

# Prototype for the inspection of environmental variables in areas of natural disasters

Santiago Rubiños, Doctor<sup>1</sup>, Anna Grados, Graduate<sup>1</sup>, Edwin Huarcaya-Gonzales, Master<sup>1</sup>, Abilio Cuzcano, Doctor<sup>1</sup>, Carlos Canales, Master Student<sup>1</sup>, Enrique Garcia-Talledo, Doctor<sup>1</sup>, Linett Velasquez-Jimenez, Master<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Callao, Perú, [slrubinosj@unac.edu.pe](mailto:slrubinosj@unac.edu.pe), [akgradose@unac.edu.pe](mailto:akgradose@unac.edu.pe), [ehuarcayag@unac.edu.pe](mailto:ehuarcayag@unac.edu.pe), [abcuzcanor@unac.edu.pe](mailto:abcuzcanor@unac.edu.pe), [ccanalese28@gmail.com](mailto:ccanalese28@gmail.com), [eggarcia@unac.edu.pe](mailto:eggarcia@unac.edu.pe), [linett20@hotmail.com](mailto:linett20@hotmail.com)

*Abstract.*— *In Peru several natural disasters occur in rural and urban areas due to its location and geographic formations. For this reason, a system for measuring environmental variables is designed, simulated and developed to measure: Sound or noise, temperature and gases in the area of San Martín de Porres in Lima-Peru. This system will allow the measurement of environmental variables in places where disasters have occurred or in areas of the population. The dsPIC30F4013 has been considered as signal processing because it is a multipurpose processor and has an additional mathematical processing resource.*

*Keywords*—*Environmental variables, natural disasters, risk management, monitoring.*

**Digital Object Identifier (DOI):**

<http://dx.doi.org/10.18687/LACCEI2022.1.1.439>

**ISBN:** 978-628-95207-0-5 **ISSN:** 2414-6390

# Prototipo para la inspección de variables ambientales en las zonas de desastres naturales

Santiago Rubiños, Doctor<sup>1</sup>, Anna Grados, Graduate<sup>1</sup>, Edwin Huarcaya-Gonzales, Master<sup>1</sup>, Abilio Cuzcano, Doctor<sup>1</sup>, Carlos Canales, Master Student<sup>1</sup>, Enrique Garcia-Talledo, Doctor<sup>1</sup>, Linett Velasquez-Jimenez, Master<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidad Nacional del Callao, Perú, slrubinosj@unac.edu.pe, akgradose@unac.pe, ehuarcayag@unac.edu.pe, abcuzcanor@unac.edu.pe, ccanalese28@gmail.com, eggarcia@unac.edu.pe, linett20@hotmail.com

**Resumen—** En el Perú varios desastres naturales ocurren en áreas rurales y urbanas debido a su ubicación y formaciones geográficas. Por tal motivo se diseña, simula y desarrolla un sistema de medición de variables ambientales para medir: Sonido o ruido, temperatura y gases en la zona de San Martín de Porres en Lima-Perú. Este sistema permitirá la medición de variables ambientales en lugares donde han ocurrido desastres o en zonas de la población. El dsPIC30F4013 se ha considerado como procesador de señal porque es un procesador multipropósito y tiene un recurso de procesamiento matemático adicional.

**Palabras claves—** Variables ambientales, desastres naturales, Gestión de riesgo, monitoreo.

## I. INTRODUCCIÓN

En el Perú, las características físicas y fenomenológicas de su territorio son factores condicionantes y desencadenantes para la presencia de aproximadamente todos los peligros generados por fenómenos de origen natural conocidos y estudiados por el hombre [1], siendo Perú una zona de alto riesgo y exposición con respecto a amenazas naturales según el INFORM-LAC 2018 [2] (Ver Fig. 1). Los desastres naturales traen consigo trastornos ambientales, pues contaminan el suelo y el agua; destruyen parte de la flora y fauna; y crean casi siempre focos de infección, causando un enorme impacto en la vida, y en los ámbitos sociales, económicos de las personas.



Fig. 1 Exposición a riesgo en Perú según INFORM-LAC 2018.

La estadística muestra que, en los últimos años, las emergencias y los daños que causan son cada vez más de traumáticas consecuencias [3], ya que, el medio ambiente es uno de los elementos fundamentales en el comportamiento, el rendimiento y la motivación del individuo, afectándolo en forma directa en su salud, su labor de trabajo [4] y su tranquilidad como consecuencia de la fatiga física (estrés) y

otras como resultado de que su salud se ve afectada (Ver Fig. 2).



Fig. 2 estresores vitales posdesastre.

Los desastres naturales tienen influencia sobre las variables ambientales que provocan estrés en las personas para poder medir estas variables ambientales, se tomó en cuenta la calidad del aire, la temperatura y el ruido, considerando los rangos establecidos por la Organización Mundial de la Salud por sus siglas OMS que dan referencia al nivel de prevención que se debe tener. La OMS destaca que Lima se ubica como la ciudad con niveles de contaminación del aire más altos por material particulado menor de 10 micras (PM10) de América Latina [5]. En el caso de los valores de Calidad del aire, utilizamos el índice de calidad del aire (AQI) para la notificación de la calidad del aire a diario. Indica el grado de pureza o contaminación atmosférica y los efectos para la salud. El AQI es una regla que va de 0 a 500, la escala AQI utilizada para indexar la contaminación en tiempo real se basa en la última norma de la EPA de EE. UU [6]. Cuando los valores del AQI son superiores a 100, la calidad del aire se considera insalubre, en primer lugar, para ciertos grupos de personas sensibles, y luego para todos a medida que los valores del AQI aumentan como se puede ver en la tabla 1.

TABLA 1 VALORES DE LA CALIDAD DEL AIRE CON RESPECTO A SU CONDICION

Índice de calidad del aire(AQI)	Niveles para la salud	Colores
El QAI está en esta gama	Condición de aire es:	Muestra con color
0-50	Bueno	Verde
51-100	Moderado	Amarillo
101-150	Insalubre para algunos	Naranja
151-200	Insalubre	Rojo
201-300	Muy Insalubre	Morado
301-500	Peligroso	Granate

El siguiente factor es el ruido ambiental se ha convertido en uno de los contaminantes más molestos de la sociedad moderna que Incide directamente sobre el bienestar de la

población. La unidad de medida del sonido es el decibel (dB), La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha sugerido un valor de ruido de 55 dB (A) como límite superior deseable al aire [7] libre se sugieren valores adicionales para ambientes específicos (Tabla 2).

TABLA 2  
NIVELES DE RUIDO SEGÚN LA OMS

Ambientes	db(A)
Viviendas	50 dB(A)
Escuelas	35 dB(A)
Discotecas	90 dB(A)x4h
Concierto y festivales	100 dB(A)x4h
Comercio y trafico	70 dB(A)

Las temperaturas extremas causan estrés en el organismo cuyo funcionamiento óptimo es entre los 36 y 37, 5° C, la Organización Mundial de la Salud (OMS) afirma que la temperatura ambiente óptima para el organismo es entre 18 y 24° C [8].

Para la medición de variables ambientales es necesario crear sistemas de medición con precisión adecuada, confiable y económica, que estudien la influencia de los componentes. Las tecnologías desarrolladas para determinar las variables de interés en zonas de desastres son muy diversas, sin embargo, para este prototipo se cuenta con un procesador dsPIC, el cual procesa la señal que proviene de los sensores de calidad de aire, sonido y temperatura, luego los valores obtenidos se muestran en un módulo LCD con el objetivo de tener un sistema que apoye alertando de manera temprana alguna anomalía en las variables ambientales, para mejorar la gestión de riesgo de desastres.

## II. PROCEDIMIENTO

### A. Análisis del hardware

En la Fig. 3 se muestra cada una de las etapas del circuito de conexión del dsPIC30F4013 con sus periféricos, interfaces de entrada y salida de todo el sistema de medición de variables.

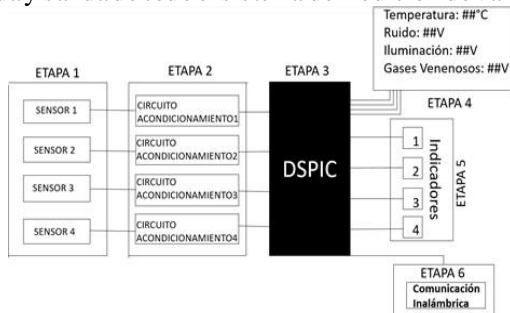


Fig. 3 Diagrama general.

#### 1) Sensor PMS 5003 para medir la calidad del aire

El sensor PMS5003 utiliza la dispersión láser para irradiar partículas en suspensión en el aire (Ver Fig. 4), luego recoge la luz de dispersión para obtener la curva de cambio de luz de dispersión con el tiempo. El microprocesador calcula el diámetro de partícula equivalente y el número de partículas de diferente diámetro por unidad de volumen [9]. Con este sensor

obtendremos la concentración de PM2.5 y PM10 en unidades estándar y ambientales.

Los Materiales Particulados menor a 10 micras (PM10) son pequeñas partículas sólidas o líquidas de polvo, ceniza, hollín, partículas metálicas, cemento o polen, dispersas en la atmósfera. Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos [10].

El Material Particulado menor a 2.5 μm (PM2.5) es uno de los contaminantes criterio que tienen más impacto en la calidad del aire, además de ser uno de los más perjudiciales para la salud de las personas, debido a su capacidad para penetrar en las regiones más profundas del sistema respiratorio [11], la exposición a PM2.5 está asociada a enfermedad de las arterias coronarias, enfermedad cerebrovascular, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, cáncer de pulmón, infección respiratoria baja, entre otros [12].



Fig. 4 Sensor PMS 5003.

#### 2) Sensor dht22 para medir temperatura:

El DHT es un sensor digital de temperatura y humedad de buen rendimiento y bajo costo (Ver fig. 5), cuenta con un rango de temperatura de -40° C a 80° C, una impedancia de 300 mA (SDA Output Low) con una precisión de 0.5° C.



Fig. 5 Sensor dht22.

#### 3) El Sensor de Sonido con Filtro – Grove

El sensor de sonido con filtro Grove está diseñado para detectar la intensidad de los sonidos ambientales (Ver fig. 6), basado en el amplificador LM2904 y un micrófono integrado. Amplifica y filtra las señales de alta frecuencia que recibe del micrófono y da como salida la envolvente positiva de la señal de audio. Tiene una sensibilidad que va desde -48dB a 66 dB [13].



Fig. 6 Sensor de sonido con filtro Grove.

### A. Etapas del diseño

#### 1) Etapa 1

En esta etapa se seleccionan los sensores que se utilizarán para detectar las variables ambientales

##### a) Sensor de calidad del aire PMS5003

- b) Sensor de temperatura DTH 22
- c) Sensor de sonido con filtro Grove

### 2) Etapa 2

Esta etapa nos permite acondicionar adecuadamente las señales de los sensores obtenido como voltaje  $V_s$  es necesario en algunos casos considerar amplificadores operacionales. El amplificador operacional en modo inversor amplifica la señal (muestras) de corriente o tensión de una señal variable en el tiempo (Ver Fig. 7), amplificado su valor y manteniendo lo más fiel posible de manera inversa. Se muestra de manera general en la figura un circuito de acondicionamiento de la señal donde en el primer OPAM se tiene en la salida la señal negativa y se debe hacer nueva inversión para disponer de una señal positiva [14].

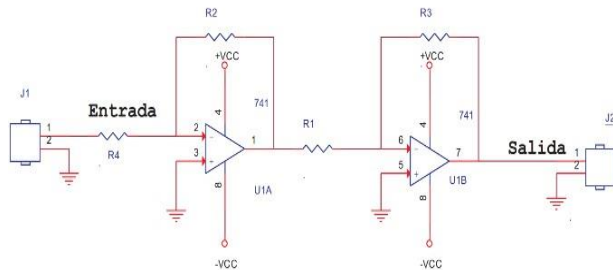


Fig. 7 Amplificador operacional en modo inversor.

### 3) Etapa 3: Procesador dsPIC

El procesamiento de la señal se realiza con el dsPIC (Ver Fig. 8), es el corazón del sistema, dispone de un módulo ADC internamente, es decir realiza el muestreo, la cuantización y codificación de la señal analógica en digital, todo esto se realiza con el algoritmo a realizar, el DSPIC cuenta con las siguientes características

- Núcleo dsPIC30F de alto rendimiento
- Arquitectura de Harvard modificada
- Instrucciones de 24 bits de ancho, ruta de datos de 16 bits de ancho
- Operación de hasta 30 MIPS
- Motor DSP para operaciones matemáticas intensivas
- Dos acumuladores de 40 bits de ancho con lógica de saturación opcional
- Operación de ciclo único de multiplicación-acumulación (MAC) [15]



Fig. 8 Microcontrolador DSPIC.

### 4) Etapa 4: Visualización de datos - Modulo LCD

Esta etapa nos permite mostrar los valores en el módulo LCD, que se han obtenido al procesar las señales provenientes de los sensores, esto es tiempo real.

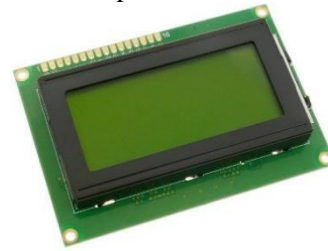


Fig. 9 Módulo LCD.

### 5) Etapa 5: Señalización de valores máximos permitido

Esta etapa se realiza con LEDs de diferente color se indicarán los valores fuera de rango. Mediante el programa y programando el ADC interno que dispone el dsPIC30F4013 se realiza la conversión de señal analógica en señal digital para crear un medidor ambiental.

El rango de la señal de entrada es acondicionado entre 0v a 5v ingresado por los canales del puerto B. La selección de la señal de entrada es obtenida por medio de switches (conectados en el puerto F) que, dependiendo su posición, los sensores (ruido, iluminación, temperatura y gases) serán seleccionados para trabajar como señal de entrada al DSPIC. La salida es configurada por el puerto D para visualizar en el módulo LCD de 16x2.

### 6) Etapa 6: Etapa de comunicación serial

El sistema dispone adicionalmente una etapa de comunicación serial, el dsPIC30F4013 dispone de puerto para comunicaciones UART.

## III. IMPLEMENTACIÓN

A. Entradas de los sensores se las señales ambientales Pines: RB0, RB1, RB3 (AN0, AN1, AN3) son canales analógicos.

B. Salidas digitales: Son los Pines RB4, RB5, RB6 y RB7 Pines configurados como salida digital, para mostrar las salidas de los sensores ambientales, son indicadores de estado.

C. Pines para el reloj: Se encuentra en los Pines 13 y 14 para conectar un cristal de 4MHZ para configurar la velocidad de funcionamiento del dsPIC con cristal externo.

D. Pines para selección de entrada se la variable ambiental: se realiza con el Puerto F son pines digitales configurados como entrada: RF0, RF1, RF4 y RF5 (SW 1, SW 2, SW 3, SW 4), estas conexiones se realizan con resistencias de 10K para no generar cortocircuitos.

E. Pines de conexión del módulo LCD: Descripción de los pines de conexión del sistema Pines de control del LCD en el puerto C ; pin RS ( RC13), pin E ( RC14) y el pin WR a tierra Pines de datos del módulo LCD: Es conectado al puerto D en modo de 4 hilos ; D7 (MBS) al Pin RD3, D6 al pin RD2; D5 al Pin RD1 y el pin D4 al pin RD0 Los pines de Alimentación del LCD son : pin2 conectado al VDD , pin1 al Vss y el Pin3: VE



conectado a un potenciómetro de 10k, además se dispone de los pines 15 y 16 para iluminar la pantalla.

**F. Pines para comunicación serial:** Los pines de comunicación serial son dos RXD (RF2) y el pin TXD(RF3) son pines para realizar la comunicación entre la PC (computador personal) y el dsPIC30F4013 (Ver Fig. 10).

recibirán solo un mensaje SMS de alerta como se puede ver en la figura 11.

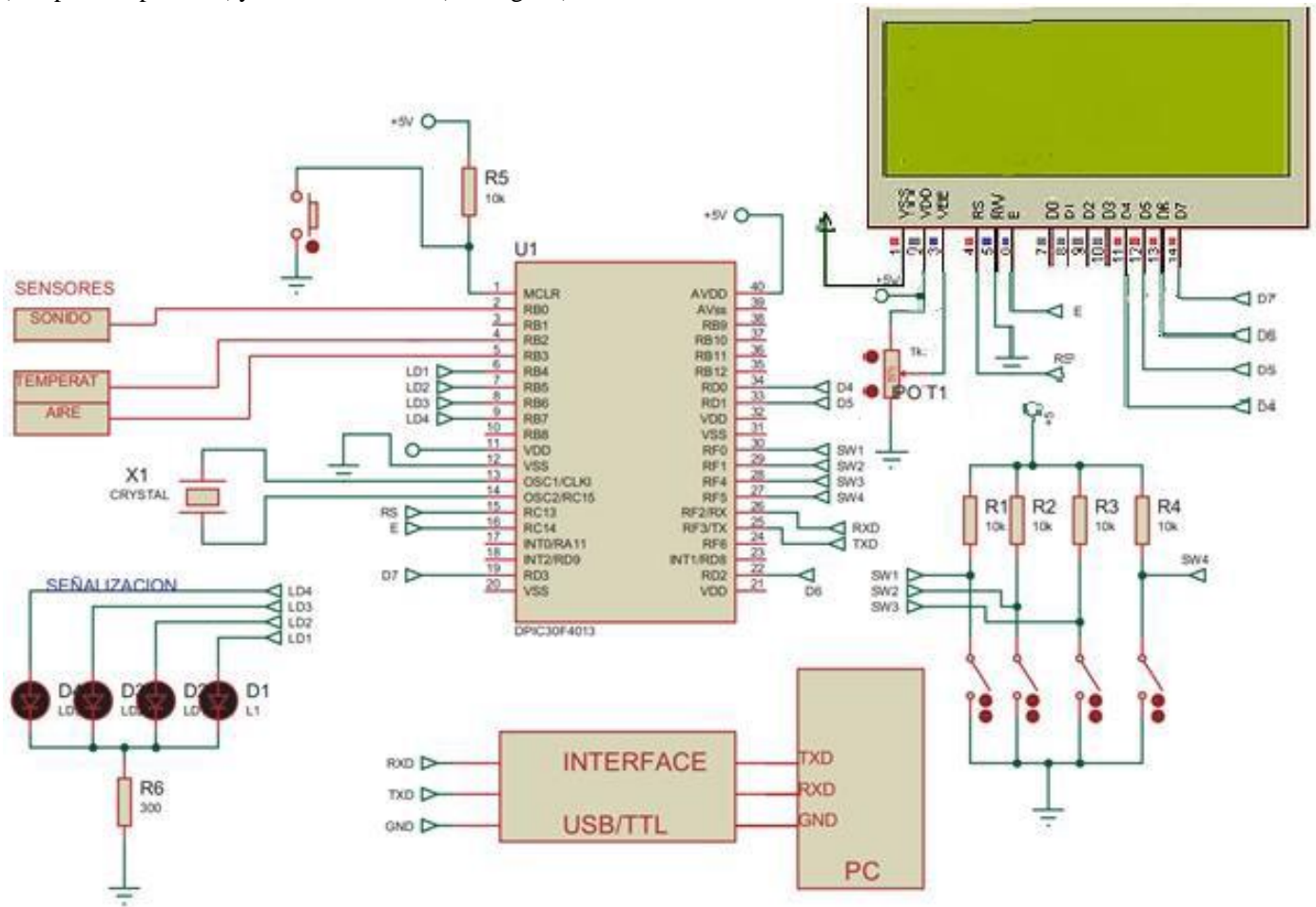


Fig. 10 Implementación del sistema en el simulador proteus

#### IV. FUNCIONAMIENTO

El INDECI y nuestro sistema desarrollado elabora el mensaje de alerta, define el área de emergencia mediante la creación de un polígono y envía dicha información a la Plataforma Inteligente de Alertas (PIA) el cual procesa la información y envía a los módulos de difusión de mensajes Cell Broadcast y SMS, para que realicen la ubicación de Estaciones Base y terminales ubicados en el área de emergencia. Además, envían dicha información a las empresas operadoras móviles para su difusión [16].

Los terminales móviles que se encuentren bajo la cobertura de las Estaciones Base, definidas por INDECI como área de emergencia, recibirán el mensaje de alerta. Los terminales móviles que no soporten la funcionalidad de Cell Broadcast

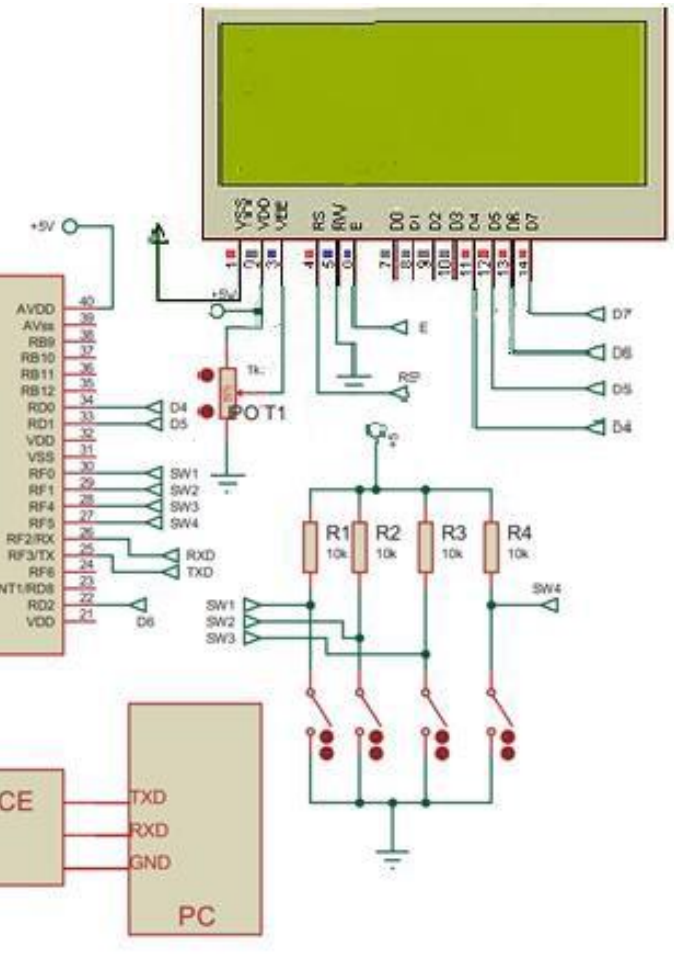


Fig. 11 Control de sistema conectado a sistema de mensajería

## V. RESULTADOS

Las pruebas se realizaron en la región de Lima en el distrito de San Martín de Porres en Perú, en este proyecto para calibrar los sensores ambientales como la temperatura, utilizamos los valores emitidos por medio de la página del SENAMHI [17] y en el caso de la calidad del aire utilizamos el AQI obtenido de la libre disposición de bases de datos como el Índice Mundial de Calidad del Aire (WAQI), [18] para certificar que los valores medidos son los correctos por parte de los sensores que posee el equipo (Ver Fig.12).

Se revisó la Calidad del aire por medio de la página WAQI que recopila los valores de la estación de San Martín de Porres, el valor que se obtuvo es de 71 el cual coincide con el valor obtenido por el prototipo y nos indica que este en un nivel moderado como se puede ver en la figura 13.



Fig. 12 valores obtenidos por el sensor



Fig. 13 Índice Mundial de la calidad del aire en San Martín de Porres, Lima, Perú

Se realizó una recopilación de los valores obtenidos por el sensor de temperatura y los datos hidrometeorológicos obtenidos por el SENAMHI en la Zona de San Martín de Porres como se puede ver en la tabla 3.

TABLA 3  
COMPARACIÓN DE LOS VALORES OBTENIDOS DEL SENAMHI Y DEL SENSOR DE TEMPERATURA

Día/ Mes/ Año	Hora	Temperatura senamhi (°c)	Temperatura del sensor (°c)
1/12/2021	08:00	15.2	14.9
1/12/2021	09:00	15.8	15.5
1/12/2021	10:00	15.9	15.5
1/12/2021	11:00	16.7	17.1
1/12/2021	12:00	17.5	17.5
1/12/2021	13:00	17.5	17.7
1/12/2021	14:00	17.6	17.5
1/12/2021	15:00	18.7	18.3
1/12/2021	16:00	17.8	17.7
1/12/2021	17:00	16.5	16.8
1/12/2021	18:00	15.5	15.6

Para las pruebas iniciales de la medición del ruido ambiental se realizó en un protoboard.

### 1. Primera Prueba: Medición de ruido ambiental

Las mediciones se realizaron comparando con el MINI SONOMETRO UNI-T UT-353, el resultado se muestra en la tabla 4.

TABLA 4  
VALIDCIÓN DE LOS VALORES DEL SONOMETRO

Frecuencia	UT-353 (dB)	Prototipo con dsPIC
100	67.4	54.3
125	63.2	56.8
160	63.3	56.9
200	63.5	57.2
250	65	57
315	71.7	63
400	75.8	60.1
500	72.5	64.8
630	77.6	67.3
800	78.5	68.7

Se hicieron ajustes en el programa considerando que el error era de 20dB(400Hz) y en el circuito de acondicionamiento, obteniendo los resultados que se muestran en la tabla 5.

TABLA 5  
VALORES REAJUSTADOS DEL SONOMETRO

Frecuencia	UT-353 (dB)	Prototipo con dsPIC	Error
100	71.4	71	-0.4
125	67.6	68.1	0.5
160	63.4	63.5	0.1

## VI. CONCLUSIONES

Se logró obtener los valores de las variables ambientales con un margen de error muy pequeño, lo que nos permitirá evaluar después de un desastre natural el entorno de manera precisa y saber si este nos afectará de forma directa en la salud o tranquilidad.

El sistema es adecuado para el uso en zonas exteriores, ya que es portable y trasladable lo que ayuda en la investigación científica y en el registro de informaciones para orientar en la gestión de riesgos de desastres naturales.

El acoplamiento de nuestro sistema con el Plataforma Inteligente de Alertas permite que la información pueda llegar a un mayor número de personas lo que permite una rápida difusión y ejecución de los planes de contingencia.

## REFERENCIAS

- [1] Viceministerio de Gobernanza Territorial del Perú, «Programa presupuestal de reducción de la vulnerabilidad y atención de emergencias por desastres,» Presidencia del Consejo de Ministros, Lima, 2020.
- [2] ONU, Union Europea Protección Civil y Ayuda Humanitaria, Cepredenac, Inform y UKaid, «INDICE DE GESTIÓN DE RIESGOS PARA AMÉRICA LATINA Y EL CARIBE,» Inform, 2018.
- [3] A. Isla Zevallos, «LA GESTIÓN DEL RIESGO DE DESASTRES EN EL PERÚ,» PAIDEIA XXI, Lima, 2018.

- [4] D. León Amenero y J. Huarcaya Victoria, «Salud mental en situaciones de desastres,» Universidad de San Martín de Porres, Lima, 2019.
- [5] Grupo Qaira S.A.C., «Análisis de Tendencias de Contaminantes del Aire Obtenidos de la Red de Módulos de Monitoreo de Calidad del Aire “qHAWAX”,» Grupo Qaira S.A.C, Lima, 2020.
- [6] Proyecto World Air Quality Index, «World Air Quality Index,» World Air Quality Index, [En línea]. Available: <https://waqi.info/es/#/c/-12.001/-76.977/11.3z>.
- [7] L. Platzer M., R. Iñiguez C., J. Cevo E y F. Ayala R., «Medición de los niveles de ruido ambiental en la ciudad de Santiago de Chile,» Pontificia Universidad Católica de Chile, Santiago, 2007.
- [8] BBC News, «Cómo enfrenta el organismo un calor de 50° centígrados,» 2013. [En línea]. Available: [https://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/01/130110\\_calor\\_50\\_grados\\_organismo\\_men#:~:text=La%20Organizaci%C3%B3n%20Mundial%20de%20la,que%20los%20riesgos%20se%20incrementen](https://www.bbc.com/mundo/noticias/2013/01/130110_calor_50_grados_organismo_men#:~:text=La%20Organizaci%C3%B3n%20Mundial%20de%20la,que%20los%20riesgos%20se%20incrementen).
- [9] Adafruit, «PM2.5 Air Quality Sensor and Breadboard Adapter Kit - PMS5003,» Adafruit, Nueva York, 2021.
- [10] Instituto Nacional de Estadística e Informática, «Estadísticas Ambientales,» INEI, Lima, 2020.
- [11] Universidad EAFIT, «INFORME Anual de Calidad del Aire 2020,» Universidad EAFIT, Medellín, 2020.
- [12] S. Hartinger Peña, «Exposición personal a PM2.5 transporte utilizados en la ciudad de Lima,» Universidad Peruana Cayetano Heredia, Lima, 2021.
- [13] seeedstudio.com, «seeedstudio.com,» [En línea]. Available: [https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Loudness\\_Sensor/](https://wiki.seeedstudio.com/Grove-Loudness_Sensor/).
- [14] A. A. Vasquez Bejarano, «Sistema de medición de variables ambientales y control mediante dspic en zona de desastre,» Universidad Nacional del Callao, Callao, 2020.
- [15] Microchip Technology Inc., «dsPIC30F3014, dsPIC30F4013 Data Sheet,» Microchip Technology Inc., Arizona, 2004.
- [16] Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, «Sistema de Mensajería de Alerta Temprana de Emergencias ANEXO TÉCNICO,» Ministerio de Transportes y Comunicaciones del Perú, Lima, 2019.
- [17] SENAMHI, «senamhi.gob.pe,» [En línea]. Available: <https://www.senamhi.gob.pe/?p=estaciones>.
- [18] M. Sarnadi, S. Rahimi, M. Rezaei, D. Sanaei y M. Dianatinasab, «Air quality index variation before and after the onset of COVID-19 pandemic: a comprehensive study on 87 capital, industrial and polluted cities of the world,» Environmental Sciences Europe, Torbat, 2021.