



Diseño de una herramienta de medición de ruidos basados en tecnologías Arduino-Raspberry PI¹

Diana Suárez López², Roberto Morales Espinosa³,
Ivan Cordero Gutierrez⁴, Luciana Schreiner de Oliveira⁵

Design of a Noise Measure Tool Based on Arduino-Raspberry PI Technologies

Desenho de uma ferramenta de medição de ruídos baseados nas tecnologias Arduino-Raspberry PI

RESUMEN

Introducción. El ruido es un sonido que puede resultar molesto, perturbador y desagradable para el que lo escucha constantemente, hasta llegar a convertirse en un gran contaminante. **Objetivo.** Diseñar una herramienta tecnológica que permita medir los niveles de contaminación auditiva en espacios cerrados. **Materiales y métodos.** Se tuvo en cuenta los niveles de decibeles definidos por el Ministerio de Ambiente y la Organización Mundial de la Salud (OMS), considerando tres variables: el ruido, la fuente sonora y el tiempo de exposición; **Resultados.** Dentro de los resultados resaltamos el modelo de la arquitectura general de sistema, el diseño del prototipo esta soportado en las tecnologías Arduino y Raspberry PI. **Conclusión.** El Internet de las cosas ofrece muchas bondades para ser utilizadas y aplicadas en el área de salud en el trabajo a un bajo costo.

Palabras clave: Arduino, Raspberry, Internet de las cosas, contaminación auditiva.

¹ Artículo original derivado del proyecto de investigación resultado del macroproyecto “Estudio sobre la Utilización de Software Libre en las MiPymes de la región Caribe Colombiana” en su Fase III “Diseño e implementación de un herramienta de medición de ruidos basados en plataformas Arduino y Raspberry PI”, del grupo de investigación Aglaia de la Corporación Universitaria Americana. Producto colaborativo de los grupos de investigación GISELA y Derecho, justicia y estado social de derecho, con la participación del Instituto de Biociencias (IB) de la Universidad Estatal Paulista (UNESP). Recinto de Río Claro.

² Ingeniera de Sistemas. Especialista en Ingeniería de Software. Magister en Administración de Empresas e Innovación. Docente investigadora Corporación Universitaria Americana Facultad de Ingeniería. E-mail: dsuarez@coruniamericana.edu.co. ORCID: 0000-0002-5934-2545

³ Economista. Magister en administración Universite De Sherbrooke. Docente investigador Corporación Universitaria Americana, Programa de Negocios Internacionales. E-mail: rrmorales@coruniamericana.edu.co.

⁴ Abogado. Magister en Derecho. Docente investigador Corporación Universitaria Americana Facultad de Humanidades, sede Medellín. ORCID: 0000-0002-4988-0913

⁵ Graduada en Matemáticas de la UNESP - Universidad Estatal Paulista Julio de Mesquita Filho (2003), Maestría en Educación de la UNESP - Universidad Estatal Paulista Julio de Mesquita Filho (2007). Doctor en Educación Matemática en la UNESP - Universidad de Julio de Mesquita Filho (2012). En la actualidad es Profesora Diputada por el Damat - UTFPR - Universidad Tecnológica Federal de Paraná, Curitiba campus.

Artículo recibido: 03/02/2017; Artículo aprobado: 08/05/2017

Autor para correspondencia: Diana Suárez López. E-mail: dsuarez@coruniamericana.edu.co

ABSTRACT

Introduction. Noise is sound which may be bothering, unpleasant, and disturbing for the person who constantly hears them, until becoming a big pollutant. **Objective.** To design a technological tool which allows measuring hearing polluting levels in closed spaces. **Materials and methods.** Levels of decibels defined by Environment Ministry and World Health Organization (WHO) were taken into consideration, bearing in mind three variables:

noise, sound source, and time of exposition. **Results.** Within the results, system general architecture model has been highlighted, the design of prototype is supported on Arduino and Raspberry PI technologies. **Conclusion.** Internet of things offers many good opportunities to be used and applied in health area in work at a low cost.

Key words: arduino, Raspberry, internet of things, hearing pollutant

RESUMO

Introdução. O ruído é um som que pode resultar molesto, perturbador e desagradável para quem o escuta constantemente, até chegar a converter-se em um grande contaminante. **Objetivo.** Desenhar uma ferramenta tecnológica que permita medir os níveis de contaminação auditiva nos espaços fechados. **Materiais e métodos.** Se teve em conta os níveis de decibéis definidos pelo Ministério de Ambiente e a Organização Mundial da Saúde (OMS),

considerando três variáveis: o ruído, a fonte sonora e o tempo de exposição; **Resultados.** Dentro dos resultados ressaltamos o modelo da arquitetura geral do sistema, o desenho do protótipo está suportado nas tecnologias Arduino e Raspberry PI. **Conclusão.** A Internet das coisas oferece muitas bondades para ser utilizadas e aplicadas na área da saúde no trabalho a um baixo custo.

Palavras Chave: arduino, Raspberry, internet das coisas, contaminação auditiva.

INTRODUCCIÓN

El ruido es una de los contaminantes a los que se les presta menos atención, debido a que su efecto no es inmediato, sin tener en cuenta que este se encuentra asociado a ciertas funciones que indispensables en nuestra vida cotidiana (García, 2014), el ruido es considerado por la mayoría de las personas de los grandes centros urbanos como uno de los contaminantes de alto nivel que afecta de manera negativa su calidad de vida (Maya, Correa & Gómez, 2010); en la actualidad el hombre moderno se ha adaptado a los afares del día a día convirtiendo al ruido en un elemento cotidiano, aprendiendo a vivir con él, sin darse cuenta que puede ser motivo de problemas de salud; este campo en nuestro país es relativamente nuevo y falta por explorar tendencias en cuanto a procedimientos desarrollados en países por muchos años (Casas-García, Betancur-Vargas, & Montañero-Erazo, 2015).

Actualmente las tecnologías han ayudado al ser humano a resolver los problemas que aquejan a la

sociedad, por tal razón se diseña esta herramienta que permite medir el nivel de contaminación auditiva o acústica en recintos cerrados, aplicando Internet de las cosas (IoT), el IoT permite una mejor calidad de vida, ya que tiene la capacidad de recopilar, analizar datos que reunidos entre sí puedan convertirse en información importante y de conocimiento (Viloria, Sanmartín, Ávila, & Jabba 2016).

Torres y Arias (2014) definen el internet de las cosas es el entorno tecnológico en el que los objetos cotidianos estarán conectados a internet y serán capaces de recibir, generar y enviar información, esta información se podrá utilizar para controlar casi todos los aspectos de la vida en el mundo real; el IoT ofrece distintas soluciones en cualquier área, en este caso específico nos enfocamos al área de la salud, la cual puede ser sectorizadas en los servicios de telemedicina, emergencia, medicamentos, redes sociales, salud en el hogar, en el trabajo, dispositivos biomédicos, etc. (Pang, 2013).

MATERIALES Y MÉTODOS

Este proyecto se encuentra enmarcado en la legislación de Colombia y la normativa relacionada con el tema, para medir el nivel de contaminación

es espacios cerrados se utilizó la resolución 0627 de 2006, la cual establece la norma nacional de emisión de ruido y ruido ambiental expedida por el Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial resumida en la tabla I (Minambiente, 2006).

Tabla I. Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido expresados en decibeles dB(A)

Sector	Subsector	Estándares máximos permisibles de niveles de emisión de ruido en dB(A)		Estándares máximos permisibles de niveles de ruido ambiental en dB(A)	
		Día	Noche	Día	Noche
Sector A. Tranquilidad y Silencio	Hospitales, bibliotecas, guarderías, sanatorios, hogares geriátricos.	55	50	55	45
Sector B. Tranquilidad y Ruido Moderado	Zonas residenciales o exclusivamente destinadas para desarrollo habitacional, hotelería y hospedajes.	65	55	65	50
	Universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación.				
	Parques en zonas urbanas diferentes a los parques mecánicos al aire libre.				
Sector C. Ruido Intermedio Restringido	Zonas con usos permitidos industriales, como industrias en general, zonas portuarias, parques industriales, zonas francas.	75	75	75	70
	Zonas con usos permitidos comerciales, como centros comerciales, almacenes, locales o instalaciones de tipo comercial, talleres de mecánica automotriz e industrial, centros deportivos y recreativos, gimnasios, restaurantes, bares, tabernas, discotecas, bingos, casinos.	70	60	70	55
	Zonas con usos permitidos de oficinas.	65	55	65	50
	Zonas con usos institucionales				
	Zonas con otros usos relacionados, como parques mecánicos al aire libre, áreas destinadas a espectáculos públicos al aire libre	80	75	80	70
Sector D. Zona Suburbana o Rural de Tranquilidad y Ruido Moderado	Residencial suburbana	55	50	55	45
	Rural habitada destinada a explotación agropecuaria.				
	Zonas de Recreación y descanso, como parques naturales y reservas naturales.				

Para este proyecto la herramienta se diseñó y programó para ser aplicada en el sector B, específicamente en zonas residenciales, hotelería, universidades, colegios, escuelas, centros de estudio e investigación, en los horarios establecidos para el día desde las 7:01 hasta las 21:00 y para el horario nocturno desde las 21:01 hasta las 7:00.

Por otra parte, en Colombia existen otras normas técnicas como la NTC 3520 emitida por Instituto Colombiano de Normas Técnicas (Icontec, 2013) y que aún se encuentra en vigencia, la cual describe cómo los niveles de presión sonora pueden determinarse por medición directa, por extrapolación de resultados de mediciones por medio del cálculo, y busca ser una base para la evaluación del ruido ambiental, de igual forma la NTC 3521 en la cual se establecen las directrices para especificar los límites de ruidos, y describir los métodos para la obtención de datos que permitan verificar, en situaciones específicas de ruido, el cumplimiento de los límites permitidos.

Para llevar a cabo el diseño de esta herramienta se utilizaron tecnologías de hardware libre, ya que este permite su estudio, modificación y distribución (Rivera, 2015); el hardware de código abierto da libertad de controlar la tecnología y al mismo tiempo compartir conocimientos y estimular la comercialización por medio del intercambio abierto de diseños (Lazalde, Torres & Vila-Viñas, 2015), entre las tecnologías usadas tenemos:

Arduino mega:

Micro controlador ATmega2560.

- Voltaje de entrada de 7-12V.
- 54 pines digitales de Entrada/Salida
- 16 entradas análogas.
- 256k de memoria flash.
- Velocidad del reloj de 16Mhz

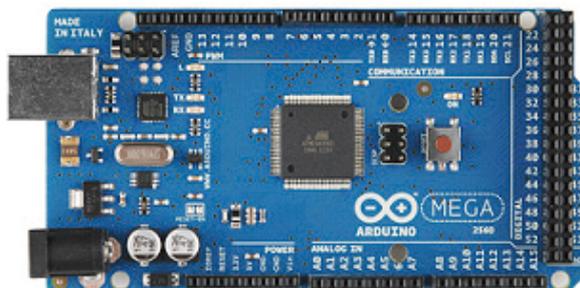


Figura 1. Arduino Mega

Sensor sonido DfRobot 0034:

- Voltaje: 3.3V a 5V
- Interfaz: Analógico
- Tamaño: 22x32mm



Figura 2. Sensor Ultrasonido

Raspberry PI v.3:

- CPU ARMv8 Quad core 64 bits y 1.2 GHz
- Puerto Ethernet
- LAN inalámbrica 802.11n
- Bluetooth 4.1
- Bluetooth baja energía (BLE)
- Conector de audio combinado de 3,5

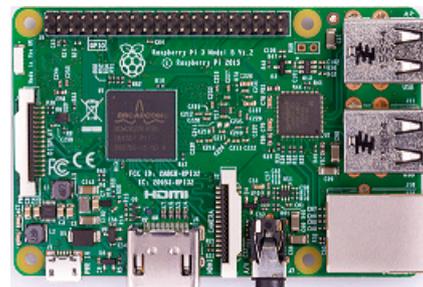


Figura 3. Raspberry PI v.3

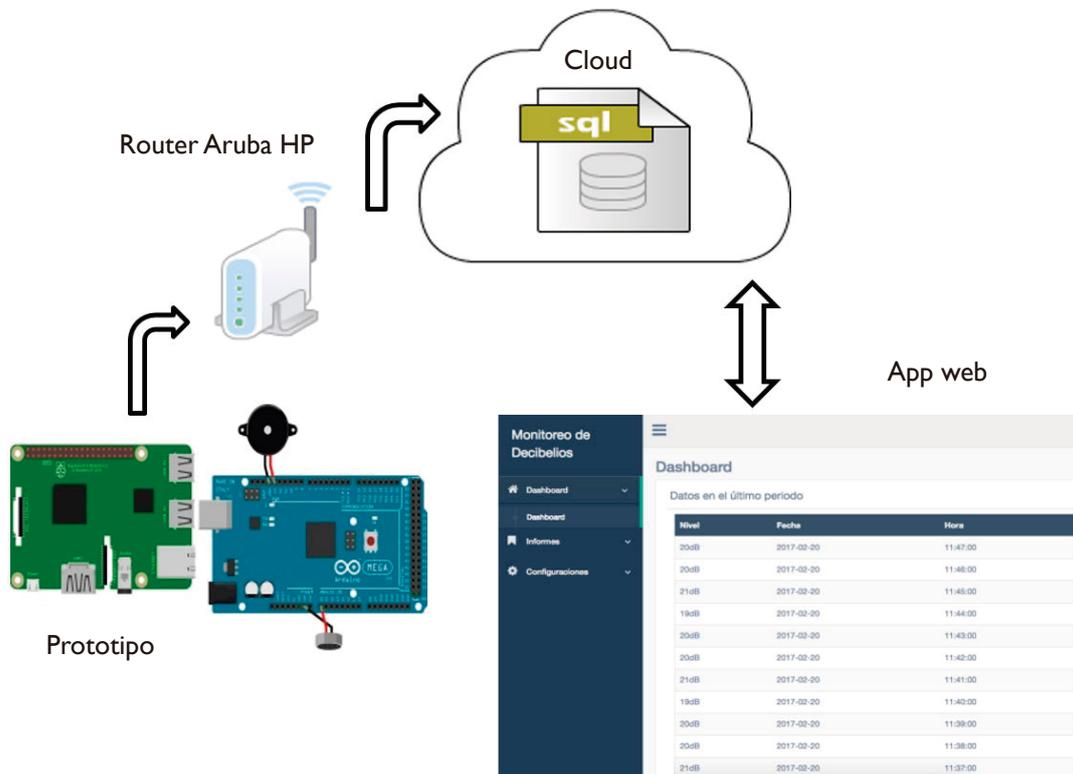
Base de datos MySql

Las bases de datos de MySql están alojadas en un servidor en la nube, desde el cual se pueden almacenar, organizar y administrar datos, de acuerdo con Spona (2010) su ventaja es:

- Almacenan datos de forma eficiente y sin redundancia
- Velocidad y rendimiento al realizar las operaciones
- Facilidad de configuración e instalación.
- Soporta gran variedad de Sistemas Operativos
- Baja probabilidad de corromper datos.
- Su conectividad, y seguridad son apropiadas para acceder bases de datos en Internet
- MySQL usa la licencia GNU

RESULTADOS

Figura 5. Arquitectura del sistema. elaboración propia



Fuente: elaborado por los autores

Arquitectura General del sistema

En la figura 5 correspondiente al modelo general podemos observar la integración de las tecnologías

Arduino y Raspberry conectados a través de comunicación serial, en la placa del Arduino se integran el sensor de sonido en los puertos A0 y el altavoz en el puerto 13, la función del Arduino es capturar la

información de manera análoga a través del sensor de sonido (ver código fuente), esa información es enviada directamente al Raspberry; este se encarga de almacenar todos los datos recibidos en un archivo de texto temporal, una vez completo el archivo es enviado a una base de datos MySQL que se encuentra alojada en la nube, esto con el fin de evitar que la base de datos se sature; para generar los reportes fue necesario implementar una aplicación web que permitiera la comunicación con la base de datos.

En el siguiente fragmento de código, se puede evidenciar la programación del Arduino para recibir los decibeles teniendo en cuenta la equivalencia en voltajes.

```
#include <math.h>
const int sensorPin = A0;
const int alertaPin = 13;

void setup() {
  Serial.begin(9600);
  pinMode(alertaPin, OUTPUT);
}

void loop() {
  float voltageSensor = analogRead(sensorPin) * (5.0 / 1023.0);
  float DB = (20*log(10))*(5/voltageSensor);
  Serial.println(DB);
  if (DB>=60 and DB<70){
    digitalWrite(alertaPin, HIGH);
    delay(1500);
    digitalWrite(alertaPin, LOW);
  }else if (DB>=70){
    for(int i=0;i<10;i++){
      digitalWrite(alertaPin, HIGH);
      delay(300);
      digitalWrite(alertaPin, LOW);
      delay(200);
    }
  }
  delay(1000);
}
```

DISCUSIÓN

La contaminación por ruido constituye una problemática ambiental que se ha incrementado con el desarrollo tecnológico, comercial e industrial de la sociedad actual, exposición que puede provocar diferentes efectos en la salud y el bienestar de las personas (Quiroz-Arcenales, Hernández-Flórez, Corredor-Gutiérrez, Rico-Castañeda, Rugeles-Forero, y Medina-Palacios, 2013).

CONCLUSIONES

Actualmente en Colombia la implementación de tecnologías para IoT está siendo enfocada en la domótica para soluciones en el hogar, y algunos en salud; sin embargo, en el área medio ambiental, especialmente en lo que respecta a la contaminación acústica, son pocas las investigaciones realizadas para dar aportes a la problemática.

Los avances tecnológicos en cuando a hardware libre integrados con aplicaciones web y móviles pueden ofrecer un futuro prometedor para dar respuesta a problemas de la vida cotidiana, en las industrias del sector salud, servicios, seguridad, permitiendo la creación y accesibilidad a nuevos servicios en la nube.

El diseño e implementación de esta herramienta permitirá a una comunidad controlar, monitorear y analizar la contaminación auditiva en espacios cerrados, para ello las personas y empresas deben tomar conciencia del daño que causa a corto, mediano y largo plazo el estar expuesto al ruido constantemente.

Las empresas deben diseñar estrategias de alto impacto que permitan disminuir la contaminación ambiental dentro de recintos, de tal manera que conlleven a mejorar la salud de su comunidad y de paso su productividad.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Casas-García, O., Betancur-Vargas, C., Montaña-Erazo, J. (2015) Revisión de la normatividad para el ruido acústico en Colombia y su aplicación. *Entramado*, 11(1), 264-286. <http://dx.doi.org/10.18041/entramado.2015v11n1.21106>
- García, A. (2014). La contaminación acústica fuentes, evaluación, efectos y control. España: Sociedad Española de Acústica.
- Icontec (2013). Acústica, descripción, medición y evaluación del ruido ambiental. Determinación de los niveles de ruido ambiental, Santa Fe de Bogotá, Colombia. Recuperado en <http://www.ambientalex.info/guias/NTC3520.pdf>
- Maya, G., Correa, M., Gómez, M. (2010). Gestión para la prevención y mitigación del ruido urbano. *Revista Producción + Limpia*. Vol.5(1), 58-74.

- Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial. (2006). Resolución número 627. Recuperado en <http://www.cas.gov.co/index.php/component/remository/func-startdown/466/?Itemid=>
- Lazalde, A., Torres, J., Vila-Viñas, D., (2015). Hardware Ecosistemas de innovación y producción basados en hardware libre Buen Conocer - FLOK Society I v. 2.0
- Pang, Z. (2013) *Technologies and Architectures of the Internet-of-Things (IoT) for Health and Well-being*. (Doctoral thesis). Royal Institute of Technology. Stockholm, Sweden
- Quiroz-Arcentales, L., Hernández-Flórez, L., Corredor-Gutiérrez, J., Rico-Castañeda, V., Rugeles-Forero, C., y Medina-Palacios, K., (2013). Efectos auditivos y neuropsicológicos por exposición a ruido ambiental en escolares, en una localidad de Bogotá. *Revista salud pública*. Vol, 15(1), 116-128.
- Rivera, Y. (2015). Development of a prototype Arduino mobile in area of telemedicine for remote monitoring diabetic people, Computer Aided System Engineering (APCASE), Asia Pacific Conference, Julio.
- Spona, H. (2010). Programación de bases de datos MySQL y PHP primera edición. México: Editorial AlfaOmega.
- Torres, G., Arias, R. (2014). El cómputo ubicuo y su importancia para la construcción del internet de las cosas y el big data. *Revista General de Información y Documentación* Vol, 24(2), 217-332
- Viloria, C., Sanmartín, P., Ávila, K., Jabba, D., (2016) Internet de las cosas y la salud centrada en el hogar. *Revista salud Uninorte*, Vol, 32(2), 337-351.