂ y CH₄ no ocasionan ningún malestar en la salud de las personas.

Fig. 9. Concentraciones de CO, CO₂ y CH₄ en un dormitorio

VI. CONCLUSIONES

En este artículo se presentó la implementación de un prototipo que permite el monitoreo de los gases CO, CO₂ y CH₄ en lugares residenciales y gracias al uso de las tecnologías Bluetooth y celular se puede visualizar los valores obtenidos en el monitoreo en un teléfono celular. Y, generar alertas cuando existen altas concentraciones de gas presentes en el ambiente a fin de evitar la inhalación de estos gases nocivos para la salud y el bienestar de las personas. Se realizó pruebas con el prototipo en diferentes ambientes para verificar su funcionamiento correcto y se evidenció que las concentraciones en cada lugar no sobrepasaron los valores umbrales recomendados por los organismos nacionales e internacionales. Estos valores umbrales son: 50 ppm para el CO, 5000 ppm para el CO₂ y 1000 ppm para el CH₄.

En el presente proyecto, la red celular y la comunicación Bluetooth son utilizadas para el envío de alertas y el monitoreo en sitio sin la necesidad de una infraestructura existente (para el caso de Bluetooth solo se necesita un emisor y receptor, pero para la red celular necesariamente implica o un plan de datos lo cual incluiría en gastos) lo cual es una ventaja para que el prototipo sea instalado en lugares aislados que se necesiten

constantemente saber el valor de contaminación en el que se encuentre de manera gratuita.

Como mejoras a este prototipo se podría implementar baterías y una base de datos para que recopile toda la información histórica para poder obtener estadísticas sobre la contaminación de lugares cerrados.

REFERENCIAS

- [1] Prieto M., "Revolución industrial Producción, Sistemas de Tecnología". Disponible en: <http://www.cricyt.edu.ar/enciclopedia/terminos/ContamS iglos.htm>
- [2] Secretaría de Ambiente, "Norma Ecuatoriana de la Calidad del Aire". Úl. Disponible en: http://www.quitoambiente.gob.ec/ambiente/images/Secretaria_Ambiente/red_monitoreo/informacion/norma_ecuat o_calidad.pdf
- [3] U.S. National Library of Medicine, "Carbon Monoxide Poisoning", 2016. Disponible en: <https://medlineplus.gov/carbonmonoxidepoisoning.html>
- [4] Po Keung Cheung, "Dióxido de carbono: bendición y maldición", DW Madeformind 2012. Disponible en: <http://www.dw.com/es/di%C3%B3xido-de-carbono-bendici%C3%B3n-y-maldici%C3%B3n/a-15119911>
- [5] New Jersey Department of Health, "Hoja informativa de sustancias peligrosas" 2012. Disponible en: <http://nj.gov/health/eoh/rtkweb/documents/fs/1202sp.pdf>
- [6] Cuál es tu Impacto, "Principales fuentes emisoras del gas metano", 2014. Disponible en: <http://www.tuimpacto.org/origen-del-metano.php>
- [7] Ministerio del Ambiente, "Plan Nacional de la Calidad del Aire", 2010. Último acceso: 20 de diciembre 2016. Disponible en: <http://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2012/10/libro-calidad-aire-1-final.pdf>.
- [8] Lee, J. S., Su, Y. W., & Shen, C. C. "A comparative study of wireless protocols: Bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi". In Industrial Electronics Society, 2007. IECON 2007. 33rd Annual Conference of the IEEE (pp. 46-51). Disponible en: http://eee.guc.edu.eg/Announcements/Comparaitive_Wireless_Standards.pdf
- [9] Villa Téllez, E., & Gama Moreno, L. A. Bluetooth: Aplicabilidad del estándar IEEE 802.15.1. Disponible en: <https://www.yumpu.com/es/document/view/41090784/Bluetooth-aplicabilidad-del-estandar-ieee-802151>
- [10] Bernal I., "Comunicaciones Inalámbricas", Escuela Politécnica Nacional, 2005. Disponible en:

<http://clusterfie.epn.edu.ec/ibernal/html/CURSOS/AbrilAgosto06/Inalambricas/CLASES/IntroduccionPUB2.pdf>

- [11] Inzaurre, M., Isi, J., & Garderes, J., “Telefonía celular”, Universidad de la República Montevideo – Uruguay, 2006. Disponible en: http://www.sistemamid.com/panel/uploads/biblioteca/2014-06-06_11-27-11104608.pdf
- [12] Arduino.cl, “Qué es Arduino”. Disponible en: <http://arduino.cl/que-es-arduino/>

VII. BIOGRAFÍAS



Diego Raúl Ortega Segura nació en la provincia de Cotopaxi-Ecuador. Realizó sus estudios secundarios en el Colegio Nacional Cutuglagua, donde obtuvo el título de Bachiller en Físico Matemático. Obtuvo el título de Ingeniería en Electrónica y Telecomunicaciones en la Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito, Ecuador.

Su experiencia laboral incluye en la empresa IBM del Ecuador desde el 2016 hasta 2018. Actualmente trabaja en el Banco Guayaquil Quito, Ecuador. Sus campos de interés son: conectividad, sistemas celulares y alta frecuencia.



Martha Cecilia Paredes Paredes recibió el título de Ingeniería en Electrónica y Redes de Información en la Escuela Politécnica Nacional (EPN), Quito, Ecuador en 2008, los títulos de Máster y Doctor en Multimedia y Comunicaciones en la Universidad Carlos III de Madrid,

Madrid, España en 2010 y 2014, respectivamente. Además, desde 2010 a 2011 trabajó como Profesor Ocasional en la Universidad de las Américas (UDLA), Quito - Ecuador. Actualmente, es Profesor Auxiliar en el Departamento de Electrónica, Telecomunicaciones y Redes de Información (DETRI), EPN, Quito, Ecuador. Sus principales intereses de investigación incluyen el procesamiento de señales para comunicaciones de banda ancha, transmisiones multiportadora, especialmente OFDM y redes.