



PROPUESTA PARA MODALIDAD DE GRADO

1. Información General

1.1 Título

Prototipo para el monitoreo y alerta temprana de sustancias contaminantes y calidad del aire en el campus de la Universidad Del Magdalena.

1.2 Modalidad

Trabajo de investigación	X	Práctica de innovación y emprendimiento	
Trabajo de creación artística		Pasantía de investigación	

1.3 Área estratégica en la que se enmarca la propuesta

Ambiente y Sostenibilidad	X	Competitividad	
Educación, Cultura y Sociedad		Salud Integral y Calidad de Vida	

1.4 Estudiantes

Código	Nombres y apellidos	Teléfono	Correo electrónico	Programa Académico
2015119090	JAVIER ELÍAS TOBÓN AYUBB	3002930095	javier.elias.tobon.ayubb30@gmail.com	Ingeniería Electrónica
2015119010	JOHAN ANDRÉS DE LA HOZ NÚÑEZ	3012803223	johand05@gmail.com	Ingeniería Electrónica

1.5 Director y Codirector

Nombres y apellidos	Teléfono	Correo electrónico	Rol	
			Director	Codirector
CARLOS ROBLES ALGARÍN	3006733635	carlosarturo.ing@gmail.com	X	
AURA POLO LLANOS	3014091465	aura.polollanos@gmail.com		X

2. Resumen

Este proyecto de investigación se realizará dentro del grupo Magma ingeniería en la línea de investigación de diseño de sistemas electrónicos y consiste en el diseño e implementación de un prototipo de monitoreo con dispositivos de bajo costo y herramientas libres, el cual se encargará de medir el estado de sustancias contaminantes y calidad del aire dentro del campus de la Universidad Del Magdalena. El prototipo estará equipado con un sistema de alerta temprana, un circuito de almacenamiento de datos, un sistema de transmisión inalámbrica y una interfaz gráfica. Para esto, se realizará una revisión bibliográfica para determinar las variables a medir y los sensores idóneos para esta tarea, los cuales deben tener una buena relación costo-beneficio. Para lo anterior, se contará como insumo inicial con el reporte del sistema de vigilancia de la calidad del aire de Corpamag. Posteriormente, se diseñará un sistema embebido que será capaz de procesar toda la información de los sensores, almacenarla y transmitirla. De esta forma,



Carrera 32 No.22-08 Sector San Pedro Alejandrino
Edificio Administrativo `Roque Morelli Zárate´ 2do Piso
Santa Marta - Colombia PBX: (57-5) 421 7940 Ext. 3140, 3170 y 3274
vinvestigacion@unimagdalena.edu.co
www.unimagdalena.edu.co



se obtendrá como resultado un prototipo de bajo costo que será instalado en el árbol solar desarrollado al interior del grupo de investigación y que se encuentra funcionando en las instalaciones de la Universidad del Magdalena.

3. Motivación y Justificación

En Colombia el monitoreo, control de la calidad del aire y de los contaminantes atmosféricos ha tomado gran relevancia en los últimos años, puesto que según la OMS (Organización Mundial de la Salud), una de cada ocho muertes ocurridas a nivel mundial es ocasionada por la contaminación del aire. Además, el Departamento Nacional de Planeación estimó que, durante el año 2015, los efectos de este fenómeno se asocian a 10.527 muertes y 67,8 millones de síntomas y enfermedades. Esta situación ha ocasionado un incremento en los costos ambientales asociados con esta contaminación, pasando del 1.1% a 1.59% del Producto Interno Bruto del 2014, (IDEAM s, f.).

En el artículo Huella de carbono en Santa Marta (Colombia) realizado en el 2014, se encontró que el nivel de huella de carbono de la ciudad es de 29.95 en promedio (medido en toneladas por CO₂), caso que determina la necesidad de realizar un monitoreo y control de este tipo de agentes contaminantes. Por su parte Villamil J. y Parra J. en su trabajo de investigación evaluaron la emisión de metano y óxido nitroso de los sedimentos de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, obteniendo como resultados contenidos de metano entre $nd-31569.2 \mu g/m^2 \cdot h^{-1}$.

Teniendo en cuenta el panorama anterior, la Corporación Autónoma Regional del Magdalena, Corpamag, puso en funcionamiento desde el 8 de marzo de 1999 el Sistema de Vigilancia de la Calidad del Aire - SVCA, ubicado en la ciudad de Santa Marta, en el cual se miden contaminantes como el PM₁₀, PM_{2.5}, SO₂, NO_x, CO, y O₃. Este sistema cuenta con 16 estaciones de monitoreo, personal profesional y técnico con alta experiencia y un sistema de almacenamiento de información en el cual se han recopilado más de 23.000 registros según el informe publicado el 14 de septiembre 2012.

La Universidad del Magdalena, consciente de las necesidades del entorno y de la importancia de tener un campus sostenible, seguro y amigable con el ambiente, como lo demuestra la política de sostenibilidad ambiental del actual plan de gobierno, realizó recientemente la medición de la huella de carbono institucional del año 2018 a través de la empresa CO₂ cero, con el fin de tomar acciones institucionales que permitan disminuir los niveles de contaminación de la comunidad académica.

En este contexto, toman relevancia los trabajos de investigación y desarrollo tecnológico como el que se aborda con la presente propuesta. El monitoreo de la calidad del aire dentro del alma mater es de vital importancia debido a la presencia de estudiantes, docentes y personal administrativo, que están expuestos a diferentes agentes contaminantes. Esta situación refleja la necesidad de conocer el estado en que se encuentra el aire en el campus, con el fin de emitir alertas a partir de los límites establecidos por la resolución 2254 de 2017 del Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible, por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente.

Otro factor que afecta la calidad del aire tiene que ver con la presencia de gases de efecto invernadero, como el metano (CH₄) y dióxido de carbono (CO₂) (Benavides & León 2007). La presencia de estos gases con el paso del tiempo se ha convertido en un grave problema para el planeta provocando el deterioro de la capa de ozono mientras empeora las condiciones ambientales.

Según la revista digital universitaria, estos gases son el causante del aumento del calentamiento global, por el cual se han visto efectos como el derretimiento de los glaciares, cambios en el clima, el aumento del nivel de los mares entre otros efectos que provocan el deterioro del planeta y de las condiciones de sostenibilidad para los seres humanos.

Por tanto, es de vital importancia conocer el estado de emisión de gases de efecto invernadero en la Universidad Del Magdalena, para establecer los niveles actuales y su posible incidencia en la salud y el medio ambiente.



Carrera 32 No.22-08 Sector San Pedro Alejandrino
Edificio Administrativo `Roque Morelli Zárate´ 2do Piso
Santa Marta - Colombia PBX: (57-5) 421 7940 Ext. 3140, 3170 y 3274
vinvestigacion@unimagdalena.edu.co
www.unimagdalena.edu.co



4. Fundamentación teórica y metodológica

- **Fundamentación teórica**

Contaminación en el aire: es un estado en el cual ciertas partículas o sustancias que se encuentran en el medio ambiente comienzan a sobrepasar los límites permitidos (IDEAM, 2017).

Estación de monitoreo: Según el IDEAM (2010), una estación de monitoreo es una estructura construida con el fin de recolectar datos de entidades físicas con el fin de cuantificarlas. Ver Figura 1.



Figura 1. Estación de monitoreo

PM₁₀: Según Muñoz & Sá (2009), corresponde a un rango de volumen de las partículas, lo cual implica que la partícula tiene diámetro de 10 μm , las cuales se encuentran en suspensión dispersas en la atmósfera. Están formadas principalmente por compuestos inorgánicos como silicatos y aluminatos, metales pesados entre otros, y material orgánico asociado a partículas de carbono. Estas partículas pueden causar grandes daños para la salud provocando graves problemas de bronquitis aguda.

PM_{2.5}: Según los autores Gaviria, Benavides y Arroyave (2008-2009), las partículas PM_{2.5} se caracterizan por tener un tamaño de 2.5 micrómetros o menos. Típicamente estas partículas son tan pequeñas que sólo pueden ser observadas con un microscopio electrónico. De todas las medidas de contaminación atmosférica, se cree que la PM_{2.5} representa la mayor amenaza para la salud. Debido a su pequeño tamaño, pueden permanecer en el ambiente largos periodos de tiempo y son absorbidas con facilidad hacia el torrente sanguíneo al ser inhaladas.

SO₂: El dióxido de azufre es un gas que carece de color y tiene un característico olor fuerte (Sánchez, Romieu, Ruiz, Pino, & Gutiérrez, 1999). Esta sustancia tiene un gran efecto en los menores provocando que lleguen a sufrir graves daños en los pulmones.

NO₂: El dióxido de nitrógeno es un compuesto químico formado por los elementos nitrógeno y oxígeno con un color marrón-amarillento. Se ocasiona por los procesos de combustión a altas temperaturas, como en los vehículos motorizados y las plantas eléctricas (Motores de combustión). Por ello, es un contaminante frecuente en zonas urbanas. En el 2013 Aguilera citado por Gascon, M., & Sunyer, J. (2015)., en un estudio que incluía más de 2.000 participantes provenientes de cuatro ciudades españolas, observaron que el riesgo de padecer infecciones de las vías respiratorias inferiores y otitis a la edad de un año era superior en los niños cuáles madres han sido expuestas a mayores concentraciones de contaminantes provenientes del tráfico NO₂ durante su embarazo. En el 2014 la OMS anunció que este gas es uno de los responsables de aproximadamente 3.7 de millones de muertes prematuras alrededor del mundo.



Carrera 32 No.22-08 Sector San Pedro Alejandrino
Edificio Administrativo `Roque Morelli Zárate´ 2do Piso
Santa Marta - Colombia PBX: (57-5) 421 7940 Ext. 3140, 3170 y 3274
vinvestigacion@unimagdalena.edu.co
www.unimagdalena.edu.co



O₃: La molécula de ozono está formada por 3 átomos de oxígeno y se considera un gas pálido que hace parte de la atmosfera (Sergio Cabrera, Eduardo Lissi, Juan Honeyman. 2005). Según la revista de la facultad de ciencias médicas en la Universidad de Cuenca, las principales fuentes de este contaminante de emisiones son los automóviles, mediante reacciones fotoquímicas de óxidos de nitrógeno provocando como efectos la inflamación de las vías nasales, disminución en la función respiratoria, bronquitis, crisis de asma, irritación ocular y sequedad en la garganta.

CO: El monóxido de carbono se considera como un gas incoloro e inodoro que se presenta por la combustión incompleta de material orgánico, ante poca presencia de oxígeno (Téllez, Rodríguez, & Fajardo 2006). Este gas es considerado uno de los mayores contaminantes de la atmósfera terrestre y uno de los mayores problemas ambientales de América Latina. Las principales fuentes productoras de este contaminante son los vehículos automotores que funcionan con gasolina o diésel, los procesos industriales, los incendios forestales y urbanos y la incineración de materia orgánica.

Los vehículos automotores y los procesos industriales son responsables de aproximadamente el 80% de las emisiones de monóxido de carbono a la atmósfera. Esta sustancia además es nociva para la salud, puesto que para 1999 la Asociación Americana de Centros para el Control de Intoxicaciones y el Sistema de Vigilancia de Exposición a Tóxicos, informaron sobre 17.006 casos de intoxicación y 35 muertes relacionadas con exposición a monóxido de carbono.

● Metodología

Según Arias (2012), la investigación de campo consiste en la recolección de datos directamente de los sujetos investigados, o de la realidad donde ocurren los hechos (datos primarios), sin manipular o controlar variables algunas. En ese sentido, el presente trabajo se considera como una investigación de campo debido a que los datos experimentales se tomarán directamente en el lugar de investigación en el campus de la Universidad del Magdalena. Además, el trabajo será apoyado con investigaciones secundarias realizadas por entidades como el IDEAM, la OMS, entre otras.

La metodología que se ha seleccionado para el desarrollo del siguiente proyecto de investigación es la Estructura de Descomposición del Trabajo EDT por su flexibilidad y porque permite detallar en forma jerarquizada el trabajo a realizar hasta el nivel de actividad o tarea según el nivel de detalle que se requiera. Este tipo de desglose facilita además la programación y el control del proyecto en lo que tiene que ver con la asignación de responsabilidades, recursos y la distribución del tiempo.

5. Objetivos

Objetivo General

- Desarrollar un prototipo para el monitoreo de sustancias contaminantes y de la calidad del aire en el campus de la Universidad del Magdalena con el fin de generar alertas tempranas.

Objetivos Específicos

- Establecer las variables o sustancias que serán medidas con el fin de determinar los sensores necesarios para la medición de las variables teniendo en cuenta la relación costo-beneficio.
- Desarrollar un circuito para la adquisición, almacenamiento y transmisión inalámbrica de los datos.
- Diseñar una interfaz de usuario para visualizar de forma sencilla y ordenada los datos transmitidos.



Carrera 32 No.22-08 Sector San Pedro Alejandrino
Edificio Administrativo `Roque Morelli Zárate´ 2do Piso
Santa Marta - Colombia PBX: (57-5) 421 7940 Ext. 3140, 3170 y 3274
vinvestigacion@unimagdalena.edu.co
www.unimagdalena.edu.co



- Implementar un sistema de protección a bajo costo que aisle los componentes de la lluvia y el polvo.
- Evaluar el sistema implementado en el campus de la Universidad Del Magdalena.

6. Plan de Actividades

Siguiendo con lo planteado en la metodología, para el desarrollo adecuado del proyecto de investigación se realizarán las siguientes fases:

Fase 1: Definición de las sustancias de las cuales depende la calidad del aire

En esta fase se realizará una recopilación de información con las entidades ambientales encargadas del estado de la calidad del aire y personas naturales que poseen información o estudios sobre este tema. Todo esto será vital para conocer las sustancias a medir y cómo se hará la medición de su estado y asimismo poder determinar los sensores óptimos mediante una búsqueda exhaustiva en distintos sitios físicos y virtuales teniendo en cuenta como principales factores su costo, rango de medición, tiempo de vida y su fácil utilización.

Fase 2: Desarrollo del sistema de adquisición y comunicación

Se desarrollará el circuito con el fin de poder leer en tiempo real los parámetros físicos necesarios; teniendo en cuenta los niveles permitidos según la resolución 2254 de 2017 y así generar la alerta temprana. En esta etapa se implementará un sistema de comunicación inalámbrico que se encargue de transmitir los datos obtenidos por el circuito principal.

Fase 3: Desarrollo de la interfaz de usuario

En esta etapa se implementará una plataforma web, la cual se encargará de recibir los datos transmitidos desde el sistema de comunicación inalámbrica vía internet y visualizarlos cómodamente. La interfaz contará con un registro para acceder a mediciones anteriores en cualquier momento y desde cualquier lugar.

Fase 4: Implementación del sistema de protección

Una vez diseñado el sistema electrónico, se implementará un recubrimiento de bajo costo para la estación, con el cual se pretende proteger el circuito principal y los demás componentes. Con el fin de evitar que se arruine el sistema por cambios climáticos como lluvia, exposición prolongada al sol o aumento del viento.

Fase 5: Evaluación del prototipo

Aplicando el prototipo desarrollado, se realizarán las mediciones pertinentes dentro del campus para recolectar y analizar los datos obtenidos por el sistema de monitoreo y realizar el estudio de evaluación para emitir las alertas de acuerdo a la resolución 2254 del 2017, y por consiguiente plasmar lo obtenido en un informe de resultados.

7. Resultados o productos esperados*

Informe final del trabajo de grado	X
Artículo aceptado para publicación en una revista indexada en Publiindex	
Premio para la creación artística o para el prototipo funcional otorgado por una institución o evento de reconocida trascendencia nacional o internacional.	

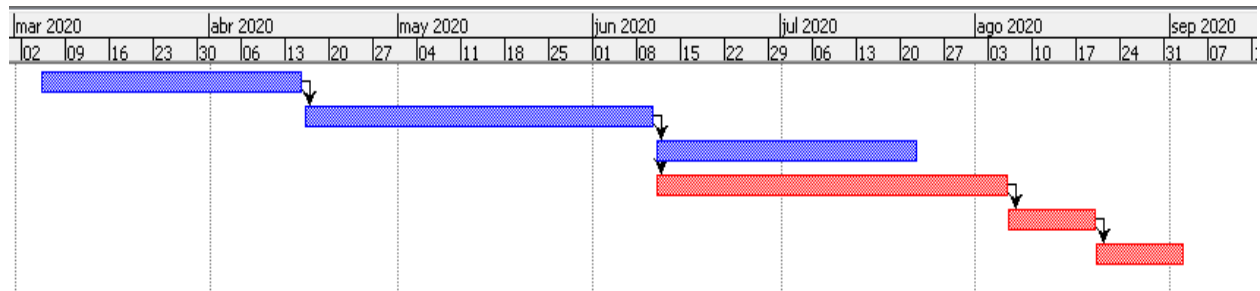


Carrera 32 No.22-08 Sector San Pedro Alejandrino
Edificio Administrativo `Roque Morelli Zárate´ 2do Piso
Santa Marta - Colombia PBX: (57-5) 421 7940 Ext. 3140, 3170 y 3274
vinvestigacion@unimagdalena.edu.co
www.unimagdalena.edu.co



8. Cronograma

	Nombre	Duración	Inicio	Terminado
1	Definición de las sustancias de las cuales depende la calidad del aire y compra de sensores	30 days	5/03/20 08:00 AM	15/04/20 05:00 PM
2	Desarrollo del circuito principal	40 days	16/04/20 08:00 AM	10/06/20 05:00 PM
3	Implementación del sistema de comunicación inalámbrica	30 days	11/06/20 08:00 AM	22/07/20 05:00 PM
4	Desarrollo de un software para la visualización de los datos	40 days	11/06/20 09:00 AM	6/08/20 09:00 AM
5	Implementación del sistema de protección ante la lluvia, polvo y adversidades climáticas	10 days	6/08/20 09:00 AM	20/08/20 09:00 AM
6	Evaluar el sistema implementado en el campus de la Universidad Del Magdalena	10 days	20/08/20 09:00 AM	3/09/20 09:00 AM



9. Presupuesto

RUBROS GENERALES	UNIMAGDALENA		TOTAL/RUBRO
	EFFECTIVO	CAPACIDAD INSTALADA	
Equipos y Accesorios		\$2.000.000	\$2.000.000
Materiales e Insumos	\$3.500.000		\$3.500.000
Salidas de Campo	\$500.000		\$500.000
TOTAL	\$4.000.000	\$2.000.000	\$6.000.000

10. Referencias

IDEAM (sin fecha), CALIDAD DEL AIRE.

<http://www.ideam.gov.co/web/contaminacion-y-calidad-ambiental/calidad-del-aire>

Benavides, H. O., & León, G. E. (2007). Información técnica sobre Gases de Efecto Invernadero y el cambio climático. IDEAM, 1–102. <https://doi.org/IDEAM-METEO/008-2007>

Betancourt-Portela, J. M., Parra, J. P., & Villamil, C. (2013). Emisión de metano y óxido nitroso de los sedimentos de manglar de la Ciénaga Grande de Santa Marta, Caribe Colombiano. Boletín de Investigaciones Marinas y Costeras.

Alvarez-Miño, L., Taboada-Montoya, R., Trujillo-Montes, A. C., & Salazar-Ceballos, A. (2016). Huella de carbono en Santa Marta - Colombia y factores asociados. Análisis desde los determinantes sociales de la salud. 2014. Universidad y Salud. <https://doi.org/10.22267/rus.161802.42>

Aire. (n.d.). Retrieved December 4, 2019, from <https://www.corpamag.gov.co/index.php/es/informacion-ambiental/aire>



Carrera 32 No.22-08 Sector San Pedro Alejandrino
Edificio Administrativo `Roque Morelli Zárate´ 2do Piso
Santa Marta - Colombia PBX: (57-5) 421 7940 Ext. 3140, 3170 y 3274
vinvestigacion@unimagdalena.edu.co
www.unimagdalena.edu.co



Ministerio de Ambiente y Desarrollo Sostenible. (2017). Resolución 2254 - Por la cual se adopta la norma de calidad del aire ambiente y se dictan otras disposiciones (p. 11). p. 11. Retrieved from <http://www.ideam.gov.co/documents/51310/527391/2.+Resolución+2254+de+2017+-+Niveles+Calidad+del+Aire..pdf/c22a285e-058e-42b6-aa88-2745fafad39f%0Ahttp://www.minambiente.gov.co/images/normativa/app/resoluciones/96-res-2254-de-2017.pdf>

Ministerio de Ambiente Vivienda y Desarrollo Territorial. (2010). Manual de diseño de sistemas de vigilancia de la calidad del aire. Protocolo Para El Monitoreo y Seguimiento de La Calidad Del Aire, 137.

Rojo, R. R. (2014) Seguridad y medio ambiente en planta química. QUIE0108. IC Editorial.

En funcionamiento segunda estación de monitoreo de calidad del aire. (n.d.). Retrieved December 4, 2019, from <http://www.contrastes.com.co/noticiasxxx/index.php/ar/soledad/actualidad/4342-en-funcionamiento-segunda-estacion-de-monitoreo-de-calidad-del-aire>

Muñoz, F., & Carvalho, M. S. (2009). Efecto del tiempo de exposición a PM10 en las urgencias por bronquitis aguda. Cadernos de Saúde Pública. <https://doi.org/10.1590/s0102-311x2009000300008>

Gaviria, C. F., Benavides, P. C., & Tangarife, C. A. (2008). Contaminación por material particulado (pm 2,5 y pm10) y consultas por enfermedades respiratorias en Medellín. Revista Facultad Nacional de Salud Pública, 29. Retrieved from <http://www.scielo.org.co/pdf/rfnsp/v29n3/v29n3a04.pdf>

Sánchez, J., Romieu, I., Ruiz, S., Pino, P., & Gutiérrez, M. (1999). Efectos agudos de las partículas respirables y del dióxido de azufre sobre la salud respiratoria en niños del área industrial de Puchuncaví, Chile. Revista Panamericana de Salud Pública, 6(6), 384–391. <https://doi.org/10.1590/s1020-49891999001100003>

Gascon, M., & Sunyer, J. (2015). Contaminación del aire y salud respiratoria en niños. Archivos de Bronconeumología, 51(8), 371–372. <https://doi.org/10.1016/j.arbres.2015.03.001>

Cabrera, S., Lissi, E., Honeyman, J. (2005). Radiación ultravioleta y salud. Editorial Universitaria.

Palacios, E., & Espinoza, C. (2014). Contaminación del aire exterior Cuenca - Ecuador, 2009 - 2013. Posibles efectos en la salud. Revista de La Facultad de Ciencias Médicas, 32(2), 6–17.

Téllez, J., Rodríguez, A., & Fajardo, Álvaro. (2006). Contaminación por monóxido de carbono: un problema de salud ambiental. Revista de Salud Pública. <https://doi.org/10.1590/s0124-00642006000100010>

Arias, F. G. (2012). El proyecto de investigación. Sexta edición. Introducción a la metodología científica. In Physiological Research. <https://doi.org/10.1007/s13398-014-0173-7.2>



Carrera 32 No.22-08 Sector San Pedro Alejandrino
Edificio Administrativo `Roque Morelli Zárate´ 2do Piso
Santa Marta - Colombia PBX: (57-5) 421 7940 Ext. 3140, 3170 y 3274
vinvestigacion@unimagdalena.edu.co
www.unimagdalena.edu.co