

**TRAYECTORIA INVESTIGATIVA EN PROYECTOS:
MONITOREO Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL
EMPODERAMIENTO COMUNITARIO EN SALUD AMBIENTAL
Y
DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO DE UNA APLICACIÓN DE REALIDAD
AUMENTADA PARA UN JARDÍN BOTÁNICO**



FUNDACIÓN
UNIVERSITARIA
DE POPAYÁN
35 ANIVERSARIO

HECTOR ANDRES GUAÑARITA SOLIS

Director:

JOSE ARMANDO ORDOÑEZ

Fundación Universitaria de Popayán
Facultad de Ingeniería
Línea de Investigación Innovación y Desarrollo
Popayán, febrero de 2020

**MONITOREO Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL
EMPODERAMIENTO COMUNITARIO EN SALUD AMBIENTAL**

Y

**DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO DE UNA APLICACIÓN DE
REALIDAD AUMENTADA PARA UN JARDÍN BOTÁNICO**

Informe de investigación por trayectoria investigativa presentado a la Facultad de
Ingeniería

de la Fundación Universitaria de Popayán

para obtener el título de

Ingeniero de Sistemas

Director:

JOSE ARMANDO ORDOÑEZ

Popayán

2019

TRABAJO DE GRADO

**MONITOREO Y ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AIRE PARA EL
EMPODERAMIENTO COMUNITARIO EN SALUD AMBIENTAL**

Y

**DISEÑO CENTRADO EN EL USUARIO DE UNA APLICACIÓN DE
REALIDAD AUMENTADA PARA UN JARDÍN BOTÁNICO**

Autores:

HECTOR ANDRES GUAÑARITA SOLIS

Director:

JOSE ARMANDO ORDOÑEZ

Director: _____

Jurado 1: _____

22, de octubre de 2019

Dedicatoria

Hector Andres Guañarita Solis

El presente trabajo está dedicado a mi familia por haber sido mi apoyo a lo largo de toda mi carrera universitaria y a lo largo de mi vida. A todas las personas especiales que me acompañaron en esta etapa, aportando a mi formación tanto profesional y como ser humano.

De manera especial a mi tutor, por haberme guiado, no solo en la elaboración de este trabajo de titulación, sino a lo largo de mi carrera universitaria y haberme brindado el apoyo para desarrollarme profesionalmente y seguir cultivando mis valores.

A la Universidad Fundación Universitaria de Popayán, por haberme brindado tantas oportunidades y enriquecerme en conocimiento.

Introducción

El presente documento describe la trayectoria investigativa en el semillero INNOVA del grupo de investigación INTELLIGENT MANAGEMENT SYSTEM (IMS) del programa de ingeniería de sistemas de la fundación universitaria de Popayán.

Mi trabajo se enmarcó dentro de los proyectos: “*Monitoreo y análisis de la calidad del aire para el empoderamiento comunitario en salud ambiental*” (Anexo 1. Resolución R-173) y “*Jardín botánico de la ciudad de Popayán*” (Anexo 2. Resolución 034).

En el primer proyecto se trabajó alrededor de una plataforma denominada MCAPMOBILE que busca empoderar a la comunidad en torno al tema de la calidad del aire.

Los datos de calidad del aire son recolectados desde un sensor MQ135, estos datos son almacenados y procesados en un Arduino UNO y una Raspberry Pi para ser enviados a una base de datos en la nube. Estos datos se pueden observar en la App que tiene dos opciones: *Índice de la calidad del aire* donde se describe la calidad del aire en rangos que van de 0 hasta 500 caracterizado por la norma Colombiana ICA. En la segunda opción está el *Monitoreo de la calidad del aire* el cual cuenta con una gráfica que cambia en tiempo real alertándonos y dando una recomendación cada vez que pasa un umbral sobre los datos obtenidos por el sensor. La aplicación móvil también cuenta con una alerta si hay una fuga de gas propano al interior de una casa.

Durante mi participación en el proyecto se obtuvieron 2 registros de software (Anexo 3. Registro de Software plataforma para la medición de la calidad del aire MCAPMOBILE, Anexo 4. Registro de Software plataforma análisis geoespacial de la calidad del aire soportada en internet de las cosas) y se han realizado ponencias en:

1. *6th Colombian Conference of Engineering Physics and 1st International Conference on Applied Physics, Engineering & Innovation en la universidad industrial de Santander, Bucaramanga (Anexo 5. Certificado de asistencia).*
2. *Ponencia en el XXII Encuentro Nacional y XVI Encuentro Internacional de Semilleros de Investigación – Fundación RedColSi en la ciudad de Valledupar obteniendo un puntaje total de 95 puntos de 100 posibles (Anexo 6. Carta asignación aval).*

Además, se consiguió publicar los resultados en una revista científica indexada en SCOPUS:

- “Monitoring and analysis of air quality for community empowerment in environmental health” en el Journal of Physics Conference Series (Anexo 7. Artículo Monitoring and

analysis of air quality for community empowerment in Environmental Health),

Respecto al segundo proyecto, mi participación se centró en el desarrollo de una aplicación móvil de realidad aumentada para divulgar el Jardín Botánico de Popayán. En la aplicación se muestra la flora y fauna a partir de unos códigos QR creados y ubicados en sitios estratégicos. Así mismo se crearon marcadores para cada árbol del jardín botánico en el cual se muestra una breve descripción del árbol, su nombre científico y un video del mismo, para la fauna se realizó una recopilación de fotos de los animales que habitan en el JBP y para flora algunas especies de orquídeas y flores que se encuentran en estado de flor. Productos de mi participación en este proyecto se realizó una ponencia en:

1. *III encuentro de investigación, desarrollo tecnológico e innovación Colombia – Ecuador (Anexo 8. Certificado evento)*

Obteniendo como resultado un artículo “Diseño centrado en el usuario de una aplicación de realidad aumentada para un Jardín Botánico” (Anexo 9. Artículo Diseño centrado en el Usuario de una aplicación de Realidad aumentada para un jardín botánico).

A continuación, se muestran los soportes asociados con los resultados obtenidos.

Tabla de Contenido

Contenido

Anexo 1. Resolución R-173.....	8
Anexo 2. Resolución 034.....	10
Anexo 3. Registro de Software plataforma para la medición de la calidad del aire mcapmobile.....	11
Anexo 4. Registro de Software plataforma análisis geoespacial de la calidad del aire soportada en internet de las cosas.....	13
Anexo 5. Certificado de asistencia	15
Anexo 6. Carta asignación aval.....	16
Anexo 7. Artículo Monitoring and analysis of air quality for community empowerment in Environmental Health.....	17
Anexo 8. Certificado evento	27
Anexo 9. Artículo Diseño centrado en el Usuario de una aplicación de Realidad aumentada para un jardín botánico.....	28

Anexo 1. Resolución R-173.



Universidad
del Cauca

Rectoría

173

RESOLUCIÓN NUMERO R- DE 2016

(16 FEB 2016)

2-90

Por la cual se aclara y modifica el considerando 5 de la Resolución Rectoral No. 452 del 5 junio de 2015.

EI RECTOR DE LA UNIVERSIDAD DEL CAUCA, en uso de sus atribuciones legales y estatutarias, y

CONSIDERANDO:

1. Mediante convocatoria 08-2014 del 25 de septiembre de 2014, la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Cauca y el proyecto *"Red de formación de talento humano para la innovación social y productiva en el Departamento del Cauca – Innovación Cauca,"* ID-3848, financiado por el Sistema General de Regalías, publicaron los términos de referencia "Inserción de doctores" en el portal institucional.
2. Mediante Resolución Rectoral No. 452 del 5 junio de 2015, el Rector de la Universidad del Cauca adjudicó la convocatoria a la propuesta que había obtenido el mejor puntaje en el proceso de evaluación por pares de Colciencias, según lo dispuesto en los términos de referencia.
3. En el considerando 5 de la Resolución R-452 de 2015 se presenta la información de la propuesta ganadora de la siguiente manera:

Código Candidato	Nombre	Institución que lo apoya	Puntaje Asignado
08-2014-2	José Armando Ordoñez	Fundación InnovaGen	71.7

4. El numeral 5 de los términos de referencia de la convocatoria 08-2014 "Inserción de doctores" establece que las propuestas podrán ser presentadas por una sola entidad (Entidad Proponente) o por una alianza de entidades integrado por una Entidad Proponente más una o varias Entidades Participantes.
5. La convocatoria ganadora de la convocatoria 08-2014 "Inserción de doctores" fue presentada por una alianza conformada por la Fundación Innovagen, como Entidad Proponente, y la Fundación Universitaria de Popayán, como Entidad Participante.
6. El acta de la reunión del Comité Académico en la cual, de acuerdo con el numeral 9 de los términos de referencia de la convocatoria, se seleccionó la propuesta a financiar, es la No. 5 del 19 de marzo de 2015.
7. Se hace necesario aclarar y modificar el considerando 5 de la Resolución R-452 del 5 junio de 2015.

En mérito de lo expuesto,

173

RESUELVE:



Universidad
del Cauca

Rectoría

ARTÍCULO PRIMERO: ACLARAR y modificar el considerando 5 de la Resolución Rectoral No. 452 del 5 junio de 2015, el cual quedará de la siguiente manera:

5. Con base a los resultados anteriormente descritos y siguiendo el procedimiento establecido en los términos de referencia, el Comité Académico del proyecto mediante Acta 05 del 19 de marzo de 2015, seleccionó la propuesta ganadora de la convocatoria, por puntaje, así:

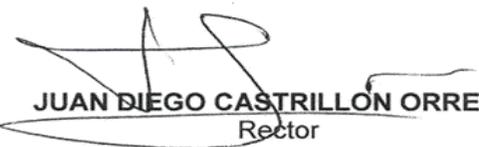
Código Candidato	Nombre	Entidad Proponente	Entidad Participante	Puntaje Asignado
08-2014-2	José Armando Ordoñez	Fundación Innovagen	Fundación Universitaria de Popayán	71,7

ARTÍCULO SEGUNDO: NOTIFICAR al profesor Álvaro Rendón Gallón, en su calidad de director del proyecto de investigación ID-3848 SGR, quien podrá ser notificado en la Vicerrectoría de Investigaciones de la Universidad del Cauca.

ARTÍCULO TERCERO: ORDENAR al profesor Álvaro Rendón Gallón, en su calidad de director del proyecto de investigación ID-3848 SGR, para que en el menor tiempo posible publique la presente Resolución en la página web donde se publicaron los resultados de la convocatoria 08-2014.

NOTIFIQUESE, PUBLIQUESE Y CÚMPLASE.

Se expide en Popayán, a los 16 FEB 2016


JUAN DIEGO CASTRILLÓN ORREGO
Rector

Proyectó: Lina Bermúdez
Avaló: Alfonso Rafael Buelvas Garay

Anexo 2. Resolución 034.



FUNDACIÓN
UNIVERSITARIA
DE POPAYÁN
35 ANIVERSARIO

RESOLUCION 034

(23 de mayo de 2018)

"Por la cual se adjudica la Convocatoria 015 "Proyectos Universidad Estado Empresa sociedad" de la Fundación Universitaria de Popayán".

EL VICERRECTOR ACADEMICO DE LA FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYAN, en uso de las funciones que confiere el artículo 57 NUMERAL de los Estatutos Generales y,

CONSIDERANDO:

Que mediante la Convocatoria interna 015, la Dirección de Investigación y la vicerrectoría académica de la Fundación universitaria de Popayán invitó a presentar las propuestas de Proyectos Universidad Estado Empresa sociedad de la FUP.

Que en a la Convocatoria 015 de Proyectos Universidad Estado Empresa Sociedad se presentaron las siguientes propuestas:

Convocatoria 015 de 2018				
NOMBRE DEL PROYECTO	PROGRAMA	INVESTIGADORES	GRUPO LIDER	ALIADO
Diagnóstico para la articulación de una red de agroeco-turismo, proyecto participativo con las organizaciones sociales de Bolívar, Mercaderes y Patía - Cauca	Contaduría	Liliana Chavez Palomino Magdalena Murgueitio	Grupo de Investigación MINKA Contaduría Pública	Fundecima Grupo de investigación en Economía, gestión, territorio y desarrollo sostenible GEOS
Jardín botánico de Popayán, una unidad sostenible para la conservación, investigación y educación ambiental	Ecología	Carlos Andrés Durán Enríquez Clara Concha Armando Ordoñez Jaime Vente	Unidad de Investigación en Ecología Tropical - UNIET	GITA IMS GINPAS
Diseño e implementación de un sistema recomendador de sentencias jurisprudenciales soportado en clustering	Ingeniería De Sistemas	Armando Ordoñez	IMS	Laboratorio de investigación para el desarrollo de la ingeniería de software LIDIS

Anexo 3. Registro de Software plataforma para la medición de la calidad del aire mcapmobile.

<p>MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO <u>CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE</u></p>	<p>Libro - Tomo - Partida 13-69-118 Fecha Registro 21-sep-2018</p>
---	---

1. DATOS DE LAS PERSONAS

AUTOR

Nombres y Apellidos JOSE ARMANDO ORDÓÑEZ CÓRDOBA **No de identificación** 4616289
CC

Nacional de COLOMBIA

Dirección CRA19NO8A05 **Ciudad:** POPAYAN

AUTOR

Nombres y Apellidos JENNYFER CECILIA LOPEZ LLANTEN **No de identificación** 1061768262
CC

Nacional de COLOMBIA

Dirección CARRERA 46 # 6 - 10 PALMAS 2 **Ciudad:** POPAYAN

AUTOR

Nombres y Apellidos CRISTIAN CAMILO ORDÓÑEZ QUINTERO **No de identificación** 1085298668
CC

Nacional de COLOMBIA

Dirección CALLE 20N NO 4 BIS 18 **Ciudad:** POPAYAN

AUTOR

Nombres y Apellidos HECTOR ANDRES GUAÑARITA SOLIS **No de identificación** 1061725937
CC

Nacional de COLOMBIA

Dirección CLL7NO32-22 **Ciudad:** POPAYAN

PRODUCTOR

Nombres y Apellidos JOSE ARMANDO ORDÓÑEZ CÓRDOBA **No de identificación** 4616289
CC

Nacional de COLOMBIA

Dirección CRA19NO8A05 **Ciudad:** POPAYAN

PRODUCTOR

Nombres y Apellidos JENNYFER CECILIA LOPEZ LLANTEN **No de identificación** 1061768262
CC

Nacional de COLOMBIA

Dirección CARRERA 46 # 6 - 10 PALMAS 2 **Ciudad:** POPAYAN

PRODUCTOR

Nombres y Apellidos CRISTIAN CAMILO ORDÓÑEZ QUINTERO **No de identificación** 1085298668
CC

Nacional de COLOMBIA

Dirección CALLE 20N NO 4 BIS 18 **Ciudad:** POPAYAN

PRODUCTOR

Nombres y Apellidos HECTOR ANDRES GUAÑARITA SOLIS **No de identificación** 1061725937
CC

Nacional de COLOMBIA
Dirección CLL7NO32-22 Ciudad: POPAYAN

2. DATOS DE LA OBRA

Título Original PLATAFORMA PARA LA MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AIRE MCAP MOBILE

Año de Creación 2018 País de Origen COLOMBIA Año Edición

CLASE DE OBRA INEDITA

CARACTER DE LA OBRA OBRA ORIGINARIA

CARACTER DE LA OBRA OBRA EN COLABORACION

ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO PROGRAMA DE COMPUTADOR

ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO MATERIAL AUXILIAR

MINISTERIO DEL INTERIOR
DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL
OFICINA DE REGISTRO
CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE

Libro - Tomo - Partida
13-69-118
Fecha Registro
21-sep-2018

Página 2 de 2

3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA

LA PLATAFORMA PERMITE MEDIR CO2 Y BUTANO A TRAVÉS DE MÓDULOS ARDUINO Y RASPBERRY, Y PERMITE VISUALIZAR LA CALIDAD DEL AIRE EN TIEMPO REAL UTILIZANDO UNA APLICACIÓN JAVA EN ANDROID.

4. OBSERVACIONES GENERALES DE LA OBRA

5. DATOS DEL SOLICITANTE

Nombres y Apellidos **JOSE ARMANDO ORDÓÑEZ CÓRDOBA** No de Identificación **4616289**
Nacional de **COLOMBIA** Medio Radicación **REGISTRO EN LINEA**
Dirección **CRA19NO8A05** Ciudad **POPAYAN**
Teléfono **5728219926**
Correo electrónico **ARMANDOORDONEZ@GMAIL.COM** Radicación de entrada **1-2018-78972**
En representación de **EN NOMBRE PROPIO**

MANUEL ANTONIO MORA CUELLAR

JEFE OFICINA DE REGISTRO

MZP

Nota: El derecho de autor protege exclusivamente la forma mediante la cual las ideas del autor son descritas, explicadas, ilustradas o incorporadas a las obras. No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas, ni su Aprovechamiento industrial o comercial (artículo 7o. de la Decisión 351 de 1993).

Anexo 4. Registro de Software plataforma análisis geoespacial de la calidad del aire soportada en internet de las cosas.

	MINISTERIO DEL INTERIOR DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL OFICINA DE REGISTRO <u>CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE</u>		Libro - Tomo - Partida 13-72-465 Fecha Registro 02-abr-2019
	Página 1 de 2		
1. DATOS DE LAS PERSONAS			
AUTOR			
Nombres y Apellidos	JOSE ARMANDO ORDÓÑEZ CÓRDOBA	No de identificación CC	4616289
Nacional de Dirección	COLOMBIA CRA19NO8A05	Ciudad:	POPAYAN
AUTOR			
Nombres y Apellidos	JENNYFER CECILIA LOPEZ LLANTEN	No de identificación CC	1061768262
Nacional de Dirección	COLOMBIA CARRERA 46 # 6 - 10 PALMAS 2	Ciudad:	POPAYAN
AUTOR			
Nombres y Apellidos	HECTOR ANDRES GUAÑARITA SOLIS	No de identificación CC	1061725937
Nacional de Dirección	COLOMBIA CLL7NO32-22	Ciudad:	POPAYAN
PRODUCTOR			
Nombres y Apellidos	JOSE ARMANDO ORDÓÑEZ CÓRDOBA	No de identificación CC	4616289
Nacional de Dirección	COLOMBIA CRA19NO8A05	Ciudad:	POPAYAN
PRODUCTOR			
Nombres y Apellidos	JENNYFER CECILIA LOPEZ LLANTEN	No de identificación CC	1061768262
Nacional de Dirección	COLOMBIA CARRERA 46 # 6 - 10 PALMAS 2	Ciudad:	POPAYAN
PRODUCTOR			
Nombres y Apellidos	HECTOR ANDRES GUAÑARITA SOLIS	No de identificación CC	1061725937
Nacional de Dirección	COLOMBIA CLL7NO32-22	Ciudad:	POPAYAN
2. DATOS DE LA OBRA			
Título Original	PLATAFORMA ANÁLISIS GEOESPACIAL DE LA CALIDAD DEL AIRE SOPORTADA EN INTERNET DE LAS COSAS		
Año de Creación	2019	País de Origen	COLOMBIA
		Año Edición	
CLASE DE OBRA	INEDITA		
CARACTER DE LA OBRA	OBRA ORIGINARIA		
CARACTER DE LA OBRA	OBRA EN COLABORACION		
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	PROGRAMA DE COMPUTADOR		
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	DESCRIPCIÓN DEL PROGRAMA		
ELEMENTOS APORTADOS DE SOPORTE LOGICO	MATERIAL AUXILIAR		
3. DESCRIPCIÓN DE LA OBRA			
EL SISTEMA SURGE CON EL OBJETIVO DE PROPORCIONAR INFORMACIÓN EN TIEMPO REAL SOBRE LA CALIDAD DEL AIRE POR MEDIO DE UNA PLATAFORMA SIG WEB, LA CUAL NOS DA INFORMACIÓN CON DATOS REALES, MEDIANTE GRÁFICAS E HISTORIAL DE LA CALIDAD DEL AIRE, TEMPERATURA Y HUMEDAD EN LAS DIFERENTES ZONAS. PRETENDIENDO BRINDAR A LOS USUARIOS INFORMACIÓN CON LA QUE ELLOS PODRÁN ANALIZAR Y DEDUCIR QUE ZONAS PRESENTAN MAYOR CONTAMINACIÓN DE UNA FORMA ÁGIL Y CONCISA, A TRAVÉS DEL USO DE WEB MAPPING			
4. OBSERVACIONES GENERALES DE LA OBRA			



MINISTERIO DEL INTERIOR
DIRECCION NACIONAL DE DERECHO DE AUTOR
UNIDAD ADMINISTRATIVA ESPECIAL
OFICINA DE REGISTRO

CERTIFICADO DE REGISTRO DE SOPORTE LOGICO - SOFTWARE

Libro - Tomo - Partida

13-72-465

Fecha Registro

02-abr-2019

Página 2 de 2

5. DATOS DEL SOLICITANTE

Nombres y Apellidos	JOSE ARMANDO ORDÓÑEZ CÓRDOBA	No de Identificación	4616289
Nacional de	COLOMBIA	Medio Radicación	REGISTRO EN LINEA
Dirección	CRA19NO8A05	Ciudad	POPAYAN
Correo electrónico	ARMANDOORDONEZ@GMAIL.COM	Teléfono	5728219926
En representación de	EN NOMBRE PROPIO	Radicación de entrada	1-2019-24762



MANUEL ANTONIO MORA CUELLAR

JEFE OFICINA DE REGISTRO

MZP

Nota: El derecho de autor protege exclusivamente la forma mediante la cual las ideas del autor son descritas, explicadas, ilustradas o incorporadas a las obras. No son objeto de protección las ideas contenidas en las obras literarias y artísticas, o el contenido ideológico o técnico de las obras científicas, ni su aprovechamiento industrial o comercial (artículo 7o. de la Decisión 351 de 1993).

Anexo 5. Certificado de asistencia



Colombian Society of Engineering Physics

This is to certify that

HÉCTOR ANDRÉS GUAÑARITA SOLIS

Participated in the "1st applied physics engineering and innovation conference" in conjunction with the "6th Colombian Conference of Engineering Physics", held on October 22nd - 26nd 2018 at Universidad Industrial de Santander, Bucaramanga Colombia

Jaime Andrés Pérez Taborda, PhD
President of Colombian Society of
Engineering Physics

Rogelio Ospina Ospina, PhD
Chairman 1st APEI - 6th CNIF

1st APPLIED PHYSICS
ENGINEERING &
INNOVATION
6th NATIONAL
CONFERENCE ON
PHYSICAL
ENGINEERING
2018

Bucaramanga,
October 22th to 26th
www.scif.org.co

Anexo 6. Carta asignación aval



NIT 900014966-5



Acta oficial de asignación de aval

El Comité Ejecutivo del Nodo Cauca (CEN-CAUCA) a través de su Coordinador Nodal y en representación oficial de la Fundación Red Colombiana de Semilleros de Investigación (RedCOLSI) en Santander de Quilichao, en uso de sus facultades asignadas por reconocimiento nacional el 04 de junio del 2015 en la ciudad de Barrancabermeja (Santander), emite reconocimiento especial al proyecto.

MONITOREO DE LA CALIDAD DEL AIRE EN EL ÁREA URBANA Y RURAL DEL MUNICIPIO DE POPAYÁN

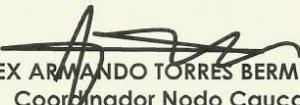
Inscrito por:
FUNDACIÓN UNIVERSITARIA DE POPAYÁN

Por su excelente presentación en el marco del XIII Encuentro Departamental de Semilleros de Investigación (EDES12019) realizado los días 23 y 24 de mayo de 2019 en las instalaciones de la Corporación Universitaria Autónoma del Cauca. Obteniendo un puntaje de **93.0 PUNTOS**, categorizándolo como:

PROYECTO SOBRESALIENTE

Dándole continuidad a los procesos de inscripción para participar en el **XXII Encuentro Nacional y XVI Internacional de Semilleros de Investigación** a realizarse en el mes de octubre de 2019 (lugar por definirse).

Para constancia se firma el día 12 de Julio de 2019.


ALEX ARMANDO TORRES BERMÚDEZ
Coordinador Nodo Cauca
Fundación Red Colombiana de Semilleros de Investigación

Anexo 7. Artículo Monitoring and analysis of air quality for community empowerment in Environmental Health.

Monitoring and analysis of air quality for community empowerment in Environmental Health

Cristian Camilo Ordoñez, ^{a*} Jennyfer López, ^a Héctor A. Guañarita, ^a José Armando Ordoñez ^a

Capítulo 2 *University Foundation of Popayán, Intelligent Management Systems, Popayán Cauca Colombia*

Abstract. The emission of greenhouse gases has increased dramatically. Among these, carbon monoxide (CO) has been identified as having the greatest negative impact on human health. These gases are produced mainly by human activities and, therefore, can be reduced if some community actions are carried out. This type of action is known as community empowerment and can be defined as active Participation of the community to achieve common objectives. The first step for empowerment is to know the magnitude of the problem, however, in the case of environmental monitoring, the price of the monitoring devices can be prohibitive. In this research, an air quality-monitoring platform based on the Internet of Things (IoT) is proposed. This platform uses Low-cost devices such as Arduino and Raspberry to measure the air quality in the center of Popayan city. The information is collected, processed and shared with the community through an app. The early results show an impact in the community perception. Also, to the lessons learned, can be used to other low-cost developments.

Keywords: IoT, Carbon monoxide (CO), platform, App.

• **Address correspondence:** Cristian Camilo Ordoñez, University Foundation of Popayán, Popayán, Colombia, +57; Tel 3006519654, cordonezq@unicauca.edu.co.

1. Introduction

Nearly seven million deaths worldwide are caused by contaminated air in the world (cerebrovascular problems, heart disease, lung cancer, among other diseases). This pollution is largely caused by Short-lived greenhouse pollutants emitted from fuel combustion [1]. The first step to reverse this situation is to know the air quality, however in many cities such as Popayán- Colombia, very few measurements are taken during the year due in part to the high costs of the devices used for this purpose. In this paper, a low-cost platform for monitoring air quality based on the Internet of things is presented. Information is processed and analyzed, alerts are generated to users through mobile devices Low-cost devices such as Arduino and Raspberry are integrated as well as various communication protocols.

The rest of this document is organized as follows: section 2 presents the related works, section 3 shows the methodology, section 4 describes Results conclusions and future works.

2. Related works

Kirthima presents a real-time air quality monitoring system that monitors PM 2.5, carbon monoxide, carbon dioxide, temperature, humidity and air pressure in Delhi. This system uses IoT and Raspberry Pi and the collected data were compared with the one provided by authorities [2]. Baklouti et al. present an air quality monitoring system based on real-time crowd detection. Low-cost and low-power devices are used to measured air quality. The collected data are sent to the cloud, processed using R (an open source tool) and displayed in real time on maps [3].

Aslam et al developed an autonomous system to detect smoke, carbon monoxide, and other toxic gases. Gases are monitored and displayed on LCD screens and pop-up alarms are generated when thresholds are exceeded. This information is transmitted to the control center through a wireless link. The automatic detection and response system allows a quick reaction in case of an emergency [11]. Kumar et al. developed an Indoor-Air-Quality (IAQ) sensor in conformity with ISO/IEEE/IEC 21451 standards. The developed IAQ sensor is suitable to monitor the concentrations of indoor air quality parameters like PM2.5, CO₂, O₃, and CO [6]. Anuj Kumar et al, presented a sensor controlled through smart devices using GSM network. Machine-to-machine data communication (M2M) is implemented for the air quality sensor and smart devices. The sensor is portable, easy to operate, low cost and energy efficient [4]. Finally, it is important to highlight the research of Mendez et al. that presents some of the most relevant works in the area of air pollution monitoring in large cities and water monitoring in rural areas. In addition, a solution based on a participatory detection approach is presented to monitor air pollution in large cities [5].

3. Methodology

Design Thinking was used due to the importance of users in community empowerment. The main phases of Design thinking are: I) Empathize to know the problem from the user's perspective. II) Define, seeks to interpret the problem, III) Ideation, stage of creativity to offer solutions. IV) Test prototypes,

- Evaluate the impact obtained [6]. Next, the results of the application of each of the phases are described:

Empathy phase: First of all, a parking lot in the center of the city of Popayan was selected to measure the quality of air. Here, users, workers, and passers-by were

interviewed about their knowledge about environmental pollution. Most people didn't know about the risks for human health. Besides, some workers expressed that they often suffer from respiratory problems and frequent headaches.

Definition phase: The main problem was identified: People don't know the real situation on air pollution. It was defined that the application should be easily accessible, and have real-time feedback.

Ideation Phase: members of the team gave possible solutions to this problem, thus giving a joint contribution and collaboration for the construction of a strategy that could be applied. At this stage, it was decided to make an application to inform the carbon monoxide CO level. The graph is updated every 20 seconds and generates alerts every time a threshold is exceeded.

Prototyping phase: this was carried out in two phases, the first, is the data collection through the mq135 sensor and Arduino Uno. In phase two, data were processed using raspberry pi3 and sent data to the cloud. Measurements were made every hour in accordance with Colombian air quality regulations. The threshold for alerts is defined for the Colombian Air Quality Index (AQI), which allowed us to analyze the concentration levels of the main pollutants that influence air quality. Likewise, a mobile application was developed to see the air quality index in real time, the alerts are generated according to the defined ranges and pollutants. The architecture of the system is show

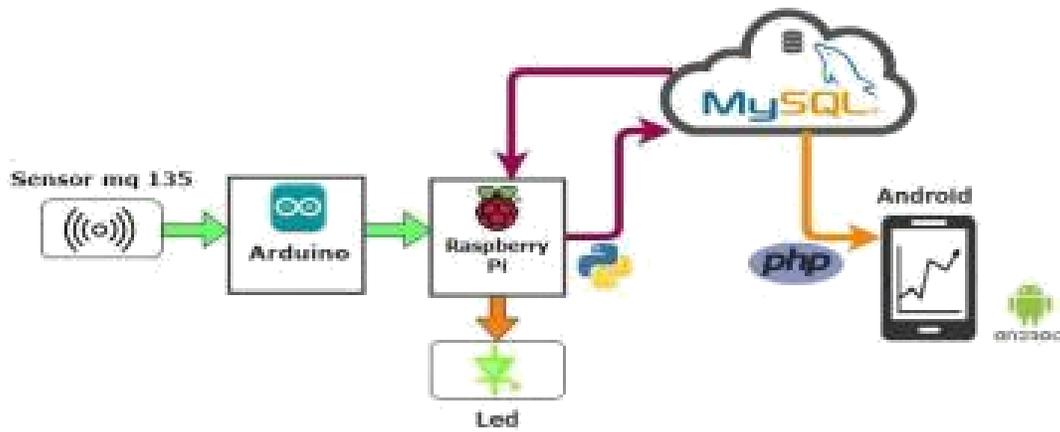


Fig. 1 Architecture of the platform

(a) Sensor mq135

MQ135 sensor requires a 24-hour preheating and a 5v supply, an analog reading was performed to determine the gas concentration in ppm (parts per million). This sensor provides a graph that allows obtaining the gas concentration (See fig 2) [7].

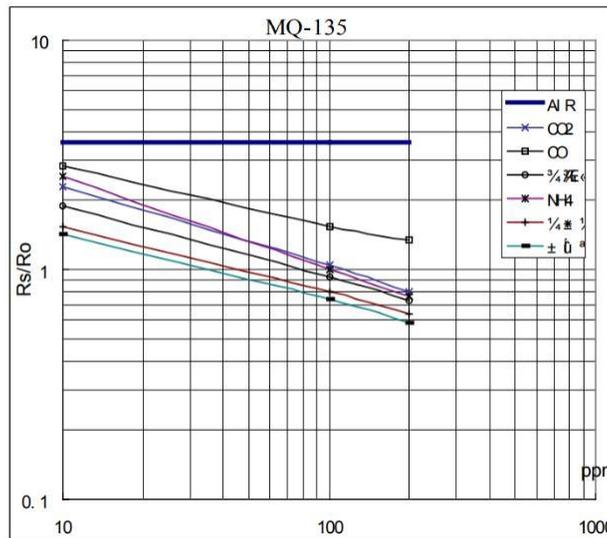


Fig. 2 Variables in MQ-135

This information shows the basic data for the measurement. To determine the air quality it is necessary to generate a regression equation and calculate the CO value. The trend line was graphed and the potential equation is chosen.

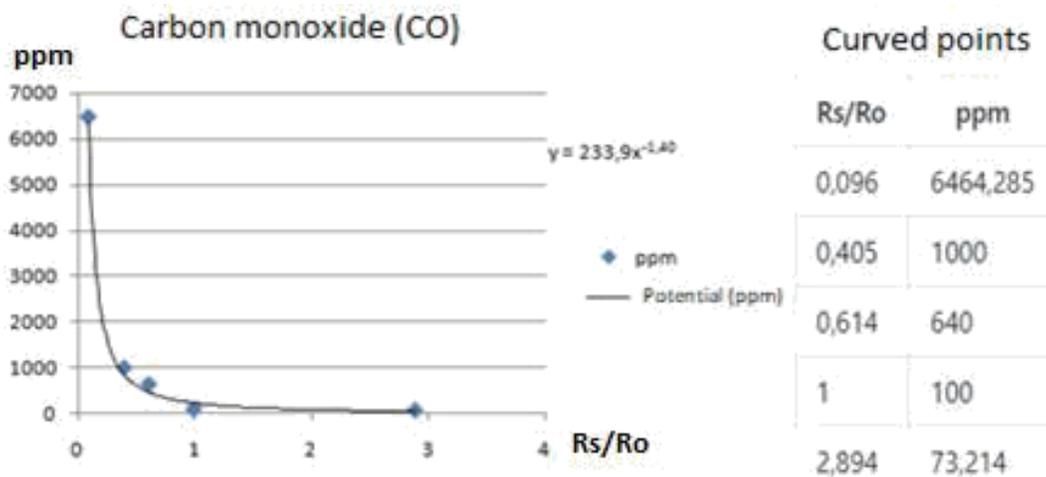


Fig. 3 Sensor calibration curve

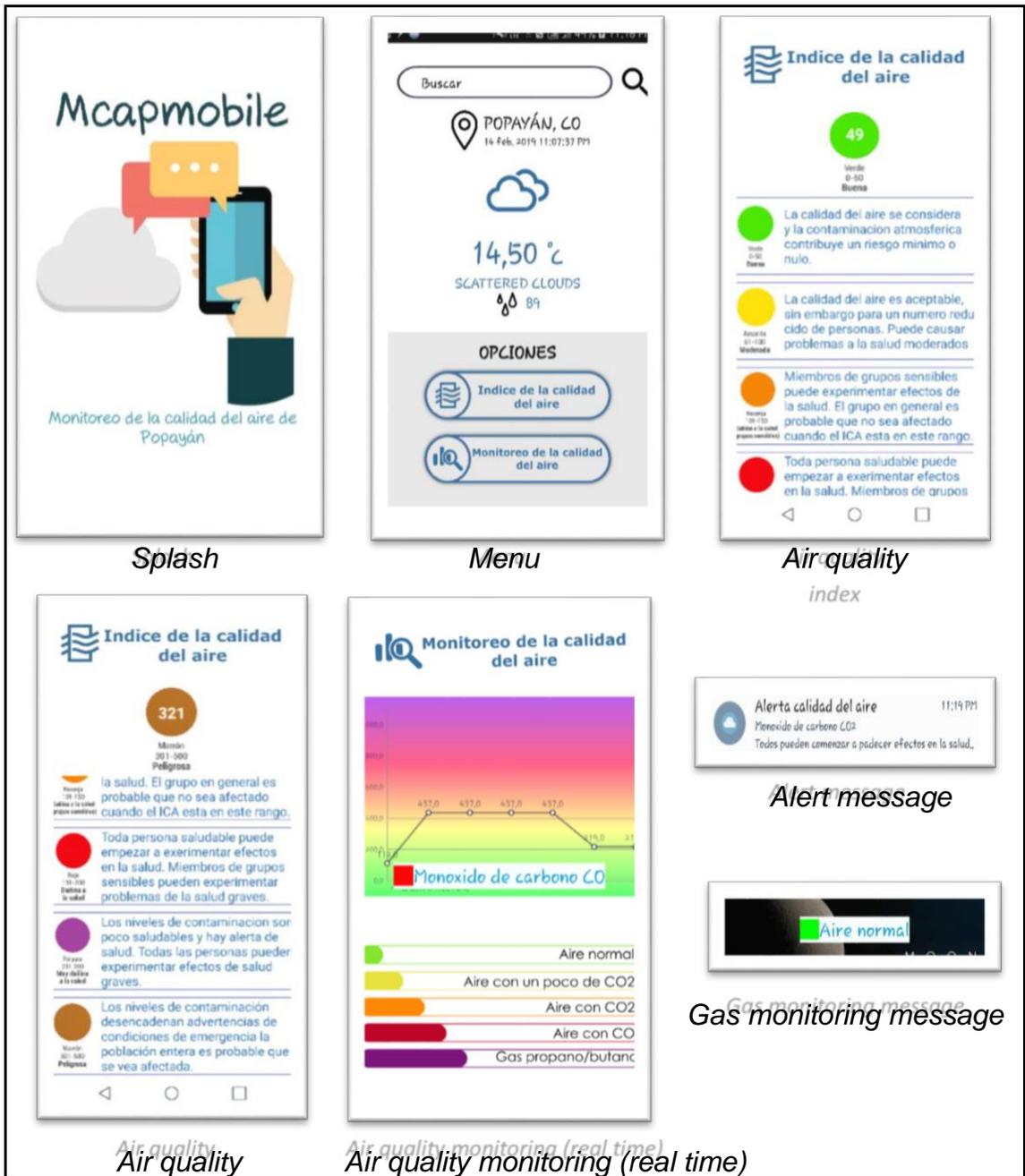


Fig. 4 Operation of the application

The modules of the Android application are described below:

1) Splash: Home screen with the MCAPMOBILE mobile application logo (figure 4).

2) Menu: Shows the options; the current location or search for a location, weather information, air quality index, and air quality monitoring.

a) Current location: location of the physical device is used.

b) Search for a place: Users can search for a place to know air quality in a certain place

c) Climate information: It gives information in real-time of the current temperature of the city and humidity.

d) Air Quality Index: an AQI (air quality index) is displayed with its respective ranges.

e) Monitoring of Air Quality: A graph displays real time alerts and recommendations on air quality.

Test Phase: The application was installed on the cell phones of some users to measure the user's experience. It was observed that the application was intuitive and easy to use, and users could observe the alerts generated by indicating their risks and the precautions they should take.

To calculate the Colombian Air Quality Index (AQI), a conversion of the data obtained from ppm to ug/m³ is required (micrograms over cubic meters) see EQ1:

$$\frac{Ug}{m^3} = \left(\frac{PPM * PM}{24.5} \right) * (10^3) \quad (1)$$

where:

- $PPM = \text{parts per million.}$
- $PM = \text{molecular weight}(CO) [8].$

The source code is:

- $\text{Double monoxidoMicroGramos} = \text{monoxidoDeCarbono} * 28.01 * \left(\frac{10^3}{24.5} \right);$

a) Data

Once the data is obtained, the Air Quality Index (AQI) is applied, which is determined by the following formula EQ2:

$$AQI_p = \frac{I_{HIGH} - I_{LOW}}{PC_{HIGH} - PC_{LOW}} * (C_p - PC_{LOW}) + I_{LOW} \quad (2)$$

Where:

- AQI_p = Index of air pollution for the pollutant.
- C_p = Measured concentration for the pollutant.
- PC_{HIGH} = cut off point greater or equal to C_p .
- PC_{LOW} = cut off point less than or equal to C_p .
- I_{HIGH} = AQI corresponding to PC_{HIGH} .
- I_{LOW} = AQI corresponding to PC_{LOW} [9].

Table 1 shows the cutoff points of the AQI for the pollutant:

Table 1 Air pollution index Colombian regulation

AIR QUALITY INDEX			CUTTING POINTS
	COLO R	CATEGORY	CO mg/m ³ , 8 HOURS
0-50	Green	Good	0-5094
51-100	Yellow	Acceptable	5095-10819
101-150	Orange	Harmful to sensitive groups	10820 -14254
151-200	Red	Harmful to sensitive groups	14255-17688
201-300	Purple	Very Harmful to health	17689-34862
301-500	Brown	Dangerous	34863-57703

Applying the formula as an example:

$$AQI = \left(\frac{100-51}{10819-5095} \right) * (6780,15 - 5095) + 51$$

$$AQI = 65,43$$

That indicates an acceptable air quality index according to the AQI table [10].

4. Results

The measurements were made in the parking lot and in a house every 30 minutes for 12 hours during a week. The devices were placed inside the parking lot and inside the home. In the early morning, a higher concentration of carbon monoxide (CO) is perceived. As hours passed, a slight decrease is observed, at noon and in the afternoon the levels of CO continue growing and decreasing slightly. The Air quality index (AQI) ranges between 50 (good air quality and no risk to health) and 100 (acceptable, although some respiratory symptoms can occur in sensitive population groups).

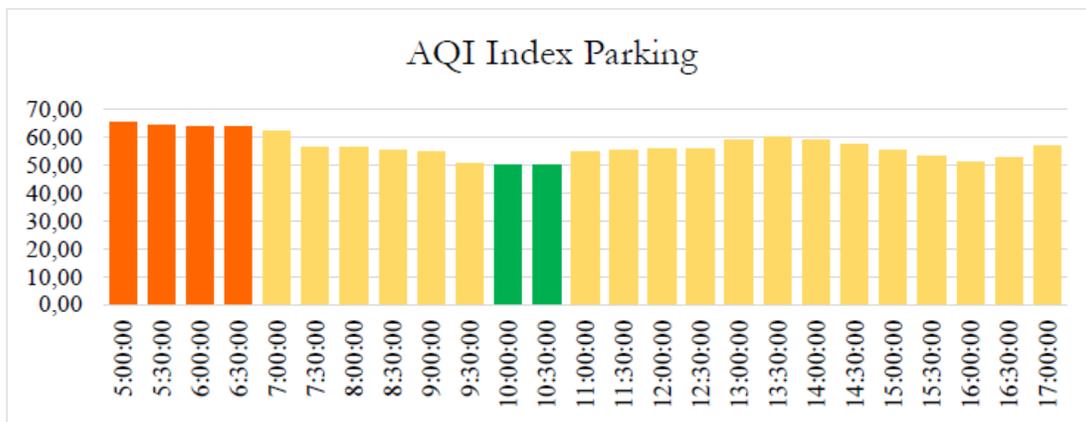


Fig. 5 Air quality index in the parking lot

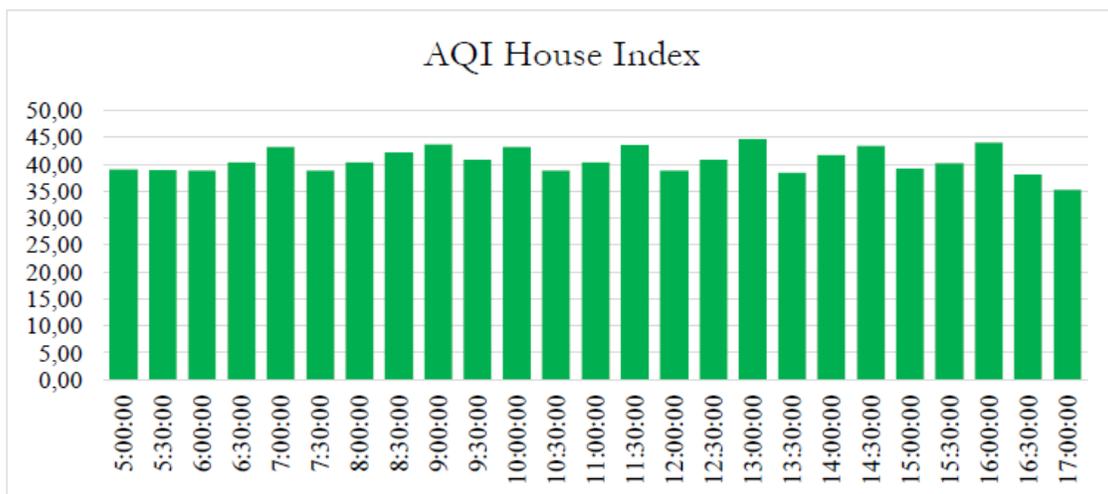


Fig. 6 Air quality index in the house

The device located in a house with moderate traffic congestion in the city of Popayan presents acceptable AQI that ranges between 35 and 44 (no risk). As expected, the air quality index in the parking lot exceeds the indexes obtained in the home. In the study, it was observed that the highest level of concentration is associated with high traffic of vehicles. By socializing in the application, users could see the risks to which they were exposed, so they decided to take action (for example the use of face masks)

5. Conclusions and future works

In order to mitigate the impact of air pollution in health, it is very important to know the indexes associated with the environment. This could improve the empowerment of the community regarding measures such as reduce the use of private vehicles or use facemasks. With the deployment of this prototype, it was possible to collect relevant information on air quality in the city of Popayán. This information was shared with the community in order to improve its empowerment.

Internet of things offers a feasible alternative for building this kind of architectures at a very low cost (38.40 USD). Future work includes the analysis of a large amount of data collected in order to forecast the air quality. Equally, new variables will be included in the platform.

6. Acknowledgements

The authors thank the Colombian Government, specifically the General Royalty System for financing this research through the Cauca Innovation Project (Doctoral Insertion Agreement).

7. References

- [1] K. R. Smith *et al.*, "Public health benefits of strategies to reduce greenhouse-gas emissions: health implications of short-lived greenhouse pollutants.," *Lancet (London, England)*, vol. 374, no. 9707, pp. 2091–2103, Dec. 2009.
- [2] A. M. Kirthima, "Air Quality Monitoring System using Raspberry Pi and Web Socket," vol. 169, no. 11, pp. 28–30, 2017.
- [3] R. Baklouti, A. Ben Hamida, M. Mansouri, M. F. Harkat, M. Nounou, and H. Nounou, "Effective monitoring of an air quality network," *2018 4th Int. Conf. Adv. Technol. Signal Image Process. ATSIP 2018*, no. 4, pp. 1–4, 2018.
- [4] A. Kumar, A. Kumar, and A. Singh, "Energy efficient and low cost air quality sensor for smart buildings," *3rd IEEE Int. Conf.*, pp. 17–20, 2017.

- [5] D. Mendez, S. Diaz, and R. Kraemer, "Wireless technologies for pollution monitoring in large cities and rural areas," *24th Telecommun. Forum, TELFOR 2016*, 2017.
- [6] A. M. F. León and R. T. Fernández, "DESIGN THINKING EDUCATIONAL INNOVATION AND METHODOLOGICAL RESEARCH," p. 6.
- [7] R. Tem, "MQ-135 Datasheet," vol. 1, pp. 3–4.
- [8] Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial, "Manual de Operación de Sistemas de Vigilancia de la Calidad del aire," p. 287, 2008.
- [9] M. y E. A. Instituto de Hidrología, "Índice de calidad del aire (ICA). Formato Común Hoja Metodológica," *Ideam*, pp. 1–8, 2012.
- [10] Ministerio de Ambiente y Desarrollo sostenible, "Resolución No. 2254." p. 11, 2017.
- [11] Z. Aslam, W. Khalid, T. Ahmed, and D. Marghoob, "Automated control system for indoor air quality management," *ICECE 2017 - 2017 Int. Conf. Energy Conserv. Effic. Proc.*, vol. 2018–Janua, pp. 85–88, 2018.

Anexo 8. Certificado evento



Otorga el presente certificado a:

Hector Guañarita

por haber presentado el trabajo:

**Diseño centrado en el usuario de una aplicación de realidad aumentada
para un Jardín botánico**

en el

**III ENCUENTRO DE INVESTIGACIÓN, DESARROLLO TECNOLÓGICO E INNOVACIÓN
COLOMBIA - ECUADOR**

el cual se llevó a cabo los días 6 y 7 de Junio de 2019

OLGA LUCÍA SAAVEDRA

Universidad de San Buenaventura Cali
Coordinación RCI Nodo Suroccidente

DR. HUGO RUIZ ENRÍQUEZ

Presidente REDEC
Rector Universidad Politécnica Estatal Del Carchi

Anexo 9. Artículo Diseño centrado en el Usuario de una aplicación de Realidad aumentada para un jardín botánico.



III Encuentro de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación

Colombia – Ecuador. 6 y 7 de junio de 2019

viernes, 10 de mayo de 2019

Innovación

Diseño centrado en el Usuario de una aplicación de Realidad aumentada para un jardín botánico

Armando Ordoñez

Jennyfer Lopez

Hector Guañarita

Jhon Robert Muñoz

Los jardines botánicos son espacios que fomentan la creación de oportunidades de participación en los esfuerzos de conservación local, regional, nacional y mundial. El jardín botánico de Popayán tiene el desafío de promover y priorizar la conservación de la oferta biótica local y regional, en especial, la de especies amenazadas, raras y desafiantes, así como el de promover la concientización y comprensión de su valor y de las amenazas que enfrenta por el impacto de las acciones humanas (*E. Cuadro, C. Rural, and L. Tosquillas*).

El presente artículo describe los avances conseguidos hasta el momento en el desarrollo de una aplicación móvil de realidad aumentada con la finalidad de gestionar y divulgar el mismo. La aplicación móvil está realizada en realidad aumentada aplicada al marketing, con una tecnología que utiliza

III Encuentro de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación

Colombia – Ecuador. 6 y 7 de junio de 2019

teléfonos inteligentes y permite superponer la información digital como imágenes, texto, videos de la flora y fauna del jardín botánico enfocando los mismos. (María Vidal Ledo, abr.-jun. 2017)

Se utilizó Design Thinking (León & Fernández, s. f.) cuyas fases se podrían resumir en: i) *Empatizar* que busca conocer el problema de cerca e interiorizarlo. ii) Definir, que busca identificar el problema de los usuarios, iii) Idear, que es la etapa de la creatividad sobre las soluciones. IV) Prototipar, que es probar prototipos, V) Testear, donde se evalúa el impacto obtenido. De las cinco fases se han ejecutado tres hasta el momento y se trabaja en la cuarta.

Se tomó como población de usuarios a personas con limitaciones de la ciudad, adulto mayor, diseñadores, universitarios y profesores de ecología. Los participantes cuentan con edades que oscilan entre los 10 y 68 años entre hombres y mujeres.

Fase de empatía: En primer lugar, se definió como lugar a estudiar el jardín botánico de Popayán ubicado en los robles, vía Popayán-Timbío. Para esto se entrevistaron usuarios de la ciudad, con diferentes roles laborales y transeúntes acerca de su conocimiento sobre los jardines botánicos.

Se encontró que los estudiantes universitarios son una buena población para que visiten al jardín botánico para realizar estudios y así conocer cada día más sobre las plantas y animales que habitan en el jardín botánico y en la región, también tendrán la posibilidad de realizar trabajos de grado y así el jardín botánico es más estudiado el cual les brinda un lugar de investigación para que se puedan graduar y por último la población de los profesores son una buena selección ya que conocen del tema y ayudarían a mejorar el jardín botánico por su conocimiento y experiencia sobre estos lugares ya que se preocupan por la degradación de los lugares de conservación e investigación, además ayudarían a realizar

III Encuentro de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación

Colombia – Ecuador. 6 y 7 de junio de 2019

investigaciones para que el jardín este todo documentado y así saber más sobre el lugar y las dificultades como las cosas buenas que tiene el lugar.

Fase de definición: De las entrevistas y las encuestas realizadas en la fase de empatía se observó que hay un gran desconocimiento del jardín botánico de Popayán, por lo cual se decide realizar una aplicación de fácil acceso, uso y atienda con estas necesidades, para así poder potencializar el mismo.

Fase de Ideación Se reunió un equipo multidisciplinario el cual identificó algunos elementos tecnológicos innovadores para el desarrollo de la aplicación de realidad aumentada AR, la cual permite superponer contenidos personalizados del jardín botánico tales como audios, imágenes y videos los cuales muestran información de cada de cada uno de las especies clasificadas en flora y fauna del jardín botánico de Popayán.

Fase de prototipo: Para el desarrollo de esta aplicación móvil se dividió en dos fases, la primera la creación de los recursos, como la identificación de árboles y animales, seleccionar los textos correspondientes a cada uno, seguido de esto se realizó la toma de los videos empleando tecnología como drones y cámaras 4K, se crearon los audios correspondientes al texto, unificando estos dos recursos se tuvo como resultado videos con audio instructivo, se tomaron las fotos a cada árbol grabado y se realizó una imagen QR para poder realizar la lectura y mostrar el contenido creado. La segunda fase consta de la realización de la aplicación AR utilizando como tecnologías de desarrollo móvil como Unity 3D, el cual nos permite seleccionar la imagen y ubicar el contenido a superponer, para la personalización de la aplicación se integró el proyecto en Android Studio donde se pusieron las imágenes de inicio y el video instructivo, así mismo se hizo uso de la plataforma Vuforia para la creación de los marcadores de cada imagen a enfocar.

III Encuentro de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación

Colombia – Ecuador. 6 y 7 de junio de 2019



Figura 3. Imágenes propuestas para la aplicación

Fase de testeo: En esta fase se instaló la aplicación en los celulares de docentes, estudiantes y transeúntes para observar la experiencia y la usabilidad. Se observó que la aplicación era intuitiva y de fácil uso además los usuarios pudieron observar que al enfocar las imágenes creadas se superponía el video, causando así impresión y gusto.



Durante la fase de pruebas se presentaron problemas con el rendimiento de la aplicación, ya que, por la cantidad de recursos y su peso de la aplicación, se generaba lentitud en el uso de la misma, deteniéndola y cerrándola. Se optimizaron los recursos y librerías en las plataformas usadas, generando así un. “apk” de menor tamaño para una mejor instalación en dispositivos de espacio de almacenamiento reducido.

III Encuentro de Investigación, Desarrollo Tecnológico e Innovación

Colombia – Ecuador. 6 y 7 de junio de 2019

Por otra parte, para la toma de las imágenes para la creación de los marcadores, se usaron imágenes de los árboles para la superposición de los videos, pero se encontró que los árboles tienen diferentes ángulos, color, textura y tamaño, lo cual no permite tener una foto exacta. Así mismo la luz influyo mucho para que los marcadores creados no se reconocieran, por esto como opción se decidió crear un código QR para cada árbol.

Al llevar a campo la aplicación mejorada se obtuvo una gran acogida por parte de la comunidad descrita, impactando e innovando, generando curiosidad por el contenido de cada árbol desconocido.

Referencias

E. Cuadro, C. Rural, and L. Tosquillas, “L os jardines botánicos y su compromiso con la sociedad Botanical gardens and their commitment to society,” pp. 84–109.

León, A. M. F., & Fernández, R. T. (s. f.). Design thinking educational innovation and methodological research, 6.

María Vidal Ledo, I. B. (abr.-jun. 2017). Realidad aumentada. Ciudad de la Habana: Educ Med Super vol.31 no.2.